

1.2 Узгодження датчиків і ЕОМ

Для узгодження датчиків з ЕОМ необхідні різноманітні периферійні схеми. Спочатку температура, тиск і інші фізичні величини, що є об'єктом контролю в системі, перетворюються за допомогою датчиків в електричні сигнали. Вихідні сигнали датчиків звичайно є аналоговою величиною, яку обробити безпосередньо в ЕОМ неможливо. Заздалегідь вихідні сигнали датчиків необхідно піддати аналого-цифровому перетворенню і представити їх з високою точністю в цифровому вигляді. Часто вихідний сигнал датчика вельми незначний, а повний опір, самого датчика великий. В таких випадках ще до аналого-цифрового перетворення потрібна попередня обробка: підсилення сигналу і перетворення вихідного опору. Коли в системі багато датчиків, то може бути потрібен мультиплексор, що дозволяє одному аналогоцифровому перетворювачу ефективно обслуговувати декілька датчиків відразу. Для правильного перетворення в цифрову форму аналогових сигналів, що швидко змінюються, необхідні також схеми вибірки–запам'ятовування (рис. 1.2).

Для введення цифрових сигналів від аналого-цифрових перетворювачів (АЦП) в ЕОМ необхідні також схеми узгодження. Як узгоджувальні пристрої часто використовуються БІС, так звані програмовані периферійні інтерфейси. Зараз вже випускаються АЦП, які можна приєднувати до ЕОМ безпосередньо через її інформаційну шину, а в деяких однокристальних ЕОМ є навіть свої вбудовані АЦП зі всіма інтерфейсними схемами.

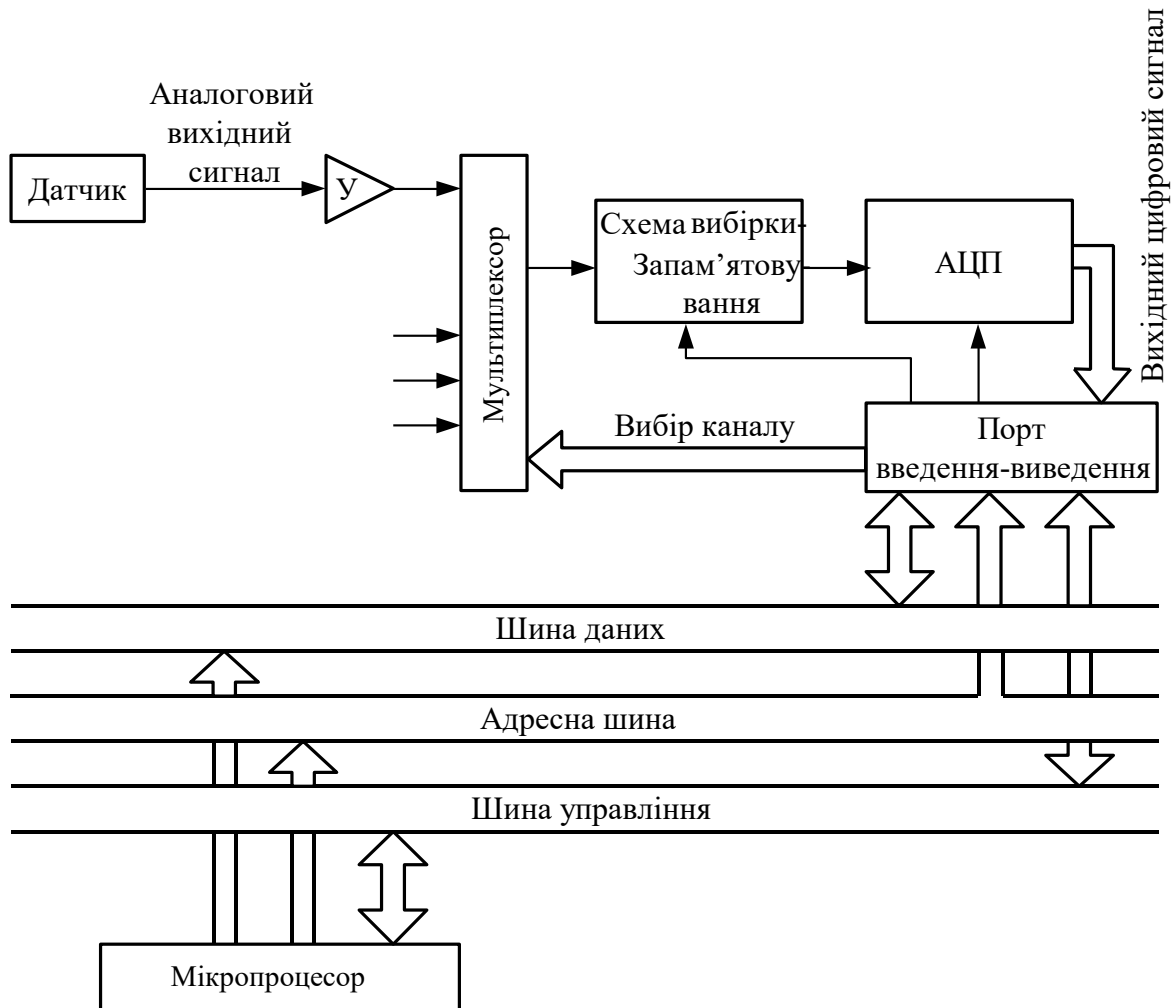


Рисунок 1.2 - Структурна схема системи, що містить датчики і ЕОМ

Різноманітні датчики мають найрізноманітніші вихідні сигнали. Наприклад, в термопарі залежно від температури змінюється напруга, а в терморезисторі – опір, у фотодіоді – електричний струм. Це так звані датчики з аналоговим вихідним сигналом. Є датчики з цифровим, або бінарним, і квазіцифровим сигналом на виході, працюючі подібно перемикачу, як, наприклад, біметалічні вимикачі–запобіжники. Крім того, датчики реєструють зміну таких параметрів, як частота (доплерівський вимірювач швидкості), часовий інтервал (ультразвуковий далекомір) і ін.

Перед введенням різних сигналів датчиків в мікро–ЕОМ часто потрібна попередня обробка, яка спрощує і полегшує подальші операції над цими сигналами. Характер попередньої обробки майже повністю залежить від виду датчика.

Таблиця 1.2 – Схеми попередньої обробки

Тип схеми	Функції, призначення
Підсилювач	Підсилення слабких вихідних сигналів датчиків
Перетворювач опору	Перетворення високого вихідного опору датчика в низьке
Перетворювач струм – напруга	Перетворення вихідного сигналу датчика у вигляді електричного струму у відповідну зміну електричної напруги
Перетворювач діючих значень	Перетворення вихідного сигналу датчика у вигляді змінного струму в сигнал постійного струму з тим же діючим значенням
Схема логарифмічного стиснення	Стиснення динамічного діапазону вихідних сигналів датчика за допомогою логарифмічного підсилювача
Фільтр	Подавлення шумових складових вихідного сигналу датчика за допомогою фільтрів нижніх частот або смугових фільтрів
Схема лінеаризації	Корекція вихідного сигналу датчика з нелінійною характеристикою
Регулятор підсилення	Перемикання коефіцієнта підсилення для забезпечення максимальної чутливості

Коли вихідні сигнали датчиків дуже малі, схема попередньої обробки (табл. 1.2.) є просто підсилювачем. В даний час випускаються операційні підсилювачі (ОП) у вигляді ІС з різноманітними характеристиками. Тому завжди, за винятком деяких випадків, для підсилення сигналів датчиків можна підібрати відповідну ІС операційного підсилювача.

Основні схеми підсилення показані на рис. 1.3. Для вибору потрібної ІС необхідно достатньо докладне ознайомлення з системою стандартизації цих ІС, відмінної від системи для цифрових схем. Виходячи з мети застосування можна вибрати відповідний операційний підсилювач. Перерахуємо деякі види ОУ і наголосимо на їх особливостях:

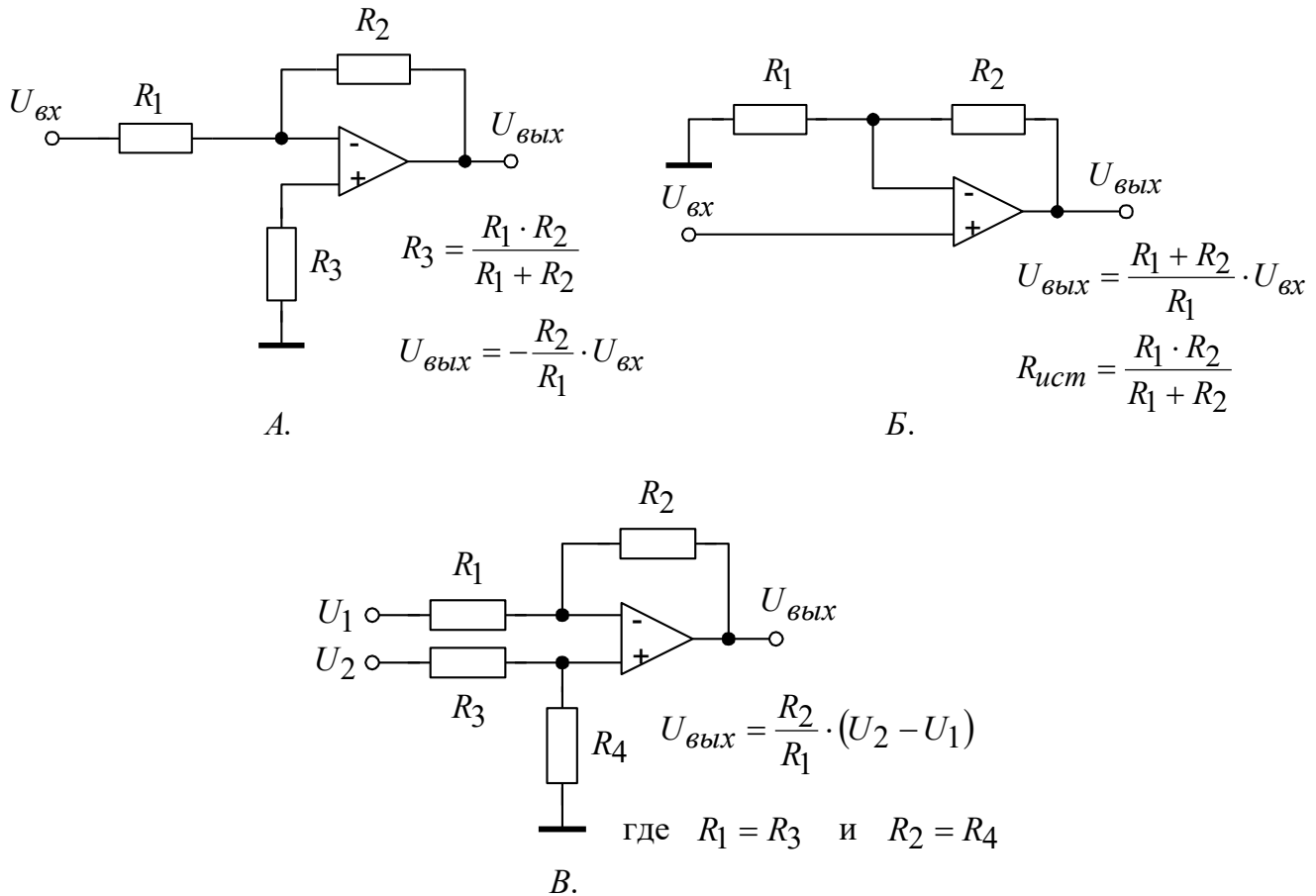


Рисунок 1.3 - Схеми підсилення, виконані на основі операційних підсилювачів:

А – інвертуюча;

Б – неінвертуюча;

В – диференціальна.

- ОП загального призначення.
- ОП, працюючі від одного джерела живлення. Це ОП загального призначення і подібні їм ОП здвоєного і счетвереного типу.

- Низькошумові ОП. З малою шумовою напругою на вході, з поліпшеною характеристикою завдяки сучасній інтегральній технології.
- Високоточні ОП. З гальванічними зв'язками або ключового типу, володіючи малим дрейфом характеристик.
- ОП з високим вхідним опором. На біполярних транзисторах, польових транзисторах з $p-n$ переходом, польових МОН–транзисторах.
- Швидкодійні (широкосмугові) ОП. З високою швидкістю наростання вихідної напруги (10 В/мкс і більш).
- ОП з малим споживанням електроенергії. Створюються по КМОН – технології і звичайно призначені для роботи від автономного джерела живлення.

Операційні підсилювачі можна використовувати в багатьох видах попередньої обробки, тому вони є одним з головних пристроїв техніки попередньої обробки. Приклади деяких схем попередньої обробки, виконаних на основі операційних підсилювачів, приведені на рис. 1.4.

1.3 Передача сигналів від датчиків бінарного типу

Серед датчиків немало таких, які знаходять тільки перехід контрольованою фізичною величиною – певного порогового значення. Типовими представниками подібних датчиків є біметалічні перемикачі і датчики положення на основі кінцевих вимикачів.

Такі датчики називаються бінарними, оскільки їх вихідний сигнал має тільки один з двох станів: «включено» або «вимкнено».

Бінарні датчики за принципом дії діляться на контактні і безконтактні. Перші містять електромеханічний контакт. В більшості випадків для управління контактом використовуються можливості перемикачів самого датчика.

До контактного типу відносяться і датчики комбіновані, як, наприклад, датчик рівня води, що складається з поплавця і мікровимикача. Вихідні сигнали кон-

тактних бінарних датчиків порівняно легко вводяться в ЕОМ. При цьому звичайно використовуються схеми, подібні приведеною на рис. 1.5. Оскільки при замиканні контакту в таких датчиках часто виникає брязкіт (багатократність контакту), для усунення небажаних наслідків цього явища необхідно передбачити відповідні апаратні або програмні засоби.

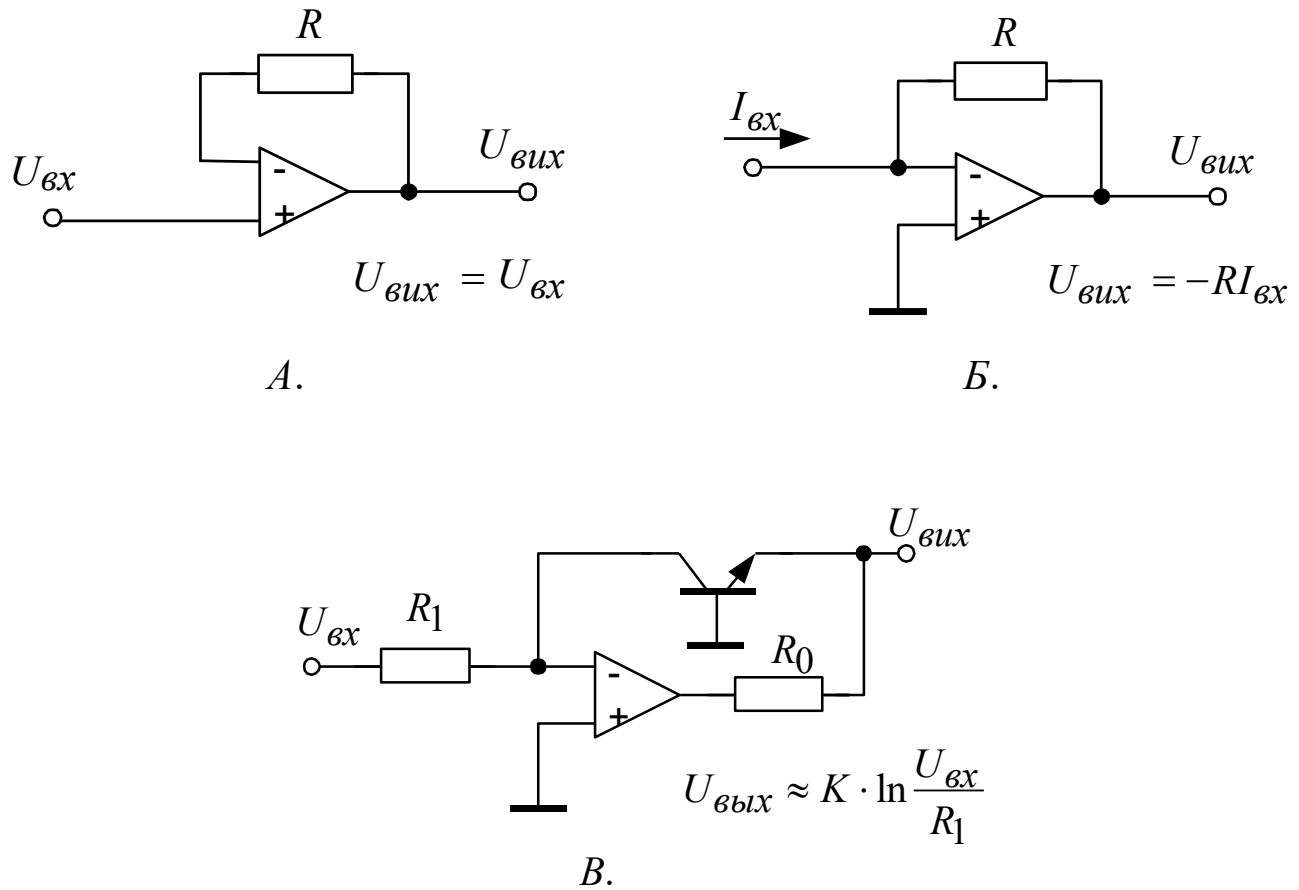


Рисунок 1.4 - Схеми попередньої обробки, виконані на основі операційних підсилювачів:

А – перетворювач опору (однокаскадний буферний підсилювач); Б – перетворювач «електричний струм – напруга»; В – схема логарифмічного стиснення

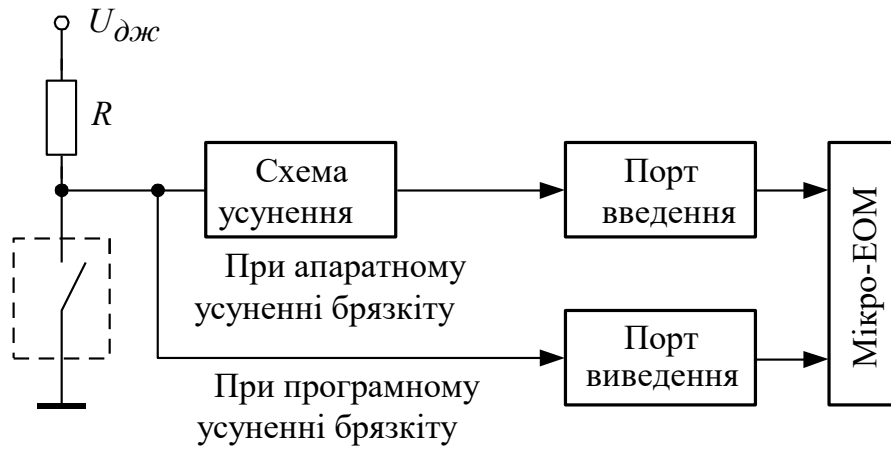


Рисунок 1.5 - Схема введення сигналу бінарного датчика контактного типу

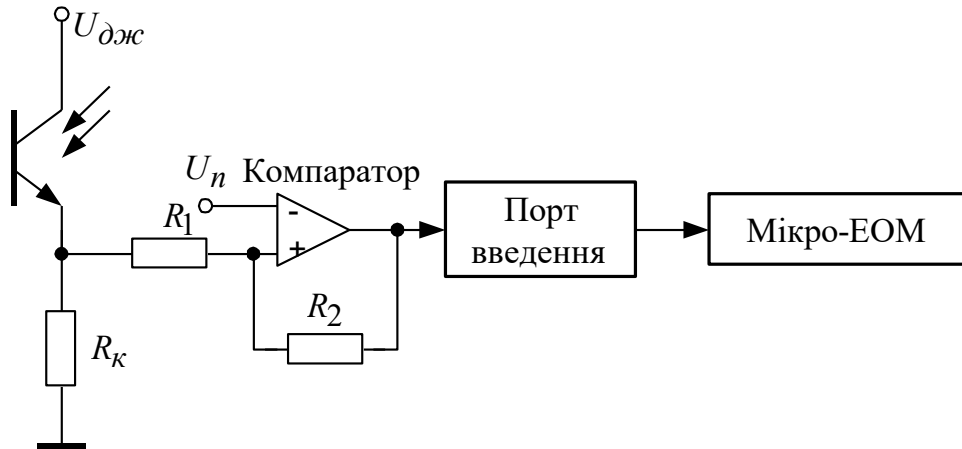


Рисунок 1.6 - Схема введення сигналу бінарного датчика безконтактного типу

До безконтактного типу бінарних датчиків відносяться, наприклад, датчики положення, виконані на основі оптичного переривника або елемента Холу. В датчиках цього типу стан «включений» або «вимкнений» на виході відображається у вигляді зміни електричного сигналу, що має швидше аналоговий, ніж чисто цифровий характер. Звично для поліпшення якості вихідного сигналу безконтактного датчика використовується компаратор, як це показано на рис. 1.6. Компаратор порівнює вихідний сигнал датчика з деяким пороговим рівнем U_n і на підставі цього

оцінює стан датчика – «включено» або «вимкнено». Коли вихідний сигнал датчика близький до рівня порівняння, то під впливом шумових складових може початися багатократне спрацьовування компаратора. Для усунення цього недоліку схема компаратора повинна володіти деяким гістерезисом, що забезпечує необхідну зону нечутливості. При цьому слід враховувати, що із збільшенням гістерезису стабільність спрацьовування поліпшується, але знижується точність виявлення (ширина петлі гістерезису визначається співвідношенням $R1$ і $R2$).

У точнішому розумінні бінарний датчик безконтактного типу – це комбінація датчика, що має аналоговий вихідний сигнал, з компаратором, а бінарний датчик контактного типу – це комбінація з релейною схемою.

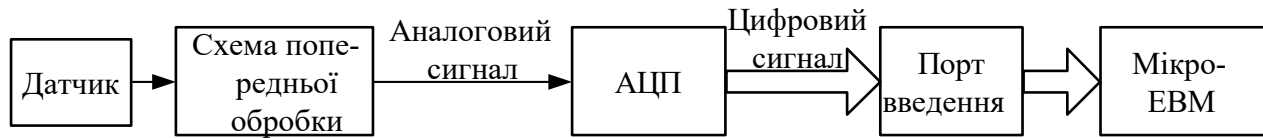
1.4 Передача сигналів від аналогових датчиків

У тих випадках, коли необхідно знати лише про те, перевищує реєстрована фізична величина певний рівень чи ні, достатньо бінарного датчика. Коли ж вимагається одержувати інформацію в деякому безперервному інтервалі значень фізичної величини, необхідно використовувати датчики аналогового типу. По вигляду змінного вихідного електричного параметра аналогові датчики діляться на три групи: із змінною вихідною напругою, струмом або опором.

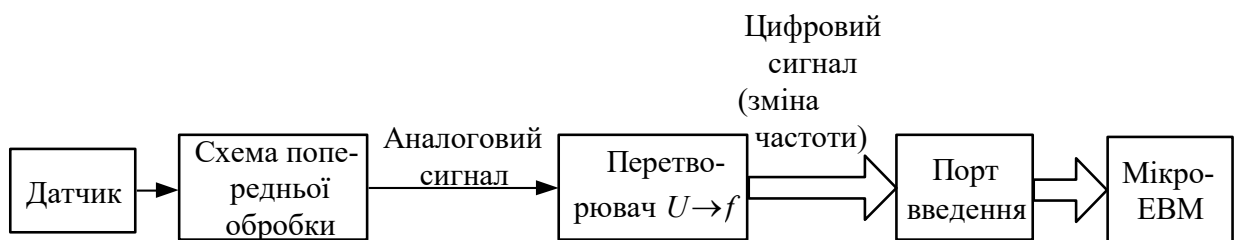
Типові способи з'єднання аналогових датчиків з ЕОМ представлені на рис. 1.7. Найпоширеніший спосіб – з використанням АЦП. Вихідний сигнал датчика після первинної обробки перетворюється на аналогову напругу оптимального рівня, а потім за допомогою АЦП перетворюється в цифровий сигнал.

Коли датчики і ЕОМ розташовані на значній відстані один від одного, зручним є спосіб з'єднання, при якому аналогова напруга перетворюється, за допомогою перетворювача «напруга – частота», у відповідну зміну частоти несучої або імпульсів. Вибравши для передачі сигналів різних датчиків різні частоти, можна змен-

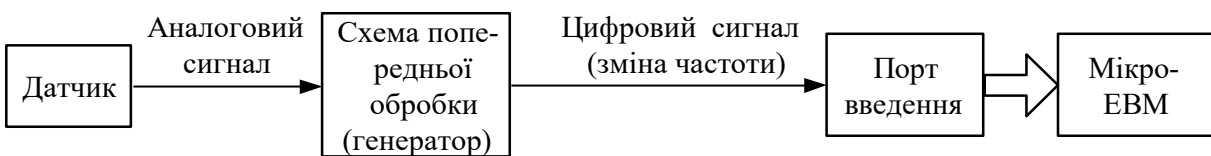
шити число сигнальних жил в з'єднувальному кабелі між датчиками і ЕОМ. До того ж при передачі цифровими сигналами із змінною частотою підвищується перешкодостійкість системи.



А.



Б.



В.

Рисунок 1.7 - Способи з'єднання датчиків аналогового типу і ЕОМ з використанням АЦП (А), перетворення «напруга – частота (Б) », RC або LC-генератора (В)

Аналого-цифрові перетворювачі і перетворювачі «напруга – частота» порівняльно дорогі, тому за наявності датчиків із змінним вихідним опором зручніше для перетворення в частотно-змінний сигнал використовувати RC- або LC-генератор. Введення частотно-змінних сигналів в ЕОМ здійснюється одним з двох способів. При першому визначається частота сигналу за допомогою лічильника. При другому підрахунок частоти сигналу, яка приймається, робить сама ЕОМ завдяки можливостям своєї робочої програми і без залучення додаткової апаратури. Зрозуміло,

при введенні частотно–змінних сигналів від датчиків безпосередньо в ЕОМ збільшується загальний час, необхідний на обробку.

1.5 Аналого-цифрові перетворювачі

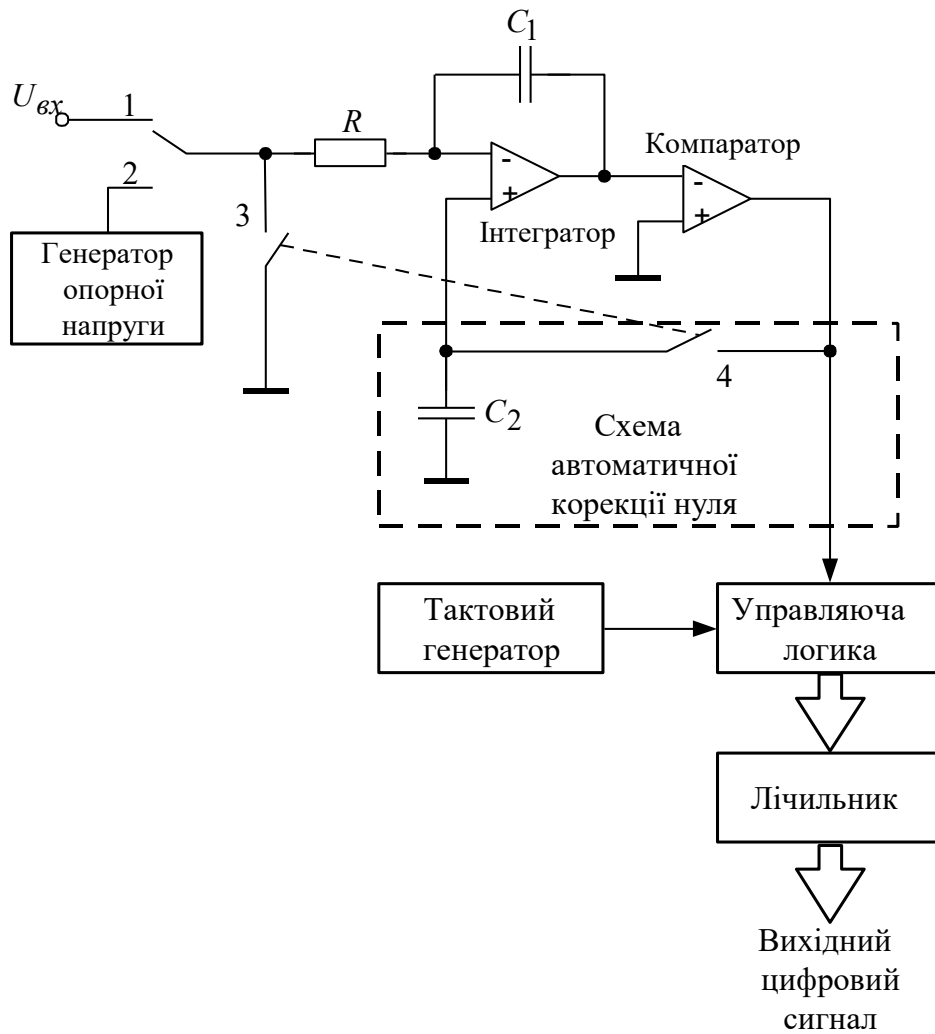
При введенні в ЕОМ сигналів від аналогових датчиків найчастіше використовуються аналого-цифрові перетворювачі. Розглянемо їх докладніше.

Існує декілька способів аналого-цифрового перетворення, але найпоширеніші серед них два: метод з інтеграцією і метод послідовних порівнянь. Тривалість перетворення аналогового сигналу у восьмирозрядний код методом з інтеграцією звично складає 1–20 мс, а методом послідовних порівнянь 10–30 мс.

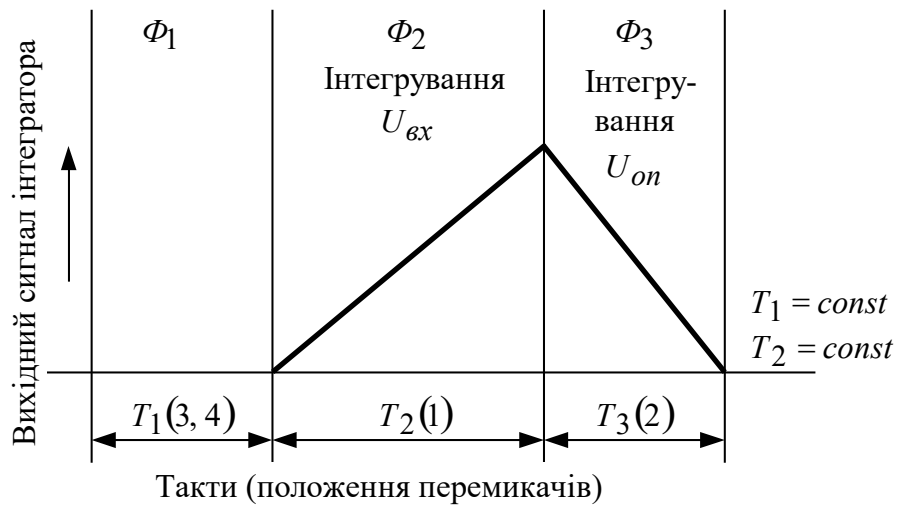
Основні критерії для вибору необхідного АЦП – час перетворення, точність і вартість перетворювача. Перетворювачі, що працюють по методу з інтеграцією, мають малу вартість і чудову точність, але відрізняються відносно великою тривалістю перетворення. Метод послідовних порівнянь забезпечує високу швидкість перетворення, але вартість перетворювачів, що працюють за цим принципом, різко росте у міру збільшення необхідної точності перетворення.

1.5.1 АЦП з інтеграцією

При аналогово – цифровому перетворенні з інтеграцією можуть використовуватися декілька варіантів: з одним, двома і більш нахилами інтеграції, але в основі всі вони однакові. Ширше використовується метод з двома нахилами інтеграції (з подвійною інтеграцією). Такий перетворювач має хорошу лінійність характеристики, малі шуми і низьку вартість. Його робочий цикл містить три періоди (рис. 1.8): корекції нуля ($\Phi 1$), інтеграції вхідного сигналу ($\Phi 2$) і інтеграції опорної напруги ($\Phi 3$).



А.



Б.

Рисунок 1.8 - АЦП з подвійною інтеграцією: А – схема; Б – часова діаграма

Спочатку, протягом періоду $\Phi 1$ проводиться автоматична корекція сигналу помилки шляхом регулювання напруги зсуву. При цьому вхід перетворювача замикається на корпус, організовується петля зворотного зв'язку і інформація про помилку запам'ятовується на конденсаторі $C2$. В наступному періоді ($\Phi 2$) проводиться інтеграція вхідного сигналу і одночасне відлік деякого постійного числа тактових імпульсів. В кінці цього періоду на виході інтегратора виходить напруга, пропорційна значенню вхідного сигналу. В останньому періоді ($\Phi 3$) на вхід інтегратора замість початкового сигналу подається опорна напруга протилежної полярності. При цьому вихідна напруга інтегратора починає падати. Одночасно проводиться підрахунок тактових імпульсів, і так аж до вирівнювання напруги з рівнем порівняння компаратора. Цифровий еквівалент вхідного сигналу визначається таким чином. Якщо $T2$ – тривалість першого інтервалу інтеграції (період $\Phi 2$), а $T3$ – тривалість другого інтервалу інтеграції (період $\Phi 3$), вимірювані шляхом підрахунку тактових імпульсів, то цифрове значення вхідного сигналу

$$U_{вх} = \frac{T3}{T2} U_{оп}.$$

При способі перетворення з подвійною інтеграцією точність перетворення не залежить від ємності конденсатора інтегратора і частоти тактового генератора за умови їх стабільності протягом короткого періоду інтеграції, а залежить лише від стабільності опорної напруги. Ще одним достоїнством цього способу є надзвичайно низький рівень шумів. Недолік методу в порівняно великій тривалості перетворення.

1.5.2 АЦП з послідовним порівнянням

Схема АЦП, працюючого за способом перетворення з послідовним порівнянням, або, інакше, за принципом порозрядного урівноваження, представлена на рис. 1.9. Перетворювач цього типу містить регістр послідовного порівняння, цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП) і компаратор, що порівнює вхідну напругу з аналоговою напругою на виході ЦАП. Порівняння проводиться послідовно, починаючи з найстаршого розряду регістра порівняння, код якого і перетвориться в аналогову напругу за допомогою ЦАП. На кожному кроці порівняння встановлюється значення чергового розряду. Початкове значення кожного оброблюваного розряду встановлюється рівним логічній 1. Якщо вхідна напруга від датчика менше вихідної напруги ЦАП, логічна 1 оброблюваного розряду регістра зберігається. Якщо ж вхідна напруга більше напруги на виході ЦАП, то в поточному розряді регістра встановлюється значення логічного 0. Потім проводиться аналогічна обробка кожного подальшого розряду в регістрі. Вихідний цифровий код після обробки всіх розрядів регістра знімається безпосередньо з цього ж регістра.

Перевагою АЦП з послідовним порівнянням є постійність інтервалу перетворення і незалежність його від вхідної аналогової напруги. Проте перетворювач такого типу не вільний і від недоліків. По-перше, є цілий ряд факторів, що впливають на погрішність перетворення. В їх числі погрішності ЦАП, компаратора і нестабільність опорної напруги. По-друге, досягнення високої точності зв'язано з ціною перетворювача. Звичайно АЦП з послідовним порівнянням використовуються там, де потрібні відносно високі швидкості перетворення.

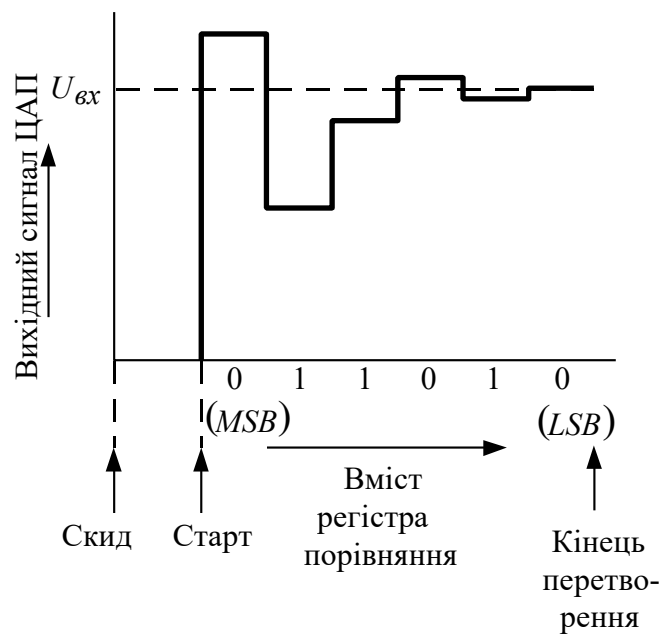
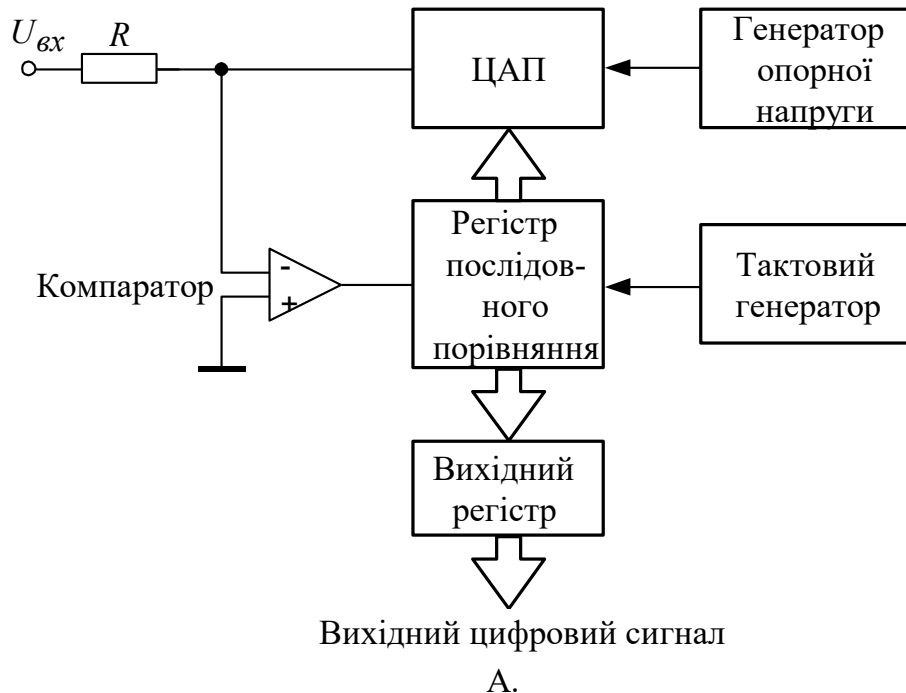


Рисунок 1.9 - АЦП з послідовним порівнянням: А – схема; Б – часова діаграма
(*MSB*) – найстарший; (*LSB*) – наймолодший розряд

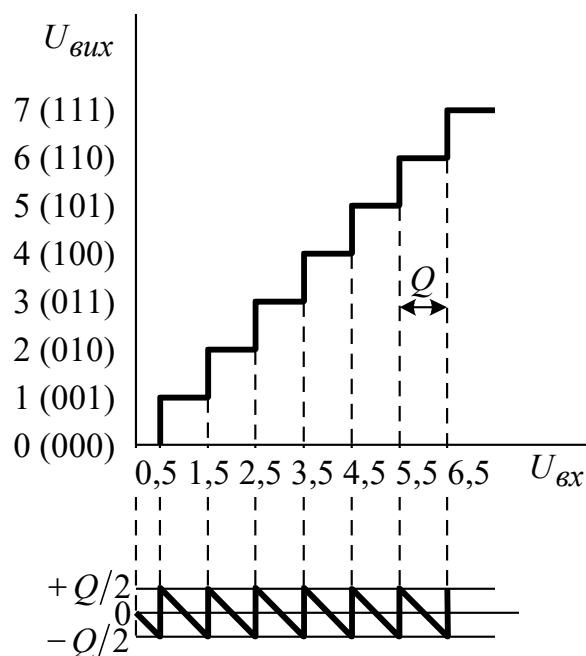


Рисунок 1.10 - Погрішність квантування в АЦП

Оскільки кожний АЦП має свої особливості, обумовлені принципом перетворення, при виборі того або іншого типу перетворювача необхідно виходити з мети застосування з урахуванням наступних найважливіших характеристик цих пристроїв.

Під **вирішуючою здатністю** звичайно розуміється мінімальне значення аналогового сигналу, яке ще може розрізнитися перетворювачем. Вирішуюча здатність n -розрядного АЦП рівна приватному від поділу на 2^n діапазону вхідної аналогової напруги. В деяких випадках роздільна здатність визначається у відсотках діапазону вхідної напруги.

У процесі квантування вхідного сигналу по рівню відбувається округлення його до найближчого цифрового значення в межах наймолодшого розряду цифрового коду, тобто виникає **погрішність квантування**, яка, як виявляється з рис. 5.10, знаходиться в межах $\pm 0,5$ значення наймолодшого розряду. Це принципова погрішність. В реальних АЦП окрім цієї погрішності існують і інші.

Нелінійність – це відхилення передавальної характеристики перетворювача від ідеальної прямої лінії. При цьому виникають два роди погрішностей, по-

в'язані з нелінійністю характеристики: 1) лінійна погрішність, що відображає загальну кривизну передавальної характеристики; 2) лінійна погрішність (диференціальна), обумовлена викривленнями характеристики на окремих її ділянках. Лінійна погрішність визначається максимальним відхиленням передавальної функції перетворювача від прямої лінії, що сполучає обидва кінці інтервалу перетворення. Ця погрішність вимірюється у відсотках діапазону перетворення або в частках наймолодшого розряду. **Диференціальна лінійна погрішність** – це відхилення від вказаної вище прямої на довільних ділянках перетворення за межі одного біта. При диференціальній лінійній погрішності більш ± 1 наймолодшого розряду виникають помилкові коди, а у вихідному цифровому сигналі відбувається стрибок, тобто порушується монотонність перетворення. Природа виникнення згаданих погрішностей пояснюється на рис. 1.11.

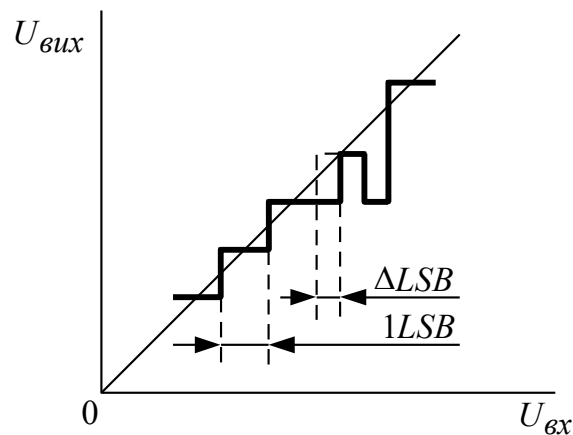


Рисунок 1.11 - Диференціальна лінійна погрішність АЦП і немонотонність характеристики перетворення.

Погрішність зсуву вимірюється значенням вхідного сигналу, необхідним для забезпечення рівності вихідного цифрового коду нулю.

Погрішність підсилення характеризується різницею в нахилі реальної і ідеальної передавальних характеристик перетворення.

Температурна погрішність накладається на всі інші вище перераховані погрішності, тобто від температури залежить і диференціальна лінійна погрішність, і погрішність зсуву, і погрішність підсилення і ін.

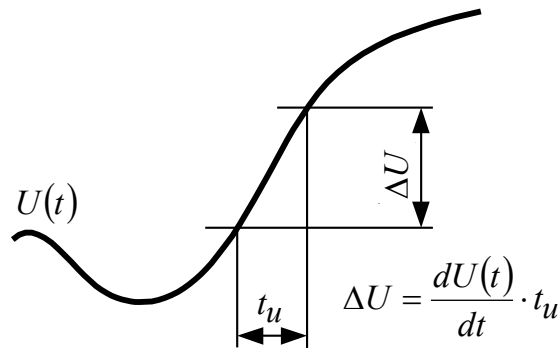


Рисунок 1.12 - Часова апертура і складова погрішності

Швидкість перетворення. Часовий інтервал, необхідний для здійснення правильного перетворення (часова апертура), залежить від швидкості зміни вхідного сигналу і заданої вирішуючої здатності перетворення. Як показано на рис. 1.12, про необхідну швидкодію можна судити виходячи з цього часового інтервалу часової апертури і похідної сигналу усередині нього. Якщо зміна вхідного сигналу під час квантування перевищить значення одного біта, то вихідний код АЦП вже не відповідатиме істинному значенню вхідного сигналу.

1.6 Схеми вибірки–запам'ятовування

Створення АЦП з великою швидкодією і високою вирішуючою здатністю веде за собою технічні труднощі і високу ціну. Для часткового вирішення цієї проблеми можна включати безпосередньо перед АЦП схему вибірки–запам'ятовування (рис. 1.13), що дозволяє, зокрема, спростити перетворювач і зменшити його вартість. Завдяки майже миттєвому часовому квантуванню (вибірці) початкового сигналу стискається часова апертура, а далі значення цієї вибірки запам'ятовується на якийсь час, необхідне для повного циклу аналого-

цифрового перетворення. Щоб зберегти інформацію про початковий сигнал, бажано вибірку проводити якомога частіше. Проте частоту вибірки звичайно обмежують, користуючись добре відомим принципом квантування: якщо безперервний сигнал з високочастотними складовими не вище f_c квантувати з частотою вибірки не менше $2 f_c$ то потім сигнал можна відновити без викривлень.

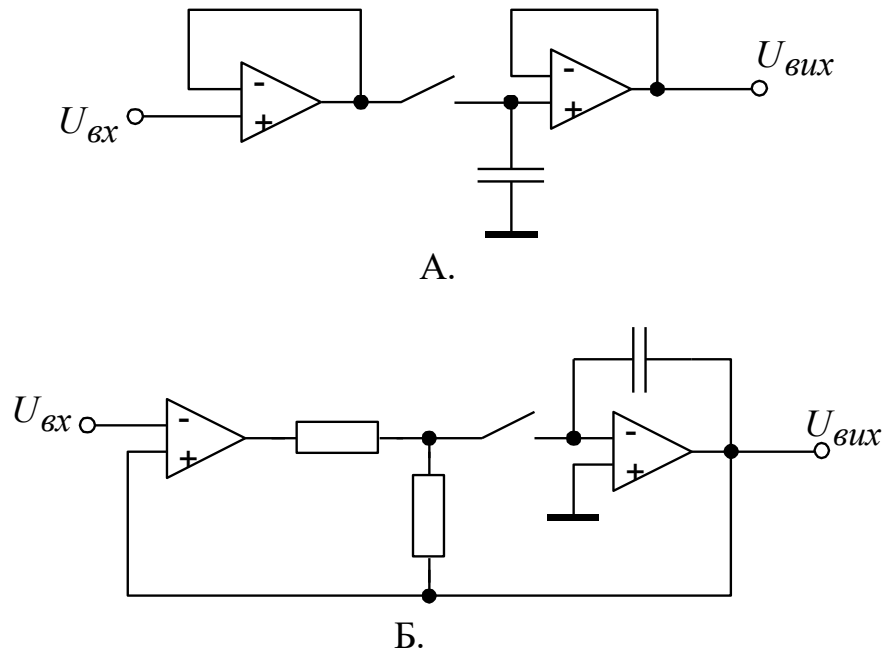


Рисунок 1.13 - Схема вибірки–запам'ятовування з розімкненим (А) і замкнутим (Б) контуром

Реальний вхідний сигнал може містити шумові високочастотні складові, тому в таких випадках перед схемою вибірки–запам'ятовування необхідно поставити фільтр нижніх частот, що придушує шуми. На рис. 1.14 показано, як високочастотна шумова складова, накладаючись на початковий сигнал, приводить при квантуванні без попередньої фільтрації до викривлення інформації про значення сигналу.

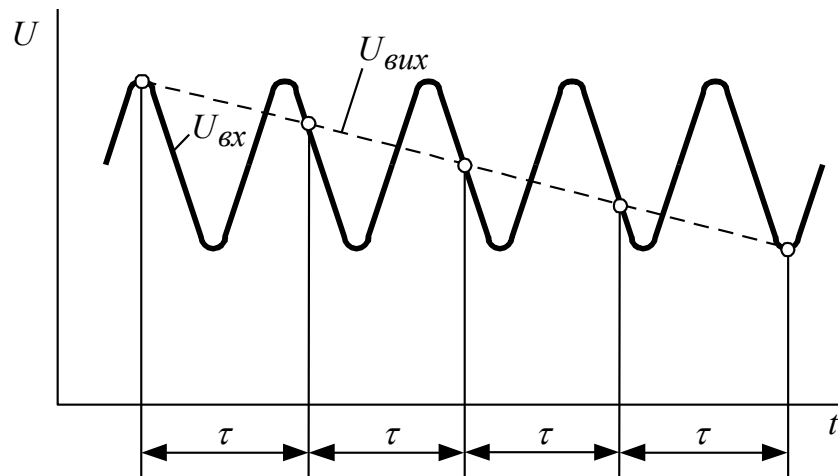


Рисунок 1.14 - Приклад викривлення інформації

Якщо проводиться квантування періодичного сигналу з частотою вибірки менше двох разів за період сигналу, то відновлений після цього сигнал буде дуже відрізнятися від початкового. Його частота називається фіктивною.

1.7 Аналоговий мультиплексор

Вартість АЦП з хорошими параметрами звичайно досить велика, тому для перетворення в цифрові коди відразу декількох аналогових сигналів зручніше використовувати єдиний перетворювач, але в сукупності з аналоговим мультиплексором (рис. 1.15). Завдяки вживанню мультиплексора одночасно можна обмежитися і меншим числом портів введення ЕОМ.

Мультиплексор складається з аналогових перемикачів, кожний з яких може приєднувати свій вхід до загального для всіх перемикачів виходу. Вибір того або іншого вхідного каналу для приєднування до виходу проводиться включенням відповідного аналогового перемикача шляхом видачі бінарного коду з його адресою, Як аналогові перемикачі найчастіше використовуються польові МОН-транзистори, і якщо подальші каскади схеми перемикача мають високий вхідний опір, то ці транзистори приєднуються до них безпосередньо.

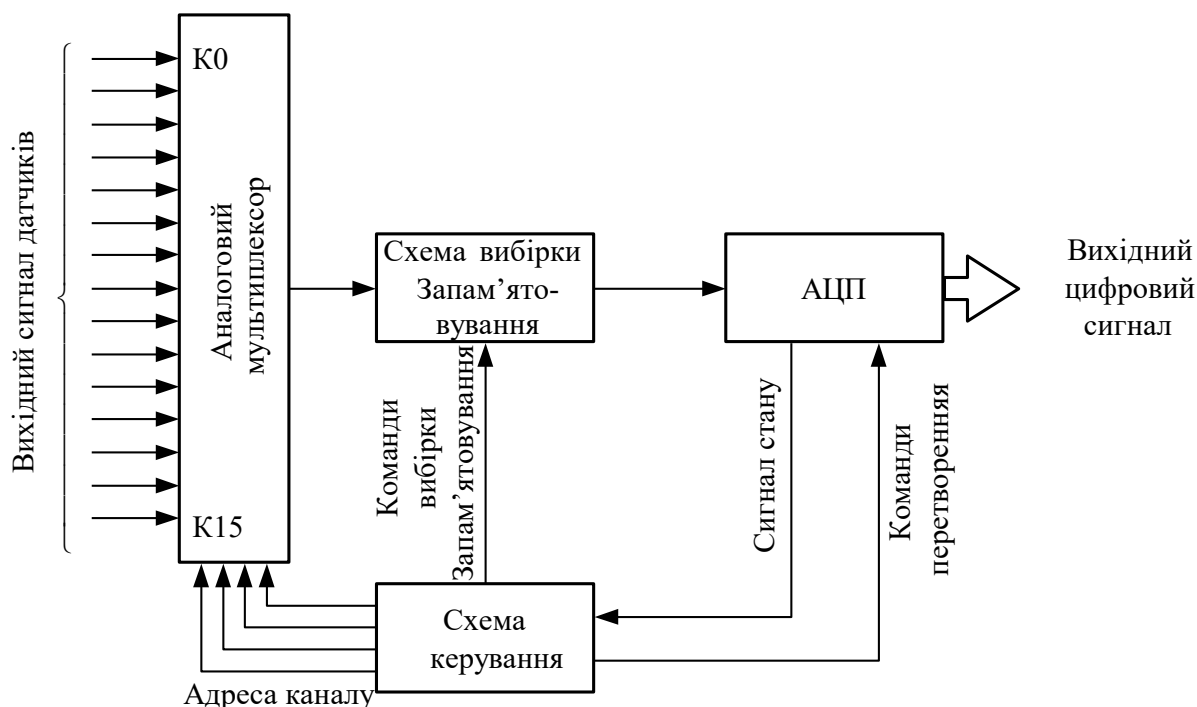


Рисунок 1.15 - Приклад використання аналогового мультиплексора

1.8 З'єднання АЦП з ЕОМ

Дані, одержані в результаті перетворення в АЦП, врешті-решт необхідно ввести в ЕОМ. Існує загальний метод введення подібних даних: шляхом розшифровки коду адресної шини ЕОМ вибирається АЦП, потім дається стартова команда для початку перетворення, а після його закінчення одержані дані переводяться в пам'ять ЕОМ.

Конкретне виконання цього методу залежить як від типу АЦП, так і від архітектури самої ЕОМ. Нижче розглядаються особливості взаємостосунків між ЕОМ і АЦП при введенні результатів перетворення.

Вибір адреси. Для вибору адреси АЦП в загальній пам'яті ЕОМ або спеціальній пам'яті організовується карта введення–виведення (рис. 1.16). В першому випадку адреси АЦП заносяться в порожні елементи загальної пам'яті і для звернення до перетворювачів можна використовувати різні команди опиту пам'яті.

Цей метод застосовний для мікропроцесорної серії 6800, де відсутній окремо виділений адресний простір для введення–виведення. В другому випадку, як, наприклад, в системах на мікропроцесорах Z80, є спеціальна пам'ять для введення–виведення, тому загальна пам'ять ЕОМ може бути використана ефективніше. На рис. 1.17 представлена схема вибору адреси АЦП за допомогою спеціально обладнаної пам'яті введення–виведення.

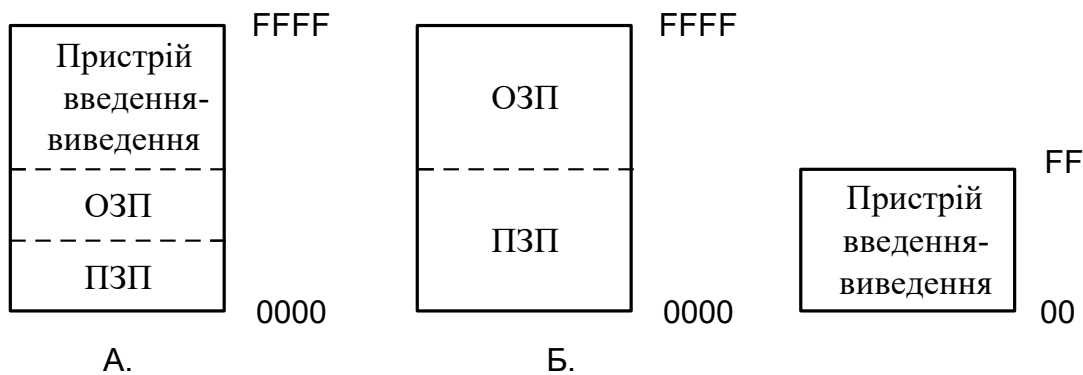


Рисунок 1.16 - Карта введення–виведення в загальній (А) і спеціальній (Б) пам'яті

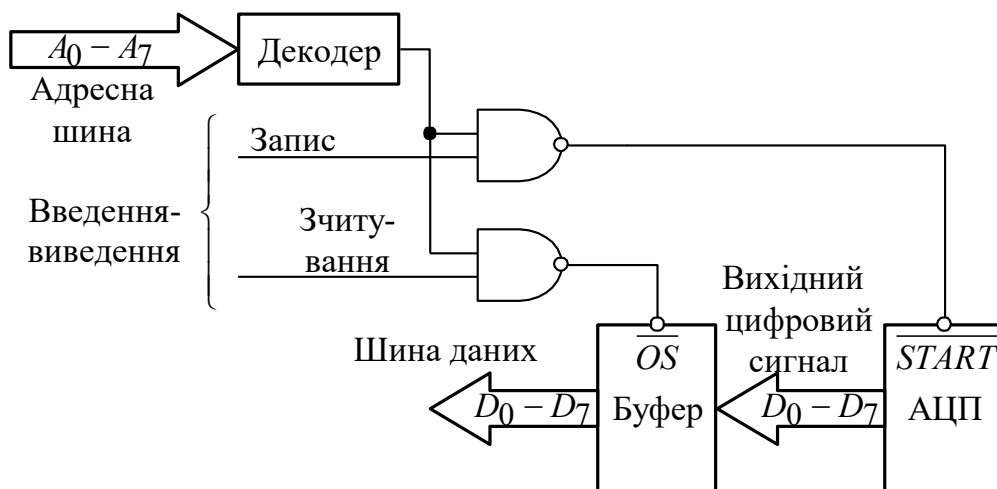


Рисунок 5.17 - Вибір АЦП по карті введення–виведення у відведеній для цього пам'яті

Існують різні способи отримання результатів перетворення після того, як подана від ЕОМ в АЦП стартова команда і перетворення завершено.

Метод голосування. ЕОМ після видачі в АЦП стартової команди працює за спеціальною програмою, відповідно до якої проводиться опит стану перетворювача щодо закінченості перетворення. Відразу після закінчення перетворення результуючі дані зчитуються і ЕОМ може приступати до їх обробки. Звичайно для опиту стану потрібен окремий вхідний порт.

Метод переривань. Після видачі в АЦП стартової команди ЕОМ продовжує працювати за своєю програмою. Але як тільки перетворення закінчується, АЦП видає сигнал запиту на переривання. ЕОМ відповідно до сигналу від АЦП тимчасово перериває виконання поточної програми і проводить зчитування даних перетворення. Цей метод зчитування особливо зручний при використуванні АЦП з інтеграцією, в яких тривалість перетворення порівняно велика і залежить від значення вхідного сигналу.

Метод прямого доступу до пам'яті. Дані з АЦП за допомогою контролера прямого доступу до пам'яті переносяться безпосередньо в пам'ять ЕОМ. Цей спосіб зручно використовувати при великому об'ємі даних, одержуваних від швидкодійних АЦП.

1.9 Розширення можливостей датчиків

За допомогою додаткової обробки, яка вводиться в ЕОМ від датчиків, застосовуючи спеціальні розрахунки, можна значно розширити можливості датчиків. Для цього існує безліч різноманітних методів. Розглянемо деякі з них.

1.9.1 Перетворення характеристик датчиків

Вихідний сигнал датчика змінюється відповідно до контрольованої фізичної величини, але ця залежність не обов'язково лінійна. Наприклад, опір терморезис-

тора залежно від температури змінюється по експоненціальному закону. Отже, для визначення опору бажано провести попередні перетворення, зворотне експоненціальному. Раніше в подібних випадках часто використовувалися спеціальні аналогові схеми, але далеко не всі вони мали задовільні характеристики. Якщо ж застосовувати для цих цілей ЕОМ, то можна реалізувати необхідні перетворення чисто програмними засобами, без залучення якої-або додаткової апаратури. Подібне перетворення характеристик датчиків звичайно здійснюється одним з двох способів.

Перший з них заснований на простих перетвореннях вхідного сигналу. Необхідна корекція введених в ЕОМ даних проводиться за допомогою додаткових обчислювальних операцій. Другий спосіб пов'язаний з табличними перетвореннями і застосовується для складних або вимагаючих високої швидкодії перетворень. При табличному методі програмна пам'ять майже не використовується, зате потрібна значна місткість пам'яті для констант перетворення. На рис. 1.18 приведений приклад табличного методу перетворень.

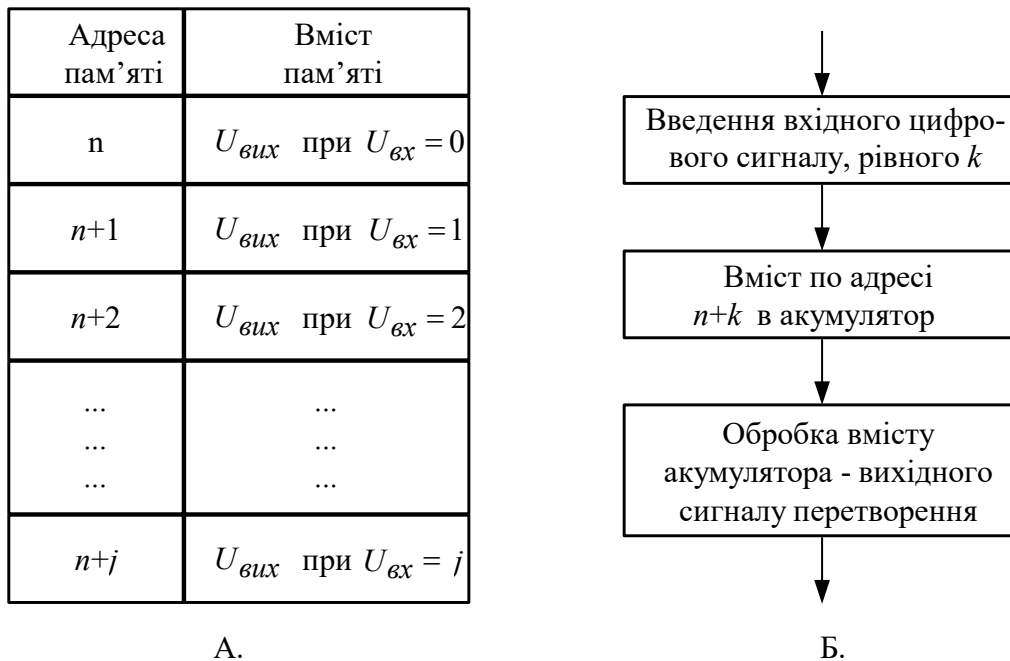


Рисунок 1.18 - Обробка даних методом табличних перетворень: А – організація таблиці перетворенні в пам'яті; б – блок-схема програми перетворення

1.9.2 Сумісна обробка багатьох змінних

При вимірюванні всіляких параметрів об'єкту багато які з цих контрольованих параметрів може виявитися зв'язаними між собою певними залежностями. Цю обставину можна використовувати для різних цілей. Наприклад, маючи два температурні датчики і вимірюючи температуру по сухому і вологому датчиках, можна визначити вологість, якщо скористатися з допомогою ЕОМ відповідними табличними перетвореннями. Аналогічним чином, проводячи оптимальну обробку на ЕОМ (наприклад, на основі тих же табличних методів), сигналів від багатьох датчиків, можна визначити значення фізичних величин, не вимірюваних даними датчиками безпосередньо.

Цими ж методами проводиться при необхідності корекція сигналів датчика, коли його вихідний сигнал залежить не тільки від вимірюваного їм параметра, але і від інших. Використовуючи додаткові датчики для вимірювання цих «заважаючих» параметрів можна усунути вплив останніх. Наприклад, вихідний сигнал фотодатчика має паразитну залежність від температури, але, помістивши поблизу від нього температурний датчик і ввівши в ЕОМ сигнали від обох датчиків, можна провести температурну корекцію свідчень фотодатчика.

Окрім вищезазначених способів удосконалення датчиків можна реалізувати і ряд інших різноманітних неявних можливостей за допомогою додаткових оптимальних програмних засобів, а в деяких випадках і із залученням апаратних засобів. Зокрема, при широкому динамічному діапазоні вихідних сигналів датчиків або при введенні в ЕОМ вихідних сигналів від різноманітних датчиків доцільне автоматичне перемикання діапазонів. Це легко може бути реалізовано з допомогою ЕОМ шляхом програмного перемикання нею коефіцієнтів підсилення підсилювальних схем або коефіцієнтів загасання регульованих атенуаторів.

У тих випадках, коли вимірювані параметри мають часову залежність, цілком можуть потрібно такі види обробки, як диференціювання або інтеграція, які

теж проводяться з допомогою ЕОМ. Диференціювання і інтеграція можуть бути ефективні також при виявленні різних картин просторового розподілу.

Статистична обробка, реалізовувана на ЕОМ, може бути корисна за наявності вихідних даних від великого числа датчиків, причому статистичні, оцінки проводяться майже без збільшення вартості системи. Усереднюючи результати декількох вимірювань, можна зменшити вплив випадкових шумів. ЕОМ може прийняти рішення про необхідність продовжувати вибірку, якщо стандартне відхилення від обчисленого середнього значення перевищує допустиме.

У разі зміни характеристик датчиків в часі ЕОМ може проводити їх корекцію. Автоматична корекція дозволяє одержувати від датчиків правильну інформацію протягом всього терміну їх служби.

Нарешті, з допомогою ЕОМ порівняно легко реалізується можливість постійної власнодіагностики системи; але власнодіагностика поки безсила проти несправностей самої ЕОМ.

1.10 Обробка цифрових сигналів

Виходячи з розглянутих вище прикладів сумісного застосування датчиків і ЕОМ, описані системи можна грубо розділити на два класи. В першому сигнали від вибраного датчика звичайно піддаються аналого-цифровому перетворенню, причому здобуте цифрове значення кожного сигналу містить повну інформацію про фізичну величину «прив'язаної» до певних часових і просторових координат. Потім відповідно до одержаних сигналів ЕОМ виробляє різні команди управління. До подібних систем можна віднести повітряний кондиціонер, електронну піч, автомобіль з вбудованими ЕОМ, системи домашньої автоматизації. В даний час велика частина пристроїв і систем, в яких використовуються датчики і ЕОМ, мають саме таку структуру керування.

У системах іншого класу одиночні сигнали, що поступили від датчика, не виконують скільки-небудь істотної ролі, а зібрані (наприклад, шляхом часового або просторового сканування) дані набувають значення тільки після їх сумісної обробки. До подібних систем відносяться інтелектуальні роботи, комп'ютерна томографія, системи дистанційного зондування і ін. Цифрова обробка в цих пристроях і установках нерідко проводиться на старих великих ЕОМ, чому підвищується вартість цих систем. До того ж часто в подібних системах для отримання необхідних результатів потрібно багато часу або точність цих результатів виявляється не цілком задовільною. Проте в майбутньому, у міру прогресу в техніці датчиків, з розширенням (на основі БІС–технології) технічних можливостей мікропроцесорів і запам'ятовуючих пристроїв, а також завдяки постійному розвитку програмних засобів цифрова обробка сигналів використовуватиметься майже повсюдно.

Особливе місце в техніці цифрової обробки займають відеодатчики і процесори для обробки тонових зображень. Обробка зображень може знадобитися як при введенні, так і при виведенні відеоінформації. Типова схема процесу представлена на рис. 1.18, функції програмної частини кожного етапу – в табл. 1.3.

Якщо введення зображення здійснюється від телевізійної камери, то роздільна здатність системи звичайно складає приблизно 500X500 елементів зображення. При розрізненні тільки 16 рівнів для кожного відеосигналу, відповідного одному елементу зображення, тобто при перетворенні відеосигналів в чотирьохрядні коди, інформаційна місткість одного кадру зображення дуже велика – 106 біт. Для обробки такого об'єму даних потрібні складні алгоритми, велика ємність пам'яті, а самі обчислення можуть виявитися дуже тривалими. Тому при необхідності швидкої обробки, наприклад в реальному масштабі часу, та ще і при обмеженій ємності пам'яті ЕОМ використовуються системи попередньої обробки відеосигналів, які вводяться, проводиться спрощення і стиснення відеоданих.

Таблиця 1.3 – Функціональні блоки обробки зображень

Найменування функції	Зміст функції
Введення	Зчитування зображення шляхом керування пристроєм введення, рутинна обробка або запис в пам'ять в певному форматі
Вихідна індикація	Виведення тонового кольорового зображення на дисплей, графічний пристрій або друкуючий пристрій. Є можливість монтажу зображень, діалогового управління його формуванням
Перетворення і попередня обробка	Первинне перетворення, деякі оптичні перетворення, просторова фільтрація, гармонійний аналіз, цифрове кодування, кореляція, проміжні обчислення, стонсування або потовщення ліній
Виділення ознак відмінності, розпізнавання	Розрахунок статистичних величин, виділення краєвих крапок і ліній, стеження за контурами і виділення топологічних ознак, виявлення опуклостей і ввігнутостей, виділення текстових параметрів, кольорових ознак, розпізнавання на основі статистичних оцінок, синтаксичний аналіз, класифікація
Аналіз структури	Аналіз зон, графічних ліній, розбиття на сегменти
Контроль відеоданих	Вказівка масштабу зображення, стиснення даних, стандартизація формату даних
Діалогове керування	Управління кольоровою індикацією за допомогою джойстика, функціональних клавіш, табулятора

У таких випадках функції центрального процесора, виконувани звично великою обчислювальною машиною, вдається перекласти на ЕОМ. Типові приклади попередньої обробки – бінарне квантування, оптимізація вибірки, виявлення контурів зображення.

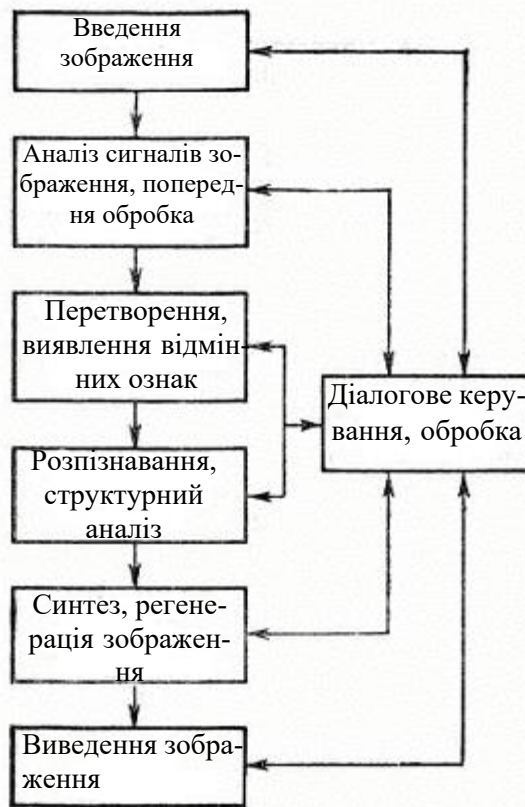


Рисунок 1.18 - Схема обробки зображення

Для розпізнавання введених зображень в пам'яті системи обробки записуються образи, моделі для порівняння. Звичайно для ствердження рішення проводиться порівняння тільки специфічних рис, особливостей записаних моделей і зображень. Часто це бувають краєві крапки, особливості форми або контурів зображення. Розпізнавання введеного зображення здійснюється шляхом пошуку моделі, що володіє найбільшою схожістю з цим зображенням по вибраних специфічних ознаках.

Зображення несе в собі величезну кількість різноманітної інформації. Тому недивно, що існує безліч проблем і щодо апаратної, і програмної частини систем обробки зображень.