

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6

ЦИФРО-АНАЛОГОВИЙ І АНАЛОГО-ЦИФРОВИЙ

ПЕРЕТВОРЮВАЧІ

Мета роботи - ознайомитися з принципом побудови і логікою роботи ЦАП і АЦП, визначити основні параметри.

Теоретичні відомості

Цифро-аналогові і аналого-цифрові перетворювачі (ЦАП і АЦП) є основними елементами, що здійснюють перехід від цифрової форми інформаційного сигналу до аналогової і, навпаки, від аналогової до цифрової. Фізична інформація завжди має аналогову форму існування, а цифрова обробка цієї інформації сучасними засобами завжди вимагає цифрової форми подання цієї інформації.

Принцип роботи цифро-аналогових перетворювачів заснований на наступному алгоритмі:

$$U_{вих} = U_o \left(\frac{a_1}{2^1} + \frac{a_2}{2^2} + \frac{a_3}{2^3} + \dots + \frac{a_n}{2^n} \right) \quad (6.1)$$

де U_o - величина опорного джерела напруги, a_1, a_2, \dots, a_n - значення розрядів n-розрядного двійкового числа, причому a_1 - старший розряд, a_n - молодший розряд.

Наприклад, при $U_o = 12,8$ В двійковому числу 1000000 відповідає вихідна напруга ЦАП, рівна

$$U_{вих} = 12,8 \left(\frac{1}{2} + \frac{0}{4} + \frac{0}{8} + \frac{0}{16} + \frac{0}{32} + \frac{0}{64} \right) = 6,4 \text{ В},$$

тобто одиниці старшого розряду відповідає $U_{вих} = 6,4 \text{ В}$. Числу 000001, відповідає напруга $U_{вих} = 12,8 \cdot \frac{1}{64} = 0,2 \text{ В}$. Ця напруга є величиною молодшого розряду $U_{м.р.}$, тобто кроком зміни вихідної напруги.

Коду 111111 відповідає $U_{\text{вих.мах}} = 12,6 \text{ В}$.

Загальна графічна залежність має вигляд ступеневої наростаючої напруги.

Якщо в часі змінювати код двійкового числа, то відповідно буде змінюватися напруга на виході ЦАП.

Структурна організація ЦАП зазвичай відповідає формулі (6.1). Вона складається з трьох основних блоків:

- 1) вагової матриці $\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8}, \dots$, що здійснює розподіл напруги U_o , яка є еталонною для перетворення;
- 2) ключових схем, керуючих розрядними значеннями $a_1 \div a_n$ цифрового коду;
- 3) суматора, що здійснює загальне підсумовування розрядних складових.

Аналого-цифрові перетворювачі призначені для перетворення аналогової напруги - постійної або змінної в часі - в цифровий код. Існує багато схем побудови АЦП, які відрізняються принципом роботи, точністю, швидкодією. У лабораторній роботі досліджується одна з простих схем розгортуючого типу на основі цифро-аналогового перетворювача і компаратора.

Принцип дії схеми полягає у формуванні ступенево-змінної напруги, яка порівнюється з вхідною вимірюваною напругою.

Код, який встановлюється в ЦАП при рівності вхідної вимірюваної напруги і вихідної напруги ЦАП, є результатом роботи всього АЦП. Перетворювачі даного типу мають малу швидкодію і є нестійкими при різких змінах вхідної аналогової напруги.

Опис схеми що досліджується

Досліджувана схема (рис. 0.1) складається з бінарного лічильника СТ2, ключів, R-2R матриці, компаратора DA1, схеми управління (DD1, VD1-VD3,

електронний ключ ЕК), джерела опорної напруги (ДОН) та індикаторів для візуалізації двійкового коду $2^0 - 2^5$.

Перемикач П1 перемикає режими ЦАП, АЦП, а П2 встановлює лічильник СТ2 в нульовий стан.

При вимкненому П1 схема знаходиться в режимі ЦАП. Імпульси з генератора Г5-54 через замкнутий електронний ключ ЕК надходять на вхід двійкового лічильника СТ2. Вихідний код лічильника відображається індикаторами $2^0 - 2^5$ і управляє ключами, які підключають резистори матриці R-2R до ДОН. В контрольній точці КТ4 знімається вихідна напруга за допомогою осцилографа (циклічний режим) або вимірюється вольтметром (покроковий режим). Обнулення лічильника проводиться перемикачем П2.

Для переведення схеми в режим АЦП необхідно натиснути П1. При цьому електронний ключ ЕК управляється компаратором DA1.

На вхід компаратора (неінвертуючий вхід DA1) подається вхідний сигнал, на інвертуючий вхід - вихідна напруга R-2R матриці (контрольна точка КТ4 - вихід ЦАП). Якщо напруга на інвертуючому вході DA1 перевищить вхідну (неінвертуючий вхід), відбудеться перемикання компаратора і розмикання ключа ЕК. При цьому АЦП перейде в режим зберігання. Вихідний код АЦП відображається індикаторами $2^0 - 2^5$ (на стенді нижній індикатор - молодший розряд, верхній - старший).

Схема управління, що реалізована за допомогою лічильника DD1, формує імпульс обнулення АЦП (контрольна точка КТ2), який отримується з вхідних імпульсів шляхом ділення на 2^{15} . Імпульс обнулення встановлює в нульовий стан лічильник СТ2, що входить до складу ЦАП. При цьому компаратор перемикається в початковий стан, замикається ключ ЕК і починається цикл перетворення.

Вихід компаратора підключений до контрольної точки КТ3. Вхідна напруга АЦП контролюється вольтметром в контрольній точці КТ1 і задається регулятором $U_{вх}$.

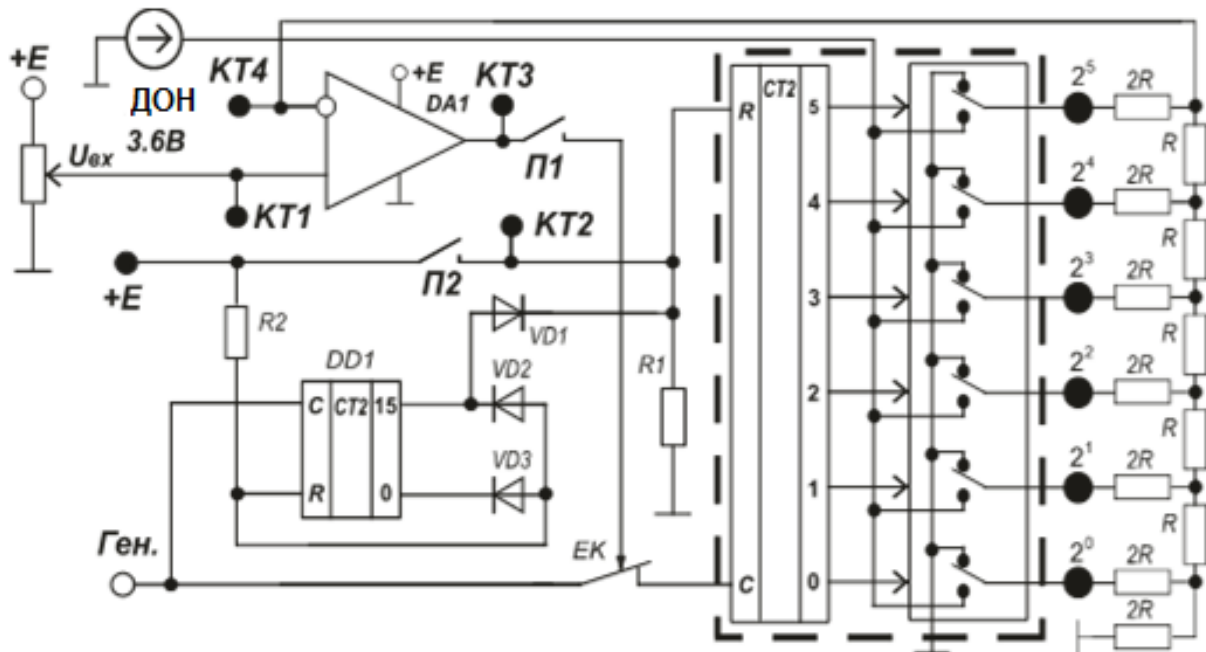


Рис. 0.1.

Завдання для самопідготовки

Вивчити принцип дії, логіку роботи і параметри ЦАП, АЦП.

Накреслити тимчасові діаграми ЦАП і АЦП, що пояснюють їх роботу.

Література для самопідготовки

1. Г.И. Волович «Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств», 2007 р.
2. В.И. Зубчук, В.П. Сигорский, А.Н. Шкуро «Справочник по цифровой схемотехнике», 1990 р;
3. О.М. Лебедев, О.І. Ладик «Цифрова схемотехніка», 2004 р, стор. 281-309.

Робоче завдання

Включити живлення стенду кнопкою «СЕТЬ».

Перемикачем лабораторних робіт, який знаходиться на задній панелі стенда «Імпульс-М», включити роботу «ЛАБ 4». Вихід генератора підключити до входу «Ген» на задній панелі стенда. Встановити частоту генерації $f = 22$

кГц, тривалість імпульсу $t_i = 20\text{мкс}$. Вольтметр підключити до точки КТ4 паралельно осцилографу.

Дослідити принцип роботи цифро-аналогового перетворювача.

Встановити генератор в режим «Ручная синхронизация», вольтметр підключити до контрольної точки КТ4.

Перемикачі П1 і П2 стенда встановити в відключений стан (вимкнений).

Встановити нульовий стан лічильника шляхом короткочасного натискання перемикача П2.

Здійснити послідовний запуск генератора кнопкою ручної синхронізації. При цьому після кожного натискання необхідно вимірювати вихідну напругу (КТ4) за допомогою цифрового вольтметра. Результати вимірювань внести в табл. 0.1.

Таблиця 0.1.

Кількість імпульсів							
$U, \text{В}$							

За результатами вимірювань виконати розрахунки диференціальної і інтегральної нелінійності перетворювача.

Перевести схему ЦАП в циклічний режим шляхом перемикання генератора Г5-54 в режим автоматичної синхронізації. Підключити замість вольтметра осцилограф до контрольної точки КТ4 (синхронізація осцилографа контрольною точкою КТ2). Замалювати вихідний сигнал ЦАП в контрольній точці КТ4. Також замалювати в збільшеному масштабі вихідний сигнал ЦАП, щоб було видно декілька перших сходинок (рис. 0.2).

За допомогою осцилографа визначити:

- а) час встановлення першої сходинок вихідного сигналу ЦАП;
- б) час обнулення ЦАП.

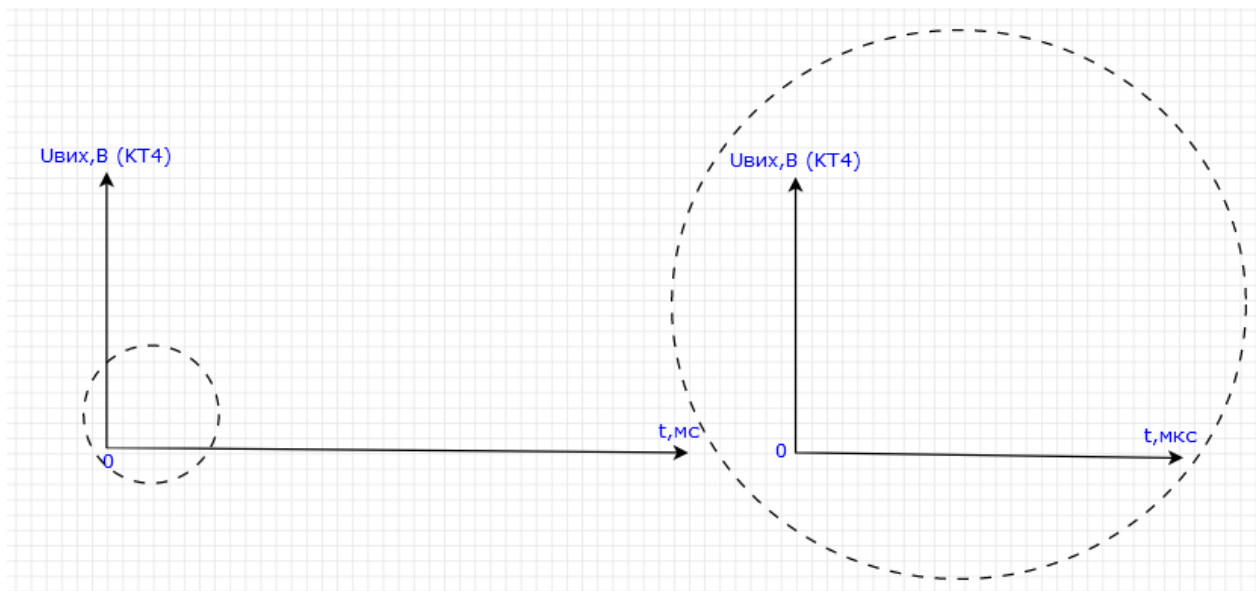


Рис. 0.2. Графік 1

Дослідити принцип роботи аналого-цифрового перетворювача.

Переключити стенд в режим АЦП. Для цього натиснути перемикач П1, а перемикач П2 має бути вимкнений.

Встановити частоту генератора $f = 22$ кГц і тривалість імпульсу $t_i = 20$ мкс.

Підключити вольтметр до контрольної точки КТ1.

За допомогою регулювання « $U_{вх}$, В» на стенді послідовно встановлювати напругу від 0 до 3,5 В з кроком 0,5 В. При цьому необхідно вимірювати напругу вольтметром на кожному кроці і фіксувати вихідний код за цифровими розрядними індикаторами. Двійковий код необхідно переводити в десятковий.

Результати вимірювань записати в табл. 0.2 і побудувати графік чисельного значення коду від вхідної напруги (рис. 0.3).

Таблица 0.2.

$U_{вх}$, В	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
Двійковий код АЦП								
Десятковий								

код АЦП								
---------	--	--	--	--	--	--	--	--

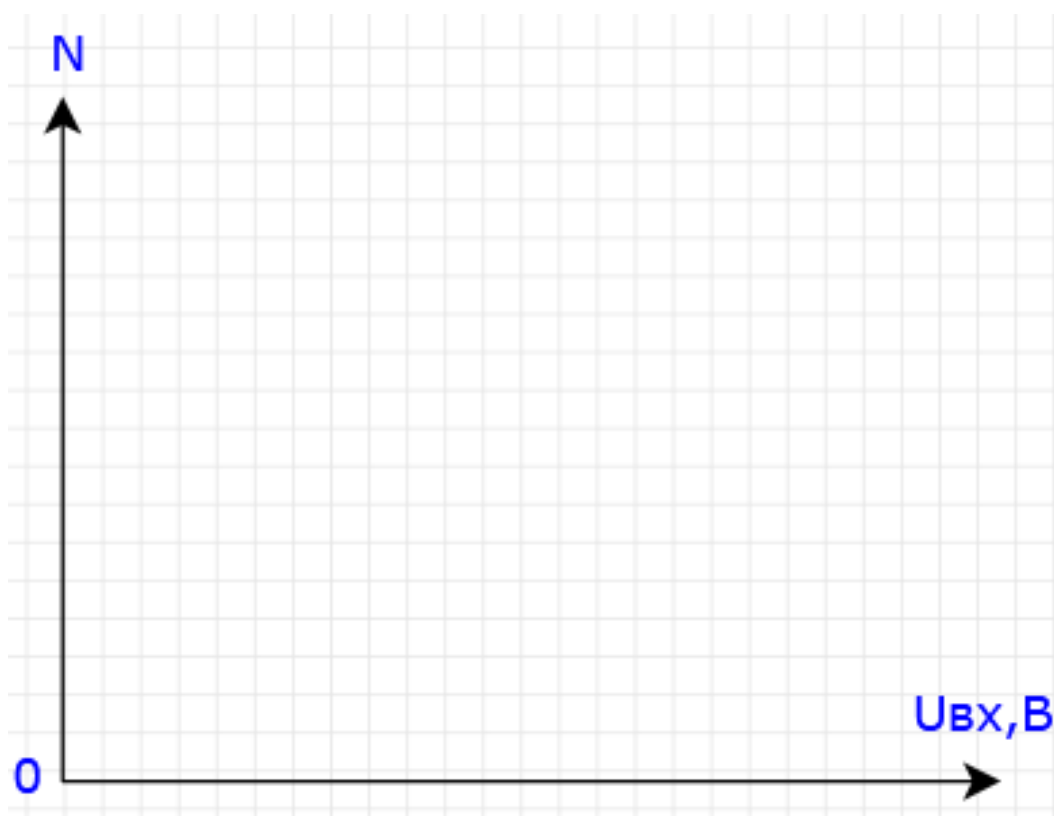


Рис. 0.3. Графік 2

Визначити інтегральну і максимальну диференціальну нелінійність перетворення.

Встановити $U_{\text{вх}} = 3.6\text{В}$. Синхронізувати осцилограф контрольною точкою КТ2. Зняти і побудувати часові діаграми роботи АЦП (контрольні точки КТ2, КТ3, КТ4) (рис. 0.4). Виміряти час встановлення вихідного коду.

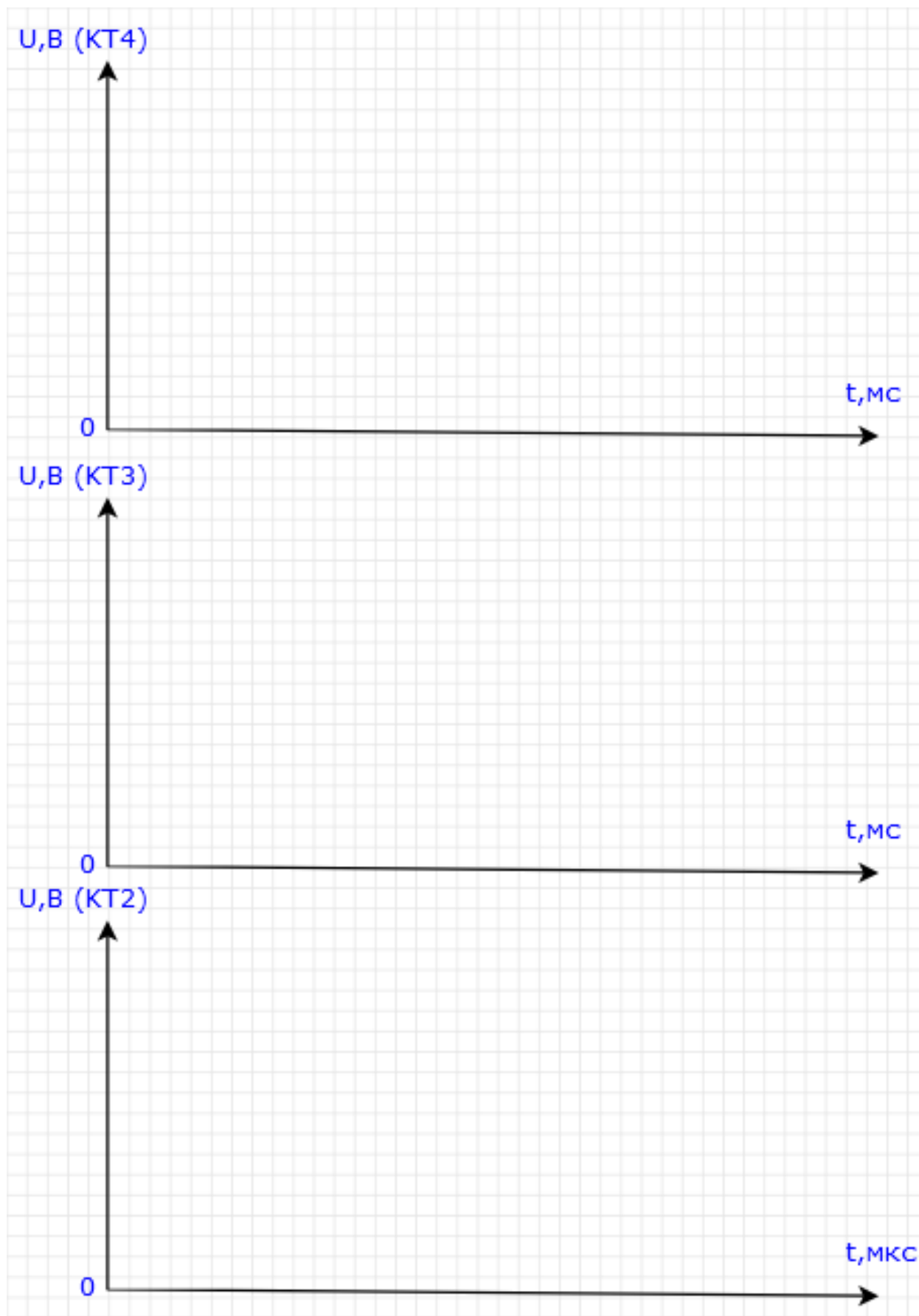


Рис. 0.4. Графік 3

Контрольні питання

1. Для чого призначені ЦАП, АЦП.
2. Параметри ЦАП (статичні і динамічні).
3. Параметри АЦП (статичні і динамічні).
4. У яких пристроях застосовуються ЦАП і АЦП.

