

# 1 АПАРАТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УЗГОДЖЕННЯ ДАТЧИКІВ І ЕОМ В МЕДИЧНИХ ДІАГНОСТИЧНИХ СИСТЕМАХ

## 1.1 Медична діагностика

Поняття сигнал і система нерозривні. Як показано на рис. 1, система пов'язує вхідний сигнал з вихідним сигналом. Для обробки безперервних у часі сигналів необхідна аналогова система; дискретні в часі сигнали, навпаки, потребують цифровий. Аналогову систему можливо охарактеризувати ставленням між вхідним і вихідним сигналом. Для цього прийнято вважати, що  $f(t)$  безперервний вхідний сигнал і  $F$  однозначне правило, за яким сигналом  $f(t)$  ставиться у відповідність сигнал  $g(t)$ :

$$g(t) = F \{f(t)\} \quad (1)$$

Система, яка може реалізувати правило  $F$ , є аналоговою системою, тому що  $f(t)$  і  $g(t)$  представлені в безперервній в часі формі.

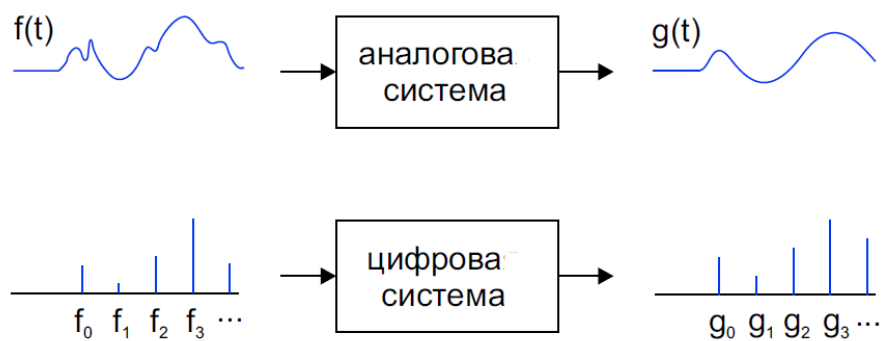


Рис. 1. Безперервний у часі сигнал і аналогова система, дискретний у часі сигнал і цифрова система

Для цифрової обробки сигналів необхідна цифрова система. Це може бути, наприклад, комп'ютер, цифровий сигнальний процесор або мікроконтролер. Охарактеризувати цифрову систему можливо також відношенням між вхідним і вихідним сигналом. Якщо  $f$  - сигнальний вектор, елементами  $f_n$  якого є відліки дискретного в часі вхідного сигналу, і  $F$  - правило, за яким вектору  $f$  ставиться у відповідність вектор  $g$ , елементами  $g_n$  якого є відліки дискретного в часі вихідного сигналу, то дійсно наступне:

$$g = F \{f\} \quad (2)$$

Система, яка може реалізувати правило  $F$ , є цифровою системою, тому що  $f$  і  $g$  - дискретні в часі сигнали.

Докладний огляд завдань, які необхідно вирішувати при обробці сигналів, можливо здійснити шляхом зв'язування цих завдань в модель, схему обробки сигналу. Залежно від області застосування така структура зустрічається в різних модифікаціях, проте, можуть бути вирішені окремі завдання не відрізняються щодо застосовуваних інструментів. На рис. 2 наведено по одному приклади таких схем.

Щоб продемонструвати всі можливі завдання обробки сигналів, наведено загальний випадок, при якому вхідний і вихідний сигнали схеми обробки - це, відповідно, неелектричні, аналогові сигнали. Як показано на рис. 3, виходить симетрична структура схеми обробки сигналів.

У центрі знаходиться обчислювальна машина або програмована обчислювальна структура, за допомогою якої досягаються відповідні цілі обробки сигналів. Інші елементи служать для підготовки сигналу: перед обчислювальною машиною відбувається перетворення неелектричних, аналогового сигналу в електричний, цифровий сигнал; після обчислювальної машини зворотне перетворення електричного, цифрового сигналу в неелектричний, аналоговий сигнал.

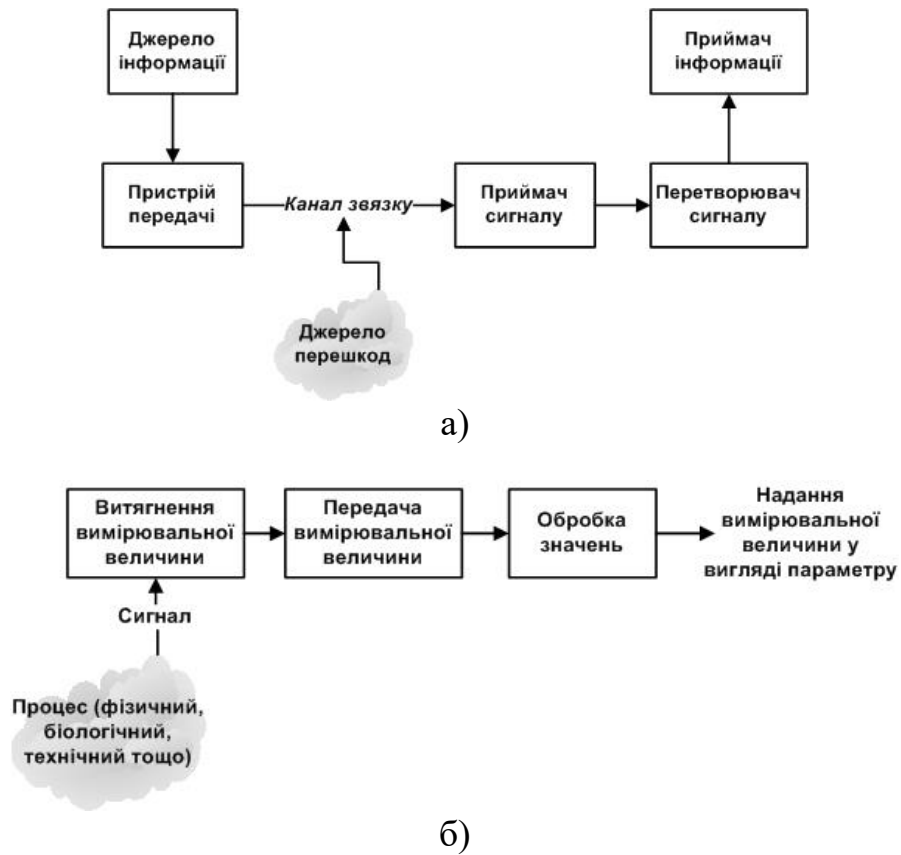


Рис. 2. Моделі схем обробки сигналів, а) спрямована схема повідомлень, б) вимірювальний шлях при аналізі процесу

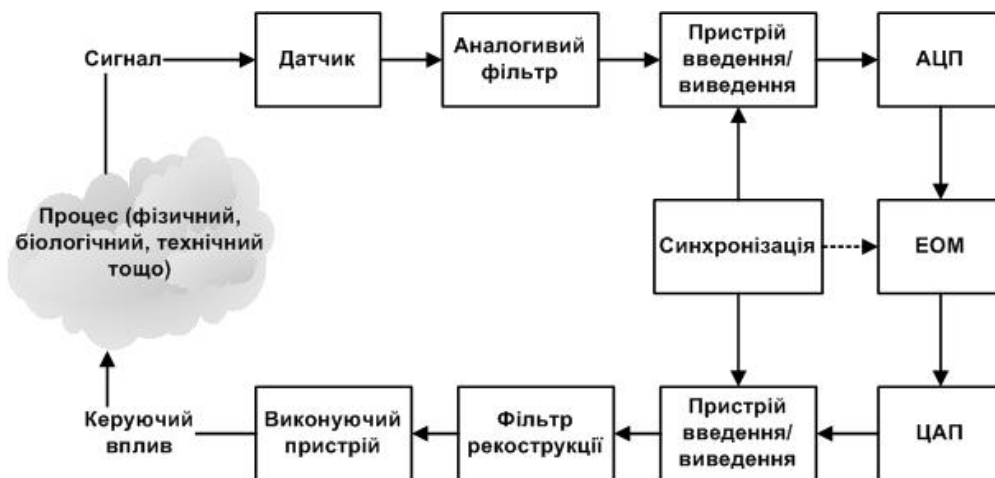


Рис. 3. Загальна модель схем обробки сигналів

У цьому випадку важливо вказати на те, що практичні завдання будуть рідко повністю відповідати цій моделі. Реальні умови часто вимагають здійснення тільки певних частин. Однак, повна схема обробки сигналів буде використовуватися як основа наступних розглядів.

З процесу (в особливому випадку стану), який може бути, наприклад, фізичної, біологічної, а також технічної природи, витягуються відомості. У загальному випадку цей процес має непередбачуваний характер і є стохастичним процесом. З метою вилучення інформації процес спостерігається і записується за допомогою відповідних пристроїв (наприклад, мікрофон, камера). Важливий вхідний елемент - датчик. Під датчиком розуміється вимірювальний прилад, який, як правило, перетворює неелектричну величину в електричний сигнал. Датчики є предметом вивчення сенсорики. Сьогодні, завдяки успіхам в області електронної технології та мікросистемні техніки, існують дуже ефективні датчики, практично для всіх неелектричних величин. Вони інтегровані в мініблоки.

Існують більш ста вимірюваних величин, відповідно - велика різноманітність датчиків. У літературі, відповідно до трьох точок зору, вони поділяються:

- за технологією виготовлення датчика;
- за фізичною вхідною величиною датчика;
- за електричною вихідною величиною датчика.

Далі наведено приклади датчиків з різними фізичними вхідними величинами.

Тиск, сила: тензодатчики, потужності з мембраною з кремнію, п'єзоелектричні кераміки.

Довжина, кут: активні, ємнісні і індуктивні елементи, чутливі до позиції фотодіоди, фотодіоди з лазерним пульсом або інкрементальні датчики, елементи Холла, контакти, оптичні інтерферометри.

Прискорення: п'єзодатчики прискорення, індуктивні датчики.

Звук, ультразвук: електретні і п'єзокерамічні мікрофони, електродинамічні мікрофони, оптичні інтерферометри.

Температура: платинові опору, напівпровідникові опору, термістори (з позитивним чи негативним температурним коефіцієнтом опору), термоелементи, діоди інфрачервоного випромінювання.

Гази, матеріали: опір у вигляді пористої кераміки, що нагрівається, кремнієві мікроелектроди, іоноселективні мембрани.

Вологість: потужності з гігроскопічним діелектриком, металооксидні резистори, гігроскопічні полімери.

Оптичне випромінювання: фоторезистори, фотодіоди, фототранзистори, фотодіоди в мікросхемах CCD і CMOS.

Радіоактивне випромінювання: германієві р-п переходи, лічильники Гейгера-Мюллера.

Електричне поле: ємності, диполі, спеціальні антени.

Магнітне поле: магнітні металоплівкові резистори, напівпровідникові пластини Холла, індуктивності, елементи Холла.

У міру розвитку електронної техніки системи електроніки стали упроваджуватися майже у всіх областях людської діяльності. Наочним прикладом цього є медицина. На стику медицини і електроніки з'явилася нова технічна наука – медична електроніка. Перерахуємо лише деякі прилади: електронний вимірник тиску крові, електрокардіограф, вимірник біострумів мозку, вимірник біострумів м'язів, аналізатор складу крові, медичний термограф, ультразвукова діагностична установка, рентгенівський комп'ютерний томограф, штучні внутрішні органи (нирка і ін.), протези кінцівок і ін. В більшості згаданих медичних пристроїв і установок датчики виконують дуже важливу роль (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Застосування медичних датчиків

Вимірювана фізична величина	Об'єкт вимірювання	Датчик
Температура	Поверхня тіла, порожнини органів травлення	Терморезистор, напівпровідниковий інфрачервоний детектор
Тиск	Венозна кров, артеріальна кров, порожнини грудної клітки, сечового міхура, матки під час пологів	Дротяний тензодатчик, диференціальний трансформатор, напівпровідниковий тензодатчик, волоконно-оптичний датчик
Швидкість, витрата	Потоки крові у венах, артеріях, серці, пуповині; потоки рідин усередині різних органів тіла; повітряні потоки в дихальній системі	Електромагнітний зонд-розходомір, ультразвуковий пробник, терморезистор, провідні електроди-виводи, вимірювач швидкості повітря на основі реєстрації перепаду тиску, теплового вимірювача повітряного потоку, ультразвукового вимірювача повітряного потоку
Параметри механічних коливань	Серце (пульс, серцеві піки, характер биття, шуми); ембріон (серцеві шуми)	Напівпровідниковий тензодатчик, п'єзоелектричний датчик, оптичний датчик
Різниця електричних потенціалів	Серце (електрокардіограма); м'язи і мозок (біоструми)	Срібні електроди з покриттям з хлориду срібла
Параметри магнітного поля	Порожнини серця	Дротяні котушки, елемент Джозефсона

До недавнього часу діагноз ставився, як і в старовині, на основі тільки досвіду і інтуїції лікаря. Завдяки медичній електроніці діагноста проводиться точно і швидко. Наприклад, за допомогою сучасного аналізатора крові можна визначити безліч її параметрів, беручи для дослідження мізерні дози. По кількості білих і че-

рвоних кров'яних тілець, холестерину можна встановити, наскільки ефективно працюють нирки або печінка. Якщо для подібних аналізів використовувати датчики і ЕОМ, то можна за вельми короткий проміжок часу провести вибірку великого числа доз, кожен з них піддати відповідній аналітичній обробці, а результати аналізу надрукувати на папері.

Розглянемо одну з типових для медицини систему – ультразвукову діагностичну установку (рис. 1.1). П'єзоелектричний приймач щільно притискається до тіла пацієнта. У внутрішню область тіла направлений випромінюються ультразвукові хвилі на частоті дещо мегагерц. Ці хвилі потрапляють на різні органи, і частина енергії відображається. Випромінювання і прийом ультразвукових хвиль здійснюються одним і тим же вібратором. Обчислювальна машина проводить обробку відображених ультразвукових сигналів з урахуванням їх часу затримки і інтенсивності. Результати обробки відображаються на екрані електронно-променевої трубки (рис. 1.1).

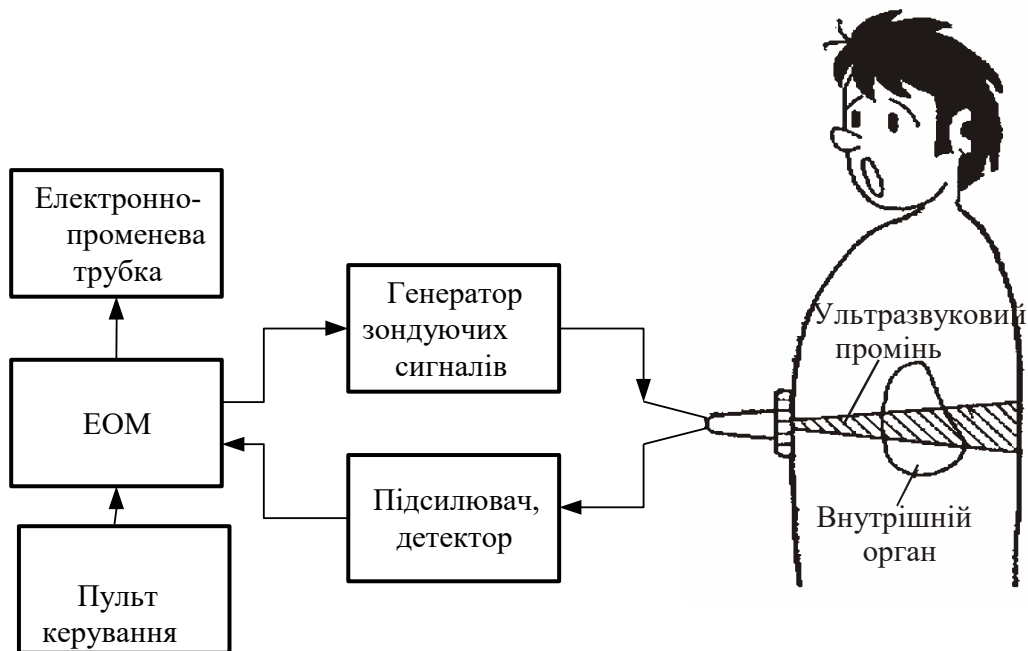


Рисунок 1.1 - Ультразвукова діагностична установка

Основні переваги ультразвукової системи діагностики полягають в наступному:

- порівняно легко розрізняються органи тіла, що складаються з м'яких тканин.
- оскільки в процесі дослідження немає необхідності вводити абищо всередину, примушувати ковтати спеціальні контрастно офарблюючі речовини, діагностика не викликає у пацієнта негативних емоцій.
- відсутні побічні шкідливі дії.
- ультразвукова діагностика застосовується при клінічних дослідженнях хвороб головного мозку, шлунково-кишкового тракту, молочних залоз, органів кровообігу, в гінекології і акушерстві.

Дистанційне зондування (remote sensig) – це отримання даних про об'єкт в результаті обробки на ЕОМ інформації, прийнятої у вигляді відображених або випромінюваних електромагнітних хвиль.

Як датчики дистанційного зондування звичайно використовуються прилади, чутливі до ближньої ультрафіолетової, видимої, дальньої інфрачервоної області спектру, до електромагнітних випромінювань мікрохвильового діапазону і т.п.

Оскільки роль датчиків в вимірювальній техніці елементарна, то їх опис відбувається переважно на основі термінів вимірювальної техніки. Розуміння і правильне використання цих понять дуже важливо при обробці сигналів. Тому необхідно коротко роз'яснити кілька важливих термінів.

Передавальна функція: Перетворення сигналу являє собою функціональну залежність вихідної величини  $x_a$  від вхідної величини  $x_e$ . Ця залежність описується передавальною функцією  $x_a = f(x_e)$ . Графічне представлення передавальної функції  $x_a = f(x_e)$  називається сенсорної характеристикою. Параметром такого графіка є частота вхідної величини. Якщо сенсорна характеристика лінійна або вона наближено лінійна, то виходять прості відносини. Для характеристики дійсно:

$$x_a = x_{a0} + \Delta x_a / \Delta x_e (x_e - x_{e0}),$$



де  $x_{a0}$  - вихідний зсув,  $\Delta x_a$  - вихідна область значень,  $\Delta x_e$  - діапазон вимірювань і  $x_{e0}$  - початок діапазону вимірювань.

*Вимірювання:* Відображення за допомогою датчика і подальше кількісне порівняння з еталоном називається вимірюванням. Датчик, з його похибкою, впливає на вимірювану величину або на результат вимірювання (результат вимірювання = добуток величини міри на одиницю виміру).

*Область вимірювання:* З огляду на існуючі фізичні умови датчик може реалізувати передачу сигналу тільки в області значень між найменшою і найбільшою вимірюваної величиною, якщо при цьому не повинна перевищуватись межа похибки.

*Чутливість:* чутливість або крутизна датчика  $S$  - це частка від зміни вихідної величини і зміни вхідної величини, тобто диференціальне зростання сенсорної характеристики,

$$S = dx_a/dx_e \approx \Delta x_a/\Delta x_e.$$

У лінійної сенсорної характеристики чутливість постійна і називається коефіцієнтом передачі або постійною передачі.

*Роздільна здатність:* роздільна здатність - це найменше реєстрована зміна вимірюваної величини, яка визначається для цифрових пристроїв точністю квантування. При аналогових величинах говорять швидше про поріг спрацьовування. Це найменша, ще реєстрована або зміна вимірюваної величини, що сприймається.

*Похибка відображення:* Похибки можуть зустрічатися як систематично (залежні від розташування або конкретного екземпляра) так і випадково (шум, відхилення і старіння як наслідок навколишніх умов). Разом в результаті вони дають похибку відображення.

*Похибка вимірювання, абсолютна:* Абсолютна похибка вимірювання  $e$  - це різниця між переданим датчиком вимірним значенням  $x_a$  і «істинним» значенням.

*Похибка вимірювання, відносна:* Відносна похибка вимірювання  $e^*$  дорівнює відношенню абсолютної похибки до того значення, яке приймається за істинне:  $e^* = e/x_{іст}$ . Вимірюється в більшості випадків в% або ppm (англ. *parts per million*).

*Калібрування:* Встановлення та мінімізація похибки вимірювання як різниці між значенням величини, отриманої за допомогою датчика, і відповідним значенням, реалізованим за допомогою еталона (за визначенням або порівняльного виміру), позначається як калібрування. Класи похибки вказують на гарантовано меншу відносну похибку. Окремий датчик може бути болем точним завдяки сприятливим випадковостям при його виготовленні.