

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

3356 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторних робіт
«Дослідження роботи ЦАП і АЦП»
з дисципліни "Електронні системи"
для студентів спеціальностей:
"Електронні системи", "Електронні прилади та пристрої",
"Фізична та біомедична електроніка"
усіх форм навчання

Суми
Сумський державний університет
2012

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт
«Дослідження роботи ЦАП і АЦП» з дисципліни
"Електронні системи" / укладачі: Є. Л. Онанченко,
І. Є. Бражник. – Суми : Сумський державний університет,
2012. - 30 с.

Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки

Зміст

	С.
Загальні відомості	4
Основні характеристики ЦАП і АЦП	5
Перетворення безперервних сигналів у дискретні	6
Лабораторна робота 1	
Дослідження цифро-аналогового перетворювача із двійково-зваженими опорами.....	10
Лабораторна робота 2	
Дослідження цифро-аналогового перетворювача на основі матриці $R-2R$	15
Лабораторна робота 3	
Дослідження роботи мікросхем ЦАП і АЦП бібліотечного набору Electronics Workbench.....	20
Контрольні питання	26
Список літератури	27

Загальні відомості

Розрізняють дві форми подання інформації - аналогову (безперервну) і цифрову (переривисту).

Аналогова форма подання інформації характеризує процес, який не має перерв і може змінюватися у будь-який момент часу і теоретично на будь-яку величину.

Цифровий (дискретний) сигнал може змінюватися лише в певні моменти часу і набувати лише заздалегідь обумовлених значень.

У електронних системах однаково широко використовується обробка інформації, яка представлена як в аналоговій, так і в цифровій формі. Пояснюється це тим, що початкова інформація найчастіше є фізичною величиною і має, як правило, аналоговий характер. Обробку цієї самої інформації зручніше проводити у цифровій формі. Використання отриманих після цифрової обробки результатів також у більшості випадків вимагає їх аналогового уявлення.

Отже, будь-яка система, що використовує цифрові методи обробки інформації, повинна містити пристрої взаємного перетворення аналогових і цифрових сигналів. Роль таких пристроїв виконують аналого-цифрові і цифро-аналогові перетворювачі.

Цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП) призначений для перетворення числа у вигляді коду у напругу або струм, пропорційний значенню цифрового коду. ЦАП може перетворювати на аналоговий сигнал тільки сигнали певного двійкового коду - вагового коду.

Аналого-цифровий перетворювач (АЦП) – це пристрій, який приймає вхідний аналоговий сигнал і генерує відповідний цифровий сигнал, придатний для обробки мікропроцесорами та іншими цифровими пристроями.

Основні характеристики ЦАП і АЦП

Статичні характеристики

Визначаються видом характеристики перетворення, що встановлює відповідність між значеннями аналогової величини і цифрового коду, і відповідають за точність перетворення.

До статичних параметрів відносять:

- *розрядність n* – число розрядів цифрового коду, який формується на виході АЦП або подається на вхід ЦАП.

- *максимальна кількість кодових комбінацій* (рівнів квантування) на виході АЦП або вході ЦАП, що визначається числом розрядів цифрового коду і дорівнює:

2^n – для двійкових ЦАП (АЦП); 3^n – для трійкових ЦАП (АЦП);

- *максимальна напруга U_{\max}* (діапазон зміни вихідної напруги) – це максимальна вхідна напруга для АЦП і вихідна для ЦАП;

- *роздільна здатність* (абсолютна роздільна здатність) – найменше змінне значення вхідної величини, що розрізняється пристроєм і фіксується на виході.

Роздільна здатність для ЦАП - це мінімальне значення зміни вихідного сигналу, обумовлене зміною вхідного коду на одиницю у молодшому розряді.

Для АЦП – це мінімальна зміна величини аналогового сигналу, що викликає збільшення або зменшення вихідного коду на одиницю у молодшому розряді;

- *нелінійність δ_L* – це максимальне відхилення точки реальної характеристики перетворення від ідеальної;

- *диференціальна нелінійність* – це відхилення дійсного кроку квантування від його середнього значення;

- абсолютна похибка перетворення в кінцевій точці шкали – відхилення реальних максимальних значень вхідного для АЦП і вихідного для ЦАП аналогових сигналів від значень, що відповідають кінцевій точці ідеальної характеристики перетворення;

- напруга зсуву нуля U_0 .

Для АЦП це напруга, яку необхідно прикласти до його входу для отримання нульового вихідного коду.

Для ЦАП - це напруга, наявна на його виході при подачі на вхід нульового коду.

Динамічні характеристики

Динамічні властивості ЦАП і АЦП характеризуються такими параметрами:

- максимальна частота перетворення – найбільша частота дискретизації, при якій задані параметри відповідають встановленим нормам;

- час перетворення – це інтервал часу від подачі цифрового коду на вхід ЦАП до появи вихідної напруги або інтервал часу від моменту зміни аналогового сигналу на виході АЦП до появи на його виході відповідного стійкого коду.

Перетворення безперервних сигналів у дискретні

Процес аналого-цифрового перетворення показаний на рисунку 1 і полягає у послідовному виконанні таких дій:

- процедура вибірки – вибірка значень вхідної аналогової величини у деякий заданий момент часу, тобто відбувається дискретизація сигналу у часі (рис. 1а).

Один із показників якості трансформації безперервного аналогового сигналу в цифровий сигнал – це частота дискретизації;

- процес квантування - округлення до деяких відомих величин (рівнів квантування) отриманих у дискретні моменти часу значень аналогової величини.

У даному випадку на якість аналого-цифрового перетворення впливає кількість рівнів квантування, використовуваних для заміни безперервного аналогового сигналу на цифровий сигнал (рис. 1б);

- кодування - заміна знайдених окремих у часі значень вхідного сигналу на числові коди (рис. 1г).

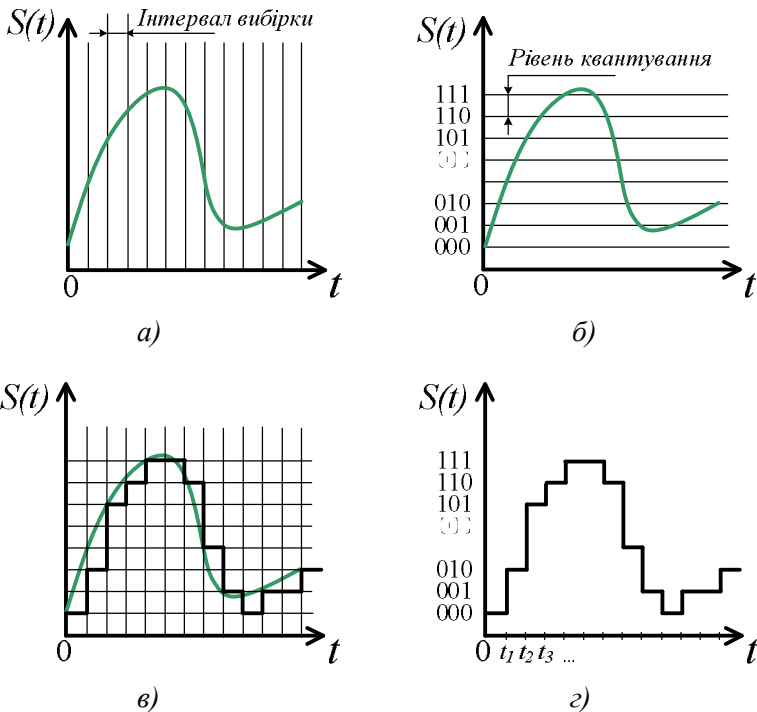


Рисунок 1 – Перетворення аналогового сигналу у цифровий:
а) процедура вибірки; б) процес квантування;
в) вибірки і квантування; г) цифровий сигнал

Одна з основних проблем, з якою стикаються при перетворенні безперервного сигналу в дискретний, це проблема вибірки інтервалу дискретизації (частоти дискретизації).

Розглянемо вибірку сигналу форми синусоїди. На рисунку 2 наведений випадок, коли період сигналу T і інтервал дискретизації вибірки збігаються. У результаті виходить, що сигнал не змінюється в часі і відповідно не відображає форми початкового сигналу.

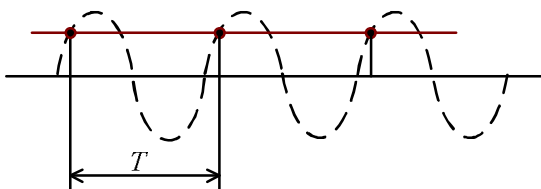


Рисунок 2

Зменшимо інтервал дискретизації вибірки до половини періоду сигналу, як показано на рисунку 3. У цьому випадку є імовірність набрати тільки нульових значень сигналу.

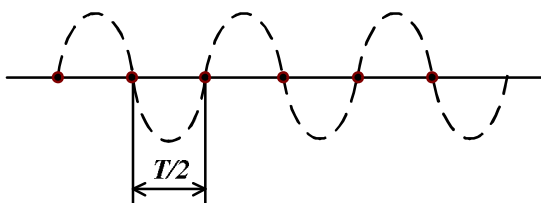


Рисунок 3

Звузимо інтервал дискретизації вибірки - візьмемо менший, ніж $T/2$ (рис. 4).

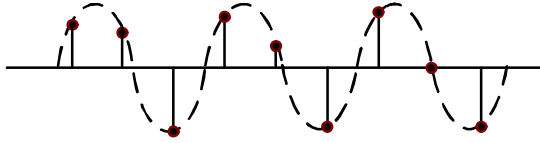


Рисунок 4

При такій вибірці вже можливо отримати уявлення про форму сигналу. Отже, інтервал дискретизації вибірки повинен бути менший половини періоду.

Тоді для сигналу із максимальною частотою f частота дискретизації повинна бути більшою, ніж $2f$. Ця частота дискретизації називається *частотою Найквіста*.

Правило вибору інтервалу дискретизації вибірки відображається в теоремі Котельникова.

Теорема Котельникова (теорема відліків, теорема Найквіста - Шенона) свідчить, що якщо аналоговий сигнал має обмежений по ширині спектр, то він може бути відновлений однозначно і без втрат за своїми дискретними відліками, узятими із частотою строго більше подвоєної верхньої (максимальної) частоти.

Лабораторна робота 1

ДОСЛІДЖЕННЯ ЦИФРО-АНАЛОГОВОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ІЗ ДВІЙКОВО-ЗВАЖЕНИМИ ОПОРАМИ

Мета роботи – вивчення принципу дії цифро-аналогового перетворювача з ваговими двійково-зваженими опорам; практичне дослідження цифро-аналогового перетворення з використанням резистивної матриці.

Завдання і порядок виконання роботи

- 1 Запустити програму Electronics Workbench.
- 2 Зібрати схему ЦАП із двійково-зваженими опорам (рис. 5). Схема складається з двох блоків: резистивної матриці ($R_1 - R_4$) і підсумувального підсилювача. Останній реалізований на операційному підсилювачі (ОП) з резистором R_{33} у зворотному зв'язку. U_{on} - опорна напруга.

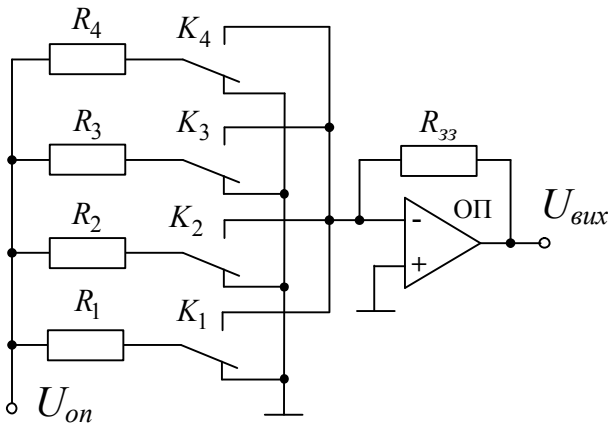


Рисунок 5 – ЦАП із двійково-зваженими опорам

Значення кожного розряду (вага) задається опором, зворотним зв'язку R_{33} і відповідними резисторами $R_1 - R_4$.

Якщо всі перемикачі замкнуті на «землю», то напруга на виході ОП буде дорівнювати 0. При замиканні, наприклад, ключа K_4 в положення, що відповідає логічній одиниці, на вхід ОП через резистор R_4 подається напруга U_{on} . Тоді коефіцієнт посилення вхідної напруги дорівнює

$$k = \frac{R_{33}}{R_4}, \text{ а на виході маємо напругу } \frac{U_{on} \cdot R_{33}}{R_4}.$$

Отже, при подачі на вхід ЦАП цифрового коду $a_3 a_2 a_1 a_0$ вихідну напругу можна розрахувати за формулою:

$$U_{вих} = a_3 \cdot \underbrace{\frac{U_{on} \cdot R_{33}}{R_1}}_{\text{вага старшого розряду}} + a_2 \cdot \frac{U_{on} \cdot R_{33}}{R_2} + a_1 \cdot \frac{U_{on} \cdot R_{33}}{R_3} + a_0 \cdot \underbrace{\frac{U_{on} \cdot R_{33}}{R_4}}_{\text{вага молодшого розряду}},$$

де a_3, a_2, a_1, a_0 - відповідні розряди вхідного коду.

3 Встановити напругу на джерелі U_{on} згідно зі своїм варіантом (табл. 1).

4 Задати відповідні номінали опорів $R_1 - R_4$:

$$R_1 = R,$$

$$R_2 = 2R,$$

$$R_3 = 4R,$$

$$R_4 = 8R.$$

Опір зворотного зв'язку дорівнює $R_{33} = R$ або $R_{33} = R/2$. Значення R може вибиратися будь-яке у розумних межах.

Таблиця 1

Варіант	Опорна напруга $U_{оп}, В$	Вхідний код $a_3 a_2 a_1 a_0$
1	7	
2	12	
3	13	
4	14	
5	16	
6	8	0000,
7	9	0001,
8	10	0010,
9	11	0011,
10	12	0100,
11	14	0101,
12	9	0110,
13	18	0111,
14	16	1000,
15	8	1001,
16	11	1010,
17	10	1011,
18	12	1100,
19	13	1101,
20	14	1110,
21	15	1111
22	16	
23	17	
24	12	
25	14	

5 Комутуючи ключі K_1 , K_2 , K_3 і K_4 , тим самим набираючи послідовно вхідний код із таблиці 1, виконати цифро-аналогове перетворення у покроковому режимі. Для кожного випадку зняти показання мультиметра (вольтметра) і заповнити колонку 5 у таблиці 2.

Таблиця 2

Цифровий сигнал (вхідний код)				Аналоговий сигнал (вихідна напруга) U , В	
a_3 (ключ 1)	a_2 (ключ 2)	a_1 (ключ 3)	a_0 (ключ 4)	Перший випадок	Другий випадок
1	2	3	4	5	6
0	0	0	0		
0	0	0	1		
...					
1	1	1	1		

На рисунку 6 показаний момент подачі на ЦАП цифрового сигналу 1011 (K_1 - ключ старшого розряду).

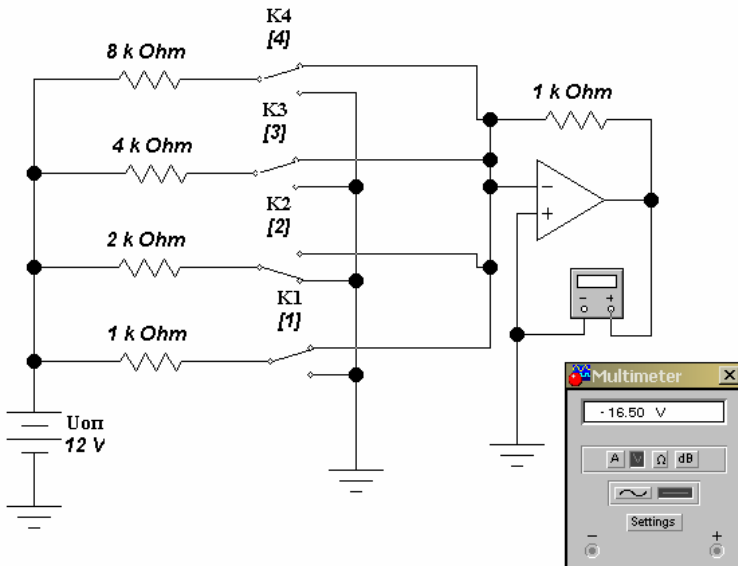


Рисунок 6 – Схема для дослідження цифро-аналогового перетворення

У даному випадку розрахункова вихідна напруга дорівнює

$$U_{вих} = 1 \cdot \frac{U_{он} \cdot R_{33}}{R_1} + 0 \cdot \frac{U_{он} \cdot R_{33}}{R_2} + 1 \cdot \frac{U_{он} \cdot R_{33}}{R_3} + 1 \cdot \frac{U_{он} \cdot R_{33}}{R_4},$$

$$U_{вих} = 1 \cdot 12 + 0 \cdot 6 + 1 \cdot 3 + 1 \cdot 1,5 = 12 + 3 + 1,5 = 16,5 \text{ В}$$

і, як бачимо, збігається з даними, які відображаються на мультиметрі (рис. 6).

6 Дослідити роботу схеми на рисунку 5, використовуючи для резистивної матриці реальні значення опорів (табл. 3), виходячи із співвідношень, наведених у п. 4.

Таблиця 3 - Номінальний ряд E24

Номінальний ряд E24											
1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	3,0
3,3	3,6	3,9	4,3	4,7	5,1	5,6	6,2	6,8	7,5	8,2	9,1

Наприклад, $R = 2 \text{ кОм}$, тоді $R_1 = 2R = 4 \text{ кОм}$. У номінальному ряду такого значення опору не існує. Підбираємо найближче $R_1 = 3,9 \text{ кОм}$.

7 Комутуючи ключі K_1 , K_2 , K_3 і K_4 подібно п. 5, зняти значення вихідної напруги і заповнити колонку 6 у таблиці 2.

8 Побудувати графіки залежності вихідної напруги від вхідного коду (характеристику перетворення) для обох випадків.

9 Визначити основні параметри ЦАП. Зробити висновки.

Лабораторна робота 2

ДОСЛІДЖЕННЯ ЦИФРО-АНАЛОГОВОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА НА ОСНОВІ МАТРИЦІ $R-2R$

Мета роботи – практичне дослідження принципу дії цифро-аналогових перетворювачів, побудованих на основі матриці з двома номіналами опорів $R-2R$.

Завдання і порядок виконання роботи

1 Запустити програму Electronics Workbench.

2 Зібрати схему ЦАП на основі матриці $R-2R$ з підсумовуванням напруги (рис. 7). Перевага даного перетворювача полягає в тому, що резистивна матриця містить тільки два номінали опорів на відміну від ЦАП із двійково-зваженими опорами, що має широкий діапазон номіналів.

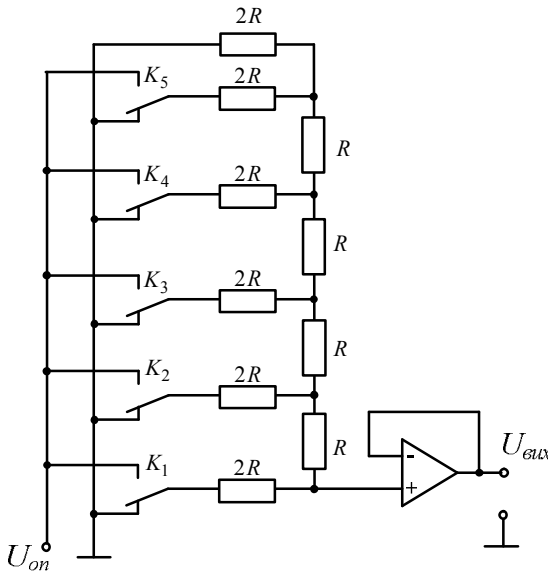


Рисунок 7 – ЦАП із матрицею $R-2R$ з підсумовуванням напруги

3 Установити напругу джерела U_{on} згідно зі своїм варіантом (табл. 4). Задати відповідні номінали опорів. Значення опору R вибрати самостійно.

Таблиця 4

Варіант	Опорна напруга U_{on}, B	Цифровий код
1	7	
2	12	
3	13	
4	14	
5	16	
6	8	00000, 00001,
7	9	00010, 00011,
8	10	00100, 00101,
9	11	00110, 00111,
10	12	01000, 01001,
11	14	01010, 01011,
12	9	01100, 01101,
13	18	01110, 01111,
14	16	10000, 10001,
15	8	10010, 10011,
16	11	10100, 10101,
17	10	10110, 10111,
18	12	11000, 11001,
19	13	11010, 11011,
20	14	11100, 11101,
21	15	11110, 11111
22	16	
23	17	
24	12	
25	14	

4 Комутуючи ключі $K_1 - K_5$, послідовно подавати на вхід схеми цифровий код (табл. 4) з урахуванням того, що ключ K_1 відповідає старшому розряду, а ключ K_5 - молодшому розряду цифрового коду.

Кожного разу у колонку 2 таблиці 5 записувати значення вихідної напруги, які відображаються на панелі мультиметра (вольтметра).

Таблиця 5

Цифровий сигнал $K_1 - K_5$	Аналоговий (вихідний) сигнал U, V	
	ЦАП із підсумовуванням напруги	ЦАП із підсумовуванням струмів
1	2	3
00000		
00001		
...		
11111		

5 Побудувати графік залежності вихідної напруги від вхідного кода за отриманими результатами.

6 Зняти осцилограми. Для цього подати на вхід схеми цифровий код, який формується за допомогою генератора слів (Word Generator), а на виході операційного підсилювача підключити осцилограф (рис. 8).

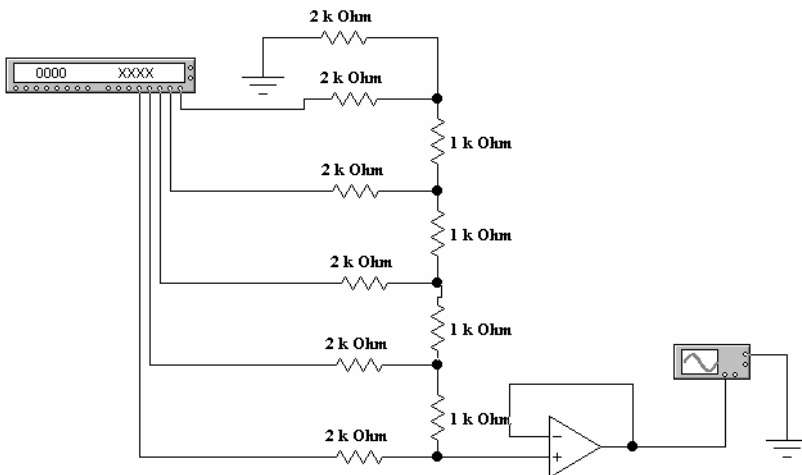


Рисунок 8 – ЦАП із матрицею R-2R з підсумовуванням напруги

Порядок роботи з генератором слів:

- відкрити розширене зображення генератора (рис. 9);

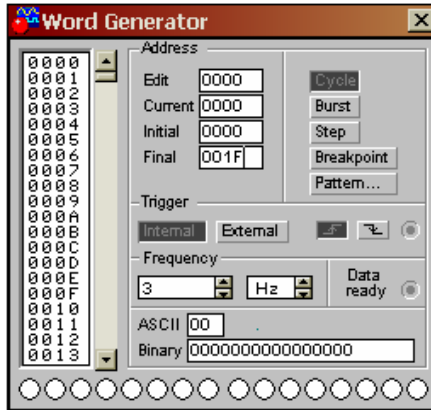


Рисунок 9

- натиснути кнопку *Pattern*. У меню, що відкрилося, поставити галочку навпроти *Up counter*. Поле введення коду заповниться послідовними кодовими комбінаціями, починаючи з 0000 в нульовому адресному осередку;

- задати кінцеву адресу 001F у полі *Address/Final*;

- вибрати безперервний режим роботи - кнопка *Cycle*.

Більш повний опис роботи *Word Generator* поданий у додатку А.

7 Порівняти побудований графік характеристики перетворення і осцилограму.

8 Дослідити роботу схеми ЦАП, реалізованого на основі матриці $R-2R$, із підсумовуванням струмів (рис. 10). Номінали R_{33} і R задати самостійно. Значення опорної напруги U_{on} для кожного варіанта задані в таблиці 4.

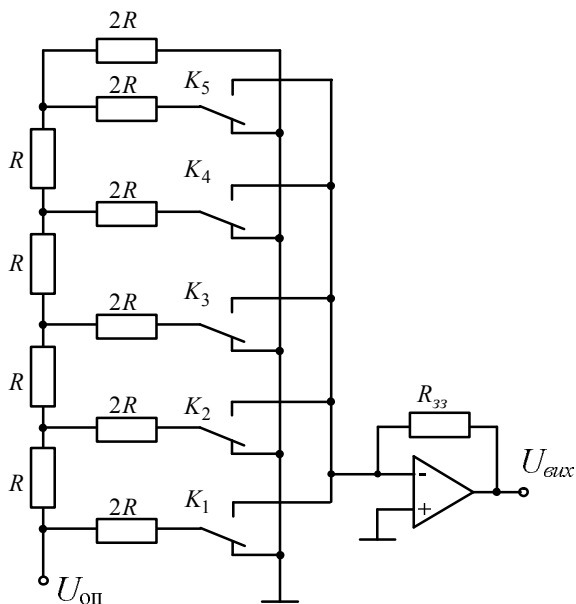


Рисунок 10 – ЦАП із матрицею R-2R із підсумовуванням струмів

9 Комутуючи ключі $K_1 - K_5$, послідовно подавати на вхід схеми цифровий код (див. табл. 4) з урахуванням того, що ключ K_1 відповідає старшому розряду, а ключ K_5 - молодшому розряду цифрового коду.

Кожного разу у колонку 3 таблиці 5 записувати значення вихідної напруги, які відображаються на панелі мультиметра (вольтметра).

10 Використовуючи дані п. 9, побудувати графік залежності вихідної напруги від двійкового коду на вході.

11 Визначити основні параметри ЦАП для обох випадків.

12 Зробити висновки.

Лабораторна робота 3

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ МІКРОСХЕМ ЦАП І АЦП БІБЛІОТЕЧНОГО НАБОРУ Electronics Workbench

Мета роботи – практичне дослідження роботи цифро-аналогового, аналого-цифрового перетворювачів, що представлені в бібліотеці програми Electronics Workbench.

Завдання і порядок виконання роботи

1 Запустити програму Electronics Workbench.

Дослідження ЦАП

2 Для дослідження роботи бібліотечного ЦАП (DAC V) зібрати схему, наведену на рисунку 11.

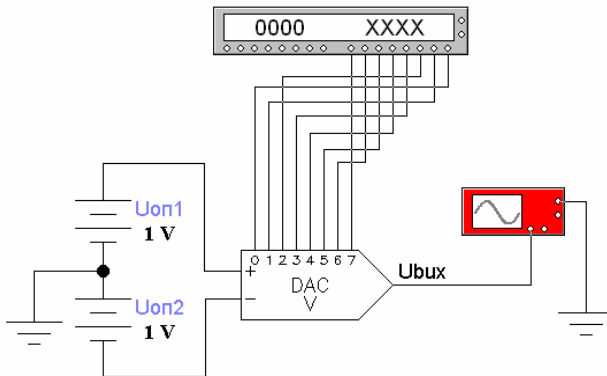


Рисунок 11 – Схема включення бібліотечного ЦАП

Для аналізу роботи схеми як джерело цифрового коду використовується генератор слів. Також схема містить два джерела опорної напруги $+U_{оп}$ та $-U_{оп}$, що розрізняються полярністю для можливості отримання на виході ЦАП

напруги різного знаку. В даному випадку ця можливість не використовується, і величина опорної напруги дорівнює

$$U_{on} = | +U_{on} | + | -U_{on} |.$$

3 Ввести вхідний код (табл. 6) у генератор слів.

Таблиця 6

Варіант	Вхідний код (шістнадцятиричний код)
1	0000 – 00B0
2	0000 – 000F
3	0000 – 0086
4	0000 – 0056
5	0000 – 008A
6	0000 – 0036
7	0000 – 00C1
8	0000 – 00A1
9	0000 – 00DF
10	0000 – 00D3
11	0000 – 0086
12	0000 – 00C4
13	0000 – 00A5
14	0000 – 003F
15	0000 - 00EE
16	0000 – 00C6
17	0000 – 001E
18	0000 – 00AA
19	0000 – 00A6
20	0000 – 006F
21	0000 – 00D5
22	0000 – 00E3
23	0000 – 006F
24	0000 – 0034
25	0000 – 00A6

У процесі моделювання роботи ЦАП на екрані осцилографа висвічуються часові діаграми, які необхідно занести у звіт з лабораторної роботи.

Дослідження АЦП

4 Зібрати схему, наведену на рисунку 12.

Задати довільну частоту на генераторі (наприклад, 1 кГц), прямокутну форму коливань і амплітуду у межах $3 - 5 \text{ В}$.

Установить опорну напругу, що дорівнює номеру варіанта.

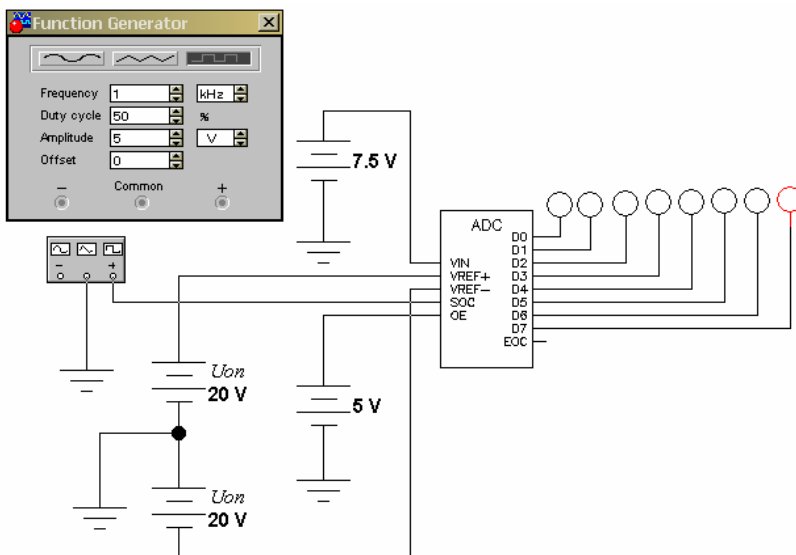


Рисунок 12

Призначення виводів АЦП:

- «VIN» – підключення джерела перетворюваного сигналу;
- «VREF+», «VREF-» – підключення джерел опорної напруги;

- «SOC» – вхід синхронізації;
- «OE» – дозвіл на видачу вихідної двійкової комбінації на виходи $D0...D7$;
- «EOC» – сигнал готовності даних (наприклад, при видачі даних на EOM).

5 Змінюючи вхідну напругу на вході «VIN», заповнити таблицю 7. У останню колонку D таблиці 7 занести розрахункове значення вихідного коду в десятковій системі числення.

Зробити висновки.

Таблиця 7

Напруга на вході «VIN»	Значення індикаторів								D
	$D7$	$D6$	$D5$	$D4$	$D3$	$D2$	$D1$	$D0$	
$+U_{on}$									
$-U_{on}$									
$+U_{on}/2$									
$-U_{on}/2$									
$+U_{on}/10$									
$-U_{on}/10$									
0									

6 Для схеми АЦП на рисунку 13 побудувати часові діаграми. Установити опорну напругу, що дорівнює номеру варіанта.

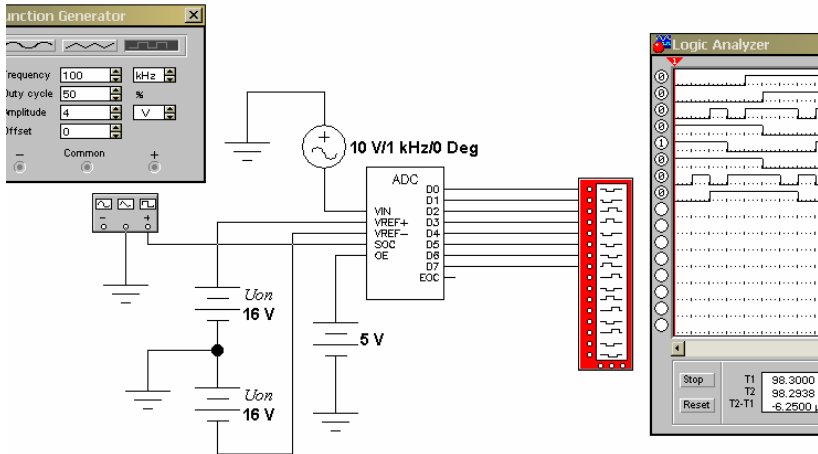


Рисунок 13

Дослідження подвійного перетворення (АЦП-ЦАП)

7 Дослідити роботу схеми (рис. 14), яка перетворює аналогову напругу в цифровий код, а потім виконує зворотне перетворення цифрового коду в аналогову величину.

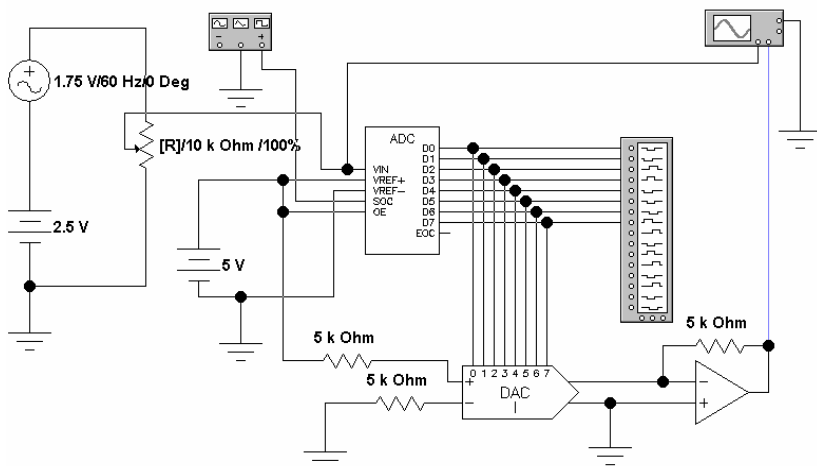


Рисунок 14

8 Зняти осцилограми і часові діаграми при різних частотах дискретизації (частота на генераторі при прямокутній формі коливань і амплітуді в межах 3 – 5 В): 4; 8; 16 і 32 кГц.

9 Додатково при частоті дискретизації 32 кГц замалювати ще три часові діаграми при з'єднанні між собою АЦП і ЦАП за допомогою тільки одного розряду $D7$, двох розрядів - $D7$, $D6$ і трьох розрядів - $D7$, $D6$, $D5$. Іншими словами: з восьми проводів, що сполучають АЦП і ЦАП, послідовно залишати тільки один, два і три дроти у старших розрядах.

10 Дати якісну оцінку точності перетворень залежно від частоти дискретизації і розрядності АЦП і ЦАП.

Контрольні питання

1 Як визначити напругу найменшої сходинки восьмирозрядного ЦАП, якщо відома опорна напруга?

2 Як за допомогою осцилографа EWB визначити тривалість однієї сходинки сигналу на виході ЦАП?

3 Як за допомогою осцилографа EWB визначити різницю напруги двох сходинок?

4 Скільки рівнів квантування має 16-розрядний ЦАП?

5 Як за допомогою теореми Котельникова за відомою максимальною частотою спектру визначити необхідну частоту дискретизації АЦП?

6 Як за відомою частотою дискретизації визначити тривалість однієї сходинки на виході ЦАП?

7 Що називається роздільною здатністю АЦП?

8 Що називається роздільною здатністю ЦАП?

9 Наведіть приклади аналогових сигналів.

10 Намалюйте резистивну матрицю R-2R.

11 Які недоліки у резистивній зважувальній матриці?

12 Назвіть статичні характеристики ЦАП і АЦП.

13 Які характеристики ЦАП і АЦП належать до динамічних?

14 Назвіть показники якості трансформації аналогового сигналу в цифровий сигнал.

15 Сформулюйте теорему Котельникова.

Список літератури

1 Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях: Практикум на *Electronics Workbench*: в 2 т. Т. 2: Электроника / Панфилов Д. И., Чепурин И. Н., Миронов В.Н. и др.; под общей ред. Д. И. Панфилова.– М.: ДОДЭКА, 2000.

2 Бабич Н.П., Жуков И.А. Компьютерная схемотехника. Методы построения и проектирования: учебное пособие. – К.: МК-Пресс, 2004. – 576 с.

3 Карлащук В. И. Электронная лаборатория на IBM PC. Программа Electronics Workbench и ее применение. - М.: «Солон-Р», 1999. – 506 с.

4 Григоркин Б. О., Денисов В. В., Шойко В. П. Электронные устройства в электроэнергетике: методические указания к выполнению лабораторных работ / Новосиб. госуд. техн. ун-т. - Новосибирск, 1999.

5 Волович Г. И. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых устройств. – М.: Додэка –XXI, 2005. – 528 с.

6 Сато, Юкио. Без паники! Цифровая обработка сигналов / Пер. с япон. - М.: Додэка –XXI, 2010. – 176 с.

Додаток А (довідковий)

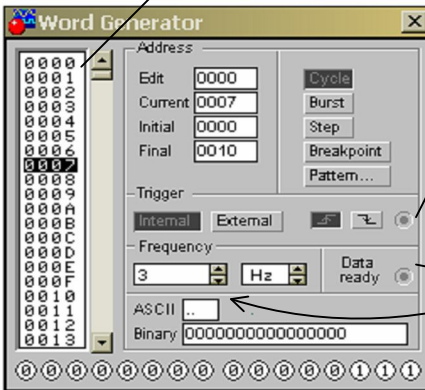
На схему виводиться зменшене зображення генератора слів (рис. А.1).



Рисунок А.1

Подвійним клацанням мишки відкрити розширене зображення генератора (рис. А.2)

Поле для введення кодової комбінації за допомогою клавіатури у шістнадцятиричному коді



Вхід синхронізації.
Використовується для подачі синхронізуючого імпульсу від зовнішнього джерела

Вихід.
Тактові сигнали із заданою частотою

Рисунок А.1

Режими роботи генератора:

- кнопка *Step* переводить генератор у покроковий режим;
- кнопка *Burst* - у циклічний режим (на вихід генератора одноразово послідовно надходять усі слова;
- кнопка *Cycle* - у безперервний режим. Для того щоб перервати роботу у безперервному режимі, потрібно ще раз натиснути кнопку *Cycle*.

Продовження додатка А

Синхронізація

Панель *Trigger* визначає момент запуску генератора (*Internal* - внутрішня синхронізація, *External* - зовнішня синхронізація за готовністю даних).

Режим зовнішньої синхронізації використовується у разі, коли досліджуваний пристрій може підтверджувати отримання даних. У цьому випадку на пристрій разом із кодовою комбінацією надходить сигнал із клеми *Data ready*, а досліджуваний пристрій повинен видати сигнал отримання даних, який повинен бути підключений до клеми *Trigger* генератора слів. Цей сигнал і проводить черговий запуск генератора.

Кнопка *Breakpoint* перериває роботу генератора у зазначеному осередку. Для цього потрібно вибрати необхідний осередок курсором, а потім натиснути кнопку *Breakpoint*.

Кнопка *Pattern* відкриває меню, за допомогою якого можна:

- *Clear buffer* – стерти вміст усіх осередків;
- *Open* – завантажити кодові комбінації з файла з розширенням *.dp*;
- *Save* – записати всі набрані на екрані комбінації у файл;
- *Up counter* – заповнити буфер екрану кодovими комбінаціями, починаючи з 0 у нульовому осередку і далі із збільшенням одиниці в кожному подальшому осередку;
- *Down counter* – заповнити буфер екрану кодovими комбінаціями, починаючи з *FFFF* в нульовому осередку і далі із зменшенням на 1 в кожному подальшому осередку;
- *Shift right* – заповнити кожні чотири осередки комбінаціями 8000-4000-2000-1000 із зсувом їх у наступних чотирьох осередках управо;
- *Shift left* – те саме, але із зсувом вліво.

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт
«Дослідження роботи ЦАП і АЦП»
з дисципліни "Електронні системи"
для студентів спеціальностей:
"Електронні системи", "Електронні прилади та пристрої",
"Фізична та біомедична електроніка"
усіх форм навчання

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

Підп. до друку 14.08.2012, поз.
Формат 60x84/16. Ум. друк. арк. Обл.-вид.арк. Тираж 50 пр. Зам. №
Собівартість вид. грн. к.

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