МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю. М. ПОТЕБНІ

Кафедра електроніки, інформаційних систем
та програмного забезпечення
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

другий магістерський
(рівень вищої освіти)

на тему *Дослідження та розробка систем автоматичного керування режимами роботи зарядних пристроїв*

Виконав: студент (ка) *II* курсу, групи *8.1764*

Спеціальності *176 Мікро- та наносистемна техніка*
(код і назва спеціальності)

освітньої програми *Мікроелектронні інформаційні системи*
(код і назва освітньої програми)

В. М. Ремига
(ініціали та прізвище)

Керівник *доцент кафедри ЕІСПЗ, доцент, к.т.н.*
Верьовкін Л. .Л.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент *завідувач кафедри електричної інженерії та кіберфізичних систем, професор, д.т.н.*
Коваленко В. Л.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя

2025 рік

МІНІСТЕРСТВО НАУКИ І ОСВІТИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю. М. ПОТЕБНІ

Кафедра *електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення*
Рівень вищої освіти *другий магістерський*
Спеціальність *176 Мікро- та наносистемна техніка*
(код і назва)
Освітня програма *Мікроелектронні інформаційні системи*
(код і назва)
Спеціалізація _____

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри *ЕІСПЗ*
Критська Т. В.
"15" грудня 2025 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Ремиги Валерія Миколайовича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) *Дослідження та розробка систем автоматичного керування режимами роботи зарядних пристроїв*
керівник проєкту (роботи) *Верьовкін Леонід Леонідович, доцент, к.т.н.*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від *"27" лютого 2025 року №313-с*
2. Строк подання студентом проєкту (роботи) *12 грудня 2025 року*
3. Вихідні дані до проєкту (роботи) *Напруга живлення 5В, елементна база КМОП 561 серії, введення інформації за допомогою клавіатури комбінаційного типу*
-
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) *Дослідження схем електронних таймерів. Розробка таймера для автоматичного керування режимами роботи зарядних пристроїв. Техніко-економічне обґрунтування розробки таймера для автоматичного керування режимами роботи зарядних пристроїв. Охорона праці та техногенна безпека.*
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Функціональна схема таймера. Схема тактового автогенератора Моделювання функціонування тактового автогенератора. Моделювання схеми дешифратора 4 в 16. Схема дільника часових інтервалів. Схема силового комутатора. Схема таймера для автоматичного керування режимами роботи зарядних пристроїв. Топологія печатної плати.

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата завдання прийняв
I	*Верьовкін Л.Л., доцент*	*13.10.2025*
II	*Верьовкін Л.Л., доцент*	*10.11.2025*
III	*Верьовкін Л.Л., доцент*	*17.11.2025*
IV	*Верьовкін Л.Л., доцент*	*23.11.2025*

7. Дата видачі завдання ____*03 березня 2025 року*_____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	*Аналітичний огляд схем електронних таймерів*	*14.09.2025*	
2	*Дослідження принципів побудови рахункових тригерів*	*18.09.2025*	
3	*Аналіз принципів функціонування таймерів з коротким часовим інтервалом*	*13.10.2025*	
4	*Аналіз принципів функціонування таймерів з широким часовим інтервалом*	*20.10.2025*	
5	*Розрахунок основних параметрів функціональної схеми таймера*	*27.10.2025*	
6	*Моделювання схеми тактового автогенератора*	*03.11.2025*	
7	*Побудова схеми таймера для автоматичного керування режимами роботи зарядних пристроїв*	*10.11.2025*	
8	*Техніко-економічне обгрунтуванн*	*17.11.2025*	
9	*Охорона праці та техногенна безпека*	*23.11.2025*	
10	*Написання пояснювальної записки*	*02.12.2025*	
11	*Оформлення графічного матеріалу*	*08.12.2025*	
12	*Попередній захист дипломної роботи*	*12.12.2025*	
13	*Оприлюднений захист кваліфікаційної роботи*	*18.12.2025*	

Студент _____ _____*Ремига В. М.*_____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи) _____ _____*Верьовкін Л. .Л.*_____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ _____*Верьовкін Л. Л.*_____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Реферат

Дипломна робота містить 58 сторінок, 35 рисунків, 18 таблиць, 18 джерел літератури.

Об’єкт дослідження – автоматичні цифрові таймери.

Мета роботи – розробка таймера для автоматичного керування режимами роботи зарядних пристроїв.

Задачі роботи: розробити схему тактового автогенератора; розробити схему дільника часових інтервалів; розробити схему силового комутатора; провести аналіз функціонування розроблених схем.

Методика досліджень – моделювання пристрою за допомогою програмних забезпечень Electronics Workbench 5.12, SPlan 5.0, Sprint Layout 4.0.

Короткий виклад результатів досліджень – розроблена схема таймера для автоматичного керування режимами роботи зарядних пристроїв, який забезпечує неотримання акумулятором надлишкового заряду і можливість бути пошкодженим або отримати істотно знижений ресурс.

Результати впроваджень – модель електронної моделі пристрою пройшла випробовування на кафедрі ЕІСПЗ.

Прогнозні пропозиції – рекомендується для подальшого удосконалення та проведення випробування при побудові зарядних пристроїв.

ТАЙМЕР, АКУМУЛЯТОР, ТАКТОВИЙ АВТОГЕНЕРАТОР, ЛІЧИЛЬНИК, ДІЛЬНИК ЧАСОВИХ ІНТЕРВАЛІВ, МІКРОСХЕМА

Дипломну роботу виконано на кафедрі електроніки, мікроелектронних систем та програмного забезпечення, з 03.03.2025 р. по 12.12.2025 р.

Зміст

Стор.

Вступ …….. 6

1 Дослідження схем електронних таймерів ……... 8

1.1 Таймери з коротким часовим інтервалом ……. 8

1.2 Таймери з широким часовим інтервалом ……. 11

1.3 Рахунковий тригер …….. 15

2 Розробка таймера для автоматичного керування режимами роботи зарядних пристроїв ……... 20

2.1 Розробка функціональної схеми таймера ……. 21

2.1.1 Моделювання схеми тактового автогенератора ……... 22

2.1.2 Моделювання схеми дільника часових інтервалів ……... 25

2.1.3 Схема силового комутатора …… 32

2.1.4 Схема таймера для автоматичного керування режимами роботи зарядних пристроїв ……... 33

2.2 Розробка печатної плати пристрою …….. 35

3 Техніко-економічне обґрунтування розробки таймера для автоматичного керування режимами роботи зарядних пристроїв …….. 40

3.1 Обґрунтування вибору технології виготовлення схеми таймера для зарядних пристроїв …….. 40

3.2 Розрахунок витрат на виробництво схеми таймера для зарядних пристроїв …… 44

4 Охорона праці та техногенна безпека …….. 46

4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів …….. 46

4.2 Виробнича санітарія ……... 48

4.3 Електробезпека ……... 50

4.4 Протипожежна та техногенна безпека …….. 52

4.5 Розрахунок середнього рівня шуму на робочому місці оператора … 54

Висновки та рекомендації …… 56
Перелік посилань …….. 57

Вступ

Промисловість випускає майже всі електронні функціональні вузли, необхідні для створення пристроїв вимірювальної і обчислювальної техніки, а також систем автоматики: таймери, інтегральні електронні підсилювачі електричних сигналів; комутатори; логічні елементи; тригери; лічильники імпульсів; регістри; суматори і так далі.

На основі великих (ВІС) і надвеликих (НВІС) інтегральних схем створені і випускають мікропроцесори і мікропроцесорні комплекти, які являються основними вузлами обчислювальної машини, що виготовлені в одному корпусі або в декількох малогабаритних корпусах.

Функції, які виконуються інтегральними схемами мікропроцесорів, можуть бути задані подачею на їх входи зовнішніх електричних сигналів, що здійснюється за певною програмою. Тим самим дані мікросхеми дозволяють реалізувати велику кількість всіляких операцій по обробці цифрових сигналів без яких-небудь змін в технології їх виготовлення.

Використання базових матричних кристалів і програмованих логічних матриць є іншим способом розширення функціональних можливостей інтегральних схем. У масовій кількості виготовляються єдині матриці не скомутованих (не сполучених між собою) елементів. Електричні зв'язки між ними виконують індивідуально на етапі формування розводки, виходячи з вимог замовника. На основі базової або програмованої логічної матриці одного типа можна створити сотні всіляких функціональних вузлів різного призначення. Причому відмінність між базовими матричними кристалами і логічними програмованими матрицями полягає в тому, що в останніх з'єднання можна не лише створювати, але і руйнувати.

Типові мікровузли дозволяють зібрати потрібний електронний блок без детального розрахунку окремих каскадів. Розробник електронної апаратури, визначивши, які перетворення повинен зазнати електричний сигнал, підбирає

необхідні інтегральні мікросхеми, розробляє схему їх з'єднань і вводить зворотні зв'язки необхідного вигляду. І лише у тому випадку, коли інтегральні мікросхеми, що випускаються, не дозволяють вирішити якесь конкретне питання, до них додають окремі вузли на дискретних компонентах, що вимагають проведення відповідних розрахунків, або розробляють мікросхеми приватного вживання.

Актуальним являється розробка таймерних пристроїв, для автоматизованих систем керування роботою електронних приладів.

1 Дослідження схем електронних таймерів

1.1 Таймери з коротким часовим інтервалом

На рисунку 1.1 зображена електрична схема високоамперного таймера, який працює в інтервалі часу від 0 до 10 хвилин. Таймер призначений для включення на заздалегідь заданий час різних пристроїв. Таймер можна використовувати для управління освітленням в приміщенні, у фотолабораторіях, дитячих іграшках і тому подібне. Включення таймера здійснюється кнопкою SW1, яку можна зробити виносною, наприклад, на корпус таймера. Розміри корпусу 48×43×22 мм. Розміри печатної плати 41×35 мм [1].

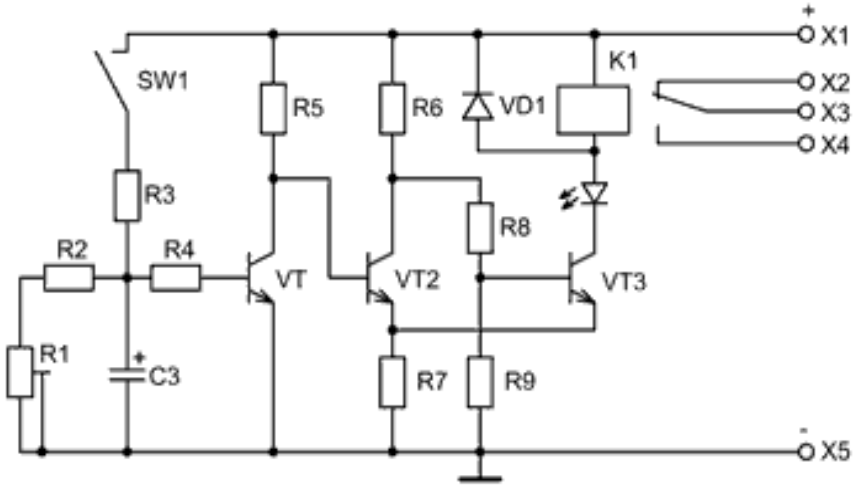


Рисунок 1.1 – Високоамперний таймер на 0…10 хвилин

Технічні характеристики:

- напруга живлення пристрою: 12 В;

- максимальний струм комутації: 6 А.

На рисунку 1.2 зображено вигляд високоамперного таймеру.

На рисунку 1.3 зображено малоамперний таймер, який працює в діапазоні 0…10 хвилин.

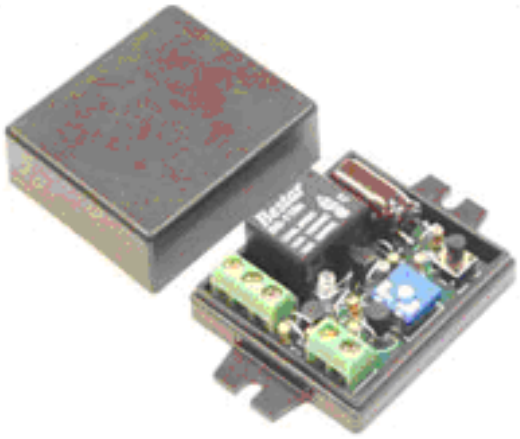


Рисунок 1.2 – Корпус високоамперного таймера

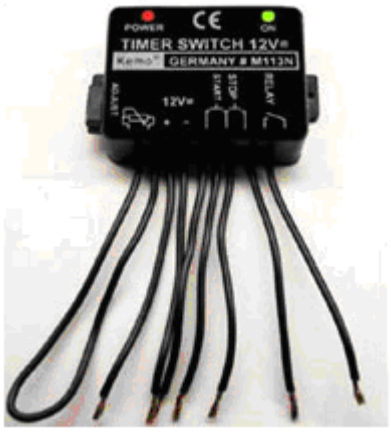


Рисунок 1.3 – Малоамперний таймер в діапазоні 0 – 10 хвилин

Даний модуль призначений для включення на заздалегідь заданий час різних пристроїв. Таймер також можна використовувати для управління освітленням в приміщенні, у фотолабораторіях, дитячих іграшках і тому подібне. За допомогою змінного резистора встановлюється необхідний час затримки включення або виключення таймера. Також по колу живлення рекомендується встановити запобіжник з номіналом 0,5 А. Розміри модуля 120×50×22 мм [1-3].

Технічні характеристики:

- напруга живлення: 12 В;
- струм споживання: 20 мА (реле вимикання);
- струм споживання: 80 мА (реле включення);
- час затримки: 0…10 хвилин;

- комутоване навантаження: 3 А (при 220 В).

На рисунку 1.4 зображено електричну схему таймеру, який працює в інтервалі 1… 99 с [2].

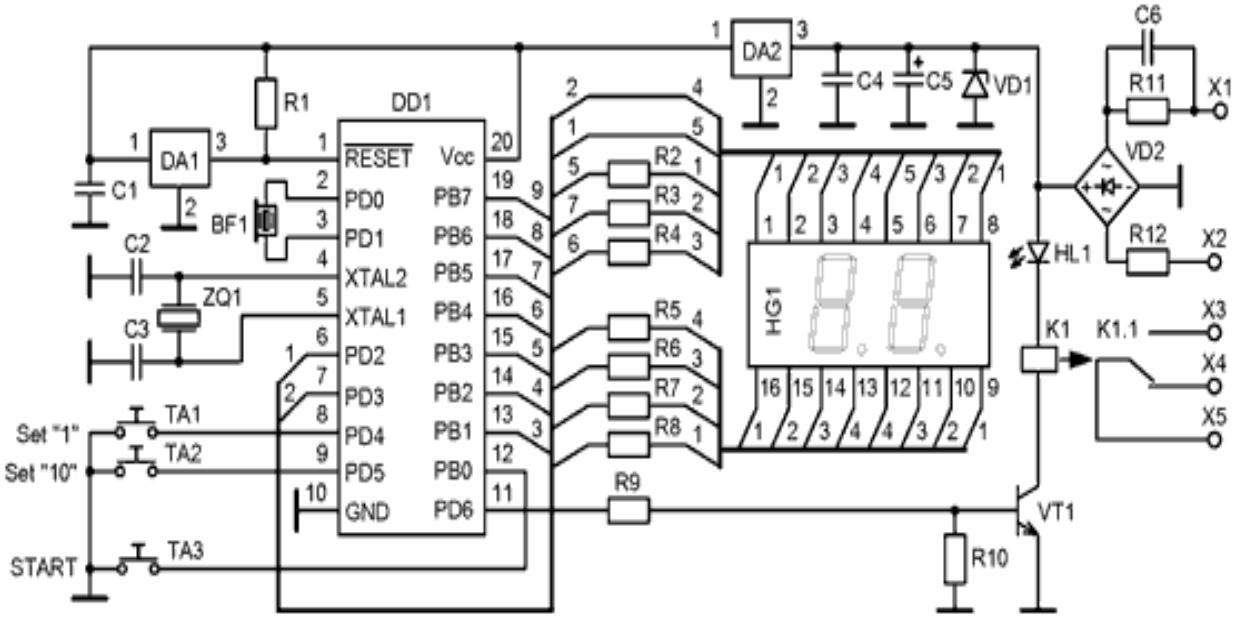


Рисунок 1.4 - Схема таймеру на інтервал 1…99 с

На рисунку 1.5 зображено технічну реалізацію таймеру в корпусному виконанні.

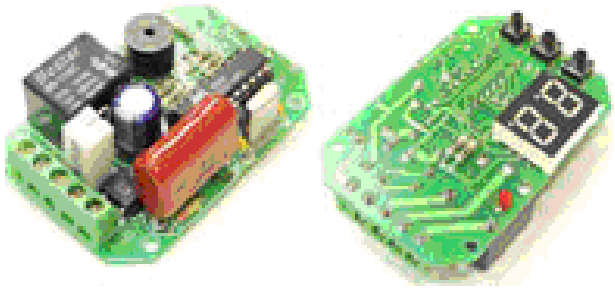


Рисунок 1.5 - Таймер на інтервал 1 – 99 с

Таймер дає можливість включити/вимкнути який-небудь електроприлад на заданий інтервал часу в інтервалі 1…99 секунд. Після закінчення встановленого часу таймер автоматично виключає/вимикає електроприлад і видає переривистий звуковий сигнал. Такий прилад може мати широке вико-

ристання в побуті, в кулінарії, в радіолюбительській практиці, у фотолабораторії і так далі [4-6].

Технічні характеристики:

- розміри корпусу: 72×50×35 мм;
- розміри печатної плати: 45×67 мм.
- напруга живлення: 220 В;
- максимальна потужність електроприладу, який підключається: 600 Вт;
- максимальний струм навантаження: 5А;
- діапазон встановлюваного часу: 1 – 99 с;
- тривалість звукового сигналу, з 5 с.

1.2 Таймери з широким часовим інтервалом

У якості таймерів, які можуть працювати в більш широкому інтервалі часу, ніж розглянуті раніше можна використати наступний пристрій, схема електрична якого представлена на рисунку 1.6. Фактично пристрій може бути реалізовано і як годинник [6].

Пристрій працює від мережі змінного струму 220 В або бортової мережі автомобіля 12 В (стандартний набір від мережі - 220 В). У пристрої зберігаються всі налаштування і виконується відлік часу при відключенні основної напруги живлення протягом одного року. У режимі будильника по запрограмованому часу пристрій здатний комутувати прецизійне навантаження штатним реле з параметрами 220 В/6 А (1,3 кВт) і видавати супроводжуючий звуковий сигнал тривоги.

Технічні характеристики:

- напруга живлення: 220/12 В;
- струм споживання: 50 - 80 мА (у режимі тривоги);

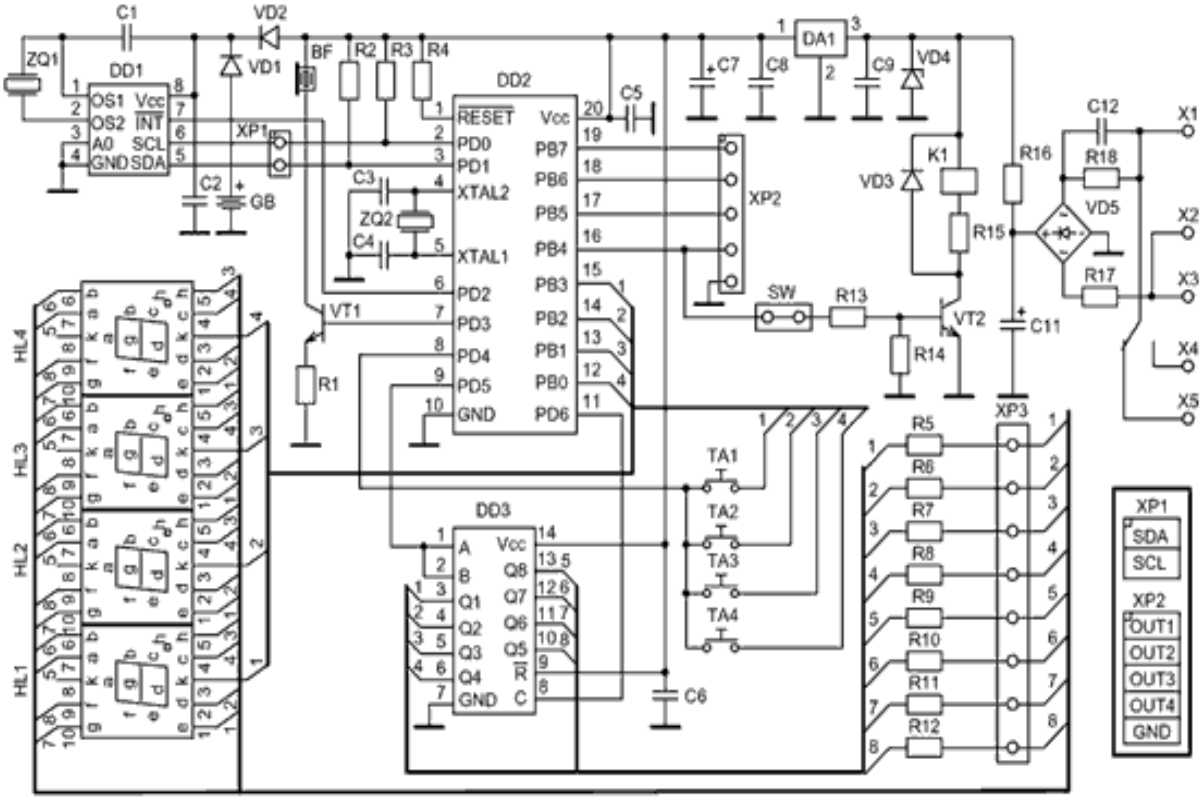


Рисунок 1.6 – Таймер будильник-годинник

- параметри прецизійного навантаження: 10 А (125 В по змінному струму), 6 А (220 В по змінному струму);

- напруга резервного джерела живлення: 3В;

- звуковий сигнал, 2 кГц;

формат часу: 24 години;

розміри печатної плати: 90×61 мм.

На рисунку 1.7 представлено технічну реалізацію таймеру.

Таймер із 24 годинним циклом забезпечує із дискретністю одна хвилина установку потрібного інтервалу часу та повторення процесу через 24 години. Таймер складається із генератора хвилинних імпульсів на мікросхемі D1, подільника частоти із змінним коефіцієнтом ділення D2 та D3 (16 входів для встановлення коефіцієнтів ділення) та формувача коротких імпульсів на елементах мікросхеми D4 (рис. 1.8) [7,8].



Рисунок 1.7 – Таймер широкого діапазону часу у форматі «годинник-будильник»

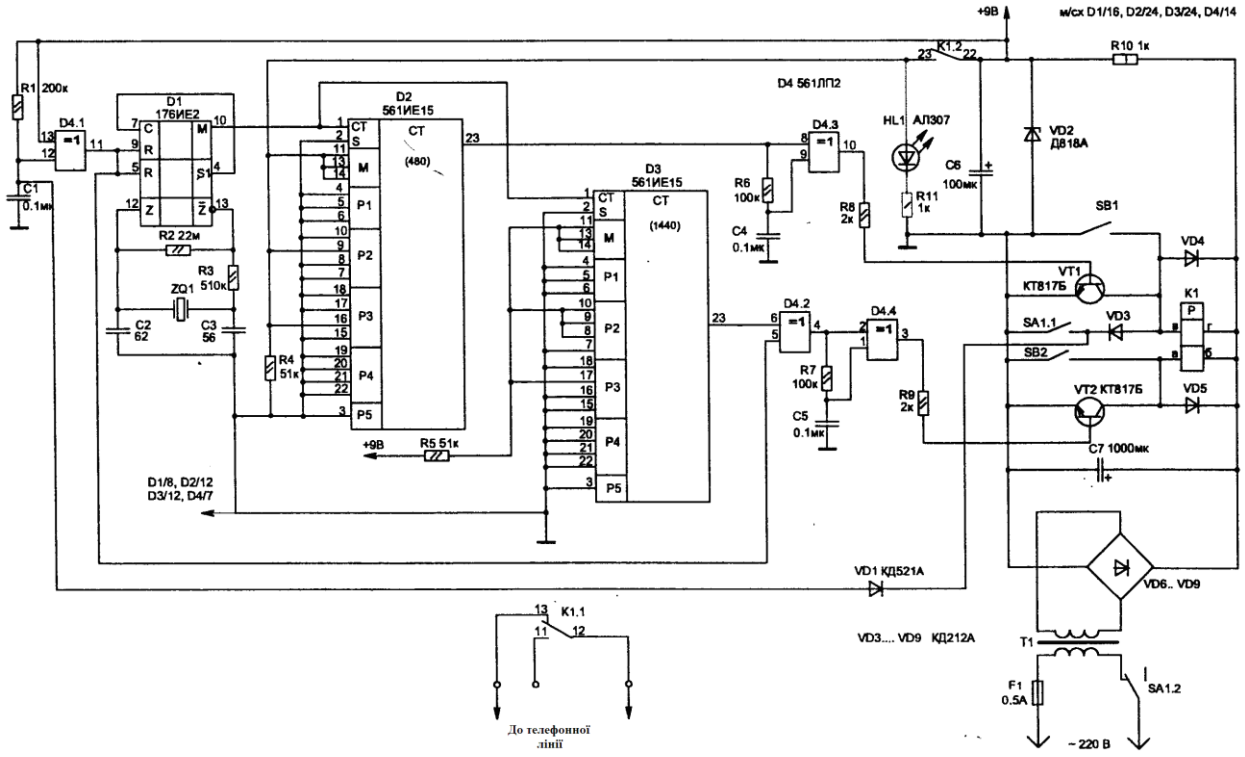


Рисунок 1.8 - Таймер із 24 годинним циклом

Переключення кіл виконується за допомогою поляризованого реле К1. Воно не потребує постійного живлення обмотки для фіксації положення контактів. Для їх переключення достатньо короткочасного імпульсу на відповідну обмотку. Схему виконано на доступних КМОН мікросхемах і відрізняється невеликим споживаним струмом, що надає можливість підключати її до джерела із напругою 9 В (звичайна батарейка).

Включення таймера виконується тумблером SA1 в момент часу з якого потрібно забезпечувати часовий інтервал. В початковий момент, коли на

схему подано напругу живлення, доки іде заряд конденсатора С1, на виході D4/11 формується імпульс початкового скидання нуля, і цей же імпульс через елементи D4.2, D4.4 переключає реле К1 (контакти реле 22 та 2 замикаються). На входах початкової установки лічильника D2 з'явиться логічна «1» у відповідності із необхідним коефіцієнтом ділення (N). На схемі показано положення перемичок на виводах D2 для інтервалу 8 годин: $N = 8 \times 60 = 480$.

Коефіцієнт для іншого часового інтервалу можна визначити за наступним співвідношенням [7-9]:

$$N = M(1000P1 + 100P2 + 10P3 + P4) + P5, \quad (1.1)$$

де P1 – P4 – змінні коефіцієнти (множники тисяч, сотень, десятків та одиниць); P5 – залишок; M – модульний коефіцієнт (на схемі показано положення перемичок при M=2).

Значення чисел десяткової системи P1 – P4 виставляються на відповідних входах лічильників у двійковому коді.

Як тільки на виводі D2/23 з'явиться логічна «1», елемент D4.1 формує імпульс для переключення реле К1 (контакти 22 та 23 розімкнуться, а контакти 12 та 13 замикаються). В такому стані схема буде знаходитись до моменту, док и на вході D3/23 не з'явиться імпульс.

Лічильник D3 має коефіцієнт ділення 1440, що відповідає 24 годинам. Через цей інтервал, з моменту включення таймера, на виході лічильника буде періодично з'являтися сигнал для автоматичного переключення кіл. В залежності від того, яка група контактів реле К1 використовується, пристрої можуть включатися або виключатися на протязі доби на необхідний інтервал часу.

При керуванні потужним навантаженням, наприклад електронагрівачем, необхідно використати додаткове проміжне реле із відповідним номінальним струмом на контакти (для навантаження 2000 Вт -10 А). Проміжне реле можна виключати контактами реле К1, які розраховано на максимальний струм не більше 0,5 А.

Якщо в процесі роботи таймера необхідно включати або виключати під'єднані пристрої, не змінюючи циклу роботи, тоді можна скористуватися відповідними кнопками: SB1 – включення, SB2 – виключення.

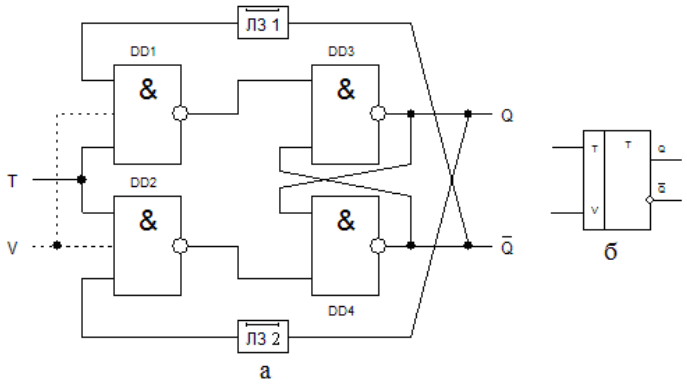
У схемі використовувались типу С2 – 23, конденсатори С1 – С5 типу К10-17, С6 та С7 типу К50-24 на 63 В. Кварц ZQ-1 з робочою частою 32768 Гц, поляризовані реле типу РПС-43, РПС-32. Мережевий трансформатор Тр1 повинен забезпечувати напругу на вторинній обмотці, достатню для спрацювання використовуваного реле.

Схема таймера не змінює режимів при короткочасному зникненні мережевої напруги. Але для того, щоб робота таймера не порушувалась при достатньо великій відсутності мережевої напруги, необхідно використовувати елемент резервного живлення (9 В), який достатньо під'єднати тільки до мікросхеми [10].

1.3 Рахунковий тригер

Основу таймерних схем складають лічильники які побудовані на рахункових тригерах [11].

Т – тригер, або рахунковий тригер, має один рахунковий вхід Т і два виходи (рис. 1.9 а).



а

б

а) структурна схема,

б) УГП TV – тригера

Рисунок 1.9 – Т – тригер

Повна таблиця функціонування Т – тригера приведена на рисунку 1.10, у якій попередній стан тригера Q^n – стан до подачі вхідних сигналів, Т вхідний сигнал [11]. Вихідний стан тригера після подачі вхідних сигналів позначений символом Q^{n+1}.

Відповідно до таблиці функціонування:

Q^{n+1} / Q^n	T = 0	T = 1
Q^n	1	0

Рівняння функціонування Т – тригера:

$$Q^{n+1} = T\overline{Q}^n + \overline{T}Q^n$$

T	Q^n	Q^{n+1}
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	0

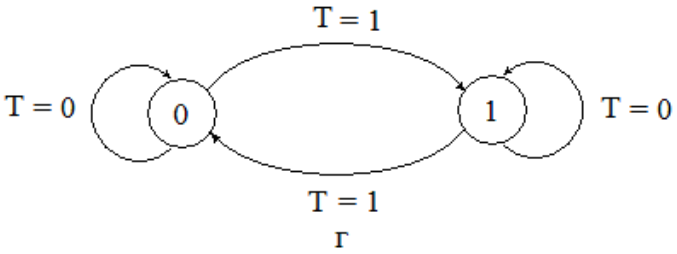
а

T	Q^{n+1}
0	Q^n
1	$\overline{Q}^n$

б

Перехід	T
0 → 0	0
0 → 1	1
1 → 0	1
1 → 1	0

в



г

Рисунок 1.10 – Таблиця істинності (а), таблиця перемикань (б), словник переходів (в), діаграма станів (г) Т – тригера

З рівняння виходить, що Т – тригер кожного разу змінює свій стан на протилежний з приходом на рахунковий вхід Т чергового тактуючого імпульсу тривалістю t_i. Цьому сприяє наявність перехресних зворотних зв'язків з виходів тригера на входи елементів DD1 і DD2. Для надійної роботи тригера, з метою збереження інформації про попередній стан тригера у момент його перемикання, в схему вводять елементи затримки, що мають час затримки $t_з > t_i$.

Нехай у початковому стані Q = 1. Сигнал T = 1 відкриє елемент DD2, оскільки на другому вході DD2 є сигнал логічної одиниці («1») з виходу Q, а елемент DD1 буде закритий. Тригер переходить в стан Q = 0. Вентиль DD2 залишається відкритим протягом часу t_i, оскільки сигнал Q = 1 буде затриманий лінією затримки (ЛЗ) 1 на якийсь час $t_з > t_i$. В той же час сигнал $\overline{Q}=1$ не потрапить на вентиль DD1 із–за тимчасової затримки в ЛЗ 2. За відсутності елементів затримки можливе неодноразове перемикання тригера за умови, якщо тривалість імпульсу t_i значно перевищує час перемикання тригера.

Після закінчення дії тактуючого імпульсу, елементи DD1 і DD2 закриються, оскільки потенціал входу T = 0. Після чого на вхід елементу DD1 через ЛЗ 2 надійде сигнал $\overline{Q}=1$. В результаті з приходом другого імпульсу T = 1 відкриється елемент DD1 і тригер перемкнеться в стан Q = 1 і так далі.

Окрім рахункового входу T – тригер може мати вхід дозволу V (рис. 1.9 б). Сигнал на цьому вході дозволяє (при V = 1) або забороняє (при V = 0) спрацьовування тригера від сигналів, що поступають на вхід T. T – тригери, що мають додатковий вхід V, називаються TV – тригерами. Наявність входу V дозволяє організувати рахунок в заданому часовому інтервалі, що істотно розширює функціональні можливості T – тригера.

Рахунковий T – тригер може бути побудований на основі D – тригера, з'єднанням інверсного виходу $\overline{Q}$ з входом D, як показано на рисунку 1.11. У такій схемі кожен перехід «1 $\rightarrow$ 0» на вході C буде призводити до переходу тригера в протилежний стан.

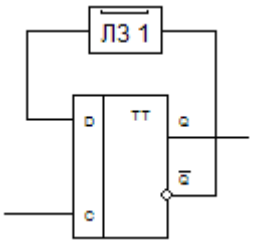


Рисунок 1.11 – T – тригер на основі D – тригера

Наприклад, якщо $Q^n = 1$, то $D^n = \overline{Q}^n = 0$, і тому черговий тактовий імпульс переведе тригер в новий стан, тобто встановить $Q^{n+1} = D^n = 0$. Для пра-

вильної роботи Т – тригера тактовий імпульс має бути коротким, а наявність елементу затримки ЛЗ ослабляє вимогу до тривалості тактового імпульсу.

Т – тригер може бути побудований на RST – тригерах (рис. 1.12) [11].

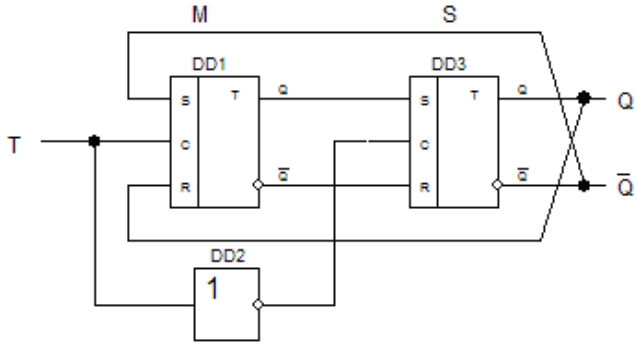


Рисунок 1.12 – Т – тригер на основі RST – тригерів

Схема, складається з двох послідовно включених синхронних RST – тригерів, перший з яких називається ведучим, або М – тригером (master), а другий – веденим, або S – тригером (slave). Завдяки загальному синхросигналу С вся схема функціонує як єдине ціле і називається двоступінчатим, або MS – тригером. Інформація, що задається рівнями на входах S і R, по фронту С – сигналу приймається в М – тригер, але протягом всього часу, поки С – сигнал дорівнює 1, не проходить в S – тригер, оскільки його робота блокована інверсією С – сигналу. Вони відкриються лише при С = 1, тобто по спаду С - сигналу, і лише тоді S – тригер прийме стан М – тригера. Сказане ілюструє дуже важливу відмінність MS – тригера від DV – тригера: MS – тригер, зібраний за схемою (рис. 1.12), непрозорий по керівних R і S входах ні при С = 0, ні при С = 1. Кожен рівень його сам по собі прозорий, але включені рівні послідовно, і який-небудь один із них завжди виявляється замкнутим або синхросигналом, або його відсутністю. Таким чином, в цьому MS – тригері при С = 1 (і тим більше при С = 0) жодна зміна на вході управління не може сама по собі, без перемикання С – сигналу, потрапити на вихід. Тригер може змінити стан виходу лише по спаду С – сигналу. У зарубіжній літературі непрозорі тригери називають flip-flop на відміну від прозорих DV – тригерів, за якими закріпився термін latch.

Таким чином, з розгляду принципу роботи Т – тригера виходить, що при Т = 1 спадаючий фронт сигналу на вході Т переводить тригер в протилежний стан (рис. 1.13).

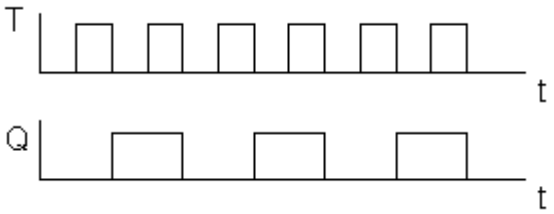


Рисунок 1.13 – Діаграма функціонування Т – тригера

Частота зміни потенціалу на виході Т – тригера в два рази менше частоти імпульсів на вході Т. Ця властивість Т – тригерів дозволяє будувати на їх основі двійкові лічильники. Тому ці тригери і називають рахунковими.

Метою роботи являється розробка таймера для автоматичного керування режимами роботи зарядних пристроїв.

Для виконання поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- розробити схему тактового автогенератора;
- розробити схему дільника часових інтервалів;
- розробити схему силового комутатора;
- провести аналіз функціонування розроблених схем.

2 Розробка таймера для автоматичного керування режимами роботи зарядних пристроїв

Акумулятори діляться на два великих сімейства: свинцеві і нікель-кадмієві. Перші застосовуються у всіх транспортних засобах із стартерами (і в деяких інших областях). Другі, менш важкі і громіздкі, використовуються для живлення радіотелефонів, переносних комп'ютерів, відеокамер і іншої апаратури. Різні моделі обох типів представлені у великому асортименті.

Умови перезарядки для обох сімейств різні. Свинцеві акумулятори з пробками або без пробок (запаяні) заряджають при обмеженому струмі. Його значення вибирають рівними С/10, де С - ємкість в ампер-годинах. Необхідна напруга зарядного пристрою складає 2,4 В на кожен елемент. Таким чином, акумулятор з номінальною напругою 12 В ємкістю 5 А ч, що складається з 6 елементів по 2 В, заряджатиме при напрузі 14,4 В (як в автомобільного генератора) і струмі 0,5 А. Надмірна тривалість перезарядки не приносить великої шкоди. Якщо акумулятор знаходиться в нормальному робочому стані, то при достатньому рівні зарядки вжиток струму скорочується сам по собі.

В процесі зарядки нікель-кадмієвих акумуляторів рекомендується використовувати струм, що становить десяту частину номінальної ємкості (наприклад, 60 мА для батареї ємкістю 600 мА ч), протягом 16 годин. В будь-якому разі струм слід обмежити за допомогою резистора, включеного послідовно з джерелом напруги (бажано стабілізованого). Якщо джерело дозволяє задати обмеження по струму, потрібно відрегулювати його на величину, що не представляє погрози для батареї [12].

Напруга акумулятора в процесі зарядки збільшується і в кінці операції воно може перевищити задану напругу джерела живлення. Аби струм не протікав через джерело у зворотному напрямі, рекомендується підключати захисний діод.

У переносних комп'ютерах і стільникових телефонах існує «ефект запам'ятовування». Якщо акумулятор починають перезаряджати, коли він ще не повністю розрядився, його ємкість після відключення зарядного пристрою дорівнюватиме тій, що він мав до перезарядки. Інакше кажучи, або акумулятор треба постійно залишати на зарядці, або треба діждатися його повної розрядки, а потім зарядити. Інакше термін служби батарей суттєво скорочується. З цієї причини «розумні» зарядні пристрої повністю розряджають акумулятор перед його зарядкою. Розроблено нові типи акумуляторів, наприклад марганцево нікелеві або іоно літієві, вільні від такого недоліку. Вони значно дорожчі, але мають ширші можливості вживання [12].

Існує багато простих зарядних пристроїв до акумуляторів. Деякі з них входять до складу конструкції приладу, де і використовуються самі елементи живлення (наприклад, в акумуляторних ліхтариках). Але велика частина зарядних пристроїв виконана у вигляді окремого блоку, що має корпус з відсіком для установки туди акумуляторів (від одного до чотирьох одночасно).

Процес заряду зазвичай здійснюється в перебігу 4…20 ч. А час заряду залежить від міри розряду акумулятора.

Включивши такий зарядний пристрій в мережу, можна забути вчасно його відключити. В цьому випадку акумулятор отримує надлишковий заряд і може бути пошкоджений або ж істотно знижується його ресурс. Лише при правильній експлуатації акумулятори забезпечують 600...1000 циклів заряд-розряд [13].

2.1 Розробка функціональної схеми таймера

Розробляємий таймер володіє можливістю слідкувати за часом і відключати з мережі зарядний пристрій через заданий інтервал часу. При цьому сам таймер після закінчення інтервалу часу теж відключиться (рис. 2.1).

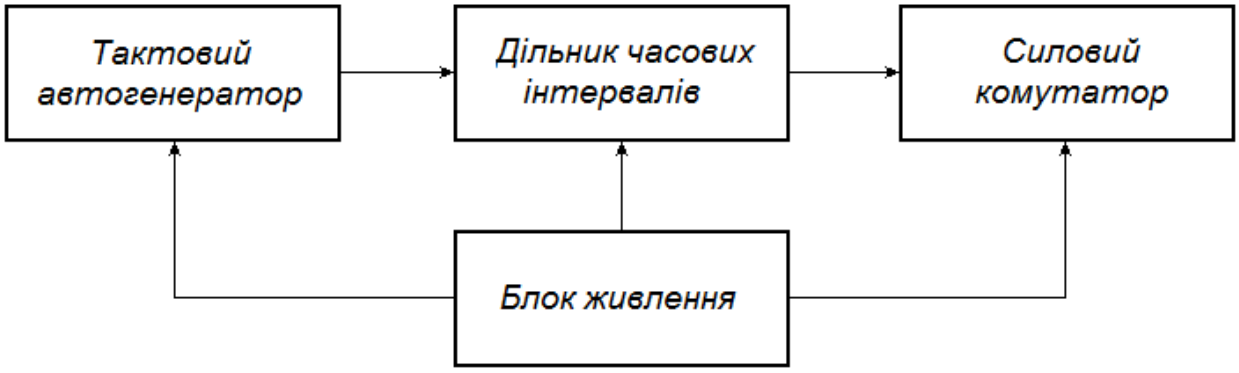


Рисунок 2.1 - Функціональна схема таймера

Оскільки до такого таймера не пред'являється високих вимог по точності заданого інтервалу, тактовий автогенератор може бути виконаний без кварцової стабілізації частоти. Це дозволяє спростити електричну схему. Таймер повинен забезпечити точність витримки інтервалу не гірше ±1% при зміні температури в діапазоні +10...30°С.

2.1.1 Моделювання схеми тактового автогенератора

Генератори імпульсів використовують в багатьох радіотехнічних пристроях (електронних лічильниках, реле часу), застосовують при налаштуванні цифрової техніки. Діапазон частот таких генераторів може бути від одиниць герц до багатьох мегагерц.

На рисунку 1.2 приведена схема генератора, який формує одиночні імпульси прямокутної форми при натисненні кнопки SA1 (тобто він не є автогенератором). На логічних елементах DD1.1 і DD1.2 зібраний RS-тригер, що запобігає проникненню імпульсів брязкоту контактів кнопки на перелічувальний пристрій. У положенні контактів кнопки SA1, показаному на схемі, на виході 1 буде напруга високого рівня, на виході 2 - напруга низького рівня; при натиснутій кнопці – навпаки. Цей генератор зручно використовувати при перевірці працездатності різних лічильників.

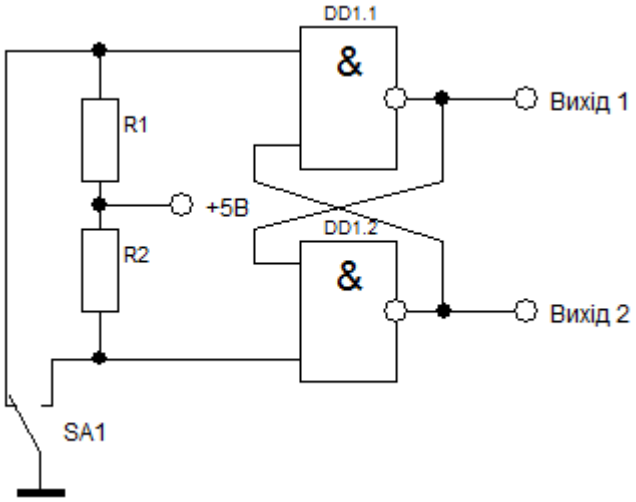


Рисунок 1.2 – Генератор одиночних імпульсів

На мікросхемі КМОН К561ЛН2 можна зібрати широкодіапазонний генератор імпульсів (рис. 1.3). Для зручності установки частоти ємкість конденсатора часозадаючого кола змінюють перемикачем SA1. Діапазон частот, що формуються генератором, складає 1...10 000 Гц.

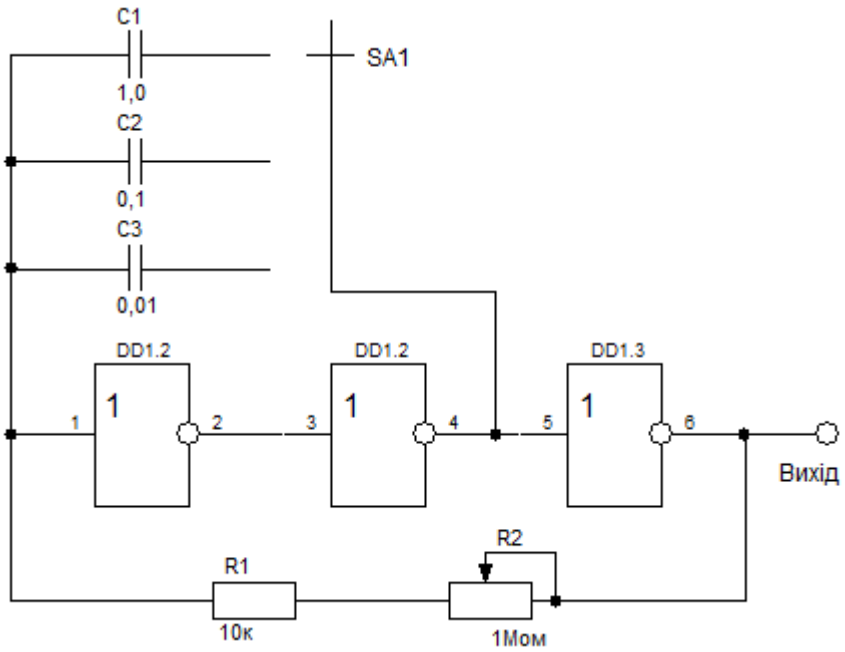


Рисунок 2.3 - Широкодіапазонний генератор імпульсів на мікросхемі К561ЛН2

Якщо потрібна висока стабільність частоти, що генерується, то такий генератор можна зробити «кварцованим» - включити кварцевий резонатор на потрібну частоту.

Цифрові мікросхеми в генераторах взаємозамінні в більшості випадків і можна використовувати в одній і тій же схемі як мікросхеми з елементами «І-НЕ», так і «АБО-НЕ», або ж просто інвертори. Варіант таких замін показаний на прикладі рисунка 2.4, де була використана мікросхема з інверторами К561ЛН2. Таку саму схему із збереженням всіх параметрів можна зібрати і на К561ЛА7.

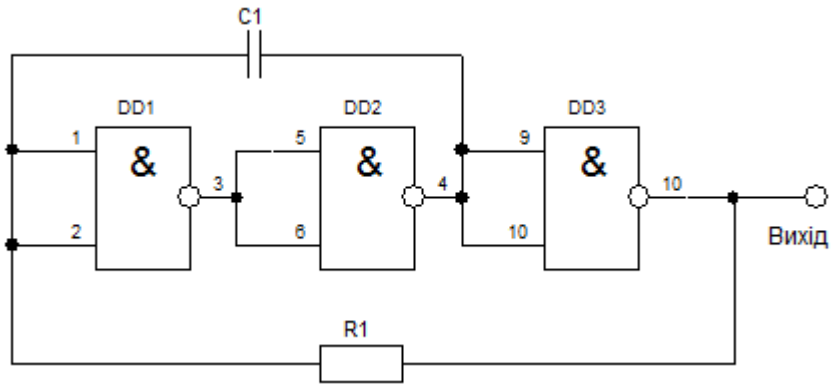


Рисунок 2.4 - Автогенератор імпульсів на мікросхемі К561ЛА7

Автогенератор на виході формує імпульси, які зручніше контролювати після дільника. Таким чином автогенератор доповнюється виводами керування роботою лічильника дільника (рис. 2.5).

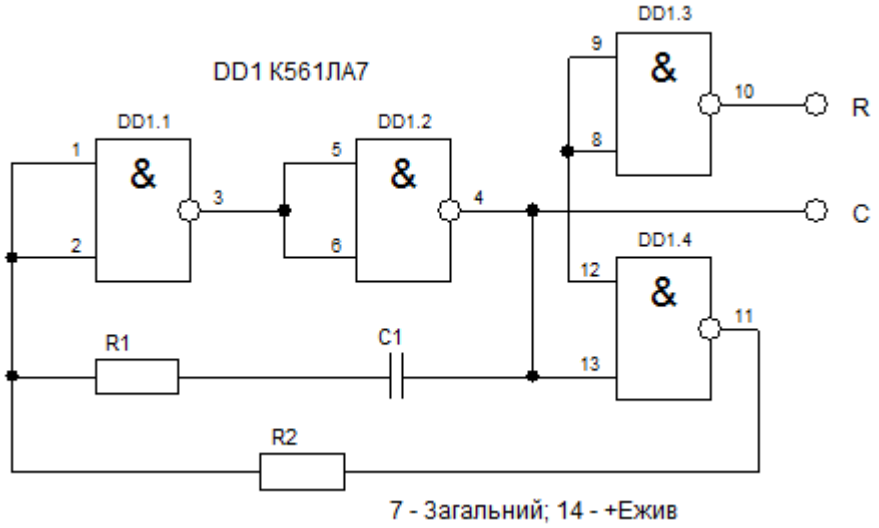


Рисунок 2.5 – Схема тактового автогенератора

Моделювання функціонування тактового автогенератора виконаємо в програмному забезпеченні Electronics Workbench (рис. 2.6). Застосуємо мікросхему 4011, аналог К561ЛА7. Як бачимо з осцилограми на виході S автогенератора формуються періодичні імпульси, а на виході R рівень логічного 0.

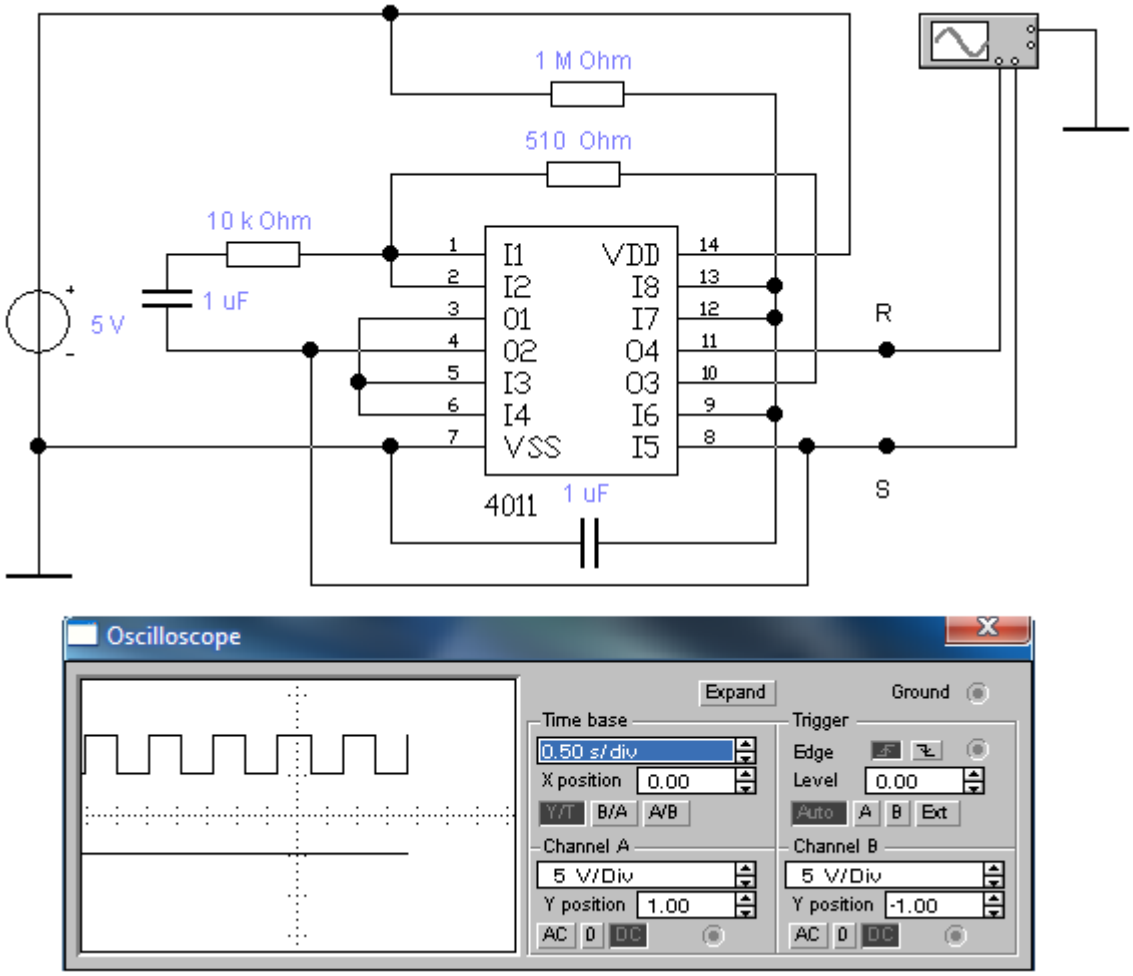


Рисунок 2.6 – Моделювання функціонування тактового автогенератора

2.1.2 Моделювання схеми дільника часових інтервалів

Автогенератор на виході S формує імпульси, які зручніше контролювати після дільника. Дільник побудовано на лічильниках, які забезпечують ділення до здобуття потрібного часового інтервалу (рис. 2.7). Лічильником називається пристрій послідовністного типу, призначений для підрахунку числа

імпульсів, що поступають на його вхід, і фіксації цього числа у вигляді коду, що зберігається в тригерах [11].

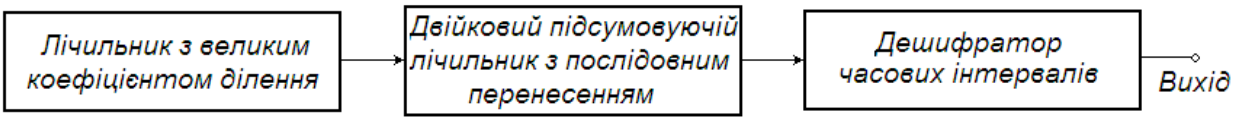


Рисунок 2.7 – Дільник часових інтервалів

Лічильник з великим коефіцієнтом ділення та двійковий підсумовуючій лічильники побудовані по одному принципу.

Асинхронними звуться лічильники у яких сигнал на рахунковий вхід якого-небудь тригера подається з виходу одного з тригерів молодших розрядів.

Проведемо моделювання двійкового асинхронного підсумовуючого лічильника з порядком рахунку $K_{рах.} = 16$. Для його побудови необхідно $m = \log_2 16 = 4$ тригера, що відповідає чотирьом розрядам двійкового числа (коду 8421). У таблиці станів такого лічильника (табл. 2.1) вхідний сигнал x^n позначимо через 1, Q^n4 – старший розряд, Q^n1 – молодший розряд [11].

Таблиця 2.1 – Двійковий асинхронний підсумовуючий лічильник

C	$Q4^n$	$Q3^n$	$Q2^n$	$Q1^n$	$Q4^{n+1}$	$Q3^{n+1}$	$Q2^{n+1}$	$Q1^{n+1}$
1	0	0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	1	0	0	1	0
1	0	0	1	0	0	0	1	1
1	0	0	1	1	0	1	0	0
1	0	1	0	0	0	1	0	1
1	0	1	0	1	0	1	1	0
1	0	1	1	0	0	1	1	1
1	0	1	1	1	1	0	0	0
1	1	0	0	0	1	0	0	1
1	1	0	0	1	1	0	1	0
1	1	0	1	0	1	0	1	1
1	1	0	1	1	1	1	0	0
1	1	1	0	0	1	1	0	1
1	1	1	0	1	1	1	1	0
1	1	1	1	0	1	1	1	1
1	1	1	1	1	0	0	0	0

З аналізу таблиці видно:

- тригер молодшого розряду Q1 перемикається від кожного вхідного сигналу;

- другий розряд Q2 перемикається через два вхідні сигнали;

- третій розряд Q3 перемикається через чотири вхідні сигнали;

- четвертий розряд Q4 перемикається через вісім вхідних сигналів.

Таким чином, частота перемикання кожного наступного тригера зменшується вдвічі. Отже, лічильник можна побудувати як коло послідовно включених рахункових тригерів. Побудуємо такий лічильник на JK-тригерах, що працюють в рахунковому режимі (рис. 2.8). Рівняння функціонування JK-тригера:

$$Q^{n+1} = J\overline{Q^n} + \overline{K}Q^n$$

У схемі JK – тригери перетворені в T – тригери шляхом подачі «1» на вхід J і K. Рівняння функціонування T-тригера:

$$Q^{n+1} = T\overline{Q^n} + \overline{T}Q^n$$

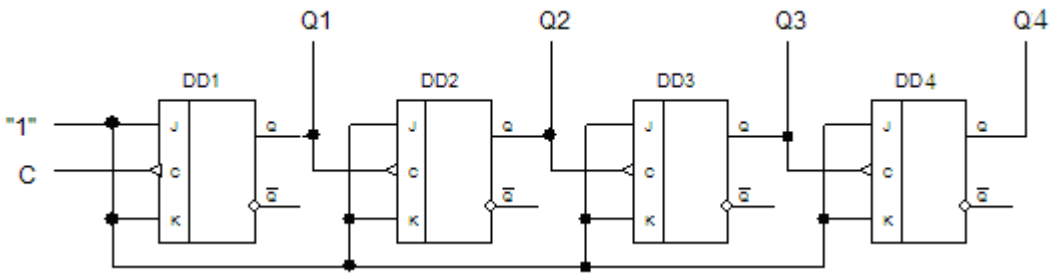


Рисунок 2.8 – Схема чотирьохрозрядного двійкового асинхронного підсумовуючого лічильника

Оскільки тригери мають інверсний динамічний вхід, то кожен подальший тригер перемикатиметься при скиданні в «0» попереднього тригера (рис. 2.9). Окрім основної функції – рахунку імпульсів, лічильник забезпечує ділення частоти дотримання імпульсів. Якщо частоту дотримання імпульсів, що поступають на вхід першого тригера позначити f, то на виході першого тригера сигнал змінюється з частотою f/2, на виході другого тригера з частотою f/4 і так далі [11].

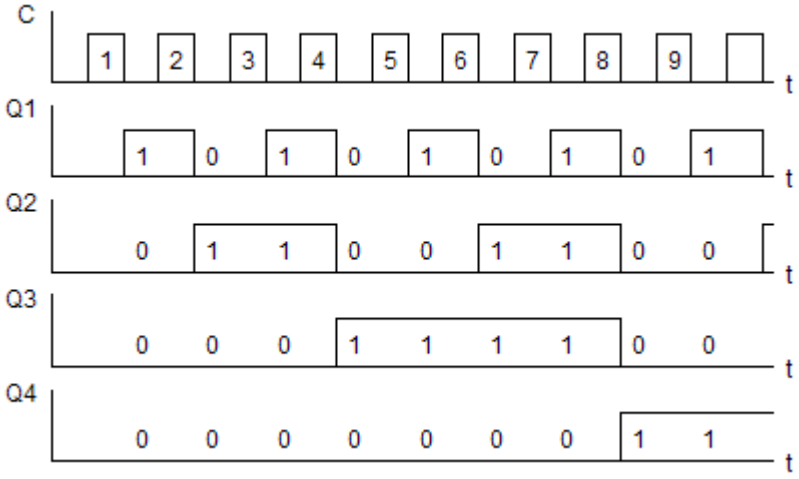


Рисунок 2.9 - Діаграма чотирьохрозрядного двійкового асинхронного підсумовуючого лічильника

Для побудови лічильника з великим коефіцієнтом ділення потрібна велика розрядність. Рішенням такого завдання являється побудова чотирнадцяти розрядного асинхронного лічильника дільника, який дає на своїх виходах 16384 двійкових відліків (рис. 2.10). Побудуємо схему на D-тригерах перетворених на Т-тригери [11]. Рівняння функціонування D-тригера:

$$Q^{n+1} = D$$

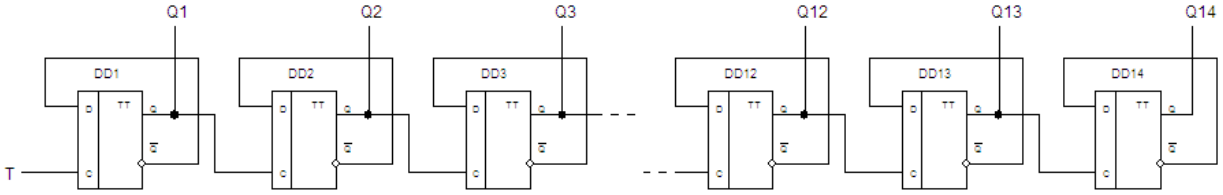
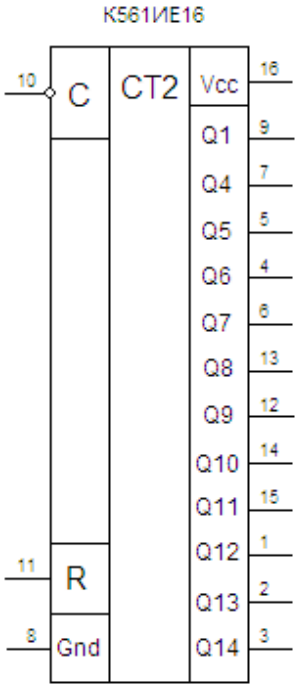


Рисунок 2.10 – Лічильник з коефіцієнтом ділення 14

Аналіз лічильників, що випускаються вітчизняною та закордонною промисловістю дозволяє використати у якості лічильника з великим коефіцієнтом ділення мікросхему К561ИЕ16 (CD4020A) (рис. 2.11). Мікросхема К561ИЕ16 КМОН серії являє собою асинхронний лічильник (лічильник пульсацій), що дає на своїх виходах Q0…Q13 16384 двійкових відліків, який складається з 14-ти D-тригерів, включених послідовно і кожен вихід окрім 2 і 3-го виведень на окрему ніжку.



№ вив.	Позначення	№ вив.	Позначення
1	Вихід розряду	9	Вихід розряду
2	Вихід розряду	10	Тактовий вхід
3	Вихід розряду	11	Вхід установки
4	Вихід розряду	12	Вихід розряду
5	Вихід розряду	13	Вихід розряду
6	Вихід розряду	14	Вихід розряду
7	Вихід розряду	15	Вихід розряду
8	Загальний	16	Ucc

Рисунок 2.11 – Чотирнадцятирозрядний двійковий лічильник-дільник К561ИЕ16

Лічильник К561ИЕ16 має вихідний каскад, що формує тактові імпульси. Вихідний вивід Q0 отримує сигнал від буферного інвертора. Лічильник К561ИЕ16 скидає вихідні сигнали в нуль при напрузі високого рівня на вході скидання R. Вміст лічильника збільшується згідно кожному негативному перепаду тактового імпульсу. Максимальна тактова частота досягає 3 Мгц, тривалість імпульсу скидання повинна перевищувати 550 нс.

Згідно з рисунком 2.7 чотирьохрозрядний код двійкового асинхронного підсумовуючого лічильника поступає на дешифратор 4 в 16. Дешифратор – пристрій комбінаційного типу, який дозволяє визначити код вхідного числа по одиночному сигналу на одному з виходів. Алгоритм функціонування представлено в таблиці 2.2.

Проведемо моделювання схеми дешифратора (рис. 2.12). Діаграма функціонування показує відповідність одиночних сигналів на виходах дешифратора чотирьохрозрядному двійковому коду на входах (рис. 2.13).

Таблиця 2.2 – Алгоритм функціонування дешифратора 4 в 16

Входи				Виходи															
A	B	C	D	F0	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

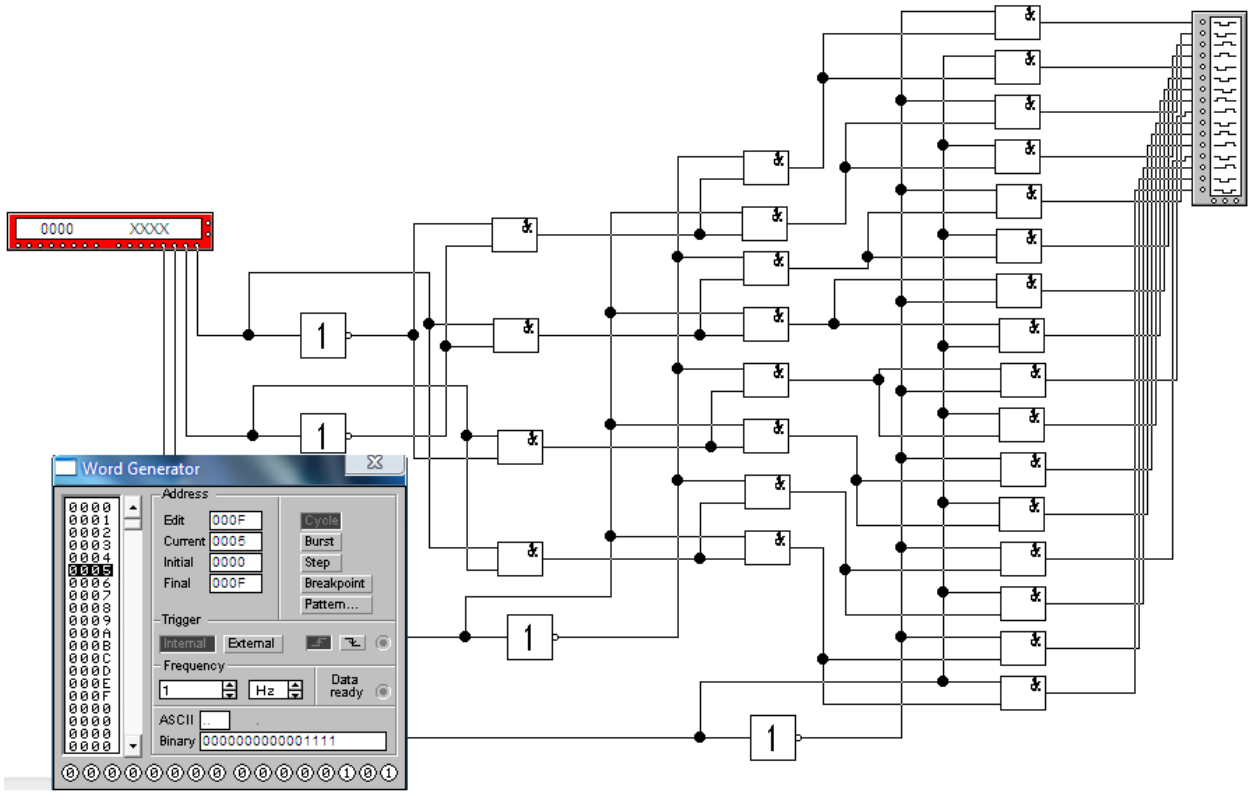


Рисунок 2.12 - Моделювання схеми дешифратора 4 в 16

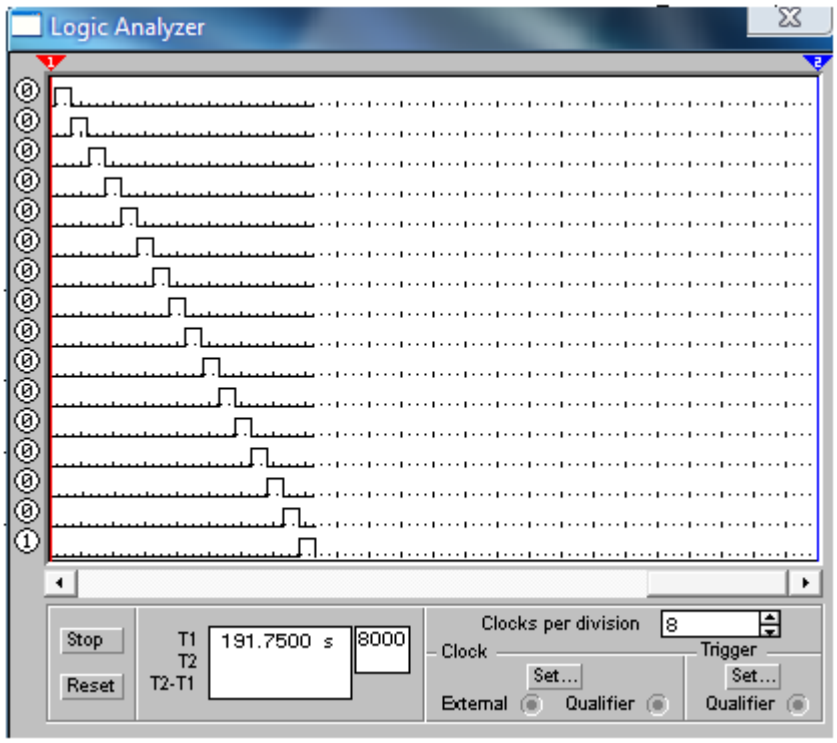
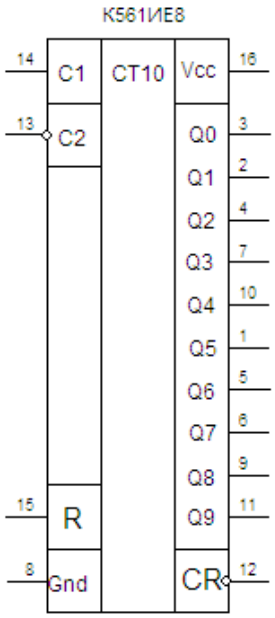


Рисунок 2.13 - Діаграма функціонування дешифратора 4 в 16

Замість побудови схеми на двох мікросхемах чотирьохрозрядного двійкового асинхронного підсумовуючого лічильника і дешифратора 4 в 16, можливо використати мікросхему К561ИЕ8 (CD4017A) – десятковий лічильник-дільник (рис. 2.14).



№ вив.	Позначення	№ вив.	Позначення
1	Вихід розряду	9	Вихід розряду
2	Вихід розряду	10	Вихід розряду
3	Вихід розряду	11	Вихід розряду
4	Вихід розряду	12	Вихід переносу
5	Вихід розряду	13	Тактовий вхід
6	Вихід розряду	14	Дозвіл синхр.
7	Вихід розряду	15	Вхід установки "0"
8	Загальний	16	Ucc

Рисунок 2.14 - Десятковий лічильник-дільник К561ИЕ8

В схемі дільника часових інтервалів (рис. 2.15) на виході 5 мікросхеми DD1 логічна “1” повинна з'явитися через інтервал в 14 с (точне налаштування виконується підбором резистора зворотного зв’язку тактового генератора). Лічильники на мікросхемах DD1 і DD2 забезпечують ділення до здобуття потрібного часового інтервалу. На відповідних виходах DD2 з'являтиметься рівень логічної “1” через 2 – 4 – 6 – 8 – 10 – 12 – 14 – 16 – 18 годин.

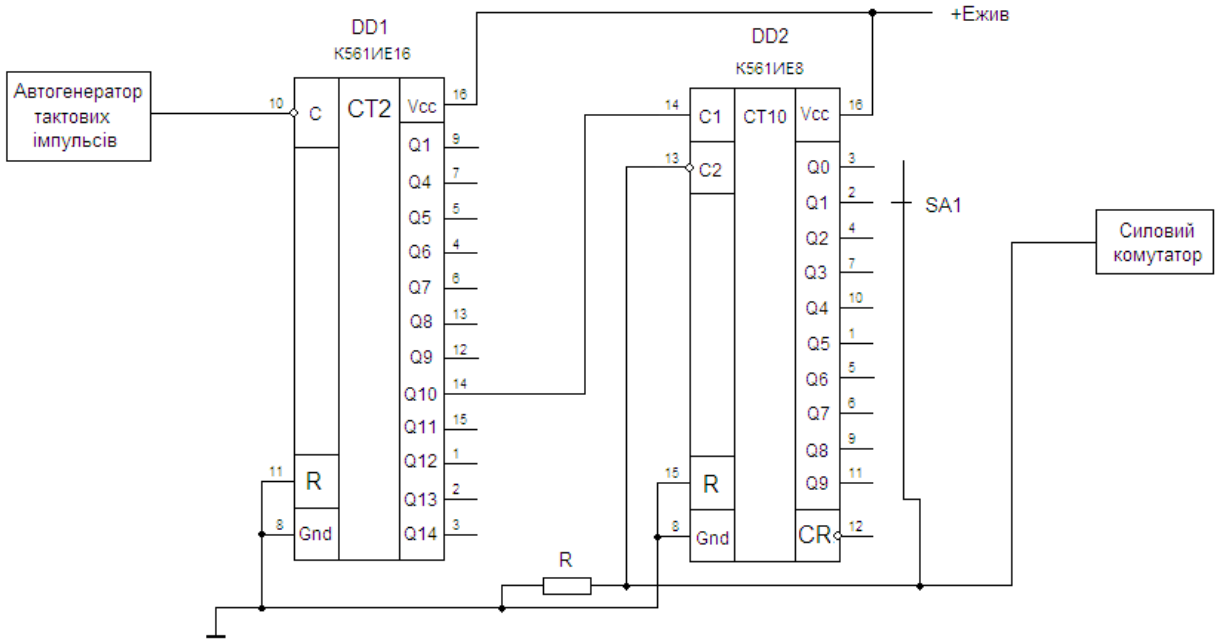


Рисунок 2.15 – Схема дільника часових інтервалів

2.1.3 Схема силового комутатора

Зарядний пристрій підключається до гнізда XT1 “Навантаження” (рис. 2.16). У початковий момент, аби подати живлення на схему таймера і в навантаження, необхідно натиснути кнопку SA1 і потримати її в такому стані на протязі 2 с, доки не стане світитися індикатор HL1. При цьому починає працювати автогенератор на однопереходному транзисторі VT2. Імпульси, що приходять на управляючій електрод симистора VS1 (з частотою близько 2 кГц) відкривають його і коло кнопки SB1 блокується.

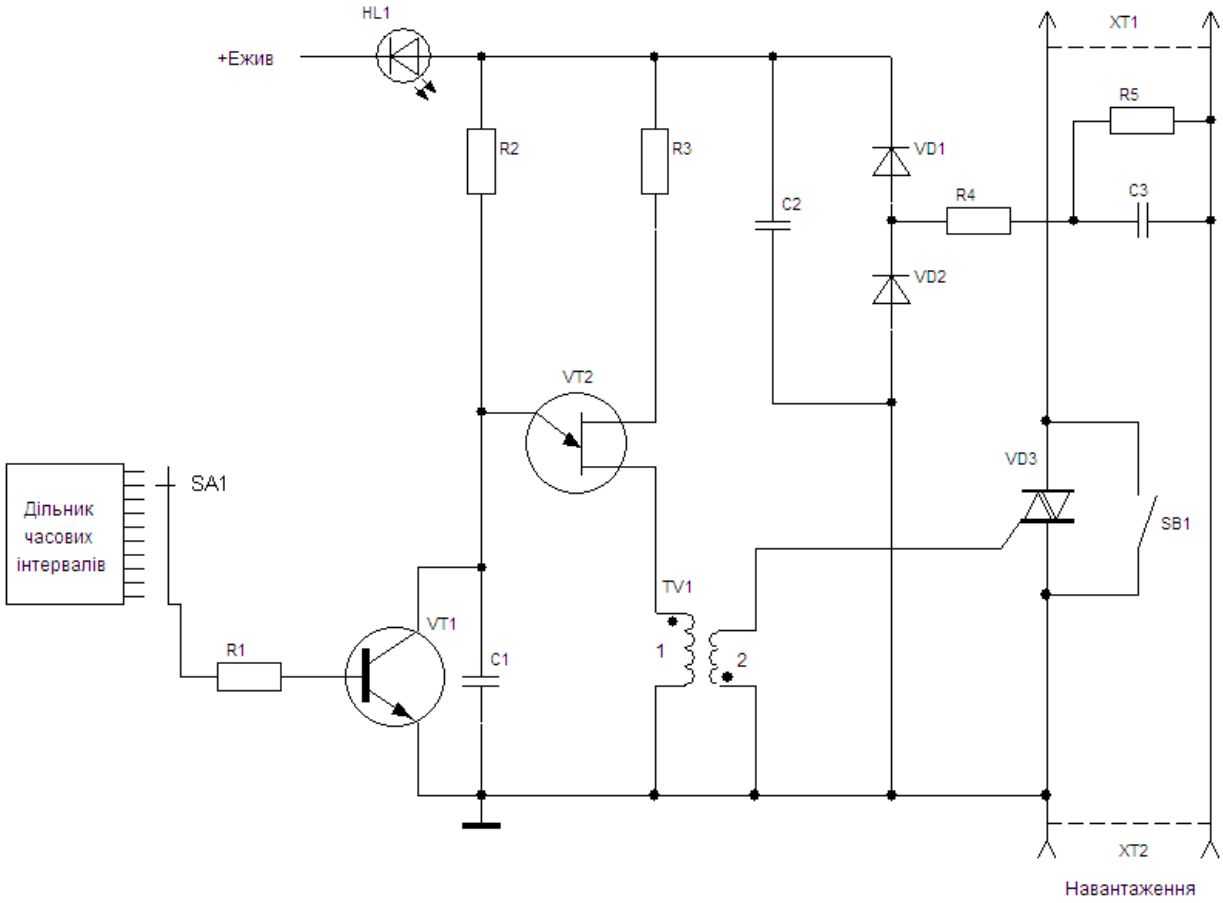


Рисунок 2.16 - Схема силового комутатора

Оскільки частота дотримання імпульсів автогенератора значно більша, ніж мережева, то симистор відкривається практично на початку кожного напівперіоду мережевої напруги.

Автогенератор на VT2 буде працювати до тих пір, доки на базу транзистора VT1 не поступить напруга з перемикача SA1.

Електрична схема виконана з безтрансформаторним живленням від мережі 220 В, що дозволяє зменшити габарити всього пристрою. Тому конструкція легко розташовується в пластмасовому корпусі з розмірами 110×90×40 мм.

2.1.4 Схема таймера для автоматичного керування режимами роботи зарядних пристроїв

Електрична схема виконана з безтрансформаторним живленням від мережі 220В, що дозволяє зменшити габарити всього пристрою (рис. 2.17).

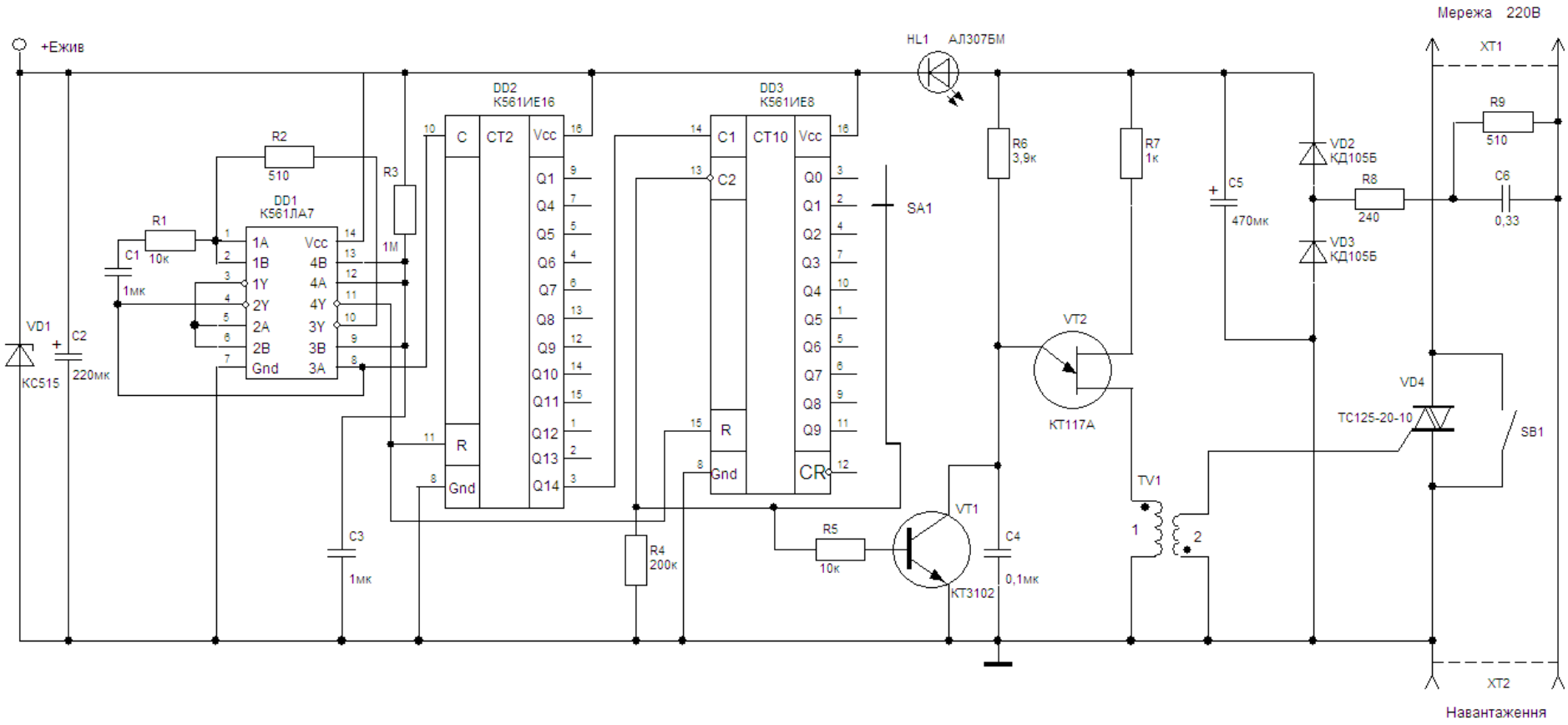


Рисунок 2.17 - Схема таймера для автоматичного керування режимами роботи зарядних пристроїв

2.2 Розробка печатної плати пристрою

При конструюванні таймера для автоматичного керування режимами роботи зарядних пристроїв на печатних платах (ПП) можливе використання наступних методів.

Моносхемний застосовують для нескладної радіоелектронної апаратури (РЕА). В цьому випадку вся електрична схема розташовується на одній ПП. Моносхемний метод має обмежене використання, оскільки дуже складні ПП незручні при налаштуванні і ремонті РЕА.

Схемно-вузловий метод застосовують при виробництві масовою і серійною РЕА. При цьому методі частина електричної схеми, що має чіткі вхідні і вихідні кола, розташовується на окремій платі. Ремонтопридатність таких виробів більша. Недолік – складність системи сполучних дротів, що зв'язують окремі плати [14].

Функціонально-вузловий метод застосовують в РЕА з використанням мікроелектронних елементів. При цьому ПП містить провідники комутації функціональних модулів в єдину схему. На одній платі можна зібрати дуже складну схему. Недолік цього методу – різке збільшення складності ПП. У ряді випадків всі провідники не можуть бути розташовані на одній і навіть обох сторонах плати. При цьому використовують багатошарові печатні плати (БПП), об'єднуючі в єдину конструкцію декілька шарів печатних провідників, розділених шарами діелектрика.

Відповідно до ДСТУ 23751 – 79 розрізняють три методи виконання печатних плат: ручний, напівавтоматизований і автоматизований. При ручному методі розміщення навісних елементів (компоновка) і розробка провідного рисунка (трасування) здійснюється уручну. При напівавтоматизованому методі конструювання можливі два варіанти: 1) розміщення елементів на печатній платі за допомогою ЕОМ, а розробка провідного рисунка ПП ручним методом; 2) розміщення навісних елементів на ПП ручним методом, а розробка провідного рисунка за допомогою ЕОМ. При автоматизованому методі конструювання розміщення навісних елементів і розробка провідного рисун-

ка ПП виконуються за допомогою ЕОМ. При цьому можливі наступні операції: кодування вихідних даних; контроль закодованої інформації і виправлення помилок; розміщення навісних елементів на платі; трасування печатних провідників з видачею списку нерозведених з'єднань і ескізу провідного рисунка плати; ручна розводка з'єднань печатних провідників; контроль спроектованого провідного рисунка плати відповідно до принципової електричної схеми; виведення інформації для управління автоматичними пристроями, призначеними для розробки конструкторської документації і управління технологічними і тестовими автоматами; розробка конструкторської документації з використанням засобів механізації і автоматизації. Окремі етапи автоматизованого методу конструювання можна уточнювати з врахуванням особливостей використовуваних систем автоматизованого проектування.

Методи виготовлення одно- і двохсторонніх печатних плат, гнучких печатних плат і гнучких печатних кабелів класифікують за принципом здобуття провідного рисунка. Для БПП заготівки отримують методами, аналогічними для одно- і двосторонніх печатних плат, але в них додатково слід забезпечити міжшарові з'єднання (рис. 2.18), які в основному і характеризують надійність функціонування.

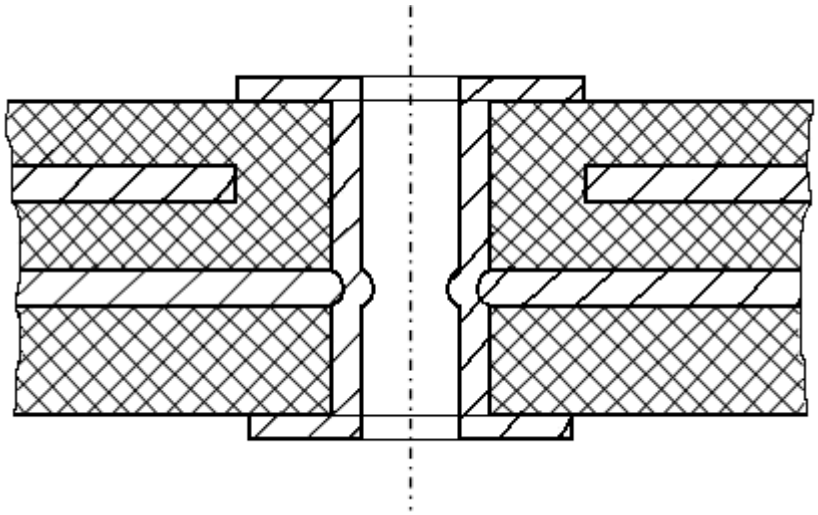


Рисунок 2.18 - Подовжній перетин крізного металізованого отвору БПП

За способом реалізації міжшарових електричних з'єднань методи виготовлення БПП класифікують на дві групи: 1) з використанням гальванохімічної технології (попарне пресування, пошарове нарощування, металізація отворів); 2) за допомогою механічних деталей, або елементів самої печатної плати (відкритих контактних майданчиків, виступаючих виводів).

Відомі наступні методи здобуття провідного рисунка ПП:

- хімічного травлення (хімічний), полягає в вибірковому травленні ділянок провідної фольги або іншого провідного матеріалу, нанесеного на поверхні заготівки ПП;

- механічного видалення пробільних ділянок із заготівки ПП, що має рельєфну поверхню з провідним рисунком в підставі плати;

- гравірування (фрезерування) плакірованої заготівки ПП;

- адитивний, розташований при осадженні на спеціально підготовленій поверхні підстави ПП металевого провідного покриття за рахунок хімічного відновлення металу з розчину солі;

- напівадитивний (електрохімічний), коли провідний рисунок формується за рахунок гальванічного нарощування нижнього шару металу на діелектричній матеріал, металізований хімічним методом;

- перенесення, коли провідний рисунок отримують на тимчасовому матеріалі, наприклад, з неіржавіючої сталі, будь-яким методом, при цьому печатні провідники спочатку формуються електрохімічним методом, потім підставу з провідниками притискують до покритої клеєм діелектричної підстави. Під тиском і при підігріванні печатні провідники переносяться на діелектричну підставу;

- вжигання струмопровідних паст в термостійку підставу, при цьому на поверхню, наприклад, керамічну плату, наносять пасти або фарби, потім їх піддають термічному випаленню при температурі більше 600° С. В результаті срібло відновлюється, утворюючи печатні провідники, що мають високе зчеплення з підставою;

- вакуумної металізації або катодного розпилення, коли провідна плівка осідає на діелектричну підставу в умовах вакууму дорогою возгонки або дії електричного поля;

- шоопування, яке полягає в розпиленні повітрям або інертним газом часток розплавленого металу, що облягають на підставу ПП;

- штампування – провідний рисунок наноситься на діелектричний матеріал механічним способом, тобто вирубка рельєфним штампом фольги з одночасним урізуванням кромок металу в підставу;

- металізації за допомогою металевих порошків;

- комбіновані, представляють поєднання перерахованих методів, наприклад хімічний і електрохімічний.

Печатна плата таймера для автоматичного керування режимами роботи зарядних пристроїв розроблена в програмному засобі Layout 40 (рис. 2.19).

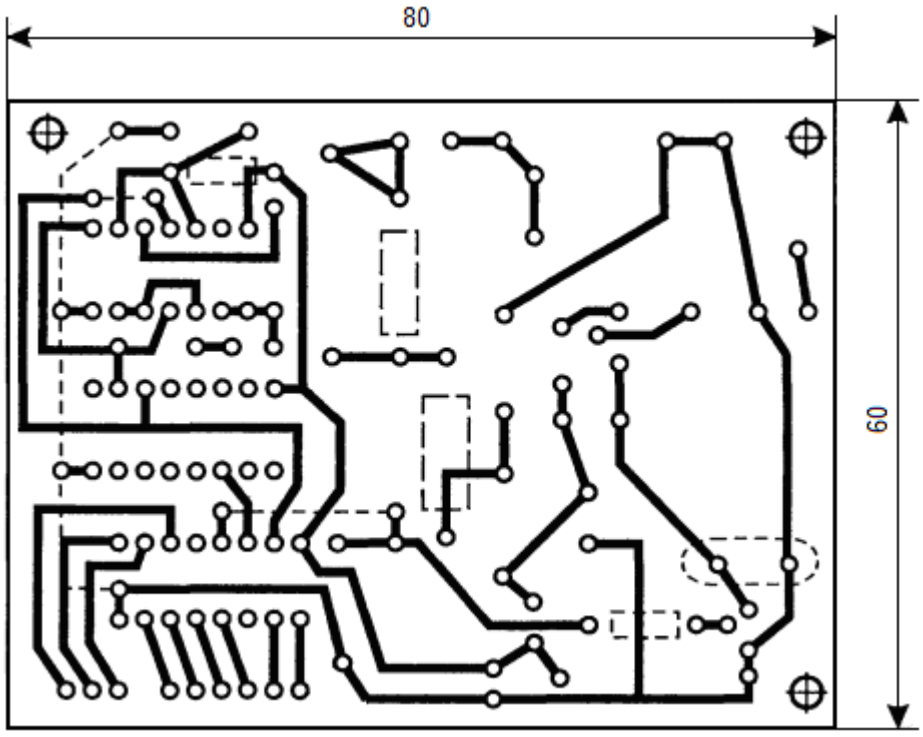


Рисунок 2.19 – Топологія печатної плати

Всі деталі схеми, окрім перемикача EA1 і кнопки EB1, розташовані на однобічній печатній платі розмірами 80×60 мм, (рис. 2.20). Плата має п'ять об'ємних перемичок, що дозволило спростити розводку топології.

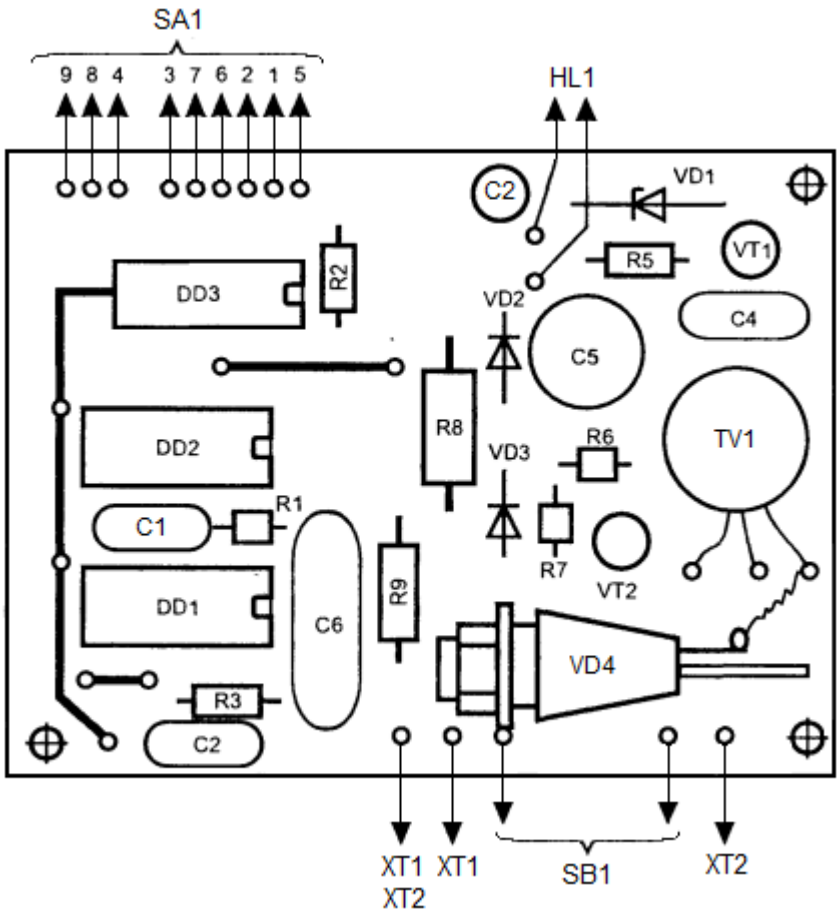


Рисунок 2.20 – Розташування елементів на платі

У пристрої використані елементи: резистори МЛТ; конденсатори С1, С5 – К50-35 на 50 В, С2 – К10-28, С3 і С4 типу К10-17, С6 – К73-17 на 400 В. Мікроперемикач SA1 – ПГ2-6-12П1Н.

Імпульсний трансформатор Т1 виконаний усередині броньового магнітопроводу типорозміру Б14 з фериту. Обмотка 1 містить 80 витків, 2 — 40 витків дротом ПЕЛШО діаметром 0,1 мм.

Конструкція розташовується в пластмасовому корпусі з розмірами 110×90×40 мм.

Розроблений таймер автоматично керує режимами роботи, володіє можливістю слідкувати за часом і відключати з мережі зарядний пристрій через заданий інтервал часу.

3 Техніко-економічне обґрунтування розробки таймера для автоматичного керування режимами роботи зарядних пристроїв

3.1 Обґрунтування вибору технології виготовлення схеми таймера для зарядних пристроїв

Топологічний аналіз показує, що таймер може бути реалізований у вигляді малогабаритного мікромодуля і виконаний за сучасною маловитратною технологією тонкоплівкових гібридних мікрозборок, або за технологією печатних плат на фольгованому текстоліті. Обидві технології передбачають, що всі елементи будуть навісними, а напиленням на підкладці, або травленням поверхні виконується лише струмопровідний шар.

Для вибору технології виготовлення схеми таймера для зарядних пристроїв проаналізуємо ієрархії чотирьох варіантів (табл. 3.1), враховуючи шкалу відносної важливості (табл. 3.2) [15].

Таблиця 3.1 - Можливі варіанти технологій виробництва пристрою

Технологія		Короткий опис
A	Технологія печатних плат на фольгованому текстоліті	Активні та пасивні елементи схеми навісні, а струмопровідний шар виконано травленням фольгованого текстоліту.
B	Толстоплівкових гібридних інтегральних схем	Всі елементи та між елементні з’єднання виконані у вигляді товстих композітних плівок.
C	Тонкоплівкових гібридних інтегральних схем	Всі елементи та між елементні з’єднання виконані у вигляді тонкіх плівок провідних та резистивних матеріалів.
D	Тонкоплівкових гібридних мікрозборок	Активні та пасивні елементи схеми навісні, а струмопровідний шар виконано у вигляді тонких плівок.

Таблиця 3.2 - Шкала відносної важливості

Інтенсивність відносної важливості	Визначення
1	рівна важливість
3	помірна перевага
5	сильна перевага
7	значна перевага
9	дуже сильна перевага
2,4,6,8	проміжні судження

Вибір робимо за критеріями, наведеними в таблиці 3.3.

Встановлюємо відносну вагу кожного критерію на основі матриці попарних порівнянь для обраних критеріїв (табл. 3.3) [15].

У матриці прийняті наступні позначення: *i* – номер критерію; при порівнянні 6-ох критеріїв (табл. 3.3) *i* = 1, 2, 3, 4, 5, 6; X_i - локальний пріоритет, тобто відносна вага і-го критерію в глобальному критерії:

Таблиця 3.3 – Попарне порівняння критеріїв

Критерій	1	2	3	4	5	6	$\sqrt[6]{\prod_{i=1}^{6}\omega_i}$	X_i
1. Швидкодія	1	1/3	3	1/7	1/5	3	0,664	0,073
2. Завадостійкість	3	1	3	1/3	1/7	3	1,042	0,116
3. Споживання	1/3	1/3	1	1/5	1/7	3	0,460	0,051
4. Площа	7	3	5	1	1/5	7	2,297	0,254
5. Сумісність	5	7	7	5	1	5	4,277	0,473
6. Вартість	1/3	1/5	1/3	1/7	1/5	1	0,293	0,033
∑							9,033	1,00

Далі аналогічно складаємо 6 матриць попарних порівнянь альтернатив стосовно кожного критерію (табл. 3.4 - 3.9). Оскільки тепер порівнюються 4 технології по одному критерію , то і = 1, 2, 3, 4.

$$X_i = \frac{\sqrt[4]{\prod_{i=1}^{4} \omega_i}}{\sum_{i=1}^{4} \sqrt[4]{\prod_{i=1}^{4} \omega_i}},$$

де $\sum$ - сума по стовпці $\sqrt[4]{\prod_{i=1}^{4} \omega_i}$.

Таблиця 3.4 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «швидкодія»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^{4} \omega_i}$	X_i
A	3	1/5	1	3	1,16	0,19
B	5	1	7	7	3,96	0,65
C	1/3	1/7	1	1/2	0,39	0,07
D	1/3	1/7	2	1	0,56	0,09
Всього					6,07	1,00

Таблиця 3.5 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «завадостійкість»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^{4} \omega_i}$	X_i
A	1	5	1	1/3	1,14	0,21
B	1/5	1	1/5	1/7	0,48	0,09
C	1	5	1	1/3	1,56	0,29
D	3	7	3	1	2,20	0,41
Всього					5,37	1,00

Таблиця 3.6 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «споживання»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^{4} \omega_i}$	X_i
A	1	5	1/5	1/7	0,61	0,09
B	1/5	1	1/7	1/9	0,24	0,04
C	5	7	1	1/3	1,85	0,29

D	7	9	3	1	3,71	0,58
Всього					6,41	1,00

Таблиця 3.7 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «площа»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^{4}\omega_i}$	X_i
A	1	5	3	5	0,99	0,21
B	1/5	1	1/3	1/2	0,24	0,05
C	1/3	3	1	3	2,03	0,43
D	1/5	2	1/3	1	1,47	0,31
Всього					4,73	1,00

Таблиця 3.8 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «сумісність»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^{4}\omega_i}$	X_i
A	1	5	1/3	1/5	0,76	0,13
B	1/5	1	1/7	1/9	0,24	0,04
C	5	7	1	1/2	2,41	0,41
D	3	9	2	1	2,47	0,42
Всього					5,88	1,00

Таблиця 3.9 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «вартість»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^{4}\omega_i}$	X_i
A	1	3	5	6	3,08	0,56
B	1/3	1	3	4	1,41	0,26
C	1/5	1/3	1	2	0,60	0,11
D	1/6	1/4	1/2	1	0,38	0,07
Всього					5,47	1,00

Глобальний пріоритет для кожної альтернативи обчислюється як сума добутків кожного локального пріоритету на його ваговий коефіцієнт (табл. 3.10) [15].

З порівняння глобальних пріоритетів різних технологій видно, що найбільшим є пріоритет у варіанта реалізації схеми таймера для зарядних пристроїв з використанням технології печатних плат на фольгованому текстоліті.

Таблиця 3.10 - Глобальний пріоритет для кожної альтернативи

Пріоритети	№1	№2	№3	№4	№5	№6	Глобальний
Вага	0,073	0,116	0,051	0,254	0,473	0,033	
Печатних плат на фольгованому текстоліті	0,07	0,29	0,29	0,43	0,41	0,11	0,360
Толстоплівкових гібридних інтегральних схем	0,65	0,09	0,04	0,05	0,04	0,26	0,100
Тонкоплівкових гібридних інтегральних схем	0,19	0,21	0,09	0,21	0,13	0,56	0,176
Тонкоплівкових гібридних мікрозборок	0,09	0,41	0,58	0,31	0,42	0,07	0,364

За допомогою методу аналізу ієрархій проведене порівняння чотирьох типів технологій реалізації схеми таймера для зарядних пристроїв за наступними критеріями: 1) швидкодія; 2) завадостійкість; 3) споживана потужність; 4) площа, займана на кристалі; 5) сумісність; 6) вартість. Найбільший локальний пріоритет у критерію «сумісність» (табл. 3.3). За даними таблиці 3.9 локальний пріоритет за критерієм «вартість» є найвищим для технології печатних плат на фольгованому текстоліті. Проте найбільший глобальний пріоритет мають технологія тонкоплівкових гібридних мікрозборок та печатних плат на фольгованому текстоліті. Саме технологія печатних плат на фольгованому текстоліті й буде використовуватися для виготовлення схеми таймера для зарядних пристроїв.

3.2 Розрахунок витрат на виробництво схеми таймера для зарядних пристроїв

Витрати на матеріали і напівфабрикати вказані в таблицях 3.11, 3.12.

Витрати на матеріали і напівфабрикати склали 376,05 грн.

Таблиця 3.11 – Розрахунок вартості матеріалів на виробництво пристрою для моніторингу температури

Матеріали	Одиниця виміру	Кіль-кість	Ціна за одиницю, грн.	Усього витрат грн.
Мікросхема К561ЛА7	шт.	1	10,80	10,80
Мікросхема К561 ИЕ16	шт.	2	15,90	31,80
Резистори	уп.	1	80,20	40,80
Конденсатори	уп.	1	112,00	112,00
Діод КД105Б	шт.	2	12,50	25,00
Світлодіод АЛ30Б	шт.	1	14,00	14,00
Стабілітрон КС515	шт.	1	12,00	12,00
Транзистор КТ117А	шт.	1	25,00	25,00
Транзистор КТ3102	шт.	1	25,00	25,00
Симистор ТС125-20-10	шт.	1	33,75	33,75
Дросель SDR0604-470 к	шт.	1	5,00	5,00
Всього				335,15

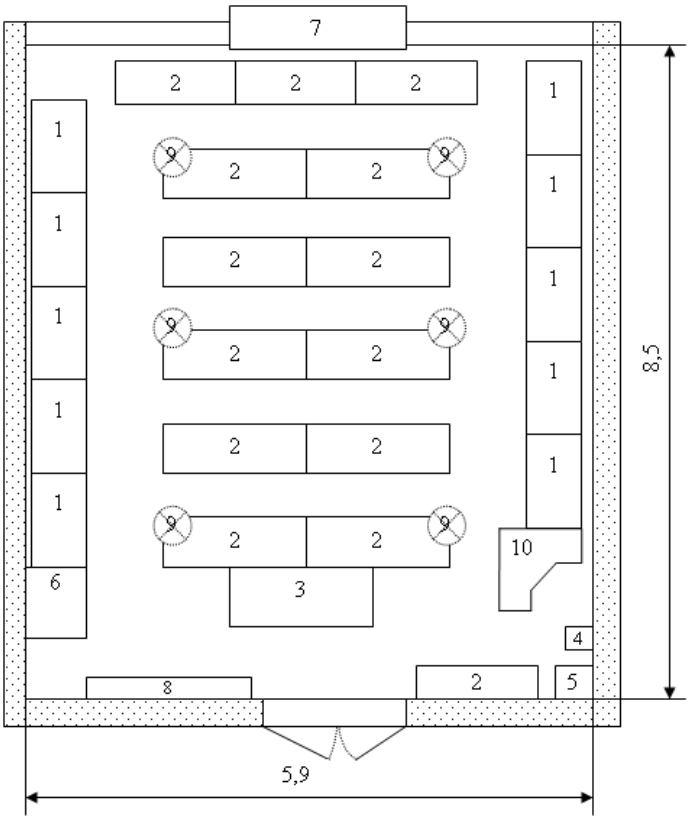
Таблиця 3.12 – Розрахунок вартості напівфабрикатів

Матеріали	Одиниця виміру	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Усього витрат грн.
Фольгований текстоліт 100 × 100	шт.	3	8,00	24,00
Травильник	уп.	1	4,90	4,90
Трафарет	шт.	2	6	12,00
Усього				40,90

4 Охорона праці та техногенна безпека

4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів

При виконанні дипломної роботи комп’ютерне моделювання та макетування таймера для автоматичного керування режимами роботи зарядних пристроїв, проводилися в аудиторії кафедри ЕІСПЗ, план якої представлено на рисунку 4.1.



1 - стіл комп'ютерний; 2 - стіл аудиторний; 3 - стіл викладача; 4 - автомат відключення електричного живлення; 5 - шафа силова; 6 - шафа універсальна; 7 - спліт система; 8 - дошка аудиторна; 9 - світильник 4-х ріжковий; 10 - стіл адміністратора мережі

Рисунок 4.1 – План аудиторії

Площа приміщення складає 50,15 м^2; об’єм 188,06 м^3; довжина приміщення 8,5 м; ширина приміщення 5,9 м; висота приміщення 3,5 м; число вікон 1; число робочих місць 2; освітлення: природне (через бічне вікно) і загальне штучне. Параметри приміщення задовольняють нормативним значенням: площа 6 м^2, об’єм 20 м^3 на одного працюючого.

Проте вживання електроустаткування може нести в собі ряд шкідливих і небезпечних для життя і здоров'я людей чинників, що працюють з ним [16]. Основну небезпеку дослідницької лабораторії представляють використання електроприладів, які працюють при напрузі тих, що є небезпечними для життя.

Дія електричного струму на живу тканину носить своєрідний характер. Проходячи через організм, електричний струм виробляє термічну, електролітичну і біологічну дію [17].

Міра небезпечної і шкідливої дії на людину електричного струму і електричної дуги залежить від роду і величини напруги струму, частоти струму, дороги струму через тіло організму, тривалість дії електричного струму, умов зовнішнього середовища.

У дослідницькій лабораторії існує можливість виникнення безпеки при роботі з шкідливими речовинами в процесі моделювання плати пристрою. При монтажі електронних плат застосовують ацетон, спирт для знежирення і очищення від пилу мікросхеми, а також олово і каніфоль для припаювання ніжок напівпровідникового приладу до плати.

Спирт, ацетон викликає сухість шкіри. При систематичному вдиханні можливі захворювання сітківки ока. Також можливі нирково-психічні захворювання. Каніфоль дратівливо діє на слизисті оболонки дихальних доріг і на шкіру, що наводить до дерматитів.

При недостатній освітленості на робочому місці може виникнути зорова втома.

4.2 Виробнича санітарія

При дослідженні мікропроцесорного пристрою для дослідження електричних параметрів автомобільного індикатора-регулятора напруги якість багато в чому залежить від освітлення, тому в лабораторії має бути передбачене штучне освітлення. Незадовільне освітлення може спотворити інформацію, крім того, викликає стомлення організму в цілому. Неправильне освітлення може з'явитися причиною травматизму [17].

По СНіП 11-4-86 [18] зорова робота характеризується найвищою точністю, що відповідає першому розряду. Для загального штучного освітлення норма освітленості складе 400 лк; при природному бічному освітленні КЕОен = 3,5. Оскільки виробництво не є пожежо- вибухо- небезпечним, згідно СНіП 11-90-81, в лабораторії застосовують люмінесцентні лампи з робочою напругою 220 В, а також індивідуальне освітлення на робочому столі. Це дає можливість рівномірно освітити всю лабораторію.

При монтажі компонентів на плату і формуванні топологічного рисунка струмопровідного шару виникає потенційна небезпека небажаної дії на організм речовин, що обертаються в технологічному процесі, і матеріалів. Всі речовини, що забруднюють повітря, надають шкідливу дію, якщо вони потрапляють в організм в кількостях, що перевищують деяку порогову величину (ГДК). У виробництві плат застосовують певні речовини, які шкідливі для організму. Клас небезпеки шкідливих речовин встановлюється залежно від гранично допустимої концентрації речовин в повітрі робочої зони. Це та концентрація яка переноситься без яких або відхилень від нормального полягання в перебігу робочого дня при щоденному диханні. Згідно СНіП 11-33-81 [18] встановлюють чотири класи шкідливих речовин: 1-й клас – речовини надзвичайно небезпечні; 2-й клас – речовини високо небезпечні; 3-й клас – речовини помірно небезпечні; 4-й клас – речовини мало небезпечні. Дія токсичних речовин виявляється в гострих і хронічних отруєннях.

При монтажі електронних плат застосовують ацетон, спирт для знежирення і очищення від пилу мікросхеми, а також олово і каніфоль для припаю-

вання ніжок напівпровідникового приладу до плати.

У таблиці 4.1 [17] приведені гранично допустимі концентрації небезпечних речовин, вживаних у мікрозборці.

Спирт, ацетон викликає сухість шкіри. При систематичному вдиханні з підвищеним ГДК можливі захворювання сітківки ока. Також можливі нервово-психічні захворювання.

Каніфоль дратівливо діє на слизисті оболонки дихальних доріг і на шкіру, що призводить до дерматитів.

Таблиця 4.1 - Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони

Речовини	Речовині ПДК, мг/м^3
Олов'яний припій ПОС-60	90
Спирт етиловий ректифікований ДОСТ 4221-2003	1000
Ацетон технічний ДОСТ 2768-84	30
Каніфоль соснова	150

Основні засоби техніки безпеки – герметизація апаратури і устаткування, наявність припливно-витяжної вентиляції в приміщенні проведення робіт і витяжна шафа. Робоче місце для виготовлення печатних плат і монтажу компонентів паянням обладнано витяжною шафою, рекомендованою і використано. для цих цілей на напівпровідникових заводах, яка має параметри представлені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Параметри витяжної шафи

Розміри, мм	850×850×650
Освітлення (лампа), Вт	60
Вентиляція, м^3/г,	250
Вага, кг	110

Шафа обладнана:

- димопоглинальним активізованим вуглецевим фільтром;
- кислотостійкою керамічною плиткою;
- столиком, що обертається, для паяння з азбестовим верхом;
- тримачем для паяльника.

У виробничих приміщеннях, в яких робота на відео терміналах і персональних комп'ютерах є допоміжною, температура, відносна вологість і швидкість руху повітря на робочих місцях повинні відповідати діючим санітарним нормам мікроклімату виробничих приміщень [18].

У виробничих приміщеннях, в яких робота на відео терміналах і персональних комп'ютерах є основною, повинні забезпечуватися оптимальні параметри мікроклімату відповідно до таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 - Оптимальні норми мікроклімату для приміщень з відеотерміналами і персональними комп'ютерами

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С (не більше)	Відносна вологість повітря %	Швидкість руху повітря м/с
Холодний	Легка – 1б	21…23	40…60	0.1
Теплий	Легка – 1б	22…24	40…60	0.2

До категорії 1б відносяться роботи, які виконуються сидячи, стоячи або пов'язані з ходьбою і такі, що супроводжуються деякою фізичною напругою, при яких витрата енергії складає від 120 до 150 ккал/г.

У приміщенні проведення експерименту підтримується мікроклімат відповідний нормативам, для категорії робіт «Легка – 1б».

4.3 Електробезпека

Оскільки на ділянці проведення роботи в лабораторії застосовується електроустаткування до 1000 В, той опір заземлення має бути не вище 4 Ом

[18]. Приміщення відноситься до приміщень без підвищеної небезпеки. Клас по ПУЕ В-1а.

Основні роботи при виконанні дипломної роботи виконувалися з використанням обчислювальної техніки. Оскільки персональний комп'ютер є електроустаткуванням, то при його експлуатації застосовують такі ж вимоги як і до звичайного електроустаткуванням.

Дія електричного струму на організм людини може бути теплове, хімічне і біологічне. При дії електричного струму на організм людини можуть бути два види ураження: електричні удари і електричні травми.

Захистом від дотику до струмоведучих частин електроустановок є ізоляція дротів, обгороджування, блокування і захисні засоби. Захистом від напруги, що з'явилася на корпусах електроустановок в результаті порушення ізоляції, є захисне заземлення, занулення і захисне відключення.

Захисне заземлення влаштовується в мережах з ізольованою нейтраллю. Воно є навмисним з'єднанням із землею не струмоведучих металевих частин електроустановок.

Захисне заземлення необхідне для зниження напруги відносно землі до безпечної величини на металевих корпусах електроустановок, що нормально не знаходяться під напругою, але що виявилися під таким в результаті пошкодження ізоляції.

При зниженні напруги на корпусах відносно землі струм, що проходить через людину, що торкається корпусу, знижується до безпечної величини (10 мА).

На ділянці проведення моделювання печатних плат застосовується електроустаткування до 220 В. Електроживлення здійснюється від розподільних щитів за допомогою комутуючих автоматів, що виробляють захист того або іншого об'єкту.

4.4 Протипожежна та техногенна безпека

Виробництво печатних плат, згідно вимогам СНіП 11-90-81, відноситься до категорії Б, оскільки це виробництво зв'язане із застосуванням легкозаймистих речовин зокрема спирту та ацетону.

Пожежна безпека в лабораторії забезпечується за рахунок строгого дотримання безпечного режиму процесу, в приміщенні підтримується зразковий порядок і чистота, строго дотримується режим роботи установок. Особлива увага приділятися контролю і перевірці справності всього обладнання.

Основні будівельні конструкції будівлі, в якій знаходиться ділянка, виконані з матеріалів, що не згорають і важко згорають, цегельних і виштукатурених. Вогнестійкість будівлі має 2 рівень. Для евакуації людей на випадок пожежі, згідно вимогам СНіП 11-90-81, в лабораторії є два евакуаційні виходи, розташованих в протилежних кінцях приміщення ділянки. Ширина дверей і сходів рівна 6 м, що відповідає нормі.

По вимогах ПУЕ будівля, в якій знаходиться ділянка по заходах захисту від блискавки, відноситься до категорії III і захищається від прямих ударів блискавок, і від замету високих потенціалів через землю, тобто підземні металеві комунікації, їх приєднують при введенні в об'єкт, що захищається, до заземлювача електроустаткування. Захист від блискавки заснований на стержневих громовідводах [18].

Для попередження пожеж на ділянці створений строгий протипожежний режим. Створена загально об'єктова і лабораторна інструкція по ПБ, проводиться первинний протипожежний інструктаж на робочому місці; створений план протипожежних заходів і евакуації людей на випадок пожежі.

Для гасіння вогнищ усередині будівлі на майданчиках сходових кліток, в коридорах і отворі встановлені пожежні крани, які розміщені в шафках, де знаходиться і рукав з протипожежним стволом. Для гасіння пожеж електроустановок використовується вуглекислотний вогнегасник ОУ-5, в кількості трьох вогнегасників в даному приміщені, оскільки вуглекислота не електроп-

ровідна. Існують пожежна електрична сигналізація, яка забезпечує прямий зв'язок пожежної охорони з охоронним об'єктом. У даній будівлі застосовують звукову систему сигналізації. В приміщенні є план евакуації згідно якого люди повинні залишити приміщення у разі виникнення пожежі.

Для евакуації людей на випадок пожежі, згідно СНіП 11-90-81, на поверсі є два евакуаційні виходи, розташованих в протилежних кінцях будівлі. При появі сигналу сповіщення про пожежу співробітники лабораторії № 216 організовано без паніки покидають лабораторію і, залежно від місця спалаху, слідують або вліво через лабораторний корпус для виходу на вулицю Фанатську, або управо для виходу на вулицю Незалежної України (рис. 4.2). Ширина дверей і сходів рівна 1,6 м, що відповідає нормі. Відстань від найбільш видаленого робочого місця до найближчого виходу – 15 м. Швидкість просування людей при евакуації – 16 м/хв.

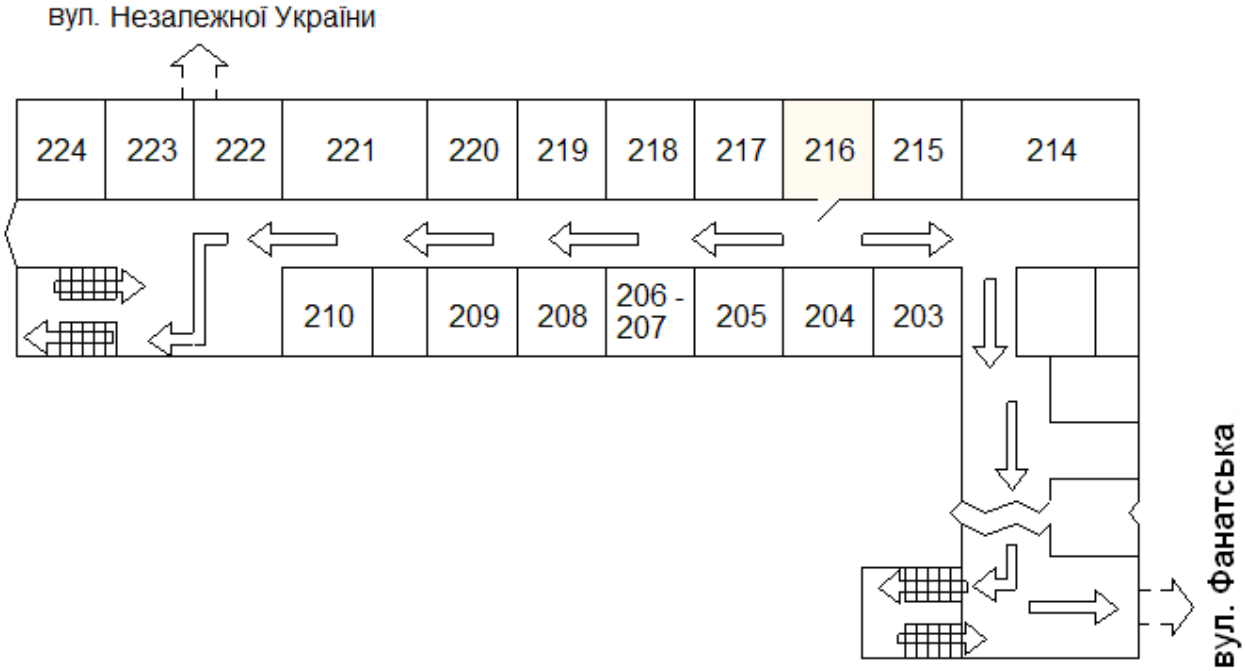


Рисунок 4.2 – План евакуації при пожежі із аудиторії № 216

4.5 Розрахунок середнього рівня шуму на робочому місці оператора

Як було вище зазначено, в приміщенні знаходиться чотири робочих місця операторів ЕОМ, кожне з яких устатковане монітором, вінчестером в системному блоці, трьома вентиляторами системи охолоджування ПК та клавіатурою. Крім того поряд працює периферійна техніка.

Допустимий еквівалентний рівень шуму для робочого місця оператора складає 65 дБА [17].

Орієнтовні еквівалентні рівні звукового тиску джерел шуму, що діють на оператора ЕОМ на його робочому місці, представлені в таблиці 4.4.

Розрахуємо середній рівень шуму на робочому місці оператора при роботі всієї вказаної техніки

Таблиця 4.4 - Рівні звукового тиску від різних джерел

Джерело шуму	Рівень шуму, дБА
Жорсткий диск	45
Вентилятор	45
Принтер	55
Сканер	50

Рівень шуму, що виникає від декількох некогерентних джерел, що працюють одночасно, підраховується на підставі принципу енергетичного підсумовування рівня інтенсивності окремих джерел:

$$L_{\sum} = 10\lg\sum 10^{0,1L_i}, \qquad (4.1)$$

де L_i - рівень звукового тиску і-го джерела шуму; n - кількість джерел шуму.

Підставивши значення рівня звукового тиску для кожного виду устаткування у формулу, отримаємо:

$$L_{\sum} = 10\lg(104{,}5 + 104{,}5 + 105{,}5 + 105) = 44{,}2\,\text{дБ}$$

За наявності декількох джерел шуму з однаковим рівнем інтенсивності Li загальний рівень шуму визначають за формулою:

$$L = L_i + 10\lg n, \qquad (4.2)$$

У нашому випадку таких джерел сім, отже загальний рівень шуму буде визначатися так:

$$L = 44{,}2 + 10\lg 5 = 51{,}19 \text{ дБ}.$$

Отримані результати розрахунку порівнюється з допустимим значенням рівня шуму для даного робочого місця [17]. Розраховане значення середнього рівня шуму не перевищує гранично допустимого рівня шуму для робочого місця оператора, тобто спеціальні заходи по зниженню рівня шуму не потребуються.

Висновки та рекомендації

1. Завдяки розробленій схемі таймера для автоматичного керування режимами роботи зарядних пристроїв, акумулятори не отримують надлишкового заряду, що приводить до підвищення експлуатаційного ресурсу.

2. Розроблений таймер володіє можливістю слідкувати за часом і відключати з мережі зарядний пристрій через заданий інтервал часу, при цьому сам таймер після закінчення інтервалу часу теж відключиться, що веде до економії споживаної електроенергії.

3. Аналіз функціонування розроблених блоків таймера показує відповідність отриманих результатів теоретичним розрахункам.

Рекомендується подальше удосконалення таймера для автоматичного керування режимами роботи зарядних пристроїв з метою підвищення надійності і використання в системах геліоенергетики.

Перелік посилань

1. Павлов С. М. Основи мікроелектроніки : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2010. 224 с.

2. Бойко В. І., Гуржій А. М., Жуйков В. Я. Основи схемотехніки електронних систем: підручник. Київ : Вища шк., 2004. 527 с

3. Лукащук Л. О. Схемотехніка логічних та послідовністних схем : навч. посіб. Львів : Видавництво Нац. університету «Львівська політехніка», 2004. 116 с.

4. Рябенький В. М., Жуйков В. Я., Гулий В. Д. Цифрова схемотехніка : навч. посіб. Львів : "Новий Світ-2000", 2009. 736 с.

5. Бойко В. І., Багрій В. В. Цифрова схемотехніка. Київ : ІЗМН, 2001. 228 с.

6. Бабіч Н. П., Жуків І. А. Комп'ютерна схемотехніка. Київ : «МК-Прес», 2004. 576 с.

7. Електроніка та мікросхемотехніка : підручник / Воробйова О. М., Панфілов І. П., Савицька М.П., Флейта Ю.В. Одеса : ОНАЗ, 2015. 298 с.

8. Лавриненко В. Ю. Довідник з напівпровідникових приладів. Київ : Техніка, 1984. 424с.

9. Колонтаєвський Р. П., Сосков А.Г. Електроніка і мікросхемотехніка : підручник. Київ : Каравела, 2009. 287 с.

10. Сєдов С. О. Аналогове оброблення сигналів. Схемотехніка. Розрахунки : підручник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2018. 298 с.

11. Цифрова схемотехніка : підручник / Верьовкін Л. Л. Світанько М. В., Кісельов Є. М. Хрипко С. Л. Запоріжжя, 2016. 214 с

12. Зубчук В. І. Шкуро А. Н.Функціональні вузли цифрової схемотехніки : навч. посіб. Київ : РОВО «Укрвузполіграф», 1992. 236 с.

13. Дудикевич В. Б., Кеньо Г. В., Петрович І. В. Електроніка та мікросхемотехніка. Частина І: Електроніка : навч. посіб. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2010. 204 с.

14. Гершунський Б. С. Довідник з основ електронної техніки. Київ : Вища шк., 1987. 320 с.

15. Белуха М. Т. Основи наукових досліджень. Київ : Вища шк., 1997. 271 с.

16. Кожемякін Г. Б. Рижков В. Г., Бєлоконь К. В.Охорона праці та техногенна безпека : методичні вказівки до виконання розділу магістерських робіт. Запоріжжя : ЗДІА, 2012. 48 с.

17. Ткачук К. М. Охорона праці та навколишнього середовища в радіоелектронній промисловості. Київ : Вища шк., 1988. - 240 с.

18. Горобець А. І. Степаненко А. І. Охорона праці в радіоелектронній промисловості. Київ : Техніка, 1987. 345 с.