

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

3125 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання курсової роботи
"Система збирання аналогових даних"
з дисципліни "ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ"
для студентів напрямку 0908 "Електроніка"
заочної форми навчання

Суми
Сумський державний університет
2011

Методичні вказівки до виконання курсової роботи "Система збирання аналогових даних" з дисципліни "Електронні системи"/ укладач Є. Л. Онанченко. – Суми: Сумський державний університет, 2011. - 39 с.

Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки

Вступ

Інформаційне забезпечення найрізноманітніших сторін діяльності людини в наш час стає одним із головних напрямів розвитку електронної техніки. Велика увага приділяється проектуванню електронних систем збору й обробки інформації з різних джерел, що контролюють роботу промислових і побутових об'єктів.

Функціонально й конструктивно закінчені засоби, які призначені для одержання, обробки, використання інформації з метою керування об'єктами й процесами, відображення стану об'єкта, зв'язки його з іншими керуючими засобами називають *електронними промисловими пристроями*. Вони, у свою чергу, є підсистемами електронних систем керування більш високого рівня.

Для електронних цифрових систем характерні висока швидкість вимірювання параметрів, зручна форма подання інформації, гнучкий інтерфейс, менша похибка вимірів.

Одне з найважливіших завдань керування — регулювання стану об'єктів. Це вимагає послідовності виконання операцій, основними з яких є:

- а) одержання інформації про стан об'єкта або процесу;
- б) одержання ззовні командних впливів, що визначають необхідний стан об'єкта або процесу;
- в) обробка отриманих сигналів з метою найбільш ефективного приведення об'єкта або процесу в заданий стан;
- г) формування керуючих впливів, які за допомогою виконавчих органів змінюють режим роботи об'єкта.

Часто доводиться керувати не одним, а групою об'єктів, які по черзі опитуються й для них формуються керуючі впливи за індивідуальними алгоритмами.

Використання мікроконтролерів у виробі електроніки не лише приводить до підвищення техніко-економічних показників, але й дозволяє скоротити час на розроблення виробів і робить їх більш гнучкими, адаптивними.

МЕТА КУРСОВОЇ РОБОТИ

Мета курсової роботи - оволодіння методикою й навичками інженерних розрахунків основних функціональних вузлів безперервної й імпульсної дії, що застосовуються в інформаційній електроніці й електронних системах керування.

1. ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Необхідно розробити структурну схему системи збору аналогової інформації для подальшої її обробки в системах більш високого рівня й визначити технічні вимоги до функціональних блоків системи, а також вибрати й розрахувати принципові схеми основних блоків системи.

При цьому в аналоговому каналі повинні здійснюватися підсилювання, фільтрація й нормування сигналу, подолання синфазної перешкоди; проводиться (за необхідності) нелінійна обробка сигналу з метою лінеаризації характеристик датчика й приведення аналогового сигналу до вигляду, придатного для введення в аналого-цифровий перетворювач (АЦП) шляхом запам'ятовування його миттєвих значень і їх зберігання протягом певного проміжку часу.

Варіанти завдання наведено в табл. А.1 у додатку А.

До складу каналу збору аналогових даних має входити ряд вузлів, які синхронізують роботу його складових частин і керують роботою АЦП.

АЦП є прикінцевим вузлом пристрою, що проектується, й усі інші складові функціональні одиниці прямо або побічно забезпечують його нормальне функціонування.

До АЦП можна підходити як до "чорного ящика", який виконує при подачі керуючого імпульсу "Пуск" перетворення напруги на його аналоговому вході в цифровий двійковий код за кінцевий відрізок часу.

По завершенні зазначеного процесу АЦП виробляє сигнал готовності "Готовий", що свідчить про відповідність його вихідного коду величині вхідної напруги на аналоговому вході.

Часові діаграми, що ілюструють роботу АЦП, наведені на рис. 1.

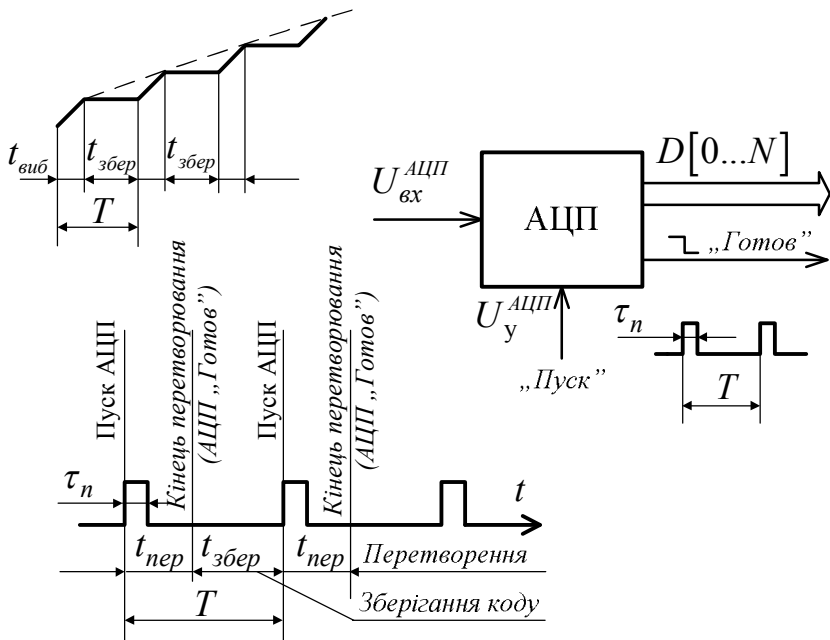


Рисунок 1 - Часові діаграми роботи АЦП

Однією з особливостей роботи ряду швидкодіючих АЦП є можливість появи збоїв при зміні рівня вхідної напруги на момент перетворення. Із цієї причини існує обмеження зі швидкості зміни вхідного сигналу.

Для освоєння технічних параметрів АЦП необхідно знати таке.

Суть роботи АЦП полягає в тому, що кожному рівню вхідної напруги ставиться у відповідність N -розрядний паралельний двійковий код. У найпростішому випадку в результаті перетворення буде одержано код у двійковій системі числення.

У двійковій системі числення, так само, як і в десятковій, кожній позиції (розряду) відповідає певна вага.

Вага перших 10 розрядів (позицій) цифр двійкового числа має такі значення, наведені в табл. 1.

Таблиця 1 - Значення ваги перших 10 розрядів цифр двійкового числа

Вага	512	256	128	64	32	16	8	4	2	1
Розряд	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0

Знаючи вагу розряду, легко здійснити перехід двійкового числа в десяткове, наприклад:

$$1011101_2 = 1 \cdot 64 + 0 \cdot 32 + 1 \cdot 16 + 1 \cdot 8 + 1 \cdot 4 + 0 \cdot 2 + 1 \cdot 1 = 93_{10}.$$

Число розрядів вихідного двійкового коду АЦП визначає його точність. Чим більше число розрядів, тем вища точність перетворення.

Точність оцінюється відносною похибкою

$$\delta_{АЦП} = \frac{1}{2^N},$$

де N - число розрядів.

Важливим параметром є "Шкала АЦП", яка впливає на мінімально помітний рівень вхідного сигналу АЦП.

Шкала АЦП чисельно дорівнює максимально припустимому значенню вхідної напруги, якому ставиться у відповідність максимальне двійкове число на виході АЦП. Так, при шкалі, що дорівнює 10,23 В, у десятирозрядному АЦП одержуємо при подачі $U_{ex}^{АЦП} = 10,23 \text{ В}$ двійкове число $111111111_2 = 1023_{10}$, а при шкалі 1,023 В при подачі вже 1,023 В одержуємо те саме число 1023_{10} .

Мінімально помітний рівень при шкалі 10 В:

$$U_{ex_min}^{АЦП} = \frac{Ш_{АЦП}}{2^N} = \frac{10,23}{2^{10}} = 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ В},$$

а при шкалі 1,023 В

$$U_{ex_min}^{АЦП} = \frac{1}{2^{10}} \approx 1,0 \cdot 10^{-5} \text{ В}.$$

Цілком зрозуміло, що максимальна напруга на аналоговому вході не повинна перевищувати шкалу АЦП. А якщо ні, то

порушитися однозначна відповідність вихідного коду й рівня напруги вхідного сигналу.

Джерелом сигналу (інформації) для проєктованого каналу збору аналогових даних є датчик із симетричним щодо загального провідника виходом. Тип датчика не конкретизується. Це може бути датчик температури, тиску, переміщень, вимірювальна мостова схема й т.п.

Але в завданні може бути обумовлена функціональна залежність ЕРС датчика від вимірюваної величини, і одним із завдань є лінеаризація характеристики вимірювального тракту з метою підвищення точності вимірів.

Залежність ЕРС датчика від вимірюваної величини може бути визначена аналітичним вираженням або графічною залежністю $e = f(g)$. Останній варіант завдання залежності зустрічається на практиці частіше, тому що ця залежність може бути отримана експериментальним дослідженням для конкретного екземпляра датчика.

Одночасно з корисним диференціальним сигналом на вхід пристрою, як правило, потрапляє синфазна перешкода, рівень напруги якої в роботі заданий. Ця перешкода може мати різну фізичну природу - мережеві наведення, радіоперешкоди й т.п. Рівень синфазної перешкоди може значно перевищувати рівень корисного сигналу, що вимагає вживання спеціальних заходів до її подолання.

Вихідні дані $e = f(g)$ для проєктування каналу збору аналогових даних наведені в табл. А.1 (додаток А) і на рисунках 2 а – 2 г.

Пояснимо окремі технічні вимоги до функціональних блоків проєктованого пристрою.

Динамічний діапазон зміни ЕРС датчика несе інформацію про те, у яких межах змінюється рівень вхідного сигналу, і виражається він у децибелах:

$$D = 20 \lg \frac{e_{c_max}}{e_{c_min}}$$

Знаючи максимальну величину e_{c_max} ЕРС датчика й значення динамічного діапазону, можна визначити мінімальне значення вхідного сигналу каналу:

$$e_{c_min} = e_{c_max} \cdot 10^{\frac{-D}{20}},$$

а потім розробити технічні вимоги до параметрів точності аналогового тракту.

За відсутності живлення датчика його вихідна напруга дорівнює, як правило, нулю. Тільки в особливих випадках вона може відрізнятися від нуля.

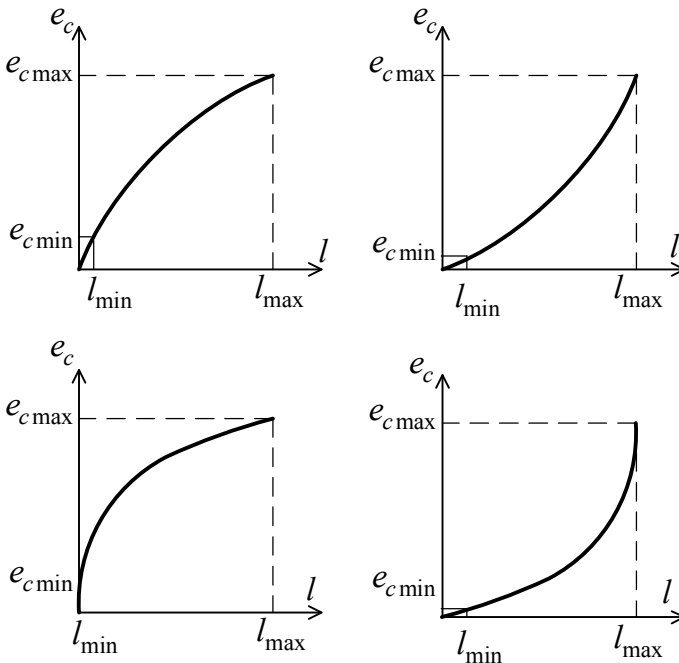


Рисунок 2

Час вибірки $t_{виб}$ визначає інтервал часу, протягом якого відбувається запам'ятовування аналогового сигналу в пристрої вибірки - зберігання перед подачею його на вхід АЦП.

Період T проходження (коливань) вихідної напруги генератора в блоці керування встановлює періодичність часової дискретизації аналогового сигналу й періодичність роботи АЦП.

Відсутність у завданні яких-небудь суворих вимог і відомостей про функціональну й принципову схеми проєктованого пристрою вносить у роботу елементи творчості. Студент має право обґрунтовано вибрати варіант побудови структури, функціональну схему, а також повинен використовувати сучасну елементну базу під час розроблення принципової електричної схеми системи.

2. ВИМОГИ ДО ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ

Пояснювальна записка до курсової роботи виконується рукописним або машинним способом на одному боці аркуша формату А4 відповідно до вимог ДСТУ.

Пояснювальна записка повинна містити:

1. Титульний аркуш (додаток Б).
2. Завдання на роботу (додаток В).
3. Зміст.
4. Перелік умовних позначок, символів, одиниць і термінів (якщо він потрібний).
5. Вступ.
6. Вибір і розрахунки структурної й функціональної схем каналу збору аналогових даних.
7. Вибір і розрахунки принципових схем усіх функціональних блоків проєктованої системи.
8. Висновок.
9. Список використаних джерел.
10. Додатки.
11. Перелік елементів (якщо він не виконаний на полі схеми електричної принципової).

Рисунки повинні мати підписи. Цифрові, буквено-цифрові позначення умовних графічних зображень на рисунках схеми допускається проставляти не по наскрізній нумерації. На принципових схемах, виконаних на рисунках, необхідно вказати

номинали резисторів і конденсаторів, типи транзисторів, діодів і мікросхем.

Основні довідкові дані активних елементів (транзисторів, діодів, мікросхем), що застосовані у пристрої, повинні бути наведені в пояснювальній записці, або по ходу викладу матеріалу, або в додатку.

При остаточному оформленні курсової роботи пояснювальна записка зшивається. Електричні структурна й функціональні схеми розміщуються в записці у вигляді рисунків.

Принципова електрична схема в записку не підшивається, а вкладається.

3. ПОРЯДОК ЗАХИСТУ РОБОТИ

Повністю оформлена робота повинна бути здана на перевірку не пізніше ніж за **3 робочих дні** до дати захисту.

Студент допускається до захисту роботи після перевірки викладачем пояснювальної записки та електричної схеми, якщо робота не містить принципів помилок.

Під час доповіді студент повинен висвітлити основні моменти роботи, а саме:

1. Призначення спроектованого пристрою й технічні вимоги, поставлені до нього в завданні.

2. Шляхи розв'язання поставленого завдання, вибір оптимального варіанта побудови.

3. Склад і принцип дії пристрою за його структурною схемою й часовими діаграмами, що ілюструють його роботу.

4. Реалізацію функціональних блоків каналу збору аналогових даних, особливості схемотехнічних рішень.

5. Результати експериментальних досліджень і їх порівнювальний аналіз із теоретичними даними (*у разі проведення експерименту або моделювання системи на комп'ютері*).

Після доповіді студент повинен відповісти на запитання, які йому поставлені.

Оцінка (бали) за виконання й захист роботи виставляється з урахуванням повноти й змістовності відповідей при захисті, обсягу, своєчасності і якості виконаної роботи, ступеня

самостійності, акуратності оформлення, дотримання ДСТУ і систематичності роботи.

Оцінка виставляється на титульному аркуші й заноситься до рейтингової відомості.

4. ВИБІР І РОЗРАХУНКИ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

У цьому розділі необхідно визначити функціональний склад пристрою і встановити необхідний зв'язок між функціональними вузлами.

Проектування починають із аналізу технічних вимог до вхідних сигналів прикінцевого пристрою каналу збору аналогових даних - АЦП. В АЦП є аналоговий і керуючий входи, тому вибір і обґрунтування структурної схеми потрібно розбити на два етапи.

На першому етапі необхідно визначити найбільш раціональний склад функціональних вузлів, які беруть участь у перетворенні вихідного сигналу датчика й стоять між його виходом і аналоговим входом АЦП. Зазначену сукупність вузлів назвемо аналоговим трактом.

На другому етапі необхідно визначити склад і структуру керуючого тракту, тобто сукупності пристроїв, що містять генератор і пристрої, що формують необхідні керуючі сигнали для АЦП і аналогового тракту.

4.1. Вибір і розрахунки структурної схеми аналогового тракту

4.1.1. Проектування потрібно починати із зіставлення технічних характеристик датчика й технічних вимог до форми й параметрам сигналу на аналоговому вході АЦП.

Хід міркувань може бути приблизно такий.

АЦП має несиметричний аналоговий вхід, а датчик - симетричний вихід. Звідси зрозуміло, що до складу аналогового тракту повинен входити диференціальний (різницевий) підсилювач, підключений до виходу датчика. Називають цей підсилювач узгоджувальним (УП).

4.1.2. Найбільша точність перетворення аналогового сигналу в цифровий код виходить, коли використовується вся шкала АЦП, тобто в тому випадку, коли

$$U_{ex_max}^{АЦП} = Ш_{АЦП},$$

де $U_{ex_max}^{АЦП}$ - максимальне значення сигналу на аналоговому вході АЦП;

$Ш_{АЦП}$ - шкала АЦП.

Максимальна величина ЕРС e_{c_max} датчика не збігається зі шкалою $Ш_{АЦП}$, тому аналоговий тракт повинен мати коефіцієнт підсилення не менш ніж

$$K_Z = \lambda \frac{Ш_{АЦП}}{e_{c_max}},$$

де $\lambda = (1,1 - 1,3)$ - коефіцієнт запасу за підсиленням.

4.1.3. Із завдання відомо, що поряд із корисним сигналом діє синфазна перешкода. Для виключення її впливу аналоговий тракт повинен мати коефіцієнт ослаблення синфазного сигналу (КОСС)

$$КОСС = \frac{2 \cdot U_{синф}}{e_{c_min}},$$

де $U_{синф}$ - напруга синфазної перешкоди;

$e_{c_min} = e_{c_max} \cdot 10^{\frac{-D}{20}}$ - мінімальне значення ЕРС сигналу датчика;

D - динамічний діапазон зміни вхідного сигналу, дБ.

Пристроєм, що послабляють синфазну перешкоду, може бути підсилювач із диференціальними входами, введення якого в аналоговий тракт продиктоване необхідністю узгодження симетричного виходу датчика з аналоговим трактом. Такий

підсилювач називають ще приладовим. Він випускається й у вигляді ІМС як окремий вид підсилювачів.

4.1.4. Із завдання відома смуга частот спектра корисного сигналу. Це дає можливість сформулювати технічні вимоги до фільтра низьких частот по смузі пропущення, а саме гранична частота фільтра дорівнює

$$f_{фнч} = f_{\sigma},$$

де f_{σ} - верхня частота спектра сигналу датчика.

У завданні на роботу не застережені вимоги до АЧХ фільтра, тому є досить широкі можливості у виборі типу фільтра низьких частот. Однак доцільно використовувати RC - фільтри. Можна застосовувати активні RC - фільтри типу Баттерворта 2-го порядку, а можна досягнути фільтрувальних властивостей аналогового тракту, сполучивши диференціальний підсилювач і RC - фільтр.

Переваги застосування активних RC - фільтрів у порівнянні з LC - фільтрами очевидні. Це добра рівномірність АЧХ у смузі пропущення й добра швидкість спаду на перехідній ділянці: практично повна розв'язка вхідних і вихідних ланцюгів, малі габарити і т.д.

Якщо фільтр виконується у вигляді окремого функціонального вузла, то його необхідно розташовувати обов'язково до нелінійного пристрою. А якщо ні, то високочастотні перешкоди й наведення (з ними практично завжди доводиться мати справа) можуть бути трансформовані в область спектра корисного сигналу.

Одним із нелінійних пристроїв є функціональний перетворювач, тому фільтр повинен стояти перед ним.

4.1.5. Якщо залежність ЕРС датчика від вимірюваної величини є нелінійною, то необхідне включення до складу аналогового тракту функціонального перетворювача, що забезпечує лінеаризацію характеристики датчика. Причому даний функціональний перетворювач повинен мати передатну характеристику, обернену характеристиці датчика.

4.1.6. Як уже зазначалось, у момент перетворення аналогового сигналу в цифровий код напруга на вході АЦП повинне бути незмінною. Отже, до складу аналогового тракту повинен входити пристрій вибірки-зберігання, яке періодично запам'ятовує з усередненням миттєве значення вихідного сигналу функціонального перетворювача й зберігає його протягом часу зберігання $t_{збер}$ (рис. 3).

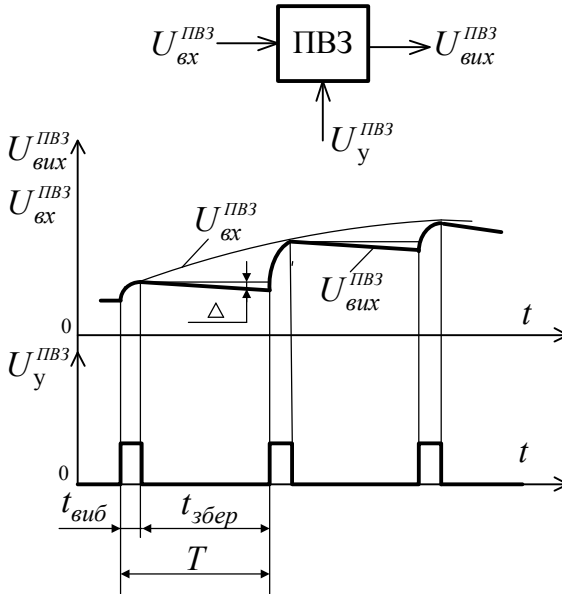


Рисунок 3 - Часові діаграми роботи ПВЗ

У підсумку аналізу за пп. 4.1.2 - 4.1.6 структурна схема одного каналу аналогового тракту може бути подана так, як показано на рис. 4, де УП – узгоджувальний підсилювач; ФНЧ - фільтр нижніх частот; ФП - функціональний перетворювач; ПВЗ - пристрій вибірки-зберігання; АЦП - аналого-цифровий перетворювач.

За завданням число опитуваних каналів невелике. Тому необхідно визначитися зі структурною схемою системи в цілому. Можливе застосування аналогового або цифрового мультиплексування сигналу.

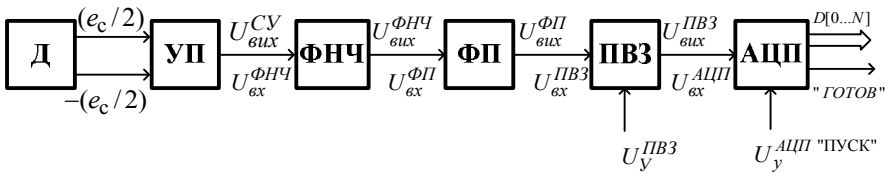
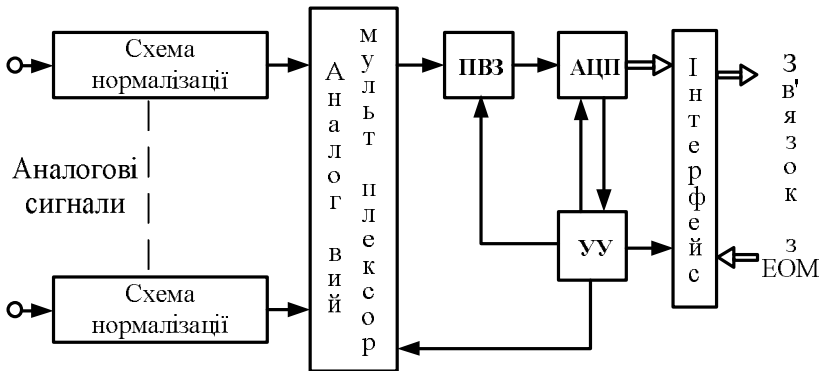
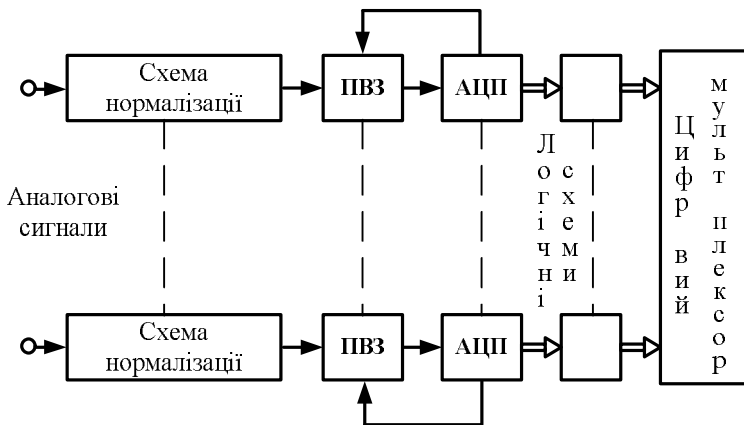


Рисунок 4 - Структурна схема аналогового тракту



а)



б)

Рисунок 5 - Структурна схема СЗД із мультиплексуванням:
а, б - аналогових і цифрових сигналів

Під час використання паралельного перетворення мультиплексування перенесене з аналогової в цифрову область. Структурна схема СЗД із мультиплексуванням цифрових сигналів подана на рис. 5 б.

Переваги таких схем полягають у можливості використання менш швидкодіючих і дешевих АЦП. Крім того, дана схема може працювати й без ПВЗ, що поряд із відсутністю аналогового мультиплексора дозволяє звести до мінімуму викривлення вхідного сигналу.

З аналізу можливих варіантів побудови структур (рис. 5) випливає, що будь-який варіант реалізується на основі семи основних функціональних пристроїв: датчик, схема узгодження, схема нормалізації, функціональний перетворювач, АЦП, цифрові або аналогові мультиплексори, пристрої керування.

Обґрунтування структурної схеми починають із аналізу технічних вимог до вхідних сигналів прикінцевого пристрою АЦП і параметрів вхідних сигналів.

Відповідно до теорії Котельникова частота квантування сигналу f_K з урахуванням похибок перетворення (коефіцієнта запасу) повинна відповідати

$$f_K = (3-5)F_{\max},$$

де F_{\max} - максимальна частота спектра сигналу.

Тоді, з урахуванням кількості каналів n , частота дискретизації становить:

- для СЗД із аналоговим мультиплексуванням $f_{КАМ} = n \cdot f_K$;
- із цифровим мультиплексуванням $f_{КЦМ} = n \cdot f_K$.

Отже, вибір першої або другої структури СЗД можна здійснювати на підставі порівняння максимального часу перетворення $t_{АЦП}$ типового АЦП із необхідною частотою дискретизації. Якщо $f_{КАМ} \leq 1/t_{АЦП}$, то доцільно використовувати схему з аналоговим мультиплексуванням.

Якщо ж $f_{КАМ} > 1/t_{АЦП}$ і $f_{КЦМ} \leq 1/t_{АЦП}$, то доцільно використовувати схему із цифровим мультиплексуванням.

Якщо жодна з умов не виконується, то необхідно передбачити розроблення або вибір більш швидкодіючих АЦП.

4.2. Визначення технічних вимог до функціональних блоків аналогового тракту

4.2.1. Для того щоб грамотно сформулювати технічні вимоги до блоків проектованого пристрою, необхідно попередньо ознайомитися з їхнім принципом дії й схемотехнічними особливостями побудови за літературою [2, 3] і конспектом лекцій з курсу "Аналогова схемотехніка".

Розрахунки технічних вимог потрібно робити у зворотному порядку проходження аналогового сигналу, тобто подумки переміщаючись від АЦП до датчика інформації.

Відомі [2, 3] пристрої вибірки-зберігання, принцип дії яких базується на заряді ємності через ключ протягом інтервалу вибірки $t_{виб}$ й зберігання накопиченого значення протягом $t_{збер}$ після відключення ключа (рис. 3). Як ключ використовують біполярні, так і польові транзистори. Однак кращим є використання спеціалізованих ІСМ, параметри яких знайти в довідковій літературі не є проблемою.

Основними технічними характеристиками ПВЗ є:

1. Коефіцієнт передачі в момент закінчення вибірки

$$K_{увз} = \frac{U_{вих}^{ПВЗ}}{U_{вх}^{ПВЗ}}.$$

2. Максимальні значення вхідної $U_{вх \max}^{ПВЗ}$ й вихідної $U_{вих \max}^{ПВЗ}$ напруги.

3. Вхідний $R_{вх}^{ПВЗ}$ і вихідний $R_{вих}^{ПВЗ}$ опори за аналоговим сигналом.

4. Відносні похибки вибірки $\delta_{виб}^{ПВЗ}$ й зберігання $\delta_{збер}^{ПВЗ}$.

5. Форма й параметри сигналу на керуючому вході ПВЗ.

6. Напряга джерел живлення ПВЗ.

У першу чергу можна задати

$$K_{ПВЗ}=1$$

і знайти максимальне значення напруги вхідного аналогового сигналу:

$$U_{вх\ max}^{ПВЗ} = U_{вих\ max}^{ПВЗ} = U_{вх\ max}^{АЦП} = Ш_{АЦП} \cdot$$

Знаючи, що сучасні методи побудови ПВЗ дають можливість реалізації відносних похибок $\delta_{виб}^{ПВЗ}$ і $\delta_{збер}^{ПВЗ}$ до 10 - 4 і нижче, можна встановити вимоги до припустимої похибки:

$$\delta_{збер}^{ПВЗ} = \delta_{виб}^{ПВЗ} \leq 10^{-3}.$$

Орієнтуючись на виконання аналогового тракту на операційних підсилювачах (ОП), задають стандартну величину напруги джерел живлення:

$$E_{и1} = +15 \text{ В};$$

$$E_{и2} = -15 \text{ В}.$$

Як відомо, у схемах на ОП досить легко реалізуються великий вхідний опір (до одиниць $МОм$) і малий вихідний опір (менш десятків - сотень $Ом$), тому встановлюємо вимоги

$$R_{вх}^{ПВЗ} \geq 1 \text{ к}Ом;$$

$$R_{вих}^{ПВЗ} \leq 10 \text{ Ом}.$$

Тривалість імпульсів керування й період їх проходження застережені в технічному завданні на проект. Підлягає визначенню величина часу зберігання:

$$t_{збер} = T - t_{виб}$$

та амплітудні значення імпульсу й западини на керуючому вході ПВЗ.

Під час реалізації керуючого тракту повністю на ПУ рекомендується вибрати:

$$U_{y \max}^{ПВЗ} = (10 - 12) B ;$$

$$U_{y \min}^{ПВЗ} = -(10 - 12) B$$

з подальшим уточненням цих даних при розрахунках принципових схем.

Під час реалізації блоків тракту, що виконані на транзисторах або логічних елементах, можна брати:

$$U_{y \max}^{ПВЗ} = (3 - 4) B ;$$

$$U_{y \min}^{ПВЗ} = -(0 - 0,5) B .$$

4.2.2. Основною характеристикою функціонального перетворювача є залежність вихідної напруги $U_{вих}^{\Phi\Pi}$ від вхідного $U_{вх}^{\Phi\Pi}$:

$$U_{вих}^{\Phi\Pi} = f(U_{вх}^{\Phi\Pi}) .$$

В даній роботі вважається, що залежність лінійна.

4.2.3. Основними характеристиками й параметрами фільтра нижніх частот є:

1. Верхня гранична частота f_{θ} .
2. Нерівномірність АЧХ у смузі пропущення.
3. Швидкість спаду частотної характеристики на перехідній ділянці АЧХ.
4. Коефіцієнт передачі $K_{фнч}$ за напругою в смузі пропущення.
5. Вхідний $R_{вх}^{\PhiНЧ}$ і вихідний $R_{вих}^{\PhiНЧ}$ опори.
6. Напруга джерел живлення.

У завданні на проектування не застережені вимоги із нерівномірності АЧХ і швидкості спаду, тому їх вибір дається на розсуд розроблювача.

При використанні фільтрів Баттерворта нерівномірність АЧХ у смузі прозорості задавати не потрібно, тому що вона виходить мінімальною.

Швидкість спаду можна вибрати порядку 12 дБ/октаву (40 дБ/дек).

Фільтри Баттерворта, виконані на ОП, мають $K_{\Phi HЧ} = (1,35 - 1,5)$ [2]. Звідси можна визначити вимоги до максимальної величини вхідної напруги:

$$U_{вх \max}^{\Phi HЧ} = \frac{U_{вх}^{\Phi П}}{K_{\Phi HЧ}} = \frac{Ш_{АЦП}}{K_{\Phi HЧ}}.$$

Вхідний і вихідний опори обираються з умови

$$R_{вх}^{\Phi HЧ} = (10 - 1000) \text{ кОм};$$

$$R_{вих}^{\Phi HЧ} = (0,1 - 0,01) \cdot R_{вх}^{\Phi П}.$$

Напруги джерел живлення бажано взяти однаковими для всіх функціональних блоків.

4.2.4. Узгоджувальний підсилювач виконує основне підсилення сигналу, пригнічує синфазну перешкоду, забезпечує узгодження з датчиком і регулювання вихідної напруги.

Узгоджувальний підсилювач повинен мати номінальний коефіцієнт підсилення різницевого сигналу не менш ніж

$$K_{СУ \text{ НОМ}} \geq \frac{K_Z}{K_{\Phi HЧ}}.$$

Цей коефіцієнт підсилення змінюється в межах ± 10 дБ:

$$0.316 \cdot K_{СУ \text{ НОМ}} \leq K_{СУ} \leq 3.16 \cdot K_{СУ \text{ НОМ}}.$$

Коефіцієнт ослаблення синфазної перешкоди в ньому повинен бути не менш ніж

$$K_{OCC} \geq \frac{2U_{\text{синф}}}{e_c \max} \cdot 10^{20} \cdot \frac{D}{e_c \max}$$

Вхідний опір $R_{\text{вх}}^{CY}$ необхідно вибрати таким чином, щоб він забезпечував можливість зміни датчиків:

$$R_{\text{вх}}^{CY} \geq \Delta R_g \cdot 10^{20} - R_g$$

де R_g - середній вихідний опір датчика, Ом;

ΔR_g - діапазон зміни вихідного опору датчика, Ом;

D - динамічний діапазон зміни вихідного сигналу датчика, дБ.

Вихідний опір узгоджувального підсилювача

$$R_{\text{вих}}^{CY} \leq (0,1 - 0,01) \cdot R_{\text{вх}}^{\Phi HC}$$

Вимоги до джерел живлення і їх вихідної напруги обираються на загальних підставах. Необхідно забезпечити живлення всіх аналогових схем напругою одного номіналу.

Для зменшення числа різних напруг використовують, якщо буде потреба, стабілізатори й додаткові джерела опорних напруг, що розташовані всередині схеми.

4.3. Вибір і обґрунтування структурної схеми керуючого тракту

Завданням керуючого тракту є створення двох послідовностей імпульсів для керування ПВЗ і АЦП, синхронізованих із вихідним сигналом генератора, що задає. Одна частина параметрів цих періодичних сигналів застережена в завданні на проектування (тривалості імпульсів вибірки $t_{\text{виб}}$ і пуску АЦП τ_n , їхній період проходження T), а інша отримана в результаті проектування аналогового тракту (амплітуди імпульсів).

Як генератор, що задає, може використовуватися будь-який генератор синусоїдальних коливань або прямокутних імпульсів.

Використовувати безпосередньо для керування, наприклад ПВЗ, вихідну напругу генератора синусоїдальних коливань не можна через його синусоїдальну форму й невідповідність тривалості півхвилі й тривалості імпульсу керування ПВЗ.

Імпульси керування ПВЗ повинні мати прямокутну форму й необхідну тривалість $t_{виб}$, причому $t_{виб} < 0,5T$.

Отже, необхідно включити до складу керуючого тракту формувач імпульсів вибірки (ФІВ), параметри вихідного сигналу якого забезпечували б роботу з керуючого входу ПВЗ, наприклад загальмований мультівібратор (одновібратор).

Структурна схема керуючого тракту наведена на рис. 6. Тут же подані часові діаграми, що пояснюють її роботу.

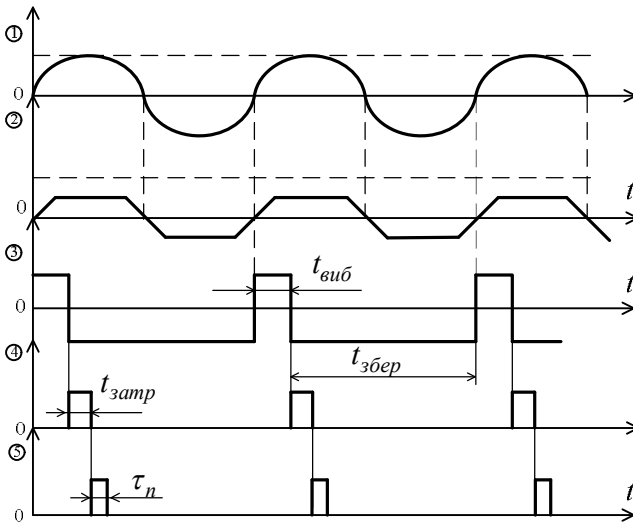
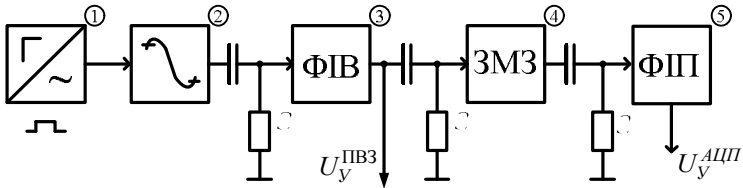


Рисунок 6 – Структурна схема керуючого тракту

Безпосередній запуск ФІВ здійснити напругою синусоїдальної форми важко. У цьому зв'язку потрібно сформувати короткі пускові імпульси із сигналу, що задає генератора. Реалізувати це можна за допомогою обмежника (або підсилювача-обмежника), що й диференціює RC - ланцюжок.

Генератор прямокутних імпульсів може бути реалізований на різних елементах – на транзисторах, ОУ, логічних ІМС. Форма вихідної напруги в такого генератора не вимагає попереднього формування.

Відповідно до технічних вимог сигнал "Пуск" на АЦП повинен відбуватися через час $t_{затр}$ після закінчення імпульсу вибірки. Здійснити затримку можна різними способами. Один із них - за допомогою загальмованого мультивібратора, що генерує імпульс тривалістю, що дорівнює необхідній затримці $t_{затр}$ у момент закінчення імпульсу вибірки.

І, нарешті, до складу керуючого тракту необхідно ввести формувач імпульсів пуску (ФІП) АЦП, запуск якого здійснюється по зрізу імпульсу загальмованого мультивібратора затримки (ЗМЗ).

Розрахунки технічних вимог до функціональних вузлів керуючого тракту рекомендується робити за методикою, викладеною в розд. 4. При цьому необхідно попередньо проробити питання схемної реалізації блоків й оцінити можливість здійснення пропонованих вимог до форм і параметрів сигналів під час виконання схем на операційних підсилювачах або логічних ІМС.

5. ВИБІР І РОЗРАХУНКИ ПРИНЦИПОВИХ СХЕМ ОСНОВНИХ БЛОКІВ КАНАЛУ ЗБОРУ АНАЛОГОВИХ ДАНИХ

Перш ніж приступити до складання принципів схем проєктованих вузлів, необхідно ознайомитися за літературою [2, 3] і конспектом лекцій з курсу "Аналогова схемотехніка" із

принципом дії схем, зрозуміти особливості їх роботи, виявити переваги й недоліки тих або інших схемотехнічних рішень.

5.1. Узгоджувальний підсилювач

Одна з можливих схем підсилювача наведена на рис. 7.

Тут ланцюги корекції зсуву нуля й ланцюги частотної корекції умовно не показані.

Розрахунки потрібно почати з вибору типу ОП залежно від мінімального рівня сигналів датчика і його вихідного опору, величини напруги синфазної перешкоди. У більшості варіантів для узгоджувального підсилювача підходять ОП загального застосування (140УД7, 140УД8, 153УД2 та інші більш сучасні).

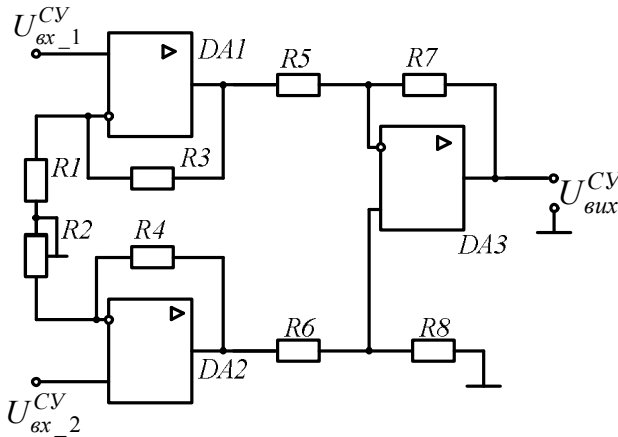


Рисунок 7 – Схема узгоджувального підсилювача

Критерієм вибору є можливість задоволення такої системи нерівностей:

- 1) $KOCC_{OY} > KOCC$;
- 2) $\frac{dU_{ом}}{dT} \cdot \Delta T < (0.1 - 0.5) \cdot e_{c_min}$;
- 3) $K_g > 10^4$;
- 4) $R_{ex_диф} > (1 - 10) \cdot R_{\Gamma}$,

де $KOCC_{OY}$ - коефіцієнт ослаблення синфазного сигналу ОП;

$\frac{dU_{ом}}{dT}$ - дрейф напруги зсуву нуля ОП;

ΔT - робочий діапазон температур;

K_g - диференціальний коефіцієнт підсилення ОП;

$R_{ex_диф}$ - диференціальний вхідний опір ОП;

R_r - вихідний диференціальний опір датчика.

Для досягнення найбільшого ослаблення синфазної перешкоди коефіцієнт підсилення першого каскаду підсилення на $DA1$, $DA2$ бажано брати найбільшим (тобто реалізувати на ньому основне підсилення сигналу), а коефіцієнт підсилення різницевого підсилювача на ОП $DA3$ взяти таким, що дорівнює одиниці. У цьому разі резистори $R5 - R8$ виходять одного номіналу, а отже, полегшується їхній добір за необхідним допуском і температурним коефіцієнтом.

Розрахунки елементів схеми починають із каскаду на $DA3$.

Задають номінали резисторів у межах

$$R_{\min} < R5 = R6 = R7 = R8 < (2 \cdot 10^3 - 10^6) \text{ Ом},$$

де $R_{\min} = \frac{U_{ex \max}}{I_{вих \max}}$.

Тут $U_{ex \max}$ є максимальною величиною напруги на виході ОП, а $I_{вих \max}$ - максимальним вихідним струмом ОП (паспортні дані ОП).

При завданні резистора необхідно пам'ятати про те, що резистори $R5$ й $R6 - R8$ визначають величини вхідного опору каскаду за інвертуючим та неінвертуючим входами і є фактичними навантаженнями ОП $DA1$. Крім того, застосування високоомних резисторів $R5 - R8$ приводить до підвищеного дрейфу вихідної напруги через некомпенсовану різницю вхідних струмів ΔI_{ex} (паспортний параметр ОП).

Розрахунки каскадів на $DA1$, $DA2$ починають із вибору номіналів резисторів $R3$ і $R4$:

$$R_{\min} < R3 \text{ та } R4 \leq (20 \cdot 10^3 - 10^6) \text{ Ом}.$$

До вибору підходять із тих самих позицій, що й при виборі резисторів $R5 - R8$.

Знаючи необхідний мінімальний коефіцієнт K_{cy_min} підсилення узгоджувального підсилювача, розраховують максимальний сумарний опір резисторів $R1$ і $R2$:

$$R_{\Sigma_max} = \left(\frac{K_{cy_min}}{2 \cdot R3} \right) - 1,$$

а потім, виходячи з максимального коефіцієнта підсилювача K_{cy_max} , – мінімальне значення сумарного опору резисторів $R1$ і $R2$:

$$R_{\Sigma_min} = \left(\frac{K_{cy_max}}{2 \cdot R3} \right) - 1.$$

Опір ланцюга резисторів $R1$ і $R2$ визначає коефіцієнт підсилення всього підсилювача. Але при цьому неможливо використовувати один резистор, оскільки величина його опору завжди має деякий допуск для конкретного екземпляра. Тому використовують послідовне з'єднання постійного й підстроювального резисторів.

Величину резистора $R2$ визначають як

$$R2 = R_{\Sigma_max} - R_{\Sigma_min}.$$

Якщо виходить номінал, відсутній у стандартному ряді, то вибирають найближчий більший. Резистор $R2$ повинен бути підстроювального типу і дозволяти змінювати опір у необхідних межах.

Допуск на відносний розкид номіналів резисторів (крім $R1$ і $R2$) визначають за формулою

$$\delta_R = \frac{K_{cy_min} \cdot 100\%}{2 \cdot KOCC_{необх}},$$

де $K_{OCC_{необх}}$ - необхідний коефіцієнт ослаблення синфазної перешкоди. Він визначає ряд номіналів, з якого здійснюють вибір.

Після вибору й розрахунків номіналів резисторів необхідно оцінити напругу помилки на виході каскаду, обумовленої дрейфом напруг зсувів нуля й різницевих вхідних струмів за стандартною методикою [3]. Якщо напруга помилки виходить більше $0.5 \cdot U_{вих_min}$, то потрібно зменшити номінали резисторів $R3 - R8$ і повторити розрахунки.

5.2. Фільтр нижніх частот

Схема фільтра 2-го порядку з характеристикою Баттерворта наведена на рис. 8. Тут не показані тільки ланцюги корекції зсуву нуля й частотної корекції (наявність цих ланцюгів у роботі обов'язкова).

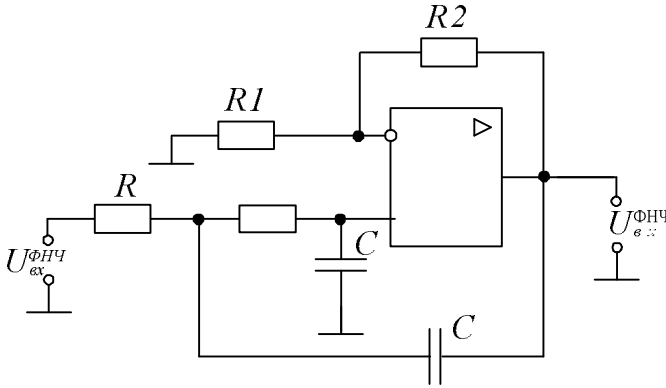


Рисунок 8 – Схема фільтра нижніх частот

Для одержання необхідної частотної характеристики (максимально плоска в смузі прозорості АЧХ і спад на перехідній ділянці - 40 дБ/дек.) коефіцієнт загасання λ беруть $\sqrt{2} = 1,414$.

Верхня гранична частота фільтра визначається як

$$f_{гp} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C},$$

тому, варіюючи номіналами як R , так і C , можна досягти необхідного значення $f_{зр}$.

Однак доцільно задатися спочатку величинами ємностей C із ряду стандартних значень, а потім розрахувати величини резисторів:

$$R = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_{зр} \cdot C}.$$

Величини ємностей C слід вибирати таким чином, щоб одержати значення резисторів R у межах (10 – 100) $\kappa\text{Ом}$.

З метою зменшення впливу різниці вхідних струмів ОП повинна виконуватися рівність

$$\frac{R1 \cdot R2}{R1 + R2} = 2 \cdot R. \quad (4)$$

У той же час для одержання АЧХ типу Баттерворта

$$R2 = (2 - \lambda) \cdot R1. \quad (5)$$

Розв'язуючи систему рівнянь (4) і (5), визначають номінали $R1$ і $R2$.

Розрахувавши номінали елементів схеми, уточнюють величину коефіцієнта підсилення в смузі прозорості:

$$K_{фнч} = 1 + \frac{R2}{R1}$$

і знаходять помилку посилення сталої складової, обумовлену дрейфом напруги зсуву нуля ОП і його вхідного струму.

5.3. Пристрій вибірки-зберігання

ПВЗ випускаються у вигляді ІМС й іноді вводяться до складу АЦП. Застосування ІМС ПВЗ є *кращим!*

Одна зі схем ПВЗ подана на рис. 9. Ця схема ілюструє роботу ПВЗ і може використовуватися з практичною метою.

Тут у ролі ключа застосований польовий транзистор VTI з р-п – переходом. Він увімкнений за схемою із плаваючим затвором, завдяки чому незалежно від величини вхідного

аналогового сигналу досягається повне відкриття ключа в моменти вибірки. Режим плаваючого затвора забезпечується за рахунок застосування перемикального діода $VD1$. При подачі позитивного імпульсу U_y діод $VD1$ закритий і транзистор $VT1$ відкритий, тому що потенціал затвора дорівнює потенціалу джерела (якщо знехтувати спаданням напруги на резисторі $R1$ за рахунок струму затвора й зворотного струму діода $VD1$). При надходженні негативного імпульсу керування діод $VD1$ відкривається, напруга на затворі дорівнює керуючій і транзистор $VT1$ закривається.

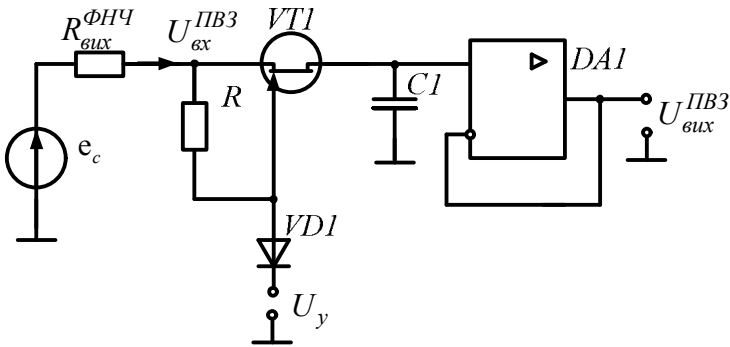


Рисунок 9 – Варіант функціональної схеми ПВЗ

Конденсатор $C1$ виконує роль накопичувальної ємності. У момент вибірки, коли транзистор $VT1$ відкритий, відбувається заряд ємності до миттєвого значення вхідного сигналу. Після закриття ключа на $VT1$ настає режим зберігання, протягом якого конденсатор $C1$ розряджається незначним струмом витоку закритого транзистора $VT1$ і вхідним струмом операційного підсилювача $DA1$. Останній увімкнено за схемою повторювача, що не інвертує, і має, як відомо, великий вхідний опір (десятки мегомів).

Проектування ПВЗ починають із вибору активних елементів схеми - діода, транзистора й ОП. Транзистор потрібно підбирати з найменшим опором каналу в насиченому стані, найменшим струмом витоку й найменшою напругою відсічення

$U_{зн_відс}$. Чим менше $U_{зн_відс}$, тим легше задовольняються вимоги до керуючих сигналів.

Допустима напруга між стоком і джерелом у транзистора

$$U_{сн_дон} = (1,1 - 1,2) \cdot U_{ex_max}^{АЦП}.$$

Діод вибирають імпульсний, малопотужний, з величиною зворотного струму менше одиниці мікроамперів.

Як ОП рекомендується використовувати підсилювачі з польовими транзисторами на входах. Ці типи ОП мають великий вхідний опір і малий (десятки наноамперів) вхідний струм.

Розрахунки починають із аналізу режиму вибірки сигналу, коли конденсатор $C1$ заряджається через відкритий ключ на транзисторі VTI . Помилка вибірки $\delta_{виб}$ залежить від співвідношення сталої часу ланцюги заряду й часу вибірки $t_{виб}$. Це дозволяє встановити максимально припустиме значення ємності $C1$:

$$C1_{max} = - \frac{t_{виб}}{\left(R_{вих}^{\Phi НЧ} + r_{кп} \right) \cdot \ln \frac{\delta_{виб}}{100\%}},$$

де $R_{вих}^{\Phi НЧ}$ - вихідний опір джерела сигналу (фільтра низьких частот або функціонального перетворювача), Ом;

$r_{кп}$ - опір відкритого ключа, Ом;

$\delta = (0,1 - 0,5)\%$ - відносна помилка в режимі вибірки.

У режимі зберігання відбувається розряд ємності струмом $I_{ум}$ витоку транзистора VTI , вхідним струмом I_{ex} ОП. Розряджається ємність також і через вхідний опір ОП $DA1$.

Помилка, що виникла в режимі зберігання, залежить від величини ємності. Це дозволяє визначити мінімально припустиме значення ємності нагромаджувального конденсатора $C1$:

$$C1_{min} = \frac{t_{збер} \cdot 100\%}{\delta_{збер} \cdot Ш_{АЦП}} \cdot \left(I_{ум} \Sigma + \frac{Ш_{АЦП}}{R_{ex}^{OY}} \right),$$

де $t_{збер}$ - час зберігання;

$\delta_{збер} = (0,1-0,5)\%$ - відносна помилка зберігання;

$I_{ут \Sigma}$ - сумарний струм витоку (дорівнює сумі струму витоку транзистора VTI і вхідного струму ОП);

$R_{вх}^{ОП}$ - вхідний опір повторювача напруги.

Необхідне значення ємності конденсатора $C1$ вибирають як

$$C1_{\min} < C1 < C1_{\max} .$$

Величину опору резистора $R1$ знаходять за формулою

$$R1 \leq \frac{(0.1-0.5)}{I_{зв \text{ VD1}} \cdot I_{УТ_затв}}$$

де $I_{зв \text{ VD1}}$ - зворотний струм діода DI ;

$I_{УТ_затв}$ - струм витоку затвора транзистора VTI .

З метою обмеження вихідного струму попереднього каскаду (ФНЧ або ФП) може виникнути необхідність установлення на вході ПВЗ обмежувального опору, величину якого знаходять з умови

$$R_{обм} = \frac{U_{вх \max}^{ПВЗ}}{I_{вих \max}}$$

де $I_{вих \max}$ - максимально припустиме значення вихідного струму ФНЧ або ФП.

ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ,
за якими проводиться іспит

1. Електронні системи. Основні визначення й класифікація.
2. Призначення, структурні схеми систем керування технологічними процесами.
3. Системи збору даних. Принципи побудови, схеми і їх порівняльна оцінка. Аналого-цифрові пристрої перемноження на основі ЦАП. Приклад схеми, її функціонування.
4. Системи розподілу даних. Принципи побудови, схеми і їх порівняльна оцінка.
5. Сигнали в електронних системах. Призначення, класифікація.
6. Способи математичного опису випадкових сигналів у електронних системах.
7. Способи математичного опису детермінованих сигналів у електронних системах.
8. Дискретизація та квантування аналогових сигналів. Мінімізація помилок дискретизації.
9. Дискретизація аналогових сигналів за часом. Критерії вибору часу дискретизації.
10. Квантування аналогових сигналів за рівнем. Помилки квантування.
11. Помилки аналого-цифрових перетворювачів. Причини виникнення й способи їх зменшення.
12. Синфазні перешкоди в системах збору даних. Способи пригнічення, приклади схеми.
13. Пристрій вибірки - зберігання. Призначення. Приклад схеми й порядок її функціонування.
14. ЦАП із двійниково-зваженими опорами. Приклад схеми й порядок її функціонування.
15. ЦАП з матрицею R-2R і підсумовуванням напруг. Приклад схеми, порядок її функціонування.
16. ЦАП з матрицею R-2R і підсумовування струмів. Приклад схеми, порядок її функціонування.
17. Призначення, класифікація й характеристики ЦАП.

18. Аналого-цифрові пристрої перемноження на основі ЦАП. Приклад схеми, її функціонування.

19. Аналого-цифрові пристрої ділення на основі ЦАП. Приклад схеми, її функціонування.

20. АЦП із двійниково-зваженим наближенням. Приклад схеми, порядок її функціонування.

21. АЦП із одиничним наближенням. Принцип побудови. Приклад схеми, порядок її функціонування.

22. АЦП послідовного наближення. Принцип побудови. Приклад схеми, порядок її функціонування.

23. АЦП, що стежить. Принцип побудови. Приклад схеми, порядок її функціонування.

24. АЦП двотактного інтегрування. Схема, порядок функціонування, діаграма роботи.

25. Принципи пригнічення перешкод в АЦП двотактного інтегрування.

26. АЦП безпосереднього перетворення. Порівняльні характеристики.

27. Паралельні АЦП. Принцип побудови. Приклад схеми, порядок її функціонування.

28. Паралельно-послідовні АЦП. Принципи побудови й функціонування.

29. АЦП із проміжним перетворенням у часовий інтервал. Схема й порядок функціонування.

30. АЦП із проміжним перетворенням у частоту. Приклад схеми й порядок її функціонування.

31. Порівняльні оцінки АЦП.

32. Аналогові мікропроцесори. Структурна схема й порядок функціонування.

Додаткові питання

01. Оптичні датчики систем керування. Призначення. Принципи побудови й застосування.

02. Резистивні датчики систем керування. Приклади схем, порядок їх функціонування.

03. Реостатні датчики систем керування. Приклади схем, порядок їх функціонування.

04. Тензорезистивні датчики. Призначення. Принципи побудови й порядок застосування.

05. Магнітні датчики систем керування. Призначення. Приклади схем, застосування.

06. Ємнісні датчики систем керування. Призначення. Принципи побудови й застосування.

07. Індуктивні датчики систем керування. Призначення. Принципи побудови й застосування.

08. Індукційні датчики систем керування. Призначення. Приклади схем, застосування.

09. Радіаційні (рентгенівські) датчики. Призначення. Побудова та застосування.

10. Диференційні датчики систем керування. Приклади схем, порядок їх функціонування.

11. Датчики лінійних переміщень. Призначення. Приклади побудови й функціонування.

12. Датчики кутів поворотів. Призначення. Принципи побудови й функціонування.

13. Вимірювання температури. Типи датчиків. Приклади.

14. Локаційні датчики. Призначення. Приклади схем, застосування.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Электронные промышленные устройства: учеб. для студ. вузов спец. «Промэлектроника» / И.В. Васильев, Ю.М. Гусев, В.Н. Миронов и др. – М.: Высш. шк., 1988. – 303 с.
2. Микропроцессоры. Кн.2. Средства сопряжения. Контролирующие и информационно-управляющие системы: учеб. для вузов / В.Д. Вернер, Н.В. Воробьев, А.В. Горячев и др.; под ред. Л.Н. Преснухина. - М.: Высш. шк., 1986. – 383 с.
3. Гальперин М.В. Практическая схемотехника в промышленной автоматике. - М.: Энергоатомиздат, 1987.
4. Фолкенберри Л. Применения операционных усилителей и линейных интегральных схем: пер.с англ. - М.: Мир, 1985.
5. Зубчук В.И. и др. Справочник по цифровой схемотехнике. - К.: Техника, 1990.
6. Шило В.Л. Линейные интегральные схемы в радиоэлектронной аппаратуре. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Сов.радио, 1979.
7. Справочник по расчету электронных схем / Б.С.Гершунский. - К.: Выща шк. Головное изд-во, 1983.
8. Аналоговые и цифровые интегральные микросхемы: справ. пособие / С.В. Якубовский, Н.А. Барканов, Л.И. Ниссельсон и др.; под ред. С.В. Якубовского. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Радио и связь, 1985.
9. Справочник по микроэлектронной импульсной технике / В.Н. Яковлев, В.В. Воскресенский, С.И. Мирошниченко и др. – Киев: Техника, 1983.
10. В помощь радиолюбителю: сборник / сост. И.Н. Алексеева. – М.: Патриот, 1991. - Вып. 109– 80 с.
11. Яковлев В.Н. Микроэлектронные генераторы импульсов. – К.: Техника, 1982.
12. Электроника: учеб. пособие для вузов / В. Г. Гусев, Ю.М. Гусев - М.: Высш. шк., 1982.
13. Нефедоров А.В. Интегральные микросхемы и их зарубежные аналоги: справочник. -М.: ИП РадиоСофт, 2000. - Т10.

ДОДАТОК А

(обов'язковий)

Таблиця А.1 - Характеристики датчика й системи збору аналогових даних
 Число каналів задає викладач

Номер варіанга	Максимальна величина ЕРС датчика, В	Динамічний діапазон зміни ЕРС датчика, дБ	Вихідний опір датчиків Rд, Ом	Діапазон частот сигналу датчика, Гц	Напряга синфазної перешкоди Uс, В	Діапазон цифрового коду, розрядів
1	0,08	40	200–300	0–20	1,0	12
2	0,07	40	20–30	0–100	1,0	12
3	0,1	50	10–20	0–500	2	12
4	0,2	30	3000–3500	0–30	0,5	10
5	0,3	60	10–30	0–1000	1,5	10
6	0,25	40	3–90	0–25	0,8	10
7	0,33	50	80–120	0–50	0,4	8
8	0,4	60	6–12	0–75	6	8
9	0,15	50	90–100	0–150	6	9
10	0,22	50	100–200	0–275	6	8
11	0,1	50	50–100	0–60	2	12
12	0,7	60	1000–2000	0–200	8	12
13	0,5	60	200–500	0–400	5	10
14	1	60	300–700	0–330	0,8	11
15	0,07	40	40–100	0–90	0,1	10
16	0,01	40	400–800	0–15	0,4	8
17	0,7	50	100–200	0–70	0,7	8
18	0,5	55	8,2–20	0–100	0,5	10
19	1,2	60	150–400	0–60	0,8	10
20	0,8	60	51–120	0–220	0,1	12
21	0,05	60	1000–3000	0–30	0,1	8
22	0,35	35	2000–4000	0–95	0,4	11
23	1,0	60	2000–6000	0–130	5	10
24	0,06	40	50–100	0–500	0,1	12
25	0,05	30	100–1300	0–100	0,2	10
26	0,08	35	500–600	0–200	0,7	10
27	0,24	60	100–200	0–200	0,5	12
28	0,08	40	40–100	0–90	0,8	10
29	0,16	50	50–100	0–600	1,6	12
30	0,5	60	200–500	0–400	5	9

ДОДАТОК Б
(обов'язковий)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки

КУРСОВА РОБОТА

з курсу “Електронні системи”

на тему “Система збирання аналогових даних”

Виконав

Перевірив

Суми 201_

ДОДАТОК В
(обов'язковий)

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра “ЕЛЕКТРОНІКИ І КОМП'ЮТЕРНОЇ ТЕХНІКИ”
Дисципліна “ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ”

Курс ____ . Група ____ . Семестр ____ .

ЗАВДАННЯ
студенту

Прізвище, ім'я, по батькові

1. Тема - “Система збирання аналогових даних”
2. Термін закінчення роботи - _____ 20__ р.
3. Вихідні дані:
максимальна величина ЕРС датчика _____ В;
динамічний діапазон датчика Д _____ дБ;
вихідний опір датчика _____ Ом;
спектр сигналу датчика _____ Гц;
напруга синфазної перешкоди _____ В;
діапазон вихідного цифрового коду _____ розрядів;
число каналів _____.
4. Зміст пояснювальної записки:
Вступ. Розрахунок і вибір и структурної схеми. Вибір елементної бази та розрахунок принципів схем вузлів. Висновок.
5. Перелік графічного матеріалу: схема електрична принципова.
6. Дата видачі завдання _____ 20__ р.

Студент _____

Керівник _____

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсової роботи
"Система збирання аналогових даних"
з дисципліни "ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ"
для студентів напряму 0908 "Електроніка"
заочної форми навчання

Відповідальний за випуск О.А. Борисенко
Редактор Н.А. Гавриленко
Комп'ютерне верстання І.Є.Бражник

Підп. до друку 04.07.2011, поз.
Формат 60x84/16. Ум. друк. арк. Обл.-вид.арк. Тираж 75 пр.
Собівартість вид. Зам. №

Видавець і виготовлювач
Сумський державний університет,
вул. Р.- Корсакова, 2, м. Суми, 40007
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №3062 від 17.12.2007.