

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні
Кафедра мікроелектронних та електронних інформаційних систем

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

рівень вищої освіти другий магістерський
(другий магістерський рівень)

на тему Розробка та дослідження системи освітлення на фотореле-таймері

Виконав: студент (ка) II курсу, групи 8.1539

Сасанчин А. В.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Напряму підготовки _____
(шифр)

Спеціальності 153

Мікро- та наносистемна техніка

(назва)

Керівник доцент, доцент к.т.н.

Верьовкін Л.Л.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя - 2021 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні

Рівень вищої освіти другий магістерський
(перший (бакалаврський) рівень, другий (магістерський) рівень)
Напрямок підготовки 153
(шифр)
Спеціальність Мікро- та наносистемна техніка
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МЕЕІС
Критська Т.В.

“10” грудня 2021 року

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

Сасанчину Андрію Віталійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Розробка та дослідження системи освітлення на фотореле-таймері

керівник проекту (роботи) Небеснюк Оксана Юріївна, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “__” _____ 2021 року № _____

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 01 грудня 2020 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Напруга живлення 12В, елементна база ТТЛ 155 серії, введення інформації за допомогою 10 клавішної клавіатури

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Дослідження принципів побудови та функціонування таймерних схем на фотоефектах. Розробка схеми мікроконтролерного фотореле-таймера для систем освітлення. Техніко-економічне обґрунтування розробки схеми мікроконтролерного фотореле-таймера для систем освітлення. Охорона праці та техногенна безпека.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Схема включення цифрового компаратора. Функціональна схема фотореле-таймера на мікроконтролері. Фотореле на мікроконтролері PIC12F675

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
		завдання прийняв
<i>I</i>	<i>Небеснюк О. Ю., доцент</i>	
<i>II</i>	<i>Небеснюк О. Ю., доцент</i>	
<i>III</i>	<i>Небеснюк О. Ю., доцент</i>	
<i>IV</i>	<i>Небеснюк О. Ю., доцент</i>	

7. Дата видачі завдання 24.05.2021 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Теоретичні основи фотоефекту</i>	<i>14.09.2021</i>	
2	<i>Прилади з зовнішнім фотоефектом</i>	<i>18.09.2021</i>	
3	<i>Пристрій керування освітленням</i>	<i>25.09.2021</i>	
4	<i>Аналіз схемних рішень пристроїв витримки часу</i>	<i>02.10.2021</i>	
5	<i>Моделювання блоку живлення</i>	<i>09.10.2021</i>	
6	<i>Фотореле-таймер на мікроконтролері</i>	<i>16.10.2021</i>	
7	<i>Охорона праці та техногенна безпека</i>	<i>23.10.2021</i>	
8	<i>Написання пояснювальної записки</i>	<i>30.10.2021</i>	
9	<i>Оформлення графічного матеріалу</i>	<i>10.11.2021</i>	
10	<i>Попередній захист магістерської роботи</i>	<i>07.12.2021</i>	
11	<i>Оприлюднений захист кваліфікаційної роботи</i>	<i>15.12.2021</i>	

Студент _____
(підпис)Сасанчин А. В.
(прізвище та ініціали)Керівник проекту (роботи) _____
(підпис)Небеснюк О. Ю.
(прізвище та ініціали)Нормоконтроль пройдено _____
(підпис)Верьовкін Л. Л.
(прізвище та ініціали)

Реферат

Дипломна робота містить 72 сторінки, 30 рисунків, 16 таблиць, 15 джерел літератури.

Об'єкт дослідження – системи освітлення на фотореле-таймерах.

Мета роботи – розробка та розрахунок фотореле-таймера на мікроконтролері для систем освітлення.

Задачі роботи: розробити структурну схему приладу, розробити схему електричну принципову, розробити топологію печатної плати пристрою.

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 електрична принципова базується на мікроконтролері, що зменшує кількість елементів схеми, використовує вбудований генератор тактових імпульсів, зменшує споживану потужність схеми.

Результати впровадження – модель електронного приладу пройшла випробовування на кафедрі МЕЕІС.

Прогнозні пропозиції – рекомендується подальша модернізація схеми фотореле-таймера на мікроконтролері для систем освітлення з метою удосконалення параметрів і функціональних можливостей.

**ФОТОЕФЕКТ, ФОТОПЕРЕТВОРЮВАЧ, СТАБІЛІЗАТОР,
МІКРОКОНТРОЛЕР, ТАЙМЕР, КОМПАРАТОР, НАВАНТАЖЕННЯ**

Дипломну роботу виконано на кафедрі мікроелектронних та електронних інформаційних систем з 01.09.2021 р. по 10.12.2021 р.

Зміст

	Стор.
Вступ	6
1 Дослідження принципів побудови та функціонування таймерних схем на фотоефектах	8
1.1 Теоретичні основи фотоефекту	8
1.1.1 Класифікація фотоефекту	10
1.2 Прилади з зовнішнім фотоефектом	11
1.2.1 Вакуумний фотоелемент	11
1.2.2 Іонний фотоелемент	12
1.2.3 Фотодіод	13
1.3 Цифрові таймери	14
1.4 Пристрій керування освітленням	19
1.5 Під'їздний пристрій автоматичного управління освітленням	21
2 Розробка схеми мікроконтролерного фотореле-таймера для систем освітлення	26
2.1 Аналіз схемних рішень пристроїв витримки часу	26
2.2 Аналіз структурної схеми фотореле-таймера	31
2.2.1 Моделювання блоку живлення	31
2.2.2 Блок завдання режимів таймера	33
2.2.2 Схема аналогово-цифрового перетворювача	35
2.2.3 Схема компаратора	37
2.2.4 Блок узгодження з колом навантаження	41
2.3 Фотореле-таймер на мікроконтролері	42
2.4 Розробка топології печатної плати фотореле-таймеру	45
3 Техніко-економічне обґрунтування розробки схеми мікроконтролерного фотореле-таймера для систем освітлення	49
3.1 Обґрунтування вибору технології виготовлення схеми фотореле-таймера для систем освітлення	49
3.2 Розрахунок витрат на виробництво схеми фотореле-таймера для си-	

стем освітлення	53
4 Охорона праці та техногенна безпека при розробці мікроконтролерно-го фотореле-таймера	56
4.1 Характеристика потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів	56
4.2 Заходи зі зменшення впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів	59
4.3 Виробнича санітарія	60
4.4 Електробезпека	62
4.5 Пожежна та техногенна безпека	63
4.6 Розрахунок штучного освітлення лабораторного приміщення	66
Висновки та рекомендації	70
Перелік посилань.....	71

Вступ

Правильно вибрана і здійснена система управління освітлювальними мережами призводить до більше організованого використання освітлювальної установки (ОУ), що покращує умови освітлення і тим самим призводить до підвищення продуктивності праці, зниження браку вироблюваної продукції і зменшення виробничого травматизму. Управління освітлювальними мережами – складне технічне завдання, від рішення якого багато в чому залежать умови експлуатації ОУ, здійснення керування освітленням, а також набір вибраних елементів шафи управління.

Скорочення витрат електроенергії на освітлення можливо двома основними шляхами: зниженням номінальної потужності освітлення або зменшенням часу використання світильників. Зменшення встановленої потужності освітлення в першу чергу означає перехід до більш ефективних джерела світла, що дає потрібний світловий потік при істотно меншому споживанні електроенергії. Зменшення часу використання світильників може бути досягнуто впровадженням сучасних систем управління і контролю освітлювальних мереж.

Тому в останнє десятиліття тема автоматизації управління внутрішнім освітленням стала дуже актуальною. Сучасні системи поєднують в собі значні можливості економії електроенергії з максимальною зручністю для користувачів. Як правило вони виконують наступні функції.

1. Повна підтримка штучної освітленості в приміщенні на заданому рівні. Досягається це введенням в систему управління освітленням фотоелемента, який знаходиться усередині приміщення.

2. Облік природної освітленості в приміщенні. Незважаючи на наявність у переважній більшості приміщень природного освітлення у світлий час доби, потужність освітлювальної установки розраховується без його урахування.

3. Облік часу доби і дня тижня. Додаткова економія енергії в освітленні може бути досягнута відключенням освітлювальної установки в певні години доби, а також у вихідні і святкові дні. Для її реалізації автоматизована система управління освітленням має бути обладнана власним годинником реального часу.

4. Облік присутності людей в приміщенні. При устаткуванні системи управління освітленням датчиком присутності можна включати і відключати світильники залежно від того, чи є люди в цьому приміщенні.

5. Безпроводне керування освітлювальною установкою. Хоча така функція не є автоматизованою, вона часто присутня в автоматизованих системах управління освітленням завдяки тому, що її реалізація на базі електроніки системи управління освітленням дуже проста, а сама функція додає значну зручність в управлінні освітлювальною установкою.

Під час монтажу вуличного освітлення використовують спеціальні світлодіодні світильники, які контролюються контролерами, а контролери отримують данні з датчиків і підключені до мережі автоматизованого регулювання. Завдяки цьому в залежності від результату датчику освітлювання освітлення вмикається або вимикається. Таким чином сучасне світлодіодне освітлення дозволяє істотно економити споживання електроенергії, а значить, і скоротити витрати міста.

Електронний таймер реле – прилад побутового або промислового призначення. Принцип його роботи простий – в певний, запрограмований час, пристрій подає сигнал (включає контакти реле). Існують різні реле з таймером – механічні та цифрові. У першому випадку, функціональність приладу обмежена простим часовим режимом подачі сигналу. Тоді як цифровий пристрій має більш широкі можливості.

Актуальним являється розробка автоматизованих мікроелектронних систем побутового та промислового призначення, які використовуються в пристроях регулювання освітленості.

1 Дослідження принципів побудови та функціонування таймерних схем на фотоефектах

1.1 Теоретичні основи фотоефекту

В кінці XIX століття було експериментально виявлено, що при падінні світла з видимої області або з ультрафіолетової частини спектру на поверхню метала, з останньої вилучаються електрони. Сам по собі цей ефект не дивний, оскільки відомо що світло представляє собою електромагнітні коливання. Електричне поле світлової хвилі викликає силу, що діє на електрони металу. При цьому деякі з електронів можуть покинути поверхню. Кінетична енергія вилучених з поверхні електронів не залежить від інтенсивності світла, а залежить лише від його частоти. Кінетична енергія електронів лінійно зростає з частотою світла: $E_k = h\nu$. Якщо ми збільшуватимемо величину кінетичної енергії (E_k) шляхом збільшення частоти (ν), тем самим наблизитимемося до ділянок спектру – ультрафіолетовим променям, унаслідок чого виходитимуть з строю прилади, оскільки порушується р-п перехід напівпровідників. Кордон 2-х різнорідних напівпровідників - електронного і діркового і є р-п перехід (рис. 1.1) [1].

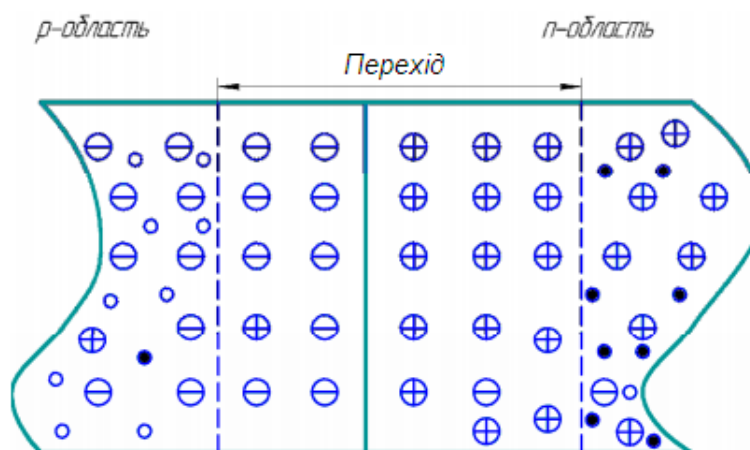


Рисунок 1.1 – Схема р-п переходу

Такий кордон не утворюється механічним з'єднанням електронного і діркового напівпровідника. Він утворюється утворенням 2-х зон в цілісному кристалі.

Через кордон вільні електрони дифундують з електронної області в діркову. В результаті такого проникнення в дірковому напівпровіднику окрім основних носіїв електронних зарядів – дірок, з'являються і вільні електрони.

У електронному напівпровіднику, окрім основних носіїв – вільних електронів, з'являються і дірки. У кожному напівпровіднику основних носіїв більше, ніж не основних. Цей подвійний шар на кордоні між різнорідними напівпровідниками створює електричне поле, протидіюче переходу основних носіїв через кордон. Це означає, що вільні електрони вже не можуть переходити з електронної області в діркову, а дірки не можуть переходити з діркової області в електронну. На переході виникає запірний шар. Фізичне єство цього запірного шару полягає в протидії електричного поля переходу основних носіїв через електронний - дірковий кордон. Якщо тепер до наявної системи підключати зовнішню батарею з напругою, то, залежно від полярності її включення, струм по зовнішньому ланцюгу різко змінюватиметься. Ейнштейна передбачив, що енергія в пучку монохроматичного світла складається з порцій, величина яких рівна $h\nu$, де ν – частота. Ці кванти енергії можуть бути повністю поглинені електроном. Електрон, що ще знаходиться в металі, поглинувши таку порцію енергії, набуває енергію:

$$E = h\nu \quad (1.1)$$

Передбачимо, що для виривання електрона з металу потрібно витратити роботу W . Тоді кінетична енергія такого електрона буде рівна:

$$E_k = E - W \quad (1.2)$$

або

$$E_k = h\nu - W \quad (1.3)$$

Це Ейнштейнівське рівняння фотоефекту. Величина W , що зветься роботою виходу даної речовини, є константою, не залежною від частоти ν . Це рівняння відкриває можливість нового виміру постійної Планка.

Ці важливі проблеми були досліджені Міллікеном у ряді ретельно виконаних дослідів, які повністю підтвердили рівняння Ейнштейна [1].

1.1.1 Класифікація фотоелектричного ефекту

1. Внутрішній фотоелектричний ефект - перерозподіл електронів по енергетичним станам в твердих і рідких напівпровідниках і діелектриках, що відбувається під дією електромагнітного випромінювання. Внутрішній, фотоелектричний ефект виявляється, як правило, по зміні концентрації носіїв струму в середовищі, тобто по появі фотопровідності або фото ЕРС. Використовують у фотодіодах, фотоелементах, фототранзисторах, фоторезисторах, фотоелектричних генераторах (сонячних батареях) і тому подібне [2].

Характеристика залежності сили струму від напруги практично не змінюється із зміною освітленості, а характеристика залежності I від R генератора - змінюється.

2. Зовнішній фотоелектричний ефект - фотоелектронна емісія - вилучення електронів речовиною під дією електромагнітного випромінювання. Спостерігається в газах, рідинах і твердих тілах. Зовнішній фотоелектричний ефект - це квантове явище: вилучення кожного окремого фотоелектрона відбувається в результаті поглинання ним одного фотона. Використовують у фотоелементах.

3. Вентильний фотоелектричний ефект - фотоелектричний ефект в замикаючому шарі, - виникнення електрорушуючої сили (фото ЕРС) в системі, що складається з 2-х контактуючих різних напівпровідників, або з напівпровідників і металу. Використовують у фотоелементах.

Фотоелемент - фотоелектричний прилад, в якому при опроміненні поверхні металевого (калій, барій) або напівпровідникового електроду (фотокаатода), виникає фотоелектричний ефект [2].

Розрізняють фотоелемент із зовнішнім фотоелектричним ефектом (вакуумні іонні фотоелементи), і з внутрішнім фотоелектричним ефектом (фоторезистори).

Фотоефект також має місце у фотореле (оптичний релейний елемент). Це реле, яке реагує на зміну оптичних величин (освітленість, світловий потік, частота світлових коливань). Оптичний релейний елемент складається з датчика оптичних величин (фотодіод, вакуумний або газонаповнений фотоелемент, фотопомножувач) і електричне реле [2].

1.2 Прилади з зовнішнім фотоефектом

Фотоелектричними приладами називають електронні прилади, дія яких заснована на явищах, що відбуваються в речовині при поглинанні ним світлових квантів – фотонів.

1.2.1 Вакуумний фотоелемент

Електронний прилад, в скляному балоні якого створений вакуум, як і в електронній лампі. Усередині є два електроди: анод (у вигляді дрютяної петлі або тонкої нікелевої сітки) і катод (у вигляді тонкого шару світлочутливого матеріалу, що покриває частину внутрішньої поверхні балона; зазвичай застосовуються срібний-киснево-цезієві і сурм'яно-цезієві катода) [1].

При постійній частоті опромінення величина струму фотоелемента прямо пропорційна потоку світла (рис. 1.2). При високих значеннях освітленості світлова характеристика стає нелінійною. Крутість зменшується із-за утворення об'ємного заряду в поверхні фотокатода. Нелінійність може з'явитися також наслідком «стомлення» фотокатода.

При постійній частоті опромінення величина струму фотоелемента залежить і від прикладеної напруги. При малих значеннях анодної напруги U_A характеристики мають крутий підйом. Проте досить скоро можливості ка-

тогда виявляються вичерпаними, оскільки всі електрони що імітуються досягають анода. Настає робочий режим насичення (рис. 1.3).

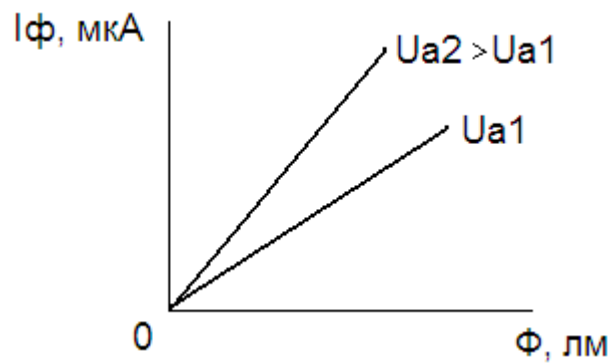


Рисунок 1.2 – Світлова характеристика фотоелемента

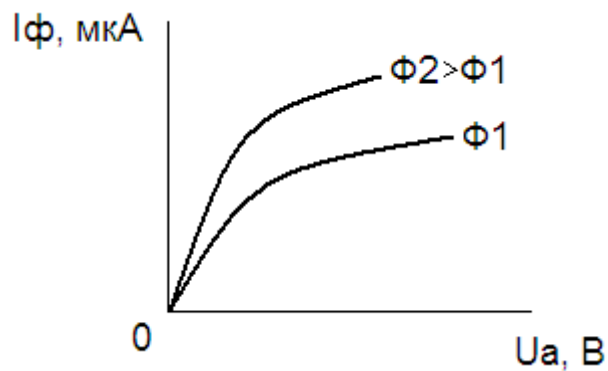


Рисунок 1.3 – ВАХ вакуумного фотоелемента

1.2.2 Іонний фотоелемент

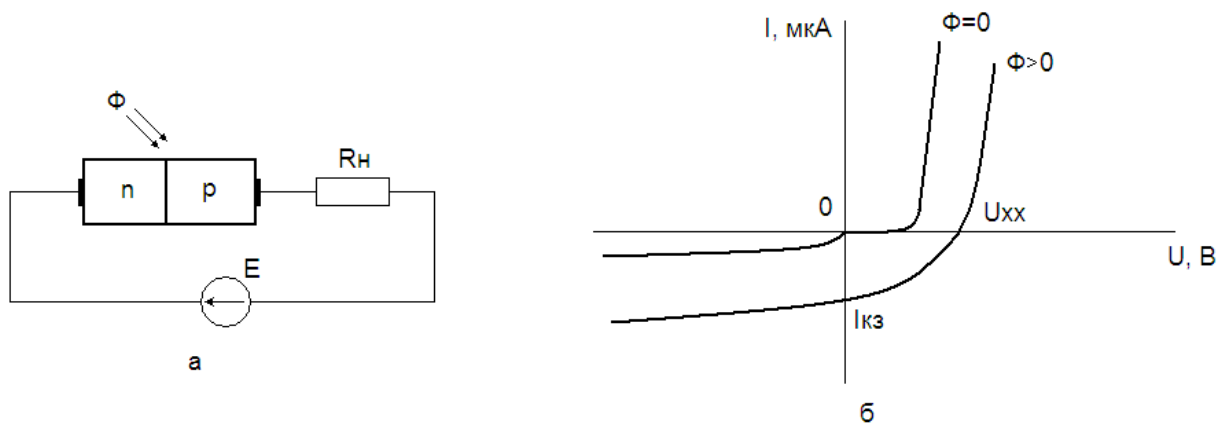
Пристрій аналогічний електронному, але в балон вводиться інертний газ (аргон) з тиском 10^{-2} мм рт. ст. У балоні після зіткнення первинних електронів з частками газу з'являються вторинні, число яких значно вище. Це явище називається ефектом «газового посилення» і характеризується коефіцієнтом K_{Γ} , рівним відношенню фотопотоку іонного фотоелемента до фотопотоку електронного фотоелемента: $K_{\Gamma} = I_{\Gamma} / I_{\text{Е}}$.

Значення K_{Γ} досягають 6...10. Чутливість зростає у декілька разів. Живляча напруга має бути на 20...30 % нижче за напругу виникнення тліючого

розряду, що запобігає загибелі приладу, оскільки катод іонного фотоелемента не розрахований на великі струми [1].

1.2.3 Фотодіод

Фотодіод є відкритою для доступу світла пластиною напівпровідника, усередині якої є області діркової провідності, розділені р-n переходом (рис. 1.4). Фотодіод включений в схему із зовнішнім джерелом живлення. Такий режим роботи називається фотодіодним. У цьому режимі на р-n перехід діода подається зворотна (що замикає) напруга, що підсумовується з полем переходу.



а – схема включення;

б – вольт-амперна характеристика

Рисунок 1.4 - Фотодіод

Можливі два режими роботи фотодіодів. У першому з них зовнішнього джерела живлення немає, фотодіод працює як вентильний фотоелемент. Під впливом світла в пластинці напівпровідника вивільнюються фотоелектрони; р-n перехід дає їм змогу проходити лише в напрямі від р до n. Внаслідок цього звільнені світлом фотоелектрони можуть перемішуватися лише в одному напрямі, створюючи в електричному колі струм, значення якого зале-

жить від освітленості. Найбільші прирости фотоструму досягаються при невеликих освітленостях [3].

Другий режим характеризується наявністю зовнішнього джерела напруги. У темряві через фотодіод протікає зворотний струм, який залежить від напруги джерела живлення. При освітленні фотодіода до цього зворотного струму додається фотострум, що зростає приблизно пропорційно освітленості [4].

1.3 Цифрові таймери

Таймер – прилад виробничо-технічного, військового або побутового призначення, в заданий момент часу, що видає певний сигнал, або вмикає – вимикає устаткування через свій пристрій комутації електроланцюга.\

Переважно під таймерами маються на увазі пристрої, що відміряють заданий інтервал часу з моменту запуску (уручну або електричним імпульсом) з секундоміром зворотного відліку, в той же час, існують таймери, момент спрацьовування яких задається установкою необхідного часу доби (так звані таймери реального часу), в цьому випадку таймер має в своєму складі годинник або пристрій зберігання часу, простим таймером такого роду є будильник. Таймери, що мають достатню точність і призначену для установки тривалість яких-небудь процесів в промисловому виробництві, на транспорті, в зв'язку, наукових дослідженнях атестуються як засоби вимірів. Деякі види таймерів мають програмний пристрій для забезпечення спрацьовування в різних моменти часу, з видачею сигналів по різних каналах, наприклад, для включення в певній послідовності різних побутових приладів. Також, існують програмні таймери, що реалізують схожі функції [5].

У програмуванні, таймером є об'єкт, збуджуючий подію після закінчення заданого проміжку часу. Подією є посилка повідомлення, виклик функції, установка параметрів об'єкту ядра і так далі Зазвичай, даний тип тайме-

рів підтримується операційною системою, причому часто підтримка таймерів існує на рівні апаратури.

Джерелом тактової частоти для таймера можуть служити:

- 1) робоча (тактова) частота мікроконтролера (МК) (внутрішнє джерело частоти);
- 2) синхроімпульси подані на певний вивід МК (зовнішнє джерело частоти).

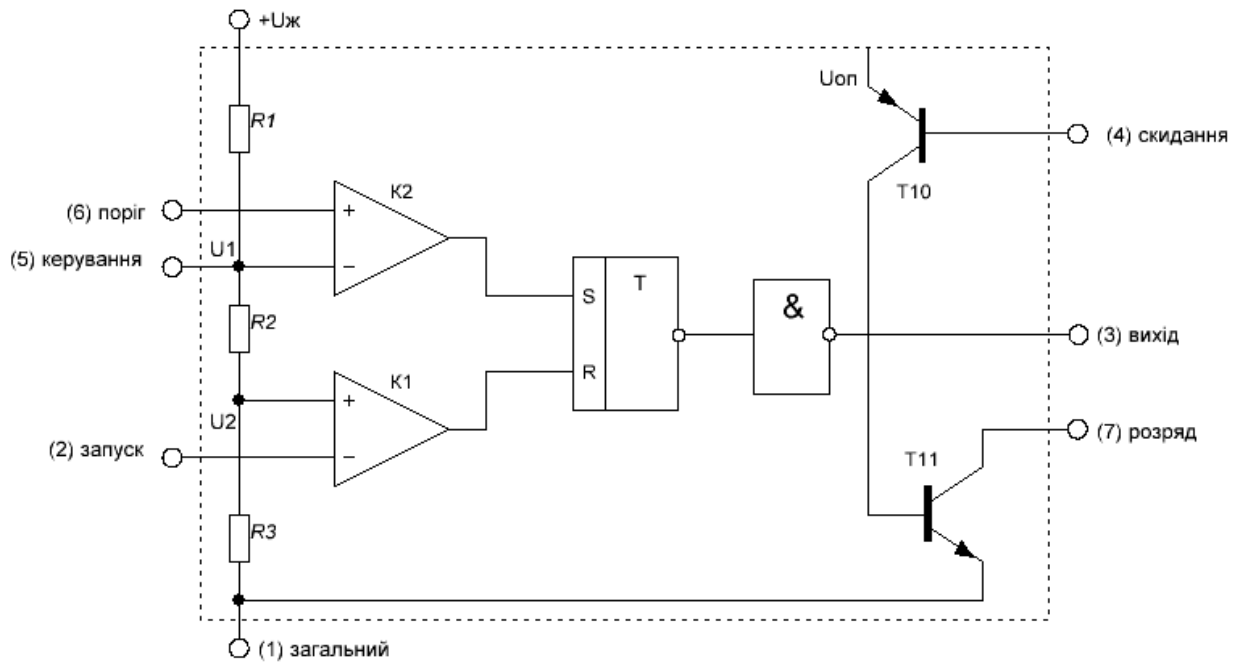
Тактова частота МК перед подачею на лічильник таймера може бути зменшена/збільшена – це наладжується в регістрі управління таймером. Збільшення частоти таймера приведе до швидшої його роботи.

Напівпровідникові таймери - це відносно нові функціональні елементи в мікроелектроніці.

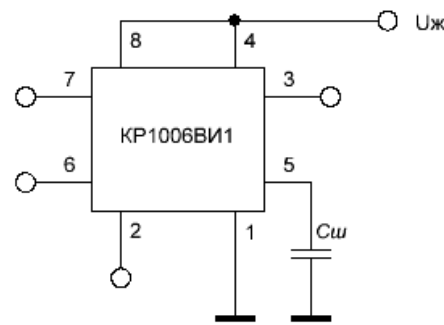
Вперше таймер (NE 555) був випущений фірмою Signetics Corporation в 1972 році. Поява вітчизняного аналога таймера КР1006ВІ1 дала можливість використовувати його для проектування більшості схем установки часу, при цьому використовується лише декілька зовнішніх елементів і, таким чином, істотно спрощується проектування. По функціональному складу внутрішніх вузлів і способу виконання заданої функції таймери не є повністю аналоговими або цифровими ІС.

Сучасні таймери разом з компараторами напруги, яка відносять до аналогових ІС, містять вузли, що виконують цифрові функції: логічні вентиля, тригери лічильники і ін. Компаратори в таймерах забезпечують підвищення чутливості цифрових структур від одиниць вольт до долей милливольт до змін вхідної напруги. Таким чином, основні функції в таймерах виконують цифрові вузли, точність же формування часу визначається в першу чергу компараторами напруги.

Спрощений внутрішній устрій таймера КР1006ВІ1 приведений на рисунку 1.5, а, умовне його позначення показане на рисунку 1.5, б.



а



б

а – функціональна схема;

б – умовне графічне позначення

Рисунок 1.5 - Таймер КР1006ВИ1

Ця мікросхема складається з двох операційних підсилювачів, що використовуються як компаратори K1 і K2, RS - тригера, дільника напруги, що складається з трьох резисторів R1...R3 по 5кОм кожен. Крім того передбачений інвертуючий вихідний каскад, що забезпечує досить високу здатність навантаження. Для швидкого розряду зовнішнього часозадаючого конденсатора є транзисторний ключ T11, а для скидання таймера використовується блокуючий транзистор T10.

Напруга від дільника $U1 = 1/3U_{ж}$ подається на неінвертуючий вхід компаратора запуску (K1), а напруга $U2 = 2/3U_{ж}$ - на інвертуючий вхід компара-

тора скидання (K2). В процесі роботи компаратори виконують функцію управління таймером, зокрема, тригером.

Тригер формує імпульси прямокутної форми і, у свою чергу, управляє роботою розрядного транзистора Т11.

Компаратор К1 в процесі управління тригером і таймером, володіє пріоритетом перед компаратором К2. Це означає, що у разі, коли на вхід компаратора К1 подана напруга запуску ($U_{вх1} < U_1$), то незалежно від рівня напруги на вході компаратора К2 ($U_{вх2} < U_2$, $U_{вх2} > U_2$) тригер встановлюється в стан, відповідний стану запуску таймера.

Транзистор Т10 служить для блокування роботи таймера. На емітер цього транзистора подається напруга $U_{оп}$, що формується внутрішніми елементами таймера.

Розглянемо принцип роботи таймера в режимі мультивібратора, схема якого показана на рисунку 1.6.

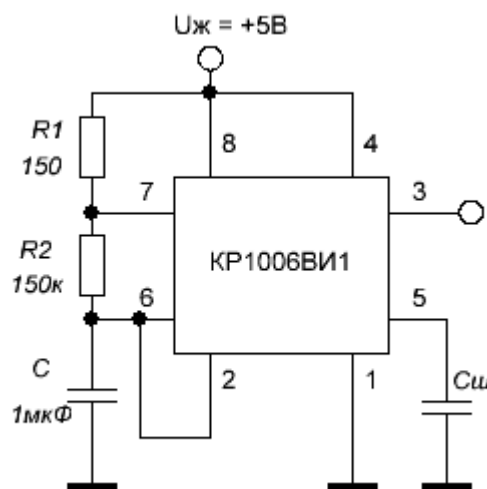


Рисунок 1.6 - Схема мультивібратора

Формування на виході схеми послідовності імпульсів відбувається в результаті заряду і розряду часозадаючого конденсатора С. перемикання кола RC здійснюють компаратори К1 і К2. Таймер завжди знаходиться в робочому режимі.

При підключенні схеми до джерела живлення конденсатор C починає заряджатися по колу $R1C1$ від значення нижнього порогового рівня напруги $U1$ до верхнього порогового рівня напруги $U2$, прагнучи заряджатися до максимального значення вихідної напруги U_{\max} (рівного $U_{\text{ж}}$), а розряджається від рівня напруги $U2$ до рівня напруги $U1$, прагнучи розрядитися до мінімального значення вихідної напруги U_{\min} .

Іншими словами, коли напруга на вході "ПОРІГ" (вивід 6) перевищить дві третини напруги живлення, перебування на вході верхнього компаратора $K2$ зміниться і на виході тригера з'явиться напруга високого рівня, яке відкриває транзистор $VT11$. Із-за наявності інвертуючого підсилювача на "ВИХОДІ" (вивід 3) формується напруга логічного нуля (рис. 1.7).

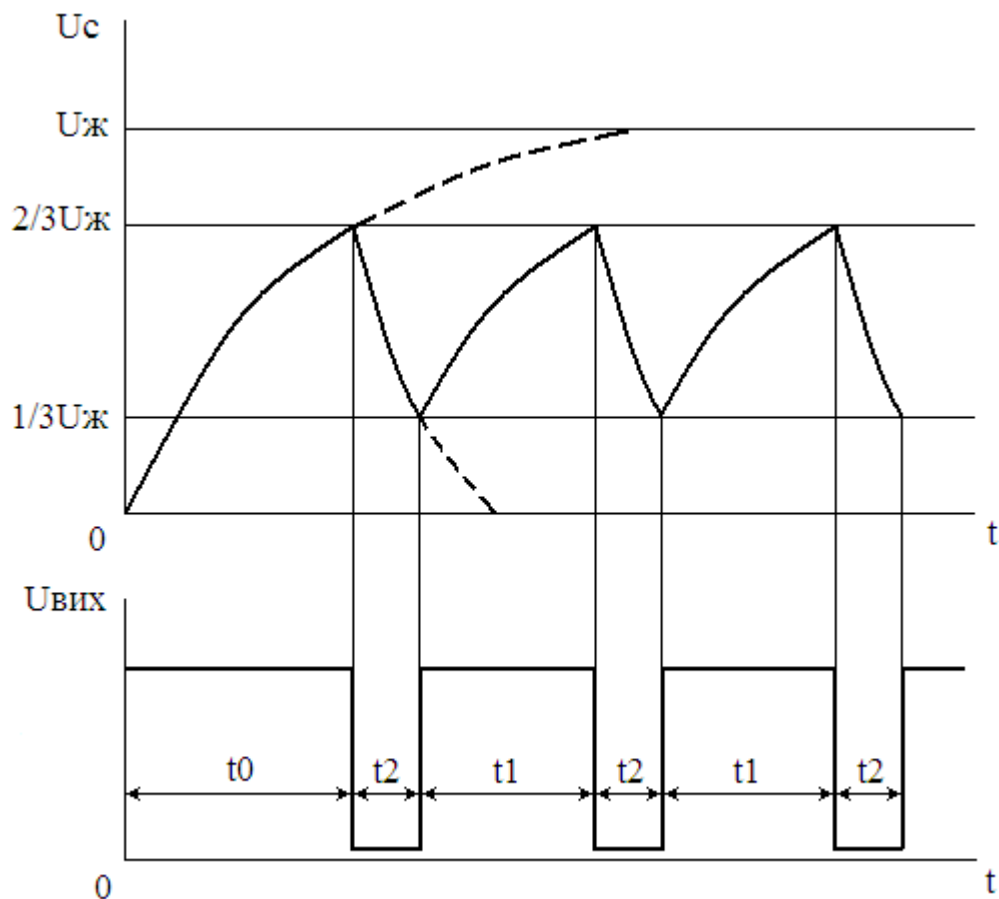


Рисунок 1.7 – Часові діаграми

Тепер конденсатор 3 розряджатиметься струмом, який протікатиме через резистор $R2$ і транзистор $VT11$. Через деякий час напруга на вході

"ЗАПУСК" (вивід 2) зменшиться до однієї третини напруги джерела живлення і компаратор К1 змінить свій стан, повернувши тригер у вихідний стан (одичне). На виході Q з'явиться напруга низького рівня, транзистор VT11 відкриється і на виході таймера (вывод3) з'явиться напруга високого рівня (логічна одиниця). Таким чином, весь цикл роботи таймера повторюється безперервно.

1.4 Пристрій керування освітленням

Основними споживачами електроенергії в побуті є лампи. Їх раціональне використання дозволяє добитися значної економії.

Пристрій керування освітленням призначений для економії електроенергії за допомогою автоматичного управління освітленням. Освітлення включається, як тільки в приміщення входить перша людина і вимикається, коли виходить останній. Такий алгоритм виключає роботу освітлювальних приладів за відсутності людей в приміщенні і створює додатковий комфорт.

Функціональна схема пристрою представлена на рисунку 1.8.

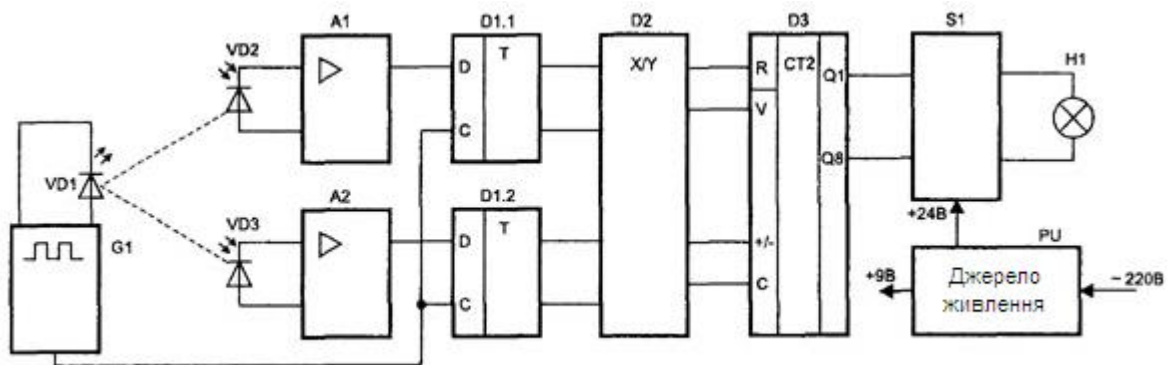


Рисунок 1.8 – Функціональна схема пристрою керування освітленням

Блок встановлюється в дверному отворі біля входу в приміщення на висоті 1,5 м від підлоги. Якщо в приміщенні передбачається перебування дітей, то висота установки має бути зменшена відповідно до їх зростання. На одній стороні дверного отвору розміщується джерело ІК-випромінювання VD1, а на

протилежній власне автомат, на передній панелі якого встановлені фотоприймачі VD2 і VD3.

Робота автомата заснована на підрахунку числа людей, що проходять через дверний отвір і перекривають ІК-вилучення, направлене на фотоприймачі. Живлення ІК-світлодіодів здійснюється від генератора імпульсної напруги G1. Від цього ж генератора здійснюється синхронізація роботи тригерів D1.1 і D1.2. Наявність двох гик-променів дозволяє визначити напрям руху об'єкту. Підрахунок здійснюється 4-х розрядним реверсивним двійковим лічильником D3. Сигнали з виходу лічильника управляють комутуючим пристроєм S1, який у свою чергу включає і вимикає джерело світла H1. Сигнали управління режимом роботи лічильника і сигнал рахунку виробляються при послідовному перекритті фотоприймачів.

Для здобуття економії електроенергії власний вжиток автомата має бути мінімальним. В даному випадку споживана від мережі потужність не більше 0,3 Вт, тобто за 5 годин роботи (середній добовий час роботи) пристрій споживає стільки ж, скільки лампа 100 Вт за 1 хвилину. Для зниження споживаної потужності світлодіод VD1 живиться імпульсним струмом з великою шпаруватістю, генератором, що виробляється, на транзисторах блоків A1, A2. Тривалість імпульсу складає 75 мкс, період дотримання 15 мс. Ці імпульси поступають на випромінюючий світлодіод VD1 і входи синхронізації тригерів D1.1 і D1.2. Імпульсний режим роботи ІК-випромінювача дозволяє також усунути вплив фонового засвічення фотоприймачів. З цією метою підсилювачі сигналів A1, A2 мають спад АЧХ в області низьких частот. Конденсатори і резистори блоків A1, A2 усувають збудження підсилювача в області високих частот і стабілізують режим роботи по постійному струму.

Підсилювач має коефіцієнт посилення, достатній для роботи пристрою при відстані між випромінювачем і фотоприймачем до 1 м. При цьому не потрібні жодних додаткових оптичних вузлів (лінз, рефлекторів і т. д.), що значно полегшує виготовлення і дозволяє уникнути юстирування передавача і приймача ІК-вилучення при монтажі.

1.5 Під'їздний пристрій автоматичного управління освітленням

Витрата електроенергії на цілі освітлення може бути помітно знижена досягненням оптимальної роботи освітлювальної установки в кожен момент часу. Домогтися найбільш повного і точного обліку наявності денного світла, так само як і обліку присутності людей в приміщенні, можна, застосовуючи засоби автоматичного управління освітленням. Управління освітлювальним навантаженням здійснюється при цьому двома основними способами: відключенням всіх або частини світильників (дискретне управління) і плавною зміною потужності світильників (однаковою для всіх або індивідуальною). До систем дискретного управління освітленням в першу чергу відносяться різні фотореле (фотоавтомати) і таймери. Принцип дії перших заснований на включенні і відключенні навантаження за сигналами датчика зовнішньої природної освітленості. Інші здійснюють комутацію освітлювального навантаження залежно від часу доби за попередньо складеною програмою. До систем дискретного управління освітленням відносяться також автомати, оснащені датчиками присутності. Вони відключають світильники в приміщенні через заданий проміжок часу після того, як з нього виходить остання людина. Це найбільш економічний вид систем дискретного управління, проте до побічних ефектів їх використання відноситься можливе скорочення терміну служби ламп за рахунок частих включень і виключень. Системи плавного регулювання потужності освітлення за своєю будовою дещо складніші.

Останнім часом багатьма зарубіжними фірмами освоєно виробництво обладнання для автоматизації управління внутрішнім освітленням.

Сучасні системи управління освітленням поєднують в собі значні можливості економії електроенергії з максимальною зручністю для користувачів.

Розглянемо як аналог розробляемого пристрою автомат керування світлом в під'їзді, який має невелику вартість, високу надійність і широкий діапазон робочих температур [1].

Пристрій призначений для керування освітленням під'їзду чи сходової клітки. Робота схеми залежить від двох датчиків: оптичного, що визначає

необхідність штучного освітлення, і акустичного, що визначає наявність людей у приміщенні. Простий RC- таймер затримує вимкнення світла на одну хвилину.

Схема виконана на відносно доступній елементній базі (рис. 1.9). Застосування МОП-потужних польових транзисторів у вихідному каскаді дозволяє зменшити розміри блоку в цілому через відсутність радіаторів і при цьому керувати лампою будь-якої потужності від 0 до 200 Вт.

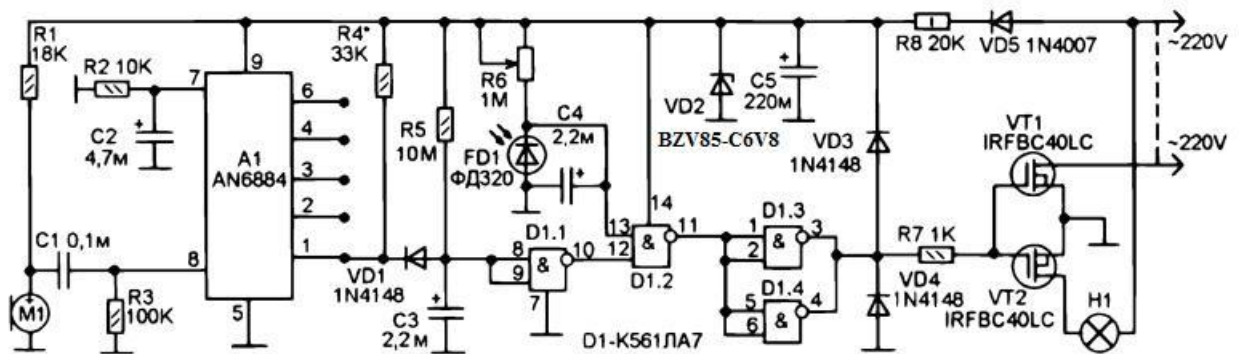


Рисунок 1.9 - Принципова схема автомата управління світлом в під'їзді

Оптичний датчик призначений для випадку встановлення схеми в приміщенні з вікнами або вікном для надходження світла з вулиці (природного освітлення). Його завдання визначати час доби, дня чи ночі, а не в контроль за освітленням приміщення. Датчик повинен встановлюватися так, щоб він «бачив» тільки світло з вулиці, а не світло, яке надходить з приміщення. Фотодіод потрібно помістити в трубку, що обмежує кут попадання світла на нього, і приклеїти цю трубку прозорим клеєм до шибки так, щоб датчик «дивився» на вулицю. Якщо датчик буде «дивитися» в приміщення, то він буде реагувати на включення штучного освітлення і схема буде помилятися.

У тому випадку, коли схема повинна працювати в приміщенні без вікон, тобто, необхідність в штучному освітленні є в будь-який час доби, фотодатчик не потрібен. В цьому випадку деталі R6, FD1, C4 не встановлюються, а вивод 13 D1 потрібно з'єднати з її виводом 12.

Акустичний датчик побудований на основі електричного мікрофона M1. Живлення на його вбудований підсилювач надходить через опір R1, цей

же резистор служить і навантаженням. Зазвичай в таких схемах підсилювач-детектор роблять на операційних підсилювачах або транзисторах. Але існують індикаторні мікросхеми для світлодіодної індикації рівня 34 сигналу на шкалі з декількох світлодіодів. Така мікросхема в даному випадку більш зручна, так як вже містить і підсилувальні каскади і детектор і підсилювачі постійного струму. До того ж у неї є п'ять виходів різної чутливості. Це можна використовувати для східчастого регулювання чутливості акустичного датчика, шляхом перестановки перемички.

Сигнал з мікрофону надходить на вхід мікросхеми А1. Мікросхема АN6884 призначена для роботи в схемі індикатора «світний стовп». На її п'яти виходах є транзисторні ключі з відкритими колекторами, які відкриваються в залежності від рівня сигналу. Ключі мають обмежувачі струму, щоб можна було працювати зі світлодіодами без додаткових резисторів. Ці обмежувачі струму в схемі трохи заважають, оскільки від їх роботи залежить напруга логічного нуля. Резистор R4 встановлено щоб підтягнути вихід А1 до одиниці, але підтягнути не занадто сильно, так щоб і рівень логічного нуля залишався на прийнятному для КМОН логіки рівню напруги. В процесі налагодження опір R4 потрібно підібрати так, щоб напруга на виході мікросхеми А1 змінювалася від логічного нуля до логічної одиниці, тобто, не менше діапазону 1,5...5В.

Схема затримки вимкнення зроблена на конденсаторі С3 і резисторі R5. При достатньому рівні звукового сигналу напруга на підключеному виході А1 падає до логічного нуля. При цьому відкривається діод VD1 і через нього розряджається конденсатор С3 до напруги логічного нуля. На виході елемента D1.1 з'являється логічна одиниця. Якщо на виводі 13 D1.2 теж логічна одиниця (або виводи 12 і 13 з'єднані разом), то на виходах D1.3 і D1.4 буде одиниця. Ця напруга надходить на затвори VT1 і VT2 і відкриває їх. Струм надходить на лампу Н1. Діоди VD3, VD4 і резистор R7 служать для зменшення впливу ємності затворів польових транзисторів.

Можливі два випадки роботи схеми на включення. У першому випадку лунає один нетривалий звук, наприклад, звук відкривання дверей. Конденсатор СЗ розряджається, але потім починає заряджатися через резистор R5. У цьому випадку лампа буде залишатися увімкненою протягом однієї хвилини, поки конденсатор СЗ заряджається. Якщо в цей час лунає ще звук або звуки, наприклад, відкрили двері в квартиру, то витримка повторюється.

У другому випадку звуки лунають або не безперервно або з перервами не більше 1 хвилини. Наприклад, в під'їзді розмовляють люди або проводиться якийсь ремонт. У цьому випадку конденсатор СЗ буде постійно підтримуватися в розрядженому стані і світло вимкнеться тільки через хвилину після настання тиші.

Живиться «електроніка» від джерела на діоді VD5, який гасить надлишок напруги на резисторі R8, стабілітроні VD2 і конденсаторі С5, який згладжує пульсації.

Більшість деталей розміщено на друкованій платі з фольгованого скло-текстоліта. На рисунку 1.10 приведені схеми розташування доріжок і деталей. Рисунок на плату нанесено ручним способом за допомогою лінійки і маркера для письма на компакт-дисках. Спочатку фольгований шар знежирюють, потім його потрібно трохи зашліфувати дрібною шкуркою («нульовкою»). Після цього заготовку потрібно підкласти під паперову схему плати і тонким шилом трохи накернити місця розташування отворів. Далі, отвори необхідно намалювати маркером, а потім користуючись лінійкою і тим же маркером з'єднати ці отвори згідно зі схемою розташування доріжок. Проводять травлення в розчині хлорного заліза.

У схемі, для підвищення надійності, зроблено заміну стабілітрону KC168Ам (VD2) на його аналог – стабілітрон BZV85-C6V8. У порівнянні зі стабілітроном KC168А (VD2) стабілітрон BZV85-C6V8 має більшу потужність розсіювання (1,3 Вт проти 0,3 Вт) більш високу максимальну робочу температуру (200 °С проти 125 °С) і більш низьку мінімальну робочу температуру (-65 °С проти - 60 °С).

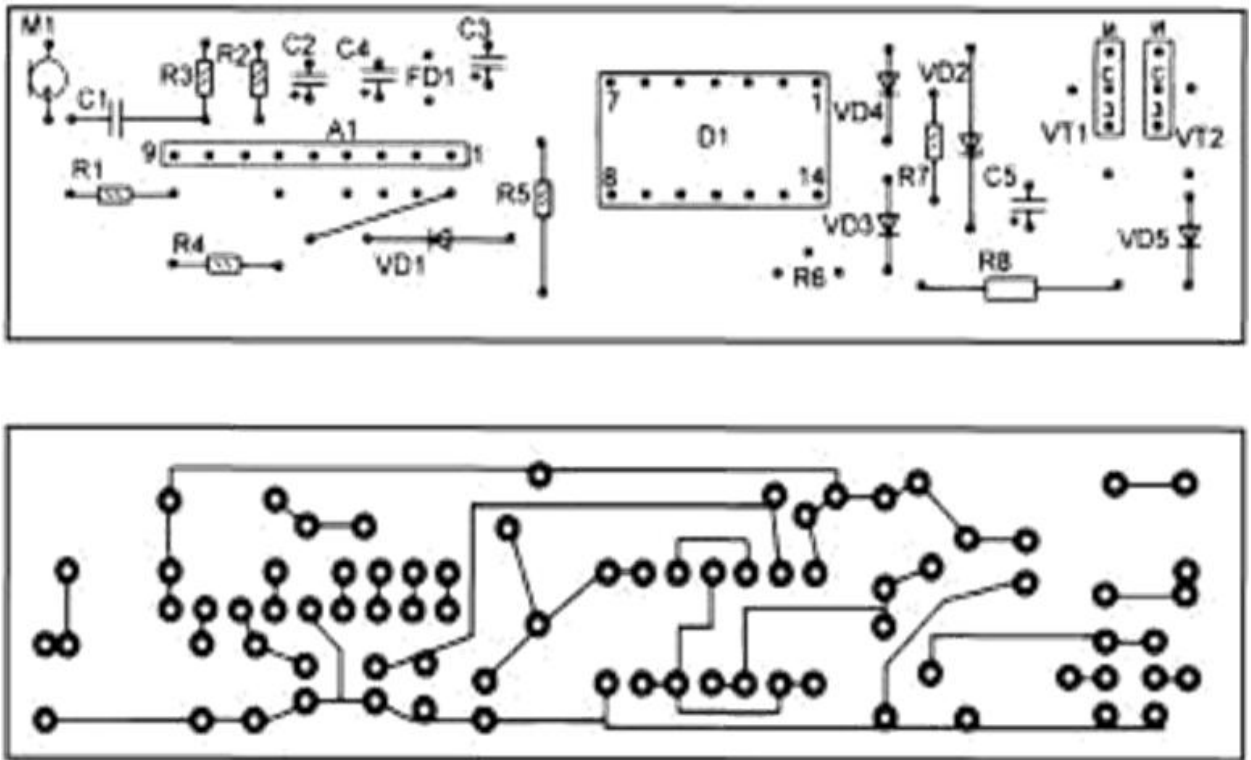


Рисунок 1.10 - Топологія друкованої плати та розміщення на ній деталей

Метою роботи являється розробка фотореле-таймера на мікроконтролері. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- розробити структурну схему приладу;
- розробити схему електричну принципову;
- розробити топологію печатної плати пристрою.

2 Розробка схеми мікроконтролерного фотореле-таймера для систем освітлення

2.1 Аналіз схемних рішень пристроїв витримки часу

Якщо проаналізувати схеми різних варіантів пристроїв витримки часу (ПВЧ), то можна зробити висновок, що алгоритм дії пристроїв у всіх випадках однаковий [6-7].

Пристрій формує на виході функцію, представлену на рисунку 2.1. Тут по осі абсцис відкладений час t , а по осі ординат – функція стану пристрою.

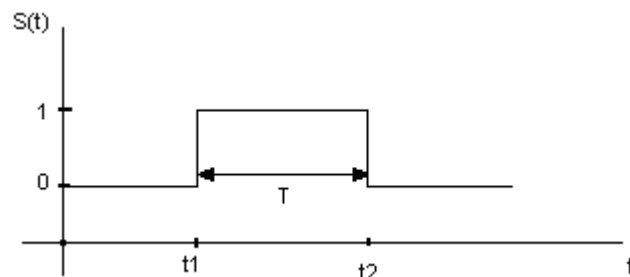


Рисунок 2.1 – Функція виходу пристрою витримки часу

Будь-яке ПВЧ (у тому числі і механічне) можна представити у вигляді деякого чорного ящика що має один вхід і один вихід. На вхід поступає деяка зовнішня дія $X(t)$, а на виході формується функція $S(t)$ (рис. 2.2).

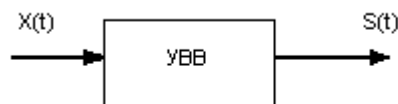


Рисунок 2.2 – Модель пристрою витримки часу

Характер зовнішньої дії залежить від конструкції ПВЧ і у кожному конкретному випадку може бути різним. Що стосується вихідної функції те

вона для будь-якої конструкції ПВЧ має одну загальну деталь – вона набуває лише два значення, причому в одному з них вона може знаходитися лише в перебігу строго певного інтервалу часу T . Позначимо ці стани як 0 і 1. Пристрій знаходиться в змозі 0 (пасивний стан) до тих пір, поки на його вхід не поступить яке або зовнішня дія $X(t)$. Після цього воно переходить в стан 1 (активний стан). Після часу T пристрій повертається в стан 0.

У неелектричних ПВЧ що працюють за таким принципом (наприклад в механічному таймері) активний і пасивний стани можуть виявлятися в різних кутах повороту важелів, що управляють, впливають на виконавчі механізми. У електричних ПВЧ функція $S(t)$ як правило, виявляється в змінах значень напруги на виході [8].

Для формування функції $S(t)$ вибраний простий принцип. Він полягає в зарядці або розрядці конденсатора певної ємкості через чималий опір.

Для пояснення цього принципу розглянемо коло, що складається з послідовно сполученого конденсатора і резистора (рис. 2.3).

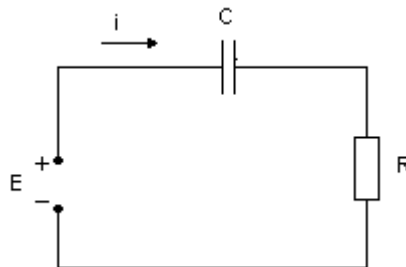


Рисунок 2.3 – Коло заряду і розряду конденсатора

При подачі напруги E конденсатор починає заряджатися. Напруга на ній зростає по експоненціальному закону:

$$U_c(t) = E (1 - \exp(-t / \rho t)) \quad (2.1)$$

де $U_c(t)$ – напруга на конденсаторі у момент часу t , а $\rho t = RC$ – постійна часу.

Напруга на резисторі можна знайти по формулі:

$$U_r(t) = E - U_c(t) \quad (2.2)$$

Як видно з формули (2.1), для того, щоб напруга на конденсаторі досягла певного рівня U_{c1} необхідно деякий час $t_{в}$, що визначається по формулі:

$$t_{в} = R * C * \ln(E / (E - U_{c1})) \quad (2.3)$$

З формули (2.3) видно, що $t_{в}$ залежить від ємності конденсатора C , опору резистора R , напруги E і власне від рівня U_{c1} . Якщо зробити один з цих параметрів змінним, а останні жорстко стабілізувати, то можна отримати пристрій витримки часу із змінним значенням інтервалу T , причому цей інтервал однозначно залежатиме від змінного параметра [8].

Якщо отримати з даної схеми практично застосовний пристрій, досить підключити паралельно конденсатору пороговий пристрій з двома стійкими станами, який при досягненні напругою U_c значення U_{c1} змінював би свій стан.

Структурна схема одного з варіантів такого ПВЧ приведена на рисунку 2.4.

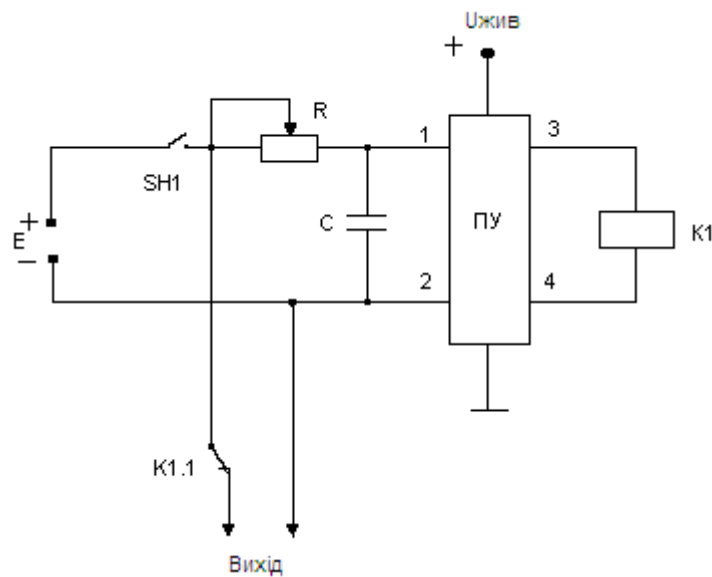


Рисунок 2.4 - Пристрій витримки часу

Для формування на виході пристрою функції $S(t)$ з двома стійкими станами використовується ключ $SH1$ і контакти реле $K1.1$.

У вихідному стані конденсатор C розряджений, ключ $SH1$ розімкнений, напруга на виході дорівнює нулю, движок резистора R встановлюється в певне, заздалегідь відоме положення, відповідне інтервалу часу T .

Пороговий пристрій включає реле $K1$ у випадку якщо напруга на виводах 1-2 стає більше деякого значення U_{c1} .

При замиканні ключа $SH1$ (зовнішня дія) на виході пристрою з'являється напруга $U_{вих} = E$. З цієї миті починає заряджати конденсатор C – починається формування інтервалу T . По закінченні часу T напруга на конденсаторі досягне рівня U_{c1} і пороговий пристрій включити реле $K1$. Своїми контактами $K1.1$ воно розімкне вихідний коло і напругу на виході знову стане рівним нулю ($U_{вих} = 0$). В даному випадку напруга 0 і E відповідають пасивному і активному стану.

Як пороговий пристрій можна використовувати яку або ключову схему. Конкретний варіант цієї схеми вибирає виходячи з умови здобуття максимально можливого вхідного опору, аби виключити його вплив на процес зарядки конденсатора. За часів панування лампової техніки як пороговий пристрій використовувалися тиратрони або газові стабілітрони, а з розвитком напівпровідникової електроніки стали застосовувати транзисторні ключі на польових транзисторах.

Напругу з виходу пристрою можна подати на будь-яке навантаження.

При всій очевидній простоті такого ПВЧ воно має ряд недоліків, які стали особливо сильно виявлятися при посилюванні вимог до точності завдання і відтворення інтервалу T . Як видно з схеми для завдання значення T використовується спосіб повороту движка змінного резистора на певний кут F . При цьому погрішність установки порядку одного градуса на одиоборотному змінному резисторі практично не помітна. Але в теж час така погрішність, особливо у високоомних резисторах, відповідає погрішності установки опору в декілька кілоом. При тривалих витримках часу (порядку декілька годин) це приведе до погрішності порядку однієї хвилини. До того ж дуже важко буде знов встановити цю ж витримку ще раз, якщо движок резистора виявиться в іншому положенні [8].

Іншою причиною неточності є конденсатор, параметри якого (особливо в електролітичного) нестабільні в часі. Ця нестабільність може привести до

того що різниця між інтервалами витримок о 1 годині при першому і другому запуску ПВЧ складе порядку 2...3 хвилини (дані для електролітичного конденсатора).

Зміна напруги живлення також наводить до зміни тривалості витримки.

Для зниження впливу цих причин доводилося використовувати прецизійні змінні резистори, що здорожують у декілька разів весь пристрій, застосовувати спеціальні засоби стабілізації напруги живлення і тому подібне

З розвитком цифрової техніки, і зокрема з появою швидкодіючих цифрових лічильників, з'явилася можливість істотно поліпшити параметри ПВЧ шляхом того, що передивляється сам принцип роботи. Згідно новому принципу побудови ПВЧ як інтервал T береться не час зарядки конденсатора а час декількох його перезарядок. Переваги такого ПВЧ очевидні – резистор можна зробити постійним і недорогим, а як конденсатор застосувати неелектролітичний, малій ємкості [9]. Недолік ПВЧ подібної конструкції – дискретна сітка витримок часу – легко усувається шляхом зниження часу однієї перезарядки до значення порядку $10e^{-3}$ с і нижче (частота перезарядок >1 КГц). Як пристрій, який автоматично виробляє перезарядку конденсатора цілком природно використовувати RC-генератор. Структурна схема такого ПВЧ приведена на рисунку 2.5.

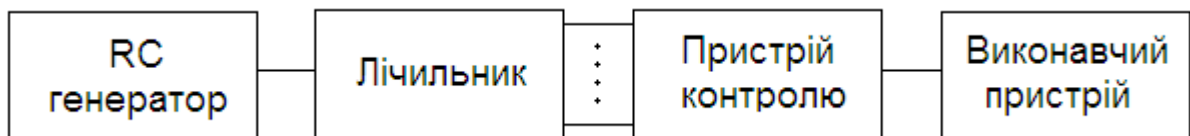


Рисунок 2.5 – Структурна схема пристрою витримки часу

Імпульси з генератора, період яких відповідає часу однієї перезарядки конденсатора, поступають на вхід цифрового лічильника імпульсів. З виходу лічильника число імпульсів, що поступили, в двійковому коді подається на пристрій контролю (ПК). Як тільки число імпульсів досягне заданого значення, ПК посилає сигнал на виконавчий пристрій (ВП), який виробляє яке або дія. У реальних ПВЧ подібного типа пристрій контролю, окрім цього може

здійснювати блокування лічильника, зупинку генератора, включення сигналізації і тому подібне

Ще одна перевага подібних ПВЧ полягає в тому, що для підвищення точності витримки часу можна взагалі відмовитися від використання в генераторі часозадаючого RC-кола, застосувати замість нього стабільніші елементи, наприклад кварцові резонатори.

2.2 Аналіз структурної схеми фотореле-таймера

Структурна схема фотореле-таймера повинна містити блок живлення, блоку завдання режимів таймера, аналогово-цифрового перетворювача, компаратора, блоку узгодження з колом навантаження (рис. 2.6).

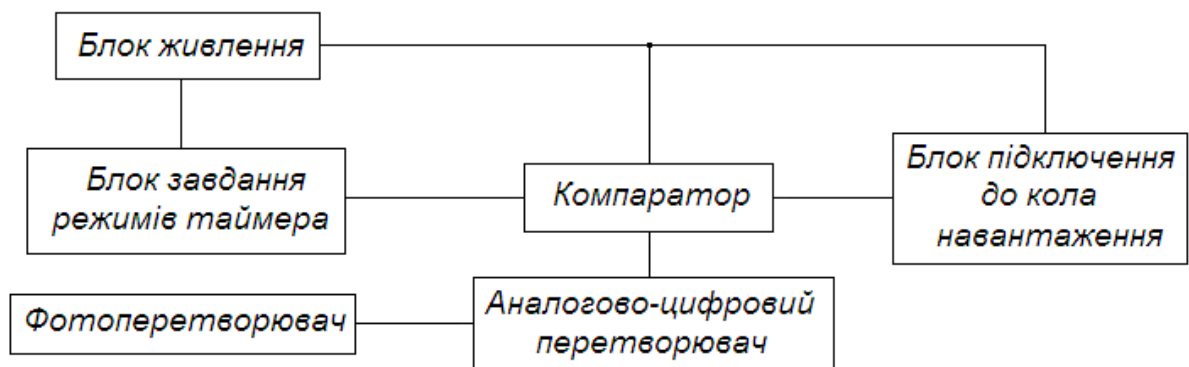


Рисунок 2.6 – Аналітична схема фотореле-таймера

2.2.1 Моделювання блоку живлення

В даний час блоки живлення можуть мати як просту, так і вельми складну схемотехніку. Блоки електроживлення (БЕЖ) підвищеної складності характеризуються великим інтервалом вхідної напруги, захистом від перевантаження, високою мірою стабілізації вихідної напруги [10].

Схему БЕЖ доцільно будувати на основі дільника напруги, до складу якого включений елемент стабілізації [10]. Крім того, схема повинна містити випрямний міст для перетворення змінного струму в постійний. Пропонована схема БЕЖ представлена на рисунку 2.7.

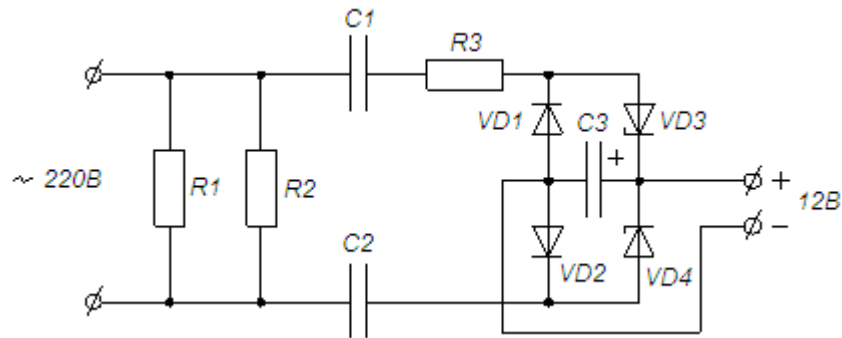


Рисунок 2.7 – Схема блоку живлення

Змінний струм, що поступає в схему, проходить через конденсатори $C1$ і $C2$, а також опір $R3$ і поступає на випрямний міст, зібраний за схемою Греца. Даний випрямний міст відноситься до двохнапівперіодного [11]. Він складається з двох напівпровідникових діодів, і двох стабілітронів. Міст в першому наближенні перетворить синусоїдальний сигнал в сигнал, що є його модулем.

Стабілітрони забезпечують стабілізацію вихідної напруги, встановлюючи його фіксований рівень при зворотному зсуві в режимі лавинного пробою. Стабілітрони повинні мати напругу стабілізації, рівну номінальній вихідній напрузі БЕЖ. Таким чином, вхідна напруга падає на реактивному опорі конденсаторів $C1$ і $C2$, резисторі $R3$ і випрямному мосту. Конденсатор $C3$ необхідний для згладжування пульсацій напруги на виході.

Опори $R1$ і $R2$ підключені безпосередньо до джерела живлення. Вони замикають струмовий контур для конденсаторів $C1$ і $C2$, на яких після відключення БЕЖ від живлячої мережі може накопичуватися значний заряд, що створює певну небезпеку при тому, що стосується контактів. Резистори $R1$ і $R2$ дозволяють розрядити ці конденсатори за вельми короткий час. Але це

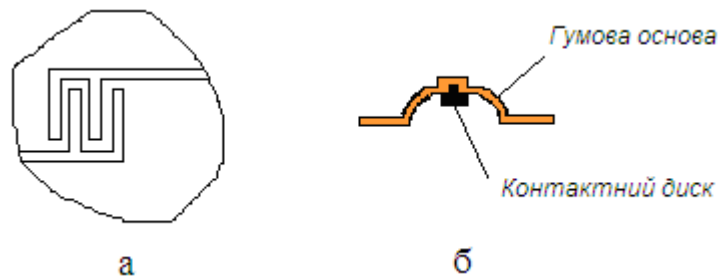
буде можливим, лише якщо до блоку живлення підключено навантаження, оскільки сам по собі міст Греца майже повністю розриває коло.

2.2.2 Блок завдання режимів таймера

Блок завдання режимів таймера повинен містити не менше дванадцяти клавіш.

Як показав аналіз різних конструктивних варіантів клавіатур, а також огляд клавіатур, що промислово випускаються, найбільш прийнятна конструкція фірми “TESLA” типа GP-8213.

Конструкція є пластиною з діелектричного матеріалу (склотекстоліт) на якій методом хімічного травлення виконані контактні майданчики. Для замикання між собою цих контактів використовується гумовий диск, на який напилена тонка плівка електропровідного матеріалу. Диск приклеюється до гумової підстави, яка виконує роль пружини (рис. 2.8).



а – контактний майданчик;

б - кнопка

Рисунок 2.8 – Контактна кнопка клавіатури

При натисненні на клавішу контактний диск притискається до металевих контактних майданчиків і замикає їх між собою. Як показали виміри, не дивлячись на те, що електропровідний шар досить тонкий, опір такого контакту складає приблизно 60 Ом, що сповна прийнятно для управління цифровими мікросхемами ТТЛ (ТТЛШ).

Шифратор (кодер) – пристрій комбінаційного типу, призначений для перетворення управляючих сигналів (команд), що поступають на його входи, в n – розрядний двійковий код. Для перетворення коду кнопочового пульта в чотирьохрозрядне двійкове число досить використовувати лише 10 входів, тоді як повне число можливих входів дорівнює 16 ($n = 2^4 = 16$), тому шифратор "10 в 4" буде неповним [12].

Таблиця 2.1 – Таблиця істинності чотирьохрозрядного шифратора

Входи	Виходи			
	F4	F3	F2	F1
X0	0	0	0	0
X1	0	0	0	1
X2	0	0	1	0
X3	0	0	1	1
X4	0	1	0	0
X5	0	1	0	1
X6	0	1	1	0
X7	0	1	1	1
X8	1	0	0	0
X9	1	0	0	1

Рівняння функціонування шифратора:

$$F1 = X1 + X3 + X5 + X7 + X9;$$

$$F2 = X2 + X3 + X6 + X7;$$

$$F3 = X4 + X5 + X6 + X7;$$

$$F4 = X8 + X9.$$

Схема, реалізована на елементах АБО, приведена на рисунку 2.9.

Серед мікросхем серії 155 (555) є мікросхеми перетворювачі кодів, що виконують функцію "1 з 10" в двійковий код. Проте ці мікросхеми мають один істотний недолік – у них відсутні інверсні виходи. Це не дозволяє використовувати їх в даному кодері без вживання додаткових інверторів. Тому було прийнято рішення як кодер використовувати програмне застосування мікроконтролера.

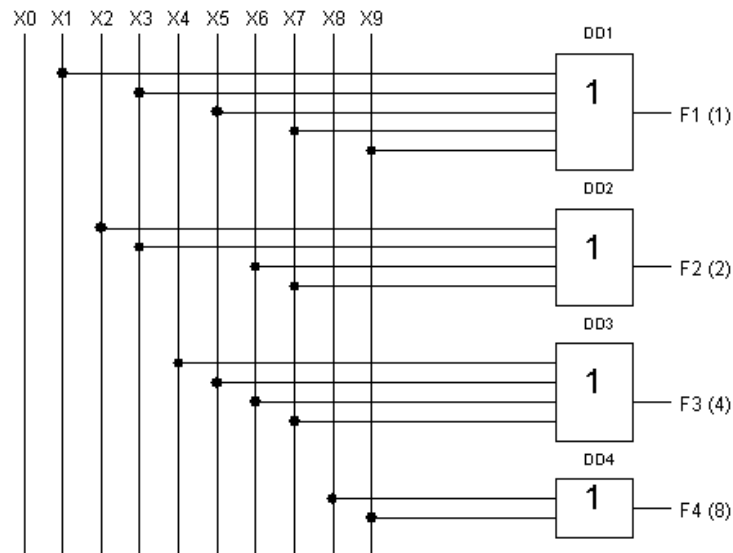


Рисунок 2.9 – Функціональна схема чотирьохрозрядного шифратора

2.2.2 Схема аналогово-цифрового перетворювача

Вибравши як аналогово-цифрове перетворення метод з інтеграцією і варіант з двома нахилами інтеграції (з подвійною інтеграцією), отримаємо хорошу лінійність характеристики, малі шуми і низьку вартість (рис. 2.10).

Реальний вихідний сигнал може містити шумові високочастотні складові, тому перед схемою АЦП формується фільтр нижніх частот, що подавляє шуми [5].

АЦП паралельного типу здійснюють квантування сигналу одночасно з допомогою набору компараторів, включених паралельно джерелу вхідного сигналу [10]. На рисунку 2.11 показана реалізація паралельного методу АЦ-перетворення для 3-розрядного числа. За допомогою трьох двійкових розрядів можна представити вісім різних чисел, включаючи нуль. Необхідно сім компараторів. Реальний вихідний сигнал може містити шумові високочастотні складові, тому перед схемою АЦП формується фільтр нижніх частот, що подавляє шуми [5]. Сім відповідних еквідистантних опорних напруг утворюються за допомогою резистивного дільника.

Якщо прикладена вхідна напруга не виходить за межі діапазону

Перетворення цієї групи коду в тризначне двійкове число виконує логічний пристрій, званий пріоритетним шифратором .

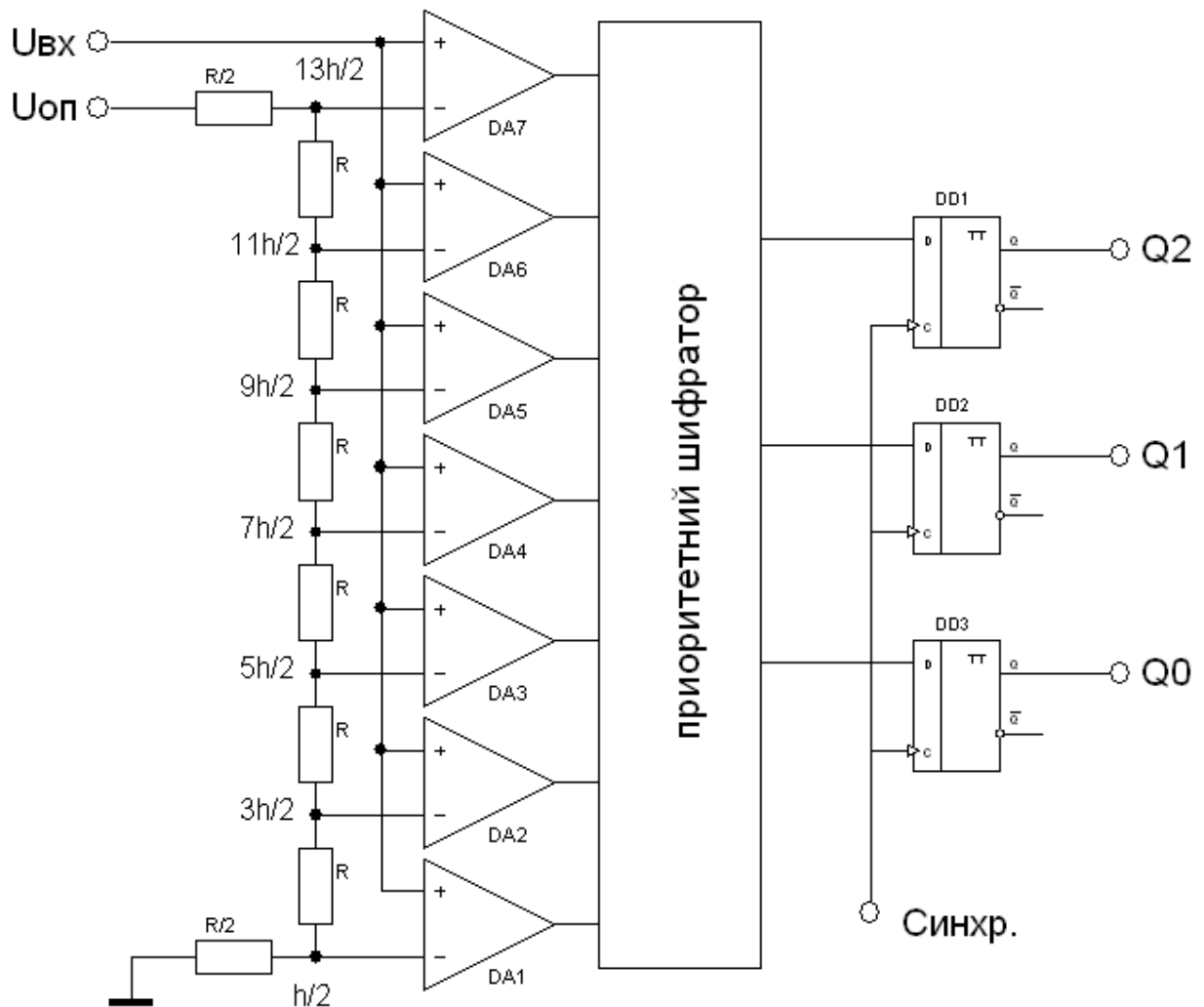


Рисунок 2.11 – АЦП паралельного типу

2.2.3 Схема компаратора

Відповідно до завдання цифровим компаратором є схема порівняння багаторозрядних чисел. У даному випадку порівнюється цифровий код на виході АЦП (A3A2A1A0) з кодом заданим цифровим еталоном (B3B2B1B0) [10].

Два кода A і B вважаються рівними, якщо попарно рівні їх однойменні розряди. Функція $F(A=B)$ дорівнює 1, якщо $a_i=v_i$ для всіх i , інакше її значення дорівнює нулю. Компаратор повинен виробляти сигнали у випадках коли коди різняться між собою $A>B$ і $A<B$. Порівняння проводиться з старших розрядів. Розробляємий цифровий компаратор функціонує згідно з таблицею 2.2.

Таблиця 2.2 - Функціональна таблиця цифрового компаратора

V_3, A_3	V_2, A_2	V_1, A_1	V_0, A_0	$A>B$	$A<B$	$A=B$
$V_3>A_3$	×	×	×	0	1	0
$V_3<A_3$	×	×	×	1	0	0
$V_3=A_3$	$V_2>A_2$	×	×	0	1	0
$V_3=A_3$	$V_2<A_2$	×	×	1	0	0
$V_3=A_3$	$V_2=A_2$	$V_1>A_1$	×	0	1	0
$V_3=A_3$	$V_2=A_2$	$V_1<A_1$	×	1	0	0
$V_3=A_3$	$V_2=A_2$	$V_1=A_1$	$V_0>A_0$	0	1	0
$V_3=A_3$	$V_2=A_2$	$V_1=A_1$	$V_0<A_0$	1	0	0
$V_3=A_3$	$V_2=A_2$	$V_1=A_1$	$V_0=A_0$	0	0	1

Порівняння виробляється із старших розрядів. Якщо вони різні, то ці розряди і визначають результат порівняння, якщо вони рівні – виробляється порівняння подальших молодших розрядів.

Розглянемо випадок порівняння одного i -розряду (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Порівняння i -розряду

A_iB_i	$A_i>B_i$	$A_i<B_i$	$A_i=B_i$
00	0	0	1
01	0	1	0
10	1	0	0
11	0	0	1

Згідно з таблицею 2.3 рівняння функціонування схеми порівняння i -розряду:

$$F_{A>B} = \overline{AB};$$

$$F_{A<B} = \overline{A\overline{B}};$$

$$F_{A=B} = AB + \overline{A\overline{B}} = \overline{A \oplus B}.$$

Згідно з рівняннями і таблицею 2.2 складемо рівняння функціонування чотирьох розрядного цифрового компаратора.

$$F_{A=B} = \overline{(A3 \oplus B3)(A2 \oplus B2)(A1 \oplus B1)(A0 \oplus B0)};$$

$$\begin{aligned} F_{A<B} &= \overline{A3B3} + \overline{(A3 \oplus B3)A2B2} + \overline{(A3 \oplus B3)(A2 \oplus B2)A1B1} + \overline{(A3 \oplus B3)(A2 \oplus B2)(A1 \oplus B1)A0B0} \\ &= \overline{A3B3} + (\overline{A3B3} + A3B3) \cdot \overline{(A2\overline{B2} + \overline{A2B2} + A2B2)(A2\overline{B2} + A1\overline{B1} + A1A0\overline{B0} + \overline{B1A0B0})} = \\ &= \overline{A3B3} + (\overline{A3B3} + A3B3) \cdot \overline{A3B3} + \overline{(A2\overline{B2} + \overline{A2B2} + A2B2)(A2\overline{B2} + A1\overline{B1} + A1A0\overline{B0} + \overline{B1A0B0})} = \\ &= (A3 + \overline{B3}) \cdot \overline{A3B3} + \overline{(A2 + \overline{B2})(A2\overline{B2} + A1\overline{B1} + (A1 + \overline{B1})A0\overline{B0})} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{A>B} &= \overline{A3B3} + \overline{(A3 \oplus B3)A2\overline{B2}} + \overline{(A3 \oplus B3)(A2 \oplus B2)A1\overline{B1}} + \overline{(A3 \oplus B3)(A2 \oplus B2)(A1 \oplus B1)A0\overline{B0}} \\ &= \overline{A3B3} + (\overline{A3B3} + A3B3) \cdot \overline{(A2\overline{B2} + \overline{A2B2} + A2B2)(\overline{A2B2} + A1\overline{B1} + A1A0\overline{B0} + \overline{B1A0B0})} = \\ &= \overline{A3B3} + (\overline{A3B3} + A3B3) \cdot \overline{A3B3} + \overline{(A2\overline{B2} + \overline{A2B2} + A2B2)(\overline{A2B2} + A1\overline{B1} + A1A0\overline{B0} + \overline{B1A0B0})} = \\ &= (A3 + \overline{B3}) \cdot \overline{A3B3} + \overline{(A2 + \overline{B2})(\overline{A2B2} + A1\overline{B1} + (A1 + \overline{B1})A0\overline{B0})} \end{aligned}$$

Розрахована структурна схема цифрового компаратора представлена на рисунку 2.12. Їй повністю відповідає мікросхема К555СП1. Мікросхема призначена для порівняння чотирьохрозрядних двійкових чисел, представлених в прямому коді.

У якості цифрового еталону використаємо цифрову схему на логічних елементах яка постійно видає код 1010, який в десятинному еквіваленті відповідає цифрі 12.

Схема включення цифрового комутатора для порівняння цифрового коду аналогово-цифрового перетворювача з кодом цифрового еталону представлена на рисунку 2.13.

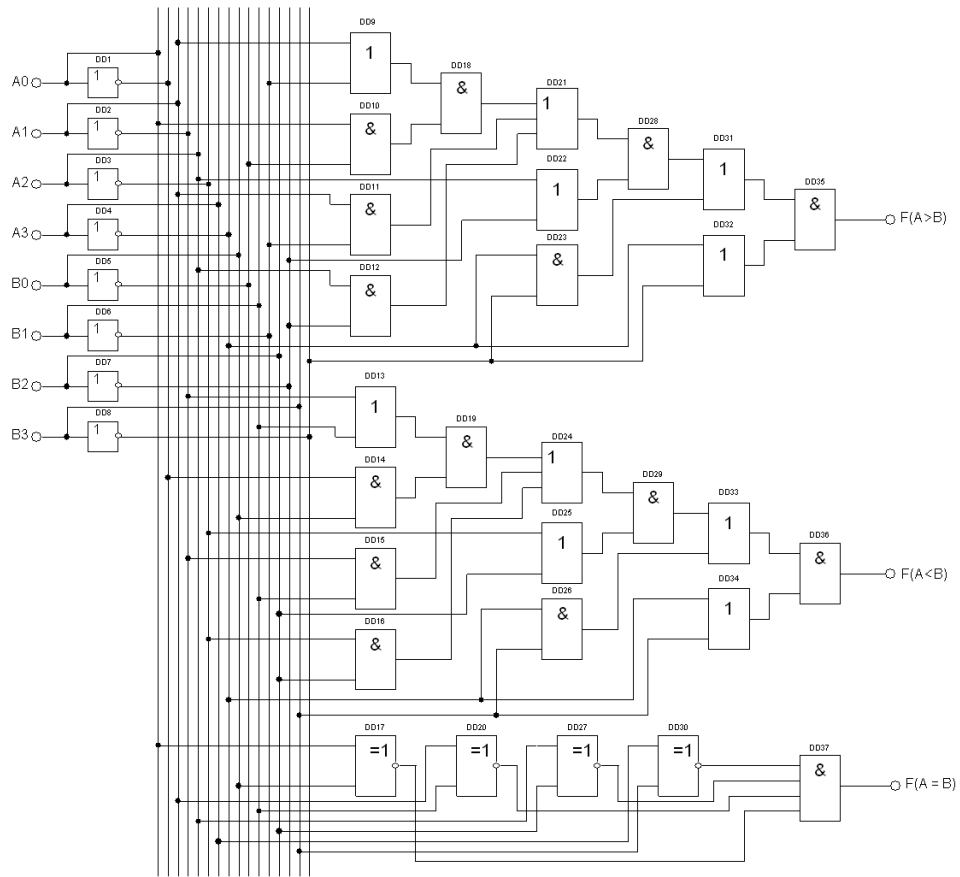


Рисунок 2.12 – Розрахована структурна схема цифрового компаратора

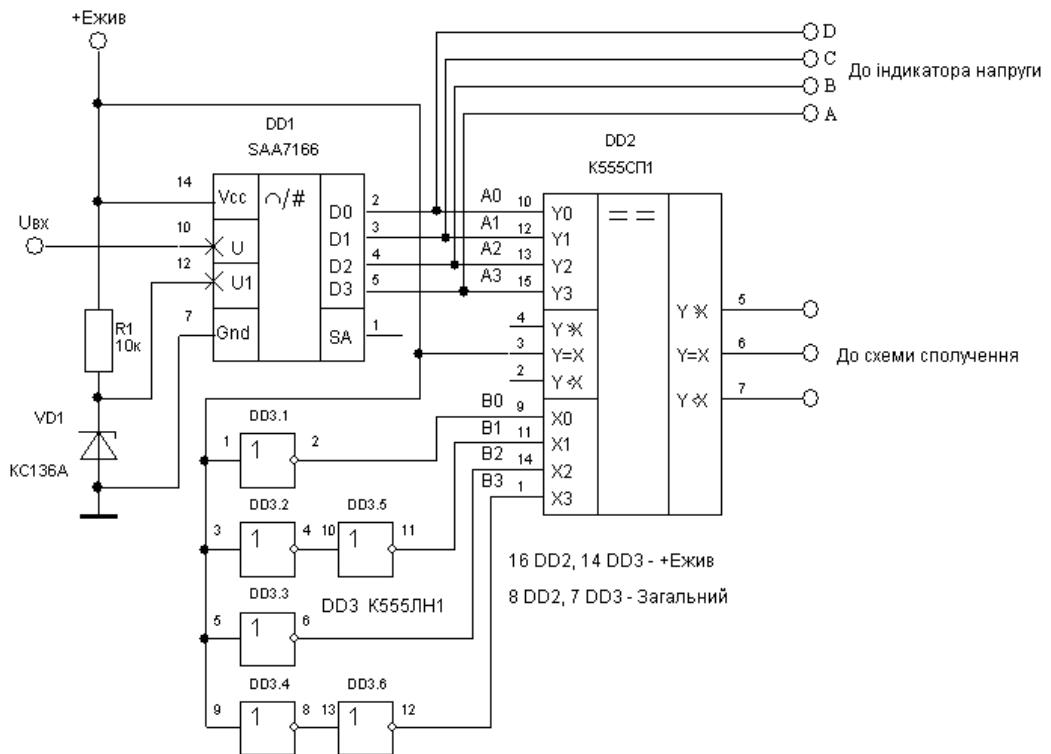


Рисунок 2.13 - Схема включення цифрового компаратора

2.2.4 Блок узгодження з колом навантаження

Виконавчий пристрій повинен забезпечувати включення навантаження на час витримки або після цього часу. Принципова схема цього блоку представлена на рисунку 2.14.

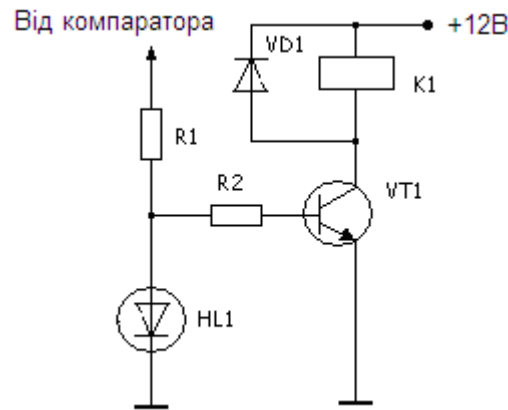


Рисунок 2.14 - Блок узгодження з колом навантаження

Світлодіод HL1 служить для індикації включення навантаження. Окрім цього він, спільно з R1 виконує роль дільника напруги. З виходу цього дільника через резистор R2 напруга подається на базу транзистора VT1 і відкриває його. Резистор R2 обмежує струм бази транзистора і, тим самим, запобігає його впливу на компаратор. Його опір необхідно вибирати по можливості більше. У нашому випадку воно було підібране експериментально і рівне 10 кОм. У колекторне коло транзистора включається реле K1, яке своїми контактами управляє навантаженням. Діод VD1 необхідний для замикання струмів самоіндукції, реле, що виникають в обмотці, при замиканні транзистора. Тим самим він запобігає пробією транзистора, а також виникненню перешкод по колу живлення мікросхем. Опір резистора R1 вибраний експериментально, по прийнятній яскравості свічення світлодіода.

Аналіз структурної схеми фотореле-таймера показує раціональність використання в схемі мікроконтролера, що зменшить кількість елементів схеми, вбудований генератор тактових імпульсів, зменшення споживаної потужності схеми.

2.3 Фотореле-таймер на мікроконтролері

Аналітичний огляд схемних рішень складових фотореле-таймера дозволяє побудувати функціональну схему (рис. 2.15).

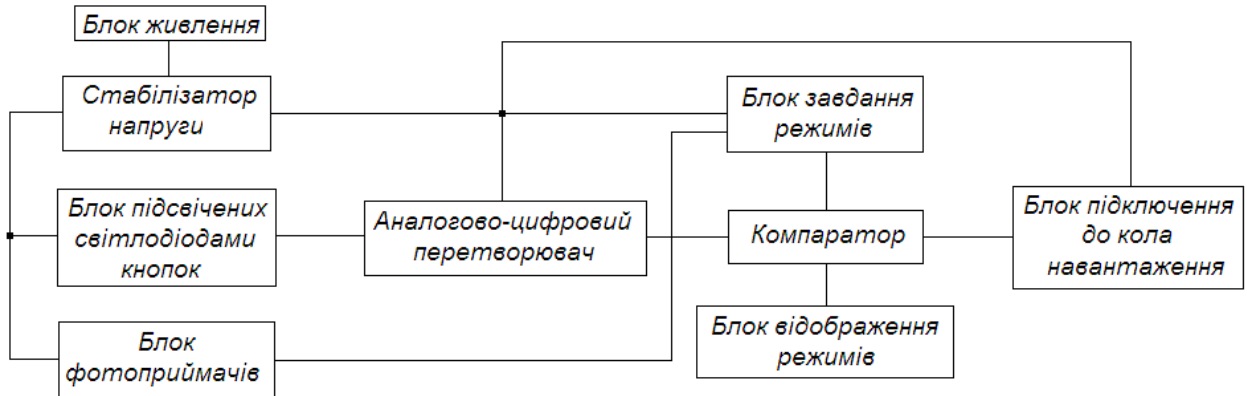


Рисунок 2.15 – Функціональна схема фотореле-таймеру на мікроконтролері

Аналогово-цифровий перетворювач і компаратор замінено на мікроконтролер з програмно заданою частотою функціонування. Оберемо мікроконтролер PIC12F675 (рис. 2.16).

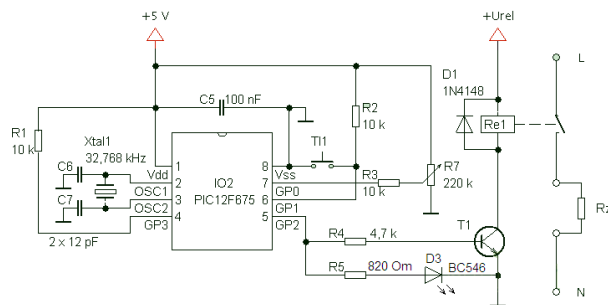


Рисунок 2.16 – Фотореле на мікроконтролері PIC12F675

Він має вбудований десяти розрядний АЦП, що перетворює напругу яка знімається з фотоелементів, в число, яке програма порівнює з пороговим значенням, що зберігається в пам'яті мікроконтролера.

Поставимо завдання обробки інформації схемою фотореле-таймеру на мікроконтролері. Якщо в темний час доби натиснути на одну зі встановлених в під'їзді підсвічених світлодіодами кнопок, пристрій включить в нім світло на заданий час. Проте його можна використовувати і для автоматичного

задається користувачем. Максимальне значення цього параметра – 60. Через 3 с після відпуску кнопки червоний сигнал блимне ще раз, підтверджуючи, що задане число записане в незалежну пам'ять мікроконтролера.

При нижньому положенні перемички S1 натиснення на кнопку SB2 – команда програмі записати в пам'ять мікроконтролера значення напруги, що поступає з фотоелементів 1BL1... nBL1, підключених до роз'єму X3. Після відпускання кнопки запис підтверджується короткочасним включенням червоного сигналу. Коли освітленість фотоелементів більше зафіксованої, натиснення на кнопки 1SB1...nSB1 не наводять до спрацьовування реле K1 і включенню освітлення.

При першому включенні фотореле витримка часу – 1 хвилина, поріг освітленості такий, що освітлення не включається навіть при повному затемненні фотоелементів.

Робоче положення перемички S1 – нижнє (за схемою). За 20 с до закінчення заданої витримки починають блимати з частотою 1 Гц світлодіоди 1HL1...nHL1, попереджаючи про швидке виключення освітлення. Якщо в цей час натискувати на будь-яку з кнопок 1SB1...nSB1 і утримувати її близько 2 с, витримка буде продовжена на хвилину, а свічення світлодіодів знов стане безперервним. Коли до закінчення додаткового часу залишиться 20 с, світлодіоди знов заблимають і витримку можна буде продовжити ще на хвилину. Цю процедуру можна повторювати необмежене число разів.

Якщо відключити від роз'єму X2 світлодіоди і кнопки і з'єднати його контакти перемичкою, пристрій включатиме світло в приміщенні або на вулиці при освітленості фотоелемента (він може бути єдиним) нижче пороговою або вимикати його в зворотному випадку. Автоматичного виключення освітлення через заданий час в цьому випадку не буде.

Ще один варіант – відключити від роз'єму X3 фотоелементи, з'єднавши його контакти перемичкою. Тепер кнопкою, підключеною до роз'єму X2, можна включати освітлювальні лампи або інше навантаження на заданий час. Витримку задають так само, як і в основному режимі. Її можна подовжувати

на хвилину необмежене число разів. Хоча фотоеlementи в цьому режимі відсутні, поріг спрацьовування фотореле все-таки потрібно встановити, натисканням на кнопку SB2 при встановленій в робоче положення перемицці S1.

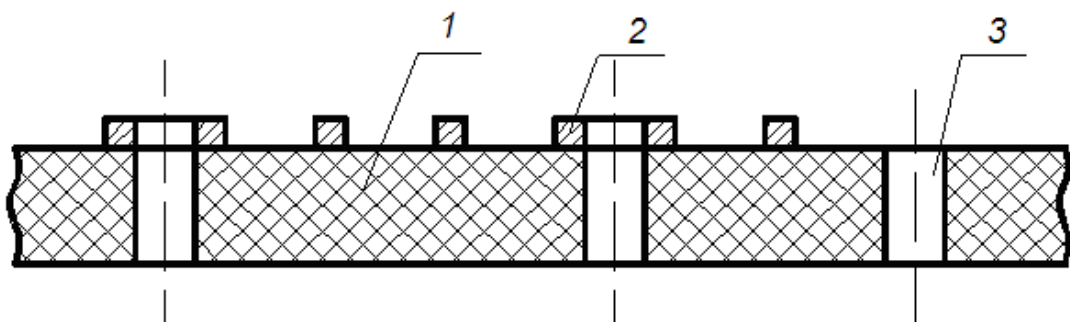
Мікроконтролер приладу працює з внутрішнім тактовим RC-генератором. Його частота встановлена максимально близькою до номінальної (4 МГц) за допомогою програмної коректуючої константи. Для відліку часу використані запити переривання які формує шістнадцятирозрядний таймер TMR1 мікроконтролера. Виміряна при кімнатній температурі погрішність відліку 60-хвилинного інтервалу не перевищила 1 с.

2.4 Розробка топології печатної плати фотореле-таймеру

Печатні плати діляться на односторонні, двосторонні, багат шарові [8].

Односторонні печатні плати (рис. 2.18) характеризуються:

- низькою вартістю;
- підвищеною точністю виконання провідного рисунка;
- відсутністю металізованих отворів;
- установкою виробів електронної техніки на поверхню печатної плати з сторони, протилежної до сторони паяння, без додаткового ізоляційного покриття.



- 1 – матеріал підстави;
- 2 – провідний рисунок;
- 3 – крізний отвір

Рисунок 2.18 – Одностороння печатна плата

Конструювання функціональних модулів на печатних платах виробляють наступними способами: моносхемним, схемно-вузловим, функціонально-вузловим [8].

Моносхемний спосіб застосовують для нескладної радіоелектронної апаратури. В цьому випадку вся електрична схема розташовується на одній печатній платі. Моносхемний метод має обмежене використання, оскільки дуже складні печатні плати незручні при налаштуванні і ремонті радіоелектронної апаратури.

Схемно-вузловий спосіб застосовують при виробництві масової і серійної радіоелектронної апаратури. При цьому методі частина електричної схеми, що має чіткі вхідні і вихідні кола (каскади УВЧ, блоки розгортки і т. п.), розташовується на окремій платі. Ремонтопридатність таких виробів більша. Недолік – складність системи сполучних дротів, що зв'язують окремі плати.

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

Розрізняють три методи виконання печатних плат: ручний, напівавтоматизований і автоматизований.

При ручному методі розміщення виробів електронної техніки на печатну плату і трасування печатних провідників здійснює безпосередньо конструктор. Даний метод забезпечує оптимальний розподіл провідного рисунка.

При напівавтоматизованому методі конструювання можливі три варіанти:

- розміщення навісних виробів електронної техніки за допомогою комп'ютера при ручному трасуванні печатних провідників;
- ручне розміщення виробів електронної техніки при автоматизованому трасуванні печатних провідників;
- ручне розміщення виробів електронної техніки при ручному трасуванні печатних провідників з автоматизованим перенесенням рисунка на машинні носії.

Моделювання печатної плати виконане в програмному застосуванні Layout 40 (рис. 2.19).

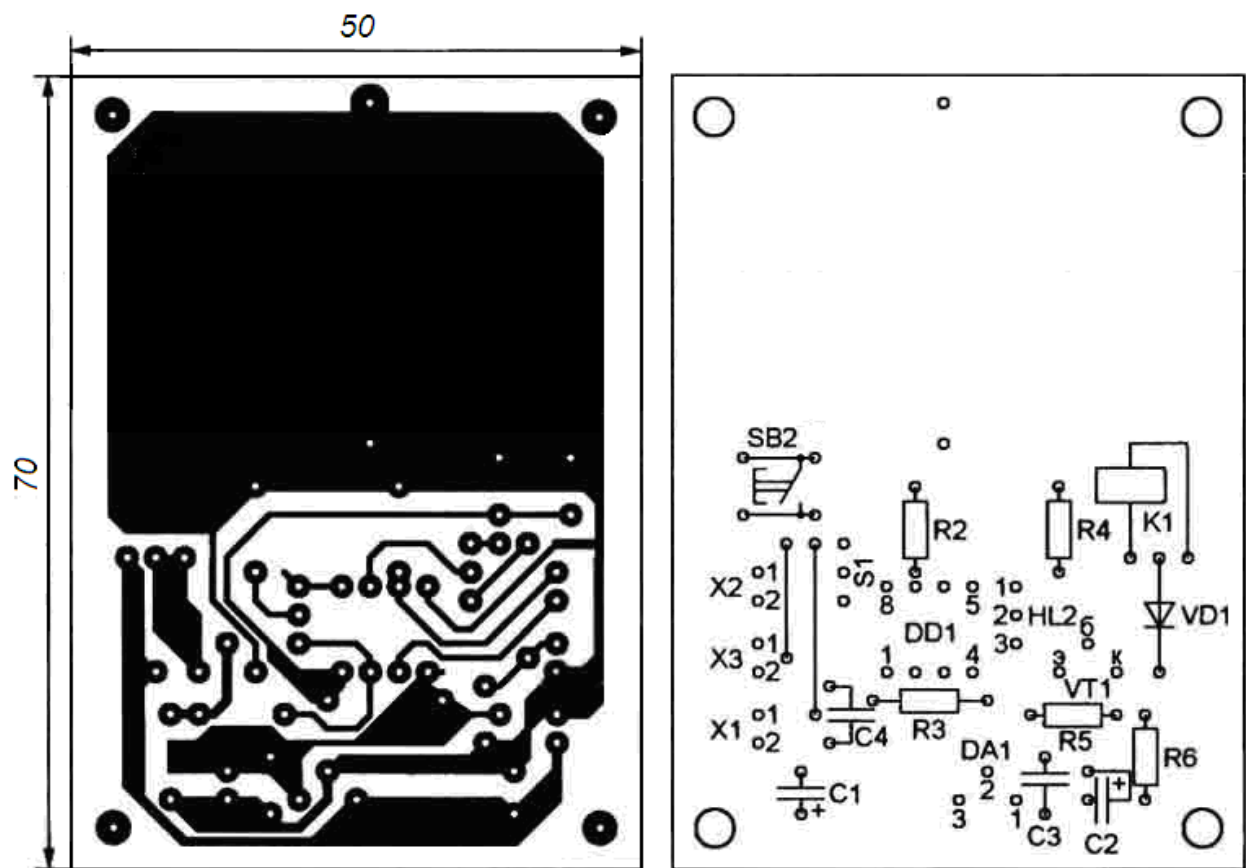


Рисунок 2.19 – Печатна плата фотореле-таймеру на мікроконтролері

Фотореле виконане на печатній платі з фольгованого діелектрика товщиною 1 мм. Вільне місце в її верхній (по кресленню) частині займає реле – TRL-12VDC фірми ТТІ з котушкою на напругу 12 В (струм – близько 70 мА). Кожна група контактів цього реле, а їх дві, здатна комутувати коло змінної

напруги 220 В при струмі до 10 А. Кнопка SB2 – TS-A1PS-130. Роз'єми – PLS-R.

Плата поміщена в пластмасовий корпус, в передній панелі якого передбачений отвір для світлодіода HL2. Якщо прилад передбачається використовувати лише як таймер, сюди ж можна вивести кнопку SB2, а замість перемикача S1 застосувати перемикач, також встановивши його на передній панелі. Живлення приладу виробляється від будь-якого джерела постійної напруги 12 В, здатного віддавати струм 100 мА.

Замість двобарвного світлодіода L-59EGW підійде АЛС331 АМ. Якщо ж необхідності в контролі включення реле К1 немає, то можна обійтися звичайним світлодіодом червоного кольору свічення, наприклад, АЛ307БМ, підключивши його до виводу 5 мікроконтролера.

Світлодіоди підсвічування КИПД05В-Ж можна замінити будь-якими слабкострумівими, відповідними за кольором свічення. Але слід пам'ятати, що після такої заміни, ймовірно, буде потрібно підбірку резисторів $1R1 \dots nR1$ і може збільшитися струм, споживаний від лінії GP5 мікроконтролера. Це приведе до обмеження числа світлодіодів підсвічування, що одночасно підключаються до приладу.

Розроблений фотореле-таймер на мікроконтролері можна використовувати і для автоматичного включення і виключення нічного освітлення у дворі або на вулиці, і навіть як звичайний таймер, що включає на певний час будь-яке навантаження.

3 Техніко-економічне обґрунтування розробки схеми мікроконтролерного фотореле-таймера для систем освітлення

3.1 Обґрунтування вибору технології виготовлення схеми фотореле-таймера для систем освітлення

Топологічний аналіз показує, що пристрій може бути реалізований у вигляді малогабаритного мікромодуля і виконаний за сучасною маловитратною технологією тонкоплівкових гібридних мікроборок, 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 фотореле-таймера для систем освітлення проаналізуємо ієрархії чотирьох варіантів (табл. 3.1), враховуючи шкалу відносної важливості (табл. 3.2) [13].

Таблиця 3.1 - Можливі варіанти технологій виробництва системи

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 композитних плівок.
C	Тонкоплівкових гібридних інтегральних схем	Всі елементи та між елементні з'єднання виконані у вигляді тонких плівок провідних та резистивних матеріалів.
D	Тонкоплівкових гібридних мікроборок	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) [13].

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 i -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
Σ							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 $i = 1, 2, 3, 4$.

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

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

Таблиця 3.4 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «швидко-дія»

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
	Σ				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
	Σ				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
	Σ				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
Σ					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
Σ					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
Σ					5,47	1,00

Глобальний пріоритет для кожної альтернативи обчислюється як сума добутків кожного локального пріоритету на його ваговий коефіцієнт (табл.. 3.10) [13].

З порівняння глобальних пріоритетів різних технологій видно, що найбільшим є пріоритет у варіанта реалізації схеми системи зовнішнього освітлення 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 проведено порівняння чотирьох типів технологій реалізації схеми фотореле-таймера для систем освітлення 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 фотореле-таймера для систем освітлення.

3.2 Розрахунок витрат на виробництво схеми фотореле-таймера

для систем освітлення

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

Витрати на матеріали і напівфабрикати склали 448,2 грн.

Таблиця 3.11 – Розрахунок вартості матеріалів на виробництво схеми фотореле-таймера

Матеріали	Одиниця виміру	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Усього витрат, грн.
Фотоелемент BPV10NF	шт.	10	15	150
Світлодіоди КИПДО5В-Ж	шт.	10	25	250
Стабілізатор 78L05	шт.	1	18	18
Кнопки 15Z-N	шт.	15	3	45
Індикатор L-59EGW	шт.	1	32	32
Транзистори КТ503В	шт.	5	12	60
Мікросхема LM3914	шт.	1	15,90	15,90
Мікроконтролер PIC12F675	шт.	2	40	80
Реле LEG12	шт.	1	18	18
Конденсатори К50-33-25В	шт.	10	0,59	5,90
Резистори С2-23-0,125 ±10%	шт.	10	0,41	4,10
Конденсатор К70-7	шт.	12	2	24
Роз'єм VPН8486	шт.	1	16	16
Резистор МЛТ 0,125	шт.	10	0,16	1,60
Фотодіоди ФД256	шт.	4	8,20	32,80
Транзистор КТ315А	шт.	2	5,00	10,00
Транзистор КП723А	шт.	2	15,00	30,00

Матеріали	Одиниця виміру	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Усього витрат, грн.
Фотоелемент BPV10NF	шт.	10	15	150
Світлодіоди КИПДО5В-Ж	шт.	10	25	250
Стабілізатор 78L05	шт.	1	18	18
Кнопки 15Z-N	шт.	15	3	45
Індикатор L-59EGW	шт.	1	32	32
Транзистори КТ503В	шт.	5	12	60
Всього				391,3

Таблиця 3.12 – Розрахунок вартості напівфабрикатів

Матеріали	Одиниця виміру	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Усього витрат, грн.
Фольгований текстоліт 40 × 60	шт.	5	40,00	40,00
Травильник	уп.	1	4,90	4,90
Трафарет	шт.	2	6	12,00
Всього				56,90

4 Охорона праці та техногенна безпека при розробці мікроконтролерного фотореле-таймера

4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Приміщення, в якому знаходиться робоче місце інженера електронщика, має такі характеристики: довжина приміщення 6.5 м; ширина приміщення 3.7 м; висота приміщення 3.5 м; число вікон 2; число робочих місць 3; освітлення природне (через бічні вікна) і загальне штучне. Загальна площа дорівнює 24.1 кв.м. Тобто на кожне робоче місце припадає по 8 кв.м., що відповідає нормам (не менше 6 кв.м.).

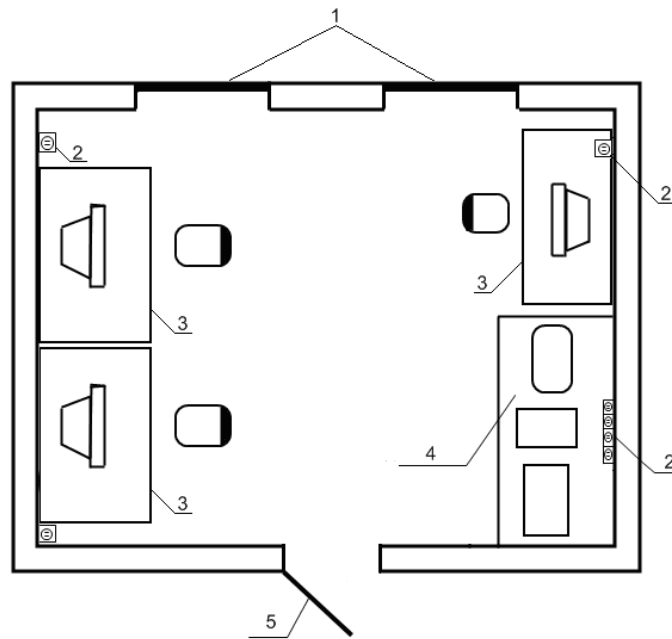
На рисунку 4.1 наведено план розташування робочих місць інженерів електронщиків. На робочому місці інженер електронщик піддається впливу наступних несприятливих факторів [11]:

- недостатнє освітлення;
- шум від працюючих машин (комп'ютерів, робочих стендів) На даному робочому місці шум непостійний. Джерелом шуму є робочі стенди. Шум діє на робітника протягом 5 годин;
- електромагнітне випромінювання. На робочому місці допустимі рівні електромагнітних випромінювань за електричної та магнітної складових в діапазоні 5...2000 Гц;
- виділення надлишків теплоти. Тепловий поріг починається з $J = 10 \text{ мВт/см}^2$;
- підвищена запиленість.

Розвитку стомлюваності на робочому місці сприяють такі чинники [12]:

- неправильна ергономічна організація робочого місця, нераціональні зони розміщення обладнання по висоті від підлоги, по фронту від осі симетрії. Робоча поза сидячи викликає мінімальне стомлення, тому велике значення надається характеристикам робочого крісла. Велике значення також надається правильній робочій позі користувача. Істотне значення для продуктивної і якісної роботи на комп'ютері мають розміри знаків, контраст і співвідношення яскравості символів і фону екрану. Під час користування комп'ютером медики радять встановлювати монітор на відстані 50...60 см від очей.

- характер протікання праці. Трудовий процес організований таким чином, що інженер електронщик змушений з перших хвилин робочого дня вирішувати найбільш складні і трудомісткі задачі, у той час як у перші хвилини роботи функціональна рухливість нервових клітин мозку низька. Тому дотримання правильного режиму праці і відпочинку при роботі грає дуже важливу роль.



- 1 – вікна;
- 2 – розетка;
- 3 – робоче місце;
- 4 – місце для стендів;
- 5 – двері

Рисунок 4.1 – План розташування робочих місць інженерів-електронщиків

Важливе значення має чергування праці та відпочинку, зміна одних форм роботи іншими.

Джерела небезпечних та шкідливих чинників на інженера електронщика [12]:

- рівень шуму в приміщенні протягом робочого дня непостійний (табл. 4.1). При цьому протягом однієї години діє шум з рівнем звуку 83 дБА, протягом наступних двох годинників $\frac{3}{4}$ з рівнем звуку 86 дБА, останню годину $\frac{3}{4}$ 81 дБА при тому що норматив повинен бути не більше 70 дБА. Основними джерелами шуму є: комп'ютери, робочі стенди. Отже, робоче місце по показнику рівня шуму відноситься до класу умов праці 3.2 – шкідливий.

- основним джерелом електромагнітного випромінювання приміщення є персональні комп'ютери з системними блоками Intel Pentium і моніторами SVGA Samsung, SyncMaster 450b.

Таблиця 4.1 Оцінка чинників виробничого і трудового процесу робочого місця інженера електронщика

№	Чинники виробничого середовища і трудового процесу	Нормативне значення	Фактичне значення	III клас: шкідливі і небезпечні умови			Тривалість дії чинників за зміну %
				I ступінь	II ступінь	III ступінь	
1	Пил, переважно фіброгенної дії. мг/м ³	4	3.9				50
2	Шум, дБА	70	83		13		75
3	Мікроклімат в приміщенні:						
	- температура повітря С°	22-24	18-24				100
	- швидкість руху повітря, м/с	0,1-0,2	0,15-0,2				100
	- відносна вологість повітря %	40-60	45-60				100

4.2 Заходи зі зменшення впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів

До засобів захисту відносяться: вентиляція, штучне освітлення, звукоізоляція. Існують нормативи, що визначають комфортні умови і гранично допустимі норми запиленості, температури повітря, шуму, освітленості. У системі заходів, що забезпечують сприятливі умови праці, велике місце відводиться естетичним чинникам: оформлення виробничого інтер'єру, обладнання, застосування музики та інші, які мають певний вплив на організм людини. Важливу роль відіграє забарвлення приміщень, яка повинна бути світлою. З метою запобігання або зменшення впливу на працюючих шкідливих і небезпечних виробничих чинників застосовують засоби колективного та індивідуального захисту.

Засоби колективного захисту призначені для [12]:

1) нормалізації повітряного середовища виробничих приміщень і робочих місць (вентиляція, кондиціонування, опалення, автоматичний контроль і сигналізація);

2) нормалізації освітлення виробничих приміщень і робочих місць (джерела світла, освітлювальні прилади, світлозахисне обладнання, світлофільтри). При недоліку природного освітлення необхідно буде користуватися штучним. Як джерела світла при штучному освітленні рекомендується застосовувати переважно люмінесцентні лампи типу ЛБ;

захисту від іонізуючих, інфрачервоних, ультрафіолетових, електромагнітних, лазерних, магнітних та електричних полів (огородження, герметизація, знаки безпеки, автоматичний контроль і сигналізація, дистанційне керування тощо);

3) захисту від шуму, вібрації (огородження, звукоізоляція, віброізоляція). Для зменшення рівня шуму, який перевищує норму в лабораторному приміщенні можна застосовувати оздоблювальні матеріали з шумопоглинаючим ефектом;

4) захисту від ураження електричним струмом (різні види огородження, захисне заземлення, автоматичне відключення, дистанційне керування).

5) забезпечення недоступності струмоведучих частин досягається ізолюванням струмовідних кабелів і проводів;

6) захисту від дії механічних факторів (огородження, автоматичний контроль і сигналізація, знаки безпеки);

7) захисту від хімічних факторів (огородження, герметизація, вентиляція та очищення повітря, дистанційне керування, знаки безпеки);

8) захисту від високих і низьких температур навколишнього середовища (огородження, автоматичний контроль і сигналізація, термоізоляція, дистанційне керування).

4.3 Виробнича санітарія

Оскільки у приміщенні присутнє лабораторне устаткування, комп'ютери, шафи та робоча документація, то спостерігається деяка запиленість. За нормою запиленість в приміщенні не повинна перевищувати 4 мг/м^3 , а в даному приміщенні вона складає $3,9 \text{ мг/м}^3$.

Для запобігання дещо підвищеної запиленості рекомендується встановлювати витяжні пристрої, а також проводити вологе прибирання лабораторного приміщення, а перед початком і після кожної академічної години навчальних занять, до і після кожного заняття провітрювати приміщення, що забезпечить поліпшення якісного складу повітря.

Раціональне колірне оформлення приміщення направлено на поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці, підвищення її продуктивності та безпеки. Забарвлення приміщень впливає на нервову систему людини, його настрої і в кінцевому рахунку на продуктивність праці. Основні виробничі приміщення доцільно офарблювати відповідно до кольору технічних засобів. Освітлення приміщення і устаткування має бути м'яким, без блиску.

Зниження шуму, створюваного на робочих місцях лабораторного приміщення внутрішніми джерелами, а також шуму проникаючого зовні, є дуже важливим завданням. Зниження шуму в джерелі випромінювання можна забезпечити застосуванням пружних прокладок між підставою приладу і опорною поверхнею. Як прокладки використовуються гума, повсть, пробка, різної конструкції амортизатори. Під настільні шумливі апарати можна підкладати м'які килимки з синтетичних матеріалів, а під ніжки столів, на яких вони встановлені, - прокладки з м'якої гуми, повсті, завтовшки 6 - 8 мм. Кріплення прокладок можливе шляхом приклеювання їх до опорних частин [12].

Таким чином, для зниження шуму, створюваного на робочих місцях внутрішніми джерелами, а також шуму, що проникає з зовні необхідно: послабити шум самих джерел (застосування екранів, звукоізолюючих кожухів);

- знизити ефект сумарної дії відбитих звукових хвиль (звукопоглинаючі поверхні конструкцій);
- застосовувати раціональне розташування обладнання;
- використовувати архітектурно-планувальні і технологічні рішення ізоляцій джерел шуму.

Температура в приміщеннях є одним з провідних чинників, що визначають метеорологічні умови виробничого середовища. Високі температури надають негативну дію на здоров'я людини. Робота в умовах високої температури супроводжується інтенсивним потовиділенням, що приводить до обезводнення організму, втрати мінеральних солей і водорозчинних вітамінів, викликає серйозні і стійкі зміни в діяльності серцево-судинної системи, збільшує частоту дихання [12].

При низькій температурі висока відносна вологість збільшує тепловтрати організму в результаті інтенсивного поглинання водяними парами енергії випромінювання людини. Це веде до переохолодження організму – гіпотермії. Низька вологість викликає пересихання слизистих оболонок дихальних шляхів.

В приміщенні нормована температура повітря повинна складати в теплий період 22-24°C (в холодний період 21-23°C), відносна вологість 40-60 %, швидкість руху повітря 0,1-0,2 м/с.

Фактичні параметри: температура в теплий період – 18-24 °C, відносна вологість 45-60%, швидкість руху повітря 0,15-0,2 м/с.

У приміщеннях, обладнаних ПЕВМ, повинна проводитися щоденне, вологе прибирання і систематичне провітрювання після кожної години роботи на ПЕВМ. Рівні позитивних і негативних аероіонів в повітрі приміщень, де розташовані ПЕВМ, повинні відповідати санітарно-епідеміологічним нормативам, що діють.

Недостатнє освітлення робочого місця утрудняє тривалу роботу, викликає підвищене стомлення і сприяє розвитку короткозорості. Дуже низькі рівні освітленості викликають апатію, сонливість, а в деяких випадках спри-

яють розвитку відчуття тривоги. Таким чином буде доцільно зробити розрахунок фактичної освітленості приміщення [13].

4.4 Електробезпека

Електричні установки, до яких відноситься практично все обладнання ЕОМ, представляють для людини велику потенційну небезпеку, тому що в процесі експлуатації або проведенні профілактичних робіт людина може торкнутися частин, що знаходяться під напругою. Специфічна небезпека електроустановок: струмоведучі провідники, корпуси стійок ЕОМ і іншого устаткування, що опинилося під напругою в результаті пошкодження (пробою) ізоляції, не подають будь-яких сигналів, які попереджають людину про небезпеку. Реакція людини на електричний струм виникає лише при протіканні останнього через тіло людини. Виключно важливе значення для запобігання електротравматизма має правильна організація обслуговування діючих електроустановок, проведення ремонтних, монтажних і профілактичних робіт. При цьому під правильною організацією розуміється строге виконання ряду організаційних і технічних заходів і засобів, встановлених діючими "Правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів і правила техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів" (ПТЕ і ПТБ споживачів) і "Правила установки електроустановок" (ПУЕ) Залежно від категорії приміщення необхідно вжити певних заходів, що забезпечують достатню електробезпеку при експлуатації і ремонті електроустаткування. Так, в приміщеннях з підвищеною небезпекою електроінструменти, переносні світильники повинні бути виконані з подвійною ізоляцією або напруга живлення їх не повинна перевищувати 42 В. В особливо небезпечних приміщеннях напруга живлення переносних світильників не повинна перевищувати 12 В [12]. Приміщення, в якому знаходиться робоче місце інженера електронщика, класифікується як приміщення з підвищеною небезпекою.

Щоб захистити людину від ураження електричним струмом, захисне заземлення має задовольняти ряду вимог, викладених у ПУЕ і ГОСТ 12.1.030 - 81 "ССБТ. Електробезпека. Захисне заземлення. Занулення ». Ці вимоги залежать від напруги електроустановок та потужності джерела живлення. В електроустановках змінного струму напругою до 1000 В у мережі з ізольованою нейтраллю або ізольованим виводом джерела однофазного струму опір заземлювального пристрою не повинен перевищувати 4 Ом.

Важливо відзначити, що якщо занулений корпус одночасно заземлений, то це тільки покращує умови безпеки, тому що забезпечує додаткове заземлення нульового захисного дроту.

3.5 Пожежна та техногенна безпека

Пожежі в лабораторному приміщенні становлять особливу небезпеку, тому що пов'язані з великими матеріальними втратами. Характерна особливість лабораторних кімнат - невеликі площі приміщень. Як відомо, пожежа може виникнути при взаємодії горючих речовин, окислення і джерел запалювання. У даному приміщеннях присутні всі три основні чинники, необхідні для виникнення пожежі.

Горючими компонентами в кімнаті є: будівельні матеріали для акустичної і естетичної обробки приміщень, перегородки, двері, підлоги, ізоляція кабелів і ін.

Джерелами запалювання в лабораторному приміщенні можуть бути електронні схеми від ЕОМ, прилади, застосовувані для технічного обслуговування, пристрої електроживлення, кондиціонування повітря, де в результаті різних порушень утворюються перегріті елементи, електричні іскри і дуги, здатні викликати загоряння горючих матеріалів.

В сучасних ЕОМ дуже висока щільність розміщення елементів електронних схем. У безпосередній близькості один від одного розташовуються сполучні дроти, кабелі. При протіканні по них електричного струму виділя-

ється значна кількість теплоти. При цьому можливо оплавлення ізоляції. Для відводу надлишкової теплоти від ЕОМ служать системи вентиляції та кондиціонування повітря. При постійній дії ці системи представляють собою додаткову пожежну небезпеку.

Для більшості приміщень лабораторних кімнат встановлена категорія пожежної безпеки В.

Однією з найбільш важливих завдань пожежного захисту є захист будівельних приміщень від руйнувань та забезпечення їх достатньої міцності в умовах впливу високих температур при пожежі. Враховуючи високу вартість електронного обладнання, а також категорію його пожежної безпеки, будівлі для лабораторного приміщення і частини будівлі іншого призначення, в яких передбачено розміщення ЕОМ, повинні бути 1 та 2 ступеня вогнестійкості.

Для гасіння пожеж на початкових стадіях широко застосовуються вогнегасники. В лабораторних приміщеннях застосовуються головним чином вуглекислотні вогнегасники ОУ-5 (ВВК3,5), перевагою яких є висока ефективність гасіння пожежі, схоронність електронного устаткування, діелектричні властивості вуглекислого газу, що дозволяє використовувати ці вогнегасники навіть у тому випадку, коли не вдається знеструмити електроустановку відразу. Вогнегасник ОУ5 (ВВК3,5) переносний з місткістю балона 5 літрів (3,5 кілограма), призначений для гасіння електроустановок, що знаходяться під напругою не більш 10 кВ. В даному приміщенні знаходиться один такий вогнегасник.

З приміщень, на випадок пожежі, має бути передбачена й забезпечена евакуація людей через так звані евакуаційні виходи. Найважливішою вимогою успішної евакуації людей і цінностей є улаштування внутрішніх переходів, пожежних сходів і аварійного освітлення. Виходи вважають евакуаційними, якщо вони ведуть із приміщень:

- 1) першого поверху назовні безпосередньо або через коридор, вестибюль, сходову клітку;

2) будь-якого поверху, крім першого, в коридор, що веде на сходову клітку, в тому числі через хол. При цьому сходові клітки повинні мати вихід назовні безпосередньо або через вестибюль, відокремлений від прилеглих коридорів перегородками з дверима;

3) у сусіднє приміщення на цьому ж поверсі, яке забезпечене виходами, зазначеними в пунктах 1 і 2.

Фактично, лабораторне приміщення має необхідні умови для евакуації людей і цінностей. В будівлі передбачені й забезпечені евакуаційні виходи з приміщення. Коридор веде на сходову клітку, яка має вихід безпосередньо назовні.

Для евакуації людей на випадок пожежі 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, слідує або вліво через лабораторний корпус для виходу на вулицю Добролюбова, 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.

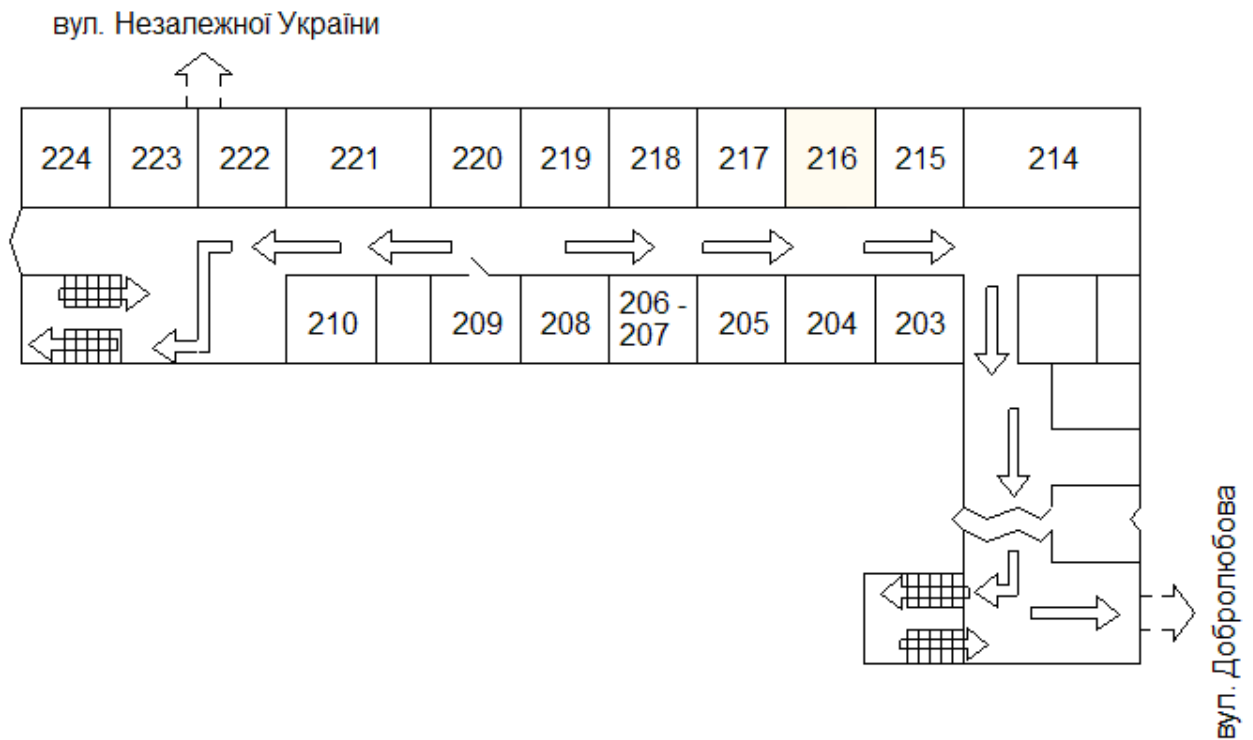


Рисунок 4.2 – План евакуації при пожежі із аудиторії № 209

4.6 Розрахунок штучного освітлення лабораторного приміщення

Для освітленості приміщення з розмірами $A = 6,5$ м, $B = 3,7$ м та висотою $H = 3,5$ м використовуються 2 світильники ОДР з двома люмінесцентними лампами типа ЛБ - 40. Коефіцієнти віддзеркалення світлового потоку від стелі, стін і підлоги відповідно рівні $\rho_{\text{стелі}} = 70\%$, $\rho_{\text{стін}} = 50\%$, $\rho_{\text{підлоги}} = 10\%$. Затінювання робочих місць немає. Висота звісу світильника $h_s = 0$, висота робочої поверхні над рівнем підлоги $h_p = 0,8$ м.

Нормативна величина освітленості для відеоплейних терміналів складає $E_n = 400$ лк.

При перевірці відповідності освітленості в приміщенні нормативному рівню, коли відома кількість світильників, ламп, їх тип і потужність. фактичну освітленість в приміщенні визначаємо по формулі:

$$E_{\phi} = \frac{N \cdot F \cdot n \cdot \eta}{S \cdot z \cdot k_{зан}}, \text{ (ЛК)} \quad (4.1)$$

де $N = 2$ – число світильників, шт.;

$F = 3120$ лм – світловий потік лампи;

$n = 2$ – число ламп в світильнику;

S - площа освітлюваного приміщення;

$z = 1,1$ – коефіцієнт нерівномірності освітлення для люмінесцентних ламп (відношення $E_{сер} / E_{мін}$);

$k_{зан} = 1,5$ – коефіцієнт запас, що враховує зниження освітленості із-за забруднення і старіння лампи ;

η – коефіцієнт використання освітлювальної установки.

Для визначення η необхідно знати тип світильника, індекс приміщення і коефіцієнт віддзеркалення світлового потоку від стелі, стін і підлоги. Оскільки тип світильника і коефіцієнти віддзеркалення світлового потоку відомі, то для знаходження η необхідно визначити значення індексу приміщення i .

$$i = \frac{A \cdot B}{h_n \cdot (A + B)} \quad (4.2)$$

де A і B - відповідно довжина і ширина приміщення в м;

h_n - висота від робочої поверхні до світильника, визначається висотою приміщення (H , м) і висотою умовної робочої поверхні ($h_p = 0.8$ м) по формулі:

$$h_n = H - h_z - h_p = 3.5 - 0 - 0.8 = 2.7 \text{ (м)} \quad (4.3)$$

Підставляємо набуте значення у формулу (4.2) і знаходимо індекс приміщення:

$$i = \frac{6.5 \cdot 3.7}{2.7 \cdot (6.5 + 3.7)} = \frac{24.05}{27.54} = 0.87$$

Підставляємо всі знайдені величини в формулу (4.1):

$$E_{\phi} = \frac{2 \cdot 3120 \cdot 2 \cdot 0.89}{6.5 \cdot 3.7 \cdot 1.1 \cdot 1.5} = \frac{11107.2}{39.6825} = 279.9, \text{ (ЛК)}$$

Оскільки отримана величина $E_{\phi} < E_n$ для досягнення нормативної освітленості необхідно або збільшити кількість світильників, або збільшити потужність ламп. Порахуємо міру збільшення W :

$$W = \frac{E_n}{E_{\phi}} = \frac{400}{279.9} = 1.42 \text{ разів}$$

Тепер можна обчислити необхідну кількість світильників:

$$N_1 = N \cdot W = 2 \cdot 1.43 = 2.84 \text{ шт.}$$

Збільшимо кількість світильників до 3 штук. Тоді

$$E_{\phi} = \frac{5 \cdot 3120 \cdot 2 \cdot 0.89}{6.5 \cdot 3.7 \cdot 1.1 \cdot 1.5} = \frac{27768}{39.6825} = 699.7, \text{ (лк)}$$

Таким чином, при збільшенні кількості світильників на три штуки фактична освітленість E_{ϕ} практично відповідає нормативному значенню освітленості $E_n = 400$ лк.

Такий же ефект може бути отриманий при заміні лампи з великим світловим потоком. Порахуємо необхідний світловий потік лампи:

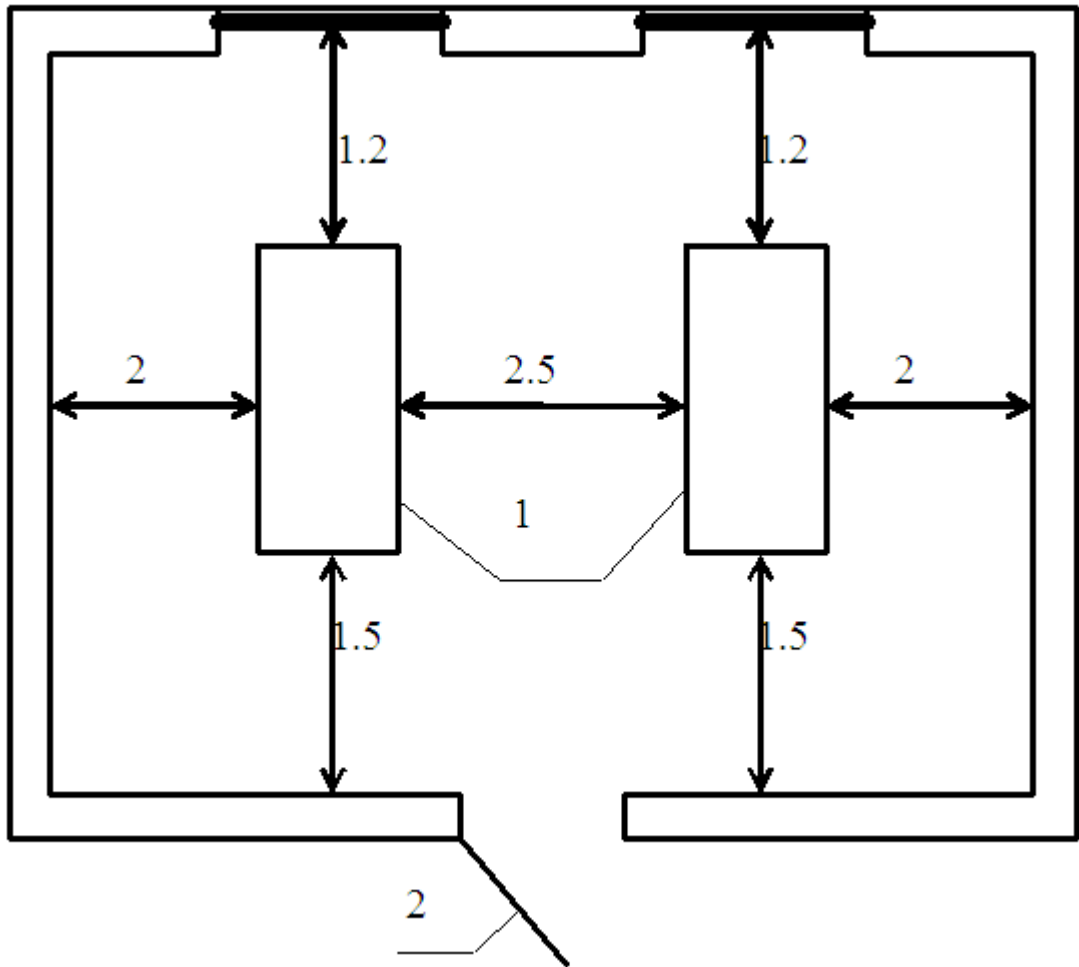
$$F_1 = F \cdot W = 3120 \cdot 1.42 = 4430.4, \text{ (лм)}$$

Так, якщо всі лампи типу ЛБ-40 в приміщенні замінити на лампи типу ЛТБ-65 з $F=3980$ лм E_{ϕ} буде рівне:

$$E_{\phi} = \frac{2 \cdot 3980 \cdot 2 \cdot 0.89}{6.5 \cdot 3.7 \cdot 1.1 \cdot 1.5} = \frac{14168.8}{39.6825} = 357, \text{ (лк)}$$

Таким чином, в цьому випадку фактична освітленість також практично відповідатиме нормативному значенню.

На рисунку 4.3 представлена схема розташування двох світильників, в кожному з яких знаходиться по дві лампи типу ЛТБ-65.



1 – світильник;

2 – двері

Рисунок 4.3 – План розташування світильників в лабораторному приміщенні

Висновки та рекомендації

1. Функціональна схема приладу містить необхідні блоки, які дозволяють виконувати фотореле-таймера необхідні функції підключення навантаження по заданим параметрам.

2. Розроблена схема електрична принципова базується на мікроконтролері, що зменшує кількість елементів схеми, використовує вбудований генератор тактових імпульсів, зменшує споживану потужність схеми.

3. Розроблена топологія печатної плати фотореле-таймера, дозволяє розмістити її в компактному корпусі.

Рекомендується подальша модернізація схеми фотореле-таймера на мікроконтролері з метою удосконалення параметрів і функціональних можливостей.

Перелік посилань

1. Рывкин С.М. Фотоэлектрические явления в полупроводниках. М. : Физмат-гиз, 1963. 496 с.
2. Айвазов А.А., Будагян Б.Г., Вихров С.П., Попов А.И. Неупорядоченные полупроводники. М. : Изд – во МЭИ, 1995. 352 С.
3. Ефимов И.Е., Козырь И.Я., Горбунов Ю.И. Микроэлектроника. Физические и технологические основы. М. : Высш. шк., 1986. 464 с.
4. Степаненко И.П. Основы микроэлектроники. М. : Энергия, 1979. 292 с.
5. Горчук Н.В. Автомат управления светом в подъезде. Киев : Радио-конструктор. №6, 2012. С. 38 - 40.
6. Бомчик О. С, Парамуд Я. С. Комп'ютерна система управління багатоканальними освітлювальними пристроями. – Львів.: 2018. 24 с.
7. Системы управления освещением. [Электронный ресурс].–Режим доступа: URL: <https://www.k-to.ru/ru/interesting/detail.php?ID=393> (дата звернення 1.10.2021).
8. Николаев И.М., Филинюк Н.А. Микроэлектронные устройства и основы их проектирования. М. : Энергия, 1979. 271 с.
9. Ненашев А.П., Коледов Л.А. Основы конструирования микроэлектронной аппаратуры. М. : Радио и связь, 1981. 315 с.
10. Москатов Е.А. Источники питания. М.: Корона-Век, 2011. 208 с.
11. Браун М. Источники питания. Расчет и конструирование. М.: МК-пресс, 2007. 288 с.
12. Верьовкін Л.Л., Світанько М.В., Кісельов Є.М., Хрипко С.Л. Цифрова схемотехніка: підручник. Запоріжжя : ЗДІА, 2016. 214 с.
13. Малишева І.В. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці та техногенна безпека» дипломного проекту (роботи) для студентів ЗДІА спеціальності спеціальності 7.05080102, 8.05080102 «Фізична та біоме-

дична електроніка» денної та заочної форми навчання. Запоріжжя : ЗДІА, 2011. 24 с.

14. Ткачук К.Н. Охрана труда и окружающей среды в радиоэлектронной промышленности. К. : Вища шк., 1988. 240 с.

15. Горобец А.И., Степаненко А.И. Охрана труда в радиоэлектронной промышленности. К. : Техника, 1987. 345 с.