

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ  
УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



*Гоков О. М., Вдовьонков В. Ю., Жидко Є. А.*

# ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИДАВНИЧИХ СИСТЕМ

НАВЧАЛЬНИЙ  
ПОСІБНИК



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

*Гоков О. М.  
Вдовьонков В. Ю.  
Жидко Є. А.*

# **ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИДАВНИЧИХ СИСТЕМ**

**Навчальний посібник**

**Харків, Вид. ХНЕУ, 2009**

УДК 665(075)

ББК 37.8я7

Г59

Рецензенти: докт. техн. наук, професор кафедри експериментальної фізики Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна *Гойда В. П.*; канд. фіз.-мат. наук, ст. науковий співробітник, зав. лабораторії космічної радіофізики Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна *Поднос В. А.*; канд. фіз.-мат. наук, ст. науковий співробітник Інституту скінтіляційних матеріалів НАН України *Катрунов К. О.*

Рекомендовано до видання рішенням вченої ради Харківського національного економічного університету.

Протокол №9 від 24.02.2009 р.

**Гоков О. М.**

Г59 Технічне забезпечення видавничих систем. Навчальний посібник / О. М. Гоков, В. Ю. Вдовьонков, Є. А. Жидко. — Харків: Вид. ХНЕУ, 2009. — 268 с. (Укр. мов.)

Викладено питання, пов'язані з технічним забезпеченням сучасних видавничих систем. Розглянуто призначення, склад, основні функціональні вузли й оптоелектронні пристрої, різноманітні периферійні пристрої та їх інтерфейси, пристрої візуального відображення інформації, що входять до складу робочих станцій видавничих систем. Подано базові принципи побудови й основи роботи функціональних вузлів видавничих систем, що здійснюють одержання, перетворення, обробку, передачу і зберігання масивів інформації, а також характерні нові та перспективні технології.

Рекомендовано для студентів, що навчаються за профілем "Видавничо-поліграфічна справа", а також для тих, хто вивчає однойменну дисципліну за іншими профілями підготовки.

ISBN 978-966-676-334-4

УДК 665(075)

ББК 37.8я7

© Харківський національний економічний університет, 2009

© Гоков О. М.  
Вдовьонков В. Ю.

Жидко Є. А.  
2009

## Вступ

Підвищення вимог до якості, вартості, і доступності друкарських засобів інформації привело до того, що все більш важливу роль в загальному виробничому ланцюжку від підготовки до випуску друкарської продукції стали відігравати електронна і комп'ютерна техніка. Вони володіють унікальними можливостями збереження і обробки великих масивів інформації та управління ними. Завдяки використанню комп'ютеризованих систем і різноманітних інноваційних технологій, стало можливим поєднання традиційно відокремлених в поліграфії процесів, – додрукарського, друку і післядрукової обробки, – в один технологічний цикл виробництва друкарської продукції.

Складовою частиною виробництва друкарської продукції став цифровий інформаційний потік. Комп'ютеризоване обладнання застосовується для обробки графічних і текстових зображень на всіх стадіях виробництва. Комп'ютеризація сучасних видавничих систем змінила суттєвим чином елементи інтерфейсу інформаційного каналу, що бере участь в процесі управління, і, в першу чергу, пристрої «збору і обробки» інформації про стан обладнання і навколишнього середовища.

Основою навчального посібника став курс лекцій з навчальної дисципліни «Технічне забезпечення видавничих систем», який читається в Харківському національному економічному університеті студентам магістерської підготовки, що навчаються за фахом 0927 «Видавничо-поліграфічна справа». Ця навчальна дисципліна є новою і вивчається студентами протягом одного семестру. Остання обставина, на жаль, суттєво обмежила коло питань, що вивчаються. Зі всього спектру видавничих систем (малих, середніх, великих) автори обмежились вивченням робочих станцій сучасних видавничих систем.

Навчальний матеріал вивчається в двох модулях: 1. Робочі станції видавничих систем та 2. Основні компоненти та електронні пристрої видавничих систем.

В дійсному часі дуже широкого використання набули малі і офісні видавничі системи. У видавничих системах, особливо на стадії додрукарської підготовки, визначальну роль виконують робочі станції, які будуються на основі сучасних могутніх комп'ютерів. Практично все технічне обладнання малих і офісних видавничих систем зв'язане і керується робочою станцією. Тому в обох навчальних модулях ми основну увагу при-

діляємо сучасним робочим станціям, їх устрою, основним компонентам, параметрам, фізичним і технічним принципам реалізацій і побудов, новим технологіям і перспективним рішенням. Значна частина другого навчального модуля присвячена вивченню так званих зовнішніх (по відношенню до самого комп'ютера) пристроїв (пристроїв введення-виведення, відображення інформації і ін.) та їх інтерфейсів.

Важливо, що теоретичний матеріал в навчальній дисципліні супроводжується лабораторним практикумом (зміст його викладається в окремому навчально-практичному посібнику).

Для посібника характерне те, що навчальний матеріал в ньому логічно і за змістом тісно пов'язаний з навчальним матеріалом, який студенти вивчають в навчальній дисципліні «Комп'ютеризовані системи поліграфічного обладнання». Це значною мірою визначило принцип відбору матеріалу і ступінь детальності висвітлення.

Відомо, що тепер при швидкій зміні вимог до університетської освіти на перший план виходить потреба в загальному універсальному розвитку студента задля формування в нього креативності, здатності до системного мислення в нестандартних обставинах, до критичної оцінки свого життєвого та професійного досвіду, потреба в його свідомому перманентному удосконаленні своїх особистих і професійних якостей, вмінні навчатися і перенавчатися у подальшому самостійно. Для виконання цих стратегічних задач вищої школи зараз докорінно змінюються зміст, характер та методика викладання всіх учбових дисциплін, якими має опанувати майбутній фахівець.

Тому при роботі над змістом посібника значна увага приділялась фундаментальності знань, які, як відомо, є основною вадою університетської освіти. Разом з тим, враховуючи факт, що сучасна комп'ютерна техніка і електроніка є галузями знань, що надзвичайно бурхливо розвиваються, як в науковому, так і в технічному плані, автори при відборі навчального матеріалу прагнули того, щоб він відповідав сучасним вимогами і практичним завданням. З цієї причини певна частина змісту навчального посібника викладена нетрадиційно.

При написанні навчального посібника автори ставили за мету чітко, строго і логічно викласти матеріал навчальної дисципліни відповідно до сучасних стандартів вищої освіти в Україні. Навчальний матеріал в посібнику представлений в обсязі достатньому для того щоб у студента не виникало необхідності звертатися до додаткових літературних джерел.

Разом з тим, для самостійної роботи, розширення і поглиблення знань рекомендовано широкий список літератури. Приведені в кожному розділі прості і наочні приклади і моделі допоможуть студенту при засвоєнні навчального матеріалу і придбанні умінь самостійної роботи.

У результаті вивчення дисципліни студент повинен набути таких основних компетенцій:

1. Вміти визначати характерні області застосування, основні достоїнства і недоліки типових апаратних засобів видавничих систем.

2. Знати і вміти пояснювати фізичні і технічні принципи реалізацій, побудови і роботи складових сучасних робочих станцій, кваліфіковано орієнтуватися в нових технологіях і перспективних рішеннях.

3. На практиці оцінювати можливості засобів інтегральної електроніки, оптоелектроніки, оптико-електронних вузлів, керуючих одноплатних мікроконтролерів, мікропроцесорних пристроїв, що виконують обробку звукової і графічної інформації.

3. Знати і вміти пояснювати принцип дії оптичних, оптоелектронних, мікроелектронних пристроїв дискретно-аналогової техніки видавничих систем, апаратних засобів, пов'язаних з фільтрацією зображення, формуванням ознак для розпізнавання, із синхронізацією роботи всіх пристроїв робочих станцій видавничих систем.

4. На практиці оцінювати вплив зміни режимів роботи базових вузлів мікроелектроніки і оптичної техніки на роботу всієї видавничої системи, свідомо втручатися в роботу з метою усунення порушень режимів і запобігання аварійних ситуацій.

5. Пояснювати, використовуючи інструкції, технічні опис і довідкові матеріали особливості функціонування, пуску типових апаратних приладів видавничих систем при керуванні роботою апаратних засобів вручну або автоматично по командах ЕОМ.

6. Вирішувати завдання на визначення по паспортним і довідковим даним експлуатаційних характеристик пристроїв виділення елемента зображення, зчитування інформації з оптичного та іншого носія, сканування, проектування зображення на спеціальний носій і його фіксації.

У відповідності до загальних задач реформування системи освіти України на основі компетентнісного підходу було написано запропонований увазі навчальний посібник, що відрізняє його від існуючої іншої літератури з цієї тематики. Можна сподіватися, що даний посібник виконає покладені на нього задачі і буде корисним для студентів.

# Модуль 1. Робочі станції видавничих систем

## Тема 1. Вимоги до технічного забезпечення видавничих систем

### Пам'ять робочих станцій видавничих систем

#### 1.1. Вступ. Місце й значення видавничих систем

Розвиток поліграфічної індустрії у значній мірі в останні роки визначався впровадженням *цифрових технологій* на всіх стадіях виробничого процесу. Перехід від аналогової до цифрової технології мав особливе значення для розвитку додрукових процесів і вніс істотні зміни в усі виробничі процеси. Впровадження *цифрових технологій* у додрукові процеси з можливістю загального цифрового опису тексту, графіки, одне- і багатоколірних зображень стало рушійною силою й основою для розвитку засобів виробництва нового типу. Відомо, що центральний момент у процесі виробництва поліграфічної продукції - друк. Швидкий технологічний розвиток в області цифрових способів друку привів до надання в розпорядження поліграфічного підприємства широкої палітри потенційних виробничих технологій, на яких можуть базуватися різні рішення. *Цифровий друк* широко впроваджується в сферу виробництва поліграфічної продукції. Залежно від застосовуваної технології розрізняється ступінь використання цифрової техніки для виготовлення друкованої продукції: друкований продукт виготовляється за допомогою засобів виробництва, які приводяться в дію й управляються за допомогою загальних цифрових даних про друковане видання. Застосування *системи цифрового друку* залежить від структури замовлень підприємства, технологічних можливостей засобів виробництва, можливостей партнерів підприємства й від додрукових і післядрукових процесів. *Системні рішення й гнучкі виробничі концепції* стають більшою мірою надбанням техніки.

Сучасні видавничі системи (ВС) являють собою широкий спектр підприємств від малих настільних ВС (НВС) до потужніших\_видавничо-поліграфічних підприємств. Для них характерна висока комп'ютеризація, застосування передових сучасної техніки й технологій додрукової, друкової й післядрукової підготовки й обробки продукції. Широке застосу-

вання в сучасних ВС одержали **робочі станції** —так називають потужні комп'ютери, призначені для підприємств й інших організацій. Як правило, робоча станція призначена для виконання вузького кола завдань. Таких, наприклад, як робота із графікою, текстом й електронними таблицями. Відповідно під ці завдання комп'ютер і комплектується - за рахунок безжалісного «урізування» усяких надмірностей. У робочих станціях видавничих систем дуже широко застосовуються як многоядерні процесори, так і многопроцесорні системи з паралельною обробкою даних.

В останні роки дуже широке поширення одержало **«настільне видавництво»** — досить дорога й потужна комп'ютерна система, що включає великий монітор, якісну професійну відеокарту, потужний лазерний принтер і сканер. Система призначена для додрукової підготовки «паперових» видань, або для створення електронних засобів масової інформації (сторінок Інтернет, електронних енциклопедій і т.д.).

## **1.2. Основні відомості й вимоги до апаратного забезпечення видавничих систем**

Істотний вплив на поліграфічну промисловість в останнє десятиліття роблять комп'ютерні технології. Добре відомо й стало звичним, що цифрова техніка й видавничі системи зробили переворот у сфері додрукової підготовки. Широко використовуються системи *«Комп'ютер - фотоформа»* (Computer to Film), *«Комп'ютер - друкована форма»* (Computer to Plate) і *«Комп'ютер - друкуюча машина»* (Computer to Press). Для безперервного *«цифрового потоку»* у виробничому процесі додрукової підготовки, друку й післядрукової обробки потрібне цифрове подання інформації, інтеграція й зв'язок всіх етапів. У результаті розвитку персональних комп'ютерів, здатних обробляти графіку, робочих станцій, професійного програмного забезпечення для верстки, графіки й обробки зображень, а також мови опису сторінок Postscript і лазерних фотовивідних пристроїв з високою роздільною здатністю, оснащених растровими процесорами, альтернативою додруковим процесам стали комп'ютерні настільні видавничі системи. Комп'ютерна видавнича система забезпечила на одному комп'ютеризованому робочому місці виконання таких робіт, як введення й обробка текстової й образотворчої інформації, оформлення графічних елементів, верстку смуг, а у взаємодії з вивідним експонуючим пристроєм - колірні перетворення й растрирування смуг для виводу їх на



фотоплівку. Існують і широко застосовуються програми для цифрового монтажу друкованого аркуша. У сполученні із крупноформатним пристроєм, що експонує, з комп'ютера здійснюється виведення на фотоплівку у форматі друкуючої машини. Технології введення «Комп'ютер - фотоформа» сьогодні цілком відпрацьовані. З 90-х років ХХ в. стали широко застосовуватися системи введення інформації «Комп'ютер - друкована форма» (СtP), де зображення записують безпосередньо на формний матеріал. Завдяки цифровим процесам значно знижується матеріалоємність додрукової ступені й, в остаточному підсумку, все керування виконується з одного комп'ютеризованого робочого місця. На сучасних поліграфічних підприємствах працюють офсетні друкуючі машини з інтегрованим пристроєм, що експонує, для запису зображень прямо на формну пластину (Direct Imaging) на спеціальному струминному, термографічному або сублимаційному пристрої «Комп'ютер-друкуюча машина», що вимагає ретельно коректувати цифрові дані.

Зміни в технології й організації в додрукових процесах привели до того, що багато завдань стали виконуватися одним фахівцем на комп'ютеризованому робочому місці. З'явилася нова професія - медіадизайнер. Завдяки комп'ютерним видавничим системам сьогодні в принципі будь-який автор, що має комп'ютер і відповідне програмне забезпечення, може виконати частину операцій додрукових процесів.

*Післядрукова обробка* в останні роки стає усе більше й більше *автоматизованою*, однак ще не в тій мірі, як друк, і в набагато меншому ступені, чим додрукові процеси. У післядрукових процесах потрібне більше втручання людини в технологію, чим на додрукової і друкової стадіях. Тому в області післядрукових процесів уживають заходи щодо впровадження *комп'ютерного керування виробничими системами* (Computer-integrated Manufacturing – CIM), щоб і ця частина обробки не стала «вузьким місцем» у виготовленні друкарської продукції. За допомогою сучасних методів на додрукарській ступені замовлення на друк може бути описане у цифровій формі в змістовному й функціональному плані. На підставі набору даних безпосередньо може виготовлятися повносмугова фотоформа або друкуюча форма. Точно так само на стадії друку й післядрукової обробки наявна цифрова інформація може використатися для керування виробництвом кінцевого продукту – друкованих видань. Сьогодні вони можуть вироблятися на основі «цифрового оригіналу», що містить всю інформацію про замовлення від змістовного до

технологічних аспектів. «Цифрові образи» (Digital Master) для друкованих або електронних засобів інформації в значній мірі ідентичні. Це привело не тільки до наскрізного керування виробничими процесами Workflow, у якому частина виробничих операцій виконується над цифровими даними, але й до створення «області» і нового поняття – Premedia. Переваги цифрових друкарень очевидні. Насамперед вони дозволяють значно скоротити строк виконання замовлення. До достоїнств можна також віднести широкий спектр матеріалів для друку, різноманітні можливості по виконанню різноманітних і складних замовлень (друк змінних даних, готових комплектів і т.п.) і екологічну чистоту виробництва (зокрема, можливі установка й робота в офісному приміщенні).

Основним виробничим ресурсом салону оперативної поліграфії є виробниче устаткування. Асортименти виробничого встаткування дуже широкий - бюджет цифрового друкованого салону на закупівлю техніки може коливатися від десятка тисяч до декількох мільйонів доларів.

Як графічні станції обробки завдань (тобто комп'ютер дизайнера-верстальщика) потрібно використовувати *робочу станцію високої продуктивності з більшою кількістю оперативної пам'яті, з достатнім розміром жорсткого диска й з високопродуктивною графічною підсистемою*. Рекомендується професійний монітор з діагоналлю не менш 20". Устаткування повинне бути ретельно настроєне й відкаліброване. Практика показує, що якщо в числі замовлень багато робіт, здаваних до друку в електронному виді, то як робочі станції потрібно мати як комп'ютер Apple Macintosh, так і ПК на платформі Intel. Потрібно урахувати, що не завжди можна коректно й у необхідний термін конвертувати формати даних Mac у формати Win, хоча найпоширеніші графічні пакети мають платформенно-сумісні дані. Слід зазначити, що в сучасних робочих станціях видавничих систем дуже широко застосовуються як багатоядерні процесори, так і багатопроцесорні системи з паралельною обробкою даних.

### **1.3. Введення в настільні видавничі системи**

Сучасні комп'ютерні видавничі системи призначені для автоматизації підготовки документів до видання. Видавничі програми легко піддаються освоєнню навіть непрофесіоналам у видавничій роботі. Комп'ютерні видавничі системи з'явилися порівняно недавно. Спочатку оперативна (малотиражна) і професійна (багатотиражна) поліграфія були паралел-

льними непересіченими мирами. Але поступово стихійно виниклий ринок послуг оперативної поліграфії став організовуватися. Підприємства оперативної поліграфії відчували необхідність замкнутого циклу виробництва; типовими стали комплексні закупівлі - від фотоскладальних автоматів до оздоблювального встаткування. У зв'язку із широким поширенням в останні роки мультимедійних і мережних електронних видань, прийнято розділяти настільні видавничі системи на два типи: *для підготовки поліграфічних видань і системи верстки електронних документів*. Серед настільних видавничих систем (DTP) найбільш популярними вважаються системи QuarkXPress, PageMaker й InDesign.

DTP - комплекс апаратного й програмного забезпечення, призначений для підготовки публікації з тексту й зображень для друку. Можлива й підготовка документа публікації для поширення не у вигляді твердої копії, а в електронному виді, тобто електронна верстка в PDF- і HTML-форматах. Настільне видавництво, на відміну від традиційного типографського, має на увазі поліграфічну роботу не в друкарні, а в офісі. У широкому змісті слова під DTP розуміють комп'ютерну цифрову поліграфію в цілому, а у вузькому змісті - програми верстки документів.

Основною відмінністю DTP від текстових редакторів (наприклад MS Word) є те, що вони призначені в першу чергу для оформлення (верстки) документа, а не для його створення "з нуля" (уведення тексту, перевірки правопису, створення зображень), хоча деякою мірою можуть виконувати й ці функції. Процес верстки документа складається в оформленні тексту й завданні умов взаємного розташування тексту й ілюстрацій. Метою верстки є створення оригінал-макета, придатного для розмноження документа поліграфічними методами. Оригінал-макет - оригінал, кожна сторінка якого повністю збігається з відповідною сторінкою майбутнього видання. Він може бути кодованим - на магнітному або оптичному диску, і в такому виді відсилатися на поліграфічне підприємство для набору й друкування тиражу; твердою копією, підготовленою для виготовлення фототформ або друкованих форм; фотомеханічним або іншим. Ще зовсім недавно в комп'ютерній індустрії існував твердий поділ сфер діяльності між різними апаратними платформами, так, наприклад, поліграфія в основному робилася на Macintosh. Це порозумівається лише тим, що в Macintosh застосовувалися специфічні апаратні рішення, більше підходящі для роботи із графікою й поліграфією, але коштували більших грошей при реалізації їх на PC. На відміну від MAC, що зробила закритим

тиражування архітектури своїх комп'ютерів, в IBM PC тоді було тільки одна, але вирішальна перевага - відкритий стандарт, що дозволив робити їх всім бажаючим. Це й привело до того, що сьогодні в багатьох на домашньому столі стоїть комп'ютер PC, а не MAC, здатний виконувати завдання, для яких ще зовсім недавно були потрібні дорогі графічні робочі станції. І сьогодні у своїх квартирах ми можемо одержувати задоволення від роботи с Page Maker, QuarkXPress або Photoshop, привнесених з миру Macintosh. Тому зовсім не дивно, що зараз увесь світ переходить на PC у багатьох областях, і поліграфія - не виключення. Багато труднощів, що заважали колись займатися на PC допечатної підготовкою, пішли в минуле. Основною вимогою до комп'ютерів у цій області сьогодні є підтримка керування кольорами на рівні операційної системи. Це завдання сьогодні вирішене й на PC. Уже з'явилися необхідні для цього апаратні засоби за розумною ціною. Сьогодні є тенденція поширення PC у ті сфери, де раніше панував MAC. Через більш широку поширеність систем керування кольорами для точної обробки кольорових растрових зображень у поліграфії трохи краще використати Macintosh. З іншого боку, широке поширення сервісних бюро, оснащених всією необхідною технікою, дозволяє перекласти проблему якісного сканування й кольорокорекції на їхні плечі, після чого використати вже готові кольороподілені зображення. Підготовка векторних ілюстрацій з повним успіхом може бути перенести на PC. Сьогодні обидві системи зблизилися настільки, що, лише дрібні відмінності в інтерфейсі ще дозволяють довідатися, за яким же комп'ютером (MAC або PC) працює користувач.

В оперативній поліграфії є різний технічний підхід до рішень того або іншого завдання. При класичному друкованому виробництві економічно не вигідно друкувати продукцію тиражем менш 500 форматів друкованого аркуша. Для виконання подібних замовлень останнім часом використовують або лазерні принтери, або різोगрафи. Однак принтери не забезпечують потрібної швидкості, а різोगрафи - потрібної якості. Кращим варіантом виявляється використання повнокольорового копіювального апарата. У друкарнях повнокольорові замовлення звичайно виконуються або на цифрових друкованих машинах (типу XEIKON DCP 32D "Блиц-Принт"), або ж, наприклад, за допомогою офсетного друку. **Оперативна поліграфія** - це поняття, що описує процес створення невеликих тиражів друкованої поліграфічної продукції гарної якості й за короткий час. Наприклад, *мінімальним комплексом оперативної поліграфії можна вва-*

*жати*: комп'ютер для верстки (наприклад, Pentium-IV), повнокольоровий копір (наприклад, CANON CLC 700) і растровий процесор (наприклад, CANON ColorPASS 500) для їхнього зв'язку один з одним. Маючи таке обладнання, можна випускати до 200 двосторонніх повнокольорових рекламних проспектів у годину або до десяти 20-сторінкових повнокольорових журналів за те ж час. Як улаштовані повнокольорові копії CANON? Це цифрові апарати. Вони складаються із двох частин: цифрового сканера й цифрового лазерного принтера. Поєднуються ці частини інтерфейсом, через який відбувається завдання режимів копіювання. Повнокольорове зображення формується із чотирьох базових квітів - Cyan, Magenta, Yellow, Black (у звичайній поліграфії застосовуються такі ж базові кольори). Фарба в копію зберігається у вигляді тонерного порошку й переноситься на папір за допомогою селенового фоточутливого барабана. Такий же механізм застосовується й у звичайних лазерних принтерах. Але на відміну від лазерних принтерів у кольорових копіях CANON формування відтінків виробляється для кожної растрової крапки. Цим і порозумівається висока якість друку копіїв, що мають дозвіл усього 400 dpi. Така технологія друку одержала назву CONTONE. У кожній растровій крапці інтенсивність тонера може мати 256 значень. Це дозволяє одержати дуже чітке зображення з повною палітрою кольорів. Щоб забезпечити таку якість, звичайний лазерний принтер повинен мати дозвіл 3200 dpi. Скопійоване зображення має якість, дуже близьке до оригіналу. Крім високої чіткості зображення, копії CANON також забезпечують гарну передачу кольору. Тому що тракт сканування й виведення в цифрових повнокольорових копіях CANON розділений, то напрошується природне бажання обидва цих тракту приєднати до комп'ютера. Це можливо при використанні спеціальних інтерфейсів. Інтерфейси, які забезпечують друк за допомогою кольорових копіїв, називають растровими процесорами (RIP). Є також комбіновані інтерфейси, які працюють й як растровий процесор (на виведення), і як контролер сканера (на введення зображення через копій). RIP (Raster Image Processor) - це програма або пристрій, що перетворює ваше зображення в послідовність крапок блакитного, пурпурного, жовтого й чорного кольорів (СМҮК), а іноді й декількох додаткових кольорів: жовтогарячого й зеленого (СМҮКОГ) або світлого блакитного й світлого пурпурного (СМҮКLcLm). Процес цього перетворення зветься раструванням. Маючи високу швидкість друку й відмінною якість, повнокольорові копії ідеально підходять

для використання в оперативній поліграфії. При цьому відразу досягається кілька мет. Якість друку наближається до офсетного, швидкість друку (до 1500 відбитків формату А4 у годину) теж, а з використанням растрових процесорів серії ColorPass стає можливим друк персоніфікованих документів без додаткових фінансових витрат. Прикладом сучасної друкарні для оперативної поліграфії може служити побудована на основі копіювального апарата CANON міні-друкарня, оснащена додатковим устаткуванням, інтегровальним з копіювальним апаратом у єдиний технологічний ланцюжок. Це різні модифікації сортувальників, брошурувальників, степлерів і фальців-машин. Такий конвеєр може випускати продукцію тиражами, які недоступні більшим друкарням, але які є найпоширенішими в умовах українського й російського ринку - від 10 до 500 екземплярів.

В DTP обов'язково доводиться зіштовхуватися із графікою. Під роботою з векторним редактором розуміють створення й редагування зображень, представлених набором контурів або кривих, що мають кольори заливання й контуру, а також товщину й тип цього самого контуру. Редагування таких кривих виконується з використанням механізму кривих Безье. Для векторного дизайну популярні три програмних продукти: Adobe Illustrator, Macromedia FreeHand й CorelDraw. По наборі функцій і можливостей ці продукти займають приблизно рівне положення. Для розширення можливостей цих програм у них є механізм підключення додаткових модулів, що додають функціональність базовим програмам.

Наступний клас дизайнерського ПО - це *площинний растровий дизайн*. Безперечним лідером ПО растрового дизайну був і залишається пакет Adobe Photoshop. Програма служить для фотообробки й ретуші зображень, дозволяє виконувати різноманітні цифрові ефекти із зображеннями, створювати багат шарові колажі фотографій, робити з кольорових фотографій двухтонові й із чорно-білих - кольорові. Іншим популярним продуктом є Painter. Пакет дозволяє редагувати малюнок або фотозображення, використовуючи емуляцію всіх реальних інструментів і фарб художника, а також можна додавати нові, які принципово не можуть бути реалізовані без комп'ютера. Використовуючи графічний планшет, комп'ютерний дизайнер виконує роботу як художник кистю.

DTP не існують обособлено, у відриві від комп'ютерної графіки й Internet. Приклад тісної інтеграції електронного Web-дизайну й DTP - використання загального PDF-формату документів.

## 1.4. Основні відомості про сучасні комп'ютерні системи

### Поняття про архітектуру ЕОМ.

Архітектура ЕОМ містить у собі як структуру, що відображає склад ПК, так і програмно-математичне забезпечення. Структура ЕОМ - сукупність елементів і зв'язків між ними. Основи навчання про архітектуру обчислювальних машин були закладені Джон фон Нейманом. Сукупність цих принципів породила класичну (фон-неймановську) архітектуру ЕОМ. Фон-Нейман не тільки висунув основні принципи логічного пристрою ЕОМ, але й запропонував її структуру. Положення фон Неймана: 1) комп'ютер складається з декількох основних пристроїв (арифметико-логічний пристрій, керуючий пристрій, пам'ять, зовнішня пам'ять, пристрої уведення й виведення); 2) арифметико-логічний пристрій - виконує логічні й арифметичні дії, необхідні для переробки інформації, що зберігається в пам'яті; 3) керуючий пристрій - забезпечує керування й контроль всіх пристроїв комп'ютера; 4) дані, які зберігаються в запам'ятовувальному пристрої, представлені у двійковій формі; 5) програма, що задає роботу комп'ютера, і дані зберігаються в тому самому запам'ятовувальному пристрої; 6) для уведення й виведення інформації використовуються пристрої уведення й виведення. Основним принципом побудови сучасних ЕОМ є програмне керування. Архітектура сучасних комп'ютерів часто істотно відрізняється від класичної. Основні відмінності ми будемо розглядати в наступних темах у міру вивчення навчального матеріалу.

### Пристрої комп'ютера і їх характеристики.

Оскільки робочі станції видавничих систем будуються на основі сучасних персональних комп'ютерів (ПК), то перейдемо до розгляду пристрою ПК. У цей час ПК випускаються в наступних конструктивних виконаннях: стаціонарні (настільні) і переносні. Найпоширенішими є настільні ПК, які дозволяють легко змінювати конфігурацію. Розглянемо IBM – сумісний настільний персональний комп'ютер. Склад ПК прийнято називати *конфігурацією*. Оскільки сучасні комп'ютери мають блочно-модульну конструкцію, то необхідну апаратну конфігурацію можна реалізувати з готових вузлів і блоків (модулів), виготовлених різними виробниками. Сумісність пристроїв є основним принципом відкритої архітектури, що запропонувала компанія IBM. До базової конфігурації відносяться пристрої, без яких не може працювати сучасний ПК: - системний блок; - кла-

віатура, що забезпечує уведення інформації в комп'ютер; - маніпулятор миша, що полегшує уведення інформації в комп'ютер; - монітор, призначений для зображення текстової й графічної інформації.

**Системний блок** являє собою металеву коробку зі знімною кришкою, у якій розміщені пристрої комп'ютера. За формою корпусу бувають: - Desktop – плоскі (горизонтальні) корпуси, їх звичайно розташовують на столі й використовують як підставка для монітора. - Tower – витягнуті у вигляді веж (вертикальне розташування). Корпуси розрізняються по розмірах, приставки Super, Big, Midi, Micro, Tiny, Flex, Mini, Slim позначають розміри корпусів. На передній стінці корпусу розміщені кнопки “Power” - Пуск, “Reset” - Перезапуск, індикатори живлення й роботи ПК.

Порти (канали введення-виведення). На задній стінці корпусу ПК розміщені наступні порти: 1) Game - для ігрових пристроїв. 2) VGA - інтегрований у материнську плату VGA - контролер для підключення монітора для ПК. 3) COM - асинхронні послідовні (COM1-COM3). Через них звичайно приєднуються миша, модем і т.д. 4) PS/2 - асинхронні послідовні порти для підключення клавіатури й маніпулятора миша. 5) LPT - паралельні (LPT1-LPT4), до них звичайно підключаються принтери. 6) USB - універсальний інтерфейс для підключення 127 пристроїв. 7) IEEE-1394 (FireWire) - інтерфейс для передачі великих об'ємів відео інформації в реальному часі. Інтерфейсом FireWire оснащені відеокамери, що працюють у цифровому форматі. 8) iRDA - інфрачервоні порти призначені для бездротового підключення ПК або стільникового телефону до настільного комп'ютера. 9) Bluetooth - високошвидкісний мікрохвильовий стандарт, що дозволяє передавати дані на відстанях до 10 метрів. USB bluetooth адаптери призначені для бездротового підключення кишенькового або блокнотних ПК, або стільникового телефону до настільного комп'ютера. 10) Роз'єми звукової карти: для підключення стовпчиків, мікрофона й лінійний вихід. Наявність або відсутність у ПК перерахованих портів залежить від його вартості й рівня сучасності.

У системному блоці розташовані **основні вузли комп'ютера**: 1) *системна або материнська плата* (motherboard), на якій установлені дочірні плати (контролери пристроїв, адаптери або карти) і інші електронні пристрої; 2) *блок живлення*, що перетворює електроживлення мережі в постійний струм низької напруги, для електронних схем комп'ютера; 3) *накопичувач на жорсткому магнітному диску*, призначений для читання й запису на незнімний жорсткий магнітний диск; 4) *накопичувачі на оп-*



тичних дисках, призначені для читання й запису на компакт-диски; 5) *накопичувачі (або дисководи)* для гнучких магнітних дисків, використовувані для читання й запису на дискети; 6) *пристрої охолодження*.

**Клавіатура** - пристрій, призначений для уведення користувачем інформації в комп'ютер. Стандартна клавіатура має більше 100 клавіш.

Маніпулятор миша - пристрій керування маніпуляторного типу. Не-велика коробочка із клавішами (1, 2 або 3 клавіші). Переміщення миші по плоскій поверхні синхронізовано з переміщенням покажчика миші на екрані монітора. Уведення інформації здійснюється переміщенням курсору в певну область екрана й короткочасним натисканням кнопок маніпулятора або щигликами (одинарними або подвійними). За принципом роботи маніпулятори діляться на механічні, оптомеханічні й оптичні.

**Монітори** – пристрої, які служать для забезпечення діалогового режиму роботи користувача з комп'ютером шляхом виведення на екран графічної й символної інформації. У графічному режимі екран складається із крапок (пикселей), отриманих розбивкою екрана на стовпці й рядки. Кількість пикселей на екрані називається роздільною здатністю монітора в даному режимі. Монітори ПК можуть працювати в наступних режимах: 480x640, 600x800, 768x1024, 864x1152, 1024x1280 (кількість пикселей по вертикалі й горизонталі). Роздільна здатність залежить від типу монітора й відеоадаптера. Кожен пиксел може бути пофарбований в один з можливих кольорів. Стандарти відображення кольорів: 16, 256, 64К, 16М колірних відтінків кожного пиксела. За принципом дії всі сучасні монітори розділяються на: 1) монітори на базі електронно-променевої трубки (CRT); 2) рідкокристалічні дисплеї (LCD); 3) плазмові монітори. Найпоширенішими є монітори на електронно-променевих трубках, але більше популярними стають монітори з рідкокристалічними дисплеями. Найвищу якість зображення мають плазмові дисплеї. Стандартні монітори мають довжину діагоналі 14, 15, 17, 19, 20, 21 й 22 дюйма.

### **Класифікація комп'ютерів.**

Комп'ютер - це пристрій або засіб, призначений для обробки інформації. Комп'ютер може обробляти тільки інформацію, представлену в числовій формі. У розвитку ЕОМ виділяють п'ять поколінь. В основу класифікації закладена елементна база, на якій будуються ЕОМ. 1) В 1943 році була створена обчислювальних машин ЕОМ першого покоління на базі електронних ламп. 2) Друге покоління (50 - 60 р.) комп'ютерів побу-

довано на базі напівпровідникових елементів (транзисторах). 3) Основна елементна база комп'ютерів третього покоління (60 - 70 р.) - інтегральні схеми малої й середньої інтеграції. 4) У комп'ютерах четвертого покоління (70 - по н/ч) застосовані великі інтегральні схеми ВІС (мікропроцесори). Застосування мікропроцесорів дозволило створити персональний комп'ютер (ПК), відмінною рисою якого є невеликі розміри й низька вартість. 5) У цей час ведуться роботи зі створення ЕОМ п'ятого покоління, які розробляються на надвеликих інтегральних схемах. Існують й інші різні системи класифікації ЕОМ: а) по продуктивності й швидкодії; б) по призначенню; в) за рівнем спеціалізації; г) по типі використовуваного процесора; д) по особливостях архітектури; е) по розмірах.

Розглянемо схему класифікації ЕОМ, виходячи з їхньої обчислювальної потужності й габаритів: 1) *суперкомп'ютери* – це самі потужні по швидкодії й продуктивності обчислювальні машини. До них відносяться, наприклад, “Cray” й “IBM SP2” (США). Використаються для рішення великомасштабних обчислювальних завдань і моделювання, для складних обчислень у метеорології й військово-оборонних структурах. 2) *Великі машини або мейнфрейми* (Mainframe). Використовуються у фінансовій сфері, оборонному комплексі, застосовуються для комплектування відомчих, територіальних і регіональних обчислювальних центрів, керування великими поліграфічними виробництвами. 3) *Середні ЕОМ* широкого призначення використовуються для керування складними технологічними виробничими процесами. Широко застосовуються в сучасних видавничих системах. 4) *Міні-ЕОМ* орієнтовані на використання в якості керуючих обчислювальних комплексів, як мережні сервери. 5) *Мікро - ЕОМ* — це комп'ютери, у яких як центральний процесор використовується мікропроцесор.

До них відносяться убудовані мікро - ЕОМ і *персональні комп'ютери РС*. До персональних комп'ютерів відносяться настільні й переносні ПК. До переносних ЕОМ відносяться Notebook (блокнот, записна книжка) і кишенькові персональні комп'ютери (Personal Computers Handheld - Handheld PC, Personal Digital Assistants - PDA й Palmtop).

### **Робочі станції.**

*Робоча станція* – це високопродуктивна однокористувальницька комп'ютерна система, призначена для роботи зі спеціалізованим прикладним програмним забезпеченням. На робочих станціях переважно обро-

бляються додатки наступних типів: 1) створення цифрового контенту (DCC). Один з найбільш швидко зростаючих сегментів ринку, що поєднує в собі засоби масової інформації, підприємства індустрії розваг і великі корпорації. Деякі рішення: верстка й видавничі системи, створення Web - контенту й традиційного інформаційного наповнення, двовимірної й тривимірної анімації, нелінійне відеоредагування. 2) Механічні системи САПР (MCAD). 3) Системи автоматизованого проектування електроніки (EDA). 4) Системи фінансового аналізу. 5) Розробка програмного забезпечення. 6) Ділові додатки загального призначення. Додатки, для обробки яких потрібна потужна клієнтська платформа: планування проектів, статистичний аналіз, розробка навчальних курсів, настільні видавничі системи, аналіз баз даних. 7) Геоінформаційні системи. 8) Наукові статистичні завдання. Первісна орієнтація робочих станцій на професійних користувачів привела до того, що робочі станції - це добре збалансовані системи, у яких висока швидкодія сполучається з більшим об'ємом оперативної й зовнішньої пам'яті, високопродуктивними внутрішніми магістралями, високоякісною й швидкодіючою графічною підсистемою й різноманітними пристроями уведення/виведення. Ця властивість вигідно відрізняє робочі станції середнього й високого класу від ПК і сьогодні. Навіть найбільш потужні IBM PC сумісні ПК не в змозі задовольнити зростаючі потреби систем обробки через наявність у їхній архітектурі ряду "вузьких місць". Сучасний ринок "персональних робочих станцій" не просто визначити. По суті він являє собою сукупність архітектурних платформ персональних комп'ютерів і робочих станцій.

*Графічні робочі станції* являють собою комп'ютери, що дозволяють виконувати програми обробки графіки з високим вирішенням, які сильно навантажують центральний процесор (ЦП) і графічні набори мікросхем. До числа таких спеціалізованих додатків відносяться автоматизовані системи проектування/ автоматизовані системи керування виробництвом, системи візуалізації даних, автоматизовані системи розробки програмного забезпечення (CASE) і багато програм анімації. У більшості цих програм реалізується тривимірний графік, тому для їхнього виконання потрібні відповідні апаратні засоби.

Портативні (мобільні) робочі станції (ПРС) HP Compaq розроблені для професіоналів, яким необхідно сполучити потужну продуктивність робочих станцій з портативністю ноутбука. ПРС головним чином призначені для інженерів, дизайнерів, архітекторів і вчених, компаній, що за-

ймаються видавничим бізнесом. В останні роки з'явилися ПРС на основі платформ, які по своїх параметрах почти не уступають настільним ПК і можуть з успіхом застосовуватися в якості мобільних робочих станцій для рішення завдань поліграфії й видавництва.

*Комплекси робочих станцій.* У зв'язку з тим, що по співвідношенню «ціна/продуктивність» позиції робочих станцій і персональних комп'ютерів (ПК) постійно поліпшуються, з'явилася практика їхнього об'єднання в рамках **кластерів робочих станцій** (Clusters Of Workstations, **COW**). Вони складаються з декількох ПК або робочих станцій, підключених друг до друга по високошвидкісній мережі й постачених спеціальним програмним забезпеченням, що дозволяє направляти їхні ресурси на рішення єдиних завдань. Кластери відрізняються зручністю масштабування — будь-який кластер можна розширити з десятка до декількох тисяч машин. Нерідко у вигляді кластерів організуються веб-сервери. Кластери, що реалізують таку схему, часто називають **серверними фермами** (server farms).

### **Структурна схема комп'ютера.**

Основним пристроєм ПК є материнська плата, яка визначає його конфігурацію. Всі пристрої ПК підключаються до цієї плати за допомогою роз'ємів, розташованих на цій платі. З'єднання всіх пристроїв у єдину систему забезпечується за допомогою системної магістралі (шини), що представляє собою лінії передачі даних, адресів і керування.

Ядро ПК утворюють процесор (центральний мікропроцесор) і основна пам'ять, що складається з оперативної пам'яті й постійного запам'ятовувального пристрою (ПЗУ) або перепрограмувального постійного запам'ятовувального пристрою ППЗУ. ПЗУ призначається для запису й постійного зберігання даних. Підключення всіх зовнішніх пристроїв (клавіатури, монітора, миші, принтера й т.д.) забезпечується через контролери, адаптери, карти. Контролери, адаптери, карти мають свій процесор і свою пам'ять, тобто являють собою спеціалізований процесор. Центральний мікропроцесор – (мікросхема, що виконує всі обчислення й обробку інформації) - це ядро ПК. У комп'ютерах типу IBM PC використовуються мікропроцесори фірми Intel і сумісні з ними мікропроцесори інших фірм.

Компоненти мікропроцесора: 1) Арифметико-логічний пристрій (АЛУ) - виконує логічні й арифметичні операції. 2) Пристрій керування - управляє всіма пристроями ПК. 3) Регістри - використовуються для зберігання даних й адресів. 4) Схема керування шиною й портами - здійснює підготовку

пристроїв до обміну даними між мікропроцесором і портом уведення - введення, а також управляє шиною адреса й керування.

Основні характеристики процесора: 1) Розрядність - число двійкових розрядів, одночасно оброблюваних при виконанні однієї команди. Більшість сучасних процесорів - це 32 й 64 - розрядні процесори. 2) Тактова частота - кількість циклів роботи пристрою за одиницю часу. Чим вище тактова частота, тим вище продуктивність. 3) Наявність убудованого математичного співпроцесора. 4) Наявність і розмір кеш-пам'яті.

Із зовнішніми пристроями процесор може обмінюватися даними завдяки загальній шині, до складу якої входять **шини адресів, даних і керування**. Розрядність шини може бути - 8, 16, 32, 64. Процесор може виконувати чотири основних математичних дії (додавання, вирахування, множення й ділення) над двійковими числами, а, крім того, операції комп'ютерної логіки: порівняння, умовний перехід і повторення.

Оперативна пам'ять. Оперативний запам'ятовувальний пристрій (ОЗУ або RAM) - область пам'яті, призначена для зберігання інформації протягом одного сеансу роботи з комп'ютером. Конструктивно ОЗУ виконано у вигляді інтегральних мікросхем. З її процесор зчитує програми й вихідні дані для обробки у свої регістри, у неї записує отримані результати. Однак швидкодія ОЗУ нижче швидкодії регістрів процесора, тому перед виконанням команд процесор переписує дані з ОЗУ в регістри.

За принципом дії розрізняють *динамічну* пам'ять і *статичну*. Осередки динамічної пам'яті являють собою мікроконденсатори, які накопичують заряд на своїх обкладках. Осередки статичної пам'яті являють собою тригери, які можуть перебувати у двох стійких станах. Основні параметри, які характеризують ОЗУ - це ємність і час звертання до пам'яті.

ПЗУ – постійний запам'ятовувальний пристрій (BIOS - *Basic Input/Output System*). Системна плата комп'ютера містить постійний запам'ятовувальний пристрій - мікросхему із записаним набором програм: 1) програму первісного завантаження комп'ютера; 2) програму первісного тестування комп'ютера; 3) базову систему вводу-виводу.

Енергонезалежна пам'ять (CMOS-пам'ять, *Complementary Metal-Oxid-Semiconductor*). Різні параметри конфігурації комп'ютера, наприклад кількість і тип дискових накопичувачів, тип відеоадаптера, наявність співпроцесора й деякі інші дані, зберігаються в так називаній CMOS-пам'яті. Мікросхема CMOS-пам'яті також містить звичайні електронні годинники. Щоб при відключенні живлення комп'ютера вміст CMOS-пам'яті не сти-

ралосся, і годинники продовжували відраховувати час, мікросхема CMOS-пам'яті живиться від спеціальної маленької батарейки або акумулятора, які також перебувають на системній платі.

Кеш-пам'ять. Комп'ютеру необхідно забезпечити швидкий доступ до оперативної пам'яті, інакше мікропроцесор буде простоювати, і швидкодія комп'ютера зменшиться. Тому сучасні комп'ютери оснащуються кеш-пам'яттю або сверхоперативною пам'яттю. При наявності кеш-пам'яті дані з ОЗУ спочатку переписуються в неї, а потім у регістри процесора. При повторному звертанні до пам'яті спочатку виробляється пошук потрібних даних у кеш-пам'яті й необхідні дані з її переносяться в регістри, тому підвищується швидкодія.

Контролери. Тільки та інформація, що зберігається в ОЗУ, доступна процесору для обробки. Тому необхідно, щоб у його оперативній пам'яті перебували програма й дані. У ПК інформація із зовнішніх пристроїв пересилається в ОЗУ, а інформація (результати виконання програм) з ОЗУ також виводиться на зовнішні пристрої. Таким чином, у комп'ютері повинен здійснюватися обмін інформацією (ввід-вивід) між оперативною пам'яттю й зовнішніми пристроями. Пристрої, які здійснюють обмін інформацією між оперативною пам'яттю й зовнішніми пристроями називаються контролерами або адаптерами, іноді картами. Контролери мають свій процесор і свою пам'ять, тобто являють собою спеціалізований процесор. Контролери або адаптери (схеми, що керують зовнішніми пристроями комп'ютера) перебувають на окремих платах, які уставляються в уніфіковані роз'єми (слоти) на материнській платі.

Системна магістраль (шина) – це сукупність проводів і роз'ємів, що забезпечують об'єднання всіх пристроїв ПК у єдину систему і їхню взаємодію. Для підключення контролерів або адаптерів сучасні ПК постачені такими слотами як PCI. Слоти PCI – E Express для підключення нових пристроїв до більш швидкісної шини даних. Слоти AGP призначені для підключення відеоадаптера. Для підключення накопичувачів (жорстких дисків і компакт-дисків) використовуються інтерфейси IDE й SCSI. *Інтерфейс* – це сукупність засобів з'єднання й зв'язку пристроїв комп'ютера. Підключення периферійних пристроїв здійснюється через спеціальні інтерфейси, які називаються портами. *Порти* встановлюються на задній стінці системного блоку. *Слоти* (роз'єми) *розширення* конфігурації ПК призначені для підключення додаткових пристроїв до основної шини даних комп'ютера. До основних плат розширення, призначених для підклю-

чення до шини додаткових пристроїв, відносяться: - а) відеоадаптери (відеокарти); б) звукові плати; в) внутрішні модеми; г) мережні адаптери (для підключення до локальної мережі); д) SCSI – адаптери. Контролери й периферійні пристрої підключаються до шини вводу-виводу ПК за допомогою **інтерфейсу вводу-виводу**. Інтерфейс являє собою апаратно-програмну систему з'єднання об'єктів з різними характеристиками. Існує кілька типів інтерфейсів вводу-виводу. Зокрема, у ПК ви зустрінете інтерфейси між периферійними пристроями і їхніми контролерами, а також між контролерами й шиною вводу-виводу. Інтерфейси прийнято підрозділяти на апаратні й програмні. *Апаратний інтерфейс* являє собою сукупність ліній зв'язку, логічних елементів і допоміжних схем керування, призначених для перетворення сигналів і з'єднання пристроїв. *Програмний інтерфейс* дозволяє з'єднати окремі програми з різними параметрами, а також надає користувачеві умови роботи із програмними продуктами з тим або іншим ступенем комфорту. Кожен інтерфейс містить реєстри, які називаються **портами вводу-виводу**. Якщо процесор і пристрої вводу-виводу (ПВВ) виконують обмін даними з ОЗУ за допомогою комірок пам'яті, то для обміну даними процесора й ОЗУ з ПВВ використовуються порти ПВВ. Кожен порт має свою адресу. Адресні простори пам'яті й портів ПВВ в архітектурі ПК розділені на апаратному й логічному рівнях. Крім адрес порти мають у своєму розпорядженні логічні імена, що дозволяють формалізувати спілкування з портами ПВВ. У ПК багато портів різного призначення. Одні порти призначені для буферизації даних, інші – для зберігання інформації, а треті – для ініціалізації командами процесора, що дозволяє управляти контролерами й ПВВ. Крім програмних портів існують також і *порти електричні*. Користувачі, як правило, під терміном “порт” мають на увазі електричне підключення периферійного пристрою до ПК. Порти бувають послідовні (наприклад, СОМ-порти), паралельні (LPT-порт), універсальні (USB) і ін. *Послідовний порт* використовується для підключення принтера, модему, миші й різних маніпуляційних і комунікаційних пристроїв. Достоїнство послідовних портів – мале число ліній у з'єднувальному кабелі, недолік – складність організації швидкісного обміну даними. Через послідовний порт за секунду передається певна кількість бітів. Одиниця виміру швидкості передачі даних через послідовний порт – біт/с. *Паралельний порт* дозволяє підключати до ПК швидкісні пристрої. Через паралельний порт обмін ведеться не побітово, а байтами й словами даних - байт/с.

Зовнішня пам'ять. Класифікація накопичувачів. Для зберігання програм і даних у ПК використовуються накопичувачі різних типів. Накопичувачі - це пристрої для запису й зчитування інформації з різних носіїв інформації. Розрізняють накопичувачі зі *змінним й убудованим носієм*. По типу носія інформації накопичувачі розділяються на накопичувачі *на магнітних стрічках і дискові накопичувачі*. До накопичувачів на магнітних стрічках відносяться стримери й ін. Більше широкий клас накопичувачів становлять дискові накопичувачі. По способу запису й читання інформації на носій дискові накопичувачі розділяються на магнітні, оптичні й магнітооптичні. До дискових накопичувачів відносяться: 1) накопичувачі на флорпі-дисках; 2) накопичувачі на незмінних жорстких дисках (вінчестери); 3) накопичувачі на змінних жорстких дисках; 4) накопичувачі на магнітооптичних дисках; - накопичувачі на оптичних дисках (CD) з однократним записом і накопичувачі на оптичних DVD-дисках.

Додаткові пристрої. Периферійні пристрої - це пристрої, які підключаються до контролерів ПК і розширюють його функціональні можливості. По призначенню додаткові пристрої розділяються на: 1) пристрої введення (трекболли, джойстики, світлові пір'я, сканери, цифрові камери, диджитайзери); 2) пристрої виведення (плотери або графобудівники); 3) пристрої зберігання (стримери, zip - накопичувачі, магнітооптичні накопичувачі, накопичувачі HiFD й ін.); - пристрої обміну (модеми).

## **1.5. Роль оперативної пам'яті в системі**

### **Відомості про організацію пам'яті обчислювальних систем**

Пам'ять сучасних обчислювальних систем (ОС) має ієрархічну багаторівневу структуру. Чим вище рівень, тим вище необхідна швидкодія відповідної пам'яті. Основна або оперативна пам'ять (ОП) відноситься до верхнього рівня пам'яті. Порівняно невелика ємність ОП компенсується практично необмеженою ємністю зовнішніх запам'ятовувальних пристроїв. Однак ці пристрої порівняно повільні, і час обігу за даними для дисків становить десятки мілісекунд. Тому обчислювальний процес повинен протікати з можливо меншим числом звертань до зовнішніх запам'ятовувальних пристроїв і максимально можливим використанням ОП. Швидкодія ОП часто виявляється недостатньою для забезпечення вимог, пропонованих до швидкості роботи ОС. Це проявляється в невідповідності пропускних здатностей процесора й ОП. Виникаюча проблема



вирівнювання їх пропускних здатностей вирішується використанням буферних пам'ятей невеликої ємності й підвищеної швидкодії. Вони використовуються для зберігання команд і даних, що відносяться до оброблюваної ділянки програми. ОП є найбільш дефіцитним ресурсом в обчислювальних системах, яким треба користуватися ощадливо й ефективно. Проблема ускладнюється при переході до мультипрограмних систем, тому що в них ОП одночасно використовує кілька програм. У таких системах важливим стоїть питання виключення несанкціонованого впливу одних програм на інші. Це досягається за допомогою механізму захисту пам'яті. Існує кілька методів захисту пам'яті, серед яких можна виділити метод граничних реєстрів і метод ключів захисту. Метод граничних реєстрів складається у введенні двох граничних реєстрів, що вказують верхню й нижню границі області пам'яті, куди програма має право доступу. Зміст граничних реєстрів устанавлюються операційною системою перед тим, як для чергової виконуємої програми почнеться активний цикл. Якщо для динамічного розподілу пам'яті використовується базовий реєстр, то він одночасно визначає й нижню границю. Верхня границя підраховується операційною системою відповідно до довжини програми оперативної пам'яті. Метод ключів захисту є більше гнучким: він дозволяє організувати доступ програми до областей пам'яті, розташованим не підряд. Пам'ять у логічному відношенні ділиться на однакові блоки. Кожному блоку пам'яті ставиться у відповідність код, називаємий ключем захисту пам'яті, а кожній програмі, що приймає участь у мультипрограмній обробці, присвоюється код ключа програми. Доступ програми до даного блоку пам'яті для читання й запису дозволений, якщо ключі збігаються або один з них має код «0». Коди ключів захисту пам'яті зберігаються в спеціальній пам'яті захисту ключів, більше швидкодіючої, чим ОП.

### **Опис оперативної пам'яті комп'ютера.**

Оперативна пам'ять - це робоча область для процесора комп'ютера. У ній під час роботи зберігаються програми й дані. ОП часто розглядається як тимчасове сховище, тому що дані й програми в ній зберігаються тільки при включеному комп'ютері або до натискання кнопки скидання. При новому включенні живлення збережена інформація знову може бути завантажена в пам'ять. Пристрої ОП іноді називають **запам'ятовувальними пристроями з довільним доступом**. Це означає, що звертання до даних, що зберігається в оперативній пам'яті, не залежить від порядку їхнього розташування в ній. Коли говорять про пам'ять ком-

п'ютера, звичайно мають на увазі оперативну пам'ять, насамперед мікросхеми пам'яті або модулі, у яких зберігаються активні програми й дані, використовувані процесором. Визначення RAM перетворилося зі звичайної аббревіатури в термін, що позначає основний робочий простір пам'яті, створений мікросхемами **динамічної оперативної пам'яті** (Dynamic RAM - DRAM) і використовуваний процесором для виконання програм. Однією із властивостей мікросхем DRAM (і, отже, оперативної пам'яті в цілому) є динамічне зберігання даних, що означає, по-перше, можливість багаторазового запису інформації в оперативну пам'ять, а по-друге, необхідність постійного відновлення даних приблизно кожні 15 мс (мілісекунд). Також існує так називана **статична оперативна пам'ять** (Static RAM - SRAM), не потребує постійного відновлення даних. Під комп'ютерною пам'яттю звичайно мається на увазі оперативний запам'ятовувачий пристрій **ОЗУ** (RAM), тобто фізична пам'ять системи, що складається з мікросхем або модулів пам'яті, використовуваних процесором для зберігання основних, запущених у сучасний момент часу програм і даних. Термін "сховище даних" ставиться не до оперативної пам'яті, а до таких пристроїв, як жорсткі диски й накопичувачі на магнітній стрічці (які, проте, можна використати як різновид RAM, що одержав назву віртуальна пам'ять). Термін "оперативна пам'ять" часто позначає не тільки мікросхеми, які становлять пристрої пам'яті в системі, але включає й такі поняття, як **логічне відображення й розміщення**. *Логічне відображення* - це спосіб подання адресів пам'яті на фактично встановлених мікросхемах. *Розміщення* - це розташування інформації (даних і команд) визначеного типу по конкретних адресах пам'яті системи. Під час виконання програми в оперативній пам'яті зберігаються її дані. Мікросхеми оперативної пам'яті (RAM) іноді називають **енергозалежною пам'яттю**: після вимикання комп'ютера дані, збережені в них, будуть загублені, Щоб уникнути цього, деякі додатки автоматично роблять резервні копії даних.

Файли комп'ютерної програми при її запуску завантажуються в оперативну пам'ять, у якій зберігаються під час роботи із зазначеною програмою. Процесор виконує програмно реалізовані команди, що втримуються в пам'яті, і зберігає їхні результати. Оперативна пам'ять зберігає коди натиснутих клавіш при роботі з текстовим редактором, а також величини математичних операцій. При виконанні команди Зберегти (Save) уміст оперативної пам'яті зберігається у вигляді файлу на жорсткому диску. Фізично оперативна пам'ять у системі являє собою набір мікро-

схем або модулів, що містять мікросхеми, які звичайно підключаються до системної плати. Ці мікросхеми або модулі можуть мати різні характеристики й, щоб функціонувати правильно, повинні бути сумісні із системою, у яку встановлюються. У сучасних комп'ютерах використовуються запам'ятовувальні пристрої трьох основних типів: 1) ROM (Read Only Memory). Постійний запам'ятовувальний пристрій - ПЗУ, не здатний виконувати операцію запису даних. 2) DRAM (Dynamic Random Access Memory). Динамічний запам'ятовувальний пристрій з довільним порядком вибірки. 3) SRAM (Static RAM). Статична оперативна пам'ять.

**Пам'ять типу ROM.** У пам'яті типу ROM, або ПЗУ, дані можна тільки зберігати, змінювати їх не можна. Саме тому така пам'ять використовується тільки для читання даних. ROM також часто називається *енергонезалежною пам'яттю*, тому що будь-які дані, записані в неї, зберігаються при вимиканні живлення. Тому в ROM містяться команди запуску ПК, тобто програмне забезпечення, що завантажує систему. ROM й оперативна пам'ять - не протилежні поняття. Насправді *ROM являє собою частину оперативної пам'яті системи*. Інакше кажучи, частина адресного простору оперативної пам'яті приділяється для ROM. Це необхідно для зберігання програмного забезпечення, що дозволяє завантажити операційну систему. Основний код BIOS утримується в мікросхемі ROM на системній платі, але на платах адаптерів також є аналогічні мікросхеми. Вони містять допоміжні підпрограми BIOS і драйвери, необхідні для конкретної плати, особливо для тих плат, які повинні бути активізовані на ранньому етапі початкового завантаження, наприклад відеоадаптер. У цей час у більшості систем використовується одна з форм Flash-пам'яті, що називається електрично програмувальною постійною пам'яттю, що стирається (Electrically Erasable Programmable Readonly Memory - EEPROM). Flash-пам'ять є по-справжньому енергонезалежною й перезаписуваною, вона дозволяє користувачам легко модифікувати ROM, програмно-апаратні засоби системних плат й інших компонентів (таких, як відеоадаптери, плати SCSI, периферійні пристрої й т.п.).

**Пам'ять типу DRAM.** Динамічна оперативна пам'ять (Dynamic RAM - DRAM) використовується в більшості систем оперативної пам'яті сучасних ПК. Основна перевага пам'яті цього типу полягає в тому, що її комірки упаковані дуже щільно, тобто в невелику мікросхему можна впакувати багато битів, а виходить, на їхній основі можна побудувати пам'ять великої ємності. Комірки пам'яті в мікросхемі DRAM - це малюсінькі конден-

сатори, які утримують заряди. Саме так (наявністю або відсутністю зарядів) і кодуються біти. Проблеми, пов'язані з пам'яттю цього типу, викликані тим, що вона динамічна, тобто повинна постійно регенеруватися, тому що в протилежному випадку електричні заряди в конденсаторах пам'яті будуть "стікати" і дані будуть загублені. Регенерація відбувається, коли контролер пам'яті системи бере малюсіньку перерву й звертається до всіх рядків даних у мікросхемах пам'яті. Більшість систем мають контролер пам'яті (звичайно він вбудовується в набір мікросхем системної плати), що настроєний на відповідну промисловим стандартам частоту регенерації, рівну, наприклад, 15 нс. До всіх рядків даних обіг здійснюється по проходженні 128 спеціальних циклів регенерації. Регенерація пам'яті, на жаль, забирає час у процесора: кожен цикл регенерації по тривалості займає кілька циклів центрального процесора. У більшості випадків надійніше дотримуватися рекомендованої або заданої за замовчуванням частоти регенерації. Оскільки витрати на регенерацію в сучасних комп'ютерах становлять менш 1%, зміна частоти регенерації незначно впливає на характеристики комп'ютера. Більшість сучасних систем не дозволяють змінювати задану синхронізацію пам'яті, постійно використовуючи автоматично встановлені параметри. При автоматичній установці системна плата зчитує параметри синхронізації із системи визначення послідовності в ПЗУ (serial presence detect - SPD) і встановлює частоту періодичної подачі імпульсів відповідно до отриманих даних.

У пристроях DRAM для зберігання одного біта використовується один транзистор і пара конденсаторів, тому вони більше місткі, чим мікросхеми інших типів пам'яті. Є мікросхеми динамічної оперативної пам'яті ємністю 1 Гбайт і більше. Це означає, що подібні мікросхеми містять більше мільярда транзисторів. У мікросхемі пам'яті всі транзистори й конденсатори розміщуються послідовно але, звичайно у вузлах квадратної решітки, у вигляді простих, періодично повторюваних структур. Транзистор для кожного однорозрядного регістра DRAM використовується для читання стану суміжного конденсатора. Якщо конденсатор заряджений, в комірку записано 1; якщо заряду немає - записано 0. Заряди в малюсіньких конденсаторах увесь час стікають, от чому пам'ять повинна постійно регенеруватися. Навіть миттєве переривання подачі живлення або якийсь збій у циклах регенерації приведе до втрати заряду в комірки DRAM, а отже, і до втрати даних. У працюючій системі подібне приводить до появи "синього" екрана, відмова системи захисту, ушкодженню

файлів або до повної відмови системи. DRAM недорога, мікросхеми можуть бути щільно впаковані, а це означає, що запам'ятовувальний пристрій великої ємності може займати невеликий простір. На жаль, пам'ять цього типу не відрізняється високою швидкістю, звичайно вона набагато “повільніше” процесора. Тому існує безліч різних типів організації DRAM, що дозволяють поліпшити цю характеристику.

**Кеш-пам'ять SRAM.** Існує тип пам'яті, відмінний від інших, - статична оперативна пам'ять (Static RAM - SRAM). На відміну від динамічної оперативної пам'яті (DRAM), для збереження її вмісту не потрібно періодичної регенерації. SRAM має більше високу швидкість, чим DRAM, і може працювати на тій же частоті, що й сучасні процесори. Час доступу SRAM не більше 2 нс; така пам'ять може працювати синхронно із процесорами на частоті 500 МГц або вище. Однак для зберігання кожного біта в конструкції SRAM використовується кластер із шести транзисторів (без яких-небудь конденсаторів), що означає, що немає необхідності в регенерації. Поки подається живлення, SRAM буде пам'ятати те, що збережено. У порівнянні з DRAM швидкість SRAM набагато вище, але щільність її набагато нижче. Більше низька щільність означає, що мікросхеми SRAM мають більші габарити, хоча їхня інформаційна ємність набагато менше. Велика кількість транзисторів і кластеризоване їхнє розміщення не тільки збільшує габарити мікросхем SRAM, але й значно підвищує вартість технологічного процесу в порівнянні з аналогічними параметрами для мікросхем DRAM. Габарити SRAM у середньому в 30 разів перевищують розмір DRAM, теж саме можна сказати й про вартість. Все це не дозволяє використати пам'ять типу SRAM як оперативна пам'ять в ПК.

#### **Типи оперативної пам'яті.**

Оскільки транзистори для кожного біта в мікросхемі пам'яті розміщені у вузлах решітки, найбільше раціонально адресувати кожен транзистор, використовуючи номер стовпця й рядка. Спочатку вибирається рядок, потім стовпець адреси й, нарешті, пересилаються дані. Початкова установка рядка й стовпця адреси забирає певний час, звичайно називається **часом затримки** або **очікуванням**. Час доступу для пам'яті дорівнює часу затримки для вибірки стовпця й рядка адреси плюс тривалість циклу. Щоб скоротити час очікування, стандартна пам'ять DRAM розбивається на **сторінки**. Звичайно для доступу до даних у пам'яті потрібно вибрати рядок і стовпець адреси, що займає якийсь час. Розбивка на сторінки забезпечує більше швидкий доступ до всіх даних у межах деякого

рядка пам'яті. Такий режим доступу до даних у пам'яті називається **швидким посторінковим режимом** (Fast Page Mode), а сама пам'ять — **пам'яттю Fast Page Mode**. Інші варіації посторінкового режиму називаються **Static Column** або **Nibble Mode**. DRAM, що підтримує розбивку на сторінки й пакетний режим, називається **пам'яттю зі швидким посторінковим режимом** (Fast Page Memory — FPM). Цим підкреслюється, що для доступу до даних у пам'яті без зміни сторінки потрібна менша кількість циклів очікування. У більшості комп'ютерів використовується пам'ять FPM. Інший метод прискорення FPM називається **чергуванням**. Цей метод використовує спільно два окремих банки пам'яті, розподіляючи парні й непарні байти між цими банками. Чергування використалося в 32-розрядних запам'ятовувальних пристроях для процесора 486, але мало ефективно у випадку 64-розрядної пам'яті в процесорі Pentium.

З 1995 року в комп'ютерах на основі Pentium використовується новий тип пам'яті **EDO (Extended Data Out)**. Пам'ять EDO збирається зі спеціально виготовлених мікросхем, які враховують перекриття синхронізації між черговими операціями доступу. EDO драйвери виводу даних на мікросхемі не вимикаються коли контролер пам'яті видаляє стовпець адреси на початку наступного циклу. Головна перевага EDO полягає в тому, що в запам'ятовувальних пристроях подібного типу використовуються ті ж самі мікросхеми динамічної оперативної пам'яті, що й в FPM. І вартість таких запам'ятовувальних пристроїв дорівнює вартості FPM. Але при цьому EDO має більше високу ефективність, чим FPM. Оперативна пам'ять EDO ідеальна для систем зі швидкодією шини до 66 МГц, які використалися до 1998 року; потім вона була замінена більше новою й швидкою пам'яттю SDRAM (Synchronous DRAM - синхронна DRAM). Ця нова архітектура стала новим стандартом оперативної пам'яті ПК.

**SDRAM.** Це тип динамічної оперативної пам'яті (DRAM), робота якої синхронізується із шиною пам'яті. SDRAM передає інформацію у високошвидкісних пакетах, що використовують високошвидкісний синхронізований інтерфейс. SDRAM дозволяє уникнути використання більшості циклів очікування, необхідних при роботі асинхронної DRAM, оскільки сигнали, по яких працює пам'ять такого типу, синхронізовані з тактовим генератором системної плати. Ефективність SDRAM значно вище пам'яті FPM або EDO. Пам'ять SDRAM поставляється у вигляді модулів DIMM, її швидкодія оцінюється в мегагерцах, а не в наносекундах.

**DDR SDRAM.** Пам'ять DDR (Double Data Rate - подвійна швидкість передачі даних) - це більш удосконалений стандарт SDRAM, при використанні якого швидкість передачі даних подвоюється. Це досягається за рахунок передачі даних двічі за один цикл: перший раз на початку циклу, а другий - наприкінці. Завдяки цьому подвоюється швидкість передачі (використаються ті ж частоти й синхронізуючі сигнали). Пам'ять стандарту DDR одержала підтримку на ринку графічних плат і стала основним стандартом для сучасних ПК. DDR SDRAM підтримується основними виробниками процесорів, наборів мікросхем системної логіки й модулів оперативної пам'яті. Модулі DDR реалізовані на базі нової архітектури з 184 контактними виводами. Модулі DIMM пам'яті DDR SDRAM відрізняються швидкодією, пропускну здатністю й звичайно працюють при напрузі 2,5 В. Сучасні набори мікросхем підтримують двухканальний режим роботи пам'яті DDR; при цьому пари модулів DDR DIMM працює як один банк із подвоєною пропускну здатністю одного модуля. Наприклад, сімейство наборів мікросхем Intel 865 й 875 підтримує двухканальний режим роботи пам'яті DDR. Дані набори мікросхем підтримують процесори Pentium 4 із частотою шини FSB 800 МГц, що забезпечує передачу 8 байт (64 біт) даних за такт, що дозволяє досягти швидкості передачі даних 6400 Мбайт/з ( $800 \times 8 = 6400$ ). При використанні процесорів із частотою FSB 800 МГц дані набори мікросхем підтримують роботу з модулями пам'яті PC3200, які при двухканальному режимі забезпечують пропускну здатність 6400 Мбайт/з. У результаті пропускну здатності шини процесора й пам'яті збігаються, що забезпечує дуже високу швидкодію. Удасться значно підвищити продуктивність комп'ютерної системи, якщо задати однакові швидкодії (мається на увазі пропускну здатність, а не частота в МГц) для процесорної шини й шини пам'яті, оскільки при цьому забезпечується синхронний обмін даними без затримок.

**DDR2 SDRAM** являє собою більше швидкодіючу версію стандартної DDR SDRAM — більша пропускну здатність досягається за рахунок використання диференціальних пар сигнальних контактів, що забезпечують поліпшену передачу сигналів й усунення проблем із сигнальними шумами/інтерференцією.

Максимальна частота пам'яті DDR досягає 533 МГц, а робоча частота модулів пам'яті DDR2 починається з 400 МГц і перевищує 800 МГц. Крім більше високої швидкодії й пропускну здатності, пам'ять стандарту DDR2 володіє й іншими достоїнствами. До них ставиться зменшена на-

пруга (1,8 замість 2,5 В у DDR), завдяки чому модулі пам'яті DDR2 споживають менше енергії й виділяють менше тепла. Мікросхеми DDR2, що володіють більшою кількістю контактних виводів, поставляються в корпусі FBGA (Finepitch Ball Grid Array) замість TSOP (Thin Small Outline Package), використовуваного для більшості мікросхем DDR й SDRAM. Модулі DDR2 DIMM схожі на DDR DIMM, але мають більшу кількість контактних виводів і трохи інакше розташованими настановними зазорами, покликаними запобігти неправильному використанню модулів DDR2. Модулі DDR2 мають 240 контактних виводів.

**DDR3 SDRAM.** Це тип оперативної пам'яті розроблений як послідовник DDR2 SDRAM. DDR3 обіцяє скорочення споживання енергії на 40% у порівнянні з DDR2, завдяки застосуванню 90-нм технології виробництва, що дозволяє знизити експлуатаційні токи і напруги (1,5 В, у порівнянні з 1,8 В для DDR2 й 2,5 В для DDR). "Dual-gate" транзистори будуть використатися для скорочення витоку струму. Переваги в порівнянні з DDR2: більше висока смуга пропускання (до 2133 МГц); збільшена ефективність при малому енергоспоживанні; поліпшена конструкція, що сприяє охолодженню. Недоліки в порівнянні з DDR2: звичайно більше висока CAS-латентність, але компенсується високою смугою пропускання, у такий спосіб збільшується повна продуктивність у певних додатках; у цей час (2008 г.) коштує набагато дорожче, ніж еквівалентна DDR2.

**RDRAM.** Стандарт Rambus DRAM (RDRAM) являє собою радикально нову архітектуру модулів пам'яті. Стандарт RDRAM представляє унікальну шину даних між мікросхемами пам'яті, за допомогою якої спеціалізовані пристрої можуть взаємодіяти один з одним на дуже високій швидкості. Кожна мікросхема RDRAM у модулі RIMM1600 управляє окремим модулем, оснащеним 16-розрядним каналом даних. Широкий внутрішній і вузький зовнішній високошвидкісний інтерфейси є ключовою характеристикою пам'яті RDRAM.

### **Основні характеристики модулів оперативної пам'яті.**

Швидкодія пам'яті. При заміні несправного модуля або мікросхеми пам'яті новий елемент повинен бути того ж типу, а його час доступу повинен бути менше або дорівнювати часу доступу замінного модуля. При установці більше швидкодіючих модулів продуктивність ПК, як правило, не підвищується, оскільки система звертається до неї з колишньою частотою. Якщо пам'ять комп'ютера працює із граничною швидкодією, замі-



на модулів може підвищити його надійність. При неполадках у пам'яті і її недостатній швидкодії виникають ті самі проблеми (звичайно з'являються помилки парності або комп'ютер перестає працювати). Повідомлення про помилки можуть виникати й при виконанні процедури POST. Специфікація швидкодії асинхронної пам'яті (час доступу) повинна бути не гірше необхідної на заданій частоті системної шини. Установка модулів більше швидкодіючих, чим потрібно, підвищення продуктивності може й не дати, оскільки цикли звертання до пам'яті можна (якщо дозволяє чипсет й BIOS) укорочувати тільки на цілу кількість тактів і найближчі можливі значення часу циклу можуть «не вписатися» у швидкодію модуля. Електричні контакти. Контакти на модулях (SIMM, DIMM й RIMM) можуть бути позолоченими або ж покритими оловом. Для одержання найбільш стабільної системи варто встановлювати модулі пам'яті з позолоченими контактами в роз'єми з позолоченими контактами, а модулі пам'яті з олов'яними контактами - в роз'єми з олов'яними контактами. Якщо цього правила не дотримуватися, то через якийсь час можуть з'явитися дефекти в роботі пам'яті. Проблема пов'язана з невідповідністю металу, використаного в покритті контактів модулів пам'яті й роз'ємів системної плати. Олово дуже швидко окисляється. Однак при цьому контакт між двома олов'яними поверхнями легко встановлюється при натиску, оскільки оксиди на м'якій поверхні олова деформуються й «обсипаються», тим самим, забезпечуючи контакт. А всі модулі пам'яті встановлюються в роз'єми з натиском, завдяки чому й забезпечується гарний контакт. Більшість сучасних комп'ютерних систем розраховані на використання модулів DIMM й RIMM з позолоченими контактами. Контроль парності й коди корекції помилок (ECC). Помилки при зберіганні інформації в пам'яті неминучі. Вони звичайно класифікуються як відмови й нерегулярні помилки (збої). Це непостійна відмова, що не відбувається при повторенні умов функціонування або через регулярні інтервали. Сьогодні сама головна причина нерегулярних помилок — космічні промені. Вони мають більшу проникаючу здатність, від них практично не можна захиститися за допомогою екранування. Дослідження показали, що для систем ECC частка програмних помилок в 30 разів більше, ніж апаратних. Кількість помилок залежить від числа встановлених модулів пам'яті і їх об'єму. Програмні помилки можуть траплятися й раз на місяць, і кілька разів у тиждень, і навіть частіше. Хоча космічні промені й радіація є причиною більшості програмних помилок пам'яті, існують й інші фактори: - скачки в

енергоспоживанні або шум на лінії; - використання невірною типу або параметра швидкодії пам'яті; - електромагнітні перешкоди; - статичні розряди;- помилки синхронізації. Більшість цих проблем не приводять до припинення роботи мікросхем пам'яті, однак можуть вплинути на збережені дані. Для підвищення отказоустойчивости в сучасних ПК застосовуються наступні методи: - контроль парності; - коди корекції помилок (ЕСС). Системи без контролю парності не забезпечують отказоустойчивости даних. Статистична ймовірність виникнення помилок пам'яті в сучасних ПК становить приблизно одну помилку в кілька місяців. Кількість помилок залежить від об'єму й типу пам'яті. Подібний рівень помилок може бути прийнятним лише для звичайних комп'ютерів, не використовуваних для роботи з важливими додатками. Об'єм оперативної пам'яті. Збільшення об'єму пам'яті - один з найбільш ефективних і дешевих способів модернізації, особливо якщо взяти до уваги зрослі вимоги до об'єму пам'яті операційних систем Windows XP. У деяких випадках збільшення об'єму у два рази приводить до такому ж (а іноді й більшому) підвищенню продуктивності системи. Кількість мікросхем пам'яті на модулях визначає навантаження (активну і паразитну ємнісну), що вносять модулі на керуючі й особливо адресні лінії. При великій сумарній кількості мікросхем на встановлених модулях можливе перевищення навантажувальної здатності шини пам'яті системної плати, результатом якого буде нестійка робота пам'яті. Пам'ять критична до живлення. Крім мікросхем з напругою живлення 5 В існують і низьковольтні мікросхеми з номіналом живлення 3,3; 1,8 й 1,5 В. Причиною нестійкої роботи пам'яті може бути й неякісна фільтрація живлячої напруги. Формат матриці. Мікросхеми того самого об'єму можуть мати різний формат матриці. Наприклад, матриця з 4М комірок може мати формат (кількість рядків x кількість стовпців) 1К x 4К, 2К x 2К або 4К x 1К. Мікросхеми з меншою кількістю стовпців споживають меншу потужність, особливо при одиночних обігах. Мікросхеми того самого об'єму формату 4К-Refresh споживають в 2,3 рази менше потужності, чим формату 1К-Refresh у режимі одиночних обігів й в 1,2 рази - у сторінковому режимі. У звичайних ПК, як правило, застосовуються мікросхеми з кількістю рядків 1К або 2К. Мікросхеми з кількістю рядків 4К у основному характерні для портативних комп'ютерів (заощаджується енергія), а також серверів і потужних станцій (великий об'єм пам'яті ставить проблему її охолодження).

### Конструктивні виконання модулів пам'яті.

Спочатку оперативна системна пам'ять установлювалася у вигляді окремих мікросхем, які, завдяки своїй конструкції, одержали назву мікросхем із дворядним розташуванням виводів (Dual Inline Package DIP). Сьогодні існує два основних типи модулів SIMM, три типи модулів DIMM й один тип модулів RIMM. Всі вони використовуються в ПК, робочих і графічних станціях. Типи модулів розрізняються кількістю виводів, шириною рядка пам'яті або типом використовуваної пам'яті. Модулі SIMM (рис. 1.1а): до основних типів модулів SIMM відносяться 30-контактний (8 біт плюс 1 додатковий біт контролю парності) і 72-контактний (32 біт плюс 4 додаткових біти контролю парності), що володіють різними властивостями; 30-контактний модуль SIMM має менші розміри, причому мікросхеми пам'яті можуть бути розташовані як на одній стороні плати, так і на обох.

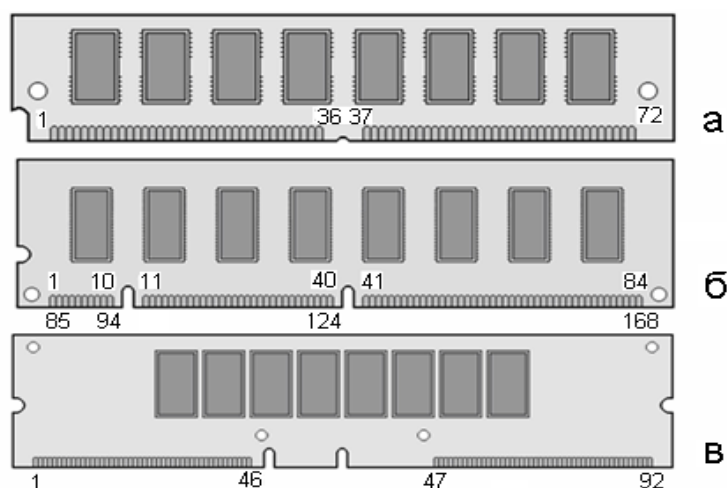


Рис. 1.1. Зовнішній вигляд модулів SIMM (а), DIMM (б) і RIMM (в)

Модулі DIMM (рис. 1.1б) звичайно містять стандартні мікросхеми SDRAM або DDR SDRAM і відрізняються друг від друга фізичними характеристиками. Стандартний модуль DIMM має 168 виводів, по одному радіусному пазу з кожної сторони й два пази в області контакту. Модулі DDR DIMM мають 184 вводи, по два паза з кожної сторони й тільки один паз в області контакту. Модулі DDR2 DIMM мають 240 виводів, два роз'єма на правій і лівій стороні модуля й один у центрі контактної області модуля. Довжина тракту даних модулів DIMM може бути 64 біт (без контролю парності) або 72 біт (з контролем парності або підтримкою коду корекції помилок ECC). На кожній стороні плати DIMM розташовані різні виводи си-

гналу. Саме тому вони називаються модулями пам'яті із дворядним розташуванням виводів. Ці модулі приблизно на один дюйм (25 мм) довніше модулів SIMM, але завдяки своїм властивостям містять набагато більше виводів. Модулі RIMM (рис. 1.1в): сигнальні виводи, розташовані на різних сторонах плати RIMM, також різні. Існує три фізичних типи модулів RIMM: 16/18-розрядна версія з 184 виводами, 32/36-розрядна версія, що має 232 вивода, і 64/72-розрядна версія, що містить 326 виводів. Розміри роз'ємів, використовуваних для установки модулів пам'яті, однакові, але розташування пазів у роз'ємах і платах RIMM різні, що дозволяє уникнути установки невідповідних модулів. Дана плата підтримує тільки один тип модулів пам'яті. У цей час найпоширенішим типом є 16/18-розрядна версія; 32-розрядна версія модулів пам'яті була представлена наприкінці 2002 року. Стандартний 16/18-розрядний модуль RIMM має 184 виводів, по одному пазу з кожної сторони й два симетрично розташованих пази в області контакту. Для додатків, що не підтримують код коректування помилок (ECC), використовуються 16-розрядні версії, у той час як 18-розрядні містять у собі додаткові біти, необхідні для підтримки коду ECC.

Модулі пам'яті компактні, з огляду на їхню ємність. Існує декілька їхніх різновидів, що мають різну ємність і швидкодію. Існує три версії модулів SDRAM й DDR DIMM — *буферизовані, небуферизовані й реєстрові*. **Буферизований модуль** пам'яті оснащений додатковим колом буферизації, розміщеним між мікросхемами пам'яті й контактними виводами, що вирівнює або буферизує передані сигнали. Всі системні плати, розроблені для використання пам'яті SDRAM або DDR, вимагають установки небуферизованих або реєстрових модулів. Більшість системних плат розроблені для підтримки **небуферизованих модулів пам'яті**, у яких сигнали контролера пам'яті передаються без перешкод або інтерференції безпосередньо мікросхемам пам'яті. Це найбільш дешевий, ефективний і швидкодіючий тип модулів. Для реалізації підтримки особливо великого об'єму RAM потрібні **реєстрові модулі**. Ці модулі створені на основі архітектури, у якій реєстрові мікросхеми виступають як інтерфейс між мікросхемами RAM і набором мікросхем системної логіки. Реєстрові мікросхеми тимчасово зберігають дані, передані як мікросхемам пам'яті, так і від них, що дозволяє обслужити набагато більше мікросхем RAM, чим звичайно, а також установити на модуль більше мікросхем, чим підтримується набором мікросхем системної логіки. Завдяки реєстровим модулям створюються системні плати, що підтримують без-

ліч модулів пам'яті, кожний з яких містить більшу кількість мікросхем. Системні плати такого роду призначені для серверів і робочих станцій, яким потрібно більше 2 Гбайт оперативної пам'яті. Допускається використання тільки модулів пам'яті, підтримуваних конкретною системною платою (її набором мікросхем). Більшість системних плат підтримують стандартні небуферизованні модулі пам'яті, а в окремих випадках і реєстрові модулі. У системних платах використовується кілька типів мікросхем пам'яті. Більшість із них однорозрядні, але ємність їх різна. Як правило, **ємність модулів пам'яті** кратна чотирьом, оскільки матриця, на основі якої створюють мікросхеми пам'яті, є квадратною. Чотириразове збільшення ємності має на увазі збільшення транзисторів у чотири рази.

### **Швидкодія ОЗУ.**

Швидкодія процесора виражається в мегагерцах (Мгц), а швидкодія запам'ятовувального пристрою і його ефективність - у наносекундах (нс). Легко заплутатися, порівнюючи, наприклад, процесор і модулі пам'яті, швидкодія яких виражено в різних одиницях. В 2002 році з'явилися модулі пам'яті стандарту DDR із частотою 333 й 400 Мгц, (сьогодні DDR2 із частотою 800 Мгц - не знахідка), а також стандарту RDRAM із частотою 1066 Мгц. Як правило, комп'ютер працює набагато швидше, якщо пропускна здатність шини пам'яті відповідає пропускній здатності шини процесора. Тип пам'яті, пропускна здатність якої відповідає швидкості передачі даних процесора, є найбільш прийнятним варіантом для систем, що використовують відповідний процесор. Якщо швидкість шини пам'яті дорівнює частоті шини процесора, швидкодія пам'яті в такій системі буде оптимальною. При заміні несправного модуля пам'яті новий елемент повинен бути такого ж типу, а його час доступу повинен бути менше або рівним часу доступу замінного модуля. Заміняючий елемент може мати й більше високу швидкодію.

### **Види сучасної пам'яті.**

**DDR PC2100 – PC2700:** пам'ять DDR із частотами до 333 Мгц включно, використалася в системах на базі AMD Athlon XP й у ПК із процесорами Intel Pentium 4 й Celeron. На сьогодні вона є застарілою. **DDR PC3200:** найбільше часто використовується у сучасних комп'ютерах мейнстрім й економ класів. Ця пам'ять працює на тактовій частоті 400 Мгц, і підтримує роботу на більш низьких частотах. **DDR PC3500-4400:** пам'ять DDR з тактовою частотою 433 до 550 Мгц, призначені для використання в системах високої продуктивності на платформах попередньо-

го покоління під Athlon 64 й Pentium 4. **DDRII PC2-4200**: ОП стандарту DDRII має у розпорядженні більш високий потенціал для збільшення тактової частоти й забезпечує більшу пропускну здатність. Цей тип працює на частоті 533 Мгц й є «стартовим» для платформ, що використовують DDRII. **DDRII PC2-5300 – PC2-8500**: ОП стандарту DDRII, що працює на частотах 667-1066 Мгц призначена для використання в самих продуктивних системах, заснованих на найсучасніших платформах. Таку пам'ять має сенс використати в тому випадку, якщо ви збираєтеся придбати комп'ютер, розрахований на роботу із самими ресурсномісткими додатками. **DDR ECC+Reg/ECC й DDRII ECC+Reg/ECC**: дані типи пам'яті призначені для використання в серверах і найбільш продуктивних робочих станціях - як правило, багатопроцесорних. **SDRAM PC133**: цей тип пам'яті використався в системах на базі Pentium II, III, Athlon і ранніх комп'ютерах з Athlon XP й Pentium 4. На даний момент SDRAM у сучасних системах не використовується, на зміну їй прийшов DDR SDRAM. Збільшення об'єму ОП - один з найбільш ефективних і дешевих засобів модернізації. У деяких випадках збільшення об'єму у два рази приводить до тако ж (а іноді більшого) підвищення продуктивності системи.

## Контрольні запитання

1. Стисло охарактеризуйте основні терміни й поняття: плата, чип, порт, інтерфейс, контролер, шина (і її основні характеристики-розрядність, частота й пропускну здатність, розрахунок пропускну здатності).
2. Поясніть блок-схему сучасної робочої станції (зв'язок між мостами, процесором, пам'яттю й периферією), системна шина, шина пам'яті.
3. Стисло охарактеризуйте основні терміни й поняття: комунікаційні пристрої: мережні плати, модеми.
4. Чим визначається продуктивність оперативної пам'яті (час доступу й пропускну здатність).
5. Залежність продуктивності комп'ютера від обсягу оперативної пам'яті.
6. Залежність продуктивності комп'ютера від часу доступу й пропускну здатності оперативної пам'яті.
7. Назвіть і охарактеризуйте типи оперативної пам'яті.
8. Що характеризують терміни: SDRAM, DDR SRDAM, DRD RAM?
9. Кореляція між пропускну здатністю шини пам'яті й системною шиною.

10. Поясніть поняття настільні видавничі системи.
11. Що таке мінімальний комплекс оперативної поліграфії?
12. Що таке растровий процесор?
13. Поясніть положення фон Неймана про архітектуру ЕОМ.
14. Назвіть основні пристрої комп'ютера.
15. Системний блок і його основні компоненти.
16. Класифікація комп'ютерів.
17. Поясніть склад і призначення робочих станцій.
18. Поясніть структурну схему комп'ютера.
19. Організація пам'яті обчислювальних систем.
20. Назвіть основні характеристики модулів оперативної пам'яті.
21. Поясніть конструктивні виконання модулів пам'яті.
22. Назвіть види сучасної пам'яті.

## Тема 2. Материнські плати робочих станцій видавничих систем

### 2.1. Материнська плата

#### Стандартні вузли й обов'язкові компоненти

Найважливішою частиною й основою сучасних комп'ютерних систем є материнські плати (motherboard). Часто їх називають також системна (system board) плата. Материнська плата (МП) багато в чому визначає архітектуру, продуктивність і функціональні можливості комп'ютера, включаючи засоби оптимального настроювання, моніторингу й наступної модернізації. Високі параметри МП, а, в остаточному підсумку, і всієї системи робочої станції (комп'ютера), досягаються за рахунок їхнього постійного вдосконалювання, заснованого на використанні новітніх комп'ютерних технологій. Материнська плата звичайно містить наступні **стандартні вузли**: 1) Гніздо (гнізда) для центрального процесора. Це роз'єми для установки центрального процесора (ЦП) того або іншого типу. Згодом у гніздо певного типу може бути встановлений більше продуктивний процесор з аналогічним цоколем. 2) Роз'єми живлення. Найбільш популярні для установки в ПК блоки живлення типу АТХ, які містять один кабель вторинного живлення. Цей кабель підключається до роз'єму на системній платі й забезпечує електроживленням всі контролери й компоненти плати. 3) Перетворювач напруги для центрального процесора. 4) Акумулятор живлення. Призначений для забезпечення працездатності компонента RTC CMOS RAM при відключенні напруги живлення. 5) Інтегральні мікросхеми (ІМС), що входять до складу системної логіки. Являють собою чипсет, призначений для організації обмінних процесів у системі. 6) Чип (мікросхема) базової системи вводу-виводу - BIOS. Це перепрограмувальний елемент флеш-пам'яті, уміст якої ви можете змінити. 7) Гнізда модулів ОЗУ SIMM/DIMM/RIMM. Являють собою роз'єми для установки модулів динамічної системної пам'яті ОЗУ. Це один з елементів модернізації ПК. 8) Чипсет для роботи шини AGP. Призначений для поділу каналів даних відео- і інформаційного обміну. 9) Роз'єми шин вводу-виводу PCI/ISA/AGP. У ці роз'єми встановлюються плати контролерів периферійних пристроїв різної швидкодії. 10) Роз'єми інтерфейсу IDE. У ці роз'єми підключаються швидкодіючі пристрої, що підтримують протокол



ATA, наприклад, пристрою зовнішньої пам'яті. 11) Роз'єми шини USB. До портів цієї швидкодіючої послідовної шини можна підключити безліч пристроїв, що підтримують протокол USB. Це може бути клавіатура, миша, динаміки, сканер, модем і інші пристрої. 12) Роз'єми для накопичувача на гнучких магнітних дисках (НГМД). 13) Роз'єми послідовних COM-портів. Призначені для підключення таких пристроїв, як миша, модем і т.д. 14) Роз'єм паралельного LPT-порту. Призначений для підключення принтера. 15) Роз'єм клавіатури. Схожий на додатковий роз'єм COM-порту. Зверніть увагу, що порт клавіатури й порт COM мають різні точки вводу-виводу до різних контролерів. 16) Гнізда для аудіопідсистеми - факультативні елементи, оскільки аудіоплата може бути представлена окремо.

На материнській платі **встановлюються** наступні **обов'язкові компоненти**: 1) Процесор(и). 2) Пам'ять: постійна (ROM або Flash BIOS), оперативна (DRAM). 3) Системні засоби вводу-виводу: контролери клавіатури, переривань, DMA, таймери, CMOS RTC, засоби керування динаміком. 4) Інтерфейсні схеми й роз'єми шин розширення. 5) Кварцовий генератор синхронізації. 6) Схема формування скидання системи по сигналу Power Good від блоку живлення або кнопки Reset. 7) Схема керування блоком живлення (відсутня у платах конструктива AT). 8) Регулятори напруги (Voltage Regulation Module, VRM). 9) Засоби моніторингу стану системного блоку: вимірники швидкості обертання вентиляторів і температури процесора й інших «гарячих» компонентів; вимірники живлячих напруг; сигналізатори несанкціонованого доступу й т.п. Засоби моніторингу присутні на всіх сучасних системних платах. Крім обов'язкових компонентів на сучасних МП встановлюють і **контролери НГМД** (накопичувачі на гнучких магнітних дисках), **інтерфейси COM- і LPT-портів, 4-6 портів USB, пару каналів ATA й/або 2-4 порту SATA**. Цей набір є обов'язковим для МП, часто до нього додають і **контролер FireWire (1394), а також адаптер локальної мережі** (Ethernet 10/100 і навіть 1000 Мбіт/с).

Існують і МП із **інтегрованими відео-, аудіо- і іншими пристроями**, що забезпечують функціональність комп'ютера без карт розширення. Інтегровані пристрої можуть бути замінені пристроями, установленими в слоти розширення. Розміщення на системній платі контролерів, що вимагають інтенсивного обміну даними (ATA, SCSI, графічний адаптер), дозволяє використати переваги локального підключення до шини пам'яті й процесора. Ціль розміщення інших контролерів на системній платі - скорочення загального числа плат комп'ютера. Яка плата краще - «гола»

або з інтегрованою периферією, - залежить від призначення комп'ютера. Інтегровані відео- і аудіоустройства, як правило, по своїм параметрам є не видатними, але цілком задовольняють запитам багатьох користувачів.

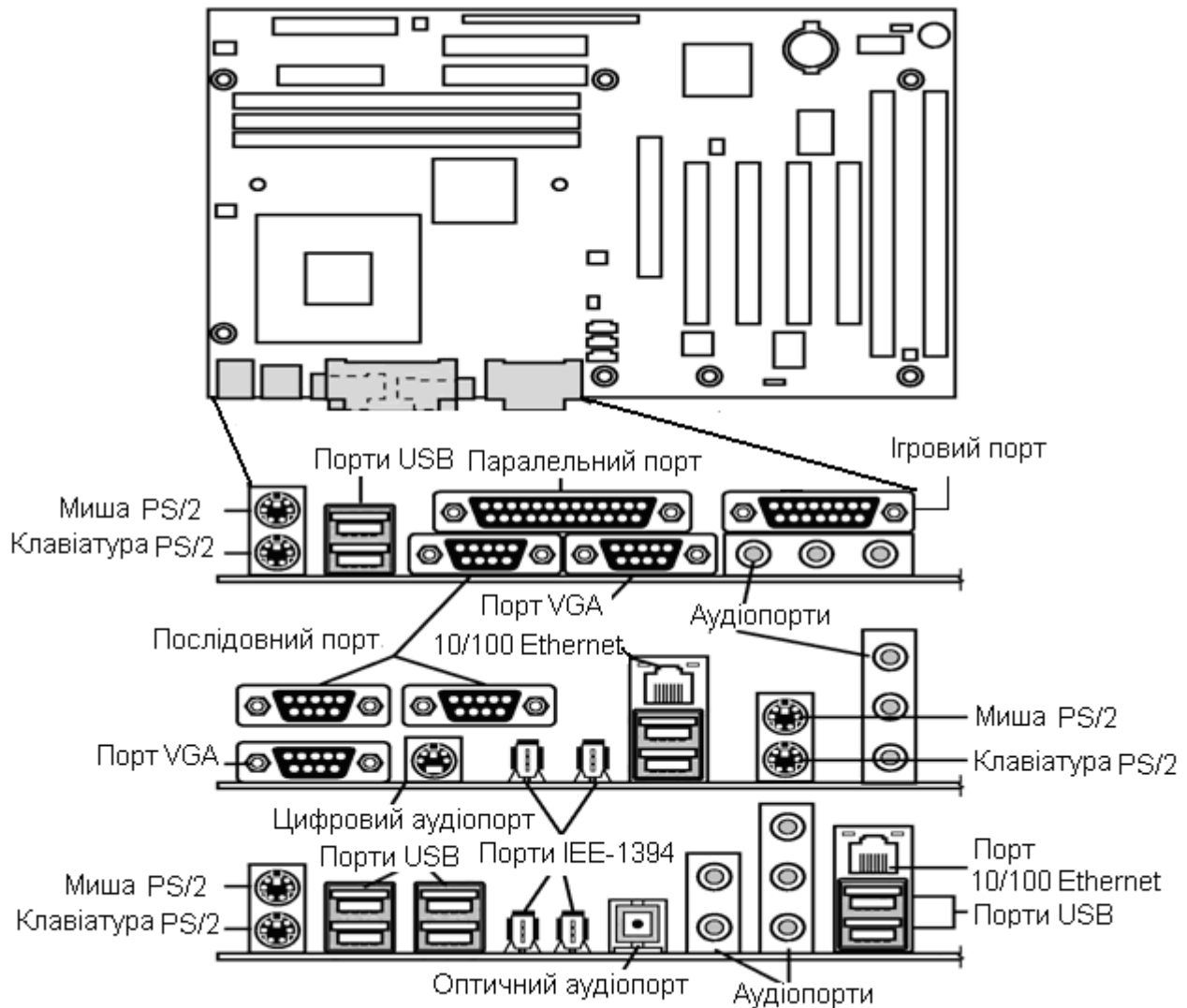
Сучасні плати виконуються на основі *чипсетів* — наборів з декількох великих інтегральних схем (VLS), які реалізують всі необхідні функції зв'язку основних компонентів — процесора, пам'яті й шин розширення. Чипсет визначає можливості застосування різних типів процесорів, основної і кеш-пам'яті, а також ряд інших характеристик системи, найбільш важливих у плані її функціональності й перспектив модернізації. Тип чипсета істотно впливає й на продуктивність. Основні відомості про чипсети ми розглянемо в наступній лекції.

### **Конструктиви й архітектура системної плати**

Один з найважливіших фізичних параметрів системної плати – форм-фактор, або типорозмір. **Форм-фактор** визначає не тільки розміри плати, але й можливості для установки тих або інших вузлів, ефективність тепловідводу, використання корпусів і блоків живлення певних типів. **Форм-фактор** материнської плати — стандарт, що визначає розміри материнської плати для персонального комп'ютера, місця її кріплення до корпусу; розташування на ній інтерфейсів шин, портів вводу/вивода, сокета центрального процесора і слотів для оперативної пам'яті, а також тип роз'єму для підключення блока живлення. *Форм-фактор* (як і інші стандарти) носить рекомендаційний характер. Специфікація форм-фактора визначає обов'язкові й опціональні компоненти. Однак переважна більшість виробників воліють дотримувати специфікацію, оскільки ціною відповідності існуючим стандартам є сумісність материнської плати й стандартизованого встаткування (периферії, карт розширення) інших виробників. Застарілими вважаються: Baby-AT; Mini-ATX; півнорозмірна плата AT; LPX. Сучасними вважаються: ATX; microATX; Flex-ATX; NLX; WTX, СЕВ. Впроваджуваними вважаються: Mini-ITX і Nano-ITX; Pico-ITX; BTX, MicroBTX і PicoBTX. У цей час ПК найчастіше обладнані системними платами форм-фактору ATX. Розрізняються системні плати ATX декількох модифікацій. Найбільш відомі - micro-ATX, flex-ATX і ATX Riser. На рис. 2.1. наведений приклад конфігурації плати ATX.

У сучасних системних платах існує безліч різних роз'ємів. На рис. 2.2 показане розташування роз'ємів типової системної плати Intel DB845PEBT2. На рис. 2.3 показано, як виглядає конструкція системи ATX

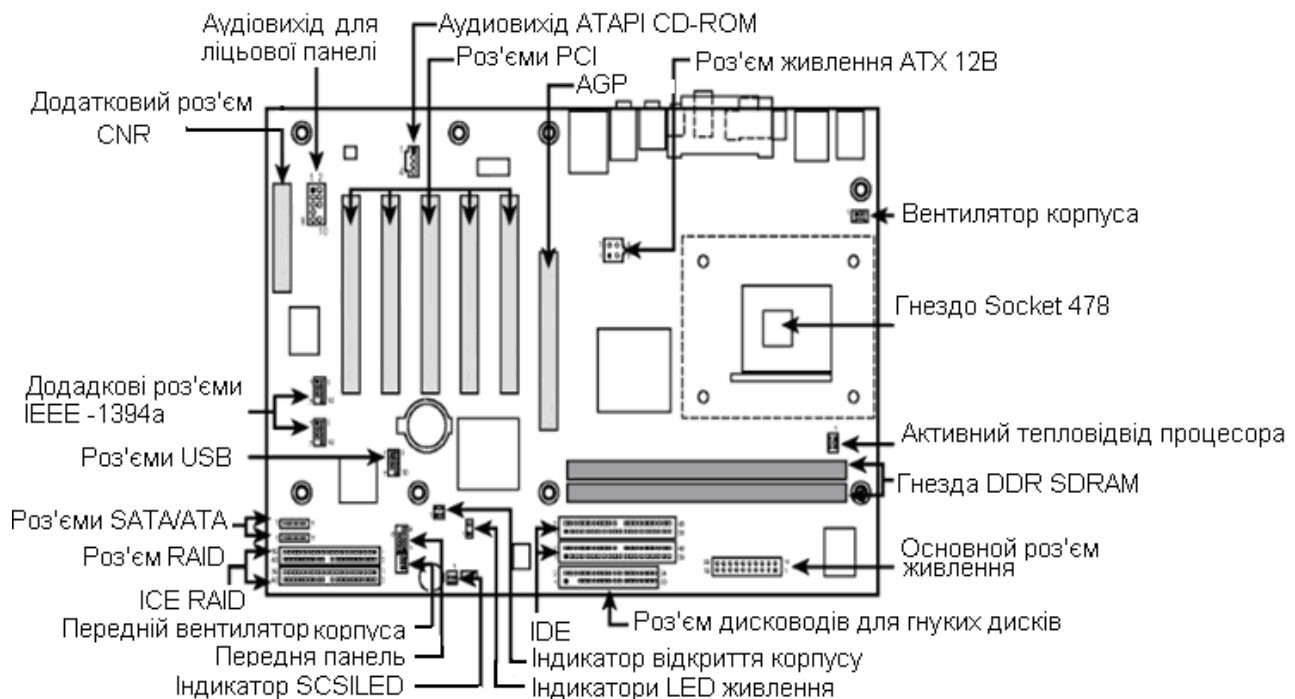
у настільному виконанні зі знятою верхньою кришкою або у вертикальному з вилученою бічною панеллю. Зверніть увагу: системна плата не закривається відсіками для установки дисководів, що забезпечує вільний доступ до різних компонентів системи (процесор, модулі пам'яті, внутрішні роз'єми дисководів), не заважаючи, у свою чергу, доступу до роз'ємів шини. Крім того, процесор розташований поруч з блоком живлення.



**Рис. 2.1. Приклад конфігурації й розташування роз'ємів на системній платі ATX і її задньої панелі для систем з убудованими відео й аудіо, портами LAN і IEEE 1394/FireWire і систем типу "legacy free"**

Уніфікація й стандартизація компонентів PC поширюється на системні плати, призначені для установки в корпуси звичайного виконання. Деякі «фірмові» плати мають специфічні габаритні й приєднувальні розміри, і їх можна встановлювати тільки в «рідні» корпуси. Таким специфічним конструк-

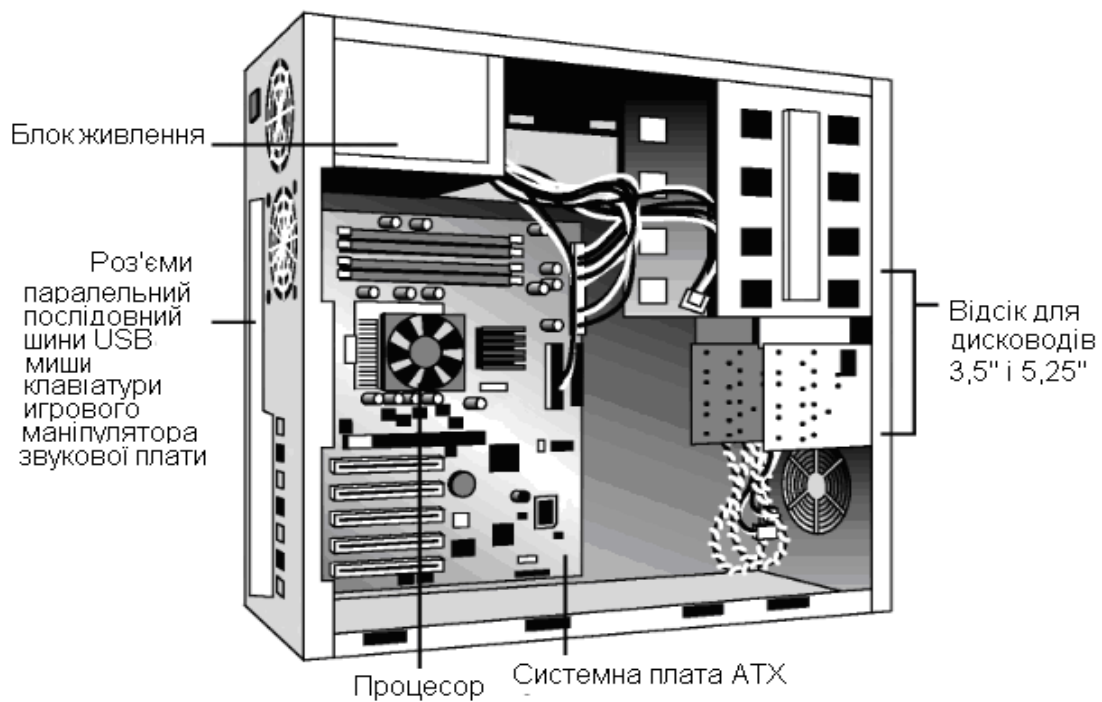
тивом відрізняються, наприклад, плати й корпуси комп'ютерів IBM PS/2, Acer, Compaq, Digital, Packard Bell і ряд інших.



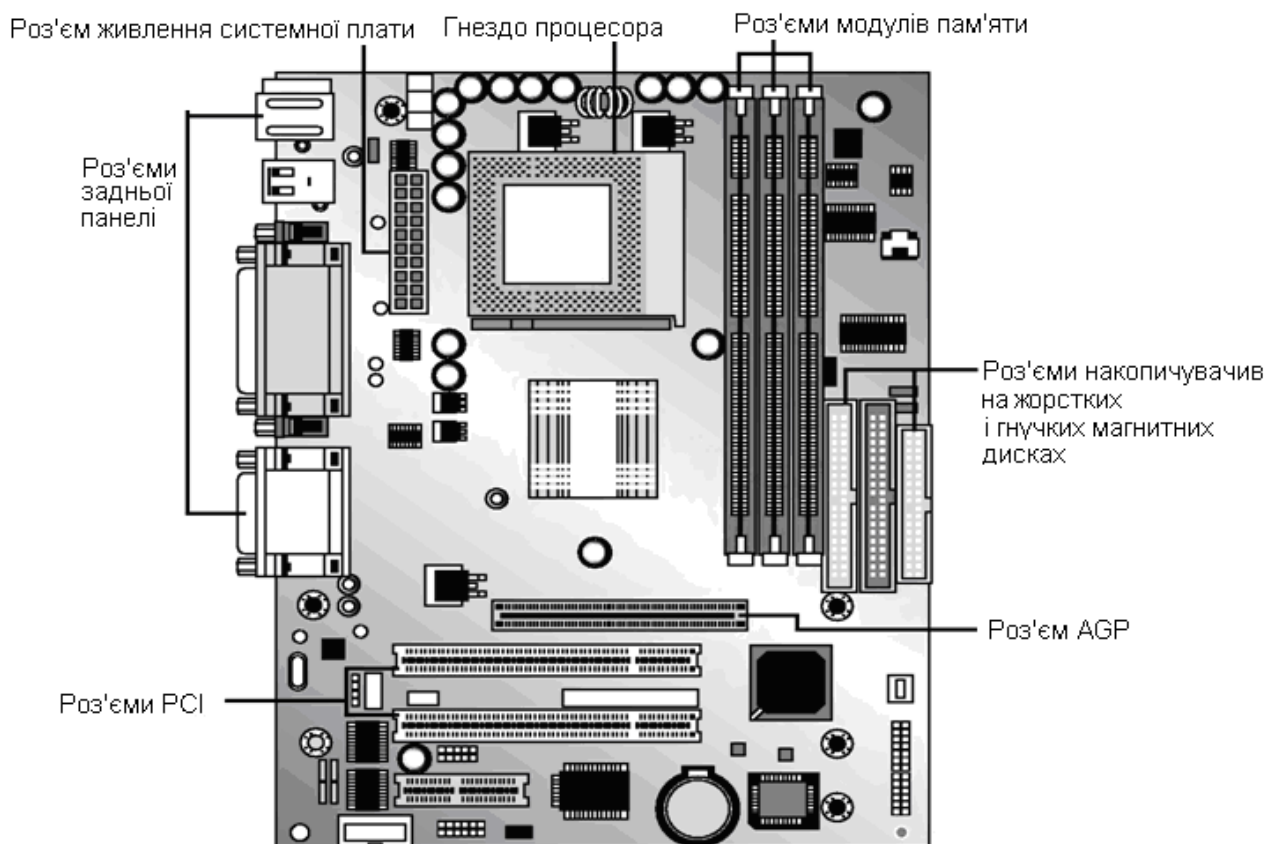
**Рис. 2.2. Розташування роз'ємів на типовій системній платі Intel DB450PEBT2**

**Стандарт ATX** на конструктив системної плати й корпусу PC визначає розміри плат: повний формат 305 x 244 мм, Mini-ATX — 284 x 208 мм, Micro-ATX — 244 x 244 мм, Flex ATX - 229 x 191 мм. Тут задається довжина (розмір по задній крайці 305, 284, 244 або 229 мм), а ширина може бути й меншою. Плати мають фіксоване щодо задньої крайки розташування слотів і вікна під роз'єми, а також уніфіковану систему кріпильних отворів, що полегшує ремонт і модернізацію системних блоків. Приклад системної плати форм-фактора Micro-ATX показано на рис. 2.4.

Плати встановлюються за допомогою пластмасових вставок, що входять у прорізі шасі. Вони дозволяють виставити плату в правильне положення щодо задньої стінки корпусу, що уточнюється при установці в слоти плат розширення. У необхідному положенні плата фіксується одним або декількома гвинтами, що загвинчують у попередньо встановлені в шасі різьбові втулки. Ці ж гвинти забезпечують теоретично єдину точку з'єднання заземленого корпусу комп'ютера з загальним проводом джерела живлення.



**Рис. 2.3. Системна плата ATX, встановлена в корпусі, розташовується таким чином, що гніздо процесора перебуває поруч із вентилятором блоку живлення (і з вентилятором, убудованим у корпус)**



**Рис. 2.4. Приклад системної плати форм-фактора Micro-ATX**

Для того щоб зняти системну плату, з її необхідно витягти всі карти розширення й від'єднати кабелі підключення. Відгвинтивши кріпильні гвинти, плату небагато зрушують уліво, після чого її можна зняти із шасі. Установка плати виконується у зворотному порядку: гвинти, що фіксують затягуються після установки плати в корпус і установки якої-небудь плати розширення. З появою шини PCI, для якого довелося будувати міст від системної шини, вона надовго стала центральною шиною, навколо якої компонувалися всі інші елементи. Традиційно на схемах шину PCI зображують посередині, як екватор. Процесор і пам'ять (разом з кеш-пам'яттю) зображують вище — «північніше», а шину ISA і всі пристрої, що підключають до PCI і ISA, зображують нижче — «південніше екватора». Відповідні частини чипсета одержали вкорінені назви *північних* (north) і *південних* (south). Співзвучне слово «серверний» ставиться до чипсета, орієнтованому на застосування в комп'ютерах-серверах.

### Основні архітектури системної плати.

Слід зазначити, що незалежно від архітектури системної плати й фізичної реалізації з'єднань всі сучасні периферійні пристрої (або контролери й адаптери їхніх інтерфейсів) представляються *логічними пристроями* (точніше, функціями).

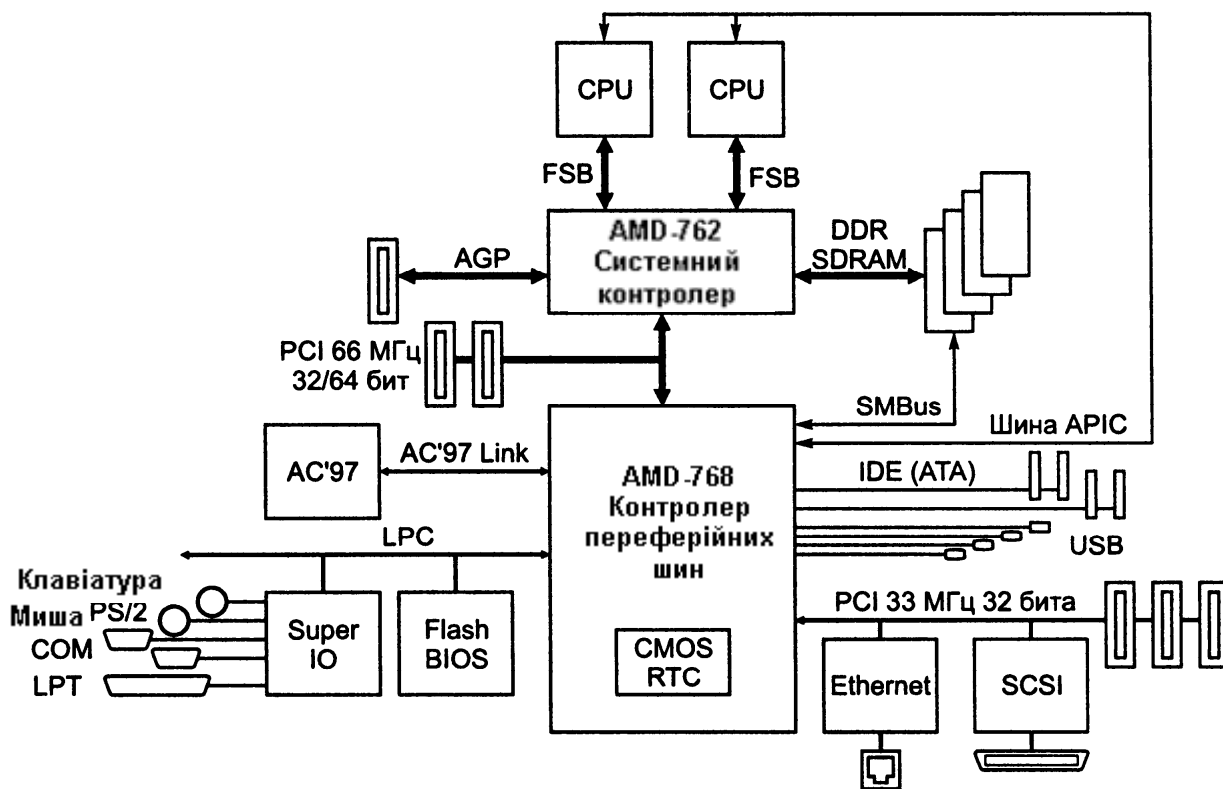


Рис. 2.5. Шино-мостова архітектура на прикладі AMD-760

У **шинно-мостовій архітектурі** є центральна магістральна шина, до якої інші компоненти підключаються через мости. У ролі центральної магістралі спочатку виступала шина (E)ISA, потім неї змінила шина PCI. Шинно-мостова архітектура чипсетів проіснував довгий час і пережила багато поколінь процесорів (від 2-го до 7-го). Шина PCI у ролі головної магістралі удержалася недовго: відеокартам з 3D-акселератором її пропускної здатності, поділюваної між всіма пристроями, виявилось недостатньо. Тоді й з'явився порт AGP як виділений потужний інтерфейс між графічним акселератором, пам'яттю і процесором. Завдання північного мосту ускладнилися: контролеру пам'яті доводиться працювати вже на три фронти - йому посилають запити процесор, майстри шини PCI (і ISA, через PCI) і порт AGP. Пропускна здатність AGP у режимі 2x/4x/8x становить 533/1066/2133 Мбайт/с, так що шина PCI по продуктивності стала другорядною. Однак у шинно-мостовій архітектурі вона зберігає свою роль магістралі підключення всіх периферійних пристроїв (крім графічних). Як потужний представник шинно-мостової архітектури можна розглядати чипсет AMD-760 (рис. 2.5). Тут є первинна шина PCI на 64 біт і 66 МГц, що є «екватором», і вторинна шина для підключення периферії.

З введенням високошвидкісних режимів Ultra DMA (ATA/100 і ATA/133) і появою високошвидкісних інтерфейсів Gigabit Ethernet, FireWire (400/800 Мбіт/с) і USB 2.0 (480 Мбіт/с) відбувся перехід на **хабову архітектуру чипсета**. У даному контексті **хабу** — це спеціалізовані мікросхеми, що забезпечують передачу даних між своїми зовнішніми інтерфейсами, якими є «прикладні» інтерфейси підключення процесорів, модулів пам'яті, шин розширення й периферійні інтерфейси (ATA, SATA, USB, FireWire, Ethernet). Оскільки до однієї мікросхеми всі ці інтерфейси не підключити (складні структура й багато потрібно виводів), чипсет будується, як правило, з пари основних хабів (північного й південного), зв'язаних між собою високопродуктивним каналом. Для підвищення продуктивності системи конструктори об'єднали «Північний» і «Південний» мости. У новій модифікації North Bridge називається MCH (Memory Controller Hub), а South Bridge – ICH (I/O Controller Hub). Для організації hub-архітектури в ПК застосовуються чипсети Intel 800-й серії. Мостові елементи трансформовані в нову структуру North/South Bridge за допомогою 8-розрядного інтерфейсу - шини hub-bus, що працює на частоті 66 МГц за чотиритактною схемою. Інтерфейс Intel Hub Architecture з'єднує компоне-

нти MCH і ICH. У мостовій архітектурі окремі компоненти поєднувалися шиною PCI. Приклад побудови ПК hub-архітектури показано на рис. 2.6.

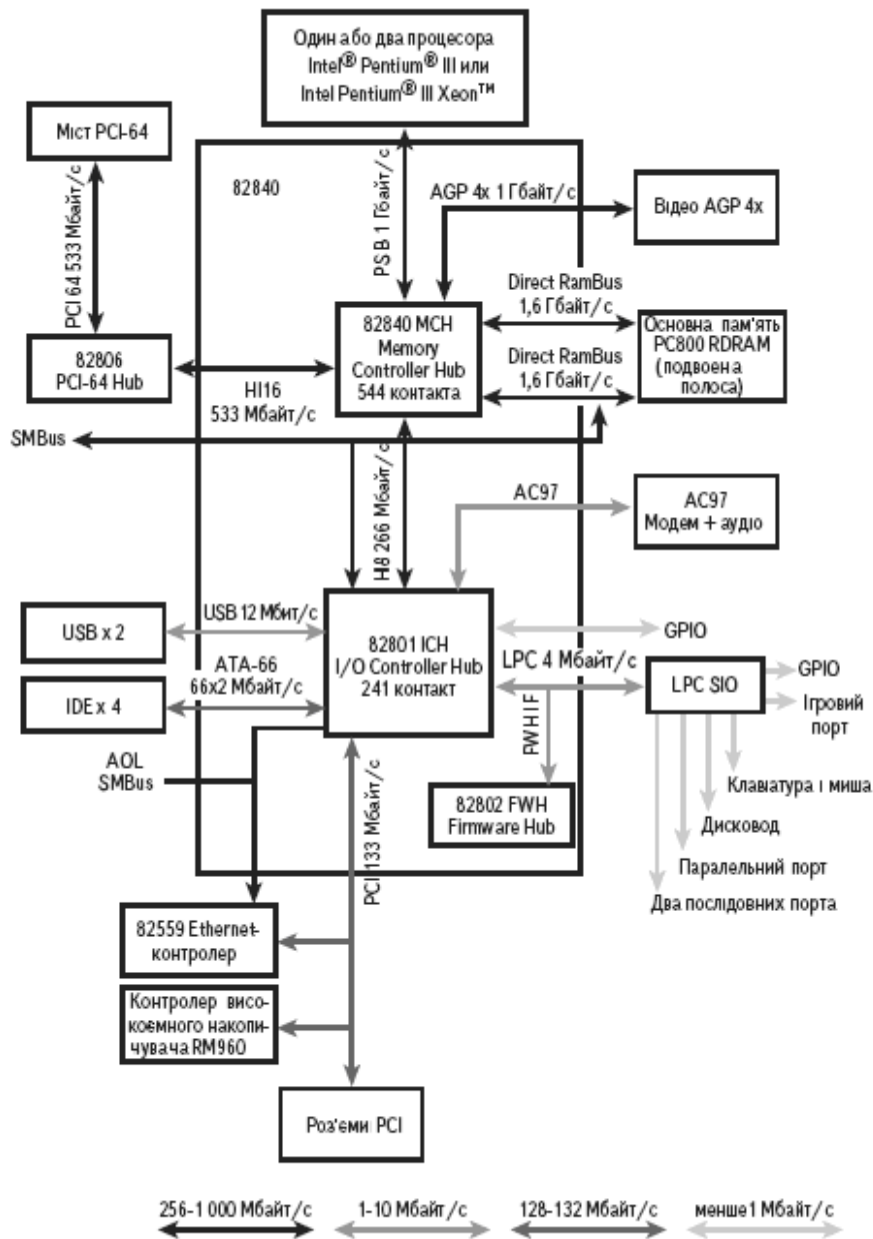


Рис. 2.6. Приклад побудови ПК hub-архітектури

**Північний хаб** чипсета виконує ті ж функції, що й північний міст шинно-мостової архітектури: він зв'язує шини процесора, пам'яті й порту AGP. Однак на південній стороні цього хаба перебуває вже не шина PCI, а високопродуктивний інтерфейс зв'язку з південним хабом. Пропускна здатність цього інтерфейсу становить 266 Мбайт/с і вище, залежно від чипсета. Якщо чипсет має інтегровану графіку, то в північний хаб входить і графічний контролер з усіма своїми інтерфейсами (аналоговими й циф-



ровими інтерфейсами дисплея, шиною локальної пам'яті). Чипсети з інтегрованим графічним контролером можуть мати зовнішній порт AGP, що стає доступним при відключенні вбудованого графічного контролера. Є чипсети, у яких порт AGP є чисто внутрішнім засобом з'єднання вбудованого контролера, і зовнішній графічний контролер до них може підключатися тільки по шині PCI. В hub-архітектурі модуль MCH забезпечує передачу даних між шиною процесора (100/133 МГц) і шиною AGP (66 МГц), а модуль ICH - між портами IDE ATA-66 і шиною PCI (33 МГц). В ICH розташована шина LPC (Low Pin Count), що являє собою 4-розрядну магистраль, побудовану по архітектурі PCI і призначену для обслуговування мікросхем флеш BIOS і Super I/O.

Технологія (**архітектура**) **Hyper Transport** (HT) замислювалася як альтернатива шинно-мостовій архітектурі системних плат. Основна ідея HT - заміна шинного з'єднання компонентів (периферійних пристроїв) системою двухточечних зустрічно спрямованих з'єднань. При цьому досяжна більш висока тактова частота інтерфейсів, що забезпечує їх більш високу (у порівнянні із шиною) пропускну здатність. Структурна схема комп'ютера архітектури HT наведена на рис. 2.7.

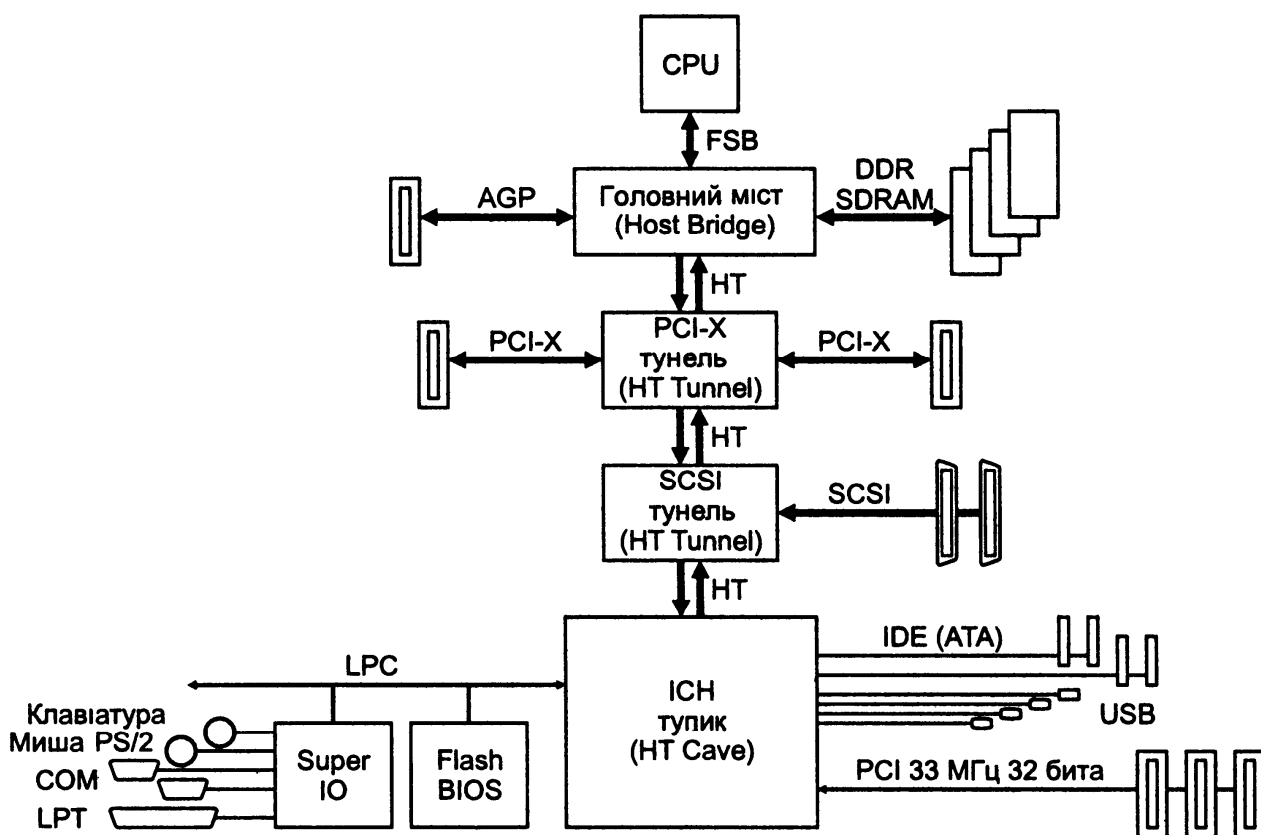


Рис. 2.7. Структурна схема комп'ютера архітектури HT

Головний міст (host bridge) забезпечує зв'язок HT з ядром - процесором і пам'яттю. Периферійні контролери, що вимагають високої пропускної здатності, реалізуються у вигляді HT-тунелів. В архітектурі передбачається й мостовий зв'язок із шиною PCI. Архітектура HT забезпечує всі типи транзакцій процесорів і пристроїв PCI, PCI-X і AGP, використовуваних в PC. Транзакції виконуються у вигляді серій передач пакетів різних типів. Транзакції HT забезпечують програмну взаємодію процесора із пристроями, прямий доступ до пам'яті й однорангову взаємодію пристроїв з адресацією в описаному комбінованому просторі. Існує мережне розширення специфікації, що підтримує обмін повідомленнями (як у мережах), можливі й ширококомовні повідомлення. Архітектура HT заснована на двосторонній пакетній передачі даних між парою пристроїв. Пристрій HT може виступати в ролі ініціатора або/і цільового пристрою транзакцій.

*Технологія HyperTransport призначена для з'єднання компонентів комп'ютерів і комунікаційної апаратури, але тільки в межах плати — слоти й карти розширення технологією HT не розглядаються.* Для передачі інформації використовуються два зустрічних односпрямованих набори високошвидкісних сигналів. За задумом розроблювачів, HT повинна стати архітектурою побудови PC, однак поки що використовується лише технологія HT. В 64-бітних процесорах AMD, у яких застосовується HT, головний міст розміщується в процесорі. При цьому у процесора виявляється два інтерфейси: інтерфейс пам'яті (DDR SDRAM) і HT як системна шина. У розповсюджених чипсетах (від VIA, Si) до інтерфейсу HT підключається тільки північний хаб, що забезпечує лише інтерфейс підключення графічного адаптера - AGP або PCI-E. Південний хаб з'єднується з північним власним інтерфейсом, так що використання HT як універсальної транспортної структури для безлічі компонентів поки не спостерігається.

Чипсети в значній мірі визначають властивості системних плат, виконаних на їхній основі. Системні плати, виконані на тому самому чипсеті, можуть мати різні характеристики по продуктивності й різний діапазон підтримуваних установлюваних компонентів (процесорів, пам'яті, інтерфейсу). Істотну роль у реалізації всіх корисних властивостей чипсета грають BIOS і застосовувані версії системних драйверів. Чипсети орієнтуються на різні застосування системних плат, і функції, необхідні для сервера або робочої станції, можуть виявитися зайвими для офісного комп'ютера. Тому не можна чипсети вибудувати один по одному від гіршого до кращого, вони позиціюються в багатомірному просторі суперечливих вимог. Основні параметри

розповсюджених системних плат (і чипсетів) наведені в літературі. Результати тестування й порівняння системних плат регулярно публікуються в періодичних виданнях і в Internet, наприклад на сайті jXBT.com. Мікросхеми чипсета при ініціалізації під час тесту POST програмуються по багатьом параметрам, частина з яких зберігається в BIOS, а частина - в енергонезалежній пам'яті конфігурації, що включає комірки CMOS і ESCD системи PnP. Таким чином, є програмні способи як оптимального настроювання, так і виводу плати з ладу записом певних значень в енергонезалежну пам'ять. Цей запис робить утиліта CMOS Setup, а також операційні системи, як Windows.

## 2.2. Основні відомості про компоненти системної плати

### Шини й слоти розширення системної плати

Для організації взаємодії пристроїв на системній платі використовуються шини. **Шина** – це загальний канал зв'язку, застосовуваний у ПК для передачі даних, адрес і сигналів керування, сигналізації й контролю. Шини бувають внутрішніми й зовнішніми. **Внутрішні шини** (даних, адреси й керування) розташовані на системній платі. Чипсет може підтримувати відразу кілька протоколів внутрішніх і зовнішніх шин (наприклад ISA, PCI, USB, AGP). Системна шина відображає архітектуру чипсета (наприклад, hub-bus) і з'єднана із центральним процесором за допомогою шини FSB. До числа внутрісистемних шин можна віднести - шину FSB, шину ОЗУ, hub-шину, AGP, PCI, ISA. За допомогою **зовнішніх шин** до ПК підключаються периферійні пристрої різної швидкодії. До подібних шин належать - SCSI, IDE, USB, Fire Wire і т.д.

Найважливіша характеристика будь-якої шини – її **пропускна здатність (bandwidth), або швидкість передачі даних**. Для підрахунку пропускної здатності шини процесора (кількості байтів, переданих в одну секунду), наприклад, для системи на Pentium 4, ви можете скористатися наступним вираженням: (Частота шини FSB) 266,66 МГц x (Формат слова даних) 8 байт (64 біта)=2133 Мбайт/с.

**Шина ОЗУ** підключає системну пам'ять до контролера пам'яті, убудованому в чип North Bridge або Memory Controller Hub. Пропускна здатність шини залежить від типу модуля пам'яті й тактової частоти. Необхідно, щоб пропускна здатність шин пам'яті й процесора були однаковими.

**Слоти розширення** призначені для установки карт різного призначення, що розширюють функціональні можливості комп'ютера. На слоти

виводяться стандартні шини розширення вводу-виводу, а також проміжні інтерфейси на зразок AMR і CNR. Стандартизовані **шини розширення вводу-виводу** забезпечують основу функціональної розширюваності РС (ПК)-сумісного персонального комп'ютера. В IBM-сумісних ПК відомо кілька типів шин вводу-виводу. Хоча багато компонентів, що раніше розміщалися на платах розширення, поступово «переселяються» на системну плату, для сучасних комп'ютерів набір шин розширення вводу-виводу має важливе значення.

Нижче перераховані часто використовувані **шини розширення вводу-виводу**, реалізовані у вигляді слотів на системній платі:

1. PCI - найпоширеніша шина, застосовувана в комп'ютерах на процесорах класу 486 і вище. На системній платі 3-4 слота PCI можуть співіснувати зі слотами шини ISA. На платах, де це єдина шина розширення, число слотів збільшують до 5-8. Шина й карти розширення існують для різних напруг живлення інтерфейсних схем (3,3, 5 В і універсальні); із частотою 33 (PCI 2.0) і 33/66 МГц (PCI 2.1); розрядністю 32 і 64 біта. Шина PCI ставиться до числа найпоширеніших шин вводу-виводу. Для 64-розрядного процесора при робочій частоті 66 МГц пропускна здатність шини приблизно становить  $66 \text{ МГц} \times 64 \text{ біта} = 4224 \text{ Мбіт/с}$ ;  $4224 \text{ Мбіт/с} : 8 = 533 \text{ Мбайт/с}$ . Специфікації шини PCI підтримують технології: а) автоконфігурування пристроїв, як в технології Plug and Play, що підтримується BIOS, операційною системою й апаратним забезпеченням; б) гаряче підключення пристроїв - PCI Hot-Plug. Ця функція дозволяє додавати/видаляти PCI-адаптери, не виключаючи ПК; в) систему керування енергоспоживанням для пристроїв на шині PCI, сумісну з ACPI.

2. PCI-X - високопродуктивна модифікація PCI, механічно й електрично сумісна з PCI. Існує у версіях 1.0 і 2.0, що розрізняються доступними режимами й швидкостями обміну.

3. PCI-E (PCI Express) - слоти виділених послідовних інтерфейсів підключення периферійних пристроїв. Розрізняються числом ліній (1x, 4x, 8x, 16x), слоти PCI-E 8x і 16x використовуються для підключення графічної карти. Інші периферійні пристрої з інтерфейсом PCI-E поки не поширені.

4. AGP - виділений порт (єдиний слот) для підключення графічного акселератора, що логічно й є слотом PCI. Прискорений графічний порт AGP (Accelerated Graphics Port) служить для підвищення ефективності роботи з відео й графікою. Порт AGP підключається до North Bridge або Memory Controller Hub чипсета. Фізично, електрически й логічно функціо-

нування цієї шини не залежить від PCI, оскільки вони розділені. Слот (і графічні карти) AGP 1.0 підтримують напругу живлення інтерфейсних схем 3,3 В і режим передачі 2x; AGP 2.0 підтримує напругу 1,5 В і режим 4x; AGP 3.0 - напругу 0,8 В, режим 8x. Універсальні слоти й карти AGP підтримують два номінали живлення. Набір надаваних можливостей (режими 2x/4x/8x, SBA, Fast Write) залежить від реалізації порту й налаштування CMOS Setup. Прискорений графічний порт AGP (Accelerated Graphics Port) служить для підвищення ефективності роботи з відео й графікою. Порт AGP підключається до North Bridge або Memory Controller Hub чипсета. Фізично, електрично й логічно функціонування цієї шини не залежить від PCI, оскільки вони розділені.

5. ISA-8 і ISA-16 - універсальні слоти підключення периферійних адаптерів, що не вимагають високих швидкостей обміну. Раніше шина ISA була єдиною шиною розширення, і для неї випускалося безліч різноманітних карт розширення. Зараз ISA зживає із системних плат.

6. Слот PC Card, він же PCMCIA - слот розширення блокнотних комп'ютерів, що може бути присутнім і в комп'ютерах настільного виконання (слот встановлюється в зовнішній тридюймовий відсік, до шини PCI або ISA підключається через карту-міст). Універсальний слот може працювати й у режимі Card Bus - шини, що є спрощеним варіантом PCI.

**Конфігурування шин розширення** припускає в основному налаштування їхніх тимчасових параметрів (в CMOS Setup): 1) для шини PCI/PCI-X задаються частота синхронізації, режими PCI-X (Mode 1, Mode 2) і інші параметри (конкурентні обіги, спостереження за палітрами й т.д.); 2) для порту AGP задаються частота (номінал 66 МГц), підтримувані режими, а також апертура AGP; 3) для шин ISA і PCI іноді налаштуванням CMOS Setup доводиться розподіляти системні ресурси (головним чином, лінії запитів переривань); 4) для шини ISA крім частоти (яка повинна бути порядку 8 МГц) задають час відновлення для 8- і 16-бітних звертань до пам'яті й вводу-виводу.

Кількість і склад слотів шин розширення на різних платах варіюються. Типи слотів легко визначити візуально. Крім слотів шин розширення на системній платі можуть бути присутнім **слоти для розширення аудіо- і комунікаційних можливостей системної плати** — AMR і CNR, уведені фірмою Intel, або ACR. Ці слоти не можна розглядати як стандартні слоти розширення вводу-виводу, за допомогою яких кінцевий користувач може модернізувати комп'ютер; вони адресовані виробникам ком-

п'ютерів для надання додаткових можливостей по комплектації. На цих слотах можуть бути присутнім не всі інтерфейси.

На системних платах з убудованим графічним контролером може бути присутнім слот розширення можливостей цього контролера. Наприклад, слот ADIMM для системних плат на базі чипсета Si630, що виглядає як слот AGP, дозволяє встановити або додаткову буферну пам'ять графічного адаптера з 128-бітною шиною даних, що значно підвищує продуктивність акселератора, або міст, що дозволяє підключати до графічного контролера додаткові інтерфейси — телевізійні інтерфейси (аналоговий і цифрові), інтерфейс плоскої панелі й додатковий незалежний VGA-інтерфейс. Для системних плат на чипсетах Intel може бути присутнім слот AIMM, він же GPA, для підключення модулів відеопам'яті.

### **Процесори й сокети для них**

Процесори на материнській платі можна встановлювати в гнізда типу Socket або Slot. Починаючи із процесорів класу 486, системні плати стали випускати з розрахунком на різні модифікації й тактові частоти процесорів. Процесори стали встановлювати в **стандартизовані сокети ZIF** (Zero Insertion Force — нульове зусилля вставки), а потім і в **слоти — щільні дворядні роз'єми**. Призначення виводів роз'ємів визначалося процесорами від фірми Intel. Починаючи із процесорів K7, фірма AMD повела свою лінію сокетів і слотів. Уніфікація розташування виводів процесорів одного класу й наявність конфігураційних перемикачів на системних платах дозволяють користувачеві легко замінити старі процесори.

Плати для **симетричних мультипроцесорних систем** мають пари сокетів. У них установлюють процесори, придатні для таких конфігурацій. Довгий час у мультипроцесорних системах застосовувалися тільки процесори фірми Intel. Цю «традицію» порушила фірма AMD своїм процесором Athlon і наступними. Важливо, що в симетричних мультипроцесорних системах внутрішні частоти всіх процесорів повинні збігатися (зовнішня частота в них одна, оскільки виходить від загального генератора синхронізації). Для цих цілей краще брати всі процесори з одним степпингом і однаково встановлювати для них конфігураційні джампери.

В останні роки сокети й слоти швидко поміняють один одного, і модернізацією за рахунок зміни процесора займаються нечасто. Сучасні сокети називаються по числу контактів. Основні дані по деяким сучасним сокетам і слотам наведені в табл. 2.1. Вибираючи системну плату, доводиться спочатку визначатися з типом процесора. Відзначимо, що в соке-

тах 939 і 940 можливе використання до трьох 16-бітних інтерфейсів Hyper Transport. Число й характеристики інтерфейсів залежать від типу РС. Деякі процесори забезпечують швидкість передач до 2000 МТ/с.

Таблиця 2.1. Сокети й слоти для процесорів

Сокет (слот)	Живлення, В	Підтримувані процесори
Сокет 370	1,3-2,05	Celeron, Pentium III, VIA Cyrix III
Сокет 423	1,1 -1,6	Pentium 4:0,18 мкм 1,3-2 ГГц
Сокет 478	1,1 -1,8 ; 1,1-1,8 ; 0,84 -1,6	Pentium 4:0,18 мкм 1,4-2 ГГц; 0,13 мкм 2.0A-3.4 ГГц; 90 нм 2,8 А/Е-3,4 Е ГГц
Сокет 775	0,84 -1,6	Pentium 4:0,18 мкм 1,4-2 ГГц; 0,13 мкм 2,0А-3,4 ГГц; 90 нм 2,8 А/Е-3,4 Е ГГц
Сокет 603	1,1 -1,8	Хеоп 1,4-2 ГГц;
Сокет 604	1,1-1,8;0,84-1,6	Хеоп із частотою FSB 133/533 і вище
Сокет А (462)	1,1-1,85	Athlon, Athlon XP, Duron, Sempron (2200+...3100+)
Сокет 754	0,8-1,55	Athlon 64 (2800+...3700+), Sempron (3100+, 3300+)
Сокет 939	0,8-1,55	Athlon 64 (3500+...4000+), Athlon 64FX
Сокет 940	0,8-1,55	Athlon 64FX, Opteron

Для встановленого процесора потрібно задати напругу живлення й частоту ядра, що визначається частотою системної шини (FSB frequency) і коефіцієнтом множення. Ці параметри задаються вручну або з різним ступенем автоматизації, для чого використовуються джампери або параметри CMOS Setup (Soft Menu). У сокетах і слотах для процесорів 6-8-го поколінь передбачений інтерфейс, за допомогою якого процесор повідомляє необхідну напругу живлення, автоматично управляючи регулятором напруги, а також замовляє частоту FSB. Наприклад, у процесорах Socket 478 використовується п'ять виводів ідентифікатора напруги (VID), що дозволяють за допомогою модуля VRM, вбудованого в системну плату, автоматично задавати точну напругу для центрального процесора. Маленька трикутна мітка в одному з кутів указує розташування виводу 1, допомагаючи тим самим правильно встановити мікросхему.

У сучасних потужних робочих станціях видавничих систем для підвищення їхньої продуктивності (паралельна обробка даних і ін.) застосовуються як багатоядерні процесори, так і багатопроцесорні системи. Для цього використовують спеціалізовані материнські плати або сучасні стандартні МП, призначені для багатопроцесорних систем або зі спеціальними розширеннями для цих цілей.

### **Оперативна пам'ять (DRAM)**

Одним з найбільш важливих компонентів сучасних робочих станцій видавничих систем (PCBC) є оперативна пам'ять. Звичайно прагнуть до збільшення її об'єму й підвищенню продуктивності. Вся оперативна пам'ять сучасних ПК розташовується на системній платі. Як оперативну пам'ять використовують мікросхеми динамічної пам'яті (DRAM) різних типів, докладно розглянутих у першій лекції. На системну плату встановлюють модулі DIMM-168 (DRAM або SDRAM), DIMM-184 (DDR SDRAM), DIMM-240 (DDR2 SDRAM) або RIMM (RDRAM). Плати із гніздами для мікросхем у корпусах DIP і ZIP, а також для модулів SIPP, SIMM («короткі» 30-контактні або «довгі» 72-контактні) з пам'яттю DRAM уже вийшли з обігу. Модулі пам'яті встановлюються банками (їх іноді називають рядками). Банк працездатний, тільки якщо він заповнений, причому однотипними мікросхемами (модулями). Для процесорів класу Pentium і вище розрядність банку становить 8 байтів, для роботи досить установити один модуль DIMM або RIMM. Краще брати один модуль необхідного об'єму, а при необхідності додавати додаткові. Для високої частоти роботи пам'яті число встановлюваних модулів може бути меншим, чим для низької.

На сучасних системних платах об'єм коректно встановленої пам'яті визначається автоматично. Для конфігурування системної плати важливо знати *специфікацію швидкодії* застосовуваної пам'яті. Для модулів синхронної пам'яті вказують максимальну частоту синхронізації й латентність (CAS latency). Від специфікації швидкодії залежить ефективність (і можливість) застосування пам'яті в конкретній системній платі на заданій частоті системної шини. На тимчасові діаграми пам'яті впливає багато факторів - затримки сигналів залежать від чипсета, наявності проміжних буферів, довжини провідників плати, кількості встановлюваних модулів і мікросхем на них і т.п. Тому в кожній моделі системної плати оптимальні специфікації для використовуваних тактових частот свої. Специфікація швидкодії звичайно вказується в документації на системну плату.



У сучасних робочих станціях видавничих систем для підвищення їхньої продуктивності прагнуть максимально збільшувати об'єм оперативної пам'яті, використовуючи пам'ять типу DDR II, і останнім часом, нову й менш енергоємну пам'ять DDR III.

### **Мікросхема Super I/O**

Третя основна мікросхема в більшості системних плат називається Super I/O, яка реалізує функції пристроїв, які колись розміщалися на окремих платах розширення. Більшість мікросхем Super I/O містять наступні компоненти: - контролер гнучких дисків; - подвійні контролери послідовного порту; - контролер паралельного порту. Контролери гнучких дисків у більшості мікросхем Super I/O обслуговують два дисководи. Подвійний послідовний порт - інший пристрій, що колись розташовувався на одній або декількох платах. У більшості мікросхем Super I/O передбачена буферизація потоку даних через послідовний порт. Схема, що реалізує буферизацію, називається UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter - універсальний асинхронний трансмітер приймач). Для кожного порту передбачається своя схема UART. Вона подібна швидкодіючій автономній схемі UART NS16550A, розробленої компанією National Semiconductor. Оскільки Super I/O виконує функції двох цих мікросхем, можна сказати, що, власне кажучи, ці порти убудовані в системну плату. Мікросхеми Super I/O містять швидкодіючий багаторежимний паралельний порт. Кращі паралельні порти можуть працювати в трьох режимах: стандартному (двунаправленому), EPP (Enhanced Parallel Port - розширений паралельний порт) і ECP (Enhanced Capabilities Port - порт з розширеними можливостями). Режим ECP - найшвидший і найбільш потужний, але якщо вибрати цей режим, то порт буде використати 8 розрядний канал прямого доступу до пам'яті шини ISA. Якщо на цьому каналі не встановлений інший пристрій (наприклад, звукова плата), то паралельний порт у режимі ECP повинен працювати ідеально. Деякі нові принтери й сканери, що приєднують до комп'ютера через паралельний порт, використовують режим ECP, розроблений компанією Hewlett Packard.

Мікросхема Super I/O може містити також інші компоненти. Наприклад, у системній платі Intel VC820 (формфактора ATX) використовується в якості Super I/O мікросхема LPC47V102 компанії Standard Microsystems Corp. У цій мікросхемі встановлений: - інтерфейс дисководу гнучких дисків; - два швидкодіючих послідовних порти; - один багаторежимний (ECP/EPP) паралельний порт; - контролер клавіатури типу 8042 і миші.

Для цієї мікросхеми характерна наявність контролера клавіатури й миші; всі інші компоненти є в більшості мікросхем Super I/O. В останні роки роль Super I/O помітно знизилася. Це відбулося насамперед тому, що Intel реалізувала функції Super I/O типу IDE безпосередньо в компоненті South Bridge набору мікросхем системної логіки, що дозволило приєднувати відповідні пристрої до шини PCI, а не до ISA. Один з недоліків Super I/O - приєднання до системи за допомогою інтерфейсу шини ISA, що обмежує її швидкість й ефективність можливостями цієї шини, яка працює на частоті 8 МГц. Підключивши пристрій IDE до шини PCI, можна підвищити швидкість дисководів IDE, оскільки, працюючи на тактовій частоті шини PCI (33 МГц), вони зможуть передавати дані з більше високою швидкістю. Сучасні мікросхеми Super I/O підключаються до системи за допомогою шини LPC, розробленою компанією Intel у якості низькошвидкісного (до 6,67 Мбайт/с) з'єднання, що використовує не більше 13 сигналів. В порівнянні з ISA швидкість шини LPC набагато нижче, але вона має пропускну здатність, цілком достатню для мікросхеми Super I/O.

Розроблювачі наборів мікросхем прагнуть об'єднати максимальну кількість функціональних можливостей в одній мікросхемі. Оскільки інтерфейси USB і IEEE 1394 прийшли на зміну стандартним паралельному й послідовному порту і контролеру для дисководів на гнучких дисках, мікросхема Super I/O усе рідше зустрічається в системних платах. З метою економії вільного простору на системній платі й зменшення числа використовуваних у ній компонентів, функції мікросхем South Bridge і Super I/O реалізуються на базі лише одного компонента (мікросхема Super South Bridge). У деяких наборах мікросхем SiS в одну мікросхему об'єднані такі компоненти, як North Bridge, South Bridge і Super I/O.

**Базова система вводу-виводу (BIOS)** є ключовим елементом системної плати. BIOS, користуючись засобами, надаваними чипсетом, управляє всіма компонентами й ресурсами системної плати. Використовувана версія BIOS у значній мірі прив'язана до чипсета, і, крім того, вона повинна «знати» особливості застосовуваних компонентів (процесор, пам'ять, інтегровані контролери). Код BIOS зберігається в мікросхемі енергонезалежної постійної пам'яті (*ROM BIOS*) або флеш-пам'яті (*Flash BIOS*). З погляду регулярної роботи тип носія BIOS принципового значення не має. З погляду модифікуємості флеш-пам'ять має явну перевагу (іноді, щоправда, це обертається недоліком) - можливість модернізації прямо в комп'ютері. Визначити, який носій BIOS використовується на даній

системній платі, можна, знявши наклейку з мікросхеми (на ній надруковані вихідні дані BIOS) і прочитавши позначення: 28Fxxx - флеш-пам'ять 12 В; 29Cxxx - 5 В; 29LVxxx - 3 В (рідкий варіант); 28Cxxx - EEPROM, близька по властивостях до флеш-пам'яті; 27Cxxx - пам'ять EPROM, записується на програматорі й стирається ультрафіолетом (якщо є скляне віконце); PH29ІІ010 - ROM фірми SST, перезаписується аналогічно флеш-пам'яті; 29ІІ011 - флеш-пам'ять 5 В фірми Winbond; 29C010 - флеш-пам'ять 5 В фірми Atmel.

Відновлення флеш-BIOS припускає програмування мікросхем у цільовому пристрої без додаткових апаратур, з використанням власного процесора ПК, що «по-науковому» називається In-System Write (ISW). Якщо материнська плата й застосований тип мікросхеми не підтримують режим відновлення, у випадку невдачі є шанс зштовхнутися із проблемою пошуку програматора флеш-пам'яті. Якщо мікросхема запаєна в плату, а не встановлена в «ліжечко», проблема пошуку ускладниться тим, що знадобиться програматор з адаптером для OBP (On-Board Programming) на даній системній платі. Нову версію BIOS найкраще одержувати від виготовлювача системної плати. Фірми-розроблювачі BIOS свої нові продукти з інструментальними засобами поставляють розроблювачеві системної плати, що робить остаточне припасування BIOS під конкретну модель плати, особливості якого він знає краще всіх. Утиліти перезапису флеш-пам'яті прив'язані до підтримуваних типів мікросхем енергонезалежної пам'яті, системним платам (чипсетам) і виробникам (іноді й версіям) BIOS. Сміло займатися перепрограмуванням BIOS можна тільки коли ви маєте доступ до програматору, і мікросхема BIOS встановлена в «ліжечку». Якщо нова версія BIOS не дозволяє завантажити комп'ютер, ряд системних плат дозволяють включити *режим відновлення*. Для цього на платі повинен бути спеціальний **перемикач або джампер**. У режимі відновлення працює тільки дискетид, у який необхідно встановити спеціальну дискету з файлом-образом ROM BIOS. Якщо говорити про недоліки флеш-BIOS, мається на увазі не тільки небезпека втрати працездатності системної плати через необачні дії користувача, що модернізує BIOS, але й додаткове «поле діяльності» для вірусів. Іноді перепрограмувати флеш-BIOS доводиться й для того, щоб ініціалізувати (або скинути) деякі параметри в енергонезалежних комірках пам'яті чипсета, які для звичайних утиліт (CMOS Setup) недоступні, але можуть бути невдало настроєні, наприклад при установці ОС Windows.

## Пам'ять CMOS

Пам'ять CMOS, сполучена із годинником-таймером, є енергонезалежною пам'яттю конфігурації комп'ютера. Крім комірок стандартного призначення в CMOS є комірки, які використовуються по розсуду розроблювача BIOS для зберігання поточних параметрів чипсета, що задають убудованою утилітою CMOS Setup. Для живлення цієї пам'яті на системній платі встановлюється літєва батарежка (акумулятори застосовуються рідко). Вона має строк життя кілька років. Про необхідність її заміни говорить повідомлення «CMOS Battery State Low» або «CMOS Checksum Error» під час тесту POST, що звичайно з'являється після тривалого (кілька днів) перерви в роботі машини. Пам'ять CMOS є важливим вузлом комп'ютера, і правильність її живлення може істотно впливати на «здоров'я» комп'ютера в цілому. На сучасних системних платах частіше застосовується батарежка-таблетка в спеціальному тримачі, що легко замінити. Роз'єм підключення зовнішньої батарежки використовується й для обнуління CMOS. Така необхідність може виникнути, наприклад, при втраті вхідного пароля, заданого в CMOS Setup (або при необхідності його «злому»). Потрібна заміна або ремонт (підстроювання) блоку живлення.

## Роз'єми для підключення зовнішніх пристроїв

**USB** (Universal Serial Bus - універсальна послідовна магістраль) - один із сучасних інтерфейсів для підключення зовнішніх пристроїв. Передбачає підключення до 127 зовнішніх пристроїв до одного USB-каналу, принципово зроблений за принципом загальної шини, реалізації звичайно мають по два канали на контролер. Обмін по інтерфейсу - пакетний, швидкість обміну до 12 Мбит/с.

**LPT порт** - спочатку був призначений для підключення до нього принтера, але надалі з'явився ряд пристроїв здатних працювати через LPT порт (сканери, Zip приводи й т.д.). LPT порт конструктивно представляє із себе паралельний восьми розрядний порт плюс 4 розряди стану. Режими роботи паралельного (LPT) порту: **SPP** (Standard Parallel Port - стандартний паралельний порт) Здійснює 8-розрядний вивід даних із синхронізацією по опитуванню або по перериваннях. Максимальна швидкість виводу - близько 80 кб/с. Може використатися для введення інформації з ліній стану, максимальна швидкість введення - приблизно вдвічі менше. **EPP** (Enhanced Parallel Port - розширений паралельний порт) - швидкісний двунправлений варіант інтерфейсу. Змінено призначення деяких сигналів, введена можливість адресації декількох логічних при-

строїв і 8-розрядного введення даних, 16-байтовий апаратний FIFO-буфер. Максимальна швидкість обміну - до 2 Мб/с. **ECP** (Enhanced Capability Port - порт із розширеними можливостями) - інтелектуальний варіант EPP. Введено можливість поділу переданої інформації на команди й дані, підтримка DMA і стиску переданих даних методом RLE (Run-Length Encoding - кодування повторюваних серій).

**COM порт** - послідовний порт. Швидкість обміну до 115кбит/с. Можливо підключення лише одного пристрою до порту. В основному використовується для підключення маніпулятора миша або модему. Стандартно в материнську плату вбудовано два послідовних порти.

**PS/2 порти.** Практично повний аналог COM порту. Служить для підключення клавіатури або маніпулятора миша.

#### Роз'єми для підключення дискових пристроїв:

**FDD** (Floppy Disk Drivers- накопичувач на гнучких магнітних дисках) Конструктивно представляє із себе 12x2 контактне голчастий роз'єм з можливістю підключення двох дисководів. Пристрій підключений до перевитого шлейфа буде диском А:, до прямого В:. Реалізовано одночасне звернення тільки до одного пристрою. **HDD** (Hard Disk Drivers- накопичувач на жорстких магнітних дисках) Конструктивно може бути виконаний у декількох варіантах: IDE, SCSI. IDE- більш дешевий і в цей час найпоширеніший інтерфейс. Конструктивно представляє із себе 2x20 контактний голчастий роз'єм. Стандартно контролер IDE має один такий роз'єм, до якого можна підключити до 2х дискових пристроїв. Стандартно на материнській платі зібрані два IDE контролера Primary і Secondary. Існують також кілька протоколів обміну даними: UDMA/33 - 33МБ/с і UDMA/66 - 66МБ/с. Протокол UDMA/66 має вдвічі більшу швидкість передачі даних за рахунок того, що дані передається по обох фронтах тактуючого сигналу на відміну від UDMA/33. **SCSI**- Більше дорогий й менш розповсюджений інтерфейс. Один контролер може обслуговувати до 32 пристроїв залежно від конструкції. Конструктивно розрізняються два типи SCSI: 1) контролер SCSI зовні представляє із себе плату розширення або він вбудований у материнську плату й тоді ми можемо бачити лише 25x2 голчастий роз'єм. Швидкість обміну до 20МБ/с. 2) Контролер UWSCSI представляє із себе плату розширення або вбудований у материнську плату й ми можемо бачити 34x2 трапецієдальний роз'єм плюс для підтримки SCSI 25x2 голчастий роз'єм. Швидкість обміну до 80МБ/с по каналу UWSCSI. **ATA (SATA)** –сучасніший і розповсюджений інтерфейс.

### **Деякі додаткові засоби материнських плат**

У сучасних системних платах є розвинена система керування живленням на основі інтерфейсу ACPI; у більше старих комп'ютерах використалася система APM (Advanced Power Management). Дозвіл автоматичного керування енергоспоживанням визначається параметром PM Control By ACPI або PM Control By APM. Для керування живленням у конструктивах ATX (і ВТХ) використовуються кнопка-вимикач на передній панелі, а також кнопки (клавіші) клавіатури й навіть миші. Для вимкненого комп'ютера будь-яке натискання кнопки Power на лицьовій панелі викликає *включення живлення* (якщо воно подано й не відключене механічним вимикачем на задній стінці). Можна запрограмувати включення живлення (Power Up Control) по подвійному щиглику миші (Power Up By Mouse), від клавіатури (Power Up By Keyboard), по сигналу від модему (Power Up By Modem), по пробудженню від локальної мережі (Wake On LAN), шини USB (Power Up By USB), а також автоматично по будильнику (Alarm, Automatic Power Up). З клавіатури живлення може включатися або натисканням спеціальної клавіші (KB98), або набором кодового слова (Password, пароль із 1-5 символів). Для будильника можна встановити день (число, дні тижня або всі дні) і час включення. Сучасні системні плати обладнані засобами моніторингу стану живлення й охолодження, які доступні в Setup (PC Health Status, Hardware Monitor). Ці засоби дозволяють спостерігати обмірювані значення живлячих напруг (виходів блоку живлення й напругу живлення процесора), температури й швидкості обертання вентиляторів. У робочому режимі моніторинг зазначених параметрів може виконуватися за допомогою спеціальних утиліт.

### **2.3. Рекомендації з вибору системної плати**

При виборі материнської плати для робочих станцій у видавничих системах (втім, як і взагалі при покупці ПК) доцільно враховувати наступні основні характеристики плат: 1) *Підтримувані процесори*. Кожний процесор характеризується певним набором параметрів. Найважливішими є тактові частоти - внутрішня й зовнішні, напруга живлення - одне або декілька, величини напруг і т.д. Процесори мають певні конструктивні відмінності, тісно пов'язані з особливостями їхньої внутрішньої структури. Звичайно для ідентифікації процесора достатні наступні дані: фірма-виготовлювач процесора; тип процесора, наприклад Intel Pentium D, Core

2 Duo, AMD Athlon і т.д.; роз'єм підключення (Socket 478, LGA775, Socket 939 і т.д.); зовнішня й внутрішня частота. 2) *Чипсет*. На материнських платах використовуються різні чипсети, які впливають як на продуктивність материнської плати і її функціональні можливості, так і на вартість плати, а в остаточному підсумку, на ціну комп'ютера. 3) *Тип процесорної (системної) шини і її частотні параметри*. Ці параметри тісно пов'язані з використанням компонентом чипсета, що виконує функції North Bridge шини. Визначають можливі моделі процесорів, які автоматично вибирають необхідне значення із припустимого набору частот. Значення тактової частоти можуть бути змінені в BIOS Setup або спеціалізованими програмами. 4) *Тип, об'єм і кількість роз'ємів оперативної пам'яті*. Більшість сучасних десктопних материнських плат розраховані на пам'ять DDR2-400/ 533/667, 2 або 4 DIMM, до 2, 4 або 8 Гбайт. 5) *Інтегровані контролери*. Функціональні можливості чипсетів доповнюють інтегровані контролери, реалізовані за допомогою спеціалізованих мікросхем. У платах верхнього цінового діапазону використовується велика кількість інтерфейсних контролерів. Їхні роз'єми розташовані не тільки на задній панелі, але й на самій платі. Підключення до внутрішніх роз'ємів здійснюється за допомогою додаткових панелей - брекети. 6) *Кількість і типи роз'ємів для плат розширення*. Визначають кількість і стандарти (AGP/PCI Express, PCI, Wi-Fi, AMR і т.п.) підключення плат розширення, які можуть бути встановлені в роз'єми (слоти) материнської плати. Це визначає функціональні можливості ПК. Необхідне число й типи слотів залежать як від уже існуючих на платі інтегрованих контролерів, так і від розв'язуваних на ПК завдань. 7) *Конструктивні особливості плати*. Щоб не зштовхнутися із проблемами несумісності при установці материнської плати в корпус, необхідно звертати увагу на форм-фактор (ATX, VTX), її розміри й особливості кріплення, розташування елементів, слотів і зовнішніх роз'ємів. 8) BIOS - виробник і версія, що визначають функціональні можливості, підтримку Pn, ACPI (або APM). Можливість перезапису, блокування й відновлення Flash BIOS.

Зрозуміло, що для кожного класу застосувань істотні свої параметри: для файлу-сервера, наприклад, не потрібний аудіоканал, але пам'ять із ECC — зовсім не зайва. Для домашнього комп'ютера може бути справедливо зворотне твердження. Для робочих станцій у видавничих системах основними можуть бути підвищені вимоги до оперативної пам'яті, графічній системі й продуктивності процесора. Асортимент існуючих сис-

темних плат широкий, так само як і діапазон їхніх цін. Крім технічних і економічних характеристик доводиться враховувати й сервіс, пропонований постачальником. При покупці плати відразу звичайно можна виявити тільки грубі несправності. Більше тонкі проблеми виникають уже при детальному тестуванні або тільки при експлуатації в робочих умовах на реальних додатках. Плати відомих виробників привабливі підтримкою в Інтернеті - на веб-сервері фірми можна знайти нові версії BIOS і драйверів для різних ОС, що допомагає розв'язувати багато питань. З підтримкою «безіменних» плат можуть виникнути проблеми, тим більше що на них іноді встановлюють систему BIOS, що підходить досить умовно.

## 2.4. Синхронізація й розгін системи

Основний тактовий генератор системної плати виробляє високостабільні імпульси опорної частоти, використовуваної для синхронізації процесора, пам'яті й шин вводу- виводу. Оскільки швидкодія цих підсистем істотно розрізняється, кожна з них може синхронізуватися зі своєю частотою. Крім цих тактових частот на системній платі присутні й інші — для синхронізації COM-портів, системного й CMOS-таймерів, НГМД і інших периферійних адаптерів, але вони не залучають до себе уваги (немає приводів для їхньої зміни). Нижче перераховані присутні на системній платі частоти: 1) Host Bus Clock, вона ж FSB Clock, - частота системної шини (зовнішня частота шини процесора). Ця частота є опорною для багатьох інших, раніше встановлювалася перемичками (джамперами), тепер установлюється через CMOS Setup. Сучасні процесори використовують частоти генераторів від 100 до 266 МГц, при цьому частота передачі даних може бути подвоєної (у процесорів K7) і учетвереної (Pentium 4). 2) CPU Clock, або Core Speed, — внутрішня частота процесора, на якій працює його обчислювальне ядро. Ця частота на системній платі не присутня, але на платі можуть бути засоби завдання коефіцієнта множення, який для більшості сучасних процесорів фіксований виготовлювачем; раніше його задавали перемичками на системній платі, що заземлюють певні виводи процесора. Нові процесори здатні динамічно змінювати коефіцієнт множення (для керування споживанням). Помітимо, що не всі моделі процесорів сприймають всі сигнали керування коефіцієнтом множення. Крім того, тому самому положенню джамперів можуть відповідати різні значення коефіцієнтів - трактування керуючих сигналів залежить від марки й моделі процесора. 3) Memory Bus Clock - частота синхронізації пам'я-



ті SDRAM, DDR(2) SDRAM або RDRAM повинна відповідати специфікації застосовуваних модулів. Підвищення цієї частоти дозволяє підвищити продуктивність пам'яті, що особливо важливо для систем з портами AGP і PCI-E. 4) AGP Clock - частота порту AGP, номінал - 66,6 МГц. 5) PCI Bus Clock - частота шини PCI. Занадто низька частота шини PCI гальмує обмін даними, що особливо помітно на графічних адаптерах, SCSI-контролерах і адаптерах швидкісних локальних мереж, установлених у слоти PCI. Занадто висока частота може привести до нестійкості роботи адаптерів. Відповідно до специфікації PCI 2.0, частота повинна бути 25-33,3 МГц. Специфікація PCI 2.1 допускає застосування частоти шини 66,6 МГц по згоді всіх абонентів шини, в PCI-X частота (погоджена) може досягати 133 МГц. 6) ISA Bus Clock - частота шини ISA, що повинна бути близька до 8 МГц. Вона звичайно задається в BIOS Setup через коефіцієнт розподілу системної частоти. Гнатися за її оптимізацією в сучасних комп'ютерах змісту не має.

Перераховані вище частоти синхронізації в тім або іншому ступені взаємозалежні між собою. У синхронних чипсетах частоти сусідніх підсистем зв'язані жорстко, як правило, простими відносинами начебто 1:2, 1:3, 2:3. В асинхронних чипсетах частоти відносно незалежні, що відкриває більше перспектив для оптимізації продуктивності й «розгону» (overclocking) комп'ютера. Розганяють всі що можна: процесор, пам'ять, PCI, AGP і графічний контролер. Найбільш частий об'єкт розгону — центральний процесор, теорії й практиці його розгону присвячено багато статей і сайтів Internet (наприклад, iXBT.com). Викладені далі взаємозв'язки швидкодії компонентів, частоти, напруги живлення й розсіюваної потужності, можуть бути застосовні й до інших підсистем - пам'яті, шин розширення, порту AGP і графічному акселератору. Правда, у цих підсистемах немає можливості «грати» напругою живлення (крім деяких моделей акселераторів). Для пам'яті й шин розширення підвищення частоти може приводити до зменшення можливого числа встановлюваних модулів і карт розширення.

Продуктивність конкретного процесора залежить від тактової частоти ядра й частоти системної шини. Перша складова визначає темп обробки, а друга — швидкість доставки інструкцій і даних. Максимально припустима тактова частота визначається як затримками між різними сигналами, так і граничною розсіюваною потужністю. Потужність, що розсіюється цифровими схемами, зростає з ростом частоти їхніх перемикачів. Коли потужність, виділювана процесором, починає перевищувати потужність, що відводить радіатор, процесор перегрівається й починає сбоїти, а пізніше необратимо вихо-

дить із ладу. Помітимо, що чим менше розміри елементів, тим менше енергії необхідно затратити на їхнє перемикання. Цим пояснюється, що процесори, виконані по більше тонкій технології (сучасний рівень — 90 нм), працюють на більш високих частотах і споживають меншу потужність, чим їхні попередники (наприклад, виготовлені за технологією 0,18 мкм). Потужність, що розсіює процесор, знижується й при зниженні напруги живлення. Але при цьому сповільнюються перехідні процеси й, отже, знижується припустима частота синхронізації (що зменшує споживаний струм). Підвищення тактової частоти саме по собі збільшує споживану потужність, а для забезпечення стабільності роботи (підвищення швидкодії внутрішньої логіки) може знадобитися підвищення напруги живлення, що дає додаткове збільшення споживаної потужності. Такі, загалом, причини взаємного впливу частоти, напруги живлення й виділюваної потужності. У сучасних процесорах частота ядра визначається частотою зовнішньої шини й коефіцієнтом множення. Можливість незалежного вибору зовнішньої частоти синхронізації й внутрішнього коефіцієнта множення саме й забезпечує можливість «розгону» процесорів, а наявність керованого регулятора напруги дозволяє підібрати підходяще живлення. Якщо ви хочете поекспериментувати з «розгіном», дотримуйте обережності. Не намагайтеся подвоїти швидкість, є «розумні» межі. Не підвищуйте відразу напругу живлення, перевірте ступінь нагрівання процесора й радіатора стабілізатора напруги після підвищення частоти. Підвищувати напругу має сенс тільки якщо температура прийнятна, а робота нестійка. При цьому варто пам'ятати, що підвищення напруги може й не привести до усталеної роботи. Розігнаний процесор може нормально тестуватися програмами типу CheckIt, PCCheck, але усталена робота комп'ютера можлива далеко не завжди. Перевіркою працездатності системи може служити тривала активна робота з яким-небудь «важким» додатком, наприклад, у середовищі Windows, краще в багатозадачному режимі. Причиною нестійкої роботи може бути недостатня швидкодія динамічної пам'яті й вторинного кэша. Ефект від «розгону» процесора може нівелюватися повільною пам'яттю, оскільки при переході на більш високу частоту системної шини BIOS разом із чипсетом збільшує число тактів очікування в циклах пам'яті. Зміна частоти системної шини може приводити й до зниження частоти шини PCI, що також знижує продуктивність комп'ютера в цілому. При ретельному підборі всіх компонентів можлива ситуація, коли розігнаний комп'ютер буде стійко працювати в реальних додатках. Однак чи варто ризикувати через 10 % приросту продуктивності у відповідальних застосуваннях, вирішуйте самі.

Варто мати на увазі, що фірма-виробник ставить маркування частоти, виходячи з обґрунтованих критеріїв якості й надійності.

Відзначимо, що в сучасних робочих станціях (і у видавничих системах зокрема) немає необхідності застосовувати розгін системи, оскільки підвищення продуктивності звичайно досягають, як ми вже відзначали, використанням багатоядерних процесорів, багатопроцесорних систем, істотним збільшенням об'єму оперативної пам'яті й своєчасною модернізацією (апгрейт) системи на основі новітніх компонентів.

## 2.5. Особливості установки й підключення материнської плати

Системна плата має багато інтерфейсних роз'ємів, частина яких виводиться на задню панель. Крім них є внутрішні роз'єми для підключення живлення, компонентів лицьової панелі корпусу, інтерфейсів накопичувачів на гнучких і жорстких дисках, портів вводу- виводу. *Живлення до плат ATX* подається через один 20- або 24-штирковий роз'єм. Нові плати ATX 12V одержують живлення (+12 В для перетворювачів напруги) і від додаткового 4-контактного роз'єму. Надійні ключі не дозволяють помилково перевернути роз'єм живлення або з'єднати їх зі зсувом. Одна із точок кріплення плати забезпечує з'єднання загального проводу GND з металевим шасі системного блоку, заземленого через мережний шнур живлення. *До компонентів лицьової панелі* відносяться: кнопки RESET, POWER; ключ блокування клавіатури; індикатори включення, режимів енергоспоживання, звертання до жорсткого диска; динамік; інтерфейси — інфрачервоний приєднаний передатчик, роз'єми USB, FireWire, мікрофонного входу й виходу на навушники. З'єднання цих компонентів може мінятися. Усе компоненти лицьової панелі звичайно приєднуються окремими парами або трійками проводів. Їхні роз'єми підключаються до штиркових роз'ємів, які найчастіше розташовуються уздовж передньої крайки системної плати ближче до лівого краю. Провода мають запас довжини, якого повинне бути досить, щоб дотягтися до будь-якого можливого місця розташування роз'єма. В «породистих» корпусів, орієнтованих на «рідні» системні плати, всі органи лицьової панелі підключаються одним шлейфом і роз'ємом, що набагато изящнее, але менш універсально. Штиркові роз'єми підключення звичайно мають маркування на системній платі. Самі роз'єми на проводах маркування мають не завжди, але різнобарвні проведення легко простежити до точок підключення. Далі ми приведемо основні прикмети роз'ємів підключення. Роз'єми динаміка практично завжди

чотириохштирькові, причому динамік підключається до крайніх виводів. Для підключення ключа клавіатури Keylock і індикатора включення живлення на старих корпусах і платах використовувався п'ятиштирьковий роз'єм. Іноді на нього ж виводився й сигнал від кнопки Reset. Зараз ці елементи частіше підключаються окремими двохштирьковими роз'ємами. Кнопки й індикатори одним з виводів підключаються до шини GND. Підключення кнопки замість індикатора й навпаки необразливо. Варто помітити, що комп'ютер може нормально працювати з непідключеними органами лицьової панелі (крім кнопки живлення в ATX). Можна запропонувати наступну методику «сліпого» підключення: 1) Підключити до системної плати роз'єми живлення, динаміка, клавіатуру й графічний адаптер з монітором. 2) Включивши комп'ютер, по екрану монітора й щигликам динаміка при тесті пам'яті переконаєтеся в запуску тесту POST. 3) Якщо є п'ятиштирьковий роз'єм, підключити до нього відповідні органи керування й індикації. Якщо такого ні, визначте роз'єм для кнопки Reset і підключите її. 4) Визначте роз'єми індикатора включення живлення - підключений до нього індикатор повинен завжди світитися при включеному живленні. 5) Роз'єм блокування клавіатури визначається по такій ознаці: при закорачиванні його контактів наприкінці виконання тесту POST з'являється повідомлення про помилку клавіатури. 6) Індикатор звертання до жорсткого диска може підключатися й до додаткової плати контролера IDE або SCSI, якщо не використовується контролер, розташований на системній платі. Правильно підключити роз'єм можна під час завантаження ОС із жорсткого диска - при цьому індикатор повинен мигати.

З початку нового століття компанія Intel визначила стандартні штирькові роз'єми (крок 2,54 мм) для підключення компонентів лицьової панелі. Тут ключами є пропущені штирьки (на платі) і відсутні отвори (на відповідній частині, установленій на кабелі). Для підключення *мікрофона й навушників* з боку лицьової панелі призначені спеціальні рознімання. Для шин USB і FireWire (IEEE 1394) використовуються спеціальні роз'єми, які можуть мати бандажі із ключовим вирізом, що не дозволяє переплутати кабелі підключення USB і FireWire. Роз'єми для портів IEEE 1394a блакитних кольорів, для IEEE 1394b - червоного. Роз'єми, що підключають до портів FireWire, повинні відповідати типу порту. *Периферійні інтерфейси зовнішніх пристроїв* (клавіатури, миші, послідовних, паралельних і ігрових портів, а для інтегрованих плат ще й аудіовідеоінтерфейси) на платах ATX виводяться прямо на роз'єми, що виходять у вікно задньої стінки комп'ютера. Інші зовнішні роз'єми, моніруємі на самій задній стінці або на скобках-заглушках, підклю-

чаються до відповідних штирькових роз'ємів системної плати кабелями-шлейфами. Тут важливе дотримання правильності підключення — перший провід шлейфа маркується кольоровою фарбою, а перший контакт роз'єма підписується й має квадратну контактну площадку на друкованій платі (її видно з нижньої сторони плати). Найпоширенішими помилками підключення шлейфів є переверт роз'єма на 180° і бічний або поздовжній зсув контактів. Від цих помилок рятує пластмасовий ободок, що оточує штирьки деяких роз'ємів, і його ключовий проріз. Шлейфи, як і провoda лицьової панелі, слід підв'язувати щоб уникнути їхнього зіткнення з вентилятором процесора. Роз'єми інтерфейсів зовнішніх пристроїв на платі легко розпізнаються по числу штирьков (розміру): 10 — COM-порти, 16 — GAME-порт, 26 — LPT-порт, 4 (5) — PS/2 Mouse. *Інтерфейс клавіатури* — роз'єм DIN або MiniDIN — в основному використовують по прямому призначенню (для підключення клавіатури), але також він годиться для одержання живлення +5 В при підключенні деяких зовнішніх пристроїв. Живлення +5 В виводиться на роз'єм через плавкий запобіжник, припаяний на платі поблизу роз'єму. При підключенні зовнішнього пристрою (не клавіатури) через перевантаження запобіжник може перегоріти, і клавіатурний інтерфейс виявиться непридатним. *Інтерфейс миші PS/2* — аналогічний інтерфейс - може бути заборонений настроюванням CMOS Setup. У стандарті VTX ці роз'єми вже відсутні. *Інтерфейс IrDA* — 5 штирьків, розташованих в один ряд, — підключають до приємопередавача, розташованому на лицьовій панелі, або до шлейфа перехідного роз'єму (звичайно mini-DIN), встановленого на задній панелі. Для роботи в режимі IrDA потрібно виконати відповідне настроювання CMOS Setup (як правило, для порту COM2). *Периферійні інтерфейси внутрішніх пристроїв* виводяться на дворядні штирькові роз'єми, до яких підключаються відповідні кабелі-шлейфи. *Накопичувачі на гнучкому диску* підключаються шлейфом з 34-контактним роз'ємом. Помилкове підключення (поворот на 180°) помітно по постійному світінню індикатора на дисководі. *Пристрої IDE (ATA)* підключаються шлейфом з 40-контактним роз'ємом, але для режиму UltraDMA/66 і більше швидких потрібен 80-провідний шлейф. При помилковому підключенні (поворот на 180°) системна плата після включення не подає ознак життя й не реагує на кнопку Reset. Якщо переплутані канали IDE, поводження комп'ютера залежить від «кмітливості» BIOS і параметрів Setup. Нові версії BIOS дозволяють для всіх чотирьох можливих пристроїв IDE задати режим ідентифікації Auto і завантажуватися з першого виявленого пристрою. Правильність підключення шлейфів і накопичувачів мож-

на перевірити установкою параметра IDE Autodetect в CMOS Setup - всі підключені накопичувачі на жорстких дисках повинні розпізнаватися. *Пристрої SATA* підключаються до відповідних роз'ємів, помилкове приєднання неможливо завдяки надійному ключу.

## 2.6. Відомості про системні ресурси й переривання

Системними ресурсами називаються комунікаційні канали, адреси й сигнали, використовувані вузлами комп'ютера для обміну даними за допомогою шин. Під системними ресурсами мають на увазі: 1) адреси пам'яті; 2) канали запитів переривань (IRQ); 3) канали прямого доступу до пам'яті (DMA); 4) адреси портів вводу-виводу. У наведеному списку системні ресурси розміщені в порядку зменшення ймовірності виникнення із за них конфліктних ситуацій у комп'ютері. Найпоширеніші проблеми пов'язані з ресурсами пам'яті, іноді розібратися в них і усунути причини їхнього виникнення досить складно. Так, виникає значно більше конфліктів, пов'язаних з ресурсами IRQ, чим з ресурсами DMA, оскільки переривання запитуються частіше. Практично у всіх платах використовуються **канали IRQ**. **Канали DMA** застосовуються рідше, тому звичайно їх цілком достатньо. Порти вводу-виводу використовуються у всіх підключених до шини пристроях, але 64 Кбайт пам'яті, відведеної під порти, звичайно вистачає, щоб уникнути конфліктних ситуацій. Загальним для всіх видів ресурсів є те, що будь-яка встановлена в комп'ютері плата (або пристрій) повинна використати унікальний системний ресурс, інакше окремі компоненти комп'ютера не зможуть розділити ресурси між собою й відбудеться конфлікт. Всі ці ресурси необхідні для різних компонентів комп'ютера. **Плати адаптерів** використовують ресурси для взаємодії з усією системою й для виконання специфічних функцій. Кожній платі адаптера потрібний свій набір ресурсів. Так, послідовним портам для роботи необхідні канали IRQ і унікальні адреси портів вводу-виводу, для аудіопристроїв потреб ще хоча б один канал DMA. Більшістю мережних плат використовується блок пам'яті ємністю 16 Кбайт, канал IRQ і адреса порту вводу-виводу.

Після установки додаткових плат у комп'ютері росте ймовірність конфліктів, пов'язаних з використанням ресурсів. Для запобігання конфліктів на більшості системних плат установлюються **перемички або перемикачі**, за допомогою яких можна змінити адресу порту вводу-виводу, номер IRQ і т.д. А в сучасних операційних системах Windows, що задо-

вольняє специфікації Plug and Play, установка правильних параметрів здійснюється на етапі інсталяції обладнання. Канали запитів переривання (IRQ), або апаратні переривання, використовуються різними пристроями для повідомлення системній платі (процесору) про необхідність обробки певного запиту. **Канали переривань** являють собою проводники на системній платі й відповідні контакти в роз'ємах. Після одержання IRQ комп'ютер приступає до виконання спеціальної процедури його обробки, першим кроком якої є збереження в стеці вмісту регістрів процесора. Потім відбувається звертання до таблиці векторів переривань, у якій утримується список адрес пам'яті, що відповідають певним номерам (каналам) переривань. Залежно від номера отриманого переривання, запускається програма, що ставиться до даного каналу.

## Контрольні запитання

1. Назвіть форм-фактори материнських плат.
2. Як залежить вибір корпусу комп'ютера від форм-фактора плати?
3. Що таке розгін. Чому розгін можливий.
4. Збільшення частоти системної шини і множника процесора.
5. От чого може виникати нестабільність при розгоні? Як боротися з нестабільністю? У яких випадках розгін має прямий сенс, а в якому-його не варто робити в жодному разі?
6. Особливості розгону конкретних процесорів.
7. Назвіть і поясніть склад материнської плати.
8. Назвіть і поясніть основні шини на материнській платі.
9. Поясніть устрій материнської плати.
10. Поясніть особливості ремонту материнської плати.
11. Поясніть особливості вибору і заміни материнської плати офісної робочої станції.
12. Назвіть основні архітектури системної плати.
13. Охарактеризуйте шинно-мостову архітектуру.
14. Охарактеризуйте хабову архітектуру.
15. Особливості технології (архітектури) Hyper Transport.
16. Назвіть шини й слоти розширення системної плати.
17. Назвіть основні сучасні процесори для ПК.
18. Основні слоти і сокети для сучасних процесорів.
19. Призначення базової системи вводу-виводу (BIOS).

## Тема 3. Процесори й чипсети робочих станцій видавничих систем

У цьому розділі ми розглянемо основні вузли сучасних робочих станцій видавничих систем (як і будь-якого ПК), розташовані на системній платі: процесор і чипсети. Оскільки раніше ми визначили, що робітники станції видавничих систем є по суті потужними спеціалізованими комп'ютерами по своїй структурі мало відрізняються від сучасних персональних комп'ютерів (ПК), те далі будемо застосовувати термінологію, характерну й загальноприйнятну для ПК. *Процесор* є основним «мозковим» вузлом, у функції якого входить виконання програмного коду, що перебуває в пам'яті. *Чипсет* задає архітектуру системної плати і є сполучною ланкою між її компонентами.

### 3.1. Процесори

#### Основні характеристики процесора

**Процесор** (іноді їх називають мікропроцесор) – пристрій, призначений для виконання команд. Кожний процесор **характеризується**: 1) набором виконуваних команд; 2) швидкістю виконання команд у мільйонах операцій у секунду (mips); 3) об'ємом адресуємої пам'яті; 4) розмірами оброблюваних слів; 5) розрядністю використовуваної шини.

Залежно від набору й порядку виконання команд процесори **під-розділяються на**: 1) класичні процесори CISC; 2) процесори RISC зі скороченим набором команд; 3) процесори MISC с мінімальним набором довгих команд; 4) процесори VLIW з набором наддовгих команд.

**Швидкодія** процесора - швидкість виконання операцій процесором. Швидкодія процесора вимірюється: - або швидкістю виконання команд "регістр-регістр"; - або швидкістю виконання команд над числами з плаваючою комою (у флопсах); - або тактовою частотою процесора.

**Центральний процесор** (Central Processing Unit, CPU) – основний робочий компонент будь-якої робочої станції й комп'ютера, який: - виконує арифметичні й логічні операції, задані програмою; - управляє обчислювальним процесом; і - координує роботу всіх пристроїв комп'ютера.

У загальному випадку центральний процесор – це мікросхема, що, **містить**: - арифметико-логічний пристрій; - шини даних і шини адрес; -



реєстри; - лічильники команд; - дуже швидко кеш-пам'ять малого об'єму; - математичний співпроцесор чисел із плаваючою крапкою.

### **Поняття архітектури й мікроархітектури процесорів**

Під **архітектурою** процесора розуміється його програмна модель (звичайно говорять – *програмно-видимі властивості*). У цьому розділі ми коротко розглянемо тільки процесори x86 з архітектурою IA-32 (Intel Architecture 32 bit) 6-8-го поколінь із усіма їх мультимедійними, потоковими й 64-бітними розширеннями (AMD x86-64 і Intel EM64T). Основні програмно-видимі властивості процесора — це набір його реєстрів, система команд (що визначає також роботу з пам'яттю) і механізм обробки переривань. Процесори x86 є вираженими представниками CISC-архітектури: по складності системи команд їм немає рівних, при цьому базових архітектурних реєстрів досить мало. У міру розвитку сімейства в процесори вводять більш могутніші команди, що дозволяють скорочувати число інструкцій, необхідне для рішення тих самих завдань. Однак ці команди усе складніше виконувати. Кількість архітектурних реєстрів при цьому збільшується.

Під мікроархітектурою розуміється внутрішня реалізація програмної моделі. Для однієї й тієї ж архітектури IA-32 різними фірмами й у різних поколіннях застосовуються мікроархітектурні реалізації, що істотно розрізняються (при цьому прагнуть до максимального підвищення продуктивності, тобто швидкості виконання програм). Починаючи із процесорів P6 (і AMD K5), у мікроархітектурі застосовується RISC-ядро, що виконує мікрооперації (uOps), на які розкладаються складні інструкції x86. У результаті продуктивність процесора залежить від способу розкладання й швидкості виконання мікроінструкцій. При цьому підвищувати продуктивність можна різними способами: прискорювати виконання мікрооперацій (за рахунок підвищення тактової частоти), по можливості розпаралелювати виконання мікрооперацій, скорочувати число мікрооперацій, необхідних для виконання однієї інструкції x86. Основні фірми «процесоробудування» - Intel і AMD - використовують різні підходи до оптимізації: при порівнянній продуктивності процесори AMD працюють на більше низьких тактових частотах. Помітимо, що підвищення продуктивності процесорів x86 обходиться занадто дорого (у порівнянні з «чистими» RISC-архітектурами) - вимагає дуже складних керуючих пристроїв, на які йде значна частина транзисторів процесора і які, до того ж, виділяють значну потужність. Комп'ютери на «чистих» RISC-процесорах (наприклад, Power MAC) забезпечують ту ж прикладну продуктивність, що й IBM PC

на Pentium 4, але при цьому тактова частота RISC-процесорів у кілька разів нижче частоти CISC-процесорів Pentium 4.

Більшість сучасних мікропроцесорів належать до класу конвеєрних суперскалярних процесорів з позачерговим виконанням операцій. Розглянемо коротко кожну із цих трьох ключових характеристик.

**Конвеєрна організація процесора** (pipelining) означає, що багато складних дій розбиваються на етапи з невеликим часом виконання. Кожний етап виконується в окремому пристрої (блоці). Максимальна довжина етапу визначає час такту процесора. Вимога зниження часу такту спричиняє необхідність збільшення числа етапів при виконанні складних дій. Можна виділити два найбільш важливі прояви конвеєрної організації процесора — проходження інструкції (операції) від моменту зчитування з кеша інструкцій до повного завершення (відставки), і проходження операції через функціональний пристрій. Перший прояв звичайно називають «конвеєром процесора» або «конвеєром не передвіщеного переходу» (що більш правильно). Довжина цього конвеєра впливає на продуктивність тільки у випадку неправильного пророкування переходу в програмі, коли відбувається скасування роботи, виконаної у всіх етапах, починаючи із цього переходу (скидання конвеєра). Довжина конвеєра функціонального пристрою, у свою чергу, визначає час очікування результатів операції іншою операцією, що використовує ці результати в якості операндів. Такий старт-стопний час виконання операції у функціональному пристрої називають **латентністю**. Звертання до кешів всіх рівнів і до оперативної пам'яті також виробляється конвеєрним образом. Більшість простих операцій целочисленої арифметики й логіки мають латентність, рівну одиниці - тобто вони виконуються у функціональних пристроях синхронно, без конвеєризації. У сучасних процесорах паралельно можуть працювати кілька конвеєрів, так що продуктивність процесора можна оцінювати темпом виходу виконаних інструкцій із усіх його конвеєрів. Для досягнення максимальної продуктивності процесора - забезпечення повного завантаження конвеєрів - програма повинна складатися з урахуванням мікроархітектурних особливостей процесора. Інструкції переходів і особливо розгалужень порушують безперервність роботи початкових щаблів конвеєра, оскільки вони повинні починати вибірку й декодування інструкцій з нової, заздалегідь невідомої адреси. *Пророкування переходів* (branch prediction) дозволяє продовжувати вибірку й декодування потоку інструкцій після вибірки інструкції розгалуження (умовного переходу), не чекаючи перевірки самої умови. Пророку-

вання переходів направляє потік вибірки й декодування по одній з галузей, при цьому використовується ряд методів пророкування: 1) При *статичному пророкуванні* (схема закладена в процесор) переходи по одних умовах, найімовірніше, відбудуться, а по іншим — ні. Переходи назад скоріше відбудуться (це типовий цикл), уперед - ні (для обробки помилок). 2) *Динамічне пророкування* опирається на передісторію обчислювального процесу — для кожної конкретної команди переходу (її адреси в пам'яті) накопичується статистика поведіння, на основі якої передвіщається перехід. Для динамічного пророкування в процесор вводять таблицю *BTB* (Branch Table Buffer - буфер таблиці переходів), що нагадує кэш із асоціативним пошуком. 3) *Програмні «натяки»* (hints) - нові префікси інструкцій, що перекривають статичне пророкування, заставляються в програмний код на етапі компіляції.

**Суперскалярна організація** означає, що на кожному етапі обробляються відразу кілька потоків інструкцій (операцій) у паралель — від вибірки з кэша інструкцій до повного завершення (відставки). Суперскалярність поряд з тактовою частотою є найважливішим показником пропускної здатності процесора. Рівень суперскалярності («ширина обробки», що гарантовано забезпечена на всіх етапах) у сучасних процесорах варіюється від 3 (Pentium-III, Pentium-4, K8) до 4-5 (P8, PPC970).

**Позачергове виконання операцій** означає, що операції не зобов'язані виконуватися у функціональних пристроях строго в тім порядку, що визначений у програмному коді. Більше пізні (по коду) операції можуть виконуватися перед більше ранніми, якщо не залежать від породжуваних ними результатів. Процесор повинен лише гарантувати, щоб результати «позачергового» виконання програми збігалися з результатами «правильного» послідовного виконання. Цей механізм дозволяє істотно згладити ефект від очікування зчитування даних з кэшей верхніх рівнів і з оперативної пам'яті, що може займати десятки й сотні тактів. Також він дозволяє оптимізувати виконання суміжних операцій, особливо при наявності складних залежностей між ними в умовах високої латентності виконання в пристроях і недостатній кількості регістрів.

Важливою особливістю сучасних процесорів є також **попереднє перетворення машинних інструкцій у проміжні операції** (мікрооперації), більше зручні для обробки й виконання. Іноді такі операції називають RISC-подібними, виходячи з того, що архітектури RISC (дослівно «Комп'ютери зі скороченим набором інструкцій») розроблялися саме для того, щоб забезпечити простоту, зручність і ефективність обробки машинних

інструкцій. Перетворення інструкцій є необхідним для архітектури x86 з її вкрай нерегулярною й заплутаною системою команд. Однак і для досить регулярної RISC-архітектури PPC970 таке перетворення також виробляється — воно необхідно для розбивки деяких складних інструкцій на прості операції. У різних процесорах ці проміжні мікрооперації позначаються по-різному: uOP (Intel Pentium-III, Pentium-4, P8), MOP (AMD K8), IOP (IBM PPC970). Для уніфікації надалі у всіх випадках будемо називати ці мікрооперації «МОПами» (або просто «операціями»).

Отже, сучасний процесор складається з різних блоків, або підсистем, що **працюють паралельно й незалежно**. Блоки можуть бути **конвеєризваними пристроями**, що працюють на тактовій частоті процесора (бувають також виключення, коли блок працює на половинній або на подвоєній частоті). У процесорі є також велика кількість черг або буферів, які необхідні в першу чергу для згладжування затримок, що виникають при роботі пристроїв. Конкретна операція може перебувати в якій-небудь черзі тривалий час, очікуючи готовності даних або ресурсів для свого подальшого просування. Однак у багатьох випадках можливо й «гладке» просування операції без очікувань у чергах. Коли говорять про довжину конвеєра процесора, мають на увазі саме такий режим проходження операції. Таким чином, **довжина конвеєра** — це мінімальний час проходження операції (у тактах) за умови, що немає ніяких зовнішніх причин для затримок. Оскільки вихідна програма має на увазі послідовну модель виконання, машинні інструкції повинні зчитуватися також послідовно. Крім того, є таке поняття, як **«відставка» інструкції**, що має на увазі, що дана інструкція виконана разом з усіма інструкціями, які їй передували в коді програми. Таким чином, операції (інструкції) ідуть у відставку строго послідовно, саме в тім порядку, що задається програмою. Поняття відставки є ключовим у відображенні позачергового виконання інструкцій усередині процесора в чисто послідовне виконання в «моделі процесора», як вона представляється користувачеві. Може виявитися, що якась операція вже виконалася у своєму функціональному пристрої — але при цьому не повинна була виконуватися, тому що був неправильно передвіщений напрямок умовного переходу або були лічені дані з неправильної адреси. Таке виконання називається **спекулятивним**. Коли буде правильно виконана попередня їй операція переходу або читання даних, така невірна спекулятивна гілка буде скасована, і при необхідності інструкція буде виконана знову (або виконається інша гілка). Про-

цедура відставки інструкції гарантує, що вона була виконана «правильно». Будь-які переривання процесора можуть відбуватися тільки в момент відставки інструкції, до якої це переривання ставиться.

Та частина процесора, у яку операції надходять строго послідовно, відповідно до коду програми, і з якої вони виходять після виконання теж послідовно, називається **підсистемою позачергового виконання**. У середині цієї підсистеми забезпечується асинхронна обробка операцій, з урахуванням залежностей між ними, готовності операндів і наявності необхідних ресурсів (пристроїв і черг). Опису цієї підсистеми буде приділена особлива увага в даному розділі.

### **Загальна структура процесора й взаємодія його елементів при проходженні машинної інструкції**

Розглянемо тепер загальну структуру процесора й взаємодію його елементів при проходженні машинної інструкції (і операцій, у які вона була перетворена), (рис. 3.1). Підмножина коду програми, найбільш «активно» виконувана в даний відрізок часу, розміщено в **кеші інструкцій** (*I-cache, I-cashe*). Залежно від організації процесора, інструкції в цьому кеші можуть зберігатися у вихідному незміненому виді, або в частково «преддекодованому» виді, або в повністю «декодованому» виді (тобто у вигляді готових МОПів). У випадку відсутності в даному кеші потрібних інструкцій (вихідних або перетворених) вони зчитуються з **кешу 2-го рівня** (*L2-кеша, L2-cashe*), при необхідності піддаючись попередньому декодуванню перед приміщенням в *I-кеш*. Інструкції зчитуються з *I-кешу* блоками, з випереджальної предвиборкою. Поточний блок інструкцій відправляється відразу у два пристрої — *декодер інструкцій і провісник переходів*.

**Декодер** перетворює вихідні (або частково декодовані) інструкції в мікрооперації (МОПи), а **провісник переходів** визначає, чи є в оброблюваному блоці інструкції переходи, чи будуть ці переходи зроблені й по яких адресах. Якщо який-небудь перехід передбачається як «зроблений», то негайно зчитується блок інструкцій, що перебуває по передбаченій адресі. Тим часом знову породжена декодером група МОПів надходить у **пристрій перейменування регістрів і виділення ресурсів** (*Rename/Allocate*). Перейменування (або перепризначення) регістрів - це виділення даному МОПу нового екземпляра внутрішнього регістра процесора, куди будуть поміщені результати виконання цього МОПа. Всі подальші операції, що залежать від результатів даного МОПа, будуть ви-

користати цей реєстр у якості операнда. «Перейменований» реєстр ставиться у відповідність реєстру, що зазначений у машинній інструкції («архітектурному реєстру»). Необхідність у перепризначенні реєстрів пов'язана з тим, що архітектурних реєстрів звичайно мало, і при використанні настільки обмеженого числа реєстрів неможливо ефективно виконати потік операцій - кожна нова операція, що використовує певний реєстр, була б змушена чекати завершення всіх попередніх операцій, які до нього звертаються (навіть якщо їй не потрібні результати цих операцій).

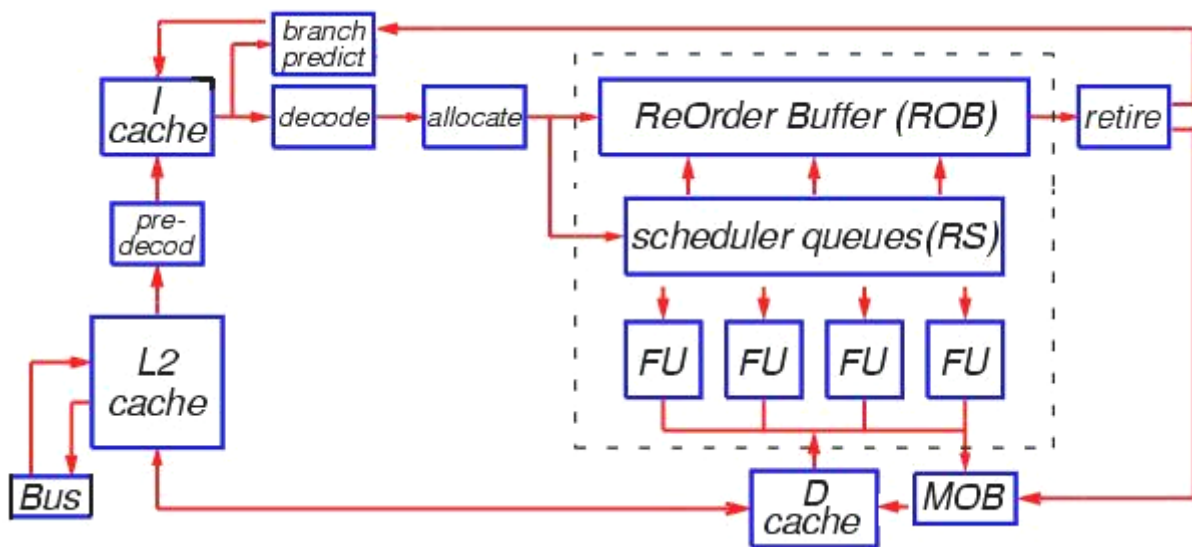


Рис. 3.1. Загальна структура процесора й взаємодія його елементів при проходженні машинної інструкції

Наявність великого числа машинних (фізичних) реєстрів і механізму перейменування дозволяє обійти цю проблему. Інформація про відповідність реєстрів зберігається в спеціальних таблицях. У момент відставки МОПа буде зроблене зворотне перетворення фізичного реєстра в архітектурний. Після перетворення й підготовки реєстрів група МОПів, що надійшла, записується в кінець спеціальної черги, що носить **назву «буфер переупорядкування» (ReOrder Buffer, ROB)**. Ця структура є ключовою в організації позачергового виконання операцій. У ній зберігаються всі МОПи й необхідні допоміжні дані від моменту завершення декодування й виділення ресурсів до моменту відставки. Таким чином, довжина буфера ROB обмежує число операцій, які одночасно можуть перебувати в обробній частині процесора (підсистемі позачергового виконання) - від самої «старої», що ще не завершена й тому не може «піти у

відставку», до самої «нової», що тільки що надійшла з декодера. У випадку переповнення буфера переупорядкування, робота декодера припиняється доти, поки не відбудеться відставка операцій на початку черги й звільнення місця для нових МОПів. Одночасно з влученням в ROВ нова група МОПів передається в іншу структуру даних, звідки МОПи будуть відсилатися на виконання безпосередньо у функціональні пристрої. Дана структура, відома як «пункт резервування», «резервація» (*Reservation Station, RS*), являє собою один або кілька буферів, до яких приєднані ці функціональні пристрої. У кожному такті в цих буферах виробляється пошук операцій, які готові до виконання поза залежністю від порядку, у якому вони записувалися в буфери. Пристрій, що здійснює цей пошук і запуск на виконання, звичайно називають **планувальником** (він відслідковує залежності між операціями за даними й прогнозує готовність операцій до виконання в пристроях), а самі буфери — **чергами планувальника**. Таким чином, пошук МОПів для позачергового виконання завжди виробляється тільки в межах такого буфера планувальника (єдиного для всіх функціональних пристроїв, або специфічного для кожної групи пристроїв), і цей буфер виглядає як «вікно», у якому (при необхідності) відбувається зміна порядку виконання операцій. Черга планувальника являє собою повністю асоціативний буфер, з погляду пошуку операцій для виконання. Але з погляду приміщення нових МОПів, вона поводить себе як звичайна черга. Всі МОПи, що перебувають у якийсь момент у чергах планувальника, одночасно перебувають і в буфері ROВ. При запуску операції на виконання у функціональному пристрої відповідний їй МОП віддаляється з черги планувальника, а в момент завершення операції робиться позначка у відповідному елементі буфера ROВ. Коли всі МОПи, попередні даному, виконуються й відправляються у відставку, даний МОП також зможе бути відставлений і вилучений з буфера ROВ. Однак може виявитися, що МОП потрапив у помилкову (спекулятивну) галузь виконання через невірне пророкування переходу - у цьому випадку вся галузь буде вилучена з буфера з після правильного виконання й відставки даної інструкції переходу. Коли МОП, запущений на виконання в пристрої, віддаляється з черги планувальника, у ній звільняється місце для прийому нового МОПу. Це означає, що ефективний розмір вікна для зміни порядку операцій перевищує довжину даної черги й обмежується місткістю буфера ROВ. До кожної черги планувальника приєднано одне або кілька спеціалізованих функціональних пристроїв. Число операцій, які

можуть бути запущені на виконання в кожному такті, помітно перевищує ширину інших трактів процесора й варіюється від 5 (Pentium-III) до 10 (PPC970), що дозволяє згладжувати пікове навантаження й забезпечити високу пропускну здатність при неоднорідному завантаженні пристроїв.

Внаслідок ускладнення мікроархітектури нових комп'ютерів зростає продуктивність процесорів, причому цей ріст забезпечується двома факторами. По-перше, росте тактова частота ядра. По-друге, збільшується відносний темп виконання інструкцій. Так, у середньому процесори 1-7-го поколінь завершують чергову інструкцію з інтервалом 12, 5, 4, 2, 1, 1/2 і 1/3 тактів. Половина такту й третина такту на інструкцію – звучить дивно. Але якщо згадати про 8-байтну шину даних, яка дозволяє за один такт завантажити фрагмент коду, що містить кілька команд, і про декілька виконавчих пристроїв, що одночасно приступають до їх виконання, то питання розсіюються. Час, що вимагається для повного проходження інструкції від її вибірки до виконання, виміряється десятками тактів (і росте з подовженням конвеєра).

**Захищений режим і віртуальна пам'ять.** Для того щоб потоки (завдання) не заважали один одному, потрібні міри примусового захисту критичних ресурсів. Сучасні операційні системи використовують *захищений режим* процесора, у якому ці міри реалізуються на апаратному рівні. Оскільки програма може взаємодіяти з підсистемами комп'ютера тільки через простори пам'яті й портів вводу-виводу, а також апаратні переривання, то захищати потрібно ці три типи ресурсів. Для того щоб потоки могли виконуватися незалежно друг від друга, кожному з них (точніше, кожній віртуальній машині) надається *віртуальна пам'ять*, якою він може розпоряджатися за своїм розсудом. У захищеному режимі існує поділ *привілеїв* між користувальницькими процесами й операційною системою. ОС надаються необмежені права керування всіма процесами, їхньою віртуальною пам'яттю, перериваннями й вводом-виводом; у користувальницьких процесів можливості скромніше. Для захисту й віртуалізації пам'яті в процесорах x86 передбачені два основних механізми: сегментація й сторінкова трансляція адрес. При *сегментації* операційна система виділяє кожному процесу *сегменти* — області пам'яті різного призначення, з різними правами доступу й різного розміру. При *сторінковій трансляції адрес* (paging) віртуальна логічна пам'ять (для кожної віртуальної машини) ділиться на сторінки однакового (фіксованого) розміру. Будь-яка сторінка віртуальної логічної пам'яті (адресуємої програмою в межах виділених їй сегментів) може відобразитися на будь-яку область фізичної пам'яті (встановленої оперативної). Відображення підтримується за



допомогою спеціальних таблиць сторінкової трансляції адрес, у яких крім записів, що описують зв'язки адрес, є вказівки на присутність/відсутність сторінки у фізичній пам'яті. У більшості ОС механізм сегментації не використовується через надмірну складність. У них застосовується *плоска* модель пам'яті, а для організації віртуальної пам'яті і її захисту задіяний механізм сторінкової трансляції адрес. Вищеописаний захист від виконання реалізований тільки в SP2 для ОС Windows XP.

**Поняття про програмну модель сучасних процесорів x86.** Сучасні представники сімейства x86 є 32-бітними процесорами; у нових моделях з'явилося 64-бітне розширення. Існують поняття *розрядності адреси* й *розрядності даних*. ***Розрядність адреси*** визначає, скільки бітів (16, 32 або 64) використовується в регістрах, що формують адресу даних або інструкцій, розташованих у пам'яті. ***Розрядність даних*** визначає, скільки бітів використовується в інструкціях, що оперують словами. Кожному режиму роботи процесорів відповідають своя розрядність, застосовувана за замовчуванням. При необхідності для кожної виконуваної інструкції розрядність адреси або/і операнда може змінюватися за допомогою спеціальних *префіксів* (байтів перед кодом інструкції). 32-бітні регістри процесорів дозволяють безпосередньо адресувати до 4 Гбайт пам'яті, що в часи появи процесора 80386 можна було вважати «майже нескінченністю». Вбудований блок керування пам'яттю підтримує механізми *сегментації* й *сторінкової трансляції адрес*. Розширення x86-64 і EM64T призначені для радикального збільшення об'єму адресуємої пам'яті: 64-бітні регістри дозволяють адресувати до  $2^{64}$  -  $18,4 \times 10^{18}$  байт. Це число і є межею об'єму віртуальної пам'яті 64-бітного процесора, але поки використовують тільки молодші 48 бітів адреси.

Процесори надають чотирехрівневу *систему привілеїв* для захисту пам'яті, вводу-виводу й переривань, а також механізм *перемикання завдань* для багатозадачних ОС. *Система команд* процесорів постійно розширюється при збереженні команд попередніх процесорів x86. З розширенням системи команд розширюється й набір архітектурних регістрів (MMX, XMM, нові загальні 64-бітні регістри). Процесори можуть працювати в різних *режимах*, які визначають можливості адресації пам'яті й захисту: у реальному (16-розрядному) режимі процесора 8086, у режимі віртуального процесора 8086 (V86), у захищеному 32-розрядному режимі. Режим роботи процесора задається операційною системою з урахуванням режиму роботи завдань. У процесорів з 64-бітним розширенням з'являються нові режими, серед яких є й режими, що забезпечують сумісність із 32-розрядними операційними систе-

мами й додатками. Нові режими використовуються тільки в 64-бітних ОС, а повністю їхні переваги доступні тільки 64-бітним додаткам.

**Режими роботи процесорів.** 32-бітні процесори можуть працювати в одному з наступних режимів: 1) *режим реальної адресації* (real address mode), або просто *реальний режим* (real mode), повністю сумісний з 8086. У цьому режимі можлива адресація до 1 Мбайт фізичної пам'яті. 2) *Захищений режим віртуальної адресації* (protected virtual address mode), або просто *захищений режим* (protected mode). У цьому режимі у процесора включаються механізми сегментації й сторінкової трансляції. Механізм сегментації дозволяє підтримувати віртуальну пам'ять об'ємом до 64 Тбайт. На практиці використовується тільки сторінкова трансляція, завдяки якій кожному завданню надається до 4 Гбайт віртуального адресного простору. За замовчуванням і адреси, і операнди мають розрядність 32 біта. У захищеному режимі процесор може виконувати додаткові інструкції, недоступні в реальному режимі; ряд інструкцій, пов'язаних з передачею керування, обробкою переривань, і деякі інші виконуються інакше, чим у реальному режимі. 3) *Режим віртуального процесора 8086* (Virtual 8086 Mode, V86) є особливим станом завдання захищеного режиму, у якому процесор функціонує як 8086 (16-бітні адреса й дані). На одному процесорі в такому режимі можуть паралельно виконуватися кілька завдань з ізольованими ресурсами. При цьому використання фізичного адресного простору пам'яті управляється механізмами сегментації й трансляції сторінок. Спроби виконання неприпустимих команд, виходу за рамки відведеного простору пам'яті й дозволеної області вводу-вводу контролюються системою захисту. Більш ефективний *розширений режим віртуального процесора 8086* (Enhanced Virtual 8086 Mode, EV86), у якому оптимізована виртуалізація переривань. 4) *«Нереальний» режим* (unreal mode, він же *big real mode*) — це «неофіційний» режим, що підтримують всі 32-бітні процесори. Він дозволяє адресуватися до 4-гігабайтного простору пам'яті. У цьому режимі інструкції виконуються так само, як і в реальному режимі, але за допомогою додаткових сегментних реєстрів FS і GS програми одержують безпосередній доступ до даних у всій фізичній пам'яті. 5) В *режимі системного керування* (System Management Mode, SMM) процесор виходить в інший, ізольований від інших режимів простір пам'яті. Цей режим використовується в службових й налагоджувальних цілях. З його допомогою, наприклад, потай виконуються функції керування енергоспоживанням, емулюються звертання до неіснуючих апаратних засобів (емуляція клавіатури й миші PS/2 для USB). Для процесорів x86-64 перераховані вище ре-

жими об'єднані поняттям *legacy mode*; крім того, з'явився новий режим *long mode* із двома підрежимами: 5а) *64-бітний режим* (64-bit mode) — це режим повної підтримки 64-бітної віртуальної адресації й 64-бітних розширень регістрів. У цьому режимі використовується плоска модель пам'яті (загальний сегмент для коду, даних і стека). За замовчуванням розрядність адреси становить 64 біта, а операндів - 32 біта, однак префіксом (REX) можна замовити 64-бітні операнди. Є новий спосіб адресації даних - щодо покажчика інструкцій. Режим призначений для використання 64-бітними ОС при запуску 64-бітних додатків - він включається операційною системою для сегмента коду конкретного завдання; 5б) *режим сумісності* (compatibility mode) дозволяє 64-бітним ОС працювати з 32- і 16-бітними додатками. Для додатків процесор виглядає як звичайний 32-бітний з усіма атрибутами захищеного режиму, сегментацією й сторінковою трансляцією. 64-бітні властивості використовуються тільки операційною системою, що відображається в процедурах трансляції адрес, обробки виключень і переривань. Режим включається операційною системою для сегмента коду конкретного завдання. 32-бітні ОС використовують процесори x86-64 тільки в режимі *legacy mode*.

**Архітектурні регістри й типи даних.** Процесори можуть оперувати з операндами різних типів і розмірів: - цілими числами (зі знаком і без знака) розміром у байт, слово (16 біт), подвійне слово (DWord, 32 біта), учетверенне слово (QWord, 64 біт) і подвійне учетверенне слово (DQWord, 128 біт); - рядками байтів, слів, подвійних і учетверених слів; - бітами, бітовими полями й рядками битів; - числами у форматі із плаваючою крапкою (FP) розміром в 32, 64 і 80 біт. Операнди інструкцій можуть перебувати в регістрах процесора, пам'яті (або в порту вводу-виводу), а також у самій інструкції (безпосередній операнд). Найбільш ефективно процесор працює з операндами, розташованими в його регістрах. Для звертань до пам'яті у процесорів x86 використовуються 16-бітні *сегментні регістри*, за допомогою яких формується логічна адреса: CS (Code Segment) - для адресації обраних інструкцій; SS (Stack Segment) — для роботи зі стеком; DS, ES, FS і GS — для звертання до даних. Назви 32-бітних регістрів починаються з букви E, назви 64-бітних — з букви R. Блоки FPU (математичний співпроцесор), MMX і XMM присутні не у всіх процесорах і є прибудовами до центрального процесора з його набором звичайних цілочисельних регістрів. Ці блоки призначені для прискорення обчислень з даними різних форматів. Крім регістрів загального призначення, які використовуються прикладними програмами, процесори мають ряд *регістрів системного призначення*. Ці регістри прикладними програмами звичайно

не використовуються. До них ставляться системні адресні регістри, управляючі регістри, регістри налагодження й тестування. Ряд цих регістрів є *модельно-специфічними* (Model-Specific Registers, MSR), вони призначені для керування розширеннями налагодження, моніторингом продуктивності, машинним контролем, кешуванням областей фізичної пам'яті й інших функцій. Вони призначені до мікроархітектури конкретного процесора, склад міняється від моделі до моделі, доступ привілейований. Доступність регістрів різних груп залежить від режиму роботи процесора й рівня привілеїв завдання.

**Регістри загального призначення.** Всі процесори мають цілочисельний арифметико-логічний пристрій (АЛП), з яким зв'язані *регістри загального призначення*. *Регістр прапорів* EFLA6S служить для зберігання ознак результатів виконання інструкцій (знак, переповнення, нуль, і т.п.), у ньому ж розташований і прапор дозволу переривань. *Регістр-показчик інструкції* EIP відповідає «лічильнику команд» фон-неймановської машини, він містить логічну адресу поточної інструкції.

**Блок FPU.** *Блок FPU* містить стек з восьми 80-бітних регістрів і кілька допоміжних регістрів. FPU є присутнім у всіх сучасних процесорах. Він призначений для розширення обчислювальних можливостей центрального процесора - виконання арифметичних операцій, обчислення основних математичних функцій (тригонометричних, експоненти, логарифма) і т.д. У різних поколіннях процесорів він називався по-різному - FPU (Floating Point Unit - блок чисел із плаваючою крапкою) або NPX (Numeric Processor extension - числове розширення процесора). Співпроцесор підтримує сім типів даних: 16-, 32-, 64-бітні цілі числа; 32-, 64-, 80-бітні числа із плаваючою крапкою (FP-формати) і 18-значні числа у двоїчно-десятковому (BCD) форматі. Застосування співпроцесора підвищує продуктивність обчислень у сотні разів.

**Блок MMX і розширення 3DNow!.** *Технологія MMX* орієнтована на додатки мультимедіа, 2D/3D-графіку й комунікації. Основна ідея MMX полягає в одночасній обробці декількох елементів даних за одну інструкцію — технологія *SIMD* (Single Instruction - Multiple Data). Блок MMX (і підтримка відповідних інструкцій) є на всіх сучасних процесорах, починаючи з 6-го покоління. У розширенні SSE набір цілочисельних інструкцій для блоку MMX розширений. *Технологія 3DNow!* (21 інструкція), уведена фірмою AMD в процесорах K6-2, розширює можливості блоку MMX і працює з упакованими даними в FP-форматі одинарної точності (два 32-бітних числа), а також упакованими (8 байт, 4 слова, 2 подвійні слова) і 64-бітними цілими числами. У процесорах Athlon набір інструкцій 3DNow! був розшире-

ний — з'явилися ще 24 інструкції. Нові інструкції призначені для сигнальних процесорів (12 інструкцій DSP), що працюють з упакованими FP-числами; Частина інструкцій збігаються з однойменними інструкціями SSE. Набір інструкцій *3DNow! Professional* (72 інструкції), уведений у процесорах Sempron, повністю сполучимо з SSE. Розширення 3DNow! дає помітний результат при обробці графіки, але не претендує на витиснення графічних прискорювачів, а покликано служити їхнім потужним доповненням. Інструкції сигнальних процесорів (DSP) дозволяють підвищити продуктивність таких додатків, як програмні модеми (включаючи ADSL), MP3 і процесори об'ємного звучання (Dolby Digital surround sound). У процесорах Intel розширення 3DNow! не використовується.

**Блок XMM і розширення SSE** (Streaming SIMD Extensions — поточкові SIMD-розширення) призначено для прискорення обробки великих потоків даних у форматі з плаваючою крапкою. Блок дозволяє виконувати векторні (пакетні) і скалярні інструкції. *Векторні інструкції* реалізують операції відразу над всіма комплектами операндів. *Скалярні інструкції* працюють з одним комплектом операндів — молодшим словом. Крім інструкцій з новим блоком XMM у розширення SSE входять і додаткові цілочисельні інструкції з регістрами MMX, а також інструкції керування кешуванням. У процесорі Pentium 4 набір інструкцій одержав чергові розширення — SSE2, а пізніше й SSE3, які стосуються додавання нових типів 128-бітних операндов для блоку XMM. Використання блоку XMM дозволяє змішувати виконання в режимі SIMD інструкцій із цілочисельними даними й із плаваючою крапкою. У процесорах Pentium III з'явилося розширення SSE, а в Pentium 4 - розширення SSE2, призначене для 3D-графіки, кодування/декодування відео, а також шифрування даних. Пізніше з'явилося й розширення SSE3. Блок XMM і інструкції SSE, SSE2 і SSE3 використовуються й у сучасних процесорах AMD.

**Набір інструкцій (система команд).** Інструкції можна розділити на прикладні, використовувані «корисними» додатками, і системні, які використовуються операційною системою для створення середовища, у якій працюють додатки. Прикладні інструкції можна розділити на кілька груп. *Інструкції загального призначення* — основні цілочисельні інструкції x86, використовувані всіма програмами. Ці інструкції завантажують, зберігають і обробляють дані, розташовані в регістрах загального призначення й пам'яті. Частина інструкцій служить для зміни послідовності виконання — це інструкції умовних і безумовних переходів, виклики процедур. *Базові інструкції за-*

гального призначення реалізовані у всіх процесорах x86 (за винятком деяких інструкцій). *Інструкції 64-бітних режимів* (long mode instructions) з'явилися в процесорах з 64-бітними розширеннями й доступні лише у відповідних режимах. *Інструкції із плаваючою крапкою x87* працюють із FPU, вони використовуються в старих додатках, що вимагають точних обчислень. Набір інструкцій x87 поступово розширювався, у P6 з'явилися інструкції умовних пересилань, що скорочують число розгалужень програми. *64-бітні медіа-інструкції* розширень оперують з даними, розташованими в 64-бітних регістрах MMX. Вони виконують цілочисельні операції й обчислення з плаваючою крапкою в скалярному й векторному варіантах і призначені для медіа-додатків, що працюють із блоками даних. *Векторні цілочисельні інструкції* з'явилися у вихідному наборі MMX, їх склад розширювався інструкціями *AMD Extension to MMX* і частиною інструкцій *SSE* (уведених Intel). *Векторні інструкції із плаваючою крапкою* з'явилися в *3DNow!*, їхній набір розширився в *AMD Extensions to 3DNow! Instructions*. *128-бітні медіа-інструкції* оперують даними, розташованими в 128-бітних регістрах XMM. Вони виконують цілочисельні операції й обчислення із плаваючою крапкою в скалярному (з одним комплектом операндів) і векторному (з декількома комплектами, принцип SIMD) варіантах. Ці інструкції призначені для високопродуктивних медіа і наукових додатків, що працюють з блоками даних. Ряд інструкцій являють собою мости між вищенаведеними групами. Вони забезпечують пересилання даних між блоками MMX, XMM і загальними регістрами. Ряд інструкцій можна виконувати як у блоках MMX (і FPU), так і в блоках XMM.

**Події — переривання й виключення.** Переривання (interrupt) і виключення (exception), узагальнено називані *подіями* (event), порушують нормальний хід виконання програми для обробки зовнішніх подій або сигналізації про виникнення особливих умов або помилок. Розрізняють чотири типи подій: 1) виключення (внутрішні переривання) процесора й співпроцесора, вектор визначається типом події, що відбулося; 2) немаскуємі зовнішні переривання по входу NMI, вектор фіксований (01); 3) маскуємі зовнішні переривання по входу INT (або по шині APIC), вектор передається контролером переривань. Реакція процесора може бути заборонена (точніше, відкладена) скиданням прапора IF (процесор відреагує на переривання, що очікує, коли прапор IF буде встановлений); 4) програмно викликувані переривання, вектор визначається в команді. Програмні переривання широко використовуються для викликів сервісів BIOS і ОС - це компактно й зручно.

У захищеному режимі таблиця IDT містить 8-байтні **дескриптори переривань**, може зберігати від 32 до 256 дескрипторів і розташовуватися в будь-якій місці фізичної пам'яті. Дескриптори можуть бути *шлюзами*, або *вентилями* (gates), переривань, пасток або завдань. Шлюзи переривань і пасток служать для виклику процедур обробки, розташованих у сегментах, описаних їхніми дескрипторами. Ці шлюзи забезпечують захист при передачі керування: процесор передає керування оброблювачеві тільки при певних співвідношеннях привілеїв коду, що перериває, коду оброблювача й привілею дескриптора. В *64-бітному режимі* (long mode) дескриптори мають нову 16-байтну структуру, і тут інші правила перемикання стека. Крім того, у цьому режимі не виконується апаратне перемикання завдань.

Для обробки *апаратних переривань* у багапроцесорних системах традиційні апаратні засоби стають непридатними, оскільки колишня схема подачі запиту INTR і передачі вектора в циклі INTA# явно орієнтована на одиничність процесора. Для рішення цього завдання в процесори, починаючи із другого покоління Pentium, уведений удосконалений програмувальний контролер переривань (Advanced Programmable Interruption Controller, APIC). Цей контролер має зовнішні сигнали локальних переривань LINT[1:0] і інтерфейсну шину, по трьох проводах якої (PICD[1:0] і PICCLK) процесори зв'язуються з контролером API системної плати.

### **Загальні відомості про організацію пам'яті**

У перших процесорах пам'ять надавалася у вигляді сегментів розміром по 64 Кбайт, а сумарний об'єм програмно адресуємої пам'яті не перевищував 1 Мбайт. Архітектура PC обмежувала розмір оперативної пам'яті об'ємом 640 Кбайт. Ця область називається **стандартною пам'яттю**, і для прикладних програм з її залишається доступною область 400-550 Кбайт (інше «з'їдає» операційна система разом з драйверами). Потреби переросли ці обмеження, і в процесори ввели засоби організації *віртуальної пам'яті*. По-перше, було зняте обмеження на 64-кілобайтний розмір сегмента — тепер будь-який сегмент може мати майже довільний (до 4 Гбайт) розмір. По-друге, був уведений механізм сторінкової трансляції адрес. З його допомогою (без сегментації) реалізується віртуальна пам'ять розміром до 4 Гбайт, а також з'являється можливість формування фізичної адреси з розрядністю 36 біт (64 Гбайт адресуємої фізичної пам'яті). З появою 64-бітних розширень розмір віртуальної пам'яті збільшився до  $2^{64}$  байт. **Простір пам'яті** (memory space) призначено для зберігання кодів інструкцій і даних, для доступу до яких є багатий вибір способів адресації (24 режиму). Пам'ять може

логічно організовуватися у вигляді одного або безлічі сегментів довільної довжини (у реальному режимі - фіксованої). Крім сегментації в захищеному режимі можливо розбивка логічної пам'яті на сторінки розміром до 4 Мбайт. Сегментація й сторінкова трансляція адрес можуть застосовуватися спільно й окремо. Сегментація є засобом організації логічної пам'яті на прикладному рівні. Сторінкова трансляція адрес застосовується на системному рівні для керування фізичною пам'яттю. Сегменти й сторінки можуть вивантажуватися з фізичної оперативної пам'яті на диск і в міру необхідності підкачуватися з його назад. У такий спосіб реалізується віртуальна пам'ять. При звертанні до пам'яті, як і при формуванні адреси переходу, процесор будує **ефективну адресу**, що може включати до трьох компонентів. Розрізняють три адресних простори: логічне, лінійне й фізичне. По сполученню сегментації й сторінкової трансляції розрізняють дві моделі пам'яті: 1) в сегментній моделі пам'яті додаток використовує кілька сегментів пам'яті (для коду, даних, стека) і може перемикає використовувані сегменти. У цій моделі додаток оперує логічними адресами. 2) В плоскій моделі пам'яті додатку для всіх цілей виділяється єдиний сегмент. У цій моделі додаток оперує лінійними адресами. Плоска модель набагато простіше й зручніше в обігу й використається в сучасних ОС. **Логічна адреса** складається із селектора сегмента Seg і ефективної адреса, називаного також зсувом (offset). Логічна адреса позначається у формі Seg:Offset. **Лінійна адреса** утвориться додаванням базової адреси сегмента з ефективною адресою. Базова адреса сегмента в реальному режимі утвориться множенням вмісту застосовуваного сегментного регістра на 16. У захищеному режимі базова адреса завантажується з дескриптора, що зберігається в таблиці, по селектору, завантаженому у використовуваний сегментний регістр. **Фізична адреса** пам'яті утворюється після перетворення лінійної адреси *блоком сторінкової трансляції адрес*. Вона виводиться на зовнішню шину адреси процесора. **Сторінкове керування пам'яттю** — це загальноприйнятий механізм організації віртуальної пам'яті з підкачуванням сторінок за запитом. **Сторінкова трансляція адрес** виконується блоком керування пам'яттю (Memory Management Unit, MMU), розташованим у процесорі, з використанням *каталогів* і *таблиць дескрипторів сторінок* — структур даних у фізичній (оперативної) пам'яті. Сторінкова трансляція адрес приводить до того, що безперервна область лінійних (і ефективних) адрес може відобразитися у вигляді розкиданих сторінок фізичної пам'яті. Для графічних адаптерів використовують таблицю GART, для контролерів шин (USB і FireWire) будуються спеціальні конструкції дескрипторів пе-



редач. Блок MMU ділить лінійну адресу на *віртуальні сторінки* фіксованого розміру (4К, 4М, 2М). На такі ж сторінки ділиться й адресний простір фізичних адрес. Частина сторінок фізичного простору зайнята ОЗУ, частина відображається на області пам'яті, призначені периферійним пристроям. Поточний опис сторінки зберігаються в *дескрипторі сторінки* — структурі даних в ОЗУ. Розмір сторінки може приймати значення 4К, 2М и 4 Мбайт. Процесор виконує трансляцію адрес автоматично в процесі виконання інструкції, що звертається до пам'яті (при вибірці чергової інструкції). Таблиці каталогів і сторінок, що ставляться до лінійної адреси, по якому процесор виконує звертання до пам'яті, повинні бути присутнім в ОЗУ. **Дескриптори сторінок і каталогів** перебувають у пам'яті й займають учетверенне слово (64 біт). Ці дескриптори процесору доводиться автоматично зчитувати, щоб добратися до цільової комірки пам'яті. **Стік** являє собою безперервну область пам'яті, адресуємую регістрами ESP (покажчик стека) і SS (селектор сегмента стека). Особливість стека полягає в тім, що дані в нього містяться й з нього витягаються за принципом «першим увійшов - останнім вийшов». Дані містяться в стек за допомогою інструкції PUSH (заштовкування), а витягаються по інструкції POP (витаскування). Крім явного доступу до стеку за допомогою інструкцій PUSH і POP стік автоматично використовується процесором при виконанні інструкцій виклику, повернень, входу й виходу з процедур, а також при обробці переривань. Стік використають для різних цілей: - організації переривань, викликів і повернень; - тимчасового зберігання даних; - передачі й повернення параметрів при викликах процедур.

**Особливості кешування пам'яті.** Концептуально структура зв'язування сучасного процесора й пам'яті здійснюється за допомогою кешування в такий спосіб. *Первинний кеш даних* (L1 data cache) зберігає дані, до яких процесор недавно звертався при виконанні програми. *Первинний кеш інструкцій* (L1 instruction cache) містить інструкції, які недавно виконувалися і які, можливо, будуть виконуватися повторно, а також наступні за ними упреждаючі зчитування. Об'єм первинного кеша невеликий (8-128 Кбайт). Для сучасних процесорів характерне застосування роздільного первинного кеша (гарвардська архітектура), хоча можливо і єдиний первинний кеш для даних і інструкцій (принстонская архітектура). У процесорах Pentium 4 первинний кеш улаштований інакше. *Вторинний кеш* (L2 cache) звичайно загальний, його розмір у кілька разів більше, але швидкодія, як правило, нижче, ніж первинного. *Кеш третього рівня* (L3 cache) застосовується нечасто, оскільки його реалізація занадто дорога (його об'єм повинен бути більше, ніж

у вторинного). Убудований кеш L3 є в процесорів Xeon MP, його розмір досягає 8 Мбайт. *Буфер відкладеного запису* служить для тимчасового зберігання даних, призначених для запису, коли кеш або пам'ять зайняті виконанням інших обігів. *Буфер комбінування запису* призначений для об'єднання розрізнених записів у некешируємої пам'яті. Кеш-контролери повинні забезпечувати *когерентність* - погодженість даних кеш-пам'яті всіх рівнів з даними основної пам'яті при тій умові, що звертання до цих даних може вироблятися й майстрами шин. Варто також урахувати, що процесорів може бути декілька, і в кожного може бути свій внутрішній кеш. Контролер кеша оперує *рядками* (cache line) фіксованої довжини. Рядок може зберігати копію блоку основної пам'яті, розмір якого збігається з довжиною рядка. З кожним рядком кеша зв'язана інформація про адресу скопійованого в неї блоку основної пам'яті і її стані. Рядок може бути *дійсним*- це означає, що в сучасний момент часу він вірогідно відбиває відповідний блок основної пам'яті, — або *недійсним*. Можливий варіант розділеного на сектори кеша, при якому один рядок містить кілька суміжних осередків - *секторів*, розмір яких відповідає мінімальній порції обміну даних кеша з основною пам'яттю. Поділ на сектори дозволяє заощаджувати пам'ять, необхідну для зберігання каталогу при збільшенні об'єму кеша. Поводження кеш-контролера при запису у пам'ять, коли копія викликаної області перебуває в деякому рядку кеша, визначається його алгоритмом, або *політикою запису* (write policy). Існують дві **основних політики запису даних** з кеша в основну пам'ять: *наскрізний запис* (Write Through, WT), яка передбачає одночасне виконання кожної операції запису, що попадає в кеширований блок, у рядок кеша й в основну пам'ять, і *зворотний запис* яка дозволяє зменшити кількість операцій запису на шині основної пам'яті). Залежно від способу визначення взаємної відповідності рядка кеша й області основної пам'яті розрізняють три архітектури кеш-пам'яті: *кеш прямого відображення* (direct-mapped cache), *повністю асоціативний кеш* (fullyassociative cache) і їхню комбінацію - *набірно-асоціативний кеш* (set-associative cache).

**Забезпечення когерентності.** Кеш-пам'ять процесорів будується з урахуванням можливості звертань до пам'яті з боку зовнішніх абонентів. Процесори мають механізми зовнішнього спостереження за станом власного кеша з відповідними апаратними інтерфейсами. Для підтримки погодженості даних кеша й основної пам'яті процесор відпрацьовує *цикли спостереження*, ініційовані зовнішньою системою. Кеш процесорів підтримує протокол забезпечення когерентності *MOESI*, названий по обумовленим їм станам

*M* (Modified), *O* (Owned), *E* (Exclusive), *S* (Shared) і *I* (Invalid). Первинний кеш інструкцій реалізує протокол лише в частині «SI», оскільки він не допускає запису.

**Типи пам'яті.** У просторі пам'яті комп'ютера є області, для яких кешування принципово неприпустимо, або непридатна політика зворотного запису. По можливостях кешування й вимогам до впорядкованості пам'ять класифікується в такий спосіб: 1) некешируєма (Uncacheable, *UC*) пам'ять. Всі звертання процесора виконуються строго в порядку, запропонованому програмним кодом, і виходять на системну шину. Така пам'ять потрібна для вводу- виводу відображеного на пам'ять. 2) Пам'ять з комбінуємим записом (Write Combining, *WC*). Некешируєма пам'ять, когерентність якої протоколом шини не підтримується. Може застосовуватися, наприклад, для відео-пам'яті графічного адаптера. 3) Пам'ять із наскрізним записом (Write Through, *WT*). Кешируєма пам'ять, всі операції запису відбиваються в кеші й виходять на системну шину. Застосується, наприклад, для буферів кадрів, а також для пам'яті, до якої можуть звертатися пристрої, підключені до шини й не підтримуючи протоколів забезпечення когерентності. 4) Пам'ять зі зворотним записом (Write Back, *WB*). Кешируєма пам'ять, всі операції по можливості виконуються тільки з кеш-пам'яттю. Цей тип самий продуктивний, але вимагає підтримки протоколу забезпечення когерентності від всіх абонентів шини, що звертаються до даної області пам'яті. 5) Пам'ять з захищеним записом (Write Protected, *WP*). Застосовують для тіньової пам'яті (shadow ROM), зміна вмісту якої відразу повинне стати видимим всім можливим «читачам». Базові методи управляються атрибутами системи сторінкової трансляції адрес, більш досконалі методи програмуються тільки через регістри MTRR або PAT, якщо такі є в процесорі.

Механізм **керування кешируванням і звертаннями до пам'яті** містить програмні прапори і апаратні засоби, що дозволяють дозволяти й обмежувати можливості кеширування. Програмні засоби керування включають прапори керуючих регістрів і біти елементів каталогу й таблиць сторінок, а також спеціальні інструкції. Апаратні засоби включають вхідні сигнали дозволу кеширування й керування політикою запису й очищення кешу, а також вихідні сигнали керування вторинним кешем. Якщо різні механізми обумовлюють можливості кеширування конкретної області пам'яті по-різному, реалізується саме жорстке з обмежень: заборона кеширування має пріоритет над дозволом, а політика *WT* скасовує політику *WB*.

## Особливі режими роботи процесора

1) **Запуск і ініціалізація процесорів.** Апаратне скидання (hardware reset) виконується процесором при включенні живлення й по сигналу RESET#. При низькому рівні сигналу RESET# процесор припиняє виконання інструкцій і перестає управляти системною шиною. У момент закінчення сигналу апаратного скидання процесор сприймає рівні сигналів на деяких лініях інтерфейсу, що визначає його інтерфейсні властивості. Процесору встановлюються коефіцієнт множення тактової частоти, режим (WB/WT) роботи кеша, роль процесора в багатопроцесорних системах, спосіб подачі сигналів переривань (для процесорів з контролером APIC) і деякі інші параметри. Ці рівні задаються чипсетом системної плати відповідно до ролі процесора й установками джамперів і CMOS Setup. Скидання переводить процесор у реальний режим і встановлює ряд регістрів у певний стан.

2) **Перемикання процесора в захищений режим з реального** здійснюється завантаженням у системний регістр CR0 слова з одиничним значенням біта PE (Protect Enable). До перемикання в пам'яті повинні бути проініціалізовані необхідні таблиці дескрипторів IDT і GDT.

3) **Перемикання процесора із захищеного режиму в реальний** можливо як через апаратне скидання, так й скиданням біта PE в CR0.

4) **Відновлення мікрокоду.** Фірми-виробники постійно модернізують свої процесори, і навіть у межах однієї моделі процесори різного часу випуску розрізняються степпингом (номер редакції кристала процесора, що міняється в межах моделі визначає наявність помилок, які виправляються відповідними «латками»). Мікроархітектура сучасних процесорів дозволяє виправляти ці помилки шляхом завантаження в процесор блоку «латок», що є набором фрагментів мікропрограм. Латки фірма поміщає на своєму сайті.

5) **Режим системного керування.** Моделі 32-бітних процесорів крім звичайних режимів - реального, захищеного й V86 - мають додатковий режим системного керування (System Management Mode, SMM), призначений для виконання ряду дій з повною ізоляцією їх від прикладного програмного забезпечення й навіть від операційної системи.

6) **Керування енергоспоживанням і продуктивністю.** Сучасні процесори споживають значну потужність (десятки ватів), що виділяється у вигляді тепла. Потужність (і тепловиділення) ростуть із підвищенням тактової частоти. Схеми внутрішнього множення вимагають стабільності зовнішньої частоти під час роботи процесора, так що для тимчасового зниження споживання доводиться використати спеціальні механізми.

7) **Синхронізація.** Синхронізація процесорів здійснюється зовнішнім сигналом, який визначає частоту системної шини (FSB clock). Ядро

процесора синхронізується за допомогою множника частоти. *Множення частоти* в процесорі виконується за допомогою внутрішнього керованого генератора, включеного в контур системи фазового автопідстроювання частоти.

8) **Енергоспоживання** процесора залежить від напруги живлення, тактової частоти й режиму роботи процесора. *Напруга живлення ядра* у сучасних процесорів задається сигналами VID[6:0], за допомогою яких процесор управляє регулятором напруги (безпосередньо або за участю BIOS і чипсета). У нормальному стані (*normal state*) процесор виконує всі свої функції; споживання максимальне. В процесорах застосовуються різні технології енергозбереження. Технологія *Intel SpeedStep* дозволяє динамічно управляти споживаною потужністю (і продуктивністю) за рахунок зниження тактової частоти ядра з одночасним зниженням напруги живлення. Поліпшена технологія *Enhanced Intel SpeedStep (EIST)* розвиває цю ідею: замість двох крайніх точок з'являється можливість використання декількох градацій продуктивності (і споживання).

9) **Термоконтроль**. Сучасні процесори мають вбудовані засоби термоконтролю, що охороняють їх від виходу з ладу у випадку перегріву. У процесорах Intel термоконтроль реалізується декількома способами, різними в різних моделях процесорів. Для виміру температури кристала в процесорі вбудовується *термодіод*. Чипсет вимірює спадання напруги на діоді й по ньому визначає температуру. Часто в процесорах (Xeon) використовується енергонезалежна пам'ять (PIROM), у яку заноситься калібрована характеристика термодіода.

### **Мультипроцесорні й надлишкові системи**

У сучасних робочих станціях і ПК зустрічаються варіанти установки декількох процесорів на одній системній шині. При цьому можливі конфігурації з симетричною мультипроцесорною обробкою (Symmetric Multi-Processing, SMP) і надлишковим контролем функціонування (Functional Redundancy Checking, FRC). У **конфігурації з надлишковим контролем функціонування** два процесори (пари Master і Checker) виступають як один логічний. Основний процесор (Master) працює у звичайному однопроцесорному режимі. Перевірочний процесор (Checker) виконує всі ті ж операції «про себе», не управляючи шиною, і порівнює вихідні сигнали основного (що перевіряє) процесора з тими сигналами, які він генерує сам, виконуючи ті ж операції без виходу на шину. У випадку розбіжності виробляється сигнал помилки, що може оброблятися як переривання. FRC-контроль застосовують тільки в особливо відповідальних системах. Підтримка FRC з'явилася, починаючи із процесорів Intel Pentium; вона є й у процесорів фірми AMD. Найбільш

популярною метою об'єднання процесорів є **симетрична мультипроцесорна обробка (SMP)**. У системі SMP кожний процесор вирішує своє завдання, доручене йому операційною системою.

Система може бути симетричною по пам'яті, але асиметричною по перериваннях від вводу- виводу, якщо для обслуговування цих переривань виділяється власний процесор. Апаратна (фізична) реалізація SMP може бути різною: - об'єднання декількох фізичних процесорів на одній локальній шині - процесори Pentium, P6, Pentium 4; - підключення кожного процесора до системної плати (із загальною пам'яттю) виділеними шинами - процесори Athlon; - підключення до кожного процесора власного ОЗУ і їхнє об'єднання з периферійними пристроями через HyperTransport - процесори Athlon-64, Opteron; - розміщення на одному кристалі декількох логічних процесорів з поділюваними операційними блоками - «гіперпотоківі» (hyperthreading) моделі Pentium 4; - розміщення на одному кристалі декількох незалежних процесорних ядер з поділюваним вторинним кешем - мультиядерні моделі Pentium 4. Застосування SMP вимагає підтримки з боку BIOS, ОС і додатків (щоб працювати швидше, вони повинні бути багатопоточними). У перших мультипроцесорних системах на базі Pentium і P6 процесори поєднувалися за допомогою загальною локальної («фасадної», FSB) шини, через яку вони зв'язувалися з чипсетом системної плати (**об'єднання процесорів на локальній шині**). У кожний момент часу шиною може управляти тільки один процесор, за певними правилами вони міняються ролями. Інтерфейс *Pentium* дозволяє на одній локальній системній шині встановлювати два процесори. Роль конкретного процесора в системі фіксована — вона визначається зовнішніми сигналами під час спаду сигналу RESET. Один із процесорів призначається *первинним* (primary processor), або *завантажувальним* (Bootstrap Processor, BSP), інший — *вторинним* (Dual Processor, DP). Після сигналу RESET відразу починає функціонувати тільки первинний процесор (BSP), виконуючи програмний код ініціалізації. Вторинний процесор починає функціонування після прийому відповідного повідомлення по шині APIC, посланого в ході програми ініціалізації. У *процесорах P6* закладені більш розвинені можливості SMP. Системна шина P6, на відміну від локальної шини Pentium, споконвічно орієнтована на поділюване керування безліччю симетричних (до чотирьох на шині) і несиметричних (до восьми) агентів. Соккет 8 (Pentium Pro) і слот 2 (Pentium II Хеоп) дозволяють поєднувати до чотирьох процесорів. Який з процесорів стане первинним, визначається по завантажувальному протоколу - тут не-

має твердої апаратної прив'язки ролі процесора до його «географічного» адресу. Це дозволяє підвищити надійність системи SMP. Протокол мультипроцесорної ініціалізації працює на шині APIC, він дозволяє управляти ініціалізацією до 15 процесорів. Процесори можуть користуватися вмістом «чужого» кеша без його попереднього вивантаження в основну пам'ять.

У процесорах Pentium 4 (починаючи із частоти 3,06 ГГц) і Хеоп застосовується **гіперпотокова** (hyperthreading) технологія: один фізичний процесор одночасно може виконувати два потоки інструкцій x86. Для фон-неймановської машини це означає, що фізичний процесор (мікросхема, установлювана в сокет) має два комплекти архітектурних (прикладних і системних) реєстрів. Таким чином, мова йде про два *логічних процесора*, фізично розташованих на одному кристалі мікросхеми. Ці логічні процесори спільно використовують ряд загальних мікроархітектурних блоків фізичного процесора (вторинний кеш, виконавчі блоки арифметико-логічного пристрою). Такий поділ дозволяє підвищити ефективність функціонування виконавчих блоків. Логічні процесори не є повністю незалежними - іноді доводиться очікувати звільнення ресурсу, зайнятого сусідом.

Наступний крок у цьому напрямку — **мультиядерні процесори**, у яких на одному кристалі об'єднані загальною шиною кілька функціонально-закінчених процесорів. У них кожне ядро володіє власним кешем L2 (кешем даних L1 і кешем трас). Розмір кеша L2 кожні ядра може досягати 2 Мбайт. Інтерфейс системної шини у двох ядер може бути загальним, або роздільним. Двохядерний процесор, призначений для використання у відносно невеликих системах (до чотирьох ядер), фактично, є двома окремими процесорами, кожний зі своїм інтерфейсним блоком. Їх інтерфейсні сигнали поєднуються в загальну системну шину на системній платі. Процесори для більших систем містять загальний блок інтерфейсу системної шини, оскільки об'єднання на одній шині інтерфейсів більш ніж двох процесорів для високошвидкісних шин викликає труднощі. Засобом об'єднання декількох процесорів є північний хаб чипсета системної плати. Основним поділюваним ресурсом стає контролер пам'яті, розташований у чипсеті. Для зв'язку з іншими компонентами (периферією й іншими процесорами) використовується високопродуктивний інтерфейс Hyper Transport. У процесора Opteron, призначеного для серверів і робочих станцій (1-4-процесорних систем), є три 16-бітних інтерфейси. НТ з сумарною пропускною здатністю 19,2 Гбайт/с забезпечує «прозорий» доступ до будь-яких компонентів з будь-якої точки системи транзакціями читання й запису по адресах пам'яті або вводу-виводу.

## 3.2. Чипсети

### Загальні відомості

**Чипсет** — набір мікросхем мікросхемної плати. Чипсет складається з 2-х основних мікросхем (іноді вони поєднуються в один чип): 1) MCH — контролер-концентратор пам'яті (Memory Controller Hub) — **Північний міст** (Northbridge) — забезпечує взаємодію Центрального Процесора (ЦП) з пам'яттю й відеоадаптер (PCI Express). У нових чипсетах часто є інтегрована відеопідсистема. Контролер пам'яті може бути інтегрований у процесор (наприклад Opteron, Nehalem, UltraSPARC T1). 2) ICH — контролер-концентратор вводу-виводу (I/O Controller Hub) — **Південний міст** (Southbridge) — забезпечує взаємодію між ЦП і жорстким диском, картами PCI, інтерфейсами IDE, SATA, USB та ін. Також іноді до чипсетів відносять мікросхему Super I/O, яка підключається до південного мосту й відповідає за низькошвидкісні порти RS232, LPT, PS/2. На сайті Intel наведені блок-схеми всіх її чипсетів і їх докладний опис. У цей час основними виробниками чипсетів для настільних комп'ютерів є фірми Intel, nVidia, AMD, VIA і SIS. Фірма Intel випускає чипсети тільки для власних процесорів. Для процесорів фірми AMD найпоширенішими є чипсети nVidia (випускають під торговельною маркою nForce). Чипсети AMD також набирають популярність. Чипсети фірм VIA і SIS популярні в основному в секторі low end і в офісних системах, тому що убудована графіка в них по 3D можливостям значно уступає nVidia і AMD. SIS найчастіше випускає чипсети для процесорів Intel, а VIA для AMD. До виходу на ринок чипсетів фірми nVidia, VIA, з такими продуктами як KT133, KT266 і KT400 була лідером по виробництву чипсетів для процесорів AMD.

### Південний і північний мости й хаби

**Південний міст** (англ. *Southbridge*), також відомий як контролер-концентратор вводу-виводу (від англ. I/O Controller Hub, ICH). Це мікросхема, що реалізує «повільні» взаємодії на материнській платі між чипсетом материнської плати і її компонентами. Південний міст звичайно не підключений прямо до процесора (CPU), на відміну від північного моста. Північний міст зв'язує південний міст із CPU.

Функціонально південний міст містить у собі: шину PCI; шину ISA; SMBus (SM шина) або інтерфейс I<sup>2</sup>C; DMA контролер; контролер переривань; IDE (SATA або PATA) контролери; шину LPC Bridge; годинники реального часу (Real Time Clock); керування живленням (Power



management (APM і ACPI); енергонезалежну пам'ять BIOS (CMOS); звуковий контролер AC97 (опціонально). Опціонально південний міст також може містити в собі підтримку Ethernet, RAID контролера, контролера USB, контролера FireWire і аудіо-кодек. Рідше південний міст містить у собі підтримку клавіатури, миши і послідовних портів, але звичайно ці пристрої підключаються за допомогою іншого пристрою – Super I/O (**контролера вводу-виводу**). Підтримка шини PCI містить у собі традиційну специфікацію PCI, але може також забезпечувати підтримку шини PCI-X і PCI Express. Хоча підтримка шини ISA використовується рідко, вона залишилася, що цікаво, невід'ємною частиною сучасного південного мосту. Шина SM використовується для зв'язку з іншими пристроями на материнській платі (наприклад, для керування вентиляторами). Контролер DMA дозволяє пристроям на шині ISA або LPC одержувати прямий доступ до оперативної пам'яті, обходячись без допомоги центрального процесора. Контролер переривань забезпечує механізм виділення центрального процесора кожному пристрою. IDE інтерфейс дозволяє «побачити» системі жорсткі диски. LPC шина забезпечує передачу даних і керування SIO (це такі пристрої, як клавіатура, миша, паралельний, послідовний порт, інфрачервоний порт і флоппи-контролер) і BIOS ROM (флеш). APM або ACPI функції дозволяють перевести комп'ютер в «сплячий режим» або вимкнути його. Системна пам'ять CMOS, підтримувана живленням від батареї, дозволяє створити обмежену по об'єму область пам'яті для зберігання системних налаштувань (налаштувань BIOS).

**Північний міст** (від англ. *Northbridge*) — один з основних елементів чипсета комп'ютера, відповідальний за роботу з процесором, пам'яттю і відеоадаптером. Північний міст визначає: - частоту системної шини; - можливий тип оперативної пам'яті (у системах на базі процесорів Intel) (SDRAM, DDR, інші); - її максимальний об'єм і швидкість обміну інформацією з процесором. Крім того, від північного мосту залежить наявність шини відеоадаптера, її тип і швидкодія. Для комп'ютерних систем нижнього цінового рівня в північний міст нерідко вбудовують і графічне ядро. У багатьох випадках саме північний міст визначає тип і швидкодію шини розширення системи (PCI, PCI Express, інше).

Північний міст і розгін процесора. Північний міст у значній мірі впливає на те, до якого ступеня може бути розігнаний комп'ютер, оскільки використовується їм частота є базовою для частоти роботи процесора. У сучасних системах, коли комп'ютер стає швидше, чип усе більше нагрі-

вається. Тому на сьогоднішній день нерідко використовуються різні типи охолодження північного мосту, наприклад радіатори або кулери.

Походження назви. Назву цього елемента можна пояснити уявленням архітектури чипсета у вигляді карти. У результаті процесор буде розташовуватися на вершині карти, точно на півночі. Він буде з'єднаний із чипсетом через швидкий північний міст. А північний міст буде з'єднаний з іншою частиною чипсета через повільний південний міст. У сучасної хабової структурі системних плат застосовуються північний і південний хаби. Розглянемо коротко їхні особливості.

**Північний хаб** (як і міст) визначає основні можливості системної плати:

1) *Підтримувані процесори* — типи, частоти системної шини, можливості мультипроцесорних або надлишкових конфігурацій. Типи процесорів визначаються протоколами системної шини, яких у цей час трохи:- шина Pentium процесорів для сокета 7, Super7 (і сокета 5); частоти 50-100 МГц; - шина P6 процесорів для сокета 8, слотов 1 і 2, сокета-370; частоти 66-133 МГц; - шина Pentium 4 для сокетів з 423, 478/479, 603/604 і 775 контактами; частота синхронізації 100-266 МГц при 4-кратній «накачуванню» забезпечує частоту передачі даних 400-1066 МГц; - шина EV-6 процесорів Athlon, Duron, Sempron для слота А и сокета А (462 контакту); частоти передачі даних 200-400 МГц (тактова частота у два рази нижче); - інтерфейс HyperTransport процесорів з убудованим контролером пам'яті (Athlon 64, Opteron, мобільні Turion 64 і Sempron) для сокетів з 754 і 939/940 висновками. 2) *Типи пам'яті й частота роботи шини пам'яті*: - DRAM (FPM, EDO, BEDO) із часом доступу 50-80 нс; - SDRAM (PC66, PC100, PC133) із частотами 66-133 МГц; - DDR SDRAM (PC1600, PC2100, PC2700, PC3200) із частотами 100-200 МГц (частота передачі у два рази вище); - DDR2 SDRAM (PC2-3200, PC2-4300, PC2-5300, PC2-5300, PC2-6400) із частотами 200-400 МГц (частота передачі у два рази вище); - RDRAM (PC600, PC700, PC800, PC1066) із частотами 300, 356, 400 і 533 МГц. 3) *Максимальний об'єм пам'яті*. На нього впливає ряд факторів: - число слотів під модулі пам'яті й підтримувані об'єми модулів (припустиме число встановлюваних модулів при роботі на найвищій частоті шини пам'яті може виявитися менше, ніж число слотів); - максимальна кількість «рядів» мікросхем пам'яті (може обмежувати можливе число встановлюваних двосторонніх модулів). 4) *Число каналів пам'яті* — поки частіше один, але для підвищення пропускної здатності застосовуються два канали. Спочатку двухканальність використалася тільки для RDRAM (тут менше інтерфейсних сигналів у ка-

налі), тепер є двухканальні контролери DDR SDRAM і DDR2 SDRAM. В обидва канали повинні бути встановлені попарно однотипні модулі (як раніше пари SIMM-72 для Pentium). 5) *Можливість і ефективність застосування різнорідної пам'яті* (наприклад, DRAM разом з SDRAM у старих платах, SDRAM і DDR SDRAM у більше нові) і модулів з різною швидкодією (різна латентність при однаковій частоті). У ряді випадків різнорідна пам'ять знижує продуктивність всієї пам'яті, і не завжди ця втрата окупається одержуванним збільшенням об'єму ОЗУ. 6. Для старих плат з DRAM — *можливість чергування банків* (у сучасних типів пам'яті чергування банків внутрішнє). 7) *Підтримка контролю вірогідності пам'яті й виправлення помилок* (ECC). 8) *Засоби підключення графічного акселератора* (високопродуктивне підключення), для якого вже є кілька варіантів: - порт AGP і його характеристики (режим 2x/4x/8x, позаполосна адресація SBA, швидкий запис Fast Writes); - для чипсетів з інтегрованою графікою цікава доступність порту при відключенні внутрішнього графічного адаптера; - слоти PCI-E 8x або 16x для підключення графічного адаптера (1 або 2 порти); - слоти PCI-E 1x можуть забезпечувати як північний, так і південний хаб; - графічний адаптер з інтерфейсом HyperTransport (поки що це теоретичний варіант). 9) *Можливості системи керування енергоспоживанням* (ACPI або APM), реалізовані енергозберігаючі режими процесора й пам'яті, керування продуктивністю, SMM. Північний міст плат для сокетів 5, 7 і Super7 визначає також політику запису кешу, застосовувані типи й швидкодію мікросхем статичної пам'яті, можливий розмір кешу й кешируємої області основної пам'яті. Для сучасних плат без кеша всі ці параметри визначаються процесором, а політику зворотного запису підтримують всі плати. Північний міст визначає також підтримувані частоти й розрядність шини PCI і PCI-X, можливу кількість контролерів шини PCI (число пар сигналів арбітра PCI), способи буферизації, можливості одночасних обмінів. Північний хаб на ці параметри не впливає, оскільки шини PCI і PCI-X підключаються до південного хабу.

**Південний хаб** чипсета забезпечує підключення шин PCI, PCI-X і «малопотужних» портів PCI-E, ISA (але вже не завжди), ATA (2 канали), SATA, USB, FireWire, а також «дрібних» контролерів вводу-виводу, пам'яті CMOS і флеш-пам'яті з системним модулем BIOS. У південній частині розташовуються таймер (8254), контролер переривань (сумісний з парою 8259 або APIC), контролер DMA для шини ISA і периферії системної плати. Якщо в чипсет інтегрований звук, то південний хаб (міст) має контролер ін-

терфейсу AC-Link або HDA Link для підключення аудіокодека, а часто й сам аудіокодек. Оскільки шина ISA відправляється у відставку, для контролерів вводу-виводу, що раніше підключалися до шини X-BUS (це практично та ж ISA), увели новий інтерфейс LPC (Low Pin Count). Він має мале число ліній, що значно полегшує розробку чипсета й системної плати. Флеш-пам'ять для зберігання системної пам'яті BIOS стали поміщати в спеціальний хаб (firmware hub), який з'єднується з південним хабом окремою шиною (аналогічної LPC). Флеш-пам'ять може підключатися й прямо до шини LPC. Для підключення енергонезалежної пам'яті (EEPROM) хаб може мати додатковий послідовний інтерфейс. Для обслуговування процесорів, що мають додаткову сервісну шину SMBus, а також для підтримки слота CNR хаб може мати послідовний інтерфейс I<sup>2</sup>C (Inter 1C — інтерфейс зв'язку мікросхем). Цей же інтерфейс може використатися для читання ідентифікаторів модулів пам'яті (I<sup>2</sup>C и SMBus — близькі родичі, які трохи розрізняються набором команд). У південний хаб інтегрованих чипсетів вводять і контролер локальної мережі (як правило, Ethernet). Логічно південний хаб представляється як набір віртуальних мостів і пристроїв, підключених до головної шини PCI. Однак обміни даними з широкосмуговими пристроями IDE, SATA, USB, FireWire, Ethernet, AC'97, HDA на зовнішню шину PCI не «виносять», інакше губиться смисл південного хаба.

Південний хаб (або міст) визначає перераховані далі параметри системної плати: 1) *Параметри шини PCI* (тільки для хабів): - версія інтерфейсу й режими (PCI, PCI-X, PCI-X 2.0); - розрядність (32 або 64 біта); - частота (33 або 66 Мгц для PCI, до 133 Мгц для PCI-X); - припустима кількість контролерів шини (число каналів арбітра, що впливає на число слотів і убудованих пристроїв PCI). 2) *Число малопотужних (4x) портів PCI-E*. 3) *Параметри інтерфейсів ATA*: - підтримувані режими UltraDMA — ATA/33, ATA/66, ATA/100, ATA/133; - незалежність каналів — електричний поділ каналів, можливість одночасної роботи двох каналів. 4) *Параметри інтерфейсу SATA*: - тип контролера (бажано AHCI), - число портів, - можливість одночасного використання з паралельною шиною. 5) *Число портів і версія шини USB*. 6) *Наявність інтерфейсу AC-Link або HDA Link*. 7) *Наявність шини ISA*. 8. *Можливість емуляції DMA на шині PCI* (PC-PCI, DDMA). 9. *Можливості моніторингу стану*: - число каналів виміру живлячих напруг; - число каналів виміру температури; - число каналів виміру частоти обертання вентиляторів.

Контролери гнучких дисків, інтерфейсних портів, клавіатури, CMOS RTC можуть входити власне в чипсет, а можуть бути реалізовані й на окремих «сторонніх» мікросхемах. Від них залежать наступні параметри системної плати: 1) Наявність порту PS/2 Mouse (є у всіх платах ATX); 2) Режими паралельного порту (стандартний, двунаправлений, ECP, EPP, підтримка FIFO і DMA); 3) Режими послідовних портів (стандартом вважається сумісність із 16550A и підтримка FIFO і DMA); 4) Підтримка IrDA; 5) Типи підтримуваних дисководів.

### **Чипсети й плати**

Хоча чипсети в значній мірі визначають властивості системних плат, виконаних на їхній основі, у розроблювача плат завжди залишаються можливості спростити плату й «зіпсувати гарну річ». Так що системні плати, виконані на тому самому чипсеті, можуть мати різні характеристики по продуктивності й різний діапазон підтримуваних установлюваних компонентів (процесорів, пам'яті, інтерфейсу). І звичайно ж, істотну роль у реалізації всіх корисних властивостей чипсета грають BIOS і застосовувані версії системних драйверів. Чипсети орієнтуються на різні застосування системних плат, і функції, необхідні для сервера, можуть виявитися зайвими для офісного комп'ютера, а за надмірності завжди доводиться платити. Тому не можна чипсети вибудувати один по одному від гіршого до кращого, вони позиціюються в багатомірному просторі суперечливих вимог. Порівнювати інтегровані чипсети потрібно не тільки по загальних параметрах, але й по характеристиках графіки, звуку, адаптера локальної мережі. Основні параметри розповсюджених системних плат (і чипсетів) наведені в літературі. Результати тестування й порівняння системних плат регулярно публікуються в періодичних виданнях і в Internet, наприклад на сайті [ixbt.com](http://www.ixbt.com).

Мікросхеми чипсета при ініціалізації під час тесту POST програмуються по багатьом параметрам, частина з яких (константи) зберігається в BIOS, а частина - в енергонезалежній пам'яті конфігурації, що включає комірки CMOS і ESCD системи Pnp. Таким чином, є програмні способи як оптимального настроювання, так і виводу плати з ладу записом певних значень в енергонезалежну пам'ять. Цей запис робить утиліта CMOS Setup, а також такі «експансивні» операційні системи, як Windows.

У чипсеті забезпечується взаємодія безлічі шин, більшість яких синхронні. Питання синхронізації вирішуються по-різному. У чипсетів для шини Pentium пам'ять завжди працювала на частоті системної шини (60-100 МГц), а частота шини PCI (номінал 33 МГц) була до неї прив'язана.

на з коефіцієнтом 1:2 або 1:3. При частоті системної шини, відмінної від 66, 100 МГц, шина PCI виявлялася або розігнаною, або пригальмованою.

У чипсетах з портом AGP частоту шини пам'яті прагнуть підвищити, інакше пам'ять стає вузьким місцем: до неї звертаються акселератор з AGP, ведучі пристрої PCI і, нарешті, сам процесор. При цьому у процесора може бути частота шини всього 66 МГц. Для аматорів розгонів корисно така властивість чипсетів, як *асинхронність* — можливість відносно довільного завдання частот системної шини, шини пам'яті, порту AGP, шини PCL. Помітимо, що частота шин LPC і шини підключення хабу з BIOS (FWH) збігається з частотою PCI (33 МГц), і розгін шини PCI тягне розгін і ці шини, однак поведження їхніх абонентів на підвищених частотах може засмутити користувача неможливістю розгону. Звичайно ж, тут асинхронність умовна - опорний генератор все-таки один, але коефіцієнти для кожного домена синхронізації (групи тісно зв'язаних вузлів) задаються роздільно. Таким чином, можна із всіх компонентів «вижати» максимум продуктивності. Однак при певних співвідношеннях частот компонентів (не рівних ступені двійки) через проміжну буферизацію даних спостерігається зниження сумарної продуктивності системи.

## Контрольні запитання

1. Назвіть характеристики процесора: набори команд x86, x87.
2. Співпроцесор в процесорах. Додаткові набори команд.
3. Поясніть залежність продуктивності процесора від його частоти.
4. Кількість команд, виконуваних процесором за такт.
5. Поясніть еволюцію розвитку регістрів процесорів.
6. Поясніть зв'язок регістрів процесорів і програмного забезпечення.
7. Залежність продуктивності комп'ютера від розрядності регістрів процесорів і програмного забезпечення.
8. Залежність продуктивності системи від продуктивності шини даних.
9. На що впливає розрядність адресної шини?
10. Охарактеризуйте реальний режим роботи процесора.
11. Охарактеризуйте захищений і віртуальний режим роботи процесора.
12. Поясніть залежність частоти процесора від частоти системної шини.
13. Оптимізація довжини конвеєра.
14. Блок-схема сучасного чипсета. Північний і південний мости.
15. Сучасні чипсети для процесорів Pentium III, Pentium IV і Athlon.

## Тема 4. Відеосистеми робочих станцій видавничих систем

У робочих станціях видавничих систем пред'являються жорсткі вимоги до відеосистеми. Обумовлено це необхідністю якісної обробки й відображення складної графіки, вимогою оперативності виконання, наявністю багатодисплейності й і ін. Стандартизацією в області відеосистем займається міжнародна організація VESA (Video Electronic Standard Association — асоціація по стандартизації в області відеоелектроніки), доступна за адресою <http://www.vesa.org>. Завдяки її зусиллям забезпечується сумісність на рівні апаратних засобів і програмного забезпечення. З появи персонального комп'ютера його відеосистему прагнули будувати для максимального наближення до ідеалу WYSIWYG (What You See Is What You Get) - «що бачиш, то й маєш» (або навпаки). Оскільки під словом «маєш» найчастіше мається на увазі видрукована продукція, то є й ідеал WYSIWYP (What You See Is What You Print) - «що бачиш на моніторі, те й буде надруковане». Прагнення до цих ідеалів, підкріплене технічним прогресом, приводить до неухильного зростання якісних показників відеосистеми й проникненню комп'ютерних технологій у такі області, як, наприклад, зберігання копій творів мистецтва в електронному виді.

### 4.1. Основні компоненти відеосистеми і їх характеристики

#### Загальні відомості

*Відеосистема* сучасного комп'ютера включає засоби роботи з відеозображеннями й складається з обов'язкової *графічної підсистеми* (формуючої зображення програмно) і *підсистеми обробки відеозображень*. Ці складові звичайно використовують загальний *монітор (дисплей)*, а відповідні апаратні засоби системного блоку можуть розташовуватися на роздільних картах різного функціонального призначення або поєднуватися на одному комбінованому адаптері, який можна назвати *адаптером дисплея (display adapter)*. *Обов'язковими компонентами* графічної системи служать відеокарта й монітор, а також обслуговуючі їх інтерфейси. *Додатковими компонентами* виступають телевізійний тюнер, карта відеозахоплення, проектор і інші пристрої. *Головним пристроєм виводу* візуальної інформації є дисплей, який може бути заснований на

різних фізичних принципах: електронно-променеві трубки, газоплазмові матриці, рідкокристалічні індикатори й ін. Найбільше поширення одержали дисплеї на електронно-променевих трубках і рідкокристалічних матрицях. Розвиток і впровадження як стандарт графічного користувальницького інтерфейсу операційних систем, прикладних і ігрових програм стало стимулом для розробки покоління відеоадаптерів, які прийнято називати «графічними прискорювачами». Під цим поняттям мають на увазі, що багато графічних функцій виконуються в самому відеоадаптері на апаратному рівні, завдяки чому вивільняються ресурси центрального процесора для виконання інших завдань. Тому що ці функції пов'язані з малюванням графічних примітивів (ліній, дуг, окружностей і ін.), зафарбуванням кольорами ділянок зображення, тобто з обробкою «плоскої» графіки у двох вимірах, то такі прискорювачі одержали позначення *2D-відеоадаптерів*. Тривимірні прискорювачі (*3D-відеоадаптери*) перейшли в масовий сектор завдяки програмам, що потребували обрахування й побудови проєкцій тривимірних (об'ємних) об'єктів на екрані монітора в режимі реального часу. 3D-прискорювачі випускалися у вигляді окремих плат розширення, зараз випускаються комбіновані *2D/3D* пристрої, реалізовані в одній мікросхемі або на єдиній платі відеоприскорювача.

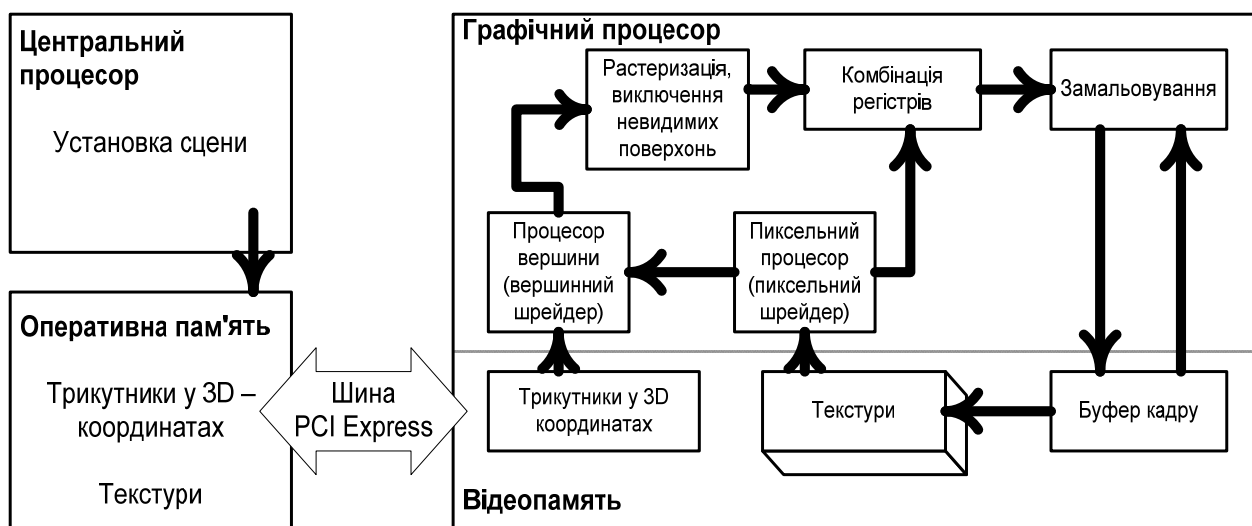


Рис. 4.1. Принцип роботи відеокарт покоління Direct 9

**Графічна плата (графічна карта, відеокарта, відеоадаптер) (*videocard*)**— пристрій, який перетворює зображення, що перебуває в пам'яті комп'ютера, у відеосигнал для монітора. Звичайно відеокарта є



платою розширення й уставляється в спеціальний роз'єм (ISA, VLB, PCI, AGP, PCI-E) на материнській платі, але буває й убудованою (інтегрованою). Сучасні відеокарти не обмежуються простим виведення зображення, вони мають убудований графічний мікропроцесор, який може робити додаткову обробку, розвантажуючи від цих завдань центральный процесор комп'ютера. Принцип роботи відеокарт можна представити з рис. 4.1 на прикладі відеокарт покоління Direct 9. На рис. 4.2 як приклад наведена функціональна схема графічного процесора GeForce FX.

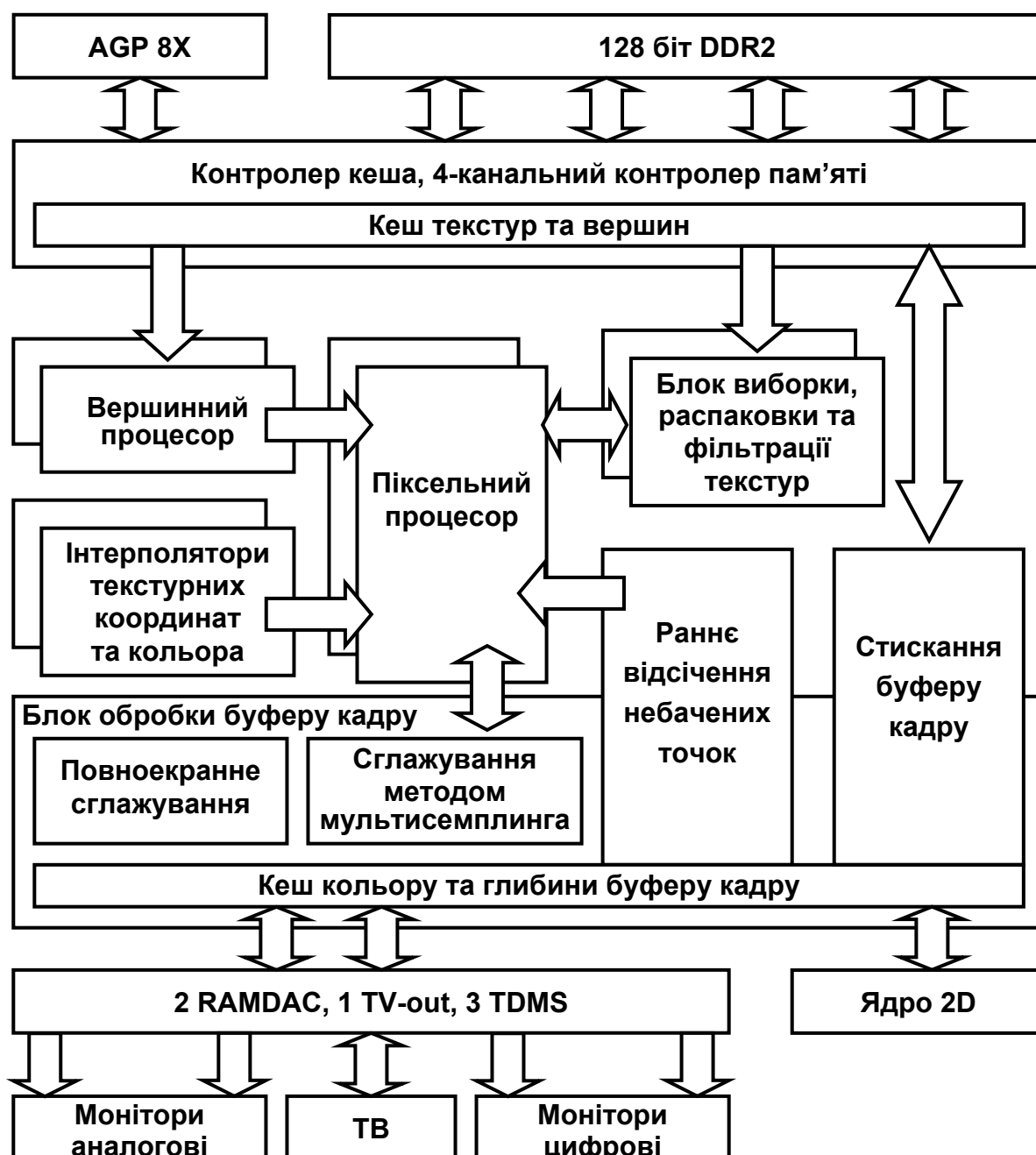


Рис. 4.2. Функціональна схема графічного процесора GeForce FX

## Устрій графічної плати

Сучасна графічна плата як правило складається з наступних частин: 1) **графічний процесор (graphics processing unit - GPU)** — займається розрахунками виведеного зображення, звільняючи від цього обов'язку центральний процесор, робить розрахунки для обробки команд тривимірної графіки. Є основою графічної плати, від нього залежать швидкодія й можливості всього пристрою. Сучасні графічні процесори по складності мало чим уступають центральному процесору комп'ютера, і найчастіше перевершують його по числу транзисторів. Як і центральні процесори, графічні процесори характеризуються внутрішньою архітектурою, робочою частотою графічного ядра, технологічними нормами, по яких виготовлена мікросхема. Архітектура сучасного GPU припускає наявність декількох блоків обробки інформації: блоки обробки 2D-графіки, 3D-графіки, останній у свою чергу, розділяється на геометричне ядро (плюс кеш вершин) і блок растеризації (плюс кеш текстур) і ін. 2) **Відео-контролер** — відповідає за формування зображення у відеопам'яті, дає команди RAMDAC на формування сигналів розгорнення для монітора й здійснює обробку запитів центрального процесора. Крім цього, присутні контролер зовнішньої шини даних (наприклад, PCI або AGP), контролер внутрішньої шини даних і контролер відеопам'яті. Ширина внутрішньої шини й шини відеопам'яті звичайно більше, ніж зовнішньої (64, 128 або 256 розрядів проти 16 або 32), у багато відеоконтролерів вбудовується ще й RAMDAC. Сучасні графічні адаптери (ATI, nVidia) мають не менш двох відеоконтролерів, які працюють незалежно друг від друга й керуючих одночасно одним або декількома дисплеями кожний. 3) **Відеопамять** — виконує роль кадрового буфера, у якому зберігається зображення, генерируєме й постійно змінюване графічним процесором і виводиме на екран монітора. У відеопамяті зберігаються також проміжні невидимі на екрані елементи зображення й інші дані. Відеопамять буває декількох типів, що розрізняються по швидкості доступу й робочій частоті. Сучасні відеокарти комплектуються пам'яттю типу DDR, DDR2 або GDDR3. Крім відеопамяті, що перебуває на відеокарті, сучасні графічні процесори використовують у своїй роботі частину загальної системної пам'яті комп'ютера, прямий доступ до якої організується драйвером відеоадаптера через шину AGP або PCI-E. 4) **Цифро-аналоговий перетворювач** (ЦАП, RAMDAC-RandomAccessMemoryDigital-to-AnalogConverter) (і цифровий відеовихід *TMDS+DVI*) — служить для перетворення зобра-

ження, формованого відеоконтролером, у рівні інтенсивності кольору, що подаються на аналоговий монітор. Можливий діапазон кольоровості зображення визначається тільки параметрами RAMDAC. Найчастіше RAMDAC має чотири основних блоки — три цифро-аналогових перетворювачі, по одному на кожний колірний канал (червоний, зелений, синій, RGB), і SRAM для зберігання даних про гамма-корекцію. Більшість ЦАП мають розрядність 8 біт на канал — виходить по 256 рівнів яскравості на кожен основний колір, що в сумі дає 16,7 млн. кольорів (а за рахунок гамма-корекції їсти можливість відобразити вихідні 16,7 млн. кольорів у набагато більший колірний простір). Деякі RAMDAC мають розрядність по кожному каналу 10 біт (1024 рівня яскравості), що дозволяє відразу відобразити більше 1 млрд. кольорів, але ця можливість практично не використовується. Для підтримки другого монітора часто встановлюють другий ЦАП. Відзначимо, що монітори й відеопроєктори, що підключаються до цифрового DVI виходу відеокарти, для перетворення потоку цифрових даних використовують власні цифро-аналогові перетворювачі й від характеристик ЦАП відеокарти не залежать.

5) **Відео-ПЗУ (Video ROM)** — постійний запам'ятовувальний пристрій, у який записані відео-BIOS, екранні шрифти, службові таблиці й т.п. ПЗУ не використовується відеоконтролером прямо — до нього звертається тільки центральний процесор. Зберігаєме в ПЗУ відео-BIOS забезпечує ініціалізацію й роботу відеокарти до завантаження основної операційної системи, а також містить системні дані, які можуть читатися й інтерпретуватися відеодрайвером у процесі роботи (залежно від застосовуваного методу поділу відповідальності між драйвером і BIOS). На багатьох сучасних картах установлюються електрично перепрограмувальні ПЗУ (EEPROM, Flash ROM), допускаючи перезапис відео-BIOS самим користувачем за допомогою спеціальної програми.

6) **Система охолодження** — призначена для збереження температурного режиму відеопроцесора й відеопам'яті в припустимих межах.

7) **Інтерфейси з'єднання з чипсетом системної плати.** Перша перешкода до підвищення швидкодії відеосистеми — це інтерфейс передачі даних, до якого підключений відеоадаптер. Як би не був швидкий процесор відеоадаптера, більша частина його можливостей залишиться незадіяною, якщо не будуть забезпечені відповідні канали обміну інформацією між ним, центральним процесором, оперативною пам'яттю комп'ютера й додатковими відеопристроями. Основним каналом передачі даних є інтерфейсна шина материнської плати, через яку за-

безпечується обмін даними із центральним процесором і оперативною пам'яттю. Інтерфейс відеокарти забезпечує з'єднання з іншими компонентами комп'ютера. Спочатку для установки відеоадаптера використалася шина *ISA*, пізніше спеціалізована шина *VESALocal Bus (VLB)*, надалі універсальна шина *PCI*. Ріст продуктивності відеоадаптерів зажадав розробки й впровадження спеціалізованого інтерфейсу *AGP (Accelerated Graphic Port -*прискорений графічний порт), що забезпечив пріоритетний доступ відеоадаптера до системної пам'яті й пікову пропускну здатність шини 2133 Мбайт/с (версія *AGP8X*). Черговим етапом у розвитку відеоадаптерів став перехід на послідовний інтерфейс *PCI Express*, його пропускну здатність досягає декількох десятків ГБ/с. Зараз для підключення графічних карт використовується версія *PCI Express x16* з піковою пропускну здатністю шини від 4000 Мбайт/с в обох напрямках. Ширину пропускання каналу *PCI Express* можна масштабувати за рахунок додавання каналів з даними, при цьому виходять відповідні модифікації шини (*PCI-E x1, x4, x8, x16*). Продуктивність пристрою *PCI-E* характеризується числом використовуваних сигнальних ліній (*lanes*). Одна лінія має пропускну здатність 250 Мбайт/с (за винятком накладних витрат) у кожному напрямку передачі сигналів. Так, інтерфейс *PCI-E 16x* (16 ліній) має пропускну здатність 4 Гбайт/с. Наявність двох однакових слотів *PCI-E* дозволить використати відразу два відеоадаптери в паралельному режимі *SLI/CrossFire*. **8) Тактові генератори. 9) Аналогові елементи.** Відеокарти забезпечують стабільне живлення мікросхем і формування сигналів потрібної форми на аналогових виходах (на монітор і телевізор). Відеокарти високої продуктивності споживають багато енергії, більше 75 Вт (максимальної потужності, підтримуваної інтерфейсом *PCI Express*). Кола живлення шини *AGP* або *PCI Express* таку потужність забезпечити не можуть. Тому відеокарти високої продуктивності часто постачають додатковим роз'ємом, що підключають безпосередньо до блоку живлення комп'ютера. Аналогові сигнали на виходах до монітора й телевізора вимагають узгодження по ємності й опору із приймачами, а також захисту від перешкод. Для цього використовують ретельно розраховані *RC* - кола. Якість вихідних сигналів відеокарти значною мірою визначається якістю використовуваних аналогових компонентів, технологічною досконалістю друкованої плати й методами пайки елементів.

Правильна й повнофункціональна робота графічного адаптера забезпечується за допомогою **відеодрайвера** — спеціального програмно-

го забезпечення, що поставляється виробником відеокарти й запускається операційною системою в процесі завантаження. Відеодрайвер виконує функції інтерфейсу між системою з запущеними в ній додатками й відеоадаптером. Так само як і відео-BIOS, відеодрайвер організує й програмно контролює роботу всіх частин відеоадаптера через спеціальні регістри керування, доступ до яких відбувається через відповідну шину.

Сучасна відеокарта являє собою багатошарову друковану плату, на якій змонтовані мікросхеми, конденсатори й деякі інші радіодеталі, а також роз'єми для підключення монітора (або двох), і, у багатьох випадках, телевізора. Окремі моделі мають відеовхід, виконаний у вигляді роз'єма RCA, а іноді він з'єднується з відеовиходом.

**Апаратний тесселятор – вирішує завдання:** криві Безье, N-патчи, B-сплайни, NURB, NUB, поверхні з деталізацією, що настроюється (Subdivision surfaces): Loop і Catmull-Clark.

Приведемо для приклада технічні характеристики сучасного графічного процесора G80: - кодова назва G80, товарна марка GeForce 8800; - технологія виробництва - 0,09-мікронна; - 681 мільйон транзисторів (GTX); - уніфікована архітектура з 128 (GTX) або 96 (GTS) універсальних поточкових процесорів; - повна підтримка Direct 10, включаючи шейдери версії 4; - тактова частота ядра - 575 МГц (GTX) або 500 МГц (GTS), поточкові процесори працюють на частоті 1350 (GTX) або 1200 (GTS) МГц; - оперативна пам'ять типу GDDR об'ємом 768 (GTX) або 640 (GTS) Мб з ефективною частотою 1800 (GTX) або 1600 МГц (GTS); - 384- або 320-розрядна шина пам'яті; - окрема мікросхема інтерфейсного контролера NVIO (інтерфейси 2 RAMDAC, 2 Dual DVI, HDMI і HDTV).

### **Основні характеристики графічної плати**

Графічні процесори містять багато функціональних блоків, від кількості й характеристик яких залежить швидкість рендеринга, що впливає на комфортність роботи. По порівняльній кількості цих блоків у різних відеочипах можна приблизно оцінити, наскільки швидкий той або інший GPU. Характеристик у відеочипів досить багато, у цьому розділі ми розглянемо найважливіші з них: - ширина шини пам'яті, вимірюється в бітах — кількість біт інформації, переданої за такт. Важливий параметр у продуктивності карти. Сучасні відеокарти використовують різну ширину шини: від 64 до 512 біт, залежно від цінового діапазону й часу випуску моделі GPU. - Кількість відеопам'яті, вимірюється в мегабайтах — убудована

оперативна пам'ять на самій платі, значення показує, який обсяг інформації може зберігати графічна плата. - Частоти ядра й пам'яті — вимірюються в мегагерцах, чим більше, тим швидше відеокарта буде обробляти інформацію. Частота шини пам'яті на сучасних відеокартах буває від 500 МГц до 2000 МГц. - Техпроцес — технологія друку, указується характерний розмір, вимірюваний у нанометрах (нм); сучасні карти випускаються по 90-, 80- 65 або 55-нм нормах техпроцесу. Чим менше даний параметр, тим більше елементів можна вмістити на кристали. - Текстурна й піксельна швидкість заповнення — вимірюється в млн. пікселів у секунду, показує кількість виведеної інформації в одиницю часу. - Виводи карти — спочатку відеоадаптер мав один роз'єм VGA (15-контактний D-Sub). У цей час плати оснащують одним або двома роз'ємами DVI або HDMI, або Display Port. Порти D-SUB, DVI і HDMI є еволюційними стадіями розвитку стандарту передачі відеосигналу, тому для з'єднання пристроїв із цими типами портів можливе використання перехідників. Display Port дозволяє підключати до чотирьох пристроїв, у тому числі акустичні системи, USB-концентратори й інші пристрої вводу-виводу. На відеокарті також можливе розміщення композитних і S-Video відеовиходів.

- **Тактова частота відеочипа.** Робоча частота GPU вимірюється в мегагерцах, у мільйонах тактів у секунду. Ця характеристика прямо впливає на продуктивність відеочипа, чим вона вище, тим більший об'єм роботи чип може виконати в одиницю часу, обробити більшу кількість вершин і пікселів. Бувають випадки, коли тактова частота для окремих блоків GPU відрізняється від частоти роботи всього іншого чипа. Тобто, різні частини GPU працюють на різних частотах, і зроблено це для збільшення ефективності, адже деякі блоки здатні працювати на підвищених частотах, а інших - ні. Як приклад можна назвати сімейство GeForce 8800 від NVIDIA, відеочип моделі GTS працює на частоті 512 МГц, але універсальні шейдерні блоки тактуються на значно більш високій частоті - 1200 МГц. -

**Швидкість заповнення (філлрейт) —** показує, з якою швидкістю відеочип здатен малювати піксели. Розрізняють два типи філлрейта: *піксельний* (pixel fill rate) і *текстурний* (texel rate). Піксельна швидкість заповнення показує швидкість малювання пікселей на екрані й залежить від робочої частоти й кількості блоків ROP (блоків операцій растеризації й блендинга), а текстурна - це швидкість вибірки текстурних даних, що залежить від частоти роботи й кількості текстурних блоків. Наприклад, піксельний філлрейт в GeForce 7900 GTX дорівнює 650 (частота чипа) x 16

(кількість блоків ROP) = 10400 мегапікселей у секунду, а текстурний - 650 x 24 (у блоках текстурування) = 15600 мегапікселей/с. Чим більше перше число тим швидше відеокарта може відмальовувати готові піксели, а чим більше друге - тим швидше виробляється вибірка текстурних даних. Обидва параметри важливі й повинні бути збалансовані. Тому кількість блоків ROP у чипах сімейства G7x, на яких побудоване сімейство GeForce 7, менше кількості текстурних і піксельних блоків.

- **Кількість блоків піксельних шейдерів** (або піксельних процесорів). Піксельні процесори - це одні з головних блоків відеочипа, які виконують спеціальні програми, відомі як піксельні шейдери. По числу блоків піксельних шейдерів і їхній частоті можна порівнювати шейдерну продуктивність різних відеокарт.

- **Кількість блоків вершинних шейдерів** (вершинних процесорів). Аналогічно попередньому пункту, ці блоки виконують програми шейдерів, але вже вершинних.

- **Кількість уніфікованих шейдерних блоків** (або універсальних процесорів). Уніфіковані шейдерні блоки поєднують два типи перерахованих вище блоків, вони можуть виконувати як вершинні, так і піксельні програми (а також геометричні, які з'явилися в Direct 10). Уніфікація блоків шейдерів означає, що код різних шейдерних програм (вершинних, піксельних і геометричних) універсальний, і відповідні уніфіковані процесори можуть виконати будь-які програми з перерахованих вище. Відповідно, у нових архітектурах число піксельних, вершинних і геометричних шейдерних блоків як би зливається в одне число - кількість універсальних процесорів.

- **Блоки текстурування (TMU)** працюють разом із шейдерними процесорами зазначених типів, ними здійснюється вибірка й фільтрація текстурних даних, необхідних для побудови сцени. Число текстурних блоків у відеочипі визначає текстурну продуктивність, швидкість вибірки з текстур. Кількість блоків TMU і відповідна висока текстурна продуктивність є найважливішими параметрами відеочипів. Особливий вплив цей параметр надає на швидкість при трілінійній і анізотропній фільтраціях, що вимагають додаткових текстурних вибірок.

- **Блоки операцій растеризації (ROP)** – здійснюють операції запису розрахованих відеокартою пікселей у буфери й операції їхнього змішування (блендинга). Продуктивність блоків ROP впливає на філлрейт і це одна з основних характеристик відеокарт.

Відзначимо, що сучасні відеочіпи не можна оцінювати тільки числом блоків і їхньою частотою. Кожна серія GPU використовує нову архітектуру, у якій виконавчі блоки сильно відрізняються від старих, та й співвідношення кількості різних блоків може відрізнитися.

**Технологія SLI (Scalable Link Interface)** - масштабований з'єднувальний інтерфейс. Технологія *nVidia SLI* вимагає наявності двох однакових відеокарт із підтримкою *SLI*, системної плати, також підтримуючої *SLI*, перехідника *MIO*, що зв'язує відеокарти, драйвера ForceWare відповідної версії. Технологія *SLI* підтримує два режими роботи пари відеокарт: *Split Frame Rendering (SFR)* і *Alternate Frame Rendering (AFR)*. У режимі *Split Frame Rendering (SFR)* відбувається поділ кадру на дві частини, за рендеринг кожної з яких відповідає окремий відеоадаптер. При цьому кадр розділяється динамічно залежно від складності сцени. Такий режим дозволяє домогтися максимальної продуктивності, тому що навантаження на кожну карту розподіляються рівномірно. Метод поділу називається *Symmetric Multi-Rendering with Dynamic Load Balancing (SMR)*, тобто симетричний мультирендеринг з динамічним розподілом навантаження. У режимі *Alternate Frame Rendering (AFR)* відбувається почерговий рендеринг кадрів кожним відеоадаптером. З огляду на високу пропускну здатність інтерфейсу *PCI Express*, можна було обмежитися передачею даних по цій шині, однак з метою мінімізувати можливі затримки відеокарти *SLI* оснащуються інтерфейсом *MIO*.

**Блок антиалиасинга** – присутній у всіх сучасних відеокартах. У ньому на апаратному рівні відбувається згладжування зображення (тобто, рятування від ламаних ліній). Існують два види згладжування: методами суперсемпленгу й мультисемпленгу. При суперсемпленгу зображення будується в спеціальному буфері, дозвіл якого збільшено стосовно дозволу екрана. Збільшення може бути 2X (сцена будується в буфері, у два рази збільшеному по горизонталі), або 4X (буфер має розмір у два рази ширше й вище, ніж розмір вихідного зображення). Потім кольори кожних двох (або чотирьох) семплів із цього буфера змішуються, і отриманий колір присвоюється пікселю на екрані. Але, навіщо нам згладжувати всю картинку повністю, або для кожної ділянки, що згладжується, обчислювати кольори заново? Адже, не все зображення складається зламаних ліній (наприклад, для трикутника потрібно згладити тільки куточки, а не всю його область), та й отриманий один раз колір можна використати й на інших ділянках зображення (а не для кожного пікселя об-



числювати кольори по-новому, як це робиться при суперсемпленгу). Вам вже стало зрозуміло, у чому полягає суть мультисемпленга. У випадку з мультисемплингом, згладжування відбувається вибірково, тим самим значно заощаджуються ресурси прискорювача. Згладжування методом мультисемпленгу є переважним, але не всі відеокарти підтримують його.

**Кількість конвеєрів.** Чим більше конвеєрів підтримує відеокарта, тим краще. Крім кількості підтримуваних конвеєрів важливе число текстурних блоків. Щоб довідатися, скільки текстур відеокарта зможе накласти на об'єкт за один прохід, необхідно кількість конвеєрів помножити на число текстурних блоків. Мінімальна вимога для Direct9-сумісних прискорювачів - це 16 текстур за один прохід.

**T&L (Transform & Lighting). Трансформація й Висвітлення** - це процес переносу інформації про 3D світі (позиція об'єктів, дистанція між ними, джерела світла) в 2D зображення, що у дійсності й відображається на екрані. Створення об'єктів зі складною геометрією (а тим більше, висвітленням) вимагає великих швидкостей обробки даних. Всю цю роботу доводилося робити процесору (при використанні програмного T&L). І після того, як відеокарта почала сама "турбуватися" про трансформацію й висвітлення, досить велике навантаження спало з центрального процесора, тим самим, давши більше процесорного часу й потужності для інших завдань. Наявність апаратної підтримки T&L грає дуже важливу роль.

**Програмні інтерфейси.** Оскільки серцем сучасного відеоадаптера є графічний процесор, що має власну систему команд, ефективне використання можливостей 3D-прискорювача має на увазі розуміння такої системи команд прикладними програмами. Для рішення цього завдання використовуються спеціалізовані прикладні програмні бібліотеки, або інтерфейси прикладного програмування (API — *Application Program Interface*). Використання *API* дозволяє розроблювачам програм робити їх універсальними, абстрагуючись від низькорівневих команд конкретного графічного процесора. Переважна більшість прикладних програм, що працюють з тривимірними об'єктами, опираються на одну із двох типових бібліотек — *OpenGL* або *Direct*.

### **Основні принципи роботи 3D-прискорювачів**

Покоління 3D-прискорювачів прискорювачів у відеокартах можна вважати за версією Direct, що вони підтримують. Розрізняють наступні

покоління: Direct 7 - карта не підтримує шейдери, всі картинки рисуються накладенням текстур; Direct 8 - підтримка піксельних шейдерів версій 1.0, 1.1 і 1.2, в DX 8.1 ще й версію 1.4, підтримка вешинних шейдерів версії 1.0; Direct 9 - підтримка піксельних шейдерів версій 2.0, 2.0a і 2.0b, 3.0; Direct 10 - підтримка уніфікованих шейдерів версії 4.0; Direct 10.1 - підтримка уніфікованих шейдерів версії 4.1. Також покоління прискорювачів у відеокартах можна вважати за версією OpenGL, що вони підтримують: OpenGL 1.0, OpenGL 1.2, OpenGL 1.4, OpenGL 2.0, OpenGL 2.1.

Нагадаємо, що *API* (Application Program Interface) *Direct* призначено для: • програмування двомірної графіки (модуль *Direct Draw*); • створення тривимірної графіки (модуль *Direct3D*); • роботи зі звуками й музикою (модулі *DirectSound* і *DirectMusic*); • підтримки пристроїв введення (модуль *DirectInput*); • розробки мережних ігор (модуль *DirectPlay*). Таким чином, *Direct* являє собою набір з декількох порівняно незалежних *API*, що дозволяють розроблювачам інтерактивних додатків одержувати доступ до специфічних функцій апаратного забезпечення без необхідності написання апаратно залежного програмного коду. *Direct* заснований на наборі інтерфейсів *Component Object Model* (компонентна модель об'єктів), а об'єкти *COM* можуть описуватися практично будь-якими мовами програмування, наприклад *C/C++*, *Delphi* і навіть *Basic*. Популярність *Direct* пояснюється його здатністю забезпечити всі потреби розроблювачів ігор і заліза: від створення тривимірної графіки й користувальницького інтерфейсу введення, до підтримки мережних віртуальних мирів.

Графічний стандарт *OpenGL* (*Open Graphics Library* - відкрита графічна бібліотека): програми, написані за допомогою *OpenGL*, можна переносити практично на будь-які платформи, одержуючи при цьому однаковий результат. Базовий набір *OpenGL* містить у собі близько 150 різних команд, за допомогою яких реалізують основні функції: визначення об'єктів, зазначення їх місця розташування в тривимірному просторі, установку інших параметрів (поворот, масштаб), зміна властивостей об'єктів (кольори, текстура, матеріал), положення спостерігача. Додаткові бібліотеки *OpenGL* (розширення) реалізують функції, відсутні в стандартній бібліотеці. Розроблювачі відеоадаптерів створюють власні розширення *OpenGL*, що враховують можливості конкретного графічного процесора.

З технічної точки зору тривимірна 3D-графіка — це система візуального подання сцени або об'єкта в 3-х мірній системі координат, що використовується з метою більш реалістичного відображення інформації. Ця

технологія дозволяє користувачам комп'ютера на двомірному екрані бачити тримірне зображення. Сучасні графічні процесори для ПК працюють з полігональною графікою, тобто будь-який об'єкт представляється як набір плоских багатокутників, які розбиваються на найпростіші трикутники. Об'єкт задається вершинами, що визначають ключові точки, і полігонами, які утворені лініями, що з'єднують вершини. Кольор на полігони накладається по спеціальних алгоритмах зафарбування, як правило, з використанням заздалегідь намальованих плоских зображень (текстур). Завдання графічного процесора зводиться до того, щоб намалювати й зафарбувати якнайбільше полігонів за одиницю часу. У професійних 3D-прискорювачах іноді використовується інший спосіб побудови тривимірних сцен — методом зворотного трасування променів, що вимагає набагато більших обчислювальних ресурсів. Для відображення трикутників на площині використовується метод однорідних координат, що опирається на матриці перетворення й проектування. Розрахунок положення будь-якої точки тривимірної сцени на площині зводиться до множення вектора вихідних координат на ці матриці. Розрахунок геометрії сцени не становить для сучасного центрального процесора особливого труда. Проблеми починаються при зафарбуванні полігонів і визначенні видимих поверхонь, тобто при зіставленні глибини розташування полігонів щодо спостерігача. Реалістичність зображення в тривимірній сцені багато в чому визначається якістю текстур - заздалегідь намальованих картинок, накладених на полігони. Для кожної вершини вказуються її координати в площині зображення-текстури. При розрахунку кольорів конкретної точки полігона враховується її розташування щодо вершин трикутника й точці присвоюється колір, аналогічний кольору відповідної точки текстури. Розрахунки виходять дуже трудомісткими, особливо з урахуванням накладення декількох текстур. Тому прискорювачі тривимірної графіки в першу чергу були створені для апаратного прискорення зафарбування.

На рис. 4.4 наведена принципова схема конвеєра 3D-графіки. Кожна стадія побудови зображення ресурсоемна, вимагає багато розрахунків. Логічним є крок винесення їх з CPU і переправляння на спеціалізований процесор відеокарти, враховуючи, що графічні дані мають потоковий характер, і обчислювальну потребу значно більшу, ніж логічну.

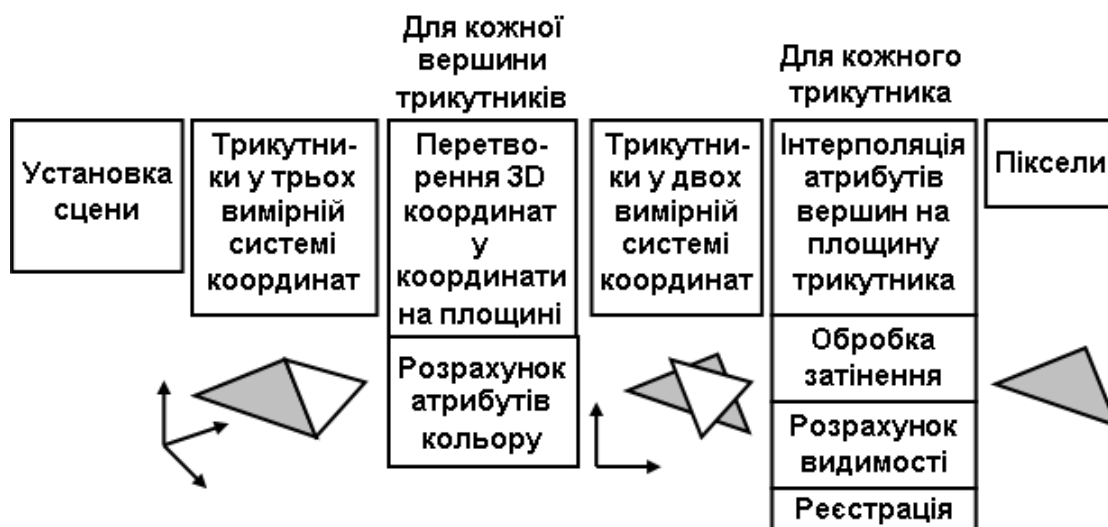


Рис. 4.4. Принципова схема конвеєра 3D-графіки

Визначившись із загальним пристроєм конвеєра, ми розглянемо вершинний і фрагментний процесори. **Шейдер** – це програма, що завантажується в прискорювач, і конфігурує його вузли для обробки відповідних елементів. Шейдери діляться за своїми функціями на **вершинні й фрагментні (піксельні)**: перші працюють з вершинами й трикутниками, замінюючи собою функціональність TCL блоку Фрагментні шейдери служать для створення програм обробки фрагментів розмірів 2x2 піксела – квадів. Вони необхідні для реалізації деяких текстурних ефектів. Шейдери характеризуються номером версії - кожна наступна додає до попередньої нові можливості. Однієї з розповсюджених з останніх специфікацій шейдерів на сьогоднішній день є версія 3.0, підтримувана через API Direct 9c,10. Із впровадженням революційного графічного процесора G80 від NVidia у графічний конвеєр був доданий шейдер нового типу - **геометричний**. Його призначення - обробляти вхідні примітиви (точки, лінії, трикутники) і, якщо необхідно, генерувати нові. Із впровадженням геометричного шейдера програміст одержує можливість працювати із групою елементів, а також створювати безліч нових примітивів - і все це протягом виконання одного шейдера в універсальному шейдерному процесорі! Це відкриває дорогу для безлічі нових алгоритмів. Геометричний шейдер у цей час активно експлуатується графічними додатками через здатність працювати з безліччю елементів одночасно.

**Апаратне прискорення 3-х мірної графіки.** Прискорювач 3-х мірної графіки підвищує продуктивність комп'ютера за рахунок звільнення центрального процесора від виконання обчислювальних операцій, необ-

хідних для візуалізації сцен. У більшості випадків ці завдання виконують графічний процесор (процесори), розташований на самому прискорювачі 3-х мірної графіки. Сучасні прискорювачі 3-х мірної графіки можуть виконувати велику кількість функцій, деякі з них приводяться нижче (без опису): - корекція перспективи текстурних карт; - методи відображення текстур: - крапкова вибірка (Point sampling), - фільтрація, - множинне відображення (MIP mapping), - вуалірування (Fogging); - висвітлення; - прозорість текстури; - апаратна z-буферізація; - палітрові текстури; - альфа-сполучення (alpha-blending); - зафарбування Гуро; - подвійна буферізація; - псевдозмішування кольорів (color dithering); - згладжування контурних нерівностей (anti-aliasing); - накладення нерівностей (bump mapping).

**Графічний конвеєр** (graphic pipeline) — це програмно-апаратний засіб, що перетворює опис об'єктів в «світі» додатка в матрицю комірок відеопам'яті растрового дисплея. У глобальних координатах додаток створює об'єкти, що складаються із тривимірних примітивів. У цьому ж просторі розташовуються джерела висвітлення, а також визначаються точка зору й напрямок погляду спостерігача. Природно, що спостерігачеві видна тільки частина об'єктів: будь-яке тіло має як видиму (звернену до спостерігача), так і невидиму (зворотну) сторону. Крім того, тіла можуть повністю або частково перекриватися. Взаємне розташування об'єктів відносно один одного і їхню видимість для зафіксованого спостерігача обробляються на першій стадії графічного конвеєра, називаною *трансформацією* (transformation). На цій стадії виконуються обертання, переміщення й масштабування об'єктів, а потім і перетворення із глобального простору в простір спостереження (world-to-viewspace transform), а з нього й перетворення в «вікно» спостереження (viewspace-to-window transform), включаючи й проектування з урахуванням перспективи. Попутно з перетворенням із глобального простору в простір спостереження (до нього або після) відбувається видалення невидимих поверхонь, що значно скорочує обсяг інформації, яка бере участь у подальшій обробці. На наступній стадії конвеєра (lighting) визначається *освітленість* (і кольори) кожної крапки проекції об'єктів, обумовлена встановленими джерелами висвітлення й властивостями поверхонь об'єктів. І нарешті, на стадії *растеризації* (rasterization) формується растровий образ у відеопам'яті. На цій стадії на зображення поверхонь наносяться текстури й виконується інтерполяція інтенсивності кольору точок, що поліпшує

сприйняття сформованого зображення. Процес створення растрового зображення тривимірних об'єктів називається *рендерингом* (rendering).

## 4.2. Охолодження відеосистем

Сучасні високопродуктивні комп'ютери вимагають адекватних відеосистем. Необхідні теплові режими їх роботи забезпечуються відповідними засобами — кулерами. У складі традиційних кулерів на додаток до металевих радіаторів використовуються також і швидкісні вентилятори, які внаслідок своєї роботи є потужними джерелами акустичного шуму. Однак завдяки застосуванню сучасних технологій можливі варіанти охолодних систем і без вентиляторів. Як приклад одного з таких рішень можна привести відеокарту Gigabyte GV-RX16P256D-RH, створену на основі відеочипа ATIRADEON X1600 Pro. Зовнішній вигляд відеокарти наведений на рис. 4.5. В охолодній конструкції відзначені теплові трубки.

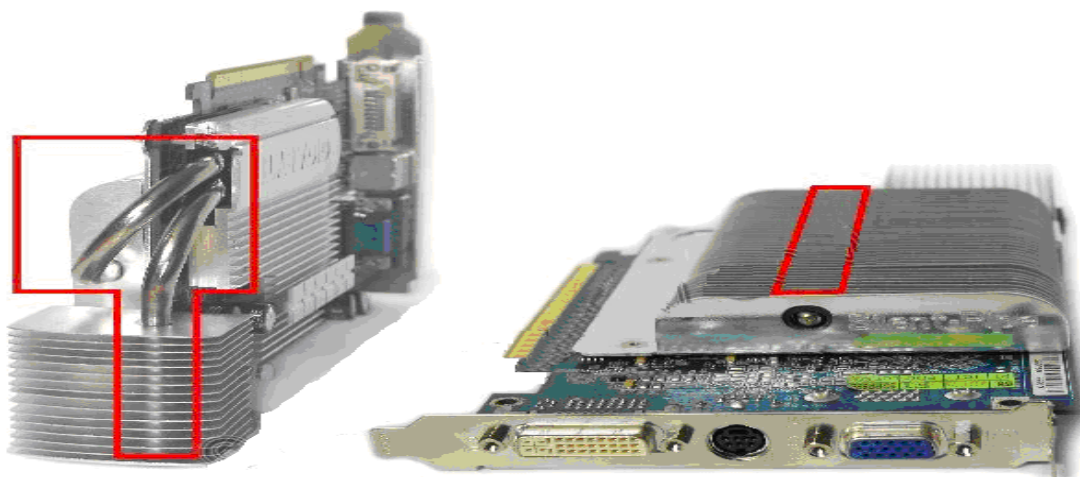


Рис. 5. Зовнішній вигляд відеокарти Gigabyte GV-RX16P256D-RH з охолодною конструкцією

Такі трубки одержали найменування теплових (Heat Pipe). Принцип роботи теплових трубок заснований на теплофізиці фазових переходів рідин, укладених у порожні трубки, що виконують роль транспортних засобів передачі теплової енергії. Спеціально підібрана рідина під дією тепла, що утвориться, наприклад, від роботи графічних або центральних процесорів переходить у газоподібний стан. При цьому за рахунок фазового переходу поглинається дуже велика кількість тепла. У пароподібно-

му стані рідина досягає холодного кінця теплової трубки, з'єднаної з радіатором, що розсіює тепло. За рахунок охолодження рідина в тепловій трубці конденсується, віддаючи тепло трубці, а від її й радіатору. На цьому етапі теплота паротворення повертається назад через радіатор у навколишнє повітряне середовище. Внутрішня поверхня порожньої металевий трубки, що виконує роль теплової, покрита спеціальною капілярно-пористою речовиною. Рідина, що сконденсувалася, за рахунок сил поверхневого натягу через даний пористий матеріал попадає знову в гарячу область. На цьому етапі цикл закінчується, щоб повторюватися знову. Це й забезпечує роботу теплового насоса, роль якого виконує описана тепла трубка, що передає теплову енергію від напівпровідникового елемента, що захищає, до радіатора. Така трубка здатна передавати теплову енергію в більших кількостях і з високою швидкістю. Використання теплових трубок дозволяє створювати конструкції з декількох з'єднаних разом радіаторів. Така конструкція дозволяє підтримувати необхідний тепловий режим роботи комплектуючих відеокарти при відсутності акустичного шуму.

### 4.3. Основні принципи виведення зображень

У відеосистемах сучасних комп'ютерів використовується растровий метод виводу зображення. **Растровий метод** має на увазі, що якийсь інструмент, що малює, здатний залишати видимий слід, сканує всю поверхню, на яку виводиться зображення. Траєкторія руху інструмента постійна й не залежить від виведеного зображення, але інструмент може малювати, а може й не малювати окремі точки траєкторії. Видиме зображення утвориться точками, що залишають їм. У випадку відеомонітора інструментом є модульований промінь (або три променя базисних кольорів), построчно скануючи екран і викликаючи свічення люмінофора, нанесеного на внутрішню поверхню екрану. Кожний рядок растру розбивається на деяку кількість точок — *пікселів* (pixel — picture element), за світленням кожної з яких окремо може управляти пристрій, що формує зображення (графічна карта). Відеомонітор є растровим пристроєм виводу динамічно змінюваних зображень. Його промінь сканує екран з частотою, що не повинна дозволяти оку бачити мерехтіння зображення. Растровими пристроями виводу статичних зображень є принтери, у яких сканування аркуша виробляється однократно (хоча можливі й багатораз-

зові проходи). Крім растрових пристроїв використовуються **векторні пристрої виводу зображень**, у яких інструмент прорисовує тільки зображені фігури і його траєкторія руху визначається виведеним зображенням. Зображення складається з графічних примітивів, якими можуть бути відрізки прямих - вектори (звідки й назва методу), дуги, окружності. До векторних пристроїв виводу статичних зображень відносяться пір'яні плотери.

**Способи формування зображення в графічному адаптері.** З попередні ясно, що є матриця точок екрана, утворена горизонтальними рядками растра (номер рядка - вертикальна координата матриці) і точками розкладання рядка (номер точки в рядку - горизонтальна координата матриці), котра сканується рядковим або черезрядковим образом, і під час прямого ходу променя по видимих рядках графічний адаптер повинен формувати сигнали керування яскравістю базисних кольорів монітора. За цей час послідовно (і синхронно з ходом променя) повинна виводитися інформація про яскравість і кольори всіх точок даного рядка. Синхронізація забезпечується формуванням горизонтальних і вертикальних синхроімпульсів. Таким чином, графічний адаптер є пристроєм, що задає, а монітор зі своїми внутрішніми пристроями повинен працювати у відповідності заданими параметрами синхронізації.

Відомі два основних режими виводу інформації - графічний і символний (текстовий). Сучасні дисплейні адаптери працюють у графічному режимі, текстовий режим використовується тільки до завантаження ОС. У **графічному режимі** є можливість індивідуального керування світінням кожної крапки екрана монітора незалежно від стану інших. Цей режим позначають як *Gr* (Graphics) або *APA* (All Points Addressable — «всі точки адресуєми»). У графічному режимі кожній точці екрана — пікселу — відповідає комірка спеціальної пам'яті, що сканується схемами адаптера синхронно з рухом луча монітора. Ця постійно циклічно сканируемая (з кадровою частотою) пам'ять називається *відеопам'яттю* (video memory), або *VRAM* (Video RAM). Для програмно-керованої побудови зображень до відеопам'яті повинен забезпечуватися доступ по запису і по читанню з боку системної магістралі комп'ютера. Кількість бітів відеопам'яті, що відводиться на кожний піксел, визначає можливе число станів піксела — кольорів, градацій яскравості або інших атрибутів (наприклад, мерехтіння). В основному використовуються режими **High Color** (15 біт — 32 768 кольорів; або 16 біт — 65 536 кольорів) і **True Color** — «правдивий ко-



лір» (24 біта — 16,7 мільйона кольорів), реалізовані сучасними адаптерами й моніторами SVGA. Логічески відеопам'ять може бути організована по-різному, залежно від кількості бітів на піксел. У режимах High Color і True Color (16 і 24 біта кольорів) використовується *лінійна організація пам'яті*, послідовність байтів екранного буфера (область відеопам'яті, відображується на екрані) представляє послідовність пікселів екрану. За кожний піксел відповідають 1-4 суміжних байта. Уміст цих байтів безпосередньо задає кольори через двійкові коди рівнів інтенсивності базисних квітів RGB. Об'єм відеопам'яті (у бітах), необхідний для зберігання образу екрана, визначається як добуток кількості пікселів у рядку на кількість рядків і на кількість бітів на піксел. Якщо фізичний об'єм відеопам'яті перевищує необхідний для відображення матриці екрана, відеопам'ять можна розбити на сторінки. *Сторінка* — це область відеопам'яті, у якій уміщається образ цілого екрана. При багатосторінкової організації відеопам'яті тільки одна з них може бути активною - відображуваної на екран. *Формування бітової карти зображення у відеопам'яті графічного адаптера* виробляється під управлінням програми, яка виконується центральним процесором. В **символьному або текстовому** режимі формування зображення відбувається інакше. Як відомо, у графічному режимі (APA) кожній точці екрану відповідає комірка відеопам'яті. У текстовому режимі комірка відеопам'яті зберігає інформацію про *символ*, що займає на екрані знакомісце певного формату. *Знакомісце* являє собою матрицю точок, у якій може бути відображений один із символів певного набору. В комірці відеопам'яті зберігаються *код символу*, що визначає його індекс у таблиці символів, і *атрибути символу*, що визначають спосіб його відображення. До атрибутів ставляться: кольори фону і символу, інверсія, миготіння й підкреслення символу. Такий режим роботи називають AN (Alpha-Numerical - алфавітно-цифровий), але частіше — TXT(text — текстовий). У текстовому режимі екран організується у вигляді матриці знакомісць, утвореної горизонтальними лініями (Line, LIN) і вертикальними колонками (Column, COL). Цій матриці відповідає аналогічним образом організована відеопам'ять. Адаптер, що працює в текстовому режимі, має додатковий блок — **знакогенератор**. Під час сканування екрану вибірка даних із чергової комірки відеопам'яті відбувається при підході до відповідного знакомісця, причому та сама комірка відеопам'яті вибирається при проході по всіх рядках растру, які створюють лінію знакомісць. *Знакогенератор* являє собою запам'ятовувальний пристрій —

ОЗУ або ПЗУ. На його старші адресні входи надходить код поточного символу з відеопам'яті, а на молодші - номер поточного рядка у відображеній лінії знакомісць. Вихідні дані містять побітну розгортку поточного рядка розкладання символу (у графічному режимі ці дані надходили з відеопам'яті). Кожному знакомісцю у відеопам'яті, крім коду символу, відповідає ще й *поле атрибутів*, що звичайно має розмір 1 байт. Текстовий адаптер також має апаратні засоби керування курсором.

Оскільки в текстовому режимі в адаптер передаються тільки коди символів, заповнення всього екрана займає в десятки разів менше часу, чим побудова того ж зображення в графічному режимі. Програмний код виводу символів у текстовому режимі простіше й компактніше, ніж при програмному формуванні його растрового зображення. Тому всі графічні адаптери мають знакогенератор, що дає можливість роботи й у текстовому режимі, а при переході в графічний режим знакогенератор відключається. Інтелектуальні адаптери дозволяють виводити символи (формувати їх растрові зображення з заданим форматом знакомісць) і в графічному режимі. При цьому адаптер одержує тільки команду з вказівкою координат відображуваних символів і сам потік кодів символів, після чого швидко будує їх зображення, не відволікаючи центральний процесор.

#### 4.4. Поняття акселератора

Стосовно центрального процесора й оперативної пам'яті комп'ютера розрізняють **графічні співпроцесори й акселератори**. *Графічний співпроцесор* являє собою спеціалізований процесор з відповідним апаратним оточенням, що підключається до шини комп'ютера й має доступ до його оперативної пам'яті. У процесі своєї роботи співпроцесор користується оперативною пам'яттю, конкуруючи із центральним у плані доступу до пам'яті і до шини. *Графічний акселератор* працює автономно й при рішенні свого завдання зі своїм величезним об'ємом даних може не виходити на системну шину. Акселератори є традиційною складовою частиною практично всіх сучасних графічних адаптерів. Акселератори для двомірних операцій (2D-accelerators), необхідних для реалізації графічного інтерфейсу користувача (Graphic User Interface, GUI), часто називають *Windows-акселераторами*, оскільки їх команди звичайно орієнтовані на функції цієї популярної ОС. Більше складні акселератори виконують і тривимірні побудови, їх називають 3D-акселераторами.

Под *інтелектом графічного адаптера* мається на увазі наявність на його платі власного процесора, здатного формувати растрове зображення у відеопам'яті (bitmap) по командах, отриманим від центрального процесора. Команди орієнтуються на найбільш часто використовувані методи опису зображень, які будуються з окремих графічних елементів більш високого рівня, чим піксели.

Сучасні адаптери з 3D-акселераторами (самі критичні до продуктивності пам'яті) будуються на пам'яті SGRAM (SDRAM) з 128-розрядною шиною, а в самих потужних застосовується пам'ять SGRAM/SDRAM з подвоєною частотою передачі (Double-Data Rate, DDR). Правда, і тут повна розрядність шини (але вже внутрішньої) при малому об'ємі встановленої відеопам'яті може не використатися. Розрядність шини поки далі не збільшують, але зустрічаються адаптери й з подвійною внутрішньою шиною, здатною працювати в повнодуплексном режимі.

## **4.5. Мультідисплейні системи**

У робочих станціях сучасних видавничих систем існує необхідність і є можливість підключення й використання (одночасного) двох і більше дисплеїв, підключених до одного або декількох адаптерів, розташованих на картах розширення ISA, PCI, AGP або/і на системній платі. Графічні адаптери класу SVGA, що підтримують технологію РnP, можуть забезпечувати переміщення адрес необхідних системних ресурсів, і, отже, у системі може бути присутнім кілька таких адаптерів. Існують також і багато-канальні графічні карти, які містять кілька незалежних однотипних графічних адаптерів. Такі карти застосовують у багатотерминальних комп'ютерах на базі PC. Тест POST визначає первинний пристрій виводу, виконуючи пошук у наступному порядку: карти ISA, карти PCI (включаючи AGP), пристрої системної плати (включаючи й убудовані AGP). Первинним дисплеєм (завантажувальним пристроєм виводу) стане перше з виявлених у цьому пошуку. Такий порядок дозволяє при необхідності переміняти первинний пристрій виводу, наприклад у діагностичні й відлагодочних цілях. Однак ініціалізуються всі виявлені пристрої, і всім їм по можливості виділяються системні ресурси.

На сучасних графічних адаптерах передбачена можливість підключення двох моніторів, але вони володіють двома інтерфейсами. Один з них, як правило, VGA, іншій може бути теж VGA, але частіше - DVI, ін-

терфейс матричного дисплею або один зі стандартних телевізійних (композитний або S-Video). Інтерфейси можуть бути незалежними повністю або частково (мати різні частоти синхронізації, що актуально, наприклад, для одночасного використання VGA-монітора й телевізора). Існують графічні адаптери з двома вихідними інтерфейсними роз'ємами - VGA і дисплейної панелі (DFP), але з одним контролером ЕЛТ. У них одночасно обидва інтерфейси працювати не можуть, і при зміні типу дисплею доводиться програмно або апаратно перемикаєти вихідний інтерфейс. Програмне перемикання інтерфейсу чревате казусами: помилкове перемикання на інтерфейс DFP при наявності лише звичайного монітора приведе до того, що наступні спроби перезавантаження будуть відбуватися зі «сліпим» екраном. Якщо це відбудеться з інтегрованим адаптером, положення врятує тимчасова установка будь-якого графічного адаптера в слот розширення - мікросхема BIOS повинна сприйняти його як завантажувальний пристрій виводу, за допомогою якого настроюванням CMOS Setup можна відновити нормальне положення речей.

#### 4.6. Цифрові інтерфейси моніторів і відеосистем

З появою рідкокристалічних моніторів виявилася проблема використовуваного аналогового інтерфейсу VGA/SVGA. Відеокарта, будучи цифровим пристроєм, формує аналоговий відеосигнал, використовуючи швидкодіючу мікросхему RAMDAC. Рідкокристалічний монітор також є цифровим пристроєм, але тому що він одержує аналоговий відеосигнал, він змушений виконувати зворотне перетворення сигналу в цифрову форму. При цьому можливо виникнення помилок синхронізації, зображення може губити чіткість у певних умовах, та й компоненти, які виконують ці перетворення, досить складні, і як наслідок, дорогі. Тому виникла необхідність у розробці повністю цифрового інтерфейсу між відеокартою й монітором, що дозволило б відмовитися від складних схем RAMDAC і підвищити якість зображення. На цифровий інтерфейс при цьому поклали ще запит характеристики монітора й інші службові функції. У цей час існує три різновиди цифрового інтерфейсу для моніторів - P&D (Plug-and-Display), DPF і DVI (Digital Visual Interface). Інтерфейс **Plug-and-Display** (P&D) створений асоціацією VESA в 1997 році. У стандарт, крім підтримки цифрового й аналогового відеосигналів, була закладена інтеграція з шинами USB і FireWire. Для цього використовувався єдиний 30-

контактний роз'єм з можливістю гарячого підключення. Цифрова передача відеоданих заснована на технології PanelLink, що розроблена компанією Silicon Image. Передача даних здійснюється по трьох кручених парах з пропускною здатністю до 165 МГц. Стандарт не одержав широкого поширення, в основному через високу вартість реалізації. Але використаний у ньому протокол передачі даних за назвою TMDS (Transition Minimized Differential Signaling) одержав подальше життя в наступних розробках. Стандарт **DPF** був прийнятий асоціацією VESA в 1999 році в якості перехідного. За основу був узятий стандарт P&D, і з нього було вилучене все зайве, залишилася тільки цифрова передача. Максимальна частота передачі відеоданих не змінилася - 165 МГц. З нововведень додана підтримка специфікації DDC (Display Data Channel - стандартизація комунікаційного каналу між монітором і відеокартою) і EDID (Extended Display Identification Data - стандартизація формату подання технічних характеристик монітора). З відсутніх можливостей - підтримка гарячого включення й традиційних ЕЛТ-моніторів. За допомогою переходника DPF сумісний зі стандартом P&D. Стандарт також не одержав широкого поширення. Стандарт **DVI** розроблений групою Digital Display Working Group (DDWG) і представлений у 1999 році. Він заснований на тій же технології PanelLink, що і його попередники. Підтримується DDC і EDID, гаряче підключення пристроїв, а також один аналоговий і два цифрових канали, що дає можливість одержати пропускну здатність 330 МГц. Це дозволяє одержати дозвіл до 2048 x 1536 (частота кадрів 60 Гц) або 1920x1080 (частота кадрів 85 Гц). Обговорено й мінімально можливий дозвіл - 640x480 при частоті кадрів 65 Гц (стандарт VGA). Інтерфейс сумісний з DFP і P&D при використанні відповідних адаптерів. Роз'єм DVI існує у двох основних варіантів. Варіант DVI-D реалізує тільки цифровий інтерфейс. Зовнішній вигляд такого роз'єму й призначення контактів ми вивчимо в лабораторній роботі. Варіант роз'єму DVI, що містить як цифровий, так і аналоговий тракт передачі даних, допускає гаряче підключення, для чого його контакти мають різну довжину.

#### **4.7. Заключні відомості про параметри відеосистеми**

Розглянувши роботу відеосистеми, можна сформулювати й пояснити її основні параметри, обумовлені використанням дисплейним адаптером, дисплеєм і інтерфейсом, їх що зв'язує. Дозвіл, або роздільна

здатність, у графічному режимі визначається кількістю точок у рядку по горизонталі й числом рядків на екрані (наприклад, 800x600 - 800 точок, 600 рядків). Чим більше дозвіл, тим більше інформації можна вивести на екран із прийнятною якістю зображення. Досяжний дозвіл визначається монітором, графічним адаптером і засобами їхньої зв'язку. Максимальний дозвіл ЕЛТ-монітора визначається розмірами екрана, зерна й смугою пропущення його відеотракту. Для РК-моніторів рекомендований дозвіл - його розмір матриці; всі інші варіанти реалізуються шляхом інтерполяції з втратою якості. Максимальний дозвіл графічного адаптера визначається об'ємом установленної пам'яті й бажаною кількістю кольорів. Дозвіл, з яким нормально працює вся графічна підсистема, і припустима частота розгорнення взаємозалежні. Частота регенерації (refresh rate), або сканування, і режим сканування визначають якість (стійкість) виведеного зображення. Частота регенерації є частотою кадрової (вертикальної) розгортки. При частоті кадровій розгортки 60 Гц і нижче зображення на ЕЛТ-моніторі мерехтить, що особливо помітно на більших світлих зображеннях. Режим розгорнення, або сканування (scan mode): *NI* (Non-interlaced) — прогресивний, або порядковий, *I* (Interlaced) — черезрядковий. У сучасних системах черезрядкове розгорнення застосовується тільки в крайніх випадках, коли потрібно занадто високий дозвіл. У графічному адаптері граничне сполучення дозволу екрана й частоти регенерації визначається припустимою частотою роботи RAMDAC. Можливості передачі кольору характеризуються максимальним числом одночасно присутніх кольорів на екрані й колірною гамою — кількістю можливих кольорів, відображуваних монітором. Кількість одночасно присутніх кольорів визначається кількістю бітів відеопам'яті на елемент зображення в обраному відеорежимі: CGA - 2 біти/4 кольори, EGA - 4 біти/16 кольорів, VGA - 8 бітів/256 кольорів, SVGA - 15-16 бітів (High Color, 32-64 К кольорів) і 24-32 біта (True Color, 16 М кольорів). Колірна гама — дискретність відтінків виведених кольорів — для систем з ЕЛТ-монітором визначається розрядністю RAMDAC графічної карти: 18-бітний перетворювач RAMDAC має для кожних кольорів 6-бітні схеми ЦАП R,G і B, що не дозволяють вивести всі відтінки True Color; сучасні адаптери мають 24-бітні RAMDAC (по 8 біт R,G і B). Застосування 24-бітних перетворювачів RAMDAC дозволяє виконувати в адаптері гамма-корекцію - виправляти нелінійність монітора. Для правильної корекції потрібно виконувати калібрування кольорів. Для РК-моніторів гама обмежується і його вну-

трішніми пристроями ЦАП, їх калібрування досить умовне. Об'єм відео-пам'яті (локального буфера) у старих графічних адаптерах визначав співвідношення дозволу, кількості одночасно доступних кольорів і сторінок (екранних буферів). Об'єм пам'яті сучасних графічних карт значно перевищує вимоги до розміру екранного буфера. У карт з 3D-акселератором об'єм локального буфера істотно впливає на продуктивність акселератора (чим більше, тим вище), і об'єм 16 Мбайт і більше потрібний не стільки для розміщення сторінок відеопам'яті, скільки для зберігання текстур і іншої інформації, використовуваної в побудовах. На потужних ігрових картах, які часто застосовують у робочих станціях у видавничих системах, установлюють до 256 Мбайт пам'яті. Тип відеопам'яті, її тактова частота й розрядність (8, 16, 32, 64, 128 і навіть 256 біт) визначають продуктивність; у старих адаптерах ці параметри обмежували й граничну частоту регенерації. У сучасних адаптерах використовують різновиди синхронної динамічної пам'яті (DDR SDRAM, SGRAM, RDRAM) набагато більшої швидкодії, чим ОЗУ. Тип і кількість дисплейних інтерфейсів визначають можливості підключення моніторів. Більшість адаптерів мають роз'єми DB-15 з аналоговим інтерфейсом VGA, до якого підключаються звичайні ЕЛТ-монітори й плоскі панелі. Як другий інтерфейс) використовується роз'єм DVI з цифровим і, можливо, аналоговим інтерфейсом. При наявності двох інтерфейсів бажана їхня незалежність. Наявність і тип телевізійних інтерфейсів (композитний, S-Video) і їхньої функції: вихід (TV-Out) і/або вхід (TV-In) визначають можливості взаємодії з відеосистемою. Вихід дозволяє переглядати фільми на телевізорі. Вхід дозволяє вводити інформацію для перегляду на моніторі, а при наявності засобів відеозахоплення записувати відео на диск.

Для графічних адаптерів з 3D-акселераторами є специфічні параметри:

1) Тип графічного процесора (чипсета) - їх розробляє й робить ряд фірм, у кожної фірми є ряд моделей зі своїми особливостями, достоїнствами й недоліками. Процесори можуть мати більше одного конвеєра для рендеринга, і в кожного конвеєра може бути кілька блоків текстуризації, що дозволяють за один такт накладати кілька текстур. При екстремальних вимогах до продуктивності цікава здатність до спільної роботи в парі з іншим акселератором (технології SLI, CrossFire).

2) Частота роботи графічного ядра - 125-250 Мгц.

3) Тип інтерфейсу -AGP або PCI-E.

4) Тип, розрядність шини й частота роботи локальної пам'яті, що визначають її продуктивність. Частота шини пам'яті може відрізнитися від частоти графічного ядра. Деякі чипсети, що мають кілька паралельних конвеєрів, використовують для кожного конвеєра окрему локальну пам'ять.

5) Підтримуваний об'єм локальної пам'яті - 8-256 Мбайт. Визначає кількість елементів і текстур, збережених локально, і, отже, продуктивність їхньої обробки.

6) Дозвіл екрана, з яким працює акселератор.

7) Розрядність кольорів - 16-32 біт/піксел. 16-бітний колір заощадує ресурси, необхідні для побудови зображення, але при цьому якість зображення не задовольняє вимогливого користувача. Застосовують і компромісний варіант - оптимізовані 16-бітні кольори.

8) Розрядність Z-буфера - 16/24/32 біт.

9) Швидкість обробки трикутників - характеристика продуктивності геометричної частини конвеєра.

10) Швидкість формування пікселів - 100-1000 млн. пікселів/с.

11) Підтримувана розмірність текстур: 64x64, 128x128, 256x256 - текстури малого розміру; сучасні адаптери підтримують текстури 1024x1024, 2048x2048 з 32-бітними текселями.

12) Підтримка мультитекстурировання (накладення декількох текстур). Цей список можна продовжити по реалізації всіх технологічних прийомів - алгоритмів фільтрації (білінійним, бікубічним, анізотропним...), згладжування (anti-aliasing), установки джерел висвітлення, ефектів туману, застосуванню об'ємних текстур, методів оптимізації розрахунків, що знижують об'єми обчислень, і т.п.

Можливість роботи з відеозображеннями характеризують наступні параметри:

1) Апаратна підтримка декодування MPEG-1 (для Video CD), MPEG-2 для DVD і SVCD, а також HDTV.

2) Наявність і тип входів і виходів відеосигналів. 3) Підтримка змішування відео й графіки з використанням 8-бітного параметра (у такий спосіб можна уводити субтитри).

Продуктивність дисплейного адаптера характеризується багатьма показниками, серед яких можна виділити кілька груп:

1) DOS performance - продуктивність програмного виводу символів або пікселів. Використання високопродуктивних шин PCI, AGP і PCI-E,



застосування спеціальної відеопам'яті великої розрядності, тіншової відеопам'яті й BIOS при високопродуктивному процесорі (CPU) забезпечують істотне підвищення продуктивності відеосистеми.

2) GUI (Graphic User Interface) performance (2D, або Windows performance) - продуктивність при виведенні примітивів Windows GUI. Крім вищенаведених факторів залежить і від ефективності 2D - акселератора.

3) 3D performance - продуктивність тривимірних побудов: швидкість обробки багатокутників, з яких збираються тривимірні поверхні, швидкість виводу результуючих пікселів у відеопам'ять і ряд параметрів, характерних для виконуваних спеціальних функцій.

4) Video Display performance - продуктивність виводу «живого» відео, підвищується застосуванням апаратних кодеків (MPEG і ін.). Підвищення продуктивності виражається в поліпшенні якості декодування, зменшенні числа пропущених кадрів і зниженні завантаження процесора (актуально для многозадачних ОС). Продуктивність конкретного адаптера залежить від обраного дозволу, кількості кольорів, частоти й режиму розгорнення. *ЕПТ-дисплей* (монітор) характеризується розміром екрана, зернистістю, забезпечуваними частотами розгорнень і смугою пропущення відеотракту; підтримувані режими дозволу є похідними від цих параметрів.

Крім цих параметрів, які піддаються чисельному вираженню, є й показники якості зображення на екрані:

1) чіткість і контрастність зображення;

2) яскравість і насиченість кольорів;

3) гарна відомість променів по всьому полю екрана;

4) стійкість зображення - відсутність коливання й тремтіння, рівна границя країв екрана. Відсутність мерехтіння ставиться до кількісних параметрів - частоті й режиму регенерації;

5) відсутність лун-сигналів - слабких повторів елементів зображення в негативному й позитивному виді ледве праворуч їх оригіналів.

Для *РК-дисплея* важливі розмірність матриці, що безпосередньо задає використовуваний дозвіл, і її фізичний розмір, що визначає розмір пікселів. Дисплей з дрібними пікселями (хоч їх і багато!) може виявитися некомфортним при не занадто гострому зорі, а зміна дозволу щодо розміру матриці в РК-моніторах завжди супроводжується втратою якості. До них застосовні вищенаведені показники якості (крім зведення променів,

яких у РК-моніторах немає). Додаткові кількісні показники - кут огляду й число проблемних пікселів на екрані. Нагадаємо, що в режимах з високим дозволом і високою частотою регенерації (при високій частоті виводу пікселів) на якість зображення сильно впливає якість виконання RAMDAC і розведення вихідних кіл графічного адаптера, вхідних кіл монітора й з'єднуючого їх кабелю.

### **Контрольні запитання**

1. Що таке відеоадаптер?
2. Роль відеочипа в системі.
3. Побудова зображення у відеопам'яті.
4. Поясніть поняття 2D-акселератора.
5. Поясніть поняття 3D акселератора.
6. Поясніть залежність продуктивності відеоплати від функціональних можливостей відеочипа.
7. Сучасні відеочипи, критерії вибору відеолат.
8. Що таке розгін відео плати?
8. Стисло охарактеризуйте основні компоненти відеосистеми.
9. Стисло охарактеризуйте основні мультідисплейні системи.
10. Стисло охарактеризуйте основні цифрові інтерфейси моніторів і відео систем.
11. Цифро-аналоговий перетворювач. Поясніть призначення і устрій.
12. Поясніть поняття, призначення і основні типи шейдерів.

## Модуль 2. Основні компоненти та електронні пристрої видавничих систем

### Тема 5. Пристрої вводу-виводу даних видавничих систем і їх інтерфейси

#### 5.1. Пристрої вводу

##### Основні пристрої ручного й апаратного вводу

На більшості комп'ютерів і в робочих станціях видавничих систем як пристрої вводу використовуються звичні **клавіатура й миша** – основні пристрої ручного вводу. Сучасні оптичні миші мають вбудовану відеокамеру з процесором, що обробляє отримане зображення. Ця миша не вимагає спеціального коврика й може функціонувати на будь-якій поверхні.

Практично самим доступним апаратним засобом вводу інформації в комп'ютерну систему є **модем** (модулятор-демодулятор). Джерелом інформації (не тільки текстової, але й ілюстративної) у цьому випадку може бути як передавальний пристрій кореспондентського пункту видавництва, так і глобальна комп'ютерна мережа Internet. Модем є пристроєм для підключення комп'ютера до телефонної мережі й виконання правил обміну даними між комп'ютером абонента й мережею. Він може бути виконаний у вигляді плати, що вставляється в процесорний блок комп'ютера, або окремим блоком («зовнішній модем»), що з'єднується з комп'ютером через роз'єм. Через модем у комп'ютер видавництва можуть передаватися фотографії з місця подій. Гарний цифровий фотоапарат у цьому випадку поєднує функції відразу декількох пристроїв - властиво фотоапарата (зйомка зображення), кольороподілювача (кольори відразу записується в R, G, B-складових), аналого-цифрового перетворювача й запам'ятовувального пристрою (зберігання кадрів у вигляді цифрових файлів). Як пристрої апаратного вводу у поліграфії широко застосовуються цифрові фотоапарати й відеокамери, які володіють величезними можливостями фіксації й зберігання високоякісних зображень.

Якщо за якимись причинами видавництву недоступна зйомка об'єкта, що представляє інтерес, воно може знайти потрібне зображення серед тематичних добірок (називаних також бібліотеками), широко розпо-

всюджуваних на оптичних компакт-дисках, таких наприклад, як Photo-CD. Фірма Kodak розробила стандарт форматів запису Photo-CD, що передбачає розміщення на одному диску великої кількості зображень, записаних з різним дозволом, що може практично задовольнити вимоги, пропонувані до ілюстрацій будь-якого видання - від газетних і книжково-журнальних до високомистецьких. Застосування DVD-дисків істотно розширює можливості нагромадження, зберігання й передачі інформації.

### **Основні оптоелектронні компоненти пристроїв вводу**

Сучасні комп'ютерні й оптоелектронні апаратні засоби визначають основні технічні характеристики поліграфічного обладнання. По класифікації використовуваних у поліграфії електронних систем до численного класу пристроїв вводу, призначених для оцифровки оригіналів з метою вводу інформації в комп'ютер, відносяться різноманітні апарати, в основі дії яких закладене використання оптоелектронних компонентів. Залежно від характеру оригіналу, типу вивідного пристрою, вимог до якості репродукції й іншим її фізичним параметрам (розміри зображення, стан поверхні й т.п.), а також економічних показників видання може бути обраний той або інший апарат. Ввод в комп'ютер оцифрованого зображення можна виконати, використовуючи наступні основні пристрої: 1) планшет; 2) барабанний сканер; 3) планшетний сканер; 4) слайд-сканер; 5) ручний сканер; 6) аркушевий сканер; 7) цифровий фотоапарат; 8) відеокамеру (з можливістю передачі одиничного кадру); 9) оптичний компакт-диск (CD, DVD); 10) маніпулятор миша або інший засіб керування курсором на екрані монітора (зокрема, графічний планшет), що дозволяють редагувати (і створювати) оригінали в техніці комп'ютерної графіки; 11) зображення може бути отримане по каналах зв'язку, коли природним сканером служить офісний факс; 12) електронні репродукційні апарати, називані також "компактними сканерами", "кольороподілювачами кольорокоректорами". 13) фоторепродукційні апарати; 14) контактнo-копіювальні рами; 15) копіювально-множні автомати. Докладніше устрій і основні функції перерахованих пристроїв ми розглянемо далі й у наступній лекції.

### **Планшети й інтерактивний дисплей з бездротовим пером**

Планшет (*дигитайзер*) — пристрій, що дозволяє вводити графічну інформацію від руки користувача. Планшети дозволяють вводити *абсолютні координати точок*, прив'язані до системи координат планшета (мані-

пулятори повідомляють тільки відносні переміщення). Ранні моделі дигитайзерів призначалися для уведення координат точок креслень, закріплених на планшеті за допомогою маніпуляторів з «оптичним прицілом» і декількома кнопками. По натисканні кнопки дигитайзер передає поточні координати, у графічному додатку (векторному) ці координати використовуються для малювання графічних примітивів. Сучасні планшети забезпечуються й *пером*, за допомогою якого можна малювати (або писати) і ретушувати зображення. Перо може бути чутливим до натискання й/або нахилу - інформація про натискання може управляти параметрами інструмента, що малює, у графічному додатку. Переворот пера може перетворювати «олівець» в «ластик». До складу планшета може входити спеціальна миша, який можна працювати, як звичайною. Досить широко застосовуються планшети форматів А3-А6; великоформатні планшети дороги, але для малювання й ретушування зручні (легше розмістити на столі) і маленькі планшети. Планшети забезпечують високий дозвіл (1000, 2540 dpi і вище), погрішність 0,1-0,2 мм. Число помітних градацій натискання пера може бути 256 і більше. Інтерфейс підключення - COM-порт або шина USB.

Внутрішній устрій планшетів може бути різним. Якщо планшет містить матрицю приймаючих антен, то покажчик являє собою генератор електромагнітних сигналів, що живиться від батарейки або через кабель живлення. Можлива й зворотна конструкція: передавальні антени - у планшеті, а приймач - у пері. Планшети з сенсорними панелями сприймають механічний вплив «олівця». У ряді сучасних поліграфічних робочих станцій (а крім того, у кишенькових ПК) сенсорні панелі, об'єднані з рідкокристалічним дисплеєм, є основними пристроями уведення графічної інформації й рукописного тексту.

У недосконалості стандартного інтерфейсу, коли як пристрої уведення використовуються звичні клавіатура й миша, переконався кожний, хто хоч раз намагався намалювати що-небудь за допомогою комп'ютерної миші. Використання як пристрій уведення інформації бездротового пера стало основною ідеєю всіх розробок компанії WACOM. Зовні перо виглядає як звичайна ручка, однак не містить ні батарей, ні магнітів, що робить його дуже легким і зручним в обігу. В 1993 році WACOM випустила перший багатомодовий планшет, що підтримує одночасну роботу обома руками. А через рік з'явився самий маленький у світі планшет ArtPad з пером, чутливим до сили натискання, слідом за ним — чутливе до натискання перо з функцією ластику. В 1997 році був створений модуль PenTools, що підключається до Adobe Photoshop і підтримує чутли-

вість до сили натискання й до кута нахилу пера. В 1999 році вийшов перший споживчий комплект Graphire, що складається із чутливого до сили натискання пера й прецизійний бездротової миші. Паралельно з розробкою графічних планшетів велася робота з їхньої інтеграції з рідкокристалічними дисплеями. В 1996-м був створений інтегрований з планшетом TFT-дисплей. Асортименти продукції, що випускає в сьогодні, задовольняє потреби професійних графічних дизайнерів і аматорів, поліграфістів, а також користувачів CAD/CAM-систем. Близько 70% графічних планшетів, використовуваних у настільних видавничих системах, а також при створенні ілюстративної й відеографіки, зроблені компанією WACOM. На рис. 5.1. приведено зразки прикладів графічних планшетів, використовуваних у сучасних настільних видавничих системах.



**Рис. 5.1. Приклади графічних планшетів, використовуваних у настільних видавничих системах**

В основі технології бездротового пера лежить явище електромагнітного резонансу. Сітка проводів, розташована в планшеті, генерує на радіочастоті слабе електромагнітне поле. Усередині кінчика пера розташований електромагнітний резонансний контур, що настроєний на частоту генерируемого поля і є джерелом електроенергії для мікропроцесора, що перебуває в пері. Мікропроцесор аналізує ступінь натискання на перо (датчик тиску) і стан кнопкових вимикачів, після чого сигнал через модулятор надходить на випромінюючу антену. Розташована в підставі планшета сітка проводів, подібно трансформатору, приймає посланий пером сигнал. Прийнятий сигнал, що містить інформацію про тип пера, силі натискання й положенні кнопок, аналізується мікропроцесором, у результаті чого визначається положення пера щодо планшета. На основі

аналізу діаграми спрямованості випромінюючої антени пера також обчислюється кут його нахилу щодо планшета. Описаний цикл повторюється з періодичністю в 20 мкс. Досяжна точність позиціонування за допомогою реалізованої технології становить  $\pm 0,15$  мм (дані приводяться для топ-серії Intuos<sup>2</sup>), а дозвіл дорівнює 2540 ліній на дюйм, що більш ніж у чотири рази вище, ніж у звичайної оптичної миші! При цьому забезпечується абсолютне позиціонування: кожній точці робочої поверхні планшета однозначно зіставлена позиція курсору на екрані монітора. Кут нахилу пера може бути до  $60^\circ$ , а чутливість до нахилу становить  $\pm 2^\circ$  (у межах  $0 \dots 40 \dots 40^\circ$ ) Максимальна швидкість зчитування - 200 точок у секунду. Перо розпізнає 1024 рівня натискання. У планшетів форматів A4+ і A3 точність позиціонування становить  $\pm 0,15$  мм, тоді як зі зменшенням розміру до A4, A5 або A6 точність знижується до  $\pm 0,25$  мм. Планшет починає почувати перо приблизно в 10 мм від своєї робочої поверхні, тобто під перо можна підкладати будь-які неметали (папір, плівку або плексиглас) і обводити зображення вручну. Коштовна властивість планшета - його абсолютна нечутливість до натискання сторонніми предметами, у тому числі рукою. Планшети професійної серії Intuos<sup>2</sup> мають розміри робочої області до 457x316 мм (формат A3) включно. Для рішення більшості завдань дизайну, конструювання й архітектури цілком достатньо пристроїв формату 304x316 мм (A4+). Відзначимо, що планшет Intuos<sup>2</sup> A3 важить близько 3 кг, оснащуються універсальною шиною USB і відповідають вимогам CE, FCC і Держстандарт. Споживана потужність - близько 1,2 Вт. Пір'яний пристрій уведення в плані інтерфейсних можливостей може повністю замінити класичну двохкнопочну мишу: підтримуються одинарний і подвійний клічі, а також функція перетаскування. Пір'я працюють із контактним натисканням від 30 до 400 м і мають 1024 рівня натискання. Усі пір'я добре збалансовані й зручно лежать у руці, завдяки чому зменшується тиск на кисть руки й знімається напруга м'язів. У сімействі Intuos<sup>2</sup> представлено вісім пристроїв уведення: п'ять пір'я й три миші. Кожний пристрій уведення має свій ідентифікаційний номер і може бути придбане окремо. Для кожного пристрою запам'ятовуються індивідуальні налаштування під будь-яку програму.

Користувачі, що віддають перевагу застосуванню для навігації мишу, можуть комбінувати використання бездротового пера й миші — технологія Dual Track дозволяє планшету працювати із двома пристроями уведення одночасно. *Бездротові миші* мають відмінну точність при

абсолютному позиціюванні й не мають потреби в елементах живлення. Найбільш популярна миша Intuos<sup>2</sup> 4D Mouse, здатна працювати і як звичайна миша, і як спеціальний пристрій уведення. Її використання в спеціалізованих додатках, що підтримують 4D-технологію, дозволяє здійснювати контрольоване обертання об'єктів на 360°. Ця функція, а також самоцентрувальне колесо прокручування й позиціювання по осях X і Y дає гарні можливості по маніпулюванню тривимірними об'єктами. Самоцентрувальне колесо прокручування дозволяє в графічних додатках оперативно користуватися функцією зуммірування, а також легко виділяти й редагувати криві Безье. П'яти апаратним програмувальним кнопкам (до 15 кнопок програмно) можна призначити будь-які поєднання клавіш стандартної клавіатури й використати мишу разом з будь-яким пером серії Intuos<sup>2</sup>. Відзначимо, що планшети серії Intuos<sup>2</sup> є незамінними інструментами для фахівців, які через високі вимоги до передачі кольору змушені користуватися hi-end-моніторами на основі ЕПТ. Якщо вимоги до передачі кольору не є принциповими, як у випадку CAD- і GIS-систем, то відмінним рішенням стане інтерактивний дисплей з пір'яним уведенням серії Cintiq, у якому реалізована концепція цифрового паперу і який являє собою активно-матричний рідкокристалічний дисплей з технологією уведення за допомогою чутливої до натискання ручки. При роботі з планшетом користувач змушений дивитися на монітор і малювати рукою. До цього треба звикнути, тому що розміри монітора й планшета розрізняються. Використовуючи інтерактивний дисплей, дизайнер може працювати з растровою підкладкою, на якій зображене зовнішнє або внутрішнє оточення. Це дозволяє зробити процес природним і зручним.

**Сенсорний екран** являє собою скляну конструкцію, розташовану на поверхні дисплея, що відображає систему навігації. Вибір необхідної функції системи відбувається при дотику до відповідного зображення на екрані. Контролер сенсорного екрана обробляє координати крапки дотику й передає їх у комп'ютер. Спеціальне програмне забезпечення запускає обрану функцію. Залежно від типу сенсорного екрана, торкання може здійснюватися пальцем, рукою в рукавичці, спеціальним пером уведення або будь-яким підходящою для цього предметом. У цей час існує 5 технологій, використовуваних у сенсорних системах що відрізняються другу від друга за принципом зчитування інформації: 1) резистивні; 2) ємнісні; 3) Технологія Поверхневих Акустичних Хвиль (ТПАХ); 4) інфрачервоні; 5)



електромагнітні. Резистивна технологія технологія ґрунтується на вимірі електричного опору частини системи в момент дотику до елемента цієї системи. Існує як мінімум три різних типи сенсорних панелей, що ставляться до резистивного типу, і всі вони так чи інакше мають багат шарову структуру, що складається із двох провідних поверхонь, розділених спеціальним ізолюючим составом (стекло), розподіленим по всій площі активної області екрана. Для визначення координати необхідно знати дві координати  $X$  і  $Y$ , таким чином, один із шарів, відповідно визначає координату  $X$ , а другий -  $Y$ . Зазначений спосіб дозволяє досягти досить високої розв'язної здатності сенсорного екрана. Існують резистивні сенсорні екрани, у яких обидві координати визначаються на одному тільки нижньому, внутрішньому шарі. Сенсорні екрани із застосуванням подібної технології успішно працюють навіть при ушкодженому верхньому шарі, що дозволяє використати їх у промислових пристроях автоматизації різного роду, для роботи в забрудненому середовищі й т.д. Вони витримують десятки мільйонів торкань і вважаються самими надійними із всіх, що використовують резистивну технологію. Резистивні сенсорні екрани виготовляються трьох типів: 4-х провідні; 5-ти провідні; 8-ми провідні. Ємнісна технологія: у цих екранах координати точки торкання визначають завдяки зміні електричної ємності в електронній системі. Ємнісний сенсорний екран складається зі скляної підстави з ємнісним покриттям, здатним накопичувати заряд. Поверх цього покриття наноситься зовнішній захисний шар. Ємнісне покриття складається із двомірної сітки прозорих сенсорних провідників, які скріплені оптичним адгезивним шаром, і розташовані між двома шарами полієфірного покриття або іншого прозорого покриття. У кожному куті екрана розташовані електроди, що поширюють низьковольтне електричне поле по провідній поверхні. При дотику до екрана ви виступаєте в ролі провідника, і в точці торкання з'являється імпульс струму. Контролер сенсорного екрана фіксує ця зміна й визначає координати  $X$  і  $Y$  дотику. Основний принцип дії ємнісних екранів небагато нагадує принцип дії резистивної сенсорної панелі. Різні типи екранів відрізняються лише товщиною й составом зовнішнього (антибактеріального) покриття. Всі вони мають дуже маленький час відгуку - від 3 мс - і здатні відслідковувати сотні торкань у секунду. Це, з огляду на високу розв'язну здатність подібних екранів, робить їх цілком придатними для побудови систем з розпізнаванням рукописного уведення тексту.

Застосування резистивних і ємнісних екранів не завжди буває доцільним. У деяких випадках зручніше застосовувати інші технології.

Конструкція матричних сенсорних екранів, називаних іноді цифровими, схожа з конструкцією екранів резистивних; тільки замість суцільних резистивних шарів використовуються горизонтальні й вертикальні прозорі провідні смуги. При торканні екрана передня плівка деформується, і вертикальна смуга торкається горизонтальної. Наявність замикання фіксує мікропроцесор. Розташування всіх електродів на площині відомо, а тому перетинання замкнутих електродів однозначно визначає точку торкання екрана. Основний недолік даного пристрою - дуже низький дозвіл, порядку 10 ліній на дюйм. Тому такі пристрої не підходять для малювання й уведення написів. Головне ж їхнє достоїнство - найнижча серед всіх сенсорних екранів вартість. Надійність матричних екранів вище, ніж резистивних. Матричні екрани застосовуються в випадках, коли потрібен дешевий екран, а програма-додаток допускає низьку точність вказівки.

Сенсорні екрани, що використовують поверхневі акустичні хвилі, мають досить складну конструкцію. По кутах міцної скляної підстави, що служить основою конструкції, перебувають п'єзоелектричні випромінювачі, що генерують ультразвук (5 МГц). По периметрі екрана розташовані масиви відбивачів, завдяки яким випромінювана акустична хвиля поширюється по всій поверхні екрана й фіксується п'єзоелектричними приймачами. При торканні екрана пальцем частина енергії акустичних хвиль поглинається. Приймачі фіксують ці зміни, а мікроконтролер обчислює положення крапки торкання. Точність цих екранів вище, ніж матричних, але нижче, ніж ємнісних. Для малювання й уведення тексту вони, як правило, використовуються рідко. Головним достоїнством екрана на поверхневих акустичних хвилях є можливість відслідковувати не тільки координати точки, але й силу натискання. У ряді випадків до якості зображення, відтвореного пристроєм, що відображає, пред'являються строгі вимоги. Це стосується дисплеїв, призначених головним чином для перегляду телевізійних передач, відеофільмів або для відображення ілюстративного матеріалу (слайдів і фотографій). При необхідності оснащення такого пристрою сенсорним екраном кращим рішенням буде застосування інфрачервоної технології. Для визначення точки торкання використовуються дві лінійки світлодіодів, розташованих по вертикалі й горизонталі, і дві лінійки фотодіодів, розташовані на протилежних сторонах екрана. Кожному світлодіоду відповідає свій фотодіод. Інфрачервоний сенсорний ек-

ран виконаний у вигляді рамки, що не має ніяких стекол або прозорих плівок. Тому зміна яскравості, контрасту й передачі кольору зображення, а також поява додаткових відблисків виключено, що є безсумнівним достоїнством екрана. Застосування як відображаючого пристрою рідкокристалічних панелей небажано, тому що торкання їхньої поверхні може привести до ушкодження TFT-транзисторів і появи "мертвих" точок. Однак пристрій має невисоку надійність, що зв'язано, з невеликим терміном служби іс-світлодіодів і з особливостями конструкції - оптопарі бояться пилу, забруднень і конденсату. Влучення прямого сонячного світла викликає збої в роботі. Для роботи з більшими пристроями, що відображають, також використовується технологія DVi (Digital Vision Touch) фірми Smart Technologies. Сенсорний екран являє собою аркуш поліестера, ув'язнений у прямокутну рамку. По кутах рамки перебувають мініатюрні відеокамери, які формують зображення поверхні екрана. Для обчислення координат точки торкання використовуються чотири камери, розташовані у кутах. Для захисту екрана пристрою, що відображає (наприклад, рк-панелі) служить аркуш поліестера. Точності обчислення координат досить для малювання й уведення написів. Сенсорна насадка може використатися з матричними дисплеями й проекційними (прямий і зворотній проекції) пристроями, що відображають, формуючими зображення великого розміру. У комплекті з екраном може поставлятися лоток з "кольоровими" електронним пір'ям для малювання й ластиком. Кольори використовованого пера або наявність на екрані ластика визначається або за допомогою датчиків лотка, що фіксують відсутність інструмента, або за допомогою відеокамер. Це досить зручно, тому що вибір кольорів написів і перехід у режим стирання здійснюються автоматично.

У цей час існує ще ряд перспективних сучасних технологій для сенсорних екранів, з якими можна познайомитися, наприклад, використовуючи Internet. Застосування сенсорних екранів дає ряд переваг їхнім власникам. Вони зручні в обігу й дозволяють заощаджувати час.

## **5.2. Пристрої виводу**

У цей час є широкий клас технічних засобів, призначених для виводу даних з ЕОМ у необхідній для користувача формі. До них відносяться пристрої візуального відображення (наприклад, монітори), виводу на тверді носії (наприклад, принтери, плотери, пристрої запису на мікро-

фільм/мікрофішу), синтезатори мови, акустичні динаміки (“гучномовці”) і ін. В основний комплект будь-якого ПК із пристроїв виводу входить тільки монітор, інші прилади відносяться до розряду периферійних.

### **Короткі відомості про монітори й проектори**

**Монітор, дисплей [monitor, display]** - в ЕОМ - пристрій відображення даних, використовуване для прямого їхнього зчитування, а також контролю й керування роботою системи. Монітори розрізняються по своїх характеристиках залежно від: 1) типу екрана (на електронно-променевих трубках – ЕПТ; рідкокристалічні дисплеї ( індикатори, монітори ) - РКД, РКІ [LCD - Liquid-Crystal Display ] (активні й пасивні); плазмені; електролюмінісцентні; органічні світлодіодні; вакуумні флюорисцентні; поліпланарні оптичні; автоелектронної емісії; гібридні” і т.д.); 2) можливості передачі кольору (кольорові й монохроматичні); 3) типу використовуваного відеоадаптера й розв'язної здатності (див. відеоадаптери: MDA, CGA, Hercules, EGA, VGA, SVGA); 4) розмірів екрана (виміряються по діагоналі в дюймах). Монітори ПК працюють у двох режимах: текстовому й графічному. У текстовому режимі екран монітора (дисплей) розбивається на окремі ділянки (наприклад, на 25 рядків по 80 символів), у які можуть бути виведені зображення заздалегідь заданих форматом системи символів (букв, цифр, знаків, псевдографічних символів і т.п.) у припустимі для кожного конкретного типу монітора і його відеоадаптера способах їхнього подання (кольори, яскравість, розмір). У графічному режимі екран монітора розділяється на безліч чорно-білих або кольорових крапок - пікселів (pixel - picture element), керуванням яскравістю світіння яких можуть виводитися графіки малюнки й символи в довільній формі їхнього подання. Розв'язна здатність зображення на екрані виміряється їхнім числом у рядку й по вертикалі (наприклад- 640x200). Величина розв'язної здатності кожного типу монітора, а також кількість відображуваних їм градацій кольору і яскравості (рівнів сірого) визначаються типом відеоадаптера й конструкцією його екрана. Про характеристики сучасних моніторів для ПК і стандартах на них ми будемо говорити в одній з наступних лекцій.

**ПК - проектор [LCD projector]** - проекційна апаратура з убудованою панеллю на рідких кристалах, керованої від ЕОМ або відеоапаратури. Основні види: 1) Світлоклапанний проектор [light valve projector ] - відеопроектор, у якому сигнал управляє потужним світловим потоком

убудованого джерела світла. Переважно заснований на використанні ЕПТ і РК-технологій. 2) Полісиліконова технологія (P-si TFT-Technology) – технологія створення матричних екранів, використовуваних в активних матричних дисплеях і проекторах. Полісиліконова матриця здатна витримувати високі температури, що дозволяє використати в проекторах потужні металогалогенні лампи. Проектори з полісиліконовою матрицею яскравіше проекторів попереднього покоління приблизно на 30%. 3) DLP (Digital Light Processing) - “Цифрова обробка світла” – технологія побудови РК-проекторів для виводу на зовнішній екран зображення, створюваного ЕОМ. Заснована на використанні спеціального “Цифрового мікродзеркального пристрою” (мікросхеми) - DMD (Digital Micromirror Device), робоча поверхня якого містить мініатюрні алюмінієві квадратні рефлектори. Кожне мікродзеркало відповідає одному елементу зображення - пікселю. Керований кут повороту мікродзеркала забезпечує фіксацію положень “ввімкнено” або “вимкнено”. Повне зображення екрана формується відбитим поверхнею лицьової панелі DMD світлом як результат повороту в задані положення відповідному характеру ділянок зображення дзеркальних елементів. Колірний ефект досягається обертовими перед DMD оптичними фільтрами. Проектори DLP випускаються у варіантах VGA і SVGA. Якість створюваного ними зображення по чіткості і яскравості істотно перевищує аналогічні характеристики зображення, отриманого за допомогою звичайних РК-проекторів.

### **Оптоелектронні компоненти вивідних пристроїв**

Уведена в комп'ютерну систему інформація про зображення піддається тим або іншим перетворенням (редагується), компонується з текстовими й графічними фрагментами майбутнього видання (верстається). При цьому оператор постійно контролює результати своїх дій по зображенню на екрані монітора. Крім того, на додрукової стадії час від часу виникає необхідність (особливо при обробці кольорових ілюстрацій) оперативної перевірки проміжних результатів шляхом виводу зображень на той або інший вид принтерів або кольоропробних пристроїв. Відомі чотири варіанти виводу відбитків кольоропроби з комп'ютерних систем. Перший - кольоропроба здійснюється безпосередньо після сканування й кольорокорекції (найбільш економічний і оперативний варіант). Другий - виготовлення відбитків кольоропроби з остаточно зверстаних смуг видання, але до виводу фотоформ (цей варіант дозволяє оцінити колірне

рішення смуги в цілому, колірну сумісність зображень, що перебувають поруч). Третій - одержання відбитка кольоропроби безпосередньо з фотоформ. Четвертий – з використанням цифрових друкованих машин - при цьому виходить відбиток, повністю адекватний тиражному, якщо намічено друкувати тираж на цій машині. Багато принтерів, часто застосовувані в якості кольоропробних пристроїв, використовують електрографічний спосіб друку.

**Вивід на цифровий друк (computer-to-print).** Відомо, що головною відмінністю цифрової друкованої машини від лазерного принтера, що також використовує принцип електрографії, є продуктивність. Якщо в кольорових лазерних принтерах вона оцінюється одиницями відбитків у хвилину, то в цифрових друкованих машин продуктивність на порядок вище - до 1000 повнокольорових відбитків формату А3 у годину. Досягається це завдяки багатоелементним лазерним або світлодіодним випромінювачам, високій швидкодії й все зростаючим обсягам оперативної пам'яті комп'ютерної техніки. Особливості технології дозволяють послідовно наносити на відбиток фарби всіх квітів (до шести), завдяки чому друк багатоколірної продукції здійснюється в одній друкованій секції (заощаджуються виробничі площі, електроенергія, конструкційні матеріали й проч.). Можливість формування в кожному циклі друку нового зображення на формі відкриває в принципі перспективу друкування багатосторінкового кольорового видання «за один прогін». Це скорочує виробничий цикл, знімає проблеми складування напівфабрикатів (у друкарнях часто всі проходи забиті піддонами з видрукованими зошитами чекаючи ще не видрукованих зошитів видання). Завдяки загальній технологічній базі виготовлення комп'ютерних мікросхем і оптоелектронних приладів компоненти цих технічних засобів добре сполучаються й прекрасно взаємодіють один з одним. Удає сполучення «комп'ютер - оптоелектронний прилад» сприяло народженню нових поліграфічних технологій, що одержали схожі між собою найменування: computer-to-print (або computer-to-paper), computer-to-press (direct imaging), computer-to-plate, computer-to-film. У всіх випадках інформація з комп'ютера у вигляді бітового масиву (bit-map) виводиться на той або інший носій (плівку, форму, папір) за допомогою оптоелектронної системи запису (лазерної, світлодіодної і т.п.).

Технологія **вивід на фотоплівку (computer-to-film)** ближче до традиційної поліграфії, тому що вона еволюціонувала від аналогових кольороподілювачів-кольорокоректорів з «долазерними» джерелами сві-

тла. Комп'ютерна техніка дозволила відокремити рекордер від сканера, і з'явилося ціле покоління записуючих пристроїв. У пристроях виводу на плівку використовуються, як правило, лазерні пристрої. Оскільки фотоплівки мають високу чутливість до світла, пучок лазерного випромінювання розщеплюється на вісім променів за допомогою напівпрозорих дзеркал і кожний промінь модулюється індивідуально, що дозволяє одночасно вести запис по восьми доріжках (половина растрового квадрата). Поряд з барабанною конструкцією записуючих пристроїв, що вимагають закріплення аркуша фотоплівки на поверхні циліндра, широко застосовуються рекордери, що мають конструкцію типу *capstan*, у яких використовується рулонна плівка, яка розмотується в плоский стан для порядкового запису зображення й далі вона або передається відразу в проявочну машину, або звертається знову в рулон прийомною касетою. Компактність машин, застосовуваних у цій технології, (зразкові розміри 960Ч500Ч360 мм, маса 60–65 кг) дозволила створити на їхній базі настільні фотоскладальні системи», які комплектуються керуючим комп'ютером, робочими станціями (набору, верстки, обробки ілюстрацій, ведення архівів), сканерами й пристроями для одержання коректурних відбитків за допомогою принтерів.

В пристроях, що реалізують технологію **виводу на друковану форму (computer-to-plate - СТР)**, як джерела випромінювання використовуються кілька типів лазерів: газові; твердотільні; напівпровідникові. Існує як мінімум два типи пристроїв СТР. Одні експонують пластини, що вимагають наступної традиційної хімічної обробки (металеві пластини з фоточутливим шаром). Інші ж експонують могутнішим лазером, що випромінює в ІЧ-зоні спектра й випалює чутливе до високої температури спеціальне покриття (так називані термопластини) у місцях, де повинні перебувати елементи зображення. Формні пластини, отримані на таких установках, не вимагають наступної хімічної обробки. В останні роки попит на плейтсеттери виріс у геометричній прогресії. Технологія СТР проявляє свої переваги в умовах повного завантаження виробничої лінії й великому потоці замовлень, що характерно для друкарень, що спеціалізуються на печатці газет і журналів. Економічна вигода технології СТР полягає в скороченні виробничого циклу (виключаються процеси виготовлення фотформ), економії фотоматеріалів і хімікативів. Ці тенденції привели до створення технологій **computer-to-press i direct imaging**, що дозволяють здійснювати процес виготовлення форм безпосередньо в друкованій машині. Технологія виготовлення друкованих форм безпосередньо в

друкованій машині дозволяє одержувати форми сухого офсету на пластинах, закріплених безпосередньо на формних циліндрах листових друкованих машин. У якості формного матеріалу звичайно застосовується спеціальна лавсанова (mylar) плівка товщиною 0,17 мм, покрита тонкими алюмінієвими й верхнім силіконовим шарами. Лазерні записуючі пристрої, установлені в кожній друкованій секції, за 10-12 хв одночасно по командах комп'ютера виготовляють всі друковані форми. Паралельно з цим у машині здійснюється настроювання барвистих апаратів на основі інформації про зміст друкуючих елементів у кожній барвистій зоні.

### **Основні відомості про принтери**

**Принтер [printer]** – друкувальний пристрій, призначений для виводу буквено-цифрових і графічних даних на папір або інший вид носія (наприклад, - прозору плівку). У сучасній техніці використовуються різні методи друку. Вони включають наступні види пристроїв: механічні (ударні), що використовують розпилення барвника (струменевий і бульбашковий принтери), електрохімічні, теплові й ін. Найбільше поширення одержали матричні, лазерні й струминні принтери, а також їхні різновиди. Докладніше про принтерні технології ми будемо говорити в одній з наступних лекцій]. Розрізняють: **1) контактний принтер [impact printer]** - принтер, що друкує символи шляхом механічного удару по барвній стрічці, за якої перебуває папір. **2) Порядковий принтер [line printer]** - тип контактного друкувального пристрою, що обробляє один рядок тексту за один прохід. Порядкові принтери мають високу швидкодію (до 2500 рядків у хвилину). Однак можуть друкувати текст тільки одним шрифтом, не друкують ілюстративний матеріал і є досить гучними. **3) Посторінковий принтер [page printer]** - тип друкувального пристрою, що обробляє сторінку текстового (графічного) матеріалу цілком. Посторінкові принтери побудовані на використанні електростатичного ефекту аналогічно фотокопіювальній техніці. До состава посторінкових принтерів відносяться лазерні принтери.

**Різноманітні конструкції принтерів:** 1) Матричний (точечно-матричний) принтер [matrix printer] - різновид контактного принтера, у якому нанесення зображення на папір виробляється в процесі переміщення друкуючої головки уздовж рядка ударами через барвну стрічку декількох тонких стрижнів - "голок" У матричних принтерах використовуються 9-48 ми голчасті друкуючі головки. 2) Лазерний принтер [laser printer] - друкувальний пристрій, що працює за принципом ксерографії: електричний шаб-



лон друкуємої сторінки, формується за допомогою лазера або ряду світлодіодів на світлочутливому барабані, до якого прилипає тонер (барвник). Потім при температурі порядку 200<sup>0</sup> С тонер вплавляється в папір. Лазерні принтери забезпечують найбільш високу якість друку, близьку до типографського.

3) Мопир [mopier, mopy] - клас друкувальних пристроїв, що реалізує процес, який одержав найменування "мопирування" (від Multiple Original Printing - "Друк безлічі оригіналів"). Вихідною передумовою відкриття зазначеного напрямку у виробництві технічних засобів (перше з них створено на базі лазерного принтера LaserJet 5Si фірми Hewlett-Packard) з'явилося прагнення оперативно одержувати значне число високоякісних копій документів з використанням мережного принтера при однократній передачі даних у локальній мережі з мінімальним обсягом трафіка, що не перевантажує мережу в процесі друку. Останнє досягається установкою на принтер додаткової пам'яті у вигляді жорсткого диска, дані з якого можуть багаторазово зчитуватися при виробництві копій. На диску можна також зберігати форми документів. У комплект поставки копіра входять: вхідні лотки для паперу (загальна ємність більше 3000 арк.), пристрій для забезпечення двостороннього друку, плата принт-сервера, ОЗУ обсягом 12 Мбайт (з можливістю розширення до 76 Мбайт), а також спеціальне програмне забезпечення.

4) Струменевий принтер [ink-jet printer] - вид друкувального пристрою, що формує зображення шляхом видудання на папір через мікроскопічні сопла спеціального чорнила. Струмінні принтери забезпечують більш високу якість друку, ніж матричні й конкурують з лазерними принтерами. Найбільший розвиток в останні роки одержали кольорові п'єзоелектричні струменеві принтери, що забезпечують якість передачі зображення, близька до фотографічного.

5) Принтер з термопереносом [WaxTransfer (TermoWax) printer] - вид друкувального пристрою, принцип дії якого заснований на тиску й нагріванні в місці друку на просочену барвником полімерну стрічку (наприклад, спеціальну лавсанову плівку). Він нагадує принцип друку, використовуваний у лазерних принтерах, з тією різницею, що друкується не весь рядок відразу, а знак за знаком. Існують варіанти, що працюють зі спеціально папером і звичайною, а також чорно-білого й кольорового друку.

6) Принтер на твердих барвниках [Solid Ink printer] - друкувальний пристрій, заснований на використанні термічного плавлення твердого барвника з наступним переносом краплі в електричному або електромагнітному полі на папір зі швидким наступним її затвердінням.

7) Слайд - принтер [slide printer] - пристрій для друку створеного ЕОМ зобра-

ження на фотоплівку. 8) Фотопринтер [photo printer] - друкувальний пристрій, що формує зображення на фотоматеріалі за допомогою електронно-променевої трубки або іншого пристрою, наприклад, матричного екрана. 9) Копір - принтер [Copier-Printer] – комбінація цифрового фотокопіювального апарата й принтера. Як правило, функції фотокопіювального пристрою виконує сканер, конструктивно об'єднаний з лазерним принтером. Будучи приєднаний до ПК, копір-принтер може виконувати комбіноване й роздільні (сканування й друк) функції.

**Плоттер, графобудівник [plotter, graph plotter]** - пристрій, призначений для виводу даних на паперовий носій у формі малюнків або графіків. Плоттери є векторними пристроями. Існує безліч різномірних графобудівників, що розрізняються розмірами, кількістю відтворених кольорів, точністю, швидкістю й іншими параметрами. Залежно від принципів побудови пишучих вузлів, розрізняються наступні різновиди сучасних графобудівників: ґнотові (заправляються спеціальним чорнилом), шарикові (аналог “шарикової” ручки), олівцево-пір'яні, струминні, бульбашкові, трубчасті (“інкографи”), електростатичні.

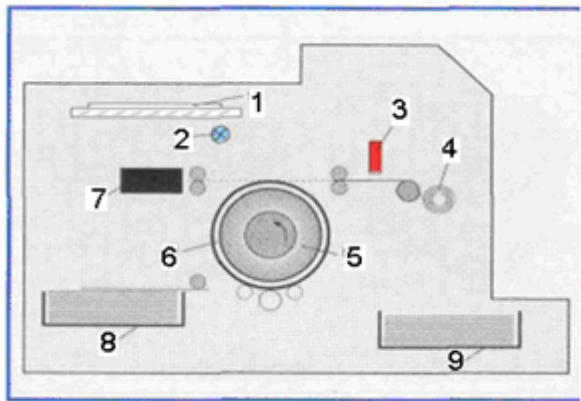
Плоттер здатний малювати графічні примітиви: точку, відрізок прямій, дугу, еліпс, прямокутник. Потік даних, одержуваний плоттером, містить команди малювання цих примітивів і параметри. Багато плоттерів «розуміють» і команди написання тексту: кожену букву вони внутрішньо інтерпретують як набір відрізків і дуг; для цього вони повинні мати відповідні таблиці знакогенераторів. Плоттери дозволяють виводити зображення на аркуші різного формату - від А4 у настільних пристроїв до А1 і АТ у великих пристроїв. Для принтерів такі більші розміри недоступні. За способом забезпечення руху пишучого інструмента щодо паперу розрізняють планшетні й рулонні плоттери. У *планшетному плоттері* аркуш паперу укладається на плоский стіл і нерухомо закріплюється. На невеликих пристроях аркуш по краях притискається металевими смужками до магнітного стола. На пристроях великого формату аркуші іноді присмоктують повітрям через спеціальні отвори в столі. Над столом в одному напрямку переміщається каретка, уздовж якого переміщається пишуча головка. Головка пір'яного плоттера постачена пишучим пером. У струминного плоттера головка такого ж типу, як і в струминного принтера. Приводи позиціонування й пишучого вузла управляються убудованим мікроконтролером відповідно до прийнятого потоку команд. У *рулонному плоттері* є горизонтальний барабан, на який кла-

деться аркуш паперу й притискається до барабана валиками. Краї аркуша вільно звисають униз (це напольні конструкції). Пишуча головка переміщається по напрямній тільки уздовж осі барабана. Обертання барабана (в обох напрямках) і переміщення головки спільно забезпечують взаємно перпендикулярні переміщення пишучого інструмента щодо паперу. Рулонні плоттери дозволяють виводити креслення великого формату, не займаючи при цьому величезної площі (як планшетні). Тут жорстко обмежена лише ширина рулону (A1 або A0). Однак у рулонному плоттері при повторних прогонах важко забезпечувати точне позиціонування паперу, що качається по барабані назад під час виводу креслення величезну кількість разів. Через це потрібно дуже високоточна (і дорога) механіка.

Сучасні *струминні рулонні плоттери* зроблені інакше. По суті вони є растровими струминними принтерами, головка яких має ряд (і не один) сопл. При виводі папір у них по барабану прокочується один раз, в одному напрямку, і за цей прохід растровим способом виводиться все зображення. Растворизація зображення виробляється у внутрішньому ОЗУ величезного розміру, але на даному етапі розвитку технології це простіше, ніж робити складну механіку. У плоттерів є ряд специфічних параметрів: 1) формат паперу (максимальний і мінімальний розміри аркуша); 2) лінійна швидкість руху пера при малюванні й холостих переміщеннях; 3) максимальне прискорення головки; 4) точність позиціонування; 5) повторюваність позиціонування (здатність багаторазово попадати в задану точку після тривалих «подорожей»); 6) кількість кольорів; 7) підтримувані мови.

Крім плоттерів, що малюють, існують і ріжучі плоттери (cutter), у них замість пишучої є ріжуча головка з механічним або лазерним різакком.

**Різографи** нерідко називають проміжною ланкою між офісними копіювальними пристроями та цифровими друкарськими машинами. Технологія названа за ім'ям розробника – японської фірми «Riso». І незважаючи на те, що пристрої, які працюють за нею, випускають й інші виробники, термін «різограф» став загальноживаним і використовується частіше, ніж «дуплікатор». Дуплікатори належать до офісних пристроїв, призначених для середньоякісного друкування або тиражування документів накладом до 4000 примірників. У цих пристроях застосовується трафаретний спосіб друку. Але підхід до створення друкарської форми в них подібний до машин, що працюють за технологією Direct Imaging. Спрощену схему різографа наведено на рис. 5.2.



- 1 – оригінал
- 2 – джерело випромінювання
- 3 – термоголівка,
- 4 – касета з майстер-плівкою
- 5 – тубус із фарбою
- 6 – формний циліндр
- 7 – ємність для використаних форм
- 8 – аркушеживильний лоток
- 9 – приймальний лоток

Рис. 5.2. Конструкція дуплікатора

Оригінал переміщується до зони дії сканера. Аналоговий сигнал (відбите від оригіналу світло) конвертується у цифровий і надходить до контролера термоголівки. Далі на спеціальній багатошаровій майстер-плівці термоголівка випалює отвори, які відповідають друкувальним елементам. Підготовлена таким чином плівка, фактично, являє собою друкарську форму трафаретного способу друку. Вона автоматично відмотується зі спеціальної касети, відрізається і монтується на поверхні друкарського циліндра, всередині якого знаходиться нерухомий тубус із в'язкою фарбою. Крізь випалені отвори фарба під тиском переноситься на задруковуваний матеріал. Робоча матриця дозволяє отримувати до 4000 відбитків без утрати якості. Відпрацьовані матриці збираються у спеціальному контейнері, після чого утилізуються. Взагалі, різнограф призначений для однофарбового (переважно, чорно-білого) друку. Колір залежить від того, тубус із якою фарбою встановлено у циліндрі. Якщо використовується новий циліндр, для зміни кольору достатньо замінити лише тубус із фарбою. Але з часом циліндр забруднюється і для переходу на інший колір його треба змінювати. Зараз багато виробників випускають фарби, отримані за системою змішування Pantone, тріадні та спеціального призначення (люмінесцентні). Розроблено й спеціалізовані програми для кольороподілу за друкування на різнографах. Для того, щоб отримати робочу матрицю, про яку йшлося вище, не обов'язково сканувати оригінал. Сучасні різнографи оснащуються спеціальними інтерфейсами, які дають змогу виготовити форму безпосередньо з електронного файлу.

*Переваги різнографії:* 1) висока продуктивність; 2) надійність; 3) низька собівартість відбитка; 4) можливість працювати з широким діапазо-

ном задруковуваних матеріалів; 5) низька вартість витратних матеріалів. *Вади різнографів:* 1) складнощі з використанням глянцевого паперу через високу швидкість друкування і специфіку фарби (закріплюється всотуванням, що майже неможливо на глянсовому або крейдованому папері); 2) низька якість кольорових зображень.

### **Інтерфейси принтерів і плотерів**

Сучасні принтери, що друкують графічні зображення з високим дозволом, вимагають високошвидкісної передачі даних по зовнішньому інтерфейсу. Нагадаємо, що лазерний принтер не починає друкувати сторінку доти, поки вона цілком не завантажена в його буферну пам'ять. Паралельний інтерфейс для цього вже працює на межі можливостей, забезпечуючи швидкість передачі до 2 Мбайт/с у режимі ECP або EPP. Звичайний послідовний інтерфейс RS-232C з його межею близько 15 Кбайт/с тут неприйнятний. Як зовнішній інтерфейс останнім часом найчастіше застосовують шину USB з її зручним кабелем: версія 2.0 дає швидкість до 24 Мбайт/с. У принтерах може застосовуватися й інтерфейс SCSI, але широкого поширення він не одержав.

Часто принтери, особливо потужні, застосовують для спільної роботи в мережі. Поділюваний принтер може з'єднуватися з мережею різними способами: 1) звичайним інтерфейсом (паралельним або USB) до комп'ютера, включеному в мережу. 2) паралельним (або послідовним) інтерфейсом до *апаратному принт-серверу* — невеликого пристрою, по виду який нагадує малогабаритний хаб і підключеному до мережі. 3) безпосередньо підключатися до мережі, як правило, по інтерфейсу Ethernet, роз'ємам BNC (10Base2) до коаксіального кабелю (шині) або RJ-45 (10Base або 100BaseTX) витою парою до мережного концентратора. Мережний інтерфейс мають потужні лазерні принтери; для них переважніше інтерфейс 100BaseTX (Fast Ethernet), що забезпечує швидкість до 10 Мбайт/с.

**Інтерфейс Centronics.** Більшість принтерів і плоттерів мають зовнішній паралельний інтерфейс *Centronics* (ІРПР-М) для безпосереднього підключення до LPT-порту. Поняття «Centronics» відноситься як до набору сигналів і протоколу взаємодії, так і до 36-контактного роз'єму на принтерах. Інтерфейс орієнтований на передачу потоку байтів даних до принтера й прийом сигналів стану принтера. Інтерфейс Centronics підтримується всіма принтерами з паралельним інтерфейсом.

**Паралельний порт** (LPT,) сучасних комп'ютерів може працювати в різних режимах — як у стандартному SPP (його реалізують всі порти), так і в розширеному. Всі принтери можуть працювати з портом у режимі SPP, але застосування розширених режимів дає свої переваги: 1) Двунправлений режим (*Bi-Di*) не підвищує продуктивність, але забезпечує доставку повідомлень про стан і параметри принтера. 2) Швидкісні режими (*Fast Centronics*) істотно підвищують продуктивність принтера, але можуть зажадати якісного кабелю. Від принтера не потрібно яких-небудь додаткових «інтелектуальних» здатностей. 3) Режим *ECP* — потенційно найефективніший, має системну підтримку у всіх версіях Windows. Вимагає застосування кабелю, по частотних властивостях відповідного IEEE 1284.

Найпростіший варіант кабелю підключення принтера — 18-проводний кабель із неперевитими проводами. Він використовується для роботи в режимі SPP. При довжині більше 2 м бажано, щоб хоча б лінії *Strobe#* і *Busy* були перевиті з окремими загальними проводами. Для швидкісних режимів цей кабель може виявитися непридатним, причому збої можуть відбуватися нерегулярно й лише при певних послідовностях переданих кодів.

**Послідовні інтерфейси.** У принтерах найчастіше використовується RS-232C для підключення до COM-порту. Зустрічаються принтери з послідовними інтерфейсами «струмова петля», або RS-422, які підключаються до COM-порту через спеціальні переходники. Принтери працюють завжди по асинхронному протоколу передачі й, як правило, дозволяють набудувати конфігурацію послідовного інтерфейсу. Підключення принтерів і плоттерів до COM-порту вимагає кабелю, що відповідає обраному протоколу. Апаратний протокол переважніше - стандартний драйвер COM-порту користується саме ім.

Зовнішній інтерфейс плоттера - паралельний або послідовний. На відміну від принтерів, для плоттерів інтерфейс не є вузьким місцем - передача графічних команд навіть по послідовному інтерфейсу відбувається набагато швидше їхнього механічного виконання. Паралельний інтерфейс плоттера нічим не відрізняється від принтерного.

### **5.3. Відомості про комутатори пристроїв вводу-виводу**

У робочих станціях часто виникає потреба в почерговому використанні пристроїв вводу-виводу декількома близько розташованими комп'ютерами. Для *принтерів* це завдання найчастіше розв'язується шляхом об'єднання

комп'ютерів в локальну мережу, проте існують і спеціальні пристрої — комутатори паралельного інтерфейсу. У простому випадку це просто коробка з галетним перемикачем, декількома вхідними роз'ємами Centronics (як у принтерів) і одним вихідним DB-25S (як у LPT-порту). Вхідні роз'єми з'єднують з LPT-портами обслуговуваних комп'ютерів, вихідний роз'єм — з принтером; всі з'єднання виконуються звичайними кабелями принтерів. Принтер в кожен момент працює з одним комп'ютером залежно від положення перемикача, що комутує всі інтерфейсні сигнали. Є і автоматичні електронні комутатори, що з'єднують принтер з портом, що проявив активність. Встановлене з'єднання утримується на час активної передачі даних. При паузі в декілька секунд комутатор вважає, що чергове завдання вже виведене на друк, і вважає принтер вільним. Така логіка комутації в більшості випадків працює нормально, але для деяких додатків і нештатних ситуацій можлива «черезполосиця» виводу завдань від декількох комп'ютерів.

*Комутація консольних пристроїв* (клавіатури, дисплея, а іноді і миші) дозволяє використовувати одну консоль для декількох поряд стоячих комп'ютерів, що актуальне для серверних центрів. Комутатор підключається кабелями до всіх обслуговуваних комп'ютерів і до клавіатури, монітора і миші робочого місця оператора, яке виходить зручним і компактним. Для того, щоб при початковому завантаженні «голий» системний блок не зажадав підключення клавіатури і дисплея, потрібно зробити спеціальні настройки в CMOS Setup. Простий комутатор консолі — це механічний перемикач, як правило, галетний, що комутує всі сигнальні кола інтерфейсів клавіатури, монітора і миші. *Комутація клавіатури*, як правило, проблем не викликає: інтерфейс дискретний, працює на низькій частоті сигналу, короткочасне відключення живлення клавіатури на момент перекомутації проходить непомітно. Відключення і підключення клавіатури в процесі роботи комп'ютером відпрацьовуються безболісно і не приводять до побічних ефектів. З *комутацією миші* електричних проблем теж немає, але комп'ютер відключену мишу може «втратити», а у момент підключення можливі побічні ефекти (це особливість драйверів). З цієї причини часто мишу не комутують — підключають до кожного комп'ютера свою. Безболісну комутацію миші виконують дорожчі активні (інтелектуальні) комутатори, що створюють ілюзію присутності миші для всіх підключених до такого комутатора системних блоків. *Комутація моніторів*, на перший погляд, теж не так вже складна. Проте в режимах високого дозволу з високою частотою розгортки неякісне виконання монтажу і спрощення схеми приводить до появи віддзеркалень луни на екрані моніто-

ра. Крім того, можливі помилки у визначенні типу монітора на етапі ініціалізації пристроїв. POST дізнається у адаптера тип монітора, щоб встановити відеорежим. ОС «розмовляє» з PnP-монітором по каналу DDC, щоб встановити режим дозволу. Якщо комп'ютер повинен завантажуватися «усліпу» (коли він відключений від консолі), то щоб уникнути непорозумінь слід встановлювати фіксовані, а не автоматично визначувані параметри монітора в CMOS Setup і в конфігураційних файлах ОС.

## Контрольні запитання

1. Основні пристрої ручного і апаратного введення.
2. Основні оптоелектронні компоненти ввідних пристроїв видавничої і поліграфічної техніки.
3. Сенсорний екран. Технології, що використовуються в сенсорних системах.
4. Технологія DVIT (Digital Vision Touch) фірми Smart Technologies.
5. Назвіть і охарактеризуйте основні типи моніторів і їх характеристики.
6. Назвіть і охарактеризуйте основні оптоелектронні компоненти вивідних пристроїв
7. Оптоелектронні компоненти систем контролю і управління.
8. Особливості конструкції матричних сенсорних екранів.
9. Назвіть основні типи моніторів і проекторів.
10. Назвіть і охарактеризуйте основні технології друку.
11. Назвіть і охарактеризуйте основні типи і конструкції принтерів і їх характеристики.
12. Назвіть і охарактеризуйте основні інтерфейси принтерів.
13. Інтерфейси Centronics, паралельний, USB та послідовний. Їх режими роботи.
14. Назвіть основні технології сенсорних екранів.
15. Стисло охарактеризуйте вивід на цифровий друк (computer-to-print).
16. Назвіть основні методи і види пристроїв друку.
17. Стисло охарактеризуйте різні конструкції принтерів.
18. Що являє собою плоттер, графобудівник [plotter, graph plotter]?
19. Поясніть призначення і конструкцію дуплікатора.
20. Назвіть основні інтерфейси плотерів.



## Тема 6. Електронні та оптоелектронні пристрої збереження інформації

### 6.1. Зовнішня пам'ять робочих станцій

#### Загальні відомості

*Зовнішня (довгострокова) пам'ять* — це місце тривалого зберігання даних, не використовуваних у цей момент в оперативній пам'яті комп'ютера. Вона, на відміну від оперативної, є енергонезалежною. Носії зовнішньої пам'яті, крім того, забезпечують транспортування даних у тих випадках, коли комп'ютери не об'єднані в мережі. У цих пристроях можуть бути реалізовані різні фізичні принципи зберігання інформації - **магнітний, оптичний, електронний** - у будь-яких їхніх сполученнях. Зовнішня пам'ять принципово відрізняється від внутрішньої (оперативної, постійної і спеціальної) способом доступу до цієї пам'яті процесора (виконуємою програми). Пристрої зовнішньої пам'яті оперують *блоками* інформації, але не байтами або словами, як оперативна пам'ять. Процедури обміну з пристроями зовнішньої пам'яті прив'язані до типу пристрою, його контролеру й способу підключення пристрою до системи (інтерфейсу).

Для роботи із зовнішньою пам'яттю необхідна наявність накопичувача (пристрою, що забезпечує запис і (або) зчитування інформації) і пристрою зберігання — носія. Основні види накопичувачів: 1) накопичувачі на гнучких магнітних дисках (НГМД); 2) накопичувачі на жорстких магнітних дисках (НЖМД); 3) накопичувачі на магнітній стрічці (НМС); 4) накопичувачі CD-ROM, CD-RW, DVD і ін.; 5) флеш-пам'ять. Їм відповідають основні види носіїв: 1) гнучкі магнітні диски (*Floppy Disk*) (діаметром 3,5" і ємністю 1,44 Мб, диски для змінних носіїв; 2) жорсткі магнітні диски (*Hard Disk*); 3) касети для стримерів і інших НМС; 4) диски CD-ROM, CD-R, CD-RW, DVD-R, DVD-RW; 5) пристрої флеш-пам'яті.

на основі відповідної технології зберігання/відтворення/ Запам'ятовувальні пристрої прийнято ділити на види й категорії у зв'язку з їхніми принципами функціонування, експлуатаційно-технічними, фізичними, програмними й ін. характеристиками. Так, наприклад, по принципах функціонування розрізняють наступні види пристроїв: **електронні, магнітні, оптичні й змішані – магнітооптичні**. Кожний тип пристроїв організований запису цифрової інформації. Тому, у зв'язку з видом і технічним ви-

конанням носія інформації, розрізняють: **електронні, дискові й стрічкові пристрої**. Основні характеристики накопичувачів і носіїв: 1) інформаційна ємність; 2) швидкість обміну інформацією; 3) надійність зберігання інформації; 4) вартість. Головна характеристика пристрою зберігання - *ємність* (capacity), вимірювана в кілобайтах, мегабайтах, гігабайтах і терабайтах (Кбайт, Мбайт, Гбайт, Тбайт, або в англійській транскрипції KB, MB, GB, TB). Приставки кіло-, мега-, гига-, тера- мають *десяткові* значення -  $10^3$ ,  $10^6$ ,  $10^9$  і  $10^{12}$  відповідно. Ємність пристрою в першу чергу визначається його носієм, однак вона може обмежуватися й межею можливості адресації блоків, властивим тому або іншому інтерфейсу підключення. Пристрої зовнішньої пам'яті можуть мати *змінні* або *фіксовані носії* інформації. Застосування змінних носіїв (removable media) дозволяє зберігати необмежений обсяг інформації, а якщо носій і формат запису стандартизовані, то вони дозволяють ще й обмінюватися інформацією між комп'ютерами. Існують пристрої з автоматичною зміною носія - стрічкові каруселі, дискові пристрої JukeBox. Для настільних машин є накопичувачі CD(DVD)-ROM з декількома дисками, змінюваними автоматично. Змінним може бути й пристрій зберігання.

### **Фізичні принципи зберігання інформації**

**Магнітні пристрої зберігання (Magnetic Storage).** *Жорсткі диски* (Hard drive) найпоширеніший спосіб зберігання даних на магнітних пристроях, зберігають даних на пластинах у формі диска. Ці пластини виготовлені з алюмінію, стекла або кераміки й покриті феромагнітним матеріалом. Феромагнітне покриття дозволяє читаючої/пишучим голівкам намагнічувати невеликі області на пластині, кожна така область являє собою цифровий біт. Аналогічно жорстким дискам, *стрічкові накопичувачі* (tape drive) зберігають біти за допомогою поляризації невеликого магнітного регіону. Існує два типи стрічкових накопичувачів: лінійні (linear) і спіральні (helical). *Лінійні стрічкові накопичувачі* мають лінійні доріжки. На стрічці існує кілька дюжин доріжок. Кожна доріжка складається з багатьох невеликих магнітних регіонів, кожний з яких використовується для подання '1' або '0'. *Спіральні доріжки* розташовуються діагонально зверху й знизу стрічки. Це значить, що доріжки перетинають один одного. Для стрічки такого типу необхідно використати дві пишучі голівки, кожна з яких використовує протилежну поляризацію, що дозволяє читати доріжки. За рахунок цього досягається більша щільність запису на стрічці.

**Напівпровідникова пам'ять (Semiconductor Memory).** Один з найпоширеніших типів напівпровідникової пам'яті - це RAM. Є два основні типи RAM, статична і динамічна. Статична RAM або SRAM зберігає дані в наборі з 6 транзисторів. Динамічна RAM або DRAM зберігає дані в конденсаторах, для яких необхідно постійне відновлення, і тому після відключення живлення, дані DRAM губляться. Ще один тип напівпровідникової пам'яті - флеш пам'ять (Flash memory). Існує два основні типи флеш пам'яті - NOR і NAND. NOR (Not OR) посилається на логічну схему NOR, а NAND (Not AND) - на логічну схему NAND. Обидві логічні схеми й NAND і NOR складаються з набору транзисторів, і не містять конденсаторів. Це означає, що вони не вимагають відновлення, і тому зберігають дані після відключення живлення. NAND флеш - це технологія послідовного доступу, тому краще підходить для зберігання даних. NOR флеш - це технологія довільного доступу (random access technology), тому краще підходить для зберігання програм, які використовують мало пам'яті.

**Оптична пам'ять (Optical Memory)** заснована на зміні оптичних властивостей ділянки носія: ступеня прозорості або коефіцієнта відбиття. Найпоширеніший тип оптичної пам'яті - це CD, DVD. Принцип роботи й пристрій CD-R, CD-RW, DVD-R і DVD-RW ми розглянемо трохи пізніше.

**Молекулярна пам'ять (Molecular memory).** Мотивацією для розробки нових технологій зберігання даних є швидке вичерпання лімітів, а також те, наскільки маленькими й швидкими ми можемо зробити ці речі в той час, коли користувачам необхідні все більший об'єм і продуктивність. Молекулярна пам'ять є привабливою тому, що навіть великі молекули є дуже маленькими й дозволяють забезпечити щільність пам'яті в багато разів вище тієї щільності, що забезпечують сучасні технології. Удержати біт у молекулі в теорії відносно просто. Ви просто додаєте або видаляєте електрон з молекули. Сама складна частина - це прочитати або записати біт. Молекулярна пам'ять дозволить значно збільшити щільність пам'яті. У цей час молекулярна пам'ять перебуває в стадії розробки.

**Пам'ять з фазовою зміною (Phase change memory),** на відміну від молекулярної, існує сьогодні. Розходження між технологією CD-R і цією технологією полягає в тому, що кристалічний стан невеликої області змінюється за допомогою електричного струму, а не лазера. Оскільки ми не використовуємо лазери для читання й запису даних, то ми використовуємо не прозорість регіону, а опір регіону. Після того, як регіон перейшов із кристалічного стану в аморфне або навпаки, опір цього регіону можна

виміряти, і залежно від цього (значення опору) уважати його '1' або '0'. Пам'ять із фазовою зміною потенційно може замінити флеш пам'ять. Точно також, як і флеш, пам'ять із фазовою зміною - це енергонезалежна пам'ять із довільною вибіркою (non-volatile random access memory), що робить її підходящою для виконання коду й зберігання даних. Прототип пристрою пам'яті з фазовою зміною приблизно в 500 разів швидше флеш, він набагато менше і використовує у два рази менше енергії.

**Голографічна пам'ять** (Holographic memory) працює в такий спосіб. Два когерентних пучки променів направляються на середовище, чутливе до світла. Один пучок променів даних (data beam), а інший напрямний пучок променів (reference beam). Модель тривимірної інтерференції, створена двома пучками променів світла зберігається як голограма. Модель інтерференції можна прочитати, направивши напрямний пучок променів (reference beam) світла на модель; результуючий пучок відтворить пучок початкових даних (data beam). Такий тип тривимірної пам'яті означає, що ми одночасно можемо зберігати й одержувати доступ до сторінки пам'яті. Такі пристрої пам'яті мають набагато більшу щільність пам'яті. Завдяки цим перевагам голографічна пам'ять повинна стати переважною у своїй області. Однак, через технологічні й технічні складності така пам'ять поки не так популярна як, наприклад, CD і DVD.

**Магніторезистивна пам'ять** (Magnetoresistive RAM) як і голографічна пам'ять існує на сьогоднішній день. Як і жорсткі диски, MRAM зберігає дані в магнітному середовищі, що робить MRAM енергонезалежним середовищем для зберігання даних. Це дуже важлива можливість MRAM, що дозволить відмовитися в наслідку від DRAM і SRAM, які гублять свої дані у випадку припинення енергопостачання. Хоча пам'ять MRAM не є такою ж швидкою, як SRAM, чипи MRAM мають більш короткий час на запис і читання, чим DRAM. MRAM має набагато більш високу щільність пам'яті, чим SRAM. Дуже імовірно, що MRAM незабаром витісне флеш пам'ять тому, що MRAM є набагато більше швидкою пам'яттю в порівнянні із флеш, при цьому її набагато дешевше виготовити.

## 6.2. Жорсткий магнітний диск

Жорсткий магнітний диск (вінчестер, HDD – Hard Disk Drive) – постійна пам'ять, призначена для довгострокового зберігання всієї наявної в комп'ютері інформації. Операційна система, постійно використовувани

програми завантажуються з жорсткого диска, на ньому зберігається більшість документів. Вінчестер є одним із ключових компонентів сучасного ПК. Від нього залежить продуктивність і надійність системи. Технології виготовлення жорстких дисків удосконалюються, розміри програм збільшуються, дані на комп'ютері накопичуються. HDD вважається внутрішнім компонентом комп'ютера. Серед споживчих якостей жорсткого диска виділимо головні: ємність, використовуваний інтерфейс, швидкість обміну даними, надійність, гучність і тепловиділення. **Конструкція.** HDD містить чотири основних елементи (блоку): пакет дискових пластин на обертовій осі, голівки читання-запису, позиціонер (актюатор), контролер (рис. 6.1).

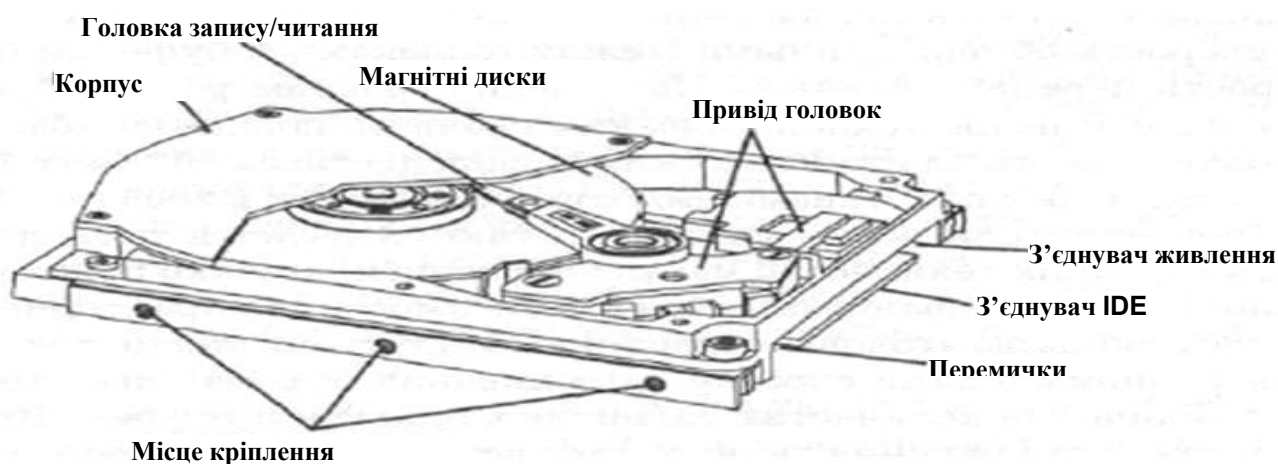


Рис. 6.1. Приклад пристрою жорсткого диска

Принцип роботи вінчестера нагадує принцип дії звичайного магнітофона, з тією різницею, що замість магнітної стрічки використовуються поверхні дисків, а замість звукових сигналів він записує й відтворює цифрові. Любою вінчестер складається із двох основних частин: банки й контролера. Банка, називана також гермоблоком, служить корпусом для розміщення всіх механічних частин вінчестера. Контролер являє собою плату електроніки вінчестера й розміщується за межами гермоблока, як правило, у її нижній частині. У деяких вінчестерах, наприклад, у відомій серії Seagate Barracuda, контролер закритий додатковою металевою кришкою, що захищає електроніку від ушкоджень, а заодно служить радіатором для відводу тепла від мікросхем. Основу всієї конструкції становить міцний герметичний корпус, що охороняє точну внутрішню механіку від зовнішніх впливів. Усередині корпуса розміщується властиво диск або набір з декількох дисків, що обертається електродвигуном; маг-

нітні голівки з механізмом їхнього переміщення, а також попередній підсилувач сигналу. Корпус заповнений очищеним від пилу повітрям. Для вирівнювання тиску усередині й зовні корпус постачений фільтром або має отвори, заклеєні плівкою (зустрічаються повністю герметичні вінчестери). При обертанні дисків створюється сильний потік повітря, що циркулює усередині корпуса й постійно очищається ще одним, внутрішнім фільтром від пилу, що зуміла якимось образом потрапити усередину.

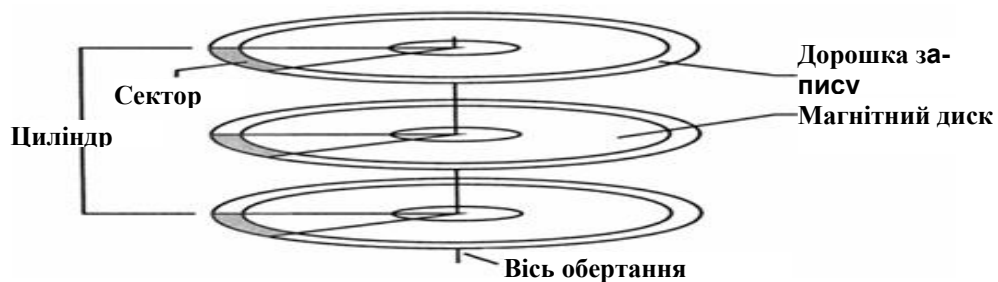
Сучасні вінчестери влаштовані дуже складно. До 90% вартості встаткування вінчестера становить прецизійна механіка. Розглянемо більш докладно кожну її частину. Магнітний диск ("млинець") являє собою круглу пластину, поверхню якої оброблена по найвищому класу точності. Дискава пластина складається з основи й магнітного покриття, на яке записуються дані. Основу виготовляють із алюмінієвих сплавів, з кераміки або скляних компонентів. Магнітне покриття пластин виконується з оксиду заліза або їх покривають сплавом на основі хрому або вакуумно напиляємим шаром кобальту. Сучасні технології вимагають застосування двох шарів магнітного покриття із прошарком з парамагнітного матеріалу. Дані зберігаються на пластинах у вигляді концентричних доріжок, кожна з яких розділена на сектори по 512 байт, що складаються з горизонтально орієнтованих доменів. Орієнтація доменів у магнітному шарі служить для розпізнавання двійкової інформації (0 або 1). Розмір доменів визначає щільність запису даних. Існує два способи запису даних на пластину: у довжину й перпендикулярно. Спосіб запису даних на пластину в довжину є традиційним. Перпендикулярна технологія запису дозволяє інженерам упакувати більше даних на тій же самій області пластини, не турбуючись про ефект суперпарамагнетизму. Для обертання дисків застосовується спеціальний електродвигун, схожий на двигун флоппи-дисквода: нерухомий якір з обмотками й обертовий постійний магніт. Основна відмінність його складається в більш високій точності виготовлення й наявності спеціальних підшипників, які можуть бути як звичайними кульковими, так і рідинними (замість кульок у них використовується спеціальне масло, що поглинає ударні навантаження, що збільшує довговічність двигуна). Рідинні підшипники мають більше низький рівень шуму й майже не виділяють тепло під час роботи. Крім того, деякі сучасні вінчестери мають двигун, цілком занурений у герметичну посудину з маслом, що сприяє ефективному відводу тепла від обмоток. Магнітна голівка являє собою складну конструкцію, що складається з десятків дета-

лей. Ці деталі виготовляються методом фотолітографії так само, як і сучасні мікросхеми. Робоча поверхня керамічного корпусу голівки відполірована з такою же високою точністю, як і диск. Привод голівок являє собою плоску котушку-соленоїд з мідного дроту, поміщену між полюсами постійного магніту й закріплену на кінці важеля, що обертається на підшипнику. На іншому його кінці перебуває легка стрілка з магнітними голівками. Котушка здатна переміщатися в магнітному полі під дією минаючі через неї струму, переміщаючи одночасно всі голівки в радіальному напрямку. Щоб котушка з голівками не бовталася у неробочому стані, є магнітний фіксатор, що втримує голівки виключеного вінчестера на місці. У неробочому стані накопичувача голівки перебувають поблизу центра дисків, в "зоні паркування" і притиснуті до сторін пластин легкими пружинами. Як тільки диски почнуть обертання потік повітря піднімає голівки над поверхнею млинців, переборюючи зусилля пружин. Голівки "спливають" і із цього моменту перебувають над диском, не торкаючись його. Товщина повітряного прошарку між диском і голівкою в сучасних вінчестерів –0,1 мкм, що в 500 разів менше товщини людського волосся. Тому що механічний контакт голівки з диском відсутній, зношування дисків і голівок не відбувається. Як уже говорилося, усередині гермоблока також перебуває підсилювач сигналу, поміщений ближче до голівок, щоб зменшити наведення від зовнішніх перешкод. Він з'єднаний з голівками гнучким стрічковим кабелем. Таким же кабелем підводить живлення до рухливої котушки привода голівок, а іноді й до двигуна. Через невеликий роз'єм все це господарство з'єднане із платою контролера. Принцип роботи магнітно-резистивної (*MR*) голівки при читанні даних складається в помітній зміні опору електричному струму, що протікає, при зміні напруженості магнітного поля. Елемент читання голівки являє собою надтонку плівку зі спеціального матеріалу, що міняє опір залежно від орієнтації магнітних доменів на поверхні обертового диска. Орієнтація доменів визначається тим, який біт (0 або 1) записаний у даний елемент. Канал читання даних безупинно пропускає струм через голівку, і тому зміна опору плівки миттєво реєструється. Дані надходять у спеціальний компаратор, що остаточно визначає, який біт був лічений, і далі направляє сформований сигнал нуля або одиниці. В жорстких дисках з інтерфейсом *ATA* звичайно використовують 1-5 пластин, з інтерфейсом *SCSI* - до 10. Швидкість обертання жорсткого диска в основному впливає на скорочення середнього часу доступу (пошуку). Підвищення загальної продуктивності особливо

помітно при вибірці великої кількості файлів. Сьогодні широко поширені жорсткі диски з інтерфейсом ATA й стандартом частоти обертання 5400/7200 оборотів у хвилину (час доступу 9-10 мс), з інтерфейсом SCSI - 7200/10000 оборотів у хвилину (середній час доступу 7-8 мс). Для інтерфейсу SCSI є диски із частотами обертання до 15000 оборотів у хвилину. Кожна «сходінка» приросту швидкості забезпечує збільшення загальної продуктивності приблизно на 25%. Пристрої з високими частотами обертання вимагають спеціальних заходів щодо охолодження, аж до установки окремих вентиляторів.

Низкорівнева структура дисків. Дані записуються у вигляді концентричних окружностей, названих доріжками, що складаються з декількох менших відрізків – секторів. Кожній доріжці й кожному сектору на кожній зі сторін диска присвоюється свій порядковий номер. Розташовані одна над інший кілька доріжок з однаковими номерами називаються циліндрами. Такий розподіл дискового простору на ділянки називається форматом нижнього рівня й виконується на заводі – виготовлювачі вінчестера. Єдина область накопичувача, де дефектні сектори абсолютно неприпустимі, — це нульова доріжка). Вона використовується для запису інформації про розбивку жорсткого диска й положення FAT. Якщо нульова доріжка не читається або на неї неможливо що-небудь записати, то накопичувач перестає працювати. *Кластер* (або осередок розміщення даних) — найменша область диска, що операційна система використовує при записі файлу. Звичайно кластер - один або кілька секторів. Частина інформаційної поверхні диска використовується для службової інформації. Вона схована від користувачів і стає доступною при перекладі вінчестера в спеціальний технологічний режим. Службову інформацію можна розділити на кілька типів: 1) сервометки, призначені для стабілізації швидкості обертання дисків, пошуку секторів і точної установки голівок на доріжки; 2) інформація, що служить для адресації секторів з даними користувача й контролю цілісності даних; 3) робочі програми (мікрокод), призначені для керування роботою систем накопичувача; 4) паспорт вінчестера, у якому записана інформація про кількість дисків, голівок, назва фірми-виробника й моделі накопичувача, дата його виготовлення, країна виготовлювач й багато чого іншого; тут же зберігається й унікальний серійний номер вінчестера; 5) таблиця дефектних секторів, що служить для апаратної підміни збійних ділянок поверхні з резерву. Ця інформація використовується електронікою вінчестера в процесі роботи і є найважливішою.





**Рис. 6.2. Організація даних на жорсткому диску**

**Коротко про функціонування.** Режими енергоспоживання. Можливість регулювати енергоспоживання накопичувачів надзвичайно важлива. Підсистема керування режимами роботи жорсткого диска є невід'ємною частиною системи енергозбереження комп'ютера. У більшості комп'ютерів накопичувачі на жорстких дисках можуть працювати в одному з 5 режимів: 1) розгін. Накопичувач споживає максимум потужності 14-15 Вт. 2) Пошук. Споживана потужність - 8,5-9 Вт. 3) Читання/Запис. Споживана потужність - близько 5 Вт. 4) Режим простою. Споживана потужність знижується до 4 Вт. Накопичувач здатний відреагувати на команду читання протягом 40 мс. 5) Очікування. Це режим максимального енергозбереження, споживана потужність становить близько 1 Вт.

До складу контролера входять наступні функціональні вузли: схема керування двигуном, схема керування позиціонуванням голівок, канал читання-запису, цифровий сигнальний процесор, мікропроцесор керування, буфер пам'яті накопичувача й інтерфейсна логіка. Мікропроцесор керування являє собою дуже швидко спеціалізовану микро-ЕВМ, що має свою оперативну пам'ять, постійну енергонезалежну пам'ять і програмне забезпечення, що складається з декількох модулів. Воно утворює спеціалізовану операційну систему. Мікропроцесор вінчестера функціонує увесь час, поки на нього подане живлення. Під його контролем всі системи накопичувача працюють дружно, образуя кілька замкнутих систем авторегулювання, що підтримують постійну швидкість обертання дисків і голівок, що забезпечують точне влучення на доріжки й доступ до будь-якого сектора незалежно від фізичного зношування механіки й зовнішніх ударних або теплових впливів. Для живлення накопичувачів на-

звичайно використовується дві напруги: +5 В (для схем посилення й обробки сигналів) і +12 В (для силових кіл). Це дозволяє зменшити перешкоди від двигунів і спростити схему. Звичайно вимоги до стабільності джерела +5 У набагато вище, ніж до +12 В.

У зв'язку з тим, що довжина зовнішніх і внутрішніх доріжок на дисках відрізняється, то й секторів на них міститься різна кількість. Коли вінчестер працює, його мікропроцесор робить перерахування фізичних параметрів про число голівок, числі секторів у доріжці й кількості циліндрів у вид, сприйманий зовнішніми пристроями. Цей параметр називається геометрією накопичувача, а процес перерахування – трансляцією, і служить для зручності роботи зовнішніх пристроїв. Ці "стандартні" параметри й указуються на корпусі вінчестера (наприклад, 16 голівок і 63 сектора в доріжці). Ємність вінчестера в байтах можна підрахувати, перемноживши число голівок, число секторів у доріжці, число циліндрів і розмір сектора, що дорівнює 512 байт. Наприклад,  $16 \cdot 63 \cdot 39714 \cdot 512 = 20,4$  Гб (маються на увазі "неправильні" гігабайти виробників - по мільярду байт).

**Кеширування.** Миттєвий доступ і передача даних у вінчестері неможливі. Реакція механічних вузлів не може бути як завгодно швидкої внаслідок фундаментальних законів фізики, тому механічні затримки будуть сповільнювати роботу накопичувача. Механічна система накопичувача завжди буде працювати значно повільніше, ніж електронні схеми обробки інформації. Щоб підвищити «зовнішню» швидкодію накопичувачів, використовується прийом, називаний кешируванням диска, суть якого зводиться до того, що безпосередньо в накопичувачі встановлюється швидкодіюча оперативна пам'ять невеликого об'єму, що використовується для тимчасового зберігання даних (як проміжний буфер). У кеш завантажується інформація, що, як передбачається, буде запитана системою. Ємність убудованого кэша виміряється мегабайтами й досягає 128 Мбайт і більше. Для пророкування того, яка інформація повинна бути завантажена в кэш, розроблено досить багато програмних алгоритмів.

**Поняття про технології S.M.A.R.T.** Виробниками жорстких дисків була розроблена технологія, що дозволяє об'єктивно оцінити стан всіх систем вінчестера й досить точно спрогнозувати час його загибелі. Ця технологія одержала назву S.M.A.R.T. (Self Monitoring Analysis and Reporting Technology) і є присутнім

у всіх сучасних вінчестерах. Коли працює накопичувач, його мікропроцесор веде підрахунок циклів вмикання-вимикання, кількість відпрацьованих годин, фіксується час розкручування двигуна до номінальної швидкості, число помилок читання, число збійних секторів і багато чого іншого. За допомогою спеціальних датчиків визначається температура пристрою, кількість отриманих ударів і т.д. Всі дані автоматично заносяться в спеціальну таблицю на диску й періодично оновлюються. Ще вони постійно порівнюються із гранично припустимими значеннями, перевищення яких указує на серйозні неполадки накопичувача. Ця таблиця називається таблицею SMART-параметрів і може бути переглянута користувачем у будь-який час, для чого існує спеціальна утиліта. Наприклад, HDD Speed або SMARTUDM.

**Поняття про логічну структуру дисків.** З апаратної точки зору будь-який пристрій зберігання прямого доступу можна представити як сукупність секторів, адресуємих тим або інш способом (CHS або LBA), і кожний сектор може бути записаний і лічений тільки цілком і незалежно від інших. Однак для більшості прикладних програм інтерес представляє обіг не до окремих секторів, а до файлів, які можуть займати довільну кількість секторів. Для полегшення звертання до файлів і впорядкування використання простору секторів диска до складу операційної системи входить *файлова система* тісно пов'язана з логічною структурою диска. Розділи й логічні диски. ОС представляє зовнішню пам'ять у вигляді набору *логічних дисків*. Кожному логічному диску присвоюється логічне ім'я: А, В - для дискет, С, D, Е и наступні букви - для жорстких дисків, CD-ROM і інших пристроїв. *Логічний диск* — це сукупність секторів з послідовно наростаючими номерами. Перший сектор логічного диска називається *завантажувальним* (boot sector). У цьому секторі зберігається описатель параметрів диска й файлової системи. Додатково може втримуватися програма завантаження ОС. Якщо на диску із завантажником присутні ще й самі файли ОС, що забезпечує можливість завантаження цієї ОС на комп'ютер, такий диск називається *системним*. Шляхом розбивки вінчестера на логічні диски домагаються упорядкування використання дискового простору. Структуру жорсткого диска пояснює рис. 6.3. *Фізично жорсткий диск* може бути розбитий на кілька *розділів* (partition).

Інформація про структуру диска — *таблиця розділів* (partition table) — зберігається в *головному завантажувальному записі* (Master Boot Record, MBR), що перебуває в загальновідомому місці — циліндр 0, голівка 0, сектор 1. На початку цього сектора розташовується програма *головного завантажника* (master boot), а за нею — таблиця розділів, що містить чотири описувача розділів. Кожний описувач задає границі розділів у двох системах: CHS (координати початку й кінця) і LBA (початок і довжина). Розділи починаються по границі циліндра (координати N, 0, 1), крім першого, що починається з першої голівки нульового циліндра (0, 1, 1), оскільки під нульовою голівкою розташований сектор з MBR. Закінчуватися розділи повинні на границі циліндра, що дозволяє через номери кінцевих голівки й сектора визначити число голівок і секторів на треку.

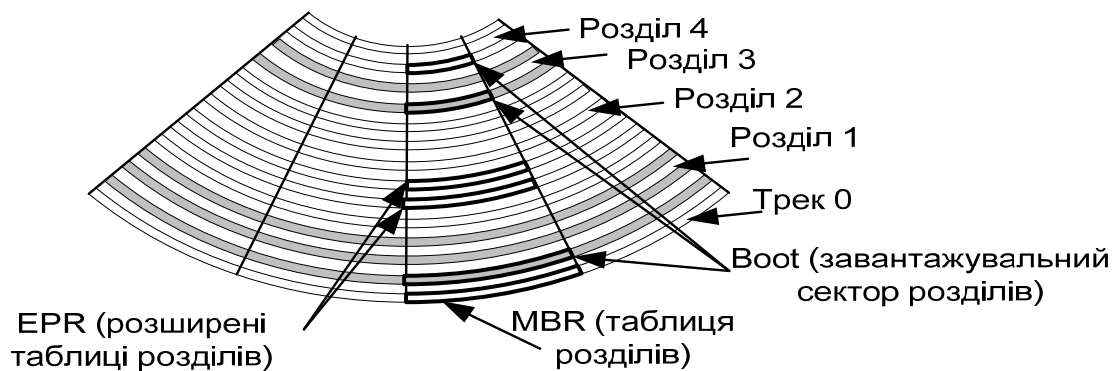


Рис.6.3. Структура жорсткого диска

### 6.3. Магнітооптичні накопичувачі

Магнітооптичні носії (МОН) являють собою багатошарові диски, запис і читання даних на які засновані на магнітних і на оптичних властивостях. При читанні даних використовується ефект Керра: зміна поляризації відбитого лазерного променя залежно від напрямку намагніченості ділянки диска, що опромінює. Запис здійснюється зовнішнім магнітним полем за два проходи: при першому - дані стираються, при другому - записуються нові дані. Властивості використовуваних матеріалів такі, що змінити напрямок намагніченості потрібної ділянки можна тільки при його нагріванні до точки Кюрі (~ 200°C). При звичайних температурах носій не підданий впливу магнітних і електричних полів і тому надзвичайно надійний (строк зберігання даних перевищує 30 років). МОН одержали широке поширення в комп'ютерних системах високого рівня завдяки своїй уні-

версальності, з їх допомогою без проблем вирішуються завдання резервного копіювання, обміну даними і їх нагромадження. Досить висока вартість приводів і носіїв не дозволяє віднести магнітооптику до пристроїв масового попиту. У цей час відомі магнітооптичні носії (*Magneto Optical*) з однократним записом стандарту *CCW (Continuous Composite WORM)* і перезаписувані стандарту *LIMDOW (Light Intensity Modulation /Direct OverWrite)*. Останнє покоління носіїв формату 5,25 дюйма досягає ємності 9,1 Гбайт. Стандартна ємність для 3,5-дюймових носіїв — 640 Мбайт. У форматі 3,5 дюйма була розроблена нова технологія *GIGAMO*. Вона забезпечує ємність носіїв в 2,3 Гбайт і сумісна з попередніми стандартами. Накопичувачі й диски форм-фактора 5,25" підтримують технологію *NFR (Near Field Recording)*, що забезпечує ємність дисків до 40 Гбайт.

## 6.4. Стрімери

Стрімери - це пристрої з магнітним принципом зберігання на стрічкових носіях послідовного доступу, що забезпечують можливість роботи зі змінними носіями - картриджами й касетами з магнітною стрічкою. Ємність касет сучасних стримеров становить - від 40 Мб до 13 Гб, швидкість передачі даних – 2-9 Мб у хвилину, довжина стрічки - 63,5-230 м, кількість доріжок – 20-144, а їхнє необмежене число в запасі дозволяє використати стрімери в більших сховищах даних. Основне застосування стримеров - резервне копіювання й архивування. Застосування послідовного доступу, у цілому характерного для резервного копіювання й архивування, у стримерах забезпечує високу швидкість запису й зчитування. Багато пристроїв забезпечують компресію «на лету» - зберігають на стрічці стислу інформацію. Тому параметри ємності й швидкості для користувальницьких даних часто вказують із очікуваним дворазовим стиском. У стримерах стрічка рухається щодо голівок. Для високої щільності запису стрічка повинна містити багато вузьких доріжок. Існує два основних варіанти запису на стрічку, що розрізняються положенням доріжок: лінійна і похило-рядкова (геликоидальна). У пристроях з *лінійним записом* необхідна швидкість забезпечується рухом стрічки. Це породжує проблеми при організації стартстопного режиму: більші прискорення вимагають застосування більш товстої стрічки, відповідно, знижується ємність. Найпоширеніші пристрої *DLT (Digital Linear Tape - цифрова стрічка з лінійним записом)*: стрічка шириною 0,5" в однокотушковому картриджі

(весь об'єм заповнений стрічкою), прийомна катушка перебуває в пристрої. Пристрої DLT дорогі, але надійні й призначені для інтенсивної експлуатації. DLT - це промисловий стандарт, його підтримує безліч виробників пристроїв і картриджів. Стрічки DLT відрізняються гарною переносимістю із пристрою на пристрій. У пристроях SuperDLT (не сумісні з DLT) для одержання високої щільності запису застосовують магніторезистивні голівки й оптичне позиціювання. Для стрічок DLT і SuperDLT гарантується надійність при числі проходів по голівках 500000-1000000, строк зберігання 30 років. В стримерах з *наклонно-стрічковим записом* лінійна швидкість стрічки низька, а висока відносна швидкість забезпечується гелікоідальним скануванням, забезпечуванням обертовим блоком голівок. Завдяки цьому при старті й гальмуванні знижуються втрати часу й навантаження на стрічку, що дозволяє застосовувати сучасні більш тонкі стрічки. Привод складний, містить багато частин, що рухаються, стрічка для роботи витягається з картриджа. Незважаючи на зростаючу популярність оптичних перезаписуваних дисків, стримери продовжують своє існування й розвиток. Ті ємності носіїв і швидкості, якими вони оперують, для оптичних пристроїв поки недосяжні.

## 6.5. Твердотільні пристрі зберігання

Твердотільні пристрої зберігання використовуються в мініатюрних комп'ютерах, а також комп'ютеризованих цифрових пристроях побутової електроніки — фотокамерах, плеерах, приймачах глобальної системи навігації (GPS) та ін. Звичайно ці пристрої засновані на мікросхемах флеш-пам'яті, у найбільш сучасних використовується пам'ять зі структурою NAND. Для цього типу флеш-пам'яті властиве швидке читання, запис і стирання невеликих блоків (256 або 512 байт), що зручно для запису файлів. Пристрої на флеш-пам'яті є енергонезалежними (у режимі зберігання не вимагають живлення), економічними в плані споживання, особливо при читанні, досить продуктивними. Запис на ці носії специфічна: швидше всього вона виконується в чистий (стертий) блок (сектор диска), а перезапис вимагає щодо тривалого стирання. Крім того, флеш-пам'ять має хоч і велике (порядку  $10^5$ - $10^6$ ), але обмежене число циклів стирання-запису. *Пристрої зберігання* звичайно являють собою комбінацію властиво мікросхем флеш-пам'яті (твердотельного носія) і мікроконтролера, що забезпечує зовнішні інтерфейсні функції. Цим вони відрізняються від

карт пам'яті з лінійним доступом, наприклад Miniature Card, на яких розташовуються тільки мікросхеми пам'яті (убудований контролер не потрібен). Є й інші твердотільні пристрої зберігання, наприклад ферроелектрична пам'ять (FRAM). Карти можна підключати до комп'ютерів за допомогою різних адаптерів: для слотів PC Card, для шини USB і для інших зовнішніх інтерфейсів. За допомогою цих адаптерів комп'ютер «бачить» підключену карту як звичайний змінний носій інформації (диск). Головна мета підключення карти до ПК - швидка передача прикладних даних побутового характеру або перенос (зберігання) інформації. Як інтерфейс твердотільних пристроїв зберігання може використатися й варіант ATA. Пристрої зберігання з інтерфейсом USB завоювали популярність завдяки зручності підключення й малих габаритів. У цих пристроях є флеш-пам'ять NAND і контролер, що представляє для USB пристрій того або іншого виду. Сучасні ОС (Windows XP) мають убудовані драйвери, «розуміючі» більшість моделей і які забезпечують із пристроями виконання операцій читання-запису, як зі звичайним диском. Сучасні версії BIOS також «розуміють» флеш-пам'ять і дозволяють включати ці пристрої в список завантажувальних. Нові моделі флеш-пам'яті мають нові можливості, включаючи можливість закриття доступу до пристрою паролем. У цей час типові моделі флеш-пам'яті мають об'єми пам'яті 2-32 Гбайт. Ці пристрої застосовують, в основному, для тимчасового зберігання даних і їхнього мобільного переносу.

## 6.6. Носії інформації на CD і DVD

Широке поширення як накопичувачі інформації одержали диски CD-ROM, CD-R і CD-RW (Compact Disc-ReWritable), DVD-R і DVD-RW. На диску CD-ROM промисловим способом записується інформація, і зробити її повторний запис неможливо. Найбільше поширення одержали 5-дюймові диски CD-ROM ємністю 670 Мбайт. Дані на диску записуються у вигляді спірالی (у вінчестері дані розташовуються у вигляді концентричних окружностей). З погляду фізики лазерний промінь визначає цифрову послідовність одиниць і нулів, записаних на CD, по формі мікроскопічних ямок (пит, pit) на його спіралі. Аббревіатурою CD-R (CD-Recordable) позначена технологія однократного оптичного запису, яку можна використати для архівування даних, створення прототипів дисків для серійного виробництва й для дрібносерійного випуску видань на компакт-дисках,

запису аудіо й відео. Диски (CD-R) зовні схожі на звичайні штамповані компакт-диски. Але є два важливих розходження. Спочатку на полікарбонатну підкладку записуваного компакт-диску наноситься контур спіральної доріжки, на якій при наступному запису будуть заноситися дані. Потім підкладка покривається зеленуватим або синюватим напівпрозорим покриттям, поверх якого наноситься покриття, що відбиває, із золота (або іншого матеріалу) і захисний шар лаку. У процесі запису під впливом лазерного променя окремі ділянки диска необратимо змінюють здатність, що відбиває, що формує таку ж структуру інформаційної доріжки, як і на дисках CD-ROM. Важливо відзначити, що диски CD-R - це однократно записувані носії, інформацію з них стерти не можна (хоча можна дописувати туди додаткові дані в наступні сеанси). Якщо в процесі запису на диск виникає помилка, то виправити її неможливо. Накопичувачі, які дають можливість працювати з перезаписуваними CD-RW (CD-ReWritable), відомими також як CDE . Такі пристрої дозволяють заносити інформацію на існуючі недорогі компакт-диски з можливістю дозапису, а при використанні перезаписуваних CD-RW-дисків можуть стирати старі дані й записувати замість них нові. Ємність носія CD-RW становлять 650 - 800 Мбайт. Диски CD-RW зчитуються на універсальних CD, DVD - ROM-пристроях, розрахованих на роботу з різними носіями (задовольняючи специфікації MultiRead). По зовнішньому вигляді як самі дисководи, так і диски для CD-RW практично не відрізняються від CD-ROM, DVD-ROM. Однак через меншу прозорість CD вимагають кращого покриття, що відбиває. Накопичувачі управляються контролерами, розміщеними на системній платі або на мультікарті.

Стандарт DVD був створений з розрахунком на те, щоб замінити різні носії відразу в декількох областях - в індустрії відео, у сфері інформаційних технологій, у звукових записах і навіть, можливо в індустрії ігрових картриджів. DVD (Digital Versatile Disk, раніше Digital Video Disk), тобто багатоцільовий цифровий диск – тип компакт-дисків, що зберігає від 4,7 до 17 Гбайт інформації, що цілком достатньо для повнометражного фільму. DVD масово витісняють як CD-ROM, так і звичайні VHS-відеокасети. По фізичних розмірах диски CD і DVD абсолютно однакові - DVD лише небагато тонше. Природно, так само як і CD-диски, DVD виробляється у двох факторах-формах-факторах: 12 см (4,7 дюйми) і 8 см (3,1 дюйми). Найпоширенішим, як і у випадку з CD, став фактор-форм-фактор 12 см - адже саме на нього розраховане більшість дисководів і



DVD-плеєрів. У чому полягають розходження між DVD і CD? У першу чергу в DVD-дисків менший діаметр поглиблень, на доріжці вони розташовані з меншим “кроком” і самих доріжок на диску набагато більше. Використання насічок меншого розміру стало можливим завдяки застосуванню лазера з меншою довжиною хвилі, що посиляє більш “щільний” промінь. Лазер у пристрої CD-ROM має довжину хвилі 780 нанометрів, пристрої DVD використовують лазер з довжиною хвилі 650 або 635 нм, що дозволяє покривати променем у два рази більше насічок на одній доріжці й у два рази більше доріжок. Крім того, поверхня диска, відведена для зберігання даних, трохи більше, ніж в CD-ROM; DVD також передбачає інший формат секторів і більш надійний код корекції помилок. Всі ці нововведення дозволили досягти приблизно в сім разів більшої ємності дисків DVD, чим традиційних CD. Але семиразовий приріст ємності диска - це далеко не межа. Саме цікаве в специфікаціях DVD - це створення двосторонніх і двошарових дисків, які вже порівняно широко застосовуються. Такі диски дозволяють зберігати 8-17 і більше Гбайт інформації.

Усілякі комбінації всіх перерахованих вище технологій породили досить багато типів дисків DVD. Існують односторонні (SS - Single Sided) і двосторонні DVD (DS), одношарові (SL - Single Layer) і двошарові (DL). Варто відзначити, що місткість двошарових DVD-дисків не у два рази більше, ніж в одношарових, як варто було б очікувати, а небагато менше: щоб мінімізувати перешкоди, що виникають при проходженні променя лазера через зовнішній шар, мінімальний розмір поглиблень на доріжках був підвищений з 0,4 мм до 0,44 мм. У результаті небагато підвищилася швидкість зчитування інформації з таких дисків. Програми й дані записані на диску у форматі DVD-ROM аналогічно традиційному диску CD-ROM. Для зчитування таких дисків у комп'ютері повинен бути встановлений накопичувач DVD-ROM, що зовні схожий на привод CD-ROM, використовує ті ж інтерфейси SCSI-2 або IDE (ATAPI) і точно так само встановлюється. DVD-ROM може читати й старі CD-ROM, а також відтворювати звукові компакт-диски. Однак не всі приводи DVD-ROM однакові, і, хоча технологія DVD розроблена порівняно недавно, у продажі проходили вже кілька поколінь накопичувачів DVD-ROM. Основна маса сучасних приводів DVD-ROM читає диски CD-ROM уже на 52-кратній (і більше) швидкостях. Тому зміна приводами DVD-ROM дисководів CD-ROM уже майже відбулася. Всі DVD-плеєри й комп'ютерні приводи повинні читати

двошарові й двосторонні диски - цього вимагає специфікація. У цей час такі пристрої стрімко завойовують ринок у споживачів.

Специфікацій DVD-ROM розглядає диски й технологію DVD як засіб зберігання комп'ютерних даних, що володіє величезною ємністю. Специфікація DVD-Video передбачає лише запис повнометражних кінопрограм із високою якістю зображення, багатоканальним звуком і інтернаціональними налаштуваннями. Специфікація DVD-Audio розглядає стандарт запису лише звуку, припускаючи, щоправда, значно більше високу якість, багатоканальність і можливість помістити на тім же диску не тільки 74 хв. музики, але й різноманітну супутню інформацію. Специфікації DVD-R і DVD-RAM визначають фізичні параметри записуваних і перезаписуваних дисків DVD. Для самостійного запису DVD-дисків у цей час є два різновиди: DVD-R – однократно записуваний диск (аналог CD-R) і DVD-RW для багаторазової, що стирає запису (аналог CD-RW).

Диски DVD-RAM, що відповідають специфікації 1.0, мають ємність 2,6 Гбайт для одnobічних і 5,2 Гбайт для двосторонніх дисків. Для зберігання дисків використовується спеціальний картридж, тому що вони дуже чутливі до механічних впливів. Формат DVD-R і DVD-RW споконвічно призначений для домашнього застосування, як засіб запису потокової аудио-и відеоінформації. Внаслідок цього він містить серйозні обмеження при використанні для зберігання даних з довільним доступом. Стандарт DVD-R існує у двох варіантах - G (General) і A (Authoring). У першій, призначеній для домашнього застосування, використовується лазер з довжиною хвилі 650 нм, а в другий - 635 нм. Це зроблено для забезпечення сумісності специфікацій DVD-R (G) і DVD-RAM. Формат DVD+R і DVD+RW. По споживчих властивостях стандарти з «плюсом» і «мінусом» близький друг до друга, хоча на практиці DVD-R/RW показує кращу сумісність із побутовими DVD-плеєрами, а DVD+R/RW більше підходить для зберігання даних, забезпечуючи більшу швидкість запису й перезапису.

Диски DVD-ROM, DVD-R, DVD-RW використовують файловою систему UDF (Universal Data Format) з *пакетами змінної довжини*. Тут файли зберігаються поруч зі своїми описами, припустима довжина імен до 127 символів. Кожний пакет представляє окремий файл (або його екстенст), на початку пакета є опис файлу (ім'я, дата, атрибути, довжина файлу й даного екстенста). Ніяких загальних таблиць розміщення файлів і екстенстів для UDF не потрібно - послідовне читання пакетів дозволяє зібрати всі файли диска. Для швидкого пошуку файлу в пам'яті комп'ютера бу-

дується віртуальна таблиця розміщення файлів. Диск (сесія) з пакетами змінної довжини може бути закритим і мати дескриптори тому файлової системи ISO 9660, тоді він буде читатися традиційними засобами. Організація диска у вигляді пакетів змінної довжини ефективна з погляду дискового простору. Для перезаписуваних дисків є можливість формувати чистий диск *пакетами фіксованої довжини* (звичайно 2 сектора — 4 Кбайт) і він виглядає зовсім як більша дискета. При цьому великі накладні витрати на організацію формату - близько 18%. При цьому диск у звичайному змісті не закривається, і з ним може спілкуватися тільки устрій-рекордер. У цей час на ринку представлені мультіформатні пристрої, які підтримують як «плюсові», так і «мінусові» диски, як одношарові, так і двошарові диски (входить 8,5 Гбайт даних проти 4,7 Гбайт у звичайних одношарових при цьому обидва шари перебувають на одній стороні, тобто носій перевертати не потрібно). Диски сумісні з існуючими DVD-програвачами й приводами DVD-ROM і вибір стандарту визначається завданнями й вимогою сумісності з іншим устаткуванням.

Оптичні диски із прямим доступом. Крім CD-ROM, CD-R і CD-RW існують не настільки широко розповсюджені оптичні диски із прямим доступом. PD/CD (Phase change Disk - диск із фазовим кодуванням) - комбінований накопичувач, що записує інформацію на спеціальний носій (і з його ж зчитує) по методу зміни фази стану речовини. Носій являє собою багат шаровий диск у захисному картриджі, у якого в одному із шарів може змінюватися фаза стану речовини. Зчитування засноване на зміні ступеня відбиття ділянок з різною фазою стану речовини. На відміну від CD з одним спіральним треком, PD має концентричні треки (як у магнітних дисків) і, отже, довільний метод доступу. Шпиндель накопичувача підтримує постійну кутову швидкість для кожної зони треків (а не постійну лінійну, як в CD). Це дозволяє знизити час доступу при пошуку в межах зони, оскільки не витрачається час на розгін або гальмування диска. Ємність PD, як і CD, становить 650 Мбайт, але диски PD не можуть читатися на накопичувачі CD-ROM. У той же час пристрій PD/CD цілком справляється із читанням і звичайними дисками CD - тип установленого носія визначається автоматично. Більшою перевагою PD перед CD-R є можливість багаторазових циклів стирання-запису й, природно, зчитування при прямому доступі до даних. Недолік - несумісність PD і CD.

WORM (Write Once, Read Many times) - пристрої з однократним записом і багаторазовим зчитуванням специфічного носія. Стійкий до зов-

нішніх впливів картридж 5" ємністю 650 Мбайт - 1,3 Гбайт записують за технологією, схожою на CD-WORM. Вартість пристроїв висока, стандартів немає. Термін WARM (Write And Read Many times) має на увазі багаторазовий запис і зчитування, але стандартизованих оптичних пристроїв даного типу поки немає. Перераховані пристрої зустрічаються рідко і не витримали конкуренції з CD і DVD.

## 6.7. Системна підтримка зовнішньої пам'яті

Дискова пам'ять має стандартну підтримку на рівні BIOS і операційної системи. Підтримка дисків з боку BIOS полягає в наданні вищестоящим рівням програмного забезпечення можливості читання й записи секторів диска, форматування треку й виконання допоміжних функцій. Ці можливості надаються програмним викликом переривання BIOS Int 13h — дискового сервісу. Дисковий сервіс BIOS призначений для ізоляції вищестоящого ПО (ОС і додатків) від подробиць реалізації дискової системи. Дисковий сервіс Int 13h працює на рівні *фізичних пристрою* називаних також *фізичними приводами* (physical drive). При виклику потрібно задати номер функції (сервісу), логічну адресу пристрою (не плутати з іменем логічного диска!), адресу сектора й число переданих секторів. Крім того, потрібно вказати, у якому місці оперативної пам'яті перебуває буфер для обміну даними з диском. Всю турботу по взаємодії з контролером необхідного диска берет на себе BIOS. Драйвери традиційних пристроїв - НГМД і вінчестерів з інтерфейсом ATA - перебувають у системній мікросхемі BIOS. Для інших пристроїв, у тому числі й вінчестерів з інтерфейсом SCSI, використовуються спеціальні власні драйвери. Для дисків SCSI вони розташовуються в додатковому модулі BIOS, що перебуває на карті контролера SCSI (або в системній мікросхемі BIOS, якщо контролер SCSI розташований на системній платі) або в програмних модулях, що завантажують. Сервіси BIOS працюють у реальному (16-розрядному) режимі процесора. Для сучасних ОС, що працюють в 32-розрядному захищеному режимі, виклики функцій BIOS неефективні ще й через необхідність узгодження режимів, супроводжуваного більшими накладними витратами. Своєю функцією 48h розширений дисковий сервіс дає операційній системі всі відомості, необхідні для реалізації обох частин дискових драйверів, що працюють у захищеному режимі процесора. Інтерфейс дискового сервісу допускає багатосекторні операції чи-

тання й запису, але для дискет запитуваний ланцюжок секторів не повинна переходити за кордон адресованого треку. Операційна система надає прикладним програмам сервіси більш складні, чим функції BIOS, забезпечуючи доступ до файлової системи диска. Найнижчий рівень обігу, що допускає операційною системою, оперує із секторами *логічних дисків*, або *логічних приводів*, асоційованих з іменами пристроїв (A, B, C, ..., Z). Один *фізичний диск* (жорсткий) може містити кілька логічних дисків. На фізичному диску можуть бути присутнім системні області (MBR і резервовані сектори), доступ до яких операційна система не надає. Для роботи утиліт і додатків з дисковою пам'яттю є кілька рівнів сервісу.

Системна підтримка CD(DVD)-ROM. Оскільки диски CD(DVD)-ROM по організації даних (файловій системі) істотно відрізняється від традиційних дисків (гнучких і жорстких), для «прозорого» доступу додатків до файлів на CD(DVD)-ROM потрібні спеціальні програмні засоби. Незважаючи на можливість завантаження ОС із CD(DVD)-ROM, реалізовану в сучасних версіях BIOS, повної підтримки доступу до CD(DVD)-ROM (такий, як до звичайних дисків) BIOS не надає. Додаткам доступ до CD(DVD)-ROM забезпечують тільки сервіси операційної системи, убудовані в ОС або що завантажують. В ОС Windows доступ до параметрів і властивостей приводів CD(DVD)-ROM здійснюється через Панель керування. Тут можна задавати режими обміну, логічне ім'я (букву) диска, а також автоматичне розпізнавання диска. Сучасні ОС (наприклад, Windows XP) забезпечують можливості завантаження ОС із CD(DVD)-ROM. Специфікація Int 13h розширює традиційний набір функцій BIOS, вона орієнтована на приводи з інтерфейсами ATAPI і SCSI. У пункт вибору послідовності завантажувальних пристроїв утиліти CMOS Setup повинне бути уведене новий пристрій - CD(DVD)-ROM і повинен пропонуватися вибір послідовності опитування пристроїв. У параметрах завжди повинна бути можливість заборони завантаження з CD(DVD)-ROM.

## **6.8. Поняття інтерфейсів пристроїв зберігання**

Пристрій зберігання тим або іншим способом підключається до комп'ютера. Для нього пристрій зберігання повинен забезпечувати можливість запису блоків даних із внутрішньої пам'яті (як правило, ОЗУ) у пристрій і зчитування цих блоків із пристрою в ОЗУ. Взаємодія з пристроєм зберігання виконується з ініціативи програми, виконуваної його процесо-

ром комп'ютера. Операції обміну із пристроями зберігання завжди блокові. Блок може бути фіксованого або довільного розміру. Більше поширення одержали пристрої з фіксованим розміром блоку - це спрощує багато аспектів взаємодії. Найбільш часто використовується розмір блоку - 512 байт. Блок може бути переписаний із внутрішньої пам'яті в зовнішню або назад тільки цілком, і для виконання будь-якої операції обміну із зовнішньою пам'яттю потрібна спеціальна процедура (підпрограма).

У пристрої блоки можуть адресуватися різними способами. Найбільше простий і зручної (і тому найпоширенішої) є лінійна адресація логічних блоків, при якій кожний блок збережених даних адресується одномірною адресою (числом) *LBA* (Logical Block Address — адреса логічного блоку). Застосовується використання й інші способи адресації; для дискових пристроїв це тривимірна адресація CHS (Cylinder-Head-Sector — циліндр-голівка-сектор). По методу доступу до інформації пристрої зовнішньої пам'яті розділяються на пристрої із прямим (безпосереднім) доступом і пристрої з послідовним доступом.

У пристрої зберігання із прямим доступом (Direct Access Storage Device, *DASD*) є можливість звертання до блоків по їхніх адресах у довільному порядку. Важливо, що допускається довільне чергування операцій запису й читання блоків. Традиційними пристроями із прямим доступом є дискові накопичувачі, і часто в поняття «диск», або «дисковий пристрій» (disk device), вкладають значення «пристрій зовнішньої пам'яті прямого доступу».

У пристроях послідовного доступу довільне чергування операцій запису й читання, що відносяться до довільних адрес блоків, або неможливо, або важко (вимагає додаткових внутрішніх операцій, що займають тривалий час).

Традиційними пристроями з послідовним доступом є накопичувачі на магнітній стрічці (tape device), вони ж стрімери. Тут для доступу до блоків інформації з довільними адресами доводиться вхолосту зчитувати (або прискорено перемотувати) всі блоки, що перебувають між ними. Необхідність послідовного сканування блоків (уперед або назад) - невід'ємна властивість пристроїв послідовного доступу з рухливим носієм. Незважаючи на очевидний програш у часі доступу до необхідних даних, стрічкові пристрої послідовного доступу як зовнішня пам'ять знаходять застосування для зберігання дуже більших масивів інформації й ефективно використовуються для читання-запису довгих послідовностей блоків.

Пристроями з послідовним доступом є й оптичні диски (CD, DVD) у яких інформація записується послідовно на один довгий спіральний трек. Пристрій позиціювання голівки дозволяє її відносно швидко переміщати на будь-яку ділянку треку, забезпечуючи довільну адресацію. Однак по ознаці неможливості довільного чергування операцій читання-запису блоків (мінімальна записувана одиниця більше блоку зберігання) ці пристрої є послідовними. Програмна емуляція жорсткого диска створює лише ілюзію прямого доступу, приховуючи від користувача подробиці безпосередньої роботи із пристроєм. На практиці в комп'ютерах і системах зберігання з більшим числом накопичувачів моменти їхнього запуску намагаються рознести в часі, що дозволяє знизити пікове навантаження на джерело живлення. Можливість керування запуском двигунів накопичувачів залежить від інтерфейсу пристроїв зберігання.

Відомо, що стосовно корпусу комп'ютера пристрої можуть бути внутрішніми (internal) і зовнішніми (external). *Внутрішні пристрої* містяться в спеціальні трьох - або п'ятидюймові відсіки корпусу комп'ютера й живляться від його ж блоку живлення. *Зовнішні пристрої* поміщають в окремий корпус, а живляться вони від власного блоку живлення або від інтерфейсу (USB або FireWire). Є зовнішні пристрої, що підключають до LPT-порту, які перехоплюють живлення +5 В від роз'ємів клавіатури комп'ютера. Зовнішнє виконання мають як малогабаритні портативні пристрої, так і особливо великі дискові масиви. Самі ж приводи для зовнішніх і внутрішніх пристроїв звичайно мають однаковий конструктив одного з розповсюджених форматів. Твердотільні пристрої зберігання на флеш-пам'яті випускаються в різноманітних конструктивних виконаннях. Для них використовуються інтерфейси ATA, PC Card (PCMCIA), Card Bus і часто різні спеціальні пристрої, обладнані відповідними слотами. Дуже популярними стали твердотільні пристрої зберігання з інтерфейсом USB. Ємність такого пристрою вже перевищила за 2-8 гігабайт.

Пристрій зберігання звичайно складається із властиво носія (фіксованих або змінного) і засобів доступу до носія. Під засобами доступу маються на увазі необхідні вузли запису й зчитування, а також — для рухливих носіїв — привод і механізми позиціювання. Для твердотільних пристроїв аналогом засобів позиціювання є засоби адресації (вибору мікросхеми, банку пам'яті, адреси).

Контролер пристрою зберігання займається керуванням носієм, надлишковим кодуванням і декодуванням, виправленням помилок або/і

організацією повторних звертань до носія й інших допоміжних операцій. Для хоста контролер спільно зі своїм програмним *драйвером* повинен забезпечувати базові операції.

Співвідношення інтелекту апаратного (з погляду хоста) контролера й складності його програмного драйвера (об'єму роботи, виконуваної процесором хоста) залежить від типу пристрою зберігання. Для оптимізації продуктивності системи в цілому (хоста і його пристроїв зберігання) прагнуть підвищувати інтелект контролера. Фізичне місце розташування контролера залежить від реалізації пристрою (він може бути убудований у пристрій зберігання або розташовуватися окремо від нього)

Серед параметрів інтерфейсу підключення пристрою зберігання найбільш важливим є швидкість передачі даних. Якщо інтерфейс підключення пристрою зберігання забезпечує зв'язок засобів доступу до носія з контролером, то цей інтерфейс повинен також забезпечувати передачу даних зі швидкістю доступу (запису й читання) до носія. У сучасних пристроях контролер, розташований разом з носієм, має власну буферну пам'ять. При цьому з'являється незалежність пропускну здатності зовнішнього інтерфейсу від швидкості доступу до носія. Це дає додаткову волю у виборі інтерфейсу підключення. Зрозуміло, чим вище швидкодія зовнішнього інтерфейсу, тим швидше відбувається обмін даними із пристроєм зберігання. У сучасних вінчестерах швидкість, забезпечувана зовнішнім інтерфейсом, як правило, вище внутрішньої. Є пристрою зберігання, критичні до швидкості зовнішнього інтерфейсу: записуючі пристрої оптичних дисків не можуть зупиняти процес запису в довільному місці. У цьому випадку об'єм буферної пам'яті збільшується до такого розміру, щоб у ньому вміщався фрагмент, що вимагає безперервного запису. До швидкодії зовнішнього інтерфейсу критичні й стрічкові пристрої зберігання. Накопичувачі на гнучких магнітних дисках підключаються інтерфейсним кабелем-шлейфом до контролера, відділеному від самих пристроїв.

Паралельна шина ATA (IDE) — самий масовий інтерфейс, застосований для пристроїв зберігання. По ньому в паралельному виді передаються байти даних, що зберігають, і вміст регістрів контролера. Для оптичних, магнітооптичних, стрічкових і інших пристроїв була прийнята специфікація ATAPI. Інтерфейс ATA - це стрічковий кабель-шлейф, призначений для підключення пристроїв усередині системного блоку комп'ютера, він допускає «гаряче» підключення-відключення.



Послідовний інтерфейс Serial ATA (SATA) — у ньому підвищується швидкість обміну із пристроєм, вирішується проблема одночасної роботи з декількома пристроями, відразу використовується розширена адресація. Кабелі й роз'єми послідовного інтерфейсу SATA компактні, «гаряче» підключення реалізується природно: в SATA кожний пристрій підключається до власного порту хост-контролера, а не до загальної шини. Інтерфейс SATA призначений не тільки для підключення внутрішніх пристроїв, він став і зовнішнім інтерфейсом. В SATA-II з'явилися нові елементи: мультиплектори, що дозволяють підключати до одного порту хоста кілька пристроїв, і селектори портів, що дозволяють підключати один пристрій (або мультиплексор) до двох хостів.

Інтерфейс SCSI — є універсальним і призначений для підключення пристроїв різних класів: дискових, стрічкових, оптичних і інших пристроїв зберігання, принтерів, сканерів, комунікаційних і інших пристроїв. У ньому визначена ідеологія взаємодії хоста із пристроями, ефективна при роботі з безліччю пристроїв у багатозадачних системах. Відповідно до сучасних стандартів протоколи інтерфейсу SCSI дозволяють працювати з паралельною шиною, послідовним інтерфейсом SAS, з послідовною шиною *IEEE 1394* (FireWire), *Fibre Channel*, *SSA*, а також будь-якими IP-мережами — *iSCSI*. Всі варіанти SCSI придатні як для внутрішнього, так і для зовнішнього підключення; вони мають підтримку гарячого підключення-відключення, необхідну в більших і відповідальних системах зберігання даних. Межа адресації даних для пристроїв SCSI для 64-розрядної адресації блоків становить до 9 444 732 965 739 290 427 392 байт).

Інтерфейс SAS створений на основі інтерфейсу SATA і забезпечує сумісність пристроїв SATA з контролерами SAS (але не навпаки). Пристрій SAS призначені для систем зберігання даних підприємств (Enterprise-class), вони мають одне - або двупортові інтерфейси. Для зовнішніх пристроїв зберігання, як ми вже відзначали, широко застосовують підключення до шини USB і до LPT-порту. Відомо, що інтерфейс LPT-порту забезпечує невисоку швидкість передачі (до 2 Мбайт/с), але він присутній на всіх комп'ютерах. Шина USB 1.0 для пристрою зберігання може надати пропускну здатність до 1,2 Мбайт/з, шина USB 2.0 – до 25 Мбайт/с. Більше ефективна для підключення зовнішніх пристроїв шина FireWire, що виступає в ролі середовища доставки SCSI.

## Контрольні запитання

1. Що таке зовнішня пам'ять робочих станцій (комп'ютера)?
2. Класифікація пристроїв, що запам'ятовують.
3. Стисло охарактеризуйте характеристики накопичувачів і носіїв.
4. Назвіть і охарактеризуйте фізичні принципи зберігання інформації.
5. Охарактеризуйте магнітні пристрої зберігання (Magnetic Storage).
6. Стисло охарактеризуйте конструкцію жорсткого диска.
7. Поясніть принцип роботи вінчестера. Низькорівнева структура дисків.
8. Організація даних і функціонування жорсткому диска.
9. Поняття технології S.M.A.R.T. Інтерфейси пристроїв зберігання.
10. Розподіл жорсткого диска на логічні частини. Поняття розділів.
11. Стисло охарактеризуйте основні магнітооптичні накопичувачі.
12. Стисло охарактеризуйте основні стримери.
13. Оптичні носії інформації. CD і DVD диски, та DVD приводи.
14. Поясніть устрій і роботу приводів CD-ROM, CD-R, CD-RW і DVD.
15. Файлові системи для CD і DVD. Запис на CD і DVD.

## Тема 7. Принципи й пристрої візуального відображення інформації

Система відображення робочої станції видавничої системи, як ми вже відзначали, складається із двох головних компонентів: монітора і відеоадаптера. Основні характеристики відеокарт ми розглянули в попередній лекції. У цій лекції ми розглянемо основні відомості, що стосуються виводу зображень (текстових, графічних) на екран.

### 7.1. Основні поняття. Загальні відомості

Основним пристроєм виводу візуальної інформації, а також контролю й керування роботою системи в робочих станціях є *дисплей* (display — пристрій відображення). Дисплей може бути заснований і працювати на різних фізичних принципах. Монітори, як ми вже відзначали, розрізняються по своїх характеристиках залежно від типу екрана, можливості передачі кольору, типу використовуваного відеоадаптера й роздільної здатності, розмірів екрана (виміряються по діагоналі в дюймах). У моніторах сучасних робочих станцій видавничих систем найбільше поширення одержали дисплеї на електронно-променевих трубках і рідкокристалічних матрицях, яким і приділимо тут основну увагу.

Монітори робочих станцій, як вам вже відомо працюють у двох режимах: текстовому й графічному. Визначимо далі наступні два поняття: *Зелений монітор* [green monitor (display)] - монітор, конструкція якого відповідає вимогам Національної програми США Energy Star і Агентства захисту навколишнього середовища по скороченню споживання енергії комп'ютерами (у режимі “холостого ходу” не більше 30 Вт), не використанню токсичних матеріалів і можливості повної утилізації після закінчення терміну служби. *LR-монітор* [Low Radiation monitor] - монітор з низьким рівнем випромінювання, що відповідає вимогам специфікацій ТСО, що у цей час широко використовується у всьому світі.

Деякі важливі поняття, пов'язані з відображенням зображень: **відеозображення** [video] - результат візуального відображення на екрані монітора графічних і/або текстових даних. **Вікно** [window] - прямокутна область на екрані монітора, формоване спеціальною програмою (“графічним користувальницьким інтерфейсом”) для полегшення роботи з да-

ними (наприклад, - як з окремими аркушами тексту, а також маніпулювання цими даними (зокрема, шляхом переносу їх з одного вікна в інше). **Інвертоване відеозображення [reverse (inverse) video]** - відеозображення, елементи якого представлені у формі негатива від їхнього звичайного подання, наприклад, чорне зображення предметів на світлому тлі представляється білим на чорному тлі. **Грикінг [greeking]** - режим або метод відображення на екрані монітора загального виду сторінок документа в зменшеному розмірі без забезпечення можливості їхнього читання. Використається в настільних видавничих системах для цілей верстки документів. **Скролінг, прокручування [scrolling]** - операція, що забезпечує перегляд на екрані монітора даних, що перебувають за його межами, шляхом автоматизованого переміщення відображуваної області тексту або графічного зображення нагору або вниз. **Шкала яскравості, шкала відтінків сірого [grey scale]** - спосіб передачі відтінків (градацій) яскравості або кольори безперервного тонового зображення на екрані монітора або роздруківці, виконаної принтером, при якому кожна крапка зображення має певний рівень яскравості ("відтінку сірого"). На відміну від дитеринга, відповідно до якого "відтінки сірого" моделюються зміною щільності розміщення однаково яскравих крапок на білому тлі. **DDC (Display Data Channel)** - стандарт, розроблений асоціацією **VESA** (США) для визначення способу обміну даними між монітором і графічним адаптером (платою). Підтримка даного стандарту компонентами системи (наприклад, монітором і відеоадаптером) забезпечує їхня повна взаємодія за принципом (технології) "включи й працюй" - P&P (Plug & Play). **DPMS (Display Power Management Signaling)** - специфікація на систему керування енергоспоживанням моніторів, прийнята як стандарт асоціацією VESA (США). Відповідно до вимог стандарту після певного періоду відсутності обігу ("не активності") монітор повинен переходити в режим зниженого енергопостачання. Усього таких режимів чотири, причому кожний наступний пов'язаний з додатковим скороченням електроспоживання. Дотримання стандарту припускає гарантовану сумісність монітора й графічної плати у всіх режимах енергопостачання. **HLS model [Hue, Level, Saturation model]** - метод або модель одержання (завдання) характеристик кольорового зображення з використанням трьох параметрів - "кольори - яскравість - насиченість". Причому "кольори" і "насиченість" задають відповідно кут і відстань від центра на світловому колі. **HSV model [Hue, Saturation, Value model]** - метод або модель одержан-

ня (завдання) характеристик кольорового зображення з використанням трьох параметрів “кольори - насиченість - значення”. При цьому параметри “кольори” і “насиченість” задають відповідно кут і відстань від центра на світловому колі, а параметр “значення” визначає яскравість. **RGB (Red-Green-Blue)** - метод або модель одержання характеристик кольорового зображення на екрані монітора шляхом додавання трьох складових його кольорів - червоного, зеленого й синього. **YUV** - метод кодування кольорів зображення. На відміну від RGB кодуються наступні компоненти сигналу яскравості й дві - кольоровості (відповідно - Y, U і V). **CIE Lab** – модель побудови колірного простору, що описується в системі трьох осей координат: яскравості (вісь - L), червоно-зеленого квітів (вісь - a) і жовто-синього (вісь - b). **WYSIWIG, WYSWIG (What You See Is What You Get)** - режим повної відповідності відображення на екрані монітора, наприклад тексту, того виду, у якому він буде роздрукований принтером (“Що бачите, то й одержите”).

## 7.2. Електронно-променевиий дисплей

### Основні відомості

Монітори на електронно-променевиий трубки (ЕПТ, Cathod Ray Tube – CRT) – поки ще найпоширеніша технологія побудови моніторів, заснована на використанні досить великого електровакуумного приладу – електронно-променевиий трубки із широкою підставою, що служить у якості “екрана”, з нанесеним на нього шаром флюорисцентного покриття. Формування зображення виробляється на цьому шарі потоком електронів, що активізують його світіння (у тому числі колірне). Джерелом потоку електронів служить розташована напроти екрана т.зв. “електронна гармата”. У різних конструкціях ЕПТ можуть використатися від однієї до трьох електронних гармат – по однієї на кожні відтворені кольори зображення. Керування шириною пучка електронів, його рухом по поверхні екрана й інтенсивністю виробляється електромагнітними полями. Для забезпечення передачі кольорового зображення використається люмінофор з “матричною” структурою й установлена перед люмінофором спеціальна “маска”. Остання звужує пучок електронів і направляє його на одну із трьох ділянок елемента матриці, що відтворюють певні кольори. Достоїнствами моніторів на ЕПТ є: їх висока роздільна здатність, неза-

лежність від кута спостереження екрана, гарна передача кольору й відносно невисока вартість. Основні недоліки: значні габарити, енергоспоживання й рівень шкідливих електромагнітних випромінювань.

Монітор містить ЕПТ із відеопідсилювачами сигналів яскравості променів, генератори розгорнень, блок живлення й схеми керування цими вузлами. Монітор робочої станції (комп'ютера) повинен забезпечувати істотно більше широкую в порівнянні з телевізійним смугу пропущення відеосигналу, тому композитний вхід для нього неприйнятний. Крім того, цьому монітору доводиться працювати з різними параметрами синхронізації, які залежать від обраного режиму дозволу й вимог до розгорнення. Параметри синхронізації можуть мінятися в процесі роботи, і комп'ютерний монітор повинен відпрацьовувати ці перемикання режимів.

У монохромних моніторах екран трубки покритий однорідним шаром дрібнозернистого люмінофора, що при гарному фокусуванні лучачи дає високу чіткість і роздільну здатність, обумовлену лише параметрами генераторів розгорнень. У кольорових моніторах люмінофор неоднорідний — є три типи часток, кожний з яких дає світіння своїми базисними кольорами. Є три електронні пушки, кожна з яких «обстрілює» тільки свої частки люмінофора. Промені всіх трьох гармат синхронно сканують екран. Управляючи інтенсивністю кожного із променів, одержують необхідні кольори зображення кожної точки. Використаються різні технології, формування «матриць» і «масок» в ЕПТ. Класичною є ЕПТ із тіньовою маскою (shadow mask): екран покривається окремими зернами-тріадами, розташованими трикутником; кожне зерно складається із трьох часток люмінофора, які при влученні на них потоку електронів світяться базисними кольорами. Частки тріад мають строго фіксоване відносне розташування, і самі тріади наносяться на поверхню у вигляді рівномірної матриці. Частки кожних кольорів «обстрілюються» з окремої електронної пушки через тіньову маску з отворами, що відповідають зернам матриці. Точність влучення променів у свої частки забезпечується старанністю виготовлення кінескопа й налаштуванням системи зведення променів. Крок матриці зерен екрана вимірюють в міліметрах. У першому наближенні можна вважати, що він збігається з розміром зерна. Недоліком тіньової маски є її низька відносна прозорість, що знижує енергію променя, що досягає люмінофора. У результаті зображення не дуже яскраве й насичене. Але ця технологія забезпечує самий «круглий» піксел, завдяки чому забезпечується саме чітке зображення дрібних деталей. Оскільки електронні пушки кольорів RGB розташовуються трикутником (дзеркально стосовно тріад люмі-

нофора), монітори з тіньовою маскою мають екран, опуклий і по вертикалі, і по горизонталі. При цьому важко уникнути відблисків. В ЕПТ із щілинною маскою (slot mask) замість отворів у масці є вертикальні щілини, а кольоровий люмінофор наноситься смугами, що чергуються (вертикальними). Прозорість вище, кольори більше яскраві й насичені. Піксели виходять трохи витягнутими по вертикалі. Електронні пушки розташовуються в одній горизонтальній площині, що дозволяє зробити екран опуклим тільки по горизонталі). В ЕПТ із апертурною решіткою (aperture grilles) люмінофор нанесений вертикальними смугами, але як маска в них використовуються вертикально натягнуті нитки, вибудовані «частоколом». Маску підтримує одна або декілька горизонтальних дротиків, тінь від яких помітна на екрані. В 15-дюймових моніторів дротик один, він розташований знизу на висоті приблизно 1/3 екрана, у моніторів більшого розміру їх 2-3. Яскравість і насиченість кольорів найкраща, але чіткість пікселів гірше, ніж у щілинної й тіньовий масковок. Екран таких трубок плоский. З розглянутих трьох типів ЕП трубки з тіньовими масками найбільше підходять для завдань САПР (і обробки тексту), трубки з апертурними решітками - для художньої графіки й мультимедійних систем (найкраща передача кольору). Щілинна маска - компромісний варіант.

### **Параметри монітора**

Головним параметром монітора є розмір діагоналі екрана (screen size), що прийнято вимірювати в дюймах. За замовчуванням вважається, що ширина екрана більше його висоти й співвідношення цих розмірів становить 4:3. Таку орієнтацію називають «пейзажною» (landscape). Існують монітори з «портретною» (portrait) орієнтацією, у яких висота більше ширини. Даний тип монітора призначається для видавничих систем і дозволяє більш повно використати площу екрана при виведенні книжкових сторінок. «Портретні» монітори зустрічаються рідко, а у видавничій діяльності частіше застосовують «просто» великі монітори (19", 21" і більше). Помітимо, що зазначений розмір діагоналі не є розміром зображення, виведеного з гарантованим рівнем якості. По краях екрана (особливо по кутах) можливі геометричні перекручування, порушення фокусування й зведення променів. Із цих причин зображення (видима частина растра) виводиться на меншу площу. Для кольорових моніторів важливим параметром є розмір зерна екрана. Існують монітори із зернистістю 0,42, 0,39, 0,31, 0,28, 0,26 мм і менше. По зернистості й розміру екрана можна визначити «чесну» роздільну здатність екрана, оскільки зерно є дрібною одиницею зображення. Кількість зерен у рядку дорів-

нює ширині робочої області, діленої на крок зерна. Крім того, для моніторів з тіньовою маскою зернистість визначає крок триад по діагоналі, а для щілинної маски або апертурної решітки - по горизонталі. Припустима частота розгорнення визначається в основному параметрами відхиляючої системою і потужністю генератора рядкового розгорнення. Відповідно до норм ТСО 99 мінімальна частота регенерації (вертикального розгорнення) повинна становити 85 Гц, а рекомендована - 100 Гц. Для забезпечення прогресивної (не черезрядкової) розгортки в режимах з високим дозволом (більшим числом рядків) потрібно дуже висока частота рядкового розгорнення. Так, для режиму 1024 x 768 при частоті регенерації 85 Гц рядкова частота повинна бути порядку 70 КГц, а для режиму 1600 x 1200 при частоті регенерації 100 Гц - 126 КГц. На реальну роздільну здатність істотно впливає смуга пропущення відеотракту (video bandwidth). При недостатньо широкій смузі пропущення дрібні деталі - точки й вертикальні лінії товщиною в один піксел - можуть ставати нечіткими й навіть непомітними. Чим більше розмір екрана, тим більше повинна бути смуга пропущення, оскільки, чим більше екран, тим більшого від нього вимагають дозволу. Так, по самих твердих мірках високоякісний монітор 5" повинен мати смугу 100 МГц, а 17" - більше 135 МГц. На деякі монітори зі смугою пропущення більше 125 МГц встановлюють BNC-роз'єми для подачі відеосигналів (додатково з DB-15 або замість них), або ж інтерфейсний кабель роблять невід'єднуємым. На великих моніторах застосовують і інтерфейс DVI, що знімає проблеми якості роз'ємів.

**Настроювання передачі кольору.** Яскравість (brightness) і контрастність (contrast) зображення звичайно регулюють за допомогою органів керування, розташованих на лицьовій панелі монітора. У високоякісних моніторах передбачають можливість регулювання колірної температури (colour temperature) білих кольорів — вручну або через канал DDC. Для настроювання точної передачі кольору монітора застосовують гамма-корекцію. Оскільки в апроксимуючій функції всього три параметри (гама  $U$ , крутість  $k$  і зсув  $y$ ), то калібрування повинне проводитися по трьох точках: чорного, білого й 50-процентного сірого. Для калібрування використовується спеціальна утиліта (наприклад, Adobe Gamma) або вкладки вікон властивостей графіки. Гамма-корекцію можна виконувати й для кожних базисних кольорів окремо. Для точного настроювання передачі кольору драйверу потрібно крім гамма-корекції передати інформацію про обрану колірну температуру (її вибирати треба до корекції), а також указати хроматичні характеристики люмінофора



(реальні значення кольорів R, G, B). Ця інформація міститься у файлі профілю монітора, що входить у комплект драйверів монітора. Калібруванням моніторів займаються користувачі, пов'язані із завданнями точної передачі кольору (зберігання й відображення репродукцій картин, професійний кольоровий друк й т.п.). Рядового користувача більше цікавить *чистота кольорів* (colour purity), що може погіршуватися при намагнічуванні елементів кінескопа. Для розмагнічування кінескопа призначена спеціальна котушка, розташована по контурі екрана.

**Якість зведення променів.** При гарному зведенні променів тонкі білі лінії (наприклад, символи) повинні бути білими, а не райдужними. Відомість променів найчастіше «кульгає» по кутах екрана. Для перевірки якості зведення в першому наближенні підходить спостереження за повідомленнями при завантаженні, виведеними звичайно білими символами. Можна вдатися також до уважного огляду рамок вікон файлів-менеджерів типу Norton Commander. У тестових програмах типу CheckIt є відеотести із зображеннями тонких сіток, виведених у графічних режимах щодо високого дозволу. Зручним засобом перевірки якості зображення є утиліта Noki Test.

**Настроювання геометрії.** Регулювання розмірів по вертикалі (V.Size) і горизонталі (H.Size) дозволяє підігнати параметри генераторів розгорнення так, щоб зображення попадало в задану область. Крім регулювання розмірів важлива і юстировка — підбор зсуву по вертикалі (V.Shift, V-Position або V.Phase) і горизонталі (H.Shift, H-Position або H.Phase). Крім розміру й положення монітори можуть забезпечувати регулювання геометричних перекручувань типу *трапеції* (trapezoid) і *бочки* (pincushion). Ці регулювання зручно робити при виведенні тестового зображення у вигляді сітки із квадратними комірками. Всі квадрати повинні виглядати дійсно квадратними. Бажано перевіряти те саме зображення з різним рівнем яскравості - його розміри й форма не повинні помітно змінюватися. Крім геометричних перекручувань спостереження сітки може виявити такі дефекти монітора, як нестабільність генераторів розгорнення, що може бути викликано поганою фільтрацією живлячих напруг, що приводять до хвилеподібної вертикальної лінії праворуч (хвиля рухається нагору або вниз) або періодичній зміні розміру по вертикалі. Високочастотні пульсації приведуть до тремтіння або розмитості зображення в правій частині екрана.

**Синхронізація й цифрове керування.** Суть цифрового керування (Digital Control, DC) зводиться до того, що в монітор вбудовується спеціалізований мікроконтролер, керуючий практично всіма параметрами монітора.

Для зручності роботи користувача за допомогою мікроконтролера на екрані монітора організований дисплей для діалогового режиму настроювання, що скорочено називається екранним (On Screen Display, OSD). Застосування OSD дозволяє забезпечити необмежене число регулювань. Крім функцій OSD у монітор увели режим самотестування, у якому мікроконтролер при відсутності сигналу від комп'ютера, сам формує кольорове графічне зображення, по якому можна зробити настроювання й оцінити якість монітора.

**Керування енергоспоживанням.** У робочій станції монітор є одним з основних споживачів електроенергії — сучасний кольоровий монітор 17' споживає близько 100 Вт, для більшого екрана більше й потужність. Монітори, що підтримують режими енергозбереження, іноді називають «зеленими» — не по кольорах екрана, а за назвою суспільного руху. Для керування енергоспоживанням розроблена система *DPMS* (Display Power-Management Signaling — керування енергоспоживанням дисплея). Нижче перераховані режими енергоспоживання для моніторів: 1) *On* — активна (нормальна) робота. 2) *Standby* — відключення відеосигналів і зниження яскравості до мінімуму, при цьому споживання монітора знижується приблизно на 20 %. 3) *Suspend* — відключення рядкового розгорнення, накалу й високої напруги кінескопа, що знижує споживання на 70 %. 4) *Off* — відключення всіх схем монітора, крім блоку *DPMS*, споживання знижується до одиниць ватів. Для перемикання режимів управляють активністю сигналів синхронізації. Для роботи системи енергозбереження її повинні підтримувати й монітор, і дисплейний адаптер, і BIOS. Перехід у режими зі зниженим споживанням і «пробуджуючі» події настроюються в *CMOS Setup* параметрами керування енергоспоживанням (Power Management).

**Ергономічні характеристики.** Розфокусованість і погана якість зведення променів приводять до напруги очей і, до підвищеної стомлюваності з усіма наслідками, що впливають. Важливо також забезпечити правильну орієнтацію екрана щодо джерел висвітлення. Ряд моделей кінескопів має *плоский екран* (flat screen), який забезпечує менші геометричні перекручування зображення й почасти рятує від відблисків. Зменшити відблиски дозволяє й спеціальне *антібликове покриття* екрана, а також застосування скляних *поляризаційних фільтрів*. Монітор є джерелом високого *статичного електричного потенціалу*, а також *електромагнітного випромінювання* в широкому спектрі частот. Для зниження статичного потенціалу застосовують антистатичне покриття, що знімає електростатичний заряд з екрана, —

це відзначається аббревіатурою AS (Anti Static). Потенціал знижують також багато екранних фільтрів. Рівень радіації моніторів прагнуть зменшувати, і аббревіатура LR (Low Radiation) указує на турботу виробника про здоров'я користувача, але без конкретних цифр. Строгі норми по припустимому рівні електромагнітних випромінювань у різних частинах спектра задані стандартом ТСО 99, у якому містяться вимоги по ергономіці (режими дозволів і частоти регенерації), електромагнітним випромінюванням, екології (виділення шкідливих речовин, а також спосіб утилізації).

### 7.3. Матричні дисплеї

Плоскі дисплеї виконуються у вигляді *матриці комірок* з якими-небудь електрооптичними ефектами. Вони знайшли застосування там, де критичними параметрами є мінімальні енергоспоживання, вага й габарити.

#### Рідкокристалічні монітори

Все різноманіття рідкокристалічних (РК, Liquid Cristal Display – LCD) дисплеїв можна розділити на кілька типів залежно від технології виробництва, конструкції, оптичних і електричних характеристик.

**Технологія.** При виробництві LCD застосовуються дві технології: пасивна матриця (PMLCD-STN) і активна матриця (AMLCD). Технології MIM-LCD і Diode-LCD, основані на AMLCD, не одержали широкого поширення. **TFT** (Thin Film Transistor)— активна матриця, у якій кожний піксел управляється окремим транзистором. **STN** (Super Twisted Nematic)— матриця, що складається із РК-елементів зі змінюваною прозорістю.

Дисплеї на рідкокристалічних панелях, або РК-дісплеї, засновані на зміні оптичної поляризації відбитого або минаючого світла під дією електричного поля. Шар рідкокристалічної речовини розташований між двома стеклами з поляризаційними решітками. Рідкокристалічна речовина здатна міняти напрямок поляризації минаючого світла залежно від стану молекул. При відсутності електричного поля напрямок поляризації міняється на  $90^\circ$ , а в дисплеях, виготовлених за технологією STN, поворот досягає  $270^\circ$ . Під дією електричного поля молекули «розпрямляються», і кут повороту зменшується. Таким чином, у поєднанні з поляризаційними решітками стекел можна управляти прозорістю елемента, змінюючи величину електричного поля. У дисплеях DSTN комірки здвоюються, що дозволяє підвищити контрастність зображення. Дисплейна панель являє собою матрицю комірок, кожна з яких перебуває на перетинанні вертикальних і горизонтальних координат-

них провідників. В пасивній матриці (passive matrix) дисплеїв на рідкі кристали впливають поля самих координатних провідників. Коміркам пасивної матриці властива більша інерційність - порядку 300-400 мс (час на «перебудову» структури молекул рідкокристалічної речовини), через що на такі дисплеї погано виводиться динамічне зображення. В активній матриці (active matrix) кожна комірка управляється транзистором, яким, у свою чергу, управляють через координатні шини. У кожному разі панелі вимагають підсвічування — або задньої (back light), або бічний (side light) від додаткового (частіше люмінесцентного) джерела висвітлення. Іноді використовують зовнішнє висвітлення, при цьому за панеллю розташовується дзеркальна поверхня. Активні матриці забезпечують більше високу контрастність зображення. Кольорові дисплеї мають більш складні комірки, що складаються із трьох елементів для керування кожним з базисних квітів.

Конструктивно плоскі TFT LCD-дисплеї являють собою «бутерброд» із двох стекол, між якими розташовані шари рідкокристалічної речовини й матриця тонкоплівкових транзисторів (Thin Film Transistor, TFT). На переднім і заднім стеклах нанесені поляризаційні решітки із взаємно перпендикулярним напрямком поляризації. Рідкокристалічний прошарок при відсутності електричного поля повертає кут поляризації минаючого світла на  $90^\circ$ , завдяки чому «бутерброд» стає прозорим для минаючих променів. Під дією електричного поля від напруги, що подається транзистором кожної комірки матриці, кут повороту поляризації може бути зменшений до нуля. Чим більше прикладена напруга, тим менше кут повороту й тим менш прозорою буде комірка. Інерційність комірок активної матриці в сучасних дисплеїв знизили до 4-12 мс. У кольорових дисплеях піксел складається із трьох комірок, кожна з яких постачена своїм світлофільтром (червоним, зеленим або синім). Управляючи трьома транзисторами піксела, можна змінювати його кольори і яскравість. Роздільна здатність по кольорах у РК-моніторів поки нижче — тільки 6 біт на кожний колірний канал, так що 24-бітний режим True Color вони можуть тільки емулювати. По якості передачі кольору рідкокристалічні панелі з активною матрицею в цей час перевершують більшість моделей моніторів з електронно-променевою трубкою.

Розмір піксела плоского дисплея близький до зерна ЕПТ-моніторів: у дисплея 15" з дозволом 1024x768 - близько 0,3 мм, а в дисплея 18" з дозволом 1280x1024 - близько 0,28 мм. Розмір зображення в РК-дисплеїв 15" більше, ніж в ЕПТ-моніторів 15" (але трохи менше, ніж в 17"). Є дисплеї з дуже дрібними пікселами. При дрібних пікселах дисплей має менший кут

огляду й гіршу передачу кольору. Дозвіл визначається форматом матриці. Матрична організація екрана не дозволяє змінювати дозвіл екрана з тією же легкістю, що в ЕПТ-монітора: збільшити його просто неможливо, а зменшити без втрати якості можна тільки одночасно зі зменшенням розміру зображення. У графічному режимі з меншим або більшим дозволом доступно два варіанти: використання не всієї матриці (або виведення не всіх пікселів) або масштабування. Масштабування виконується убудованими засобами монітора, які виконують інтерполяцію кольору кожного пікселя екрана, що погіршує якість зображення. Елементи матриці досить інерційні й тому виникають певні складності в плані сумісності РК-дісплеїв зі звичайними графічними адаптерами, орієнтованими на ЕПТ. Справа в тому, що час, протягом якого передається інформація пікселя для ЕПТ, несумірно з часом реакції РК-елемента. Аналогові сигнали RGB від VGA-інтерфейсу безпосередньо використатися для керування матрицею не можуть. У РК-дісплеях ці сигнали оцифровуються, отримані значення (для кожного пікселя) зберігаються в буферній пам'яті й відтіля вже построчно виводяться на матрицю. Більшість плоских дисплеїв має звичайний аналоговий інтерфейс, сумісний з будь-яким SVGA-адаптером. Сучасні моделі забезпечуються цифровим інтерфейсом DVI (іноді DFP). Через інерційності комірок занадто високої частоти розгорнення не потрібно - навіть при 60 Гц мерехтіння екрана немає.

До переваг РК-дісплеїв (TFT LCD) відносяться: висока яскравість зображення, відсутність геометричних перекручувань, чітке фокусування, відсутність мерехтіння екрана, мале енергоспоживання (25-40 Вт) і тепловиділення; вони легше й займають менше місця; вони практично нечутливі до зовнішніх електромагнітних полів, від яких спотворюється зображення ЕПТ-моніторів. Ряд моделей дозволяє повертати екран на 90° (і, відповідно, міняти місцями координати) — так, що він приймає «портретну» орієнтацію. Основні недоліки TFT-дисплеїв обумовлених їхньою природою, — це, зокрема, низька контрастність зображення, залежність якості зображення від кута спостереження (менший кут нормального сприйняття кольорового зображення), інерційність комірок, неможливість зміни дозволу (крім інтерполяції), можливість відмови комірок (на дисплеї допускається непрацездатність декількох транзисторів). Фотореалістичність зображень, характерна для сучасних ЕПТ-дісплеїв, для РК-дісплеїв поки що недосяжна.

### ***Деякі технічні параметри РК-моніторів.***

Одним з найважливіших параметрів РК-моніторів є час відгуку (реакції пікселя), що визначає швидкість відновлення зображення. Але саме

цей параметр часто використовується в рекламних цілях. Заявлені виробником значення "8 мс" або, наприклад, "2 мс" можуть мати різний сенс і перевірити їх досить важко. Цей параметр може характеризувати або час перемикання з одного відтінку сірого в інший (Gray-To-Gray, GTG), або повний цикл - сумарний час на перемикання комірки із чорного в білий і назад (BWB). Час GTG показує, наскільки добре виглядають динамічні сцени з низьким контрастом, а від "білого до чорного" - ступінь "змазаності" зображення на висококонтрастних сценах. При зміні стану комірки між крайніми положеннями "чорний - білий" на кристал подається максимальна напруга, тому він повертається з максимальною швидкістю. Саме так отримані мінімальні значення часу відгуку в характеристиках сучасних моніторів. При зсуві кристалів між градаціями сірого на комірку подається набагато менша напруга, тому й часу для цього затрачається набагато більше (8 -30 мс). Виробники вказують значення (GTG) в основному в "розігнаних" матрицях, що підтримують технологію Overdrive. Значення контрастності найбільш критично для перегляду відео, повнокольорових зображень і визначається по співвідношенню яскравості матриці у двох крайніх станах - максимальної й мінімальної. Чим менше засвічений чорні кольори й чим вище яскравість білого, тим вище контрастність. Цей показник у випадку матриці TN+film перебуває в районі 500-800:1, для S-IPS середнє значення - 800:1, для PVA - доходить до 1000:1. Втім, заявленим у характеристиках монітора значенням варто вірити з обережністю, тому що це значення заміряться виробником для "голої" матриці в лабораторних умовах, а не для кінцевого продукту - монітора, реальні параметри якого звичайно набагато скромніше. Яскравість зображення в сучасних РК-матрицях (працюючих "на просвіт") залежить у першу чергу, від потужності ламп підсвічування а потім - від типу матриці. Цей параметр останнім часом практично втратив свою актуальність, тому що сучасний рівень розвитку всіх технологій РК-матриць забезпечує ним рівень яскравості від 300 кд/кв.м і вище, що цілком достатньо для комфортної роботи в будь-яких умовах зовнішнього висвітлення. Більше того, останнім часом багато тестерів РК-моніторів у якості одного з їхніх недоліків відзначають їх надмірну яскравість. Кути огляду для більшості сучасних моніторів наближаються до 170°/170° (по горизонталі/вертикалі). І якщо для матриць типу IPS і \*VA ці значення в основному відповідають дійсності, то для TN+film - не більш ніж декларація. Адже відповідно до загальноприйнятих стандартів при визначенні кутів огляду основним критерієм є збере-

ження контрастності зображення на рівні не гірше 10:1, а багато виробників моніторів на TN-матрицях дозволяють собі знизити цей поріг до 5:1 (часом - не проінформувши про це споживача), завдяки чому кути огляду їхньої продукції "чудесним образом" збільшуються на 10-20%.

У технічних специфікаціях сучасних РК-моніторів виробники повідомляють про підтримку монітором колірної палітри в 16,2 або в 16,7 (точніше - 16,77) мільйонів кольорів. Хоча, на перший погляд, різниця між цими цифрами не особливо більша, але, насправді, вона визначає багато чого. У випадку якщо мова ведеться про матриці IPS або MVA/PVA, можна не сумніватися, що вони характеризують "чесні" 24-бітні кольори, що дає нам ті самі 16,77 мільйонів кольорів відтінків. У випадку сучасних високошвидкісних TN-матриць, які працюють не з 8-, а з 6-бітними кольорами (що в сумі дає нам тільки 262 тисячі оригінальних відтінків), мова йде про палітру в 16,2 мільйони кольорів. "Чарівний" перехід від 262 тисяч до 16 мільйонів кольорів забезпечується звичайно або поєднанням найбільш близьких відтінків сусідніх пікселів (дизеринг), або швидким перемиканням кольорів комірки при кожному відновленні картини FRC (Frame Rate Control). Втім, варто визнати, що в мистецтві колірної інтерполяції виробники сучасних TN-матриць домоглися чималих успіхів, і по багатству колірної палітри більшість із них виглядає дуже пристойно.

На ринку сьогодні присутні РК-монітори з різними типами покриттів. Для повсякденної роботи у видавничих системах більше підійде звичайне антиблікове покриття, що гарантує комфортну роботу, навіть в умовах яскравого штучного висвітлення. Інший тип покриття - глянсове, забезпечує трохи кращу візуальну чіткість зображення й більше соковити картинку. Звичайно, кристально чітка картинка на екрані - це добре, особливо, для ігор і кіно, але тільки в затемненому приміщенні. Адже будь-яке досить яскраве джерело світла збоку або позаду, перетворює глянсовий екран у звичайне дзеркало, побачити в якому можна тільки самого себе. Для одержання дійсно чіткої картини бажана наявність у РК монітора цифрового роз'єму DVI. Аналоговий D-Sub (VGA) відеоінтерфейс вносить нехай і незначні, але всі помітні (особливо в більших дозволах) перекручування через подвійне перетворення сигналу - із цифри в аналог у відеокарті й знову з аналога в цифру в блоці обробці сигналу монітора. Тоді як при підключенні по DVI перетворення сигналу в аналоговий не відбувається. Ще одна важлива характеристика інтерфейсу DVI - підтримка системи апаратного захисту відео від копіювання HDCP, при відсут-

ності якої фільми у форматі HDTV, захищені HDCP, будуть відтворюватися лише в зниженому (960x540 пікселів) дозволі.

**Газоплазмові монітори**, плазмові екрани (plasma display, plasma display panel - PDP) - тип "плоского" монітора, у якому використовується ефект іонізації газу між двома панелями зі струмопровідними решітками під дією електричного поля. Кожний піксел влаштований подібно мініатюрної люмінесцентної лампи, що випромінює червоний, зелений або синій кольори. PDP-монітори мають у порівнянні з РК-моніторами меншу роздільну здатність (розмір точки - порядку 1 мм), однак забезпечують істотно більш високу яскравість зображення й дозволяють створювати екрани значних розмірів (метр і більше). Як і в CRT-моніторах в PDP світло генерується люмінофором, тому вони можуть забезпечити широкий кут зору й високу якість подання кольору й зображень, що рухаються. Вартість виробництва екранів цих моніторів невисока, однак вони вимагають використання складної й дорогою електронної системи керування. Донедавна інтерес до плазмових моніторів на світовому ринку був невисокий, однак з удосконаленням технології їхнього виробництва спостерігається помітний підйом об'ємів їхнього виготовлення й продажів. Деякі виробники, наприклад - фірма Fujitsu, припускають довести свої плазмові моделі до 21-25" плоскоекранного настільного варіанта з дозволом 1280x1024 пікселів, але поки реалізовані лише екрани більших розмірів (40-50").

**Светлодіодні матриці, матриці LED (Light Emitted Diode** - світловипромінюючий діод) могли стати рішенням всіх проблем плоских дисплеїв. Однак світлодіоди мають настільки високу споживану потужність у порівнянні з іншими типами індикаторів, що їх у плоских панелях майже не застосовують. Основою для побудови органічних світлодіодних матриць (OLED) служать тонкоплівкові матеріали, які на відміну від РК самі є джерелами світлового випромінювання й тому не вимагають додаткового підсвічування. Це забезпечує більш високий діапазон яскравості й менше енергоспоживання моніторів. OLED-екрани тонше РК-екранів і можуть бути виконані на різних тонких основах. Недоліком технології є певні проблеми з точністю передачі кольору і необхідність використання для контролю кожної точки зображення декількох транзисторів, що може помітно скоротити їх переваги по енергоспоживанню й вартості. Очікується, що OLED -дисплеї в найближчі роки стануть широко використатися в стіль-



никових телефонах і кишенькових ПК, а через кілька років - у настільних ПК.

### **Поліпланарні оптичні дисплеї (Polyplanar Optics Display – POD).**

Принцип роботи POD заснований на використанні оптоволоконної технології: пучок безлічі оптичних волокон у перетині утворюючий прямокутник, у якому торець кожного оптичного волокна (діаметр ~25 мкм) становить точку екрана, передає зображення, формоване з використанням лазерного або іншого джерела випромінювання. Розроблювачами цього типу пристроїв є Brookhaven National Laboratory. При ліцензуванні цього продукту була продемонстрована роздільна здатність 640x480 точок (VGA). Зображення має високу контрастність за рахунок використання спеціальних покриттів оптичних волокон. Нещодавно створені пристрої з дозволом 1280x1060 крапок. Затверджується, що дана технологія допускає виготовлення екранів з діагоналлю в 1,5 м а також, що вартість виробів цього виду буде невисокої через нескладну технологію їх виготовлення й низкою відбраковування продукції в процесі її виробництва.

**Вакуумні флюорисцируючі монітори (Vacuum Fluorescent Displays – VFD)** – Засновані на використанні вискоєфективного фосфорного покриття, нанесеного у вигляді матриці на екран. При цьому кожний елемент матриці служить анодом. Монітори цього типу забезпечують високу яскравість зображення, що дозволяє добре його бачити при яскравому світлі. Однак роздільна здатність їх невелика, оскільки обмежується розмірами нанесених на екран точок фосфорного покриття. Використається переважно в більших інформаційних панелях.

**Монітори (дисплеї) автоелектронної емісії (Field Emission Display – FED)** – Нова і така, що швидко розвивається технологія, яка відрізняється тим, що на відміну від ЕПТ, в яких є від однієї до трьох електронних гармат, використовується електророзрядна матриця. При цьому кожний елемент зображення містить своє мікроелектронне джерело випромінювання, що випромінює електрони на свій “екран” розміром в один піксел. Випромінювачі включаються й вимикаються сигналами від формувачів рядків і стовпців, які визначають їх координати. У порівнянні з ЕПТ ці монітори мають істотно більш високу контрастність, а в порівнянні із РК - більш багату колірну гаму, малу інерційність (5 мкс проти 25-50 мкс в LCD) і незалежність від кута спостереження екрана. Недоліками технології є висока напруга екрана (~ 5000 В) і труднощі, пов'яза-

ні з усуненням наслідків газовиделення люмінофора, що знижує терміни служби.

**Монітори (дисплеї) посиленої емісії (High Dain Emission Display – HGED)** – Є розвитком FED -технології. Повідомляється, що виробничі витрати цієї технології повинні скоротитися до однієї десятої собівартості LCD і FED екранів, оскільки для HGED-екранів не потрібні напівпровідники. Уже існують моделі з розміром екрана 40”, величезним дозволом і повною палітрою кольорів. Перевагою технології є висока контрастність зображення, що перевищує відповідний показник для FED-дисплеїв у десятки, а LCD - у сотні разів, а також низька необхідна напруга джерела живлення (80 В). Однак значне енергоспоживання поки не дозволяє використати HGED широко й, зокрема, у портативних пристроях.

**Гібридні монітори (дисплеї) автоелектронної емісії (Hybrid Field Emission Display – HyFED)** – Технологія, розроблювальна фірмами SI Diamond Technology і Micron (США), удосконалить монітори автоелектронної емісії (FED) шляхом використання в матричному покритті екрана тріодної структури напівпровідникового субстрату, замість діодної, як це мало місце в FED . Досягається це включенням у матеріал покриття алмазного порошку. Достоїнствами даної технології є: дуже тонкий шар покриття екрана (менш 8 мм), великий кут огляду зображення, більша яскравість і менше енергоспоживання, ніж навіть в LCD , а також дуже низька вартість. Останні якості роблять дану технологію конкурентноздатної відносно РК стосовно до її використання в моніторах портативних ПК. Недоліками технології є порівняно великий розмір пікселів на екрані й обмежений строк експлуатації. Тим не менше, через швидке вдосконалювання даної технології її перспективи оцінюються досить високо.

**Електронний папір** (e-paper, electronic paper; також електронне чорнило, e-ink) - технологія відображення інформації, розроблена для імітації звичайного чорнила на папері. На відміну від традиційних РК плоских дисплеїв, у яких використовується просвіт матриці для формування зображення, електронний папір формує зображення у відбитому світлі, як звичайний папір і може показувати текст і графіку невиразно довго, не споживаючи при цьому електрику й дозволяючи змінювати зображення надалі. У той же час, точки зображення повинні бути стабільні, тобто не міняти кольори при відсутності постійної напруги. Принцип дії елект-

ронного паперу наступний: у мікрокапсули, заповнені пофарбованим маслом, містилися електричні заряджені білі часточки. (Перший електронний папір складався з поліетиленових сфер від 20 до 100 мк у діаметрі. Кожна сфера складалася з негативно зарядженої чорної й позитивно зарядженої білої половини. Всі сфери містилися в прозорий силіконовий аркуш, що заповнювався маслом, щоб сфери вільно оберталися. Полярність подаваної напруги на кожну пару електродів визначала, якою стороною повернеться сфера, даючи, таким чином, білий або чорний кольори крапці на дисплеї.). У ранніх версіях нижче лежача проводка контролювала чи будуть білі часточки вгорі капсули (щоб вона була білою для того, хто дивиться) або внизу (що дивиться побачить кольори масла). Це було фактично повторне використання вже добре знайомій електрофоретичної (англ. electrophoretic) технології відображення, але використання капсул дозволило зробити дисплей з використанням гнучких пластикових аркушів замість скла. Звичайний кольоровий електронний папір складається з тонких пофарбованих оптичних фільтрів, які додаються до монохромного дисплея. Безліч точок розбиті на тріади, що складаються, як правило, із трьох стандартних кольорів: червоний, зелений і синій (як в ЕПТ моніторах). Кольори тоді формуються так само, як і в інших дисплеях. Електронний папір був розроблений для подолання недоліків комп'ютерних моніторів. Наприклад, від підсвічування моніторів людське око сильно утомлюється, у той час як електронний папір відбиває світло, як звичайний друкований аркуш. Кут огляду в неї більше, ніж у РК плоских дисплеїв. Вона легка, надійна, а дисплеї на її основі можуть бути гнучкими, хоча й не настільки як звичайний папір. Застосування включає електронні книги, міні дисплеї, електронні вивіски, реклама.

### **Монітори із сенсорним екраном**

Ми вже розглядали основні пристрої вводу й виводу, побудовані із застосуванням сенсорних технологій. Як ми вже відзначали, для моніторів із сенсорним екраном не потрібна мишка або навіть клавіатура. Користувач доторкається до потрібних пунктів меню на екрані пальцем або стилусом. У багатьох комп'ютерах із сенсорними екранами встановлені програми перетворення рукописного тексту в друкований (як наприклад, у планшетних комп'ютерах Acer TravelMate, у яких можна писати на екрані стилусом і в такий спосіб вводити друкований текст в MS Word). Такі монітори ідеальні для дизайнерів, поліграфістів, для суспільного ко-

ристування - банкомати, доступу в Інтернет, інформаційні кіоски та ін. Основні типи сенсорних моніторів: 1) ЕПТ- і РК-монітори: випускаються різного розміру, призначені для настільного й настінного розміщення, а також для кріплення на спеціальних рамах і кронштейнах у різного роду встаткуванні, у поліграфічному встаткуванні, зокрема. 2) Безкорпусні РК-монітори: призначені для установки в конструкції індивідуального дизайну. Можна монтувати в стіни, кіоски, друкове устаткування та ін. системи, керовані комп'ютером. 3) Плазмові сенсорні монітори: звичайно великого розміру (до 50") і поставляються зі спеціальним програмним забезпеченням і оснащенням. 4) Інтерактивні дошки (IWB): <http://www.numonics.com/> використовуються поряд із РК-проекторами, поступово витісняючи звичайні проекторні екрани. Діагональ IWB має розмір від 50" до 72".

**Нові технології.** Як відомо, немає межі досконалості. І будь-який екран, як би не був він гарний, має недоліки. Ця обставина є стимулом для створення нових технологій. Застосування більшості розробок поки досить обмежено. У цей час, наприклад, впроваджується технологія використання дисперсійних хвиль (Dispersive Signal Technology, DST). Суть її така. Палець або стилус, що торкається підкладки екрана, ініціює об'ємні вигинні акустичні коливання. У кутах підкладки перебувають п'єзоелектричні перетворювачі, що трансформують енергію вібрації в електричні сигнали. По різниці фаз, що приходять із кутів коливань, мікроконтролер визначає положення точки торкання. Екран має високу прозорість, довговічний і дозволяє ігнорувати торкання долоні. Активується будь-яким предметом. Можливе використання з екранами любого розміру.

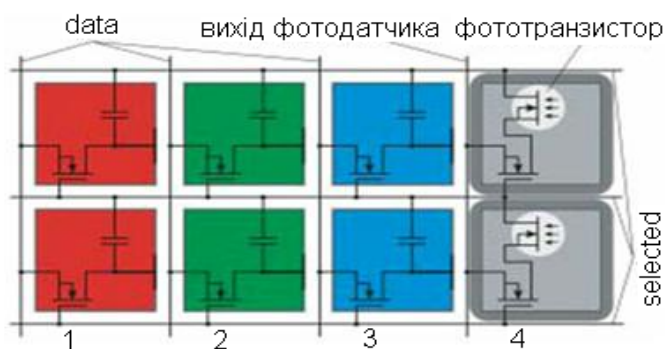


Рис. 7.4. Елемент фотосенсорного екрану

Іншою інноваційною технологією є застосування LCD-панелей з убудованим оптичним сенсорним екраном. Працює цей пристрій у такий спосіб. Для спрощення й здешевлення всієї конструкції застосовується

РК-екран, кожний піксел якого складається із чотирьох субпікселей (червоного, зеленого, синього й білого, 1-4 відповідно на рис. 7.4). Послідовно з TFT-транзистором білого субпікселя включається фототранзистор. Білі субпіксели покриваються зсередини світлонепроникним составом, однак зовні фототранзистори піддаються впливу зовнішніх джерел світла, наприклад сонця або настільної лампи. Механізм відновлення зображення панелі в змінах не має потреби. При надходженні сигналу логічної одиниці на горизонтальний електрод (Select) відкриваються TFT-транзистори субпікселей всього рядка. Після цього по вертикальних електродах (Data) на конденсатори червоного, зеленого й синього субпікселів подається напруга, що відповідає їх яскравості в кадрі. Електроди білих субпікселей використовуються для виміру опору кіл з фототранзисторами. У випадку влучення світла від зовнішніх джерел фототранзистори відкриті й опір низький. Якщо доступ світла перекритий пальцем або стилусом, то фототранзистор закривається й не пропускає струм - опір високий. Мікропроцесор порівнює опори в процесі розгорнення й у такий спосіб обчислює координати точки торкання. Пристрій здатний працювати в широкому діапазоні освітленості екрана - від 50 до 50 000 люкс.

#### **7.4. Тривимірне виведення зображення й віртуальна реальність**

Графічна система (і відеосистема) ПК орієнтована на виведення зображень на монітор, який користувач бачить обома очима. Тривимірна графіка (з усіма конвеєрами) і 3D-акселераторами однаково виводиться на двомірний екран. Щоб одержати ефект об'єму, необхідно розділити зображення, видимі лівим і правим очима глядача, — створити *стереопару кадрів*. При виводі динамічних зображень розділяти доводяться потоки. Щоб створити повну ілюзію об'єму (віртуальну реальність), потрібно, щоб виведені потоки формувалися з урахуванням положення (поворотів, нахилів) голови спостерігача. Розділяти інформацію для лівого й правого очей можна декількома способами - використовуючи монітор, проектор або VR-шолом. Стереопара формується на одному вихідному інтерфейсі графічного адаптера. Потрібно вирішити кілька завдань: сумістити зображення в одному потоці, потім розділити його й довести до двох очей. Для виводу лівого й правого кадрів через один VGA-інтерфейс використовуються різні методи: 1) чергування кадрів: ліві й праві кадри пари виводяться по черзі. При цьому для кожного ока формується зображення із частотою зміни кадрів, рівній половині

кадрової частоти розгорнення (частоту розгорнення доводиться підвищувати). Дозвіл зображення для обох очей відповідає поточному відеорежиму графічного адаптера. У відеопам'яті зображення для лівого й правого очей зберігаються в різних буферах. 2) Чергування рядків: парні й непарні рядки раstra використовуються для своїх половин стереокадра, причому вони зберігаються в одному буфері. Реальний дозвіл по вертикалі виявляється вдвічі нижче, ніж дозвіл устанавленого відеорежиму. Частота зміни пар дорівнює кадровій частоті. 3) Розбивка кадру по горизонталі: у верхній половині формується зображення для лівого ока, у нижньому - для правого, обоє перебувають в одному буфері. Дозвіл по вертикалі зменшується вдвічі. Частота зміни пар дорівнює кадровій частоті. 4) Розбивка кадру по вертикалі - тут удвічі зменшується дозвіл по горизонталі, інші характеристики ті ж.

При виведенні через монітор або проектор спостерігач повинен користуватися *стереоокулярами*, активними (пов'язаними з комп'ютером) або пасивними. В активних стереоокулярах для кожного ока є керований оптичний затвор, що може перебувати в прозорому або непрозорому стані. Затвори відкриваються по черзі, синхронно із чергуванням кадрів (або рядків) стереопари. Недолік таких окулярів - висока ціна й необхідність зв'язку глядача із ПК. Зв'язок може бути провідною або інфрачервоною. Найпростіші (і дешеві) стереоокуляри - пасивні, у яких для лівого й правого очей використовуються поляризаційні фільтри, що пропускають світло певного напрямку поляризації. Складність полягає у формуванні стереопари - двох зображень із різною поляризацією. Існують матричні 3D-дисплеї, у яких парні й непарні рядки пікселів мають різний напрямок поляризації, для них використовується метод чергування рядків. Для ЕПТ-моніторів різну поляризацію рядків не забезпечити, оскільки рядки (і піксели) у них - «намальовані» променем, а не реальні, фізичні. Однак перед монітором можна встановити керований світлофільтр, покликаний міняти напрямок поляризації зображення синхронно зі зміною кадрів або рядків. Стереозображення можна спостерігати на спеціальному моніторі й без окулярів, якщо розвинути й використати недолік РК-моніторів - залежність від кута спостереження. У 3D-моніторі Sony має місце чергування пікселів у рядку й застосовується спеціальний розчиплювач зображення (додатковий шар), завдяки якому парні пікселі видні лівим оком, непарні - правим. Розчиплювач керований - спеціальний датчик відслідковує положення голови користувача, коректуючи кут відхилення променя.

У *шоломах віртуальної реальності* (і в стереобинокліях) для кожного ока формується своє зображення, знов-таки з вихідного VGA-сигналу. Тут

для кожного ока є своя мініатюрна РК-матриця, пов'язана з інтерфейсом через адаптер. Завдання адаптера, підключеного до VGA-інтерфейсу, - сформувати два композитних відеосигнали (два VGA-кабелі, що підходять до шолома, були б занадто громіздкими). Для того щоб з переданої стереопари витягти роздільну інформацію, застосовують гасіння кадрів (при чергуванні кадрів), черезрядкове розгорнення або прогресивне розгорнення з дублюванням або гасінням рядків (при чергуванні рядків), дублювання кадрових імпульсів. Шолом забезпечується й системою віртуальної орієнтації, що посилає в комп'ютер інформацію про положення голови спостерігача. Ця інформація управляє побудовою зображень у стереопарах.

## **7.5. Основні параметри й критерії вибору монітора**

При виборі монітора для робочої станції у видавничих системах необхідно врахувати наступні основні фактори: - розмір екрана; - роздільна здатність; - крок точки (розмір пікселя); - яскравість і контрастність зображення (РК монітори); - енергоспоживання й безпека; - частота розгорнення по вертикалі й горизонталі; - засоби керування; - умови експлуатації (висвітлення, розмір, вага). Розміри екранів моніторів можуть мінятися, як правило, від 15 до 42 дюймів (або від 38 до 106 см) по діагоналі (й більших розмірів). Найпоширенішими є монітори з екранами, у яких довжина діагоналі дорівнює 15-25 дюйм. На жаль, це не дійсний розмір активної області екрана, а діагональ ЕПТ. Розмір видимої області являє собою розмір по діагоналі тієї частини екрана ЕПТ, що підсвітлюється електронним променем. Інакше кажучи, при роботі з Windows видима область - це область, займана головним вікном (область робочого стола). Ці розміри варіюються від моделі до моделі. Як правило, відмінність розміру екрана від його активної області становить 1-1,5 дюйма. Більш докладну інформацію про реальні характеристики монітора можна довідатися з документації або на Web-вузлі виробника. При виборі ЕПТ-монітора рекомендується дивитися саме на розмір активної області екрана, а не на розмір ЕПТ. Щоб високоякісне зображення рівномірно виводилося по всьому екрану, у багатьох моніторах передбачені спеціальні засоби керування. У більшості випадків оптимальними для роботи в мобільних видавничих системах є 17-дюймові монітори. Монітори більшого розміру рекомендується використати для роботи з такими додатками, як, наприклад, настільні й офісні видавничі системи, де особливо важливо

бачити дрібні деталі зображення. На більшому екрані монітора (17-дюймовому або більше) можна відобразити сторінку формату А4 у натуральну величину, тобто побачити сторінку точно в такому виді, у якому вона буде надрукована, що дозволяє користувачеві обійтися без пробних роздруківок. Роздільна здатність, або *дозвіл*, монітора — це розмір мінімальної деталі зображення, яку можна розрізнити на екрані. Цей параметр характеризується кількістю елементів розкладання - *пікселів* - по горизонталі й вертикалі екрана. Чим більше кількість пікселів, тим більш детальне зображення формується на екрані. Необхідний дозвіл залежить від додатка. Символьні додатки вимагають невисокого дозволу, а додатки з більшим об'ємом графіки (наприклад, настільна видавнича система) мають потребу в більш детальних зображеннях. На відміну від звичайних ЕПТ-моніторів, здатних підтримувати різні дозволи, РК монітори призначені для роботи з одним, "рідним", дозволом, а для інших дозволів використовується масштабування. Відеоадаптери комп'ютерів підтримують кілька стандартних дозволів, наведених нижче разом із загальноприйнятими найменуваннями режимів: [Дозвіл, пікселі (Найменування режиму)]: 640x480, VGA, (Video Graphics Array); 800x600, SVGA, (Super VGA); 1024x768, XGA, (eXtended Graphics Array); 1280x1024, UVGA, (Ultra VGA); 1600x1200, UXGA, (Ultra XGA). Термін VGA часто використовується для позначення стандартного екранного режиму 640x480 з 16 кольорами, що за замовчуванням встановлюється в більшості систем Windows, за виключенням Windows XP, де базовий дозвіл становить 800x600. Роз'єм з 15 контактами, до якого підключаються ЕПТ-монітори в багатьох відеоадаптерах, також називається VGA-роз'ємом. Роз'єм з 20 контактами використовується з РК панелями, сумісними зі стандартом DFP. Роз'єм з 24 контактами необхідний для моніторів, що підтримують інтерфейс DVI-D, а в роз'ємі DVI-I є 29 контактів (про типи й конструкціях роз'ємів ми поговоримо на лабораторному занятті). У цей час для опису роздільної здатності екрана практично не використовуються аббревіатури SVGA, XGA, SXGA і UXGA. Як правило, дозвіл характеризується кількістю пікселів. Всі сучасні відеоадаптери підтримують перераховані вище дозволи. Яке ж вибрати дозвіл? Як правило, чим більше дозвіл, тим більший розмір екрана повинен бути. Вся справа в тому, що текст і піктограми в Windows складаються з постійної кількості пікселів, тому збільшення роздільної здатності приводить до значного зменшення екранних елементів. Високий дозвіл дозволяє побачити більший об'єм до-



кументів або Web-сторінок, оскільки кожний об'єкт займає на екрані менше місця. Чим більше розмір екрана, тим краще. Нижче наведені мінімальні розміри екрана, що рекомендують для комфортної роботи найпоширеніших форматів зображення: 800x600 - 15', 1024x768 - 17', 1 280x1024 - 21'. РК монітори по своїй фізичній природі гарантують гарну чіткість і стабільність зображення. Крім того, розмір екрана, зазначений у документації, відповідає дійсному розміру зображення.

Крок точки (розмір пікселя). Ще однією важливою властивістю, що характеризує якість моніторів, є *відстань між точками*, обумовлена конструкцією тіньової маски або апертурної решітки, розташованої усередині електронно-променевого монітора. Тіньова маска являє собою металеву пластину, убудовану в передню частину монітора відразу після шару люмінофора. Пластина містить тисячі отворів, використовуваних для фокусування променів, які виходять із електронних гармат, що дозволяє одноразово опромінювати тільки одну правильно пофарбовану точку люмінофора. Висока швидкість відновлення екрана (60–85 разів у секунду) приводить до того, що всі точки опромінюються одночасно. При цьому тіньова маска дозволяє сфокусувати опромінення на необхідних точках. У монохромному моніторі дозвіл відповідає розміру зерна люмінофора, а в кольоровому — як мінімум одній тріаді різноколірних плям. Терміни *відстань між точками* або *зернистість* означають відстань між сусідніми тріадами в міліметрах. Екрани, які характеризуються меншим значенням зернистості, мають більш тісно розташовані тріади плям люмінофора й тому можуть формувати більш чітке зображення. Компанія NEC представила новий тип ЕПТ з апертурною решіткою, у якій використовуються мозаїчні комірки із трьох смуг кольорів люмінофора. Такий тип трубки забезпечує ще більш якісне зображення в порівнянні з попередніми типами ЕПТ. Розмір пікселя є важливим показником для монітора, однак не треба на ньому заціклюватися. Деякі монітори із трохи більшим кроком точки демонструють більш якісне зображення, чим монітор з меншим кроком. Яскравість і контрастність зображення (РК монітори). Замість зернистості в РК моніторах використовуються такі параметри, як яскравість і контрастність. Яскравість цих типів моніторів вимірюється в канделах на квадратний метр, або нитах. Звичайно яскравість “середньостатистичного” РК монітора становить 150-250 нит. Найкраще зображення досягається при великій яскравості й контрастності. Режими розгорнення. Монітори й відеоадаптери можуть підтримувати два режими

розгорнення — черезрядковий (*interlaced*) і порядковий (*noninterlaced*). У порядковому режимі, що використовується в більшості систем відображення, електронний промінь сканує екран построково зверху вниз, формуючи зображення за один прохід. У черезрядковому режимі промінь також сканує екран зверху вниз, але за два проходи: спочатку непарні рядки, а потім парні. Всі нові монітори з дозволом 1024x768 і вище використовують порядкове розгорнення, що дозволяє позбутися від недоліків, властивих черезрядковому режиму, зокрема мерехтіння зображення й низької частоти регенерації. Енергоспоживання й безпека. Правильно обраний монітор може бути економічним у змісті споживання електроенергії. Багато виробників прагнуть до того, щоб їхня продукція відповідала вимогам стандарту *Energy Star*, запропонованого агентством по охороні навколишнього середовища EPA (Environmental Protection Agency). Керування живленням. Найбільш відомим стандартом є DPMS (Display Power Management Signaling - сигнали керування живленням монітора) асоціації VESA, що визначає склад сигналів, переданих комп'ютером у монітор, коли комп'ютер простоює й перебуває в режимі зниженого споживання енергії. В Windows 9x/Me/2000/XP цю функцію необхідно включити вручну, оскільки вона відключена за замовчуванням. Компанії Intel і Microsoft спільно розробили специфікацію розширеного керування живлення (Advanced Power Management - APM), у якій визначається заснований на BIOS інтерфейс між апаратним забезпеченням, що підтримує функції енергозбереження, і операційною системою, що використовує ці функції відповідно до заданих параметрів. В Windows 98/Me/2000/XP система розширеного керування живленням визначена стандартом ACPI (Advanced Configuration and Power Interface). Цей стандарт використовується моніторами, жорсткими дисками й іншими пристроями, що підтримують APM. Відповідно до ACPI комп'ютер може автоматично вимкнути й включити периферійні пристрої. У сучасних системах існує можливість вибору окремих значень для режиму енергоспоживання і вимикання монітора. Всі монітори з функцією керування живленням відповідають вимогам стандарту *Energy Star*, згідно яким монітор у режимі простою повинен споживати 15 Вт або менше. Ряд новітніх моніторів сполучимо з більш строгою специфікацією *Energy 2000*, розробленої у Швейцарії, відповідно до якої монітор у режимі простою повинен споживати менш 5 Вт. Рівень електромагнітних випромінювань. Інша тенденція в розробці “зелених” моніторів зв'язана зі зниженням рівня електромагнітних полів, по-

тенційно шкідливих для користувача. Випромінювання в області дуже низьких (ДНЧ) і наднизьких (ННЧ) частот можуть впливати на організм людини. Всі сучасні монітори відповідають стандарту ТСО. При роботі з монітором відстань між екраном і вами повинне бути не менше 70 см.

Частота розгорнення. Монітор повинен обов'язково відповідати обраному відеоадаптеру. Якщо ви хочете мати систему, що у майбутньому можна модернізувати, придбайте багаточастотний монітор: він буде працювати в різних режимах, включаючи й ті, які ще не специфіковані. До корисних властивостей нового дисплея можна віднести наступне: елементи цифрового керування монітором, убудовані в його передню панель; можливість настроювання розміру й інших параметрів зображення на екрані за допомогою спеціального меню; режим тестування, що виводить на екран попередження про те, що монітор не одержує сигнали від відеоадаптера. Маючи такий монітор, ви зможете “вписатися” у досить широкий діапазон частот рядкового й кадрового розгорнень, оскільки синхронізація встановлюється відеоадаптером. Частоти розгорнень по вертикалі й горизонталі, обумовлені режимом роботи відеоадаптера, повинні попадати в діапазон, підтримуваний електронікою монітора. *Частота розгорнення по горизонталі* (або частота рядків) коливається від 31,5 до 90 кгц і вище. За замовчуванням у більшості відеоадаптерів базовою частотою вертикального розгорнення є 60 Гц. РК моніторам не властива проблема мерехтіння екрана, оскільки для активізації пікселей зображення в них використовуються транзистори, а не скануючий електронний промінь, що повинен пройти зверху вниз все зображення для його формування. *Частота розгорнення по вертикалі* або частота регенерації — це показник, що характеризує швидкість відновлення вмісту екрана (стабільність зображення), що вимірюється в герцах (Гц). Чим вона вище, тим краще. Типові значення цієї частоти перебувають у діапазоні від 50 до 160 Гц. При занадто низькій частоті екран ЕПТ-монітора буде відчутно мерехтіти, у результаті чого швидко утомлюються ока. Чим більше частота регенерації, тим менше погроза для зору при багатогодинній роботі за комп'ютером. Оскільки занадто висока частота розгорнення може негативно позначитися на швидкості виводу зображення на екран монітора, користуйте мінімально можливе значення, при якому не видно мерехтіння. При покупці ЕЛТ-монітора на частоту регенерації звертайте особливу увагу, особливо якщо буде застосовуватися дозвіл 1024x768 і вище. Використання частоти відновлення відеоадаптера, що перевищує макси-

мально припустиму частоту відновлення монітора, може привести до фізичного ушкодження монітора!

Керування монітором. У сучасних ЕПТ-моніторах і РК панелях використовується цифрове керування (маються на увазі не сигнали, що надходять від відеоадаптера, а керування настроюванням з передньої панелі). У моніторі із цифровим керуванням звичайно є убудоване меню настроювання яскравості, контрастності, розміру зображення, зсуву по горизонталі й вертикалі й навіть меню фокусування. Меню викликається на екран за допомогою спеціальної кнопки, після чого в ньому можна вибрати режим настроювання (яскравість, контрастність і т.д.) і змінити значення встановлених параметрів. У деяких моделях на корпусі монітора передбачена окрема кнопка для кожного режиму настроювання. По завершенні цієї процедури значення параметрів зберігаються в енергонезалежній пам'яті монітора (NVRAM), так що для цього не потрібно ніякого живлення, але в будь-який момент (коли монітор включений) вони можуть бути змінені. Цифрове керування є переходом на новий рівень технології відображення. Практично всі сучасні монітори підтримують регулювання геометрії зображення. Проблема геометричних перекручувань, актуальна для ЕПТ-моніторів, у РК панелях практично не зустрічається, але останні можуть мати й власні проблеми, зв'язані в основному з аналоговим 15-контактним VGA-роз'ємом. Тремтіння й зсув пікселів (при якому відбувається спонтанне включення й вимикання суміжних пікселів) досить часто зустрічається в РК моніторів, підключених до комп'ютера за допомогою саме аналогового роз'єма, а не цифрового роз'єма DVI.

## **Контрольні запитання**

1. Назвіть основні принципи візуального відображення інформації.
2. Поясніть устрій і роботу апаратних засобів, що здійснюють перетворення електричних сигналів в оптичний промінь.
3. Поясніть формування символів і графічних зображень у растрових пристроях систем відображення інформації.
4. Поясніть основні способи формування електронно-оптичними методами зображення і його фіксацію на спеціальному носії.
5. Що таке лазерні фотовивідні пристрої?
6. Назвіть основні вузли апаратних засобів проєкційних електронно-променевих установок, фотовивідних пристроїв.

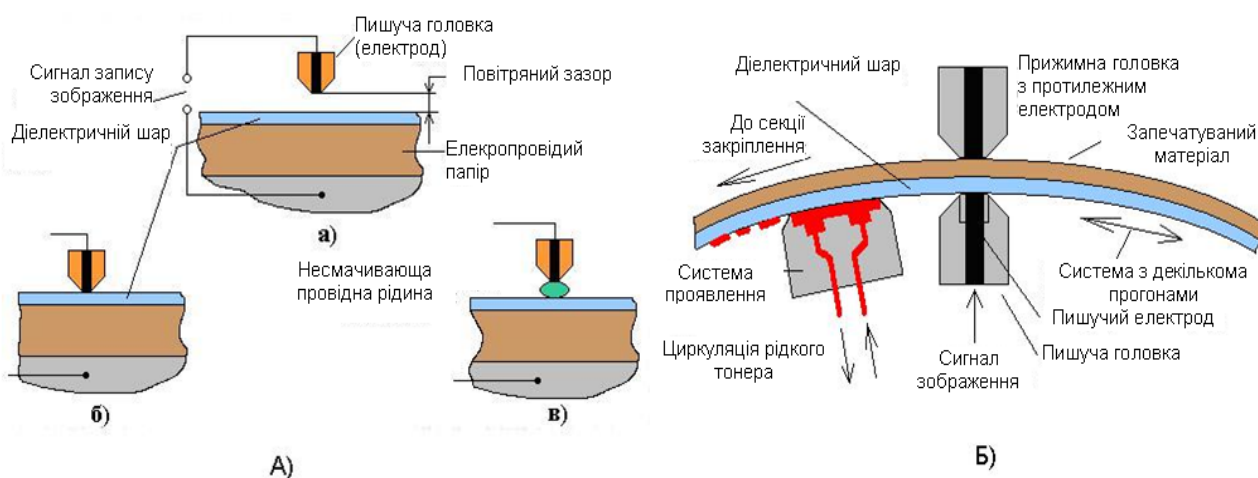
7. Назвіть основні вузли апаратних засобів фотовивідних пристроїв.
8. Основні виробники моніторів для робочих станцій видавничих систем.
9. Основні пристрої відтворення відеоінформації.
10. Назвіть і стисло охарактеризуйте основні типи моніторів, що входять до складу робочих станцій видавничих систем.
11. Назвіть і стисло охарактеризуйте основні параметри сучасних моніторів, що входять до складу робочих станцій видавничих систем.

## **Тема 8. Сканери, принтери. Електронна й фото репродукційна технології й апарати. Технологія фото виводу**

### **8.1. Технологічні аспекти друкувальних пристроїв**

**Електрографія.** У безконтактних способах друку на основі електрографії (ЕГ) для виводу образотворчої інформації на запечатуємий матеріал використовують електричне поле (рис. 8.1). Якщо папір має покриття з діелектричного матеріалу (рис. 8.1, а), то сховане зарядове зображення записується прямо на папір. Можливий прямий триступінчастий друковий процес: запис зображення, прояв і фіксування (закріплення). В ЕГ системах у зв'язку з наявністю повітряного зазору між папером і пишучим електродом необхідна висока напруженість електричного поля. Для більш ефективного й точного одержання зображення пишучий електрод може перебувати в контакті з поверхнею паперу (рис. 8.1, б). Голівка для запису зображення й поверхня паперу в цьому випадку повинні бути зносостійкими. Іноді контактування електрода з поверхнею паперу здійснюють через шар незмочувальної провідної рідини (рис. 8.1, в). Пристрій для запису зображення в ЕГ виконано у вигляді голівки з електродами для переносу зарядів по всій ширині листа. Розташовуючи електрод у кілька рядів, можна одержувати дозвіл в 400 dpi. На рис. 8.1Б показана схема запису зображення і його проявленню. Електрод для запису зображення при легкому натиску приводиться в контакт із папером. Після операції запису паперове полотно взаємодіє з рідким тонером постійної концентрації, що перебуває в циркуляційній системі. Поверхня паперу й рідкий тонер підбираються так, що тонер осаджується тільки на

заряджених ділянках. Під час закріплення, подібно іншим безконтактним способам, зображення, виявлене за допомогою тонера, фіксується на папері. ЕГ спосіб друку добре зарекомендував себе при використанні в цифрових друкуючих системах. ЕГ друкуючі системи на основі прямого електростатичного запису зображення знайшли застосування, насамперед в однобарвистій пресі великого формату, наприклад, при випуску рекламних плакатів (текст і графіка) у сполученні із системами CAD. У цьому випадку застосовується папір зі спеціальним покриттям і рідкий тонер. З появою на ринку рідких тонерів для багатоколірного друку застосування ЕГ друкованих систем трохи розширилося.



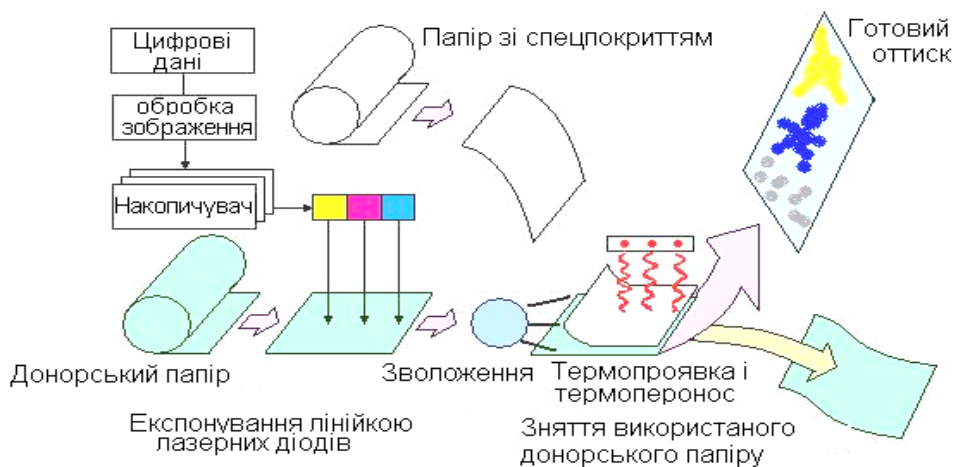
**Рис. 8.1. Схеми одержання схованого електрографічного зображення (А), запису і його прояву (Б)**

ЕГ процес може відбуватися з відносно високою швидкістю (близько  $1 \text{ м/с}$ ). При відповідному розташуванні електродів можливий дозвіл в  $600 \text{ dpi}$  і більше. Існують схеми, у яких сховане зображення формується попередньо як проміжне на діелектричному шарі циліндра, а потім переноситься на папір з наступним проявом рідким тонером. Це робиться з метою ефективного переносу зарядів при більш низькій напрузі й наступному друку на шорсткуватій поверхні паперу. Незважаючи на відносну простоту ЕГ способу, високу швидкість друку, його застосування обмежене необхідністю використати спеціальні сорти паперу. Рідкі тонери також висувають особливі вимоги до відповідних вузлів друкуючих машин. Тому в цей час сфера застосування електрографії обмежена й пов'язана з виробництвом одне - і багатоколірних відбитків великого формату.

**Фотографія.** Для звичайної кольорової фотографії застосовується папір зі спеціальними шарами, чутливими до різного випромінювання. У цих шарах, залежно від довжини хвилі світла, формування колірних зображення відбувається в різних шарах фотоматеріалу, а результатом є напівтонове зображення (фотографія) із плавними колірними переходами. Крім того, на фотопапері можуть відтворюватися дрібні деталі. Розв'язна здатність визначається тільки фізико-хімічним складом шарів. Залежно від інтенсивності світла й довжини хвилі експонуючого випромінювання можливо одержати зображення з різною градацією оптичної щільності. Розміри часток хімічних компонентів перебувають у діапазоні  $0,1\text{--}2$  мкм і нижче. При *безконтактній технології фотографії* мова йде про перетворення аналогової фотографії в цифрове зображення. Для цього застосовується фотопапір, на якій зображення записується лазерною системою із цифровим керуванням. У фотографії, як і в електрофотографії, застосовується папір зі спеціальними шарами. Формування зображення відбувається трьома складовими випромінювання *червоного, зеленого й синього* діапазонів. Як *джерело світла* можуть використатися газові або напівпровідникові лазери. Високоякісні системи працюють із газовими лазерами: наприклад, червоний гелій-неоновий ( $633$  нм), зелений гелій-неоновий ( $543$  нм) і синій гелій-аргоновий ( $458$  нм). Принципи побудови цифрових систем для друкування фотографічних зображень великого формату аналогічні принципам побудови систем технологій «Комп'ютер-фотоформа» або «Комп'ютер-друкована форма». Існують системи з розміщенням фотопаперу на внутрішній поверхні барабана, а також планшетні, що дають можливість експонувати рулонний матеріал. Для формування зображень у цифрових системах частково застосовуються діодні джерела світла LED. Схема цифрового фотографічного друкувального пристрою Pictografie 3000/Pictroproof Fuji Film показана на рис. 8.2. Воно може розглядатися як гібридна безконтактна друкуюча система, у якій комбінуються способи термографії й фотографії.

У процесі роботи спочатку експонується світлочутливий папір-носії фарби трьома джерелами випромінювання. Сховане зображення проявляється шляхом подачі тепла при одночасному його переносі на запечатуваний матеріал (спеціальний папір). Цим способом досягається дуже висока фотографічна якість зображення. На основі цифрової фотографії розроблені цифрові друкувальні пристрої, які при використанні фотографічного паперу дозволяють одержувати відбитки малого формату для

широкого застосування й становлять конкуренцію системам на основі струминного друку й термосублимації.



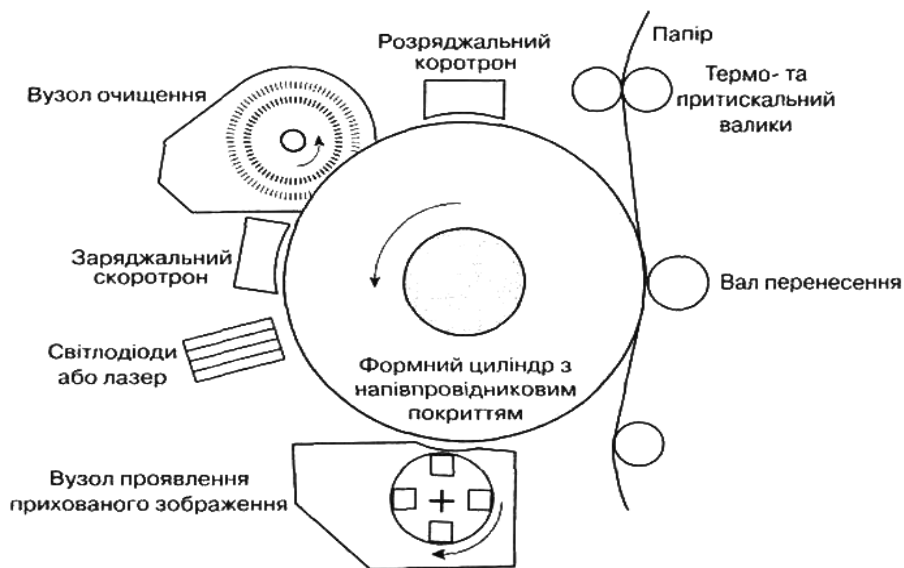
**Рис. 8.2.** Цифрова система на основі фотографії й термографії

Далі ми розглянемо інші принципи роботи групи контактних цифрових друкувальних пристроїв, які формують друкувальні й проміжні елементи для кожного нового відбитка на формному циліндрі. До них належать електрофотографічні, магнітографічні та іонографічні системи, в яких розподіл поверхні формного циліндра на ділянки, які сприймають та відштовхують проявник, відбувається за рахунок зміни електропровідності та магнітних властивостей поверхні циліндра.

**Електрофотографія.** Електрофотографія (ЕФГ) - це спосіб формування друкувальних і проміжних елементів на поверхні, електричні властивості якої змінюються відповідно до кількості світлової енергії, що була на неї спрямована. Існують два типи ЕФГ пристроїв: з використанням сухих ЕФГ-х проявників (лазерні й світлодіодні принтери, копіювальні апарати, копіювачі-принтери й цифрові друкарські машини фірм «Хеікоп», «Хегох» та ін.) та рідких проявників (цифрові друкарські машини ізраїльської фірми «Indigo»). До складу типової ЕФГ системи з *сухим проявником*, як правило, входять: • заряджаючий коротрон — пристрій для створення коронного розряду. Він складається з металевих нитки та екрану, на які подається висока напруга. Іонізація газу, при цьому, призводить до рівномірного електростатичного зарядження поверхні fotocутливого формного циліндра; • формний циліндр з нанесеним на його поверхню



шаром фотона-півпровідника. Це покриття не проводить електричний струм та може змінювати заряд дискретних ділянок під дією випромінювання.



**Рис. 8.3. Конструкція друкарського апарата електрографічної системи із сухим проявником**

В сучасних електрофотографічних пристроях використовується три типи шарів; селеновий, органічний і кремнієвий; • лазер або світлодіоди, потужний промінь яких добре сфокусований, створюють на поверхні формного циліндру приховане електростатичне зображення; • картридж, що містить у собі електрофотографічний проявник, який складається з тонера і його носія (developer). Для перенесення проявника на формний циліндр використовується порожній циліндр, в якому розміщені постійні магніти. За їхньої допомоги до його поверхні притягуються частинки носія з налиплим на них тонером. Кількість проявника, що потрапляє на циліндр, регулюється за допомогою спеціальної пластини, яка заряджає проявник до певного потенціалу, що сприяє перенесенню його на формний циліндр; • спеціальний пристрій, який забезпечує перенесення проявника на задруковуваний матеріал і його попереднє закріплення впресовуванням; • блок остаточного закріплення проявника, який часто називають «ф'юзером». Він складається з двох валів – термо - та притискального. Перший має спеціальне покриття (наприклад, тефлонове), яке запобігає прилипанню до нього частинок проявника; • пристрій, призначений для очищення поверхні формного барабана та збирання частинок проявника, які не перейшли на задрукований матеріал, в спеціальному

бункері; коротрон, призначений для розрядження фотонапівпровідникового покриття, після чого на поверхні формного циліндра можна формувати нове зображення.

Процес друкування в ЕФГ пристрої і з сухим проявником (рис. 8.3) починається з зарядження поверхні формного барабана за допомогою коротрона. Після цього промінь лазера (або промені світлодіодів) засвічують фотонапівпровідникове покриття, формуючи приховане зображення. Відбувається перерозподіл зарядів у верхньому шарі фотонапівпровідника. При цьому потенціал засвічених ділянок знижується. Далі відбувається проявлення латентного зображення - за рахунок різниці потенціалів до позитивно заряджених ділянок поверхні циліндру притягуються частинки негативно зарядженого проявника, який утримується на поверхні за рахунок електростатичних сил. Перенесення проявника на задруковуваний матеріал може здійснюватися безпосередньо або через проміжний носій, який застосовують для зменшення різниці потенціалів між проявником і матеріалом та збільшення кількості проявника, який буде передано на матеріал. Тонер не повністю переноситься на матеріал, і це негативно впливає на якість зображення. Попереднє закріплення проявника на задруковуваному матеріалі здійснюється за допомогою вала перенесення, остаточне - шляхом розплавлення полімеру, який, зазвичай, входить до складу проявника, при цьому частинки тонера вплавляються в задруковуваний матеріал. Ця операція здійснюється в блоці залишкового закріплення проявника (т.зв. «ф'юзер»). Для видалення тонера, який залишився на формному циліндрі, його поверхня розряджається за допомогою розряджаючого коротрону, після чого пристрій очищення видаляє залишки проявника й збирає їх у спеціальному бункері.

Найчастіше, різниця між ЕФГ пристроями полягає у використанні різних джерел світла лазера або світлодіодів (LED - Light Emission Diode). У першому випадку поверхню формного барабана засвічує один промінь. Генератором випромінювання є лазер (напівпровідниковий). У таких пристроях для фокусування променя на поверхні формного циліндра застосовується досить складна оптична система, яка потребує високої точності виготовлення. Вона чутлива до впливу зовнішніх факторів - осадження пилки на лінзах і дзеркалах, що призводить до ослаблення та розфокусування променя й, у свою чергу, погіршує якість зображення. Наявність великої кількості деталей знижує загальну надійність пристрою. В LED-пристроях використовується лінійка світлодіодів. Експонування по-

верхні формного циліндра здійснюється не одним, а багатьма променями. Конструкція LED-пристроїв простіша. Невелика кількість деталей та відсутність рухомих елементів роблять їх надійними та невибагливими. Електроніка LED-пристроїв обумовлює їхнє використання вдома або в невеликих офісах. Офісні ЕФГ пристрої ідеальні для оперативного високоякісного друкування великої кількості чорно-білої документації. До переваг електрофотографічних пристроїв можна віднести високу якість зображення та високу швидкість друку. Основними вадами є висока вартість самого пристрою та витратних матеріалів, а також складнощі за організації повноколірного друку. Реалізувати технологію повноколірного друку можна двома шляхами: • почергово наносити на формний барабан проявник різних кольорів. Перевагою такої технології є ті, що використовується лише один друкувальний блок, вадами - зниження швидкості друкування, потреба встановлення в друкувальний блок пристрій повторного подавання паперу й поява кольорового фону, внаслідок неякісного очищення поверхні формного циліндра після кожного прогону; • використовуючи декілька встановлених послідовно друкувальних блоків з проявниками різних кольорів. При цьому потрібен лише один аркушепрогін, але значно ускладнюється конструкція й вартість пристрою.

Конструкція машин, які працюють з *рідким проявником*, децю відрізняється. У агрегатах фірми «Indigo» процес формування друкувальних і проміжних елементів починається із зарядження підготовленої поверхні формного циліндра до  $-800$  В за допомогою коротрона. Після цього промінь лазера засвічує ділянки, на які наноситиметься фарба, розряджаючи поверхню циліндра до  $-100$  В. Для створення майбутнього зображення, між формним циліндром, на якому сформоване латентне зображення і проявляючим циліндром з потенціалом  $-400$  В, впорскується суміш фарби і носія. Завдяки різниці потенціалів між формним і проявляючим циліндром, носій і фарба переміщуються в напрямі більшого потенціалу – частина фарби притягується до друкувальних елементів на формному циліндрі (від  $-400$  до  $-800$  В), а решта до проявляючого циліндра (від  $-800$  до  $-400$  В). На формному циліндрі створюється видиме зображення, яке згодом переноситься на папір через офсетний циліндр, подібно до традиційного офсетного друку. Процес перенесення складається з двох етапів. На першому відбувається перенесення фарби з формного циліндра на офсетний під дію різниці потенціалів між офсетним полотнищем і ділянками формного циліндра, на яких присутня фарба. Перенесення

відбувається під тиском, що підвищує ефективність процесу. На відміну від традиційного офсетного друку, тут офсетний циліндр нагрівається до 140°C і покритий електропровідним офсетним полотнищем. Нагріта фарба закріплюється на офсетному полотнищі у вигляді однорідної м'якої плівки. На другому етапі фарба з офсетного циліндра повністю переноситься на папір. Очищення офсетне полотнище не потребує.

**Магнітографія.** Магнітографія та феррографія як способи формування видимого зображення, з'явилися наприкінці п'ятдесятих років минулого століття. Ці технології застосовувалися для відтворення текстово-ілюстраційної інформації та отримання осцилографічних записів. Перші пристрої за конструкцією нагадували електронні кольороподілювачі-кольорокоректори. Із запровадженням комп'ютерної техніки, лазерних джерел світла і нових проявників, їхня будова зазнала суттєвих змін. На рис. 8.4. наведено конструкцію сучасного магнітографічного пристрою.

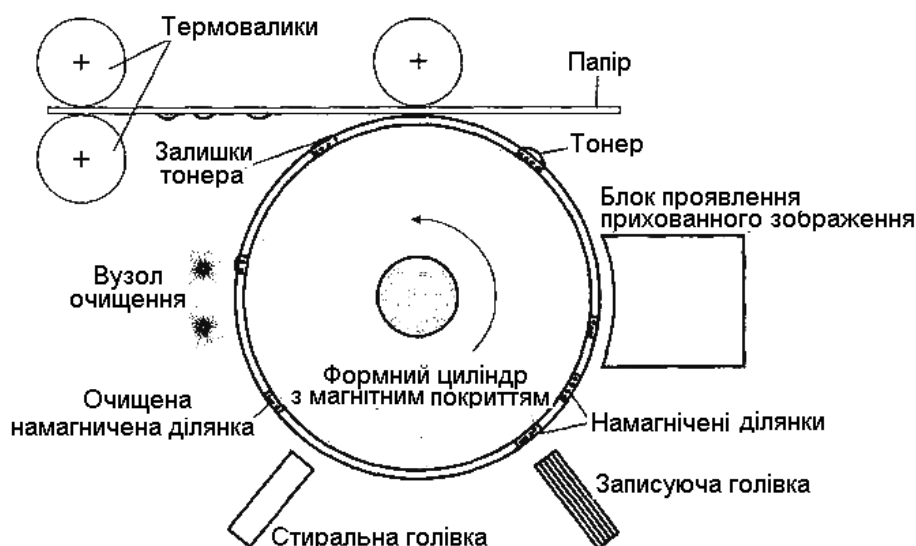


Рис. 8.4. Конструкція сучасного магнітографічного пристрою

Під час друку за допомогою спеціальних записувальних голівок, що являють собою лінійку тонких електромагнітів (розмір – 55-70 мкм), на поверхні циліндра з магнітним покриттям (як правило, це окис заліза  $Fe_2O_3$ ) створюється приховане зображення. У проявлювальному вузлі до намагнічених ділянок барабана притягуються частинки феромагнітного порошку, утворюючи видиме зображення. Закріплення порошку відбувається втискуванням його в папір під час проходження між валиками. Для кращого закріплення частинки порошку вкривають термопластичною речовиною, а валики нагрівають. Порошок, що залишився на барабані піс-

ля перенесення зображення на папір, знімається в очищувальному вузлі спеціальними щітками й струменем повітря, а приховане магнітне зображення стирається магнітною голівкою після чого барабан придатний до нового запису. Для отримання декількох однакових копій, приховане зображення не стирають, а інші операції повторюють необхідну кількість разів. Пристрої такого типу відрізняються точністю передавання зображення, відсутністю складних оптичних та електронних систем, високою продуктивністю, дають змогу відтворювати чіткі штрихові елементи, текст розміром 2-5 пунктів, можуть задруковувати широкий спектр матеріалів. Основним виробником пристроїв є американська фірма «Nipson Printing Systems», її машини розраховані на роботу з аркушевим і з рулонним матеріалом (папером, вініловою плівкою, фольгою та пластиком).

**Іонографія.** Суть цієї технології — в локальному осадженні іонів на діелектричну поверхню під дією електричного напруження. Технологія реалізується за допомогою електродів, розміщених всередині касети, яка встановлюється над циліндром з фотопровідниковим шаром. Керівні та екрануючі електроди розділені двома ізоляційними шарами підімкнені до джерела електроенергії. Поле, що створюється, спрямовує потік іонів до екрануючого електрода, який виконує функцію фокусуєчого пристрою. Іони в робочому просторі, за подавання на керуючі електроди та циліндр напруги, відповідно, 300В та близько 650В, підтримуються в збудженому стані. Для запису зображення напруга на керуючих електродах сягає 620 В, внаслідок чого негативні іони прискорюються й осідають на електрофотографічному шарі. Після цього проявлене зображення переноситься на задруковуваний матеріал, подібно до того, як це відбувається в електрофотографічних пристроях. До переваг іонографічного устаткування належать простота конструкції (на відміну від ЕФГ пристроїв, відсутні лазери або світлодіоди, складні оптичні системи), високий коефіцієнт використання проявника, лінійна схема проведення паперу, невеликі розміри.

## 8.2. Сканери

Пристрої автоматичного введення текстів, інакше називані читаючими автоматами або сканерами, побудовані на принципах розпізнавання образів. Образ - контур, форма або конфігурація; у цьому випадку образом буде символ - буква, цифра або який-небудь інший знак у вигляді

суміжних або зв'язаних штрихів на площині, використовувані як складова частина засобу організації, керування або подання даних.

Процес розпізнавання образів складається із трьох виконуваних автоматично етапів. Перший етап полягає в проведенні аналізу образу, тобто в розбивці його на елементи. Цей етап іноді називають зчитуванням. Реалізація першого етапу виконується апаратно й для автоматичних пристроїв уведення різного типу будується на різноманітних фізичних принципах. Другий етап - власне розпізнавання шляхом порівняння методом перебору отриманого на першому етапі коду образу, з кодами еталонів (шаблонів) бази еталонних образів і, потім, присвоєння образу імені того еталона, чий код збігся з ліченим кодом (ідентифікація). Третій етап полягає в перетворенні коду імені розпізнаного образу в машинний код і властиво уведення в ЕОМ. Із декількох відомих методів зчитування найбільше просто апаратно реалізується метод зондів. На рецепторному полі, куди проектується посимвольно підлягаючий уведенню текст, розміщений ряд рецепторів (зондів). Рецептор - чутливий елемент, здатний реагувати на зміну зовнішніх впливів: фотоелемент, терморезистор, вариконд, сегнетоелектрик, прилад із зарядовим зв'язком і інші. Фотоелементи при зміні освітленості змінюють один зі своїх параметрів, таких, як опір або ємнісний опір. Наприклад, зонди можуть бути виконані із сегнетоелектричного матеріалу, поміщеного в середовище з температурою вище температури Кюрі. Робота їх заснована на властивості зміни ємнісного опору при зміні освітленості. Перетворення графічного образу сторінки в текст - типове завдання штучного інтелекту, що включає розпізнавання символів, словникову обробку, елементи мовної семантики. Головна вимога тут - висока якість розпізнавання, не менш 99,9% при прийнятній швидкості уведення. Найпоширеніші чотири типи алгоритмів розпізнавання символів, що застосовуються як окремо, так і комбіновано з метою розпізнавання сильно перевернутих образів. Маска зондів у цих випадках має форму матриці, що складає з 10 - 20 рядів рецепторів по 10 - 20 рецепторів у кожному. Метод порівняння з еталонами прекрасно працює при фіксованих (стандартизованих або стилізованому) шрифтах, але погано на "незнайомому" образі. Інший метод розпізнавання - подійне розпізнавання, при якому використовується подання зображення символу у вигляді одного або декількох однолінійних об'єктів (подій), масштабованих на стандартні розміри. Подією вважається поява критичних крапок - початків або кінців, самостійних інтервалів або крапок розгалу-

жень. У результаті виходить компактний опис, що допускає швидкий пошук серед заздалегідь зібраних еталонів. Метод добре й швидко розпізнає “нормальні” символи й особливо ефективний для символів складної структури. Однак він погано розрізняє прості (однолінійні) об'єкти й надто чутливий до перекручувань структури, наприклад, розривам лінії контуру символу. Наступний метод використовує розподіл мас усередині символу. При цьому застосовується розбивка символу на грубі прямокутники, усередині яких уважається сума чорних крапок і після нормування перетворюється в безрозмірний вектор. Для прискорення розпізнавання по методу розподілу мас розроблений спеціальний алгоритм кластеризації - виділення в безлічі елементів груп (кластерів), схожих між собою й кластерів, що відрізняються від елементів всіх інших. Четвертий метод розпізнавання - дискримінаційний або контурний аналіз. Суть методу складається в дослідженні зображення символу з метою пошуку деталей, що вислизнули при масштабуванні, не властивих сформульованим гіпотезам. Дискримінатором може бути, наприклад, вивчення “вм'ятини” у середині правого контуру з метою розрізнення гіпотез “З” і “Э”. Послідовне використання й комбінування гіпотез, відібраних за допомогою чотирьох описаних методів, дозволяє з більш високим ступенем точності розпізнавати зображення окремих символів.

Сканери є растровими пристроями введення зображення з оригіналу - зображення на папері або плівці. При скануванні фрагмент оригіналу висвітлюється білим світлом, відбите світло фокусується на фотоприймачі - ПЗЗ-лінійці (ПЗЗ - прилад із зарядовим зв'язком, Couple-Charged Device, CCD). У лінійці світло перетворюється в накопичений заряд, його «профіль» (розкладання по рядку) зрушується по лінійці й послідовно виводиться в ЦАП. У такий спосіб виходить цифровий потік, що відображає яскравість елементів (пікселів) рядка. Оцифроване зображення запам'ятовується у внутрішній пам'яті сканера, каретка з лампою й лінійкою зрушується й сканується наступний рядок. У пам'яті робиться попередня обробка зображення, і дані виводяться через зовнішній інтерфейс у комп'ютер. Обсяг переданих даних визначається дозволом, глибиною цвіту й розміром скануємої області. Потік даних може бути більшим, так що інтерфейс може стати вузьким місцем, що визначає продуктивність введення зображення. На продуктивність роботи зі сканером впливають і параметри властиво сканера, і параметри комп'ютера, до якого він підключений (бажані великий обсяг ОЗУ й швидка дискова підсистема).

Існують сканери різноманітних конструкцій, що розрізняються по призначенню, параметрам і ціні. У ручних сканерах голівка з лампою прокочується вручну. Ручні сканери досить дешеві (у них відсутня складна механіка), однак геометрична точність низька (залежить і від твердості руки оператора). Ручні сканери дозволяють сканувати будь-які поверхні, у тому числі внутрішні стінки коробок і кутів стін. У найпоширеніших планшетних сканерах оригінал кладеться на скляний стіл (як у копіювальному апараті) і під ним автоматично просувається каретка з лампою й лінійкою. Ці сканери при помірній ціні забезпечують високу точність, але розмір оригіналу обмежений (А4, А3). Планшетні сканери дозволяють прочитувати зображення на прозорих носіях, тобто не тільки у відбитому, але і проходячому крізь оригінал світлі. Для цього застосовується друга лампа підсвічування, вмонтована в кришку сканера. Відрізки плівки або одиночні кадри розміщуються на робочому столі в спеціальних рамках-шаблонах, задаючих точне розташування оригіналів щодо лампи підсвічування. Крім того, наявність рамки визначається сканером при попередньому зчитуванні, і він автоматично перемикається в режим сканування на просвіт. Пристрій, що забезпечує зчитування з прозорих носіїв, називають модулем слайду. Для сканування прозорих оригіналів існують і спеціальні слайд-сканери. У плівковому слайд-сканері лампа підсвічування одна: розташована вона з другого боку плівки щодо об'єктиву і відрізняється сильним світловим потоком. Останнє обов'язково, оскільки негативи володіють набагато більшою оптичною щільністю, чим інші типи оригіналів. Оптична схема розрахована на зчитування невеликих по ширині носіїв. Об'єктив має більш довершену і складну схему, в деяких моделях передбачене навіть автоматичне і ручне фокусування, як у фотокамерах. При зчитуванні зображення переміщається оригінал, вся решта вузлів сканера залишається нерухомою, що гарантує відсутність люфтів і вищу чіткість картини. Нарешті, сканери слайду не мають зайвих скляних поверхонь і оснащені рядом додаткових функцій, призначених для усунення слідів пилу, подряпин і інших дефектів фотоплівки. У аркушепротяжних (рулонних) сканерах лист простягається над нерухомою кареткою (як у факсі) вручну або приводом. Перевага - необмежена довжина оригіналу (можна сканувати рулони показань самописів). У барабанних сканерах оригінал вкладається в барабан; обертання барабана й переміщення голівки (лампи з фотоприймачем) дають можливість послідовного поточного сканування на одному фотоприймачі. При цьому за-



безпечується дуже висока якість передачі кольору (точність і динамічний діапазон), оскільки всі точки зображення сприймаються (послідовно) одним фотоприймачем. В інших типах сканерів завжди є погрішність від неідентичності елементів ПЗЗ-лінейки. Барабанні сканери досить дорогі.

Для кольорового сканування зображення повинне бути розкладене на базисні кольори (RGB). У *трьохпрохідних* сканерах використовується одна лінійка, і на кожному проході встановлюється свій світлофільтр. В *однопрохідних* сканерах світло розділяється на 3 потоки, кожний через свій світлофільтр попадає на свою лінійку.

Основні параметри сканера відносяться до його оптики й механіки:

1) *Оптичним дозволом* (виміряється в dpi) вважається дозвіл по горизонталі, він визначається дозволом ПЗЗ-матриці. 2) Дозвіл по вертикалі називається *механічним*, він визначається кроком мотора приводу. Механічний дозвіл простіше підвищувати, і він може бути вище оптичного. 3) Внутрішньою обробкою зображення в сканері дозвіл по обох осях вирівнюється. Це дозвіл, названий *інтерполяційним*, може бути вище оптичного. Можна встановити й менший інтерполяційний дозвіл (об'єднанням пікселів), при цьому зменшується потік даних, переданих при скануванні в комп'ютер. 4) *Глибина цвіту* визначається розрядністю АЦП. У більшості випадків додатком досить 24 біта на піксел. Внутрішня розрядність сканера може бути вище (30-36 біт), що дозволяє виконувати кольорокорекцію без втрат. Правда, молодші біти можуть виявитися шумом. 5) *Динамічний діапазон сканування* визначається як різниця максимальної й мінімальної оптичних щільностей оригіналу, сприйманих сканером. В основному оптична щільність залежить від якості АЦП. Для різних оригіналів характерний різний динамічний діапазон: газетний папір забезпечує діапазон у межах 0,9; крейдована - 1,5-1,9; фотознімки - 2,3; фотоплівки, слайди - 2,8-4,0. Дешеві сканери мають динамічний діапазон 1,8-2,5; кольорові планшетні - 2,5-3,8; барабанні - 3,4-4,0. 6) *Швидкість (час) сканування*: може сильно залежати від комп'ютера й інтерфейсу (в ідеалі сканування йде безупинно, частіше — частинами).

Сканер може мати додаткові начіпні елементи: автоподатчик документів (замість кришки, оригінали простягаються, каретка не пересувається), слайд-модуль (замість кришки, заміняє лампу на каретці сканера). Сканування слайдів має свої особливості: сканер повинен працювати на просвіт (а не на відбиття) і мати великий динамічний діапазон.

Для підключення сканерів використовуються різні інтерфейси: 1) інтерфейс SCSI забезпечує високу швидкість передачі. Іноді в комплекті зі сканером поставляється простий SCSI-адаптер, що служить для його підключення, але знижуючий швидкість роботи. 2) Інтерфейс USB 2.0 забезпечує швидкість до 24 Мбайт/с, USB 1.0-до 1,2 Мбайт/с. 3) LPT-порт повинен працювати в режимі ECP/EPP, інакше швидкість буде вкрай низкою. 4) Інтерфейс 1394 (FireWire) забезпечує високу швидкість. 5) У випадку нестандартних інтерфейсів до сканера потрібна спеціальна плата.

Для роботи зі сканерами використовують стандартний додаток (драйвер і графічний інтерфейс) *TWAIN* (Tool Without An Interesting Name), що забезпечує взаємодію сканера із прикладними пакетами програмного забезпечення. Його функції - установка параметрів і області сканування, попереднє сканування й перегляд, кольорокорекція й постобробка зображення, передача даних у додаток.

Для професійної роботи зі сканером потрібно його *калібрування*: установка параметрів корекції передачі кольору по спеціальному тестовому зображенню.

### 8.3. Принтери

#### Основні способи друку й типи принтерів

Принтер — це пристрій, здатний виводити зображення (друкувати) на папір або плівку. Плоттер теж виводить зображення, але він його не друкує, а вичерчує. Сучасні плоттери виводять зображення тим же растровим способом, що й принтери, але, на відміну від принтерів, зображення для плоттеров описується векторним способом. Принтери й плоттери створюють так названі *тверді копії* (hard copy) документів; твердість означає неможливість їх наступної довільної модифікації. За цією ознакою принтери й плоттери ставляться до пасивних пристроїв графічного виводу, їхня протилежність — активні пристрої виводу (дисплеї).

За способом друку принтери розділяються на *літеродрукувальні й знаковинтезуючі* (що аналогічно текстовому й графічному режимам дисплея), а також послідовні й паралельні. У *послідовних принтерах* друкування здійснюється поелементно із просуванням по рядку, і після проходження рядка переходять до друку наступного рядка. У *паралельних принтерах* рядок друкується цілком. *Літеродрукувальні принтери* здатні друкувати тільки рядка символів з фіксованого набору, що обмежує

область їхнього застосування друкуванням текстових документів без можливості використання звичного вже розмаїтості шрифтів. Разом з тим, у них є перевага в якості надрукованих символів, а в ряді випадків — і у швидкості друку. Таких принтерів існує кілька типів. *Знакосинтезуючі* вони ж *матричні*, принтери дозволяють друкувати довільні зображення. За способом нанесення фарбника вони діляться на ударні (голчасті), термічні, струминні і лазерні, хоча під матричними, як правило, мають на увазі саме голчасті.

**Матричні голчасті принтери.** Голчасті принтери (dot matrix printer) - мають низький дозвіл (до 360 dpi), швидкість і якість невисокі, передача кольору погана, і вони самі гучні. Однак вони забезпечують найдешевший друк (дешеві й принтер, і видаткові матеріали); вони невибагливі до паперу, можуть працювати під копірку (і без стрічки) і дають механічний відбиток. Останні дві властивості обумовлюють ряд їхніх специфічних застосувань. Голчасті принтери мають друкуючу голівку, на якій розташована матриця голчастих молоточків, керованих електромагнітами. Голки вдаряють по папері через фарбувальну стрічку, папір лежить на валику, переміщаючись тільки подовжньо (переклад рядків виконується поворотом валика), але в обох напрямках. Переміщення по рядку виконує досить легка друкуюча голівка, тому її можна рухати швидко. Управляє всією механікою убудований мікроконтролер принтера. Їм управляються крокові двигуни подачі паперу й переміщення голівки по рядку, а також приводи голок, які може бути від 8 до 40. На принтері є механічні або оптоелектронні датчики крайніх положень каретки, а також датчик кінця паперу. Управляючи цими механізмами й користуючись датчиками, можна вивести будь-яке зображення. Матричні принтери можуть працювати як у графічному, так і в символному режимі. Розгорнення символів у крапкове зображення виконує убудований процесор (мікроконтролер) принтера, у якого є ПЗУ з таблицями знакогенераторів. Принтери мають кілька таблиць (для різних мов і шрифтів), що перемикають програмно (по командах від комп'ютера), апаратно (перемикачами на принтері) або за допомогою кнопок панелі керування принтером. *Контролер принтера* по інтерфейсу приймає від комп'ютера потік байтів, що містить дані для друку й керуючі команди. Дані приймаються в буферне ОЗУ, звідки витягаються й інтерпретуються відповідно до можливостей механіки. Принтер забезпечує зворотний зв'язок з комп'ютером: управляє потоком і повідомляє свій стан - готовність, кінець паперу, по-

милка. Матричний принтер є *пристроєм рядкового висновку*. У графічному режимі ідея друку та ж - рядок друкується цілком, коли для нього готові дані (для всіх використовуваних голок). *Розв'язна здатність* матричного принтера визначається розміром матриці голок, але й не тільки їм. Точки можна друкувати, зміщаючи голівку (вліво - вправо) і папір (униз) навіть на частку кроку, так що крапки зіллються в майже гладку лінію. Для цього потрібно досить точна механіка. Розв'язна здатність друку зв'язана зі швидкістю: оскільки голки інерційні, гранична частота їхнього спрацьовування обмежена. Тому для високого дозволу швидкість переміщення голівки й папери невисокий. Принтери, як правило, можуть працювати в режимах з різним дозволом: від малого дозволу для швидкого друку (draft) до дозволу NLQ (Near Line Quality - якість друку, близька до гладких букв друкарських машинок), що вважається високим. Кольорові матричні принтери працюють із багатоколірною (звичайно триколірної) фарбною стрічкою. Кожний рядок друкується за кілька проходів голівки, і на кожний прохід устанавлюється стрічка певного кольору. Цій кольоровий друк відбувається повільно і якість передачі кольору невисоке. Матричні принтери невибагливі: можуть друкувати практично на будь-якому папері — листовий, рулонної, фальцованної.

Паралельні матричні принтери не мають рухливої друкуючої голівки — у них голки розташовані уздовж всього друкованого рядка. За рахунок цього друк відбувається дуже швидко (з тією же швидкістю, що й у барабанних літеродрукувальних принтерів). Від цих принтерів в основному потрібна висока швидкість друку символів, так що механізм підвищення дозволу, що безумовно знижує швидкість, може включатися лише для графічного друку й «екзотичних» шрифтів. Ці принтери, як правило, широкі й працюють із рулонним й фальцованим папером з перфорацією по краях. Керування принтером легко зрозуміло більшості користувачів.

Матричні принтери забезпечують недорогий друк - витратним матеріалом є фарбувальна стрічка, заправлена в картридж. Найпростіше замінити картридж, але дешевше - стрічку (те й інше продається окремо). Слід врахувати, що картриджі специфічні для кожної моделі.

**Термопринтери** по конструкції нагадують голчасті, але замість ударів голок по фарбувальній стрічці їх голівки нагрівають окремі точки спеціального термочутливого паперу. Ці принтери відрізняються практично безшумною роботою, щоправда, швидкість друку невисока. Головний недолік - потрібен спеціальний папір, зображення на якій виходить не

дуже стійким (на сонячному світлі й при нагріванні папір темніє). У цей час термопринтери практично не випускаються, і папір для них може бути дефіцитом. Термодрук використовується у факсах-машинах.

**Струминні принтери InkJet** (ink - чорнило, jet - струмінь), як і термопринтери, конструктивно аналогічні матричним голчастим принтерам, але замість удару по папері через фарбну стрічку вони «стріляють» по паперу крапельками спеціальних (швидковисихаючих) чорнил з мікроскопічних сопів. Для формування краплі використовується кілька способів: 1) в електростатичних принтерах із сопла викидається безперервна серія крапель - технологія називається CIJ (Continuous InkJet). За допомогою керуючого електрода частина краплі відхиляється в збірник (на рециркуляцію), частина летить на папір. Цій технології властива висока швидкість друку. Є варіант технології й з «краплями на вимогу» (Drop On Demand, DOD), без рециркуляції; цей друк відбувається повільніше. 2) У п'єзоелектричних принтерах (основна технологія фірми Epson) краплі вистрілюються механічними мікронасосами на п'єзоелементах. Ці принтери чутливі до бульбашок повітря в чорнилі. Керованість розміром краплі й відсутність «сателітів» (дрібних бризів навколо основної краплі) - властивості, корисні при напівтоновому друкуванню. Голівки дорогі, але довговічні (при «правильних» чорнилі), ціна друку нижче. 3) У бульбашкових принтерах (bubble-jet), що випускають фірми HP, Lexmark, Canon, Xerox, крапля виштовхується бульбашкою пару (від мікроскопічного нагрівального елемента). Вибух погано керований, навколо краплі присутні дрібні «сателіти». Ресурс голівок обмежений, але вони дешеві й легко міняються. Дозвіл - до 1200-2400 dpi.

У сучасних принтерах число сопів у голівці вимірюється десятками й сотнями. По конструкції вони бувають із окремими змінними чорнильницями й із чорнильницями, суміщеними з голівкою. У суміщеному варіанті передбачається дозаправлення чорнильниць. Струминні принтери працюють тихо, швидкість друку визначається режимом: чорнова - швидко, якісна, особливо кольоровий друк - порівняно повільно. Однак на гарному папері досягається висока якість друку. На поганому папері чорнила розтікаються, щоправда, проти цього застосовують різні хитрування (наприклад, підігрів паперу для прискорення висихання). Більшість струминних принтерів друкують тільки на листовому папері (A4 і A3), є моделі й для рулонного паперу. Через високу ціну картриджів із чорнилом вартість друку на струминному принтері, особливо кольорового, виявляєть-

ся досить високою, у той час як самі принтери недорогі. Іноді в принтері пересихають чорнила в соплах, і це, як правило, приводить до необхідності заміни досить дорогої голівки. По включенні живлення принтер виконує маніпуляції з голівкою й чорнильницями, підготовляючи їх до роботи. Щоб сопла не висихали, голівка паркується в спеціальному місці. Позаштатне відключення живлення під час роботи не дозволяє принтеру «припаркувати» голівку, і чорнило можуть засохнути в соплах. Число органів керування в струминних принтерів зведено до 1-2 кнопок, одна й з яких є вимикачем живлення. Однією кнопкою й перемикають режим On-Line/Off-Line, і виводять недодруковану сторінку, і завантажують нову сторінку. Переклад рядка, зміна шрифтів і т.д. кнопками вже не виконуються - всіма цими функціями управляє комп'ютер. Це важливо, оскільки в струминному принтері те місце листа, у якому виробляється друкування, приховано від очей (тому ручний переклад рядка не має змісту), а шрифтові можливості настільки багаті (завдяки високому дозволу), що кнопкове керування отут просто недоречно.

**Твердофарбні (SolidInk) принтери** можна розглядати як варіанти струминних. У цих принтерах воскова фарба розплавляється й через сопла голівки наноситься на вал переносу, з якого потім накочується на папір. Голівка принтера нерухома, друкується весь рядок цілком, що забезпечує високу швидкість друку. Дозвіл - 1200 dpi, відбитки якісні, глясові, але бояться нагрівання. За витратними матеріалами друк дешевий. Під час розігріву принтер споживає велику потужність. Принтери «не люблять» відключень (занадто довго запускаються).

**Сублимаційні (термодифузійні) принтери** забезпечують самий високоякісний кольоровий друк (кольори змішуються на папері). Тут фарба випаровується зі стрічки й переходить на папір (усмоктується), ступінь нагрівання випарника регулюється (256 ступенів), за рахунок чого міняється інтенсивність кожної крапки. Для кожного базисного кольору (фарби) виконується свій прохід, тому друк повільний. Принтери мають дозвіл 1400 dpi (кольорових крапок!) і вище. Друк дорогий — дороги і принтер, і витратні матеріали.

**Лазерні й світлодіодні принтери.** У лазерних й світлодіодних (LED) принтерах використовується електрографічний друк - технологія переносу зображення на папір, здавна застосовувана в копіювальних апаратах.

У лазерному принтері є барабан, покритий фоточутливим напівпровідником. Поверхня барабана електризується, після чого модульова-

ний лазерний промінь сканує всю поверхню барабана, розряджаючи за-свічені ділянки. Сканування здійснюється за допомогою дзеркала, що обертається і яке направляє промінь на поверхню барабана, і обертання самого барабана. До розряджених точок поверхні притягується тонер - дуже дрібний барвний порошок, формуючи на барабані зображення повного листа. Далі синхронно з обертанням барабана по ньому прокочується наелектризований лист паперу, і часточки тонера переходять на лист. Потім папір з тонером прокатується через гарячі валики, і тонер припікається до паперу, після чого лист виводиться з принтера. Таким чином, лазерний принтер є посторінковим друкувальним пристроєм - він може друкувати сторінку тільки цілком, не маючи можливості зупинитися посередині рядка (як послідовний) або листа (як рядковий).

Кольоровий друк здійснюється в кілька проходів — щораз зі своїм цвітом тонера. Лазерні принтери забезпечують високу якість друку, вони мають найвищий дозвіл (600, 1200, 2400 dpi) і працюють тільки з листовим папером високої якості, пачка якої завантажується в лоток. Принтери друкують і на плівку, використовувану в поліграфії як оригінал-макети. Спеціально для друку на плівку принтери мають можливість дзеркального друку зображення (саме так друкують макети книг). Принтери чутливі до механічних властивостей паперу — поганий і м'який папір вони заминають, і для витягу залишків листа доводиться відкривати принтер (це робиться досить просто). Швидкість чорно-білого друку досягає десятків аркушів у хвилину, кольоровий друк виконується повільніше.

У світлодіодних принтерах використовується той же електрографічний принцип, але замість лазерної голівки є лінійка світлодіодів. Кількість світлодіодів (розмір лінійки) визначає дозвіл принтера. Конструкція виходить простіше й компактніше, що дозволяє в кольорових принтерах установлювати по ходу паперу чотири картриджі з барабанами, тонером і LED-лінійками. При цьому кольоровий друк виконується за один прохід. У лазерних принтерах така компоновка скрутна.

Лазерні принтери випускаються в різноманітному асортименті - від малопотужних персональних до потужних. Великі принтери мають кілька лотків для паперу й можливість програмного вибору лотка. Для кожної моделі принтера є оптимальне навантаження - кількість видрукованих аркушів за одиницю часу, а також ресурс барабана. Занадто мале навантаження не вигідне - потужні принтери коштують дорого, тому питома вартість друку виявляється занадто високою. Витратним матеріалом для

лазерного принтера є картриджі з тонером; іноді є можливість дозаправлення картриджа порошком. Вартість друку по витратних матеріалах у лазерного принтера невисока, але самі принтери дорожче всіх інших типів (і якісніше). Лазерні принтери мають потужні убудовані процесори й великий обсяг буферної пам'яті, оскільки вони повинні зберігати зображення цілої сторінки з високим дозволом. Обсягом буферної пам'яті визначається максимальний дозвіл. Багато пам'яті вимагає кольоровий друк. Пам'ять принтера може бути розширена установкою додаткових модулів динамічної пам'яті (ряд моделей досить капризні по відношенню до типів встановлюваних модулів). Внутрішнє програмне забезпечення принтера, що зберігається в його ПЗУ, може також бути розширене шляхом установки додаткових модулів (PostScript) - як правило, флеш-пам'яті. Органи керування лазерними принтерами, як у струминних, мінімізовані. Потужні принтери з декількома лотками для подачі паперу й різних варіантів настроювання часто мають невеликий рідкокристалічний дисплей і кнопки, що дозволяють управляти принтером за допомогою меню. Лазерні (і світлотодіодні) принтери споживають більшу потужність і вимагають вентиляції приміщення, оскільки виробляють озон.

### **Кольоровий друк й фотопринтери**

Кольоровий й напівтоновий друк має свої складності, оскільки більшість типів принтерів можуть крапку або друкувати, або не друкувати. Безпосередньо управляти яскравістю й цвітом (яскравістю базисних кольорів) піксела (як у моніторів) більшість технологій друку не дозволяє. Кольоровий (напівтонової) піксел у принтерах утвориться із групи крапок; число видрукованих крапок у групі визначає насиченість піксела. Для кольорових принтерів розрізняють два основних параметри: 1) *лініатура* — крок повнокольорових (півтонових) пікселів друку, вимірюється в lpi (lines per inch — число ліній на дюйм). Газети друкують із лініатурою 80-90 lpi, журнали - 133-150 lpi, високоякісна печатка вимагає більше 150-250 lpi. 2) *Дозвіл принтера* — крок крапок печатки, вимірюється в dpi (dot per inch — число крапок на дюйм). Наприклад, 1200 dpi відповідає кроку крапок 21 мкм! Лініатура пов'язана з дозволом, зі здатністю принтера управляти яскравістю крапок і з бажаною кількістю градацій півтонів. У більшості випадків 256 градацій (як це дозволяють монітори) не потрібно (ми бачимо не більше 150). У більшості принтерів для отримання півтонів застосовується растрирування — подання пікселя групою сусідніх кра-



пок (растром). Якщо кожний піксел збирається з матриці 10x10 чорно-білих крапок, то, міняючи число віддруковуваних крапок, можна одержати 101 градацію насиченості. При цьому очевидно, що лініатура (lpi) буде в 10 разів менше дозволу (dpi). Як приклад можна привести принтер HP LJ1200 - при дозволі 1200 dpi він забезпечує лініатуру 180-212 lpi. Із цих міркувань стає зрозуміло, чому друк напівтонових зображень (чорно-білих фотографій) на принтері з дозволом 600 dpi дає незадовільну якість. Для того щоб підвищити лініатуру, потрібно підвищити дозвіл принтера, спробувати управляти яскравістю елементарної крапки або знизити число градацій (пожертвувати передачею півтонів). У випадку кольорового напівтонового друку вищенаведені міркування ставляться до кожного базисного кольору. У кольоровому друці застосовують базисні кольори моделі CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, Black - бірюзовий, пурпурний, жовтий, чорний), для кожного кольору використовується свій растр (з різними нахилами, щоб уникнути інтерференції). Останній колір (чорний) потрібно остільки, оскільки одержати дійсно чорний колір сумішшю трьох базисних кольорів (як у моделі RGB) проблематично.

**Фотопринтери** відрізняються від звичайних принтерів поліпшеною передачею півтонів. Тут прибігають до різних хитрувань, щоб растр був непомітним. Особливо неприємні бліді кольори - крапки в растрі рідкі. У фотопринтерах застосовуються різні технології: *керування яскравістю* крапок нехай навіть із невеликим числом градацій (наприклад, шляхом зміни розмірів краплі), *застосування додаткового блідого чорнила* (фактично, це додаткова градація яскравості), *підвищення дозволу*. Для високоякісного друку потрібні спеціальний папір, а також калібрування передачі кольору. Фотопринтери випускають і зі зменшеним форматом листа (наприклад, А5 або 10 x 15 див). Фотопринтери можуть мати й інші особливості. У ряді моделей можливе підключення флеш-карт цифрових фотоапаратів для безпосереднього друку зображення. У цьому випадку принтер забезпечується дисплеєм, за допомогою якого можна вибрати потрібне зображення й навіть виконати якусь попередню обробку (обрізати краю, поміняти контрастність, відкоригувати колір і т.п.).

### **Язика принтерів і формати даних**

Сучасні принтери здатні працювати в будь-якому режимі — графічному або текстовому. Принтери, як правило, працюють у розширеній (8-бітній) таблиці ASCII-кодів. Перші 32 кода (ПО-IFh) використовуються для

керуючих символів, безпосередньо не відображуваних принтером. Далі ідуть коди спеціальних символів, цифр, прописних (uppercase - верхній регістр) і рядкових (lowercase - нижній регістр) букв латинського алфавіту. Коди 80-FFh потрібні для знаків національних алфавітів (зокрема, російського) і символів псевдографіки. З керуючих кодів, використовуваних при друкуванні в символному режимі, особливо відзначимо коди повернення каретки (CR, ODh), перекладу рядка (LF, OAh) і формату (FF, OCh). Всі команди зміни режимів друку, а також перемикання в графічний режим, починаються з коду Escape (Esc, 1Bh).

Для графічного друку існує безліч мов з їхніми системами команд. У **матричних принтерах** використалися два режими друку — бітовий образ і растровий режим. Бітовий образ був цілком природним для перших 8-9-голчастих принтерів. У цьому режимі блок графічних даних несе байти, відповідальні за друк одного стовпчика всіх голок голівки принтера. Для 24-голчастих принтерів кожний стовпчик задають три байти графічних даних. Рядок буде надруковано після подачі символів CR, LF. У рядку може бути кілька графічних блоків, розташованих один за одним, і вони навіть можуть чергуватися (або сполучатися) з текстовими символами, але використати цю можливість програмно незручно. Для графічного друку потрібно окремо програмувати й вертикальний крок переміщення паперу (міжстрокова відстань). Управляючи кроком і графічним режимом, можна вибрати необхідний дозвіл по вертикалі й горизонталі. Бітовий образ придатний тільки для чорно-білого друку; він незручний тим, що формат блоку даних залежить від числа голок принтера. У растровому режимі чорно-білого друку кожний байт графічних даних несе інформацію про горизонтальну групу з восьми крапок лінії; старший біт відповідає лівій крапці, слідує один за одним байти відображаються ліворуч праворуч. Після байтів, що описують одну лінію, ідуть байти наступної лінії (зверху вниз), і так до кінця сторінки (аналогічно образу екрана в графічному режимі). Формат кольорового друку трохи складніше, але загальна ідея зберігається. Растровий режим природний для лазерних принтерів - він відповідає способу формування зображення на барабані. Цей режим підтримують і багато сучасних струминних принтерів. Логічно цей формат зручніше, оскільки він не залежить від числа сопел; правда, вимагає досить великої буферної пам'яті принтера, але на сучасному етапі розвитку техніки це вже не проблема. Растровий режим дозволяє представити будь-яке зображення. Однак тут (як і у випадку бі-

тового образу) обсяг переданих даних росте пропорційно добутку вертикального й горизонтального дозволів (dpi) на розміри зображення (у дюймах) і число бітів на піксел для кольорового друку.

Для **лазерних принтерів** фірма Hewlett-Packard розробила спеціальну мову PCL (Printer Control Language), у який крім керуючих команд, аналогічних Escape-послідовностям матричних принтерів, є й графічні, що описують малювання геометричних примітивів. У язиці є й засоби роботи з убудованими шрифтами принтера, що забезпечують масштабування й повороти букв. Язык PCL підтримують ряд струминних принтерів. Використання языка PCL дозволяє скоротити обсяг даних, переданих принтеру для друкування складних зображень, що складаються з тексту й графіки, у порівнянні з растровим форматом. Ця економія істотна для високого дозволу й кольорового друку - для PCL обсяг переданої інформації не так сильно залежить від дозволу й кольоровості. Однак для доступу до цих можливостей язык PCL повинен «розуміти» і додаток, що здійснює графічний вивід. Підтримка PCL природна для додатків з векторною графікою (включаючи текстові процесори й видавничі системи). Растрові системи, природно, генерують команди растрового друку.

Язык PostScript також призначений для лазерних принтерів. У цьому язиці вся сторінка описується у векторному виді. Шрифти задаються контурами (лініями Безье), і їх растеризацією (у потрібному кольорі) займається убудований процесор принтера відповідно до можливостей принтера й обраним дозволом друку. Векторний опис всіх об'єктів (символів і геометричних фігур) забезпечує можливість точного виконання трансформацій (масштабування, позиціювання, поворотів, дзеркальних відбиттів). При цьому файл друку не залежить від типу принтера (або іншого пристрою) - потрібно тільки підтримка версії языка, на якій створений файл. Шрифти, використовувані для відображення сторінки, передаються у файлі друку в компактному векторному виді. Крім того, у принтер PostScript убудована велика кількість стандартних шрифтів, які дозволяють заощаджувати пам'ять. Реалізація PostScript вимагає наявності у принтера потужного убудованого процесора, ОЗУ й ПЗУ великого обсягу.

Оскільки між друкуючим додатком і принтером завжди перебуває програмний драйвер, при невідповідності їхніх языків майже завжди потрібен драйвер-транслятор. Так, матричний принтер, не русифікований на апаратному рівні, можна русифікувати програмно. Додатки Windows використовують графічні режими принтерів, і питання русифікації перехо-

дять у чисто програмну область (драйвери й системні шрифти). Програмний драйвер може реалізовувати графічну мову, не підтримувану принтером, - наприклад, є програмні реалізації мови PostScript. Однак при цьому центральний процесор комп'ютера навантажується об'ємним завданням растровизації, причому в ОЗУ повинен уміщатися весь растровий образ виведеної сторінки. Крім того, на принтер при цьому виводиться величезний обсяг даних, що особливо неприємно для мережного принтера. Так що при більших обсягах друку краще використати дійсний апаратний принтер PostScript, а не його програмну емуляцію. Драйвер принтера повинен відповідати типу принтера і його мовним можливостям. Так, при використанні принтера PostScript про це повинен «знати» і драйвер, інакше графічний вивод буде вироблятися в растровому режимі й ніяких перевагах апаратної підтримки PostScript ви не одержите.

## 8.4. Електронна і фоторепродукційна технології і апарати

**Фоторепродукційні апарати** складаються з оригіналу тримача, об'єктива, хутра камери й коробки матового скла із пристроєм для закріплення фотографічного матеріалу (рис. 8.5). Площини оригіналу, об'єктива й фотоплівки розташовані перпендикулярно оптичній осі. Основні елементи розміщені таким чином, що можуть пересуватися уздовж оптичної осі, що дозволяє змінювати масштаб відтвореного зображення.

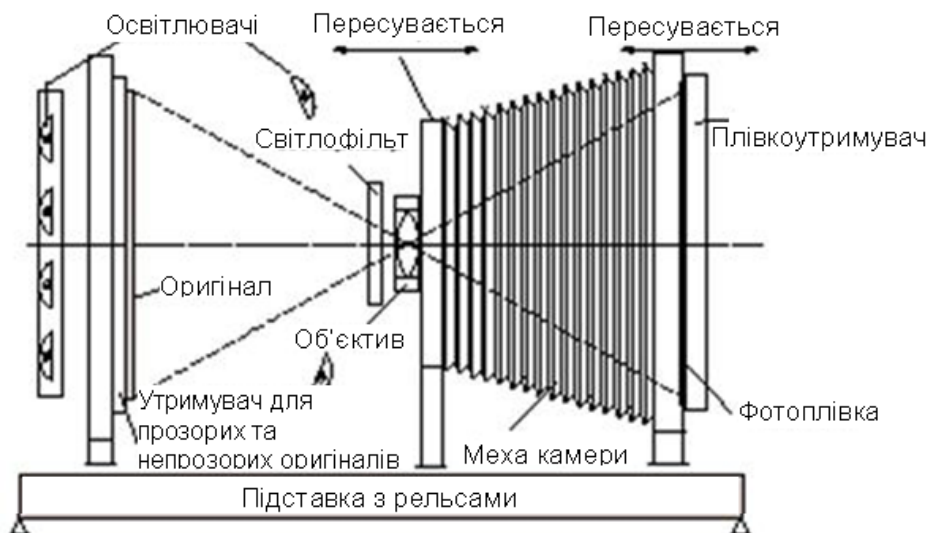


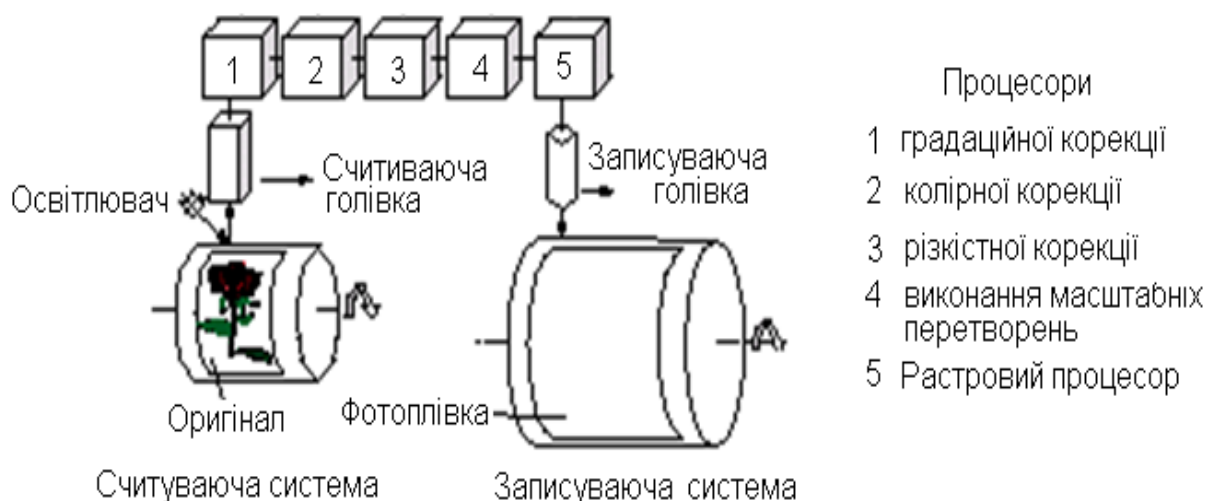
Рис. 8.5. Схема фоторепродукційного апарата

Об'єктив розташований у спеціальному тримачі. Світлонепроникні хутра запобігають проникненню стороннього світла. Фотоплівка втриму-

ється в площині зображення за допомогою вакууму в абсолютно плоскому стані. При цьому світлочутливий шар завжди звернений до об'єктива. Площина оригіналу рівномірно висвітлюється джерелом випромінювання. Використається білий, близький до денного, світло (наприклад, від ксенонової лампи високого тиску), тому що обробляються також і кольорові оригінали з метою одержання кольороподільних зображень. Експозиція встановлюється за допомогою діафрагми й часу відкриття затвора, тим самим забезпечується оптимальний процес запису зображення на фотоплівку. Для одержання кольороподільних зображень на шляху ходу променів устанавлюються світлофільтри: червоний, зелений й синій для наступного виготовлення друкованих форм для блакитної, пурпурної й жовтої фарб відповідно, а також фільтр видимості для виготовлення фотоформи для чорної фарби. Щоб мати можливість одержувати пряме й дзеркальне зображення у фоторепродукційному апараті, на шляху ходу променів містяться плоскі дзеркала або призми. Фоторепродукційні апарати можуть бути горизонтальними, вертикальним й компактними - відповідно до розташування оптичної осі. У горизонтальних апаратах основні елементи установки масштабу сконструйовані так, що перебувають у площині, перпендикулярній горизонталі. Ці фоторепродукційні апарати призначені для виконання крупноформатних робіт. У них використаються об'єктиви з більшою фокусною відстанню, завдяки чому досягається досить чітке відображення оригіналу на негативі. Дані фоторепродукційні апарати мають міцний, важкий корпус, що встановлюється на спеціальних підлогах (для придушення можливих вібрацій апарата). Тим самим усувається відносний зсув оригіналу, об'єктива й фотоплівки в процесі експонування, що може приводити до нерізкості фотографічного зображення. Компактні апарати мають вертикальну оптичну вісь. Тому що висота апарата обмежена (з метою зручності обслуговування), а необхідний масштаб знімків перебуває в інтервалі 20%-300%, у них застосовують широкоформатні об'єктиви з невеликою фокусною відстанню. Вертикальні фоторепродукційні апарати за рахунок включення в оптичну схему плоского дзеркала дозволяють при вертикальній установці фотоплівки розташовувати оригінал горизонтально. Таке розташування забезпечує зручність обслуговування апарата. Залежно від конструкції розрізняють одне- і двокімнатні апарати. У двокімнатних апаратах оригіналотримач розташований у світлій кімнаті, а експонуємий матеріал - у темній. Однокімнатні апарати виконані або як апарати для світлих приміщень зі світ-

лонепроникною переносною касетою для фотоплівки, що обробляється потім у темній кімнаті, або як апарати для темних приміщень.

**Електронна репродукційна технологія (репросканери)** зручна й високоефективна. Вона далеко перевершила фотомеханічну репродукційну технологію по можливостях обробки й точності керування окремими етапами додрукового процесу. Певні технології, наприклад, неперіодичне растрирування, синтез кольору зі зменшенням частки кольорових фарб або генерація ахроматичної складової, стали практично реалізованими лише з появою електронної репродукційної техніки. Електронні репродукційні апарати, називані також "компактними сканерами", "кольороподілювачами кольорокоректорами", складаються із трьох функціональних частин: пристрою уведення (зчитування) інформації, блоку обробки сигналу, пристрою вводу (запису) інформації на відповідний носій (рис. 8.6).



**Рис. 8.6. Блок-схема кольороподілювача-кольорокоректора**

За допомогою пристрою введення оригінал построчно або поточечно зчитується. Відбитий від оригіналу (або минулий через оригінал при скануванні в минаючому світлі) світловий потік перетворюється в аналоговий електричний сигнал, що відповідає значенням тонових і колірних величин оригіналу. Цей електричний сигнал коректується, підсилюється й передається в блок виводу, де вихідний сигнал перетворюється у світлову енергію для експонування фотоматеріалу, або використовується для керування різцем при гравіюванні форм глибокого друку. У блоці уведення оригінал зчитується оптоелектронними приймачами у відбитому або

минаючому світлі. Якщо оригінал розташований на площини, зчитування здійснюється построчно за принципом планшетного сканування. Якщо оригінал розміщується на барабані, що обертається з великою швидкістю, то голівка, що зчитує, рухається уздовж осі циліндра. Зчитування відбувається рядок за рядком по гвинтовій лінії. Для кольороподільувачів-кольорокоректорів типово барабанна побудова. Барабан сканера виконується із прозорого пластику або скла. При зчитуванні прозорих оригіналів промінь, що експонує, рухається аксиально усередині барабана й направляється під прямим кутом на стінку барабана за допомогою дзеркала або призми. Голівка, що зчитує, рух якої синхронізовано зі скануючим променем, перебуває зовні барабана.

Зчитування на кольорових сканерах повинне виконуватися з використанням білого (нейтрального) *світла*. Як джерела випромінювання використовуються, наприклад, галогенні лампи або ксенонові лампи високого тиску. Монохроматичне лазерне випромінювання підходить для зчитування чорно-білих оригіналів. Для сканування непрозорих оригіналів аналізуючий промінь подається на зчитувальну ділянку оригіналу зовні. У блоці обробки сигнали, отримані на стадії зчитування, обробляються відповідно до завдань. У цифровий додрукової підготовці при обробці кольорових зображень найчастіше працюють із 8 розрядами сигналу для кожного виділюваної фарби. Інтервал квантування для кожної фарби ділиться на 256 ступенів. Кожний відсканований сигнал проходить колірні, градаційні, різкісні, масштабні перетворення й підлягає растрируванню.

При аналоговому записі експонування на фотоплівку виконують через контактний растр світловим пучком, промодульованим сигналом яскравості. Блок запису за принципом побудови відповідає барабанному експонуючому пристрою. У компактних сканерах записуючий барабан і скануючий циліндр з'єднані механічно, а в більшості цифрових систем виконані як окремі модулі.

## Контрольні запитання

- 1 Назвіть і стисло охарактеризуйте призначення і основні типи сканерів.
- 2 Назвіть і стисло охарактеризуйте призначення і основні типи принтерів.
3. Назвіть загальні принципи цифрового сканування зображення.
4. Що таке репросканери?

5. Основи побудови і роботи типових цифрових скануючих фотоапаратів і цифрових відеокамер.
6. Стисло охарактеризуйте оптичні датчики та фотоприймачі, що використовуються в малих і середніх видавничих системах.
7. Приведіть і поясніть структурні схеми струйних принтерів.
8. Приведіть і поясніть структурні схеми лазерних принтерів.
9. Що таке RET-технологія?
10. Що таке фотоскладальні апарати?
11. Назвіть і поясніть основні технічні засоби фото виводу
12. Поясніть принцип електрографії.
13. Поясніть принцип безконтактної технології фотографії.
14. Поясніть принцип електрофотографії.
15. Конструкції друкарських апаратів електрографічної системи.
16. Поясніть принцип магнітографії.
17. Поясніть принцип іонографії.
18. Які інтерфейси використовуються для підключення сканерів?
19. Як працюють матричні голчасті принтери?
20. Поясніть призначення, устрій і принцип роботи фотопринтерів.



## Тема 9. Джерела живлення електронних пристроїв видавничих систем

Ця лекція присвячена «енергетичному інтерфейсу» робочої станції: розглядається звідки беруться живлячі напруги і як їх правильно подати на компоненти комп'ютера; куди подіти теплову енергію, що вивільняється. Також розглядаються «здорові відносини» комп'ютера, користувача й живильної мережі (умови їхнього мирного співіснування).

### 9.1. Загальні питання електроживлення й заземлення

Спочатку ми розглянемо правила підключення до живильної мережі з погляду безпеки людини й комп'ютера. Блок живлення робочої станції або периферійного пристрою має мережний фільтр (рис. 9.1).

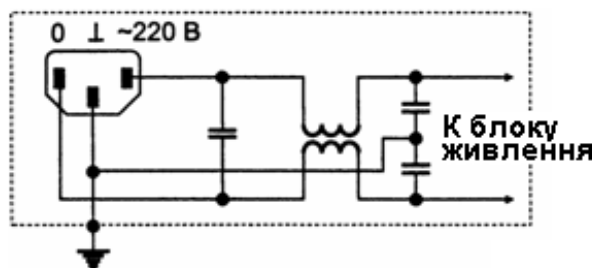


Рис. 9.1. Вхідні кола блоку живлення

Конденсатори цього фільтра призначені для шунтування високочастотних перешкод живильної мережі на землю через проведення захисного заземлення й відповідну триполюсну вилку й розетку. «Земляний» провід з'єднують із контуром заземлення, але припустимо його з'єднувати й з «нулем» силової мережі (різниця відчувається тільки в особливо тяжких умовах експлуатації). При зануленні необхідно впевнитися в тім, що «нуль» не стане фазою. Якщо ж «земляний» провід пристрою нікуди не підключати, на корпусі пристрою з'являється напруга порядку 110 В змінного струму: конденсатори фільтра працюють як ємнісний дільник напруги, і оскільки їхня ємність однакова, 220 В ділиться навпіл. Звичайно, потужність цього «джерела» обмежена — струм короткого замикання  $I_{кз}$  на «землю» становить частки міліампера, причому, чим могутніше блок живлення, тим більше ємність конденсаторів фільтра. При ємності конденсатора  $C = 0,01$  мкф цей струм буде близько 0,7 мА. Тут ми врахо-

вуємо лише частоту живильної мережі. Для високочастотних (імпульсних) перешкод, що приходять як по мережі, так і від вхідного перетворювача блоку живлення, ті ж конденсатори дають у багато разів менший опір, і струм короткого замикання може багаторазово зростати. Такі напруга й струм небезпечні для людини. Ця напруга є одним із джерел різниці потенціалів між пристроями, від якої страждають інтерфейсні схеми.

Подивимося, що відбувається при з'єднанні двох пристроїв інтерфейсним кабелем. Загальний провід інтерфейсів послідовних і паралельних портів зв'язаний з «схемною землею» і корпусом пристрою. Якщо з'єднують пристрої, що, надійно заземлені (занулені) через окремий провід на загальний контур, проблеми різниці потенціалів не виникає. Якщо ж як заземлююче проведення використати нульовий провід живлення при розведенні живильної мережі із триполюсними розетками двопровідним кабелем, на ньому буде набігати різниця потенціалів, викликана спаданням напруги від силового струму, що протікає. Якщо в ці ж розетки включати пристрої з більшим енергоспоживанням, різниця потенціалів і імпульсні перешкоди при вмиканні-вимиканні виявляються відчутними. Оскільки звичайно опір інтерфейсного кабелю більше живильного, через загальний провід інтерфейсу потече струм, істотно менший, чим силовий. Але при порушенні контакту в нульовому проводі живлення через інтерфейсний провід може протікати й весь струм, споживаний пристроєм. Він може досягати декількох амперів, що спричиняє вихід пристроїв з ладу. Не вирівняні потенціали корпусів пристроїв є також джерелом перешкод в інтерфейсах. Якщо обоє з'єднанні пристрої не заземлені, у випадку їхнього живлення від однієї фази мережі різниця потенціалів між ними виявляється невеликою (викликана розкидом ємностей конденсаторів у різних фільтрах). Якщо незаземлені пристрої підключені до різних фаз, різниця потенціалів між їхніми нез'єднаними корпусами буде порядку 190 В, при цьому зрівнюючий струм через інтерфейс може досягати десятка міліамперів. Коли всі з'єднання виконуються при відключеному живленні, для інтерфейсних схем така ситуація майже безпечна. Але у випадку комутації при включеному живленні можливі неприємності: якщо контакти загального проводу інтерфейсу з'єднуються пізніше (роз'єднуються раніше) сигнальних, різниця потенціалів між «схемними землями» прикладається до сигнальних ланцюгів і вони вигорають. Найважчий випадок - з'єднання заземленого пристрою з не заземленим, особливо коли в останнього потужний блок живлення.

Для пристроїв, блоки живлення яких мають шнури із двухполюсною вилкою, ці проблеми теж актуальні. Такі блоки живлення найчастіше мають мережний фільтр, але з конденсаторами малої ємності (струм короткого замикання досить малий). Дуже підступні мережні шнури комп'ютерів із двухполюсною вилкою, якими підключаються блоки живлення із триполюсним роз'ємом. При підключенні комп'ютерів в побутові розетки можна зштовхнутися із проблемами через відсутність заземлення.

Локально проблеми заземлення вирішує застосування мережних фільтрів типу «Pilot» і їм подібних. Живлення від одного фільтра всіх пристроїв, що з'єднують інтерфейсами, вирішує проблему різниці потенціалів. Ще краще, коли цей фільтр включений у триполюсну розетку із заземленням (зануленням). Однак заземлюючі контакти (обжимаючи «вусики») багатьох розеток можуть нещільно стикатися з вилкою внаслідок своєї слабкої пружності або задирок у пластмасовому кожусі. Крім того, ці контакти не люблять часті виймання й вставки вилок, так що знеструмлення обладнання по закінченні роботи краще виконувати вимикачем живлення фільтра (попередньо виключивши пристрій). Настійно рекомендується відключати живлення при підключенні й відключенні інтерфейсних кабелів. Невелика різниця потенціалів, що практично зникне при з'єднанні пристроїв загальними проводами інтерфейсів, може пробити вхідні й вихідні кола сигнальних ліній, якщо в момент приєднання роз'єму контакти загального проводу з'єднуються пізніше сигнальних. Від такої послідовності звичайні роз'єми не страхують. До перешкод, викликаним різницею потенціалів «схемних земель» (корпусів) пристроїв, найбільш чутливі паралельні порти. У послідовних портів зона нечутливості ширше (пороги  $\pm 3$  В); ще меншу чутливість мають інтерфейси локальних мереж, де звичайно є присутнім гальванічна розв'язка сигнальних кіл від схемної землі з допустимою напругою ізоляції порядку 1000 В.

Правила заземлення в документації до імпортованих апаратів приводяться не завжди, оскільки мається на увазі, що триполюсна вилка завжди повинна включатися у відповідну розетку із заземленням, а не у двупольсну з розчаленими отворами. У нашій країні поширені так називані «євророзетки» (триполюсні). Для заземлення, як правило, використовуються контакти-вусики, а не центральний заземлюючий штир.

Проблеми розведення електроживлення й заземлення стоять особливо гостро в локальних мережах, оскільки тут, як правило, є велика кількість пристроїв (комп'ютерів і комунікаційного обладнання), з'єднаних

між собою інтерфейсними кабелями й значно рознесених у просторі (локальна мережа може охоплювати й багатоповерховий будинок).

## 9.2. Живлення комп'ютерів і периферійних пристроїв

### Призначення й принципи роботи блоків живлення

Головне призначення блоків живлення - перетворення електричної енергії, що надходить із мережі змінного струму, в енергію, придатну для живлення вузлів комп'ютера. Блок живлення перетворює мережну змінну напругу 220 В, 50 Гц (120 В, 60 Гц) у постійні напруги +3,3, +5 і +12 В.

**Позитивна й негативна напруги.** Як правило, для живлення цифрових схем (системної плати, плат адаптерів і дискових накопичувачів) використовується напруга +3,3 або +5 В, а для двигунів (дисководів і різних вентиляторів) - +12 В. Комп'ютер працює надійно тільки в тому випадку, якщо значення напруги в цих колах не виходять за встановлені межі. Список пристроїв і їхня споживана потужність наведені в табл. 9.1.

Таблиця 9.1. Споживана потужність компонентів комп'ютера

Напруга	Компоненти комп'ютера
+ 3,3 В	Набори мікросхем, модулі пам'яті DIMM, плати PCI/AGP
+ 5 В	Логічні схеми дисководів, модулі SIMM, плати PCI/AGP, плати ISA, різні мікросхеми
+12 В	Двигуни, регулятори напруги з високою вихідною потужністю

Щоб система нормально працювала, джерело живлення повинне забезпечувати безперервну подачу постійного струму. Пристрої, робоча напруга яких відрізняється від подаваного, повинні житися від вбудованих регуляторів напруги. Наприклад, робочі напруги 2,5 В для модулів пам'яті RIMM/DDR DIMM і 1,5 В для AGP 4x і більш швидких адаптерів забезпечуються простими вбудованими регуляторами струму; процесори підключаються до модуля стабілізатора напруги (VRM), який звичайно вбудовується в системну плату. Сучасна системна плата містить три (або більше) модулі стабілізатора напруги. Типовий блок живлення подає не тільки напруги +3,3, +5 або +12 В, але також -5 і -12 В. Позитивна напруга необхідна для живлення практично всіх компонентів системи, так навіщо ж потрібна негативна? У ньому майже немає необхідності, тому в деяких блоках живлення SFX більше не підтримується напруга -5

В. У сучасних контролерах напруга -5 В не використовується; воно зберігається лише як частина стандарту шини ISA. Хоча напруга -5 і -12 В подається на системну плату за допомогою енергокабелей, у системній платі звичайно використовується тільки напруга +3,3, +5 або +12 В. Живлення -5 В надходить на контакт В5 шини ISA, а на самій системній платі не використовується. Ця напруга призначалася для живлення аналогових схем у старих контролерах накопичувачів на гнучких дисках, тому воно й підведено до шини. Напруга -12 В також не використовується, за винятком послідовного порту й мікросхем підтримки локальної мережі в деяких системних платах. Напруги +12 і -12 В на системній платі також не використовуються, а відповідні кола підключені до контактів В9 і В7 шини ISA. До них можуть приєднуватися схеми будь-яких плат адаптерів, але найчастіше підключаються передавачі й приймачі послідовних портів. Якщо послідовні порти змонтовані на системній платі, то для їхнього живлення можуть використатися напруги -12 і +12 В. У більшості схем сучасних послідовних портів зазначені напруги не використовуються. Для їхнього живлення досить напруги +5 або 3,3 В. Напруга +12 В призначена в основному для живлення двигунів дискових накопичувачів. Джерело живлення по цьому колу повинен забезпечувати великий вихідний струм, особливо в комп'ютерах з безліччю відсіків для дисководів. Напруга +12 В подається також на вентилятори. Звичайно двигун вентилятора споживає від 100 до 250 мА, але в нових комп'ютерах це значення нижче 100 мА.

Більшість систем із сучасними формами-факторами системних плат (ATX, micro-ATX і NLX) підтримують ще один спеціальний сигнал. Ця функція, що одержала назву PS\_ON, може застосовуватися для вмикання блоку живлення за допомогою програмного забезпечення - програмне керування живленням (soft-power). **Сигнал PS\_ON** застосовується в ОС Windows, де він визначається в специфікаціях APM (Advanced Power Management - удосконалене керування живленням) і ACPI (Advanced Configuration and Power Interface - удосконалений інтерфейс конфігурування системи й керування енергоживленням).

**Сигнал Power\_Good.** Блок живлення припиняє функціонування системи доти, поки величина вироблюваної їм напруги не досягне значення, достатнього для нормальної роботи системи. Блок живлення не дозволить комп'ютеру працювати при "позаштатному" рівні напруги живлення. У блоці живлення перед одержанням дозволу на запуск системи виконується внутрішня перевірка й тестування вихідної напруги. Після

цього на системну плату посилається спеціальний сигнал *Power\_Good* (живлення в нормі). Якщо такий сигнал не надійшов, комп'ютер працювати не буде. Рівень напруги сигналу *Power\_Good* - біля +5 В (нормальною вважається величина +3 - +6 В). Він виробляється блоком живлення після виконання внутрішніх перевірок і виходу на номінальний режим і з'являється через 0,1-0,5 хв. після включення комп'ютера. Сигнал подається на системну плату, де мікросхемою тактового генератора формується сигнал початкової установки процесора. При відсутності сигналу *Power\_Good* мікросхема тактового генератора постійно подає на процесор сигнал скидання, не дозволяючи комп'ютеру працювати при "позаштатній" або нестабільній напрузі живлення. Коли *Power\_Good* подається на генератор, сигнал скидання відключається й починається виконання програми, записаної за адресою: FFFF:0000 (в ROM BIOS). Якщо вихідні напруги блоку живлення не відповідають номінальним, сигнал *Power\_Good* відключається й процесор автоматично перезавантажується. При відновленні вихідних напруг знову формується сигнал *Power\_Good* і комп'ютер починає працювати так, начебто його тільки що включили. Завдяки швидкому відключенню сигналу *Power\_Good* комп'ютер "не помічає" неполадок у системі живлення, оскільки припиняє роботу раніше, ніж можуть з'явитися проблеми, пов'язані з нестійкістю напруги живлення. У правильно спроектованому блоці живлення видача сигналу *Power\_Good* затримується до стабілізації напруг у всіх колах після включення комп'ютера. У погано спроектованих блоках живлення (які встановлюються в багатьох дешевих моделях) затримка сигналу *Power\_Good* часто недостатня і процесор починає працювати занадто рано.

### **Конструктивні розміри блоків живлення**

Габарити блоку живлення й розташування його елементів характеризуються *конструктивними розмірами*, або *формами-факторами*. Вузли однакових розмірів взаємозамінні. Проектуючи комп'ютер, розроблювачі або вибирають стандартні розміри, або "винаходять велосипед".

Технічно блок живлення в персональному комп'ютері являє собою джерело постійної напруги, що перетворює змінну напругу в постійну. *Постійна напруга* означає, що блок живлення подає однакову напругу до внутрішніх компонентів ПК, незалежно від напруги змінного струму або потужності блоку живлення (у ватах). *Прямолінійне імпульсне перетворення змінної напруги* реалізується структурою й технологією регулювання потужності, використовуваної в більшості блоків живлення.

У цей час відомі сім основних фізичних форм-факторів блоків живлення, які можуть називатися промисловим стандартом. П'ять із них створені на основі конструкцій IBM, два що залишилися - на основі розробок Intel. У найбільш сучасних системах використовуються тільки три їхні різновиди. Назви форм-факторів блоків живлення схожі на назви форм-факторів системних плат. Конструктивні розміри блоків живлення скоріше ставляться до геометричних параметрів корпусів, чим до розмірів системних плат. Це пов'язане з тим, що існує два можливих типи з'єднувачів (AT або ATX), які можуть бути використані тим або іншим форм-фактором. Крім того, блок живлення повинен не тільки подавати живлення до системної плати (і відповідно, мати необхідне підключення), але й уписуватися в той корпус або шасі, де ви збираєтеся його використати. Основні форм-фактори сучасних блоків живлення, типи підключень і відповідні їм системні плати наведені в табл. 9.2.

Таблиця 9.2. Форм-фактори й типи з'єднань блоків живлення

Форм-фактори	Вихідна модель	Тип з'єднання	Відповідний форм-фактор системної плати
LPX	IBM PS/2 Model 30	AT	Baby-AT, Mini-AT
ATX	Intel ATX, AT 12 V	ATX	LPX
SFX	Intel SFX	ATX	ATX, NLX, micro-ATX

Існує безліч модифікацій блоків живлення кожного типу, які розрізняються вихідними потужностями. У цей час практично у всіх нових комп'ютерах використовується форм-фактор ATX (або ж SFX).

**Стандарт ATX.** Сучасним стандартом на ринку PC-сумісних комп'ютерів став ATX, що визначив нову конструкцію системної плати й блоку живлення. У його основі лежить стандарт LPX (Slimline), але існує ряд особливостей, які слід зазначити. У цей час широко використовується специфікація ATX версії 2.01. Основна особливість полягає в тому, що вентилятор розташований на стінці корпусу блоку живлення, що звернена усередину комп'ютера, і потік повітря прогоняється уздовж системної плати, надходячи ззовні. Таке рішення в корені відрізняється від традиційного, коли вентилятор розташовується на тильній стінці корпусу блоку живлення й повітря видувається назовні. Потік повітря в блоці ATX направляється на компоненти плати, які виділяють найбільше тепла. Тому зникає необхідність у ненадійних вентиляторах для процесора, у цей час

одержавших настільки широке поширення. Іншою перевагою зворотного напрямку повітря є зменшення забруднення внутрішніх вузлів комп'ютера. У корпусі створюється надлишковий тиск, і повітря виходить через щілини в корпусі, на відміну від систем іншої конструкції. У системі, що працює в умовах підвищеної запиленості, на воздухозаборнику можна встановити фільтр, що запобіжить влученню в систему часток пилу. Ще одна проблема, вирішена в конструкції ATX, пов'язана із системою охолодження процесора. У всіх сучасних процесорах встановлюється активний тепловідвід, що являє собою маленький вентилятор, "надагнутий" на процесор для його охолодження. Всі процесори, що випускають Intel, поставляються з такими вентиляторами. У системах моделі ATX для додаткового охолодження процесора використовується заслінка поруч із блоком живлення, що направляє повітряний потік від вентилятора до процесора. Блок живлення моделі ATX бере повітря ззовні й створює в корпусі надлишковий тиск, тоді як у корпусах інших систем тиск знижений. Направлення повітряного потоку у зворотну сторону дозволило значно поліпшити охолодження процесора й компонентів системи. Традиційні блоки живлення ПК в мають два роз'єми, які уставляються в системну плату. Якщо ви *переплутаєте* роз'єми, то спалите системну плату! Виробники якісних систем випускають роз'єми системної плати й блоку живлення із ключами, щоб їх не можна було переплутати, але майже всі дешеві системи не мають ключів на системній платі і в блоці живлення. Щоб запобігти неправильному підключенню роз'ємів блоку живлення, у моделі ATX передбачено новий роз'єм живлення для системної плати. Він містить 20 контактів і є одиночним роз'ємом із ключем. Його неможливо підключити неправильно. У роз'ємі передбачене коло живлення на 3,3 В, для якої блок ATX забезпечує інший набір керуючих сигналів, які відрізняється від звичайних сигналів для стандартних блоків. Це сигнали *Power\_On* і *5v\_Standby (5VSB)*. Сигнал *5v\_Standby* завжди активний і подає на системну плату живлення обмеженої потужності, навіть якщо комп'ютер вимкнений. Параметри описаних властивостей визначаються за допомогою програми установки параметрів BIOS.

**Стандарт NLX.** Технічні вимоги NLX, розроблені Intel, визначають низкопрофільну системну плату, багато в чому схожу на ATX. Однак у цьому стандарті використовується менший форм-фактор. Форм-фактор NLX призначен для заміни LPX. Технічні вимоги NLX не визначають новий форм-фактор джерела живлення, але існує окремий документ, у



якому наведені рекомендації для джерела живлення NLX. Щоб джерело живлення помістився в корпус NLX, він повинен відповідати розмірам форм-фактора LPX, але в ньому повинні використатися роз'єми з 20 контактами, сигнали напруги, у відповідності зі специфікацією ATX (і вентилятор повинен бути розташований як у блоці живлення ATX).

**Стандарт SFX (системні плати micro-ATX).** Джерело живлення SFX спеціально розроблене для використання в малих системах, що містять обмежену кількість апаратних засобів. Блок живлення може протягом тривалого часу забезпечувати живлення при потужності 90 Вт (135 Вт пікової потужності) у чотирьох напругах (+5, +12, -12 і +3,3 В). У джерелах живлення SFX використовується те ж роз'єми з 20 контактами, що й у стандарті ATX, а також сигнали *Power\_On* і *5v\_Standby*. Відмінності проявляються в розташуванні вентилятора. Однієї з особливостей конструкції SFX є відсутність вихідної напруги -5 В, необхідного для використання системної плати ISA (більшість плат форми-фактора micro-ATX і flex-ATX **не мають** роз'ємів ISA). Блоки живлення SFX також не мають силових роз'ємів Auxiliary (3,3 і 5 В) або ATX12V, отже, вони не повинні використовуватися з повнорозмірними платами ATX, які вимагають з'єднань цього типу. Вентилятор діаметром 60 мм кріпиться на поверхні корпуса, причому він вдмухує холодне повітря усередину корпуса ПК й через отвори в задній панелі корпуса тепле повітря віддаляється. Для систем, яким необхідно більше інтенсивне відведення тепла, був розроблений блок живлення з вентилятором діаметром 90 мм. Цей більший за розміром вентилятор забезпечує краще охолодження елементів комп'ютера.

#### **Роз'єми живлення системної плати**

Блок живлення містить з'єднувачі, що підключають до відповідних роз'ємів системної плати, подаючи напругу на центральний процесор, модулі пам'яті й установлені плати розширення (ISA, PCI, AGP).

**Головний роз'єм живлення ATX.** Новий стандарт для роз'ємів блоків живлення використовується тільки в новій конструкції ATX (рис. 9.2): 20-контактний роз'єм, розведення якого наведена в табл. 9.3. На рис. 9.3 показаний вид з'єднувача з боку роз'ємів.

**Додатковий роз'єм живлення ATX.** З розробкою нових типів процесорів і системних плат з'явилася необхідність у додатковому енергозабезпеченні пристроїв. Зрослі потреби до вихідних напруг 3,3 і 5 В привели до збільшення кількості й розмірів використовуваних проводів. Компанія Intel змінила специфікацію ATX, додавши ще один силовий роз'єм,

використовуваний для підключення системних плат ATX і різних пристроїв. Цей роз'єм призначен для підведення додаткового живлення до системних плат, що споживають електричний струм силою 18 А при напрузі +3,3 В або більше 24 А при напрузі +5 В. Більш високі рівні напруги потрібні в системах, що використовують пристрої, споживана потужність яких становить від 250 до 300 Вт. Додатковий роз'єм, показаний на рис. 9.4, являє собою 6-контактний роз'єм Molex-типу, схожий на один із силових роз'ємів системної плати, використовуваних для підключення пристроїв AT/LPX. Наявний ключ дозволяє запобігти неправильному підключенню

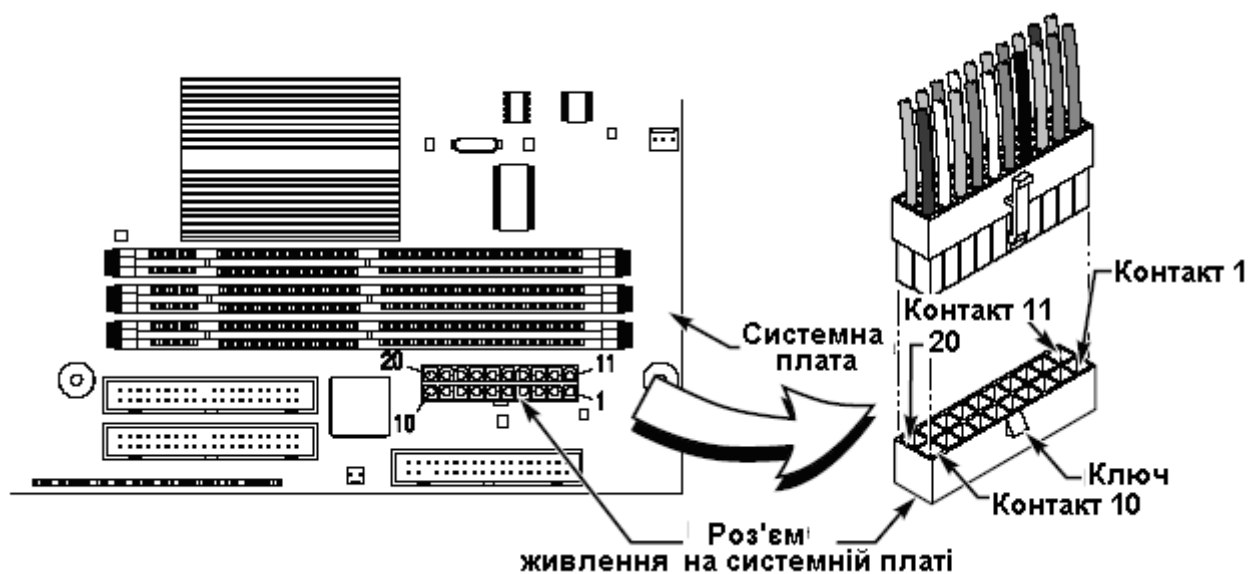


Рис. 9.2. Двадцятиконтактні роз'єми блоку живлення конструкції ATX

Таблиця 9.3. Роз'єми блоку живлення ATX

Колір	Сигнал	Контакт		Сигнал	Колір
Жовтогарячий	+3,3 В	11	1	+3,3 В	Жовтогарячий
Синій	- 12 В	12	2	+3,3 В	Жовтогарячий
Чорний	Загальний	13	3	Загальний	Чорний
Зелений	Ps_On	14	4	+ 5 В	Червоний
Чорний	Загальний	15	5	Загальний	Чорний
Чорний	Загальний	16	6	+ 5 В	Червоний
Чорний	Загальний	17	7	Загальний	Чорний
Білий	- 5 В	18	8	Power_Good	Сірий
Червоний	+ 5 В	19	9	5v_Stby	Розовий
Червоний	+ 5 В	20	10	+ 12 В	Жовтий

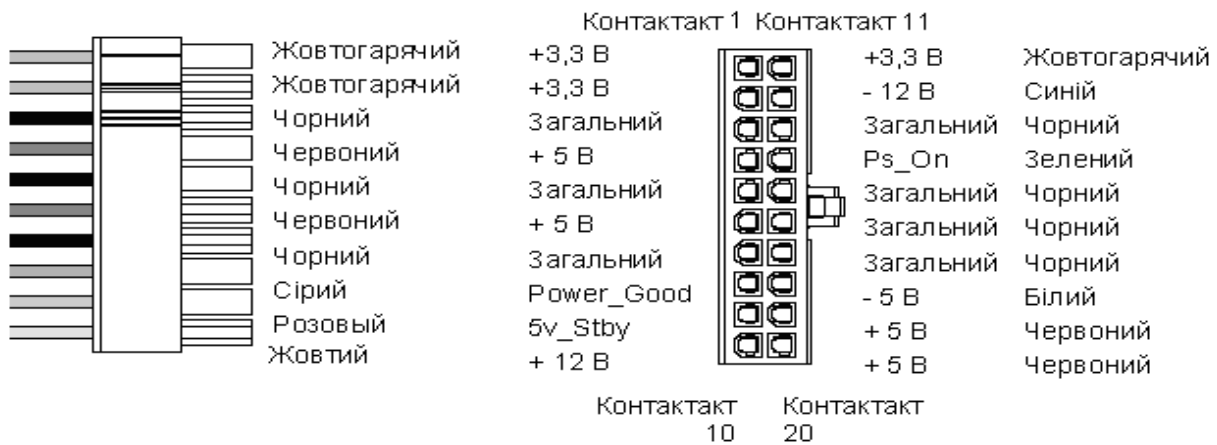


Рис. 9.3. 20-контактний роз'єм блоку живлення ATX/NLX

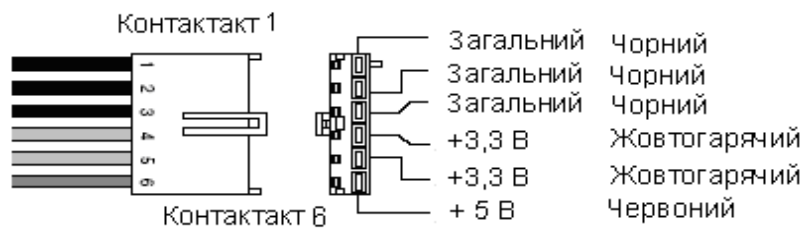


Рис. 9.4. Додатковий роз'єм живлення ATX

**Роз'єми ATX12V.** Живлення до процесора подається від пристрою, називаного *модулем регулятора напруги (VRM)*, що вбудовується в більшість сучасних системних плат. Цей модуль зчитує необхідні параметри споживаної потужності процесора (через виводи процесора) і відповідним чином калібрує подавану напругу. Конструкція регулятора напруги дозволяє подавати 5 або 12 В. У системі в основному використовується напруга 5 В, але багато компонентів у цей час переходять на 12 В, що пов'язане з їхнім енергоспоживанням. Інтегральні схеми регуляторів напруги призначені для роботи при вхідній напрузі від 4 до 36 В, тому їхня конфігурація цілком залежить від розроблювача системної плати.

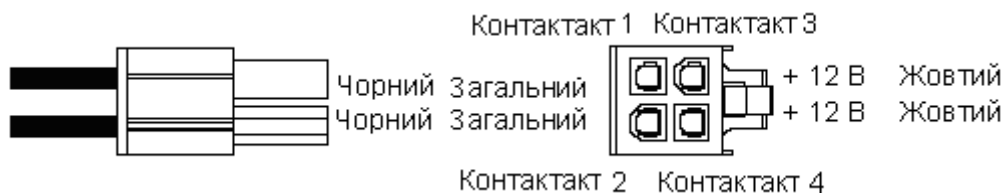


Рис. 9.5. Роз'єми живлення ATX12V

Для підвищення енергозабезпечення системних плат, в Intel була створена нова специфікація блоків живлення ATX12V. Результатом цьо-

го стал новий силовий роз'єм, призначений для подачі додаткової напруги +12 В на системну плату. Цей роз'єм має два силових вводи +12 В, кожний на 8 А, що дозволяє надати додаткову напругу 12 В з максимальною силою струму до 16 А. Він показаний на рис. 9.5. Призначення виводів роз'єму блоку живлення ATX12V наведено також на рис. 9.5.

**Необов'язкові роз'єми живлення ATX.** На додаток до головного роз'єму живлення з 20 контактами технічні вимоги ATX визначають факультативний роз'єм із шістьма контактами (дві лінії - по три контакти кожна) і 22 AWG-проводами для передачі сигналів. У комп'ютері ці сигнали можуть використатися для контролю й керування охолоджувачим вентилятором, подачі напруги +3,3 В на системну плату або підведення живлення до пристроїв, сумісних зі стандартом IEEE 1394 (FireWire).

### **Вимикач живлення**

Існує три основних типи вимикачів електроживлення, використовуваних у ПК: 1) убудований вимикач блоку живлення АС (змінного струму); 2) вимикач на лицьовій панелі системного блоку; 3) керований перемикач на лицьовій панелі системної плати. З кінця 1980-х років у системах стали використовуватися виносні перемикачі, розташовані на лицьовій панелі. Вимикач змінного струму встановлюється на деякій відстані від блоку живлення й з'єднується з ним за допомогою чотирьохжильного кабелю. Кінці кабелю із плоскими сполучними наконечниками приєднуються до контактів вимикача. Кабель, що з'єднує вимикач із блоком живлення, містить чотири проводи з колірним кодуванням. На додаток до цього кабель може містити п'ятий провід, призначений для заземлення на корпус. Для зменшення небезпеки електричного травматизму плоскі наконечники вимикача, з'єднані з кабелем блоку живлення, надійно ізолювані. Дана конструкція не забезпечує можливість дистанційного або автоматичного включення системи без використання спеціальних апаратних засобів. Крім того, у корпусі встановлений 120-вольтний вимикач змінного струму, по проводам якого через весь системний блок проходить електричний струм високої напруги. Тому, перед тим як зняти кришку корпусу, переконайтеся, що ви не забули відключити від мережі блок живлення. З'єднуювальні проводи при включенні системи дуже нагріваються, що може привести до різних небезпечних ситуацій.

Відповідно до кольорів кожний із проводів живлення має певне призначення. Коричневий і блакитний провода — це фаза й нуль мережного шнура, по якому напруга надходить із блоку живлення. Коли блок жи-

влення приєднаний до мережі, провoda перебувають під напругою. По чорному й білому провodaх змінний струм повертається через вимикач у блок живлення. Ці жили перебувають під напругою тільки в тому випадку, якщо блок живлення підключений до мережі й включений. Зелений провod або зелений провod з жовтою смугою (якщо він є в кабелі) повинен з'єднуватися з корпусом комп'ютера й забезпечувати його заземлення.

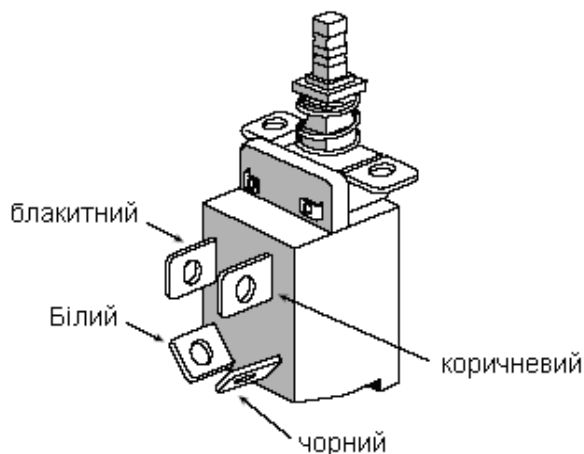


Рис. 9.6. Виводи дистанційного вимикача блоку живлення

Отвори для контактів на вимикачі звичайно пофарбовані. Якщо ж вони не пофарбовані, вставте голубий і коричневий провodi в паралельні гнізда, а чорний і білий - у гнізда, розташовані під кутом. Все стане абсолютно ясно, якщо подивитися на рис. 9.6.

У всіх джерелах живлення ATX, які підключаються до роз'ємів 20-контактної системної плати, для включення системи використовується сигнал PS\_ON. У результаті дистанційний перемикач фізично не управляє доступом до джерела живлення 220 або 110 В, як у більш старих блоках живлення. Сигнал *PS\_ON* може бути сгенерован перемикачем живлення комп'ютера або (за допомогою електронних схем) операційною системою. *PS\_ON* — активний низький сигнал. Це означає, що всі сигнали потужності постійного струму, генерируємі блоком живлення, деактивізуються при високому рівні *PS\_ON*, за винятком сигналу *+5VSB* (резервного) на контакті 9, що активний завжди, коли ввімкнено джерело живлення. Сигнал *+5VSB* підводить напругу до дистанційного перемикача на корпусі, щоб система могла функціонувати в той час, коли комп'ютер вимкнений. Таким чином, дистанційний перемикач у системі ATX (який повинен бути в більшості систем NLX і SFX) перебуває під напругою всього лише +5 В постійного струму, а не 220 або 110 В, як у більше старих корпусах з іншими формами-факторами.

## Роз'єми живлення периферійних пристроїв

Блоки живлення містять ряд силових роз'ємів для підключення периферійних пристроїв, починаючи з дискових накопичувачів і закінчуючи внутрішнім вентилятором охолодження. Роз'єми живлення дискових накопичувачів (рис. 9.7) стандартизовані відповідно до призначення виводів і кольорами проводів. Схема розташування виводів силового роз'єму стандартного дисководу і його колірне кодування наведені в табл. 9.4. У табл. 9.5 представлена схема розташування виводів силового роз'єми накопичувача на гнучких дисках. Нумерація виводів і позначення напруг цих роз'ємів назад протилежні. Щоб відшукати вивід 1, уважно огляньте роз'єми: звичайно номер зазначений на пластмасовому корпусі, але буває настільки малий, що його важко помітити. Ці роз'єми мають ключ, тому їх важко вставити неправильно. На рис. 9.8а. показано роз'єм дискового накопичувача. До деяких роз'ємів живлення накопичувачів підведено тільки два провoda - на +5 В і загальний (виводи 3 і 4), тому що в більшості нових накопичувачів на гнучких дисках напруга +12 В не використовується.

Таблиця 9.4. Схема розташування виводів роз'єму живлення периферійних пристроїв (великий силовий роз'єм)

Контакт	Сигнал	Колір	Контакт	Сигнал	Колір
1	+ 12 В	Червоний	3	Загальний	Чорний
2	Загальний	Чорний	4	+ 12 В	Жовтий

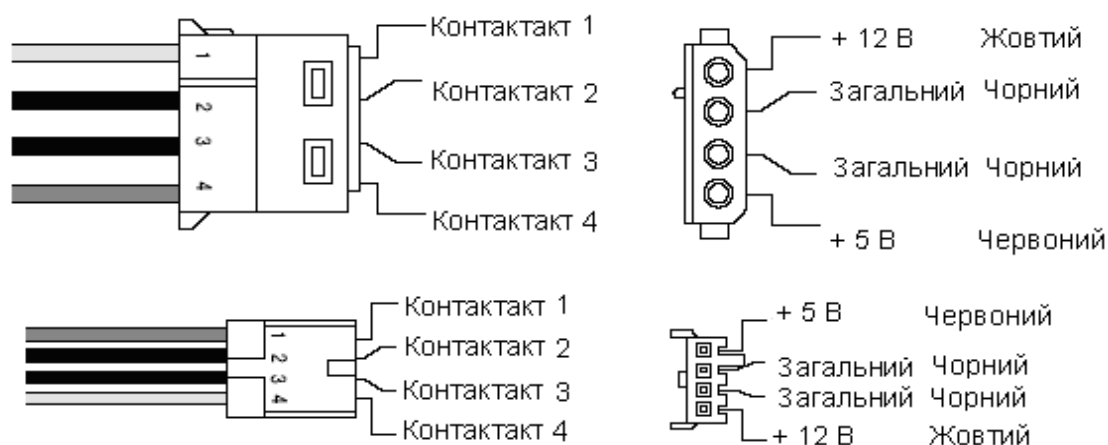


Рис. 9.7. Роз'єми живлення дискових накопичувачів і периферійних пристроїв

Таблиця 9.5. Схема розташування виводів роз'єму живлення накопичувача на 3,5-дюймових гнучких дисках (малий силовий роз'єм)

Контакт	Сигнал	Колір	Контакт	Сигнал	Колір
1	+ 5 В	Червоний	3	Загальний	Чорний
2	Загальний	Чорний	4	+ 12 В	Жовтий

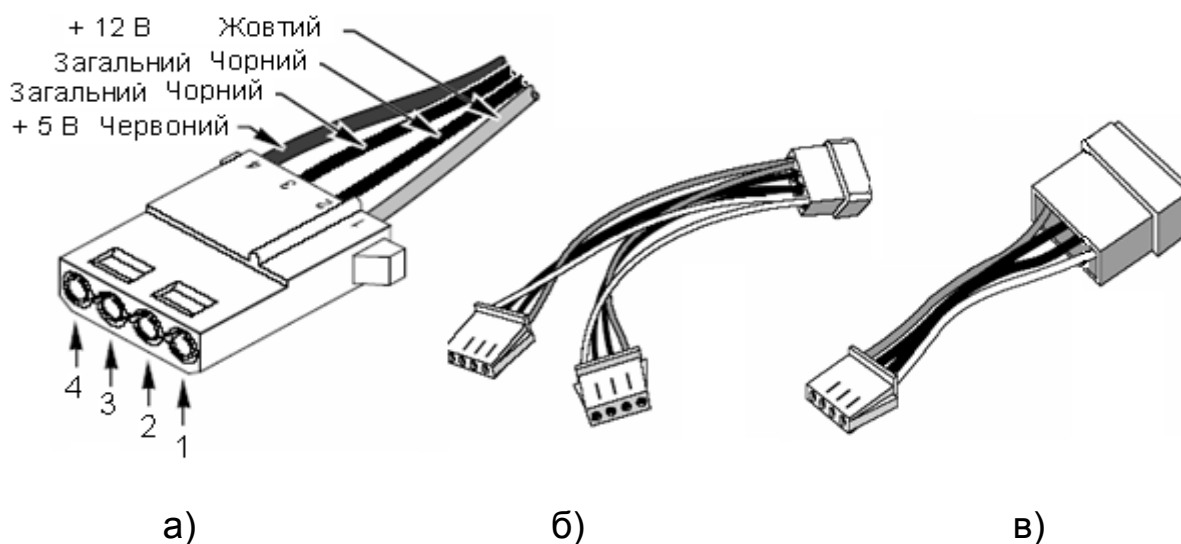


Рис. 9.8. Роз'єми кабелів живлення для дискового накопичувача (а). Загальний Y-образний (б) і перехідний (периферійний устрій-накопичувач на гнучких дисках), (в), кабельні адаптери

Блоки живлення, залежно від їхніх номінальних потужностей і передбачуваного використання, можуть мати до восьми роз'ємів для підключення дисководів або периферійних пристроїв. Щоб підключити додатковий дисковод, можна скористатися Y-образним кабелем-разветвителем (рис. 9.8б) або перехідним кабельним адаптером (рис. 9.8в). Ці кабелі дозволяють використати один силовий роз'єм для енергозабезпечення двох дисководів і перетворити великий периферійний роз'єм живлення в силовий роз'єм меншого розміру, призначений для підключення накопичувача на гнучких дисках. При одночасному використанні декількох Y-образних адаптерів переконайтеся, що вихідна потужність блоку живлення повністю забезпечує необхідну потужність.

**Стандарт роз'ємів** блоків живлення PC-сумісних комп'ютерів був розроблений IBM для комп'ютерів PC/XT/AT. Одні роз'єми використалися для підключення до системної плати (P8 і P9), а інші - для дискових накопичувачів. Роз'єми живлення системної плати не змінювалися з 1981

року (з моменту появи IBM PC). Однак в 1986 році, після виходу дискових накопичувачів розміром 3,5 дюйми, був розроблений роз'єм меншого розміру для підключення живлення. Перелік стандартних роз'ємів живлення системної плати й дискових накопичувачів наведений у табл. 9.6.

Таблиця 9.6. Роз'єми живлення

Місце розміщення	Розетка (на кабелі живлення)	Вілка (на блоці)
ATX/NLX/SFX (20 контактів)	Molex 39-29-9202	Molex 39-01-2200
Додатковий ATX (6 контактів)	Molex 8993	Molex 8619
Додатковий ATX 12 В (4 контакти)	Molex 39-01-2040	Molex 39-29-9042
Системна плата PC/AT/LPX (P8,9)	Molex 8993	Molex 8619
Дисковод (великий)	AMP 1-480424-0	AMP 1-480426-0
Дисковод (малий)	AMP 171822-4	AMP 171826-4

### **Специфікації блоків живлення**

Блоки живлення характеризуються параметрами споживаної й надаваної потужності, а також іншими робочими параметрами. Розглянемо стандартні специфікації блоків живлення.

**Навантаження блоків живлення.** У сучасних комп'ютерах використовуються імпульсні, а не лінійні блоки живлення. У лінійному блоці застосовується великий убудований трансформатор для формування напруг живлення різної величини, а в імпульсному - генератор високої частоти для формування різних напруг живлення. Імпульсний блок має менші розміри, меншу вагу й більш низьке енергоспоживання. Лінійні блоки живлення мають щонайменше три недоліки. По-перше, вихідна напруга трансформатора лінійно слідує вхідній напрузі (звідси й назва лінійний), тому будь-які скачки змінного струму відбиваються на вихідній напрузі. По-друге, потреба ПК у великій потужності вимагає використання проводів великого перетину для трансформатора. І нарешті, змінний струм із частотою 50-60 Гц важко фільтрувати усередині блоку живлення, тобто необхідні більші й дорогі конденсатори фільтра, а також стабілізатори. Імпульсний блок живлення характеризується імпульсною схемою, що приймає вхідну енергію на відносно високій частоті. Це дозволяє використати більш легкі й дешеві високочастотні трансформатори. Крім того, високі частоти вихідної напруги набагато простіше фільтрувати, а вхідна напруга часто нестабільна. Зміна вхідної напруги від 90 до 135 В однако-



во приводить до подачі потрібної вихідної напруги, а багато імпульсних блоків живлення автоматично перемикаються на вхідну напругу 220 В.

Особливість імпульсних блоків живлення полягає в тім, що вони не працюють без *навантаження*, тобто до джерел +5 В (+12 В) повинні бути підключені споживачі енергії. Як правило, блоки живлення захищені від роботи без навантаження й відключаються. Мінімальне навантаження, необхідна для забезпечення нормальної роботи стандартного блоку живлення IBM AT потужністю 192 Вт, становить: для джерела +5 В – 7,0 А, для джерела +12 В – мінімум 2,5 А. Поки системна плата підключена до блоку живлення, регулятори напруги будуть подавати напругу +5 В для забезпечення постійного живлення схеми. Напруга +12 В звичайно використовується тільки двигунами (а не системною платою), а двигуни накопичувачів на гнучких дисках і дисководів CD-ROM/DVD майже завжди включені. Оскільки дисководи для гнучких або оптичних (CD/DVD) дисків не одержують напругу +12 В доти, поки не почнуть обертання диска, системи без жорсткого диска можуть випробовувати певні проблеми, тому що напруга +12 В не буде забезпечено достатнім навантаженням. У деяких високоякісних блоках установлені навантажувальні резистори. Ці блоки можуть працювати без зовнішнього навантаження. У більшості дешевих моделей навантажувальні резистори відсутні, тому для їхньої роботи необхідне відповідне навантаження по колах +3,3, +5 і +12 В.

**Потужність блоків живлення.** Технічну інформацію про блоки живлення можна знайти в технічному керівництві, а також на етикетці, приклеєної до блоку. Вхідні параметри виміряються у вольтах, а в якості вихідних приводяться струми навантаження (в амперах) для різних номіналів вихідної напруги джерела (у вольтах). IBM звичайно приводить як вихідний параметр потужність у ватах. Якщо в документації до блоку зазначені тільки струми навантаження в амперах, перетворіть їх у вихідну потужність у ватах, використовуючи формулу: потужність (Вт) = напруга (В) Ч струм (А). Перемноживши напруги й струми по кожному вихідному колу й просумував результати, можна одержати загальну (обчислену) вихідну потужність блоку живлення. Зверніть увагу, що вихідна потужність підраховується тільки на основі позитивних сигналів напруги; негативні вихідна потужність, сигнали *Power\_Good* і інші не враховуються. У табл. 9.7 наведені стандартні значення вихідних параметрів (потужності, напруги й токи навантаження) для систем різних конструкцій. Більшість виробників випускають серії пристроїв з різними вихідними потужностями в

діапазоні 100-450 Вт. У табл. 9.8 наведені номінальні потужності по кожному колу для блоків живлення різної сумарної потужності, зазначеної виробником (по каталогах компаній Astec Standard Power і PC Power and Cooling). У більшості випадків обчислена потужність практично збігається із зазначеною в паспорті, але бувають і істотні розбіжності. Сучасні джерела живлення виробляють також напругу +3,3 В. Параметри джерел живлення АТХ, які виробляють напруга +3,3 В, наведені в табл. 9.8.

Таблиця 9.7. Типові параметри сумісних блоків живлення

Параметри	Значення						
Вих. Потужність, Вт	100	150	200	250	300	375	450
+ 5 В	10,0	15,0	20,0	25,0	35,0	35,0	45,0
- 5 В	0,3	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5
+ 12 В	3,5	5,5	8,0	10,0	13,0	13,0	15,0
- 12 В	0,3	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5	1,0
Розрахункова вих. потужність	97,1	146,1	201,1	253,5	339,5	339,5	419

Таблиця 9.8. Типові параметри блоків живлення АТХ

Параметри	Значення						
Вих. Потужність, Вт	235	250	300	350	400	425	475
+ 3,3 В	14,0	13	14,0	28,0	28,0	40,0	40,0
+ 5 В	22,0	25	30,0	32,0	30,0	50,0	30,0
+ 12 В	8,0	10,0	12,0	15,0	15,0	15,0	30,0
- 5 В	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
- 12 В	0,5	0,5	1,0	0,8	1,0	1,0	2,0
+ 5VSB	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,5
Усього ватт (3,3+5+12)	249	288	340	432	512	512	709
+3,3/+5 В	125	0,3	150	215	215	300	2,0

У більшості сумісних блоків живлення вихідна потужність коливається від 150 до 300 Вт. Блоки малої потужності непрактичні, блок живлення потужністю до 500 Вт буде цілком відповідати вашим потребам. Блоки живлення потужністю більше 300 Вт призначені для тих випадків, коли системи Desktop або Tower комплектуються додатковими пристроями. Вони можуть забезпечити роботу системної плати з будь-яким набором адаптерів і безліччю дискових накопичувачів. Як правило, блоки живлення універсальні. Це значить, що їх можна підключати до мережі з напругою 220 В, 50 Гц. У більшості блоків живлення передбачене автоматичне перемикання для роботи із вхідною напругою 220 В.

**Інші параметри блоків живлення.** Якість блоків живлення визначається не тільки вихідною потужністю. Гарні блоки живлення відрізняються високою якістю ізоляції: струм витoku не більше 500 мкА, що буває важливо в тому випадку, якщо мережна розетка погано заземлена або зовсім не заземлена. Для оцінки якості блоку живлення використовуються різні критерії. Необхідно звернути увагу на ряд параметрів джерела живлення: 1) *Середній час наробітку на відмову (середній час безвідмовної роботи), або середній час роботи до першої відмови (параметр MTBF (Mean Time Between Failures), або MTTF (Mean Time To Failure))*. Це розрахунковий середній інтервал часу в годинах, протягом якого очікується, що джерело живлення буде функціонувати коректно. 2) *Діапазон зміни вхідної напруги (або робочий діапазон), при якому може працювати джерело живлення*. Для напруги 110 В діапазон зміни вхідної напруги звичайно становить значення від 90 до 135 В; для вхідної напруги 220 В - від 180 до 270 В. 3) *Піковий струм включення*. Це найбільше значення струму, забезпечуване джерелом живлення в момент його включення; виражається в амперах (А). Чим менше струм, тим менший тепловий удар випробовує система. 4) *Час (у мілісекундах) утримання вихідної напруги в межах точно встановлених діапазонів напруг після відключення вхідної напруги*. Звичайно 15-25 мс для сучасних блоків. 5) *Перехідна характеристика*. Кількість часу (у мікросекундах), що потрібно джерелу живлення, щоб установити вихідну напругу в точно визначеному діапазоні після різкої зміни струму на виході. Джерела живлення розраховані на рівномірне (деякою мірою) споживання струму пристроями комп'ютера. Коли пристрій припиняє споживання потужності (наприклад, у дисководі зупиняється обертання дискети), блок живлення може подати занадто високу вихідну напругу протягом короткого часу. Це явище називається *викидом*; перехідна характеристика — це час, що джерело живлення затрачає на те, щоб значення напруги повернулося до точно встановленого рівня. 6) *Захист від перенапруг*. Це значення (для кожного вводу), при яких спрацьовують схеми захисту й джерело живлення відключає подачу напруги на конкретний вивід. Значення можуть бути виражені у відсотках (наприклад, 120% для +3,3 і +5 В) або так само, як і напруги (наприклад, +4,6 В для виводу +3,3 В; 7,0 В для виводу +5 В). 7) *Максимальний струм навантаження*. Це найбільше значення струму (в амперах), що може бути поданий на конкретний вивід без завдання збитків системі. Параметр указує конкретне значення сили струму для кож-

ної вихідної напруги. За цим даними обчислюється не тільки загальна потужність, що може видати блок живлення, але й кількість пристроїв, які можна підключити до нього. 8) *Мінімальний струм навантаження*. Найменше значення струму (в амперах), що може бути подане на конкретний вивод без завдання збитків системі. 9) *Стабілізація по навантаженню (або стабілізація напруги по навантаженню)*. Це зміна напруги для конкретного виводу при перепадах від мінімального до максимального струму навантаження (і навпаки). Значення виражаються у відсотках, причому звичайно вони перебувають у межах від  $\pm 1$  до  $\pm 5\%$  для виводів +3,3, +5 і +12 В. 10) *Стабілізація лінійної напруги* – описує зміну вихідної напруги залежно від зміни вхідної напруги. Джерело живлення повинне коректно працювати при будь-якій змінній напрузі в діапазоні зміни вхідної напруги, причому на виході воно може змінюватися на 1% або менше. 11) *Ефективність (КПД)* - відношення потужності, підведеної до блоку живлення, до вихідної потужності; виражається у відсотках. Для сучасних джерел живлення значення ефективності звичайно дорівнює 65-85%. Інша підводима потужність перетворюється в тепло в процесі перетворення змінного струму в постійний. 12) *Пульсація (Ripple), (або пульсація й шум (Ripple and Noise), пульсація напруги (AC Ripple), або PARD (Periodic and Random Deviation - періодична й випадкова девіація), або шум, рівень шуму)*. Середнє значення пікових (максимальних) відхилень напруги на виводах джерела живлення; вимірюється в мілівольтах (середньоквадратичне значення). Ці коливання напруги можуть бути викликані перехідними процесами усередині джерела живлення, коливаннями частоти підведеної напруги й інших випадкових перешкод.

**Корекція коефіцієнта потужності.** Відомо, що коефіцієнт *потужності (power factor)* визначає ефективність використання електричної енергії й виражається числом між 0 і 1. На коефіцієнт потужності впливає не тільки підвищення ефективності джерел енергії, але й зменшення генерируємих гармонійних коливань в електричних колах. У багатьох країнах Європейського Союзу (ЄС) прийняті стандарти, що передбачають зниження рівня нелінійних коливань до певної величини. Застосовувана для цього схема, називається *корекцією коефіцієнта потужності (PFC)*. Відомо, що в електричних колах змінного струму існують два типи навантаження. *Резистивна (Resistive)*: електрична енергія перетворюється в тепло, світло, рух або роботу. *Індуктивна (Inductive)*: електрична енергія підтримує створене електромагнітне поле, таке, наприклад, як у транс-

форматорі або двигуні. Резистивне навантаження називається *робочою потужністю* (*working power*) і виміряються в кіловатах (кВт). Індуктивне навантаження називається *реактивною потужністю* (*reactive power*) і виміряються в кіловольт-амперах (кВ·А). Робоча і реактивна потужність в цілому складають *існуючу або фіксовану потужність* (*apparent power*), вимірювану в кВ·А. Коефіцієнт потужності визначається як відношення робочої і фіксованої потужностей (кВт/кВ·А). У колах змінного струму робочі навантаження (резистивна й індуктивна) можуть не збігатися по фазі, тобто навантаження досягають максимальної величини в різний час. Це приводить до появи нелінійних (гармонійних) переключувань у лініях електропередачі. Корекція коефіцієнта потужності (PFC) звичайно зводиться до включення додаткової ємності в електричне коло, що дозволяє підтримувати індуктивне навантаження без залучення додаткової потужності з лінії електропередачі. Таке рішення зрівнює робочу й фіксовану потужності, дозволяючи досягти коефіцієнта потужності, рівного одиниці. Один з методів, що одержав назву пасивної корекції коефіцієнта потужності, припускає безпосереднє включення конденсаторів в електричне коло. Метод активної корекції коефіцієнта потужності являє собою більше інтелектуальну схему, призначену для узгодження індуктивних і резистивних навантажень. Блок живлення, що містить схему активної корекції, одержує із джерела змінного струму електричний струм з незначним переключуванням, досягаючи при цьому коефіцієнта потужності 0,9 і більше. Вхідний сигнал з високим рівнем переключування, одержуваний блоком живлення, називається *нелінійним навантаженням*. Коефіцієнт потужності блоку живлення без обліку корекції, як правило, досягає величини 0,6-0,8. Це означає, що на виконання роботи використовується тільки 60% фіксованої потужності! Завдяки схемі активної корекції вся електрична енергія, споживана блоком живлення, буде перетворена в корисну роботу. Перевантаження мережі, таким чином, буде зменшена.

Міжнародний електричний комітет (МЕК) опублікував ряд стандартів (наприклад, IEC 1000-3-2 і IEC 1000-3-3), що ставляться до системи низькочастотного суспільного енергопостачання. Більшість електричних пристроїв, реалізованих на території держав - членів Європейського Союзу (ЄС), повинні відповідати стандартам IEC, що ставляться до електромагнітної сумісності (ElectroMagnetic Compatibility - EMC). Основними перевагами блоків живлення, що містять схему PFC, є відсутність перегріву внутрішньої електропроводки й переключувань форми сигналу дже-

рела змінного струму, що приводить до зменшення взаємної інтерференції пристроїв, підключених до однієї лінії електропередачі.

### 9.3. Керування живленням

У робочих станціях (комп'ютерах) великі дисплеї, пристрої читання компакт-дисків і звукові адаптери при роботі споживають значну потужність. Щоб зменшити її, розроблено декілька програм і стандартів.

**Системи, що володіють сертифікатом Energy Star.** Агентство по захисту навколишнього середовища EPA (Environmental Protection Agency) проводить кампанію по сертифікації енергозберігаючих персональних комп'ютерів і периферійного встаткування. Комп'ютер або монітор під час тривалого простою повинен знизити енергоспоживання до 30 Вт і більше. Система, що задовольняє цим вимогам, може одержати сертифікат *Energy Star*. Ця кампанія добровільна, із чого треба, що одержувати такий сертифікат зовсім не обов'язково.

**Удосконалена система керування живленням.** Стандарт удосконаленої системи керування живленням (Advanced Power Management - APM) розроблений компанією Intel разом з Microsoft і визначає ряд інтерфейсів між апаратними засобами керування живленням і операційною системою комп'ютера. Повністю реалізований стандарт APM дозволяє автоматично перемикає комп'ютер між п'ятьма станами залежно від поточного стану системи. Кожний наступний стан (див. нижче) характеризується зменшенням споживання енергії: 1) *Full On*. Система повністю включена. 2) *APM Enabled*. Система працює, деякі пристрої є об'єктами керування для системи керування живленням. Невикористовані пристрої можуть бути виключені, може бути також зупинена або вповільнена (тобто знижена тактова частота) робота тактового генератора центрального процесора. 3) *APM Standby* (резервний режим). Система не працює, більшість пристроїв перебувають у стані споживання малої потужності. Робота тактового генератора центрального процесора може бути вповільнена або зупинена, але необхідні параметри функціонування зберігаються в пам'яті. Користувач або операційна система можуть запустити комп'ютер із цього стану майже миттєво. 4) *APM Suspend* (режим припинення). Система не працює, більшість пристроїв пасивні. Тактовий генератор центрального процесора зупинений, а параметри функціонування зберігаються на диску й при необхідності можуть бути зчитані в пам'ять

для відновлення роботи системи. Щоб запустити систему із цього стану, потрібен якийсь час. 5) *Off* (система відключена). Система не працює. Джерело живлення виключене. Для реалізації режимів АРМ потрібні апаратні засоби й програмне забезпечення. Джерелами живлення АТХ можна управляти за допомогою сигналу *Power\_On* і факультативного роз'єму живлення із шістьома контактами. (Необхідні для цього команди видаються програмою.) Виготовлювачі також вбудовують подібні пристрої керування в інші елементи системи, наприклад у системні плати, монітори й дисководи.

Операційні системи (такі, як Windows), які підтримують АРМ, при настанні відповідних подій запускають програми керування живленням, "спостерігаючи" за діями користувача й прикладних програм. Однак операційна система безпосередньо не посилає сигнали керування живленням апаратним засобам. Система може мати безліч різних апаратних пристроїв і програмних функцій, використовуваних при виконанні функцій АРМ. Щоб розв'язати проблему сполучення цих засобів в операційній системі й апаратних засобах передбачений спеціальний абстрактний рівень, що полегшує зв'язок між різними елементами архітектури АРМ. При запуску операційної системи завантажуються програма - драйвер АРМ, що зв'язується з різними прикладними програмами й програмними функціями. Саме вони запускають дії керування живленням, причому всі апаратні засоби, сумісні з АРМ, зв'язуються із системною BIOS. Драйвер АРМ і BIOS зв'язані прямо; саме цей зв'язок використає операційна система для керування режимами апаратних засобів.

Таким чином, щоб функціонували засоби АРМ, необхідний стандарт, підтримуваний схемами, убудованими в конкретні апаратні пристрої системи, системна BIOS і операційна система із драйвером АРМ.

**Удосконалена конфігурація й інтерфейс живлення.** Удосконалена конфігурація й інтерфейс живлення (Advanced Configuration and Power Interface - ACPI) реалізовані в сучасних BIOS і операційних системах Windows 98 і більш пізніх. Якщо BIOS вашого комп'ютера підтримує систему ACPI, то все керування живленням передається операційній системі. Це спрощує конфігурування параметрів, всі вони перебувають в одному місці - в операційній системі. Тепер для конфігурування параметрів системи керування живленням не потрібно встановлювати відповідні параметри в BIOS.

## 9.4. Захисні пристрої в мережі живлення

Захисні пристрої охороняють комп'ютерні системи від ушкоджень при різкому зростанні, викидах і провалах напруги мережі. Ми коротко розглянемо чотири види пристроїв захисту. У блоці живлення комп'ютера (якщо він високої якості) деякі запобіжні пристрої можуть бути встановлені. У блоках живлення деяких комп'ютерів високого класу передбачений захист від високих напруг і струмових перевантажень, а також найпростіший фільтр для зниження рівня перешкод, що проникають із мережі. У багатьох недорогих блоках живлення таких схем захисту немає, тому саме для них підключення додаткового захисного пристрою цілком виправдано. Відзначимо, що всі функції захисту пристроїв, описувані далі, і захисні схеми блоку живлення припускають, що комп'ютерний кабель живлення змінного струму заземлений. Блоки живлення повинні залишатися в робочому стані й продовжувати забезпечувати систему енергією, навіть якщо трапляються наступні перебої в подачі електроживлення: 1) напруга падає до 80 В за 2 секунди; 2) напруга падає до 70 В за півсекунди; 3) напруга збільшується до 143 В за одну секунду. Багато високоякісних блоків живлення (або підключені системи) не будуть фізично ушкоджені в наступних випадках: 1) перерва в подачі енергії; 2) будь-яке спадання напруги; 3) стрибок до 2000 В. Автоматичне відключення комп'ютера при більших відхиленнях сітьової напруги від номінальної передбачено в більшості високоякісних блоків живлення. Нижче коротко розглядаються деякі захисні пристрої для мережі живлення.

**Обмежники викидів.** Найпростішими приладами для захисту вхідних кіл блоку живлення від високих напруг є обмежники викидів. Ці пристрої включаються між комп'ютером і мережною розеткою й призначені для поглинання високовольтних викидів напруги, що виникають у мережі в результаті ударів блискавок або при роботі потужних електричних машин. Пристрої придушення викидів звичайно будуються на основі *варисторів*, які можуть знижувати все скачки напруги, що перевищують певний рівень. Ці прилади витримують напруги до 6000 В і відводять на землю всі напруги, значення яких вище певної межі. Вони можуть спокійно переносити середні перевантаження, але дуже сильні скачки (наприклад, при прямому влученні блискавки) можуть їх "пробити". Варистори не можуть розсіювати велику потужність і в такій ситуації звичайно перегорять, тобто після одного потужного або наступних один за одним більш



слабких викидів обмежник перестає виконувати свої функції. Простим способом перевірити працездатність таких приладів неможливо, тому ніколи не можна заздалегідь сказати, захищає такий чи пристрій ні. У деяких обмежниках викидів передбачений індикатор справності, по якому можна визначити, чи перегорів варистор у результаті потужного викиду.

Ще одним непоганим додатковим пристроєм, поєднаним іноді з обмежником викидів, є автоматичний вимикач, що, на відміну від плавкого запобіжника, при перевантаженнях можна включати повторно. Він виконує ті ж функції, що й звичайний мережний запобіжник.

**Мережні фільтри-стабілізатори.** Крім підвищеної напруги й струмових перевантажень, у лініях електроживлення можуть відбуватися інші події. Наприклад, напруга в мережі може впасти нижче припустимої межі. У лініях живлення можуть виникати, наприклад, радіочастотні наведення або імпульсні перешкоди, створювані електродвигунами й іншими індуктивними навантаженнями. Кожний провід, підключений до комп'ютера (наприклад, що з'єднує його з яким-небудь периферійним пристроєм), являє собою антену. При впливі зовнішніх електромагнітних полів на нього наводяться електричні напруги. Джерелами таких полів можуть стати інші провoda, телефонні апарати, електронно-променеві трубки, електродвигуни, люмінесцентні лампи й індикатори, електростатичні розряди й, природно, радіопередавачі. Цифрові схеми, у свою чергу, досить чутливі до перешкод амплітудою всього 1-2 В. Тому вся електрична проводка в будинку працює як велика антена, що приймає найрізноманітніші перешкоди. Позбутися від перешкод і коливань мережевої напруги можна за допомогою мережних фільтрів-стабілізаторів. У пристроях цього типу виконується фільтрація й стабілізація напруги живлення, придушуються перепади струму й напруги - одним словом, вони являють собою буферні каскади між комп'ютерами й лініями живлення. Фільтри-стабілізатори повністю заміняють обмежники викидів і виконують безліч інших функцій. Будучи включеними, вони постійно перебувають в активному стані (на відміну від обмежників, які спрацьовують тільки при викидах напруги). Устрій цих приладів порівняно складний: у їх склад входять трансформатори, конденсатори й інші елементи, призначення яких - підтримувати постійний рівень вихідної напруги.

**Джерела аварійного живлення.** Для захисту встаткування використовуються прилади, за допомогою яких можна протягом деякого часу підтримувати працездатність системи при зникненні напруги в мережі. За

цей час ви встигнете закінчити роботу, зберегти її результати й виключити комп'ютер. Існує два види пристроїв такого типу: джерела резервного живлення (Standby Power Supply - SPS) і джерела безперебійного живлення (Uninterruptible Power Supply - UPS). Кращі із всіх мережних буферних пристроїв, безумовно, блоки UPS, оскільки вони не тільки забезпечують роботу комп'ютера в аварійних ситуаціях, але й стабілізують напругу й очищають її від перешкод.

**Джерело резервного живлення (SPS).** SPS включається тільки тоді, коли зникає або дуже знижується мережна напруга. У цьому випадку спрацьовує відповідний датчик, і до встановленого в блоці перетворювачу постійної напруги в змінне підключається акумуляторна батарея. Починає вироблятися змінна напруга, яка, у свою чергу, надходить на вихід пристрою замість мережного. SPS у принципі працюють непогано, але в деяких моделях перемикач на резервне живлення відбувається недостатньо швидко. При цьому комп'ютер може відключитися або перезавантажитися. У високоякісних SPS встановлюються феррорезонансні стабілізатори. Це досить громіздкі пристрої, що дозволяють запасати деяку кількість енергії, використовуваної для живлення комп'ютера під час перемикач схеми. У розглянутих блоках можуть встановлюватися фільтри-стабілізатори, але в дешевих моделях їх, як правило, не буває, і напруга в нормальних умовах надходить на комп'ютер безпосередньо з мережі, без усякої фільтрації й стабілізації. В SPS з феррорезонансними стабілізаторами вихідна напруга підтримується постійною, до іншим же для більшої надійності варто додатково підключати фільтр-стабілізатор.

**Джерело безперебійного живлення (UPS).** Найкращим рішенням всіх проблем, що виникають у колах живлення, є установка джерела безперебійного живлення (ДБЖ або UPS), що одночасно виконує функції фільтра-стабілізатора й джерела аварійного живлення. На відміну від SPS, які включаються періодично, джерела безперебійного живлення працюють постійно, і напруга на комп'ютер надходить тільки від них. Хоча схема й конструкція UPS багато в чому схожі на SPS, головне розходження між ними полягає в тім, що в дійсному UPS відсутній перемикач — живлення комп'ютера *завжди* здійснюється від акумулятора. В UPS постійна напруга 12 В від акумуляторної батареї перетворюється в змінне. Від електричної мережі здійснюється тільки підзарядка акумулятора, причому струм заряду або дорівнює споживаному навантаженням, або трохи більше (при частково вивантаженій батареї).

Купуючи такий прилад, урахуйте *потужність*, споживану вашим комп'ютером, і *час*, необхідний для того, щоб зберегти файли, вийти із програми й виключити комп'ютер. У високоякісних моделях для поліпшення показників вихідної напруги встановлюються феррорезонансні стабілізатори. UPS такого типу є не тільки найкращими захисними пристроями в колах живлення, але й найдорожчими. Крім вихідної потужності, UPS розрізняються й деякими іншими параметрами. Вище вже згадувалося про убудовані феррорезонансні стабілізатори, які дозволяють поліпшити якість вихідної напруги. У гарних блоках імпульси мають синусоїдальну форму, а в більш дешевих пристроях - прямокутну. Для деяких блоків живлення комп'ютерів подача на вхід імпульсів з різкими переходами не допускається, тому, перш ніж купувати UPS, упевніться, що він виробляє вихідну напругу, придатну для живлення вашого встаткування. Не підключайте до UPS/SPS лазерний принтер, оскільки він споживає багато енергії, у результаті чого може бути перевищена припустима потужність UPS/SPS. Це часто є причиною їхньої поломки або вимикання.

Сучасні моделі ДБЖ мають у своєму складі мікроконтролер, що у сукупності зі спеціалізованим ПО серверів і станцій, які поставляють для конкретних моделей, може надавати широкий спектр послуг залежно від інтерфейсу зв'язку ДБЖ із системою: 1) *Телеметрія*. Інформація про стан живильної мережі, батареї й інших вузлів, температурі усередині ДБЖ, величині навантаження й т.д. передається в систему збору, обробки й відображення інформації. Система може прогнозувати час роботи від батарей і відповідно коректувати затримку закриття сервера. 2) *Телеуправління*. Двунправлений інтерфейс із ДБЖ забезпечує подачу керуючих команд - відключення, запуск діагностичних тестів і т.д. 3) *Планування включення й вимикання*. Адміністратор може задати графік роботи сервера, указуючи час включення й відключення живлення.

## 9.5. Відомості про схемотехніку блоків живлення

З курсу електроніки відомо, що блоки живлення апаратури, призначені для живлення від мережі змінного струму, залежно від призначення й потужності можуть бути виконані по різних схемах. Схема найпростішого блоку живлення із трансформаторним входом наведена на рис. 9.9. У схемі понижуючий трансформатор, що працює на частоті живильної мережі 50/60 Гц, забезпечує необхідну напругу й гальванічну розв'язку кіл,

що живлять, від мережі змінного струму. Вихідна напруга може стабілізуватися безперервним або імпульсним низьковольтним стабілізатором напруги. Основний недолік такого блоку - великі габарити низькочастотного силового трансформатора. Трансформатор блоку живлення, розрахований на частоту 60 Гц (закордонні живильні мережі), на частоті 50 Гц (наші мережі) може сильно нагріватися. Блоки живлення із трансформаторним входом застосовуються при невеликій вихідній потужності, найчастіше - у виносних адаптерах (старих моделей), що забезпечують живлення модемів, хабів і інших малопотужних пристроїв зовнішнього виконання. Такі блоки часто монтуються прямо на вілці живлення.

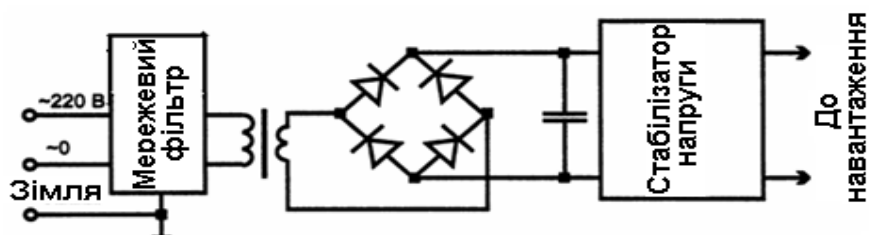


Рис. 9.9. Схема блоку живлення із трансформаторним входом

У блоках живлення з безтрансформаторним входом понижуючий трансформатор працює на високій частоті — у десятки й навіть сотню кілогерц, що дозволяє зменшити габарити й вагу блоку живлення. У цьому випадку вхідна напруга відразу випрямляється й після фільтрації надходить на високочастотний перетворювач. Високочастотні імпульси перетворювача попадають на понижуючий імпульсний трансформатор, що забезпечує гальванічну розв'язку вихідних і вхідних кіл. Перетворювач звичайно роблять керованим, так що на нього покладають ще й функції регулюючого елемента стабілізатора напруги. Управляючи шириною імпульсу, можна змінювати величину енергії, що надходить через трансформатор у випрямляч, і, отже, регулювати (стабілізувати) його вихідну напругу. Залежно від потужності стабілізатор будується по одноконтурній або двоконтурній схемі. Одноконтурна схема простіше (рис. 9.10), її застосовують у блоках живлення, де потужність звичайно не перевищує сотні ватів (наприклад, у моніторах). У моніторах частоту імпульсного блоку звичайно синхронізують із частотою генератора рядкової розгортки щоб уникнути видимих перешкод. У цей час випускається різноманітні асортименти керуючих мікросхем з убудованим ключовим транзистором і розвиненими функціями захисту й керування. Блоки живлення на їхній

основі виходять простими й компактними; малопотужні блоки можуть розміщатися прямо у вилці - адаптерах. Двотактні перетворювачі складніше, але вони забезпечують більшу вихідну потужність. Такі блоки широко використовуються в блоках живлення ПК (див. рис. 9.11).

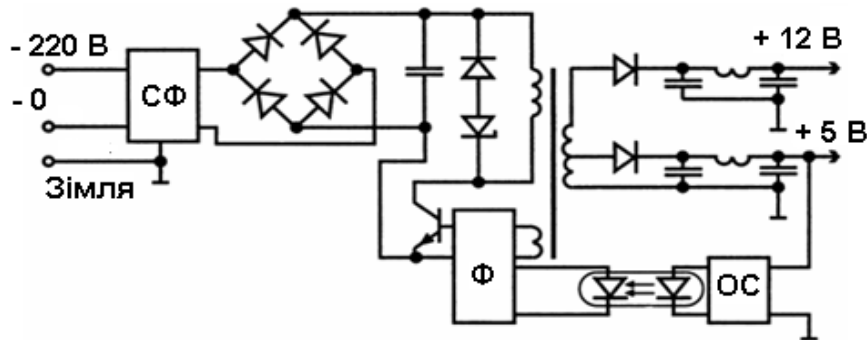


Рис. 9.10. Однотактний блок живлення (СФ — мережний фільтр, Ф — формувач імпульсів, ОС — підсилювач зворотного зв'язку)

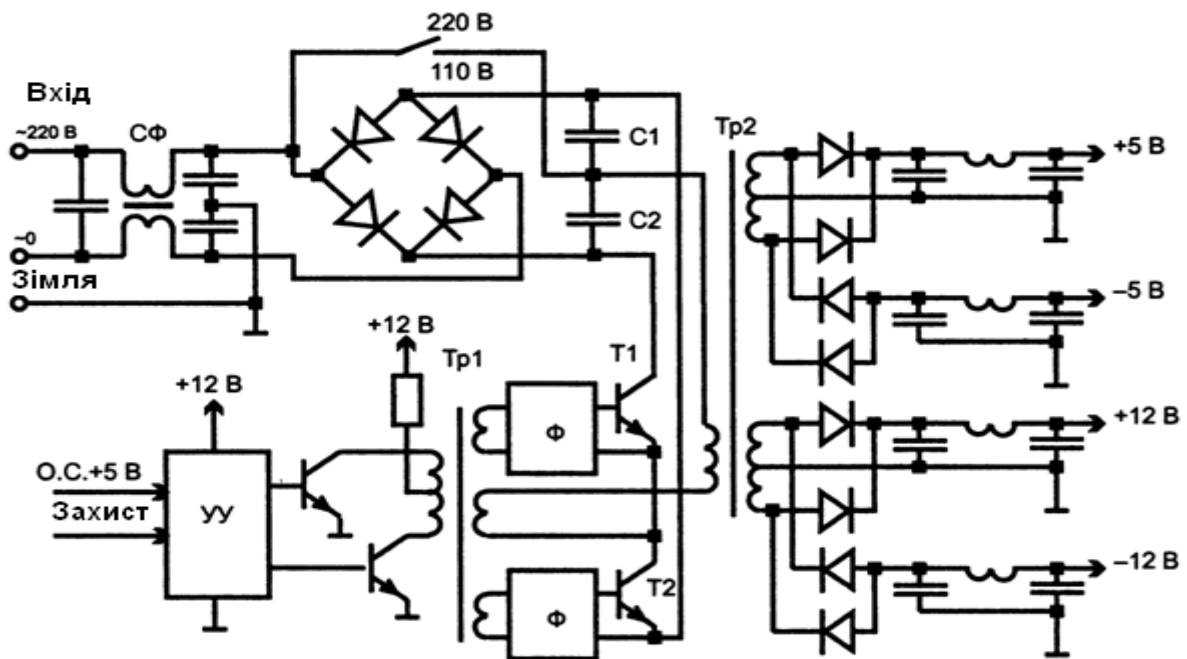


Рис. 9.11. Двотактний блок живлення: СФ - мережний фільтр, УУ — пристрій керування, Ф — формувачі імпульсів, Тр1 — трансформатор розв'язки кіл керування, Тр2 — силовий трансформатор

Якщо блок живлення повинен виробляти кілька вихідних напруг, сам перетворювач може стабілізувати лише одне з них. Інші напруги можуть бути стабілізовані додатковими вихідними стабілізаторами. При цьому з'являється взаємозалежність: чим більше навантаження по основному (стабілізованому) колу, тим вище напруги на інших шинах. Імпульс-

сні блоки живлення мають малі габарити, але компактний трансформатор являє собою досить складний виріб. Імпульсні перешкоди, які можуть проникати як у що живлять, так і в живильні кола, придушують ретельно розробленими фільтрами. Зовнішнє випромінювання придушується металевим екраном, у який містять весь блок. Імпульсні блоки живлення не критичні до частоти мережі, можуть працювати від постійного струму й в широкому діапазоні вхідних напруг. Сучасні блоки, у яких зазначена властивість Autoswitching Power Supply, працюють у діапазоні 110-230 В без перемикача напруги. Такі блоки застосовуються в більшості сучасних моніторів. Наявність випрямляча й накопичувального конденсатора на вході безтрансформаторного блоку живлення обумовлює яскраво виражену динамічну нелінійність вхідного кола. У комп'ютері блок живлення забезпечує напругами постійного струму системний блок з його складовими. Тут застосовується двотактна схема перетворювача з безтрансформаторним входом (її спрощена схема на рис. 9.11). Вхідна напруга після високочастотного фільтра випрямляється й надходить на накопичувальні конденсатори (С1,2), що є головними хоронителями енергії на випадок короткочасного провалу живлячої напруги. Потужні високовольтні транзистори Т1 і Т2 і конденсатори С1 і С2 утворюють напівмостову схему генератора-перетворювача, навантаженням якого є високочастотний імпульсний силовий трансформатор Тр2, що забезпечує й гальванічну розв'язку вихідних і вхідних кіл. Перетворювач є регулюючим елементом стабілізатора напруги основного джерела: +3,3 В для АТХ або +5 В (РС/АТ). Інші напруги можуть бути стабілізовані додатковими вихідними стабілізаторами, але частіше їх залишають нестабілізованими. При цьому чим більше навантаження блоку по основному (стабілізованому) колу, тим вище напруги на інших шинах. Із цієї причини рівні напруги на не основних виходах більшості блоків живлення відповідають номіналам лише при номінальному й збалансованому навантаженні. Споживачі цих напруг не вимагають особливої точності напруги, а стабільність забезпечується відносною сталістю навантаження основного кола.

Для потужних блоків живлення забезпечити роботу в широкому діапазоні живлячих напруг складно, тому на них установлюють перемикач вхідної напруги: 230 В - напруга в діапазоні 180-265 В; 115 В - напруга в діапазоні 90-135 В. Перемикання діапазону вхідної напруги легко здійснюється перемикачем, що перетворить мостову схему випрямляча в схему випрямляча з подвоєнням для живлення від мережі 115 В. Блоки

живлення, у яких зазначена властивість Autoswitching Power Supply, працюють у діапазоні 110-230 В без перемикача. У них застосовують силові компоненти з більшим запасом по допустимому напруженню й струму. В блоках живлення для ПК позитивні напруги підтримуються з точністю  $\pm 5\%$ , негативні — з точністю  $\pm 10\%$ . Кола +3,3 В, +5 В і +12 В повинні мати захист від перевищення напруги (4,2, 6,3 і 15,0 В відповідно): при перевищенні напруги блок повинен відключатися. В інтерфейс блоку живлення (ATX) вводять керуючий сигнал PS-ON#, що включає основні джерела +5, +3,3, +12, -12 і -5 В, які виробляють напруги тільки при втриманні сигналу PS-ON# на низькому логічному рівні. При високому рівні або вільному стані кола джерела відключені. Про нормальну напругу живлення сигналізує сигнал PW-OK (Power O'Key), по дії аналогічний сигналу PG традиційних блоків. Інтерфейс керування живленням дозволяє чипсету системної плати виконувати програмне відключення живлення. Блок ATX має *додаткове* «чергове» (standby) малопотужне джерело з вихідним колом +5VSB, що включається відразу при подачі сіткової напруги. Він призначений для живлення кіл керування енергоспоживанням і пристроїв, активних і в сплячому режимі

## Контрольні запитання

1. Сформулюйте призначення й принципи роботи блоків живлення.
2. Позитивна й негативна напруги в сучасному ПК.
3. Назвіть призначення убудованих регуляторів напруги.
4. Поясніть схему блоку живлення з трансформаторним входом.
5. Охарактеризуйте імпульсні блоки живлення і їх характеристики.
6. Назвіть параметри типових блоків живлення робочих станцій.
7. Назвіть і охарактеризуйте інтерфейси блоків живлення PC.
8. Поясніть правила підключення до живлячої сіті.
9. Поясніть особливості заземлення видавничих систем в офісі.
9. Назвіть засоби покращення електроживлення апаратних засобів НВС.
10. Охарактеризуйте: телеметрія і телекерування стану живлячої
11. Поясніть призначення сигналу PS\_ON.
12. Поясніть призначення сигналу Power\_Good
13. Назвіть основні фізичні форм-фактори блоків живлення.
14. Охарактеризуйте стандарт ATX.
15. Основні специфікації блоків живлення. Керування живленням.

## Рекомендована література

1. Акопов А.И. Общий курс издательского дела. Учебное пособие. Под ред. проф. В.В. Тулупова. — Воронеж, 2004. — 218 с.
2. Аппаратно-программное обеспечение полиграфического оборудования: Межведомственный сб. науч. тр. / Московский гос. ун-т печати / А.С. Сидоров (гл.ред.). — М. : МГУП, 2001. — 178 с.
3. Бигелоу Стивен Устройство и ремонт персонального компьютера. Аппаратная платформа и основные компоненты. 2-е изд. Пер. с англ. — М.: ООО «Бином-Пресс», 2005 г. — 976 с.
4. Вартамян С.П. Оптоэлектронные приборы и устройства в полиграфии: Курс лекций для спец. 281400 "Технология полиграфического производства" / Московский гос. ун-т печати. — М.: Издательство МГУП, 2000. - 187с.
5. Воеводин В.Е., Капитонова А.П. Методы описания и классификации архитектур вычислительных систем. М.: Издательство МГУ, 1994. — 224 с.
6. Гук М.Ю. Аппаратные средства IBM PC. Энциклопедия. 3-е изд. — СПб.: Питер, 2006. — 1072 с.
7. Дубова Н. Суперкомпьютеры nCube // Открытые системы. 1995. №2. — С. 42 – 47.
8. Дурняк Б.В., Стрепко І.Т., Титов Г.Н. Пристрої та системи цифрового друку: Навч. посібник. — Львів: Феникс, 2002. — 106 с.
9. Информатика. Базовый курс. / Под ред. С.В.Симоновича. — СПб.: 2000. — 203 с.
10. Кипхан Гельмут Энциклопедия по печатным средствам информации. Пер. с англ. — М.: Московский государственный университет печати. 2004. — 1280 с.
11. Корнеев В.В. Параллельные вычислительные системы. М.: Нолидж, 1999. —198 с.
12. Куличков А.В. Импульсные блоки питания для IBM PC. 2-изд., стер. — М.: ДМК Пресс, 2002. — 120 с.
13. Леонтьев В. П. Новейшая энциклопедия персонального компьютера. — М: ОЛМА-ПРЕСС. Образование, 2004. — 734 с.
14. Мураховский В. И. Железо ПК. Новые возможности. — СПб.: Питер, 2005. — 592 с:



15. Мюллер, Скотт. Модернизация и ремонт ПК, 14-е издание.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом “Вильямс”, 2003. – 1184 с.
16. Рудометов Е.А. Материнские платы и чипсеты. – 4-е изд. – СПб.: Питер, 2007. – 368 с.
17. Сидоров А.С. Электронные устройства полиграфического оборудования: Ч. 2. Лазеры в полиграфии. Учебное пособие. М: Московский государственный университет печати, 2007. – 102 с.
18. Таненбаум Э. Архитектура компьютера. 5-е изд. — СПб.: Питер, 2007. — 844 с.
19. Туманов М.П. Технические средства автоматизации и управления: цифровые средства обработки информации и программное обеспечение. Учебное пособие. – М.: МГИЭМ, 2005. – 71 с.
20. Уилтон Р. Видеосистемы персональных компьютеров IBM PC и PS/2: Руководство по программированию. М.: Радио и связь, 1994. 383с.
21. Шаблій І.В. Технологія друкарських процесів. – Львів: Оріяна-Нова, 2003. – 208 с.
22. Шишкин Е.В., Боресков А.В. Компьютерная графика. Полигональные модели. М.: Диалог МИФИ, 2000. – 461с.

## Зміст

<b>Вступ</b> .....	3
<b>Модуль 1. Робочі станції видавничих систем</b>	
<b>Тема 1. Вимоги до технічного забезпечення видавничих систем. Пам'ять робочих станцій видавничих систем....</b>	6
1.1. Вступ. Місце й значення видавничих систем .....	6
1.2. Основні відомості і вимоги до апаратного забезпечення видавничих систем .....	7
1.3. Введення в настільні видавничі системи .....	9
1.4. Основні відомості про сучасні комп'ютерні системи .....	14
1.5. Роль оперативної пам'яті в системі .....	23
Контрольні запитання .....	37
<b>Тема 2. Материнські плати робочих станцій видавничих систем</b>	39
2.1. Материнська плата .....	39
2.2. Основні відомості про компоненти материнської плати .....	50
2.3. Рекомендації з вибору системної плати .....	61
2.4. Синхронізація й розгін системи .....	63
2.5. Особливості установки й підключення материнської плати ....	66
2.6. Відомості про системні ресурси й переривання .....	69
Контрольні запитання .....	70
<b>Тема 3. Процесори й чипсети робочих станцій видавничих систем</b> .....	71
3.1. Процесори .....	71
3.2. Чипсети .....	95
Контрольні запитання .....	101
<b>Тема 4. Відео системи робочих станцій видавничих систем</b> .....	102
4.1. Основні компоненти відеосистеми і їх характеристики .....	102
4.2. Охолодження відеосистем .....	116
4.3. Основні принципи виведення зображень .....	118
4.4. Поняття акселератора .....	121
4.5. Мультідисплейні системи .....	122
4.6. Цифрові інтерфейси моніторів і відеосистем .....	123
4.7. Заключні відомості про параметри відеосистеми .....	124
Контрольні запитання .....	128
<b>Модуль 2. Основні компоненти та електронні пристрої видавничих систем</b>	129
<b>Тема 5. Пристрої вводу-виводу даних видавничих систем і їх інтерфейси</b> .....	
5.1. Пристрої вводу .....	129

5.2. Пристрої виводу .....	137
5.3. Відомості про комутатори пристроїв вводу-виводу .....	148
Контрольні запитання .....	150
<b>Тема 6. Електронні та оптоелектронні пристрої збереження інформації .....</b>	<b>151</b>
6.1. Зовнішня пам'ять робочих станцій .....	151
6.2. Жорсткий магнітний диск .....	154
6.3. Магнітооптичні накопичувачі .....	162
6.4. Стрімери .....	163
6.5. Твердотільні пристрої зберігання .....	164
6.6. Носії інформації на CD і DVD .....	165
6.7. Системна підтримка зовнішньої пам'яті .....	169
6.8. Поняття інтерфейсів пристроїв зберігання .....	171
Контрольні запитання .....	175
<b>Тема 7. Принципи і пристрої візуального відображення інформації .....</b>	<b>176</b>
7.1. Основні поняття. Загальні відомості .....	176
7.2. Електронно-променевий дисплей .....	178
7.3. Матричні дисплеї .....	184
7.4. Тривимірне виведення зображення й віртуальна реальність ..	194
7.5. Основні параметри й критерії вибору монітора .....	196
Контрольні запитання .....	201
<b>Тема 8. Сканери, принтери. Електронна і фото репродукційна технологія і апарати. Технологія фото виводу .....</b>	<b>202</b>
8.1. Технологічні аспекти друкувальних пристроїв .....	202
8.2. Сканери .....	210
8.3. Принтери .....	215
8.4. Електронна і фоторепродукційна технологія і апарати .....	225
Контрольні запитання .....	228
<b>Тема 9. Джерела живлення електронних пристроїв видавничих систем .....</b>	<b>229</b>
9.1. Загальні питання електроживлення й заземлення .....	229
9.2. Живлення комп'ютерів і периферійних пристроїв .....	231
9.3. Керування живленням .....	250
9.4. Захисні пристрої в мережі живлення .....	252
9.5. Відомості про схемотехнику блоків живлення .....	255
Контрольні запитання .....	259
<b>Рекомендована література .....</b>	<b>260</b>

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

**Гоков Олександр Михайлович**  
**Вдовьонков Володимир Юрійович**  
**Жидко Євген Анатолійович**

## **ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИДАВНИЧИХ СИСТЕМ**

**Навчальний посібник**

Відповідальний за випуск: **Лапта С.І.**  
Відповідальний редактор: **Сєдова Л. М.**

Редактор: **Голінська О. Г.**  
Корректор: **Голінська О. Г.**

План 2009 р. Поз. № 71-П

Підп. до друку 8.07.2009 Формат 60 X 90 1/16. Папір MultiCopy. Друк Riso.

Ум.-друк. арк. 16.75 Обл.-вид. арк. 20,94 Тираж 400 прим. Зам. № 541

---

*Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів видавничої справи  
Дк №481 від 13.06.2001 р.*

---

Видавець і виготовник – видавництво ХНЕУ, 61001, м.Харків, пр.Леніна,9а

Гоков О. М., Вдовьянко В. Ю., Жидко Е. А.

# ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИДАВНИЧИХ СИСТЕМ

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

Викладено питання, пов'язані з технічним забезпеченням сучасних видавничих систем. Розглянуто призначення, склад, основні функціональні вузли й оптоелектронні пристрої, різноманітні периферійні пристрої та їх інтерфейси, пристрої візуального відображення інформації, що входять до складу робочих станцій видавничих систем.

Подано базові принципи побудови й основи роботи функціональних вузлів видавничих систем, що здійснюють одержання, перетворення, обробку, передачу і зберігання масивів інформації, а також характерні нові та перспективні технології.



ВИДАВНИЦТВО **XHEV**

**ХАРКІВ 2009**