

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ВНУТРІШНІХ СПРАВ  
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

**Циклова комісія авіаційного і радіоелектронного обладнання**

## **ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ**

з навчальної дисципліни  
«Мікроконтролерні пристрої електромеханічних систем»  
обов'язкових компонент  
освітньо-професійної програми першого(бакалаврського) рівня вищої освіти

***141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
(Електромеханіка)***

**за темою № 2 – Запам'ятовуючі пристрої мікропроцесорних систем**

**Кременчук 2023**

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Науково-методичною радою  
Харківського національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від 30.08.2023 № 7

**СХВАЛЕНО**

Методичною радою  
Кременчуцького льотного коледжу  
Харківського національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від 28.08.2023 № 1

**ПОГОДЖЕНО**

Секцією Науково-методичної ради  
ХНУВС з технічних дисциплін  
Протокол від 29.08.2023 № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання, протокол від 28.08.2023р № 1.

**Розробник:** викладач циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання, к.т.н., спеціаліст вищої категорії, викладач-методист Волканін Є.Є.

**Рецензенти:**

1. Доцент кафедри електричних станцій Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», к.т.н. Шокарьов Д.А.
2. Викладач циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання КЛК ХНУВС, к.т.н., професор Гаврилюк Ю.М.

### **План лекції:**

1. Класифікація запам'ятовуючих пристроїв.
2. Оперативні запам'ятовуючі пристрої.
3. Постійні запам'ятовуючі пристрої.
4. Зовнішні запам'ятовуючі пристрої.

### **Рекомендована література:**

#### **Основна:**

1. Грищук Ю.С. Мікропроцесорні пристрої: Навчальний посібник. – Харків: НТУ «ХП», 2007. – 280с.
2. Основи електротехніки, електроніки та мікропроцесорної техніки: навч. посіб. / В. Ф. Болюх, В. Г. Данько, Є. В. Гончаров; за ред. В. Г. Данька; НТУ «ХП». – Харків: Планета-Прінт, 2019. – 248 с.

#### **Допоміжна:**

1. Мікроконтролерні пристрої : навч. посіб. для студ. спец. «Мікро- та наноелектроніка» / О. С. Тонкошкур, І. В. Гомілко, О. В. Коваленко; Дніпропетровський нац. ун-т ім. О. Гончара. – Д.: Вид-во ДНУ, 2011. – 264 с.
2. Мікропроцесорні пристрої: Методичні вказівки до виконання курсової роботи./ Ю.М.Трофімов К.: [ДЕТУТ],2007.-191с.
3. Електронні системи: навчальний посібник / Й. Й. Білінський, К. В. Огороднік, М. Й. Юкиш. — Вінниця: ВНТУ, 2011. — 208 с.

#### **Інформаційні ресурси в Інтернеті:**

1. <https://uk.wikipedia.org/wiki/Мікроконтролер>
2. [http://elprivod.nmu.org.ua/ua/interesting/what\\_is\\_mp\\_mc\\_plc.php](http://elprivod.nmu.org.ua/ua/interesting/what_is_mp_mc_plc.php)
3. <http://vozom.ho.ua/MP/page61.html>
4. <https://life-prog.ru/ukr/arhitektura.php>

### **Текст лекції**

#### **1. Класифікація запам'ятовуючих пристроїв**

Система пам'яті є функціональною частиною мікропроцесорної системи, призначеної для запису, зберігання і видачі інформації. Технічні засоби, що реалізують функції пам'яті називаються пристроями, що запам'ятовують або запам'ятовуючі пристрої.

Пристрої, що запам'ятовують (ЗП), є найважливішою складовою частиною будь-якого обчислювального пристрою, у тому числі і побудованого на мікропроцесорних ВІС.

По функціональному призначенню ЗП, використовувані в мікропроцесорних системах, можна розділити на наступні групи: надоперативні ЗП, що є набір регістрів, вміст яких безпосередньо використовується при обробці інформації в мікропроцесорі; кеш-пам'ять, допоміжна оперативна пам'ять, недоступна для програміста, служить для підвищення швидкодії МП; оперативні ЗП, що зберігають оперативну інформацію (операнди, частини програми), потрібну в процесі роботи; постійні ЗП, призначені для тривалого зберігання незмінної в процесі роботи

мікроЕОМ інформації (програм, мікропрограм, констант); напівпостійні ЗП, по виконуваних функціях повністю відповідають постійним ЗП, але відрізняються від останніх можливістю щодо швидкої зміни інформації, що зберігається в них, при необхідності зміни програм або констант, за обмежений час; зовнішні ЗП, призначені для зберігання великих об'ємів інформації, з невеликою питомою вартістю біта інформації, що зберігається; буферні ЗП, призначені для узгодження різних рівнів системи пам'яті мікроЕОМ між собою і зовнішніх пристроїв з системою пам'яті.

Запам'ятовуючі пристрої мікроЕОМ, можуть бути реалізовані на основі тільки ВІС ОЗП. Проте втрата інформації при відключенні живлення, вища питома вартість біта інформації, що зберігається, і ряд інших причин привели до широкого використання в мікроЕОМ постійних і напівпостійних ЗП.

За способом організації обміну інформацією між окремими ЗП і мікропроцесорами розрізняють ЗП: з довільною вибіркою (ЗПДВ); з послідовним зверненням (ЗППЗ); з послідовно-паралельною організацією обміну.

Переважна частина ЗП пристроїв мікропроцесорних запам'ятовуючих систем, – це ЗП з довільною вибіркою (або з довільним доступом). Якщо пам'ять не забезпечує довільного доступу до будь-якої її частини, то це пам'ять з послідовним доступом; вона рідко використовується як основна пам'ять мікропроцесорної системи. При роботі з такою пам'яттю для звернення до потрібної області необхідно заздалегідь звернутися до всіх областей, що знаходяться між тією, до якої відбулося звернення в даний момент, і необхідною областю. У послідовній формі зберігається інформація на магнітній стрічці. Послідовний доступ застосовують для запам'ятовування значних об'ємів даних, час звернення до яких не є критичним.

Пристрої, що запам'ятовують, характеризуються рядом якісних показників.

1. Ємкість ЗП визначається максимально можливою кількістю бітів інформації, що зберігається.

2. Ширина вибірки визначається кількістю інформації, записуваної ЗП або витягуваної з нього за одне звернення. Ця характеристика достатньо важлива, оскільки при однаковому часі звернення, ЗП з більшою шириною вибірки має більшу інформаційну ефективність.

3. Час звернення визначається з моменту подачі в пристрій сигналу запису або читання до того моменту, коли закінчатся всі дії, пов'язані з виконуваною операцією, і пристрій буде готовий прийняти і реалізувати наступну операцію звернення до накопичувача інформації. Цей час називається також тривалістю циклу звернення до ЗП, протягом якого можна вибрати інформацію (читання), ввести інформацію (запис), відновити або модифікувати стан деякого елементу ЗП.

4. Швидкість обміну інформацією між ЗП і іншими пристроями є важливим параметром пристроїв, що запам'ятовують. Вона визначається числом бітів (байтів), передаваних в одиницю часу.

5. Показник питомої вартості застосовується для оцінки економічних характеристик ЗП. Він визначається відношенням його вартості до інформаційної місткості, тобто вартості біта інформації, що зберігається.

6. Надійність, а для систем спеціального призначення – масо-габаритні показники і споживана потужність, є для ЗП істотними характеристиками.

7. Одна з характеристик ЗП – здатність зберігати інформацію при відключенні джерел живлення. В цьому випадку розрізняють енергозалежну або незалежну пам'ять. У незалежній пам'яті при порушеннях в роботі системи живлення дані не руйнуються, а в енергозалежній – руйнуються.

Для мікропроцесорних систем найбільш характерно використання оперативних пристроїв, що запам'ятовують, на МОП- транзисторах. Існує два способи побудови інтегральних схем пам'яті по МОП- технології, залежно від яких пам'ять на МОП- структурах може бути статичною або динамічною.

Статична пам'ять простіше з погляду організації, що особливо явно на пристроях, що запам'ятовують, невеликого об'єму. Управляти статичною пам'яттю легше.

Інтегральні схеми, вживані для побудови динамічної пам'яті, відносно дешеві, але для організації її роботи необхідні додаткові мікросхеми. Крім того, вміст мікросхем динамічної пам'яті необхідно періодично регенерувати. На динамічному принципі будуються пристрої, що запам'ятовують, великого об'єму.

У деяких мікропроцесорних системах знаходять застосування ще два види напівпровідникової пам'яті: на приладах із зарядовим зв'язком (ППЗЗ) і на циліндрових магнітних доменах (ПЦМД). Обидва типи пам'яті орієнтовані на послідовний доступ. Як і інші пристрої послідовного доступу, вони мають невисоку швидкодію, проте дозволяють реалізувати запам'ятовуючі пристрої значно більшого об'єму, ніж пристрої пам'яті на біполярних і МОП- транзисторах.

Достоїнства ППЗЗ – надзвичайно мале споживання потужності, простота в застосуванні. Пам'ять на ППЗЗ енергозалежна, але мала споживана потужність робить можливим збереження в ній інформації за допомогою резервних акумуляторів при відмові на тривалий час основного джерела живлення.

Для ПЦМД потрібно набагато більше число допоміжних схем, чим для пам'яті на приладах із зарядовим зв'язком, але вона є енергонезалежною.

Таким чином, цей тип пам'яті дозволяє реалізувати ті енергозалежні пристрої, що запам'ятовують, великого об'єму, для яких не потрібні складні механічні стрічкопротяжні механізми і дисководи. У подальших підрозділах розглядаються основні типи пристроїв, що запам'ятовують, мікропроцесорних систем і їх характеристики.

## **2. Оперативні запам'ятовуючі пристрої**

За принципом зберігання інформації напівпровідникові оперативні ЗП діляться на динамічні і статичні.

Динамічні пристрої, що запам'ятовують, будуються на основі елементу, що запам'ятовує, зберігають свій стан тільки певний проміжок часу і тому вимагають періодичного відновлення. Елементом динамічних напівпровідникових ЗП служить конденсатор, в якому інформація зберігається у формі наявності або відсутності заряду. Із-за витоків поступово зменшується заряд на конденсаторі, що запам'ятовує; для відновлення заряду, конденсатор, що запам'ятовує, періодично підключають до джерела живлення.

Регенерація (відновлення даних) елементу динамічної пам'яті проводиться при кожному зверненні до неї. Проте при звичайній інтенсивності роботи пам'яті мікропроцесорної системи така регенерація не гарантує збереження всіх бітів інформації, що зберігалися в ній. Мікропроцесор може, наприклад, витратити час, що перевищує декілька мілісекунд, на виконання простого циклу, призначеного для вироблення часової затримки, і використовувати при цьому лише декілька елементів пам'яті. Протягом всього цього тимчасового проміжку всі інші слова пам'яті не піддаватимуться регенерації. Тому пристрої пам'яті, виконані на динамічних ЗП, потребують логічної схеми регенерації, яка автоматично звертається до кожного стовпця пам'яті з інтервалами в декілька десятих доль мілісекунди. Динамічний пристрій, що запам'ятовує, побудований так, що саме звернення до стовпця забезпечує регенерацію інформації у всіх його комірках. Робота логічної схеми регенерації повинна координуватися з іншими діями мікропроцесора. Якщо, наприклад, мікропроцесор намагається звернутися до пам'яті в мить, коли в ній здійснюється регенерація, то схема регенерації повинна віддати пріоритет саме мікропроцесору.

Динамічний принцип зберігання інформації забезпечує ряд переваг динамічних ЗП. Динамічні напівпровідникові ЗП з довільною вибіркою мають високий рівень інтеграції і швидкодії, низьку вартість і тому знаходять широке застосування в мікропроцесорних обчислювальних системах. На динамічних ВІС ЗП, що є функціонально закінченими пристроями, можна порівняно просто будувати ОЗП різної інформаційної місткості.

Схеми управління ЗП (мультиплексор, управління регенерацією) можуть бути виконані на стандартних або спеціалізованих ІС.

Недолік динамічних ЗП – необхідність регенерації компенсується більшою, ніж в статичних ЗП, інформаційною місткістю.

Статичні пристрої, що запам'ятовують, є найбільш поширеним видом пам'яті мікропроцесорних систем. Більшість статичних пристроїв, що запам'ятовують, реалізуються на основі МОП-технології, але існують і статичні ЗП на біполярних схемах.

Елемент пам'яті статичного ЗП є звичайний тригер. Він може бути встановлений або в стан «1», або в стан «0». Якщо тригер встановлений в «1», то цей стан зберігається до тих пір, поки не буде проведене скидання тригера або не буде вимкнене живлення.

Подібні елементи пам'яті об'єднуються в матричну структуру, тобто розміщуються по рядках і стовпцях. При побудові статичних ЗП найбільшого поширення набули ВІС ЗП з конфігурацією  $(n \times 1)$  бітів, де  $n$  - кількість комірок,  $n = 256, 512, 1024, 2048, \dots, 2K$ . Випускаються ВІС ЗП і з іншою конфігурацією.

Пам'ять мікроЕОМ звичайно має розрядність, рівну або кратну розрядності мікропроцесора.

Необхідна довжина слова пам'яті досягається паралельним включенням  $t$  ВІС пам'яті, де  $t$  – довжина слова в бітах. У 8-розрядному мікропроцесорі для побудови пам'яті з організацією  $n \times 8$  необхідно включити паралельно вісім ВІС ОЗП з організацією  $n \times 1$ . Сукупність восьми однорозрядних ліній даних всіх восьми ВІС утворює 8-розрядну шину даних пристрою, що запам'ятовує. Лінії адреси і читання/запису всіх ВІС включаються паралельно для одночасного звернення до всіх ВІС ЗП.

Часто розрядність шини адреси мікроЕОМ більше розрядності її шини даних. Так, в 8-розрядній мікроЕОМ застосування 16-розрядної адреси забезпечує адресацію 65 536 байт пам'яті. Два байти називають молодшим і старшим байтами адреси. Молодші розряди адреси  $A_0 \dots A_7$  називають адресою слова (байта), а старші розряди  $A_8 \dots A_{15}$  називають адресою сторінки. Таким чином, можна адресувати 256 сторінок по 256 слів (байт) в кожній.

Типові ВІС динамічного ОЗП: КР565РУ6 місткістю  $16384 \times 1$  біт; К565РУ5 місткістю  $65536 \times 1$  біт.

Типові ВІС статичного ОЗП: КР537РУ14 – місткість  $4096 \times 1$  біт; КР132РУ6А – місткість  $16384 \times 1$  біт; К537РУ9 – місткість  $2048 \times 8$  біт.

### **3. Постійні запам'ятовуючі пристрої**

Постійні запам'ятовуючі пристрої (ПЗП) в мікропроцесорних обчислювальних системах служать для зберігання програм і іншої незмінної інформації. Важлива перевага ПЗП в порівнянні з ОЗП – збереження інформації при виключенні живлення. Вартість біта інформації, що зберігається в ПЗП, може бути майже на порядок нижче, ніж в ОЗП. Постійні ЗП можуть бути реалізовані на основі різних фізичних принципів і елементів і відрізняються способом занесення інформації, кратністю занесення, способом стирання.

В даний час застосовуються наступні види ПЗП: програмовані на заводі-виготовнику або масочні ПЗП (МПЗП); програмовані користувачем; перепрограмовані ПЗП. Перші два види ПЗП допускають тільки одноразове програмування, третій вид ПЗП дозволяє змінювати інформацію, що зберігається в ньому, багато разів.

Розглянемо докладніше кожного з типів ПЗП.

Програмовані масочні ПЗП програмуються їх виготовником, який за підготовленою користувачем інформацією робить фотошаблони, за допомогою яких заносить цю інформацію в процесі виробництва на кристал

ПЗП. Цей спосіб найдешевший і призначений для великосерійного виробництва ПЗП.

Масочні ПЗП будуються на основі діодів, біполярних і МДП-транзисторів. У діодних ПЗП діоди включені в тих перетинах матриці, які відповідають запису «1», і відсутні в місцях, де повинен бути записаний «0».

Зовнішні ланцюги управління діодних ПЗП дуже прості. Оскільки діодна матриця є елемент з гальванічними зв'язками, то вихідні сигнали мають ту ж форму, що і вхідні. Таким чином, якщо на входи подаються напруги постійних рівнів, то і на виходах рівні будуть також постійними, тому відпадає необхідність у вихідному регістрі для зберігання інформації.

Масочні ПЗП на біполярних і МДП-транзисторах також будуються у вигляді матриць. Постійні ЗП на МДП-транзисторах дещо простіше у виготовленні, чим біполярні.

Масочні ПЗП характеризуються великою надійністю, але при їх виготовленні виникає ряд незручностей для замовника і для виготовника.

Велика номенклатура ПЗП і мала їх тиражність, тому від виготовника потрібні підвищені витрати на фотошаблони, що збільшує вартість ПЗП. Відсутня можливість оперативно змінювати інформацію в ПЗП без виготовлення нової ІС, що особливо незручно на етапі розробки програм системи.

Програмовані користувачем ПЗП є більш універсальними і, отже, дорожчими приладами. Вони являються матрицями біполярних приладів, зв'язки яких з адресними і розрядними шинами руйнуються при занесенні, на спеціальних програмуючих пристроях, відповідних кодових комбінацій. Ці пристрої виробляють напруги, необхідні і достатні для перепалювання плавких перемичок у вибраних елементах ПЗП. Можливість програмування користувачем зробила ПЗП цього типу надзвичайно зручними при розробці мікроЕОМ.

Найбільшого поширення набули ПЗП з ультрафіолетовим стиранням серії K573, з плавкими перемичками серії K556 і K541, з електричним стиранням і записом інформації серій K558, K1601, K1609.

У всіх перерахованих типах пристроїв, що запам'ятовують, елементи, що зберігають інформацію, також розташовуються у вигляді комірок двовимірної матриці.

Кожна комірка може зберігати один біт інформації, тобто в змозі набувати значення логічного «0» або «1».

Фізично на кристалі мікросхеми ПЗП осередки розташовуються на перетині «словарних ліній», що йдуть від дешифратора, і розрядних ліній, перпендикулярних словарним, які під'єднуються до входів мультиплексора. На дешифратор і мультиплексор подаються розряди адреси. При подачі адреси на дешифратор збуджується одна із словарних ліній і всі елементи, що запам'ятовують, розташовані на ній паралельно видають інформацію, що зберігається в них, на всі розрядні лінії. Вибірка потрібного числа бітів для подачі на вихід мікросхеми ЗП здійснюється мультиплексором. Залежно від



організації мікросхеми, мультиплексор і дешифратор можуть мати різну розрядність. Наприклад, мікросхема місткістю (2x8) кбіт може бути організована як матриця розміром 128x128, що означає використання усередині мікросхеми дешифратора «1-3-128» для збудження словарних ліній і восьми мультиплексорів «16-в-1» для прочитування розрядних ліній.

З урахуванням топологічних і технологічних особливостей кожного типу мікросхем, можна провести ділення матриці осередків, що запам'ятовують, на блоки інших розмірів. Подібна побудова пристроїв, що запам'ятовують, є загальною для всіх типів. Відмінності між ними – в організації осередків, що запам'ятовують, розташованих на перетині «словарної» і «розрядних» ліній.

Мікросхеми з плавкими перемичками, виконані по ТТЛ- або ТТЛШ-технологіях, застосовуються там, де необхідна висока швидкодія. На їх основі створюється пам'ять мікропрограм для мікропроцесорних пристроїв з розрядно-модульною архітектурою (серія K589 і ін.), пристрої перемножування і функціонального перетворення сигналів. Елементом, що запам'ятовує, в мікросхемах даного типу є – n-p-n-транзистор, приєднаний базою до «словарної лінії», колектором до +Uп, а емітером, через плавку перемичку, – до «розрядної» лінії. Як плавка перемичка використовується полікристалічний кремній або ніхром, намілені при виготовленні мікросхеми.

Протікання струму програмування через ніхромову перемичку викликає часткове випаровування і окислення ніхрому, що приводить до розриву перемички. Проте, після закінчення деякого часу, така перемичка може відновитися, тому для підвищення надійності програмування проводять електротермотренування мікросхем. Подібного недоліку позбавлені мікросхеми з перемичками із полікристалічного кремнію, в яких процес необоротного переходу полікремнію з провідного стану в непровідний відбувається під дією нагріву, викликаного протіканням струму.

При збудженні «словарної лінії» активізуватимуться (переходитимуть в стан «1») лише ті «розрядні» лінії, до яких приєднані транзистори з невисплавленими перемичками. Таким чином, процес програмування для мікросхем даного типу зводиться до видалення плавких перемичок в необхідних місцях.

Схеми підтримки режиму програмування звичайно розташовуються на самому кристалі мікросхеми, і процес програмування протікає таким чином. На адресні входи подається адреса вибраного осередку. Напруга живлення мікросхеми підвищується до напруги програмування, необхідної для створення струму, достатнього для виплавлення перемички. Далі на виходах мікросхеми, шляхом задання струму, указуються ті розряди слова, в яких виплавлятимуться перемички. В процесі занесення інформації в мікросхему, необхідна послідовність подачі імпульсів напруги на певні виводи забезпечується програмуючим пристроєм, який паралельно контролює

правильність програмування, прочитуючи інформацію з ПЗП. Постійні ЗП даного типу допускають тільки одноразовий запис інформації в комірку.

Мікросхеми, в яких інформація стирається за допомогою ультрафіолетового випромінювання (УФППЗП), мають: можливість багатократного програмування, достатньо малі час вибірки і енергоспоживання, велику місткість. Це робить їх переважнішими для застосування як пам'ять мікропроцесорних систем із збереженням інформації після відключення живлення. Мікросхеми даного типу використовують в блоках ПЗП більшості мікроЕОМ.

Елементом, що запам'ятовує, в ПЗП з УФ-стиранням є МОП-транзистор, розташований на перетині відповідних «словарної» і «розрядної» ліній.

Інформація про вміст даної комірки зберігається у вигляді заряду на другому (плаваючому) затворі МОП-транзистора. Затвор називається плаваючим, якщо він розміщений між затвором даного транзистора, що управляє, і його каналом та оточений високоомним діелектриком.

Перепрограмуючі ПЗП – це ПЗП із змінним вмістом. На затворах матриці МОП-транзисторів тривалий час можуть зберігатися заряди, які створюють заданий код. Всі перепрограмуючі ПЗП являються МОП-приладами.

При необхідності в перепрограмуванні мікросхеми заздалегідь записану інформацію стирають ультрафіолетовим променем через прозоре кварцове віконце на поверхні корпусу мікросхеми. Потрапляючи на плаваючий затвор і вибиваючи з нього фотоелектрони, УФ випромінювання розряджає плаваючий затвор МОП-транзистора. Час збереження інформації в мікросхемах ПЗП даного типу визначається якістю призатворного діелектрика і для сучасних мікросхем складає десять років і більше.

Мікросхеми ПЗП з електричним стиранням інформації популярні у розробників мікропроцесорної техніки завдяки можливості швидкого стирання і запису, великим допустимим числом циклів перезапису інформації (10000 разів і більше). Проте вони достатньо дорогі і складні в порівнянні з мікросхемами ПЗП з УФ стиранням і тому поступаються останнім по ступеню використання в мікропроцесорній апаратурі.

Основу комірки, що запам'ятовує, в ПЗП з електричним стиранням складає МОП-транзистор з плаваючим затвором, такий же, як і в ПЗП з УФ стиранням. Але в мікросхемах даного типу технологічними методами забезпечена можливість зворотнього тунелювання, тобто відбору електронів з плаваючого затвора, що дозволяє вибірково стирати занесену інформацію.

#### **4. Зовнішні запам'ятовуючі пристрої**

*Зовнішні запам'ятовуючі пристрої (ЗЗП)* – пристрої великого об'єму (сотні тисяч байтів і більше), призначені для тривалого зберігання даних, створення архіву даних (у тому числі і на знімних носіях) і обміну цими даними з оперативними пристроями мікропроцесорних систем, що запам'ятовують.

У загальному випадку ЗЗП складається з накопичувача і контролера.

*Накопичувачем ЗЗП* називається частина зовнішнього пристрою, що запам'ятовує, що безпосередньо приймає інформацію, та перетворює її (при необхідності) у форму, зручну для зберігання (наприклад, в магнітне поле), що здійснює зберігання цієї інформації і перетворення в електричні сигнали при прочитуванні.

Накопичувач ЗЗП складається з пристрою перетворення інформації, механізму (при необхідності) і носія інформації. Пристрій перетворення інформації включає підсилювачі запису і прочитування, магнітні головки (для магнітних ЗЗП) і інші засоби, необхідні для прямого і зворотнього перетворення цифрових кодів у форму, зручну для зберігання. Механізм, іноді званий приводом, забезпечує переміщення носія інформації щодо органів запису і прочитування. Носієм інформації є виріб, що здійснює безпосереднє зберігання інформації на основі певних фізичних явищ. Носій може бути магнітним (диск, стрічка, барабан), оптичним (фотоплівка, голограма) і т.п. Носій може бути постійним, тобто невіддільним від накопичувача, або з'ємним, що забезпечує можливість створення архіву даних довільного об'єму.

*Контролером ЗЗП* називається пристрій, що забезпечує управління роботою накопичувача і сполучення з інтерфейсом мікропроцесорної системи.

Специфіка ЗЗП поміщена в його накопичувачі. Розглянемо типові накопичувачі ЗЗП.

*Накопичувач на магнітній стрічці (НМС)* – накопичувач ЗЗП, носієм інформації якого є магнітна стрічка. Такі накопичувачі котушкові і касетні. У мікропроцесорних системах застосовують переважно касетні накопичувачі на магнітній стрічці (КНМС), тобто накопичувачі, магнітна стрічка яких поміщена в спеціальну з'ємну касету. Існує два види таких касет: компакт-диск-касета, ідентична компакт-диск-касеті побутових магнітофонів, і спеціальна цифрова касета типу Картрідж.

У касеті компакт-диска приймальна і подаюча котушки магнітної стрічки розміщені в одній площині, привід здійснюється провідним валиком за магнітну стрічку з фрикційною підмоткою обох котушок.

У касетах типу Картрідж приймальна і подаюча котушки магнітної стрічки розміщені в паралельних площинах одна під іншою. Привід здійснюється провідним валиком за допомогою нескінченної стрічки, що огинає приймальну і таку, що подає, котушки. Такий привід значно спрощує механізм (виключається фрикційний привід котушок) і підвищує стабільність швидкості обертання стрічки, але ускладнює касету.

*Накопичувач на магнітних дисках (НМД)* – накопичувач ЗЗП, носієм інформації якого є диск, що обертається, покритий тонкою плівкою магнітного матеріалу. Такі накопичувачі бувають з жорсткими або гнучкими дисками. У НМД з жорсткими дисками носієм інформації є металевий диск (звичайно з міцного алюмінієвого сплаву) або пакет дисків. Ці накопичувачі

відрізняються найвищою швидкістю обміну інформації зі всіх видів магнітних ЗЗП з рухомим носієм. У мікропроцесорних системах широке розповсюдження одержали НМД типу Вінчестер, які відрізняються тим, що жорсткий диск з полегшеними плаваючими головками виконаний в єдиному (іноді знімному) герметизованому кожусі, що значно спрощує його експлуатацію і забезпечує можливість отримання максимально можливої щільності запису інформації.

*Накопичувач на гнучких магнітних дисках (НГМД)* – НМД, змінним носієм інформації якого є магнітний диск, виконаний на гнучкій полімерній основі.

*Накопичувач на магнітних картах* – накопичувач ЗЗП, носієм інформації якого є змінна магнітна карта, виконана на гнучкій полімерній основі.

*Накопичувачі на циліндрових магнітних доменах (ЦМД)* – накопичувач ЗЗП, носієм інформації якого є циліндрові магнітні утворення (доменні структури), сформовані в монолітному кристалі. Носії інформації на ЦМД виконуються у вигляді інтегральних мікросхем, що містять 256К, 1М, 4М біт інформації і більш.

*Накопичувач на компакт-дисках (CD - дисках)* – накопичувач ЗЗП, носієм інформації якого є рельєфна підкладка з полікарбонату, на яку нанесений тонкий шар металу (зазвичай – алюмінію), що відбиває світло. При записі матриці компакт-диска лазерний промінь пропалює в ній крихітні ямки. Після цього з матриці штампуються в цеху безліч полікарбонатних копій. Потім рельєфна основа металізується, додається ще один, тонший шар лаку, що захищає тонку металеву поверхню.

При читанні диска інший промінь, що «читає», відображається від ямок і «чистих» ділянок по-різному. Ямка дає сигнал «нуль», оскільки ямки розсіюють промінь і не дають йому повернутися, а ділянка, що відображає світло, – «одиницю». Читання даних, які записані на компакт-диску, проводиться за допомогою пристрою (дисковводу), що задовільняє виробленому єдиному стандарту CD-ROM. «Класичним» вважається компакт-диск діаметром 12 см, який може вміщувати до 650 Мб даних або 74 хвилини аудіо інформації. На ринку є компакт-диски із збільшеною місткістю, вміщають 700 Мб даних або 80 хвилин і 800 Мб даних або 90 хвилин, і диски-малятка з діаметром 8 см і місткістю 340 Мб даних.

Більш ємкими в порівнянні з CD-ROM і перспективними є *нові носії інформації на DVD-дисках*. Накопичувачі на DVD-дисках навіть в найпростішому варіанті – у вигляді одностороннього одношарового диска мають місткість від 3,2 Гб до 4,7 Гб, що у вісім разів перевищує місткість сьогоденних дисків. Місткість диска DVD, багатшарового і двостороннього, може досягати 17 Гб.

Два нині використовуваних стандарти оптичних носіїв CD і DVD базуються на червоних лазерах з довжиною хвилі 789 нм і 650 нм відповідно.

Для того щоб збільшити ємність диску і зберігти його невеликий розмір, застосовують короткохвильові лазери. Нові стандарти – Blu-ray і HD DVD – передбачають на випромінювання з довжиною хвилі 405 нм, яка знаходиться у блакитному секторі спектру. Ця специфікація HD DVD-ROM у версії 1.0 вийшла в світ в червні 2004 року. Диски HD DVD-ROM мають ємність 15 Гб на шар. Таким чином, односторонній двохшаровий носій здатний вмістити 30Гб.

Такі ж показники мають заготовки HD DVD-R і HD DVD-R DL. Перезаписувані HD DVD-RW дозволяє зберігати до 20 Гб на одній стороні. Перевагою дисків є те, що в них використовуються захисний шар товщиною 0,6 мм, такий же як і в звичайних DVD. Тому оптична система головки HD DVD майже не відрізняється від DVD.

Тоді ж, у вересні 2004 року, появився формат Blu-ray Disc (BD). BD-ROM версії 1.0 має ємність одного шару 25 Гб, а двох – 50 Гб, що значно більше ніж у носіїв HD DVD. Другою важливою відмінністю BD від попередників є те що захисний шар дисків з великою ємністю, під яким зберігається реєстраційна плівка, значно тонший – всього 0,1 мм. Тому оптична головка приводів Blu-ray має більш складний устрій, здатний випромінювати лазерний промінь на трьох довжинах хвиль (не одночасно). В перспективі, до 2007 року, передбачається розробити чотирьох шарові диски Blu-ray, які після ще одного подвоєння числа шарів здатні вмістити 200 Гб.

*Flash пам'ять* – зовнішня для МП пам'ять, що реалізована мікросхемно і виконує функції твердого жорсткого диску та має високу вібро і ударостійкість.