

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. В. ДАЛЯ
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕЛЕКТРОНІКИ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК ТА ІНЖЕНЕРІЇ

До захисту допускається
Завідувач кафедри
_____ Скарга-Бандурова І.С.
« ____ » _____ 2019 р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

НА ТЕМУ:

«МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПЕРЕТВОРЕННЯ АНАЛОГОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ У
КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ»

Освітньо-кваліфікаційний рівень “Магістр”
Спеціальність 123 – “Комп’ютерна інженерія”

Науковий керівник роботи:

(підпис)

Кардашук В.С.

(ініціали, прізвище)

Консультант з охорони праці:

(підпис)

Критська Я.О.

(ініціали, прізвище)

Студент:

(підпис)

Тараканов А.Ю.

(ініціали, прізвище)

Група:

КІ-17 зм

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет Інформаційних технологій та електроніки
Кафедра Комп'ютерних наук та інженерії
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
Напрямок підготовки 123 "Комп'ютерна інженерія"
(шифр і назва)
Спеціальність 123 "Комп'ютерна інженерія"
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри _____
І.С. Скарга-Бандурова
« _____ » _____ 2019 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Тараканову Антону Юрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Методи та засоби перетворення аналогової інформації у комп'ютерних системах»

керівник проекту (роботи) Кардашук В.С., к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "18" 10 2018 р. № 221/48

2. Строк подання студентом роботи 10.01.2019 р.

3. Вихідні дані до роботи Матеріали переддипломної практики

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____

1. Аналіз методів і засобів постановки задачі досліджень

2. Методи, характеристики та вибір аналого-цифрових перетворювачів

3. Методи застосування аналого-цифрових перетворювачів

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
не передбачено

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Основна частина	Кардашук В.С., к.т.н., доцент		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Критська Я.О., ст. викладач		

7. Дата видачі завдання _____

Керівник _____

(підпис)

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Отримання завдання, збір матеріалів	18.10.18-24.10.18	
2	Огляд літератури й обґрунтування необхідності дослідження	25.10.18-28.10.18	
3	Аналіз методів і засобів постановки задачі досліджень	29.10.18-28.11.18	
4	Аналіз методів, характеристик та вибір АЦП	28.11.18-05.12.18	
5	Методи застосування АЦП	05.12.18-19.12.18	
6	Оформлення пояснювальної записки	19.12.18-08.01.19	
7	Підготовка та подання магістерської роботи до захисту	09.01.19-21.01.19	

Студент _____

(підпис)

Тараканов А.Ю. _____

(прізвище та ініціали)

Науковий керівник _____

(підпис)

Кардашук В.С. _____

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Тараканов А.Ю. Методи та засоби перетворення аналогової інформації у комп'ютерних системах.

В магістерській роботі розглянуто питання застосування аналого-цифрових перетворювачів. Описується процес аналого-цифрового перетворення, розглядаються характеристики і методи побудови аналого-цифрових перетворювачів. Проведено порівняння мікросхем АЦП, що пропонуються різними виробниками. Розглянуто питання вибору АЦП для вимірювання фізичних величин, температури і освітленості. Також розглянуто питання побудови багатоканальних систем збору даних.

Ключові слова: аналого-цифровий перетворювач, аналоговий сигнал, дискретний код, розрядність, шкала, сигма-дельта АЦП, Analog Devices, мікропроцесор, мікроконтролер.

АННОТАЦИЯ

Тараканов А.Ю. Методы и способы преобразования аналоговой информации в компьютерных системах.

В магистерской работе рассмотрены вопросы применения аналого-цифровых преобразователей. Описывается процесс аналого-цифрового преобразования, рассматриваются характеристики и методы построения аналого-цифровых преобразователей. Проведены сравнения микросхем АЦП, предлагаемых различными производителями. Рассмотрены вопросы выбора АЦП для измерения физических величин, температуры и освещенности. Также рассмотрены вопросы построения многоканальных систем сбора данных.

Ключевые слова: аналого-цифровой преобразователь, аналоговый сигнал, дискретный код, разрядность, шкала, сигма-дельта АЦП, Analog Devices, микропроцесор, микроконтроллер.

THE ABSTRACT

Tarakanov Anton. Methods and means of converting analog information into computer systems.

In the master's work the questions of application of analog-digital converters are considered. The process of analog-digital transformation is described, characteristics and methods of construction of analog-digital converters are considered. Comparison of ADC chips offered by different manufacturers is carried out. The choice of ADC for measuring physical quantities, temperature and illumination is considered. Also discussed is the construction of multi-channel data collection systems.

Key words: analog-digital converter, analog signal, discrete code, bit rate, scale, sigma-delta ADC, Analog Devices, microprocessor, microcontroller.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ПЕРЕТВОРЕННЯ АНАЛОГОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ.....	9
1.1. Аналіз структури системи збору даних.....	9
1.2 Аналіз вимірювальних приладів.....	11
1.2.1 Датчики	11
1.2.2 Аналого-цифровий перетворювач	12
1.2.3 Схема узгодження сигналу.....	12
1.2.4 Оброблювач цифрового сигналу.....	13
1.3 Аналіз методів перетворення аналогової інформації	14
1.3.1 Лінійні АЦП.....	14
1.3.2 Нелінійні АЦП	14
1.3.3 Паралельні АЦП	15
1.3.4 АЦП послідовного наближення	16
1.3.5 Сіigma-дельта перетворювачі.....	18
1.3.6 Інтегруючі АЦП.....	20
1.3.7 Постановка задачі дослідження	22
1.4 Висновки до розділу 1	22
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ, ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА ВИБІР АНАЛОГО-ЦИФРОВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ.....	23
2.1 Алгоритм аналого-цифрового перетворення	23
2.2 Методи аналого-цифрових перетворювачів.....	26
2.2.1 Метод паралельного перетворення.....	26
2.2.2 Конвеєрний метод.....	28
2.2.3 Метод послідовного наближення.....	29
2.2.4 Інтегруючі перетворювачі.....	30
2.2.5 Сіigma-дельта АЦП	31
2.3 Висновки до розділу 2	32
РОЗДІЛ 3 МЕТОДИ ЗАСТОСУВАННЯ АНАЛОГО-ЦИФРОВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ.....	33
3.1 Застосування АЦП для вимірювання різних фізичних величин.....	33
3.1.1 Вимірювання напруги і струму	33
3.1.2 Вимірювання температури	34

3.1.3	Вимірювання освітленості	36
3.2	Застосування АЦП в системах збору даних.....	38
3.2.1	Багатоканальні системи збору даних.....	38
3.2.2	Мікросхеми багатоканальних АЦП	39
3.3	Висновки до розділу 3	42
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ		43
4.1	Загальні питання з охорони праці	43
4.2	Аналіз стану умов праці.....	44
4.2.1	Вимоги до приміщень.....	44
4.2.2	Вимоги до організації місця праці	45
4.2.3	Навантаження та напруженість процесу праці.....	46
4.3	Виробнича санітарія.....	47
4.3.1	Аналіз небезпечних та шкідливих факторів при роботі на ПК	47
4.3.2	Пожежна безпека	48
4.3.3	Електробезпека	49
4.4	Гігієнічні вимоги до параметрів виробничого середовища	50
4.4.1	Мікроклімат	50
4.4.2	Освітлення	50
4.4.3	Шум та вібрація, електромагнітне випромінювання.....	53
4.4.4	Вентилювання.....	53
4.5	Заходи з організації виробничого середовища та попередження виникнення надзвичайних ситуацій	54
4.6	Охорона навколишнього природного середовища.....	55
4.7	Висновки до розділу 4	56
ВИСНОВКИ		57
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ		58

ВСТУП

Аналого-цифровий перетворювач (АЦП) – обладнання, яке перетворює вхідні аналогові сигнали у цифрові сигнали (дискретний код) з метою визначення його значень. АЦП у тестовому і вимірювальному устаткуванні - це найважливіший електронний компонент. АЦП перетворить аналоговий сигнал у код. Потім над цим кодом мікропроцесор та програмне забезпечення будуть виконувати певні дії.

Компанія Analog Devices пропонує найширшу в області перетворення лінійку АЦП, здатних задовольнити різні вимоги до продуктивності, енергоспоживання, вартості та габаритів. Бувши провідним світовим постачальником даного виду компонентів компанія Analog Devices пропонує перетворювачі даних, які забезпечують точне та надійне перетворення в широкому спектрі областей застосування, включаючи зв'язок, енергетику, охорону здоров'я, вимірювальну техніку, управління двигунами й джерелами живлення, промислову автоматику, авіаційно-космічну, оборонну техніку тощо. Компанія Analog Devices також пропонує різноманітні інформаційні ресурси, покликані допомогти інженерам на кожному етапі проектування від вибору продуктів до розробки схеми [7].

Актуальність теми. Процес перетворення пов'язаний зі збереженням неповної або часткової інформації про вхідний сигнал пов'язаний з переходом від функції безперервної до функції дискретної. Слід зазначити, що процес з квантування сигналу вносить в перетворення похибку, таку як шум квантування.

Мета і задачі дослідження. Пояснення методів перетворення аналогового сигналу в цифровий; характеристики, які необхідно враховувати при проектуванні систем збору даних з використанням методів перетворення. Огляд діяльності компаній по розробці АЦП.

Об'єкт дослідження – процес перетворення аналогової інформації у цифрову за допомогою аналого-цифрових перетворювачів у комп'ютерних системах.

Предмет дослідження – методи, характеристики аналого-цифрових перетворювачів при виборі того або іншого АЦП у комп'ютерних системах.

Методи дослідження. Для реалізації методів аналого-цифрових перетворювачів у комп'ютерних системах було обрано декілька методів перетворення, а саме: метод паралельного перетворення, конвеєрний метод, метод послідовного наближення.

Наукова новизна магістерської роботи полягає в подальшому удосконаленні методів перетворення аналогової інформації у комп'ютерних системах. На основі проведених досліджень вироблені рекомендації щодо вибору аналого-цифрових перетворювачів.

Структура і обсяг роботи. Магістерська робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань з 43 найменувань на 3 сторінках. Загальний обсяг роботи складає 60 сторінок. Магістерська робота містить 28 рисунків та 5 таблиць.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ПЕРЕТВОРЕННЯ АНАЛОГОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ

1.1. Аналіз структури системи збору даних

Аналіз останніх публікацій. 17 вересня 2018 р. - Норвуд, Масачусетс. Analog Devices анонсує Power by Linear™ LT8708/-1, ефективний двоспрямований контролер регулятора перемикання з байпасом на 98%, який працює між двома батареями з однаковою напругою, які ідеально підходять для резервування в самозарядних автомобілях. LT8708/-1 працює від вхідної напруги, яка може бути вище, нижче або дорівнює вихідній напрузі, що робить його добре підходящим для двох батарей 12В, 24В або 48В, зазвичай використовуваних в електричних та гібридних транспортних засобах. Він працює між двома батареями й запобігає вимиканню системи, якщо одна з батарей виходить з ладу. LT8708/-1 також може використовуватися у двох батареях з напругою 48 В / 12 У и 48 В / 24 В. LT8708/-1 працює з одним індуктором у діапазоні вхідної напруги від 2,8 до 80 У та може створювати вихідну напругу від 1,3 до 80 В, забезпечуючи до декількох кіловатів потужності залежно від вибору зовнішніх компонентів і кількості фаз. Це спрощує перетворення двоспрямованої потужності в системах резервного живлення акумулятора, що потребують регулювання V_{OUT} , V_{IN} та/або I_{OUT} , I_{IN} , як у прямому, так і у зворотному напрямку. Шість незалежних форм регулювання цього обладнання дозволяють використовувати його в численних додатках. LT8708-1 використовується паралельно з LT8708 для додавання потужності й фаз. LT8708-1 завжди працює як підлеглий провідному обладнанню LT8708, може бути синхронізований по фазі й має можливість доставляти стільки потужності, скільки основний. Один або кілька підлеглих обладнань можуть бути підключені до одного провідного обладнання, пропорційно збільшуючи потужність та силу струму системи. Інший додаток - для вхідної напруги для живлення навантаження, де ця ж вхідна напруга використовується для живлення схеми LT8708/-1, що заряджає батарею або банк конденсаторів. Коли вхідна напруга відсутня, навантаження підтримує живлення без збоїв від батареї. Прямий та зворотний струми можна контролювати й обмежувати для вхідних та вихідних сторін перетворювача. Усі чотири граничні значення струму (прямий/зворотний вхід, прямий/зворотний вихід) можуть бути встановлені незалежно з використанням чотирьох резисторів. У комбінації з висновком DIR (напрямок) мікросхема може бути налаштована для обробки потужності від V_{IN} до V_{OUT} або від V_{OUT} до V_{IN} , що ідеально підходить для систем автомобільної, сонячної, телекомунікаційної й акумуляторної систем [7].

Система збору даних (СЗД) являє собою набір апаратних і програмних засобів,

призначений для роботи з персональним комп'ютером, або спеціалізованої ЕОМ і здійснює автоматизований збір інформації про значення фізичних параметрів в заданих точках об'єкта дослідження, первинну обробку, зберігання і передачу даних [1]. Системи збору даних є невід'ємною частиною систем автоматизованого управління (САУ).

Залежно від способу представлення, що обробляється інформація може бути представлена в аналоговій або цифровій формі.

Аналоговий сигнал - безперервний або дискретний у часі сигнал, амплітуда якого може безперервно змінюватися від найменшого до найбільшого меж.

Цифровий сигнал - безперервний або дискретний у часі сигнал, амплітуда якого може приймати кінцеве число значень від найменшого до найбільшого меж. Дані значення можуть бути представлені в числовій формі, зручній для цифрової обробки сигналів, наприклад у вигляді послідовності бітів 0 і 1 [2].

Для перетворення сигналів з однієї форми в іншу використовуються аналого-цифрові (АЦП) і цифро-аналогові перетворювачі (ЦАП).

Як приклад спільного використання аналогових і цифрових сигналів можна розглянути систему контролю температури, структурна схема якої представлена на рисунку 1.1. Тут кожен блок представляє собою окрему функціональну частину системи. Вимірюється температура являє собою аналоговий сигнал, який повинен бути оброблений в цифровому вигляді. За допомогою датчика здійснюється вимірювання температури і перетворення її в залежність напруги або струму від часу. Отримана залежність через схему узгодження сигналу надходить на вхід АЦП, де проводиться її перетворення в цифровий вигляд. З виходу АЦП дані надходять на обробник цифрового сигналу, в якості якого може виступати мікроконтролер, який оцінює поточне значення температури і на підставі закладеної програми видає керуючий вплив. Керуючий вплив перетворюється в напругу або струм, що подається на схему управління, за допомогою ЦАП. Згідно з отриманими даними, схема управління включає нагрів або охолодження.



Рисунок 1.1 – Система контролю температури

За збір даних в даній системі відповідає ланцюжок пристроїв датчик - схема узгодження - АЦП - обробник. Дані функціональні блоки присутні в більшості систем збору даних. Розглянемо їх докладніше.

1.2 Аналіз вимірювальних приладів

1.2.1 Датчики

Вимірювання параметрів досліджуваного об'єкта є найбільш важливим завданням роботи СЗД.

Виміром є процес отримання кількісної інформації про об'єкт, яким може служити предмет, фізична система, явище і т.д. [3].

Процес вимірювання полягає в перетворенні вхідної вимірюваної величини в форму, зручну для обробки, наприклад, в електричний сигнал. При цьому кожному значенню вхідної величини, вираженої в тих чи інших одиницях вимірювання, ставиться у відповідність певне значення електричного сигналу. Як інструменти для вимірювань застосовуються спеціальні технічні засоби - датчики, що мають документовані метрологічні характеристики.

Існує велика кількість датчиків, призначених для вимірювання різних фізичних величин: тиску, рівня, потоку, температури, прискорення і т.д.

1.2.2 Аналого-цифровий перетворювач

Бурхливе зростання і розвиток мікропроцесорної техніки призвели до того, що обробляти і зберігати інформацію, представлену в цифровій формі, набагато зручніше, ніж в аналоговій. Оскільки первинна інформація для СЗД представлена в аналоговій формі, важливою частиною системи є блок аналого-цифрового перетворення.

Завдання вибору з різноманіття пропонованих АЦП, що мають різну архітектуру і характеристики, є однією з найважливіших при проектуванні СЗД. На даний вибір впливають такі характеристики вимірюваних сигналів, як допустима похибка вимірювань і швидкість зміни. На рисунку 1.2 представлені деякі можливі джерела сигналів і залежність розрядності двійкового коду, яким вони можуть бути представлені, від частоти.



Рисунок 1.2 - Динаміка зміни сигналів фізичного світу

1.2.3 Схема узгодження сигналу

В ідеальних умовах для отримання інформації в цифровому вигляді датчика і АЦП було б достатньо. Однак на практиці це не так. Сигнал, знятий з датчика, може мати амплітуду в кілька мілівольт, робота з таким сигналом для аналого-цифрового перетворювача скрутна. Крім того, даний сигнал може містити шуми і зайві гармоніки, що може служити причиною розкиду вихідних даних АЦП.

Можна, звичайно, перекласти обробку сигналу на плечі цифрового процесора, посилення і фільтрацію сигналу реалізувати програмно, однак такий підхід виллється в зниження продуктивності процесора.

Більш ефективним рішенням є введення аналогових узгоджувальних ланцюгів посилення і фільтрації сигналу. Однак невірно спроектовані ланцюги можуть стати додатковими джерелами шумів.

1.2.4 Оброблювач цифрового сигналу

Проробивши довгий шлях, зазнавши ряд перетворень, інформація про вимірюваній фізичній величині потрапляє на вхід обробника цифрового сигналу. В якості нього можуть виступати мікроконтролери, мікропроцесорні системи, персональні комп'ютери або спеціалізовані ЕОМ, в залежності від складності СЗД.

Даний функціональний блок може виконувати широкий спектр завдань, таких як:

- перетворення отриманої інформації в вигляд, зручний для відображення на індикаторах і дисплеях;
- цифрова обробка сигналу, посилення, фільтрація із застосуванням БИХ, КИХ фільтрів, перетворенням Фур'є;
- зберігання даних у внутрішній або зовнішній пам'яті;
- передача даних з того чи іншого інтерфейсу.

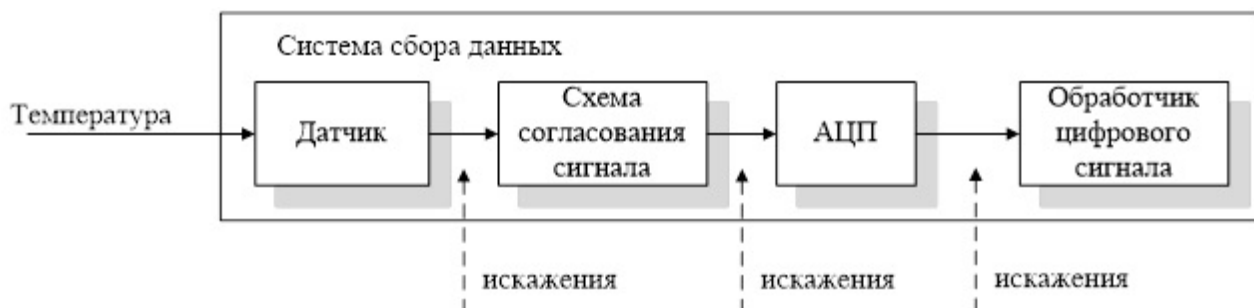


Рисунок 1.3 - Спотворення, що вносяться в сигнал

1.3 Аналіз методів перетворення аналогової інформації

1.3.1 Лінійні АЦП

Більшість АЦП вважаються лінійними, хоча аналого-цифрове перетворення, по суті, є нелінійним процесом (оскільки операція відображення безперервного простору в дискретне – операція нелінійна).

Термін *лінійний* стосовно до АЦП означає, що діапазон вхідних значень, відображуваний на вихідне цифрове значення, зв'язаний за лінійним законом із цим вихідним значенням, тобто вихідне значення k досягається при діапазоні вхідних значень від

$$m(k + b) \text{ до } m(k + 1 + b),$$

де m і b – деякі константи. Константа b , як правило, має значення 0 або $-0,5$. Якщо $b=0$, АЦП називають квантователь із ненульовим ступенем (mid-rise), якщо ж $b = -0,5$, то АЦП називають квантователь із нулем у центрі кроку квантування (mid-tread).

1.3.2 Нелінійні АЦП

Якби щільність ймовірності амплітуди вхідного сигналу мала рівномірний розподіл, то відношення сигнал/шум (стосовно до шуму квантування) було б максимально можливим. Із цієї причини звичайно перед квантуванням по амплітуді сигнал пропускають через безінерційний перетворювач, передатна функція якого повторює функцію розподілу самого сигналу. Це поліпшує вірогідність передачі сигналу, тому що найбільш важливі області амплітуди сигналу квантуються із кращим дозволом. Відповідно, при цифро-аналогові перетворенні буде потрібно обробити сигнал функцією, зворотної функції розподілу вихідного сигналу.

Це той же принцип, що й використовуваний у компандерах, застосовуваних у магнітофонах і різних комунікаційних системах, він спрямований на максимізацію ентропії. (Не плутати компандер з компресором!)

Наприклад, голосовий сигнал має лапласово розподілення амплітуди. Це означає, що околиця нуля по амплітуді несе більше інформації, чому області з більшою амплітудою. Із цієї причини логарифмічні АЦП часто застосовуються в системах передачі голоса для збільшення динамічного діапазону переданих значень без зміни якості передачі сигналу в області малих амплітуд.

8-бітні логарифмічні АЦП із a -законом або μ -законом забезпечують широкий динамічний діапазон і мають високий дозвіл у найбільш критичному діапазоні малих амплітуд;

лінійний АЦП із подібною якістю передачі повинен був би мати розрядність близько 12 біт.

1.3.3 Паралельні АЦП

Більшість високошвидкісних осцилографів і деякі високочастотні вимірювальні прилади використовують паралельні АЦП через їхню високу швидкість перетворення, яка може досягати 5Г (5*10⁹) відліків/с для стандартних обладнань і 20Г відліків/с для оригінальних розробок. Звичайно паралельні АЦП мають дозвіл до 8 розрядів, але зустрічаються також 10-ти розрядні версії.

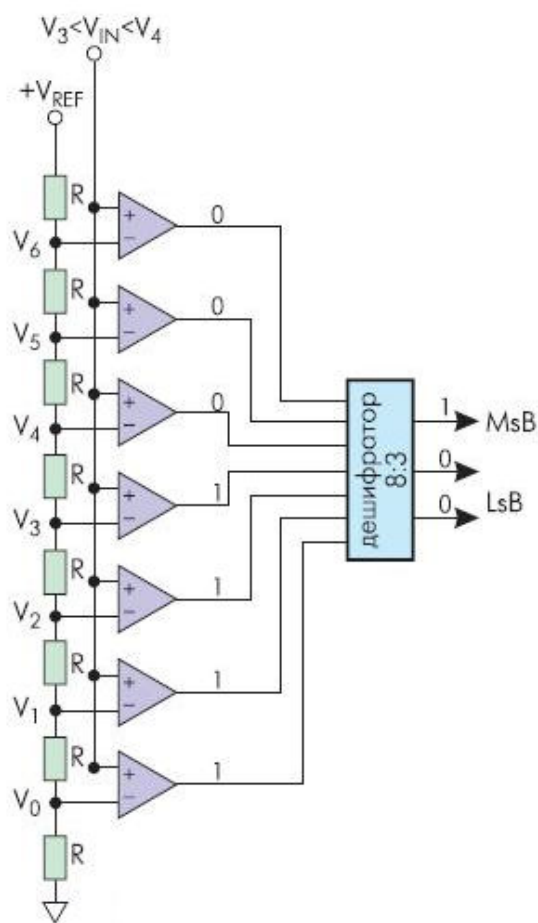


Рисунок 1.4 – АЦП паралельного перетворення.

Рисунок 1.4 показує спрощену блок-схему 3-х розрядного паралельного АЦП (для перетворювачів з більшим дозволом принцип роботи зберігається). Тут використовується масив компараторів, кожний з яких порівнює вхідну напругу з індивідуальною опорною напругою. Така опорна напруга для кожного компаратора формується на вбудованому прецизійному

резистивному дільнику. Значення опорних напруг починаються зі значення, рівного половині молодшого значущого розряду (LSB), і збільшуються при переході до кожного наступного компаратора із кроком, рівним $V_{REF} / 23$. У результаті для 3-х розрядного АЦП потрібно $2^3 - 1$ або сім компараторів. А, наприклад, для 8-розрядного паралельного АЦП буде потрібно вже 255 (або $(2^8 - 1)$) компараторів.

Зі збільшенням вхідної напруги компаратори послідовно встановлюють свої виходи в логічну одиницю замість логічного нуля, починаючи з компаратора, відповідального за молодший значущий розряд. Можна представити перетворювач як ртутний термометр: з ростом температури стовпчик ртуті піднімається. На рисунку 1.4 вхідна напруга попадає в інтервал між V_3 і V_4 , у такий спосіб 4 нижніх компаратора мають на виході "1", а верхні три компаратори - "0". Дешифратор перетворить $(2^3 - 1)$ - розрядне цифрове слово з виходів компараторів у двійковий 3-х розрядний код.

Паралельні АЦП – досить швидкі обладнання, але вони мають свої недоліки. Через необхідність використовувати велику кількість компараторів паралельні АЦП споживають значну потужність, і їх недоцільно використовувати в додатках з батарейним харчуванням.

1.3.4 АЦП послідовного наближення

Коли необхідний дозвіл 12, 14 або 16 розрядів і не потрібна висока швидкість перетворення, а визначальними факторами є невисока ціна й низьке енергоспоживання, те звичайно застосовують АЦП послідовного наближення. Цей тип АЦП найчастіше використовується в різноманітних вимірювальних приладах і в системах збору даних. У даний момент АЦП послідовного наближення дозволяють вимірювати напругу з точністю до 16 розрядів із частотою дискретизації від 100 К (1×10^3) до 1М (1×10^6) відліків/с.

Рисунок 1.5 показує спрощену блок-схему АЦП послідовного наближення. В основі АЦП даного типу лежить спеціальний регістр послідовного наближення. На початку циклу перетворення всі виходи цього регістру встановлюються в логічний 0, за винятком першого (старшого) розряду. Це формує на виході внутрішнього цифро-аналогового перетворювача (ЦАП) сигнал, значення якого дорівнює половині вхідного діапазону АЦП. А вихід компаратора перемикається в стан, що визначає різницю між сигналом на виході ЦАП і вимірюваною вхідною напругою.

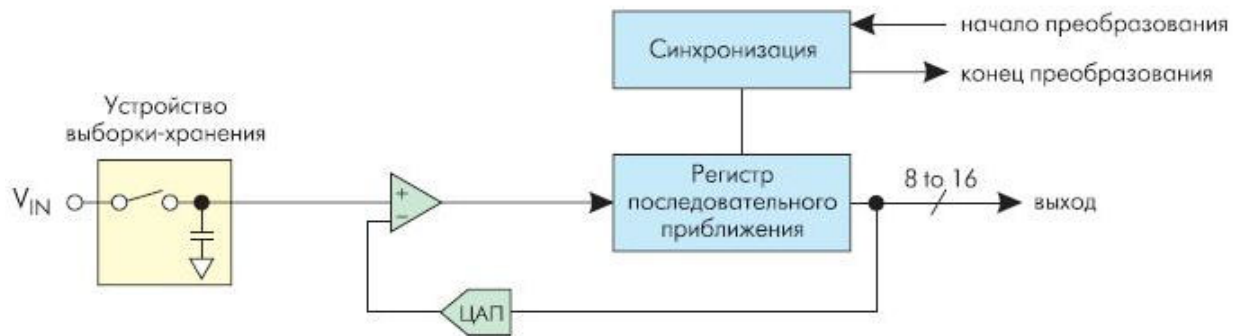


Рисунок 1.5 – АЦП послідовного наближення

Наприклад, для 8-розрядного АЦП послідовного наближення (рисунок 1.6) виходи регістру при цьому встановлюються в "10000000". Якщо вхідна напруга менше половини вхідного діапазону АЦП, тоді вихід компаратора прийме значення логічного 0. Це дає регістру послідовного наближення команду перемкнути свої виходи в стан "01000000", що відповідно приведе до зміни вихідної напруги із ЦАП, подаваного на компаратор. Якщо при цьому вихід компаратора як і раніше залишався б в "0", то виходи регістру перемкнулися б у стан "00100000". Але на цьому такті перетворення вихідна напруга ЦАП менше, чим вхідна напруга (рисунок 1.6), і компаратор перемикається в стан логічної 1. Це пропонує регістру послідовного наближення зберегти "1" у другому розряді й подати "1" на третій розряд. Описаний алгоритм роботи потім знову повторюється до останнього розряду. Таким чином, АЦП послідовного наближення потрібно один внутрішній такт перетворення для кожного розряду, або N тактів для N-розрядного перетворення.

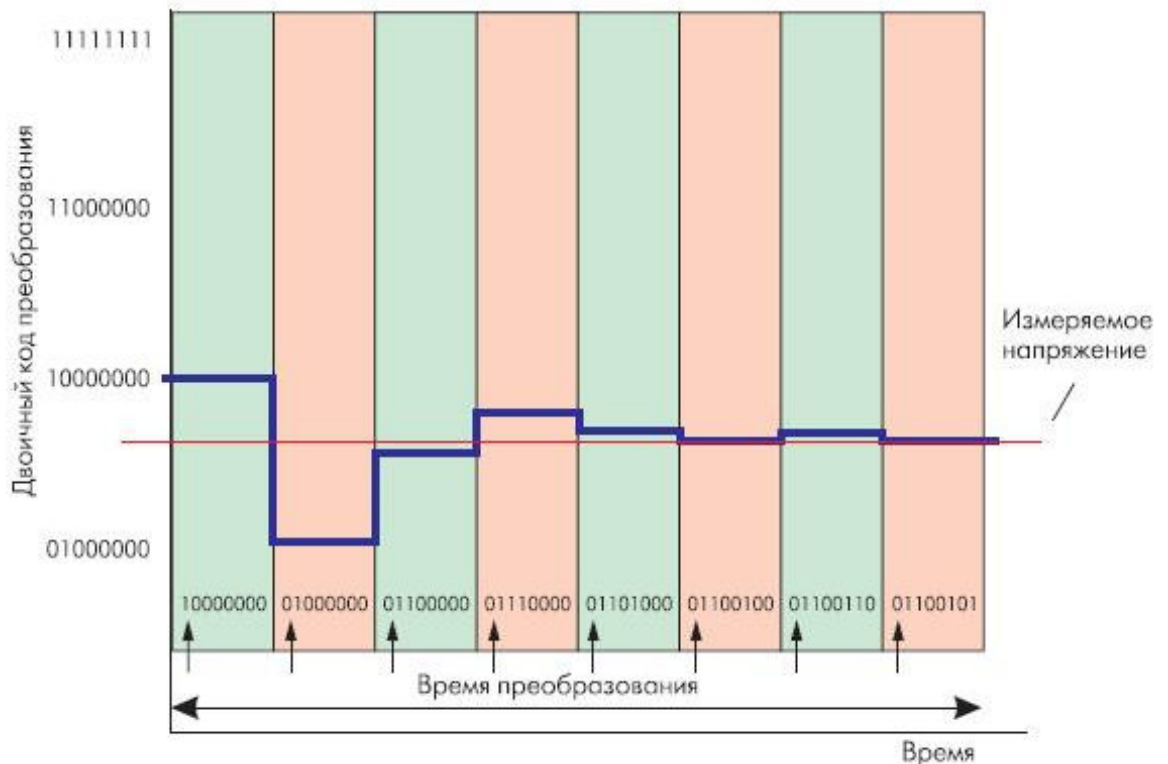


Рисунок 1.6 – Перетворення в АЦП послідовних наближень

Проте, робота АЦП послідовного наближення має особливість, пов'язану з перехідними процесами у внутрішньому ЦАП. Теоретично, напруга на виході ЦАП для кожного з N внутрішніх тактів перетворення повинне встановлюватися за однаковий проміжок часу. Але насправді цей проміжок у перших тактах значно більше, чим в останні. Тому час перетворення 16-розрядного АЦП послідовного наближення більш, ніж у два рази перевищує час перетворення 8-розрядного АЦП даного типу.

1.3.5 Сігма-дельта перетворювачі

Для проведення більшості вимірів часто не потрібно АЦП зі швидкістю перетворення, яку дає АЦП послідовного наближення, зате необхідна більша розв'язна здатність. Сігма-дельта АЦП можуть забезпечувати розв'язну здатність до 24 розрядів, але при цьому уступають у швидкості перетворення. Так, у сігма-дельта АЦП при 16 розрядах можна одержати частоту дискретизації до 100 К відліків/с, а при 24 розрядах ця частота падає до 1 К відліків/с і менш, залежно від обладнання.

Звичайно сігма-дельта АЦП застосовуються в різноманітних системах збору даних і у вимірвальнім устаткуванні (вимір тиску, температури, ваги й т.п.), коли не потрібна висока

частота дискретизації й необхідний дозвіл більш 16 розрядів.

Принцип роботи сігма-дельта АЦП складніше для розуміння. Ця архітектура ставиться до класу інтегруючих АЦП. Але основна особливість сігма-дельта АЦП полягає в тому, що частота проходження вибірок, при яких властиво й відбувається аналіз рівня напруги вимірюваного сигналу, суттєво перевищує частоту появи відліків на виході АЦП (частоту дискретизації). Ця частота проходження вибірок називається частотою передискретизації. Так, сігма-дельта АЦП зі швидкістю перетворення 100 К відліків/с, у якому використовується частота передискретизації в 128 раз більше, буде робити вибірку значень вхідного аналогового сигналу із частотою 12.8М відліків/с.

Блок-схема сігма-дельта АЦП першого порядку наведена на рисунку 1.7. Аналоговий сигнал подається на інтегратор, виходи якого приєднані до компаратора, який у свою чергу приєднаний до 1-розрядному ЦАП у петлі зворотного зв'язку. Шляхом серії послідовних ітерацій інтегратор, компаратор, ЦАП і суматор дають потік послідовних бітів, у якому утримується інформація про величину вхідної напруги.

Результуюча цифрова послідовність потім подається на фільтр нижніх частот для придушення компонентів із частотами вище частоти Котельникова (вона становить половину частоти дискретизації АЦП). Після видалення високочастотних складових наступний вузол - дециматор - проріджує дані. У розглянутому нами АЦП дециматор буде залишати 1 біт з кожних отриманих 128 у вихідній цифровій послідовності.

Тому що внутрішній цифровий ФНЧ у сігма-дельта АЦП являє собою невід'ємну частину для здійснення процесу перетворення, час установлення ФНЧ стає фактором, який необхідно враховувати при стрибкоподібній зміні вхідного сигналу. Наприклад, при перемиканні вхідного мультиплексора або при перемиканні межі виміру приладу необхідно почекати, поки пройдуть трохи відліків АЦП, і лише потім зчитувати коректні вихідні дані.

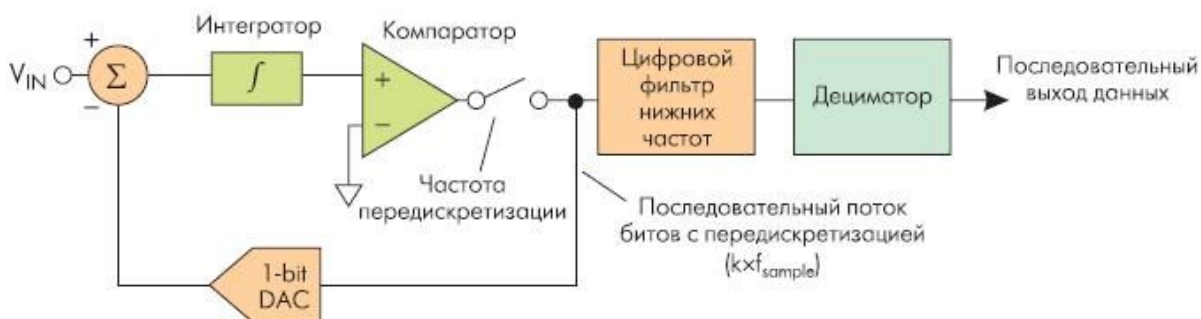


Рисунок 1.7 – Сігма-дельта АЦП

Додатковою й дуже важливою гідністю сігма-дельта АЦП є те, що всі його внутрішні вузли можуть бути виконані інтегральним способом на площі одного кремнієвого кристала. Це помітно знижує вартість кінцевих обладнань і підвищує стабільність характеристик АЦП.

1.3.6 Інтегруючі АЦП

І останній тип – АЦП двотактного інтегрування. У цифрових мультиметрах, як правило, використовуються саме такі АЦП, тому що в цих вимірювальних приладах необхідна комбінація високого дозволу й високого поміхо придушення. Ідея перетворення в такому інтегруючому АЦП набагато менш складна, чому в сігма-дельта АЦП.

На рисунку 1.8 показаний принцип роботи АЦП двотактного інтегрування. Вхідний сигнал заряджає конденсатор протягом фіксованого періоду часу, який звичайно становить один період частоти живильної мережі (50 або 60 Гц) або кратний йому. При інтегруванні вхідного сигналу протягом проміжку часу такої тривалості високочастотні перешкоди пригнічуються. Одночасно виключається вплив нестабільності напруги мережного джерела харчування на точність перетворення. Це відбувається тому, що значення інтеграла від синусоїдального сигналу дорівнює нулю, якщо інтегрування здійснюється в тимчасовому інтервалі, кратному періоду зміни синусоїди.

По закінченню часу заряду АЦП розряджає конденсатор з фіксованою швидкістю, у той час як внутрішній лічильник підраховує кількість тактових імпульсів за час розряду конденсатора. Більший час розряду, таким чином, відповідає більшому значенню показань лічильника й більшій вимірюваній напрузі (рисунок 1.8).

АЦП двотактного інтегрування мають високу точність і високу розв'язну здатність, а також мають порівняно просту структуру. Це дає можливість виконувати їх у вигляді інтегральних мікросхем. Основний недолік таких АЦП - великий час перетворення, обумовлене прив'язкою періоду інтегрування до тривалості періоду живильної мережі. Наприклад, для 50 Гц - устаткування частота дискретизації АЦП двотактного інтегрування не перевищує 25 відліків/с. Звичайно, такі АЦП можуть працювати й з більшою частотою дискретизації, але при збільшенні останньої перешкодозахищеність падає.

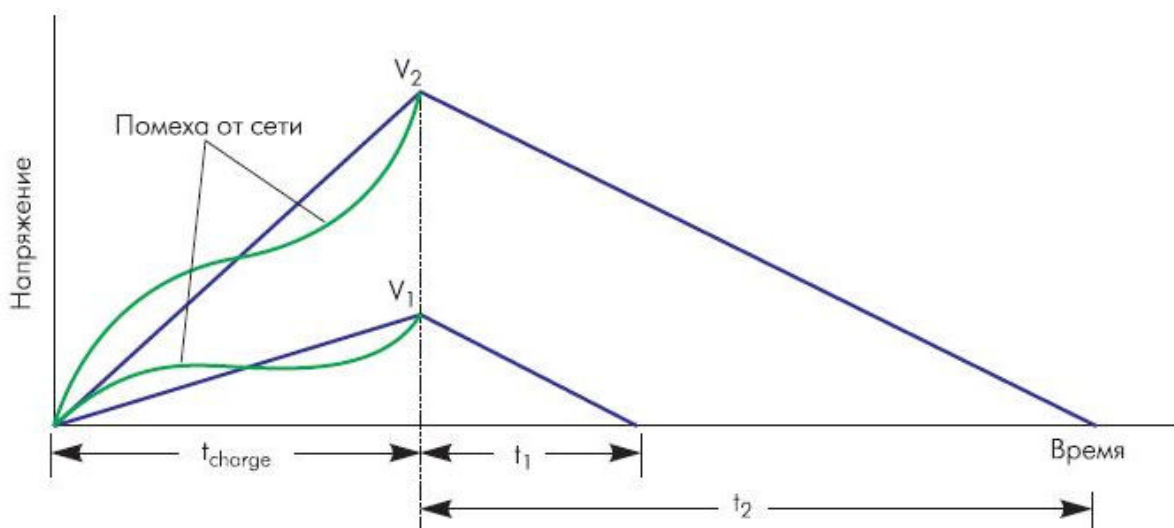


Рисунок 1.8 – Інтегруючий АЦП. Зеленим кольором показана перешкода від мережі (1 період).

Компанія Analog Devices розробляє й робить напівпровідникові продукти й готові рішення. Компанія дає замовникам можливість представляти аналоговий і цифровий мир навколо нас за допомогою унікальних технологій розпізнавання, виміру й зв'язку.

При цьому більш половини доходів Analog Devices одержує від виробництва стандартних лінійних інтегральних мікросхем, а по виробництві перетворювачів даних (АЦП, ЦАП) Analog Devices посідає перше місце у світі, випереджаючи по цьому показникові своїх найближчих конкурентів більш, ніж в 4 рази.

Продукція Analog Devices широко використовуються в системах комунікацій, у комп'ютерній, військовій і аерокосмічній техніці, системах контролю й керування для атомної енергетики, медичним приладобудуванні, у високоякісній побутовій електронній техніці.

У липні 2014 року компанія Analog Devices придбала повний пакет акцій компанії Hittite Microwave – розроблювача й виробника інноваційних, високоякісних інтегрованих схем, модулів, підсистем і засобів виміру для діапазонів ВЧ і СВЧ. Об'єднання можливостей Analog Devices і Hittite Microwave дозволило забезпечити замовників більш повними рішеннями й вийти на нові сегменти ринків промислової техніки, інфраструктури систем зв'язки й автомобільної промисловості. Компанія Analog Devices, пропонує продукти, що працюють у всім частотному діапазоні від нуля до частот понад 100 ГГц.

У липні 2016 року Analog Devices оголосила про покупку компанії Linear Technology. Унікальна комбінація інженерного таланта, технологій і досвіду застосування, виробничих і маркетингових можливостей приведуть до створення світового лідера в області

високопродуктивних аналогових мікросхем: перетворювачів даних, інтегральних мікросхем керування харчуванням, підсилювачів, інтерфейсних компонентів і ВЧ/ СВЧ компонентів.

1.3.7 Постановка задачі дослідження

Процес перетворення пов'язаний зі збереженням неповної або часткової інформації про вхідний сигнал пов'язаний з переходом від функції безперервної до функції дискретної. Слід зазначити, що процес з квантування сигналу вносить в перетворення похибку, таку як шум квантування. Це є одною з важливих проблем, яку треба вирішити.

По способу застосовуваних алгоритмів АЦП ділять на:

- послідовні прямого перетворення
- послідовного наближення
- послідовні із сігма-дельта-модуляцією
- паралельні одноступінчасті
- паралельні двох- і більш сідчасті (конверсні)

АЦП перших двох типів мають на увазі обов'язкове застосування у своєму складі пристрою вибірки і зберігання (ПВЗ). Це обладнання служить для запам'ятовування аналогового значення сигналу на час, необхідне для виконання перетворення. Без нього результат перетворення АЦП послідовного типу буде недостовірним. Випускаються інтегральні АЦП послідовного наближення, що як містять у своєму складі ПВЗ, що так і вимагають зовнішнє ПВЗ.

1.4 Висновки до розділу 1

Збір даних являє собою складний процес перетворення вимірюваної величини в форму, зручну для обробки. Кожне перетворення вхідного сигналу, проте, може вносити додаткові перекручування (рисунок 1.3); тому завдання проектування системи збору даних включає в себе підзадачі проектування її складових частин. Одним з найважливіших ланок СЗД є блок аналого-цифрового перетворення, що виконує функцію перетворення сигналу з аналогової в цифрову форму. Проблема вибору АЦП далі буде розглянута докладніше.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ, ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА ВИБІР АНАЛОГО-ЦИФРОВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

2.1 Алгоритм аналого-цифрового перетворення

Алгоритм аналого-цифрового перетворення включає в себе наступні етапи:

- вибірка значень вихідної аналогової величини в деякі дискретні моменти часу, тобто дискретизація сигналу за часом;
- округлення отриманої в деякі моменти часу послідовності значень вихідної аналогової величини до деяких відомих величин, тобто квантування сигналу за рівнем;
- заміна знайдених квантованих значень деякими числовими кодами, тобто кодування сигналу.

Процес перетворення аналогового сигналу в цифровий розглянемо на рисунку 2.1.

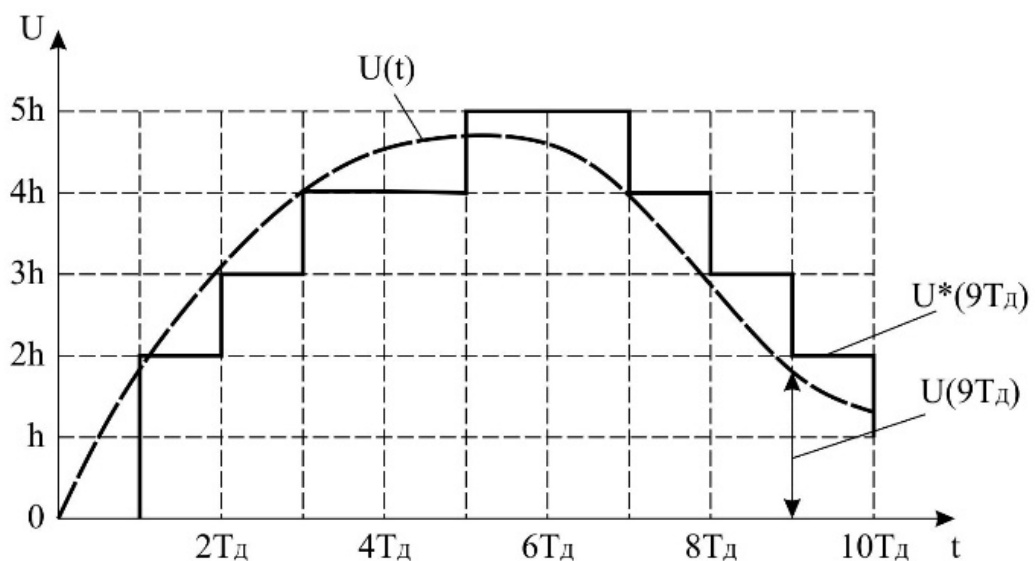


Рисунок 2.1 – Перетворення аналогового сигналу в цифровий

На рисунку 2.1 зазначено аналогову систематичність $U(t)$. З метою отримання значення її дискретного еквіваленту, вибираємо її деякі значення через певні відрізки часу T_d . Періоди дискретизації є величинами T_d і відповідно є процесами обміну вихідних аналогових функцій $U(t)$ дискретних функцій $U(nT_d)$ тобто дискретизацією.

При цьому, отримана функція залишається аналоговою тому, що може приймати безкінечне число значень.

Слід помітити, що процеси квантування за рівнями дискретних функцій $U(nT_d)$ полягають в відображенні безкінечної кількості її значень на деякі кінцеві купи значень U^*n , що є рівнями квантування. З метою проведення даних операцій повні динамічні діапазони змін дискретних функцій $U(nT_d)$ розбиваються на задані числа рівнів N та здійснюють округлення кожній з величин $U(nT_d)$ до наступного рівня U^*n . Таким чином, різниця між двома сусідніми рівнями квантування називається кроком квантування h .

Для забезпечення здійснювання завершального етапу перетворення обирають сигнал, який зможе показувати не менш $(N+1)$ значень і кожному дискретному значенню U^*n порівняти якісь сигнал.

Проаналізувавши дане рішення, можна зробити висновок, що процеси перетворення пов'язаний з утратою певних частин інформації про вхідний сигнал при переході від безперервної функції до функції дискретної. Як зазначалося вище, квантування сигналу це процес, який вносить в перетворення похибку - шум квантування. З метою уникнення зазначених похибок потрібно підвищувати частоту дискретизації й розрядність аналого-цифрових перетворювачів.

Мікросхеми аналого-цифрових перетворювачів можна охарактеризувати великим спектром різноманітних параметрів, такі як діапазон робочої температури, розміри мікросхем та інші. Характеристика зазначається в документації на кожен конкретний вид мікросхем та враховуються для проектування справжніх приладів.

Виробники у каталозі мікросхеми вказують інформацію про:

- розрядність (4 - 31біт);
- число вибірок в сек. (до 3,6GSPS);
- число каналів (1 - 64) - число аналогових входів;
- інтерфейс, що підтримується (SPI, I2C, LVDS);
- напруження живлення (уніполярна/біполярна), опорне напруження (від декількох до кількох десятків вольт);
- діапазон вхідного коду;
- потужність споживання;
- вартість (самі дешеві АЦП можуть коштувати навіть менше одного долара; вартість мікросхем, які застосовуються у військовій та космічній галузях, можуть коштувати декілька тисяч доларів).

У таблиці 2.1 надано мікросхеми АЦП, що пропонуються різними виробниками [7 – 9].

Таблиця 2.1 – Параметри мікросхем АЦП різних виробників

Виробник	Найменування	Архітектура	Розрядність, біт	Число вбірок, SPS	Число каналів	Підтримка інтерфейсу
Analog Devices	AD9484	конвеєрна	8	1G	1	Par
	AD7995	послед. приבל.	10	140K	4	I ² C/2-Wire
	AD6672	конвеєрна	11	250M	1	LVDS
	AD10465	конвеєрна	14	65M	2	Par
	AD7856	послед. приבל.	14	285K	8	SPI
	AD7714	сігма-дельта	24	1K	5	SPI
Texas Instruments	TLC5510A	Флеш	8	20M	1	Par CMOS
	ADS7961	послед. приבל.	8	1M	16	SPI
	THS1007	конвеєрна	10	6M	4	Par CMOS
	ADC12D1800		12	3,6G	2	
	ADS5400-SP	конвеєрна	12	1G	1	LVDS, SPI
	ADS8284	послед. приבל.	18	1M	4	Par CMOS
	DDC264	сігма-дельта	20	6,25K	64	
	ADS1282	сігма-дельта	31	4K	2	SPI
MAXIM	MAX11642	послед. приבל.	8	300K	16	SPI
	MAX11101	послед. приבל.	14	200K	1	Micro wire, QSPI, SPI
	MAX1401	сігма-дельта	18	4,8K	5	SPI
	MAX11202	сігма-дельта	24	0,12K	1	SPI

2.2 Методи аналого-цифрових перетворювачів

АЦП поділяються на два великі класи [6]:

- що працюють на частоті Найквіста (Nyquist-rate);
- з передискретизацією (oversampling).

Відмінності між даними підходами показані на рисунку 2.2. Тут спектр частот вхідного сигналу обмежений частотою f_B . Згідно з теоремою Найквіста-Шеннона (теорема Котельникова), для його відновлення з наперед заданою похибкою, необхідно дискретизувати його з частотою $f_s > 2f_B$ ($f_s = 2f_B$ – частотою Найквіста).

Як бачимо з рисунку 2.2, з ростом частоти дискретизації збільшується захист від накладення спектрів, що знижує шум квантування. Частота передискретизації може в кілька десятків разів перевищувати частоту Найквіста.

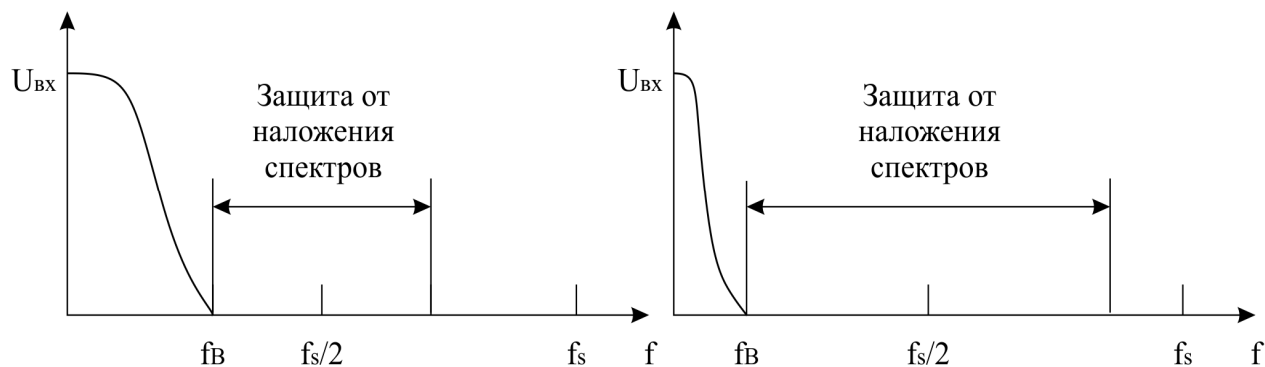


Рисунок 2.2 – Порівняння підходів до вибору частоти дискретизації

Таким чином, в АЦП першого класу алгоритм перетворення повинен бути виконаний за один або кілька періодів дискретизації (цикл), в залежності від спектру частот вхідного сигналу; АЦП другого класу дозволяють витратити на перетворення кілька десятків циклів. Звідси впливає основна відмінність між перетворювачами: АЦП з передискретизацією мають більшу розрядність, в порівнянні з АЦП, що працюють на частоті Найквіста; проте їх швидкодія менше.

Проведемо дослідження типових методів АЦП.

2.2.1 Метод паралельного перетворення

Даний метод, що має назву full-flash, ставиться до АЦП 1-ого класу (рисунку 2.3).

N -розрядний аналого-цифровий перетворювач даного класу включає $(2^N - 1)$

компараторів та стільки ж початків опорних напружень. На чергових циклах вхідних напружень зберігаються схеми вибірки й зберігання. Потім трапляється його зрівняння із всіма опорними напруженнями. Внаслідок чого з виходу компаратора усувається 2^N-1 - розрядний сигнал, який трансформується дешифратором у вихідний код.

Втілення розв'язання трансформування в такому аналого-цифровому перетворювачі реалізується за 1 цикл, тому такий метод дає змогу досягнути максимальної швидкої дії. Однак, зі зростанням розрядності кількість частин схем і ділянка кристала збільшується в геометричній прогресії. Через те розрядність аналого-цифрового перетворювача паралельного перетворення мало коли буває більш ніж 8 біт.

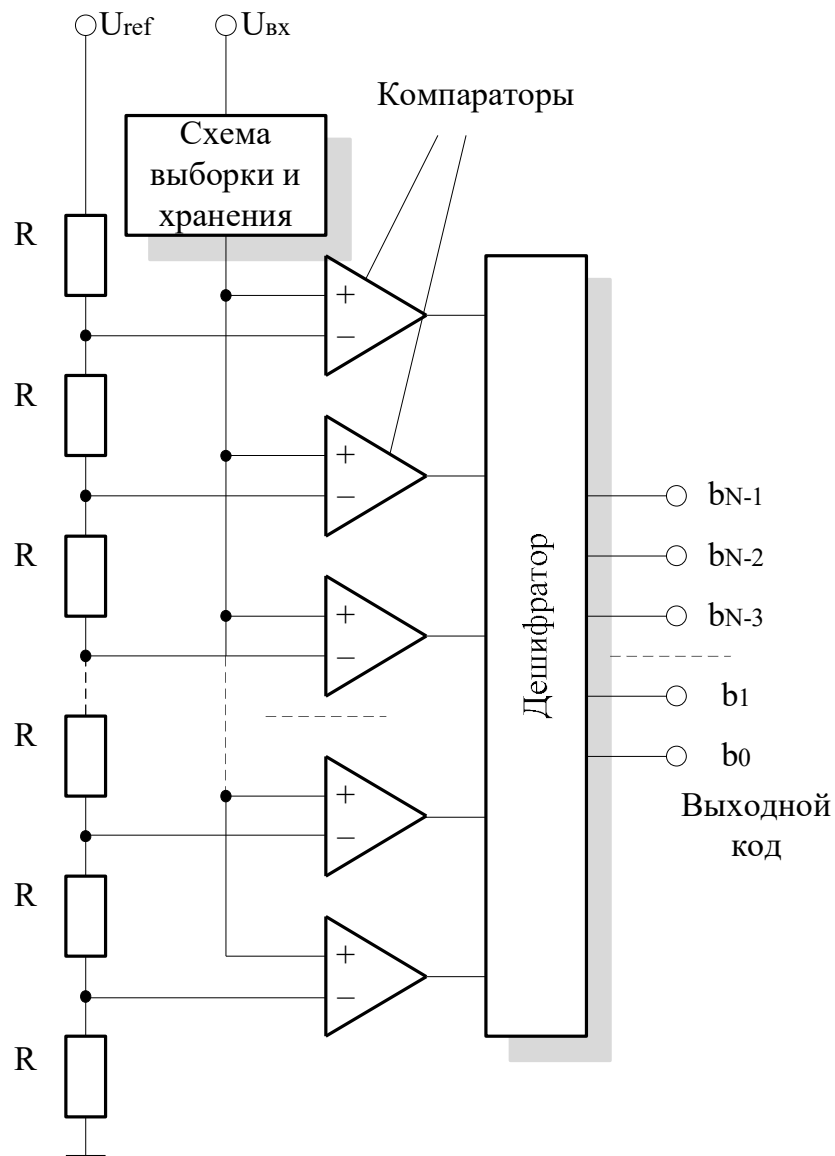


Рисунок 2.3 – Структура схеми аналого-цифрового перетворювача паралельного перетворення

2.2.2 Конвеєрний метод

Даний метод дозволяє підвищити розрядність full-flash АЦП шляхом реалізації алгоритму перетворення в кілька етапів (рисунок 2.4). Тут вхідна напруга зберігається в схемі вибірки і зберігання, після чого М-бітний АЦП виробляє грубу оцінку вхідного сигналу (отримання старших М бітів). Цифро-аналоговий перетворювач потім перетворить цифровий код в аналоговий сигнал, який віднімається з вхідного сигналу. Залишок перетворюється в АЦП для отримання молодших N бітів.

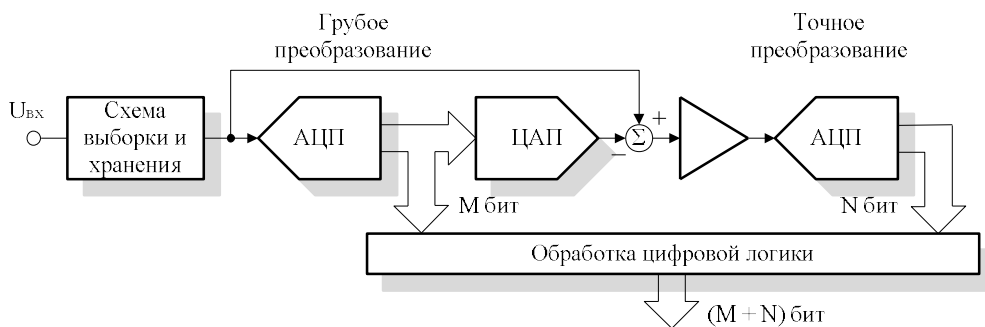


Рисунок 2.4 – Структурна схема конвеєрного АЦП

При використанні 8-розрядних АЦП паралельного перетворення такий підхід дозволяє отримати 16-бітний АЦП. При цьому число компараторів становить 510. Для реалізації 16-бітного АЦП паралельного перетворення необхідно було б 65536 компаратора. У загальному випадку можна використовувати K АЦП, включених послідовно (рисунок 2.5). Час, витрачений на алгоритм перетворення, при цьому становить $(K+1)$ циклів, включаючи цикл вибірки вхідної напруги.

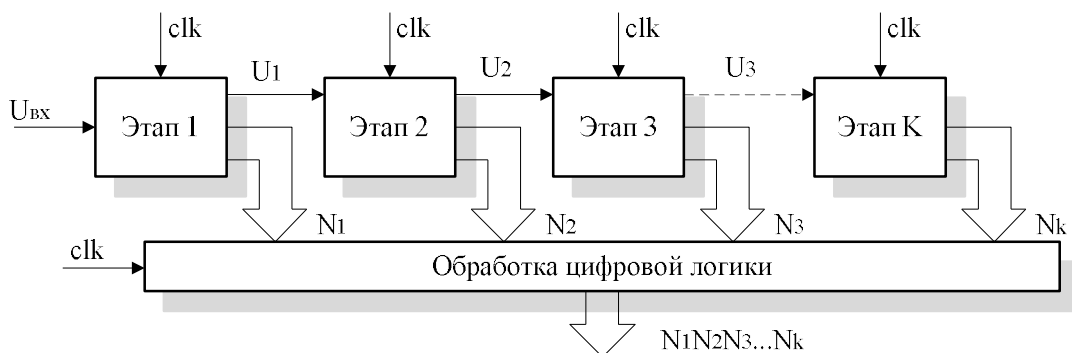


Рисунок 2.5 – К-етапний конвеєрний метод

Нескінченне збільшення розрядності даної архітектури обмежене складнощами узгодження характеристик складових елементів. Кожне перетворення сигналу «аналоговий → цифровий → аналоговий» дає похибку в обчисленні залишку. Зі збільшенням числа етапів, відповідно, зростає похибка.

2.2.3 Метод послідовного наближення

Спосіб розв'язання послідовних наближень здійснюється АЦП за декілька періодів шляхом використаних раніше бітів для одержання наступного біта цифрового сигналу (рисунок 2.6). Після вибору вхідного напруження, його порівнюють із половинчастим значенням динамічного діапазону аналого-цифрового перетворювача. Отже, визначається 1-ий біт вихідного сигналу. У подальшому циклі відбудеться порівняння з четвертою частиною діапазону, отримання 2-го біта і т. д. Спосіб розв'язання перетворення для n-розрядного аналого-цифрового перетворювача займає (n+1) циклів, враховуючи цикли вибірки вхідного напруження.

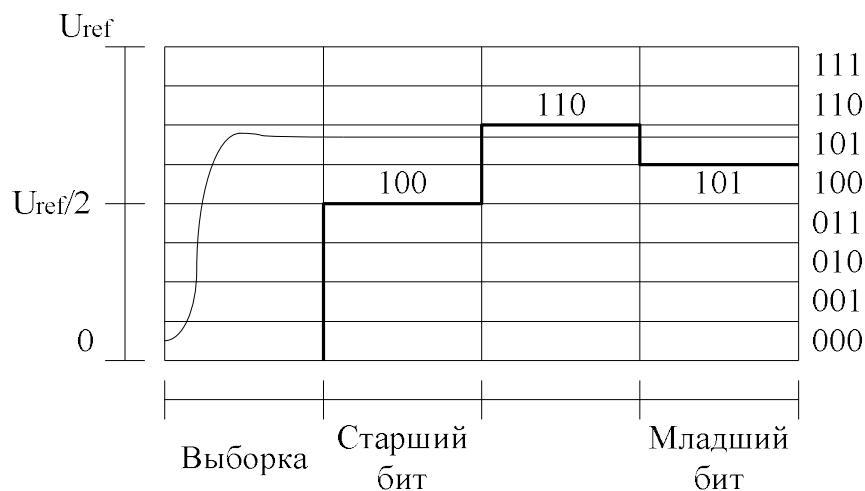


Рисунок 2.6. Графік послідовного наближення

Структура схеми аналого-цифрового перетворювача послідовного наближення надано на рисунку 2.7. Привілеями аналого-цифрового перетворювача даного типу - це проста схема та низька потужність споживання. Швидкості перетворення навпаки пропорційні розрядності аналого-цифрового перетворювача.

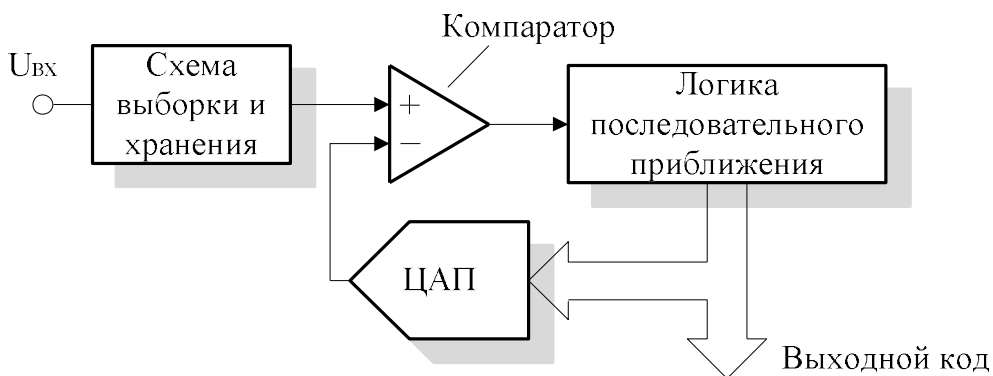


Рисунок 2.7 – Структура схемы АЦП последовного приближения

2.2.4 Інтегруючі перетворювачі

Аналого-цифрове перетворення вхідного коду в перетворювачах даного типу відбувається в 2 етапи (рисунок 2.8). На 1-ому етапі здійснюється заряд інтегруючого конденсатора вхідним напруженням впродовж фіксованого інтервалу часу, який називається періодом інтегрування. На 2-ому етапі здійснюється розряд конденсатора. Задається струм до нульового напруження. Період розряду при цьому пропорційний величині вхідного напруження.

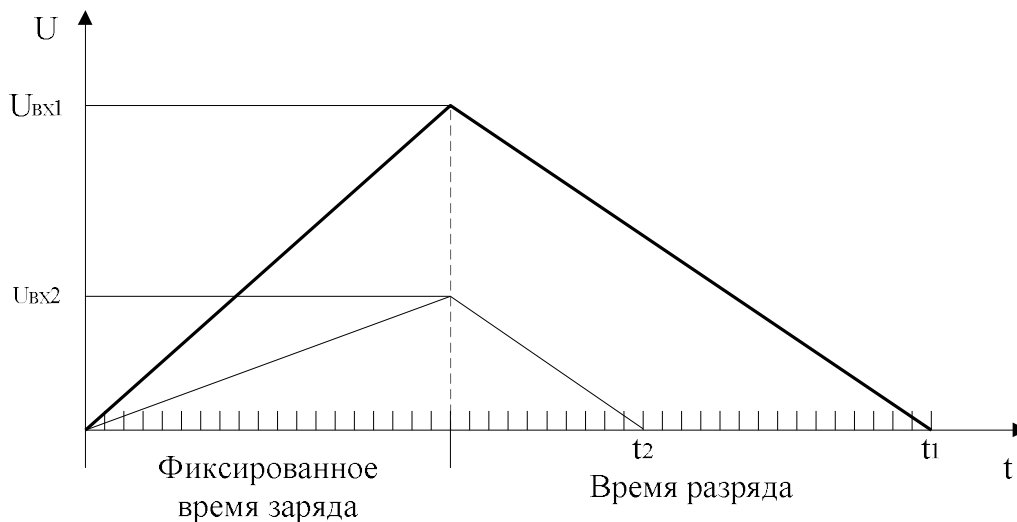


Рисунок 2.8 – Процес перетворення вхідного напруження в інтегруючій перетворювачі

Перетворювачі даного типу мають наступні переваги:

- не чутливість до імпульсних перепон;
- нечутливість к періодичним перешкодам;
- розрядність 12 ... 20-біт;
- ключова індивідуальність - не чутливість до змінів тактових частот.

Однак є і недоліки - це низький час перетворення, близько 1 ... 1000 мс.

2.2.5 Сіigma-дельта АЦП

Метод сіigma-дельта перетворення відноситься до класу АЦП з передискретизацією. Ключовою особливістю таких АЦП є багаторазовий вибір вхідного сигналу з подальшою його обробкою. Блок-схема сіigma-дельта перетворювача наведено на рисунку 2.9.

У блок-схему входить наступне:

- перетворювач на базі сіigma-дельта модулятора високого порядку;
- цифровий фільтр низьких частот;
- дециматор.

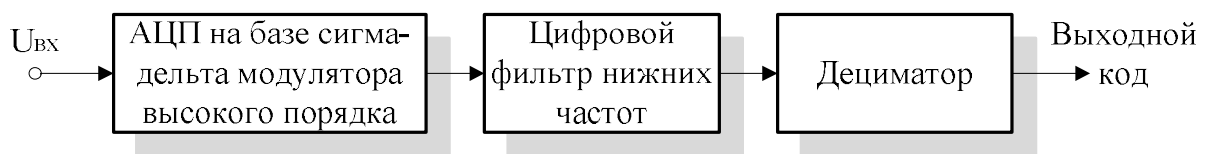


Рисунок 2.9 – Блок-схема сіigma-дельта АЦП

Перетворення вхідного сигналу виконується блоком АЦП. Також виконується подавлення шуму на низьких частотах. Це стає можливим внаслідок витиснення сигналу в область високої частоти. З АЦП виходить сигнал і поступає на цифровий фільтр нижніх частот. На фільтрі проводиться усереднення сигналу. Останнім потоком сіigma-дельта АЦП є фільтр децимації. Його основною функцією є зниження швидкості передачі вихідних даних, щоб вони відповідали смузі частоти вхідних сигналів. Процес, який перетворює частотний спектор сигналу в сіigma-дельта перетворювач наведено на рисунку 2.10.

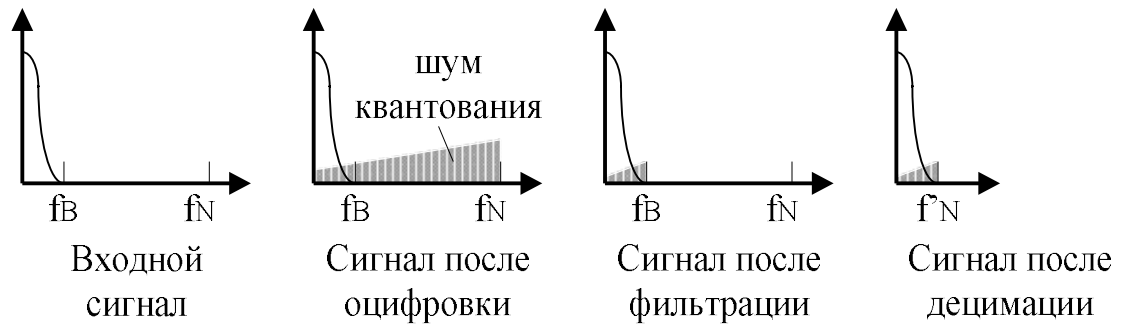


Рисунок 2.10 – Зміна спектра вхідного сигналу в процесі перетворення

Ефективний алгоритм придушення шумів дозволяє отримувати сигма-дельта АЦП високої розрядності. АЦП даного типу забезпечують мінімальну похибку дискретизації, в порівнянні з іншими перетворювачами. Недоліком архітектури сигма-дельта є неможливість обробки сигналів, що швидко змінюються.

2.3 Висновки до розділу 2

АЦП мають ряд характеристик, які необхідно враховувати при проектуванні систем збору даних. По-перше, на що слід звертати увагу при виборі АЦП, - це швидкість, з якою змінюється вхідний сигнал і похибка перетворення, що допускається. З розглянутих методів найбільша швидкість перетворення має АЦП паралельного перетворення та конвеєрного типу; найбільша розрядність – сигма-дельта АЦП. Середнє положення займає метод послідовного наближення. Цей метод відрізняється відносною простотою реалізації.

РОЗДІЛ 3

МЕТОДИ ЗАСТОСУВАННЯ АНАЛОГО-ЦИФРОВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

3.1 Застосування АЦП для вимірювання різних фізичних величин

При проектуванні ланцюгів для вимірювання аналогових сигналів, необхідно враховувати безліч чинників, щоб в результаті вимірювання отримати достовірні дані. Наприклад, при побудові СЗД на базі резистивних датчиків, необхідно враховувати зміну опору при зміні фізичної величини; похибка вимірювань, викликана впливом ланцюгів передачі сигналів; температурний коефіцієнт зміни опору; похибка вимірювання; вплив перешкод і т.д.

Ситуація ускладнюється, коли необхідно побудувати систему, що працює з різними за швидкістю зміни і точності подання фізичними величинами.

3.1.1 Вимірювання напруги і струму

Перетворення напруги і струму в цифровий код використовується при побудові цифрових вольт і амперметрів. Найпростіша схема цифрового вольтметра представлена на рисунку 3.1. Тут вимірюється напруга при необхідності посилюється і фільтрується, після чого надходить на вхід АЦП. Обробку цифрового коду, отриманого з виходу АЦП, здійснює мікроконтролер, який потім видає необхідну інформацію на пристрій індикації. В якості перетворювача може бути використаний внутрішній АЦП мікроконтролера.

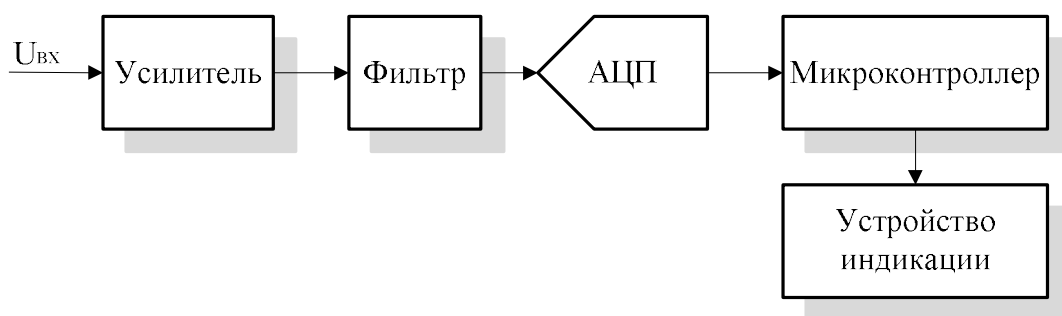


Рисунок 3.1 - Структурна схема цифрового вольтметра

При використанні 8-бітного АЦП зручно використовувати ІОН з напругою 2,55В, в цьому випадку для діапазону вхідних напруг (0 ... 2,55 В) істотно спрощується обробка цифрового коду. При використанні в якості пристрою індикації семисегментний індикатора,

замість мікроконтролера може бути використана спеціалізована мікросхема.

Для побудови цифрового амперметра може бути використана та ж схема, що і для вольтметра, з додаванням перетворювача струм \rightarrow напруга. Приклад такого перетворювача представлений на рисунку 3.2.

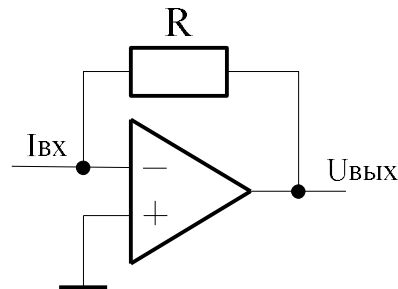


Рисунок 3.2 - Перетворювач струм \rightarrow напруга на основі ОУ

Тут за допомогою резистора R в зворотному зв'язку операційного підсилювача можна налаштувати діапазон напруг на виході.

3.1.2 Вимірювання температури

Температура в більшості випадків є повільно змінною фізичною величиною, тому для її вимірювання можна вибирати АЦП з низькими частотами дискретизації. Похибка температури, однак, може варіюватися в широкому діапазоні.

Найбільш поширеними типами датчиків, які можна використовувати в схемах вимірювання температури, є термопара, резистивний температурний датчик (РТД), термістор і інтегральний датчик температури.

На рисунку 3.3 представлена залежність опору термопари від температури. Як видно, залежність є нелінійною. Отже, при обробці оцифрованого сигналу з датчика, необхідно використовувати таблицю відповідності цифрового коду та реальної температури.

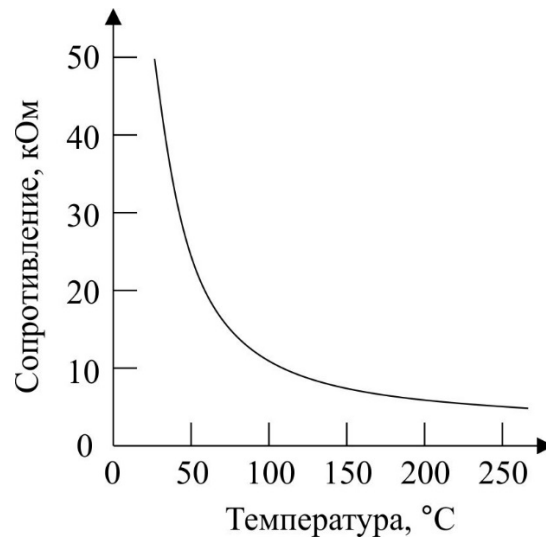


Рисунок 3.3 - Залежність опору термопарі від температури

Для подачі сигналу з резистивних датчиків на вхід АЦП доцільно використовувати диференціальний спосіб включення з використанням моста Уїтсона, як показано на рисунку 3.4. Диференціальне включення забезпечує придушення синфазних перешкод, що знижує похибку вимірювання.

Вибір АЦП для вимірювання температури можна продемонструвати на прикладі: при використанні платинового РТД-елемента з опором 100 Ом при 0 °C і живить струмі 200 мкА номінальне значення діапазону повної шкали вихідної напруги (при -200 ... + 600 °C) становить 66,2 мВ. З урахуванням того, що температура є повільно мінливим сигналом, найбільш доцільно використовувати в даній схемі сігма-дельта АЦП.

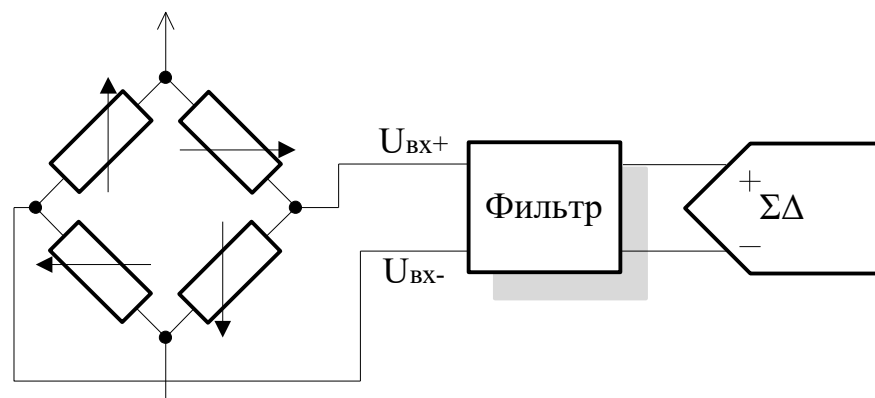


Рисунок 3.4 - Диференціальне включення датчиків

Принципова схема вимірювання температури з застосуванням сигма-дельта АЦП показана на рисунку 3.5 [4]. АЦП перетворює слабкий сигнал резистивного температурного датчика, включеного по чотирипровідній схемі, в цифровий код. Для живлення датчика використовується джерело струму 200 мкА, розташований в перетворювачі. Для усунення ефекту накладання спектрів використовуються найпростіші фільтри низьких частот (ФНЧ).

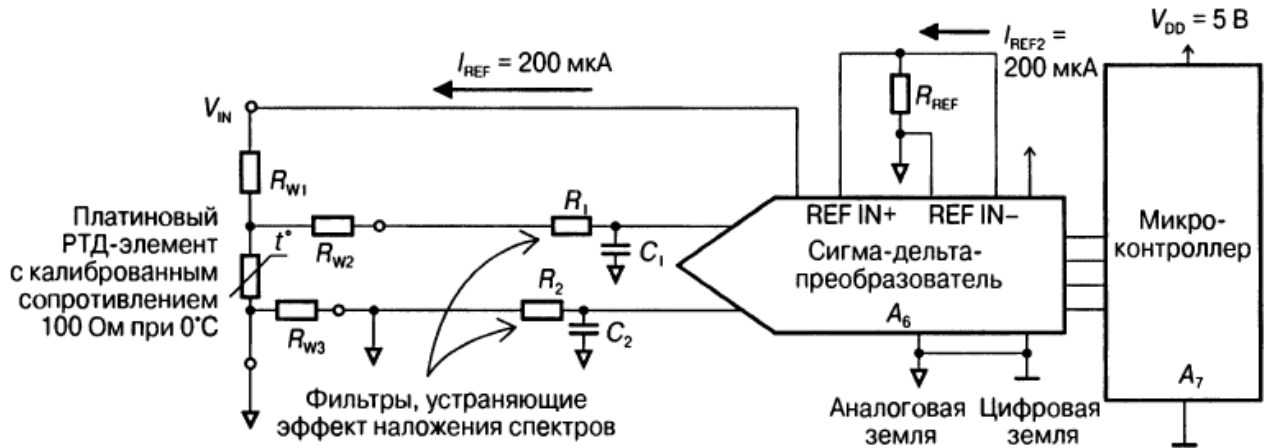


Рисунок 3.5 - Принципова схема вимірювання температури

Ця схема поєднує високу точність роботи чотирипровідної схеми включення РТД-елемента і можливості сігма-дельта перетворювача. По двох проводах РТД протікає живлячий струм, а з двох напруг (які залишилися) сигналу термо-елемента надходить на диференціальні входи сігма-дельта АЦП.

3.1.3 Вимірювання освітленості

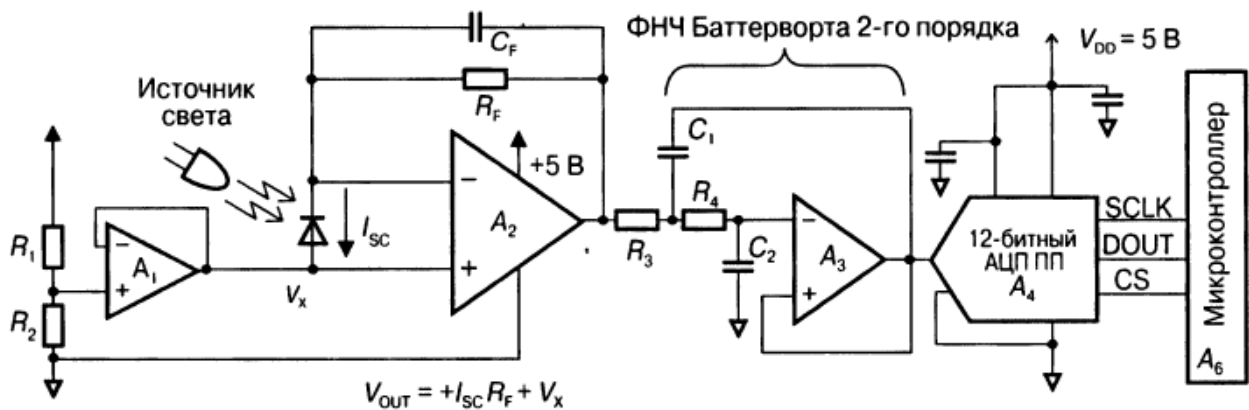
Для вимірювання освітленості в якості датчиків використовуються фотодіоди. Фотодіоди перетворюють енергію світлового потоку в слабкий струм, пропорційно рівню випромінювання джерела світла. Далі отриманий струм перетвориться за допомогою попереднього посилення в необхідний для подальшої обробки рівень напруги.

Освітленість, на відміну від температури, може змінюватися з досить великою швидкістю, тому сігма-дельта АЦП менш ефективні. Принципова схема вимірювання освітленості із застосуванням АЦП послідовного наближення показана на рисунку 3.6 [4]. Світловий потік, що потрапляє на фотодіод, викликає в ньому появу зворотного струму, який протікає через резистор зворотного зв'язку R_F . Напруга на аноді фотодіода і неінвертуючим

вході підсилювача підтримується на рівні 300 мВ по відношенню до потенціалу землі, що допомагає уникнути спотворення вихідних сигналів підсилювача, близьких до потенціалу землі. Фільтр низьких частот пригнічує високочастотні складові, що вносяться в сигнал операційним підсилювачем, після чого сигнал надходить на вхід АЦП послідовного наближення.

Як видно з рисунку, необхідність посилення вимірюваного сигналу значно ускладнює схему, вимагає введення додаткових аналогових ланцюгів, які, в свою чергу, вносять спотворення в сигнал, що в кінцевому підсумку збільшує похибку одержуваних даних.

Для вимірювання освітленості також можна використовувати сігма-дельта АЦП. При цьому з одного боку похибка вимірювання підвищується через невисоку швидкодію АЦП; з іншого боку - знижується, так як використовується менше аналогових елементів.



A_1, A_2 – КМОП-посилювачі з однополярним живленням і однаковими частотними характеристиками;

A_3 – КМОП-посилювачі з однополярним живленням;

A_4 – 12-бітний АЦП послідовного наближення;

A_5 – мікроконтролювач або мікропроцесор.

Рисунок 3.6 - Принципова схема вимірювання освітленості

3.2 Застосування АЦП в системах збору даних

3.2.1 Багатоканальні системи збору даних

Як правило, системи збору даних проектуються для отримання інформації про декількох фізичних величинах, які можуть бути, як сконцентровані в одному місці, так і рознесені в просторі. Крім того, СЗД можуть становити ієрархічну структуру, що складається з окремих систем і підсистем.

У найпростішому випадку організувати збір даних по декількох каналах можна шляхом використання декількох АЦП в схемі, як показано на рисунку 3.7.

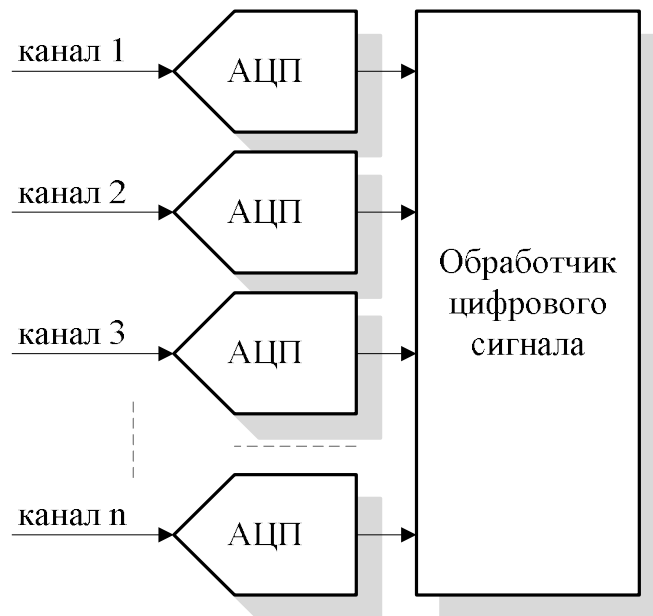


Рисунок 3.7 - Багатоканальний СЗД з декількома АЦП

При такій організації системи збирання та обробка інформації виробляються паралельно і незалежно; забезпечується максимальна швидкість опитування кожного з каналів. Недоліком є великі апаратні витрати.

Інший підхід до організації багатоканальні – введення аналогового мультиплексора (АМ) в схему, як показано на рисунку 3.8.

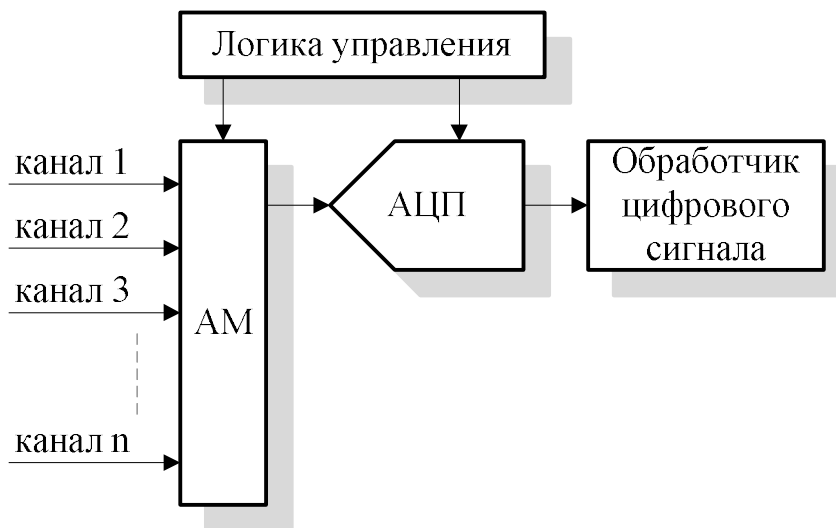


Рисунок 3.8 - Багатоканальний СЗД з аналоговим мультиплексором

АМ здійснює комутацію аналогового сигналу з одного з каналів, в залежності від логіки управління, на вхід аналого-цифрового перетворювача. Апаратні витрати при цьому нижче, так само як і швидкість опитування каналів.

Існує безліч АЦП, в яких багатоканальність забезпечується внутрішньо. Число аналогових каналів в таких мікросхемах може досягати 64.

3.2.2 Мікросхеми багатоканальних АЦП

Як приклад на рисунку 3.9 представлена структурна схема мікросхеми DDC264 фірми Texas Instruments.

Мікросхема є 20-бітний 64-канальний АЦП з сігма-дельта архітектурою. На кожному з входів встановлений інтегратор з подвійною комутацією, що забезпечує безперервне накопичення сигналу: протягом циклу оцифровки поточної порції сигналу відбувається накопичення наступної. Що настраюється час інтегрування може змінюватися від 160 мс до 1 с, що дозволяє вимірювати із заданою похибкою струми порядку μA і fA .

У мікросхемі використовується зовнішнє джерело опорної напруги (ДОН), величина якого може становити $2 \dots AVDD + 0,3 \text{ В}$; величина $AVDD - -0,3 \dots + 6 \text{ В}$.

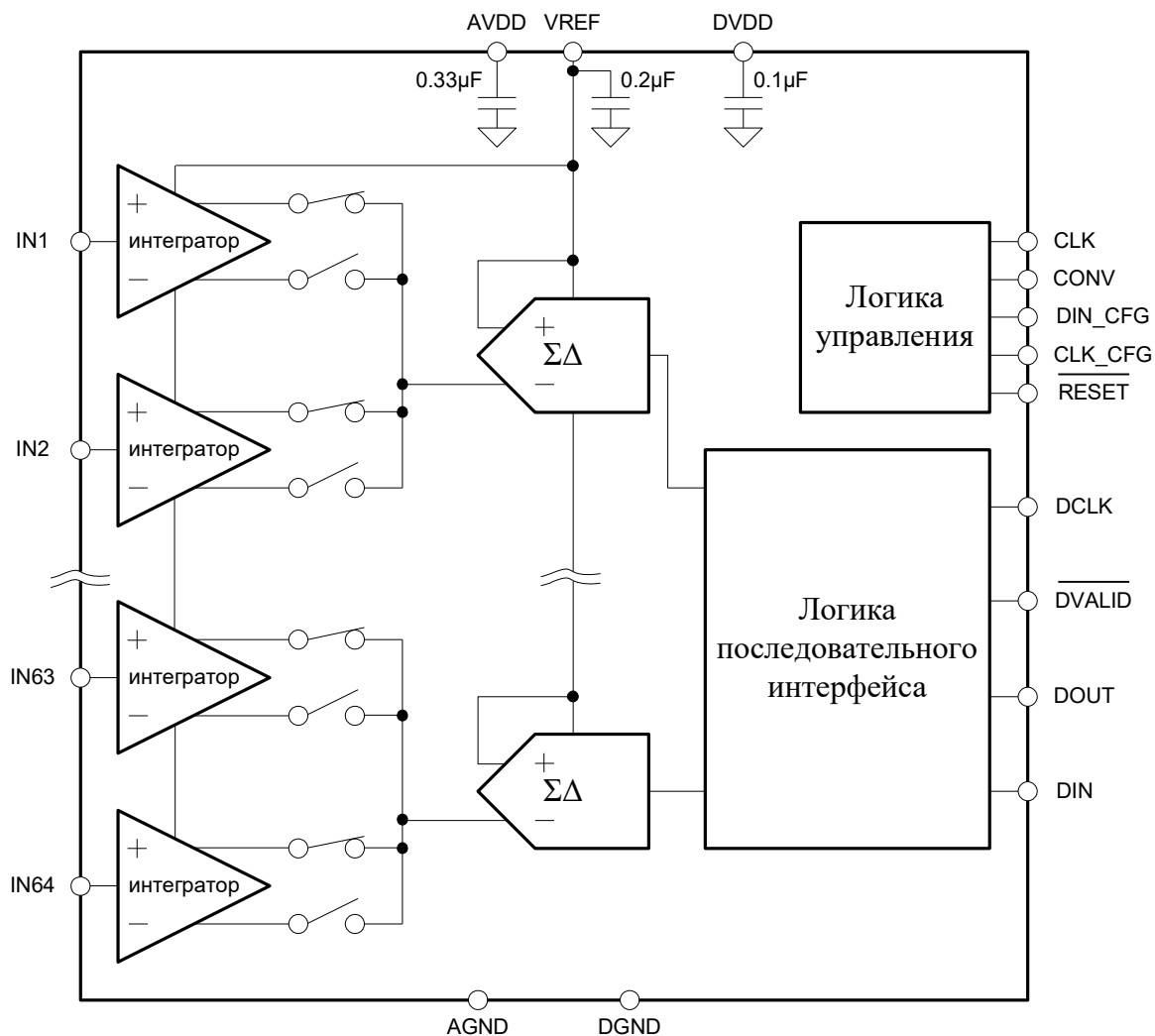


Рисунок 3.9 - Структурна схема АЦП DDC264

Іншим прикладом багатоканального АЦП є мікросхема MAX1280 фірми MAXIM, структурна схема якої представлена на рисунку 3.10.

Мікросхема є 12-бітний 8-канальний АЦП з архітектурою послідовного наближення. Комутація вхідних каналів з АЦП виробляється за допомогою аналогового мультиплектора, за допомогою якого також можна налаштувати АЦП на роботу з диференціальним входом.

Мікросхема містить внутрішнє джерело опорного напруги + 1,22 В з низьким рівнем дрейфу і внутрішній тактовий генератор.

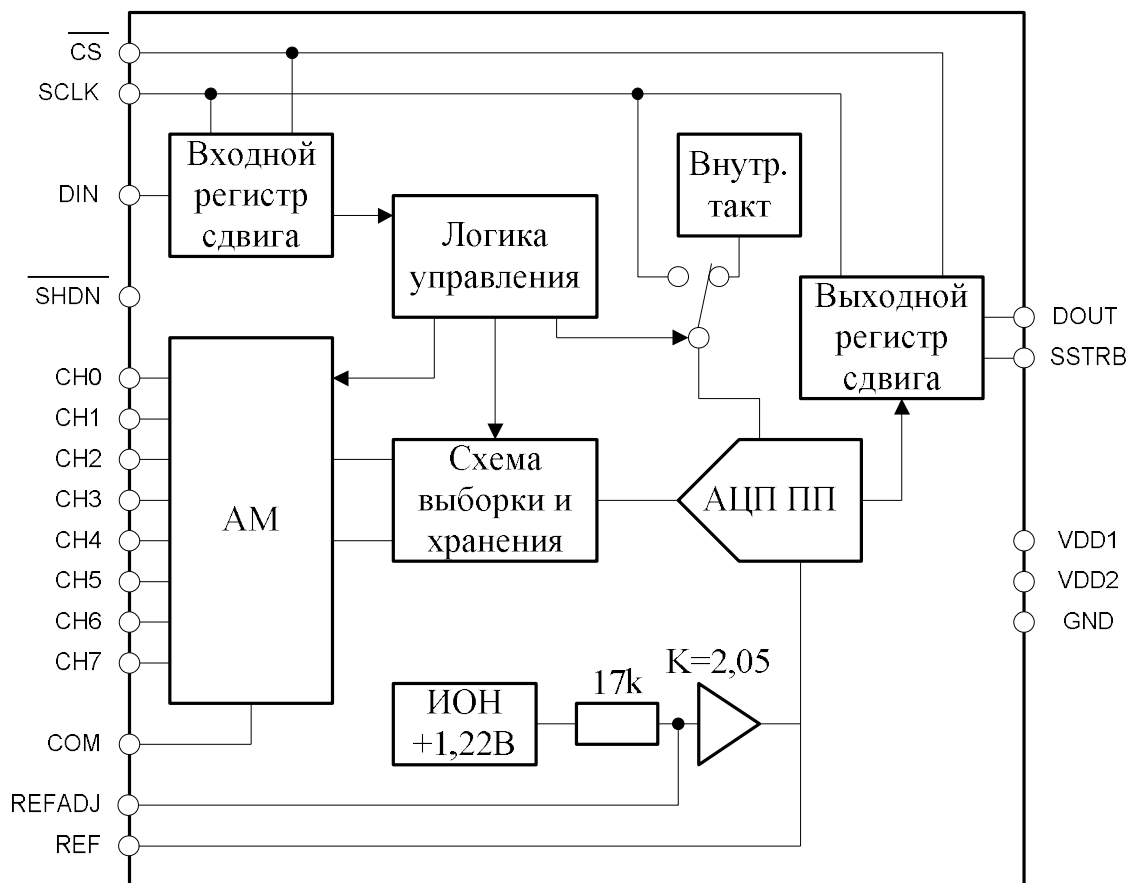


Рисунок 3.10 – Структурна схема АЦП MAX1280

3.3 Висновки до розділу 3

При проектуванні схеми для вимірювання тієї чи іншої фізичної величини первинними параметрами для вибору АЦП є вхідний діапазон цих величин, швидкість їх зміни і допустима похибка вимірювання. Використання сігма-дельта АЦП дозволяє знизити похибку за рахунок високої розрядності і можливості роботи з малими за величиною сигналами. АЦП послідовного наближення дозволяють отримувати меншу похибку вимірювання при роботі з сигналами, які швидко змінюються; однак вимагають введення в схему додаткових компонентів, які є джерелами шумів і спотворюють вимірюваний сигнал.

Існує два підходи до організації багатоканального аналого-цифрового перетворення: із застосуванням паралельного і послідовного опитування каналів. При реалізації того чи іншого підходу необхідно провести оцінку швидкості зміни вхідних сигналів. При послідовному опитуванні частота сигналу, що перетворюється за один цикл опитування, приблизно порівнянна з сумою частот вхідних сигналів. Відповідно, необхідно вибрати АЦП з такою же швидкодією. При паралельному опитуванні необхідно передбачити організацію зберігання і передачі цифрових сигналів, які надходять з виходів окремих АЦП.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Загальні питання з охорони праці

Умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, стан засобів колективного та індивідуального захисту, що використовуються працівником, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати вимогам нормативних актів про охорону праці. Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності [12].

Завданням даної магістерської роботи було дослідити методи та засоби перетворення аналогової інформації у комп'ютерних системах. Дана робота з точки зору питань з охорони праці проводилась в офісному приміщенні при нормальних кліматичних умовах з використанням сучасного персонального комп'ютера та офісної техніки (принтера та сканера).

При роботі з обчислювальною технікою змінюються фізичні і хімічні фактори навколишнього середовища: виникає статична електрика, електромагнітне випромінювання, змінюється температура і вологість, рівень вміст кисню і озону в повітрі. Повітря забруднюється шкідливими хімічними речовинами антропогенного походження за рахунок деструкції полімерних матеріалів, які використовуються для обробки приміщень та обладнання. Неправильна організація робочого місця сприяє загальному і локальній напрузі м'язів шиї, тулуба, верхніх кінцівок, викривлення хребта і розвитку остеохондрозу. На всіх підприємствах, в установах, організаціях повинні створюватися безпечні і нешкідливі умови праці. Забезпечення цих умов покладається на власника або уповноважений ним орган (далі роботодавець).

4.2 Аналіз стану умов праці

4.2.1 Вимоги до приміщень

Робота над створенням такої системи проходитиме в приміщенні відповідної установи (компанії, підприємстві тощо). Для даної роботи достатньо однієї людини, для якої надано робоче місце зі стаціонарним комп'ютером. Геометричні розміри приміщення зазначені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Розміри приміщення

Найменування	Значення
Довжина, м	5
Ширина, м	5
Висота, м	3
Площа, м ²	25
Об'єм, м ³	75

Згідно з [19] розмір площі для одного робочого місця оператора персонального комп'ютера має бути не менше 6 кв. м, а об'єм – не менше 20 куб. м. Отже, дане приміщення цілком відповідає зазначеним нормам. Для зручності спільної роботи з іншими працівниками (обговорення ідей, з'ясування проблем і т.д.) в кімнаті є дивани і журнальний стіл, обставлені живими квітами. Також робочий процес пов'язаний з багатьма документами, теками, журналами для чого приміщення облаштоване принтером і шафою для зручності. Задля дотримання визначеного рівня мікроклімату в будівлі встановлено систему опалення та кондиціонування. Для забезпечення потрібного рівня освітленості кімната має вікно та систему загального рівномірного освітлення, що встановлена на стелі. Для дотримання вимог пожежної безпеки встановлено порошковий вогнегасник та систему автоматичної пожежної сигналізації.

4.2.2 Вимоги до організації місця праці

При порівнянні відповідності характеристик робочого місця нормативним основні вимоги до організації робочого місця за [20] і відповідними фактичними значеннями для робочого місця, констатуємо повну відповідність в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Характеристики робочого місця

Найменування параметра	Фактичне значення	Нормативне значення
Висота робочої поверхні, мм	750	680 – 800
Висота простору для ніг, мм	730	не менше 600
Ширина простору для ніг, мм	660	не менше 500
Глибина простору для ніг, мм	700	не менше 650
Висота поверхні сидіння, мм	470	400 – 500
Ширина сидіння, мм	400	не менше 400
Глибина сидіння, мм	400	не менше 400
Висота поверхні спинки, мм	600	не менше 300
Ширина опорної поверхні спинки, мм	500	не менше 380
Радіус кривини спинки в горизонтальній площині, мм	400	400
Відстань від очей до екрану дисплея, мм	800	700 – 800

Робочий стіл на досліджуваному місці також містить достатньо простору для ніг. Крісло, що використовується в якості робочого сидіння, є підйомно-поворотним, має підлокітники і можливість регулювання за висотою і кутом нахилу спинки, також воно м'яке і виконане з екологічної шкіри, що дає можливість працювати у комфорті. Екран монітору знаходиться на відстані 0.8 м, клавіатура має можливість регулювання кута нахилу 5-15°. Отже, за всіма параметрами робоче місце відповідає нормативним вимогам.

Приміщення кабінету знаходиться на другому поверсі трьох поверхової будівлі і має об'єм 75 м³, площу – 25 м². У цьому кабінеті обладнано три місця праці, з яких два укомплектовані ПК.

Температура в приміщенні протягом року коливається у межах 18–24°C, відносна вологість – близько 50%. Швидкість руху повітря не перевищує 0,2 м/с. Шум на робочому місці знаходиться на рівні 50 дБА. Система вентилявання приміщення – природна неорганізована, а опалення – централізоване.

Розміщення вікон забезпечує природне освітлення з коефіцієнтом природного

освітлення не менше 1,5%, а загальне штучне освітлення, яке здійснюється за допомогою восьми люмінесцентних ламп, забезпечує рівень освітленості не менше 200 Лк.

У кабінеті є електрична мережа з напругою 220 В, яка створює небезпеку ураження електричним струмом. ПК та периферійні пристрої можуть бути джерелами електромагнітних випромінювань, аерозолів та шкідливих речовин (часток тонеру, оксидів нітрогену та озону).

За ступенем пожежної безпеки приміщення належить до категорії В. Кабінет має бути оснащений переносним вуглекислотним.

Наявна аптечка для надання долікарської допомоги, а також у кабінеті роблять вологе прибирання та щоденно провітрюють приміщення.

4.2.3 Навантаження та напруженість процесу праці

Як приклад наведено опис процесу праці оформлення роботи під час виконання магістерської роботи за фізичним навантаженням робота відноситься до категорії легкі роботи (Ia), її виконують сидячи з періодичним ходінням. Щодо характеру організації роботи, то розділи роботи необхідно виконати у встановлені конкретні терміни. За ступенем нервово-психічної напруги виконання роботи можна віднести до II – III ступеня і кваліфікувати як помірно напружений – напружений за умови успішного виконання поставлених завдань.

Під час виконання робіт використовують ПК та периферійні пристрої, що призводить до навантаження на окремі системи організму. Такі перекоси у напруженні різних систем організму, що трапляються під час роботи з ПК, зокрема, значна напруженість зорового аналізатора і довготривале малорухоме положення перед екраном, не тільки не зменшують загального напруження, а навпаки, призводять до його посилення і появи стресових реакцій.

Роботу за дипломним проектом визнано, таку, що займає 50% часу робочого дня та за восьмигодинної робочої зміни рекомендовано встановити додаткові регламентовані перерви: для розробників програм тривалістю 15 хв. через кожен годину роботи.

4.3 Виробнича санітарія

На підставі аналізу небезпечних та шкідливих факторів при виробництві (експлуатації), пожежної безпеки можуть бути надалі вирішені питання необхідності забезпечення працюючих достатньою кількістю освітлення, вентиляції повітря, організації заземлення, тощо.

4.3.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів при роботі на ПК

Роботу, пов'язану з персональним комп'ютером (далі – ПК) з відео дисплейними терміналами (далі - ВДТ), у тому числі на тих, які мають робочі місця, обладнані ПК з ВДТ і периферійними пристроями (далі - ПП), виконують із забезпеченням виконання [21], які встановлюють вимоги безпеки до обладнання робочих місць, до роботи із застосуванням ПК з ВДТ і ПП. Переважно роботи за проектами виконують у кабінетах чи інших приміщеннях, де використовують різноманітне електрообладнання, зокрема персональні комп'ютери (ПК) та периферійні пристрої.

Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів виконується у табличній формі (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 - Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Небезпечні і шкідливі виробничі фактори	Джерела факторів (види робіт)	Кількісна оцінка	Нормативні документи
1	2	3	4
<i>фізичні</i>			
- підвищена температура поверхонь обладнання	Експлуатація ПК	2	ДСН 3.3.6.042-99 [24]
- підвищений рівень шуму на робочому місці	Система охолодження ПК	2	ДСН 3.3.6.037-99 [26]
- підвищений рівень вібрації	Система охолодження ПК, привід	2	ДСН 3.3.6.039-99 [37] ДСТУ ГОСТ 12.1.012-90 [38]
- недостатність природного світла	Порушення умов праці (вимог до приміщень)	2	ДБН В.2.5-28:2015 [39]
- недостатнє освітлення робочої зони	Порушення гігієнічних параметрів виробничого середовища	3	ДБН В.2.5-28:2015 [39]

1	2	3	4
- підвищена яскравість світла	Порушення умов праці (організації місця праці-налагодження моніторів)	1	ДСанПіН 3.3.2.007-98 [20]
психофізіологічні:			
- нервово-психічна перевантаження (розумове, перенапруження аналізаторів-зорових)	- пошук інформації для постановки теми; - пошук та аналіз аналогів і літератури; - пошук наявних технологій, моделювання та аналіз алгоритмів; - виконання роботи за темою диплома, тестування; - оформлення роботи	4	НПАОП 0.00-1.28-10 [21] ДСанПіН 3.3.2.007-98 [20]
- фізичні (статичне – сидіння)	порушення умов праці (організації місця праці-сидіння користувача,) та організації робочого часу - безпервна робота)	2	НПАОП 0.00-1.28-10 [21] ДСанПіН 3.3.2.007-98 [20]

4.3.2 Пожежна безпека

Небезпека розвитку пожежі на обчислювальному центрі обумовлюється застосуванням розгалужених систем електроживлення ПК, вентиляції і кондиціонування. Небезпека загоряння пов'язана з особливістю комп'ютерів - із значною кількістю щільно розташованих на монтажній платі і блоках електронних вузлів і схем, електричних і комутаційних кабелів, резисторів, конденсаторів, напівпровідникових діодів і транзисторів. Надійна робота окремих елементів і мікросхем в цілому забезпечується тільки в певних інтервалах температури, вологості і при заданих електричних параметрах. При відхиленні реальних умов експлуатації від розрахункових можуть виникнути пожежонебезпечні ситуації.

Висока щільність елементів в електронних схемах призводить до значного підвищення температури окремих вузлів (80...100 С). При проходженні електричного струму по провідниках і деталей виділяється тепло, що в умовах їх високої щільності може привести до перегріву, і може служити причиною запалювання ізоляційних матеріалів. Слабкий опір ізоляційних матеріалів дії температури може викликати порушення ізоляції і привести до короткого замикання між струмоведучими частинами обладнання (шини, електроди). Також ймовірна небезпека внаслідок перевантаження напруги, розрядки зарядів статичної електрики, пошкодження обладнання та електропроводки. Електростатичний розряд виникає під час тертя двох ізолюваних матеріалів.

Пожежна безпека при застосуванні ПК забезпечується:

- системою запобігання пожежі,
- системою протипожежного захисту,
- організаційно-технічними заходами.

4.3.3 Електробезпека

На робочому місці виконуються наступні вимоги електробезпеки: ПК, периферійні пристрої та устаткування для обслуговування, електропроводи і кабелі за виконанням та ступенем захисту відповідають класу зони за ПУЕ (правила улаштування електроустановок), мають апаратуру захисту від струму короткого замикання та інших аварійних режимів. Лінія електромережі для живлення ПК, периферійних пристроїв і устаткування для обслуговування, виконана як окрема групова три-провідна мережа, шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників. Нульовий захисний провідник використовується для заземлення (занулення) електроприймачів. Штепсельні з'єднання та електророзетки крім контактів фазового та нульового робочого провідників мають спеціальні контакти для підключення нульового захисного провідника. Електромережа штепсельних розеток для живлення персональних ПК, укладено по підлозі поруч зі стінами відповідно до затвердженого плану розміщення обладнання та технічних характеристик обладнання. Металеві труби та гнучкі металеві рукави заземлені. Захисне заземлення включає в себе заземлюючих пристроїв і провідник, який з'єднує заземлюючий пристрій з обладнанням, яке заземлюється - заземлюючий провідник.

4.4 Гігієнічні вимоги до параметрів виробничого середовища

4.4.1 Мікроклімат

Мікроклімат робочих приміщень – це клімат внутрішнього середовища цих приміщень, що визначається діючої на організм людини з'єднанням температури, вологості, швидкості переміщення повітря. В даному приміщенні проводяться роботи, що виконуються сидячи і не потребують динамічного фізичного напруження, то для нього відповідає категорія робіт Ia. Отже оптимальні значення для температури, відносної вологості й рухливості повітря для зазначеного робочого місця відповідають [24] і наведені в таблиці 4.4:

Таблиця 4.4 – Норми мікроклімату робочої зони об'єкту

Період року	Категорія робіт	Температура С°	Відносна вологість %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодна	легка-1 а	22 - 24	40 – 60	0,1
Тепла	легка-1 а	23 - 25	40 – 60	0,1

Дане приміщення обладнане системами опалення, кондиціонування повітря або припливно-витяжною вентиляцією. У приміщенні на робочому місці забезпечуються оптимальні значення параметрів мікроклімату: температури, відносної вологості й рухливості повітря у відповідності до [24]. Рівні позитивних і негативних іонів у повітрі мають відповідати [24]. Для забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату в приміщенні проводяться перерви в роботі співробітників, з метою його провітрювання. Існують спеціальні системи кондиціонування, які забезпечують підтримання в приміщенні балансу оптимальних параметрів мікроклімату. Контроль параметрів мікроклімату в холодний і теплий період року здійснюється не менше 3-х разів на зміну (на початку, середині, в кінці).

4.4.2 Освітлення

Світло є природною умовою існування людини. Воно впливає на стан вищих психічних функцій і фізіологічні процеси в організмі. Хороше освітлення діє тонізуюче, створює гарний настрій, покращує протікання основних процесів вищої нервової діяльності.

Збільшення освітленості сприяє поліпшенню працездатності навіть в тих випадках, коли процес праці практично не залежить від зорового сприйняття. При поганому освітленні людина

швидко втомлюється, працює менш продуктивно, виникає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків.

Освітленість приміщення має велике значення при роботі на ПК. Вона багато в чому визначається колірною і мережевий обстановкою. Для зменшеного поглинання світла стеля і стіни вище панелей (1,5-1,7м.). Якщо вони не облицьовані звукопоглинальним матеріалом, фарбуються білою водоемульсійною фарбою (коефіцієнт відбиття повинен бути не менше 0,7). Для забарвлення стіни панелей рекомендується віддавати перевагу світлим фарбам.

Основний потік природного світла при цій повинен бути зліва. Не допускається спрямування основного світлового потоку природного світла праворуч, ззаду і спереду працівника на ПК.

У приміщенні, де розташовані ПК передбачається природне бічне освітлення. Джерелом природного освітлення є сонячне світло. Регулярно повинен проводитися контроль освітленості, який підтверджує, що рівень освітленості задовольняє і для даного приміщення в світлий час доби достатньо природного освітлення.

Розрахунок освітлення.

Для будівель виробництв світловий коефіцієнт приймається в межах 1/6 - 1/10:

$$\sqrt{a^2 + b^2} \cdot S_b = (1/8 \div 1/10) \cdot S_n \quad (4.1)$$

де S_b – площа віконних прорізів, м²;

S_n – площа підлоги, м².

$$S_n = a \cdot b = 5 \cdot 5 = 25 \text{ м}^2$$

$$S_{\text{вік}} = 1/8 \cdot 25 = 3,125 \text{ м}^2$$

Приймаємо 2 вікна площею 1,6 м² кожне.

Світильники загального освітлення розташовуються над робочими поверхнями в рівномірно-прямокутному порядку. Для організації освітлення в темний час доби передбачається обладнати приміщення, довжина якого складає 5 м, ширина 5 м, світильниками ЛПО2П, оснащеними лампами типа ЛБ (дві по 80 Вт) з світловим потоком 5400 лм кожна.

Розрахунок штучного освітлення виробляється по коефіцієнтах використання світлового потоку, яким визначається потік, необхідний для створення заданої освітленості при загальному рівномірному освітленні.

Розрахунок кількості світильників N здійснюється по формулі:

$$n = \frac{E \cdot S \cdot Z \cdot K}{F \cdot U \cdot M} \quad (4.2)$$

де E – нормована освітленість робочої поверхні, визначається нормами – 300 лк;

S – освітлювана площа, м²; $S = 25$ м²;

Z – поправочний коефіцієнт світильника (для стандартних світильників $Z = 1,1 - 1,3$ приймаємо рівним 1,1);

K – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в процесі експлуатації – 1,5;

U – коефіцієнт використання, залежний від типу світильника, показника індексу приміщення і т.п. – 0,575

M – число люмінесцентних ламп в світильнику – 2;

F – світловий потік лампи – 5400 лм.

Підставивши числові значення у формулу (4.2), отримуємо:

$$n = \frac{300 \cdot 25 \cdot 1,1 \cdot 1,5}{5400 \cdot 0,575 \cdot 2} = 2,64$$

Приймаємо освітлювальну установку, яка складається з 3-х світильників, які складаються з двох люмінесцентних ламп загальною потужністю 160 Вт, напругою – 220 В.

Потужність електроосвітлювальної установки з урахуванням місцевого освітлення визначається за формулою:

$$N = \frac{n \cdot W + (0,1 \div 0,2) \cdot n \cdot W}{1000} \quad (4.3)$$

де n – розрахункова кількість ламп для освітлення даного приміщення;

W – потужність однієї лампи, Вт;

$(0,1 \div 0,2)$ – додаткова потужність для ламп місцевого освітлення, Вт.

$$N = \frac{3 \cdot 160 + (0,1 \div 0,2) \cdot 3 \cdot 160}{1000} = 0,576 \text{ кВт}$$

4.4.3 Шум та вібрація, електромагнітне випромінювання

Рівень шуму, що супроводжує роботу користувачів персональних комп'ютерів, а також зовнішніми чинниками, коливається у межах 50–65 дБА [26]. Шум такої інтенсивності на тлі високого ступеня напруженості праці негативно впливає на функціональний стан користувачів. Тому на практиці рекомендують знижувати фактичний рівень шуму у приміщеннях, де створюють комп'ютерні програми, виконують теоретичні та творчі роботи, проводять навчання до 40 дБА, а в приміщеннях, де виконують роботу, що потребує зосередженості, — до 55 дБА. У залах опрацювання інформації та комп'ютерного набору рівні шуму не повинні перевищувати 65 дБА.

Віброізоляція можливо здійснювати за допомогою спеціальної прокладки під системний блок, який послаблює передачу вібрацій робочого столу. Вібрація на робочому місці в приміщенні, що розглядається, відповідає нормам [26]. Допустимий рівень вібрацій на робочому місці: для 1 ступеня шкідливості до 3 дБ; для 2-3 - 1-6 дБ; для 3 - більше 6 дБ.

Для захисту від електромагнітного випромінювання передбачаються наступні заходи:

- застосування нових плазмових моніторів,
- віддалення робочого місця не менше, ніж на 0,4 – 0,5 м, оскільки напруженість електричного поля зменшується при віддаленні від джерела поля,
- встановлення раціональних режимів роботи персоналу (обмеження часу перебування),
- раціональне розміщення в робочому приміщенні устаткування, що випромінює електромагнітну енергію.

4.4.4 Вентилювання

У приміщенні, де знаходяться ПК, повітрообмін реалізується за допомогою природної організованої вентиляції (вентиляційні шахти). Цей метод має забезпечити приток потрібної кількості свіжого повітря, що визначається в СНіП (30 м³ на годину на одного працюючого).

Також має здійснюватися провітрювання приміщення, в залежності від погодних умов, тривалість повинна бути не менше 10 хв. Найкращий обмін повітря здійснюється при наскрізному провітрюванні.

4.5 Заходи з організації виробничого середовища та попередження виникнення надзвичайних ситуацій

Відповідно до санітарно-гігієнічних нормативів та правил експлуатації обладнання наводимо приклади деяких заходів безпеки.

Заходи безпеки під час експлуатації персонального комп'ютера та периферійних пристроїв передбачають:

- правильне організування місця праці та дотримання оптимальних режимів праці та відпочинку під час роботи з ПК;
- експлуатацію сертифікованого обладнання;
- дотримання заходів електробезпеки;
- забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату;
- забезпечення раціонального освітлення місця праці (освітленість робочого місця не перевищувала 2/3 нормальної освітленості приміщення).

Зниження рівня шуму та вібрації:

- у джерелі виникнення, шляхом застосування раціональних конструкцій, нових матеріалів і технологічних процесів;
- звукоізолювання устаткування за допомогою глушників, резонаторів, кожухів, захисних конструкцій, оздоблення стін, стелі, підлоги тощо;
- використання засобів індивідуального захисту).

Заходи безпеки під час експлуатації інших електричних приладів передбачають дотримання таких правил:

- постійно стежити за справним станом електромережі, розподільних щитків, вимикачів, штепсельних розеток, лампових патронів, а також мережевих кабелів живлення, за допомогою яких електроприлади під'єднують до електромережі;
- постійно стежити за справністю ізоляції електромережі та мережевих кабелів, не допускаючи їхньої експлуатації з пошкодженою ізоляцією;
- не тягнути за мережевий кабель, щоб витягти вилку з розетки;
- не закривати меблями, різноманітним інвентарем вимикачі, штепсельні розетки;
- не підключати одночасно декілька потужних електропристроїв до однієї розетки, що може викликати надмірне нагрівання провідників, руйнування їхньої ізоляції, розплавлення і загоряння полімерних матеріалів;
- не залишати включені електроприлади без нагляду;
- не допускати потрапляння всередину електроприладів крізь вентиляційні отвори рідин

або металевих предметів, а також не закривати їх та підтримувати в належній чистоті, щоб уникнути перегрівання та займання приладу;

– не ставити на електроприлади матеріали, які можуть під дією теплоти, що виділяється, загорітися (канцелярські товари, сувенірну продукцію тощо).

4.6 Охорона навколишнього природного середовища

Діяльність за темою магістерської роботи в процесі її виконання впливає на навколишнє природне середовище і регламентується нормами діючого законодавства [28, 29, 30, 31, 32, 40].

Основним екологічним аспектом в процесі діяльності за даними спеціальностями є процеси впливу на атмосферне повітря та процеси поводження з відходами, які утворюються, збираються, розміщуються, передаються на видалення (знешкодження), утилізацію, тощо в ІТ галузі.

Немає впливу на атмосферне повітря при нормальних умовах праці, бо в приміщенні не використовуються сканери, принтери та інші джерела викиду забруднюючих речовин в повітря робочої зони.

В процесі діяльності користувача виникають процеси поводження з відходами ІТ галузі. Види відходів, утворення, яких можливо:

- відпрацьовані люмінесцентні лампи - I клас небезпеки;
- батарейки та акумулятори (малі) -III клас небезпеки;
- змінні носії інформації - IV клас небезпеки;
- відпрацьований ізолюючий матеріал, дроти та кабелі - IV клас небезпеки;
- макулатура - IV клас небезпеки;
- побутові відходи - IV клас небезпеки.

4.7 Висновки до розділу 4

У цьому розділі магістерської роботи проведений аналіз умов праці, шкідливих та небезпечних чинників, з якими стикається робітник. Визначено параметри і певні характеристики приміщення для роботи над запропонованим проектом написаному в магістерській роботі, описано, які заходи потрібно зробити для того, щоб дане приміщення відповідало необхідним нормам і було комфортним і безпечним для робітника. Приведені рекомендації щодо організації робочого місця, а також важливу інформацію щодо пожежної та електробезпеки. Наведена схема, розміри приміщення та визначені значення температури, вологості й рухливості повітря, необхідна кількість і потужність ламп та інші параметри, значення яких впливає на умови праці робітника, а також – наведені інструкції з охорони праці, техніки безпеки при роботі на комп'ютері, визначені основні екологічні аспекти впливу на навколишнє природне середовище та зазначені заходи щодо поводження з ними.

ВИСНОВКИ

У першому розділі магістерської роботи дається визначення аналого-цифровому перетворювачу, системи збору даних, розглядається їх узагальнена структура, даються основні відомості про можливі вимірювальні сигнали.

У другому розділі описується процес аналого-цифрового перетворення, розглядаються характеристики і методи аналого-цифрових перетворювачів з коротким описом і характеристикою роботи кожного з них. Проводиться порівняння мікросхем АЦП, що пропонуються різними виробниками.

У третьому розділі розглядається питання вибору АЦП для вимірювання фізичних величин, температури і освітленості. Також розглядається питання побудови багатоканальних систем збору даних.

АЦП мають ряд характеристик, які необхідно враховувати при проектуванні систем збору даних. По-перше, на що слід звертати увагу при виборі АЦП, - це швидкість, з якою змінюється вхідний сигнал і похибка перетворення, що допускається. З розглянутих методів найбільша швидкість перетворення має АЦП паралельного перетворення та конвеєрного типу; найбільша розрядність - сігма-дельта АЦП. Середнє положення займає метод послідовного наближення. Цей метод відрізняється відносною простотою реалізації.

У четвертому розділі проведений аналіз умов праці, шкідливих та небезпечних чинників, з якими стикається робітник. Визначено параметри і певні характеристики приміщення для роботи над запропонованим проектом написаному в дипломній роботі, описано, які заходи потрібно зробити для того, щоб дане приміщення відповідало необхідним нормам і було комфортним і безпечним для робітника. Приведені рекомендації щодо організації робочого місця, а також важливу інформацію щодо пожежної та електробезпеки. Наведена схема, розміри приміщення та визначені значення температури, вологості й рухливості повітря, необхідна кількість і потужність ламп та інші параметри, значення яких впливає на умови праці робітника, а також – наведені інструкції з охорони праці, техніки безпеки при роботі на комп'ютері, визначені основні екологічні аспекти впливу на навколишнє природне середовище та зазначені заходи щодо поводження з ними.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Матеріали офіційного сайту <http://ru.wikipedia.org/wiki/>.
2. Lan Grout, Digital Systems Design with FPGAs and CPLDs, 2008. – 724 p. – ISBN-13: 978-0-7506-8397-5
3. Котюк А.Ф., Датчики в современных измерениях. – М.: Радио и связь, Горячая линия – Телеком, 2006. – 96с.: ил. – (Массовая радио-библиотека; Вып. 1277).
4. Бонни Бейкер. Что нужно знать цифровому инженеру об аналоговой электронике /Бонни Бейкер; пер. с англ. Ю.С.Магды. – М.: Додэка-XXI. 2010. – 360 с.: ил. – (Серия «Схемотехника»). –Доп. тит. англ. – ISBN 978-5-94120-170-9
5. Опадчий Ю.Ф., Глудкин О.П., Гуров А.И., Аналоговая и цифровая электроника (полный курс): Учебник для вузов. Под ред. О.П.Глудкина. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 768 с.: ил.
6. Franco Maloberti, Data Converters, 2007. – 440 p. – ISBN-13: 978-0-387-32485-2(НВ)
7. Матеріали офіційного сайту фірми Analog Devices <http://www.analog.com/>.
8. Матеріали офіційного сайту фірми Texas Instruments <http://www.ti.com/>
9. Матеріали офіційного сайту фірми MAXIM <http://www.maxim-ic.com/>
10. Матеріали офіційного сайту фірми Linear Technology <http://www.linear.com/>
11. Хоровиц П., Хилл У., Искусство схемотехники: Пер. с англ. – Изд. 7-е. М.: Мир, БИНОМ. – 2009. – 704 с., ил.
12. Закон України «Про охорону праці».
13. Кодекс законів України про працю.
14. Закон України "Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності".
15. НПАОП 0.00-6.03-93 «Порядок опрацювання та затвердження власником нормативних актів про охорону праці, що діють на підприємстві».
16. НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці».
17. НАПБ Б.02.005-2003 «Типове положення про інструктажі, спеціальне навчання та перевірку знань з питань пожежної безпеки на підприємствах, в установах та організаціях України».
18. НПАОП 0.00-4.15-98 «Положення про розробку інструкцій з охорони праці».
19. ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».

20. ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин».
21. НПАОП 0.00.-1.28-10 «Правил охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин».
22. НАПБ Б.03.002-2007. «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою».
23. ГОСТ 12.1.044-89 ССБТ. «Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения».
24. ДСН 3.3.6.042-99. «Санітарні норми мікроклімату виробничих».
25. ДБН-В.2.5-28-2006. «Природне і штучне освітлення».
26. ДСН 3.3.6.037-99. «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».
27. ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».
28. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища».
29. Закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення».
30. Закон України «Про відходи».
31. Закон України «Про охорону атмосферного повітря».
32. Закон України Закон України «Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру».
33. ДСанПіН 2.2.7.029. «Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки для здоров'я населення».
34. Закон України «Про металобрухт».
35. ДСТУ 3911-99. Охорона природи. Поводження з відходами. Виявлення відходів і подання інформаційних даних про відходи. Загальні вимоги.
36. ДК 005-96 Державний класифікатор України. Класифікатор відходів.
37. ДСН 3.3.6.039-99 Санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації.
38. ДСТУ ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.
39. ДБН В.2.5-28:2015 Природне і штучне освітлення.
40. Кодекс. Водний кодекс України.
41. ДСанПіН 2.2.7.029. Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки для здоров'я населення.
42. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони.

43. ДСТУ ISO 1A001:2006 (ISO 1A001:200A). Системы экологического управления. Требования и руководящие указания по применению.