

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

науково-методичною радою  
Державного університету  
«Житомирська Політехніка»  
протокол від «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.  
№ \_\_\_\_\_

**Конспект лекцій  
з навчальної дисципліни  
«ІНФОРМАЦІЙНО-КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ В  
АВТОМАТИЗОВАНОМУ УПРАВЛІННІ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ  
ПРОЦЕСАМИ»**

для студентів освітнього рівня «магістр»  
денної та заочної форми навчання

спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерні технології»  
освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерні технології»  
факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і  
робототехніки  
кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій  
ім. проф. Б.Б.Самотокіна

Розглянуто і рекомендовано  
на засіданні кафедри автоматизації та  
комп'ютерно-інтегрованих технологій  
ім. проф. Б.Б.Самотокіна  
протокол від «\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_\_ р.  
№ \_\_\_\_\_

Розробник: д.т.н., професор кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій ім. проф. Б.Б.Самотокіна Безвесільна О.М.

Житомир  
2019 – 2020 н.р.

## **КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**

### **З ДИСЦИПЛІНИ “ІНФОРМАЦІЙНО-КОМП’ЮТЕРНІ СИСТЕМИ В АУТП”**

Житомир

2019 – 2020 н.р.

# ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ ЦИФРОВИХ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ

## 1. Загальні відомості

Цифрові електромеханічні вимірювальні системи мають у своєму складі цифрову ЕОМ, що виконує обробку вимірювальної інформації і ряд датчиків (аналогових та цифрових), що забезпечують цю систему вимірювальною інформацією.

Для передачі вимірювальної інформації від датчиків до цифрової ЕОМ використовуються різноманітні інтерфейси. Якщо датчик має аналоговий вихід, то додатково також виконується перетворення вимірювальної інформації в цифрову форму.

Схема інтерфейсу використовується для того, щоб сформувати сигнал для наступної частини вимірювальної системи.

Структура типової багатоканальної системи перетворення аналогових сигналів зображена на рис. 1.

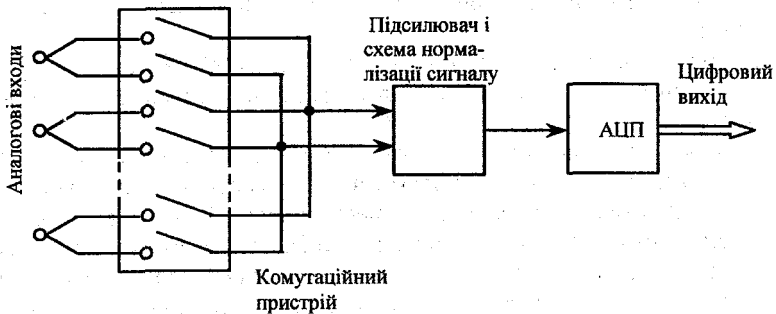


Рис. 1. Схема багатоканальної системи перетворення аналогових сигналів

Система забезпечує по чергово або у порядку пріоритетів підключення аналогових входів до одного аналого-цифрового перетворювача (АЦП).

## 2. Комутаційні пристрої

*Комутаційні пристрої поділяються на три основні групи:* поворотні механічні перемикачі, електромагнітні перемикачі (як правило, магнітокеровані контакти або спеціальні типи реле) і транзисторні комутатори.

Відмінними ознаками для цих груп комутаційних пристроїв є швидкість дії, рівень перешкод, що утворюються при їх роботі, вартість тощо.

Вибір конкретного типу комутаційного пристрою залежить від кількості опитуваних системою датчиків, швидкості опитування, швидкості аналого-цифрових перетворень. Збільшення будь-якого з перелічених показників призводить до зростання вартості системи в цілому.

У малих системах з декількома контрольованими каналами здешевлення системи можна досягти, відмовившись від комутаційного пристрою і використовуючи у кожному каналі окремий АЦП (аналого-цифровий перетворювач).

Вибір АЦП для кожного з каналів виконується з урахуванням рівня вхідного сигналу і необхідної точності перетворень.

Зменшення впливу узагальненої перешкоди у деяких випадках можна досягти шляхом усереднення сигналу від одного джерела (датчика) за декілька відліків.

Для цього зчитування сигналу від одного датчика відбувається протягом декількох послідовних вибірок з наступним накопиченням сигналу в ЕОМ або в окремому цифровому регістрі, що виконує усереднення.

**Механічні перемикачі.** Цей тип перемикачів використовується у найпростіших випадках (у перших типах ЕОМ). Основними конструктивними елементами таких перемикачів є обертовий важіль з щітками, нерухомий комутаційний диск з радіальне розташованими групами контактів і кроковий двигун.

Механічний перемикач, що випускається фірмою IDM Electronics Ltd, має 25 груп позолочених контактів.

Кожна група утворює триполюсну систему комутації. Кроковий двигун живиться від тиристорного перетворювача.

При багаторазовому перемиканні *частота опитування каналів становить більше 10 каналів/с.*

Комутаційний шум незначний – менше  $\pm 1$  мкВ, що дозволяє комутувати сигнали низького рівня (наприклад, від термопар). Максимальна комутувана напруга досягає 100 В.

В системах з використанням механічних перемикачів ідентифікація каналів відбувається за допомогою адресного кодуємого диска, закріпленого на поворотній осі і формуючого цифрові сигнали в

двійково-десятковому коді, за якими і визначають номери відповідних каналів.

Структурні схеми систем з використанням механічних перемикачів зображені на рис. 2.

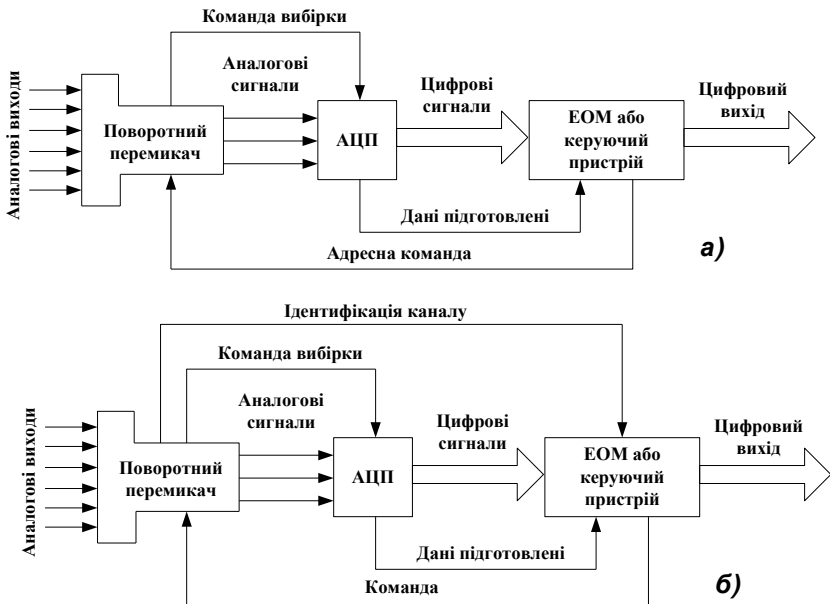


Рис. 2. Структурні схеми систем з обортовим механічним комутатором

Система, зображена на рис. 2, а, працює в режимі адресного запити. ЕОМ або інший логічний пристрій виробляє команду керування кроковим двигуном для комутації перемикачем відповідного каналу. Двигун фактично працює в неперервному режимі, обертаючи перемикаючий важіль і адресний диск, до тих пір, поки вихідний код не співпаде із запитуваною адресою. Після цього двигун зупиняється і на АЦП з перемикача надходить команда проведення вибірки. АЦП виконує перетворення вхідного аналогового сигналу (напруги) в цифровий і посилає сигнал "готовність даних" в ЕОМ або керуючий логічний пристрій. Характер опрацювання цього сигналу ЕОМ залежить від призначення системи (інформаційно-вимірювальна, керуюча тощо).

В системі, зображеній на рис. 2, б, комутаційний пристрій працює в неперервному режимі. У порівнянні з раніше розглянутою системою (рис. 2, а) тут введено коло ідентифікації каналу. Після виконання кожної операції обробки інформації АЦП важіль комутатора переводиться на наступний по порядку канал. Одночасно відбувається передача цифрової інформації. Вказану систему можна модифікувати з урахуванням пріоритетів інформаційних каналів або використовувати дискретний режим роботи, коли черговий крок комутаційного пристрою відбувається тільки після запиту логічного пристрою. Цього можна досягти шляхом створення відповідного інтерфейсу.

Існують відповідні обмеження на використання комутаційних пристроїв такого типу. Основними з них є порівняно невисока швидкість переключення каналів, нестабільність перехідного опору контактних пар, виникнення сигналів шуму, потужність яких залежить від потужності комутуваних сигналів та величини контактного опору, залежність конструктивних параметрів від числа каналів та характеристик вихідних сигналів датчиків. Порівняно складним є також технічне обслуговування механічних комутаторів.

**Електромагнітні або релейні комутаційні пристрої.** Використання електромагнітних реле як комутаційних пристроїв у нових різновидах ЕОМ дозволяє позбавитись від деяких недоліків, властивих механічним перемикачам. Особливого поширення набули реле на основі магнітокерованих контактів (герконів). Конструктивно геркон виконується у вигляді контактної пари з феромагнітного матеріалу, розташованої в герметичній скляній трубці. Остання наповнена інертним газом. Спрацьовування геркона відбувається лише при надходженні сигналу керування відповідного рівня в керуючу обмотку геркона. Переключення режимів роботи останньої виконує ЕОМ або інший логічний керуючий пристрій (рис. 3). З метою забезпечення надійного спрацьовування геркона його обмотки збудження живляться через підсилювачі потужності.

На сьогодні опанована технологія виготовлення герконів у корпусах мікросхем. При цьому відпадає потреба в додаткових підсилювачах потужності. Сигнали управління можуть формуватись дешифратором. Номер опитуваного каналу задається двійковим або двійково-десятьковим кодом. Вихідний сигнал (логічна 1) утворюється в дешифраторі тільки для вибраного каналу.

Принципово інший схемний варіант можна отримати, забезпечивши спрацьовування герконів від тактових імпульсів, що генеруються

відповідним логічним пристроєм. Під впливом тактових імпульсів по черзі збуджуються керуючі обмотки і на логічний пристрій надходять сигнали ідентифікації каналів системи. Схема з такими властивостями (рис. 4) має кільцевий лічильник.

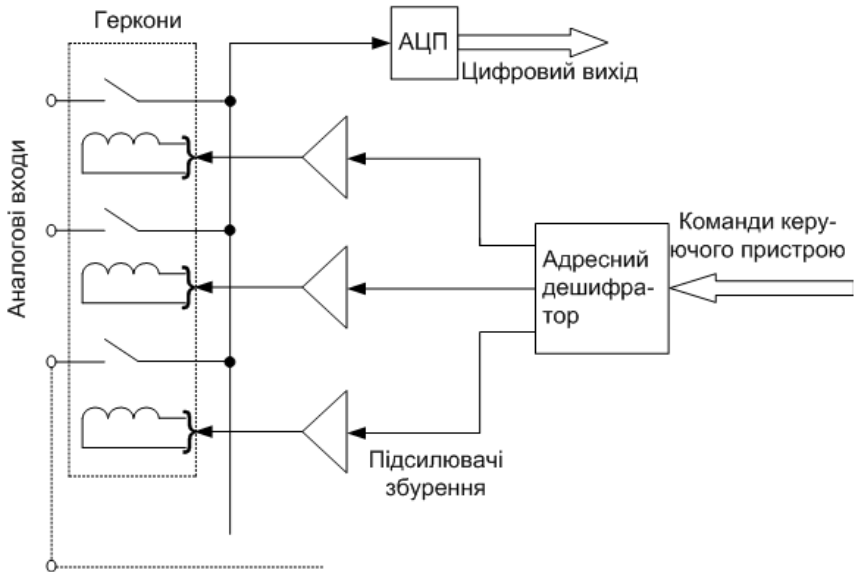
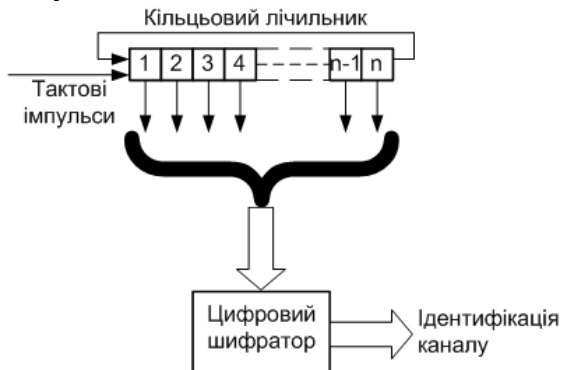


Рис. 3. Комутатор на герконах

Будемо вважати, що на виході лічильника, який відповідає першому каналу, присутня логічна 1. Тактові імпульси просувають цю 1 через кільцевий лічильник, забезпечуючи при цьому послідовне перемикання каналів по одному за такт.



Вихідні сигнали логічного пристрою використовуються для ідентифікації каналу в двійковому або двійково-десятковому коді. Зв'язок АЦП з логічним пристроєм і необхідні сигнали керування для цієї системи аналогічні описаним в системі з механічними комутаторами. У порівнянні з останніми комутатор на основі герконів має ряд *переваг*: стабільність контактного опору, незначне енергоспоживання, швидкість опитування до 500 каналів за секунду.

**Транзисторні комутаційні пристрої.** Використання транзисторних комутаторів дозволяє усунути рухомі контакти з комутованого кола. Максимальна частота опитування сягає 100 МГц. Структура схеми керування може залишатися незмінною, як і в попередніх випадках. Механічні або релейні перемикачі замінюють електронними ключами. Використання в останніх польових транзисторів дозволяє усунути небажаний ефект зміщення нульового рівня вихідного сигналу.

**Шуми комутаційних пристроїв.** Незалежно від типу комутаційний пристрій можна розглядати як комбінацію ключів, з яких один або два замкнені, а решта – розімкнені. Такий підхід є прийнятним для ідеального комутатора. У реальних комутаторах (рис. 5) кожен замкнений ключ має відповідний послідовний опір  $R_3$  і скінчений опір  $R_p$  у відкритому стані. У механічних або герконових перемикачах опір між розімкненими контактами становить декілька МОм, а в транзисторних – на порядок менше.

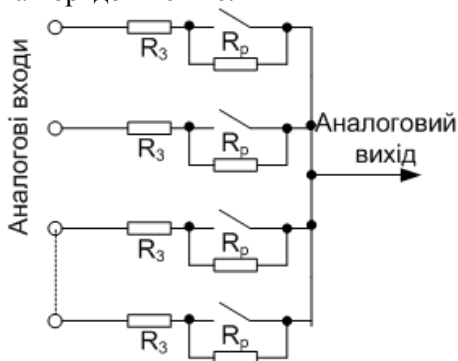


Рис. 5. Розрахункова модель комутатора

Опори відкритих ключів і послідовно з'єднані з ними датчики виявляються паралельно підключеними по відношенню до джерела



сигналу (опитуваного датчика), з'єднаного з вимірювальною схемою через низькоомний замкнений ключ. При значній кількості каналів результуючий опір сукупності розімкнених ключів може стати сумірним з опором одного замкненого ключа. Саме ця обставина спричиняє виникнення перехресних перешкод. Досить ефективним засобом боротьби з цим негативним явищем є схемний поділ пристрою на окремі групи комутаторів з обмеженим числом інформаційних каналів.

### 3. Нормалізація сигналів

Процедура нормалізації сигналів передбачає повне або часткове усунення впливу перешкод при одночасній обробці інформаційної частини сигналу. Замкнений ключ комутатора фактично виконує квантування сигналу і тому останній можна розглядати як імпульс з амплітудою  $U_m$  і тривалістю  $t_g$ . Тривалість  $t_g$  – час вибірки, тобто час, протягом якого відповідний ключ комутатора знаходиться у замкненому стані. Час вибірки повинен бути таким, щоб можна було нехтувати змінами амплітуди  $U_m$ . Інколи для виконання цієї умови приходиться використовувати схеми "вибірка - пам'ять".

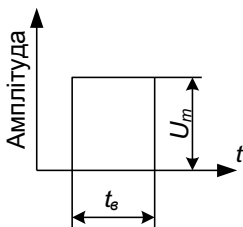
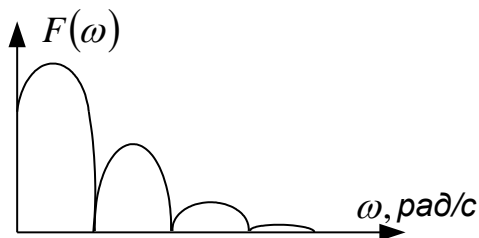
За допомогою перетворень Фур'є

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t)e^{-j\omega t} dt; \quad (1)$$

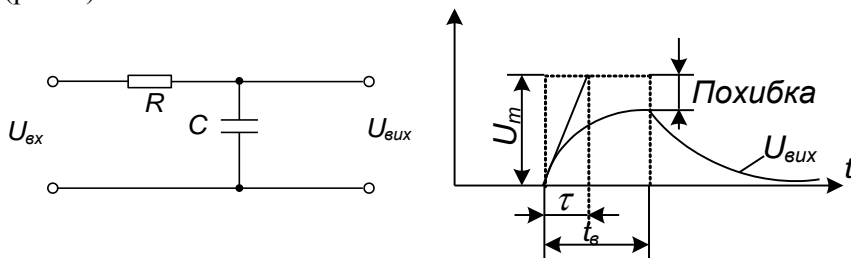
$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} F(\omega)e^{j\omega t} d\omega; \quad (2)$$

імпульс (рис. 6) може бути описаний функцією спектральної щільності  $F(\omega)$ , зображеною на рис. 7.

З графіка (рис. 7) видно, що основна частина енергії спектру зосереджена на ділянці низьких частот. Це дає підставу зробити висновок, що для заглушення перешкод необхідно використовувати фільтри нижніх частот. Їх верхня межа визначається досить часто експериментальне з урахуванням датчиків, якими оснащена система. Послаблення височастотних складових сигналу і перешкод, яке буде виникати при цьому, не викличе суттєвого зменшення кількості інформації в імпульсі.

Рис. 6. Імпульс  
вибіркиРис. 7. Частотний спектр імпульсу  
вибірки

Проблеми, що виникають при виборі схеми фільтра нижніх частот, пов'язані з суперечливістю вимог щодо характеристик фільтра. Це можна пояснити на прикладі простого пасивного фільтра нижніх частот (рис. 8).

Рис. 8. Пасивний фільтр нижніх частот і його реакція на  
імпульс

Реакція фільтра на імпульсний вхідний сигнал  $U_{вх}=U_m$  згідно теорії перехідних процесів, визначається формулою

$$u = U_m (1 - e^{-t/\tau}), \quad (3)$$

де  $\tau=RC$  – стала часу.

На підставі (3) можна визначити, що відносна похибка вимірювань системи в кінці часу вибірки дорівнює:

$$\delta = e^{-t_n/\tau}. \quad (4)$$

Отже, відносна похибка залежить від співвідношення  $t_\theta/\tau$ . З метою розгляду конкретного прикладу щодо вибору пасивного НЧ-фільтра нижче наведені її чисельні значення:

$\delta, \%$	10	5	1	0,5	0,1	0,05	0,01
$t_\theta/\tau$	2,3	3,0	4,61	5,3	6,91	7,6	9,21

З наведених обчислень видно, що при допустимій похибці  $\delta \leq 1\%$  час вибірки  $t_e$  повинен перевищувати в 4,61 разів сталу часу фільтра.

Як було раніше доведено, не дивлячись на те, що шум має досить широкий спектр, основні перешкоди виникають за рахунок наводок на частоті напруги живлення. У зв'язку з цим при проектуванні фільтрів необхідно домагатись максимального ослаблення на низьких частотах. Коефіцієнт послаблення на будь-якій частоті для пасивного фільтра (рис. 20.16) визначається відношенням діючих значень напруг вихідного і вхідного сигналів:

$$k = \left( \frac{U_{\text{вих}}}{U_{\text{вх}}} \right)_{\omega} = \frac{1}{\sqrt{1 + \omega^2 \tau^2}}. \quad (5)$$

Нормування коефіцієнта ослаблення є основоположним при проектуванні пасивних RC-фільтрів. Так, наприклад, якщо вимогою щодо фільтра є забезпечення умови  $k=0,01$  для частоти  $f=50$  Гц, то на підставі (5) можна визначити, що таке послаблення буде забезпечене фільтром із сталою часу 0,101 с. Якщо точність вимірювань системи повинна бути не нижче 0,01 %, то з урахуванням наведених вище значень нормованих похибок знаходимо, що час вибірки фільтра повинен бути не менше 9,21 $\tau$ . Одночасне задоволення вимог щодо вказаних коефіцієнта ослаблення і точності вимірювань буде за умови, якщо час вибірки становитиме  $t_e=9,21 \cdot 0,101=0,93$  с. Це означає, що частота опитування інформаційних каналів за таких умов майже не перевищує 1 вибірка/с. Досить низька швидкість опитування каналів вступає у протиріччя з припущенням, що протягом часу вибірки амплітуда вхідного сигналу є незмінною. Отже, при високій точності вимірювань і значному послабленні низькочастотних перешкод розглянутий вище пасивний фільтр має обмеження щодо використання.

Параметри фільтра і, як наслідок, його характеристики залежать від місця включення фільтра по відношенню до комутаційного пристрою (до чи після пристрою).

Особливості синтезування фільтра за певними якісними ознаками доцільно розглянути на конкретному прикладі. Будемо вважати, що вимірювальна система має  $N$  інформаційних каналів (входів) з часом вибірки  $t_e$  і їх послідовним переключенням. Якщо нехтувати паузами (час між відключенням попереднього каналу і підключенням наступного), то період опрацювання інформації системи дорівнює  $t_e N$ , с. Згідно теореми відліків, частота вибірок  $1/(t_e N)$  з метою реєстрації всіх

існуючих змін сигналів будь-якого з каналів повинна принаймні у 2 рази перевищувати найбільшу з частот  $f_i$ , що існують у спектрі вихідного сигналу:

$$\frac{\pi}{t_g N} > \omega_i; \quad \omega_i = 2\pi f_i. \quad (6)$$

Порівняльний аналіз характеристик фільтрів у залежності від місця їх включення (до чи після комутатора) необхідно проводити шляхом співставлення смуг пропускання. Фільтр, який встановлюється перед комутатором, повинен мати смугу пропускання, яка дорівнює  $\omega_i$  – частоті найбільш високочастотної складової у спектрі сигналу. Характеристики фільтра, встановленого після комутатора, повинні забезпечувати необхідний рівень похибки при обробці сигналу. Базуючись на попередніх розрахунках характеристик пасивного RC-фільтра, де похибка вимірювань була встановлена на рівні 1 %, можна визначити його смугу пропускання:

$$\omega_k = \frac{1}{\tau} = \frac{4,61}{t_g}. \quad (7)$$

З урахуванням визначених умов порівняння отримаємо:

$$\frac{\omega_k}{\omega_i} = \frac{4,61}{t_g} \div \frac{\pi}{t_g n} = 1,47N. \quad (8)$$

Таким чином, фільтр, який встановлюється після комутатора, повинен мати смугу пропускання в 1,47N разів більшу, ніж у фільтра, який встановлюється до комутатора.

Для фільтрів послаблення шумів буде тим сильнішим, чим вужчою буде смуга пропускання. Тому фільтри, встановлені перед комутатором, мають значні переваги.

Крім перерахованих вимог щодо характеристик фільтрів, при синтезуванні системи необхідно також оптимізувати їх кількість та вартість.

Одним з сучасних методів боротьби з перешкодами, які складаються в основному з наводок від джерела живлення, є цифрова фільтрація. Її використовують у цифрових вимірювальних системах, керуючи процесом опитування каналів та алгоритмом обробки отриманої інформації. Суть цифрової фільтрації полягає в наступному. Будемо вважати, що сигнал після датчика не складається з корисної компоненти – постійної напруги  $U_0$  і узагальненої перешкоди, тобто є неперервним сигналом, спектральний склад якого:

$$u_c = U_0 + U_{1m} \sin \omega t + U_{2m} \sin 2\omega t + U_{3m} \sin 3\omega t + \dots \quad (9)$$

Алгоритм обробки сигналів побудовано за принципом проведення двох відліків, один з яких виконується в момент часу  $t_1$ , а другий – в момент часу  $t_2 = t_1 + (\pi/\omega)$ , і знаходження середнього значення. Кожному з цих відліків на вході ЕОМ буде відповідати цифровий сигнал – еквівалент сигналу датчика:

$$u_{c1} = U_0 + U_{1m} \sin \omega t_1 + U_{2m} \sin 2\omega t_1 + U_{3m} \sin 3\omega t_1 + \dots \quad (10)$$

$$u_{c2} = U_0 + U_{1m} \sin(\omega t_1 + \pi) + U_{2m} \sin(2\omega t_1 + 2\pi) + \dots \quad (11)$$

Результуючий сигнал тоді буде:

$$u_{cep} = \frac{u_{c1} + u_{c2}}{2} = U_0 + U_{2m} \sin 2\omega t + U_{4m} \sin 4\omega t + \dots \quad (12)$$

Таким чином, після цифрової фільтрації результуючий сигнал складається з корисного сигналу (постійна складова  $U_0$ ) та парних гармонік перешкод. Цей метод фільтрації у порівнянні з іншими має ряд суттєвих переваг. Одна з них полягає у тому, що в узагальненій перешкоді відсутня найбільша за рівнем гармоніка на основній частоті напруги живлення. Якщо виникає необхідність зменшення впливу парних гармонік, то використовується додаткова фільтрація. З урахуванням наведених вище прикладів видно, що виконувати її можна, значно зменшивши час вибірки за умови сталої похибки вимірювань.

Більш точне усереднення можна отримати при використанні процедури інтегрування. Якщо вибірка сигналу відбувається періодично протягом інтервалу часу  $T$ , то середнє значення сигналу визначається за формулою:

$$u_{cep} = \int_0^T u_c dt \quad (13)$$

У даному випадку вибір  $T$  залежить від встановленого коефіцієнта ослаблення перешкод.

Вважаючи, що спектральний склад сигналу описується рівнянням (9), за допомогою (13) можна визначити:

$$u_{cep} = U_0 + \frac{1}{T} \left[ \frac{U_{1m}}{\omega} (\cos \omega T - 1) + \frac{U_{2m}}{2\omega} (\cos 2\omega T - 1) + \dots \right] \quad (14)$$

З (14) видно, що рівень компонент перешкоди можна мінімізувати шляхом вибору інтервалу інтегрування  $T$ . Обмеження щодо

використання методу фільтрації полягає в тому, що ефективність заглушування перешкод зменшується зі зменшенням періоду вибірки.

У сучасних електромеханічних вимірювальних системах набули поширення активні фільтри на основі операційних підсилювачів. Підсилювачі з вибірними властивостями умовно поділяють на:

- фільтри низьких та високих частот, які пропускають тільки низькі або тільки високі частоти;
- фільтри смугові та режекторні (загороджувальні), які пропускають або не пропускають сигнали відповідних частот.

Вибірні властивості на ділянці низьких частот (нижче 20 кГц) у підсилювачів можуть бути отримані переважно при використанні  $RC$ -кіл диференціюючого або інтегруючого типів. Такі кола, включені на вході або виході підсилювача, створюють частотно-залежний зворотний зв'язок.

Смугові та режекторні фільтри виконуються на основі використання  $LC$ -кіл.

Схеми найпростіших активних фільтрів високих та низьких частот зображені на рис. 9, а та рис. 10,б відповідно. Частотна характеристика кожного з них залежить від ємності конденсатора, ввімкненого в коло зворотного зв'язку (33).

Передаточна характеристика фільтра високих частот (ФВЧ) в операторній формі має вигляд:

$$K(p) = -R_2 p \tau / [R_1 (1 + p \tau)], \quad (15)$$

де  $\tau_1 = R_1 C_1$  – стала часу.

Логарифмічна амплітудно-частотна характеристика (ЛАЧХ) цього фільтра зображена на рис. 9,б. Частота спряження асимптот  $\omega_1$  знаходиться за умови  $\omega_2 \tau_2 = 1$ , звідки  $f_1 = \omega_1 / (2\pi) = 1 / (2\pi R_1 C_1)$ .

Фільтр низьких частот (рис. 10, а) має передаточну характеристику

$$K(p) = -R_2 / [R_1 (1 + p \tau_2)], \quad (16)$$

де  $\tau_2 = R_2 C_2$ .

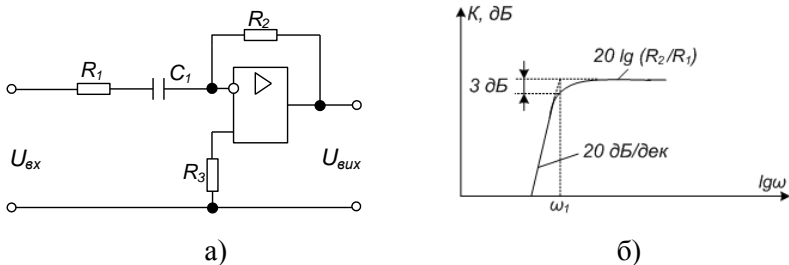


Рис. 9. Фільтр високих частот

ЛАЧХ для ФНЧ зображена на рис. 10, б. Оскільки на частоті спряження асимптот виконується умова  $\omega_2 \tau_2 = 1$ , то частота спряження  $f_2 = \omega_2 / (2\pi) = 1 / (2\pi R_2 C_2)$ .

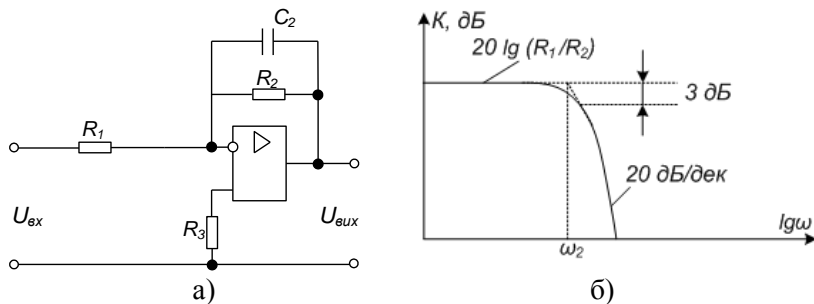


Рис. 10. Фільтр низьких частот

Наведені вище передаточні характеристики ФВЧ і ФНЧ є рівняннями першого порядку. Зменшення коефіцієнта підсилення у них становить  $20 \text{ dB/дек}$ , що свідчить про недостатні вибірні властивості. Покращити цей показник (збільшити крутість передаточної характеристики) можна послідовним включенням ідентичних активних фільтрів, введенням додаткових RC-кіл або використанням операційних підсилювачів з колами ЗЗ, робота яких визначається рівняннями другого порядку.

Каскадне включення фільтрів другого порядку також сприяє покращенню їх вибірних властивостей.

Найпростіший смуговий активний фільтр можна отримати, об'єднавши ФНЧ і ФВЧ (рис. 11,а) з ЛАЧХ (рис. 11,б).

З врахуванням розкиду параметрів RC-елементів необхідно виконувати їх коригування з метою отримання відповідної амплітудно-частотної характеристики.

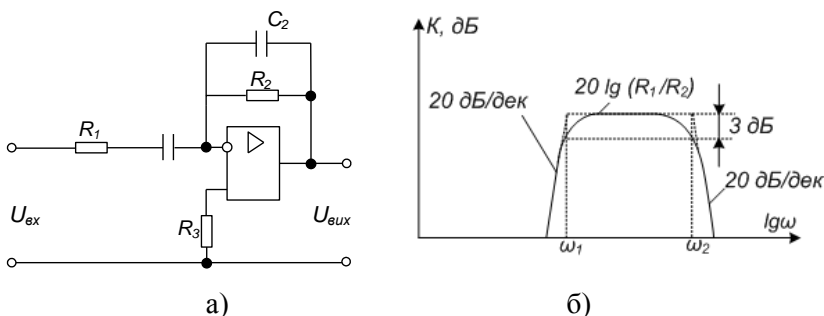


Рис. 11. Схема найпростішого активного смугового фільтра (а) і його ЛАЧХ (б)

Деякі із схем активних фільтрів другого порядку низьких і високих частот зображені на рис. 12 відповідно. Оптимальний синтез таких фільтрів дозволяє отримати нахил асимптот майже 40 дБ/дек. Як видно зі схем, перехід від ФНЧ до ФВЧ чи навпаки відбувається шляхом заміни резисторів на конденсатори з відповідними параметрами.

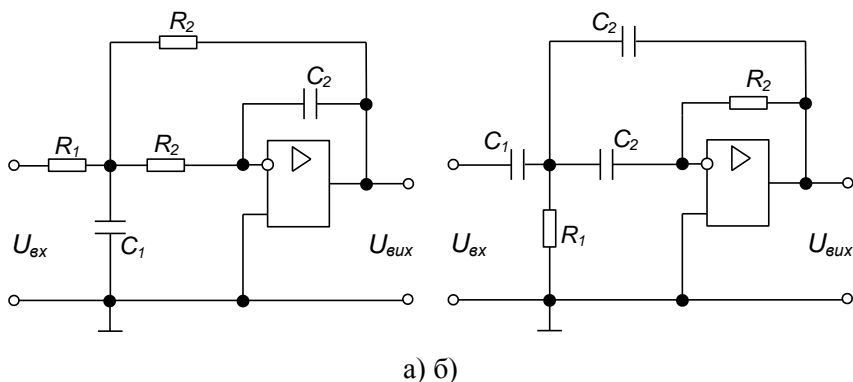


Рис. 12. Активні фільтри другого порядку

Передаточні функції цих фільтрів описуються відповідно рівняннями:



$$W(p) = \frac{R_3}{R_1 + R_1 R_2 C_2 p + (R_1 + R_2)p + R_1 R_2 R_3 C_1 C_2 p^2}; \quad (17)$$

$$W(p) = \frac{R_1 R_2 C_1 C_2 p^2}{1 + R_1(C_1 + C_2 + C_3) + R_1 R_2 C_1 C_3 p^2}. \quad (18)$$

При досить жорстких умовах фільтрації використовуються смугові активні фільтри за схемою Т-подвійного моста, який не пропускає сигнал на резонансній частоті і за схемою моста Віна, який пропускає сигнал на резонансній частоті. Зі схемами та параметрами названих фільтрів можна познайомитись в спеціальній літературі з електроніки.

Однією з процедур нормалізації сигналів приладів або датчиків може бути необхідність їх підсилення. Це виникає при необхідності досягнення високої точності вимірювальної системи та у випадку використання однодіапазонних АЦП. Якщо число каналів незначне, то підсилювач можна ставити до комутатора. За відповідних умов експлуатації датчик виконується як інтегрований модуль разом підсилювачем. В інших випадках використовують один підсилювач, встановлений на виході комутатора, який має зв'язок з відповідною групою датчиків.

Власне підсилювач повинен задовольняти наступним основним вимогам:

- мати необхідний коефіцієнт підсилення для створення номінального сигналу на вході АЦП;
- за умови заданої частоти опитування каналів забезпечувати достатню швидкість зростання сигналу на вході АЦП;
- мати мінімальний рівень власних шумів при забезпеченні двох попередніх вимог.

#### **4. Сучасні апаратні та програмні засоби збору і обробки сигналів**

Сучасні високопродуктивні пристрої введення, виведення та цифрової обробки інформації про механічні параметри вимірювальної системи конструктивно виконуються у вигляді модулів введення аналогової інформації для створення комплексів на базі комп'ютерів. До складу таких модулів входять аналого-цифрові перетворювачі (АЦП), автоматичні перемикачі діапазонів, буферні підсилювачі, цифрові фільтри, пристрої вибірки-зберігання, системи автоматичного підстроювання тощо. Всі сучасні АЦП мають у своєму складі також

інтерфейсні елементи (буферні регістри, дешифратори адреса), що робить їх сумісними з мікропроцесорними системами.

Структурна схема такого модуля, який підключається до магістралі ISA EOM, зображено на рис. 13.

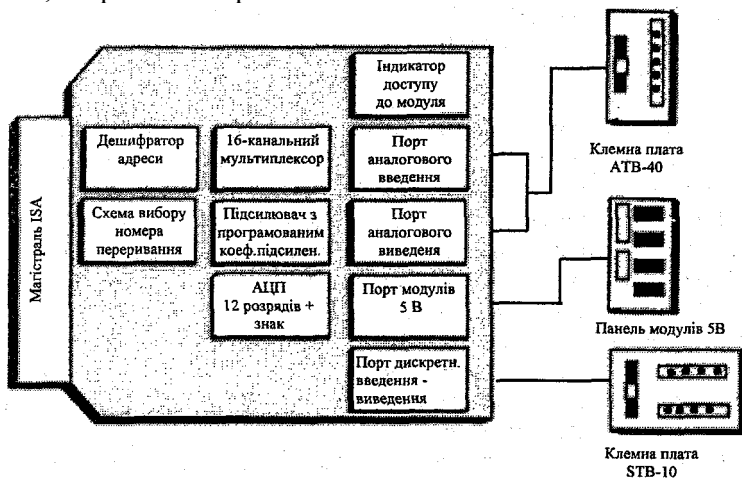


Рис. 13. Структурна схема модуля введення-виведення 5600 фірми Octagon

Провідні фірми Octagon, Texas Instruments і Analog Device пропонують широкий вибір процесорних модулів для обробки аналогових сигналів в режимі реального часу. Технічні характеристики деяких з модулів наведені нижче.

ADS 12x400 – модуль введення аналогових сигналів, розрядність АЦП 12 біт, частота дискретизації до 500 кГц, мультиплексор на 16 каналів, 12-бітний ЦАП, шина ISA та інтерфейс модулів цифрових процесорів обробки сигналів.

ADS 12x3М – модуль швидкісного введення аналогових сигналів, розрядність АЦП 12 біт, частота дискретизації до 3 МГц без втрати якості при мультиплексуванні до 16 каналів. Важлива особливість – наявність 8-канального пристрою вибірки-зберігання (ПВЗ) для одночасної фіксації вхідних сигналів. Додатково має два канали 16-бітних ЦАП з часом встановлення 33 нс. Забезпечує безперервне введення даних по шині ISA з швидкістю до (900...1000) Кслів/с і до 3000 Кслів/с по інтерфейсах модулів цифрових процесорів обробки сигналів.

ADS 18x48 – модуль високоякісного введення аналогових сигналів у смугу до 24 кГц для професійної обробки звуку, розрядність АЦП 18 біт, 4 незалежних канали. Додатково містить два канали 16-бітних ЦАП з частотою дискретизації 384 кГц, а також шину ISA та інтерфейс модулів цифрових процесорів обробки сигналів.

ADS 12x40M – високочастотний двоканальний модуль введення аналогових сигналів для шини PCI. Розрядність АЦП 12 (8) біт, частота дискретизації в кожному каналі 40 (50) МГц. Забезпечує безперервне введення даних у пам'ять ЕОМ з швидкістю до 96 Мбайт/с.

Всі модулі аналогового введення-виведення підтримуються програмними засобами в середовищах DOS, Windows, LabView, LabWindows, Matlab.

## 5. Цифрові інтерфейси введення вимірювальної інформації

**Цифрові інтерфейси** дозволяють підключати до цифрової ЕОМ різні периферійні пристрої і датчики вимірювальної інформації про механічні параметри вимірювальної системи, а також з'єднувати окремі підсистеми ЕОМ. По способу передачі інформації інтерфейси підрозділяються на паралельні і послідовні. У паралельному інтерфейсі всі біти слова або байта передаються одночасно по відповідним сигнальним лініям, що йдуть паралельно від периферійного пристрою до цифрової ЕОМ. Прикладом паралельного інтерфейсу є інтерфейс Centronics (LPT-порт), системні шини PCI та AGP. У послідовному інтерфейсі біти передаються послідовно по одній лінії. Прикладом послідовних інтерфейсів є інтерфейси RS-232C (COM-порт), FireWire, USB.

Основними характеристиками інтерфейсу є:

- пропускна спроможність (швидкість передачі даних);
- максимальна довжина сигнальних ліній інтерфейсу;
- режими передачі даних;
- топологія (схема) підключення та способи підключення периферійних пристроїв;
- підтримка інтерфейсу різним обладнанням для формування та передачі вимірювальної інформації.

Пропускна спроможність визначається окремо для кожного виду інтерфейсу і залежить від способу передачі сигналів (паралельно або послідовно), електричних параметрів та максимальної сигнальних

ліній, реалізуємих режимів передачі даних (в одному чи в обох напрямках, одночасно або по черзі).

Максимальна довжина сигнальних ліній інтерфейсу обмежується частотними властивостями кабелю і потрібною завадостійкістю інтерфейсу. Частина перешкод виникає від сусідніх ліній інтерфейсу – це є перехресні перешкоди, захистом від яких може бути застосування витих пар дротів для кожної лінії.

Можливі три режими передачі даних по інтерфейсу: дуплексний, полудуплексний і симплексний. Дуплексний режим дозволяє по одному інтерфейсу одночасно передавати інформацію в обох напрямках. Він може бути асиметричним, якщо значення пропускної спроможності в різних напрямках істотно різняться, або симетричним, якщо ці значення рівні. Полудуплексний режим дозволяє передавати інформацію в обох напрямках по черзі, при цьому інтерфейс має засоби переключення напрямку передачі. Симплексний режим передбачає тільки один напрямок передачі інформації (у зустрічному напрямку передаються тільки службові сигнали інтерфейсу).

Для сучасних інтерфейсів USB і FireWire важливою характеристикою також є топологія з'єднання периферійних пристроїв.

**Паралельний інтерфейс Centronics (LPT-порт)** був введений у цифрові ЕОМ для підключення принтера. Стандартний LPT-порт орієнтований на виведення даних з ЕОМ, хоча з деякими обмеженнями дозволяє і вводити дані.

LPT-порт має 8 ліній для передачі даних, 5 ліній сигналів стану і 4 лінії керуючих сигналів, які виведені на 25-контактне з'єднання типу DB-25S. В LPT-порту використовуються логічні рівні TTL для сигналів, що обмежує максимальну довжину сигнальних ліній через невисоку завадостійкість.

З точки зору керуючої програми LPT-порт являє собою набір регістрів введення-виведення з базової адресою 3BCh, 378h або 278h. Порт може використовувати лінію запиту апаратного переривання IRQ7 або IRQ5. У деяких режимах роботи може використовуватися і канали DMA (прямий доступ до пам'яті ЕОМ).

Стандарт IEEE 1284, прийнятий у 1994 році, описує розширені режими роботи для паралельного інтерфейсу. Ці режими розширюють функціональні можливості LPT-порту, підвищують швидкість передачі даних і знижують навантаження на центральний процесор ЕОМ. Стандарт визначає 5 режимів обміну даними, методи узгодження цих

режимів, фізичний і електричний інтерфейси. Відповідно до IEEE 1284, можливі такі режими обміну даними через паралельний порт:

1. Стандартний режим (Compatibility Mode або SPP) реалізує передачу даних в одному напрямку по протоколу обміну Centronics.

2. Напівбайтний режим (Nibble Mode), що реалізує введення в ЕОМ байтів в два цикли (по 4 біта), використовуючи для цього лінії стану.

3. Байтний режим (Byte Mode), що реалізує введення в ЕОМ байтів цілком, використовуючи для цього лінії даних. Цей режим працює тільки на портах, що припускають читання інформації з ліній даних (Bi-Directional Port).

4. Режим ЕРР (EPP Mode, Enhanced Parallel Port) реалізує обмін даними в двох напрямках. Керуючі сигнали інтерфейсу генеруються апаратно під час циклів звернення до порту. Ефективний при роботі з пристроями зовнішньої пам'яті і адаптерами локальних мереж передачі даних.

5. Режим ЕСР (ECP Mode, Extended Capability Port) реалізує обмін даними в двох напрямках з можливістю апаратного стиснення даних, використання буферної пам'яті і прямого доступу до пам'яті ЕОМ. Керуючі сигнали інтерфейсу генеруються апаратно. Цей режим ефективний для підключення принтерів і сканерів, а також різних пристроїв з великим обсягом передачі даних до ЕОМ.

**Послідовний інтерфейс RS-232C** (COM-порт, Communications Port – комунікаційний порт) забезпечує асинхронний обмін даними з цифровою ЕОМ. COM-порти реалізуються на мікросхемах універсальних асинхронних прийомопередавачів (UART) типу і8250/16450/16550. Порт має лінії послідовної передачі і прийому даних, а також набір сигналів керування і стану, що виведені на 25- або 9-контактне з'єднання. Сигнали COM-портів двополярні величиною 25 В, гальванічна розв'язка відсутня. Швидкість передачі даних може досягати 115 Кбіт/с. Персональна ЕОМ може мати до чотирьох послідовних портів (COM1 ... COM4).

COM-порт займає в адресному просторі введення-виведення по 8 суміжних 8-бітних регістрів по базових адресах 3F8h (COM1), 2F8h (COM2), 3E8h (COM3), 2E8h (COM4). Порти можуть виробляти апаратні переривання IRQ4 (COM1 і COM3) та IRQ3 (для COM2 і COM4).

Основним призначенням COM-порту є підключення комунікаційного устаткування (наприклад, модемів) для зв'язку з іншими комп'ютерами, мережами і джерелами даних. До цього порту

можуть безпосередньо підключатися периферійні пристрої з послідовним інтерфейсом: принтери, графопобудовники, термінали тощо.

**Бездротові (wireless) інтерфейси** використовують електромагнітні хвилі інфрачервоного і радіочастотного діапазонів.

**Інфрачервоний інтерфейс IrDA** дозволяє здійснювати бездротовий обмін даними між парою пристроїв на відстані до декількох метрів. Зона прийому цього інтерфейсу обмежується невеликим простором. Інфрачервоний інтерфейс мають деякі моделі принтерів, їм оснащують багато сучасних малогабаритних пристроїв: кишенькові комп'ютери (PDA), мобільні телефони, цифрові фотокамери тощо. Розрізняють інфрачервоні системи з низкою (до 115,2 Кбіт/с), середньою (1,152 Мбіт/с) і високою (4 Мбіт/с) швидкістю передачі даних.

**Шини розширення (Expansion Bus)** є засобами підключення системного рівня: вони дозволяють адаптерам і контролерам безпосередньо використовувати системні ресурси ЕОМ. Пристрої, підключені до шин розширення, можуть самі управляти цими шинами, одержуючи доступ до інших ресурсів комп'ютера (зазвичай, до оперативної пам'яті). Такий режим дозволяє розвантажувати центральний процесор і отримувати високі швидкості передачі даних. Шини розширення апаратно реалізуються у виді слотів або з'єднань з штирями, для цих шин характерна мала довжина провідників, що дозволяє досягати високих частот при обміні даними.

В сучасних цифрових ЕОМ (табл. 1) основною шиною розширення є шина PCI та порт AGP (персональні ЕОМ та робочі станції), PC/104 (промислові комп'ютери).

Таблиця 1

Характеристики шин розширення

Шина розширення	Пропускна спроможність, Мбайт/с	Розрядність даних	Розрядність адресу	Тактова частота, МГц
ISA-8	4	8	20	8
ISA-16	8	16	24	8
LPC	6,7	8/16/32	32	33
EISA	33,3	32	32	8,33
MCA-16	16	16	24	10
MCA-32	20	32	32	10
VLB	132	32/64	32	33...66

PCI	132/264	32/64	32	33/66
PCI-X	532/1064	32/64	32/64	33/66
AGP 1x/2x/4x	266/532/1064	32	32/64	66
PCMCIA	10/20	8/16	26	10
Card Bus	132	32	32	33

**Шина PCI** (Peripheral Component Interconnect) є основною шиною розширення сучасних цифрових ЕОМ. Перша версія PCI 1.0 з'явилася в 1992 р. В PCI 2.0 (1993 р.) введена специфікація коннекторів і карт розширення. У версії 2.1 (1995 р.) частота шини підвищена до 66 МГц. В даний час діє специфікація PCI 2.2, яка уточнює і роз'яснює деякі положення попередньої версії 2.1.

Шина PCI є самою високошвидкісною шиною розширення сучасних ЕОМ. Шина PCI є синхронною, тобто зчитування даних виконується по позитивному фронту сигналу синхронізації. Номінальною частотою синхронізації вважається 33 МГц. Починаючи з версії 2.1 допускається підвищення частоти до 66 МГц за умови нормальної роботи всіх підключених пристроїв. Номінальна розрядність даних 32 біти, допускається розширення розрядності до 64 бітів. При частоті шини 33 МГц теоретична пропускна спроможність досягає 132 Мбайт/с для 32-бітної шини і 264 Мбайт/с для 64-бітної; при частоті синхронізації 66 МГц – 264 Мбайт/с і 528 Мбайт/с відповідно. Проте ці значення досягаються лише під час передачі пакета даних, а реальна сумарна пропускна спроможність шини в декілька разів нижче.

Одним із головних споживачів пропускної спроможності системної шини є графічний адаптер (відеоадаптер), до якого підключений монітор ЕОМ. В міру збільшення роздільної здатності і глибини кольору вимоги до пропускної спроможності шини, що зв'язує графічний адаптер з оперативною пам'яттю і центральним процесором ЕОМ, підвищуються. Одне з можливих рішень полягає в зменшенні потоку графічних даних, що передаються по шині. Для цього графічні адаптери обладнують пришвидшувачами і збільшують об'єм відеопам'яті, якою користується пришвидшувач при виконанні побудов графічних об'єктів на екрані монітора. В результаті потік даних в основному циркулює всередині графічного адаптера. Інше рішення розробила фірма Intel на базі шини PCI 2.1. Це є стандарт шини AGP для підключення графічних адаптерів (Accelerated Graphic Port – прискорений графічний порт).

**Порт AGP** являє собою 32-розрядну шину з тактовою частотою 66 МГц, велика частина сигналів якої запозичена з шини PCI. Проте на відміну від PCI, порт AGP являє собою інтерфейс, що з'єднує графічний адаптер з оперативною пам'яттю і центральним процесором, не перетинаючись з “вузьким місцем” – шиною PCI. Прискорений обмін даними забезпечується: конвеєрними зверненнями до пам'яті; помноженою (2x, 4x, 8x тощо) частотою передачі даних щодо тактової частоти порту.

## **6. Пристрої та інтерфейси введення відеозображень, що містять вимірювальну інформацію**

Відеозображення, що містять вимірювальну інформацію, повинні бути введені в обчислювальне середовище цифрової ЕОМ з метою накопичення, обробки та реєстрації цієї інформації. Введення відеозображень від джерел аналогового відеосигналу виконується за допомогою спеціальних пристроїв введення відеозображень в ЕОМ. Введення відеозображень від цифрових пристроїв їх формування виконується за допомогою інтерфейсів передачі цифрових даних USB або IEEE 1394 (FireWire).

**Інтерфейс USB** (Universal Serial Bus - універсальна послідовна шина) є промисловим стандартом розширення архітектури персональних ЕОМ, орієнтованим на інтеграцію з різними периферійними пристроями і пристроями побутової електроніки, в тому числі і з пристроями формування цифрових відеозображень (рис. 14, табл. 2). Більшість периферійних пристроїв підтримує версію 1.1 стандарту USB. Більш сучасна версія USB 2.0, забезпечує 40-кратне підвищення пропускної спроможності інтерфейсу. У версії 1.1 шина забезпечує дві швидкості передачі інформації: повна швидкість FS (full speed) – 12 Мбіт/с і низька швидкість LS (Low Speed) – 1,5 Мбіт/с. У версії 2.0 введена висока швидкість HS (High Speed) – 480 Мбіт/с, що дозволяє суттєво розширити коло пристроїв, що підключаються до шини. Перш за все, це важливо для пристроїв формування цифрових відеозображень. В одній системі можуть бути присутніми і одночасно працювати пристрої з усіма трьома швидкостями передачі даних.



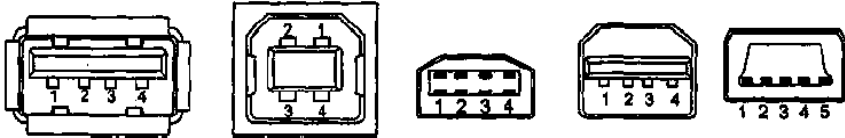


Рис. 14. З'єднання інтерфейсу USB:  
а) – тип “А”; б) – тип “В”; в), г), д) – тип “В” мініатюрні

Таблиця 2

Контакти і сигнали інтерфейсу USB

Контакт (рис. 6.3, а-г)	Контакт (рис. 6.3, д)	Електричне коло
1	1	Vbus (живлення +5В)
2	2	D- (диференційний сигнал)
3	3	D+ (диференційний сигнал)
4	5	GND (загальний вивід)

У інтерфейсі використовується диференційний метод передачі сигналів D+ і D- по двом дротам. Швидкість пристрою, підключеного до конкретного порту, визначається вузловим пристроєм (хабом) інтерфейсу по рівнях сигналів на лініях D+ і D-. Швидкість передачі даних (LS, FS або HS) визначається розробником периферійного пристрою відповідно до потреб цього пристрою.

Керування енергоспоживанням є дуже важливою функцією USB. Для периферійних пристроїв, що живляться від шини USB, потужність споживання обмежена струмом до 100 мА.

Шина USB застосовується для підключення до ЕОМ найрізноманітніших пристроїв. Вона здатна замінити традиційні COM- і LPT-порти, а також порти ігрового адаптеру та інтерфейсу MIDI звукових пристроїв. Специфікація USB 2.0 дозволяє реалізувати підключення дискових накопичувачів інформації. Шина USB надає можливість підключення та відключення пристроїв без перезавантаження операційної системи в ЕОМ. Зручною є можливість підключення великої кількості (до 127) пристроїв до однієї шини за умови наявності вузлових пристроїв (хабів). Шина USB наявна в будь-якій сучасній ЕОМ.

Основною областю застосування шини USB є підключення периферійних пристроїв до ЕОМ:

1. Пристрої введення даних – клавіатури, “миші”, планшетні покажчики тощо. В даному випадку забезпечується єдиний інтерфейс для різних пристроїв.

2. Принтери. USB 1.1 забезпечує приблизно ту ж швидкість, що і LPT- порт у режимі ECP, а також дозволяє підключити декілька принтерів до однієї ЕОМ. USB 2.0 підвищує швидкість передачі великих масивів даних для друкування на принтері.

3. Сканери. Застосування USB дозволяє суттєво підвищити швидкість передачі даних в ЕОМ.

4. Аудіо пристрої – колонки, мікрофони, навушники. USB дозволяє передавати потоки аудіо даних, достатні для забезпечення найвищої якості звуку.

5. Музичні синтезатори і MIDI-контролери з інтерфейсом USB. Шина USB дозволяє ЕОМ обробляти потоки даних множини каналів MIDI.

6. Цифрові пристрої формування відеозображень. USB 1.1 дозволяє передавати статичні відеозображення будь-якого розміру за прийнятний час, а також передавати послідовність відеозображень тільки невеликого розміру з достатньою частотою кадрів (25...30 Кбіт/с) і з стисненням даних. USB 2.0 дозволяє передавати послідовність відеозображень великого розміру без стиснення і втрати якості.

7. Комунікації. З інтерфейсом USB випускають різноманітні модеми, адаптери високошвидкісного інфрачервоного зв'язку і адаптери мережі Ethernet.

8. Перетворювачі інтерфейсів дозволяють через порт USB, наявний тепер практично на всіх комп'ютерах, підключати пристрої з найрізноманітнішими інтерфейсами: Centronics (LPT-порт), RS- 232C (COM-порт) тощо.

9. Пристрої збереження даних – вінчестери, пристрої читання і запису CD і DVD дисків, енергонезалежну флеш-пам'ять.

10. Ігрові пристрої – джойстики всіх видів.

11. Пульти керування з різноманітними датчиками і виконавчими механізмами.

12. Телефони аналогові і цифрові (ISDN). Підключення телефонного апарата до ЕОМ дозволяє реалізувати функції автодозвона, автовідповідача, охорони тощо.

13. Монітори ЕОМ. Тут шина USB використовується для керування параметрами монітора.

14. Електронні ключі – пристрої з будь-яким рівнем інтелектуального захисту.

**Стандарт цифрового інтерфейсу IEEE 1394** був прийнятий у 1995 році. Його метою було створення інтерфейсу, що не поступається по характеристикам паралельним інтерфейсам при суттєвому здешевленню і підвищенні зручності підключення (за рахунок переходу на послідовний інтерфейс). Стандарт заснований на шині FireWire, розробленої фірмою Apple Computer. Інша назва того ж інтерфейсу – iLink або Digital Link використовується фірмою Sony в пристроях побутової електроніки.

Стандарт IEEE 1394 (рис. 15) визначає три можливі швидкості передачі цифрових даних: 98,304, 196,608 і 393,216 Мбіт/с, що округлюють до 100, 200 і 400 Мбіт/с.

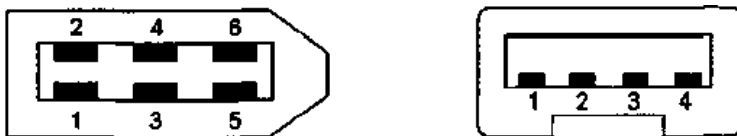


Рис. 15. З'єднання інтерфейсу IEEE 1394:  
а) – 6 контактів; б) – 4 контакти

Основні властивості шини FireWire (IEEE 1394):

1. Багатофункціональність. Шина забезпечує цифровий зв'язок до 63 пристроїв без застосування додаткової апаратури (хабів). Пристрої побутової електроніки (цифрові відеокамери, web-камери для відеоконференцій, цифрові фотоапарати, приймачі кабельного і супутникового телебачення, цифрові CD і DVD програвачі, акустичні системи, цифрові музичні інструменти), периферійні пристрої ЕОМ (принтери, сканери, пристрої дискової пам'яті) і самі ЕОМ можуть бути об'єднані в локальну мережу.

2. Висока швидкість обміну даними. Шина дозволяє навіть на початковому рівні (100 Мбіт/с) передавати одночасно два канали відео (30 кадрів за секунду) високої якості.

3. Низька ціна компонентів.

4. Простота налаштування і використання. FireWire допускає динамічне підключення і відключення пристроїв.

До пристроїв введення відеозображень в цифрову ЕОМ відносяться внутрішні і зовнішні ТВ-тюнери, а також плати пристроїв введення відеозображень, що встановлюються на системну шину ЕОМ.

**Внутрішні ТВ-тюнери** представляють собою плату розширення в складі персональної ЕОМ, яка підключена до системної шини PCI. Ці пристрої призначені для введення в ЕОМ аналогових відеосигналів від зовнішніх джерел. Відзначимо, що внутрішні ТВ-тюнери мають ряд недоліків, що негативно впливають на якість отриманих за їх допомогою цифрових відеозображень. Головним недоліком внутрішніх ТВ-тюнерів є саме місце їх розташування: поки ще нікому не вдалося до кінця захистити цей пристрій від впливу електромагнітних полів і наводок всередині корпусу ЕОМ.

**Зовнішні ТВ-тюнери** виконані у виді окремого блока, що підключається до ЕОМ або безпосередньо до монітора. Існує два різновиди зовнішніх ТВ-тюнерів: з функцією введення в ЕОМ і збереження відео і без цієї функції. Підключення зовнішнього ТВ-тюнера здійснюється до ЕОМ через USB інтерфейс або до монітора через розрив його сигнального кабелю.

**Пристрої введення відеозображень** являють собою окремий клас пристроїв, що здійснюють захоплення відеосигнала в стандартах PAL/SECAM/NTSC від аналогових джерел з можливістю наступного редагування і обробки відеозображень (рис. 16).

Розглянемо типову структуру такого пристрою. На платі пристрою розташовані з'єднання композитного і S-Video входів. Виходи відеосигналів мають такі ж варіанти. На платі встановлений апаратний кодек MJPEG реального часу, що захоплює відеосигнали в стандартах PAL/SECAM/NTSC з частотою до 25 кадрів за секунду. Максимальний розмір кадру складає 768x576 дискретних точок. Стиснення здійснюється у форматі MJPEG з степінню стиснення від 3:1 до 100:1.

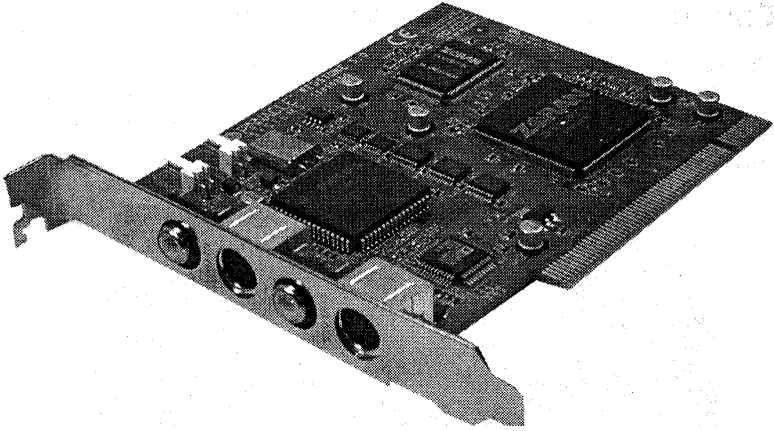


Рис. 16. Плата пристрою введення відеозображень  
Pinnacle Studio DC10 plus

При вирішенні за допомогою пристрою введення відеозображень технічних і наукових задач важливо забезпечити якість отриманого растрового графічного зображення, достатню для проведення його розпізнавання, ідентифікації і вимірювання геометричних розмірів.

Для технічних і наукових задач найбільш важливим є розмір зображення в дискретних точках і пов'язана з ним роздільна здатність зображення. Збільшення розміру і роздільної здатності зображення дозволяє, наприклад, підвищити точність вимірювання розмірів елементів зображення. В даному випадку мова іде про розмір і роздільну здатність, отримані при перетворенні відеосигналу в цифрову форму, а не про ті, що виникли в результаті обробки зображення за допомогою програмних засобів.

В деяких задачах важливе значення також має глибина кольору зображення, тобто кількість двійкових розрядів, за допомогою яких кодується інформація про колір дискретної точки зображення. Це, наприклад, задачі пошуку відеозображень і задачі розпізнавання образів. В даному випадку мова іде про глибину кольору, отриману при перетворенні відеосигналу в цифрову форму, а не про ту, що виникла в результаті обробки зображення за допомогою програмних засобів.

Якість растрового графічного зображення, отриманого при введення відеозображення від зовнішнього джерела, визначається такими факторами:

– тип відеосигналу від зовнішнього джерела (композитний VHS, SVHS, компонентний YUV або RGB);

– якість відеосигналу від зовнішнього джерела;

– структура і параметри пристрою введення відеозображень.

Розглянемо структуру і параметри пристрою введення відеозображень, звертаючи увагу на те, як вони впливають на якість зображення.

Структурна схема пристрою введення відеозображень представлена на рис. 17.

Відеосигнал від зовнішнього джерела подається на вхід пристрою введення відеозображень. Блок аналого-цифрового перетворювача (АЦП) і декодера виконує перетворення відеосигналу в цифрову форму і розподіл на 3 окремі компоненти (сигнал яскравості  $Y$  і 2 кольорорізницевих сигнала  $U$  і  $V$ ), що відповідає стандартній кольоровій схемі YUV, яка застосовується для передачі відеозображень.

Блок керування і перетворення відеоінформації забезпечує спільну роботу всіх складових частин пристрою введення і виконує перетворення відеозображення. Перелік цих перетворень наведено на структурній схемі.

Інформація про один кадр відеозображення в цифровій формі накопичується в запам'ятовуючому пристрої (ЗП) і може бути передана по системній шині комп'ютера на жорсткий диск для збереження.

Цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП) і блок виведення відеозображення забезпечують відтворення відеозображення на моніторі комп'ютера.

Розмір і роздільна здатність відеозображення, яке було отримано в результаті введення відеосигналу, залежить від частоти дискретизації АЦП і від ємності ЗП для зберігання кадрів відеозображення. Глибина кольору відеозображення залежить від розрядності АЦП і ємності ЗП.

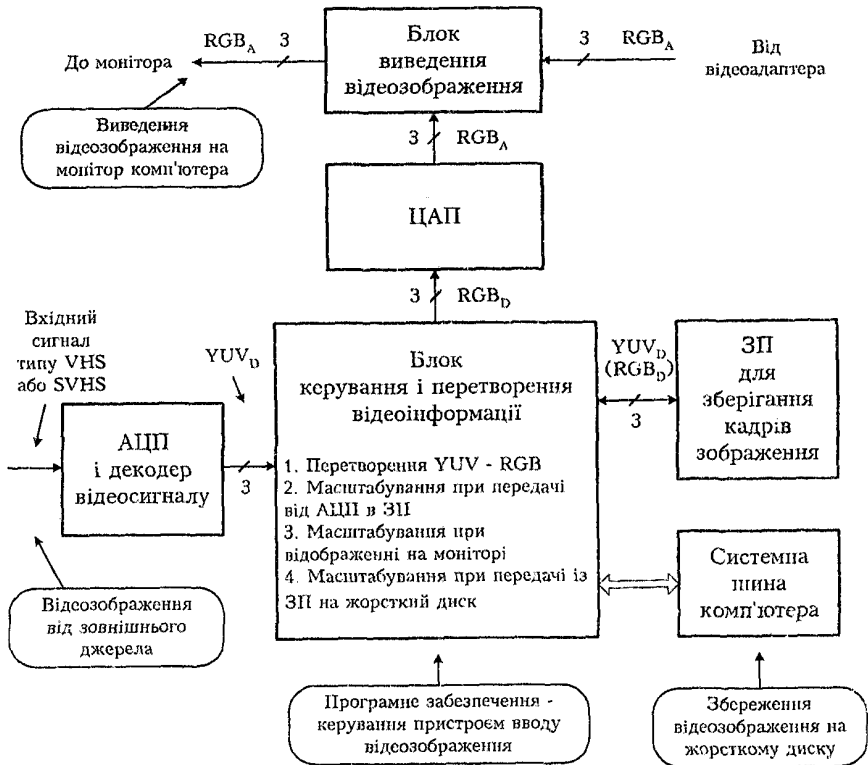


Рис. 17. Структурна схема пристрою введення відеозображень

На якість відеозображення також можуть впливати операції масштабування, що в деяких режимах роботи виконує блок керування і перетворення відеоінформації при передачі цифрових даних від АЦП в ЗП і із ЗП на жорсткий диск.

Для отримання якісного відеозображення пристрій введення відеозображень повинен мати такі параметри:

- частота дискретизації АЦП – 14,75 МГц;
- розрядність АЦП – 8 біт;
- ємність ЗП – 2 Мбайта.

В даному випадку можна отримати такі варіанти відеозображення:

- розмір 768x576 точок, глибина кольору 24 біти (16 млн. кольорів) і кодування у форматі YUV 4:2:2;
- розмір 768x512 точок, глибина кольору 24 біти (16 млн. кольорів) і кодування у форматі RGB 8:8:8.

Аналіз розглянутої інформації і результати практичних досліджень дозволяють зробити наступні висновки:

1. У зв'язку з розвитком комп'ютерної техніки і комп'ютерних технологій обробки відеоінформації для користувачів персональних цифрових ЕОМ стала доступною принципово нова можливість – введення відеозображення від зовнішнього джерела в ЕОМ.

2. Введення відеозображення в персональний комп'ютер дозволяє автоматизувати вирішення багатьох технічних і наукових задач.

3. Програмно-апаратний комплекс і методика збору і обробки відеоінформації на основі застосування інформаційно-комп'ютерних технологій забезпечують більш високий і досконалий рівень досліджень у порівнянні із звичайними методами.

4. Результати обробки відеоінформації залежать від якості відеозображень, отриманих при введенні відеозображення в персональний комп'ютер. Якість цих зображень визначається параметрами пристрою введення відеозображень.

## 7. Пристрої реєстрації цифрової вимірювальної інформації

Пристрої реєстрації цифрової вимірювальної інформації про механічні параметри вимірювальної системи входять до складу цифрової ЕОМ та дозволяють зберігати цю інформацію тривалий час. Кожен з таких пристроїв побудований на основі використання певного фізичного методу збереження інформації або поєднання декількох цих принципів. Основними методами збереження інформації є магнітний, оптичний та електричний. Вони реалізують енергонезалежне зберігання масивів цифрових даних на деякому фізичному носії даних. Взаємодія процесора цифрової ЕОМ з пристроями реєстрації відбувається на основі обміну з ними блоками даних по одному з стандартних інтерфейсів. Основними типами пристроїв реєстрації інформації є дисккові пристрої, тобто жорсткі диски, CD та DVD пристрої з відповідними носіями інформації.

Розглянемо **основні методи реєстрації та збереження вимірювальної інформації** в цифрових ЕОМ.

Магнітний метод заснований на зміні намагніченості ділянок носія у відповідності із значеннями бітів інформації, що записується на цей носій. Носій інформації повинен мати вигляд рухливого диска або стрічки. Запис і зчитування інформації провадиться на доріжку (трек) носія. Голівка запису викликає зміну намагніченості ділянок треку



відповідно до значень реєструємих бітів інформації. При зчитуванні інформації реєструється зміна величини магнітного поля, обумовлена проходженням під голівкою зчитування ділянок треку з різною намагніченістю. У магнітооптичних пристроях використовується магнітний метод реєстрації, а оптичний пристрій у вигляді лазера використовується для розігріву ділянки запису на носії, що дозволяє суттєво підвищити щільність запису.

Оптичний метод заснований на зміні оптичних властивостей ділянки носія, тобто її степені прозорості або коефіцієнта відбиття променів. В оптичних пристроях CD і DVD зміна оптичних властивостей досягається за допомогою лазера або шляхом пресування носіїв з полімерних матеріалів.

Електричний метод заснований на граничних ефектах у напівпровідникових мікросхемах пам'яті. Цей метод використовується у флеш-пам'яті та мікросхемах EEPROM. Зміна стана осередку збереження інформації при запису відбувається під впливом сильного електричного поля.

По методі доступу до інформації пристрої реєстрації поділяються на пристрої з прямим (безпосереднім) доступом і пристрої з послідовним доступом. Пристрої з прямим доступом забезпечують звернення до блоків даних по адресах їх розташування у довільному порядку з довільним чередуванням операцій запису і зчитування блоків. Наприклад, таким пристроями є жорсткі диски цифрових EOM. Пристрої з послідовним доступом допускають тільки послідовний запис або зчитування блоків даних, розташованих по сусіднім адресам на носії даних. Наприклад, такими пристроями є накопичувачі на магнітній стрічці (стрімери). Стрічкові пристрої послідовного доступу мають великий час доступу до потрібного блоку даних, але знаходять ефективне застосування для збереження дуже великих масивів інформації, що складається з довгих послідовностей блоків даних.

Розглянемо **основні характеристики пристроїв реєстрації та збереження вимірювальної інформації** в цифрових EOM.

Головною характеристикою пристроїв реєстрації є їх ємність. Ємність пристрою визначається носієм даних, а також вона може обмежуватися можливістю адресації блоків даних, властивих інтерфейсу, що використовується для підключення пристрою. Ємність вимірюється в кілобайтах, мегабайтах, гігабайтах і терабайтах ( $10^3$ ,  $10^6$ ,  $10^9$  і  $10^{12}$  байтів відповідно).

Час доступу визначається як усереднений інтервал від одержання пристроєм запиту на запис або зчитування блока даних до фактичного початку передачі даних. Для дискових пристроїв сач доступу складається з часу позиціонування голівок і часу чекання підходу до них необхідної ділянки носія. Дискові устрої мають час доступу від одиниць до сотень мілісекунд. Для електронних пристроїв зовнішньої пам'яті час доступу визначається швидкодією мікросхем пам'яті і при зчитуванні складає доли мікросекунд, запис виконується значно довше.

Швидкість передачі даних визначається продуктивністю обміну даними, що вимірюється після завершення пошуку необхідного блоку даних. На цю характеристики суттєвий вплив має наявність в сучасних пристроях буферної пам'яті значних розмірів. Швидкості обміну даними буферної пам'яті з власне носієм (внутрішня швидкість передачі) і з зовнішнім інтерфейсом можуть істотно різнитися. Швидкість роботи зовнішнього інтерфейсу обмежується швидкодією електронних схем і граничною частотою сигналів, що передаються по інтерфейсу. Внутрішня швидкість в основному обмежується можливостями електромеханічних складових частин пристрою реєстрації.

Швидкість запису і зчитування даних визначається кількістю цифрових даних, збережених або зчитаних пристроєм реєстрації за одиницю часу. Вона визначається часом доступу та швидкістю передачі даних. Швидкість запису і зчитування даних суттєво залежить від характеру запитів на доступ до даних – лінійного або випадкового.

У табл. 3 наведено основні характеристики поширених пристроїв реєстрації та збереження вимірювальної інформації, що використовуються в складі цифрових ЕОМ.

Таблиця 3

Основні характеристики пристроїв реєстрації та збереження  
вимірювальної інформації

Тип носія даних	Ємність носія, байт	Час доступу, мс	Швидкість зчитування даних/ швидкість інтерфейсу, Мбайт/с	Ціна пристрою, у.о.	Ціна збереження 1 Гбайт даних, у.о.
1	2	3	4	5	6
Гнучкий магнітний диск FDD 3,5"	1,44 М	100	0,055	8	200
Жорсткий диск HDD IDE	40...250 Г	7,5...10	2...70/133	110 (200 Г)	0,55
Жорсткий диск HDD SATA	40...400 Г	7,5...10	20...70/150	120 (200 Г)	0,6
Жорсткий диск HDD USB або HDD FireWire	10...100 Г	7,5...10	0,5...30	45 (100 Г)	0,4
Жорсткий диск HDD SCSI	20...250 Г	3...10	10...100/320	480 (146 Г)	3,3
Оптичний диск CD-ROM 52x	700 М	85	0,15	15	менше 0,05
Оптичний диск CD-RW52/32/52x	700 М	100	до 7,2	30	0,5... ...1,3
Оптичний диск DVD-ROM 16x	4,7...17 Г	90	до 21	30	менше 0,05
Оптичний диск DVD±RW16x	4,7 Г	130	до 21,6	75	0,25... ...0,45
Магнітооптичний диск MOD 3,5"	540 М/ 640 М/ 1,3 Г	28	до 3,7	100	9

Продовження табл. 3

1	2	3	4	5	6
Магнітооптичний диск MOD 5,25"	2,6 Г	25	10	200	10,5
Карта флеш-пам'яті Compact Fash	32 М...4 Г	< 1	до 33	50 (512 М)	95
Карта флеш-пам'яті USB Flash	64 М...4 Г	< 1	до 24	15 (512 М)	105
Карта пам'яті MMC, SD, SMC	64 М...2 Г	< 1	до 5	55 (512 М)	105

**Накопичувачі на жорстких магнітних дисках** (НЖМД або HDD – Hard Disk Drive) є головними пристроями дискової пам'яті більшості ЕОМ.

Конструкція складається з електромеханічної частини і блоку електроніки. Електромеханічна частина містить пакет магнітних пластин з двигуном і блок головок з приводом, які знаходяться в герметичному захисному корпусі.

У якості приводу жорстких дисків використовують, як правило, трифазні синхронні двигуни. Схема керування двигуном забезпечує пуск і зупинку пакету пластин, а також підтримує необхідну швидкість з досить високою точністю. Двигун живиться напругою +12 В. Швидкість обертання дорівнює 3600, 4500, 5400 або 7200 об/хв.

Пластини жорстких дисків звичайно виготовляють з алюмінієвих сплавів, іноді з кераміки або скла. Робочий магнітний прошарок створений на основі оксиду заліза або оксиду хрому. Кількість пластин зазвичай дорівнює 1...4.

Для запису і зчитування інформації в жорстких дисках використовуються магнітні головки, що представляють мініатюрні котушки індуктивності, намотані на магнітному осередку із зазором. У сучасних накопичувачах для зчитування також використовуються магніторезистивні головки, засновані на ефекті анізотропії опору напівпровідників у магнітному полі. В них через магніторезистивний датчик пропусають вимірювальний тік, і розмір падіння напруги

пропорційний намагніченості ділянки магнітної поверхні, що знаходиться під голівкою.

Для позиціонування голівок на необхідний циліндр у старих дисках застосовувалися крокові двигуни з черв'ячною передачею, зубцюватою рейкою або стрічковою передачею. У сучасних накопичувачах для голівок застосовують привід з рухливою котушкою, що працює по принципу котушки звукового динаміка. У такому приводі блок голівок пов'язаний з котушкою індуктивності, яка поміщена в магнітне поле постійного магніту. При протіканні току через котушку на її починає діяти сила, пропорційна силі току. Ця сила викликає переміщення котушки і блока головок. Привід може бути лінійним або поворотним.

Герметичний корпус жорсткого диска може мати отвір, закритий фільтром і призначений для вирівнювання тиску всередині і зовні блока.

Крім блока механіки жорсткий диск має блок електроніки, що управляє приводами шпинделя і голівок, а також формує сигнали голівок запису та зчитування.

Основні характеристики жорстких дисків:

1. Неформатована ємність представляє собою максимальну кількість бітів, що записуються на всіх треках диска, включаючи службову інформацію.

2. Форматована ємність, що дорівнює обсягу збереженої корисної інформації на диску.

3. Швидкість обертання двигуна що вимірюється в оборотах у хвилину. Швидкість обертання дорівнює 3600, 4500, 5400 або 7200 об/хв.

4. Інтерфейс, що визначає спосіб підключення диска до системної шини EOM. Для дисків, що встановлені всередині EOM, використовуються інтерфейси ATA, SATA і SCSI, для зовнішніх дисків – USB і FireWire.

5. Обсяг буферної пам'яті в блоці електроніки.

6. Час доступу, швидкість передачі даних по інтерфейсу, швидкість зчитування даних визначаються характеристиками 3...5.

В **оптичних дисках** збереження інформації оснований на зміні оптичних властивостей поверхні носія. В процесі зчитування при освітленні треку лазерним променем виникає модуляція інтенсивності відбитого променя, що сприймається фотоприймачем. До оптичних відносяться CD і DVD диски (CD – Compact Disk, компакт диск, DVD – Digital Versatile Disk, універсальний цифровий диск).

Оптичні диски CD-ROM, CD-R і CD-RW мають прозору пластикову основу, над якою розташовані прошарок, що реєструє інформацію, та захисний прошарок лаку. На верхню сторону диска може бути нанесена кольорова етикетка. Діаметр диска дорівнює 120 мм, товщина – 1,2 мм. Диск має одну спіральну доріжку (трек), що починається від центру диска. Ця спіраль має 22 188 витків. Для зчитування інформації використовується лазер з довжиною хвилі 780 нм. Швидкість передачі даних стандартного диска складає 150 Кбайт/с. Ця швидкість називається 1x. Сучасні пристрої збереження інформації мають швидкість до 52x.

Штамповані (друкарські) диски CD-ROM мають рельєфну верхню сторону прозорої основи, покриту світловідбиваючим напиленням. Ямки і рівні ділянки треку дають різну інтенсивність відбитого променя, що реєструється фотоприймачем. Штамповані диски виготовляються на спеціальному заводському устаткуванні. Початкова інформація для штампа береться з попередньо записаного майстер-диска. З майстер-диска за декілька технологічних етапів одержують прес-форми для виготовлення дисків CD-ROM масовим тиражем.

Диски CD-R, що записуються однократно, мають прошарок органічного барвника, що покриває основу. Поверх барвника нанесено світловідбиваюче напилення (золото або більш дешевий сплав сріблястого кольору). При запису лазерним променем випалюються фрагменти барвника. В результаті при зчитуванні інформації відбитий промінь буде модульованим за інтенсивністю.

Диски CD-RW, що допускають багатократний перезапис даних, між основою і світловідбиваючим напиленням мають реєструючий прошарок, що може змінювати свій стан під дією лазерного променя в процесі запису. Прозорість реєструючого прошарку залежить від його стану. При перезапису стан цього прошарку попередньо відновлюється до початкового.

В оптичних DVD дисках знайшли подальший розвиток оптичні методи реєстрації інформації, спрямовані на підвищення щільності збереження і швидкості її передачі. Ці диски мають зовнішній діаметр 120 мм і товщину 1,2 мм). Для підвищення ємності ширина треку і подовжній розмір бітового осередку зменшені приблизно вдвічі, знижені витрати, пов'язані з надмірністю кодів корекції помилок. Крім того, можуть використовуватися дві сторони диска, а на кожній стороні інформація може зберігатися в двох реєструючих прошарках. Таким чином, один диск може мати чотири реєструючі прошарки.

Для зчитування DVD дисків використовується лазер з довжиною хвилі 635 або 650 нм. У двошаровому диску ямки на треку розташовані в двох площинах, перший прошарок покритий напівпрозорою плівкою, другий – непрозорою світловідбиваючою плівкою. Який з прошарків зчитується, визначається фокусуванням променя лазера.

Диски DVD випускаються промисловістю з різною кількістю робочих сторін (SS – Single Sided, односторонні; DS – Dual Sided, двосторонні) і реєструючих прошарків (SL – Single Layer, одношарові; DL – Dual Layer, двошарові). У табл. 4 наведено ємність основних типів DVD дисків.

Таблиця 4

## Формати DVD дисків

Формат	Кількість робочих сторін та реєструючих прошарків	Ємність, Гбайт
Диски діаметром 120 мм		
DVD-5	SS/SL	4,37/4,70
DVD-9	SS/DL	7,95/8,54
DVD-10	DS/SL	8,74/9,40
DVD-14	DS/DL	12,32/13,24
DVD-18	DS/DL	15,90/17,08
DVD-R 1.0	SS/SL	3,68/3,95
DVD±R 2.0, DVD±RW 2.0	SS/SL або DS/SL	4,37/4,70 або 8,75/9,40
DVD-RAM 1.0	SS/SL або DS/SL	2,40/2,58 або 4,80/5,16
DVD-RAM 2.0	SS/SL або DS/SL	4,37/4,70 або 8,75/9,40
HD DVD-ROM	SS/SL або SS/DL	15 або 30
HD DVD-RW	SS/SL або SS/DL	20 або 32
HD DVD-R	SS/SL	15
BD-ROM(R, RE)	SS/SL або SS/DL	23,3...27 або 46,6...54
Міні-диски діаметром 80 мм		
DVD-1	SS/SL	1,36/1,46
DVD-2	SS/DL	2,47/2,66
DVD-3	DS/SL	2,72/2,92
DVD-4	DS/DL	4,95/5,32
DVD-RAM 2.0	SS/SL або DS/SL	1,36/1,46 або 2,47/2,65

Базовою швидкістю 1x для DVD дисків є швидкість, достатня для зчитування відеопослідовностей та їх відтворення в реальному масштабі часу. Вона складає 1,35 Мбайт/с. Граничної можливою на теперішній час є швидкість 16x (21,6 Мбайт/с). Час доступу для DVD дисків дорівнює 120...150 мс.

DVD диски високої щільності (High Density DVD або HD DVD) зчитуються лазерним променем з короткою довжиною хвилі (405 нм). Базова швидкість зчитування 1x складає 363 Мбайт/с. З такими ж лазерними променями працюють диски BD-ROM диски (Blue-ray Disk). Швидкість зчитування і запису 1x складає 36,5 Мбайт/с.

Приводи CD і DVD дисків складаються з привідного двигуна, головок запису і зчитування, механізму завантаження диска та блоку електроніки. Головка складається з лазерного випромінювача, фотоприймача, дзеркала і пластмасової фокусувальної лінзи. З лінзою пов'язана малогабаритна котушка індуктивності, розміщена в полі постійного магніту. Вони утворюють магнітоелектричний привід підвіски лінзи, що забезпечує її переміщення в напрямку, перпендикулярному площини диска, і точне фокусування променів оптичної системи на світловідбиваючому прошарку диска.

**Напівпровідникові карти пам'яті** використовуються в цифрових ЕОМ, а також в цифрових пристроях професійної та побутової фото- і відеотехніки, інших пристроях побутової електроніки. Ці пристрої ґрунтуються на мікросхемах флеш-пам'яті. Цьому типу пам'яті властиві швидке читання, запис і стирання невеликих блоків цифрових даних (256 або 512 байт), що зручно для запису файлів. Такі пристрої є енергонезалежними при зберіганні інформації. Карти пам'яті представляють собою комбінацію власне мікросхем флеш-пам'яті і мікроконтролера, що забезпечує доступ до цифрових даних.

Напівпровідникові карти пам'яті з інтерфейсом USB (флеш-пам'ять USB) широко поширені завдяки зручності підключення до цифрової ЕОМ (USB інтерфейс є практично на всіх ЕОМ) і малим габаритам. Ємність цих карт на теперішній час досягає 4 Гбайт і постійно збільшується. Ці карти є універсальним пристроєм зберігання будь-якої цифрової інформації, в тому числі і вимірювальної інформації про механічні величини.

Карти пам'яті CompactFlash (рис. 18) широко використовуються: у різноманітних електронних приладах: цифрових фото- і відеокамерах, фотопринтерах, MP3-плеєрах, цифрових диктофонах. Обсяг пам'яті цих карт складає від 4 Мбайт до 1 Гбайт, напруга живлення – 5 або 3,3



В. Підключення цих карт до стандартних інтерфейсів ЕОМ можливо через спеціальні перехідні пристрої. У цифрових фото- і відеокамерах можливе використання цих карт для реєстрації і зберігання двовимірної вимірювальної інформації про геометричні характеристики об'єктів вимірювань.

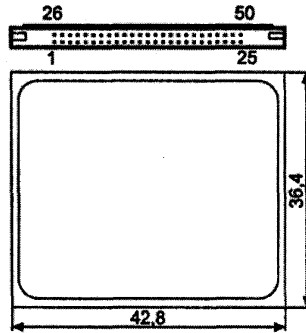


Рис. 18. Карта пам'яті CompactFlash

Карти пам'яті SmartMedia Card (SMC) (рис. 19) по своєму призначенню подібні картам CompactFlash. Карти засновані на мікросхемах флеш-пам'яті. Є карти SMC з однократним та багатократним записом інформації. Середня швидкість передачі даних складає 2 Мбайт/с, пікова – до 10 Мбайт/с. Об'єм карт SMC дорівнює 2, 4 або 8 Мбайт. Підключення цих карт до стандартних інтерфейсів ЕОМ можливо через спеціальні перехідні пристрої.

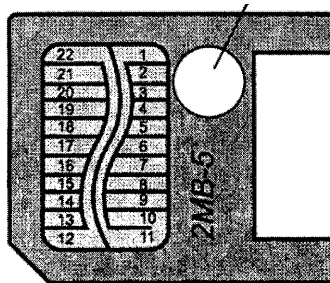


Рис.19. Карта пам'яті SmartMedia Card (SMC)

Карти пам'яті MultiMediaCard (MMC) і Secure Digital (SD) призначені для збереження мультимедійної інформації. Карти MMC призначені для збереження звичайної інформації, карти SD – для безпечного збереження конфіденційної інформації. Швидкість

зчитування цифрових даних для цих карт не нижче 2,4 Мбайт/с, напруга живлення – 3,3 В, ємність до 1 Гбайт. Ці карти можуть бути використані і для збереження відеозображень та відеопослідовностей, що містять двовимірну вимірювальну інформацію.

## **8. Відеосистема цифрової ЕОМ, як пристрій відображення вимірювальної інформації**

### **8.1. Загальні відомості**

В персональних комп'ютерах відеосистема складається з відеоадаптеру і монітору.

На рис. 20 наведена структурна схема відеосистеми персонального комп'ютера в текстовому режимі, на рис. 21 – структурна схема відеосистеми персонального комп'ютера в графічному режимі.

Основним засобом оперативного відображення інформації є монітор (дисплей), створений на базі електронно-променевої трубки (ЕПТ).

Відеоадаптер призначений для формування зображень, що спостерігаються на екрані монітору. Відеоадаптер являє собою друковану плату, що вставляється в один із з'єднувачів розширення (слотів) на материнській платі персонального комп'ютера. Однією з найбільш поширених моделей відеоадаптерів є відеоадаптер VGA (Video Graphic Array). Всі відеоадаптери містять електронні компоненти, що формують сигнали синхронізації, кольору та керують генеруванням текстових символів.

Крім того, в усіх відеосистемах є відеобуфер. Він являє собою окрему область адресного простору оперативної пам'яті і використовується для зберігання текстової або графічної інформації, яка виводиться на екран. Мікросхеми пам'яті, що утворюють відеобуфер, розташовані на платі відеоадаптеру.

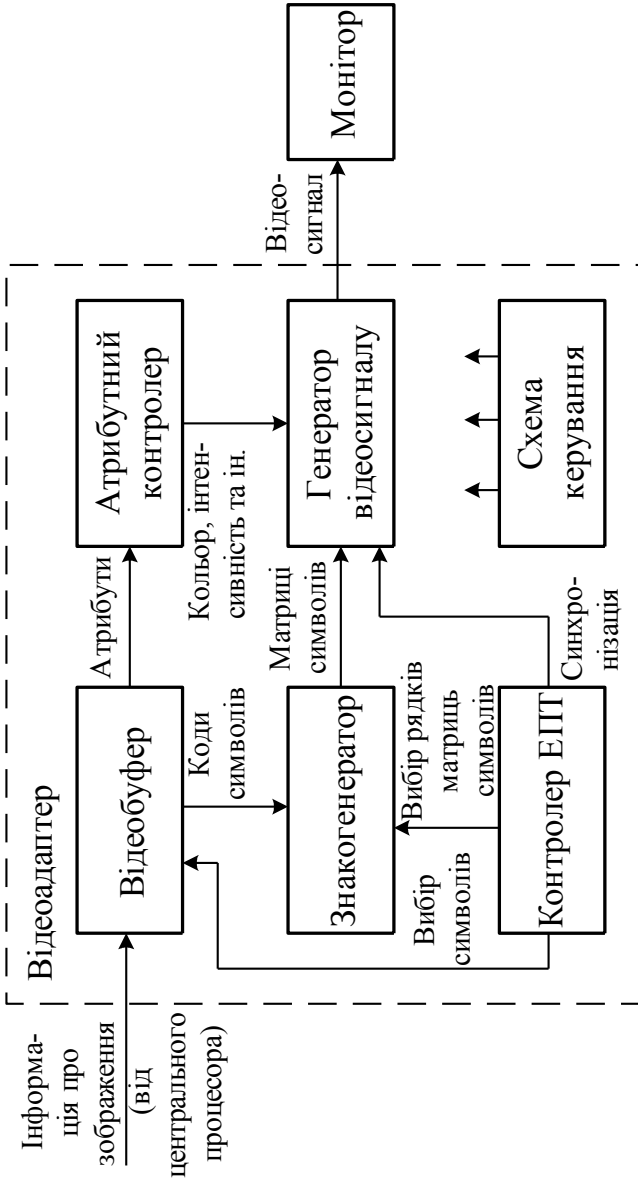


Рис. 20. Структурна схема відеосистеми персонального комп'ютера в текстовому режимі

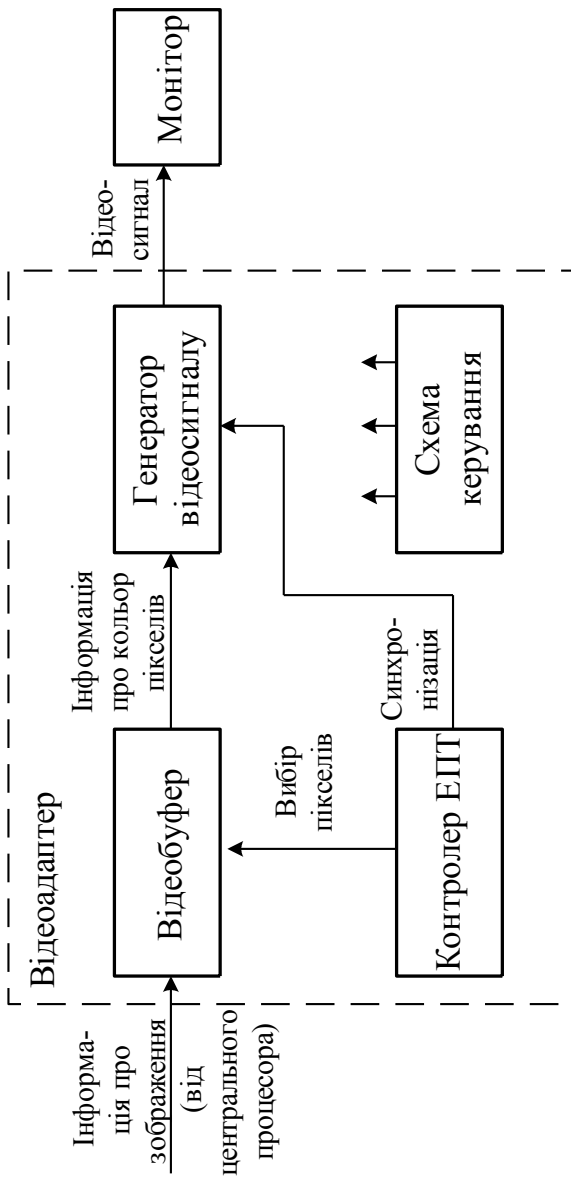


Рис. 21. Структурна схема відеосистеми персонального комп'ютера в графічному режимі

Основна функція відеосистеми полягає в перетворенні даних з відеобуфера в сигнали, що керують монітором і формують зображення, яке спостерігається на екрані монітору.

Будь-яке текстове або графічне зображення на екрані складається з величезної безлічі дискретних точок, що називаються також пікселями або пелами (від picture element – елемент зображення).

Максимальна роздільна здатність адаптера VGA складає 640x400 пікселів в текстовому режимі і 640x480 пікселів в графічному режимі. Найсучасніші відеоадаптери мають роздільну здатність 2048x1536 пікселів в графічному режимі. Символьна матриця має розмір 8x16 пікселів в текстовому режимі і 8x8 пікселів в графічному режимі.

Адаптер VGA розрахований на підключення аналогового кольорового або монохромного монітору.

Звичайно, від інженера детального знання схем адаптеру і монітору не вимагається. Однак, при розробці ефективних систем відображення інформації йому необхідно знати, де і як керуюча програма повинна взаємодіяти з апаратними засобами, щоб сформувати на екрані необхідне зображення.

## 8.2. Організація роботи з відеобуфером

В будь-якій відеосистемі потрібна пам'ять для зберігання інформації, що виводиться на екран монітору. Ця пам'ять повинна допускати операції зчитування та запису і вона називається відеобуфером (videobuffer).

В персональних комп'ютерах фірми ІВМ відеобуфер є частиною адресного простору центрального процесора або, як ще говорять, в них реалізується дисплей з відображенням на пам'ять (memory-mapped display) (рис. 22).

Кожний біт або група бітів в відеобуфері визначає колір і яскравість конкретної точки або символічної позиції на екрані. Таке розташування відеобуферу забезпечує наступні переваги:

- підвищення швидкодії відеосистеми;
- можливість для процесора "подивитися" на екран монітору.

Запис процесором даних про зображення в відеобуфер перетворюється в "запис на екран", а зчитування із відеобуферу еквівалентне "зчитуванню з екрану".

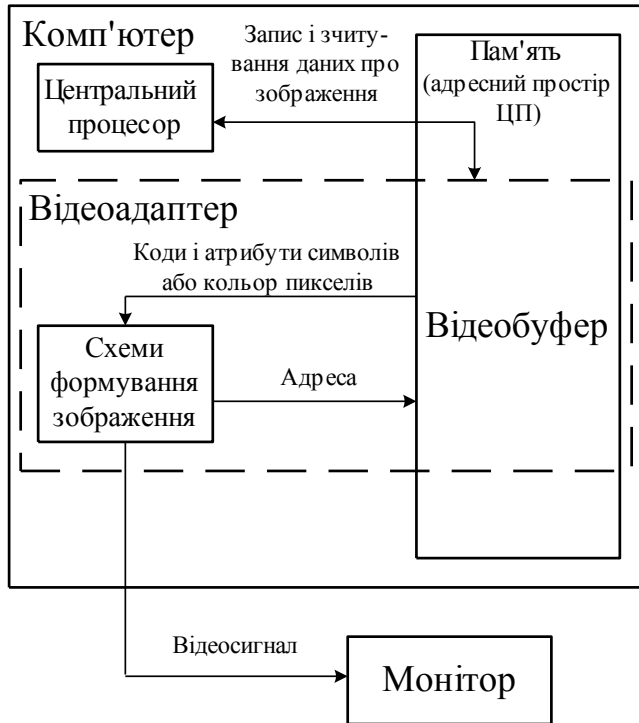


Рис. 22. Організація роботи з відеобуфером

В текстовому режимі роботи відеосистеми кожній символній позиції відповідають два байти у відеобуфері. Байт з парною адресою містить код символу, тобто він визначає, що виводиться в даній символній позиції. Сусідній байт з більшою непарною адресою містить атрибути, що визначають, як формується зображення символу (звичайний, яскравий, мерехтливий). Байти, що містять коди і атрибути символів, розташовані у відеобуфері послідовно.

В графічному режимі роботи відеосистеми колір кожного пікселю зберігається як один або декілька біт в відеобуфері і зчитується (переноситься) на екран, можливо, з додатковим табличним перетворенням. Так як кожний піксел (точку) на екрані можна адресувати через відеобуфер, графічний режим часто називається режимом з адресуванням всіх точок (All Points Addressable - APA).

В текстових і графічних режимах відеобуфер складається з чотирьох паралельних банків пам'яті. Початкова адреса відеобуфера

відображається на адресу В800:0000h (текстовий режим) або В000:0000h (графічний режим). В текстовому режимі данні, що відображаються на екран, містяться у банках 0 та 1. Байти з парними адресами (що містять коди символів) знаходяться в банку 0, а байти з непарними адресами (що містять атрибути) розміщуються в банку 1. Така організація «невидима» для процесора, так як зверненням до банків 0 та 1 управляє контролер CRTС. В графічному режимі всі чотири банки пам'яті містять інформацію про колір пікселів.

Відзначимо, що застосування дисплею з відображенням на пам'ять вимагає більш складної організації відеобуфера. Звернення до нього здійснюють процесор (точніше, програма, що виконується процесором) і адаптер для безперервного регенерування зображення. Отже, відеобуфер повинен бути реалізований як двопортова пам'ять, що містить додаткові схеми для синхронізації звернень до неї з боку процесора і адаптера.

### **8.3. Формування зображення символів на екрані монітору**

Кожен символ, який відображається на екрані, складається із сукупності пікселів, що забезпечує його візуальне сприйняття. Піксельне представлення кожного символу має вигляд прямокутної матриці і не залежить від того в якому місці екрану він знаходиться. Таким чином відеосистемі необхідно десь зберігати піксельні представлення символів. Найбільш зручно зберігати сукупність піксельних представлень символів набору (character set) у вигляді регулярної таблиці, що називається таблицею визначення символів (character definition table), таблицею шрифту (font table) або просто шрифтом (font).

При роботі відеосистеми у текстовому режимі формування зображення символів виконується за допомогою апаратного знакогенератора (hardware character generator), що є складовою частиною відеоадаптеру. Робота апаратного знакогенератора базується на використанні таблиці шрифтів, що знаходиться в пам'яті. При цьому таблиця повинна бути розміщена у конкретній області пам'яті так, щоб до неї міг звертатись апаратний знакогенератор.

Знакогенератор отримує код символу з відеобуферу та номер поточного рядка розгортки на символній матриці від контролеру ЕПТ і видає відповідний двійковий код, що перетворюється відповідними схемами у відеосигнал.

У відеоадаптері VGA апаратний знакогенератор використовує таблиці шрифтів із 256 символів, котрі знаходяться в банку 2 відеобуфера. Відеоадаптер VGA підтримує вісім таких таблиць. Кожна таблиця містить 256 32-байтних двійкових наборів, тому максимальна висота символної матриці складає 32 строки розгортки. Коли висота символної матриці на екрані складає менше 32 строк, знакогенератор просто ігнорує лишні байти у визначенні кожного символу.

Під час роботи в текстовому режимі у відеобуфері поряд з кодами символів міститься інформація, що показує як повинно формуватися зображення символу. Така інформація для конкретної символної позиції називається атрибутами. Прикладами атрибутів можуть служити підвищена яскравість, мерехтіння, підкреслення, негативне зображення, колір символу і фону навкруги символу. Атрибутний контролер сприймає атрибути кожного символу і відповідним чином впливає на формування відеосигнала, що подається на монітор.

При роботі відеосистеми у графічному режимі формування зображення символів виконується за допомогою програмного знакогенератора (software character generator). Програмний знакогенератор – це відповідна частина програмного коду, що входить у склад базової системи введення-виведення або операційної системи. Робота програмного знакогенератора базується на використанні таблиці шрифтів, що знаходиться в пам'яті. При цьому таблиця повинна бути розміщена у конкретній області ОЗП так, щоб до неї міг звертатись апаратний знакогенератор.

Часто з'являється необхідність у зміні екранних шрифтів, наприклад, у випадку відображення на екрані символів української та російської мови. Цю зміну можна виконати для відеоадаптерів, які підтримують шрифти, що завантажуються (loadable font або download font). До таких відеоадаптерів належить і відеоадаптер VGA.

Для того щоб працювати на комп'ютері з новими шрифтами текстового режиму, необхідно розробити нову таблицю шрифту, а потім зробити її доступною для апаратного знакогенератора, помістивши у відповідну область відеобуфера. Таблицю шрифту можна побудувати в будь-якій області ОЗП, а потім скопіювати її у відеобуфер. Можливо також загрузити цю таблицю у відеобуфер безпосередньо з дискового файлу.

Копіювання таблиці шрифту в банк 2 відеобуфера потребує для прямої адресації цього банку відповідного програмування регістрів відеоадаптеру, що є досить складною задачею. Для її полегшення



можна використати функцію 11h переривання INT 10h. Можливе також використання однієї з стандартних програм, призначених для модифікації шрифтів текстового режиму (додаток 3).

Для того щоб працювати на комп'ютері з новими шрифтами графічного режиму, необхідно розробити нову таблицю шрифту, а потім зробити її доступною для програмного знакогенератора, помістивши у відповідну область ОЗП. Таблицю шрифту можна побудувати безпосередньо в ОЗП або загрузити цю таблицю з дискового файлу. Для полегшення цієї задачі можливе використання однієї з стандартних програм, призначених для модифікації шрифтів графічного режиму.

Схеми, що утворюють контролер ЕПТ (Cathode Ray Tube Controller – CRTC), використовуються для генерування сигналів горизонтальної і вертикальної синхронізації, формування на екрані курсору і збільшення лічильника адреси відеобуфера синхронно з утворенням растру. Інші складові частини відеоадаптеру зчитують дані з відеобуфера за адресою, що надходить з контролеру ЕПТ, декодують їх і видають сигнали кольоровості в монітор спільно з сигналами синхронізації від контролеру ЕПТ. Таким чином, однією з головних функцій контролеру ЕПТ є синхронізація даних, що зчитуються з відеобуфера, з сигналами керування монітором.

Окрім цієї функції контролер ЕПТ виконує декілька додаткових функцій. Серед них визначення форми і позиції апаратного курсору, вибір частини відеобуфера, що виводиться на екран, завдання апаратних атрибутів символів (підкреслення і мерехтіння).

#### **8.4. Растровий монітор**

Персональні комп'ютери комплектуються винятково растровими моніторами і тільки в більш дорогих і складних графічних станціях знаходять застосування векторні монітори. В растровому моніторі текст або рисунок формується електронним променем, що періодично сканує екран з утворенням на ньому стандартних близько розташованих рядків розгортки (scan lines), які займають весь екран і називаються растром. По мірі руху променя по рядку змінюється яскравість кожного з декількох сотень пікселів і на екрані з'являється зображення, яке сприймається людиною.

Які сигнали необхідно подавати в монітор? Звичайно, основним сигналом є аналоговий відеосигнал, що вказує, які піксели на рядку

розгортки будуть світитися.

Інформація, що міститься в відеосигналі, повинна бути синхронізована з рухом променя по растру. Для синхронізації застосовуються спеціальні сигнали горизонтальної HSYNC і вертикальної VSYNC синхронізації (їх називають ще сигналами синхронізації рядкової та кадрової розгортки, відповідно).

Кольоровий растровий монітор працює приблизно так же, але в ньому діють три електронних промені, що формуються окремими електронними джерелами і окремими схемами керування. Кожний промінь "відповідає" за індикацію одного з основних кольорів (червоного, зеленого, синього) адитивної кольорової схеми RGB. Будь-який з пікселів на екрані кольорового монітору фізично створений трьома невеликими і близько розташованими точками або смугами люмінесцентної речовини.

Сигнали кольору передаються з адаптеру в кольоровий растровий монітор по трьом окремим провідникам, що несуть сигнали трьох основних кольорів (рис. 23).

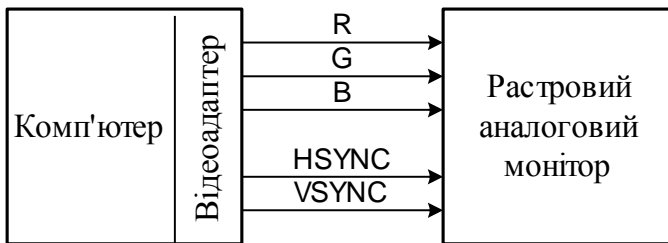


Рис. 23. Підключення кольорового VGA-монітору

Це забезпечує отримання найбільш високоякісних кольорових текстових і графічних зображень. В перших відеосистемах застосовувалися TTL-рівні всіх сигналів. Сучасні адаптери формують аналогові сигнали і вимагають аналогових VGA-моніторів.

Потрібно відзначити, що внутрішні схеми моніторів, як правило, не припускають прямого програмного впливу. Програмно доступні елементи знаходяться тільки в складі відеоадаптера і сигнали, що генеруються відеоадаптером, повністю визначають ті зображення, що спостерігається на екрані монітору.

## 8.5. Кодування кольорів та система координат екрану

Відомо, що у відповідності з адитивною кольоровою схемою RGB будь-який колір є композицією трьох основних кольорів: червоного (Red), зеленого (Green), синього (Blue) (рис. 24). В залежності від того, яку інтенсивність має кожний з цих кольорів, одержується вся різноманітність кольорів оточуючого нас світу.

В комп'ютерах інтенсивність кожного кольору повинна бути представлена деякою дискретною величиною. В найпростішому випадку для кодування кожного з основних кольорів достатньо по одному біту (1 – колір присутній, 0 – колір відсутній). Ці біти називаються бітами R, G, і B. Разом з бітом інтенсивності I утворюється набір із 16 базових кольорів (табл. 5).

В адаптері VGA для формування кожного з трьох аналогових сигналів кольоровості використовується цифровий двійковий код довжиною 6 біт, тобто можливе число кольорів досягає величезної величини 256К. Однак водночас на екрані спостерігається не більше 256 кольорів (будь-які 256 кольорів з можливих 256К). Це обумовлено тим, що в режимі з максимальною кольоровістю кожний піксел кодується у відеобуфері 8 бітами.

В найсучасніших відеоадаптерах для кодування кольору піксела у відеобуфері використовується 24 біта (по 8 біт на кожен з трьох основних кольорів) і на екрані водночас можна спостерігати близько 16 мільйонів кольорів.

В текстовому режимі екран поділяється на окремі символні позиції (character positions або character boxes), в кожній з якої виводиться один символ. Символьні позиції визначаються двома координатами: номер текстового рядка (координата Y) і номер текстового стовпця (координата X). Початок координат (1,1) знаходиться в верхньому лівому куту робочої області екрану, як показано на рис. 25.

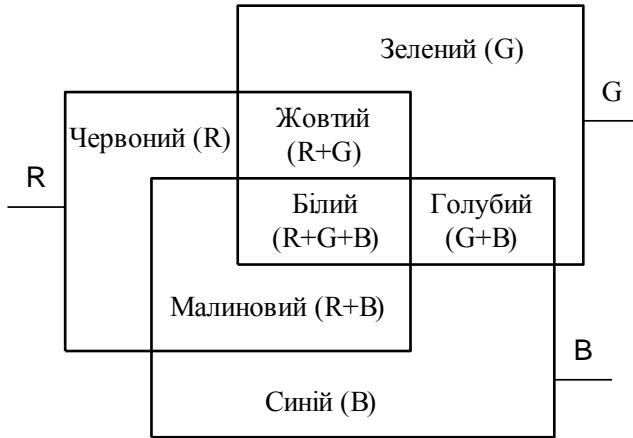


Рис. 24. Основні і додаткові кольори

Таблиця 5

## Базове кодування кольорів

Номер кольо- ру	Компоненти (біти)				Колір
	I	R	G	B	
0	0	0	0	0	Чорний (Black)
1	0	0	0	1	Синій (Blue)
2	0	0	1	0	Зелений (Green)
3	0	0	1	1	Голубий (Cyan)
4	0	1	0	0	Червоний (Red)
5	0	1	0	1	Малиновий (Magenta)
6	0	1	1	0	Коричньовий (Brown)
7	0	1	1	1	Світло-сірий (Light-gray)
8	1	0	0	0	Темно-сірий (Dark-gray)
9	1	0	0	1	Світло-синій (Light-blue)
10	1	0	1	0	Світло-зелений (Light-green)
11	1	0	1	1	Світло-голубий (Light-cyan)
12	1	1	0	0	Світло-червоний (Light-red)
13	1	1	0	1	Світло-малин. (Light-magenta)
14	1	1	1	0	Жовтий (Yellow)
15	1	1	1	1	Білий (White)

В найбільш розповсюджених текстових режимах на екрані формуються 25 текстових рядків, що містять по 40 або 80 символів.

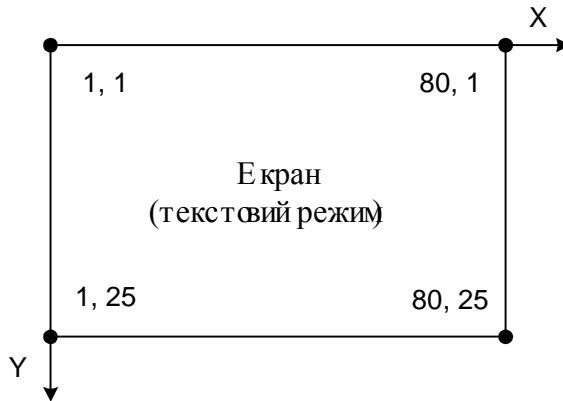


Рис. 25. Система координат в текстовому режимі

В графічному режимі можливий доступ до кожного окремого пікселю на екрані. Позиція пікселю визначається двома координатами: номер рядка (координата  $Y$ ) і номер стовпця (координата  $X$ ). Початок координат  $(0, 0)$  знаходиться в верхньому лівому куту робочої області екрану, як показано на рис. 26.

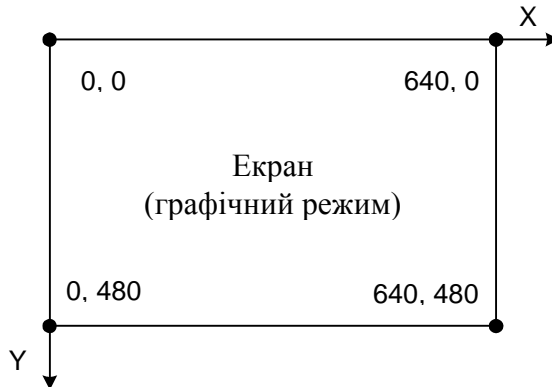


Рис. 26. Система координат в графічному режимі

## 9. Контрольні питання

1. Особливості побудови цифрових вимірювальних систем
2. Комутаційні пристрої
3. Нормалізація сигналів

4. Сучасні апаратні та програмні засоби збору і обробки сигналів
5. Цифрові інтерфейси введення вимірювальної інформації
6. Пристрої та інтерфейси введення відеозображень, що містять вимірювальну інформацію
7. Пристрої реєстрації цифрової вимірювальної інформації
8. Відеосистема цифрової ЕОМ як пристрій відображення вимірювальної інформації
9. Випадкові шуми
10. Методи боротьби с завадами (шумами)
11. Методи фільтрації перешкод

## **VII. ЛІТЕРАТУРА**

1. Безвесільна О.М. Вимірювання прискорень. Підручник з грифом МОНУ. - Либідь: Київ, 2000. - 264 с.
2. Безвесільна О.М., Таланчук П.М. Перетворюючі пристрої приладів. Підручник з грифом МОНУ. - Київ: ВПОЛ, 1993. - 544 с.
3. Безвесільна О.М., Таланчук П.М. Відлікові та реєструючі пристрої приладів: Навчальний посібник з грифом МОНУ. - Київ: ВПОЛ, 1993. - 172 с.
4. Безвесільна О.М., Загавура Ф.Я. Витратометрія. Навчальний посібник з грифом МОНУ. -Київ: "Либідь", 1997. - 176 с.
5. Безвесільна О.М., Кашперський В.С. Вимірювання мас та ваги. Підручник з грифом МОНУ. -Київ: "Либідь", 1997. - 170 с.
6. Безвесільна О.М., Загавура Ф.Я САПР в дипломному та курсовому проектуванні. Підручник з грифом МОНУ - Київ: "Либідь", 2000. -352 с.

## **VIII. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ**

### **Література основна**

1. Безвесільна О.М. Вимірювання прискорень. Підручник. – Либідь: Київ, 2000. - 264 с.
2. Бесекерский В. А. Динамический синтез систем автоматического регулирования. - М: Наука, 1990. - 992 с.
3. Браммер К., Зиффлинг Г. Фильтр Калмана-Бьюси. - М.: Наука, 1992. -189с.

4. Браславский Д.А. Приборы и датчики летательных аппаратов. - М.:Машиностроение, 1970-391 с.
5. Гравиразведка. Справочник геофизика/ Под ред. Е.А.Мудрецовой. - М.:Недра, 1991.-397с.
6. Гроп Д. Методи ідентифікації систем. М.: Мир, 1999, 302 с.
7. Грушинский Н.П. Определение силы тяжести на море. М.: Недра, 1970. 246с.
8. Ишлинский А.Ю. Ориентация, гироскопы и инерциальная навигация. М.: Наука, 1996,66 с.
9. Коновалов С.Ф., Никитин Е.А., Селиванова Л.М. Ч. III. Акселерометры, датчики угловой скорости. Под ред. Пельпора Д.С. М.: Высшая шк., 1990.128 с.
10. Кошляков В.Н. Задачи динамики твердого тела в прикладной теории гироскопов. Аналитические методы. М.: Наука, 1985. 288 с.
11. Мак-Лахлан Н.В. Теория и приложение функций Матье. М.: Мир, 1992. 474с.
12. Безвесільна О.М., Подчашинський Ю.О. "Інформаційно - комп'ютерні системи та технології. Експериментальні методи вимірювання механічних величин." Підручник з грифом МОНУ. – Житомир: ЖДТУ, 2007.-320с.
13. М Безвесільна О.М., Подчашинський Ю.О. "Інформаційно - вимірювальні системи та технології. Експериментальні методи вимірювання механічних величин." - Видавництво ЖДТУ з грифом ЖДТУ,- Житомир,2007,-124с.
14. Безвесільна О.М., Подчашинський Ю.О., Тимчик Г.С. Наукові дослідження в галузі вимірювання механічних величин. Інформаційно-комп'ютерні системи та технології: Підручник. З грифом МОНУ – Житомир: ЖДТУ, 2011. – 876 с.

#### **Література додаткова**

15. Мартыненко Ю.Г. Движение твердого тела в электрических и магнитных полях. М.: Наука, 1998. - 368 с.
16. Павловский М.А. Теория гироскопов. К.: Высш. шк., 1986. - 302 с.
17. Пантелеев В.Л. Основы морской гравиметрии. М.: Недра, 1993. - 286 с.
18. Пельпор Д.С., Осокин Ю.А., Рахтеенко Е.Р. Приборы систем ориентации и стабилизации М.: Машиностроение, 1997. - 208 с.

19. Самотокин Б.Б., Мелешко В.В., Степанковский Ю.В. Навигационные приборы и системы. К.: Высш. шк., 1996. - 344 с.
20. Свешников А.А., Ривкин С.С. Вероятностные методы в прикладной теории гироскопов. М.: Наука, 1994. - 536 с.
21. Сейдж З., Мелс Дж. Теория оценивания и ее применение в связи и управлении М.: Связь, 1996. - 495 с.
22. Современные методы идентификации системы / Под ред. П. Эйкоффа. М.: Мир, 1993. - 400с.
23. Якубович В.А., Старжинский М.С. Линейные дифференциальные уравнения с периодическими коэффициентами и их приложение. М.: Наука, 1992. - 718с.