

ЛЕКЦІЇ «КОМПЛЕКСИ ТЕХНІЧНИХ І ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ»

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ (ІВС)

МЕТОДИ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ І ЗАВДАННЯ КУРСУ

Уся продуктивна діяльність людини так чи інакше пов'язана з обробкою інформації. Процес розвитку суспільства невід'ємний від становлення усе більш повних і ефективних методів обробки інформації. Кожна галузь науки і великою мірою різні галузі діяльності (освіта, економіка, екологія, добувні галузі, транспорт, зв'язок, медична діагностика, управління і так далі) є сукупністю ідей і методів, призначених для цілеспрямованої і ефективної обробки тієї інформації, за яку відповідальна ця область.

Методи обробки і принципи їх реалізації для кожної області мають свої специфічні особливості, які передусім обумовлюються конкретним видом носія інформації, методами кодування і способами представлення результатів обробки. Внаслідок цього пристрою обробки інформації для різних областей часто виявляються зовні несхожими один на одного. Але за цією зовнішньою несхожістю ховається однакова методологія і принципи побудови систем обробки.

Основу методів обробки інформації складають обчислювальна математика, теорія інформації і математична статистика. Сучасні методи математичної статистики і теорії інформації використовують складний математичний апарат, але базуються проте на простих початкових положеннях, що витікає з практичних завдань. Одне із завдань курсу полягає в тому, щоб за складністю математичних методів не втратити той сенс, який закладений в сучасних принципах обробки інформації, і виділити ті рішення, які використовуються на практиці сьогодні.

Під інформацією ми розумітимемо деяку сукупність відомостей, що представляють інтерес для людини або корисних для функціонування інтелектуальних систем.

Практично завжди при отриманні інформації (людиною або системою) виникає потреба її обробки. Приведемо три типові ситуації:

- Як правило, особливо в технічних системах, перед аналізом корисної інформації необхідно зафіксувати факт її вступу, оскільки якийсь потік даних на приймальний пристрій завжди поступає. В цьому випадку завдання обробки полягає у визначенні факту вступу корисної інформації (завдання виявлення).
- Дані, що часто поступають, окрім корисної складової (інформаційна компонента) містять деяку додаткову спотворюючу складову (у техніці говорять перешкоду), яка заважає правильно виділити корисну частину. Завдання часто ускладнюється тим, що повні відомості про перешкоду відсутні. В даному випадку завдання обробки полягає в якнайповнішому виключенні перешкоди (завдання виділення).
- Інша ситуація - це аналіз отриманої інформації з метою ухвалення якого-небудь рішення (тобто факт вступу інформації зафіксований, корисний сигнал виділений), причому в отриманій інформації немає усього необхідного, щоб рішення можна було прийняти з повною упевненістю. В даному випадку завдання обробки полягає в здійсненні такого аналізу інформації, щоб рішення було найбільш правильним (завдання ухвалення рішення).

Умова дії перешкод і відсутності повної інформації є надзвичайно важливою в проблемі розуміння необхідності застосування обробки, а отже, і інформаційно-вимірювальних систем (ІВС), одним з основних завдань яких є обробка інформації.

Під терміном «обробка» розуміється реєстрація, запам'ятовування, представлення даних. Визначення інформаційно-вимірювальних систем ІВС:

Інформаційно-вимірювальною системою (ІВС) називається сукупність функціонально пов'язаних пристроїв і програмного забезпечення, яка реалізує необхідне інформаційне обслуговування контрольованого об'єкту, включаючи автоматизований збір, представлення, передачу, обробку і зберігання вимірювальної інформації.

Терміни "збір" і "вимірювальний" включають процедури сканування, оцифрування (сигналів і зображень), векторизації і так далі. Якщо передача даних здійснюється по кабельній лінії або радіолінії, то система називається телеметричною або радіотелеметриєю.

Інформаційно-вимірювальні системи застосовують як автономно (збір, обробка даних про рухомі об'єкти, зовнішнє середовище, біологічні об'єкти), так і у складі різних автоматизованих

комплексів, що створюються в результаті інтеграції обчислювальної і вимірювальної техніки, пристроїв введення-виводу і засобів зв'язку. Незалежно від призначення і конкретного застосування загальна вимога до інформаційно-вимірювальних систем (ІВС) полягає в тому, щоб початкова вимірювальна (найчастіше аналогова) інформація або повідомлення, що вводяться (що приймаються) в систему, могли бути відновлена (чи представлені) без спотворень. Для більшості сучасних інформаційно-вимірювальних систем (ІВС) обов'язковим також являється вимога передачі і обробки інформації в реальному масштабі часу.

Однією з основних проблем, яка виникає при розробці і використанні інформаційно-вимірювальних систем (ІВС), є вибір методів оцифрування і кодування інформації, завадостійких методів передачі-прийому інформації (якщо інформація передається на великі відстані). На етапі обробки потрібні операції стискування, розпаковування, розпізнавання інформації, що поступила, застосування алгоритмів обробки і програмного забезпечення в конкретних інформаційно-вимірювальних комплексах для кінцевого користувача.

Найважливішим компонентом ІВС є автоматизовані засоби вимірювань параметрів технологічних процесів.

ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ПРО ІНФОРМАЦІЙНО- ВИМІРЮВАЛЬНІ КОМПЛЕКСИ

Основні визначення, область застосування та ознаки інформаційно-вимірювальних комплексів та інформаційно-вимірювальних систем (ІВК та ІВС)

Робота будь-якого технічного обладнання визначається технологічним процесом, який характеризується сукупністю фізичних параметрів. Надійна робота технічного обладнання можлива при наявності ІВС або ІВК, встановлених на ньому для отримання і оброблення інформації про стан об'єкта дослідження при впливі на нього зовнішніх факторів. ІВК та ІВС здійснюють вимірювання та контроль фізичних параметрів. Відповідно нижче наведемо визначення цих термінів.

Вимірювання - знаходження значення фізичної величини дослідним шляхом з допомогою спеціальних технічних засобів. При цьому отримуємо числове значення, яке характеризує вимірювану величину.

Контроль - визначення відповідності між станом об'єкта контролю і заданою нормою фізичної величини.

Збільшення контрольних параметрів в ІВС та ІВК при дослідженні об'єкта, підвищення швидкості протікання технологічних процесів привело до збільшення вимірювальної інформації. Ці фактори привели до створення ІВС та ІВК. Під ІВС розуміють системи, які призначені для автоматичного отримання інформації безпосередньо від об'єкта дослідження шляхом вимірювання і контролю, оброблення цієї інформації і відображення у вигляді чисел, графіків, гістограм і, таким чином, характеризують стан цього об'єкта.

Згідно стандарту [1] **ІВС** - сукупність функціонально об'єднаних вимірювальних, обчислювальних та інших допоміжних технічних засобів для отримання вимірюваної інформації, її перетворення, оброблення з метою подання її оператору в зручному вигляді для подальшого оброблення і прийняття рішення. Таким чином до ІВС входять ІВК, засоби контролю, діагностики, ідентифікації та виконавчі механізми.

Вимірювальні системи забезпечують: оператора інформацією про стан об'єкта, математичне оброблення вимірюваної інформації та її відображення на моніторі ЕОМ і вивід її на цифрову реєстрацію.

Системи автоматичного контролю призначені для контролю об'єкта шляхом порівняння вимірювальних параметрів із заданими значеннями. Ці системи називають системами централізованого контролю. Інформація, видана системою, носить якісний характер і відповідає на запитання чи перебуває об'єкт в заданому режимі.

Системи технічної діагностики на основі результатів вимірювання видають повідомлення про стан об'єкта дослідження, характер відхилень від алгоритму роботи системи, методи виправлення таких відхилень.

Сучасні ІВС і ІВК здатні виконувати функції вимірювання, контролю та діагностики одночасно.

Інформаційно-вимірювальний комплекс являє собою автоматизований засіб вимірювання електричних величин, на основі якого можливе створення інформаційно-вимірювальних систем шляхом: приєднання до входів вимірювальних каналів ІВК первинних перетворювачів (давачів) вимірюваних величин, які мають електричний вихідний канал; генерації на основі програмних компонентів ІВК програм оброблення інформації і керування процесом, орієнтованих на вирішення конкретних задач; приєднання до вихідних каналів пристроїв безпосередньої дії на об'єкт вимірювання, тобто подачі сигналів керування об'єктом. На основі ІВК можуть бути створені: системи автоматизації наукових досліджень; системи автоматизації випробувань або досліджень виробів і об'єктів промисловості; системи автоматизації медичних обстежень та інші системи автоматизації вимірювань.

Область застосування ІВК визначається: номенклатурою приєднуваних первинних перетворювачів, пристроїв безпосередньої дії на об'єкт, метрологічними характеристиками; можливістю програмного забезпечення; експлуатаційними характеристиками.

Основні ознаки ІВК:

- комплекс нормованих метрологічних характеристик;
- блочно-модульна структура;
- наявність мікропроцесорного контролера;
- використання типових інтерфейсів;
- наявність пристроїв відображення.

ІВК виконують одну із наступних функцій:

- прямі, непрямі, сумісні і сукупні вимірювання електричних величин;
- керування процесом вимірювання і дію на об'єкт вимірювання;-
- відображення результатів вимірювання оператору в заданому вигляді.

Для виконання цих функцій ІВК забезпечують:

- перетворення і обробку електричних сигналів від первинних вимірювальних перетворювачів;
- керування засобами вимірювання і другими технічними компонентами;
- формування нормованих електричних сигналів дії на об'єкт вимірювання;
- оцінку точності вимірювання і відображення результатів вимірювання.

Основні структурні елементи ІВК

До складу ІВК входять технічні і програмні компоненти.

Технічні компоненти ІВК поділяють на основні і допоміжні.

Основними технічними компонентами є:

- а) засоби вимірювання електричних величин – вимірювальні компоненти;
- б) засоби обчислювальної техніки – обчислювальні компоненти;
- в) міра поточного часу і інтервалів часу з нормованими характеристиками похибок;
- г) засоби вводу-виводу аналогових, цифрових і релейних сигналів.

Допоміжними технічними компонентами ІВК є технічні засоби для забезпечення узгодженої роботи основних технічних компонентів:

- а) блоки електричного з'єднання вимірювальних компонентів між собою або вимірювальних компонентів з обчислювальними (блоки інтерфейсного з'єднання, контролери);
- б) комутуючі пристрої, які не є засобами вимірювання; в) спеціалізовані пристрої буферної пам'яті;
- г) розширювачі інтерфейсної лінії;
- д) пристрої розширення функціональних можливостей ІВК;
- ж) джерело живлення для допоміжних технічних компонентів.

Програмні компоненти ІВК - це системне програмне забезпечення і загальне прикладне програмне забезпечення.

Програмні компоненти ІВК створюють в сукупності математичне забезпечення ІВК і входять в компоненти ІВК.

Системне програмне забезпечення ІВК являє собою сукупність програмного забезпечення ЕОМ, яке використовується в ІВК, і додаткових програмних засобів, які забезпечують:

- а) роботу в діалоговому режимі з ІВК;
- б) керування вимірювальними компонентами;
- в) обмін вимірюваною інформацією з вимірювальними компонентами;

- г) перевірку працездатності окремих компонентів ІВК та ІВК в цілому;
- д) зміну та доповнення складу загального прикладного програмного забезпечення.

Загальне програмне забезпечення ІВК являє собою організовану сукупність програм (програмних модулів), які реалізують:

- а) типові алгоритми обробки вимірюваної інформації (в тому числі при непрямих, сумісних вимірюваннях), а також з метою корекції похибок;
- б) типові алгоритми планування експерименту;
- в) метрологічне обслуговування ІВК (періодична перевірка, експериментальне визначення метрологічних характеристик каналів, метрологічна атестація).

Узагальнена структура засобів вимірювання (ЗВ)

Узагальнена структурна схема засобів вимірювання (ЗВ), властива будь-якому вимірювальному приладу, пристрою, системі, приведена на мал. 1.1. Аналіз цієї схеми призводить до визначення основних завдань автоматизації вимірювань.

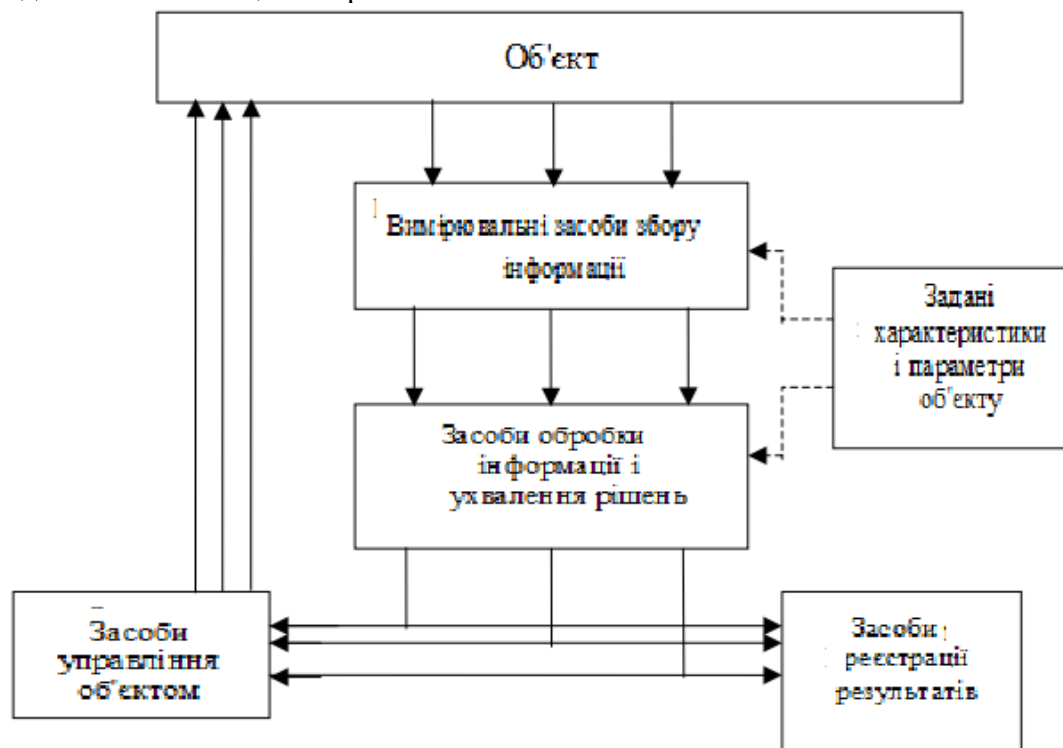


Рис. 1. Узагальнена структурна схема засобів вимірів

При автоматизації збору вимірювальної інформації необхідно забезпечити:

- уніфікацію вихідних сигналів вимірювальних перетворювачів;
- програмно-керовану комутацію сигналів на загальний канал зв'язку;
- автоматичний вибір діапазонів вимірів.

При автоматизації операцій вимірювального ланцюга (каналу) необхідно забезпечити типовий набір операцій :

- прийом інформації;
- фільтрацію;
- посилення;
- аналого-цифрове перетворення.

При автоматизації передачі інформації в електроні обчислювальні машини (ЕОМ) необхідно забезпечити:

- узгодження вимірювального ланцюга з інформаційною магістраллю обчислювальної пристрої (інтерфейс). Інтерфейс визначає формат інформації, що приймається, рівні сигналів, організацію сигналів, що управляють, і так далі.

Автоматизація обробки вимірювальної інформації припускає:

- включення у вимірювальний ланцюг обчислювальних засобів (ЕОМ, що серійно випускаються);
- розробку спеціалізованих засобів на базі мікропроцесорних засобів.

Автоматизація індексації і документальної реєстрації результатів вимірів забезпечується:

- периферійними вихідними пристроями;
- цифро-букводрукуючими пристроями;
- графічними пристроями;
- дисплеями;
- цифровими індикаторними табло і так далі

Вибір необхідного пристрою і виведення інформації в електронну обчислювану машину (ЕОМ) при цьому повинні здійснюватися автоматично.

Автоматизація вимірювального процесу

Необхідність виміру величезної кількості різноманітних фізичних величин зажадала розробки засобів вимірів, що дозволяють отримувати необхідну інформацію без безпосередньої участі людини, тобто що виконують виміри автоматично.

Автоматизація дозволяє забезпечити:

- збір вимірювальної інформації в місцях, недоступних для людини;
- тривалі, багатократні виміри;
- одночасний вимір великого числа величин;
- вимір параметрів швидкоплинних процесів;
- виміри, що характеризуються великими масивами інформації і складними алгоритмами її обробки.

Слід розрізняти повну і часткову автоматизацію. Процес виміру, при якому зворотний зв'язок управління здійснюється без участі людини називається автоматичним. Якщо оператор є однією з ланок в ланцюзі отримання вимірювальної інформації - йдеться про автоматизовані виміри.

Автоматизація вимірів не принижує роль дослідника, інженера або техника, що планує і використовує результати вимірів. Навпаки, вона підвищує продуктивність їх праці, вимагає від них більш

високого рівня знань не лише засобів вимірів але і тих завдань, які вирішуються при прийомі і обробці вимірювальної інформації, уміння закласти оптимальну програму вимірів і дати правильне тлумачення результатів виміру.

Автоматичні засоби вимірів в процесі свого розвитку пройшли ряд етапів становлення.

На першому етапі розвитку автоматизації піддавалися лише засоби збору вимірювальної інформації і її реєстрації на аналогових пристроях, що відображають і реєструють. Обробку результатів вимірів і вироблення відповідних рішень і старанних команд здійснював оператор. У подібних системах управління об'єктом засоби вимірів були набором окремих вимірювальних приладів. В результаті при вимірі великого числа параметрів об'єкту оператор був не в змозі охопити усю отриману інформацію і прийняти оптимальне рішення по управлінню об'єктом. Це призводило до розширення штату обслуговуючого персоналу, до зниження надійності і якості управління і зростання експлуатаційних витрат.

На другому етапі усі зростаючі вимоги до засобів вимірів, обумовлені інтенсифікацією потоків вимірювальної інформації, привели до створення інформаційно-вимірювальних систем. На відміну від вимірювального приладу інформаційно-вимірювальна система забезпечує вимір великої кількості параметрів об'єкту і здійснює автоматичну обробку отримуваної інформації за допомогою вбудованих в систему обчислювальних засобів. У завдання оператора системи управління тепер стали входити тільки ухвалення рішень за результатами вимірів і виробітку команд управління. Централізований збір інформації і її обробка за допомогою засобів обчислювальної техніки різко підвищило продуктивність праці, але не звільнило його від відповідальності за управління об'єктом, обслуговуваного системою.

На третьому етапі розвитку з'явилися системи, що інформаційно-управляють, і інформаційно-обчислювальні комплекси, в яких здійснюється повний замкнений цикл звернення інформації від її отримання до обробки, ухвалення відповідних рішень і видачі команд управління на об'єкт без участі оператора. Головне достоїнство таких систем полягає в тому, що алгоритм роботи систем став програмно - керованим, легко перебудовуваним при зміні режимів роботи або умов експлуатації об'єкту. Праця оператора зводиться до діагностики стану системи управління, розробки методик виміру і програм функціонування. Виділення етапів розвитку СІ є наближенням і залежить від тих напрямів науки і техніки, в яких досліджуються питання застосування вимірювальної техніки.

Узагальнені структурні схеми процесів виміру і контролю

Схема процесу виміру і її аналіз з точки зору автоматизації

Типова схема автоматизованих вимірів зображена на рис. 3.1. Об'єктом виміру може бути деякий процес, явище або пристрій. Вимірювані величини сприймаються датчиками, з виходів яких електричні сигнали поступають на комутатор. Комутатор підвищує коефіцієнт використання вимірювальної установки при багатоканальних вимірах. Опитування датчиків може бути циклічним (параметри однорідні і стаціонарні), програмним (параметри стаціонарні, але неоднорідні) або адаптивним (параметри нестаціонарні). Електричний сигнал з вибраного комутатором датчика перетворюється в цифровий код в АЦП. Інтерфейс забезпечує сполучення вимірювального каналу з електронною обчислювальною машиною (ЕОМ). Далі вимірювальна інформація піддається обробці за заданою програмою в ЕОМ і представляється в зручній формі на екрані дисплея або віддрукованою на папері. База даних (БД) призначена для зберігання необхідної вимірювальної і довідкової інформації.



Рис 3.1. Узагальнена структурна схема процесу автоматизованого виміру

ЦАП використовується для двох цілей: представлення результатів вимірів в аналоговій формі з подальшим їх перетворенням в графічну форму і перетворення команд ЕОМ в аналогові сигнали з метою управління об'єктом вимірів. Канал управління дозволяє активно впливати на об'єкт (нагрівати, охолоджувати, опромінювати, деформувати, перебудовувати), стежачи одночасно за реакцією його на ці дії. Наявність ЕОМ дозволяє виробляти обчислювальний експеримент.

Процес контролю і можливості його автоматизації

Процес контролю зводиться до перевірки відповідності об'єкту встановленим технічним вимогам. Суть контролю полягає в проведенні двох основних операцій :

- отримання інформації про фактичний стан об'єкту, про ознаки і показники його властивостей (первинна інформація);
- зіставлення первинної інформації із заздалегідь встановленими вимогами, нормами, критеріями (вторинна інформація).

Заздалегідь встановлені вимоги до об'єкту контролю можуть бути представлені у вигляді зразкового виробу або у вигляді переліку певних параметрів і їх значень з вказівкою полів допуску.

Граничні значення областей стану контролюваного параметра називають нормами.

Відмінність виміру і контролю полягає в тому, що при вимірі вимірювану величину порівнюють з одиницею певної фізичної величини з метою отримання кількісної інформації, а при контролі фізичний параметр порівнюють з його нормою з метою визначення відхилень цього параметра (якісна характеристика об'єкту - "годен" - "не придатний").

Сукупність технічних засобів, за допомогою яких виконуються операції автоматичного контролю, називаються системами автоматичного контролю (САК). Ці системи є однією з основних ланок автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУТП).

На рис. 3.2 приведена узагальнена структурна схема системи автоматичного контролю.

Коротко розглянемо основне призначення складових частин, що входять в цю систему.

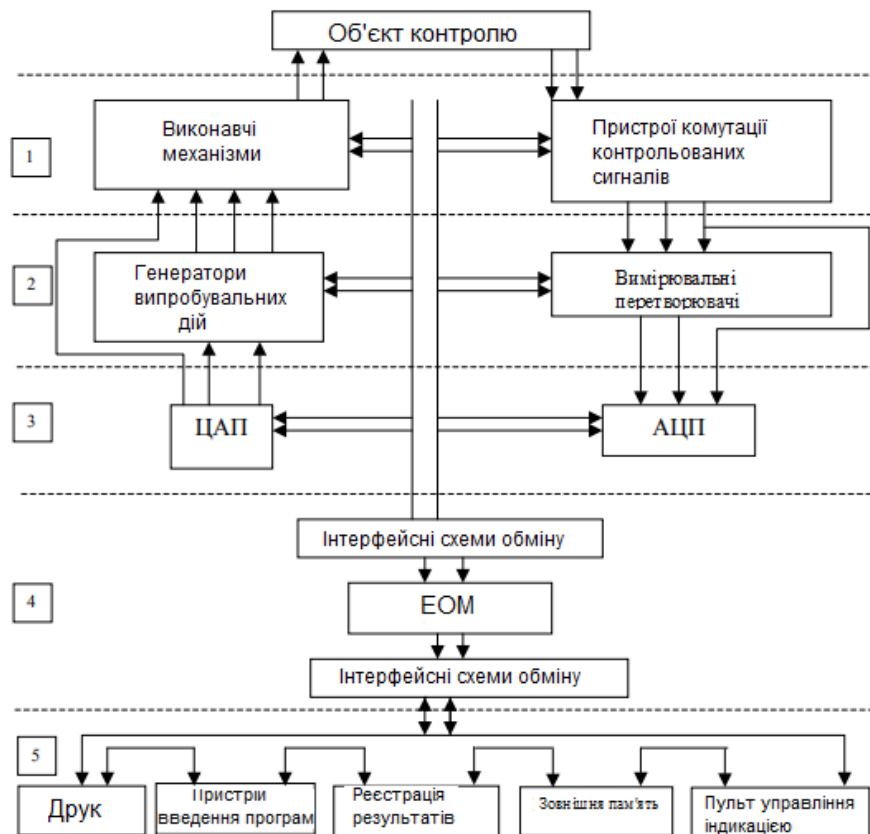


Рис. 3.2. Узагальнена структурна схема системи автоматичного контролю

Підсистема комутації і зв'язку - служить для безпосереднього підключення системи до об'єкту контролю. Вона може здійснюватися за допомогою дрітних або кабельних ліній, або використання височастотного радіоканалу. До складу підсистеми входять пристрої комутації контрольованих і стимулюючих сигналів.

Підсистема вимірювальних перетворювачів (ВП) і генераторів випробувальних дій - містить перетворювачі різних фізичних величин, нормалізатори їх вихідних сигналів в уніфіковані електричні сигнали, а також генератори випробувальних сигналів, формуючі дії на об'єкт контролю.

Підсистема перетворювачів, що погоджують, - складається з перетворювачів уніфікованих аналогових сигналів в код (АЦП - для сигналів напруги, струму і частотно-цифрові - для частотних сигналів) і зворотні перетворювачі "код - аналог" для формування випробувальних дій.

Операційна підсистема - є спеціалізованою ЕОМ, яка може бути виконана на мікропроцесорних комплексах ВІС. Підсистема введення - виводу - включає пристрої, що забезпечують зв'язок оператора з системою (пульт управління, дисплей, електричні машини та ін., що пишуть), пристрої реєстрації інформації, зовнішні довготривалі пристрої, що запам'ятовують, а також засоби підготовки і введення програм, наприклад, програм управління ЕОМ (завантажувачі, асемблери, редактори, монітор і так далі).

Принципи сполучення ЕОМ з іншими підсистемами засновані на застосуванні стандартних каналів передачі даних.

Огляд узагальнених схем вимірювальних систем

Структурні схеми вимірювальних систем ВС з аналоговою і цифровою передачею сигналу

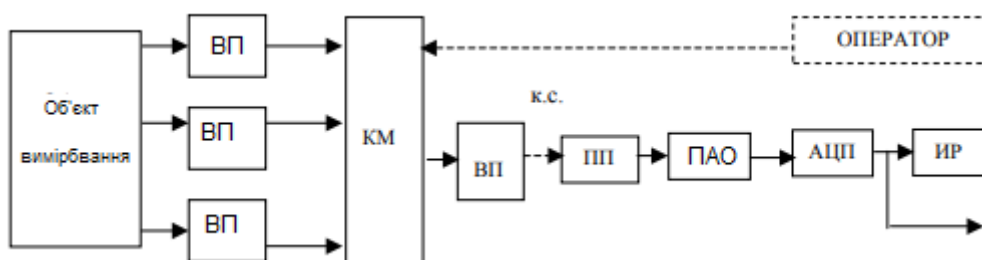


Рис. 3.3. Вимірювальна система з аналоговою передачею інформації

Для виміру невеликої кількості величин з відносно невисокою швидкістю, характерна структурна схема, приведена на рис. 3.3. Вихідні електричні сигнали з вимірювальних перетворювачів (ВП) через комутатор (КМ) по черзі поступають на передавальний (вихідний) перетворювач (ВП), що погоджує виходи вимірювальних перетворювачів (ВП) з каналом зв'язку (КЗ). Приймальний перетворювач (ПП) виділяє інформаційний сигнал, який після первинної обробки і підсилення на пристрої аналогової обробки (ПАО) поступає в АЦП і після перетворення, - на індикатор результатів виміру (ІР). Оцінку отриманої інформації і вироблення дій, що управляють, здійснює оператор. Ця система призначена лише для збору і відображення

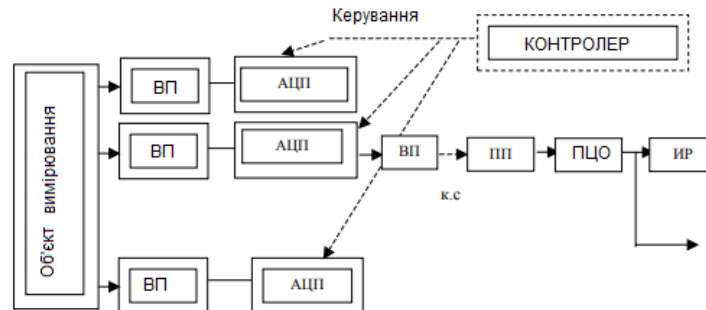


Рис. 3.4. Вимірювальна система з цифровою передачею інформації

Передача по каналу зв'язку (КЗ) інформації в цифровій формі відрізняється великою завадою захищеністю. На рис. 3.4 представлена структурна схема системи з цифровою передачею інформації. АЦП, виконані по інтегральній вимірювальній інформації.

Це дає можливість відмовитися від аналогового комутатора, що вносить спотворення, і на приймальній стороні здійснювати ряд операцій обробки за допомогою пристрою цифрової обробки (ПЦО), такі як усереднювання, порівняння, віднімання, накопичення і зберігання інформації, технології, дозволяють конструктивно об'єднувати АЦП з кожним вимірювальним перетворювачем (ВП) об'єкту.

Для організації управління процесом виміру вводиться логічний пристрій, що управляє, з "жорстким" алгоритмом - "приладовий контролер", що автоматично задає тривалість такту виміру, управління реєстрацією і цифровою обробкою результатів вимірів. Введення в систему вже досить простих обчислювальних засобів значно розширюють її можливості по обробці інформації. Введення мікропроцесорного контролера дозволяє зробити гнучкішим алгоритм роботи і при цьому відмовитися від блоку пристрою цифрової обробки (ПЦО), оскільки контролери у такому разі можуть обробляти інформацію.

Структури сполучення приладів і пристроїв з ЕОМ.

Система, що має інтерфейс радіального типу, складається з окремих приладів, що вимірюють значення обмеженого числа досліджуваних фізичних величин (рис. 3.5).

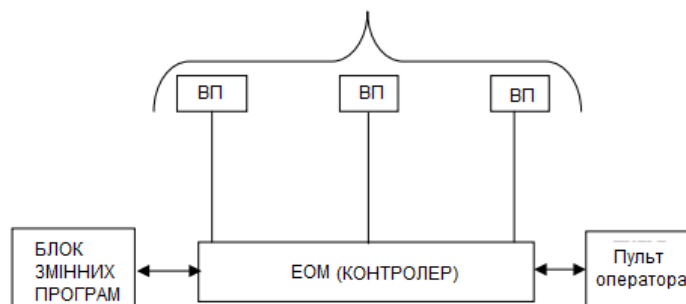


Рис. 3.5. Узагальнена структура вимірювальної системи (ВС) з ЕОМ (радіальний інтерфейс)

Передача інформації від приладів до ЕОМ відбувається під управлінням спеціальної програми і вимагає створення для кожного з них специфічного інтерфейсу, оскільки кожен прилад з'єднується з ЕОМ індивідуальним кабелем.

Недоліки радіальної структури сполучення :

1. ЕОМ повинна мати стільки входів, скільки до неї підключено пристроїв.
2. Громіздкість структури
3. Обмеження можливості перебудови і нарощування системи.

Магістральна структура сполучення характеризується наявністю крізного каналу передачі даних (системного каналу обміну інформацією), рівноправ'ям усіх підключених пристроїв і асинхронним принципом обміну.

Кожен з підключених пристроїв може бути передавачем інформації, приймачем або контролером. Це дозволяє на основі обмеженої номенклатури приладів і пристроїв створювати різноманітні системи.

Канал передачі даних (магістральний інтерфейс) розподіляє інформацію між окремими елементами системи (встановлюється черговість їх роботи).

У вимірювальному приладобудуванні широкого поширення набула магістральна структура каналу, приведена на рис. 3.6. системний контролер координує роботу окремих елементів системи і здійснює зміну форматів даних і команд в процесі обміну з ЕОМ;

шинна система ліній зв'язку - передає сигнали (інформаційні і такі, що управляють);

інтерфейсні схеми обміну (ІСО) - пов'язані з шинною системою каналу і вимірювальними перетворювачами (ВП). Вони забезпечують інформаційну сумісність.

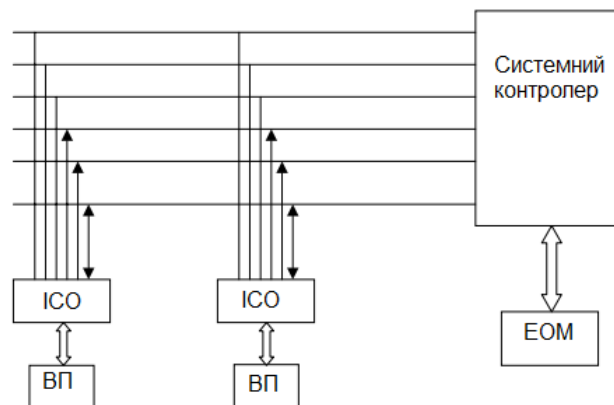


Рис. 3.6. Структура каналу передачі даних (магістральний інтерфейс)

Прикладами стандартних магістральних інтерфейсів можуть служити: інтерфейс МЭК і система КАМАК.

Структурна схема ІС з мікропроцесорною обробкою інформації і управлінням

Система (рис. 3.7) містить аналогову вимірювальну підсистему (АВП), операційну підсистему і підсистему введення – виведення (ПВВ).

Вимірювані фізичні величини X_i за допомогою первинних перетворювачів (ПВП) перетворюються в аналогові сигнали Y_i , що поступають в підсистему ВЛ (вимірювальні аналогові ланцюги), де піддаються нормалізації і первинній обробці.

До складу ВЛ входять: аналогові комутатори, фільтри, детектори, перед підсилювачі і так далі.

Уніфікований сигнал Y_i , поступає на вхідний перетворювач АЦП.

Операційна підсистема (ОП) - призначена для цифрової обробки кодів АЦП, а також формує дії, що управляють, для усіх вузлів системи. У якості ОП можуть використовуватися МІНІ-ЕОМ (для ІОК) або МІКРО-ЕВМ (для інформаційно-вимірювальних систем ІВС).

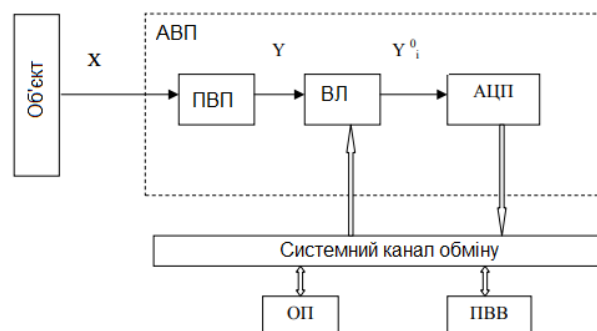


Рис. 3.7. Узагальнена структурна схема ІС з мікропроцесорною обробкою інформації

У системах високої продуктивності широке застосування отримали одно платні ЕОМ і мікропроцесорні машини на основі мікропроцесорних комплексів ВІС (МПК ВІС).

Підсистема введення – виведення (ПВВ) виконує функції: реєстрацію результатів обробки на цифрових індикаторах, екранах дисплеїв; документування інформації; оперативне введення програм з магнітних дисків і так далі; ручне управління системою за допомогою пультового терміналу, формування сигналів зворотного зв'язку, що управляють і старанних, з об'єктом дослідження.

Особливе значення в системі має організація зв'язку між її підсистемами.

Обмін інформацією між підсистемами здійснюється в цифровій формі через системний канал обміну (вимірювальна інформація і результати її обробки, команди, адреси, сигнали управління і так далі). Інформаційна сумісність між пристроями системи забезпечується інтерфейсними схемами обміну.

Узагальнена структура інформаційно-вимірювальної системи (ІВС)

Відповідно до предмета дисципліни з усього складу функціональних пристроїв ІВС, що утворюють інформаційний тракт системи, розглянемо тільки ті, які здійснюють функції збору, попередньої обробки, представлення, передачі і обробки інформації. Блок-схема ІВС представлена на мал. 4.1. На вхід системи поступає в загальному випадку аналоговий сигнал $S(t)$, сформований інформаційним пристроєм (чи датчиком), джерелом даних, що являється. Сигнал $S(t)$ розглядається як реалізація випадкового процесу. Ланцюг перетворення даних одного пристрою (чи датчика) в багатоканальній системі утворює вимірювальний канал.

У блоці підготовки сигнал піддається попередній аналоговій обробці - узгодження, посилення (приведення амплітуди до динамічного діапазону пристрою вибірки і зберігання - ПВЗ), смугова фільтрація (обмеження смуги частот сигналів для коректного оцифрування).

Оскільки підсистема обробки в ІВС є цифровою системою, то кожен сигнал піддається процедурі аналого-цифрового перетворення в модулі АЦП. Послідовність відліків від різних вимірювальних каналів об'єднується в загальний потік для наступного введення в комп'ютер або передачі по каналу зв'язку. У ряді випадків можуть застосовуватися пристрої стискування даних (або стискування здійснюється після введення даних в комп'ютер - програмні методи стискування). Склад і послідовність розташування функціональних пристроїв в різних ІВС може відрізнятися від приведеної в блок-схемі, але характерною є наявність цих пристроїв як типових в системах різного призначення і технічного втілення.

Підсистема передачі включає кодер і декодер каналу зв'язку, передавальне і приймальне пристрої і власне канал зв'язку (середовище з антенними пристроями). Кодер і декодер здійснюють завадостійке кодування і декодування сигналів з метою додаткового захисту повідомлень, що передані від перешкод в каналі зв'язку і можуть бути відсутніми за наявності якісного каналу.

Відновлення початкового аналогового повідомлення по цифрових відліках з допустимою погрішністю виробляється на приймальній стороні. У сучасних системах відновлення безперервного повідомлення, як правило, не виконується, оскільки реєстрація, зберігання і обробка інформації виконуються в цифровому виді, але принципова можливість відновлення передбачається. Одне із завдань підсистеми цифрової обробки, яка виконується з використанням ресурсів комп'ютера і спеціалізованих процесорів цифрової обробки, - сортування інформації і відбракування аномальних результатів спостережень. Відбракування є часткою випадком загальнішого завдання - фільтрації сигналів від перешкод або використання методів розпізнавання образів. Іншими завданнями підсистеми обробки є:

- попередня обробка даних (згладжування, видалення тренду);
- статистична обробка сигналів (застосовуються різні алгоритми залежно від призначення ІВС);
- спектральна обробка (різні методи залежно від призначення інформаційно-вимірювальна систем - ІВС);
- формування моделей процесів і явищ;
- представлення результатів попередньої обробки або аналізу;
- зберігання даних.

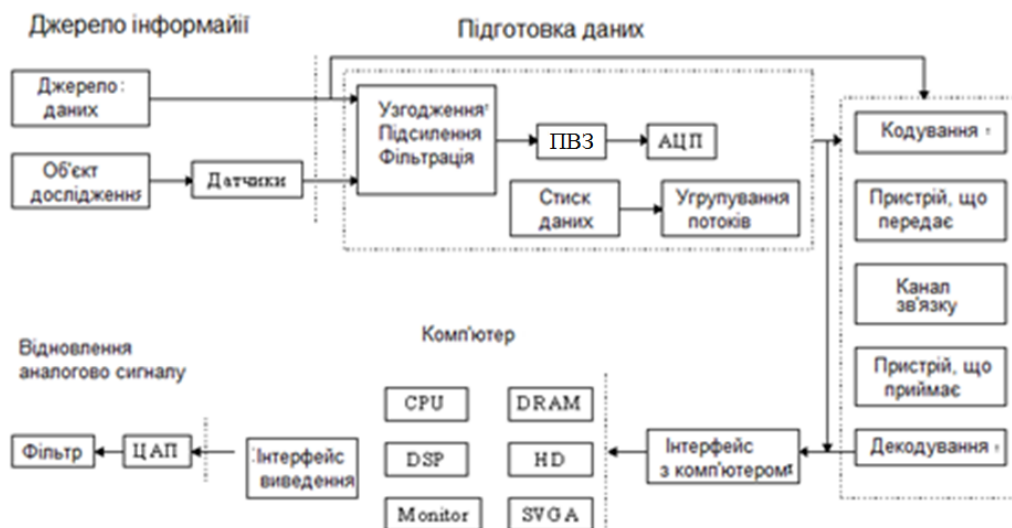


Рис. 4.1. Узагальнена блок-схема інформаційно-вимірального комплексу

Перераховані завдання вирішуються в ІВС наступного призначення :

- вимірвальні системи в "чистому вигляді" - моніторинг, діагностика, контроль, наукові дослідження, системи реального часу;
- мультимедійні комплекси - інформаційні послуги, презентації, навчання, ігри;
- комерційні системи введення-виведення відео - довідкові системи, реклама, перегляд і зберігання відео фрагментів;
- геоінформаційні системи.

SVGA (Super VGA англ. Super Video Graphics Array) - загальна назва відеоадаптерів, сумісних з VGA, але мають розширені по відношенню до нього можливості - дозволу від 800×600 і кількість колярів до 16 млн (24 біта на піксель), а також великі обсяги відеопам'яті.

CPU - цифро друкуючий пристрій.

Класифікація інформаційних систем (ІС)

За призначенням ІС класифікують на типові, проблемні і спеціалізовані. Ця класифікація є лише умовною, так як задана характеристика є також важливою при виборі структури за вказаними умовами вимірювання.

Типові ІС вирішують широке коло задач автоматизації вимірювання, випробувань або дослідження.

Проблемні ІС застосовують для широкого кола задач специфічної конкретної області автоматизації вимірювання, випробування і дослідження.

Спеціалізовані ІС призначені для вирішення унікальних задач автоматизації вимірювання, випробування і дослідження, для яких типові і проблемні ІС не можуть бути застосовані.

Інформаційна система (ІС) - сукупність технічних засобів і програмного забезпечення, призначена для інформаційного обслуговування користувачів і технічних об'єктів. До складу технічних засобів входить устаткування для введення, зберігання, перетворення і виведення даних, у тому числі обчислювальні машини (ОМ) або комп'ютери, пристрої сполучення обчислювальних машин - ОМ з об'єктами, апаратура передачі даних (комунікаційне устаткування) і лінії зв'язку. Програмне забезпечення (програмні засоби) - сукупність програм, що реалізують покладені на систему функції (розрізняють системне і прикладне). Функції ІС полягають у виконанні необхідної обробки даних : введення, зберігання, перетворення і представлення. Прикладами ІС являються обчислювальні системи для вирішення наукових, інженерно-технічних, планово-економічних і обліково-статистичних завдань; автоматизовані системи, вживані в управлінні підприємствами і галузями народного господарства; системи автоматизованого і автоматичного управління технологічним устаткуванням і технічними об'єктами; системи реального часу (транспорт, моніторинг); інформаційно-вимірвальні системи та ін.

Основа інформаційної системи - ІС - це технічні засоби, оскільки їх продуктивністю і надійністю найбільшою мірою визначається ефективність ІС.

Одномашинні однопроцесорні інформаційні системи - ІС. Історично першими і досі широко поширеними є одномашинні ІС, побудовані на базі єдиної обчислювальної машини - ОМ з традиційною однопроцесорною структурою. До теперішнього часу накопичений значний досвід проектування і експлуатації таких ІС, і тому створення їх, включаючи розробку програмного забезпечення, не викликає принципових труднощів. Проте продуктивність виявляється задовільною не для усіх застосувань. Підвищення продуктивності і надійності обчислювальної машини - ОМ забезпечується в основному за рахунок вдосконалення елементно-технологічної бази. При будь-якому рівні технології не можна забезпечити абсолютну надійність елементної бази, і тому не можна для одно машинних ІС унеможливити втрати працездатності. Таким чином, одно машинні інформаційні системи - ІС не повною мірою забезпечують надійну автоматизацію обробки даних.

Обчислювальні комплекси. Починаючи з 60-х років для підвищення надійності і продуктивності ІС декілька обчислювальних машин - ОМ зв'язувалися між собою, утворюючи багатомашинний обчислювальний комплекс.

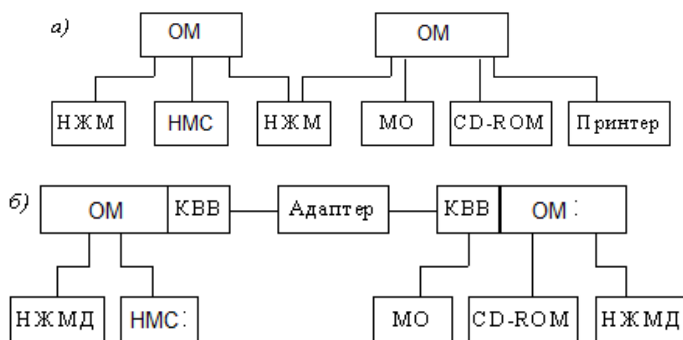


Рис. 4.2. Багатомашинний обчислювальний комплекс з непрямою (а) і прямій (б) зв'язками між обчислювальними машинами (ОМ), Канал введення - виводу (КВВ), МО – модем (модулятор – демодулятор).

У ранніх багатомашинних комплексах зв'язок між обчислювальними машинами - ОМ забезпечувався через загальні зовнішні пристрої, що запам'ятовують, - накопичувачі на жорстких магнітних дисках (НЖМД) або магнітних стрічках (рис. 4.2, а), тобто за рахунок доступу до загальних наборів даних. Такий зв'язок називається непрямим і виявляється ефективною тільки у тому випадку, коли ОМ взаємодіють досить рідко, наприклад при відмові однієї з обчислювальної машини - ОМ або в моменти початку і закінчення обробки даних. Більш оперативна взаємодія ОМ досягається за рахунок прямого зв'язку через адаптер, що забезпечує обмін даними між каналами введення - виводу (КВВ) двох ОМ (рис. 4.2, б) і передачу сигналів переривання. За рахунок цього створюються хороші умови для координації процесів обробки даних і підвищується оперативність обміну даними, що дозволяє вести паралельно процеси обробки і істотно збільшувати продуктивність інформаційної системи - ІС. Нині багатомашинні обчислювальні комплекси широко використовуються для підвищення надійності інформаційної системи - ІС і спільного використання периферійного устаткування.

У багатомашинних обчислювальних комплексах взаємодія процесів обробки даних забезпечується тільки за рахунок обміну сигналами переривання і передачі даних через адаптери канал - канал або загальні зовнішні пристрої, що запам'ятовують. Кращі умови для взаємодії процесів - коли усі процесори мають доступ до усього об'єму даних, таких, що зберігаються в оперативних пристроях (ОЗП), що запам'ятовують, і можуть взаємодіяти з усіма периферійними пристроями комплексу.

Обчислювальний комплекс, що містить декілька процесорів, оперативну пам'ять (загальну або розділену між процесорами) і загальні периферійні пристрої, називається багатопроцесорним обчислювальним комплексом. Принцип побудови таких комплексів ілюструється мал. 4.3. Процесори, оперативна пам'ять (ОЗП) і канали введення-виводу, до яких підключені периферійні пристрої (ПП), об'єднуються в єдиний комплекс за допомогою інтерфейсних засобів, що забезпечують доступ кожного процесора до оперативної пам'яті і каналів введення-виводу, а також можливість передачі даних між останніми. У багатопроцесорному комплексі відмови окремих пристроїв впливають на працездатність ІС у меншій мірі, чим в багатомашинному, тобто багатопроцесорні комплекси мають

більшу стійкість до відмов і більшу продуктивність. Кожен процесор має безпосередній доступ до усіх даних, що зберігаються в загальній оперативній пам'яті, і до периферійних пристроїв, що дозволяє паралельно обробляти не лише незалежні завдання, але і блоки одного завдання.

Багатомашинні і багатопроцесорні обчислювальні комплекси розглядаються як базові засоби для створення ІС різного призначення. Тому до складу обчислювального комплексу прийнято включати тільки технічні засоби і загальносистемне (базове), але не прикладне програмне забезпечення, пов'язане з конкретною сферою застосування комплексу. Таким чином, обчислювальний комплекс - сукупність технічних засобів, що включають декілька обчислювальних машин - ОМ або процесорів, і загальносистемного (базового) програмного забезпечення.

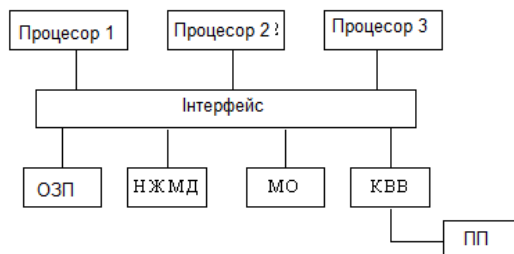


Рис. 4.3. Багатопроцесорний обчислювальний комплекс. Канал введення - виводу (КВВ), периферійні пристрої (ПП)

Обчислювальні системи.

Інформаційна система (ІС), налаштована на рішення завдань конкретної сфери застосування, називається обчислювальною системою. Обчислювальна система включає технічні засоби і програмне забезпечення, орієнтовані на рішення певної сукупності завдань. Існує два способи орієнтації обчислювальної машини (ОМ). По-перше, обчислювальна система може будуватися на основі обчислювальних машин (ОМ) або обчислювального комплексу (ОК) загального застосування, і орієнтація системи забезпечується за рахунок програмних засобів - прикладних програм і, можливо, операційної системи. По-друге, орієнтація на заданий клас завдань може досягатися за рахунок використання спеціалізованих обчислювальних машин (ОМ) і обчислювальних комплексів. В цьому випадку вдається при помірних витратах устаткування добитися високої продуктивності. Спеціалізовані обчислювальні системи найширше використовуються при рішенні завдань векторної і матричної алгебри, цифрової обробки сигналів, систем реального часу, а також пов'язаних з обробкою зображень, розпізнаванням образів і т. д.

Обчислювальні системи, побудовані на основі спеціалізованих комплексів, почали інтенсивно розроблятися на початку 70-х років. У таких системах використовувалися процесори із спеціалізованими системами команд і конфігурація комплексів жорстко орієнтувалася на конкретний клас завдань. У останнє десятиліття почалися дослідження і розробки адаптивних обчислювальних систем (ОС), що гнучко пристосовуються до вирішуваних завдань. Адаптація обчислювальної системи з метою пристосування її до структури алгоритму, що реалізовується, досягається за рахунок зміни конфігурації системи. При цьому з'єднання між процесорами, а також модулями пам'яті і периферійними пристроями встановлюються динамічно відповідно до потреб завдань, що обробляються системою у нинішній момент часу. У зв'язку з цим адаптивні обчислювальні системи інакше називаються системами з динамічною структурою. За рахунок адаптації досягається висока продуктивність в широкому класі завдань і забезпечується стійкість системи до відмов. Тому адаптивні системи розглядаються як один з перспективних напрямів розвитку систем обробки даних.

Системи телеобробки. Вже первинне застосування інформаційної системи (ІС) для управління виробництвом, транспортом і матеріально-технічним постачанням показало, що ефективність систем можна значно підвищити, якщо забезпечити введення даних в систему безпосередньо з місць їх появи і видачу результатів обробки до місць їх використання. Для цього необхідно зв'язати ІС і робочі місця користувачів за допомогою каналів зв'язку. Системи, призначені для обробки даних, переданих по каналах зв'язку, називаються системами телеобробки даних.

Склад технічних засобів системи телеобробки даних представлений на рис. 4.4.

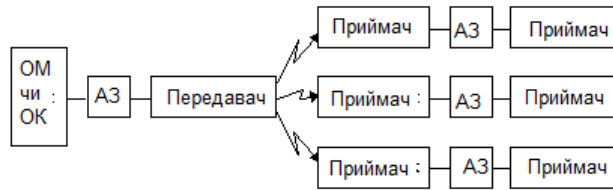


Рис. 4.4. Система телеобробки даних (АЗ - адаптер зв'язку)

Користувачі (абоненти) взаємодіють з системою за допомогою терміналів (абонентських пунктів) або ПК, що підключаються через канали зв'язку до засобів обробки даних, обчислювальної машини (ОМ) або обчислювальному комплексу (ОК). Дані передаються по каналах зв'язку у формі повідомлень - блоків даних, що несуть в собі окрім власне даних службову інформацію, необхідну для управління процесами передачі і захисту даних від спотворень. Програмне забезпечення систем телеобробки містить спеціальні засоби, необхідні для управління технічними засобами, встановлення зв'язку між ОМ і абонентами, передачі даних між ними і організації взаємодії користувачів з програмами обробки даних.

Телеобробка даних значно підвищує оперативність інформаційного обслуговування користувачів і разом з цим дозволяє створювати великомасштабні системи, що забезпечують доступ широкого круга користувачів до даних і процедур їх обробки.

Обчислювальні мережі. Із зростанням масштабів застосування електронної обчислювальної техніки в наукових дослідженнях, проектно-конструкторських роботах, управлінні виробництвом і транспортом стала очевидна необхідність об'єднання інформаційних систем - ІС, обслуговуючих окремі підприємства і колективи. Об'єднання розрізаних ІС забезпечує доступ до даних і процедур їх обробки для усіх користувачів, пов'язаних загальною сферою діяльності. Так, експериментальні дані, отримані групою дослідників, можуть використовуватися при проектно-конструкторських роботах, результати проектування - при технологічній підготовці виробництва, результати випробувань і експлуатації виробів - для вдосконалення конструкцій і технології виробництва і т. д.

Щоб об'єднати територіально розрізнені інформаційних систем - ІС в єдиний комплекс, необхідно, по-перше, забезпечити можливість обміну даними між ІС, зв'язавши відповідні обчислювальні системи - ОМ і обчислювальні комплекси каналами передачі даних, і, по-друге, оснастити системи програмними засобами, що дозволяють користувачам однієї системи звертатися до інформаційних, програмних і технічних ресурсів інших систем.

У кінці 70-х років був запропонований спосіб побудови обчислювальних мереж, об'єднуючих ВМ за допомогою базової мережі передачі даних. Структура обчислювальної мережі у загальних рисах представлена на рис. 4.5. Ядром мережі є базова мережа передачі даних (МПД), яка складається з каналів і вузлів зв'язку (ВЗ). Вузли зв'язку приймають дані і передають їх в напрямі, що забезпечує доставку даних абонентові. Обчислювальні машини (ОМ) підключаються до вузлів базової мережі передачі даних, чим забезпечується можливість обміну даними між будь-якими парами ОМ. Сукупність обчислювальних машин - ОМ, об'єднаних мережею передачі даних, утворює мережу ОМ. У такій конфігурації обчислювальні машини - ОМ може бути промисловим комп'ютером - ПК або комунікаційним сервером, або МІНІ-ЕОМ, до якої за допомогою каналів зв'язку підключаються інші мережеві вузли, через які користувачі взаємодіють з мережею. Сукупність терміналів і засобів зв'язку, використовуваних для підключення терміналів до обчислювальних машин - ОМ, утворює термінальну мережу. Сукупність промислових комп'ютерів - ПК і мережевих адаптерів утворює локальну обчислювальну мережу (ЛОМ). Таким чином, обчислювальна мережа є композицією базової мережі передачі даних, ЛОМ або термінальної мережі. Така обчислювальна мережа називається глобальною або розподіленою обчислювальною мережею (надалі - "обчислювальна мережа", на відміну від локальної). Обчислювальні мережі використовуються для об'єднання обчислювальних машин - ОМ, що знаходяться на значній відстані один від одного в межах регіону, країни або континенту. У обчислювальній мережі усі ОМ оснащуються спеціальними програмними засобами для мережевої обробки даних. На мережеве програмне забезпечення покладається широкий комплекс функцій : управління апаратурою сполучення і каналами зв'язку; встановлення з'єднань між взаємодіючими процесами і ОМ; управління процесами передачі даних; введення і виконання завдань від видалених користувачів; доступ програм до наборів даних, розміщених у видалених ОМ. До мережевого

програмного забезпечення пред'являється вимога збереження працездатності мережі при зміні її структури внаслідок виходу з ладу окремих обчислювальних машин (ОМ), каналів і вузлів зв'язку, а також можливість взаємодії різнотипних ОМ. Функції, що покладаються на мережеве програмне забезпечення, відрізняються високим рівнем складності і реалізуються з використанням спеціально розроблених методів управління процесами передачі і обробки даних.

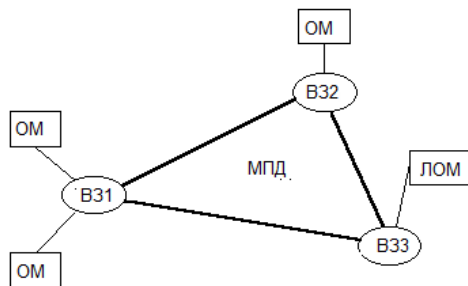


Рис. 4.5. Глобальна обчислювальна мережа. Вузли зв'язку (ВЗ), базова мережа передачі даних (МПД), локальна обчислювальна мережа (ЛОМ), обчислювальні машини (ОМ).

Обчислювальні мережі - найбільш ефективний спосіб побудови великомасштабних ІС. Використання обчислювальних мереж дозволяє автоматизувати управління галузями виробництва, транспортом і матеріально-технічним постачанням в масштабі великих регіонів і країни в цілому. Концентрація в мережі великих об'ємів даних і колективний доступ до даних дозволяють поліпшити інформаційне обслуговування наукових досліджень, підвищити продуктивність праці інженерно-технічних працівників і якість адміністративно-управлінської діяльності. Крім того, об'єднання обчислювальних машин (ОМ) в обчислювальні мережі дозволяє істотно підвищити ефективність їх використання.

Локальні обчислювальні мережі. На початку 80-х років у сфері обробки даних почали застосовуватися персональні комп'ютери (ПК). Колективний характер праці вимагав оперативного обміну даними між користувачами, тобто об'єднання ОМ в єдиний комплекс. Був розроблений ефективний спосіб об'єднання обчислювальних машин (ОМ), розташованих на незначній відстані один від одного, - в межах однієї будівлі або групи сусідніх будівель, за допомогою моноканалу (послідовного інтерфейсу). Такі обчислювальні мережі стали називати локальними обчислювальними мережами (ЛОМ).

Локальна обчислювальна мережа (ЛОМ) - сукупність близько розташованих обчислювальних машини - ОМ, які пов'язані послідовними інтерфейсами і оснащені програмними засобами, що забезпечують інформаційну взаємодію між процесами в різних вузлах мережі.

Типова структура локальної обчислювальної мережі - ЛОМ зображена на рис. 4.6. Сполучаються обчислювальні машини - ОМ за допомогою моноканалу - єдиного для усіх ОМ мережі каналу передачі даних. У моноканалі найширше використовуються скручена пара дротів, коаксіальний кабель або волоконно-оптична лінія.

Довжина моно каналу не перевищує зазвичай декількох сотень метрів. При цьому пропускна спроможність моно каналу складає 10-100 Мбіт/с, що досить для забезпечення інформаційного зв'язку між десятками обчислювальних машин - ОМ. ОМ сполучаються з моно каналом за допомогою мережевих адаптерів (МА), або контролерів, що реалізують операції введення - виведення даних через моноканал. Наявність в мережі єдиного каналу для обміну даними між обчислювальними машинами (ОМ) істотно спрощує процедури встановлення з'єднань і обміну даними між ОМ. Тому мережеве програмне забезпечення ОМ виявляється простішим, ніж в обчислювальних мережах, що містять мережу передачі даних. Внаслідок цього локальні обчислювальні мережі виявляються ефективним засобом побудови складних інформаційних систем - ІС на основі промислових комп'ютерів - ПК і спеціалізованих мережевих вузлів (сервери, повторювачі, маршрутизатори і так далі).

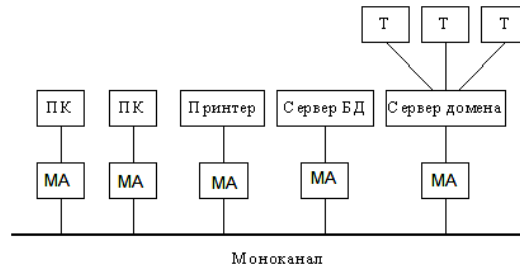


Рис. 4.6. Локальна обчислювальна мережа. (МА - мережевий адаптер, Т - термінал)

Локальні обчислювальні мережі отримують широке застосування при організації інформаційних систем (ІС) підприємств і організацій, в системах автоматизації проектування і технологічної підготовки виробництва, системах управління виробництвом, транспортом, постачанням і збутом, а також в системах автоматичного управління технологічним устаткуванням.

ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Загальна характеристика і класифікація експериментів

Кожен експеримент є сукупністю трьох складових частин : досліджуваного явища (процесу, об'єкту), умов і засобів проведення експерименту. Експеримент проводиться у декілька етапів:

- предметно-змістовне вивчення досліджуваного процесу (чи об'єкту) і його математичний опис (якщо необхідно) на основі наявної апріорної інформації, аналіз умов і засобів проведення експерименту;
- створення умов для проведення експерименту і функціонування досліджуваного об'єкту в бажаному режимі, що забезпечує найбільш ефективне спостереження за ним;
- збір, реєстрація і попередня обробка експериментальних даних;
- представлення результатів обробки в необхідній формі;
- змістовний аналіз і інтерпретація результатів експерименту, як правило, з використанням методів цифрової обробки сигналів;
- використання результатів експерименту (корекція фізичної моделі явища або об'єкту, ухвалення рішення про стан об'єкту, оцінка параметрів процесу, побудова моделі для прогнозу, управління або оптимізації та ін.).

Залежно від типу досліджуваного об'єкту (явища) виділяють декілька класів експериментів : фізичні, інженерні, медичні, біологічні, економічні, соціологічні та ін. Найглибше розроблені загальні питання проведення фізичних і інженерних експериментів, в яких досліджуються природні або штучні фізичні об'єкти (пристрої) і процеси, що протікають в них. Як правило, при їх проведенні дослідник може неодноразово повторювати виміри фізичних величин в схожих умовах, задавати бажані значення вхідних змінних, змінювати їх в широких масштабах, фіксувати або усувати вплив тих чинників, залежність від яких зараз не досліджується. Далі в основному йтиметься саме про цей клас експериментів. У експериментах інших класів аналогічні можливості істотно обмежені. Зокрема, для економічних експериментів характерні малий об'єм експериментальних даних, частенько відсутність можливостей повторення експерименту в аналогічних умовах, вплив великого числа некерованих і неконтрольованих чинників. Проте деякі методи, використовувані при проведенні фізичних і інженерних експериментів, наприклад методи статистичної обробки даних, можуть з успіхом застосовуватися і в нетехнічних завданнях.

Класифікацію експериментів за наступними ознаками:

- міри близькості інформаційних датчиків (чи вимірювальної системи), використовуваних в експерименті, до об'єкту, відносно якого планується отримання інформації; розрізняють: натурний, стендовий (чи полігонний), модельний, обчислювальний експерименти;
- цілі проведення - дослідження, випробування (контроль), управління (оптимізація, налаштування);
- міри впливу на умови проведення експерименту (пасивний і активний експерименти);
- міри участі людини (експерименти з використанням автоматичних, автоматизованих і неавтоматизованих засобів проведення експерименту).

Результатом експерименту в широкому сенсі є теоретичне осмислення експериментальних даних (результатів безпосереднього виміру, що отримуються в ході експерименту) і встановлення

законів і причинно-наслідкових зв'язків, що дозволяють передбачати хід явищ, що цікавлять дослідника, вибирати такі умови (дії), при яких вдається добитися необхідного або найбільш сприятливого їх протікання. У вужчому сенсі під результатом експерименту часто розуміються формування математичної (чи описовою) моделі явища або набуття значень параметрів, що встановлюють формальні функціональні або імовірнісні зв'язки між різними змінними, процесами або явищами. Отриманню саме цього результату служать добре розроблені методи статистичної обробки експериментальних даних.

Необхідно відмітити, що отримання в ході експерименту математичної моделі або оцінки параметрів сигналу є необхідним, але не достатньою умовою результативності експерименту і його корисності для розвитку відповідної предметної області. Це в особливій мірі відноситься до нетехнічних галузей знання. Виявлені статистичні зв'язки між різними величинами або процесами можуть не відповідати їх причинній залежності. Питання про наявність причинних стосунків між спостережуваними величинами повинне вирішуватися дослідником на підставі предметно-змістовного аналізу експерименту, яким повинен неодмінно і починатися, і закінчуватися експеримент. Завдання тлумачення поміченого зв'язку часто є дуже важким.

Змістовний аналіз математичних моделей має специфіку для різних предметних областей. Тому розгляд цих питань, незважаючи на усю їх важливість, виходить за рамки курсу.

Загальні відомості про засоби проведення експерименту

Початкова інформація для наступного аналізу досліджуваного явища (чи об'єкту) формується за допомогою засобів проведення експерименту, засобів вимірів різних типів (вимірювальних пристроїв, перетворювачів, датчиків і належностей до них), що є сукупністю, каналів передачі інформації і допоміжних пристроїв для забезпечення умов проведення експерименту. У різних предметних областях сукупність засобів для проведення експерименту може називатися по-різному (наприклад, експериментальна установка, інформаційно-вимірювальна система, вимірювальна система). Надалі користуватимемося терміном "вимірювальна система" (ВС). Залежно від цілей експерименту іноді розрізняють вимірювальні інформаційні (дослідження), вимірювальні контролюючі (контроль, випробування) і вимірювальні системи, що управляють (управління, оптимізація), які розрізняються в загальному випадку як складом устаткування, так і складністю обробки експериментальних даних.

Склад засобів вимірів, що входять у вимірювальну систему: це датчики сигналів і засоби, що формують впливи на досліджуваний об'єкт, в істотній мірі визначається завданнями експерименту, які ставляться при його плануванні. Те ж саме можна сказати і про попередній вибір методів обробки експериментальних даних, які можуть надалі уточнюватися у міру отримання експериментальної інформації про об'єкт дослідження і умови проведення експерименту.

У зв'язку із зростанням складності експериментальних досліджень (це проявляється в збільшенні числа вимірюваних величин, великій кількості інформаційних каналів, підвищенні вимог до якості реєстрованої інформації і оперативності її отримання) до складу сучасних вимірювальних систем включаються обчислювальні засоби різних класів. Ці засоби (МІНІ-ЕОМ, персональні комп'ютери, спеціалізовані обчислювачі і контролери) не лише виконують функції збору і обробки експериментальної інформації, але і управляють ходом експерименту, зберігають вимірювальні дані і результати аналізу, здійснюють графічну підтримку режимів контролю, представлення і аналізу.

Ефективність застосування обчислювальних засобів при проведенні експериментів проявляється в наступних основних напрямках:

- скорочення часу підготовки і проведення експерименту в результаті прискорення збору і обробки інформації, підвищення оперативності управління режимами збору даних;
- підвищення точності і достовірності результатів експерименту на основі використання складніших і ефективніших алгоритмів обробки вимірювальних сигналів, збільшення розрядності при кодуванні даних, збільшення об'єму використовуваних експериментальних даних для усереднювання результатів;
- скорочення числа дослідників, що беруть участь в проведенні експерименту, і застосування автоматичних систем, здатних виконувати свої завдання в тих умовах, в яких перебування людини небажане або неможливе;
- поліпшення керованості і гнучкості експерименту за рахунок повнішого контролю за його ходом;

- підвищення оперативності доведення результатів експерименту до споживача в найбільш зручній формі.

Таким чином, сучасні засоби проведення експерименту є вимірювально-обчислювальними системами або комплексами, забезпеченими розвиненими обчислювальними засобами (останнім часом все частіше багатопроцесорні).

При обґрунтуванні структури і складу інформаційних систем - ІС необхідно вирішити наступні основні завдання:

- визначити склад вимірювального устаткування (датчики, пристрої узгодження, посилення, фільтрації, калібрування і так далі);
- вибрати тип і характеристики комп'ютера, що входить до складу ІС (зараз, як правило, персональний комп'ютер);
- вибрати тип устаткування, що виконує збір даних і цифрову обробку сигналів;
- адаптувати канали зв'язку між комп'ютером, устаткуванням збору даних (інтерфейс), вимірювальними пристроями і споживачем інформації;
- розробити програмне забезпечення ІС.

При виборі комп'ютера необхідно враховувати вимоги по оперативності отримання результатів експериментів, складність алгоритмів обробки експериментальних даних і об'єм отримуваної інформації. Це дозволить оцінити потрібні продуктивність процесора, місткість і характеристики оперативного пристрою, що запам'ятає - ОЗП і жорстких дисків, характеристики відео системи.

Два підходи до побудови інформаційних систем ІС

Відомо два підходи до забезпечення введення аналогових вимірювальних сигналів для наступної обробки з використанням цифрових методів. Один заснований на застосуванні спеціалізованих комплексних систем, до складу яких входить апаратура аналого-цифрового перетворення, мікропроцесорні засоби цифрової обробки і пристрої відображення інформації. Інший підхід заснований на застосуванні інтерфейсних пристроїв збору інформації і універсальних комп'ютерних систем.

Прикладом спеціалізованої системи є багатоканальний аналізатор сигналів SA 3550 фірм Brüel & Kjær. Цей прилад виконує наступні функції:

- аналіз сигналів і систем (механічних, електричних, електромеханічних);
- структурні випробування з декількома входами і виходами за допомогою випадкових сигналів і випробування з урахуванням власних коливань;
- відшукування несправностей механічних систем і їх компонент;
- аналіз сервомеханізмів і сервосистем;
- аналіз і випробування в програмах контролю якості продукції;
- аналіз акустичних і електроакустичних систем;
- виміри і аналіз інтенсивності звуку;
- дослідження в цілях боротьби з шумом.

Іншим прикладом спеціалізованої системи є багатоканальний спектральний аналізатор SI 1220 фірм Schlumberger Technologies. Цей прилад дозволяє виконувати багатоканальний моніторинг конструкцій, дослідження резонансних явищ, структурний аналіз, тестування і балансування машинного устаткування, частотний аналіз сигналів і нелінійних ланцюгів, дослідження мови.

До недоліків такого підходу побудови вимірювальних систем можна віднести: обмеження на кількість вхідних сигналів і їх характеристики; жорстка структура алгоритмів обробки, що не допускає розробку програм аналізу під конкретне завдання; обмежені можливості графічного представлення результатів; висока вартість вимірювальних систем.

Другий підхід заснований на застосуванні додаткових інтерфейсних модулів і цифрових процесорів сигналів у складі персонального комп'ютера. Істотними перевагами другого підходу є: гнучкість вимірювальної системи при реалізації різних алгоритмів обробки; функціональна повнота системи (вирішуються завдання введення даних, обробки, управління, аналізу, зберігання вимірювальних даних і результатів аналізу); хороші метрологічні характеристики і можливість тиражування розроблених систем.

Перспективною є тенденція побудови ІС на базі типових мікропроцесорних засобів, що забезпечує масовість їх застосування. Стратегія створення таких систем полягає в об'єднанні датчиків,

що реєструють, апаратури збору даних і цифрової обробки сигналів, а також засобів програмного забезпечення в єдину інформаційну систему.

Інформаційна система (ІС) має забезпечувати функціональну гнучкість в частині управління, вибір методу дослідження і розвинений призначений для користувача інтерфейс. Для реалізації таких властивостей розробляється потужна поліекранна графічна підтримка з використанням популярних останнім часом об'єктної метафори і комбінованих методів представлення інформації (текст, графіка, звук, відео).

Цільове призначення що розглядаються ІС пов'язано з реєстрацією, обробкою і аналізом цих фізичних і інженерних вимірів, а також створенням баз експериментальних даних для дослідження методів інформаційного забезпечення вимірювальних завдань.

Сьогодні як базовий елемент інформаційної системи - ІС вибирається промисловий комп'ютер (ПК) з процесором Pentium з шиною стандарту ISA (чи ISA/PCI). До додаткового устаткування інформаційної системи (ІС) слід віднести (мал. 5.1) :

- датчики фізичних параметрів;
- блок підготовки аналогових сигналів (посилення, смугова фільтрація);
- інтерфейсні засоби введення-виведення аналогових сигналів (модулі АЦП і ЦАП);
- модуль цифрового процесора сигналів.

Елементи системи пов'язані між собою на фізичному і (чи) логико-функціональному рівні.

Введення даних в інформаційну систему (ІС) реалізується апаратними засобами підсистеми збору даних, а управляє процесом збору користувач, використовуючи екранні форми інтерфейсу. Таким чином, ІС є інтерактивною системою, оскільки управління, аналіз даних і ухвалення рішень вимагають кваліфікованих дій фахівця.

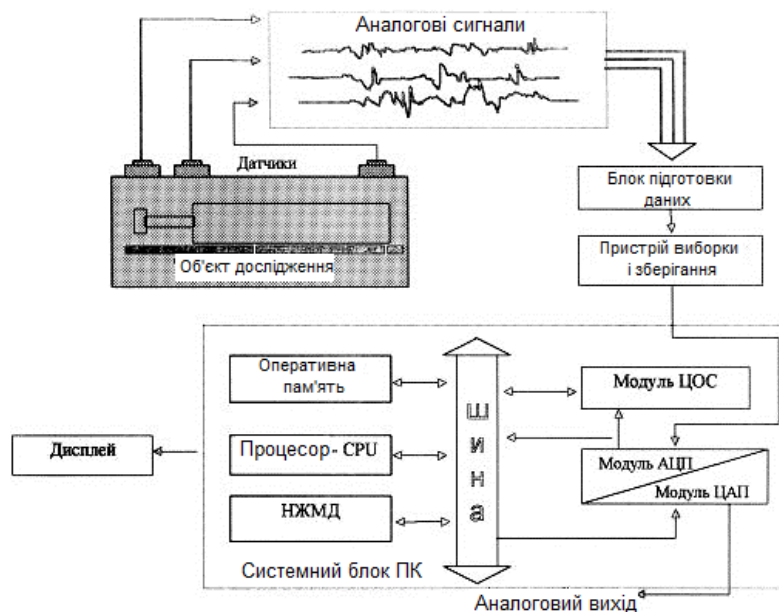


Рис. 5.1. Блок-схема ІС

Завдання вимірювальних систем

Структура ІС, приведена на рис. 5.1, забезпечує виконання наступних основних завдань :

- автоматизоване синхронне введення в промисловий комп'ютер (ПК) сигналів, реєстрованих групою датчиків;
- виведення аналогових сигналів відповідно до аналітичної моделі (наприклад для калібрування);
- обробка записаних на жорсткий диск даних за допомогою методів цифрової обробки сигналів для вивчення стану фізичних об'єктів і дослідження процесів, що протікають;
- графічне представлення реєстрованої інформації і результатів аналізу;
- зберігання експериментальних даних і результатів обробки.

Частотний діапазон сигналів, кількість паралельних інформаційних каналів і динамічний діапазон сигналів на вході визначають технічні вимоги до системи. Технічні вимоги є основними початковими даними при виборі структури вимірювальної системи і розробці алгоритмів введення багатоканальних аналогових сигналів в персональний комп'ютер. Типові вимоги до ІС:

- кількість синхронних входних каналів 16

- частотний діапазон вхідних сигналів 10-30000 Гц
- розрядність АЦП/ЦАП..... 12-16 біт
- час перетворення АЦП..... 2.5-10 мкс
- порт введення - виводу..... 8 біт TTL
- динамічний діапазон по входу 60-80 ДБ

Програмне забезпечення повинне виконувати наступні функції:

- налаштування параметрів і запуск процедури збору даних;
- запис отриманих даних в оперативну пам'ять або на жорсткий диск з відображенням характеру реєстрованих сигналів і тимчасової зміни параметрів на екрані дисплея;
- графічний призначений для користувача інтерфейс із засобами функціональної допомоги;
- реалізація обчислювальних алгоритмів цифрової обробки сигналів з відображенням результатів комбінованими засобами представлення інформації;
- виконання калібрування передавальних характеристик фізико-інформаційних перетворювачів і аналогових ланцюгів;
- підтримка бази експериментальних даних про характеристики об'єктів випробувань (чи досліджуваних явищ).

При розробці програмного забезпечення використовуються наступні принципи: модульність, уніфікація зв'язків, розподіл програм управління, графічної підтримки, обробки і доступу до бази даних.

Основні принципи перетворення сигналів

Сьогодні очевидні переваги обробки інформації з використанням цифрових методів. Проте дані, які ми отримуємо з реального світу, зазвичай представлені в аналоговій формі. Необхідний аналого-цифровий інтерфейс забезпечують системи збору даних або інтерфесні модулі. Вони перетворюють початкові дані від одного або декількох вимірювальних датчиків у вихідний сигнал, придатний для зберігання в комп'ютері і цифрової обробки. Перетворення здійснюється за допомогою таких компонентів, як підсилювачі, фільтри, схеми вибірки і зберігання, мультиплексори і АЦП.

5.4.1. Принципи роботи АЦП

Співвідношення між вхідними і вихідними сигналами. Аналого-цифрове перетворення, є операцією, що встановлює відношення двох величин. Вхідний аналоговий сигнал S перетворюється в дріб X шляхом зіставлення його значення з рівнем опорного сигналу S_0 . Цифровий сигнал на виході АЦП є кодове представлення цього дробу. Якщо вихідний код перетворювача являється n - розрядним, то число дискретних вихідних рівнів дорівнює 2^n . Для взаємно-однозначної відповідності діапазон зміни вхідного сигналу має бути розбитий на таке ж число рівнів. Кожен квант такого розбиття є значенням аналогової величини, на яке відрізняються рівні вхідного сигналу, що представляються двома сусідніми кодовими комбінаціями. Цей квант називають величиною молодшого значущого розряду (МЗР) :

$$\text{МЗР} = \text{ПД} / 2^n$$

де ПД - повний діапазон зміни вхідного аналогового сигналу.

Будь-якому АЦП властива невизначеність (погрішність) квантування, рівна $\pm 1/2$ молодшого значущого розряду (МЗР). Її вплив можна зменшити, збільшуючи число розрядів у вихідному коді АЦП.

Погрішності перетворення. Характеристики реальних АЦП по ряду параметрів можуть відрізнятися від ідеальних. Передавальна характеристика АЦП може бути зрушена відносно ідеальної (погрішність зміщення). Нахил передавальної характеристики може відрізнятися від ідеальної (погрішність посилення). Нелінійні погрішності - інтегральна і диференціальна. Диференціальна нелінійність - це відхилення величини одного з квантів від його ідеального аналогового значення (якщо ця погрішність перевищує молодший значущий розряд (МЗР), то у вихідному сигналі може бути відсутнім один код).

Дозвіл перетворювача. Це найбільш важливий параметр АЦП, визначуваний як мінімальна величина зміни аналогової напруги на вході АЦП, що викликає зміну вихідного коду на один МЗР. Значення цього параметра визначає потенційні можливості АЦП, а не його реальні робочі характеристики і визначається числом розрядів АЦП.

Час перетворення. Після того, як на АЦП поступає команда запуску, вимагається деякий кінцевий час, званий часом перетворення, перш ніж він зможе видати правильні вихідні дані. Зміна

вхідної напруги під час процесу перетворення вносить небажану невизначеність до формованого вихідного сигналу. Ця невизначеність не повинна перевищувати дозвіл АЦП, тобто для швидкості зміни сигналу при використанні n - розрядного АЦП з часом перетворення t_p повинна виконуватися умова

$$(ds/dt)_{\max} \leq (ПД / 2^n t_p). \text{ ПД} - \text{повний діапазон}$$

Ця трудність обходиться шляхом використання пристрою вибірки і зберігання (ПВЗ) - аналогової схеми, яка по команді виконує відлік значення вхідного сигналу і потім зберігає його значення на постійному рівні, поки АЦП виконує перетворення. Затримку між моментом отримання пристроєм вибірки – зберігання (ПВЗ) команди і моментом переходу схеми в режим зберігання називають апертурним часом. Типове значення апертурного часу складає декілька десятків наносекунд. Якщо ми використовуємо пристрою вибірки і зберігання ПВЗ з $t=20$ нс і АЦП з розрядністю 8 біт, то максимальна частота вхідного сигналу складе

$$f_{\max} = 1/(2^8 t \pi) = 62 \text{ кГц.}$$

Вхідні сигнали перетворювача. Більшість монолітних АЦП сконструйовані з розрахунку на роботу з диференціальним або відлічуваним від потенціалу землі однополярним вхідним сигналом. Рівень цього сигналу має бути узгоджений зі встановленим вхідним діапазоном АЦП. Найчастіше використовуються вхідні діапазони 0..10 В і 0..5 В. Якщо фактичний діапазон зміни вхідного сигналу складає тільки частину повного діапазону АЦП, то деякі вихідні кодові комбінації АЦП ніколи не використовуватимуться. При цьому невиправдано звужується динамічний діапазон АЦП, що призводить до сильнішого впливу погіршень. Найкраще рішення - вибір АЦП з найбільш відповідним вхідним діапазоном і попереднє масштабування вхідного сигналу за допомогою операційного підсилювача.

Методи аналого-цифрового перетворення

Більшість схемних реалізацій АЦП заснована або на використанні внутрішнього ЦАП, або на застосуванні деякого способу інтеграції для реалізації функції перетворення. Але існують АЦП, що не відносяться до цих класів, - в них реалізований спосіб паралельного або миттєвого перетворення.

АЦП послідовного наближення. Це найбільш поширені АЦП в системах з середньою і високою швидкістю. У цих АЦП вихідний сигнал ЦАП наростає до рівня вхідного сигналу точно за n тактів (для перетворювача розрядністю n біт), при цьому час перетворення не залежить від рівня вхідного сигналу. Цей метод заснований на апроксимації вхідного сигналу двійковим кодом і наступній перевірці правильності цієї апроксимації для кожного розряду коду, поки не досягається найкраще наближення до величини вхідного сигналу. На кожному етапі цього процесу двійкове представлення поточного наближення зберігається в регістрі послідовного наближення (РПН).

Принципи функціонування інтерфейсу

Існує декілька методів реалізації інтерфейсу АЦП - процесор ПК.

Схема "самих останніх даних". У цьому методі реалізації інтерфейсу АЦП працює безперервно. У кінці кожного циклу перетворення він оновлює дані у вихідному буферному регістрі (зворотного магазинного типу) і потім автоматично починає новий цикл перетворення. Мікропроцесор просто прочитає вміст цього буфера, коли йому потрібні самі останні дані. Цей метод підходить для тих застосувань, де необхідність в оновленні даних виникає лише від випадку до випадку.

Схема "запуску-очікування". Мікропроцесор ініціює виконання перетворення кожного разу, коли йому потрібні нові дані, і потім безперервно тестує стан АЦП, щоб дізнатися, чи закінчилося перетворення. Зафіксувавши кінець перетворення, він прочитає вихідне слово перетворювача. У можливій модифікації цього методу мікропроцесор просто знаходиться в стані очікування протягом інтервалу часу, що перевищує передбачуваний час перетворення, і потім прочитає вихідні дані. Цей метод дещо простіше в реалізації, але при цьому мікропроцесор відволікається від виконання усіх інших програм на час перетворення.

Використання переривання мікропроцесора. Цей метод заснований на можливості використання системи переривань мікропроцесора. Як і в попередній схемі, процесор або таймер запускають перетворювач, але потім мікропроцесор може продовжувати виконання інших завдань. Коли перетворення завершено, АЦП викликає переривання мікропроцесора. Мікропроцесор припиняє виконання поточної програми і зберігає усю необхідну інформацію для наступного відновлення цієї програми. Потім він здійснює пошук і використання ряду команд (обслуговуюча програма - обробник

переривання), призначених для вибірки даних від АЦП. Після того, як обслуговуюча програма виконана, мікропроцесор повертається до виконання початкової програми.

Завдання пошуку обслуговуючої програми іноді вирішується шляхом виконання іншої програми (програми або процедури послідовного опитування - політунгу), яка визначає джерело переривання шляхом послідовної перевірки усіх можливих джерел. Набагато ефективніше підхід, пов'язаний з використанням векторних переривань. Цей підхід заснований на зберіганні адрес окремих обслуговуючих програм в заздалегідь визначеній області пам'яті, званої векторною таблицею. У відповідь на сигнал переривання мікропроцесор тепер звертається до певного елементу пам'яті, в який користувачем занесена адреса відповідної обслуговуючої програми. Реальна ефективність цього методу проявляється в системах з великим числом джерел переривань, як у разі IBM PC. У таких системах, як правило, використовується спеціальний пристрій, званий контролером переривань. Контролер переривань, наприклад Intel 8259A (інші сімейства мікропроцесорів мають еквівалентні пристрої), організовує різні сигнали переривань, що приходять, в пріоритетні черги (вибудовує в порядку їх значущості), посилає сигнал переривання в мікропроцесор і вказує йому на потрібний осередок у векторній таблиці.

Програмне забезпечення інтерфейсу

Передача даних між АЦП і мікропроцесором на програмному рівні може бути організована трьома способами.

Передача через простір основної пам'яті. При розподілі пам'яті АЦП привласнюється деяка адреса в просторі основної пам'яті, не використовуваний для фактичного зберігання даних і програм. Передача даних між АЦП і мікропроцесором здійснюється шляхом звернення до АЦП просто як до елементу пам'яті з цією адресою. Проте окрім зменшення корисного простору пам'яті такий підхід може привести до ускладнення управління пам'яттю і, як правило, вимагає використання додаткових апаратних коштів дешифрування адреси, оскільки при мінімумі цих засобів занадто марнотратно використовується пам'ять.

Передача через простір підсистеми введення - виводу (ВВ). У деяких системах створюється окремий набір адрес для підсистеми ВВ (простір ВВ), які можуть співпадати по чисельних значеннях з адресами елементів основної пам'яті, але відрізняються від них за допомогою використання спеціальних сигналів (IOR і IOW), що управляють, видаються на системну шину PC. Відділення простору пам'яті від простору ВВ покращує характеристики системи. Як правило, це дозволяє досить просто здійснювати дешифрування адреси з використанням мінімальної кількості апаратних засобів, оскільки "приноситься в жертву" простір ВВ, а не дуже цінний простір основної пам'яті.

Прямий доступ до пам'яті (ПДП). Якщо виникає необхідність тільки в простій передачі даних між пам'яттю і яким-небудь периферійним пристроєм, включення в інтерфейс регістра-акумулятора мікропроцесора не виправдано зменшує швидкість передачі даних. Використовуючи додаткові апаратні кошти, зазвичай у вигляді спеціального пристрою, званого контролером прямого доступу до пам'яті - ПДП, можна здійснювати безпосередню передачу даних з набагато більшою швидкістю. Більшість мікропроцесорів допускають реалізацію ПДП шляхом передачі управління системною шиною на певний проміжок часу контролеру прямого доступу до пам'яті - ПДП. Контролер прямого доступу до пам'яті (ПДП) протягом цього проміжку часу управляє роботою шини (захоплює шину) і забезпечує передачу даних шляхом генерації відповідних адрес і сигналів, що управляють. Потім управління системною шиною передається назад мікропроцесору. Для передачі усіх даних може потрібно декілька таких ПДП - циклів. ПДП виключно ефективний в тих застосуваннях, де треба забезпечити високу швидкість передачі даних або треба передавати великі об'єми даних, наприклад, в інтерфейсах накопичувачів на дисках. Застосування цього методу в системах збору даних в принципі можливо, але характерно тільки для систем з високими робочими параметрами. На системній платі PC є восьмиканальний контролер прямого доступу до пам'яті - ПДП, який виконує деякі системні функції, включаючи регенерацію пам'яті і обмін інформацією з диском.

Апаратні засоби інтерфейсу

Характер використання апаратних засобів в сильній мірі залежить від того, в якій формі представляються дані - в послідовній або в паралельній.

Паралельна форма представлення даних. Апаратні засоби паралельного інтерфейсу майже завжди включають буфер з трьома станами (три стабільний буфер), через який АЦП підключається до шини даних мікропроцесора. Дешифрована адреса і управляє сигнал (строб) читання, що виробляється

мікропроцесором, використовуються для відмикання цього буфера і передачі даних від АЦП до мікропроцесора. Та ж сама адреса і управляє сигнал запису, що виробляється мікропроцесором, використовуються для запуску перетворювача. Взагалі кажучи, наявність окремих сигналів читання і запису, що управляють, необов'язково, але такий підхід дозволяє використовувати одну і ту ж адресу при передачі команд до АЦП і прочитуванні даних з виходу АЦП.

У більшості АЦП нового покоління три стабільні буфери разом зі своїми схемами, що управляють, знаходяться на самому кристалі. Такі АЦП можна безпосередньо підключати до шини даних мікропроцесора. Для сполучення цих пристроїв з процесором користувач повинен тільки забезпечити дешифровану адресу і іноді ввести декілька логічних елементів для узгодження сигналів, що управляють.

Послідовна форма представлення даних. Послідовна форма представлення даних природна для систем, в яких використовується послідовна передача даних на великі відстані до станцій контролю (диспетчерським станціям). За економічними показниками виключно ефективним засобом реалізації такої передачі даних є асинхронна послідовна передача з використанням спеціалізованих або телефонних ліній з модемами на кожному кінці лінії.

Апаратні засоби інтерфейсу з боку мікропроцесора, контролю, що зазвичай знаходиться на станції, найчастіше представлені у вигляді спеціального пристрою, званого універсальним асинхронним прийомопередавач (УАПП). УАПП приймає і передає дані в послідовній формі, але обмінюється цими даними з мікропроцесором через паралельний інтерфейс. Для кожного мікропроцесора є щонайменше один сумісний з ним універсальний асинхронний прийомопередавач - УАПП. Інтерфейс на тому кінці лінії передачі, де знаходиться АЦП, в сильній мірі залежить від вибору АЦП, і його краще всього розглядати окремо у кожному конкретному випадку. До того ж спостерігається тенденція до розміщення більшості схем, що забезпечують інтерфейс, на самому кристалі АЦП.

Може здатися, що сполучення 10 - або 12-розрядного АЦП з 8-розрядною шиною даних - важке завдання. Вона досить просто вирішується шляхом передачі даних порціями по 8 біт (1 байт) одна за одною. Цей спосіб придатний як для паралельного, так і для послідовного інтерфейсів.

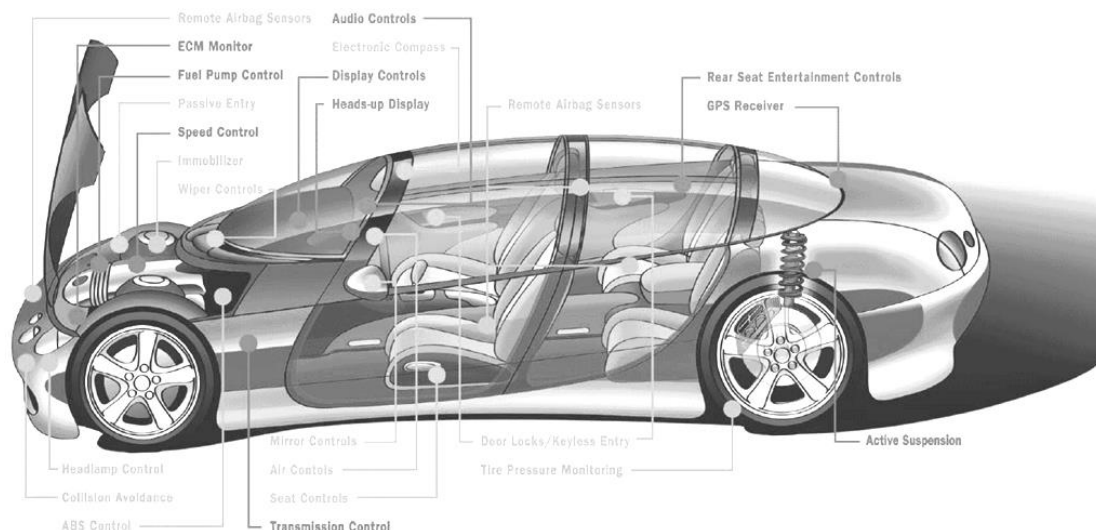
Мікропроцесорні контролери і мікроконтролери. Класифікація мікроконтролерів та мікропроцесорів

Історія розвитку мікропроцесорних засобів. Поява перших мікро-процесорів в 1971 році зробила революцію в області цифрової електроніки і обчислювальних машин. Мікропроцесор розроблявся як елемент, що здатний замінити велику кількість мікросхем процесорної плати ЕОМ. В результаті, в одному корпусі були скомпоновані лічильники, регістри, логічні блоки та інші елементи. Для отримання готового комп'ютера, до мікропроцесора необхідно було додати пристрої вводу/виводу, пам'ять і деякі периферійні елементи. При цьому майже відразу виникло питання, яким чином можна вказані обчислювальні компоненти розмістити на кристалі мікропроцесора? Через деякий час такий елемент був створений і отримав назву «мікроконтролер». Мікроконтролер – мікропроцесорна система, що містить на одному кристалі процесорне ядро, довготривалу і оперативну пам'ять, пристрої вводу/виводу і призначена для побудови систем управління, датчиків та компактних пристроїв обробки інформації.

На відміну від мікропроцесора, мікроконтролер має меншу універсальність. Також, пам'ять мікроконтролерів в багатьох випадках не перевищує 512 Кб, що унеможливорює їх роботу з сучасними операційними системами. Тим не менше, ці мікропроцесорні пристрої одержали значне поширення. Якщо взяти інформацію щодо поширення, то вони складають 90% усіх випущених мікропроцесорних систем. Мікроконтролери сьогодні використовуються в усій побутовій техніці, промислових установках і верстатах, датчиках, регуляторах та інших застосуваннях, де не потрібна велика обчислювальна потужність. Наприклад, у кожному сучасному автомобілі є кілька мікроконтролерів, керуючих двигуном, підвіскою, кондиціонером, акустичною системою, панеллю приладів, та ін. [16, 40].

Величезна популярність мікроконтролерів пов'язана, насамперед, з закінченістю цього пристрою і простотою розробки готових конструкцій. Контролери використовуються не тільки у великих системах, але і у малогабаритних пристроях. Дані пристрої повинні відповідати умовам мініатюризації та мати можливість інтеграції в більш складні пристрої, володіти широкими експлуатаційними властивостями. Для прикладу, можна навести перелік мікроконтролерних засобів керування та контролю сучасного автомобіля (рис. 4.1)

Рис.4.1. Розміщення мікроконтролерів у сучасному автомобілі



Для використання мікроконтролеру достатньо забезпечити підключення до нього необхідних датчики, виконавчих елементів і написати програму роботи. Розробка керуючих програм здійснюється на персональних комп'ютерах, при цьому більшість виробників пропонує безкоштовні засоби програмування і налагодження проектів. В якості мов програмування мікроконтролерів, сьогодні використовуються Асемблер, С, С++, Pascal, Basic. У підсумку, створення програм практично нічим не відрізняється від створення програм для звичайних ПК. Другою перевагою використання МК є досить низька вартість мікросхем. Ціни на МК рідко перевищують декілька тисяч гривень, а для багатьох моделей складають сотні гривень.

Основні визначення. Класифікація мікропроцесорних контролерів (МПК)

Мікропроцесор (МП) – функціонально закінчений процесор електронно- обчислювальної машини, реалізований у вигляді однієї або декількох ІС і призначений для обробки цифрової інформації за заданими програмами.

Мікропроцесорний контролер (МПК) – функціонально закінчена мікро- ЕОМ, призначена для цілей контролю і управління.

МПК може реалізовуватися на наступній елементній базі:

- однокристальних мікропроцесорах (ОМП);
- секційних (багатокристальні) МП;
- однокристальних мікроконтролерах;
- складних матричних програмованих логічних схемах (ПЛИС, PLD, CPLD та ін.) [24, 28, 40].

Однокристальні мікроконтролери – функціонально закінчений МПК, реалізований у вигляді однієї НВІС (над-ВІС). однокристальні мікроконтролери містить у своєму складі: процесор, ОЗУ, ПЗУ, таймери, порти введення/виведення, що дозволяють підключення периферійних компонентів. однокристальні мікроконтролери може включати модулі розширення, що забезпечують можливість введення аналогових сигналів та можливість підключення за допомогою одного чи декількох приладових інтерфейсів. Найпростіший однокристальні мікроконтролери являє собою ВІС (велику інтегральну схему) площею не більше 1 см² із вісьмома виводами.

Класифікація однокристальних мікроконтролерів

За сучасною класифікацією однокристальні мікроконтролери виділяють:

1) Однокристальні мікроконтролери, що забезпечують елементарні функції керування в мікроконтролерних системах. Такі однокристальні мікроконтролери класифікують як інтерфейсні (периферійні) мікроконтролерні засоби. Вони мають малу продуктивність і габаритні розміри. Зокрема, можуть використовуватися периферійними пристроями ЕОМ (клавіатура, миша тощо).

2) Другу групу складають універсальні однокристальні мікроконтролери що застосовуються у вбудованих системах. Зазвичай, вони мають 8-10 розрядну архітектуру та є складовими компонентами портативних засобів керування. Вони можуть застосовуватися у лініях зв'язку та системах керування, що забезпечують роботу зовнішніх пристроїв. Такі однокристальні мікроконтролери не здатні забезпечувати складні процеси управління, містять обмеження по набору команд і швидкодії їх виконання. В той же час, вони є закінченими обчислювальними компонентами із низькою ціною та матеріалоємністю, та застосовуються для вирішення широкого кола інформаційних завдань.

Типовий однокристальні мікроконтролери включає перелік компонентів:

- генератор тактових імпульсів;
 - процесор та схему його запуску/вимкнення;
 - програмний інтерфейс;
 - пам'ять даних та пам'ять програм (EEP)ROM;
 - засоби вводу-виводу даних;
 - таймери, що фіксують число командних циклів.
- Структурну схема однокристального мікроконтролеру наведено на рис 4.2.

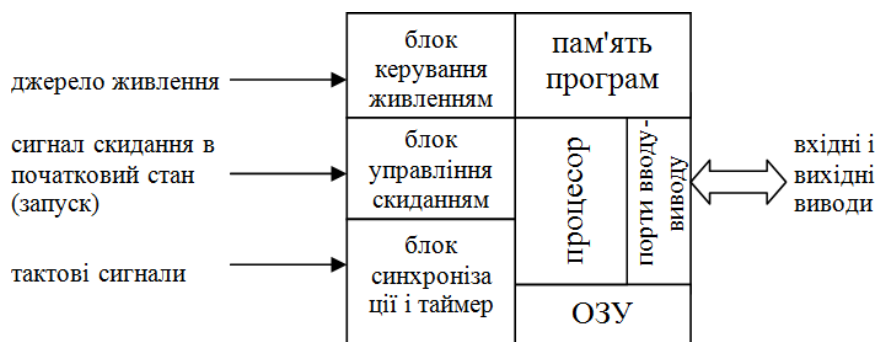


Рис.4.2. Склад та структура однокристальних мікроконтролерів малої та середньої розрядності

Спеціалізовані однокристальні мікроконтролери мають значно розширений функціонал, що може включати:

- наявність індикаторної рідкокристалічної панелі (РК) для контролю процесу виконання алгоритму та його відладки;
- можливість внутрішньосистемного програмування, без вилучення із схеми включення керуючого пристрою, до складу якого він входить;
- можливість введення/виведення аналогових сигналів, що є вагомим фактором для роботи АЦП та ЦАП у складі більшості вимірювального обладнання;
- розширений перелік портів введення/виведення (синхронного та асинхронного типу);
- можливість роботи із зовнішньою пам'яттю у мікропроцесорному режимі;
- стандартні комутаційні порти послідовного та паралельного типу, що дозволяють пряме підключення до інших мікропроцесорних засобів та EOM (RS-232, RS-485, I2C шина) [4, 40].

Розглянуті розширені властивості однокристальні мікроконтролери забезпечують широке коло інформаційних завдань, дозволяють проектувати гнучкі системи на базі мікроконтролерів, спрощують процеси комплектування та застосування у складі інформаційних систем більш високого порядку.

- Типові значення максимальної частоти тактових сигналів для різних вбудованих Однокристальні мікроконтролери знаходяться у межах 10...20 МГц. Одним із факторів, що впливає на швидкодію обробки інформації однокристальними мікроконтролерами, є швидкість обміну інформацією між процесорним ядром та вбудованою пам'яттю однокристальні мікроконтролери та її місткість.
- Універсальний 16-розрядний однокристальні мікроконтролери. Призначений для керування у системах що виконують операції середньої продуктивності у режимі реального часу. Такі мікроконтролери мають складну структуру, розширений перелік інтерфейсів та портів введення/виведення, та дозволяють системам керування оперативно реагувати на зовнішні події. Широке використання вони мають в системах керування електродвигунами промислових роботів (мехатронні системи).
- Спеціалізовані 32-розрядні однокристальні мікроконтролери реалізують високопродуктивну ARM архітектуру і призначені для систем телефонії, передачі інформації, телебачення та інших сфер, дозволяють високошвидкісну обробку інформації. Однокристальні мікроконтролери у 16...32 розрядному виконанні часто забезпечуються зовнішньою пам'яттю (ЗП). Вона включає власну пам'ять програм (ROM) та розширену пам'ять даних (RAM) для обробки масивів даних заданої розмірності.

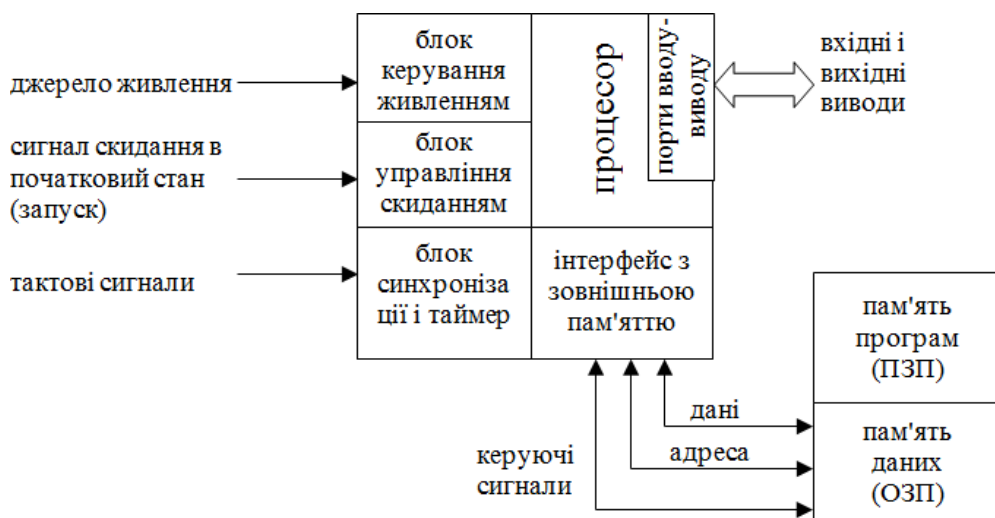


Рис.4.3. Схема будови 16...32-розрядних однокристальних мікроконтролерів

- Мікроконтролери із зовнішньою пам'яттю призначені для інших застосувань, ніж однокристальні мікроконтролери, що вбудовуються. Ці застосування зазвичай вимагають великого об'єму власної пам'яті програм (ROM) та пам'яті даних (RAM) при незначній кількості портів введення/виведення та приладових інтерфейсів.
- Мікроконтролери із ЗП широко використовуються у засобах обробки та зберігання масивів даних великої розмірності. Типовою реалізацією такого схемного рішення є мікроконтролери керування роботою жорстких дисків (HDD) електронних обчислювальних машин.
- Цифрові сигнальні процесори (DSP) – відносно нова категорія процесорів. Призначення DSP полягає в тому, щоб отримувати поточні дані від аналогової системи і формувати відповідний відгук. DSP містять у своєму складі ALU (Arithmetic Logic Unit - арифметико-логічний пристрій), який є апаратним компонентом для обробки інформації. Такі мікропроцесорні контролери мають виключно високі тактові частоти та швидкість арифметико-логічних операцій. Сфери застосування цифрових сигнальних процесорів (DSP) – засоби обробки аудіо- та відеоінформації, аналіз радіо- та телевізійних сигналів в режимі реального часу, створення спеціальних ефектів у студіях звукозапису, тощо. DSP як компоненти зазвичай застосовуються лише у складі систем заданого функціонального призначення, та не є засобами що використовуються для автономної роботи [28, 32, 40].
- Розробка DSP алгоритмів – це спеціальний розділ теорії управління. Виклад цієї теорії вимагає використання вельми складної математики. У різноманітних DSP можна знайти особливості, властиві як мікроконтролерам, що вбудовуються, так і мікроконтролерам із зовнішньою пам'яттю. Основними відмінностями DSP є підвищена розрядність оброблюваних слів (16, 32, 64 біта) та значна швидкодія.

Основні архітектури сучасних однокристальних мікроконтролерів

Розглянемо більш детально архітектурні рішення що знайшли застосування у сучасних однокристальних мікроконтролерах. У даний час, на світовому ринку поширені однокристальні мікроконтролери трьох основних архітектурних виконань:

- класичної архітектури із розширеним набором команд (Complex Instruction Set Commands) – так звані CISC контролери;
 - RISC мікроконтролери (Reduce Instruction Set Commands), що призначені для вбудованих рішень та мають скорочений набір команд;
 - мікроконтролери архітектури ARM (Advanced RISC-machine) класичної RISC архітектури, що володіють розширеним функціоналом та особливостями які забезпечують підвищену швидкодію.
- Мікроконтролери, що відносяться до CISC-архітектури мають широкі можливості адрсації команд та їх великий набір. Такі властивості дають змогу проводити вибір команд для реалізації відповідних функцій керування та обробки інформації на етапі розробки системи, що містить однокристальні мікроконтролери. Така архітектура спрощує написання, тестування та відладку алгоритмів що забезпечують роботу мікроконтролеру, але потребує наявності в однокристальні мікроконтролери пам'яті програм (EEP)ROM необхідного об'єму.
- Мікроконтролери RISC-архітектури мають мінімально можливий набір команд. Тому, при розробці алгоритмів керування для таких однокристальні мікроконтролери, виникає необхідність оптимізування і комбінування команд та способів їх адрсації. В той же час, мікроконтролери RISC-архітектури дозволяють забезпечити максимальну продуктивність при обмеженні апаратних можливостей однокристальні мікроконтролери. Такі контролери мають збільшену розрядність (12..16 біт) та значну кількість (тисячі) загальних регістрів, і можуть повністю виконувати окремі команди на протязі декількох тактів або машинних циклів. Скорочення команд та оптимізація алгоритму керування по коду дає можливість значно скоротити кількість машинних циклів, необхідних для арифметично-логічних операцій [28, 32].

Аналогово-цифрові перетворювачі.

Способи вводу аналогового сигналу в мікроконтролер

Застосування сучасних мікроконтролерів поширюються практично у всі сфери виробництва та побуту людини. Вони є універсальним засобом керування будь-яким електронним виробом.

Важливими завданнями, які можна вирішувати із застосуванням мікроконтролерних засобів, при застосуванні у складі інформаційно-вимірювальних систем (ІВС), є можливість введення/виведення аналогової інформації що містить вимірювальні та керуючі сигнали.

Типовою схемою вимірювального каналу ІВС є послідовне розміщення аналогового первинного вимірювального перетворювача (ПВП), попереднього підсилювача (ПП) та дискретних мікроконтролерних елементів (АЦП) що призначені для переведення аналогового сигналу вимірювальної інформації в код певної розмірності (в залежності від розрядності АЦП). В подальшому, такий «оцифрований» сигнал вимірювальної інформації може зберігатися, оброблятися та відображатися за допомогою вбудованих арифметично-логічних пристроїв ІВС та засобами сторонньої електронної обчислювальної машини.

В загальному випадку, у мікроконтролер можна вводити аналогові сигнали 3 різними способами.

Один із варіантів – застосування первинного перетворювача (потенціометра), який визначає зміну потенціалів що відповідають різним рівням аналогового сигналу.

Інший спосіб - включення аналогового компаратора, який визначає, чи знаходиться значення напруги, що надходить до аналогового входу мікроконтролеру, вище або нижче заданого рівня (опорної напруги).

- Третій спосіб – застосування однокристальних мікроконтролерів із вбудованим АЦП, який забезпечує вимірювання значення напруги, що надходить на вхід. Кожен з цих способів має певні переваги для різних областей застосування [14].
- При використанні потенціометру у якості формувача вхідного аналогового сигналу, значення його опору відображаються у код через порти введення/виведення. Реалізація такої схеми наведено на рис 4.4. Вона має RC-контур що напряму під'єднується до одного із портів однокристального мікроконтролеру.

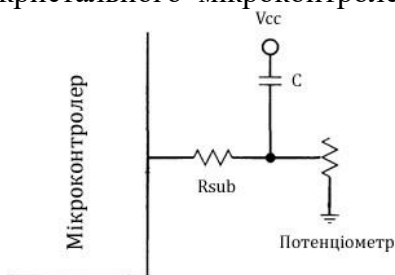
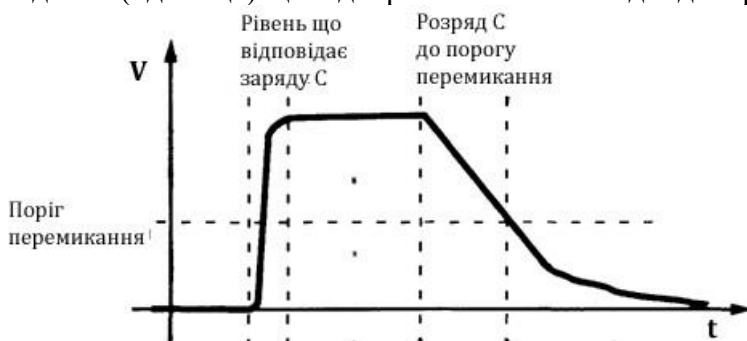


Рис. 4.4. Використання цифрового входу для визначення опору потенціометра

- Для визначення опору потенціометру рахуються проміжок часу, що відповідає рівню заряду конденсатору RC-контур вище порогу перемикавання. Кількісно, значення опору визначає кількість відліків (одиниць) що відображаються на вході однокристального мікроконтролеру (рис.4.5)



- Рис. 4.5. Зміна вхідного потенціалу при зміні опору потенціометра
- Щоб виконати вимір, необхідно сформувати на виводі паралельного порту високий рівень сигналу (логічна 1), шляхом його переведення у режим виходу. При розрядженні конденсатору RC-контур до мінімального порогового значення закривається вихідний драйвер мікроконтролеру. Після чого, конденсатор знову починає цикл заряджання через схему потенціометру. Розрядження конденсатору відбувається через опір R_{sub} (рис. 4.5). Це дозволяє уникнути короткого замикання при розряді.
- Зазвичай, для вимірювання часу використовується таймер. Процес формування сигналу

завершується при падінні напруги на виводі однокристальні мікроконтролери нижче порогу перемикавання. При підключенні осцилографу до входу однокристальні мікроконтролери буде відображено сигнал показаний на рис. 4.5.

- Для розрахунку кількісних значень опору і ємності конденсатору RC- контуру можна застосувати співвідношення $t = 2,2RC$ (де t – час заряду конденсатору). Опір R_{sub} , зазвичай, вибирається в діапазоні від 100 Ом до 200 Ом. На практиці ця схема використовується у рішеннях із відносно низькою точністю вимірів, але володіє простотою виконання та низькою собівартістю. До засобів що використовують таке схемне рішення можна віднести широке коло маніпуляторів, джойстиків та ін., що є периферійними пристроями IBM сумісних комп'ютерів. У таких пристроях у код відображаються зміни опору потенціометру що відповідає зміні положення рухомих елементів пристрою.
- Застосування компаратору при поданні аналогових сигналів на вхід однокристальні мікроконтролери дозволяє застосовувати аналогово-цифрове перетворення. Функціонально компаратор являє собою пристрій зрівняння напруг, одна із яких є опорною (V_{ref}). У випадку, коли вхідна напруга є вищою за опорну, значення V_{ref} задається на виході рівним логічній 1 (рис. 4.6).

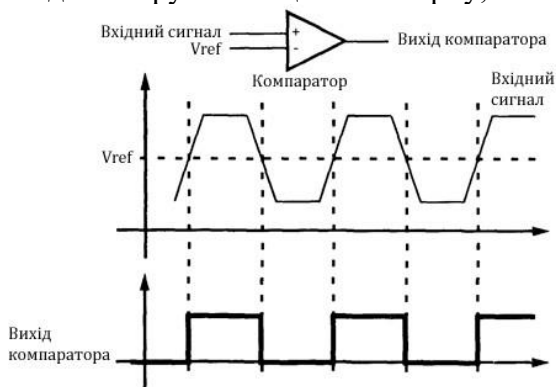


Рис. 4.6. Сигнали на вході і виході компаратора

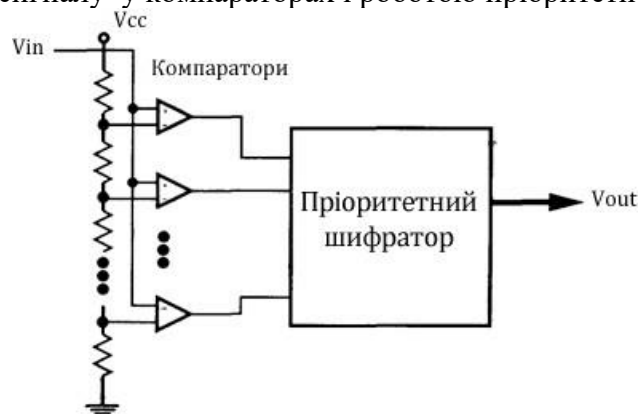
- Компаратор використовується у пристроях що формують сигнали які можна привести до значення опорної напруги, наприклад реалізувавши схему диференційного зрівняння вихідного та опорного сигналів. Наприклад, у вимірювачах рівня рідин, сипучих речовин та при контролі габаритних розмірів об'єктів. Це дозволяє визначати рівень сигналу що відповідає вимірюваній величині.
- Існують мікроконтролери із вбудованим компаратором (набором компараторів), для яких рівень вихідної напруги визначається роботою аналогового мультиплексора та резистивним дільником (рис. 4.7).



Рис. 4.7. Отримання опорних напруг за допомогою резистивного дільника

- Така схема забезпечує отримання деякого набору опорних напруг. Використовується простий алгоритм перебору вибраних напруг V_{ref} що забезпечує включення компаратору. Вхідна напруга, при якій відбувається спрацювання компаратору, визначається як опорна.

- Дана схема дає наближене значення вхідної напруги, так як зазвичай напруга V_{ref} визначається із певним кроком. Якщо прийняти діапазон напруг рівним 5 В для схеми що має 8 опорних рівнів V_{ref} , в такому випадку крок складе близько 700 мВ ($5/7 \approx 714$ мВ).
- Існує спосіб забезпечення аналогово-цифрових перетворень паралельним включенням компараторів (рис. 4.8). Така схема включення володіє значною швидкістю, та кількісно визначається затримками сигналу у компараторах і роботою пріоритетного дешифратора.



- Рис. 4.8. Структура АЦП із паралельним включенням компараторів
-
- Схема аналогово-цифрового перетворення із паралельним включенням компараторів є складною у проектуванні та потребує значну кількість окремих компараторів для.
- **АЦП порівняння із пилоподібним сигналом. АЦП із врівноваженням напруги**
- Для забезпечення високої точності аналогово-цифрового перетворення застосовується інтегруюча схема АЦП, що зображена на рис. 4.9. Для цього використовується генератор пилоподібних імпульсів (аналогове джерело напруги) та компаратор. Напруга, що задається генератором може лінійно змінюватися у діапазоні від 0 В до максимальних значень, що відповідають напрузі живлення схеми (V_{cc}).

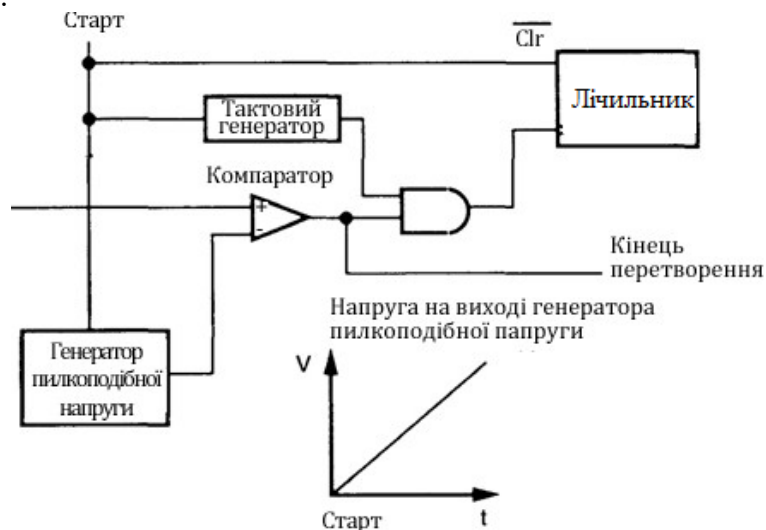
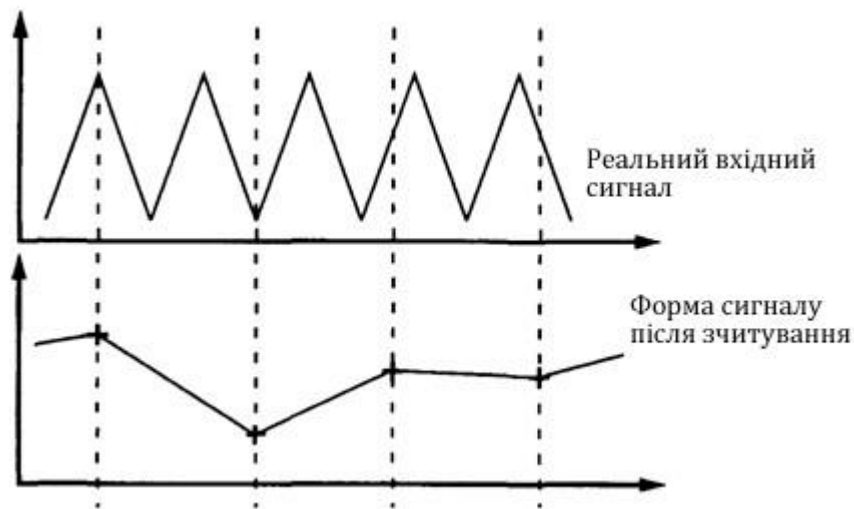


Рис 4.9. Інтегруючий аналогово-цифровий перетворювач

- При реалізації аналогово-цифрового перетворення, на першому кроці реалізовується скидання таймеру МК, при цьому напруга на виході генератора складає 0 В. Далі відбувається синхронний запуск таймеру однокристальні мікроконтролери та генератору пилоподібної напруги. При перевищенні напруги деякого порогового значення V_{in} спрацьовує команда $ADCstop$, внаслідок зупинки таймера. Напруга V_{in} стає еквівалентною значенню записаному у таймері. Таким чином, забезпечується переривання МК, що відповідає закінченню процесу аналогово-цифрового перетворення.
- Реалізація аналогово-цифрового перетворення із використанням інтегруючої схеми забезпечує гарну точність перетворення, внаслідок пропорційності напруг на вході відлікам таймеру МК. Хоча даний метод має деякими недоліками.

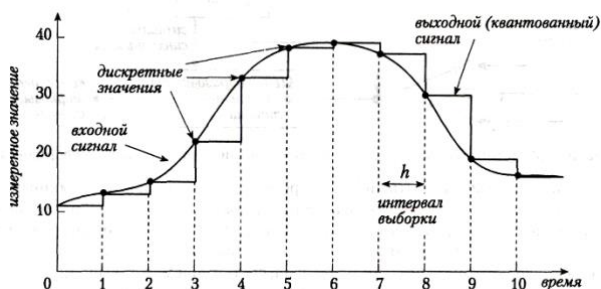
- Один із них – значний час перетворення, що залежить від ширини діапазону напруг $V_0 \dots V_{cc}$. Із збільшенням напруги живлення – відповідно збільшується час необхідний для реалізації одиничного АЦП перетворення. Для усунення даної залежності МК можуть використовувати набір генераторів пилоподібної напруги для різних діапазонів перетворень, або включати генератор що має динамічний діапазон та швидкість наростання імпульсів для вибраних значень V_{in} .
- Вагомим фактором при застосуванні інтегруючих схем АЦП є врахування змін рівнів V_{in} у процесі перетворення. Дана проблема вирішується включенням у схему зрівноважуючого конденсатора, що заряджається до значень V_{in} . Напруга на виході конденсатору (V_C) зрівнюється із напругою генератору пилоподібних сигналів.
- Необхідно також правильно задавати час одиничного перетворення і, відповідно, частоту вибірки сигналу. Це пов'язано із характером сигналів та їх формою. У випадку неправильного вибору цих факторів форма сигналу після перетворення суттєво спотворюється (рис. 4.10).



• Рис. 4.10. Невірна вибірка сигналу

• Дискретизація сигналів

- Комп'ютер не може безперервно зчитувати аналогові сигнали, а вибирає їх лише в деякі моменти часу. Тому комп'ютер приймає сигнал як послідовності дискретних значень. Дискретизація - вибірка, оцифрування, квантування - являє собою зчитування сигналу тільки в певні моменти часу; цей процес реалізується у комп'ютері спеціальною схемою. Дискретизація включає мультиплексування і АЦ-перетворення. Ці операції повинні бути суворо синхронізовані за допомогою таймера.
- Сама собою дискретизація відбувається дуже швидко. Однак під час АЦ-перетворення не повинно бути будь-яких змін у вхідному сигналі, які могли б вплинути на цифровий вихід. Це забезпечується операцією вибірки та зберігання у кожному циклі дискретизації — значення аналогового сигналу зчитується на початку кожного інтервалу і залишається постійним протягом усього часу АЦ-перетворення. Ця операція називається затримкою нульового порядку (рис. 5.3).



• Рис. 5.3.

-
- Якщо великої

- Дискретний сигнал відстає приблизно половину інтервалу дискретизації h щодо безперервного сигналу.

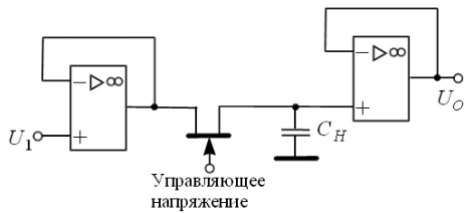
Дискретизація аналогового сигналу із затримкою нульового порядку

процедура дискретизації є частиною системи управління, ця затримка може викликати фазове відставання та

привести до скорочення діапазону стійкості цифрового регулятора порівняно з відповідним аналоговим пристроєм.

• Схема вибірки та зберігання

- Для запам'ятовування аналогових сигналів, що змінюються, на час перетворення, комутації та інших операцій у системах збору інформації використовують схеми вибірки та зберігання (рис. 5.4). У схемі як аналоговий ключ використовується польовий транзистор з рп-переходом. Наприкінці короткого часового інтервалу вибірки аналоговий ключ закривається. Це дозволяє електрично ізолювати конденсатор від вхідного сигналу і напруга на , а отже, і вихідна напруга залишаються по суті рівними вхідної напруги, яка була на конденсаторі в кінці інтервалу вибірки. Тим не менш, буде спостерігатися деякий спад напруги на конденсаторі протягом інтервалу зберігання внаслідок різних струмів витоку, включаючи струм витоку польового транзистора, вхідний струм ОУ і внутрішній струм витоку самого конденсатора.
- До найважливіших характеристик пристрою вибірки та зберігання відносяться: час вибірки - час від моменту подачі сигналу на вибірку до встановлення вихідного сигналу; апертурний час – інтервал часу між моментом подачі сигналу зберігання та моментом розмикання ключа; швидкість руйнування інформації – зміна вихідної напруги внаслідок розряду ємності, що запам'ятовує;



наскрізна передача – частина вхідного сигналу, яка внаслідок кінцевого опору розімкнутого ключа передається вхід.

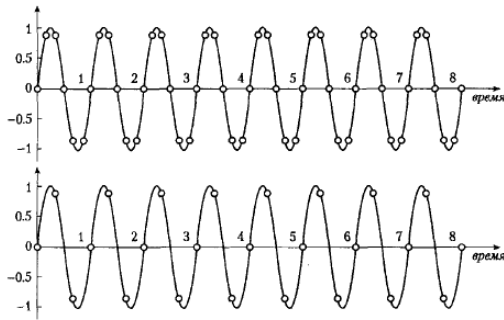
-
-
-

Рис. 5.4, Схема пристрою вибірки та зберігання

- В інтегральному виконанні всі елементи вибірки та зберігання розташовуються на одній підкладці, за винятком конденсатора, який, як правило, є зовнішнім компонентом.
- 5.1.4. Визначення інтервалу дискретизації
- Дуже важливо правильно визначити інтервал дискретизації аналогового сигналу; у випадку це є нетривіальну завдання. Інтервал дискретизації h повинен бути досить коротким, щоб вихідний сигнал із прийнятною точністю описував зміни аналогового входу. Теоретично частота дискретизації повинна більш ніж удвічі перевищувати частоту найвищої складової перетворюваного сигналу (частотні компоненти визначаються за допомогою Фур'є-аналізу вихідного сигналу). Якщо інтервал дискретизації дуже великий, т. з. частота вибірки занадто мала, то комп'ютер отримає неправильну картину вихідного сигналу. У той же час занадто малий інтервал, тобто висока частота вибірки, призводить до того, що керуючий комп'ютер виконує невиправдано багато обчислень. Крім того, чим більша швидкодія — тим дорожчий пристрій.
- Оскільки після вибірки про вихідний сигнал нічого не відомо до наступної вибірки, період дискретизації повинен бути настільки коротким, щоб вихідний сигнал не встиг значно змінитись. Іншими словами, частота вибірки має бути достатньою для подальшого відновлення аналогового сигналу з дискретного. Нижня межа частоти, вочевидь, пов'язані з динамікою процесу, т. з. наскільки швидко вимірювальний сигнал, отже, і початкова фізична величина змінюються у часі. Ключовим завданням дискретизації є збір достатньої інформації для подальшої обробки сигналу, наприклад для генерації необхідних вихідних сигналів у системі управління зі зворотним зв'язком.
- Вибір інтервалу дискретизації показано нижче на прикладах. Для простоти обговорення обмежене синусоїдальними сигналами. Однак оскільки кожен сигнал можна розкласти на сукупність гармонік, наприклад, за допомогою перетворення Фур'є, то подальший виклад справедливий для будь-яких аналогових сигналів.
- Приклад 5.1
- Дискретизація синусоїдального сигналу
- Розглянемо аналоговий синусоїдальний сигнал із частотою f . Цей сигнал дискретизується із частотою f_s . Якщо вибірка робиться шість разів за період вихідного сигналу, то гладка крива, проведена через ці точки, близька до оригіналу і частота f_0 , що спостерігається, не відрізняється від вихідної частоти f (рис. 5.5). Якщо робити вибірки лише тричі за період, то результуюча крива є менш надійне уявлення вихідного сигналу, хоча спостерігається частота f_0 все ще дорівнює частоті f .

- Якщо вихідний сигнал дискретизується лише $5/4$ разів за період (тобто 5 вибірок за 4 періоди), то відповідна гладка крива також синусоїдальна (рис. 5.6), але частота f_0 , що спостерігається, дорівнює $f/4$, тобто. набагато менше істинної частоти f . Спостережувана помилкова частота є різницю між частотою вибірки $5/4$ і істинною частотою f . Ця помилкова, або здається, частота називається псевдо частотою.

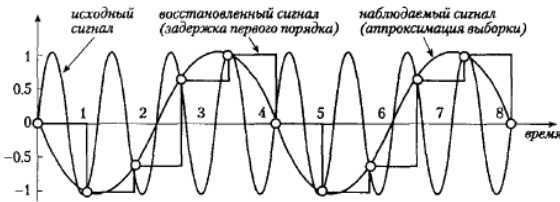
- Відзначимо наступний ефект: якщо частота вибірки занадто мала щодо частотних складових вихідного сигналу, то у відновленому сигналі з'являється помилкова частота (псевдо частота), як показано в прикладі 5.1 а. Частота, що спостерігається f_0 (псевдо частота) є різниця між частотою, вибірки і істинною частотою f



- $f_0 = f_s - f$
- Частота відновленого сигналу (спостерігається частота) буде тією самою, що й вихідна, доки частота вибірки досить висока, т. е. $f_s > 2f$.

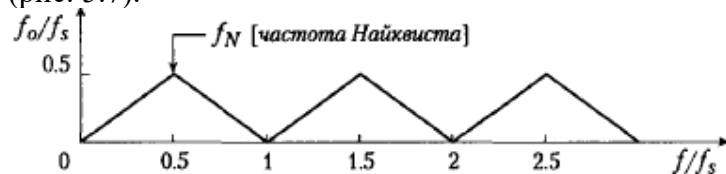
Рис. 5.5. Якщо синусоїдальний сигнал

дискретизується шість або три рази за період, частота, що спостерігається, дорівнює істинною



- Рис. 5.6. Якщо синусоїдальний сигнал дискретизується п'ять разів за чотири періоди, то спостерігається (апроксимуюча) синусоїда матиме набагато нижчу частоту, ніж вихідна.

- Якщо вибірка відбувається один раз за період (або за N періодів), то очевидно, що вихідний сигнал вибирається завжди в одній і тій же фазі і для періодичного сигналу буде отримано те саме значення; іншими словами, частота, що спостерігається, стає нульовою.
- Залежність між спостережуваною (відновленою) та істинною частотами має пилкоподібний вигляд (рис. 5.7).

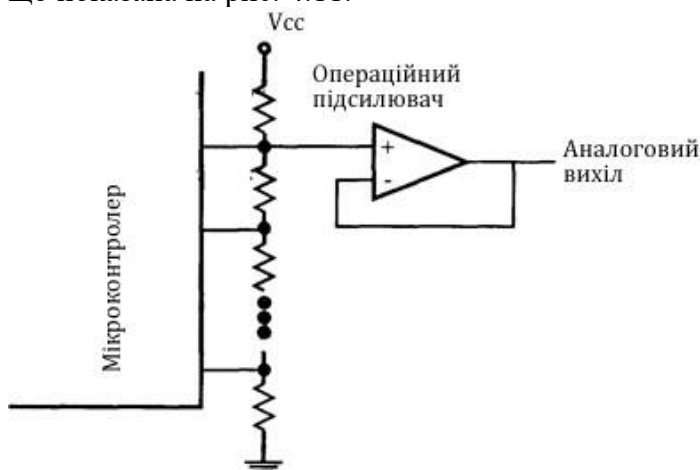


- Рис. 5.7. Частота f_0 , що спостерігається, як функція істинної частоти f синусоїдального сигналу при частоті вибірки f_s . Спостережувана частота дорівнює істинній частоті, лише якщо $f/f_s < 0,5$, тобто. $f_s > 2f$.
- Виявляється, що при частоті вибірки f_t меншої подвоєної частоти вихідного сигналу f останній не можна відновити на підставі дискретних значень. Гранична частота називається частотою Найквіста (або частотою Котельникова) $f_N = 2f$ (5.1)
- Якщо аналоговий сигнал містить будь-які частоти, що перевищують $f_N/2$, то ці високочастотні компоненти з'являються в послідовності даних вибірки як гармоніки нижчої (псевдо) частоти. Щоб уникнути появи псевдо частот необхідно, щоб частота вибірки принаймні вдвічі перевищувала самий високочастотний компонент сигналу. У цьому вся суть теореми дискретизації.
- На практиці частота вибірки має бути більшою за частоту Найквіста. Теорема полягає в припущенні, що вихідний сигнал періодичний і дискретизується необмежений час. У разі неперіодичного сигналу немає теореми, що обмежує нижню межу частоти вибірки.
- Зазвичай аналоговий сигнал містить високочастотний шум. Тому частота вибірки повинна визначатися за високочастотною складовою, що присутня у вихідному сигналі. Всі частоти, що перевищують половину частоти Найквіста, повинні бути видалені з сигналу до дискретизації, інакше вони з'являться псевдо частотою у вихідному сигналі. Якщо високочастотний шум накладається на низькочастотний сигнал, то вибірка з частотою, визначеною лише за низькочастотним сигналом,

дасть спотворені значення через накладення сторонніх компонентів на корисний сигнал.

Високочастотні компоненти можна придушити чи видалити аналоговим фільтром низьких частот.

- Склад та структура мікроконтролерних засобів прямо залежить від їх функціонального призначення та галузі застосування. Більшість присутніх на ринку МК здатні формувати вихідні значення використовуючи опорну напругу, що задається резистивним дільником, та не мають аналогового виходу. Це пов'язано із тим, що аналогові виконуючі пристрої, що потребують керування МК, мають різні вимоги до параметрів сигналів керування (часові, частотні характеристика та робочі діапазони по струму та напрузі). Для ефективної роботи МК необхідна якісна опорна напруга V_{cc} , що потребує, у деяких випадках, застосування опорного джерела напруги (ОДН) виконаного на окремій мікросхемі. Також, необхідно враховувати ефекти відбиття у вихідному ланцюзі МК при швидких змінах напруги, що спричиняють спотворення сигналу V_{out} .
- Для формування аналогового виконуючого сигналу із потрібними параметрами застосовуються зовнішні АЦП (цифро-аналогові перетворювачі), потенціометри (при схемі включення як дільники напруги). Таким чином, у схемі забезпечується малий крок зміни аналогового сигналу на виході (у межах одиниць мілівольт) при широкому діапазоні значень вихідної напруги V_{out} . [7, 14, 28, 40]
- Для прикладу, можна навести схему реалізації аналогового вихідного сигналу із застосуванням МК, що показана на рис. 4.11.



- Рис. 4.11. Схема реалізації аналогового виходу
- У даній схемі включення операційний підсилювач (ОП) виконує функцію повторювача аналогових сигналів що формуються на виході МК та створює розв'язку у колі навантаження резистивного дільника. На вхід ОП подаються сигнали від виходів МК, що працюють як виводи. Значення напруги на вході ОП залежить від рівнів сигналу на виводах МК в конкретні проміжки часу. Це дозволяє задавати на вході ОП необхідні значення напруги, в залежності від того який вивід МК формує вихідний сигнал. Номінали резисторів ланцюга дільника напруги підбираються емпірично, в залежності від рівнів сигналу що необхідно задати для ОП [24, 28].
- Наведена вище схема формування аналогової напруги дозволяє використовувати широке коло неспеціалізованих МК, але має певні вимоги до швидкості зміни аналогової напруги на виході. Якщо необхідно забезпечити високу швидкодію, часто застосовується паралельна схема включення АЦП що включає цифрові процесори сигналів (DSP).

СИСТЕМИ ЗБОРУ ДАНИХ

Система збору даних здійснює функцію перетворення первинних вихідних сигналів від одного або декількох вимірювальних перетворювачів в еквівалентні цифрові сигнали, придатні для подальшої обробки, відображення інформації або використання в системах управління. Діапазон застосувань систем збору даних виключно широкий - починаючи з простого поточного контролю значень однієї аналогової змінної і кінчаючи контролем і управлінням сотнею параметрів в ядерних агрегатах. Відповідно існують як дуже дешеві системи збору даних прямого перетворення, так і складні багатоканальні системи, що забезпечують дуже високу точність і надійність.

Одно каналні системи

На рис. 6.1 показана структурна схема типової одноканальної системи збору даних. Сигнал, що поступає від вимірювального перетворювача, як правило, малий по амплітуді, до нього домішені небажані шуми, і, крім того, може виникнути необхідність в узгодженні його параметрів (амплітуда) з цифровою частиною. Формування сигналу з оптимальними характеристиками для наступної обробки здійснюється за допомогою підсилювачів, фільтрів і інших аналогових схем (усе це можна назвати блоком підготовки). У дешевих системах збору даних іноді використовується пряме перетворення, коли сигнал з виходу схем формування (чи узгодження) безпосередньо подається на вхід АЦП. Проте в більшості застосувань обов'язковою є наявність пристрою вибірки - зберігання, яке описується нижче.

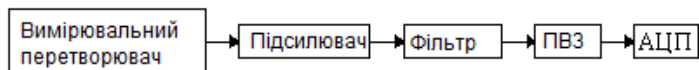


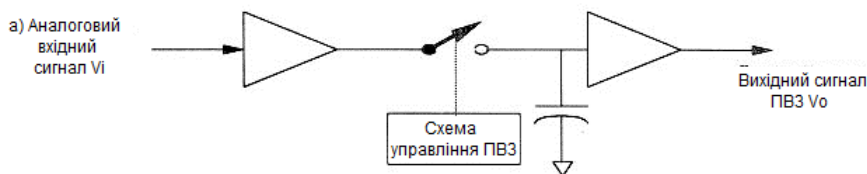
Рис. 6.1. Блок-схема одноканальної системи збору даних

6.1.1. Пристрій вибірки - зберігання

Вище вже відзначалося, що пристрій вибірки - зберігання (ПВЗ) призначено для зменшення погрішності у вихідному сигналі перетворювача, пов'язаною з невизначеністю значення вхідного сигналу протягом часу перетворення при дуже швидкій його зміні. ПВЗ потрібні також для багатоканальних систем збору даних, де вони забезпечують зберігання відліку для виконання перетворення по одному каналу, тоді як мультиплексор перемикається на інший канал. Вони іноді використовуються для фіксації імпульсних перешкод у вхідному сигналі або в тих випадках, коли треба виконати відліки значень двох або більшого числа сигналів точно в один і той же момент часу (одночасна вибірка).

На рис. 6.2 показані спрощена принципова схема і форма сигналів для типового ПВЗ. Аналоговий ключ S1 замикається при вступі команди SAMPLE (Вибірка). Конденсатор З починає заряджатися (чи розряджатися) до рівня вхідного сигналу. Після певної тимчасової затримки, званої "часом захоплення", напруга на конденсаторі досягає меж вузької області поблизу рівня вхідного сигналу, ширина якого визначається встановленою точністю наближення до цього рівня, і залишається усередині цієї області. Команда HOLD (Зберігання) викликає розмикання ключа S1, але насправді ключ розмикається після короткого тимчасового інтервалу, званого "апертурним часом затримки". Типове значення апертурного часу t_a - декілька десятків наносекунд. Величина t_a визначає максимальну допустиму швидкість зміни вхідного сигналу, при якій ще реалізується повна точність перетворення. Проте після розмикання ключа повинно пройти деякий час встановлення, перш ніж вихідний сигнал пристрою вибірки - зберігання (ПВЗ) стабілізується, тобто прийде до сталого значення і буде готовий для перетворення. Проте і після стабілізації рівень цього сигналу насправді не залишається постійним, а повільно спадає з часом (витік заряду). Крім того, наявність паразитної місткості може привести до появи на виході ПВЗ викидів напруги, що є ослабленим відгуком схеми на будь-які великі зміни вхідного сигналу. Це явище називається паразитним проходженням сигналу в режимі зберігання.

Слід звернути особливу увагу на вибір типу і номіналу конденсатора, що запам'ятовує. При виборі конденсатора з малою місткістю зменшується час захоплення, але збільшується спад напруги в режимі зберігання. З іншого боку, конденсатор з великою місткістю точніше зберігає напругу, але при цьому може бути неприйнятний великий час захоплення. При використанні ПВЗ в АЦП час зберігання, як правило, ненабагато перевищує час перетворення АЦП. Тому для заданого номіналу конденсатора ми можемо оцінити повний спад напруги за час одного перетворення. Номінал конденсатора вибирається так, щоб отримати найкращий час захоплення за умови, що спад напруги за час одного перетворення не перевищує величини молодшого значущого розряду (МЗР).



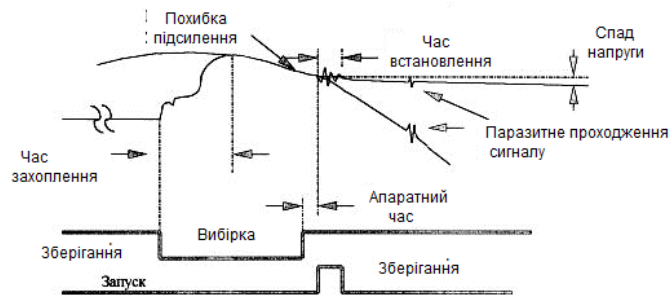


Рис. 6.2. Пояснення роботи ПВЗ : а - спрощена принципова схема;
 б - тимчасова діаграма сигналів з вказівкою найважливіших характеристик пристрою
 вибірки - зберігання (ПВЗ)

Тип вибраного конденсатора також має велике значення, оскільки діелектричні втрати в конденсаторі, що запам'ятовує, є одним з джерел погрешностей. Краще всього тут працюють конденсатори з діелектриком з поліпропілену, полістиролу і тефлону. Слюдяні і полі карбонатні конденсатори мають дуже посередні характеристики. І зовсім не слід використовувати керамічні конденсатори, які характеризуються високою діелектричною абсорбцією.

Декілька фірм випускає монолітні пристрої вибірки - зберігання (ПВЗ) загального призначення з типовими значеннями часу захоплення 4 мкс при точності 0,1 % або 10..20 мкс при точності 0,01 %. Середніх робочих характеристик при низькій вартості роблять ці пристрої найбільш прийнятними для більшості застосувань. Якщо потрібні вищі робочі характеристики, можна використовувати гібридні і модульні пристрої вибірки - зберігання (ПВЗ).

Багатоканальні системи

Існують два основні підходи до обробки більш ніж одного аналогового сигналу. Довгий час найбільш популярним був спосіб аналогового мультиплексування усіх вхідних каналів з використанням одного АЦП для виконання перетворень. Однією з причин популярності цього способу була висока вартість АЦП. У альтернативному підході використовуються окремі АЦП для кожного каналу. Цей спосіб має деякі переваги, і він стає все більш привабливим для практичної реалізації у зв'язку із зменшенням вартості АЦП.

Аналогове мультиплексування. На рис. 6.3 показана найбільш часто використовувана конфігурація системи збору даних з аналоговим мультиплексуванням каналів. По команді мультиплексор сполучає вибраний канал з пристроєм вибірки - зберігання (ПВЗ), яке робить вибірку і потім зберігає її для перетворення в АЦП. Помітимо, що ПВЗ дозволяє мультиплексору при необхідності перемкнутися на інший канал, тоді як АЦП ще виконує перетворення. Це означає, що час перемикання мультиплексору і його час встановлення не впливають на продуктивність системи. Однією з модифікацій цієї конфігурації є система одночасної вибірки (так зроблено в нашому комплексі). ПВЗ встановлюються на входах мультиплексора і запускаються по одній і тій же команді SAMPLE. Це дозволяє отримати відліки значень двох або більшого числа сигналів точно в один і той же момент часу, що часто вимагається для систем управління і обробки сигналів.

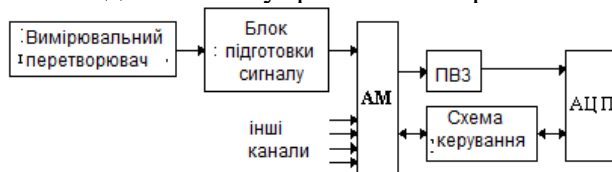


Рис. 6.3. Блок-схема багатоканальної системи збору даних з використанням аналогового мультиплексора і одного АЦП (АМ - аналоговий мультиплексор)

У аналогових мультиплексорах найчастіше використовуються напівпровідникові ключі (на польових транзисторах з керованим рп - переходом і КМОП- транзисторах (комплементарна структура метал-оксид-напівпровідник)). Матриця керованих ключів виготовляється у вигляді монолітної ІС, яка, як правило, містить і дешифратор, що дозволяє використовувати лише декілька керівників ліній для вибору будь-якого сигнального каналу. Широкого поширення набули мультиплексори на 4, 8 і 16 каналів, що допускають роботу із заземленими або диференціальними вхідними сигналами. Мультиплексор повинен спочатку відключати поточний комутований вхід і тільки тоді підключати наступний, щоб гарантувати відсутність короткого замикання двох вхідних ліній. Важливими

робочими характеристиками аналогового мультимплексора є опір його ключів у відкритому стані, струми витоку ключів в закритому стані, точність коефіцієнта передачі, перехресні перешкоди і час встановлення. На опорі відкритого ключа вхідний сигнал створює деяке падіння напруги, що призводить до погрішності коефіцієнта передачі. Цю погрішність можна мінімізувати, навантажуючи мультимплексор схемою з великим вхідним опором. Зокрема, зменшенню погрішності коефіцієнта передачі сприяє високий вхідний опір мультимплексора пристрою вибірки - зберігання (ПВЗ), що підключається до виходу. Точність коефіцієнта передачі - це виражена у відсотках погрішність передачі вхідного сигналу на вихід мультимплексора. Перехресні перешкоди виникають в результаті паразитного зв'язку між виходом мультимплексора і входом закритого ключа. Час встановлення - цей час, необхідне для того, щоб значення вихідного сигналу мультимплексора відповідало деякому встановленому діапазону значень поблизу рівня вхідного сигналу, що підключався. Розробник повинен знати величину цього параметра, щоб запускати ПВЗ тільки після вказаної стабілізації рівня вихідного сигналу мультимплексора.

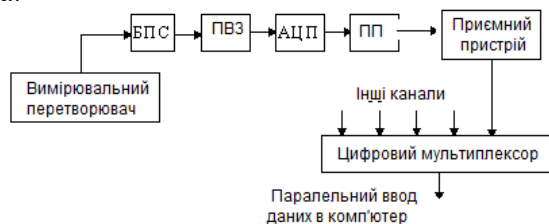


Рис. 6.4. Блок-схема багатоканальної системи збору даних з використанням окремих АЦП для кожного каналу і цифрового мультимплексора (БПС - блок підготовки сигналів, ПП - передавальний пристрій)

Паралельне перетворення. При паралельному способі збору даних для кожного каналу використовується окремий АЦП (рис. 6.4). Переваги такого підходу проявляються в промислових системах збору даних, коли вимірювальні перетворювачі розподілені по великій площі і, як правило, працюють в умовах сильних зовнішніх перешкод. Установка АЦП поблизу вимірювальних перетворювачів і передача перетворених даних в цифровій формі запобігають проходженню аналогових сигналів через зони дії перешкод. При такому підході забезпечується також гальванічна розв'язка і виключається поява земляних контурів.

Наявність окремого АЦП для кожного каналу дозволяє реалізувати набагато більшу частоту дискретизації з розрахунку на канал.

Вибір АЦП і системи збору даних

Серійно АЦП, що випускаються, і системи збору даних

Фірми, випускаючі АЦП, пропонують пристрої з дуже широким діапазоном робочих параметрів. Використовуваний метод перетворення (послідовного наближення, двотактної інтеграції, паралельного перетворення) і технологія виготовлення схем (монолітна, гібридна, модульна) визначають найбільш суттєві характеристики АЦП - швидкодію, дозвіл, вартість.

Найбільш широкий вибір АЦП послідовного наближення, використовуваних в більшості випадків застосування аналого-цифрового перетворення. Найдешевшими є монолітні АЦП. За останні декілька років зроблений величезний стрибок в поліпшенні їх робочих параметрів. Монолітні АЦП виготовляються з використанням КМОП і біполярною технологій. КМОП АЦП характеризуються дуже малим енергоспоживанням і допускають реалізацію на самому кристалі аналогового мультимплексора, вхідного пристрою вибірки - зберігання (ПВЗ), дешифратора і тристабільного буфера. Проте в КМОП технології виникають труднощі з формуванням прецизійного джерела опорного сигналу і прецизійного швидкодіючого компаратора.

Біполярна технологія забезпечує просту реалізацію цих функцій, але при відносно невисокому рівні інтеграції. Ці обмеження можна обійти при використанні схемотехніки на основі інжекційної інтегральної логіки. В цьому випадку вдається створити закінчений інтегральний АЦП з тактовим генератором, джерелом опорного сигналу і відповідними буферними схемами на одному кристалі.

Для побудови швидкодіючих перетворювачів з високим розділенням використовуються гібридні конструкції, що об'єднують декілька монолітних компонентів в одному корпусі інтегральної схеми. Вдосконалення конструкції цих окремих компонентів привело до значного поліпшення робочих характеристик гібридних АЦП з одночасним зменшенням їх вартості. Тому усе більше число

гібридних АЦП використовується для заміни дискретних або модульних конструкцій в системах збору даних з високими робочими характеристиками.

Найвищі параметри мають АЦП модульної конструкції. Вони, проте, призначені тільки для вузькоспеціалізованих застосувань.

Вибір АЦП

Щоб правильно вибрати АЦП для конкретного застосування, треба знати вимоги до його робочих параметрів - дозволу, часу перетворення, допустимій погрішності і т. д. Ці вимоги визначаються проєктованими технічними характеристиками системи збору даних, що розробляється. Найбільш важливими є наступні характеристики:

- число аналогових каналів;
- продуктивність (враховується як продуктивність усієї системи, так і максимальна продуктивність для окремих каналів);
- розташування вимірювальних перетворювачів (зблизька або у видаленні від вихідного терміналу);
- точність перетворення;
- оточення, зокрема, важливе знати рівень електричних перешкод і діапазон зміни навколишньої температури;
- вартість системи.

Розробка системи зазвичай починається з вибору її архітектури. Потім з'ясовуються вимоги до робочих характеристик кожного компонента системи. Обговоримо цей етап на прикладі АЦП.

Точність АЦП. Вимоги до точності перетворювача витікають з відповідної технічної характеристики системи збору даних, що розробляється, з урахуванням погрішностей, що вносяться усіма іншими компонентами цієї системи. Поширена помилка - вибір АЦП з дозволом, що задовольняє цій вимозі по точності, оскільки фактична точність перетворювача гірша за те значення, на яке вказує дозвіл, через наявність різних погрішностей перетворювача. Список вкладів основних погрішностей, званий бюджетом погрішностей, допомагає розрахувати реальну точність перетворювача. Приклад складання бюджету погрішностей і розрахунку точності наведений нижче.

Розрахунок точності. Для розрахунку точності системи використовується список основних джерел погрішностей в системі, починаючи від її аналогового входу і кінчаючи цифровим виходом. Погрішність коефіцієнта передачі аналогового мультиплексора і погрішність, що виникає в результаті спаду напруги на виході пристрою вибірки - зберігання (ПВЗ) в режимі зберігання, дуже малі (менше 0,01 %) і тому не вказані в бюджеті погрішностей (таблиця. 6.1).

Таблиця 6.1

Бюджет погрішностей, %

невизначеність напруги ПВЗ	0,2
погрішність посилення ПВЗ	0,01
невизначеність квантування в АЦП	0,2
погрішності зміщення, посилення і нелінійність АЦП (3/4 МЗР в інтервалі температур 0..70°C)	0,3
погрішність АЦП, пов'язана з дрейфом опорного сигналу (у інтервалі температур 0..70°C)	0,1
максимальна повна погрішність (сума алгебри)	0,81
повна статистична погрішність (среднеквадратическая)	0,42

Таким чином, гарантується точність не гірше 1 %. Фактична точність для гладких вхідних сигналів при кімнатній температурі, ймовірно, краще, ніж 0,5 %.

Час перетворення. Потрібне від АЦП число перетворень, що виконуються за одну секунду, визначається проєктованою продуктивністю системи збору даних, числом каналів і вибраною конфігурацією системи. Частота дискретизації по одному каналу дорівнює продуктивності АЦП тільки у тому випадку, коли для кожного каналу використовується окремий АЦП. Список усіх тимчасових затримок, пов'язаних з одним перетворенням, називається тимчасовим бюджетом. Продуктивність АЦП розраховується виходячи з цього тимчасового бюджету. Приклад розрахунку продуктивності АЦП наведений нижче.

Розрахунок продуктивності. Продуктивність системи розраховується шляхом оцінки повного часу, що витрачається на одне перетворення. Список усіх важливих тимчасових затримок, званий тимчасовим бюджетом, полегшує розрахунок продуктивності. У тимчасовому бюджеті,

представленому нижче, затримка, пов'язана з роботою аналогового мультиплексора, окремо не вказується, оскільки це частина часу захоплення ПВЗ (таблиця. 6.2).

Таблиця 6.2

Часовий бюджет	
Час захоплення	6 мкс
Час встановлення виходу ПВЗ	1 мкс
Час перетворення АЦП	110 мкс
Затримки, пов'язані з виконанням команд IN/OUT	40 мкс
Повний час одного перетворення	157 мкс
Максимальна продуктивність (відліків/сик)	6360

Тип АЦП. Для вибору типу звичайна досить інформації про використовувану конфігурацію системи, необхідний дозвіл АЦП і часу перетворення. Наприклад, для забезпечення середньої або високої швидкодії слід вибрати АЦП послідовного наближення. Якщо одночасно вимагається також високе розділення, то припаде, мабуть, застосувати АЦП, виконаний за гібридною технологією. При високому розділенні, але низькій швидкодії більш відповідним буде двотактний інтегруючий АЦП. Двотактному інтегруючому АЦП слід віддати перевагу і в тих випадках, коли треба забезпечити високу завадостійку або ослабити наведення з частотою 60 Гц. Аналогічно в системах дистанційного збору даних краще всього використовувати АЦП на основі перетворення напруги в частоту, тоді як в надшвидкодійних системах збору даних поза конкуренцією буде АЦП паралельного перетворення.

Інші чинники. З'ясувавши, який тип АЦП нам потрібний, ми повинні потім вибрати серед АЦП цього типу пристрій, що задовольняє усім іншим нашим вимогам. Наприклад, діапазон температур, в якому передбачається використовувати АЦП, визначає експлуатаційний клас вибраного пристрою : чи повинне воно відноситися до класу комерційних пристроїв (діапазон робочих температур 0..70°C) або призначається для промислових (- 25.. +85°C) або військових (- 55.. +125°C) застосувань. Треба перевірити також вхідний діапазон пристрою, його сумісність з біполярними вхідними сигналами, форму представлення вихідних цифрових даних (послідовна або паралельна) і, якщо це необхідно, можливість реалізації інтерфейсу з мікропроцесорами.

Вибір АЦП і системи збору даних

Дотримання деяких простих правил при використанні АЦП буде гарантією того, що ми отримаємо від нього найбільшу віддачу.

Використовувати повний вхідний діапазон АЦП. Якщо вхідний сигнал змінюється тільки від 1 до 3 В при використанні АЦП з вхідним діапазоном Про..5 В, погіршність перетворювача фактично подвоюється. Щоб запобігти цьому невиннованому погіршенню робочих характеристик перетворювача, використовуйте попереднє масштабування сигналу для забезпечення максимально можливої відповідності діапазону його зміни і вхідного діапазону АЦП.

Використовувати хороші джерела опорного сигналу. Температурний і тимчасовими дрейфи опорного сигналу проявляються як погіршність посилення і тому повинні утримуватися на мінімальному рівні. Прецизійне інтегральне джерело опорного сигналу - хороший вибір для більшості застосувань.

Звертати увагу на швидкість зміни вхідного сигналу. Зміни вхідного сигналу протягом часу перетворення призводять до погіршності посилення в АЦП послідовного наближення. Якщо характер зміни вхідного сигналу непередбачуваний, використовуйте пристрій вибірки - зберігання (ПВЗ). Моделі ПВЗ загального призначення досить дешеві. Використовуйте високоякісні поліпропиленові або полістиролові конденсатори як конденсатори, що запам'ятовують, в ПВЗ.

Застосовуйте окремі загальні дроти для цифрових і аналогових схем. Цифрові сигнали створюють великі викиди струму на загальних дротах. Загальні дроти аналогових і цифрових компонентів схеми мають бути окремими і з'єднуватися тільки в одній загальній точці.

7. ПРИНЦИПИ ОБМІНУ ІНФОРМАЦІЄЮ

У справжній главі обговорюються принципи обміну інформацією, що передається в послідовній формі, між комп'ютером типу IBM PC і такими зовнішніми пристроями, як датчики і контролери. Розглянемо тільки ті важливі з точки зору практики особливості засобів сполучення, які необхідно знати, щоб ефективно використовувати інтерфейси в більшості додатків. Хоча паралельний інтерфейс для сполучення різних пристроїв простіше в реалізації і вимагає меншого об'єму апаратних

засобів, послідовний інтерфейс більш універсальний. Є, проте, випадки, коли прийнятним виявляється паралельний інтерфейс.

Послідовний інтерфейс

Один з практичних прикладів, коли послідовний інтерфейс прийнятніший за паралельний, - це передача даних на відносно видалений периферійний пристрій. Для такої передачі в послідовному інтерфейсі вимагається всього один дріт, тоді як у разі передачі даних в паралельній формі потрібно, як правило, вісім дрітів. Однопровідна передача має дві переваги. Одне з них пов'язане з тим, що вартість кабелю і необхідного набору лінійних формувачів і приймачів буде для неї істотно нижче, ніж вартість технічних засобів для еквівалентної багатопровідної конфігурації. Зважаючи на це, і особливо при необхідності передачі на великі відстані, послідовний інтерфейс, швидше за все, виявиться значно економніше за паралельне. Крім того, послідовна передача даних дає можливість користуватися комерційними системами зв'язку, наприклад звичайною телефонною мережею або стандартними каналами передачі цифрової інформації.

У разі послідовного інтерфейсу усі розряди передаються по одному дроту. Можливо контролювати будь-який розряд, знаючи його положення в послідовному потоці даних, а також його тривалість. Відповідно до практики, що склалася, першим в слові передається молодший розряд. Зверніть увагу, що для забезпечення правильності передачі зазвичай вимагається виконати процедуру квітування встановлення зв'язку між передавачем і приймачем. Це необхідно завжди, за винятком тих випадків, в яких швидкість передачі така мала, що практично неможлива ситуація, коли приймач не устигатиме сприймати дані. Число ліній, необхідних для передачі сигналів квітування, не залежить від типу передачі (послідовний або паралельний). Для передачі одного символу послідовному каналу вимагається більше часу, чим паралельному. Передача n - розрядного символу по послідовному каналу займає щонайменше в n разів більше часу, чим його передача через паралельний інтерфейс. Проте швидкість обміну даними, що значно перевершує ті, які потрібні в більшості систем, де використовуються датчики і контролери, досягається іншими методами. Послідовна передача часто застосовується і в засобах управління механічними пристроями, наприклад принтерами, без якого-небудь програшу в їх швидкодії, оскільки час реакції такого пристрою істотно перевищує тривалість передачі слова, що управляє, при середній швидкості послідовного обміну двійковою інформацією.

Квітування встановлення зв'язку

Щоб встановити надійний зв'язок, пристрої, як правило, видають сигнали, за допомогою яких вони "інформують" один одного про те, чи є у них дані для передачі або чи готові вони до прийому даних. Якщо один пристрій направляє який - або символ іншому пристрою, який в той момент зайнятий виконанням якого-небудь іншого завдання, то переданий сигнал буде втрачений. Квітування - це процедура обміну сигналами для встановлення зв'язку, здійснюваного тільки за певних умов.

Щоб інформувати приймач про наявність даних для передачі, передавач направляє сигнал "запит передавача" (RTS). Цей сигнал або перериває поточну операцію, або приймач фіксує його вступ в процесі циклічного опитування. Виявивши такий сигнал, приймач закінчує поточну операцію і відповідає передавачу сигналом "скидання передавача" (CTS), що вказує, що приймач готовий до прийому символів. Передавач не передає ніяких даних до тих пір, поки на його вхід не поступить сигнал CTS.

Сигнали квітування встановлення зв'язку мають різні назви в різних системах. У досконаліших системах використовуються також додаткові сигнали квітування. У системах з односторонньою передачею, наприклад в системі збору інформації від датчиків, де комп'ютер тільки приймає інформацію, а датчик тільки передає, досить використовувати лише два сигнали квітування - вхідний і вихідний.

Бувають ситуації, коли потрібний швидкий відгук на сигнал, що поступив по лінії квітування. Так, наприклад, датчик через короткий час після його переведення в активний стан буде, ймовірно, видавати достовірну інформацію. В даному випадку комп'ютер звертається до цього датчика, переводить його в активний стан, "вичікує" протягом короткого проміжку часу, а потім прочитує сигнали, що формуються датчиком.

Асинхронний метод передачі

У послідовній системі зв'язку розряди даних передаються одним потоком. Асинхронна послідовна система зв'язку дозволяє передавати за "один прийом" по одному символу (тобто один набір двійкових розрядів). У синхронних системах зв'язку передача багато розрядного або багато

символьного повідомлення здійснюється у вигляді одного безперервного потоку двійкових даних. У системах збору даних застосовується, як правило, асинхронною метод передачі.

Тривалість одного двійкового розряду визначається вибраною швидкістю передачі виходячи з робочих характеристик передавального і приймального пристроїв. Комп'ютер IBM PC може передавати і приймати дані із стандартною швидкістю, що знаходиться в межах від 50 до 115000 бод.

У кожному такті на передавальну лінію через інтерфейс прямує один розряд і, як правило, інтерфейс програмується на передачу даних наборами по одному байту (тобто по одному символу). Передавач не синхронізований з приймачем - приймач "не знає", коли передавач направлятиме йому дані. Отже, потрібні засоби, здатні сигналізувати про те, що на приймач готовий поступити новий байт. Це завдання вирішується шляхом передачі на вхід приймача додаткового розряду, який називається стартовим і поступає безпосередньо перед початком передачі байта даних. Передавач, знаходячись в стані очікування, постійно передає рівень напруги, відповідний логічній одиниці (іноді він іменується маркером). Перемикання з одиниці на нуль сигналізує приймачу, що незабаром почнеться передача потоку даних, що становлять символ. Перший розряд цього потоку, рівний нулю (іноді його називають пропуском), іменується стартовим розрядом.

Після виявлення переходу з 1 на 0 приймач прочитує сигнал з вхідної лінії через інтервал часу, рівний половині тривалості одного розряду, - це гарантує, що прийнятий логічний 0 буде дійсне нулем, а не перешкодою із-за перехідного процесу. У цей момент часу, якщо лінія як і раніше знаходиться в стані логічного 0, приймач сприймає стартовий розряд як дійсний і приступає до послідовного читання вхідної лінії з одно розрядними інтервалами. Якщо ж стартовий розряд визнається недійсним, приймач ігнорує виявлений 0 і повертається в стан очікування до вступу наступного дійсного стартового розряду (0). Вірогідність виявлення помилкового стартового розряду або ігнорування дійсного стартового розряду дуже мала, оскільки дуже маловірогідне, що шумові сплески виникнуть в ті самі моменти часу, коли здійснюється читання вхідної лінії приймача.

При асинхронній передачі символ закінчується передачею одного або двох стопових розрядів (логічних одиниць), причому для будь-якої швидкості передачі, що перевищує 40 бод, як правило, використовується один стоповий розряд. Передавач направляє на лінію послідовність одиниць в усіх випадках, коли немає готового до передачі символу.

Найважливішу роль при послідовній передачі даних грають тактові сигнали. При асинхронному методі передачі на них накладається єдине обмеження: частоти дотримання тактових сигналів в передавачі і приймачі мають бути однаковими, причому допуск на їх розбіжність дуже малий. Значення частоти дотримання тактових сигналів має бути рівним цілому кратному частоті дотримання двійкових розрядів, що видаються передавачем (найчастіше використовується тактова частота, в 16 разів що перевищує частоту дотримання розрядів).

Операції послідовної передачі реалізуються спеціалізованою ІС, такою, що дістала назву "Універсальний асинхронний прийом передавач" (УАПП).

Декодування послідовних потоків двійкових розрядів і виявлення помилок

Програмування УАПП на режим обміну даними, відповідний встановленим вимогам, тобто завдання довжини (розрядності) символу, типу контролю парності, числа стопових розрядів і швидкості передачі в бодах, здійснюється шляхом запису відповідної комбінації двійкових розрядів в регістр команд. Після такого програмування універсальний асинхронний прийомопередавач (УАПП) здатний виділяти символи з потоку розрядів, що поступили на лінію послідовного введення, і здійснити їх перетворення в 8-розрядний паралельний формат, в якому передана інформація використовується в мікропроцесорі. УАПП може також виконувати перетворення 8-розрядних символів, що поступають від мікропроцесора, у відповідний потік послідовних розрядів і потім передавати цей потік з введеними в нього стартовими і стоповими розрядами, а також розрядами парності через лінію послідовного виводу.

Крім того, універсальний асинхронний прийомопередавач (УАПП) видає сигнали квітування встановлення зв'язку. Він також здатний виявляти помилки в потоці даних, що приймаються, і посилати мікропроцесору повідомлення про помилки, заздалегідь записувані в регістр стани УАПП. Універсальний асинхронний приймач здатний виявляти помилки трьох типів : помилки парності, помилки із-за перезапису, помилки кадрювання даних, що передані.

Помилки парності

Розряд контролю по парності є старшим розрядом символу. Користувач може передбачити контроль по парності або по непарності або взагалі відмовитися від такого контролю. Якщо вибраний контроль по парності, то розряд контролю, генерований на передавальній стороні, встановлюється в 1 або скидається в 0 з таким розрахунком, щоб в символі (включаючи і сам розряд контролю) повне число розрядів, що містять логічну 1, було парним. Так само встановлюється розряд контролю по непарності - він вибирається так, щоб повне число одиниць в символі було непарним. Наприклад, при передачі 7-розрядного знаку 0100110 (у коді ASCII) восьмий розряд, що є старшим, повинен встановлюватися в 1 при виборі контролю по парності і в 0 при контролі по непарності. Якщо на приймальній стороні виявляється неправильне значення розряду парності, то в регістрі стану універсального асинхронного прийомопередавача (УАПП) встановлюється прапор помилки по парності.

Помилки із-за перезапису

Універсальний асинхронний прийомопередавач (УАПП) декодує символ, що поступив на його лінію послідовного введення, заздалегідь видаливши з нього стартовий і стопові розряди, а потім поміщає цей символ в приймальний буфер. Після того, як символ буде декодований цілком, УАПП помістить його в буфер шини даних, звідки його зможе рахувати мікропроцесор. Потім УАПП встановлює прапор готовності приймача, що вказує на наявність знаку. Опитування стану цього прапора може здійснюватися програмним шляхом. Можна також з'єднати вихідну лінію, на яку виводиться стан прапора, безпосередньо з лінією переривання, сполученої з схемою обробки переривань в мікропроцесорі.

Якщо мікропроцесор не зможе рахувати отриманий символ своєчасно, приймач занесе в буфер шини даних новий вміст відразу після декодування нового символу. Через це останній символ буде втрачений ще до причитування його мікропроцесором. Це викличе установку прапора помилки із-за перезапису в регістрі стану. Щоб виявити таку помилку, мікропроцесору необхідно проглянути вміст регістра стану до прочитування нового символу з буфера шини даних, оскільки сигнал читання утримуваного цього буфера одночасно скидає прапор помилки із-за перезапису.

Помилки кадрування даних, що передані

Прапор помилки кадрування в регістрі стану універсального асинхронного прийомопередавача (УАПП) встановлюється в тих випадках, коли приймач, чекаючи вступу 1, тобто стопового розряду (чи розрядів) у кінці символу, замість цього прочитує 0. Помилка кадрування виникає в результаті появи помилкових розрядів, обумовлених дією шумових викидів. Така ж ситуація може спостерігатися в тих випадках, коли потік двійкових розрядів прочитується при неправильно вибраній швидкості передачі.

Набув поширення метод, при якому усі прапори помилок ігноруються і за програмою обчислюється контрольна сума після вступу заздалегідь заданого числа символів (такий набір символів називається блоком). Контрольна сума додається у кінці блоку символів, типова довжина якого складає 128 або 256 байт, хоча сама контрольна сума, як правило, має довжину всього 1 байт. Для отримання контрольної суми користуються різними угодами. В деяких випадках як вона використовується сума усіх байтів в блоці, включаючи перенесення і переповнювання, а іноді - додатковий код цієї суми. Аналогічний байт контролю помилок, що служить для так званого подовжного контролю надлишковим кодом, є просто наростаючим підсумком операцій що "виключає АБО" (виключає ІЛИ) над усіма переданими символами блоку. Очевидно, що для генерації контрольної суми прийнятого блоку символів в приймачі повинен використовуватися той же алгоритм, що і в передавачі, оскільки інакше буде унеможливлена порівняння переданої і отриманої контрольних сум.

Розбіжність переданої і вчисленої в приймачі контрольних сум говорить про помилку, що виникла при передачі блоку. Отже, потрібна його повторна передача. Залежно від структури системи приймач може посилати або не посилати передавачу сигнал підтвердження прийому у кінці кожного блоку або у кінці сеансу передачі. Якщо передавач буде інформований про помилку в контрольній сумі, то він передасть повторно або повідомлення цілком, або той блок, в контрольній сумі якого була виявлена помилка.

Контроль циклічним надлишковим кодом (ЦНК) є методом, схожим з методом обчислення контрольної суми, відрізняючись від останнього лише тим, що циклічний надлишковий код має, як

правило, довжину два байти і обчислюється на основі полінома дільника. Слово циклічного надлишкового коду (ЦНК) є 16-розрядним залишком від ділення. При такому методі в кожен момент часу передається блок певного розміру. Будь-який переданий розряд так чи інакше впливає на ЦНК, завдяки чому такий підхід контролю помилок є найбільш ефективним серед подібних методів. Передавач направляє символ ЦНК після кожного блоку даних і потім чекає до тих пір, поки від приймача не поступить підтвердження цілісності прийнятих даних. У приймачі повинен застосовуватися той же спосіб генерації циклічного надлишкового коду (ЦНК) для прийнятого блоку. Циклічний надлишковий код (ЦНК) передавача порівнюється в приймачі з вчисленим ЦНК для прийнятого блоку. Якщо вони повністю не співпадають, приймач відкидає отриманий блок даних і передає деякий символ (зазвичай control - U) назад на передавач, вказуючи тим самим на помилку, і чекає до тих пір, поки передавач не передасть той же блок даних повторно. Якщо приймач не виявляє розбіжності в циклічних надлишкових кодах передавача і приймача, то він "припускає", що отримані дані є достовірними, і направляє символ підтвердження прийому на передавач. Потім він переходить в стан очікування до вступу від передавача наступного блоку даних.

Враховуючи особливості вибраних методів і засобів передачі, а також характер вирішуваних завдань, розробник системи сам повинен вирішувати, яка схема контролю помилок якнайкраще відповідає вимогам проекрованої ним системи.

Облік особливостей лінії передачі

У світлі викладеного слід розглянути особливості використовуваних ліній передачі. Тут будуть дані тільки основні відомості, необхідні для освітлення проблем, які повинен враховувати проектувальник, щоб розробити досить ефективний канал зв'язку.

У міру того як росте довжина ліній, що сполучають передавач і приймач, і збільшуються частоти передачі (тобто швидкості передачі двійкової інформації), все більшу важливість придбаває облік характеристик ліній передачі. У разі дуже довгих ліній, а іноді і відносно коротких ліній, але з високою швидкістю передачі сполучний кабель більше не можна розглядати просто як провідник з нехтує малим активним опором.

Нижче перераховані проблеми, що виникають в системі обміну даними, які безпосередньо пов'язані з особливостями лінії передачі, :

1. Якщо навантаження не узгоджене з лінією, то в лінії виникають віддзеркалення. Отже, якщо затримка на поширення велика в порівнянні з тривалістю одного двійкового розряду, то розряд може записуватися в буферний регістр до досягнення сталого режиму, внаслідок чого його значення може бути ідентифіковане неправильно. Крім того, віддзеркалення, обумовлене передачею одного розряду, може викликати помилки при детектуванні наступних розрядів. Простим рішенням цієї проблеми можна вважати вибір такого навантаження для лінії, яка матиме опір, рівний її характеристичному імпедансу, що виключить віддзеркалення.

2. Послаблення сигналу при дуже великій довжині ліній може виявитися дуже значним. В результаті можливе виникнення помилки при детектуванні логічного рівня. Ця проблема може бути розв'язана шляхом установки повторювачів.

3. Підвищення частоти отримання сигналів, що передаються призводитиме до підвищення міри спотворення сигналу і появи перехресних перешкод, а отже, до зростання частоти помилок. Характеристики ліній передачі і вибраний протокол передачі (зокрема, угоди відносно представлення логічних 1 і 0) обмежують швидкість передачі.

4. Відмінність в напрузі рівня "землі" на передавальному і приймальному кінцях може викликати помилки при детектуванні логічного рівня сигналу на приймальному кінці. Ця проблема може бути розв'язана шляхом заземлення загального дроту тільки в одній точці.

Екрановані лінії, наприклад коаксіальні кабелі і екрановані скручені пари дротів, краще захищені від перешкод, чим неекрановані. Деякими найбільш поширеними типами ліній передачі, що дозволяють поліпшити техніко-економічні показники систем передачі, є скручена пара дротів, екранована скручена пара дротів, коаксіальний і здвоєний коаксіальний кабелі. Коаксіальні кабелі, як правило, мають чисто резистивний характеристичний імпеданс від 50 до 100 Ом, а скручені пари - інші значення, зазвичай менші 200 Ом. Значення характеристичного імпедансу Z_0 кабелю вказує виробник. Якщо з яких-небудь причин ця інформація відсутня, то значення Z_0 можна приблизно вчислити, користуючись результатами вимірів за допомогою вимірника імпедансу.

