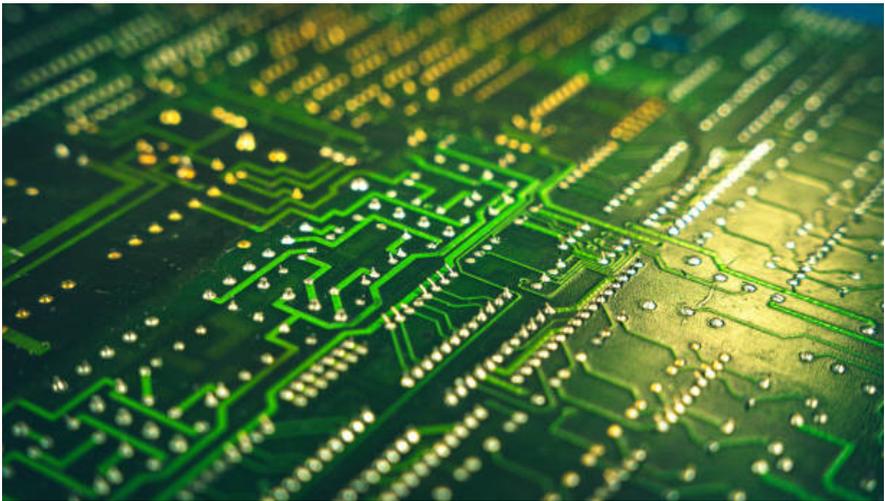


Шинкарчук Н.В.

# АРХІТЕКТУРА КОМП'ЮТЕРА

*НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК  
ЛЕКЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ*



Міністерство освіти і науки України  
Рівненський державний гуманітарний університет  
Кафедра інформаційних технологій та моделювання

**Шинкарчук Н.В.**

## **АРХІТЕКТУРА КОМП'ЮТЕРА**

**Навчальний посібник**

*для здобувачів вищої освіти спеціальностей:*

*F2 «Інженерія програмного забезпечення»*

*F3 «Комп'ютерні науки»*

Рівне – 2026

**УДК 004.2 (075.8)**  
**Ш 62**

*Рекомендовано до друку Вченою радою Рівненського державного гуманітарного університету, протокол №2 від 26 лютого 2026 р.*

**Автор:**

*Шинкарчук Назар Володимирович*, кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційних технологій та моделювання.

**Рецензенти:**

*Турбал Юрій Васильович*, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерних наук та прикладної математики Національного університету водного господарства та природокористування.

*Кот Василь Васильович*, кандидат технічних наук, спеціаліст вищої категорії, викладач-методист відокремленого структурного підрозділу «Рівненський фаховий коледж Національного університету біоресурсів і природокористування України».

**Шинкарчук Н.В. Архітектура комп'ютера: навчальний посібник для дисципліни: лекції. Рівне: РДГУ, 2026. 102 с.**

У навчальному посібнику міститься повний виклад лекційних матеріалів з дисципліни «Архітектура комп'ютера» для здобувачів вищої освіти спеціальностей F2 «Інженерія програмного забезпечення» і F3 «Комп'ютерні науки».

© Шинкарчук Н.В., 2026 р.  
© Рівненський державний гуманітарний університет, 2026 р.

## ЗМІСТ

<b>Вступ</b>	<b>4</b>
<b>Лекція 1.</b> Поняття архітектури комп'ютера. Історія розвитку та етапи еволюції обчислювальної і комп'ютерної техніки	<b>5</b>
<b>Лекція 2.</b> Центральний процесор (CPU). Архітектура та інструкції CPU. Технології та сокети CPU. Характеристики CPU. Закон Мура	<b>14</b>
<b>Лекція 3.</b> Оперативна пам'ять (RAM). Організація та параметри RAM. Типи і модулі DDR SDRAM. Контролер пам'яті та корекції помилок	<b>25</b>
<b>Лекція 4.</b> Жорсткий диск (HDD). Структура, технології і характеристики HDD. Форм-фактори та інтерфейси HDD. Дисковий масив RAID	<b>35</b>
<b>Лекція 5.</b> Твердотільний накопичувач (SSD). Флеш-пам'ять. Типи комірок SSD. Протокол NVMe. Форм-фактори та інтерфейси SSD. Параметри SSD	<b>44</b>
<b>Лекція 6.</b> Відеокарта (GPU). Графічний процесор і відеопам'ять. Типи і характеристики GPU. Інтерфейси підключення GPU. Система охолодження	<b>52</b>
<b>Лекція 7.</b> Материнська плата. Чипсет. Компоненти і форм-фактори материнської плати. Комплектація плати	<b>60</b>
<b>Лекція 8.</b> Комп'ютерний корпус. Типи і форм-фактори корпусів. Вентиляція та охолодження корпусу. Монітор. Типи і технології виробництва моніторів. Характеристики монітору	<b>68</b>
<b>Лекція 9.</b> Принтер. Типи принтерів. Параметри і обслуговування принтера. Сканер. Типи сканерів. Характеристики сканера. Багатофункціональні пристрої	<b>81</b>
<b>Лекція 10.</b> Периферійні пристрої: клавіатура, мишка, веб-камера, колонки	<b>91</b>
<b>Список використаної та рекомендованої літератури</b>	<b>101</b>

## ВСТУП

Це видання орієнтоване на здобувачів вищої освіти і викладачів, а також на широке коло читачів, які перебувають на етапі навчання або професійного становлення та прагнуть опанувати базові принципи архітектури комп'ютера. Лекційний матеріал буде корисним для тих, хто лише розпочинає знайомство з будовою, принципами роботи та функціональними можливостями компонентів комп'ютера, а також для тих, хто хоче систематизувати свої знання, поглибити розуміння сучасних апаратних рішень і набути практичних навичок роботи з комп'ютерною технікою.

На початку 80-х років минулого століття, з'явилися перші попередники сучасних персональних комп'ютерів, які отримали назву мікро-ЕОМ. На вигляд, вони вже були схожі на класичні персональні комп'ютери, але мали обмежену продуктивність та функціональність. 12 серпня 1981 року, компанія ІВМ презентувала свій перший персональний комп'ютер – ІВМ модель 5150, який започаткував нову еру в розвитку інформаційних технологій та комп'ютерної техніки. В основі цієї моделі було закладено принцип модульної архітектури, що дозволяло змінювати та розширювати компоненти комп'ютера. Такий підхід, відомий як «відкрита архітектура», став віхою в історії обчислювальної техніки, оскільки давав можливість не тільки виробникам, але й самим користувачам створювати й модернізувати комп'ютерне обладнання.

З тих часів, технології значно еволюціонували і на сьогоднішній день апаратне забезпечення персональних комп'ютерів досягло небачених рівнів продуктивності. Обчислювальні можливості сучасних комп'ютерів достатні для виконання майже будь-яких прикладних і системних задач, від складних наукових розрахунків до інтенсивних обчислень в області штучного інтелекту. Однак, навіть попри досягнуті висоти, розвиток технологій та жорстка конкуренція між виробниками продовжується.

Сьогодні архітектура комп'ютера орієнтована на максимальну продуктивність та оптимізацію ресурсів. Однак, попри наявні досягнення, технологічний прогрес «не стоїть на місці», з кожним роком з'являються нові інноваційні рішення, які продовжують змінювати «обличчя» комп'ютерної архітектури і відкривають нові можливості для майбутніх поколінь обчислювальної техніки.

## ЛЕКЦІЯ №1

### ПОНЯТТЯ АРХІТЕКТУРИ КОМП'ЮТЕРА. ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ ТА ЕТАПИ ЕВОЛЮЦІЇ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ І КОМП'ЮТЕРНОЇ ТЕХНІКИ

- 1.1. *Перші американські та європейські ЕОМ*
- 1.2. *Перші ЕОМ з можливістю зберігати дані*
- 1.3. *Транзисторні комп'ютери*
- 1.4. *Сімейство комп'ютерів ІВМ*
- 1.5. *Персональна портативна електроніка*
- 1.6. *Комп'ютерний стандарт*

#### **1.1. Перші американські та європейські ЕОМ**

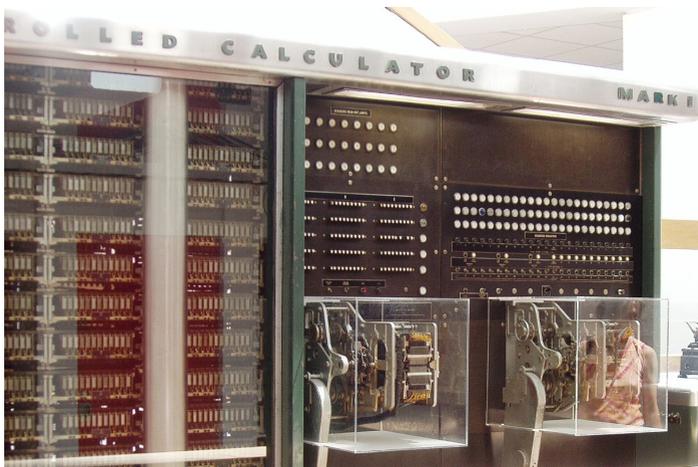
Датою «народження» першого пракомп'ютера прийнято вважати 1823 рік, коли англійський математик Чарльз Беббідж сформулював ідею створення механічного обчислювального пристрою, а заодно розробив математичні принципи, які виявилися настільки вдалим, що лягли в основу сучасних комп'ютерів. Його аналітична машина виконувала операцію додавання за три секунди, а множення і ділення за дві хвилини. Нажаль, пристрій Беббіджа через недосконалість науки того часу так і не був побудований до кінця.

У ХХ столітті видатні вчені зайнялись створенням електронних обчислювальних машин (ЕОМ). Прогрес вже не можна було зупинити, практично щороку в різних країнах світу з'являлись нові обчислювальні машини.

Варто відмітити, що розробка комп'ютерів була викликана пошуком можливих варіантів прискорити, вдосконалити, підвищити, розвинути розумові та обчислювальні можливості людини, так як сьогодні відбувається з повсюдним застосуванням штучного інтелекту. Коли було потрібно виконувати операції не просто з десятками та тисячами, а мільярдами і трильйонами, тоді й знадобились більш досконалі пристрої. Але якими б досконалими не були ці пристрої, без унікальних здібностей головного мозку людини неможливо було б створити жодну обчислювальну машину.

Історично, перші кроки комп'ютерна техніка здійснила в період 30-40-х років ХХ століття. На початку 40-х років, а саме у 1944 році, «з'являється» перше науково-інженерне диво – ЕОМ «Марк 1». Перший американський програмований комп'ютер був

зібраний під скляно-сталевим корпусом (рис. 1.1). Вся машина включала близько 765 тисяч деталей та була дійсно гігантською: у довжину сягала майже 17 метрів, у висоту більше 2,5 метрів і важила близько 4,5 тонн. Для підключення всіх комплектуючих знадобилося майже 800 км проводів. Основні обчислювальні модулі синхронізувалися механічно за допомогою 15 метрового валу, що приводився в рух електричним двигуном, потужністю в 4 кВт. «Марк 1» оперував 72 числами та здійснював по 3 операції додавання або віднімання в секунду, на множення витрачав 6 секунд, на ділення 15,3 секунди. Більш складні завдання вимагали більшого часу, наприклад, щоб обчислити логарифм числа, потрібно було почекати одну хвилину. На виробництво першого програмованого комп'ютера компанії розробники витратила півмільйона доларів.



*Рис. 1.1. Перший американський програмований комп'ютер «Марк 1»*

«Марк 1» зчитував і виконував інструкції з перфорованої паперової стрічки, не вмів виконувати умовні переходи, через що кожна програма була досить довгим стрічковим рулоном. Цикли організовувались за рахунок замикання початку і кінця зчитувальної стрічки. Домінантність «Марк 1» полягало в тому, що він міг працювати повністю автономно, без втручання людини. Електронно-обчислювальний пристрій був створений спільними зусиллями інженерів компанії ІВМ і вчених Гарвардського університету. Однак на публічній презентації «Марк 1» не було згадано про внесок

компанії ІВМ, тому вона припиняє співпрацю з університетом та розробляє власну ЕОМ – SSEO.

Приблизно у цей же період, в Німеччині введено в експлуатацію обчислювальну машину Z3 (рис. 1.2), автор: німецький інженер Конрад Цузе. Z3 – це перша повнофункціональна вільнокерована і прогамована ЕОМ, яка має право називатися прабатьком сучасного комп'ютера. Конраду Цузе належить першість в об'єднанні всіх компонент в єдину прогамовану обчислювальну систему. Німецький комп'ютер, на відміну від американського, мав менші габарити (загальна маса 1 тонна), але принцип роботи був практично ідентичний. При його створенні було використано близько 3000 елементів, машина споживала 4 кВт, а загальна вартість пристрою складала 50 тис. рейхмарок. Для зберігання програм використовувались перфокарти. Z3 міг запам'ятовувати 64 слова довжиною в 22 біта.

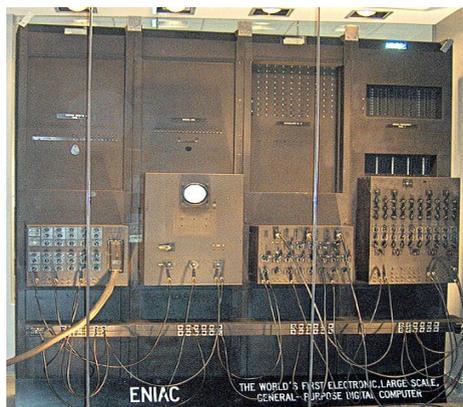


*Рис. 1.2. Реконструкція Z3 у «Німецького музею» в Мюнхені*

Практично всі європейські комп'ютерно-обчислювальні системи, які були створені в період кінця 30-х початку-середини 40-х років ХХ століття, мали військово-оборонне призначення: обчислення в області літакобудування, ракетобудування та шифрувального обладнання. Так Великобританія у 1943 році розробляє свою першу ЕОМ Colossus (Колос), яка була призначена для розшифровки перехоплених німецьких радіоповідомлень. За допомогою Colossus, декодувати перехоплені радіограми вдавалося за кілька годин. Особливістю британського обчислювального

пристрою стало те, що він використовував лише 1500 електронних ламп. Через рік пристрій удосконалили і з'явився Colossus II, що складався вже з 2500 електронних ламп і працював в п'ять разів швидше свого попередника.

Менш войовниче, на перший погляд, призначення отримав комп'ютер, розроблений в США. Електронний числовий інтегратор ЕНІАК (Electronic Numerical Integrator and Computer, ENIAC), став першим електронним цифровим комп'ютером загального призначення (рис. 1.3). Проте основне застосування ЕНІАК отримав як обчислювач з математичного моделювання термоядерного вибуху супербомби за гіпотезою Улама-Теллера. Перед комп'ютером поставили завдання розв'язати складне диференціальне рівняння (для введення даних знадобилось близько мільйона перфокарт). Поставлену задачу розбили на кілька частин, щоб дані могли поміститися в пам'ять комп'ютера, проміжні результати виводилися на перфокарти і після перекомутації знову заводились в машину. У квітні 1946 року, після аналізу одержаних результатів, група дослідників зробила висновок, що отримані дані підтверджують теорію про можливість створення термоядерної бомби. На відміну від німецького комп'ютера Z3, де основу складали реле, в ЕНІАК більшу частину елементів представляли вакуумні лампи. Комп'ютер важив 27 тонн, загальне число комплектуючих 17,5 тисяч ламп різних типів, 7,2 тисячі кремнієвих діодів, 1,5 тисячі реле, 70 тисяч резисторів, 10 тисяч конденсаторів та енергопостачання в 174 кВт. Обчислювальна потужність: 357 операцій множення або 5000 операцій додавання в секунду, працював з числами довжиною в 20 розрядів.



*Рис. 1.3. Фрагмент ENIAC*

Незважаючи на свої обчислювальні переваги ЕНІАК мав недоліки. Наприклад, якщо згорала хоча б одна лампа, з ладу виходив повністю весь комп'ютер, тривалим також був і сам процес програмування комп'ютера. ЕНІАК не отримав широке розповсюдження, його було вироблено в одиничному екземплярі. Деякі принципи, які були використані при конструюванні ЕНІАК, згодом знайшли своє втілення в більш удосконалених моделях електронно-обчислювальної техніки.

## **1.2. Перші ЕОМ з можливістю зберігати дані**

Головним завданням розробників нових систем, було наділення їх можливістю зберігати одержані дані в електронній пам'яті. Одна з таких машин називалася «Манчестерське дитя» (The Manchester Baby). У 1948 році в університеті Манчестера (Великобританія) було розроблено, а через рік введено в експлуатацію електронно-обчислювальний пристрій, здатний зберігати дані у внутрішній оперативній пам'яті. Пристрій не тільки міг зчитувати інформацію з перфокарт, але й мав здатність для реалізації вводу-виводу даних з магнітного барабана, прямо під час роботи програми. Система була ланцюгом електронно-променевих трубок Вільямса. «Манчестерське дитя» мало зовсім недитячі габарити: 17 м в довжину, 75 тисяч електронних ламп, 3000 механічних реле, 4 трубки Вільямса, магнітний барабан, процесор на 30 інструкцій. На найпростіші математичні дії машині було потрібно від 3 до 12 секунд.

У 1951 році його місце зайняв повноцінний комерційний пристрій Ferranti Mark 1. Приблизно в цей же період в Кембриджі (Великобританія) група інженерів під керівництвом Моріса Уїлкса створює комп'ютер з пам'яттю EDSAC (Electronic Delay Storage Automatic Computer). Цей пристрій стає першим в роботі якого використовувалась внутрішня пам'ять.

У 1953 році під керівництвом Уїлкса і Ренвіка розпочалась робота над другою моделлю – EDSAC-2. В якості оперативної запам'ятовуючого пристрою вже використовувались елементи на феритових сердечниках, загальною ємністю в 1024 слова. У новій машині з'явився постійно запам'ятовуючий пристрій, спочатку на діодній, а потім на феритовій матриці. Але головним нововведенням було використання мікропрограмного управління. Цей комп'ютер використовувався аж до 1965 року.

### **1.3. Транзисторні комп'ютери**

Еволюційний розвиток комп'ютерної техніки передбачав зменшення габаритів, перехід на більш досконалі комплектуючі, збільшення обчислювальної потужності та обсягу оперативної і постійної пам'яті.

У 50-60-х роках ХХ століття на заміну ламповим пристроям прийшли транзисторні комп'ютери. В якості основного елемента використовувались напівпровідникові діоди і транзистори, як пристрої пам'яті – магнітні сердечники і магнітні барабани. Друга важлива зміна – з'явилась можливість програмування на алгоритмічних мовах (Фортран, Алгол, Кобол). Ці два важливих вдосконалення дозволили значно спростити і прискорити написання програм для комп'ютерів. Програмування, залишаючись наукою, стає більш прикладним. Все це стало причиною зменшення габаритів та істотного зниження вартості комп'ютерів. Виробнича потужність цих комп'ютерів зросла до 30 тисяч операцій в секунду, а обсяг оперативної пам'яті до 32 Кб. Програмування транзисторних комп'ютерів стає основою для появи так званих «операційних систем».

У 1959 році з'явилися перші комп'ютери ІВМ на транзисторах, які досягли такого рівня надійності і швидкодії, що стали використовуватися військовими в системах раннього оповіщення. У 1964 році було представлено ціле сімейство ІВМ System/360, вони стали першими універсальними комп'ютерами з байтовою адресацією пам'яті.

### **1.4. Сімейство комп'ютерів ІВМ**

Кінець 60-х років ХХ століття приносить наступні зміни: розроблено інтегральні схеми, що складаються з ланцюжка транзисторів; створено напівпровідникову пам'ять, яка стає основою оперативної пам'яті комп'ютера; освоєний метод одномоментного програмування декількох завдань; центральний процесор може паралельно працювати і керувати різними периферійними пристроями.

В цей період зароджується сімейство комп'ютерів компанії ІВМ. Виробництво електронно-обчислювальної техніки стає на конвеєр, налагоджується серійне виробництво комп'ютеризованого обладнання. У 1964 році ІВМ випускає серію комп'ютерів різних габаритів і продуктивності. В залежності від вимог, на виробництві

можна однаково використовувати як «малі машини» з низькою продуктивністю, так і «великі» – з більш високими виробничими показниками. Всі машини працюють на аналогічному програмному забезпеченні. Для забезпечення сумісності ІВМ вперше застосовує технологію мікрокоду, який використовується у всіх моделях серії. Завдяки широкому поширенню ІВМ/360 (рис. 1.4) стала стандартом для всієї комп'ютерної техніки з першою 32-розрядною системною реалізацією.



*Рис. 1.4. IBM System 360*

### **1.5. Персональна портативна електроніка**

70-80-ті роки ХХ століття стають періодом масового виробництва комп'ютерів загального споживання. Електронно-обчислювальна техніка ділиться на два сектора: супермашини та персоналізовані системи. Елементною базою цих систем стають великі інтегральні схеми (ВІС). Потужність таких комп'ютерів – це десятки мільйонів операцій в секунду. Збільшується обсяг оперативної пам'яті до декількох сотень мегабайт. Саме в цей період термін «електронно-обчислювальна машина» повністю замінюється на «комп'ютер». Ера персональних комп'ютерів починається з Altair, Apple, ІВМ-РС (ХТ, АТ, PS/2) та інших.



## **КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ**

- 1) Які основні відмінності були між першими американськими та європейськими ЕОМ?
- 2) Яка була вага ЕОМ ENIAC у розвитку комп'ютерної техніки?
- 3) Яким чином розвиток перших ЕОМ вплинув на науково-технічний прогрес у США та Європі?
- 4) Які технології зберігання даних використовувалися в ЕОМ EDSAC?
- 5) Як можливість зберігати дані, змінила функціональність і потужність ЕОМ?
- 6) Що таке транзисторні комп'ютери і чим вони відрізняються від лампових?
- 7) Коли почали масово використовувати транзистори в комп'ютерах?
- 8) Які основні переваги транзисторних комп'ютерів порівняно з ламповими?
- 9) Як змінилося використання комп'ютерів після запуску серії ІВМ 360?
- 10) Які важливі нововведення привнесла лінійка ІВМ у комп'ютерну техніку?
- 11) Як малі портативні пристрої вплинули на доступність технологій для широкого кола користувачів?
- 12) Які технології лягли в основу розвитку портативної електроніки?
- 13) Що таке комп'ютерний стандарт і чому його впровадження є важливим для індустрії?
- 14) Яким чином стандарти компанії ІВМ вплинули на розвиток інших виробників комп'ютерів?
- 15) Як розвиток комп'ютерних стандартів сприяв зростанню персональних комп'ютерів та їхньому використанню в повсякденному житті?

## ЛЕКЦІЯ №2

### ЦЕНТРАЛЬНИЙ ПРОЦЕСОР (CPU). АРХІТЕКТУРА ТА ІНСТРУКЦІЇ CPU. ТЕХНОЛОГІЇ ТА СОКЕТИ CPU. ХАРАКТЕРИСТИКИ CPU. ЗАКОН МУРА

- 2.1. Центральний процесор
- 2.2. Перший процесор. Закон Мура
- 2.3. Тактова частота процесора
- 2.4. Регістр процесора
- 2.5. Особливості процесорних технологій
- 2.6. Технологія виготовлення процесора
- 2.7. Сокети та моделі сучасних процесорів Intel і AMD
- 2.8. P-Cores і E-Cores у процесорах Intel
- 2.9. Основні характеристики CPU
- 2.10. Багатоядерний процесор
- 2.11. Архітектура x86, x64, ARM
- 2.12. Інструкції MMX, SSE, 3DNow
- 2.13. Ключові технології Intel і AMD
- 2.14. Ринок процесорів з архітектурою x86

#### **2.1. Центральний процесор**

Центральний процесор (CPU, Central Processor Unit) – це функціональна частина комп'ютера, яка призначена для програмного керування роботою пристроїв, інтерпретації команд, обробки арифметичних і логічних операцій. Більшість сучасних процесорів засновані на алгоритмі циклічного процесу послідовної обробки інформації, запропонованим у 1946 році видатним американським математиком Джоном фон Нейманом. В ході роботи процесор зчитує послідовність команд, які містяться в оперативній пам'яті і виконує їх. Така послідовність команд називається програмою і є алгоритмом роботи процесора.

Процесор (рис. 2.1) це інтегральна мікросхема, яка виконує певний набір команд (інструкцій), а комп'ютерна програма це і є послідовність цих самих інструкцій. Central Processor Unit виконує практично всі обчислювальні операції в комп'ютері.



*Рис. 2.1. Процесор Intel Core Ultra 9 285K*

Розглянемо архітектурну будову CPU. В центрі процесора знаходиться ядро – кристал кремнію площею приблизно один квадратний сантиметр, на якому реалізована схема процесора, так звана архітектура (Chip Architecture). Ядро розташоване на текстолітовій основі, по якій проходять контактні доріжки до ніжок (контактних майданчиків), залите термічним інтерфейсом і закрите захисною металевією кришкою.

Багатоядерний процесор складається з двох і більше обчислювальних ядер на одному кристалі. Він має один корпус і встановлюється у процесорний сокет на материнській платі комп'ютера. При цьому операційна система сприймає кожне його обчислювальне ядро як окремий процесор з повним набором обчислювальних ресурсів.

*Основні виробники:* Intel, AMD, Qualcomm, Apple, Samsung, MediaTek.

## **2.2. Перший процесор. Закон Мура**

В 1969 році японська компанія Nippon Calculating Machine, на той час виробник калькуляторів, замовила у компанії Intel дванадцять мікросхем, які мали використовуватися в новому настільному калькуляторі. Мікросхеми призначалися для виконання суворо визначених завдань, тому для кожної нової моделі калькулятора доводилося заново розробляти весь набір мікросхем. Співробітник Intel, Маршиан Едвард, запропонував зменшити число мікросхем, використовуючи центральний процесор, який повинен буде виконувати арифметичні і логічні функції замість декількох мікросхем.

15 листопада 1971 року Intel випустила свій перший процесор: Intel 4004 (рис. 2.2). Він вважається першим завершеним однокристальним центральним процесором, який виконаний у

вигляді однієї мікросхеми. Intel 4004 випускався в 16-контактному корпусі типу DIP, розмір кристала менше 1 кв. см. Процесор міг виконувати 60000 інструкцій в секунду, налічував 2300 транзисторів і працював на тактовій частоті 740 кГц. Проте процесор 4004 так і не став широковідомим, популярність до нового типу процесорів прийшла тільки з випуском 8-розрядного Intel 8080 і 16-розрядного Intel 8086. Слідом за ними з'явилися 80186, 80286, 80386, 80486 та інші.



*Рис. 2.2. Процесор Intel 4004*

Гордон Мур (рис. 2.3), один із засновників Intel, помітив певну закономірність у збільшенні кількості транзисторів на кристалі від часу та вплив на продуктивність центрального процесора. На підставі статистичних даних, він описав емпіричне правило, яке має назву «Закон Мура». Основна ідея закону в тому, що при розробці нових напівпровідникових мікросхем можна прогнозувати, що приблизно кожні 24 місяці кількість транзисторів на кристалі буде подвоюватись.



*Рис. 2.3. Гордон Мур у 1978 році*

Як коментар можна сказати, що загалом, цей закон досить добре виконувався протягом багатьох років, але з переходом на технологічний процес виготовлення процесорів в 14 нм дещо порушився та виконується частково.

### **2.3. Тактова частота процесора**

Продуктивність процесора багато в чому залежить від тактової частоти, яка вимірюється в гігагерцах (ГГц). Тактова частота визначається параметрами кварцового резонатора, що є кристалом кварцу. Під дію електричної напруги в цьому кристалі виникають коливання електричного струму з частотою, що визначається формою і розмірами кристала. Частота цього змінного струму і називається тактовою частотою. Найменшою одиницею часу для процесора, як для логічного пристрою є період тактової частоти або просто такт. Зрозуміло, що чим вища тактова частота процесора, тим продуктивніше він працює, оскільки за одиницю часу відбувається більша кількість тактів і виконується більша кількість команд. В сучасних процесорах за один такт (IPC, Instructions Per Clock) виконується більше ніж одна команда.

### **2.4. Регістр процесора**

Регістр – це блок високошвидкодійної внутрішньої пам'яті процесора, яка використовується для тимчасового збереження операндів з якими безпосередньо проводяться обчислення і швидкого доступу до часто використовуваних даних. Розрядність регістрів визначає розрядність даних, що обробляються процесором. Залежно від структури регістрів виділяють такі архітектури процесорів:

- RISC (Reduced Instruction Set Computer), процесори з скороченим набором інструкцій. Ці процесори зазвичай мають набір однорідних регістрів універсального призначення, їхня система команд відрізняється відносною простотою. В результаті апаратна реалізація такої архітектури дозволяє виконувати ці інструкції за невелику кількість тактів.

- CISC (Complete Instruction Set Computer), процесори з повним набором інструкцій, до яких відноситься і сімейство x86. Склад і призначення їхніх регістрів є неоднорідним, широкий набір команд ускладнює декодування інструкцій, на це витрачається більше апаратних ресурсів, тому зростає число тактів, необхідне для виконання інструкцій.

### **2.5. Особливості процесорних технологій**

Динамічне виконання – це сукупність методів обробки даних в процесорі, таких як: прогнозування розгалужень та аналіз потоку

команд, що попереджує їхнє виконання. Такий підхід це найважливіша архітектурна перевага сучасних процесорів, яка суттєво впливає на їхню продуктивність.

Модуль передбачення умовних переходів – це пристрій, який визначає напрям розгалужень (передбачає виконання умовного переходу) в програмі, що наразі виконується. Входить до складу процесорів, що мають конвексну архітектуру. Такий модуль є невід’ємною частиною усіх сучасних суперскалярних мікропроцесорів, бо в більшості випадків дозволяє оптимально використовувати обчислювальні ресурси процесора. Існує два базових методи передбачення переходів: статичний і динамічний.

Прогнозування розгалужень дозволяє здійснювати попередню вибірку інструкцій та даних з оперативної пам’яті, а також виконувати інструкції, які розташовані після умовного переходу.

## **2.6. Технологія виготовлення процесора**

Під технологією виготовлення процесора, розуміють сукупність методів за якими на пластині кремнію створюють транзистори та з’єднання між ними. Коли про процесор говорять, що він виготовлений за допомогою певного технологічного процесу, наприклад 3 нм, то мають на увазі, що розмір одного окремо взятого транзистора в кристалі процесора рівний 3 нм. Чим «тонша» транзисторна технологія, тим меншу площу займає ядро процесора і тим більше кристалів може заготовити виробник з однієї кремнієвої пластини. Процесор, виготовлений за дрібнішою технологією, має нижчу собівартість і його роздрібна ціна для користувача теоретично буде нижчою. До того ж процесор, зроблений за дрібнішою технологією, може працювати на вищих частотах і при цьому потребує меншої напруги, а отже меншою є потужність, яку він споживає і відповідно менше тепла виділяє, що в свою чергу впливає на стабільність його роботи.

## **2.7. Сокети та моделі сучасних процесорів Intel і AMD**

Сокет (роз’єм, гніздо) – це електричний з’єднувач, який призначений для встановлення процесора на материнській платі. Використання роз’єму замість безпосереднього припаювання процесора на материнській платі спрощує його заміну при модернізації або ремонті комп’ютера.

Розпочнемо з огляду продукції компанії Intel. В останні роки Intel почав перехід на сокет: LGA 1700 та на найновіший LGA 1851 (рис. 2.4) для процесорів архітектури Arrow Lake. У другій половині 2026 року очікується вихід LGA 1954 (архітектура Nova Lake).



*Рис. 2.4. Сокет LGA 1851*

Intel Core Ultra – це лінійка новітніх процесорів Intel з нейронним процесорним блоком (NPU) для розширення можливостей штучного інтелекту, включає оновлений графічний контролер Intel Arc. На сокеті LGA 1851 працюють сучасні CPU Intel:

- Intel Core Ultra 5. Лінійка процесорів початкового і середнього рівня, наприклад: Intel Core Ultra 5 225.
- Intel Core Ultra 7. Лінійка процесорів середнього і високого рівня, наприклад: Intel Core Ultra 7 265KF.
- Intel Core Ultra 9. Лінійка процесорів високого рівня, наприклад: Intel Core Ultra 9 285K.

Сучасні моделі процесорів від AMD працюють на сокеті AM5 (рис. 2.5) з наступною архітектурою:

- Zen 4 (технологічних процес: 5 нм), наприклад: AMD Ryzen 5 7600X, AMD Ryzen 7 7700X, AMD Ryzen 9 7950X.
- Zen 5 (технологічних процес: 3 нм і 4 нм), наприклад: AMD Ryzen 5 9600X, AMD Ryzen 7 9700X, AMD Ryzen 9 9950X3D.

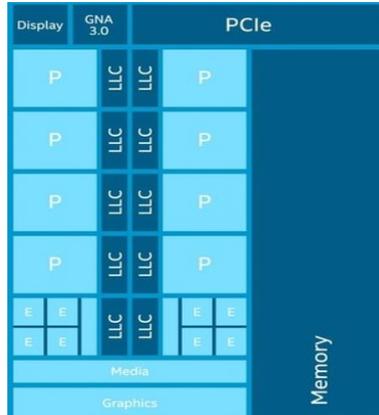


*Рис. 2.5. Сокет AM5*

## **2.8. P-Cores і E-Cores у процесорах Intel**

Процесори Intel з 12 по 14 покоління включно, містили фізичні ядра двох типів: P-Core і E-Core (рис. 2.6). Суть застосування цих двох типів ядер на одному кристалі, наступна:

- P-Core (продуктивні) – високопродуктивні ядра, для виконання пріоритетних процесів;
- E-Core (ефективні) – енергоефективні ядра, для виконання фонових процесів і завдань.



*Рис. 2.6. Мікроархітектура процесора з P-Cores і E-Cores*

## **2.9. Основні характеристики CPU**

1. **Тактова частота.** Це кількість операцій (тактів), які виконуються за одиницю часу. Одиницею вимірювання є гігагерц. Частота 5,8 ГГц означає, що процесор за одну секунду може виконати 5,8 мільярда операцій. Чим вища у процесора тактова частота, тим швидше він обробляє дані.
2. **Кількість ядер.** Параметр, що вказує на теоретичне збільшення швидкодії процесора, при виконанні паралельних обчислень.
3. **Кеш-пам'ять.** Кеш (Cache, англ. «таємний склад») – це блок високошвидкісної SRAM-пам'яті, розташованої прямо на ядрі процесора. Кеш є додатковим швидкодіючим сховищем копій блоків даних з оперативної пам'яті, вірогідність звернення до яких найближчим часом є дуже велика. Використовується для збереження найбільш часто використовуваної інформації, а це значно скорочують час доступу до даних. Є три рівні кеш-пам'яті: перший рівень

- (L1), він найменший за обсягом (напр., 512 Кб), але найшвидший; другий рівень (L2), він повільніший першого, але більший за обсягом (напр., 14 Мб); третій рівень (L3), він повільніший першого і другого, але найбільший за обсягом (напр., 36 Мб), використовуються спільно всіма ядрами процесора.
4. *Гіперпотоківість (SMT, Simultaneous Multithreading)*. Це процес при якому одне фізичне ядро процесора виглядає як два логічні процесори для операційної системи. Процесор «робить вигляд», що має більше ядер ніж у нього є насправді та використовує власну логіку для прискорення виконання програми.
  5. *Turbo Boost*. Технологія, яка була розроблена Intel для автоматичного збільшення тактової частоти процесора вище номінальної, якщо при цьому не перевищуються обмеження щодо потужності, температури і сили струму. Фактично це технологія само розгону процесора.
  6. *Тепловиділення процесора (TDP, Thermal Design Power)*. Цей параметр показує, наскільки сильно гріється процесор в роботі та яку систему охолодження слід використовувати. Вимірюється у ватах (напр., 125 Вт).
  7. *Розрядність* – це кількість біт, оброблюваних процесором за один такт (напр., 64 біт).
  8. *Зовнішня шина процесора (FSB, Front Side Bus)* – це канал зв'язку по якому процесор взаємодіє з іншими компонентами комп'ютера, (напр., оперативною пам'яттю).

### **2.10. Багатоядерний процесор**

Багатоядерний процесор – це два і більше процесорних ядра, що розміщені на одному кристалі кремнію. У одноядерному процесорі команди, які надійшли на його вхід, послідовно проходять через потрібні для їх виконання блоки, тому поки процесором виконується чергова команда, інші чекають своєї черги. У двоядерному процесорі на вхід «приходять» два окремі потоки команд та даних і також роздільно виходять. За рахунок паралельного виконання процесором декількох потоків команд, підвищується продуктивність комп'ютерної системи в цілому. Багатоядерні процесори ефективні при одночасній роботі декількох ресурсномістких завдань.

Основні проблеми розробки і виготовлення багатоядерних процесорів, такі: кожне процесорне ядро має бути незалежним з енергонезалежним споживанням і управлінням потужністю; ринок програмного забезпечення має бути здатним ефективно розбивати алгоритм розгалуження команд на парну або на непарну кількість потоків.

Переваги від використання багатоядерних процесорів, такі: можливість розподіляти роботу програм; збільшення швидкості роботи програм; процеси, які вимагають інтенсивних обчислень, протікають набагато швидше. Недоліки – зростання собівартості виробництва і підвищення енергоспоживання, крім того на практиці n-ядерні процесори не здійснюють обчислення в n-разів швидше одноядерних.

### **2.11. Архітектура x86, x64, ARM**

x86 – це архітектура процесора з однойменною системою команд, вперше реалізована у процесорах Intel. Назва x86 походить від останніх цифр у назвах її перших моделей (Intel 8086, Intel 80186, Intel 80286, Intel 80386, Intel 80486 тощо). Архітектура x86 до сьогодні домінує на ринку настільних комп'ютерів і серверів. Крім Intel, ця архітектура була реалізована в процесорах інших виробників: AMD і VIA Technologies.

x64 – це 64-бітна архітектура процесора і відповідний набір інструкцій, розроблена компанією AMD. Це розширення архітектури x86 з повною зворотною сумісністю. Свого часу, цей набір інструкцій був ліцензований Intel під назвою Intel 64.

ARM (Advanced RISC Machine, вдосконалена RISC-машина) – це 32-бітна і 64-бітна RISC архітектура процесорів, яку розробила компанія ARM Limited. Процесори з такою архітектурою мають низьке енергоспоживання, тому знаходять широке застосування у системах, що переважають на ринку мобільних пристроїв, для яких фактор енергозаощадження є критично важливий.

### **2.12. Інструкції MMX, SSE, 3DNow**

MMX (Multi Media Extensions) – розширення в системі команд (57 нових команд), що вперше реалізовано в процесорі Intel Pentium 4, призначене для ефективнової роботи з мультимедійним контентом. Завдяки MMX швидше виконується кодування відео, шифрування інформації, робота з зображеннями.

SSE (Streaming SIMD Extensions) означає «потоків розширення», вперше дане розширення застосовано у 1999 році. SIMD (Single Instruction, Multiple Data) означає «один потік команд, багато потоків даних» це одна з можливостей виконання команд, що вперше з'явилася в процесорах з MMX. Вперше SSE з'явилися в процесорі Intel Pentium 3 і включали 70 нових команд для роботи з графікою і звуком. Дані команди були доповненням, а не аналогом команд MMX.

3DNow – це відповідь компанії AMD на розширення MMX. Вперше була реалізована в процесорі AMD K6 у 1998 році. 3DNow це 21 команда для роботи з мультимедіа та звуковими даними. По суті, 3DNow це SSE, але у виконанні AMD.

### **2.13. Ключові технології Intel і AMD**

Технологія Intel Turbo Boost: автоматичне підвищення тактової частоти процесора; Intel Hyper-Threading: дає змогу багатопотоковим процесам виконувати більше завдань паралельно; Intel Smart Cache: забезпечує високу продуктивність і ефективність кеш-пам'яті; інші технології: Thermal Velocity Boost, AVX-512, AVX2.

Технологія AMD Hyper Transport: дозволяє збільшити загальну продуктивність системи, підвищити швидкість обробки даних і зменшити час відклику; 3DNow!: інструмент для роботи з тривимірними мультимедійними об'єктами та звуковими даними; інші технології: Precision Boost 2, Precision Boost Overdrive 2, AVX-512, AVX2.

### **2.14. Ринок процесорів з архітектурою x86**

Ринок x86-процесорів продовжує трансформуватися. Дані дослідження Mercury Research за першу половину 2025 року показали, що AMD зберігає стійке зростання, незважаючи на домінування Intel. AMD збільшила свою частку на 3,6% за 2024 рік, досягнувши 24,4% в основних сегментах (настільні комп'ютери, ноутбуки, сервери).

У серверному сегменті AMD встановила рекорд – 27,2% ринку, додавши 4,5% за 2024 рік. Це сталося на тлі загального зростання поставок серверних процесорів: як Intel, так і AMD збільшили обсяги майже на 20% у річному порівнянні, проте темпи AMD виявилися значно вищими. У секторі настільних комп'ютерів частка AMD

зросла до 28%, чому сприяв ажіотаж навколо процесорів Ryzen 9000 X3D із 3D V-кешем.

Сегмент ноутбуків залишається сектором протистояння: Intel збільшив частку до 77,5%, але AMD все одно випереджає свої торішні показники на 3,2%. Аналітики пояснюють квартальне падіння частки AMD зменшенням попиту в бізнес-сегменті, де традиційно сильні позиції Intel.

Окремим трендом стає зростання AI-процесорів: нові моделі Intel Core Ultra 200V Lunar Lake і AMD Ryzen AI 300 Strix Point поступово збільшують присутність на ринку. Ще одним сюрпризом став вихід Arm-процесорів з часткою в 11,9%.

В підсумку, експерти Mercury Research зазначають, що конкуренція між Intel і AMD виходить на новий рівень, а зростання Arm-архітектури додає невизначеності у довгостроковій перспективі.

## **КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ**

- 1) Які функції покладено на центральний процесор?
- 2) Які основні характеристики процесора?
- 3) Що таке тактова частота процесора?
- 4) Від чого залежить швидкодія процесора?
- 5) Які основні процесорні технології має Intel?
- 6) Що таке кеш-пам'ять процесора?
- 7) Яке призначення технології MMX?
- 8) Що таке сокет процесора?
- 9) Для чого призначені інструкції SSE?
- 10) Які основні процесорні технології має AMD?
- 11) Що таке гіперпоточність?
- 12) Чи існує класифікація процесорів за призначенням?
- 13) Що таке багатоядерний процесор?
- 14) Чи дієвим на сьогодні є Закон Мура?
- 15) Яка доля компанії Intel на ринку x86-процесорів?

## ЛЕКЦІЯ №3

### ОПЕРАТИВНА ПАМ'ЯТЬ (RAM). ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ПАРАМЕТРИ RAM. ТИПИ І МОДУЛІ DDR SDRAM. КОНТРОЛЕР ПАМ'ЯТІ ТА КОРЕКЦІЇ ПОМИЛОК

- 3.1. *Оперативна пам'ять*
- 3.2. *Типи оперативної пам'яті*
- 3.3. *Покоління оперативної пам'яті DDR*
- 3.4. *Модулі оперативної пам'яті*
- 3.5. *Тактова частота, пропускна спроможність та обсяг пам'яті*
- 3.6. *Таймінг*
- 3.7. *Двоканальний режим оперативної пам'яті*
- 3.8. *Технології корекції помилок*

#### **3.1. Оперативна пам'ять**

Оперативна пам'ять (оперативно запам'ятовуючий пристрій, ОЗП) – це енергозалежна комп'ютерна пам'ять, яка призначена для запису, зберігання і читання даних, до якої звертається процесор під час виконання обчислювальних операцій (рис. 3.1). Оскільки при доступі до комірок напівпровідникової пам'яті, читання і запис можуть здійснюватися в будь-яку вибрану комірку, пам'ять має й іншу назву – RAM (Random Access Memory, пам'ять з довільним доступом).



Рис. 3.1. Оперативна пам'ять

Основна функція оперативної пам'яті – тимчасове збереження даних, які використовує CPU для виконання будь-яких операцій і дій, у той же час вона здійснює передачу даних до процесора двома способами або самостійно, або через кеш-пам'ять. При цьому, дані і програми одного разу зчитуються з накопичувача і розміщуються в оперативній пам'яті, а потім робота процесора з ними відбувається в оперативній пам'яті. Коли дані і програми більше не потрібні, вони видаляються з пам'яті, але продовжують зберігатися на накопичувачі. Очевидно, що від швидкодії оперативної пам'яті залежить те, наскільки швидко процесор забезпечується даними для обробки.

*Основні виробники:* Goodram, Samsung, SK hynix, Micron, Corsair, Kingston, G.SKILL, Crucial.

### **3.2. Типи оперативної пам'яті**

Американський вчений Роберт Деннард у 1966 році винайшов динамічну оперативну пам'ять (DRAM, Dynamic RAM). У такій напівпровідниковій пам'яті кожна комірка є конденсатором, що функціонує на основі транзисторного переходу. У DRAM для зберігання одного біта даних використовується тільки один транзистор і один конденсатор, тому технологія DRAM дозволяє робити достатньо компактні чипи з великим об'ємом. Переваги DRAM – низька вартість, великий обсяг, а недоліки – необхідність періодичного зчитування і перезапису кожної комірки, тобто регенерація і як наслідок, зниження швидкодії та збільшення енергоспоживання.

FPM RAM (Fast Page Mode RAM) – пам'ять з «швидким сторінковим режимом» (рис. 3.2), яка використовувалась в персональних комп'ютерах 90-х років минулого століття. Для прискорення доступу до даних у FPM RAM пам'ять розбивалась на так звані сторінки. Це дозволяло збільшити швидкість доступу до даних у випадках, коли змінювався тільки номер стовпчика комірки, а номер рядка залишався незмінним. Час доступу у FPM RAM становив 200 нс.



*Рис. 3.2. Модуль пам'яті FPM RAM*

В 1995 році розробили тип пам'яті EDO RAM (Extended Data Output RAM), тобто оперативну пам'ять з довільним доступом до даних з розширеним виводом (рис. 3.3). EDO була вдосконаленою версією FPM. Використовувалася в комп'ютерах на базі процесорів Pentium починаючи з 1995 року. Час доступу у EDO RAM становив 50 нс.



*Рис. 3.3. Модуль пам'яті EDO RAM*

Наступним типом пам'яті є SDRAM (синхронна динамічна пам'ять, Synchronous Dynamic RAM). Дана пам'ять працювала значно швидше за попередників, час доступу становив всього 6-9 нс, за рахунок синхронізації своєї роботи з материнською платою.

Наступним витком еволюції типів оперативної пам'яті стала DDR SDRAM (рис. 3.4). Аббревіатура DDR, означає Double Data Rate: подвоєна швидкість передачі даних. Як можна здогадатися з назви, дана пам'ять працює в два рази швидше SDRAM. Різні версії оперативної пам'яті типу DDR використовуються практично на всіх сучасних персональних комп'ютерах.



*Рис. 3.4. Модуль пам'яті DDR SDRAM*

### **3.3. Покоління оперативної пам'яті DDR**

*DDR*. Розробка стандарту DDR почалася в 1996 році і закінчилася офіційною презентацією в червні 2000 року. Після того як всі ресурси SDRAM були вичерпані у виробників пам'яті було кілька шляхів вирішення проблеми підвищення швидкодії. Можна було б просто нарощувати число мікросхем пам'яті, тим самим збільшуючи розрядність всього модуля. Однак, це негативно позначилося б на вартості такої пам'яті. Тому асоціацією виробників JEDEC, було вирішено вдвічі збільшити шину даних всередині чипа, а передачу даних здійснювати також на вдвічі підвищеній частоті. Крім цього, в DDR передбачалася передача інформації по обох фронтах тактового сигналу, тобто два рази за такт.

З розробкою стандарту DDR з'явилися такі терміни, як реальна й ефективна частота пам'яті. Наприклад, багато модулів пам'яті DDR працювали на частоті 200 МГц. Ця частота називається реальною. Але через те що передача даних проводилася по обох фронтах тактового сигналу, виробники в маркетингових цілях множили цю цифру на 2 та отримували нібито ефективну частоту 400 МГц, яку і вказували в маркуванні (DDR-400). У стандарті DDR вперше запрацював двоканальний режим роботи пам'яті. Використовувати його можна було при наявності парного числа модулів пам'яті на материнській платі. Його суть полягає у створенні віртуальної 128-бітної шини за рахунок чергування модулів. У такому випадку відбувалася вибірка 256 біт. На «папері» двоканальний режим може підняти продуктивність підсистеми пам'яті в два рази, проте на практиці приріст швидкості виявляється меншим.

Модулі пам'яті DDR втілювались у формфакторах DIMM і SO-DIMM (для ноутбуків). У DIMM кількість пінів становила 184 штук. Для того щоб модулі DDR і SDRAM були фізично несумісні у DDR введено ключ (розріз в контактній області майданчика). DDR працює при напрузі 2,5 В. Максимальна частота модулів DDR становила 350 МГц (DDR-700).

*DDR 2*. Перші модулі типу DDR2 (рис. 3.5) з'явилися в продажі в другому кварталі 2003 року. У порівнянні з DDR оперативна пам'ять другого покоління не одержала істотних змін. DDR2 використовувала все ту ж архітектуру 2n-prefetch (2n-попередня вибірка). Якщо раніше внутрішня шина даних була вдвічі більшою, ніж зовнішня, то тепер вона збільшувалася в чотири рази. При цьому зросла продуктивність чипа, оскільки дані передавались по

зовнішній шині з подвоєною частотою. В результаті, якщо DDR-400 працював на реальній частоті у 200 МГц, то в DDR2-400 на 100 МГц, але з удвічі більшою внутрішньою шиною. DDR2 отримала більшу кількість контактів, а ключ був перенесений в інше місце для фізичної несумісності з планками SDRAM і DDR. Було знижено робочу напругу, якщо модулі DDR працювали при напрузі 2,5 В, то рішення DDR2 функціонували при напрузі 1,8 В. Максимальна частота DDR2 – 1066 МГц.



*Рис. 3.5. Модуль пам'яті DDR2*

**DDR 3.** При переході від DDR2 до DDR3 (рис. 3.6) використовувався той же самий підхід, що й при переході від DDR до DDR2. Як саме собою зрозуміло, збереглась передача даних по обох кінцях тактового сигналу, а теоретична пропускна здатність виросла ще в два рази. Модулі DDR3 також підтримували архітектурний підхід 2n-prefetch. При цьому, внутрішня шина стала у вісім разів більшою, ніж зовнішня. Номінальна робоча напруга для DDR3 була знижена до 1,5 В, що дозволило зробити модулі більш енергоефективними. Потрібно відмітити, що крім стандартної пам'яті DDR3 є ще пам'ять DDR3L (буква L означає Low – пониження), яка працює зі зниженою напругою до 1,35 В. Максимальна частота DDR2 – 2400 МГц.



*Рис. 3.6. Модуль пам'яті DDR3 SO-DIMM*

**DDR 4.** DDR4 це вже сучасніший тип оперативної пам'яті, покликаний замінити DDR3. Відрізняється підвищеними частотними характеристиками і зниженою напругою. Основна відмінність DDR4

(рис. 3.7) полягає у подвоєному, до шістнадцяти числі банків, що дозволило вдвічі збільшити швидкість передачі. Крім того, підвищена надійність роботи за рахунок введення механізму контролю парності. Працює при напрузі 1,2 В. Максимальна частота DDR4 – 4266 МГц.



*Рис. 3.7. Модуль пам'яті DDR4*

**DDR5.** Це п'яте покоління оперативної пам'яті (рис. 3.8). Роботу над розробкою цього стандарту пам'яті у 2017 році розпочав об'єднаний комітет з питань розробки електронних пристроїв (JEDEC) за участі провідних розробників напівпровідникової пам'яті та чипсетів. Новий функціонал DDR5 призначений забезпечувати вищу продуктивність при меншому енергоспоживанні і більшій цілісності даних. Пам'ять стандарту DDR5 було представлено у 2020 році. DDR5 працює зі зниженою напругою до 1,1 В. На сьогодні, максимальна тактова частота DDR5 становить 8800 МГц.



*Рис. 3.8. Модуль пам'яті DDR5*

### **3.4. Модулі оперативної пам'яті**

У ранніх версіях персональних комп'ютерів, оперативну пам'ять впаювали безпосередньо мікросхемами. Зрозуміло, що такий підхід мав ряд недоліків. По-перше, установка безлічі мікросхем пам'яті на материнську плату неефективна з позиції використання вільного місця; по-друге, кожен встановлений чип містив багато гнучких контактів, таким чином зменшується надійність, оскільки відсутність контакту хоч б одного чипа приводить до

непрацездатності всієї системи. Тому згодом мікросхеми пам'яті стали розміщувати на модулях оперативної пам'яті: маленьких платах з контактами, які встановлювалися в материнську плату у спеціальні роз'єми.

Під модулем ми розумітимемо друковану платку, на якій розташовані мікросхеми пам'яті. Модулі відрізняються один від одного розмірами і формою. На сьогодні, зустрічаються модулі пам'яті: DIMM і SO-DIMM.

DIMM (Dual In-line Memory Module, двосторонній модуль пам'яті) – це модуль пам'яті SDRAM з дворядним розташуванням мікросхем. Формфактор DIMM прийшов на зміну SIMM (Single Inline Memory Module, модуль з однорядним розташуванням пам'яті). Основною відмінністю DIMM від попередника є те, що контакти, розташовані на різних сторонах модуля, є незалежними, на відміну від SIMM, де симетричні контакти, розташовані на різних сторонах модуля, замкнуті між собою і передають одні й ті ж сигнали. Крім того, DIMM реалізує функцію виявлення і виправлення помилок у 64 (без контролю парності) або 72 (з контролем по парності або кодом ECC) лініях передачі даних, на відміну від SIMM з 32 лініями. Мікросхеми пам'яті можуть бути розміщені як з одного, так і з обох сторін плати.

SO-DIMM (Small Outline Dual In-line Memory Module, малоконтурний двосторонній модуль пам'яті) – це формфактор модулів оперативної пам'яті, компактніша варіація DIMM. SO-DIMM використовуються у системах з обмеженою кількістю вільного місця, наприклад: ноутбуках, персональних комп'ютерах з низьким формфактором (напр., Mini-ITX).

Розглянемо також систему маркування модулів оперативної пам'яті. Більшість виробників оперативної пам'яті намагається дотримуватися певних стандартів позначення шифру моделі, але при цьому все ж таки можуть бути деякі відмінності. Вони стосуються порядку розташування позначення і стандартів.

Розбір маркування модуля оперативної пам'яті, розглянемо на прикладі конкретної моделі Samsung 4GB DDR4-2133 UDIMM 1.2V CL15 (PC17000U, 1Rx8): Samsung – виробник, в нашому випадку це компанія Samsung; 4 GB – обсяг оперативної пам'яті; DDR4 – тип і покоління оперативної пам'яті; 2133 – частота роботи, що вимірюється в МГц; UDIMM – небуферизований модуль пам'яті; 1.2V – робоча напруга; CL15 – значення таймінгу; PC17000U –

пікова пропускна спроможність; 1Rx8 – відображає спосіб розташування блоків на планці, на 1 стороні розташовано 8 блоків.

### **3.5. Тактова частота, пропускна спроможність та обсяг пам'яті**

Тактова частота характеризує продуктивність пристрою, тобто кількість виконуваних операцій за одну секунду. Однак пристрої з однією і тією ж тактовою частотою можуть мати різну продуктивність, так як на виконання однієї операції різними системами може знадобитись різна кількість тактів, а крім того, системи, які використовують конвеєрну і паралельну обробку, можуть на одних і тих же тактах виконувати одночасно кілька операцій. Максимальна тактова частота різних типів оперативної пам'яті, така: DDR – 700 МГц, DDR2 – 1066 МГц, DDR3 – 2400 МГц, DDR4 – 4266 МГц, DDR5 – 8800 МГц.

Для розрахунку максимальної пропускної спроможності пам'яті типу DDR необхідно її частоту помножити на 8 байт (64 біта), тобто на розмір даних, що можуть бути передані за один такт. Наприклад для пам'яті з частотою 8000 МГц максимальна пропускна спроможність складе  $8000 * 8 = 64\,000$  Мб/с, тобто 62,5 Гб/с.

Обсяг пам'яті – один з найважливіших параметрів продуктивності оперативної пам'яті. Як і у випадку з будь-якою іншою пам'яттю, її обсяг кратний восьми: 64 Мб, 128 Мб, 256 Мб, 512 Мб, 1024 Мб (1 Гб), 2048 Мб (2 Гб), 4096 Мб (4 Гб), 8192 Мб (8 Гб). На сьогодні найбільш часто зустрічаються модулі пам'яті з обсягом 8 Гб, 16 Гб, 32 Гб, 64 Гб. Для комфортної роботи на сучасному комп'ютері має бути встановлено не менше 16 Гб оперативної пам'яті.

### **3.6. Таймінг**

Таймінг – це тимчасові затримки сигналу, що супроводжують роботу оперативної пам'яті та зв'язані з частотою її функціонування. Для того щоб прочитати або записати дані в мікросхеми динамічної пам'яті, потрібно виконати ряд операцій. Якщо говорити загалом, то спочатку процесор видає адресу потрібної комірки збереження, далі йде час очікування, коли в мікросхемі пам'яті завершиться процес вибору потрібної комірки та передачі даних від неї на вихідний буфер і запис в неї одиниці або нуля.

Таймінги пам'яті формують затримки сигналу і чим вони менші, тим краще. Таймінг представляється у вигляді чотирьох цифр, наприклад: 16-19-19-39, які описують CL, tRCD, tRP і tRAS відповідно. Найбільше значення має параметр CL, так як інші величини залежать від нього.

### **3.7. Двоканальний режим оперативної пам'яті**

Двоканальний режим це метод роботи оперативної пам'яті і її взаємодії з материнською платою, процесором та іншими компонентами комп'ютера, при якому може бути збільшена швидкість передачі даних між ними за рахунок використання двох каналів для доступу до об'єднаного банку пам'яті. Таким чином, персональний комп'ютер за використання двох модулів оперативної пам'яті в двоканальному режимі може працювати швидше, ніж при використанні одного модуля, рівного йому по обсягу (напр., 16 Гб+16 Гб замість 32 Гб). Канали, для кращого розуміння, розфарбовуються в різні кольори, наприклад: канал 1 чорного кольору, канал 2 – жовтого (рис. 3.9).



*Рис. 3.9. Двоканальний режим оперативної пам'яті*

При теоретичному збільшенні пропускної здатності оперативної пам'яті в два рази, тести показують, що на практиці приріст становить близько 5-10% в іграх і від 20% до 70% у графічних пакетах, які по максимуму використовують оперативну пам'ять.

По аналогічному принципу побудовані та працюють і багатоканальні режими роботи RAM: трьохканальний (triple-channel memory), чотирьохканальний (quad-channel), восьмиканальний (8-channel memory).

### **3.8. Технології корекції помилок**

В якійсь мірі, на загальну продуктивність комп'ютера впливає і контроль достовірності даних комірок оперативної пам'яті. Методи контролю та корекції помилок наступні: без перевірки на помилки;

перевірка на непарність; перевірка на парність; ECC (Error Checking and Correction) – контроль з кодом.

Розглянемо більш детальніше останні два методи. Як відомого, кожен байт містить вісім бітів, однак деякі види пам'яті включають дев'ятий біт – саме він потрібний для перевірки на парність. Вказаний метод працює наступним чином: спочатку визначається сума перших восьми біт пам'яті і це значення поміщається в дев'ятий біт, коли ж при читанні даних, одержана сума не співпадатиме зі значенням в дев'ятому біті, то виникає помилка парності. Оперативна пам'ять з перевіркою парності використовується в системах, де надійність дуже критична, наприклад у серверах.

Модулі пам'яті з підтримкою ECC мають на одну мікросхему більше, ніж звичайні. У таких модулях кожен байт даних забезпечується ще одним бітом контролю парності. В ECC використовується груповий метод контролю достовірності даних, коли автоматично виправляється одна помилка, а при другій помилці в групі генерується сигнал збою. Звичайно, ціна модулів пам'яті з ECC вища, тому їх найчастіше використовують в високопродуктивних обчислювальних системах.

## **КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ**

- 1) Які функції виконує оперативна пам'ять?
- 2) Які основні характеристики оперативної пам'яті?
- 3) Що визначає тактова частота оперативної пам'яті?
- 4) Чи існує класифікація оперативної пам'яті за призначенням?
- 5) Що таке динамічна пам'ять?
- 6) Яка максимальна тактова частота пам'яті DDR4?
- 7) Які фактори впливають на вибір типу оперативної пам'яті?
- 8) Яке призначення внутрішньої пам'яті комп'ютера?
- 9) Що таке DIMM?
- 10) Які є типи оперативної пам'яті?
- 11) Що таке модуль пам'яті?
- 12) Які є технології корекції помилок?
- 13) Який тип оперативної пам'яті є найновішим?
- 14) Чим важливий таймінг оперативної пам'яті?
- 15) Як визначається пропускна спроможність оперативної пам'яті?

## ЛЕКЦІЯ №4

### ЖОРСТКИЙ ДИСК (HDD). СТРУКТУРА, ТЕХНОЛОГІЇ І ХАРАКТЕРИСТИКИ HDD. ФОРМ-ФАКТОРИ ТА ІНТЕРФЕЙСИ HDD. ДИСКОВИЙ МАСИВ RAID

- 4.1. Жорсткий диск
- 4.2. Структура жорсткого диска
- 4.3. Перпендикулярний магнітний запис
- 4.4. Ємність жорсткого диска
- 4.5. Кількість пластин жорсткого диска
- 4.6. Швидкість обертання шпинделя
- 4.7. Кеш-пам'ять HDD
- 4.8. Формфактор і рівень шуму HDD
- 4.9. Інтерфейс підключення HDD
- 4.10. Технологія RAID

#### 4.1. Жорсткий диск

Жорсткий диск (накопичувач на магнітних дисках, Hard Disk Drive, HDD) – енергонезалежний запам'ятовуючий пристрій довільного доступу, основа якого виконана з твердого матеріалу, заснований на принципі магнітного запису (рис. 4.1).



Рис. 4.1. Жорсткий диск (HDD)

Дані записуються на жорсткі магнітні диски (алюмінієві або скляні), покриті шаром ферромагнітного матеріалу, найчастіше

двоокису. При цьому, запис проводиться на обидві поверхні кожної пластини за допомогою блоку спеціальних магнітних головок. Кожна головка знаходиться над робочою поверхнею диска на відстані 0,5-0,13 мкм. Диски обертаються безперервно та з великою частотою, тому механічний контакт головок і дисків недопустимий. У HDD використовується одна чи кілька пластин на одній осі. Зчитувальні головки в робочому режимі не торкаються поверхні пластин, завдяки прошарку набігаючого потоку повітря, що утворюється при швидкому їх обертанні.

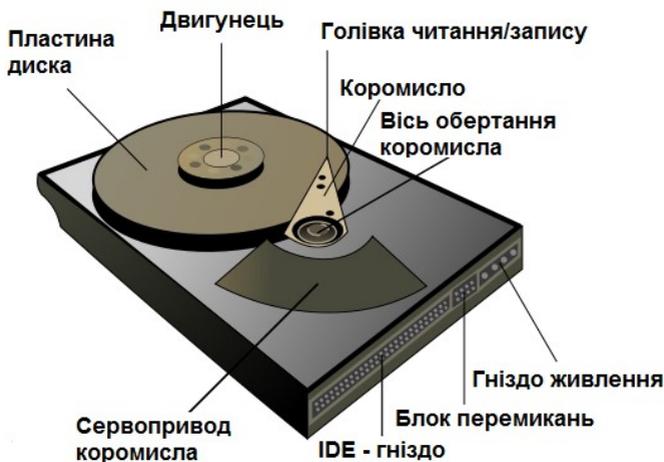
Запис даних на жорсткий диск здійснюється наступним чином. При зміні сили струму, що проходить через магнітну головку, відбувається зміна напруженості динамічного магнітного поля в щілині між поверхнею дисків та головкою, що призводить до зміни магнітного поля феромагнітних частин покриття диску. Операція зчитування відбувається у зворотному порядку: намагнічені частинки феромагнітного покриття спричиняють електрорушійну силу самоіндукції магнітної головки. Роботою жорсткого диска керує спеціальний апаратно-логічний пристрій – контролер HDD.

Існує чимало типів жорстких дисків, але всі вони складаються з одних і тих же вузлів із спільним принципом роботи. Основні елементи конструкції, що перебувають в герметичному корпусі HDD, наступні: пластини магнітних дисків на спільному шпинделі, голівки читання/запису, двигун приводу дисків, друкована плата з електричними схемами керування, елементи конфігурування.

*Основні виробники: Seagate, Toshiba, Western Digital.*

#### **4.2. Структура жорсткого диска**

Серед компонентів з яких складається жорсткий диск, найважливіші – це магнітні диски (на які записується інформація), циліндри, доріжки, сектори, а також головки читання/запису (рис. 4.2). Очевидно що, нічого не буде працювати без двигунів, які змушують пластини обертатися на високій швидкості та електроніки управління, яка відіграє важливу роль в продуктивності жорсткого диска. Електронні компоненти управління розміщується на друкованій платі, яка кріпиться під герметичним корпусом.



*Рис. 4.2. Структура жорсткого диска*

З чого складається шпиндель жорсткого диска, якщо дивитися звичайним поглядом, то він – крихітний об'єкт, який парить над обертовими пластинами. Якщо ж подивитися на шпиндель через електронний мікроскоп, то можна виділити два елементи: голівку читання і запису. Шпиндель рухається над пластиною, що може обертатися зі швидкістю до 15 000 об/хв на висоті еквівалентній 40 атомам.

Робота голівки читання полягає у визначенні змін магнітного потоку, які модулюють нульовий і одиничний біти. Головка запису має більш складну конструкцію, оскільки їй потрібно створювати магнітне поле, досить сильне, щоб міняти орієнтацію магнітних доменів в пластині. Для такої задачі використовується одна або кілька котушок. Всі елементи голівки виготовляються за технологіями, схожими з виробництвом процесорів, вони вирізаються з підкладок на яких формуються методом фотолітографії та осадження потрібних матеріалів.

### **4.3. Перпендикулярний магнітний запис**

Технологія перпендикулярного магнітного запису (PMR, Perpendicular Magnetic Recording) є ключовою «рушійною силою» при записі даних на жорсткий диск. На теперішній час, магнітні домени більше не розташовуються горизонтально, уздовж поверхні пластини, а орієнтовані вертикально, тобто перпендикулярно

поверхні. Це дозволяє збільшити щільність запису даних і як наслідок, підвищити швидкість запису або читання.

Попередній метод запису, паралельно поверхні магнітної пластини, призвів до того що в певний момент інженери вперлись в стелю, далі збільшувати щільність інформації на дисках було неможливо. І тоді згадали про інший спосіб запису, який був відомий ще з 70-х років ХХ століття. Щільність запису при цьому зросла на понад 40%.

#### **4.4. Ємність жорсткого диска**

Ємність – це обсяг даних, які може зберігати накопичувач. З моменту створення перших жорстких дисків в результаті безперервного вдосконалення технології запису даних їхня ємність безперервно збільшується. Ємність сучасних жорстких дисків вже складає понад 20480 Гб (20 Тб).

Проте, якщо поррахувати ємність даних усіх логічних дисків і порівняти отриману величину з «паспортними даними» HDD, то вони не співпадуть. Справа тут в тому, що в специфікації диска вказуються два варіанти їхньої ємності – перший відноситься до неформатованого дискового простору, а другий – після форматування. Наприклад, на диск ємністю у 500 Гбайт можна записати тільки 465 Гбайт даних користувача, а все інше залишається для службових потреб.

В рекламних цілях для одиниць виміру обсягу дискового простору використовується дещо інше співвідношення величин. Виробники вказують ємність своїх дисків в десятковій системі числення, коли 1000 Мб (а не 1024 Мб) це 1 Гб.

#### **4.5. Кількість пластин жорсткого диска**

Сучасні диски випускаються на 1-8 пластинах (рис. 4.3). Існують варіанти, коли накопичувач ємністю в 1 Тб складається з однієї пластини або з таким же обсягом, тільки з двох пластин по 500 Гб. До вибору рекомендуються жорсткі диски на одній пластині при однаковому обсязі. По-перше, на одній пластині більша щільність запису даних, а тому і швидкість зчитування вища, менше часу потрібно для позиціонування головки та зчитування даних, а це безпосередньо позначається на продуктивності роботи операційної системи і програмного забезпечення. По-друге, для однопластинного диска потрібно менше механіки, а значить менший рівень шуму і

знос робочих елементів. По-третє, менше використання механічних деталей веде до зниження тепловиділення. Перегрів жорсткого диска веде до поступового виходу з ладу магнітної поверхні (процес деформації), що загрожує втратою інформації.



*Рис. 4.3. Пластини жорсткого диска*

#### **4.6. Швидкість обертання шпинделя**

Швидкість обертання шпинделя (число обертів за хвилину) – це кількість обертів магнітного диска HDD, у стандартних дисках становить 5400 і 7200 об/хв. Випускаються моделі із змінною швидкістю обертання: від 5400 до 7200 об/хв. Жорсткі диски зі швидкістю понад 7200 об/хв (10 000 та 15 000 об/хв) призначені для серверів і високопродуктивних систем.

Від цього параметра значною мірою залежить час доступу й швидкість передавання даних, тому чим вища частота обертання шпинделя, тим більша швидкість читання/запису інформації. Диску зі швидкістю обертання 7200 об/хв достатньо для встановлення на нього операційної системи, а накопичувач зі швидкістю 5400 об/хв рекомендується використовувати в якості додаткового HDD для збереження інформації (файлів, зображень, музики та іншого).

Актуальним є й час довільного доступу. Це середній час, за який жорсткий диск виконує операцію позиціонування головки читання/запису на довільну ділянку магнітного диска. Діапазон змін цього параметра – від 2,5 до 16 мс. Важливо розрізняти час доступу (access time) і час пошуку (seek time). Час доступу є сумою часу пошуку і затримки обертання, яка відбувається, коли шпиндель вже перейшов на потрібну доріжку і чекає обертання пластини до необхідних секторів. Чим вища швидкість обертання шпинделя, тим

меншою буде затримка обертання та нижчим буде середній час доступу.

#### **4.7. Кеш-пам'ять HDD**

Чинником, що впливає на швидкість роботи жорсткого диска є розмір кеш-пам'яті (блок високошвидкісної пам'яті). Використання кеша припускає, що дані будуть читатися з кеша частіше, ніж записуватися туди. Його призначення – зменшити число звернень до запам'ятовуючого пристрою. Чим більший розмір кеша, тим вища швидкість обміну даними з жорстким диском. Актуальним є HDD з кеш-пам'яттю не менше 256 Мб, проте в якості медіасховища підійдуть і 128 Мб.

Кешування накопичувачів обумовлено наступними факторами: швидкість доступу процесора до оперативної пам'яті вища ніж до пам'яті зовнішніх накопичувачів; продуктивність дискових пристроїв максимальна при читанні-записі кількох послідовно розташованих блоків. При читанні, кеш дозволяє зчитати блок один раз, потім зберігає одну копію в оперативній пам'яті для всіх процесів і видає вміст блоку «миттєво» (порівняно із запитом до диска).

#### **4.8. Формфактор і рівень шуму HDD**

Практично всі користувацькі жорсткі диски мають формфактор 3,5 або 2,5 дюйма, під розмір стандартних кріплень в персональних комп'ютерах і ноутбуках, також історично набули поширення формати 1,8, 1,3, 1 і 0,85 дюйма (рис. 4.4).



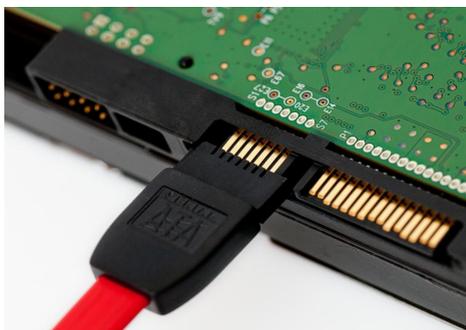
*Рис. 4.4. Формфактори жорсткого диска*

Рівень шуму один з важливих параметрів жорсткого диска, який вимірюється в децибелах. Тихими вважаються пристрої з рівнем шуму близько 26 дБ і нижче. Шум виробляє механіка накопичувача при його роботі, а саме обертання шпинделя і позиціонування. У якісних комп'ютерних корпусах реалізована м'яка підвіска жорстких дисків за допомогою гумових втулок, вона «гасить» основну частину шуму.

#### **4.9. Інтерфейс підключення HDD**

Інтерфейс – це технічний засіб взаємодії двох різнорідних пристроїв, у випадку з жорстким диском є сукупністю ліній зв'язку і протоколу обміну. Існує кілька інтерфейсів підключення HDD до материнської плати, найпоширеніший це SATA (англ. Serial ATA), менш поширені: SAS, Thunderbolt, eSATA і SCSI. Широко використовуваними зовнішніми інтерфейсами є USB 2.0, USB 3.0, USB 3.1, USB 3.2, USB Type-C.

Сучасні жорсткі диски, у своїй більшості, випускаються в продаж з SATA-інтерфейсом. SATA-інтерфейс має три версії: SATA I зі швидкістю передачі даних до 1,5 Гбіт/с, SATA II до 3 Гбіт/с, SATA III до 6 Гбіт/с (рис. 4.5). Проте це швидкість передачі даних самого інтерфейсу SATA, тобто швидкість обміну даними між буфером жорсткого диска і контролером материнської плати. Швидкість читання/запису з пластин диска насправді не перевищує 3 Гбіт/с. Рекомендується купувати HDD з сучасним інтерфейсом – SATA III.



*Рис. 4.5. Інтерфейс підключення жорсткого диска – SATA*

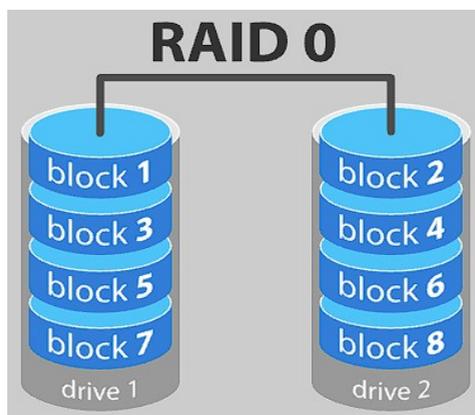
Додатково до інтерфейсу SATA був розроблений інтерфейс eSATA (External SATA), який призначений для підключення зовнішніх пристроїв з підтримкою режиму «гарячої» заміни. Для

з'єднання використовується два кабелі: шина даних (не більше 2 м) і силовий кабель. eSATA є зовнішнім портом SATA, позначений як правило, червоним кольором.

#### **4.10. Технологія RAID**

RAID (Redundant Array of Inexpensive Disks) – це технологія розподілення даних на декількох фізичних дисках, що дозволяє підвищити надійність і захищеність даних. Масив RAID може забезпечити збереження даних навіть, якщо вийде з ладу один з жорстких дисків. Технологія RAID переслідує дві мети: перша – збільшити надійність даних, друга – збільшити швидкість збереження і доступу до даних.

Розглянемо основні рівні RAID. RAID 0 використовує одночасно два жорстких диска, при цьому відбувається одночасний запис і читання на них, при використанні RAID 0 відбувається значний приріст продуктивності (рис. 4.6). RAID 1 реалізується теж на двох дисках, але тут відбувається дублювання даних (дзеркальні диски), RAID 1 забезпечує дуже високу надійність, якщо на одному з дисків відбувається збій, то резервна копія залишається на другому. RAID 0+1 використовує чотири HDD, де перші два працюють як RAID 0, а третій і четвертий як RAID 1. Інші рівні RAID використовують різні методи підвищення надійності та шифрування даних, наприклад, парність для перевірки цілісності інформації або технологію ECC (виправлення помилок).



*Рис. 4.6. Загальна схема організації RAID 0*

## **КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ**

- 1) Що таке жорсткий диск?
- 2) Які функції виконує жорсткий диск?
- 3) Яка відмінність між енергозалежною та енергонезалежною пам'яттю?
- 4) Які основні характеристики жорсткого диска?
- 5) Які бувають формфактори жорсткого диска?
- 6) Чи є контролер у жорсткого диска?
- 7) Які є типи інтерфейсів жорсткого диска?
- 8) З яких компонентів складається жорсткий диск?
- 9) Які параметри визначає формфактор жорсткого диска?
- 10) Яка відмінність між інтерфейсом SATA і eSATA?
- 11) Які є методи запису даних на диск?
- 12) Чим корисна технологія RAID?
- 13) Що таке кеш-пам'ять жорсткого диска?
- 14) На яку характеристику впливає швидкість обертання шпинделя?
- 15) У яких випадках доцільно впроваджувати технологію RAID?

## ЛЕКЦІЯ №5

### ТВЕРДОТІЛЬНИЙ НАКОПИЧУВАЧ (SSD). ФЛЕШ-ПАМ'ЯТЬ. ТИПИ КОМІРОК SSD. ПРОТОКОЛ NVME. ФОРМ-ФАКТОРИ ТА ІНТЕРФЕЙСИ SSD. ПАРАМЕТРИ SSD

- 5.1. Флеш-пам'ять
- 5.2. Твердотільний диск
- 5.3. Контролер флеш-пам'яті SSD
- 5.4. Флеш-пам'ять типу NAND
- 5.5. Типи комірок флеш-пам'яті NAND
- 5.6. Пам'ять 3D NAND
- 5.7. NVMe Express
- 5.8. Інтерфейс підключення SSD
- 5.9. Основні переваги твердотільних дисків
- 5.10. Основні недоліки твердотільних дисків

#### 5.1. Флеш-пам'ять

Флеш-пам'ять – це тип довготривалої комп'ютерної пам'яті, вміст якої можна видалити чи перепрограмувати електричним методом (рис. 5.1). На відміну від пам'яті EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory), дії стирання виконуються лише з блоками на які розділений весь обсяг флеш-пам'яті. Це пристрій зовнішньої пам'яті, але на відміну від жорсткого диску у флешках відсутні механічні складові, що значно знижує енерговитрати при записі і зчитуванні даних, збільшує швидкість читання та запису.

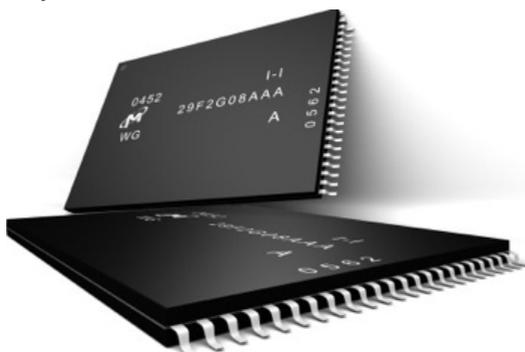


Рис. 5.1. Мікросхеми флеш-пам'яті

Флеш-пам'ять є енергонезалежною. Записана, на її кристал, інформація може зберігатися кілька десятків років, а число операцій перезапису становить не менше 10000. Раніше флеш-пам'ять застосовувалася переважно для зберігання вбудованого програмного забезпечення в різних пристроях (принтерах, сканерах, материнських платах). На сьогодні, цифрові фотоапарати, відеокамери, диктофони, кишенькові комп'ютери, смартфони та мобільні телефони – всі вони оснащені флеш-пам'яттю.

## **5.2. Твердотільний диск**

Твердотільний диск (SSD, Solid-State Drive) – це немеханічний запам'ятовуючий пристрій побудований на основі мікросхем флеш-пам'яті, який містить керуючий контролер (рис. 5.2).



*Рис. 5.2. Твердотільний диск*

Оскільки SSD побудований на базі флеш-пам'яті, то для нього відносно гостро стоїть проблема обмеженого числа циклів перезапису. В майбутньому планується усунути цей недолік шляхом виготовлення носія інформації з іншими фізичними принципами роботи. Твердотільні диски активно впроваджуються в смартфонах, планшетах, нетбуках, ноутбуках і персональних комп'ютерах для підвищення їхньої швидкодії та продуктивності.

## **5.3. Контролер флеш-пам'яті SSD**

Контролер SSD – це мікросхема з попередньо встановленою програмою (прошивкою), «мозок» твердотільного накопичувача (рис. 5.3). У процесі читання або запису на флеш-пам'ять він

забезпечує обмін даними з шиною, керує операціями запису або читання з комірок, керує структурою розміщення даних та контролює стан комірок. Крім цього, контролер займається обслуговуванням комірок, очищенням пам'яті від сміття, запобіганням зносу пристрою, коригуванням помилок. Таким чином, якість і функціональність контролера впливають не тільки на швидкість читання і запису твердотілого диска, але також на довговічність і вартість цього пристрою.

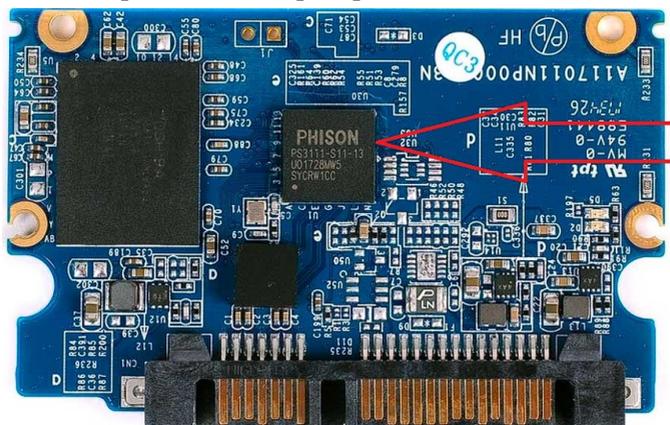


Рис. 5.3. Мікросхема-контролер SSD

#### **5.4. Флеш-пам'ять типу NAND**

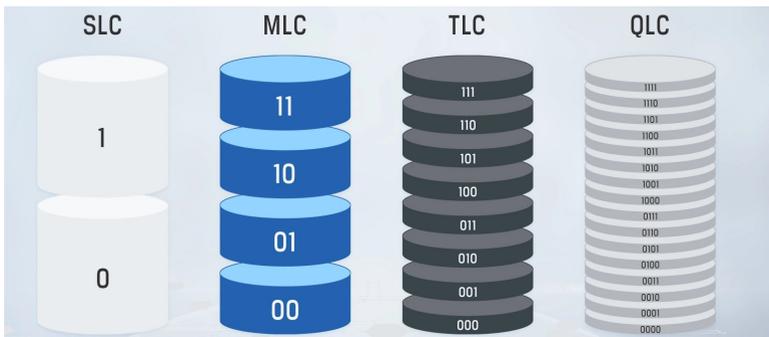
NAND – це енергонезалежна флеш-пам'ять, яка може зберігати дані, навіть якщо вона не підключена до джерела живлення. Можливість зберігати дані при вимкненні живлення робить NAND відмінним варіантом для внутрішніх, зовнішніх та портативних пристроїв. USB-накопичувачі, твердотільні накопичувачі та SD-карти використовують флеш-технологію NAND.

На ринку твердотілих накопичувачів, представлено кілька типів пам'яті NAND, кожен із них відрізняється кількістю бітів, що можуть зберігатися у комірці. Біт є електричним зарядом, який може містити тільки одне з двох значень – 0 або 1 (включений або виключений).

Ключові відмінності між типами пам'яті NAND полягають у вартості, обсязі та терміні служби. Ресурс пристрою визначається кількістю циклів P/E, які може витримати комірка флеш-пам'яті до повного зносу. Цикл P/E – це процес стирання/запису бітів даних в

комірку і чим більше циклів P/E може знести пристрій заснований на технології NAND, тим вищий його робочий ресурс.

Стандартні типи флеш-пам'яті NAND – SLC, MLC, TLC і QLC (рис. 5.4).



1 біт на комірку    2 біта на комірку    3 біта на комірку    4 біта на комірку

Рис. 5.4. Типи флеш-пам'яті NAND

### **5.5. Типи комірок флеш-пам'яті NAND**

*Тип SLC.* Дана NAND-пам'ять зберігає лише 1 біт даних на комірку. У комірці зберігається або 0, або 1 і в результаті запис та вилучення даних може виконуватися швидше. SLC забезпечує найвищу продуктивність та ресурс: 100 000 циклів P/E, тобто така пам'ять слугуватиме довше за інші типи NAND-пам'яті. Однак через низьку щільність розміщення даних SLC є найдорожчим типом пам'яті і тому зазвичай не використовується у споживчій продукції. Її типові сфери застосування: високопродуктивні системи, сервери та промислове обладнання, яке потребує високої швидкості та довговічності. Переваги: високий ресурс, недоліки: висока вартість та мала ємність.

*Тип MLC.* Зберігає 2 біта даних на комірку. MLC має більш високу щільність розміщення даних у порівнянні з SLC, тому дозволяє створювати носії більшого обсягу. Пам'ять MLC вирізняється відмінним поєднанням ціни, продуктивності та довговічності. Однак забезпечує до 10 000 циклів P/E, більш чутлива до помилок даних і має менший ресурс у порівнянні з SLC. Пам'ять MLC, зазвичай використовують у споживчій продукції, де довговічність менш важлива. Переваги: дешевша за пам'ять SLC, недоліки: швидкодія та ресурс нижчі порівняно з SLC.

*Тип TLC.* NAND-пам'ять з трирівневими комітками зберігає 3 біти на комітку. За рахунок збільшення числа бітів на комітку, знижується її ціна та збільшується обсяг пам'яті. Однак це негативно позначається на продуктивності та ресурсі (всього 3000 циклів P/E). У багатьох споживчих виробках використовується пам'ять TLC як найбюджетніший варіант. Переваги: низька ціна і великий обсяг, недоліки: низька довговічність.

*Тип QLC.* NAND-пам'ять з чотирьохрівневими комітками зберігає 4 біти на комітку. За рахунок збільшення числа бітів на комітку знижується ціна та збільшується ємність. Однак це негативно позначається на продуктивності та ресурсі (всього 1000 циклів P/E). Переваги: як і у TLC – низька ціна і великий обсяг пам'яті, недоліки: відносно короткий термін служби.

### **5.6. Пам'ять 3D NAND**

За останні роки, однією з найбільших інновацій на ринку твердотільних дисків, став винахід пам'яті 3D NAND. Виробники флеш-пам'яті розробили технологію 3D NAND, щоб усунути проблеми з якими вони зіткнулися при зменшенні розміру NAND у спробі досягти вищої щільності бітів даних за менших витрат.

У пам'яті NAND комітки у яких зберігаються дані, розміщуються горизонтально, поруч один з одним. Це вказує на те, що обсяг простору, в якому можуть бути розміщені комітки, обмежений і спроба зменшити розмір комітки знижує їхню надійність. Тому виробники NAND-пам'яті вирішили розташувати комітки в іншому просторі, що призвело до створення пам'яті 3D NAND з вертикальним розташуванням. Вища щільність пам'яті дозволяє збільшити ємність без значного збільшення ціни. Пам'ять 3D NAND також забезпечує більш високу довговічність та менше енергоспоживання.

### **5.7. NVMe Express**

NVMe Express (NVMe, Non-Volatile Memory Host Controller Interface Specification) – це протокол передачі даних твердотільних дисків, підключених по шині PCI Express. Накопичувач, який використовує NVMe, може бути платою розширення PCI Express або диском формфактора 2,5 дюйма, який використовує для підключення чотири лінії PCI Express через роз'єм U.2 чи M.2. Використання

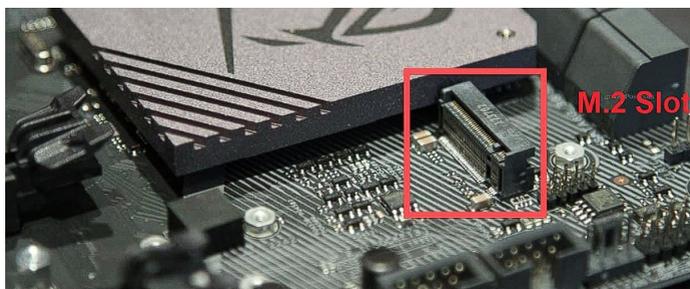
NVMe-протоколу забезпечує значно вищі швидкості читання і запису у SSD.

Оскільки, інтерфейс SATA не розроблявся спеціально для використання в роботі з флеш-пам'яттю, такої яка застосовується в SSD, тому має нижчі швидкісні характеристики ніж NVMe. В підсумку, SSD з підтримкою NVMe, стає новим галузевим стандартом.

### **5.8. Інтерфейс підключення SSD**

SATA SSD. Це твердотільні диски, які використовують інтерфейс SATA для передачі даних. Диск формфактора 2,5 дюйма це класичний ноутбучний, що підходить як для використання в стаціонарних комп'ютерах так і в ноутбуках, підключаються по інтерфейсу SATA III.

SSD M.2. Невелика друкована плата з чипами (іноді укомплектована радіатором від виробника), трохи нагадує за своїм формфактором (рис. 5.5) модуль оперативної пам'яті. Встановлюється у відповідний M.2-роз'єм на материнській платі. У разі ж, якщо на материнській платі немає такого роз'єму, можна підключити SSD за допомогою спеціальних перехідників в роз'єм PCI-Express. Формфактор M.2 має габаритні особливості, ширина стандартна – 22 мм, а довжина змінна та становить: 80, 60 або 42 мм. Визначити фізичні параметри M.2-диска можна за маркуванням, наприклад: 2280 (ширина – 22 мм, довжина – 80 мм), 2260 або 2242.



*Рис. 5.5. Формфактор M.2 на материнській платі*

PCI-E SSD. У цьому випадку, SSD (укомплектований радіатором для охолодження) встановлюються в слот материнської плати PCI-Express. За розміром зустрічаються: стандартного FHFL (Full-Height Full-Length – 120 мм по висоті, 312 мм в довжину), половинного FHHL (Full-Height Half-Length) і мінімального HHL

(Half-Height Half-Length) профілю та працюють з інтерфейсом PCI-Express x2, x4, x8 або x16.

### **5.9. Основні переваги твердотільних дисків**

1. Швидкість читання та запису. Сучасні твердотільні диски мають високі параметри читання і запису. Навіть середні і відносно дешеві SSD мають більшу швидкість, ніж звичайні жорсткі диски. Передові пристрої SSD здатні видавати швидкість читання понад 7000 Мб/с у той час як реальна максимальна швидкість стандартних жорстких дисків – не більше 300 Мб/с і то тільки на початку запису, потім швидкість помітно падає.

2. Відсутність шуму. Оскільки, твердотільні диски не мають рухомих елементів, вони повністю безшумні в роботі.

3. Низьке енергоспоживання. SSD працюють на малій напрузі та не мають рухомих частин. Якщо для комп'ютера це не надто важливий параметр, то для ноутбука та інших мобільних пристроїв низьке енергоспоживання – це довша автономна робота від акумулятора.

4. Висока надійність і стійкість. Через відсутність рухомих деталей, SSD є досить надійним, а , час напрацювання на відмову у них становить приблизно 1-2 мільйона годин. Виробники стверджують, що сучасні твердотільні диски витримують навантаження в 1500 G тривалістю 0,5 мс.

### **5.10. Основні недоліки твердотільних дисків**

1. Відносно висока ціна. SSD найближчим часом ще не витіснять HDD, оскільки 1 Гб їхнього обсягу коштує більше. Однак, ця різниця скорочуються і в останні роки вони стають «сусідами» в системному блоці: на твердотільному функціонує операційна система, а на жорсткому зберігаються дані.

2. Місткість. На сьогодні, SSD суттєво поступаються HDD за обсягом. Наймісткіші SSD, які доступні на ринку для користувачів, мають обсяг до 8 Тб.

3. Обмежена кількість циклів перезапису. Типова флеш-пам'ять (напр., MLC) дозволяє перезаписувати дані приблизно 10 000 разів і цього може бути недостатньо для тривалої роботи пристрою.

4. Уповільнення з часом. Якщо твердотільний диск підтримує технологію TRIM, то можна відключити дефрагментацію і файл підкачки, це позитивно вплине на його швидкодію.

## **КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ**

- 1) Які функції виконує твердотільний накопичувач (SSD)?
- 2) Яке призначення твердотільного накопичувача?
- 3) Які основні переваги надає використання SSD?
- 4) Які основні характеристики SSD?
- 5) В чому ключова відмінність між HDD і SSD?
- 6) Які є інтерфейси для підключення твердотільного накопичувача?
- 7) Чим відрізняється тип пам'яті NAND від 3D NAND?
- 8) Які основні недоліки має SSD?
- 9) Що таке флеш-пам'ять і які її основні особливості?
- 10) Які переваги надає використання флеш-пам'яті?
- 11) Як використання твердотільних дисків впливає на енергоспоживання?
- 12) Що таке контролер флеш-пам'яті SSD?
- 13) Які основні типи комірок флеш-пам'яті NAND існують?
- 14) Що таке NVMe Express (NVMe)?
- 15) Що таке M.2 і як він впливає на продуктивність SSD?

## ЛЕКЦІЯ №6

### ВІДЕОКАРТА (GPU). ГРАФІЧНИЙ ПРОЦЕСОР І ВІДЕОПАМ'ЯТЬ. ТИПИ І ХАРАКТЕРИСТИКИ GPU. ІНТЕРФЕЙСИ ПІДКЛЮЧЕННЯ GPU. СИСТЕМА ОХОЛОДЖЕННЯ

- 6.1. Відеокарта
- 6.2. Графічний процесор. Чипсет
- 6.3. Обсяг і тип відеопам'яті
- 6.4. Розрядність шини пам'яті. RAMDAC
- 6.5. Функціонування
- 6.6. Охолодження
- 6.7. Інтерфейс підключення відеокарти
- 6.8. Інтегрована відеокарта
- 6.9. Графічні прискорювачі, основи комп'ютерної графіки
- 6.10. Технології CrossFireX і SLI

#### **6.1. Відеокарта**

Відеокарта – це пристрій, що перетворює графічний об'єкт, який зберігається як вміст пам'яті у форму придатну для виведення на екран монітору (рис. 6.1). Відеокарта є платою розширення і вставляється у слот PCI-Express. У загальному вигляді відеокарта складається з таких основних компонентів: графічний процесор, відеопам'ять, набір мікросхем (відеочипсет), інтерфейс вводу-виводу, тактові генератори.



Рис. 6.1. Відеокарта ASUS GeForce RTX 5090 TUF Gaming

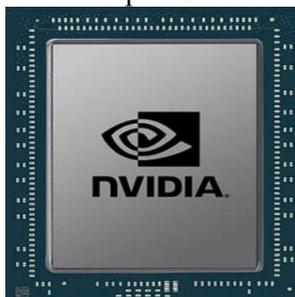
Сучасні відеокарти не обмежуються простим виведенням зображення, вони мають вбудований графічний процесор, який може проводити додаткову обробку даних, вивільняючи таким чином центральний процесор. Наприклад, усі сучасні відеокарти NVIDIA і AMD підтримують OpenGL на апаратному рівні. Останнім часом, разом зі зростанням обчислювальних потужностей графічних процесорів має місце тенденція використовувати обчислювальні можливості графічного процесору для вирішення не графічних задач, наприклад: машинного навчання.

*Основні виробники.* Дистрибуторами продукції від AMD і NVIDIA є компанії: ASUS, Gigabyte, INNO3D, MSI, Palit, Powercolor, Sapphire, Zotac, ASRock. У 2022 році компанія Intel вийшла на ринок відеокарт зі своєю лінійкою графічних процесорів Intel Arc.

## **6.2. Графічний процесор. Чипсет**

Графічний процесор (Graphics Processing Unit) – ядро відеокарти, що відповідає за обробку графічної інформації. Обробляючи команди він створює цифрову картинку екрану, що складається з сукупності координат і кольору кожної точки, далі ця інформація передається у відеопам'ять.

Сучасні GPU надзвичайно потужні, завдяки чому вони використовуються як для візуалізації, так і в якості підсилювача тривимірної графіки. Графічний процесор (рис. 6.2), можна назвати «серцем» відеокарти, яке є найгарячішим її компонентом.



*Рис. 6.2. Графічний процесор NVIDIA GeForce*

Чипсет відеокарти це набір мікросхем системної логіки, що володіє високим ступенем інтеграції. Засобами чипсета відбувається взаємодія всіх підсистем відеокарти. Одна половина чипів, припаяна під радіатором системи охолодження відеокарти, а друга – із зворотного боку. Моделі на чипсетах компаній NVIDIA, AMD і Intel – це оптимальний варіант при виборі відеокарти.

### **6.3. Обсяг і тип відеопам'яті**

Відеопам'ять (video RAM, VRAM) – це внутрішня оперативна пам'ять відеокарти в якій тимчасово зберігаються дані про зображення, яке виводиться на екран монітору. У VRAM може міститися як безпосередньо екранний кадр так і окремі його фрагменти. Вона здатна зберігати вхідні дані і результати обчислень загального призначення. Як правило, чипи оперативної відеопам'яті припаюються прямо до текстоліту (друкованої плати) відеокарти, на відміну від знімних модулів оперативної пам'яті. Зрозуміло, що чим більший обсяг відеопам'яті тим привабливіше виглядає та чи інша відеокарта. Однак, виробники випускають цілу серію відеокарт, що відрізняються об'ємом відеопам'яті і розрахованих на різні сегменти ринку. Але потрібно пам'ятати, не дивлячись на те, що об'єм відеопам'яті дуже важливий параметр, оцінювати відеокарту лише за об'ємом невірно в першу чергу слід цікавитися типом графічного процесора.

Технології виробництва пам'яті для відеокарт розвиваються стрімкіше, ніж пам'яті загального призначення, це обумовлено зокрема високими вимогами ігрової індустрії. Хронологічно у відеокартах використовувались такі типи відеопам'яті: DRAM, EDO DRAM, VRAM, WRAM, SDRAM, SGRAM, DDR SDRAM, GDDR2, GDDR3, GDDR4, GDDR5, GDDR6, GDDR6X, GDDR7.

GDDR4 і GDDR5 – тип пам'яті, який використовувався у недалекому минулому. В даний час, найбільш оптимальний варіант – GDDR6 (GDDR6X), на зміну якому прийшов GDDR7, який володіє підвищеною пропускною здатністю і відповідно більшою швидкістю роботи. Оптимальний варіант для сучасного користувача – відеокарта з типом VRAM: GDDR6 або GDDR7.

### **6.4. Розрядність шини пам'яті. RAMDAC**

Графічний процесор пов'язаний з відеопам'яттю внутрішньою шиною. Її розрядність є одним з найважливіших параметрів, що відповідає за продуктивність відеокарти і всієї системи в цілому. Ця характеристика вимірюється в бітах і представлена наступною лінійкою: 128-біт, 192-біта, 256-біт, 384-біта та 512-біт. Чим вище наведене значення, тим ефективніше та швидше буде працювати відеокарта. Продуктивність системи буде залежати від відповідності розрядності шини пам'яті та її типу.

Цифро-аналоговий перетворювач пам'яті з довільним доступом (RAMDAC) зберігає інформацію про різні графічні елементи, що відображаються на екрані (значки, шрифти та інше) монітору. Чим швидше він перетворює цифрову інформацію в аналоговий сигнал, тим ефективніше працює відеокарта.

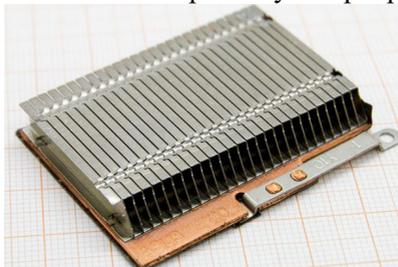
### **6.5. Функціонування**

Принцип роботи відеокарти можна представити таким чином. Графічний процесор відеокарти формує зображення (кадр) у вигляді масиву даних, записаних у відеопам'ять і безпосередньо в частину пам'яті – названу кадровим буфером. Після цього графічний процесор послідовно, біт за бітом, рядок за рядком, зчитує вміст кадрового буфера і формує вихідний сигнал, який разом з сигналами синхронізації передається на монітор. Сканування відеопам'яті здійснюється синхронно з переміщенням променя по екрану монітора, на якому формується картинка.

### **6.6. Охолодження**

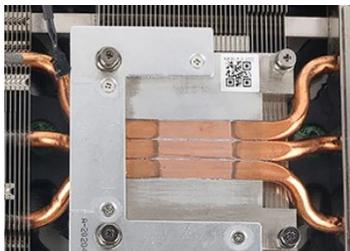
Звичайна відеокарта здатна споживати та відповідно виділяти стільки ж енергії, як 150 Вт лампочка. Подібна кількість тепла, що виділяється з поверхні одного кремнієвого чипа, може легко спалити кристал. Тому тепло слід своєчасно відводити за допомогою стабільних і потужних кулерів. Без систем охолодження, графічний процесор або відеопам'ять можуть перегрітися і навіть вийти з ладу. Охолодження може здійснюватися як пасивно за допомогою теплопровідних матеріалів і радіаторів, так і активно, якщо працює кулер.

Радіатори. Під словом «радіатор» зазвичай розуміють пасивне охолодження (рис. 6.3). Радіатор знижує температуру чипа, завдяки відведенню тепла та підвищенню площі теплообміну з повітрям. Для цієї мети радіатори зазвичай використовують ребра.



*Рис. 6.3. Радіатор*

Теплові трубки. Відеокарти з пасивним охолодженням часто використовують теплові трубки. Чим більше поверхня радіатора, тим кращим буде відвід тепла. Але іноді безпосередньо на самому чипі складно встановити великий радіатор через обмежений вільний простір. Деякі чипи настільки компактні, що громіздкий вентилятор не буде правильно працювати через надто малу контактну площу. У таких випадках допомагають теплові трубки (рис. 6.4), які значно збільшують теплопередачу від ділянки, що нагрівається до радіатора.



*Рис. 6.4. Теплові трубки*

Кулери. У більшості випадків кулер відеокарти є радіатором з прикріпленим вентилятором, який продуває повітря уздовж поверхні радіатора, таким чином відводячи тепло (рис. 6.5). Кулери відеокарт найчастіше охолоджують графічний процесор, оскільки це найгарячіший компонент відеокарти. Провідними виробниками кулерів є Zalman, CoolerMaster, Floston, Foxconn, Gigabyte і Hammer.



*Рис. 6.5. Кулер*

### **6.7. Інтерфейс підключення відеокарти**

Першими слотами розширення для встановлення відеокарт був паралельний (ISA, PCI) та послідовний (AGP) інтерфейс. Інтерфейс AGP мав кілька версій, останньою стала AGP 8x зі швидкістю 2,1 Гбайт/с, яка у вісім разів швидша початкового стандарту AGP 1x зі швидкістю 266 Мбайт/с. Слот AGP на нових материнських платах – відсутній.

PCI Express (PCIe) – послідовний інтерфейс, сучасна високошвидкісна комп’ютерна шина, яка використовується для підключення периферійних пристроїв, зокрема відеокарт (рис. 6.6). PCI Express дозволяє поєднувати кілька одиночних ліній для збільшення пропускної здатності. Найновіша версія – PCI-Express 5.0 x16 (16 ліній) дає пропускну здатність 64 Гб/с в одному напрямку або 128 Гб/с в сумі.



*Рис. 6.6. Слот PCI Express x16*

Менші варіанти слотів PCI Express (x8, x4, x1) для графіки не використовуються, хоча технічно здатні працювати з відеокартою, але на нижчій швидкості.

### **6.8. Інтегрована відеокарта**

Старіші материнські плати подекуди були оснащені вбудованою (інтегрованою, iGPU) відеокартою. Як правило, такі рішення мали низьку продуктивність при роботі зі складними графічними програмами та іграми, так як працюють, в основному, за рахунок ресурсів оперативної пам’яті. Очевидно, що інтегрована відеокарта з виділеними їй 2 Гб оперативної пам’яті буде працювати повільніше, ніж звичайна з таким же обсягом власної відеопам’яті. Змінюючи в BIOS/UEFI параметр, який відповідає за обсяг виділеної з RAM пам’яті, користувач може сам регулювати обсяг, що відводиться на відеопам’ять.

Інтерфейси інтегрованої відеокарти – це цифрові та аналогові порти на материнській платі, які передають зображення з APU-процесора на монітор, наприклад: HDMI, DisplayPort, DVI, VGA (D-Sub) (рис. 6.7).



*Рис. 6.7. DVI і VGA – порти для підключення монітору*

## **6.9. Графічні прискорювачі, основи комп'ютерної графіки**

Є два типи прискорювачів: графічний акселератор (Graphics Accelerator), що виконує прості графічні операції (побудова відрізків та простих фігур, заливка кольором) і прискорювачі анімації (Video Accelerators) з підтримкою масштабування елементів зображення.

При цьому: 2D Graphics це двовимірна графіка, яка дозволяє «малювати» в одній площині; 3D Graphics це тривимірна графіка, яка дозволяє створювати візуальне відображення тривимірного об'єкту на площині екрану; Rasterization позначає процес поділу об'єкта на пікселі; Texture – позначає двовимірне зображення якоїсь поверхні, наприклад, паперу або металу, що зберігається в пам'яті в одному із стандартних піксельних форматів.

При обробці тривимірних зображень обов'язковим є застосування наступних технологій:

- рендеринг – це термін, що характеризує процес створення зображення на екрані з використанням математичної моделі об'єкта і формул для додавання кольору та тіні;
- конвеєр – використовується для вказівки числа текстур, що накладаються на поверхню 3D об'єкта (чим більше конвеєрів, тим реалістичніше виглядає модель);
- вершинні шейдери – графічні спецефекти, які обробляють вершини трикутників 3D моделі (дозволяють змінювати колір і положення вершин, оживляючи мікрорельєф рухомих поверхонь);
- піксельні шейдери – програмовані спецефекти, подібні вершинним шейдерам, які можуть застосовуватися до кожного окремого пікселя 3D сцени, що дозволяє значно покращувати мікрорельєф статичних поверхонь.

## **6.10. Технології CrossFireX і SLI**

AMD CrossFireX – технологія, що дозволяє одночасно використовувати потужності двох і більше відеокарт Radeon для побудови тривимірного зображення (рис. 6.8). Кожна з відеокарт, використовуючи певний алгоритм, формує свою частину зображення, яке передається в чип Composing Engine майстер-карти, що має власну буферну пам'ять. Цей чип об'єднує зображення кожної відеокарти і виводить «фінальний кадр».



*Рис. 6.8. Демонстрація системи CrossFireX від AMD*

NVIDIA SLI – технологія, що дозволяє використовувати потужності декількох відеокарт NVIDIA для обробки тривимірного зображення. Використовує три алгоритми побудови зображень: Split Frame Rendering, Alternate Frame Rendering, SLI AA.

### **КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ**

- 1) Що таке відеокарта?
- 2) Для чого призначена відеокарта?
- 3) Які основні характеристики відеокарти?
- 4) Що таке відеопам'ять?
- 5) Які інтерфейсні виходи має сучасна відеокарта?
- 6) Для чого використовується відеопам'ять?
- 7) Поясніть роль графічного процесора в роботі комп'ютера?
- 8) Що таке графічний акселератор?
- 9) На що впливає розрядність шини відеопам'яті?
- 10) Яка відмінність між інтегрованою і дискретною відеокартою?
- 11) Яким чином відеокарта взаємодіє з процесором і оперативною пам'яттю?
- 12) Як відеокарта обробляє текстури та шейдери в процесі рендерингу?
- 13) Чому охолодження є важливим елементом конструкції відеокарти?
- 14) Як працює система активного охолодження відеокарти?
- 15) Чим інтегрована відеокарта відрізняється від дискретної?

## ЛЕКЦІЯ №7

### МАТЕРИНСЬКА ПЛАТА. ЧИПСЕТ. КОМПОНЕНТИ І ФОРМ-ФАКТОРИ МАТЕРИНСЬКОЇ ПЛАТИ. КОМПЛЕКТАЦІЯ ПЛАТИ

- 7.1. Материнська плата
- 7.2. Елементи конструкції материнської плати
- 7.3. Чипсет
- 7.4. Поняття сокету
- 7.5. Габарити материнських плат
- 7.6. Базова система введення/виведення
- 7.7. Основні параметри BIOS
- 7.8. Інтерфейс розширюваної «прошивки» (UEFI)
- 7.9. Комплектація материнської плати

#### **7.1. Материнська плата**

Материнська плата (Motherboard) – це плата, на якій розташовані основні компоненти комп'ютера, що забезпечують системну логіку його роботи (рис. 7.1). Вага цієї плати дуже велика, оскільки вона є сполучною ланкою між всіма компонентами комп'ютерної системи.



Рис. 7.1. Материнська плата Asus Prime B450M-A II

Материнська плата включає сокет для встановлення процесора, південний міст, слоти для модулів оперативної пам'яті, інтерфейс M.2, роз'єми для пристроїв Serial ATA, слоти PCI та PCI-E (під відеокарту і звукову карту), роз'єм ATX для підключення блоку живлення, стабілізатор напруги та інше. На ній монтуються різноманітні мікросхеми (звукова, мережева, контролера SATA, PCIe і USB, бездротових технологій, TPM, BIOS/UEFI, CMOS та інші), шляхом припаювання із застосуванням технології SMD (Surface Mount Device, поверхневий монтаж), які забезпечують та контролюють логіку функціонування плати.

Материнська плата є основою системного блоку персонального комп'ютера.

*Основні виробники: ASRock, ASUS, Biostar, Gigabyte, MSI.*

## **7.2. Елементи конструкції материнської плати**

1. Транзистори. Основне призначення – підвищення електричного струму, також використовуються в якості вимикачів в схемі.

2. Резистори. Використовуються в якості понижувача електричного струму і напруги.

3. Електролітичні конденсатори. Необхідні для вирівнювання напруги і блокування постійного струму в електричній схемі.

4. Діоди. Дозволяють струму «текти» в одному напрямку і зазвичай використовуються в якості захисту.

5. Світлодіоди – електронний компонент, що випромінює світло.

6. Індуктори – необхідні для пом'якшення стрибка струму при запуску комп'ютера (найчастіше, розміщуються перед процесором).

7. ШІМ-контроллер – мікросхема, яка керує напругою на материнській платі.

8. Батарейка CMOS. Забезпечує збереження налаштувань в BIOS/UEFI.

## **7.3. Чипсет**

Чипсет (Chipset) – це набір мікросхем, що відповідають за системну логіку роботи з внутрішніми і зовнішніми пристроями комп'ютера. Чипсет це також набір мікросхем у складі персонального комп'ютера, що керують його центральним процесором, оперативною пам'яттю і постійним запам'ятовувачим

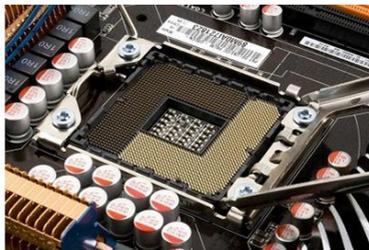
пристроєм, кеш-пам'яттю, системними шинами й інтерфейсами передачі даних, а також низкою периферійних пристроїв. Розміщується на материнській платі. Чипсет конструктивно прив'язаний до моделі процесора, він зазвичай, складається з декількох спеціалізованих інтегральних мікросхем.

Як правило, чипсет складається з двох мікросхем: Northbridge (північний міст) і Southbridge (південний міст), назви яких походять від місця їхнього розташування на материнській платі. Через північний міст здійснюється зв'язок процесора з оперативною пам'яттю і відеокартою, а за допомогою південного моста процесор спілкується з жорстким і твердотільним диском та зовнішніми пристроями.

Кількість компаній, що виробляють чипсети є обмеженою, тому материнські плати різних виробників можуть базуватися на однакових чипсетах. Оскільки основними виробниками процесорів для настільних комп'ютерів є Intel і AMD, то природно, що основні чипсети розробляються саме під їхні продукти.

#### **7.4. Поняття сокету**

Сокет – це роз'єм для встановлення певного типу процесора на материнській платі (рис. 7.2). Використання роз'єму замість безпосереднього припаювання процесора на материнській платі спрощує заміну процесора для модернізації або ремонту комп'ютера, а також значно знижує вартість материнської плати.



*Рис. 7.2. Сокет для встановлення процесора Intel*

Кожен роз'єм допускає встановлення тільки певного типу процесора. Наприклад, якщо в характеристиках моделі процесора вказано сокет – Socket AM5, то і сокет материнської плати повинен бути AM5. На фізичному рівні, роз'єми відрізняються кількістю (LGA1151 має 1151, а AM4 1331) та типом (LGA або PGA) контактів, відстанню кріплень для процесорних кулерів.

## 7.5. Габарити материнських плат

Формфактор материнської плати – це стандарт, який визначає її фізичні розміри та спосіб кріплення до комп'ютерного корпусу, розташування портів вводу/виводу, а також процес підключення блоку живлення. Найпоширенішими формфакторами материнської плати є ATX (рис. 7.3), MicroATX і Mini-ITX.



*Рис. 7.3. Материнська плата формфактору ATX*

## 7.6. Базова система введення/виведення

BIOS (Basic Input/Output System) – це базова система введення/виведення, що є набором мікропрограм, які використовуються для ініціалізації компонентів комп'ютера та початкового завантаження операційної системи (рис. 7.4).



*Рис. 7.4. Головне вікно BIOS*

BIOS є інтегрованим мікропрограмним забезпечення, що «прошито» в мікросхемі на материнській платі комп'ютера. Основне завдання: посередництво між процесором і чипсетом, з одного боку, а також між процесором та іншими пристроями з іншого.

Запускається автоматично після ввімкнення комп'ютера і виконує ряд обов'язкових процедур:

1. Перевірку обладнання. Спочатку BIOS здійснює перевірку працездатності процесора, оперативної пам'яті, відеокарти і материнської плати – POST (Power on Self Test). Якщо ця перевірка завершиться успішно, пролунає одноразовий звуковий сигнал. Якщо ж будуть виявлені помилки комп'ютер повідомить про це декількома аудіосигналами (їх значення можна розшифрувати з керівництва до материнської плати). У цьому випадку необхідно перевірити відповідні роз'єми, кабелі, плати розширення та інші деталі на материнській платі.

2. Налаштування обладнання. BIOS визначає велику кількість параметрів для різних компонентів комп'ютера. Зокрема, розподіляє переривання для окремих компонентів системи.

3. Надає інформацію про комп'ютер. Після перевірки і налаштування компонентів у більшості комп'ютерів на екрані з'являються дані про конфігурацію процесора, жорсткого диска, оперативної пам'яті.

Існують різні версії BIOS для різних моделей материнських плат. Найбільш відомі: Award, Phoenix і AMI. Функції BIOS можуть відрізняти залежно від її виробника і від характеристик материнської плати. Так, наприклад, деякі версії BIOS добре підходять для «оверклокінгу» системи. Основні функції та налаштування численних варіантів BIOS в цілому схожі. Після появи на екрані інформації про комп'ютер можна увійти в налаштування BIOS, які зберігаються в спеціальній мікросхемі – CMOS і внести необхідні зміни.

### **7.7. Основні параметри BIOS**

Як було вказано вище, більшість комп'ютерів використовують BIOS компаній AMI, Award і Phoenix. Внаслідок великого різноманіття моделей материнських плат існує багато різних підверсій BIOS. Тому налаштування BIOS на комп'ютері можуть дещо відрізнятися, від зазначених.

Головне меню. Як правило, BIOS має кілька розділів, де і встановлюються різні параметри. У залежності від версії, праворуч або внизу екрана розташовані підказки. Основні параметри BIOS можна активувати (Enabled) або деактивувати (Disabled), в інших – пропонується можливість вибору опцій зі списку.

Load Optimized Defaults. Цей пункт призначений для повернення налаштувань BIOS в початковий стан. До цієї можливості слід звертатись тільки в тому випадку, коли комп'ютер працює некоректно.

Date/Time. Дана опція слугує для встановлення дати і часу.

Halt On. Тут можна вказати, як BIOS слід реагувати на помилки при тестуванні обладнання після включення комп'ютера. Як правило, при виникненні помилки на екрані з'являється коротке повідомлення.

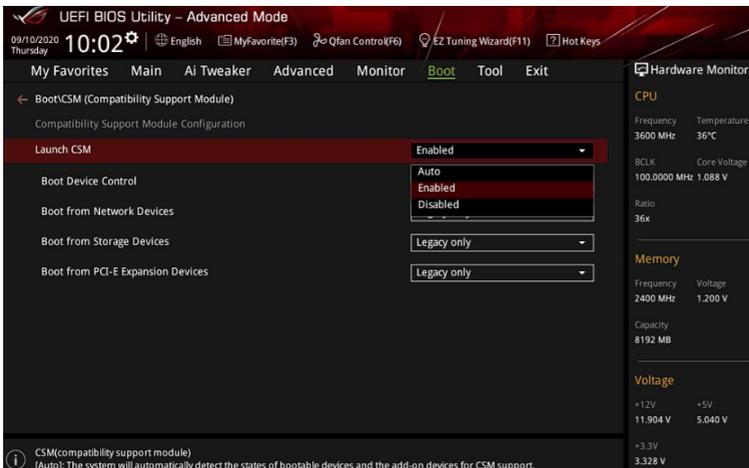
First/Second/Third Boot Device. Тут міститься інформація про те, в якій послідовності BIOS звертається до дисків при завантаженні операційної системи.

Налаштування BIOS варто змінювати тільки в тому випадку, коли це дійсно необхідно. Особливо обережним слід бути з параметрами тактової частоти процесора та оперативної пам'яті. Неправильна зміна деяких опцій може призвести до того, що комп'ютер взагалі перестане завантажуватись.

Звукові сигнали BIOS. Сигнали BIOS різних виробників дещо різняться, тому розглянемо найбільш типові, часто повторювані комбінації: сигналів немає, зображення відсутнє – несправний блок живлення або процесор; один короткий сигнал після закінчення тестування – всі системи працюють у штатному режимі; один довгий безперервний сигнал – виявлена несправність в блоці живлення; три довгих сигнали – несправна (відключена) клавіатура; один довгий і один короткий сигнал – виявлена несправність з оперативною пам'яттю; один довгий і два коротких сигналу – виявлена несправність з відеокартою; один довгий і три коротких сигналу – виявлена несправність з монітором (відеокартою); один довгий і дев'ять коротких сигналів – помилка зчитування даних в мікросхемі BIOS; п'ять коротких сигналів – проблеми з процесором; сім коротких сигналів – проблеми з материнською платою; десять коротких сигналів – помилка запису в BIOS.

## 7.8. Інтерфейс розширеної «прошивки» (UEFI)

UEFI (Unified Extensible Firmware Interface) – це інтерфейс між операційною системою і мікропрограмами, який керує низькорівневими функціями комп’ютерного обладнання (рис. 7.5). Основне призначення UEFI: коректно ініціалізувати обладнання при ввімкненні системи і передати управління завантажувачу операційної системи. UEFI призначений для заміни BIOS.



*Рис. 7.5. Головне вікно UEFI*

Розроблена понад сорок років тому для персональних комп’ютерів IBM PC система BIOS, вже багато років вважається занадто застарілою. Альтернатив не знаходилося дуже довго. На її місце приходиться система UEFI, комплекс специфікацій, що з’явився як «завантажувальна ініціатива Intel» (Intel Boot Initiative) в далекому 1998 році. Причиною розробки стало те, що обмеження обумовлені BIOS, стали відчутно гальмувати прогрес обчислювальних систем на основі новітніх в ту пору інтеловських процесорів Itanium. У 2005 році Intel представив свою розробку консорціуму UEFI Forum, головними членами якого крім Intel стали такі зубри IT-індустрії як AMD, Apple, IBM, Microsoft.

Зміни настільки глибокі, що UEFI не має з системою BIOS практично нічого спільного. У той час як BIOS, по своїй суті, є жорстким і фактично незмінним за змістом кодом прошивки, система UEFI – швидше гнучко програмований інтерфейс. А розташований цей інтерфейс поверх всіх апаратних компонентів комп’ютера з своїм власним мікрокодом. В результаті система UEFI є чимось на

зразок сильно полегшеної, але цілком самостійної операційної системи. Іноді UEFI називають псевдо операційною системою, проте вона здатна сама отримувати доступ до всього апаратного забезпечення комп'ютера. UEFI – це зрозумілий, симпатичний і повноцінний графічний інтерфейс.

Сучасні операційні системи (Windows, OS X, Linux) повністю підтримують завантаження через UEFI. Основними постачальниками UEFI є American Megatrends (AMI), Phoenix Technologies, Insyde Software, Intel, AMD, Microsoft.

### **7.9. Комплектація материнської плати**

Комплектація материнської плати включає саму плату, заглушку для задньої панелі, кабелі SATA, документацію та драйвери. В описі материнської плати фігурують такі позначення як OEM, Retail, BOX. OEM – варіант для інженерів-збирачів, мінімум всього: власне материнська плата та шлейфи. BOX – те ж саме, що і OEM, але все упаковано в «красиву коробочку». Retail – те ж саме, що й BOX з купою шлейфів і усякими наклейками емблем виробника.

### **КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ**

- 1) Які функції виконує материнська плата?
- 2) Які основні характеристики материнської плати?
- 3) Які є типи материнських плат?
- 4) З яких компонентів складається персональний комп'ютер?
- 5) Які функції покладено на чипсет материнської плати?
- 6) Які є формфактори материнської плати?
- 7) На які параметри слід звертати увагу при виборі материнської плати?
- 8) Які є мікросхеми на материнській платі?
- 9) Що таке базова система введення/виведення (BIOS)?
- 10) Які основні функції виконує BIOS під час старту комп'ютера?
- 11) Що таке UEFI і як він відрізняється від BIOS?
- 12) Що входить до комплектації материнської плати?
- 13) Які порти і слоти містить материнська плата?
- 14) Що таке ATX, microATX, Mini-ITX?
- 15) Які основні типи сокетів існують для процесорів Intel та AMD?

## ЛЕКЦІЯ №8

### КОМП'ЮТЕРНИЙ КОРПУС. ТИПИ І ФОРМ-ФАКТОРИ КОРПУСІВ. ВЕНТИЛЯЦІЯ ТА ОХОЛОДЖЕННЯ КОРПУСУ. МОНІТОР. ТИПИ І ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА МОНІТОРІВ. ХАРАКТЕРИСТИКИ МОНІТОРУ

- 8.1. Комп'ютерний корпус
- 8.2. Тип і формфактор комп'ютерного корпусу
- 8.3. Сімейство Tower: основні типи корпусів
- 8.4. Матеріал виготовлення корпусу
- 8.5. Система охолодження
- 8.6. Блок живлення
- 8.7. Кількість і тип роз'ємів блоку живлення
- 8.8. Розміщення блоку живлення
- 8.9. Компоненти сторін комп'ютерного корпусу
- 8.10. Монітор
- 8.11. Типи моніторів
- 8.12. Технології виготовлення LCD-моніторів
- 8.13. Основні характеристики монітору

#### **8.1. Комп'ютерний корпус**

Корпус – це функціональний елемент, який захищає внутрішні компоненти комп'ютера від зовнішнього впливу та механічних пошкоджень, підтримує потрібний температурний режим (рис. 8.1).



Рис. 8.1. Комп'ютерний корпус

*Основні виробники:* 1STPLAYER, ASUS, be quiet!, Cougar, DeepCool, Fractal Design, GameMax, Jonsbo, Lian Li, MSI, Chieftec, Cooler Master.

## **8.2. Тип і формфактор комп'ютерного корпусу**

Комп'ютерний корпус це елемент персонального комп'ютера, який володіє рядом особливостей:

- жоден інший пристрій не має стільки типів, дизайнерських рішень та формфакторів;
- купується він один раз на кілька років, на відміну від тієї ж материнської плати або оперативної пам'яті, які вимагають періодичного оновлення;
- корпус це обличчя комп'ютера і від його зовнішнього вигляду буде залежати ефектність всієї системи в цілому.

При дослідженні характеристик, того чи іншого комп'ютерного корпусу в його описі можна зустріти англійське слово Tower (вежа), в поєднанні з деякими сполучниками: Midi, Micro, Mini, Full, Super, Small. Це і є позначення типу корпусу (MidiTower, MicroTower, MiniTower, FullTower, SuperTower, SmallTower).

Формфактор комп'ютерного корпусу задає габаритні (фізичні) розміри технічного виробу, а також описує додаткові технічні параметри: форму, тип додаткових елементів, їхнє положення та орієнтацію. В його описі можна зустріти маркування формату ATX, мова йде про сумісність корпусу і материнської плати, яка буде встановлена всередині. Так для материнської плати ATX, підійде корпус з підтримкою формфактора ATX, а для плати MicroATX – корпус з підтримкою MicroATX. Комп'ютерний корпус має горизонтальну або вертикальну орієнтацію.

## **8.3. Сімейство Tower: основні типи корпусів**

MiniTower. Фізичні розміри (Ш x В x Г) складають приблизно 18 x 40 x 43 см. Невеликі габарити роблять такий системний блок досить стійким – це позитив. До негативу можна віднести невелику кількість секцій для кріплення пристроїв. Через свій невеликий розмір, має погані характеристики щодо вентиляції повітря. Корпус даного типу найкраще підійде для використання в офісних приміщеннях.

MidiTower. Його розміри становлять: 19 x 45 x 45 см. Корпус такого типу є найбільш поширеним. Як правило, він використовується в ігрових системах. У такий корпус можна встановити повнорозмірну материнську плату формфактору ATX, габаритну відеокарту і кілька жорстких та твердотільних дисків. MidiTower має великі розміри, завдяки чому вентилюються на відмінно (рис. 8.2).



*Рис. 8.2. Комп'ютерний корпус MidiTower*

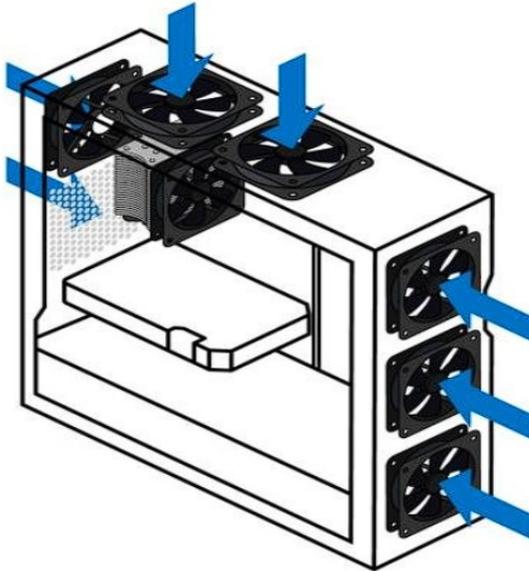
FullTower. Його розміри становлять: 20 x 63 x 48 см. Має найбільшу кількість 5,25 і 3,5-дюймових секцій для кріплення пристроїв. Вентиляція в таких корпусах надзвичайно хороша, вона забезпечується не тільки кулерами, але й правильною інженерною конструкцією самого пристрою. До мінусів можна віднести тільки високу ціну та габарити.

#### **8.4. Матеріал виготовлення корпусу**

Матеріал з якого виготовлені елементи комп'ютерного корпусу і його якість, безпосередньо впливають на захист внутрішніх пристроїв від зовнішніх пошкоджень та електромагнітних хвиль, забезпечують міцність та стійкість. Основними матеріалами є сталь, алюміній, загартоване скло, пластик. Найбільш оптимальний варіант це комп'ютерний корпус з листової сталі товщиною від 0,7 мм.

## **8.5. Система охолодження**

Система повітряного охолодження – це найпоширеніший тип охолодження на даний час (рис. 8.3). Дієвість охолодження залежить від ефективної площі розсіювання тепла радіатора, температури і швидкості проходження повітряного потоку через нього. На компоненти з відносно низьким тепловиділенням (чипсети, ланцюги живлення, модулі оперативної пам'яті), як правило встановлюються найпростіші пасивні радіатори. На деякі комп'ютерні компоненти, зокрема жорсткі диски, встановити радіатор важко, тому вони охолоджуються за рахунок обдування вентилятором. На центральний та графічний процесори встановлюються активні радіатори або RGB-кулери (сучасні елементи з кольоровою підсвіткою).



*Рис. 8.3. Схема повітряного охолодження комп'ютера*

Системи рідинного охолодження. Така система складається з: помпи – насоса для циркуляції робочої рідини; теплоприймача (пристрій, що відбирає тепло у охолоджуваного елемента); радіатора для розсіювання тепла робочої рідини (може бути активним або пасивним); ємності для компенсації теплового розширення рідини; шлангів або труб (рис. 8.4).



*Рис. 8.4. Демонстрація системного блоку з рідинним охолодженням*

За такої системи охолодження, рідина повинна володіти високою теплопровідністю, щоб звести до мінімуму перепад температур між стінкою трубки і поверхнею випаровування, а також високою питомою теплоємністю, щоб при меншій швидкості циркуляції рідини в контурі забезпечити більшу ефективність охолодження.

Підсумовуючи, потрібно відмітити, що сучасне комп'ютерне «залізо» вимогливе до системи охолодження, як локальної (монтується безпосередньо на пристрій), так і глобальної (монтується в корпусі). Перш ніж обрати той чи інший корпус, необхідно детально вивчити «маршрути руху повітря» в його всередині. Оптимальний варіант виглядає наступним чином: у внутрішню частину корпуса повітря надходить з передньої панелі за допомогою вентиляторів або замаскованого отвору, прикритого сіткою. Проходячи через відсік з жорстким диском, потік змішується зі струменем повітря, що надходить з бічного отвору і виводиться у зовнішнє середовище через задню панель корпусу.

### **8.6. Блок живлення**

Блок живлення (PSU, Power Supply Unit) призначений для забезпечення вузлів комп'ютера електричною енергією потрібної сили струму і напруги (рис. 8.5). Здійснити правильний підбір блоку живлення означає забезпечити якісне функціонування компонентів системного блоку: материнської плати, процесора, оперативної пам'яті, відеокарти.



*Рис. 8.5. Блок живлення Chieftec Photon CTG-750C-RGB*

Потужність блоку живлення – це ключова характеристика, до вибору якої необхідно поставитись з усією відповідальністю, вимірюється у ватах (Вт) і число цих самих ват повинно бути на 20% (це свого роду перестраховка на випадок майбутнього апгрейду системи) більшим сумарної потужності всіх компонентів комп'ютера. Саме тому вибір блоку живлення потрібно проводити в індивідуальному порядку, враховуючи всі особливості власного персонального комп'ютера. Для офісного і неігрового домашнього комп'ютера прийнятна потужність блоку живлення: 450-500 Вт, для легких ігрових систем 600-750 Вт, а якщо ж мова йде про потужну та енергозатратну ігрову платформу або оверклокінг, то рекомендується блок живлення з потужністю 750-1000 Вт і вище. Для визначення сумарної потужності комп'ютера можна скористатися інтерактивними сервісами мережі Інтернет. Для цього достатньо ввести в пошукову систему запит «калькулятор потужності блока живлення».

Як відомо, існує два різновиди охолодження – пасивне і активне. Перший тип реалізується за допомогою лише радіатора, а другий передбачає використання кулера, який направляє потік повітря до радіатора. Перевага пасивної системи охолодження – низький рівень шуму, недолік – відносно невисока ефективність і можливість перегріву блоку живлення при підвищених навантаженнях. Активна система позбавлена цієї негативної сторони, однак з'являється один недолік – високий рівень шуму, що супроводжує роботу блоку живлення.

*Основні виробники:* Chieftec, Corsair, DeepCool, GameMax, ASUS, be quiet!, Seasonic, Vinga.

### **8.7. Кількість і тип роз'ємів блоку живлення**

Залежно від виробника і моделі блоку живлення, кількість та типи роз'ємів для підключення пристроїв всередині системного блоку, можуть бути різними. Для підключення блоку живлення до старих материнських плат використовується шлейф 20-ріп в комбінації з 4-ріп, що в результаті перетворюється на повноправний 24-піновий шлейф, що використовується на сучасних материнських платах. Периферійний шлейф 4-ріп потрібний для підключення старих IDE-дисків, приводів DVD (за потреби), вентиляторів з перехідниками. 6-ріп для подачі додаткового живлення на відеокарту. Потрібно відмітити, що при виборі блоку живлення необхідно переконатися в тому, що кількість і тип його роз'ємів є достатнім для підключення всіх елементів системного блоку.

Параметри, які вказують на надійний та високоякісний блок живлення: наявне якісне маркування проводів; має великі і потужні силові трансформатори на високовольтному каскаді (470 мкФ і вище); має належну вагу та якісні вентилятори відомих фірм-виробників (напр., Powerman чи Zalman); містить описову інформацію про максимальну силу струму по кожному каналу.

### **8.8. Розміщення блоку живлення**

Протягом багатьох років, в більшості комп'ютерних корпусів блок живлення розташовувався у верхній його частині. Однак, потужності ігрових систем з роками тільки зростають, що неминуче веде до підвищення тепловиділення компонентів системного блоку. А так як, згідно закону фізики, велика частина тепла накопичується у верхній частині системного блоку, то блок живлення, розташований в цьому місці, замість охолодження отримує додатковий нагрів, що негативно позначається на його надійності і довговічності. Тому, для підвищення ефективності охолодження системи, сучасні ігрові комп'ютери доцільніше збирати на базі корпусів з нижнім розташуванням блоку живлення, при якому його вентилятор здійснює забір повітря з-за меж системного блоку, а не з його внутрішнього простору.

При цьому, у верхній частині корпусу, замість блоку живлення кріплять вентилятор великого діаметра, який «викидає» гаряче повітря за межі системного блоку комп'ютера, що виявляє позитивний ефект на загальну ефективність системи охолодження.

### **8.9. Компоненти сторін комп'ютерного корпусу**

На передній стороні корпусу є: кнопка Power, саме її ми натискаємо, щоб увімкнути комп'ютер; кнопка Reset, натискаємо її, щоб перезавантажити комп'ютер; індикатор, сигналізує про наявність живлення в системному блоці; привід (DVD, Blu-Ray), за потреби; різні порти, гнізда для підключення навушників з мікрофоном і USB-пристроїв.

На задній стороні корпусу наявна алюмінієва кришка з отворами, наприклад з такими портами: PS/2, USB, VGA, DVI, HDMI, LAN (рис. 8.6).



*Рис. 8.6. Зворотна сторона системного блоку*

### **8.10. Монітор**

Монітор – це периферійний пристрій, який призначений для візуального відображення текстової та графічної інформації (рис. 8.7). Монітор складається з екрану, блоку живлення, плат управління та корпусу. Дані для відображення на моніторі надходять від відеокарти (дискретної або інтегрованої), яка формує відеосигнал. У деяких випадках в якості монітора може використовуватись телевізор або проектор.



*Рис. 8.7. Сучасний комп'ютерний монітор*

*Основні виробники: Acer, AOC, ASUS, BenQ, Dell, Lenovo, LG, MSI, Philips, Samsung, HP.*

### **8.11. Типи моніторів**

Монітор з електронно-променевою трубкою (CRT, Cathode Ray Tube). На початку двохтисячних років, CRT-монітори були найбільш поширеними (рис. 8.8). Такі монітори зовні схожі на колись використовувані телевізори, вони побудовані за тією ж технологією. Внутрішня поверхня CRT-монітору покрита спеціальною речовиною – люмінофором. Пучок електронів, що випромінюється з катодно-променевої трубки, потрапляє на каплю люмінофора, яка після цього починає світитися. Так «запалюється» один піксель – одна крапка на моніторі. Кольорові монітори мають три капли люмінофора – червону, зелену і синю в кожній точці монітору. Потрібний колір точки формується за допомогою інтенсивності променевої трубки, а також кута падіння пучків електронів.



*Рис. 8.8. Монітор з електронно-променевою трубкою*

Рідкокристалічний монітор (LCD, Liquid Crystal Display). LCD-монітор це електронний пристрій візуального відображення інформації, принцип дії якого ґрунтується на явищі електричного переходу Фредерікса в рідких кристалах (рис. 8.7). Такі монітори часто називають TFT (рідкокристалічний монітор на тонкоплівкових транзисторах), обидві назви технічно правильні.

Технологія LCD досить цікава, розглянемо загальний принцип її роботи: тонкі пластини містять матриці рідких кристалів, керування комірками кристалів здійснюється шляхом подачі (або навпаки, відключення) струму та енергії низької величини. А це в свою чергу, виключає електромагнітне випромінювання, яке було характерне для CRT-моніторів. Рідкокристалічні монітори мають відносно низьке енергоспоживання, тому вони широко застосовуються як у кишенькових пристроях (годинниках, мобільних телефонах, кишенькових комп'ютерах), так і в комп'ютерних моніторах й телевізорах. Вони є найбільш доступними, популярними та поширеними серед користувачів персональних комп'ютерів по всьому світі, споживають мало електроенергії та не мають електромагнітного випромінювання.

OLED (Organic Light-Emitting Diode), монітор на органічних світлодіодах (рис. 8.9). OLED – це напівпровідниковий прилад, виготовлений з органічних сполук, які добре випромінюють світло при проходженні через них електричного струму. Для створення органічних світлодіодів використовуються тонкоплівкові багат шарові структури, що складаються з шарів кількох полімерів. Основне застосування OLED-технології – це створення пристроїв відображення інформації, зокрема моніторів. Дисплеї на органічних світлодіодах застосовуються в комп'ютерних моніторах, смартфонах, планшетах, розумних годинниках.



*Рис. 8.9. OLED-монітор*

OLED – технологія нового покоління, яка йде на зміну LCD-технології та відрізняється від неї використанням органічних матеріалів і світловипромінюючих елементів. Ці дві відмінності дозволяють технології OLED і моніторам на її основі мати ряд вагомих переваг над LCD. На відміну від LCD-матриці, яку необхідно додатково підсвічувати, OLED-монітор світиться сам, тобто відпадає необхідність в лампі підсвічування, що суттєво знижує розміри, вагу та енергоспоживання. Пікселі OLED-моніторів світяться власним, а не відбитим, як у LCD світлом. Це дає можливість досягти високих показників яскравості і контрастності, недосяжних при використанні рідких кристалів.

Плазмовий монітор (PDP, Plasma Display Panel). Зображення на такому моніторі формується шляхом рекомбінації іонізованого газу в результаті чого відбувається світловий розряд. Плазмові монітори досить дорогі, тому не особливо розповсюджені (рис. 8.10).



*Рис. 8.10. Плазмовий монітор*

### **8.12. Технології виготовлення LCD-моніторів**

Наявні три основні технології виробництва матриць рідкокристалічних моніторів: TN + film, IPS і VA.

1. Слово «film» у назві TN + film вказує, що дана технологія використовується, як додаткова для збільшення кута огляду. Кут огляду моніторів з матрицею TN + film становить 90-150°. Контрастність у TN-матриць погана, зате у них досить низький час відклику. Дана технологія є найпростішою.

2. Наступна технологія IPS (In-Plane Switching). Ця технологія розроблена компаніями Hitachi і NEC. Основне її завдання – усунення недоліків TN. У IPS кут огляду від 170° до 178°, висока контрастність, а час відгуку залишилося на хорошому рівні.

Розроблено і модифіковані версії, наприклад: S-IPS, AS-IPS, A-TW-IPS, AFFS.

3. Технологія VA (Vertical Alignment) оптимальна у всіх відношеннях, у неї хороші горизонтальні кути огляду (від  $160^\circ$  до  $178^\circ$ ), час відгуку в два рази менший ніж у IPS-матриць, а кольори передаються більш точно та якісніше аніж на TN-матрицях. Ще до переваг VA-матриці можна віднести глибокий чорний колір. Різновидами VA-матриць є MVA, PVA, S-PVA, S-MVA.

### **8.13. Основні характеристики монітору**

**Діагональ монітору.** Розмір монітору, обумовлений довжиною діагоналі екрану. Одиницею вимірювання є дюйм. Наразі найпоширенішими є значення в діапазоні від 24 до 32 дюймів.

**Частота оновлення.** Характеристика, яка вказує скільки разів за секунду екран монітору здатний оновити кадр. Наприклад, моделі з частотою 240 Гц за одну секунду «встигають» оновити кадр 240 разів.

**Час відклику.** Це мінімальний час, за який піксель монітору змінює колір з білого на чорний, а потім знову на білий. При роботі зі звичайним програмним забезпеченням, цей параметр немає великої ролі, а от при роботі з відео або в динамічних іграх різниця відчувається. У сучасних моніторах час відклику варіює в межах від 0,5 і менше до 4 мс.

**Контрастність.** Його значення можна визначити за співвідношенням яскравості матриці в двох «крайніх» положеннях – «чорний» і «білий». Контрастність важлива для формування чіткого якісного зображення. Значення контрастності різні для різних типів матриць. Для IPS хорошим значенням є 400:1, для VA – до 3000:1, а для TN + film – 250:1. Тому, перед тим як оцінювати значення контрастності, потрібно уточнити тип матриці монітору. У будь-якому випадку, чим більше це значення, тим краще.

**Яскравість.** Цей параметр особливо важливий при перегляді медіаконтенту, залежать як від якості ламп підсвічування, так і від типу матриці. Яскравість вимірюється в канделах (кд) або нітах на квадратний метр. Достатня величина яскравості: 350-600 кд/м<sup>2</sup>. Класичне значення яскравості в теперішніх моніторах: 350 кд/м<sup>2</sup>.

**Кути огляду.** У перших моделях рідкокристалічних моніторів був один значний недолік, варто було подивитися на екран хоч під невеликим кутом, відразу ж з'являлися спотворення по кольорах і

яскравості. У сучасних моделях значення цих параметрів становлять 170°-178° як по горизонталі так і по вертикалі.

Глибина кольору. Чим більше це значення (має бути не менше 16,7 млн. кольорів), тим якіснішим буде зображення.

Співвідношення сторін екрану. Параметр, що вказує на співвідношення ширини до висоти монітору, наприклад: 4:3, 16:9, 16:10, 21:9.

Інтерфейс підключення. Найпоширенішими інтерфейсами є VGA, DVI, HDMI, DisplayPort, USB Type-C.

Іншими важливими характеристиками є радіус кривизни (наприклад, 1800R), максимальна роздільна здатність (2560x1440), підтримувані технології (AMD FreeSync, NVIDIA G-SYNC), підсвітка (WLED), споживча потужність (25 Вт), регулювання положення монітору (від -2° до 22°).

## **КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ**

- 1) Яке функціональне призначення комп'ютерного корпусу?
- 2) Які основні характеристики комп'ютерного корпусу?
- 3) З яких компонентів складається системний блок комп'ютера?
- 4) Які бувають формфактор корпусу комп'ютера?
- 5) Які є види систем охолодження корпусу?
- 6) Чи входить блок живлення в комплектування комп'ютерного корпусу?
- 7) З яких матеріалів виробляється корпус?
- 8) Що таке монітор?
- 9) Для чого призначений монітор?
- 10) Які особливості має технологія IPS і VA?
- 11) Які основні характеристики монітору?
- 12) Які є типи моніторів?
- 13) Які інтерфейси необхідні для підключення відеокарти та монітору?
- 14) Чим важливий кут огляду монітору?
- 15) В чому користь технологій AMD FreeSync і NVIDIA G-SYNC?

## ЛЕКЦІЯ №9

### ПРИНТЕР. ТИПИ ПРИНТЕРІВ. ПАРАМЕТРИ І ОБСЛУГОВУВАННЯ ПРИНТЕРА. СКАНЕР. ТИПИ СКАНЕРІВ. ХАРАКТЕРИСТИКИ СКАНЕРА. БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНІ ПРИСТРОЇ

- 9.1. Матричний принтер
- 9.2. Обслуговування матричних принтерів
- 9.3. Струменевий принтер
- 9.4. Обслуговування струменевих принтерів
- 9.5. Лазерний принтер
- 9.6. Обслуговування лазерних принтерів
- 9.7. Сканер
- 9.8. Багатофункціональні пристрої

#### **9.1. Матричний принтер**

Принтер – це периферійний пристрій (рис. 9.1), що підключається до комп'ютера, призначений для друку текстової та графічної інформації на папері.



*Рис. 9.1. Матричний принтер Epson LQ-630*

Найпростіша технологія друку – це ударна, коли металева літера, керована електромагнітом, через фарбувальну стрічку залишає свій відбиток на папері як у звичайній друкарській машинці. На зорі розвитку обчислювальної техніки використовувались найрізноманітніші конструкції ударних принтерів. Але необхідність друкувати графічну інформацію, а також документи на будь-яких

мовах, призвела до створення матричної технології, коли символ на папері утворюється з маленьких точок, які наносять на папір через фарбувальну стрічку.

Розглянемо процес друку більш детально. Друкування відбувається за допомогою вбудованої у друкуючий вузол матриці, що складається з голок. Папір втягується у принтер за допомогою валу. Між папером та друкуючим вузлом розташовується фарбуюча стрічка. При ударі голки по стрічці, на папері з'являються крапки. Голки, що розташовані у друкуючому вузлі керуються електромагнітом. Головка кріпиться на каретці і до неї підводиться шлейф, через який передаються сигнали на окремі голки. Каретка рухається вздовж листа паперу по спеціальних направляючих. Під час просування друкуючого вузла по рядку на папері з'являються відбитки символів утворені з крапок. В пам'яті матричного принтера містяться коди окремих літер, знаків тощо. Ці коди визначають, які голки і в який момент слід активізувати для друкування потрібного символу.

Матричні принтери, досі залишаються затребуваними в багатьох сферах людської діяльності, їх можна ще зустріти на пошті, в банках і транспортних касах. Основні їхні переваги це невимогливість до якості паперу і низька вартість друку, недоліки – незадовільна якість та великий рівень шуму при друці.

Існують більш досконалі матричні принтери – посторінкові. Замість маленьких головок у них використовуються довгі масиви з великою кількістю голок, при цьому досягається швидкість друку близько 1500 рядків за хвилину. Для роботи з папером формату А3, випускаються принтери з широкою кареткою, які можуть друкувати до 132 символів в рядку. Практично всі матричні принтери здатні працювати з рулонним і перфорованим папером. Для покращення якості друку матричним принтером, було прийнято рішення збільшити число друкуючих голок до двадцяти чотирьох, проте навіть такі моделі не можуть друкувати з якістю струменевих принтерів.

Основні характеристики матричного принтера: швидкість друку (наприклад, 347 зн./с), кількість голок в друкуючій голівці (9 шт.), роздільна здатність (240x144 dpi), формат (А4), типи паперу (рулон), інтерфейс (USB, LPT, COM), вага (4,1 кг).

*Основні виробники:* Epson, Brother, Canon, Fujifilm, OKI.

## **9.2. Обслуговування матричних принтерів**

Матричні принтери «збирають» набагато більше пилу і бруду, аніж інші типи принтерів. Це відбувається внаслідок фізичного контакту між фарбуючою стрічкою і друкуючою головкою, а також тривалого переміщення паперу в принтері. При роботі принтера барвна стрічка постійно переміщається для того, щоб «свіжа» частина знаходилася перед друкуючою головкою. Таке переміщення стрічки призводить до того, що від неї відокремлюються невеликі ворсинки в тому місці, де вся фарба вже використана. Ці ворсинки є причиною заклинювання голок. Непрацюючу голку помітити дуже просто: при друці символів в них будуть з'являтися «порожнечі». Щоб запобігти забрудненню, необхідно використовувати спеціальні типи фарбувальної стрічки.

## **9.3. Струменевий принтер**

Суть технології струменевого друку (рис. 9.2) полягає у формуванні зображення на папері шляхом спрямованого «викиду» крапель барвника (чорнила). Для формування тексту або зображення в струменевих принтерах використовуються, в основному, чотири кольори (модель СМҮК): пурпурний (magenta), блакитний (cyan), жовтий (yellow) і чорний (black). У більш дорогих принтерах застосовується шість і навіть вісім кольорів (зазвичай розширений набір кольорів використовується в фотопринтерах). Текст і зображення формуються шляхом нанесення на папір чорнил декількох кольорів або якогось одного. При попаданні на папір чорнило швидко вбирається ним і висихає. Друкуюча головка є матрицею сопел, через які чорнило подається на папір. Сопла настільки тонкі, що чорнило не протікає через них, утримуючись за рахунок поверхневого натягу і спеціальної конструкції чорнильної ємкості. Розмір краплі чорнила визначає якість одержуваного зображення, чим менший розмір, тим більш чітким буде текст і зображення. Розмір краплі вимірюється в піколітрах.



*Рис. 9.2. Струменевий принтер Epson EcoTank L1270*

На сьогоднішній день в струменевих принтерах використовуються дві основні технології формування крапель при викиді з друкуючої головки: п'єзоелектричний і бульбашковий (електротермічний).

При п'єзоелектричній технології в друкуючій голівці принтера формуються мініатюрні п'єзопластани, керовані електричними сигналами. Краплі чорнила, «викидаються» з друкуючої головки за рахунок коливань пластин. Такі головки зазвичай виконуються окремо від картриджів для збереження чорнила та повинні служити весь термін його експлуатації. Перевагами технології є зносостійкість п'єзоголовки, стабільність характеристик і відсутність так званих «супутників» – невеликих крапельок, супроводжуваних основну. Відносні недоліки: порівняно висока вартість друкуючої головки і вимогливість до якості чорнила.

У бульбашкової технології крапля «викидається» за рахунок створення надлишкового тиску при дуже швидкому (ударному) нагріванні «порції чорнила». При використанні цієї технології, виготовлення друкуючої головки простіше і дешевше. Тому найчастіше вони виконуються в єдиному корпусі зі змінним картриджем. Можливість частої заміни головки дозволяє використовувати більш стійкі до води і світла пігментні чорнила, що містять тверді мінеральні частинки. Недоліками цієї технології є: по-перше, «викиди з бризками» – дрібні краплі на поверхні паперу навколо основної точки і по-друге, жорсткі вимоги до теплостійкості чорнила, які повинні зберігати свої оптичні властивості при швидкому нагріванні.

Струменевий принтер добре підходить для домашнього використання: відносно низька ціна, можливість друку в кольорі, висока якість, незначний шум. Окрім того, він безумовно знайде застосування там, де необхідний високоякісний кольоровий друк, такий принтер – невід’ємний інструмент графічного дизайнера.

Основні характеристики струменевого принтера: технологія друку (наприклад, бульбашкова), максимальна роздільна здатність друку (5760x1440 dpi), підтримка фотодруку (є), мінімальний розмір краплі (1,5 пл), формат і щільність паперу (A4, 60 ~ 300 г/м<sup>2</sup>), формат фотографій (10x15, 13x18, 9x13), швидкість друку (чорно-білий друк A4: 30 стор/хв.; кольоровий друк A4: 18 стор/хв.), споживана потужність (17 Вт), інтерфейс (USB), вага (5,3 кг).

*Основні виробники:* Epson, Canon, HP, Brother, Kyocera, Xerox.

#### **9.4. Обслуговування струменевих принтерів**

У більшості струменевих принтерів картридж конструктивно виконаний у вигляді резервуара з чорнилом і елемента з соплами. При заміні такого картриджа, відпадає необхідність в очищенні сопел від старих засохлих чорнила. При обслуговуванні термічних принтерів потрібно не забувати, що в них використовуються нагрівальні елементи. Одна з найважливіших умов «довгого життя» і надійної роботи струменевого принтера це суворе дотримання штатної процедури вимкнення. Справа в тому, що найстрашніший «ворог» друкуючої головки – повітря, від контакту з яким засихають чорнила в соплах. Тому по закінченні друку принтер відправляє каретку в «паркувальну позицію», в якій сопла притискаються до спеціальної прокладки, що оберігає їх від пересихання. Якщо перешкодити йому це зробити, капіляри в голівці можуть закупоритися.

Іноді трапляється, що під час друку зникає електропостачання. Зрозуміло, при цьому принтер не може виконати операцію парковки і залишає головку в проміжному положенні. У такому випадку можна відкрити кришку і обережно пересунути каретку в паркувальну позицію. Однак все ж, після тривалого простою, чорнильні сопла можуть пересохнути, щоб уникнути цього пристрій потрібно, як мінімум, раз на тиждень включати і друкувати на ньому хоча б пробну сторінку Windows.

### **9.5. Лазерний принтер**

У лазерних принтерах (рис. 9.3) для створення відбитку, використовується електрографічний принцип. Друковане зображення за допомогою лазерного променя наноситься на світлочутливий барабан у вигляді електростатичного потенціалу. При цьому промінь лазера проходить через систему дзеркал або рідкокристалічну матрицю та висвітлює заряджену поверхню та розряджає потрібні ділянки барабана. Коли оброблена лазером поверхня барабана, проходить повз контейнер з барвником мікропорошку його незаряджені ділянки притягнуть фарбу, а заряджені – залишаться чистими. Принтеру потрібно тільки «прокатати» барабаном по аркушу паперу, щоб фарба до нього прилипла. Після цього папір з нанесеним на нього порошком нагрівається до температури понад 100°C, в результаті мікропорошок розплавляється і пропалається на папір.



*Рис. 9.3. Лазерний принтер HP LaserJet Pro 3003dn*

При кольоровому друці, зображення формується шляхом змішування тонерів різних кольорів. Кольоровий лазерний принтер є складним електронним пристроєм з 4 резервуарами для тонера, оперативною пам'яттю, процесором та жорстким диском, що відповідно збільшує його габарити та ціну.

Переваги лазерних принтерів: висока швидкість та якість друку тексту чи зображення, низька собівартість друку, безшумність, висока надійність. Недоліки – висока ціна та споживання електроенергії.

Лазерні принтери умовно діляться на домашні і офісні. Домашні моделі мають спрощену конструкцію. Офісні принтери

оснащуються додатковими пристроями для автоматизації процесу друку, при цьому мають збільшені фізичні розміри.

Основні характеристики лазерних принтерів: технологія друку (наприклад, лазерний друк, ч/б), максимальна роздільна здатність друку (1200x1200 dpi), формат і щільність паперу (A4, 60 ~ 163 г/м<sup>2</sup>), швидкість друку (30 стор/хв.), споживана потужність (313 Вт), інтерфейс (USB), вага (4.1 кг).

*Основні виробники: Canon, Epson, HP, Brother, OKI, Pantum, Samsung, Xerox.*

### **9.6. Обслуговування лазерних принтерів**

Для лазерних принтерів ефективною профілактикою буде своєчасна заміна картриджа з тонером. Добре, якщо у моделі принтера при заміні картриджа, можна замінити світлочутливий барабан і блок розподілу тонера. Якщо ж замінюється тільки резервуар з тонером, потрібно виконати очистку тих елементів, які стикаються з ним. Для цього необхідно використовувати спеціальні серветки і керуватись рекомендаціями виробника, які можна знайти в документації до лазерного принтера. У комплектацію деяких принтерів входить спеціальний пензлик для очищення. Іноді, виникає питання – чи можна пілососити картриджі лазерного принтера для видалення залишків тонера. Можна, тільки треба мати на увазі, що порошок використовуваний в тонері, занадто малий для стандартних пілососних фільтрів, тому необхідно придбати спеціальний фільтр. В іншому випадку, порошок буде просто пролітати через звичайний фільтр і «висіти в повітрі». Крім того, слід пам'ятати, що блок закріплення тонера працює при високій температурі, оптимально братись до профілактичних робіт через 15 хвилин після вимкнення принтера.

### **9.7. Сканер**

Сканер – це периферійний пристрій, що призначений для створення зображень певних об'єктів, шляхом обробки променів, які відбиваються від поверхні або проходять крізь об'єкт (рис. 9.4). Сканер виконує перетворення чорно-білого або кольорового друкованого тексту чи зображення в цифрову форму. Сканована інформація потім обробляється за допомогою спеціального програмного забезпечення (напр., програмою FineReader) і зберігається у вигляді текстового або графічного файлу. Основним

елементом сканера є CCD-матриця (Charge Coupled Device, пристрій із зарядовим зв'язком) або PMT (Photo Multiplier Tube, фотомножник). CCD-матриця – це набір діодів, що реагують на світло при дії зовнішньої напруги. Від технічних параметрів матриці залежить якість зображення, яке розпізнається.



*Рис. 9.4. Сканер HP A4 Plus Plustek OpticSlim 2610 Plus*

Розглянемо процес сканування більш детально. Аркуш паперу, що сканується, освітлюється ксеноною лампою або набором світлодіодів. Відбитий промінь за допомогою системи дзеркал або лінз проєктується на CCD-матрицю. Під дією світла і зовнішньої напруги, матриця генерує аналоговий сигнал, що змінюється при переміщенні відносно неї аркуша та інтенсивності відображення різних фрагментів. Сигнал подається на аналогово-цифровий перетворювач, де він оцифровується (представляється у вигляді набору нулів та одиниць) і передається у пам'ять комп'ютера. Існує два способи сканування: переміщення аркуша відносно нерухомої CCD-матриці або переміщення світлочутливого елемента при нерухомому аркуші.

Сканери бувають: ручні, планшетні і листові, чорно-білі та кольорові. Розглянемо тільки кольорові планшетні сканери, оскільки чорно-білі практично не використовуються, а ручні і листові в масовому продажі не зустрічаються. Сканери відрізняються за:

- форматом, можна обрати сканер формату A2, A3 (смуга газети), A4 (стандартний аркуш);
- типом сканування (однопрохідні або двоохрохідні);
- якістю сканування (роздільна здатність, напр. 600 dpi);
- набором драйверів, які постачаються в комплекті зі сканером;

- типом підключення (USB).

Основні характеристики сканера: тип сканера (наприклад, планшетний), оптична роздільна здатність (600 dpi), формат (A4), тип датчика (контактний), глибина кольору (48 біт), швидкість сканування (16 сек), інтерфейс (USB), вага (1,6 кг).

*Основні виробники: Canon, Epson, Plustek, Genius, HP, Mustek.*

### **9.8. Багатофункціональні пристрої**

Багатофункціональний пристрій (БФП) – це офісний пристрій (рис. 9.5), який включає в себе функціональні можливості кількох пристроїв в одному: принтер, сканер, ксерокс і можливо факс. Він є різновидом принтера, який додатково має функцію сканування та копіювання. На подібному пристрої можна відсканувати текстовий чи графічний документ і відразу ж його роздрукувати.



*Рис. 9.5. Багатофункціональний пристрій HP LaserJet MFP M236dw*

Основні характеристики багатофункціонального пристрою: технологія друку (наприклад, лазерний друк, ч/б), максимальна роздільна здатність друку та сканування (1200x1200 dpi), формат паперу (A4, A5), щільність паперу (A4, 60 ~ 300 г/м<sup>2</sup>), швидкість друку (23 стор/хв.), мережеві інтерфейси (Wi-Fi, Ethernet), споживана потужність (до 500 Вт), інтерфейс (USB).

*Основні виробники: Brother, Canon, Epson, HP, Samsung, Xerox.*

## **КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ**

- 1) Що таке матричний принтер?
- 2) Як функціонує матричний принтер?
- 3) Які типові несправності виникають при використанні матричного принтера?
- 4) Що таке струменевий принтер?
- 5) Як функціонує струменевий принтер?
- 6) Які типові несправності виникають при використанні струменевого принтера?
- 7) Як струменевий принтер досягає високої якості кольорового друку?
- 8) Що таке лазерний принтер?
- 9) Як працює лазерний принтер?
- 10) Які типові несправності виникають при використанні лазерного принтера?
- 11) Як лазерний принтер забезпечує високу швидкість і точність друку?
- 12) Які переваги має лазерний принтер порівняно з іншими типами принтерів?
- 13) Що таке сканер і як він працює?
- 14) Які є основні типи сканерів і в чому їх відмінності?
- 15) Що таке багатофункціональний пристрій та які функції він поєднує?

## ЛЕКЦІЯ №10

### ПЕРИФЕРІЙНІ ПРИСТРОЇ: КЛАВІАТУРА, МИШКА, ВЕБ-КАМЕРА, КОЛОНКИ

- 10.1. Периферійний пристрій
- 10.2. Комп'ютерний порт
- 10.3. Звукова апаратура
- 10.4. Звукова карта
- 10.5. Звукові колонки
- 10.6. Навушники
- 10.7. Клавіатура
- 10.8. Особливості комп'ютерних клавіатур
- 10.9. Типи клавіатур
- 10.10. Комп'ютерна миша
- 10.11. Типи комп'ютерних мишок
- 10.12. Веб-камера

#### **10.1. Периферійний пристрій**

Периферійний пристрій – це допоміжний апаратний пристрій, який комп'ютер використовує для передачі інформації, розміщений поза системним блоком і застосовується на певному етапі обробки даних. Периферійний пристрій, також апаратний компонент, доступний для комп'ютера та керований ним, але не є основним. Пристрій може взаємодіяти з комп'ютером через дротові або бездротові з'єднання.

#### **10.2. Комп'ютерний порт**

Для підключення до системного блоку периферійних пристроїв використовуються спеціальні «гнізда» – порти. Вони виводяться на задню і передню стінку корпусу системного блоку від контролерів материнської плати. Послідовні порти, паралельні порти, універсальна послідовна шина (Universal Serial Bus, USB) – це все інтерфейси вводу-виводу даних у комп'ютер (рис. 10.1).



Рис. 10.1. Універсальна послідовна шина, USB

Послідовний порт – це асинхронний послідовний інтерфейс, за допомогою якого здійснюється взаємодія між периферійним пристроєм і комп'ютером. Термін послідовний означає, що передача даних здійснюється по одному провіднику, а біти при цьому передаються послідовно, один за одним. Термін асинхронний означає, що при передачі даних не використовуються синхронізуючі сигнали і окремі символи можуть передаватися з довільними інтервалами. Кожному символу, що передається через послідовне з'єднання, повинен передувати стандартний стартовий сигнал, а завершувати передачу повинен сигнал зупинки. Стартовий сигнал – це нульовий біт, що називається стартовим бітом. Його призначення – повідомити приймач про те, що наступні вісім біт є байтом даних.

Паралельний порт – це тип інтерфейсу, розроблений для підключення різних периферійних пристроїв до комп'ютера. У паралельних портах для одночасної передачі байту інформації використовується вісім ліній. Цей інтерфейс відрізняється високою швидкістю передачі даних. Паралельний інтерфейс визначає, що для кожного біта переданої групи використовується своя сигнальна лінія і всі біти групи передаються одночасно за один квант часу, тобто пересилаються інтерфейсними лініями паралельно. Суттєвим недоліком паралельного порту є те, що з'єднувальні дроти не можуть бути надто довгими.

### **10.3. Звукова апаратура**

Звукова карта – це додаткове обладнання персонального комп'ютера, що відповідає за якісне опрацювання звуку. Уособлює собою окрему карту розширення, встановлену у слот PCI Express материнської плати.

Звукові колонки – це акустична система (рис. 10.2), що складається з двох і більше гучномовців.



*Рис. 10.2. Звукові колонки*

Наушники – це пристрій для прослуховування музики або інших звукових записів.

*Основні виробники:* Creative, Editier, Genius, Logitech, Philips, Sony, Sven.

#### **10.4. Звукова карта**

Основне завдання звукової карти – перетворення цифрового сигналу в аналоговий. Основними характеристиками звукової карти є тип підключення, кількість входів і виходів, формат аудіо, наявність блоку управління, заявлена сфера використання. Розглянемо основні характеристики.

Тип підключення. Звукові карти поділяються на зовнішні і внутрішні. Зовнішні звукові плати виникли з потребою надійного екранування сигналу від сторонніх перешкод, до того ж професійні плати мають велику кількість роз'ємів, розрахованих на підключення професійних студійних пристроїв.

Формат аудіо. Звукові карти забезпечують діапазон частот від 20 Гц до 20 кГц.

Наявність блоку управління. Додаткове обладнання, що надає користувачу можливості налаштовувати гучність та регулювати частоти.

#### **10.5. Звукові колонки**

Розглянемо основні характеристики, більш детальноше.

Тип. Колонки бувають активні (з вбудованим підсилювачем) і пасивні. Оптимальним виглядає вибір активних колонок, які в змозі забезпечити гучне і якісне відтворення звукових хвиль.

Конфігурація. Колонки для персонального комп'ютера можуть бути виконані в різних конфігураціях: 2.0, 2.1, 4.1, 5.1 і 7.1. Простіший варіант це 2.0, де наявні дві колонки. Всі інші варіанти мають сабвуфер і відповідну кількість колонок. Низькі частоти видає сабвуфер, високі і середні колонки-сателіти.

Матеріал виготовлення. На вартість колонок і якість звучання впливає матеріал корпусу колонок. Пластикові колонки дешеві, тому отримати від них хороший звук практично неможливо. Колонки з дерев'яним корпусом відтворюють звуки значно краще, їхня акустика набагато вища, але через високу вартість цільного дерева – використовуються рідко, в основному при виробництві елітної професійної акустики.

Потужність. Під потужністю тут розуміється РМРО (Peak Music Power Output) – пікова музична потужність, яка може в десятки разів перевищувати параметр максимальної синусоїдальної потужності. При виборі звукових колонок, потрібно також звертати увагу на параметр RMS (Root Mean Square) – середньоквадратичне значення. Саме він вказує, при якій максимальній потужності сигналу акустична система здатна працювати тривалий час без спотворень. Не варто купувати колонки з потужністю звучання понад 85 децибел.

### **10.6. Навушники**

Розглянемо основні характеристики, більш детальноше.

Сфера застосування. Можна виділити чотири основні види навушників: комп'ютерні, портативні, побутові і Hi-Fi. Комп'ютерні навушниками: цей варіант є найбільш універсальним та доступним для звичайних користувачів. Портативні навушники призначені для використання спільно з смартфоном, тобто це класичні «крапельки». Портативні навушники покликані замінити чи доповнити телевізійний динамік або колонки аудіосистеми в тих випадках, коли це потрібно. Hi-Fi-навушники призначені та добре підійдуть для прослуховування високоякісної музики.

Конструкція. Є два типи конструкції (залежно від форми навушників) – відкриті і закриті. Відкриті «вуха» не створюють тиску на внутрішнє вухо людини та пропускають шуми ззовні, хороший варіант для використання спільно з портативними пристроями на вулиці (дозволяють вчасно реагувати на мову перехожих та сигнали автомобілів). Закриті навушники зводять до мінімуму дію зовнішніх шумів, повністю захищаючи слухача від зовнішнього середовища.

Діапазон відтворюваних частот. Амплітудно-частотна характеристика має важливе значення, чим ширший діапазон відтворення частот, тим більш якісно буде звучати звукова доріжка.

### **10.7. Клавіатура**

Клавіатура – це сукупність розміщених у певному порядку клавіш пристрою, що використовується для введення і редагування даних, а також керування виконанням окремих операцій (рис. 10.3). Клавіша виступає як елемент клавіатури, натисканням на яку генерується код відповідного знака або деяка дія.



*Рис. 10.3. Комп'ютерна клавіатура*

Комп'ютерна клавіатура – це свого роду міні-комп'ютер. У неї є власний процесор і електронний ланцюжок, що відповідають за обмін даними між клавішами та комп'ютером. Основна частка цього «ланцюга» припадає на клавіатурну матрицю. Клавіатурна матриця – це набір електросхем, розташованих під клавішами, коли користувач натискає кнопку, вона тисне на перемикач і замикає «ланцюг» (відбувається переривання), пропускаючи незначний струм.

Клавіатура підключається до комп'ютера кабелем з портом USB або вже рідше PS/2. Цей кабель відповідає за живлення клавіатури і передачу сигналів на комп'ютер. Бездротові клавіатури поєднуються з комп'ютером по радіочастотному зв'язку або Bluetooth. Оскільки бездротові клавіатури фізично не з'єднані з комп'ютером, вони оснащені власним джерелом живлення – батарейками.

*Основні виробники:* Genius, Rapoo, Razer, Sven, 2E, A4Tech, Ajazz, Aula, GamePro, Hator, Logitech, Real-El, Vinga.

### **10.8. Особливості комп'ютерних клавіатур**

Клавіатура – це простий засіб введення інформації, який дозволяє набирати текст, натискати «гарячі» клавіші для швидкого виклику функцій меню і виконання цілого ряду інших завдань. Залежно від виробника та типу клавіатури, набір кнопок може дещо відрізнятись, але в основному розмір і форма клавіш незмінна, так само як і їхнє положення та відстань між ними.

У більшості клавіатур нараховується від 80 до 110 клавіш, в тому числі: текстові, числові, функціональні, клавіші управління. Текстові клавіші це літери алфавіту, розташовані як правило, в тому ж порядку, що і колись на друкарських машинках. Прийнято вважати, що класична розкладка (яку називають QWERTY, по

перших шести букв) була покликана уповільнити швидкість друку для запобігання зіткнення і поломки металічних важелів механічних друкарських машинок при наборі. Клавіші можуть розташовуватися в клавіатурах і по-іншому. Найвідоміший альтернативний варіант розкладки це клавіатура Дворака. При такій розкладці всі голосні літери розташовані в лівій частині клавіатури, а найпоширеніші приголосні літери у правій. Відомі й інші варіанти розкладки: ABCDE, XPeRT, QWERTZ і AZERTY (за першими літерами), останні дві особливо поширені в Європі.

У 1986 році компанія IBM доповнила стандартну, на ті часи, клавіатуру функціональними клавішами і клавішами управління. Функціональні клавіші використовуються для виконання особливих команд в операційних системах і програмах, а клавіші управління були призначені для швидкого доступу, роботи з вікнами та управління курсором. Чотири клавіші, з зображеними на них стрілками, розташовані у формі перевернутої літери «Т» між полями текстових і числових клавіш, дозволяють переміщувати курсор по екрану монітору. Тоді було введено клавіші управління: [Home], [End], [Insert], [Delete], [Page Up], [Page Down], [Ctrl], [Alt], [Esc]. У клавіатурах для операційної системи Windows використовуються додаткові клавіші управління: [Windows] або [Start]. У клавіатурах для операційної системи Mac OS передбачена клавіша [Command]. Клавіатури для Linux оснащені спеціальними «гарячими» клавішами, зокрема кнопкою із зображенням символу Linux – пінгвіном.

### **10.9. Типи клавіатур**

**Звичайна.** Нічим непримітна клавіатура, таких на ринку більшість. Присутні всі основні групи клавіш.

**Ергономічна.** У таких клавіатур, основне поле клавіш розбите на двос, причому половинки знаходяться на відстані одна від одної та ще й під кутом. Зроблено це не для краси, а для полегшення десятипальцевого методу друку, при якому кожна рука відповідає за свою групу клавіш.

**Компактна.** Клавіші на ній розташовані близько одна до одної, тому розмір клавіатури значно менший.

**Мультимедійна.** Має додаткові клавіші, що відповідають за керування звуковими параметрами комп'ютера, такими як регулювання гучності, запуск мультимедійного програвача, перехід до наступного або попереднього запису.

Бездротова. До системного блоку підключається не сама клавіатура, а передавальний блок (USB-приймач). Клавіатура і блок обмінюються сигналами. При цьому слід мати на увазі, що інфрачервоні клавіатури повинні знаходитися в зоні «прямої видимості» передавального блоку, в той час як радіоклавіатури дають деяку свободу переміщення (1,5-2 метра).

Основні характеристики клавіатур: тип (наприклад, мембранні), інтерфейс (USB), кількість кнопок (111), додаткові функції (вісім функціональних клавіші), тип пакування (BOX), вага (0,9 кг), колір (чорна).

### **10.10. Комп'ютерна миша**

Комп'ютерна миша (комп'ютерна мишка) – це механічний маніпулятор (рис. 10.4), що перетворює рух в керуючий сигнал. Зокрема, сигнал може бути використаний для позиціонування курсору або прокрутки сторінки. Історично, миша отримала широке поширення у зв'язку з появою графічного інтерфейсу користувача в операційній системі комп'ютера. Сучасні моделі мишок мають особливі властивості, наприклад: антибактеріальне покриття, сенсорну поверхню, безшумні клавіші та інше.



*Рис. 10.4. Комп'ютерна миша*

Що стосується з'єднання з комп'ютером, то мишки бувають: дротові та бездротові. Дротові мишки підключаються до комп'ютера кабелем з USB або рідше PS/2. Бездротові миші використовують для підключення або радіочастотне з'єднання, або Bluetooth.

*Основні виробники:* A4Tech, Genius, Logitech, Sven, Defender, GamePro, Hator, Razer, SHL.

### **10.11. Типи комп'ютерних мишок**

Є чотири типи комп'ютерних мишок: механічна, оптична, лазерна, трекбол-миша.

Механічна мишка. Перші мишки мали механічну конструкцію, в якій використовувалась маленька кулька, що виступала через нижню частину пристрою й оберталась в міру переміщення по поверхні. Перемикачі всередині мишки визначали переміщення й напрямок руху кульки. Хоча кулька може обертатися в будь-якому напрямку, визначаються тільки чотири напрямки. Переміщення в кожному з чотирьох напрямків вимірюється в сотих частках дюйма. Механічна миша працює практично на будь-якій поверхні, проте бажано використовувати спеціальну підкладку (килимок), щоб мінімізувати або виключити проковзування кульки. Дешевизна і простота механічних мишок зробила їх найпоширенішими до початку ХХІ століття.

Оптична мишка. Альтернативою механічній є оптична мишка, у якій замість кульки, використовується промінь світла, що сканує координатну сітку, нанесену на спеціальну підкладку. За допомогою такого механізму і відбувається переміщення. Відсутність рухомих частин у пристрої підвищує його надійність. В оптичних мишах використовуються дві пари світлодіодів і фотодетекторів, які встановлюються на задній стінці. Одна пара орієнтована під прямим кутом щодо іншої. Кожна пара світлодіодів і фотодетекторів визначає рух в обох напрямках при проходженні через відповідні риси сітки. Спеціальне покриття нижньої стінки, полегшує ковзання миші.

Лазерна мишка. Така мишка, на перший погляд, нагадує оптичну конструкцію. Вона відрізняється від оптичної такими параметрами: точність, енергоспоживання, світіння. Її основний робочий елемент складається з трьох частин: мініатюрний напівпровідниковий лазер, оптичний сенсор у формі плоскої матриці, сигнальний мікропроцесор здатний розпізнавати зміни образів. Завдяки властивостям лазера, вона здатна працювати навіть на дзеркальній поверхні. Основний і головний недолік лазерних мишок це їхня відносно висока ціна.

Трекбол мишка. Трекбол – це «мишка навпаки», сам пристрій на відміну від звичайної миші, завжди залишається нерухомим, а керування переміщенням курсору здійснюється обертанням кульки, яка знаходиться у верхній його частині. «Спостереження» за кулькою

в трекболах здійснюється так само, як і в мишках: рух кульки зчитується двома валиками (по одному для кожної з координатних осей), обертання яких фіксується за допомогою оптопар(світлодіод і фотоелемент).

*Основні характеристики мишки:* тип датчика (наприклад, оптичний), роздільна здатність (800 dpi), інтерфейс (бездротова), джерело живлення (1xAA), кількість кнопок (дві), особливості (симетричний дизайн), вага (0,13 кг), колір (чорний).

### **10.12. Веб-камера**

Веб-камера – це пристрій, що дозволяє відтворювати зображення в режимі реального часу для подальшого надсилання адресату (рис. 10.5). Принцип функціонування аналогічний звичайній відеокамері, з однією лише відмінністю: веб-камера постійно підключена до комп'ютера, а зображення передається на екран монітору. Базово камера не здійснює функцію запису, вона лише фіксує зображення і безперервно передає цифровий сигнал на комп'ютер.



*Рис. 10.5. Веб-камера*

Розглянемо основні характеристики веб-камери.

**Роздільна здатність.** Чим вища роздільна здатність, тим якіснішою буде виглядати картинка.

**Кадрування.** Кадрування або число кадрів в секунду – важливий параметр камери. Оптимальний варіант кадрування – 30 fps. Якщо ця величина менша картинка буде підвисати.

**Чутливість.** Дана характеристика має відношення до освітленості об'єкта відображення. Деякі камери при незадовільному освітленні відображатимуть лише «чорний квадрат».

Автоматичне фокусування. Параметр від якого залежить чіткість зображення.

Інтерфейс підключення. Більшість веб-камер підключаються до комп'ютера через USB-кабель. Існують бездротові веб-камери, що використовуються з'єднання Wi-Fi або Bluetooth.

Користувачські характеристики. Тут наявні опції, що спрощують роботу користувача з веб-камерою: спосіб кріплення, цифровий зум, кут повороту камери, вага пристрою, розміри і дизайн.

*Основні виробники:* A4Tech, Genius, Logitech, Emeet, Razer, Trust.

## **КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ**

- 1) Що таке периферійний пристрій?
- 2) Які є типи периферійних пристроїв?
- 3) Що таке комп'ютерний порт і які його основні функції?
- 4) Що таке звукова апаратура та як вона використовується у комп'ютері?
- 5) Які фактори визначають якість звукової апаратури?
- 6) Що таке звукова карта?
- 7) Які основні характеристики звукових колонок?
- 8) Як вибір потужності та типу колонок впливає на якість відтворення звуку?
- 9) Що таке бездротові навушники?
- 10) Що таке комп'ютерна клавіатура?
- 11) Які основні типи клавіатур існують?
- 12) Що таке комп'ютерна миша?
- 13) Які основні відмінності між оптичними та лазерними мишками?
- 14) Що таке веб-камера і для чого вона призначена?
- 15) Які основні характеристики веб-камери?

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Апаратно-програмна реалізація та реінжиніринг інформаційних систем : методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності 122 Комп'ютерні науки / [уклад. Н.В. Шинкарчук, М.І. Шахрайчук]. Рівне : РДГУ, 2023. 94 с.
2. Шинкарчук Н.В., Шахрайчук М.І. Апаратне забезпечення та системне управління : навчально-методичний посібник. Рівне : РВВ РДГУ, 2016. 174 с.
3. Категорія: Архітектура комп'ютера – Вікіпедія: [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Категорія:Архітектура комп'ютера](https://uk.wikipedia.org/wiki/Категорія:Архітектура_комп'ютера).
4. Матвієнко М.П., Розен В.П., Закладний О.М. Архітектура комп'ютера. Київ : Ліра-К, 2024. 264 с.
5. Кравченко Ю.В., Лещенко О.О., Герасименко О.Ю., Труш О.В., Дахно Н.Б. Архітектура комп'ютера. Частина 1. Київ : КНУ імені Тараса Шевченка, 2023. 220 с.
6. Базиль С.М. Архітектура комп'ютерних систем та мереж. Суми: ВВП «Мрія», 2022, 222 с.
7. Коман Б.П., Мисько М.І. Основи комп'ютерної електроніки. Львів : ЛНУ, 2019. 430 с.
8. Тарарака В.Д. Архітектура обчислювальних систем. Житомир : ЖДТУ, 2018. 383 с.
9. Коман Б.П. Функціональні елементи інформаційних систем на базі напівпровідникової електроніки. Львів : ЛНУ, 2018. 794 с.
10. Якименко Ю.І., Терещенко Т.О., Сокол Є.І., Жуйков В.Я., Петергеря Ю.С. Мікропроцесорна техніка. Київ : Кондор, 2016, 440 с.

11. Ярка У.Б., Білушак Т.М. Інформатика та комп'ютерна техніка. Львів : Львівська політехніка, 2015. 200 с.
12. Мельник А.О. Архітектура комп'ютера. Луцьк : Волинська обласна друкарня, 2008. 470 с.
13. Яшина О.В. Обчислювальна техніка та програмування. Дніпродзержинськ : ДДТУ, 2007. 309 с.
14. Баженов В.А., Венгерський П.С., Горлач В.М. Інформатика. Комп'ютерна техніка. Комп'ютерні технології. Київ : Каравела, 2003. 464 с.

Навчальне видання

## **АРХІТЕКТУРА КОМП'ЮТЕРА**

**Навчальний посібник**

*Друкується в авторській редакції*

---

Формат 60×90/16.

Ум. друк. арк. 4,6.

Тираж 50 прим.

---

Відділ інформаційного та мережевого забезпечення  
Рівненського державного гуманітарного університету  
33028, м. Рівне, вул. С. Бандери, 12