

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт з дисципліни
«Основи електроніки та мікросхемотехніки» частина 2
«Пристрої» для студентів спеціальностей 141 –
Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
спеціалізація (освітня програма) – Електричні та електронні
апарати, Обладнання та інформаційні технології енергоємних
виробництв всіх форм навчання

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Основи електроніки та мікросхемотехніки» частина 2 «Пристрої» для студентів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка спеціалізація (освітня програма) – Електричні та електронні апарати, Обладнання та інформаційні технології енергоємних виробництв всіх форм навчання. /Укл.: М.О. Поляков, Л.С. Скрупська – Запоріжжя: Національний університет «Запорізька політехніка», 2024.- 25 с.

Укладачі:

М.О. Поляков, проф., д. т. н.
Л.С. Скрупська, ст. викл.

Рецензент:

В.В. Василевський, доцент, к. т. н.

Відповідальний
за випуск:

П.Д. Андрієнко, проф., д. т. н.

Затверджено
на засіданні кафедри
«Електричні та електронні
апарати»
Протокол № 7
від 26.12. 2023

Затверджено
НМК ЕТФ
Протокол № 7
від 21.03. 2024 р.

ЗМІСТ

Вступ	4
Лабораторна робота № 1	5
Лабораторна робота № 2	10
Лабораторна робота № 3	16
Лабораторна робота № 4	19
Лабораторна робота № 5	22
Рекомендована література.....	25

ВСТУП

Метою виконання лабораторних робіт є закріплення на практиці теоретичного матеріалу з дисципліни «Основи електроніки та мікросхемотехніки» частина 2 «Пристрої». Для дослідження електронних пристроїв використовується пакети схемотехнічного моделювання, наприклад, Electronics Workbench (EWB) – розробка фірми Interactive Image Technologies. Перевагою комп'ютерного моделювання є велике різноманіття електронних елементів та засобів вимірювання для створення електронної схеми, неможливість її пошкодження та високий рівень електробезпеки.

Методичні вказівки містять опис 5 лабораторних робіт за темами дослідження комбінаційних вузлів, тригерів, лічильників, стабілізаторів напруги, ЦАП та АЦП, регуляторів потужності.

Студент зобов'язаний вивчити теоретичний матеріал [1-5], виконати практичні завдання та зробити звіт з лабораторної роботи, який буде мати основні розділи:

- назва лабораторної роботи;
- її мета;
- схеми експериментів, таблиці, графіки, розрахунки, висновки.

Звіт має бути оформлений у відповідності з ДСТУ 3008 - 2015 і захищений

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

Мета: дослідити будову та принцип дії комбінаційних вузлів.

Короткі теоретичні дані: логічний вузол – це пристрій, що оброблює інформацію у цифровому вигляді. Логічні вузли підрозділяють на комбінаційні та вузли з пам'яттю. Головна властивість комбінаційних вузлів - вхідний вектор X однозначно визначає вихідний Y . Основна різниця між комбінаційними вузлами та вузлами з пам'яттю є те, що в вузлах з пам'яттю виходи залежать від стану (попереднього такту роботи). Типові логічні вузли: дешифратор, мультиплексор, двійковий суматор, перетворювач кодів.

Дешифратор - логічний пристрій, що перетворює бінарний код числа, що поступило на вхід, в сигнал на одному з його виходів. Дешифратор призначений для перетворення кодового запису інформації в лічильниках та регістрах в сигнали керування і для передавання їх на виконавчі елементи системи керування, в пристрої відображення інформації. Схема дешифратора (рис.1.1) має кілька входів та виходів. На входи А, В, С дешифратора надходить бінарний код числа. Кожному коду числа відповідає сигнал на одному з 8 виходів дешифратора.

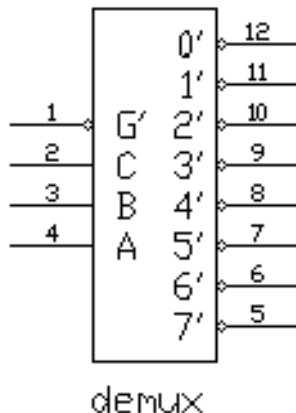


Рисунок 1.1 – Дешифратор

Входи: G' , А, В, С. Виходи: $0'$ – $7'$.

Хід роботи

Експеримент №1 – Отримання таблиці істинності дешифратора.

1 Скласти схему дешифратора, зображену на рис 1.2.

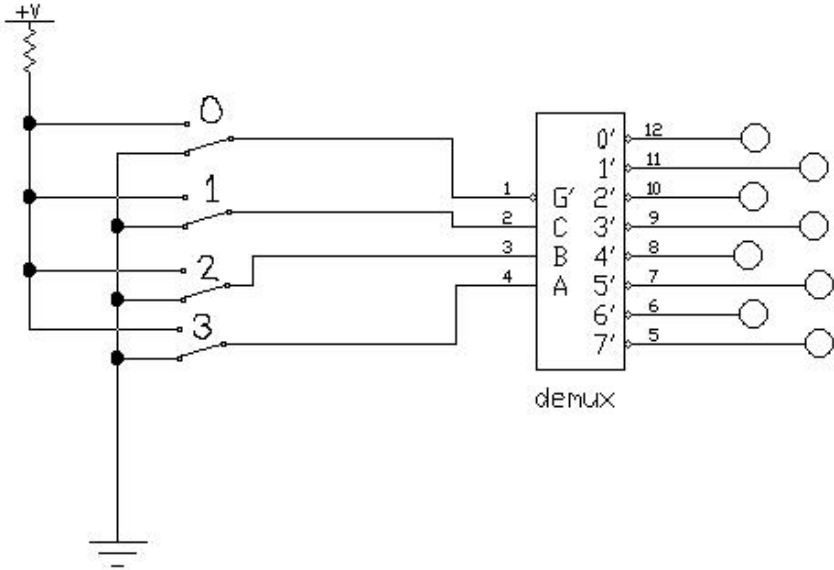


Рисунок 1.2 - Схема підключення дешифратора «3 на 8»

2 Заповнити таблицю істинності пристрою (Таблиця 1.1) – всього 16 станів, спостерігаючи за виходами дешифратора у різних комбінаціях його входів. Операції виконувати змінюючи стани за допомогою перемикачів 0 – 3.

Таблиця 1.1 – Залежність виходів дешифратора від входів

G'	C	B	A	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	0								
...								
1	1	1	1								

Експеримент №2 – Реалізація довільної логічної функції за допомогою дешифратора

3 Скласти схему, зображену на рис 1.3, що реалізує функцію $A'B'C' + AB + BC$.

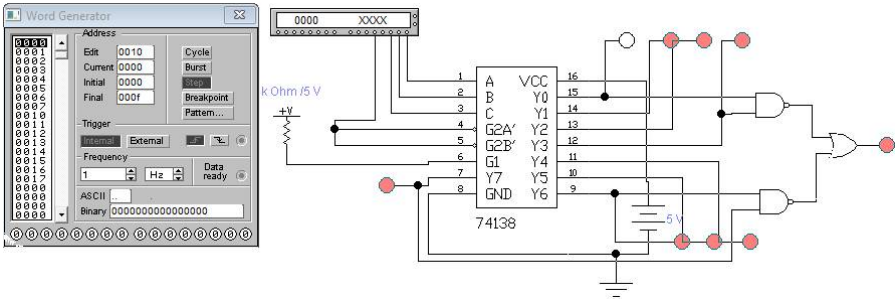


Рисунок 1.3- Реалізація заданої логічної функції за допомогою дешифратора

4 Запрограмувати генератор слів як показано на рис. 1.4

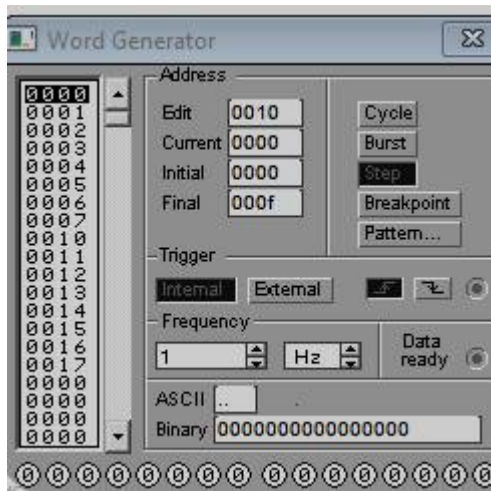


Рисунок 1.4- Програмування генератора слів

5 Заповнити таблицю 1.2 , для всіх комбінацій вхідних величин, для цього запустити схему на виконання і натискаючи кнопку «step» у генераторі слів, фіксувати стани на виході схеми

6 Використовуючи «Logic converter» задати отриману в п.5 таблицю істинності як показано на рис. 1.5

Таблиця 1.2 - Таблиця істинності для всіх комбінацій вхідних величин

G'	C	B	A	На виході
0	0	0	0	
...	
1	1	1	1	

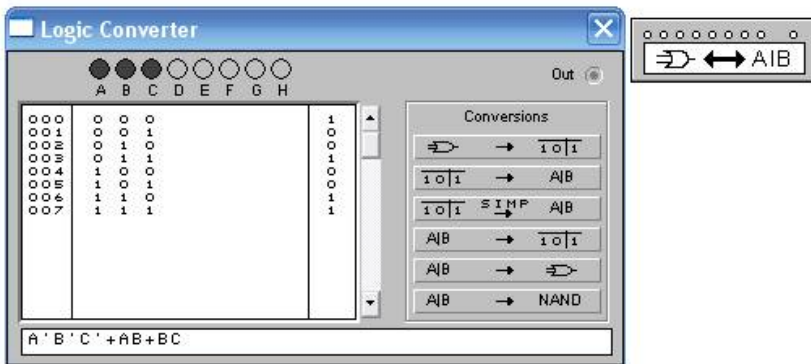


Рисунок 1.5- Задавання таблиці істинності в «Logic converter»

7 Перетворити таблицю істинності на формулу, яку реалізує дешифратор (кнопка $101 \text{ simp} \rightarrow A|B$). Порівняти отриманий результат з вихідною формулою

Експеримент №3 – Реалізація довільної логічної функції

8 Розробити схему, яка реалізує логічну функцію, запропоновану викладачем

9 Протестувати розроблену схему по методиці, що описана в експерименті №2.

Контрольні питання

1. Визначення комбінаційного вузла, його відмінність від вузла з пам'яттю.

2. Різновиди комбінаційних вузлів.
3. Принцип дії дешифратора та мультиплектора.
4. Реалізація довільної логічної функції за допомогою дешифратора.
5. Сфери використання дешифратора, мультиплектора.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

Мета: вивчити устрій та принцип дії RS, JK – тригерів, лічильників; навчитися проектувати лічильники з заданим коефіцієнтом перерахунку.

Короткі теоретичні дані: для того щоб перетворити комбінаційний вузол в вузол з пам'яттю використовують зворотні зв'язки. Вузол з пам'яттю характеризується двома характеристичними рівнянням:

а) функція виходів

$$Y = f(X, S)$$

де Y - вихідний сигнал; X - вхідний сигнал; S – стан.

б) функція переходів

$$S^{t+1} = f(S^t, X)$$

де S^t - стан в поточний момент часу, S^{t+1} – в наступний момент.

Типові вузли з пам'яттю: тригер, лічильник, регістр.

Тригер – це елементарний вузол з пам'яттю, який може знаходитися в одному з двох станів «0» або «1», та має два виходи прямий та інверсний. За функціями переходів тригери поділяються на: RS – тригери, D – тригери, T – тригери, JK-тригери та інші.

RS-тригер має два встановлювальних входи: установки S (set - установка) та скидання R (reset - скидання), на які подаються вхідні сигнали від зовнішніх джерел. При подачі на вхід установки активного рівня логічного сигналу тригер встановлюється в “1”, а при подачі активного рівня логічного сигналу на вхід скидання тригер встановлюється в “0”. Якщо на обох входах тригера пасивні логічні рівні вхідного сигналу, то тригер буде зберігати попередній стан виходів. Кожен з цих станів є стійким і підтримується за рахунок дії зворотних зв'язків.

Тригер JK - типу має більш складну, порівняно з RS-тригером, внутрішню структуру, та більш широкі функціональні можливості. Окрім інформаційних входів J та K , і прямого та інверсного виходів, JK - тригер має вхід керування C (тактуючий), а також установчі входи R та S . Установчі входи мають пріоритет над усіма іншими. Активний рівень сигналу на вході S встановлює JK-тригер у стан $Q = 1$, а активний рівень сигналу на вході R – у стан $Q = 0$, незалежно від

сигналів на інших входах. Якщо на установчі входи одночасно подати пасивний рівень сигналу, то стан тригера буде змінюватися по спаду імпульсу на тактуючому вході в залежності від стану входів J та K.

Лічильник – цифровий вузол з пам'яттю, збудований на тригерах, який може знаходитися в одному із 2^n станів, де n – це число тригерів. Розрядність лічильника n дорівнює числу T – тригерів. Кожний вхідний імпульс змінює стан лічильника, який зберігається до надходження наступного сигналу. Лічильник є одним з основних функціональних вузлів комп'ютера, а також різних цифрових керуючих та інформаційно-вимірвальних систем.

Характеристики:

- а) інформаційна ємність визначається кількістю станів в яких може знаходитися лічильник;
- б) швидкодія – максимальна частота проходження імпульсів на лічильному вході.

Регістри – це вузли станів, що складаються з тригерів та призначені для зберігання даних.

Хід роботи

Експеримент №1 – дослідження RS - тригера

1 Скласти схему, зображену на рис. 2.1 (файл 14_02 в прикладах)

2 Змінюючи стан на входах S, R за допомогою перемикачів «S» та «R» заповнити таблицю 2.1

Експеримент №2 – дослідження JK - тригера

3 Скласти схему JK – тригера, зображену на рис. 2.2 (файл 14_03 в прикладах)

4 Заповнити таблицю 2.2. Встановити JK-тригер в початковий стан, задаючи послідовність вхідних наборів згідно таблиці 2.2

5 Заповнити таблицю 2.3, задаючи послідовність вхідних наборів за допомогою перемикачів «J», «K», «C»

Експеримент №3 – дослідження лічильника

6 Скласти схему, зображену на рис 2.3 (файл 14_06 в прикладах)

7 За допомогою перемикача «C» змінювати стан лічильників. Поточні стани занести у таблицю 2.4

1 k Ohm / 5 V

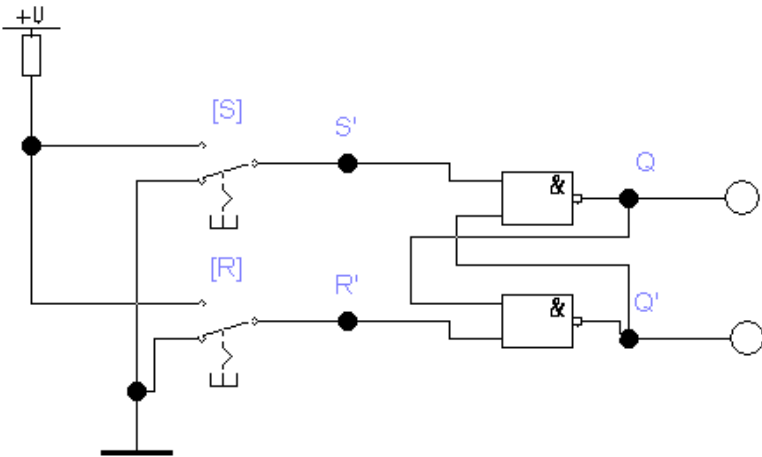


Рисунок 2.1 - Схема дослідження RS-тригера

Таблиця 2.1 – Таблиця переходів

R	S	Q	Q'	Режим
0	1			
1	1			
1	0			
1	1			
0	0			

Таблиця 2.2- Асинхронна таблиця переходів JK-тригера

S	R	Q	Q'
0	1		
0	0		

Експеримент №4 – дослідження лічильника зі змінним коефіцієнтом перерахунку

8 Скласти схему, зображену на рис 2.4 (файл 14_08.ca4 в прикладах)

9 Заповнити таблицю 2.5

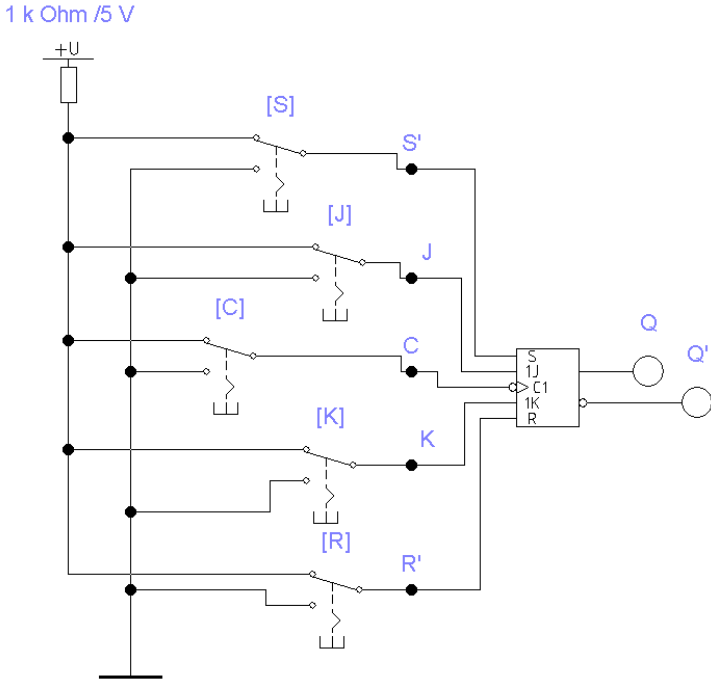


Рисунок 2.2 - Схема дослідження JK-тригера

Таблиця 2.3 – Вхідні набори, стани та режими роботи JK-тригера

S	R	J	K	C	Q	Режим
0	0	0	0	0		
0	0	0	0	1		
0	0	0	0	0		
0	0	1	0	0		
0	0	1	0	1		
0	0	1	0	0		
0	0	0	1	0		
0	0	0	1	1		
0	0	0	1	0		
0	0	1	1	0		
0	0	1	1	1		
0	0	1	0	0		

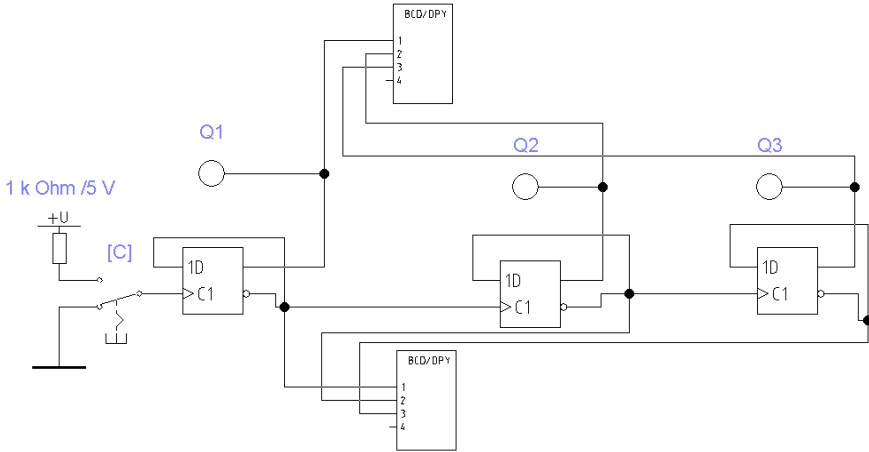


Рисунок 2.3 – Схема дослідження трьох розрядного двійкового лічильника

Експеримент №5 – синтез лічильника з заданим коефіцієнтом перерахунку тип (сумуючий, віднімаючий)

10 Модернізувати схему (рис. 2.4) відповідно до індивідуального завдання параметрів лічильника

11 Перевірити експериментальним шляхом таблицю станів лічильника

Таблиця 2.4 – Таблиця станів лічильника

Стан по верхньому ССІ	Стан по нижньому ССІ	Стан тригерів Q3 Q2 Q1

Таблиця 2.5 – Таблиця станів лічильника

Номер вхідного імпульсу	Стан лічильника за індикатором	Стан тригерів Q3 Q2 Q1
0		
1		
2		
3		
4		
5		

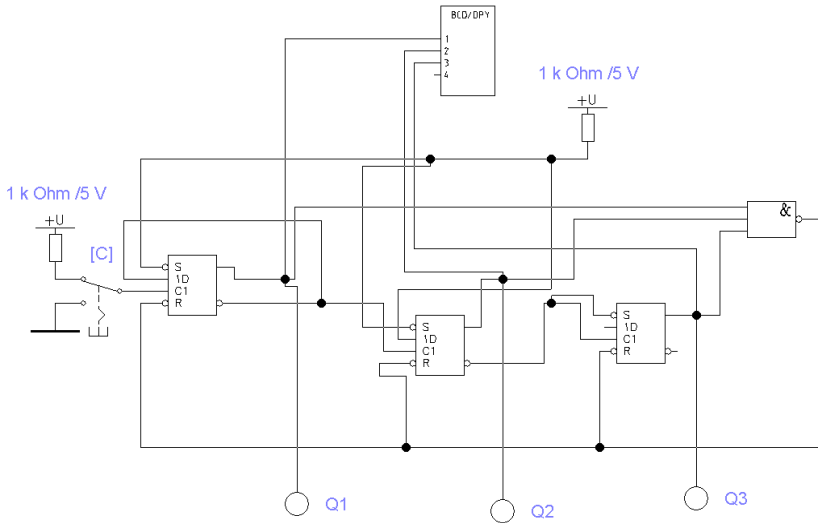


Рисунок 2.4 - Лічильник зі змінним коефіцієнтом перерахунку

Контрольні питання

1. Визначення вузлів з пам'яттю
2. Типові вузли з пам'яттю
3. Класифікація тригерів, характеристики лічильників, принципи роботи тригерів, лічильників, регістрів.
4. Побудова лічильника з заданим коефіцієнтом перерахунку.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

Мета: вивчити устрій та принцип дії компенсаційного стабілізатора напруги. Дослідити ліміти напруги стабілізатора та його характеристику навантаження

Короткі теоретичні дані: стабілізатор напруги – пристрій, який автоматично підтримує сталу напругу на навантаженні. Він характеризується такими параметрами:

- коефіцієнт стабілізації – відношення нестабільності напруги на вході до нестабільності на його виході:

$$K_c = \frac{\frac{\Delta U_{вх}}{U_{вх.ном}}}{\frac{\Delta U_{вих}}{U_{вих.ном}}}$$

де $\Delta U_{вх}$, $\Delta U_{вих}$ – зміна вхідної та вихідної напруги, відповідно, $U_{вх.ном}$, $U_{вих.ном}$ – номінальні вхідна та вихідна напруги відповідно;

- внутрішній (вихідний) опір – це відношення зміни вихідної напруги $\Delta U_{вих}$ до зміни струму навантаження $\Delta I_{вих}$, який спричинив зміну напруги:

$$r_i = \frac{\Delta U_{вих}}{\Delta I_{вих}}$$

- температурний коефіцієнт напруги (ТКН) – відношення зміни напруги $\Delta U_{вих}$ до зміни температури навколишнього середовища Δt , яка спричинила зміну напруги:

$$TKH = \gamma = \frac{\Delta U_{вих}}{\Delta t}$$

За принципом дії стабілізатори поділяються на компенсаційні та параметричні. Принцип дії параметричних стабілізаторів ґрунтується на використанні приладів, які мають нелінійні вольт-амперні характеристики. Для побудови таких стабілізаторів використовуються кремнієві стабілітрони. Компенсаційні стабілізатори працюють як замкнена система автоматичного регулювання зі зворотнім зв'язком.

Хід роботи

Експеримент №1 – Дослідження мінімальної допустимої вхідної напруги.

1 Зібрати схему, зображену на рис. 3.1 (Regulate в папці Samples).

2 Збільшити напругу джерела V_7 (див. рис. 3.1).

3 Спостерігати на осцилографі форму вхідної та вихідної напруги.

4 Повторювати п.2, 3 до тих пір поки не з'явиться викривлення форми вихідної напруги. Зафіксувати граничне значення вхідної напруги.

Експеримент №2 – Дослідження максимальної допустимої вхідної напруги.

5 Поновити початкове значення $V_7 = 0,707$ В.

6 Збільшити напругу джерела V_8 (див. рис. 3.1).

7 Спостерігати на осцилографі форму вхідної та вихідної напруги.

8 Повторювати п.6, 7 до тих пір поки не з'явиться викривлення форми вихідної напруги. Зафіксувати граничне значення вхідної напруги.

Експеримент №3 – Дослідження характеристики навантаження стабілізатора.

9 Поновити початкові значення V_7, V_8 .

10 Змінювати R_{25} та фіксувати $U_{\text{вих}}$. Результати занести в таблицю 3.1.

11 Повторювати п.10 до тих пір поки $U_{\text{вих}}$ не зменшиться на 10% від $U_{\text{вих ном}} = 13,5$ В.

12 Зафіксувати опір, при якому $U_{\text{вих}} = 13,5$ В як максимально допустимий опір.

Таблиця 3.1 – Результати вимірів

$U_{\text{вих}}, \text{В}$							
$R_{25}, \text{Ом}$							
$I_{\text{вих}}, \text{А}$							

13 Побудувати графік залежності $U_{\text{вих}}$ та $I_{\text{вих}}$, та визначити межі допустимого опору.

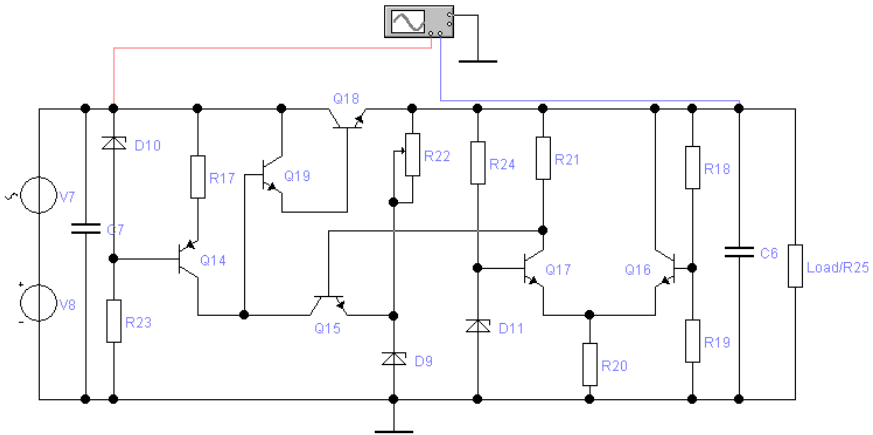


Рисунок 3.1 - Принципова схема компенсаційного стабілізатора

Умовні позначення:

Q17, Q16, R21, R20 – схема порівняння;

D11, R24 – джерело опорної напруги;

V7, V8 – створює модель вхідного ланцюга;

Q18, Q19 – елемент, що регулюється на складовому транзисторі;

Q14, R17, R23, D10 – джерела струму;

R18, R19 – ділянки напруги;

R22, Q15, D9 – підсилювач;

R25 – навантаження.

Контрольні питання

1. Принцип дії параметричного стабілізатора.
2. Принцип дії компенсаційного стабілізатора.
3. Структурна схема параметричного та компенсаційного стабілізаторів.
4. Поняття послідовного та паралельного компенсаційного стабілізатора.
5. Призначення елементів схеми, що досліджується.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4

Мета: вивчити устрій та принцип дії ЦАП та АЦП.

Короткі теоретичні дані: головною задачею АЦП є вироблення двійкових кодів сигналів - періодичної вибірки аналогового сигналу. За принципом дії усі існуючі типи АЦП можна поділити на 2 групи:

- АЦП з зарядом конденсатора;
- АЦП з порівнянням вхідного сигналу з дискретними рівнями напруг.

Принцип дії ЦАП полягає в перетворенні цифрового коду в опір чи навантаження, саме тому основними пристроями ЦАП є дешифратор вхідного коду з керуючими ключами та резисторний ланцюг. Простий ЦАП можна побудувати на базі інвертуючого суматора.

Хід роботи

Експеримент №1 – Дослідження ЦАП на базі інвертуючого суматора

1 Зібрати схему, зображену на рис. 4.1

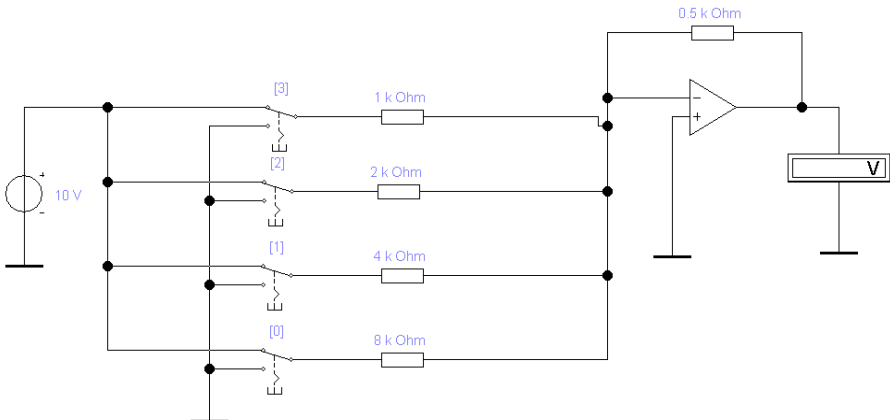


Рисунок 4.1 - ЦАП на базі інвертуючого суматора

2 За допомогою перемикачів «0-3» задати різні двійкові коди на вході ЦАП та спостерігати вихідну напругу ЦАП. Результати занести до таблиці 4.1

Таблиця 4.1 - Дослідження ЦАП на базі інвертуючого суматора

3	2	1	0	$U_{\text{вих}}$

3 Визначити кількість градацій, діапазон вихідної напруги та максимальну похибку перетворення

Експеримент №2 – Дослідження ЦАП з резистивною матрицею R-2R

4 Зібрати схему, зображену на рис. 4.2

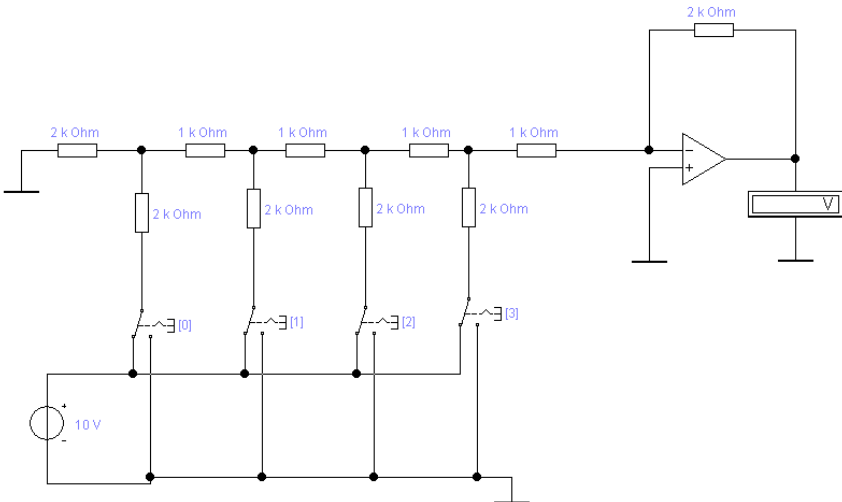


Рисунок 4.2 - ЦАП з резистивною матрицею R-2R

5 За допомогою перемикачів «0-3» задати різні двійкові коди на вході ЦАП та спостерігати вихідну напругу ЦАП. Результати занести до таблиці 4.2

6 Визначити кількість градацій, діапазон вихідної напруги та максимальну похибку перетворення

Таблиця 4.2 - Дослідження ЦАП з резистивною матрицею R-2R

3	2	1	0	$U_{\text{вих}}$

Експеримент №3 – Дослідження ЦАП на основі бібліотеки EWB
7 Зібрати схему, зображену на рис 4.3

8 Генератор слів запрограмувати на циклічний режим виконання послідовності слів (0000, 0001, ... 00FE, 00FF) з частотою 1 кГц

9 За допомогою осцилографа спостерігати залежність напруги на виході ЦАП від часу. Осцилограму перемалювати у звіт.

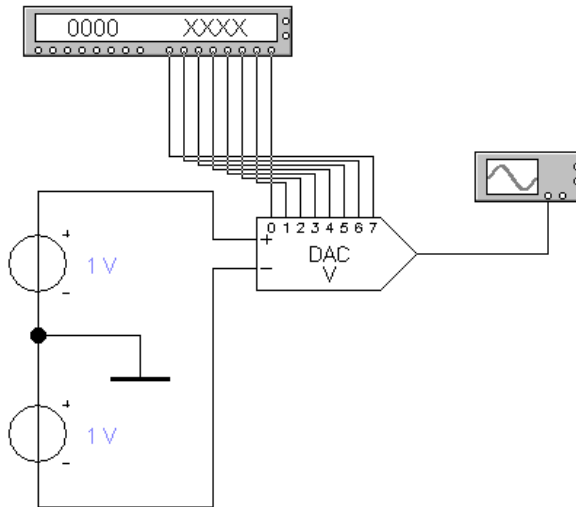


Рисунок 4.3 - ЦАП на основі бібліотеки EWB

Контрольні питання

1. Переваги та недоліки ЦАП на основі інвертуючого суматора та резистивної матриці R-2R
2. Призначення і структурна схема АЦП
3. Принцип дії ЦАП
4. Від чого залежить похибка ЦАП, діапазон вихідної напруги, кількість градацій вихідної напруги

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5

Мета: вивчити устрій та принцип дії однополярного регулятора потужності.

Короткі теоретичні дані: регулятор потужності призначений для керування середньою потужністю в навантаженні. Він складається з силового трансформатора, силового елемента та схеми керування. Силкові елементи виконують на тиристорах, семисторах або оптотиристорах. Схема керування будується на цифрових або аналогових принципах і керує затримкою ввімкнення силових елементів відносно моменту часу переходу через нуль мережної напруги.

В роботі досліджується цифрова схема керування, в якій в момент переходу мережної напруги через нуль у віднімаючий лічильник заноситься код керуючого сигналу. Під дією тактових імпульсів стан лічильника зменшується. Сигнал на ввімкнення силових елементів формується в момент переходу лічильника в «0».

Хід роботи

Експеримент №1 – Дослідження вузла синхронізації з мережею живлення

1 Зібрати схему, зображену на рис. 5.1

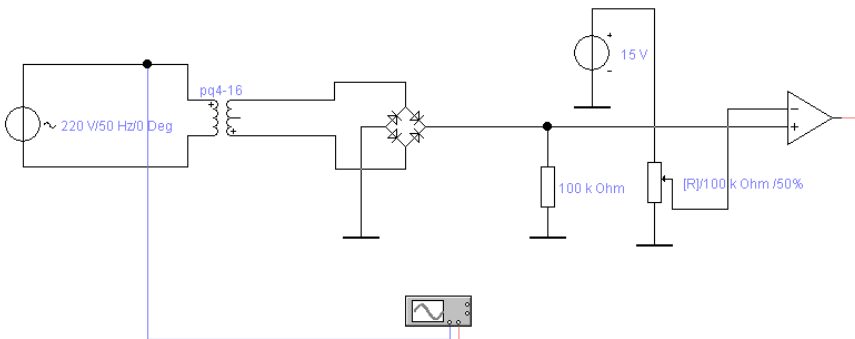


Рисунок 5.1 - Дослідження вузла синхронізації з мережею

2 Спостерігати на виході вузла короткі імпульси синхронізації у момент переходу через нуль напруги живлення. За допомогою потенціометру та шляхом зміни коефіцієнту трансформації трансформатора р_д 4–16 максимально зменшити ширину імпульсів синхронізації. Визначити ширину імпульсів.

3 Осцилограми напругу на виході трансформатора та на виході вузла синхронізації перемалювати у звіт.

Експеримент №2 – Дослідження схеми керування цифрового регулятора потужності

4 Доповнити попередню схему (рис. 5.1) елементами керованої цифрової затримки як показано на рис. 5.2.

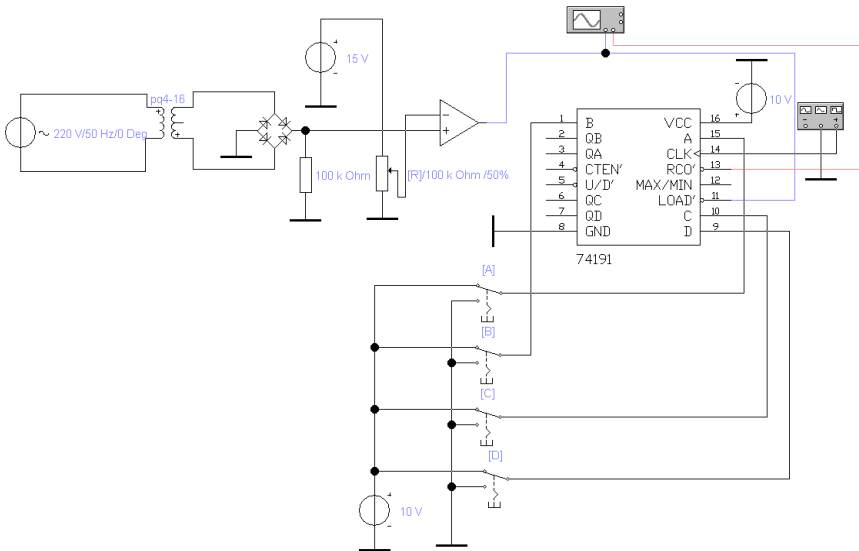


Рисунок 5.2 – Цифрова керуюча схема регулятора потужності

5 Налаштувати генератор на режим формування прямокутних імпульсів з частотою:

$$f = 2f_c(2^m - 1)$$

де f_c – частота мережної напруги;
 m – кількість розрядів у коді ($m=4$).

6 Задавати за допомогою перемикачів «А», «В», «С», «D» різні керуючі коди. Виміряти часову затримку імпульсу ввімкнення силового елемента (вихід RCO) відносно імпульсу синхронізації (вхід LOAD). Результати занести у таблицю, побудувати графік залежності $T_{\text{затр}}=f(\text{код})$.

Контрольні питання

1. Структурна схема вузла регулювання.
2. Одно – та двополярний регулятор.
3. Принципи дії вузла синхронізації з мережею.
4. Види силових елементів.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

- 1 Бойко В.І. Схемотехніка електронних систем: У 3 кн. Кн. 1. Аналогова схемотехніка та імпульсні пристрої: Підручник [текст] / В. І. Бойко, А. М. Гуржій, В. Я. Жуйков та ін. – 2-ге вид., допов. і переробл. – К.: Вища шк., 2004. – 366 с.
- 2 Комп'ютерна електроніка [Електронний ресурс] : підручник для студ. спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології», спеціалізації «Інтегровані інформаційні системи» / А.О. Новацький ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 80.9 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 469 с.
- 3 Бойко В. І. Схемотехніка електронних систем. В 2 Кн. Кн. 2. Цифрова схемотехніка / В. І. Бойко, А. М. Гуржій, В. Я. Жуйков та ін. – «Вища школа», 2004
- 4 Гніліцький В. В. Аналогова електроніка : навч. посіб. / В. В. Гніліцький, С. С. Купкін, А. О. Новацький. – Житомир : ЖДТУ, 2012.
- 5 Новацький А. О. Імпульсна та цифрова електроніка : навч. посіб. / А. О. Новацький. – Київ : НТУУ «КПІ», 2014.
- 6 [Learn About Electronics - Home Page \(learnabout-electronics.org\)](https://learnabout-electronics.org/) [Electronic resource] Access mode <https://learnabout-electronics.org/index.php> (дата звернення: 26.12.2023).
- 7 BASIC ELECTRONICS Student Handbook Class - XI CENTRAL BOARD OF SECONDARY EDUCATION Shiksha Kendra, 2, Community Centre, Preet Vihar, Delhi [Electronic resource] Access mode http://cbseacademic.nic.in/web_material/Curriculum/Vocational/2018/Basic_Electronics_XI.pdf (дата звернення: 26.12.2023).
- 8 Horn, Delton T. Basic electronics Theory -4th ed., TAB Books. Division of McGraw-Hill, New York. 692 p.