

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. В. ДАЛЯ
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕЛЕКТРОНІКИ
КАФЕДРА ПРОГРАМУВАННЯ ТА МАТЕМАТИКИ

До захисту допускається
В.о. завідувач кафедри
_____ Лифар В.О.
« ____ » _____ 2020 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи

бакалавр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

НА ТЕМУ:

Комп'ютерна система ультразвукового

вимірювання відстані

Керівник роботи:

(підпис)

Марченко Д. М.

(ініціали, прізвище)

Студент:

(підпис)

Степаненко Д. І.

(ініціали, прізвище)

Група:

СКС-16з

ЛИСТ ПОГОДЖЕННЯ І ОЦІНЮВАННЯ
дипломної роботи студента гр. СКС-16з Степаненко Д.І.

Науковий керівник

Професор, д.т.н.

Марченко Д. М.

Оцінка наукового керівника:

Рецензент:

ПІБ, місто роботи, посада

Оцінка рецензента:

Кінцева оцінка за результатами захисту:

Голова ЕК

Лифар В.О.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ
ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет Інформаційних технологій та електроніки
Кафедра Програмування та математики
Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
Напрямок підготовки 6.050102 «Комп'ютерна інженерія»
(шифр і назва)
Спеціальність _____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри ПМ
_____ В.О. Лифар
« _____ » _____ 20 ____ р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Степаненко Данило Ігорович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Комп'ютерна система ультразвукового вимірювання відстані
керівник проекту (роботи) Марченко Д.М., доктор технічних наук, професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від " ____ " _____ 202 р. № _____
2. Строк подання студентом роботи 07 червня 2020
3. Вихідні дані до роботи Аналіз варіантів побудови комп'ютерної системи. Розробка апаратно-програмного забезпечення.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Аналітичний огляд, розробка апаратного забезпечення, розробка програмного забезпечення. Висновки
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____ 22 березня 2020 року _____

Керівник _____

(підпис)

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Складання плану роботи	22.03.20 - 24.03.20	
2	Аналіз літератури	24.03.20 – 29.03.20	
3	Вивчення і підбирання матеріалу	29.03.20 – 20.04.20	
4	Написання розділів	20.04.20 – 25.05.20	
5	Оформлення пояснювальної записки	25.05.20 – 28.05.20	
6	Оформлення графічного матеріалу	28.05.20 – 03.06.20	
7	Підготовка доповіді і слайдів для презентації	03.06.20 – 07.06.20	

Студент _____

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Науковий керівник _____

(підпис)

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 80 арк., 39 рис., 14 табл., 8 джерел, 1 додаток.

Об'єкт розробки – комп'ютерна система ультразвукового вимірювання відстані.

Мета роботи – розробка комп'ютерної системи спеціального призначення для виконання завдання безперервного безконтактного контролю лінійної відстані до статичних у просторі об'єктів.

В процесі роботи проведено розробку апаратного забезпечення комп'ютерної системи, а також розробка керуючої програми для мікроконтролера, зроблені необхідні розрахунки та вибір елементної бази. Розроблене програмне забезпечення для мікроконтролера. Моделювання комп'ютерної системи проведено у середовищі Proteus.

Ключові слова: комп'ютерна система вимірювання, ультразвуковий датчик, мікроконтролер, LED-індикація.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД	10
1.1. Ультразвуковий датчик відстані	11
1.2 Індуктивні датчики відстані	13
1.3 Оптичний датчик відстані.....	15
1.4. Обґрунтування обраного варіанта	19
2 РОЗРОБКА СТРУКТУРИ АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ.....	23
3 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ І РОЗРАХУНОК ЙОГО ЕЛЕМЕНТІВ ТА ВУЗЛІВ	26
3.1 Обґрунтування вибору елементів і функціональний аналіз.....	26
3.2 Вибір схеми і елементів блоку управління	26
3.3 Вибір схеми і елементів джерела живлення	31
3.4 Електричний розрахунок елементів апаратного забезпечення.....	32
4 РОЗРАХУНОК ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ ПРИСТРОЮ	37
4.2.1 Мікросхеми	37
4.2.2 Резистори.....	42
4.2.3 Конденсатори.....	44
4.2.4 Світлодіоди	46
4.2.5 Семисегментний індикатор	46
4.2.6 Транзистори	47
4.3 Розробка конструкції друкованої плати	48
4.3.1 Вибір і обґрунтування типу друкарської плати	49
4.3.2 Вибір і обґрунтування класу точності друкарської плати	49
4.3.3 Вибір матеріалу і конфігурації друкарської плати	51
4.3.4 Попереднє розміщення навісних елементів	51
4.3.5 Трасування провідників і розміщення елементів провідного рисунку	52

4.3.6 Розробка конструкторської документації друкарської плати	53
4.4 Розробка конструкції друкарського вузла.....	54
4.5 Вибір умов охолодження і розрахунок теплового режиму	56
4.6 Попередній вибір системи охолодження.....	57
4.7 Розрахунок теплового режиму блоку в герметичному корпусі.....	61
4.8 Розрахунок надійності комп'ютерної системи.....	73
5. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ	77
ВИСНОВКИ.....	79
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	80
ДОДАТОК А ВИХІДНИЙ КОД ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	81

ВСТУП

Ультразвуковий датчик – це високотехнологічний вимірювальний перетворювач, здатний виявити практично будь-який об'єкт. Дане обладнання являє собою ідеальний варіант для визначення місцезнаходження різного роду предметів. Датчики ультразвукові знайшли широке застосування в сучасній промисловості, системах транспортування і не тільки.

Завдяки використанню ультразвуку вимикачі цього типу здатні розпізнавати об'єкти будь-якої структури – рідини, порошкоподібні матеріали, прозорі об'єкти зі скла та пластику. Ультразвукові вимикачі виконують свої функції в умовах запиленості, задимленості, туману. Вони не чутливі до стороннього світла та звуку. Найбільший ефект досягається при:

- визначенні рівня і висоти заповнення резервуарів;
- вимірюванні відстаней;
- визначенні діаметра рулонів;
- контролі провису, розривів.

Ультразвуковий датчик відстані визначає відстань до об'єкту, вимірюючи час відображення звукової хвилі від об'єкта. Частота звукової хвилі знаходиться в межах частоти ультразвуку, що забезпечує концентрований напрямок звукової хвилі, так як звук з високою частотою менше розсіюється в навколишньому середовищі. Типовий ультразвуковий датчик відстані складається з двох мембран, одна з яких генерує звук, а інша реєструє відображене ехо. Фактично, це є звуковий випромінювач та звуковий приймач. Звуковий генератор створює маленький, з деяким періодом ультразвукової імпульс і запускає таймер. Мембрана реєструє надходження відбитого імпульсу і зупиняє таймер. Від часу таймера на

швидкості звуку можливо обчислити пройдену відстань звукової хвилі. Відстань об'єкта приблизно половина пройденого шляху звукової хвилі.

У ультразвукового датчика відстані в повсякденному житті безліч застосувань. Їх використовують замість вимірювальної рулетки в пристроях відстані, що використовуються, наприклад, у будівництві. Сучасні автомобілі забезпечені ультразвуковим датчиком і сигналом застереження для захисту від наїзду на стоячу позаду перешкоду (парктронік). Крім вимірювання відстані вони можуть також реєструвати знаходження об'єкта в якомусь просторі, наприклад, в небезпечній зоні виробничих машин. Якщо випромінювач і приймач ультразвуку розділити, то можна вимірювати швидкість потоку речовини, що протікає між ними, тому що звукова хвиля проти течії поширюється повільніше, а за течією швидше.

В даній дипломній роботі поставлене завдання розробити комп'ютерні систему ультразвукового вимірювання відстані до перешкоди.

1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

В даному дипломному проекті, було поставлено завдання, вимірювання лінійної відстані. Одним з модливих прикладних застосувань може бути вимірювання рівня рідини або сипучих речовин у резервуарі. На практиці, це можна зробити декількома способами. Є багато способів, але не всі застосовні і деякі немає сенсу тут згадувати.

Перший спосіб, це спосіб визначення на око. По–перше, відразу потрібно зазначити, що в цьому випадку буде дуже велика похибка, а по–друге, на практиці, такий метод ніхто і ніде не застосовує. Даний метод не доцільно застосовувати, і тому цей метод відпадає саме собою.

Другий спосіб – це спосіб, виміряти відстань, прикладаючи лінійку з поділками, і, провівши відлік, отримати шукане значення відстані. Даний спосіб хороший, але на практиці або десь на виробництві, де великі відстані або погані умови, це буде далеко не прийнятний варіант. А якщо потрібно постійно проводити вимірювання, і на певному значенні відправляти будь–які дані, куди–небудь, то вручну, цим займатися як мінімум нерозумно. Таким чином, такий метод теж не має сенсу.

Третій спосіб – це більш технологічний підхід підхід, щоб виміряти відстань, необхідно застосувати датчики визначення відстані, або як їх по–іншому називають – далекоміри.

В даний час існує велика різноманітність датчиків, які за різними принципами і різними технологіями можуть вимірювати відстань.

Можна відзначити кілька основних різновидів, які можуть застосовуватися в роботі, це:

- ультразвукові датчики відстані;
- індуктивні датчики відстані;
- оптичні датчики відстані.

Нижче представлено їх опис, структура і принцип дії.

1.1. Ультразвуковий датчик відстані

Ультразвуковий датчик відстані визначає відстань до об'єкта, вимірюючи час відбиття звукової хвилі від об'єкта. Частота звукової хвилі знаходиться в межах частоти ультразвуку, що забезпечує концентрований напрямок звукової хвилі, так як звук з високою частотою розсіюється в навколишньому середовищі менше. Типовий ультразвуковий датчик відстані складається з двох мембран, одна з яких генерує звук, а інша реєструє зворотне ехо. Образно кажучи, ми маємо справу із звуковою колонкою і мікрофоном. Звуковий генератор створює маленький, з деяким періодом ультразвуковий імпульс і запускає таймер. Друга мембрана реєструє прибуття відображеного імпульсу і зупиняє таймер. Від часу таймера по швидкості звуку можливо обчислити пройденої відстань звукової хвилі. Відстань об'єкта приблизно половина пройденого шляху звукової хвилі.

Завдяки своїй універсальній структурі, ультразвуковий датчик може використовуватися в умовах нестачі сонячного світла, запиленості, задимленості або за наявності туману. Вони не чутливі до впливу температур і вологи, а також спокійно реагують на сторонні звукові ефекти.

Найбільш часто, ультразвукові датчики застосовуються для:

- вимірювання відстаней до об'єктів;
- визначення показників рівня рідини й заповнювання резервуарів і ємностей;
- визначення діаметра різних об'єктів;
- здійснення контролю над просіданням, провисанням або розривом.

Робота ультразвукового датчика заснована на п'єзоефекті – зміні геометричних розмірів керамічної або кварцовою пластини при подачі на неї електричного поля і появи електричного поля на поверхні пластини при механічних впливах на неї. Коливання пластини з частотою електричного поля (порядку 300 кГц), що прикладається, викликають появу звукових хвиль такої ж частоти. Ці хвилі поширюються в повітрі зі швидкістю 330 м / сек. Вони, подібно еху, відбиваються від предметів і повертаються до ультразвукового приймача. Впливаючи на пластину, звукові хвилі викликають появу на ній електричного поля. Принцип роботи можна побачити на рисунку 1.1.

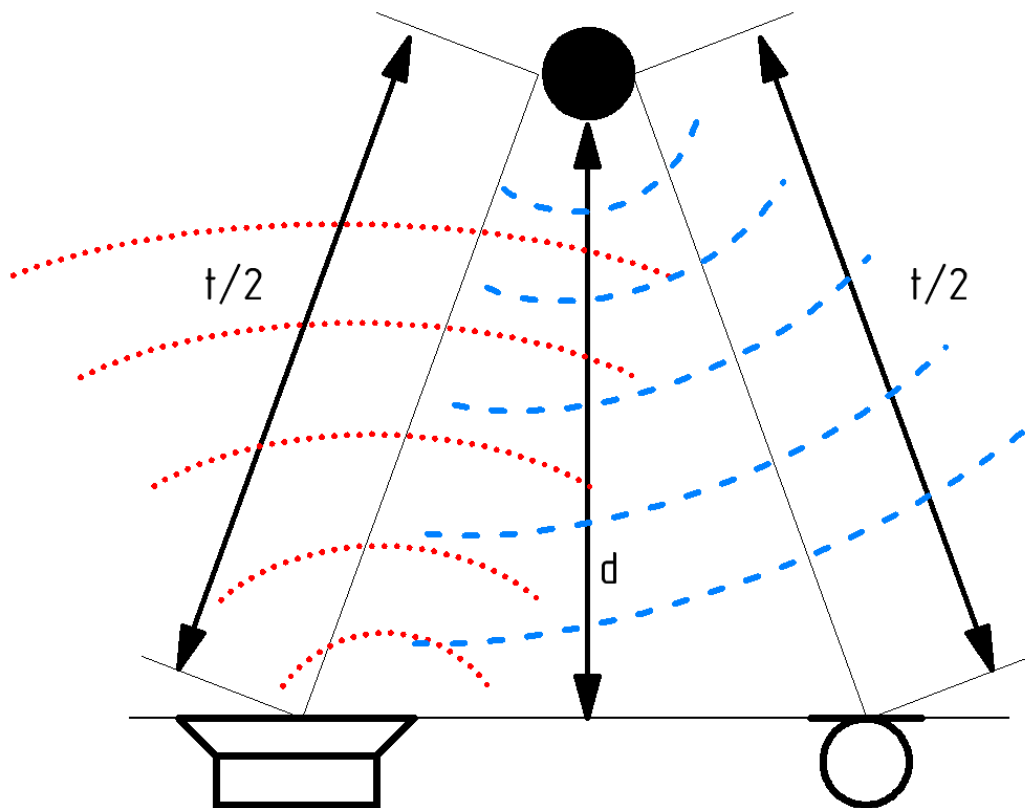


Рисунок 1.1 – Принцип роботи ультразвукового датчика

Діапазон спрацьовування ультразвукового датчика регулюється зміною потужності випромінювання цих хвиль і проміжком часу, коли датчик чекає відображення. Підлаштовується відстань спрацьовування за допомогою резистора. Розмір мішені для надійного спрацювання 30x30мм для робочої зони менше 1м і 100x100мм для робочої зони більш 1м.

1.2 Індуктивні датчики відстані

Індуктивний датчик – безконтактний датчик, призначений для контролю положення об'єктів з металу (до інших матеріалів не чутливий).

Індуктивні датчики широко використовуються для вирішення завдань АСУ ТП. Виконуються з нормально розімкнутим або нормально замкнутим контактом.

Структура схема такого датчика представлена на рисунку 1.2.

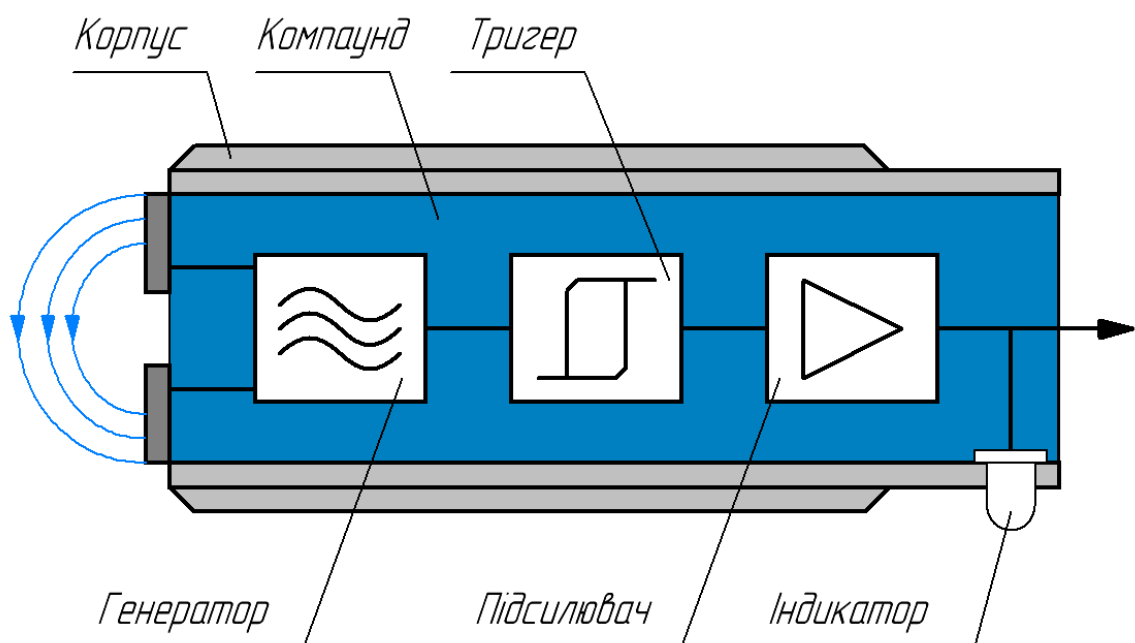


Рисунок 1.2 – Структурна схема індуктивного датчика

Індуктивні безконтактні вимикачі можуть складатися з наступних основних вузлів:

- 1) генератора, що створює електромагнітне поле взаємодії з об'єктом;
- 2) тригера Шмітта, який забезпечує гістерезис при перемиканні;
- 3) підсилювача, який збільшує амплітуду сигналу до необхідного значення;
- 4) світлодіодного індикатору, який показує стан вимикача, забезпечує контроль працездатності, оперативність налаштування;
- 5) компаунда, що забезпечує необхідну ступінь захисту від проникнення твердих частинок і води;
- 6) корпусу, який забезпечує монтаж датчика, захищає від механічних впливів. Виконується з латуні або поліаміду, комплектується метисними виробами.

Принцип дії індуктивного датчика заснований на зміні параметрів магнітного поля, створюваного котушкою індуктивності всередині датчика. Такий безконтактний кінцевий вимикач заснований на зміні амплітуди коливань генератора при внесенні в активну зону датчика металевого, магнітного, феромагнітного або аморфного матеріалу певних розмірів. При подачі живлення на кінцевий вимикач в області його чутливої поверхні утворюється змінне магнітне поле, що наводить у внесеному в зону матеріалі вихрові струми, які призводять до зміни амплітуди коливань генератора. В результаті виробляється аналоговий вихідний сигнал, величина якого змінюється від відстані між датчиком і контрольованим предметом. Тригер Шмітта перетворює аналоговий сигнал в логічний.

1.3 Оптичний датчик відстані

Оптичні датчики – невеликі за розмірами електронні пристрої, здатні під впливом електромагнітного випромінювання у видимому, інфрачервоному та ультрафіолетовому діапазонах подавати одиничний сигнал або їх сукупність на вхід реєструючої або керуючої системи. Оптичні датчики реагують на непрозорі і напівпрозорі предмети, водяну пару, дим, аерозолі та ін.

Оптичні датчики є різновидом безконтактних датчиків, так як механічний контакт між чутливою областю датчика (сенсором) і об'єктом впливу відсутня. Така властивість оптичних датчиків обумовлює їх широке застосування в автоматичних системах управління. Дальність дії оптичних датчиків набагато більша, ніж у інших типів безконтактних датчиків.

Оптичні датчики називають ще оптичними безконтактними вимикачами, фотодатчиками, фотоелектричними датчиками.

Оптичні безконтактні вимикачі складаються з 2-х функціонально закінчених блоків – джерела випромінювання та приймача цього випромінювання. Джерело випромінювання (передавач), представлене на рисунку 1.3.

Оптичні безконтактні датчики можуть складатися з наступних основних вузлів:

- 1) генератора, що виробляє послідовність електричних імпульсів, які надходять до випромінювача;
- 2) світлодіодного випромінювача інфрачервоного або оптичного (червоного) діапазону, який створює випромінювання;
- 3) індикатору, який показує наявність напруги живлення на випромінювачі;
- 4) фотоприймач (фототранзистора), який сприймає випромінювання і перетворює його в електричний сигнал;

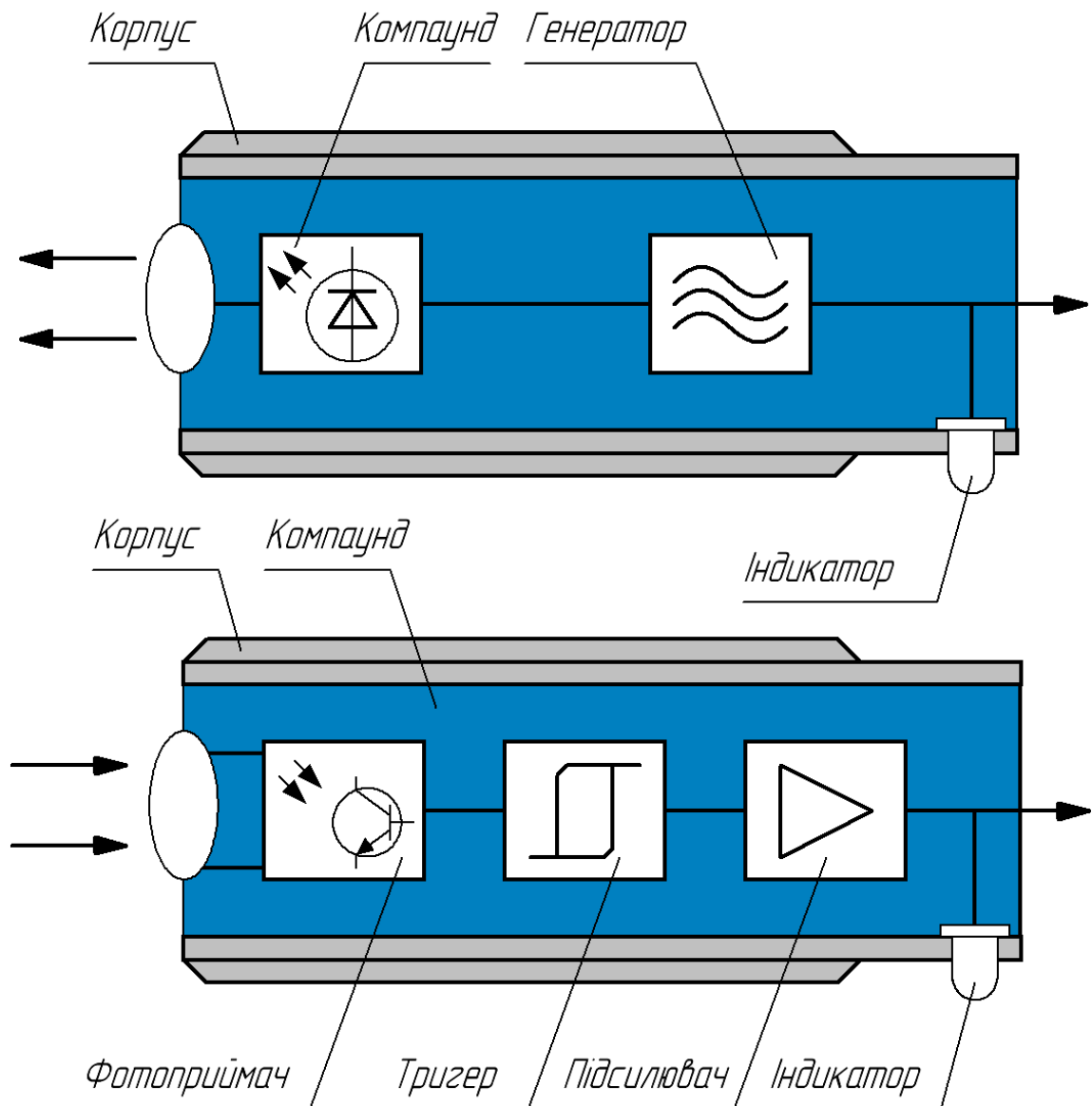


Рисунок 1.3 – Структурна схема оптичного датчика

5) тригера, який забезпечує необхідну крутизну фронту сигналу перемикачання і значення гістерезису;

6) підсилювача, який збільшує амплітуду вихідного сигналу до необхідного значення. В якості комутаційних елементів використовуються потужні транзистори;

7) світлодіодного індикатора, який показує стан включення / виключення вимикача, забезпечує контроль працездатності, оперативність налаштування та ремонту обладнання;

8) компаунду, який забезпечує необхідну ступінь захисту від проникнення твердих частинок і води. Корпус забезпечує монтаж вимикача, захищає від механічних впливів. Виконується з поліаміду, комплектується метисними виробами.

Оптичні датчики можуть бути трьох типів:

1. Моноблочний.
2. Моноблочний поляризований.
3. Двохблочний.

В моноблочному датчику (рисунок 1.4) приймач приймає розсіяний світловий промінь джерела випромінювання, відбитий від керуючого об'єкта. При цьому випромінювач і приймач розташовані в одному корпусі. Відстань впливу таких датчиків до 1000 мм. При визначенні відстані впливу, в якості керуючого об'єкта використовується пластина, виготовлена з металу, що має темно-сіру матову поверхню. Крім відбивної здатності матеріалу керуючого об'єкта, на відстань впливу датчиків цього типу значний вплив роблять пил, задимленість, атмосферні опади і т.п. Для усунення впливу сторонніх фонових об'єктів на працездатність, вимикачі забезпечені регулюванням чутливості приймача. Нижче, на рисунку 1.4, представлена структурна схема моноблочного оптичного датчика.



Рисунок 1.4 – Структурна схема моноблочного оптичного датчика

В Моноблочних поляризованих датчиках в якості об'єкта управління використовується спеціальний плоский поляризований елемент – катафот. Існують два варіанти закріплення такого катафоту, які розглянуті нижче.

1. Катафот закріплений нерухомо, а вимикач спрацьовує на переривання керуючим об'єктом променя, відбитого від катафоти. Слід звернути увагу, що вимикач не сприймає відбите світло від жодного об'єкта, крім катафоти, який може бути встановлений в будь-якому місці.

2. Катафот встановлений на керуючому об'єкті. В цьому випадку всі інші об'єкти для вимикача є невидимими. Це робить вигідним використання вимикача в системах охоронної сигналізації. При визначенні відстані впливу в якості керуючого об'єкта для вимикачів, що працюють на поляризованому світлі, використовується катафот, що поставляється виробником. Максимальна дистанція перемикання визначається в даному випадку як відстань між вимикачем і катафотом. Нижче, на рисунку 1.5, представлена структурна схема моноблочного поляризованого оптичного датчика.

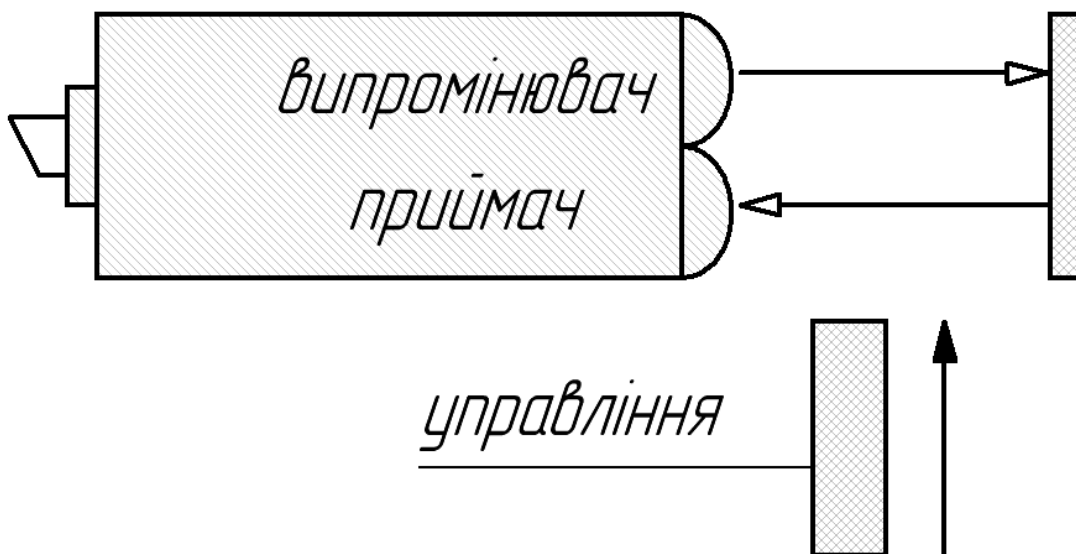


Рисунок 1.5 – Структурна схема моноблочного поляризованого оптичного датчика

В двохблочних оптичних датчиках джерело випромінювання та приймач розташовані в окремих корпусах. Будь-який предмет, перериваючий прямий світловий промінь від джерела до приймача, викликає зміну електричного сигналу на виході приймача. Відстань впливу таких вимикачів не залежить від матеріалу керуючого об'єкта. Максимальна дистанція перемикання визначається як відстань між джерелом випромінювання і приймачем і становить 16м. Крім того, вимикачі цього типу мають імпульсний синхронізатор, який дозволяє працювати при дуже сильному зовнішньому освітленні. Нижче, на рисунку 1.6, представлена структурна схема двохблочного оптичного датчика.

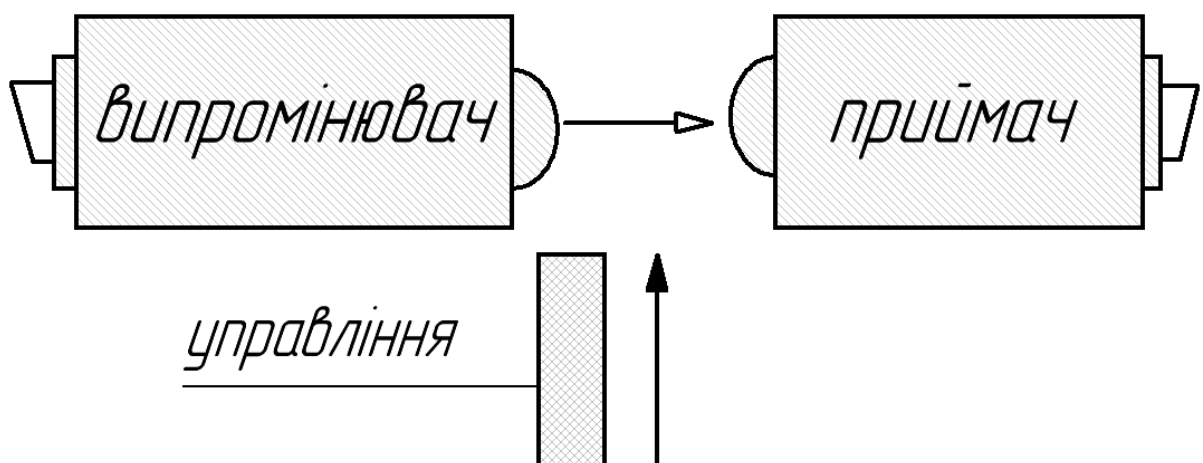


Рисунок 1.6 – Структурна схема двохблочного оптичного датчика

Оптичні датчики широко застосовуються для визначення наявності та кількості предметів, присутності наклейок, написів, та інших предметів.

1.4. Обґрунтування обраного варіанта

Після тривалого огляду різних видів датчиків вимірювання відстані, виникла задача вибору найбільш підходящого. Для реалізації проекту було

прийнято рішення використовувати ультразвуковий датчик вимірювання відстані HC-SR04, представлений на рисунках 1.7 і 1.8 (лицевий та зворотний боки).

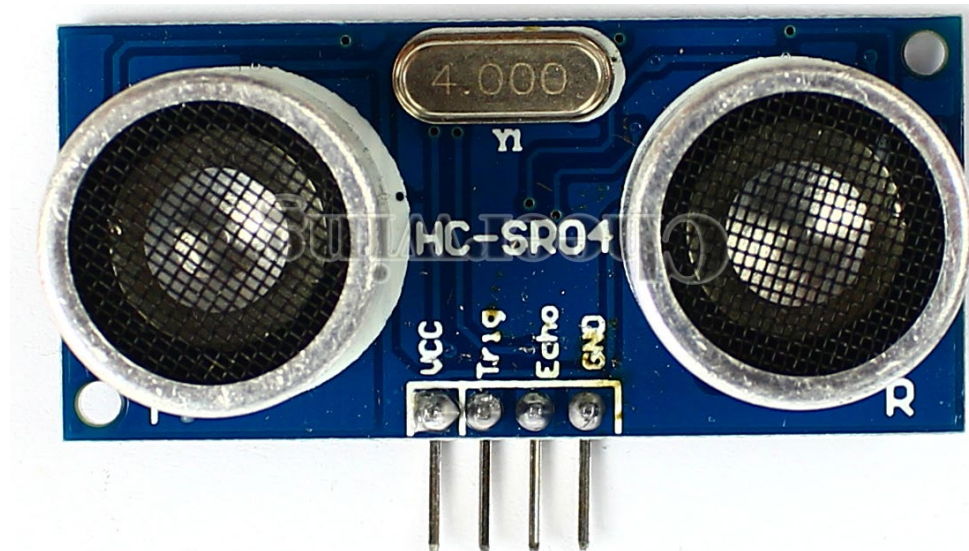


Рисунок 1.7 – Зображення ультразвукового датчика HC-SR04

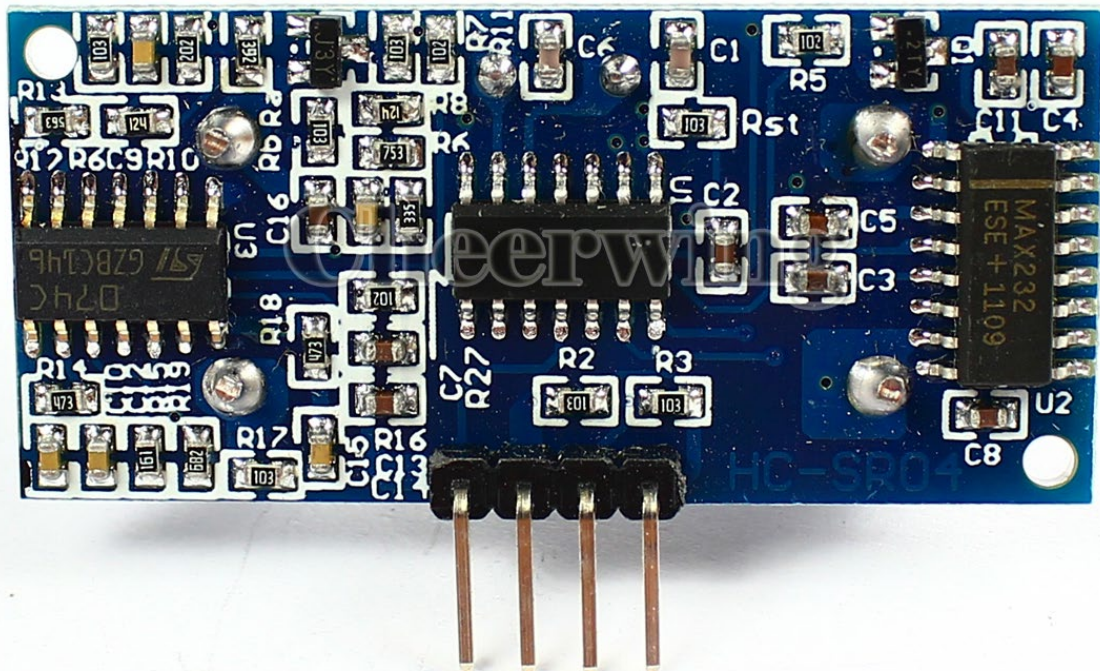


Рисунок 1.8 – Зображення з ультразвукового датчика HC-SR04

HC-SR04 – це поміщені на одну плату приймач і передавач ультразвукового сигналу. Динамік і мікрофон, по суті, тільки для нечутного людському вуху ультразвуку. Крім самих приймача і передавача на платі знаходиться ще і необхідна обв'язка, щоб спростити роботу з цим датчиком, сформувавши з нього завершений модуль, який може вбудовуватися до комп'ютерної системи. Датчик має низьке енергоспоживання, що також є важливим параметром у випадку з мобільними застосуваннями, які не прив'язані до стаціонарних джерел живлення. Живиться HC-SR04 від 5V, що теж дуже зручно.

Принцип роботи датчика дуже простий: коли комп'ютерна система формує керуючий сигнал-запит на отримання даних до входу «Trig», датчик генерує ультразвуковий сигнал і починає очікувати зворотне ехо. Коли сигнал, відбитий від якого-небудь об'єкта, повертається до датчика, HC-SR04 формує на виході «Echo» логічну одиницю, яка зчитується комп'ютерною системою і за часом між формуванням керуючого сигналу та зворотним відкликом комп'ютерна система обраховує відстань.

У HC-SR04 є чотири контакту. Два з них (знаходяться по краях) – це живлення мікросхеми (позначені VCC і GND). По середині: один контакт тригера (позначений trig), а другий контакт Echo (так і позначений Echo). Нижче, на рисунку 1.9, представлена схема послідовності принципу роботи.

Для того, щоб датчик почав вимір, необхідно на ніжку Trig подати логічну "1" тривалістю 10 мкс, після чого датчик почне вимір. Шукану відстань, буде дорівнює інтервалу часу (150мкс – 25мс), в перебігу якого, на ніжці Echo, був присутній рівень логічної "1".

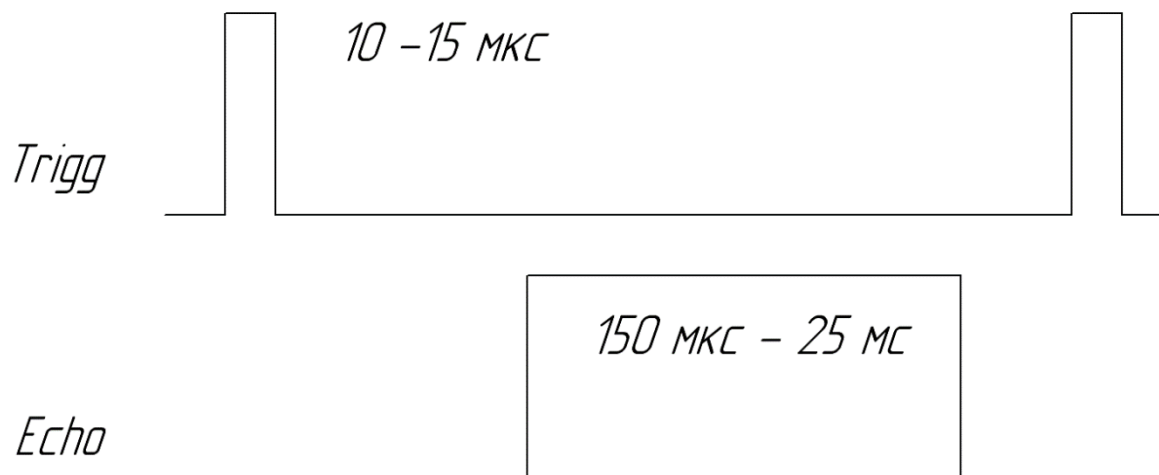


Рисунок 1.9 – Часові діаграми роботи датчика

Технічні характеристики HC–SR04:

- напруга живлення: 5V;
- струм спокою: < 2мА;
- ефективний кут огляду: < 15 °;
- діапазон відстаней: 2 см – 500 см;
- дозвіл: 0,3 см.

Характеристики взяті з документації на модуль. Виробник призводить формулу, за якою розраховувати відстань в залежності від тривалості імпульсу.

$$S = F/58, \quad (2.1)$$

де S – дистанція в сантиметрах;

F – довжина імпульсу в мікросекундах.

Так само цей датчик був обраний по тому, що його вартість порівняно дуже мала, у порівнянні з іншими, а так само його поширеність і наявність в інтернет магазинах.

2 РОЗРОБКА СТРУКТУРИ АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ

На основі опрацювання аналітичного огляду, були визначені вимоги до апаратного забезпечення комп'ютерної системи ультразвукового вимірювання відстані, яка розробляється. Ними є, наявність наступних конструктивних елементів: основна система – система управління на базі мікроконтролера AVR Atmega8, ультразвуковий далекомір HC–SR04, мікросхема перетворювач двійкового коду в семисегментний HEF–4511 (для індикації результатів вимірювання відстані, світлодіодний семисегментний індикатор, стабілізатор напруги +5 В (7805) для живлення комп'ютерної системи. Нижче кожен елемент розглянуто більш докладніше.

До складу розроблюваної комп'ютерної системи системи входять:

1) ультразвуковий далекомір HC–SR04 – призначений для визначення відстані, за допомогою ультразвуку. Його завдання полягає відіслати сигнал високого рівня на один з виводів мікроконтролера;

2) мікроконтролер Atmega8 – призначений для управління всією комп'ютерною системою. МК виконує всі необхідні операції з управління датчиком і відправкою даних на індикатор;

3) мікросхема дешифратор HEF–4511 – це перетворювач двійкового коду в семисегментний, спрощує роботу з індикатором та перетворює двійковий код результату вимірювання у двійково-десятковий для подачі його на семисегментний індикатор і відображення у сприятливому для людини форматі;

4) семисегментний індикатор – пристрій відображення результатів роботи комп'ютерної системи;

5) стабілізатор напруги LM7805 – призначений для формування напруги живлення комп'ютерної системи на рівні стабілізованих +5В;

б) світлодіод призначений для наочного відображення роботи мікропроцесорної системи. Він включається, коли відстань менше 20 сантиметрів;

- 7) зумер виконує роль своєрідної сирени, він включається, коли відстань менше 20 сантиметрів. В даному дипломному проекті поставлено для наочної демонстрації мікропроцесорної системи.

Структурна схема апаратного забезпечення комп'ютерної системи, , наведена на рисунку 2.1.

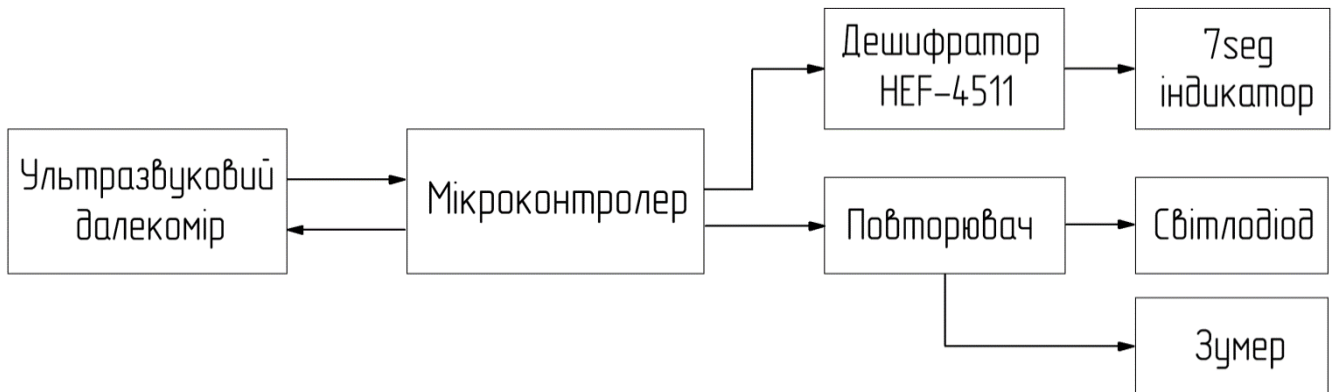


Рисунок 2.1 – Структурна схема мікропроцесорної системи

Принцип дії комп'ютерної системи, відповідно до наведеної на рисунку 2.1 структури, полягає в наступному.

Після того, як надійшло живлення на комп'ютерну систему, першим ділом відбувається стабілізація напруги в +5 В. Після чого, відбувається ініціалізація всієї системи. Роботу даної системи можна розбити на кілька етапів.

Перший етап. Мікроконтролер за допомогою таймера подає на вхід Trіg ультразвукового далекоміру високий рівень сигналу тривалістю 10мкс (процес включення датчика).

Другий етап. Ультразвуковий далекомір, після включення, відсилає хвилю (випромінювачем). Як тільки до приймача дійде відбита хвиля, модуль

видає на вивід Echo імпульс високого рівня тривалістю до 25 мс. Довжина вихідного імпульсу буде пропорційна відстані до перешкоди, від якого відбилася ультразвукова хвиля. Далі, комп'ютерна система починає ловити сигнал високого рівня і одночасно підраховувати його довжину за допомогою другого таймера / лічильника. Після цього необхідно перерахувати отримане значення у відстань.

Третій етап. Як тільки комп'ютерна система отримує шукане значення довжини, яку виміряв далекомір, їй необхідно надіслати це значення на семисегментний індикатор для відображення користувачеві.

3 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ І РОЗРАХУНОК ЙОГО ЕЛЕМЕНТІВ ТА ВУЗЛІВ

3.1 Обґрунтування вибору елементів і функціональний аналіз

Розробку принципової схеми апаратного забезпечення комп'ютерної системи ультразвукового вимірювання відстані та її розрахунок необхідно почати зі з'ясування того, за допомогою яких елементів можна реалізувати весь перелік необхідних функцій. Перш за все, варто звернути увагу на специфічні компоненти пристрою. Застосування електронних компонентів тільки вітчизняного виробництва, однозначно не може гарантувати надійність, якість і взагалі виконання всіх завдань покладених на пристрій, хоча цей крок приніс би певну економічну вигоду. Тому, будемо застосовувати компоненти зарубіжних виробників.

Функціонально, все апаратне забезпечення можна розділити на два блоки:

- 1) блок керування;
- 2) блок джерела живлення.

3.2 Вибір схеми і елементів блоку управління

Основу і режим роботи задає програмований мікроконтролер. Різновид мікросхем такого типу збільшується з кожним кварталом. Тому для того, щоб зупинити вибір на конкретному типі, необхідно визначити вимоги, які накладаються на нього. По-перше, необхідно вибрати архітектуру передбачуваного контролера. В даний час промисловістю випускаються контролери наступних типів: на базі контролерів (ядра) серії MSC51, 8–16-ти розрядні RISC, ARM, ARM7, ARM9, ARM32, мікроконтролери загального

застосування, 32-х розрядні з підвищеною продуктивністю. Контролери на базі MSC51, використовуються, але не можуть конкурувати за відношення ціна / функціонал з мікроконтролерами AVR. Що стосується мікроконтролерів ARM, то вони значно дорожчі та призначені для виконання більш потужних обчислень. Контролери з 16–32 розрядною шиною даних, застосовуються тільки в додатках тих, що вимагають високої швидкості і обсягу обробки даних і для даної задачі їх застосування не доцільно. Мікроконтролери з 8-ми розрядної шиною даних, виконані за КМОП технологією з удосконаленою RISC-архітектурою, дозволяють досягти кращого співвідношення ціни, функціонали, вживаною потужності та продуктивності.

Оскільки число комп'ютерна система на вимагає підключення великої кількості периферійних пристроїв, слід вибирати компактний мікроконтролер з малою кількістю портів і внутрішніх пристроїв, необхідних для роботи. Основною вимогою є наявність не менше 2 програмованих інтервальних таймерів, одного порту для підключення підсистеми індикації та двох цифрових виводів для синхронізації взаємодії з ультразвуковим далекомір. Мікроконтролер сімейства AVR Atmega8 задовольняє всім вищеперерахованим вимогам. Він має три вісьмирозрядних портів вводу-виводу, чого цілком достатньо для підключення всіх необхідних пристроїв.

Для здійснення тактування роботи комп'ютерної системи в цілому та мікроконтролера особисто, може бути використаний внутрішній чи зовнішній кварцовий резонатор. Для цього прикладного застосування немає особливих вимог до тактування, тому з метою зменшення кількості елементів в комп'ютерній системі слід використовувати внутрішній ланцюг тактування.

Основну роль в даній роботі відіграє ультразвукової далекомір. Схема підключення його до мікроконтролера наведена на рисунку 3.1.

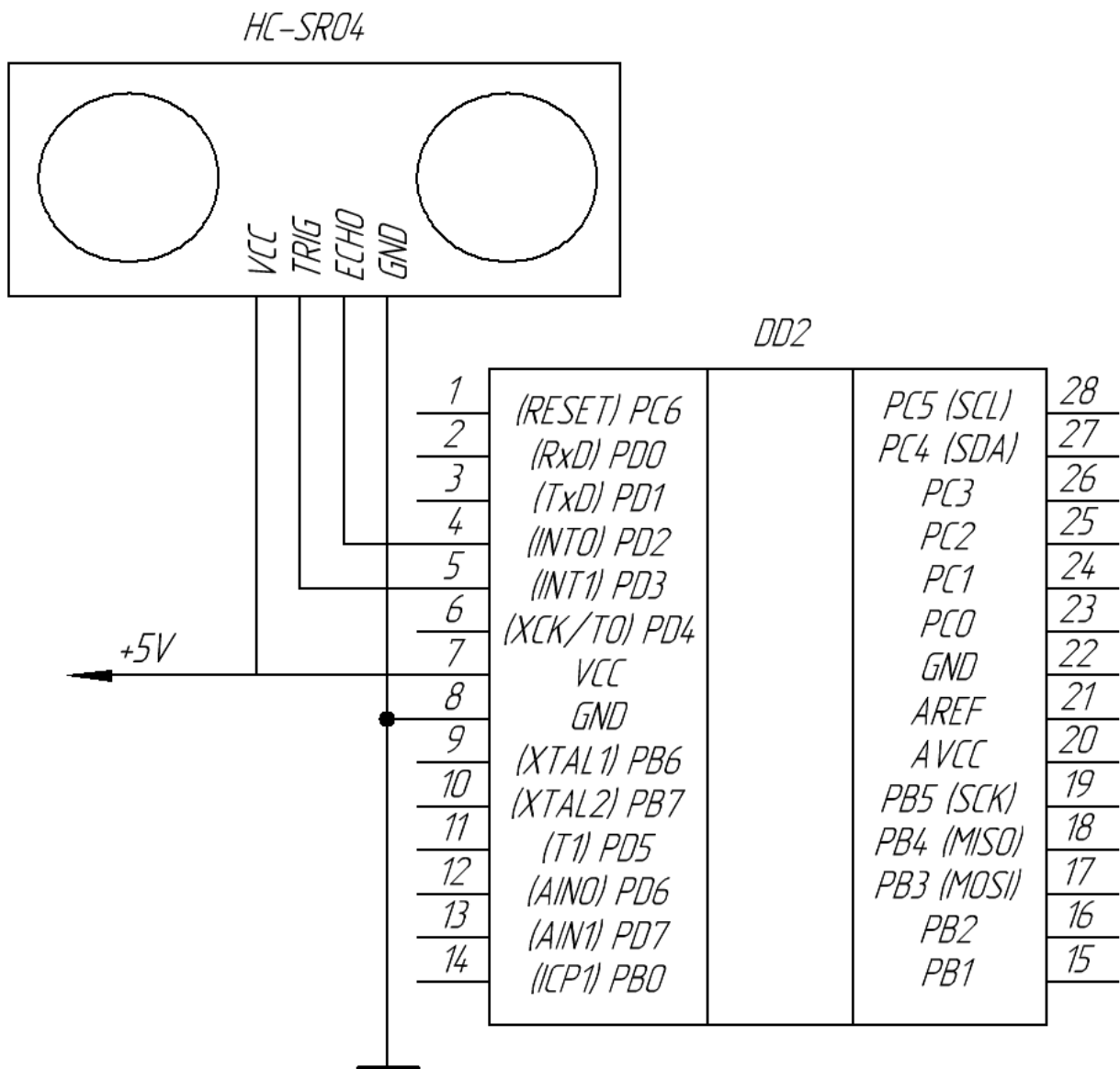


Рисунок 3.1 – Принципова схема підключення ультразвукового далекоміра до мікроконтролера

Пристрій являє з себе модуль з двома п'єзоіслучателями, один з яких служить випромінювачем, а другий – приймачем ультразвукової хвилі; а також керуюча електроніка для керування випромінювачем і приймачем. Для підключення, модуль має 4-х контактний роз'єм: два з яких для живлення (як вже вказувалося раніше, потрібно 5 вольт), і ще два для взаємодії з комп'ютерною системою.

Модуль під'єднується безпосередньо до цифрових виводів мікроконтролера. Резистори підтяжки ставити не потрібно, вони вже є на платі модуля. Принцип його роботи полягає в тому, що на вивід підключений до PD1 необхідно подати рівень логічного «1» на протязі 10 мкс, після на виводі Echo, підключеному до PD2, з'явиться рівень логічної «1», в інтервалі часу від 150мкс до 25мс. Особливо слід зазначити, що вивід Echo підключений до входу INTO. Це зроблено спеціально, для того, щоб при надходженні високого рівня на INTO, можна було запуснути таймер в підпрограмі обробки переривання від INTO.

Схема підключення семисегментного індикатора необхідна для наочного відображення отриманого результату внаслідок роботи комп'ютерної системи. Принципова схема підключення наведена на рисунку 3.2.

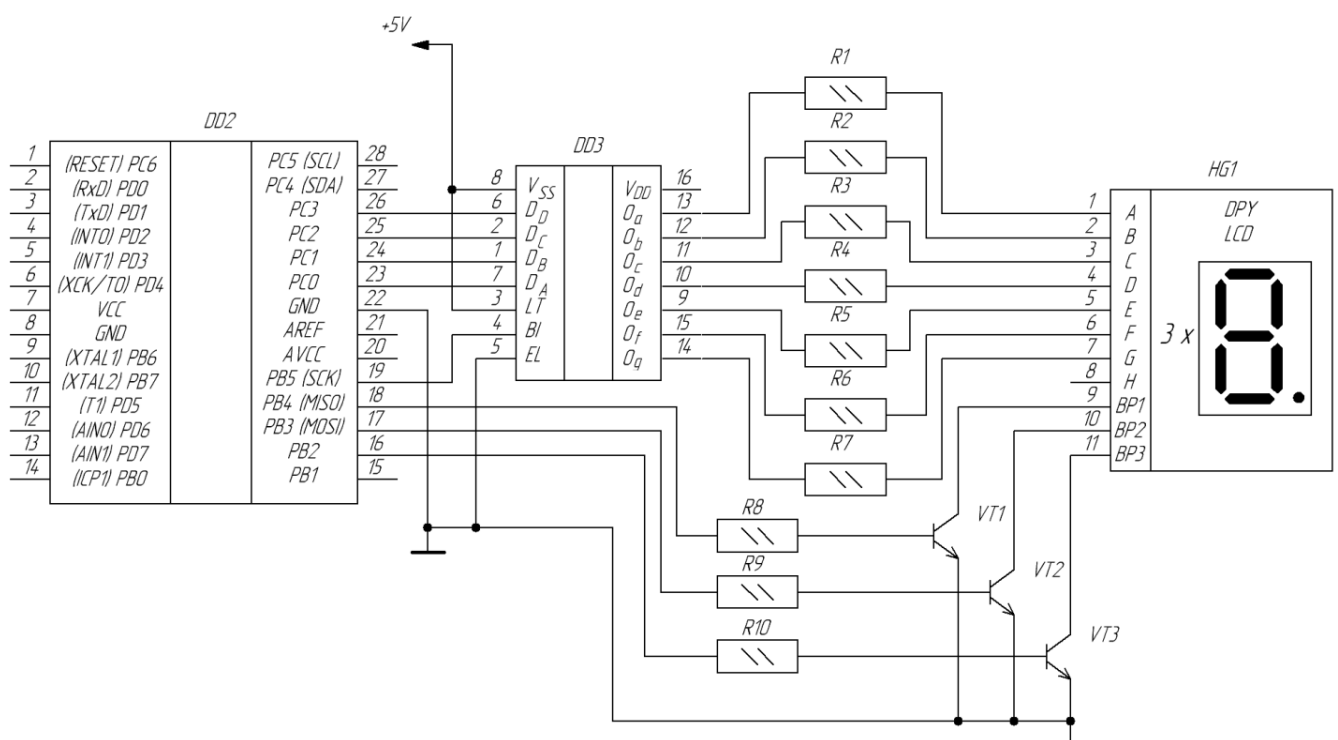


Рисунок 3.2 – Принципова схема підключення семисегментний індикатора через мікросхему дешифратор HEF-4511

Мікросхема дешифратор HEF-4511 – потрібна для перетворення двійкового коду в семисегментний. Підключення семисегментного індикатора (точніше, виводів a, b, c, d, e, f, g) до мікросхеми перетворювача зроблено не безпосередньо, а через резистори підтяжки, номінали яких були взяті з документації на індикатор. У кожного семисегментного індикатора є вивід, який відповідає за його включення. В цьому випадку використовується трьох розрядний семисегментний індикатор, і є три виводи, що відповідають за включення кожного сегмента. Вони підключені до виводів мікроконтролера PB4, PB3, PB2 через транзистор і опір. При наявності логічного нуля на цих виводах, транзистори VT1, VT2, VT3 – закриті і струм через них не тече. Установкою логічної одиниці на одному з виводів мікроконтролера (PB4, PB3, PB2) відкривається відповідний транзистор, який дозволяє включити відповідний розряд. Опір, підключений до бази транзистора, є підтягуючим. Таке схемне рішення дозволяє в будь-який момент часу управляти будь-яким розрядом семисегментного індикатора.

Для того щоб пристрій більш наочнішим, було прийнято рішення додати до комп'ютерної системи світлодіод і звичайний звуковий випромінювач (зумер). Це необхідно для того, що коли відстань впаде менше 20 сантиметрів, відбудеться включення світлодіода і пищавки (зумера), а коли відстань збільшиться і стане більше 20 сантиметрів, світлодіод згасне, а зумер будить мовчати. Нижче представлена принципова схема підключення світлодіода і зумера.

Для того, щоб система активувалася, необхідно на відповідний вивід мікроконтролера подати рівень логічної «1». В даному випадку це вивід PB1. До нього одночасно підключений світлодіод і біпер. Схема включення світлодіода зроблена через підтягуючий опір, щоб розвантажити порт вводу виводу мікроконтролера.

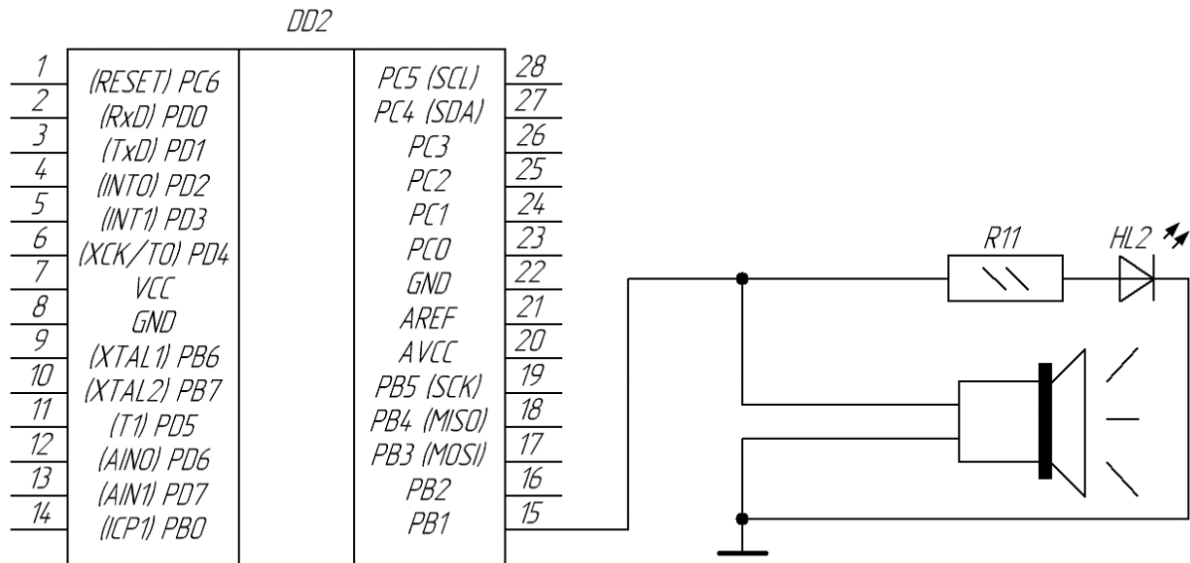


Рисунок 3.3 – Принципова схема підключення світлодіода і зумера

3.3 Вибір схеми і елементів джерела живлення

Так як мікроконтролер Atmega8 і далекомір HC–SR04 працюють від +5 В, було поставлено завдання перетворити вхідну напругу живлення з акумуляторної батареї з напругою +9 В в +5 В. В якості стабілізатора було прийнято рішення використати мікросхему LM7805 – стабілізатор, виконаний в корпусі, схожому на транзистор, який має три виводи.

Стабілізовану напругу +5 В забезпечує схема представлена нижче на рисунку 3.4.

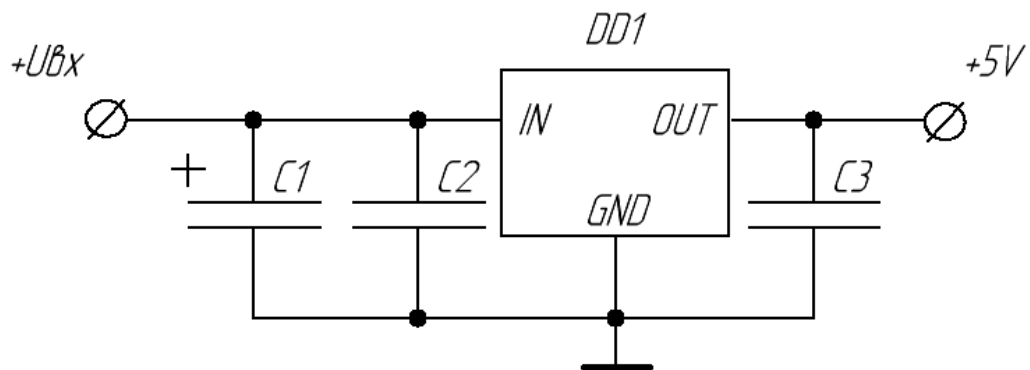


Рисунок 3.4 – Принципова схема стабілізатора напруги +5 В

В основі вищенаведеної схеми лежить імпортна, нерегульована, мікросхема LM7805, яка при правильному включенні, як на рисунку 3.4, забезпечує стабілізовану вихідну напругу +5 В. Конденсатор С1 електролітичний ємністю 470 мкФ забезпечує попереднє згладжування пульсацій вхідної напруги. Конденсатори С2 і С3 керамічні, ємністю 0,1 мкФ, забезпечують температурну компенсацію. Номінали елементів обрані зі стандартних схем включення мікросхеми зазначених у документації на цю мікросхему.

Таким чином, розроблена принципова схема апаратного забезпечення комп'ютерної системи ультразвукового вимірювання відстані базі AVR мікроконтролера Atmega8 та ультразвукового далекоміру HC-SR04 наведена на рисунку 3.5.

3.4 Електричний розрахунок елементів апаратного забезпечення

Вибір елементів принципової схеми ґрунтується на електричному розрахунку. Електричний розрахунок дозволяє вибрати всю елементну базу для розроблюваного виробу. Щоб запобігти виходу з ладу, яких або мікросхем або деталей, необхідно проводити розрахунок із запасом і на максимальні параметри.

У даному дипломному проєкті електричного розрахунку практично немає, необхідно поррахувати опору R1 – R11, і вибрати транзистори VT1 – VT3.

В якості світлодіода HL1 візьмемо LG30240 з параметрами:

$$I_{\text{пр.}}^{vd} = 20 \text{ (mA)}, U_{\text{пр.}}^{vd} = 2.5 \text{ (V)}.$$

В якості семисегментний індикатора візьмемо КЕМ–5631–AG з параметрами:

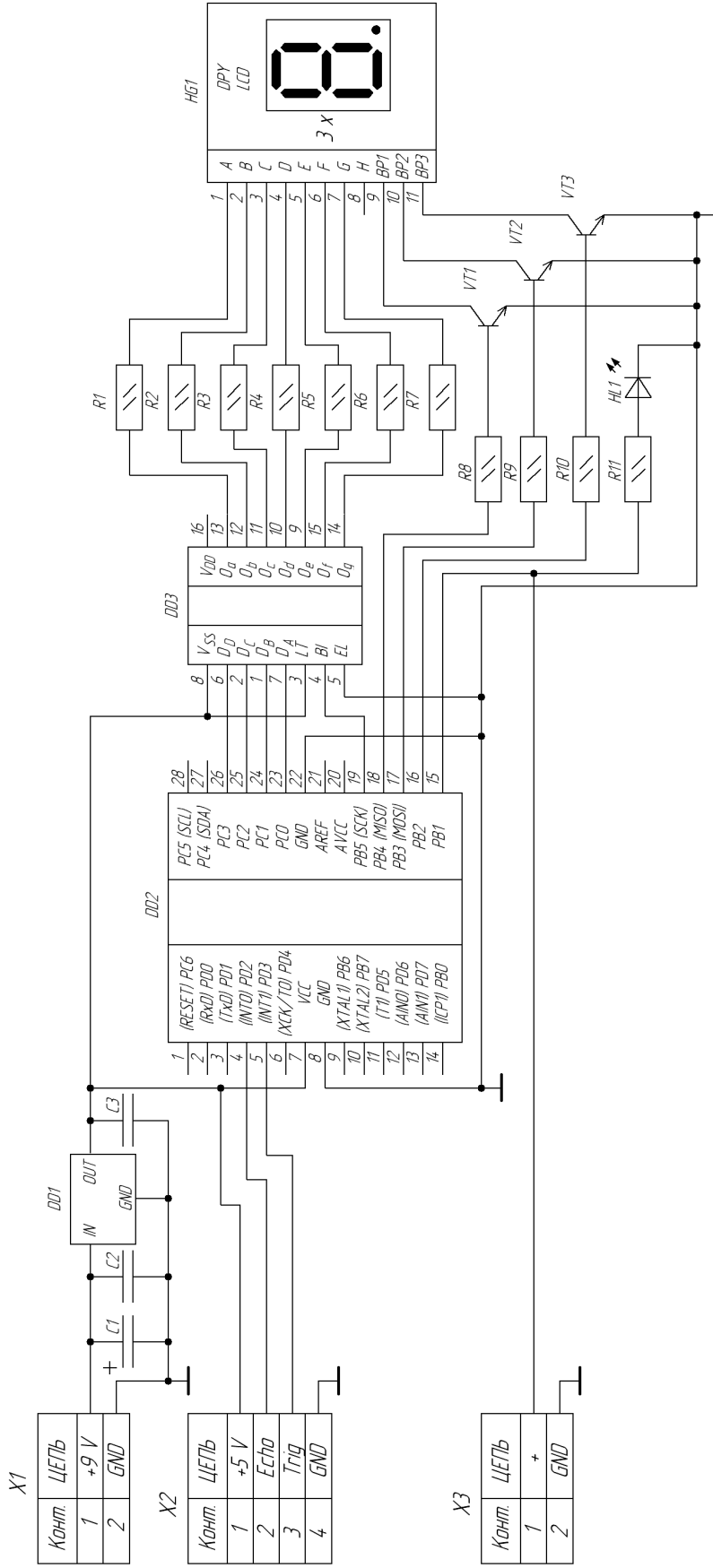


Рисунок 3.5 – Схема електрична принципова апаратного забезпечення комп’ютерної системи ультразвукового вимірювання відстані

$$I_{\text{пр.}}^{vd} = 160 \text{ (mA)}, U_{\text{пр.}}^{vd} = 2.5 \text{ (B)}.$$

Також, необхідно вибрати VT1 – VT3. У даному випадку можна використати практично будь-який малопотужний транзистор, I_K якого більше 160 (mA), наприклад КТ3107. Необхідні параметри для розрахунку:

$$U_{\text{бэ.}}^{vt} = 0.7 \text{ (B)}, h_{21э} = 70.$$

Для розрахунку резистора R1 – R7, необхідно знати $U_{\text{порт}}, U_{\text{пр.}}^{vd}, I_{\text{пр.}}^{vd}$.

$$R_{1-7} = \frac{U_{\text{порт}} - U_{\text{пр.}}^{vd}}{I_{\text{пр.}}^{vd}} = 65 \text{ (Ом)}, \quad (3.1)$$

де $U_{\text{порт}}$ – вихідна напруга порту, В;

$U_{\text{пр.}}^{vd}$ – пряме падіння напруги на світлодіоді, В;

$I_{\text{пр.}}^{vd}$ – прямий протікаючий струм на світлодіоді, А.

$$R_{1-7} = \frac{3.8 - 2.5}{0.02} = 65 \text{ (Ом)}.$$

Визначальний параметр при виборі опору, є його потужність, яка визначається за формулою 3.2:

$$P = U_{\text{порт}} \cdot I_{\text{пр.}}^{vd}, \quad (3.2)$$

де $U_{\text{порт}}$ – вихідна напруга порту, В;

$I_{\text{пр.}}^{vd}$ – прямий протікаючий струм на світлодіоді, А.

$$P_{1-7} = 3.8 \cdot 0.02 = 0.076 \text{ (Вт)}$$

В якості резистора R1 – R7 візьмемо МЛТ потужністю 0.125 (Вт), 68 (Ом).

Для розрахунку резистора R8 –R10, необхідно знати $U_{\text{порт}}$, $U_{\text{пр.}}^{vd}$, $U_{\text{бэ.}}^{vt}$, $I_{\text{Б}}^{vt}$, $I_{\text{К}}^{vt}$.

$$I_{\text{Б}}^{vt} = \frac{I_{\text{К}}^{vt}}{h_{21э}}, \quad (3.3)$$

де $I_{\text{К}}^{vt}$ – струм колектора, А;

$h_{21э}$ – коефіцієнт передачі по струму.

$$I_{\text{Б}}^{vt} = \frac{0.160}{70} = 0.0023 \text{ (А)}.$$

$$R_{8-10} = \frac{U_{\text{порт}} - U_{\text{бэ.}}^{vt}}{I_{\text{Б}}^{vt}}, \quad (3.4)$$

де $U_{\text{порт}}$ – вихідна напруга порту, В;

$U_{\text{бэ.}}^{vt}$ – пряме падіння напруги на переході база емітер, В;

$I_{\text{Б}}^{vt}$ – прямий струм бази, що відкриває транзистор, А.

$$R_{8-10} = \frac{4.2 - 0.7}{0.0023} = 1521.74 = 1522 \text{ (Ом)}$$

В якості резистора R8 – R10 приймемо МЛТ потужністю 0.125 (Вт), 1.6 (кОм).

Для розрахунку резистора R11, необхідно знати $U_{\text{порт}}$, $U_{\text{пр.}}^{vd}$, $I_{\text{пр.}}^{vd}$.

$$R_{11} = \frac{U_{\text{порт}} - U_{\text{пр.}}^{vd}}{I_{\text{пр.}}^{vd}}, \quad (3.5)$$

де $U_{\text{порт}}$ – вихідна напруга порту, В;

$U_{\text{пр.}}^{vd}$ – пряме падіння напруги на світлодіоді, В;

$I_{\text{пр.}}^{vd}$ – прямий протікаючий струм на світлодіоді, А.

$$R_{11} = \frac{4.2 - 2.5}{0.02} = 85 \text{ (Ом)}.$$

Визначальний параметр при виборі опору, є його потужність, яка визначається за формулою 3.6.

$$P = U_{\text{порт}} \cdot I_{\text{пр.}}^{vd}, \quad (3.6)$$

де $U_{\text{порт}}$ – вихідна напруга порту, В;

$I_{\text{пр.}}^{vd}$ – прямий протікаючий струм на світлодіоді, А.

$$P_{11} = 4.2 \cdot 0.02 = 0.084 \text{ (Вт)}.$$

В якості резистора R11 візьмемо МЛТ потужністю 0.125 (Вт), 91 (Ом).

4 РОЗРАХУНОК ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ ПРИСТРОЮ

4.1 Визначення вимог до механічних і кліматичних дій

Умови розміщення електронного пристрою визначають рівень дії на нього механічних і кліматичних чинників. Тому на стадії конструювання необхідно визначити характер і рівень цих дій.

До таких дій відносять дію механічної вібрації і ударів, температурні дії, дії підвищених і зниженої вологості і тиску.

Визначення вимог до механічних і кліматичних дій здійснюється відповідно до стандарту – ГОСТ 15150–69.

Кліматичне виконання пристрою – У. Пристрій призначений для роботи в районах з помірним кліматом, де зміна температури від $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$, із зміною вологості до 80% при температурі $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Категорія розміщення пристрою – 1.1 (для роботи і експлуатаційного зберігання в приміщеннях категорії 4 і для короткочасної роботи в інших умовах, у тому числі і на відкритому повітрі).

4.2 Вибір елементної бази й попереднє компонування конструкції електронного приладу

4.2.1 Мікросхеми

В якості мікросхеми DD1 використовуємо мікросхему LM7805 (KP142EH5A). Дана мікросхема містить три виводи: вхід, земля, вихід.

Зовнішній вигляд і габаритні розміри мікросхеми LM7805 показані на рисунку 4.1, основні технічні характеристики наведені в таблиці 4.1.

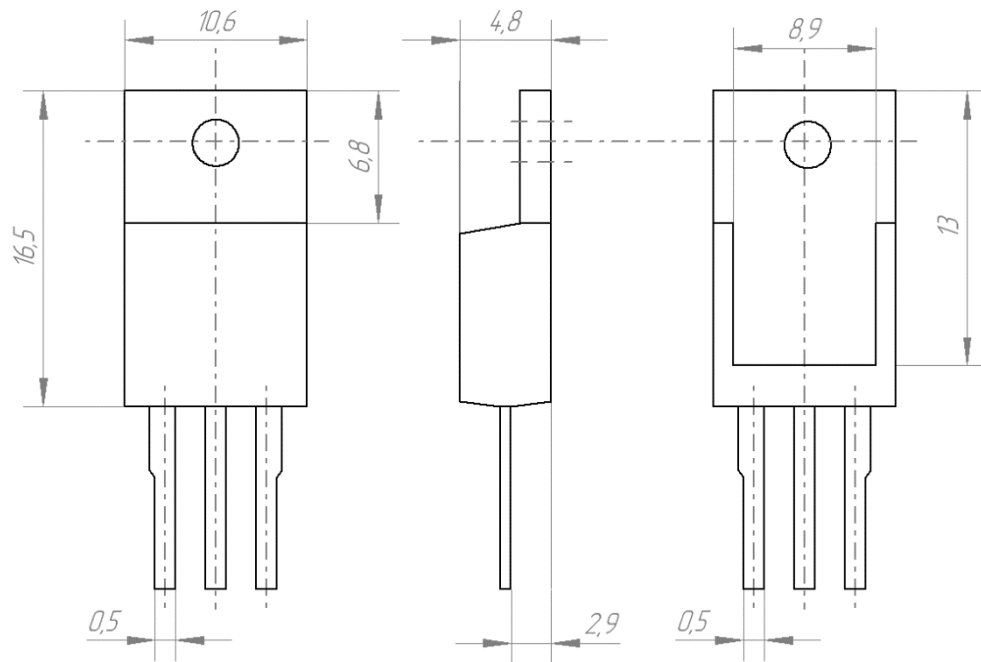


Рисунок 4.1 – Габаритне креслення стабілізатора напруги LM7805

Таблиця 4.1 – Характеристики мікросхеми 7805

Параметри	Тип	Од. вимірювання
Максимальна вхідна напруга	35	В
Розсіяна потужність	20	мВт
Розсіяна потужність (без	2	мВт
Діапазон робочих температур	-30...+150°C	±С

В якості інтегральної мікросхеми DD2 використовуємо мікросхему Atmega8. Ця мікросхема (мікроконтролер), призначена для керування електронними пристроями. Типовий мікроконтролер поєднує на одному кристалі функції процесора і периферійних пристроїв, містить ОЗУ і (або) ПЗУ. По суті, це однокристальний комп'ютер, здатний виконувати прості завдання. Дана мікросхема містить 28 виводів.

Зовнішній вигляд і габаритні розміри мікросхеми Atmega8 показані на рисунку 4.2, основні технічні характеристики наведені в таблиці 4.2.

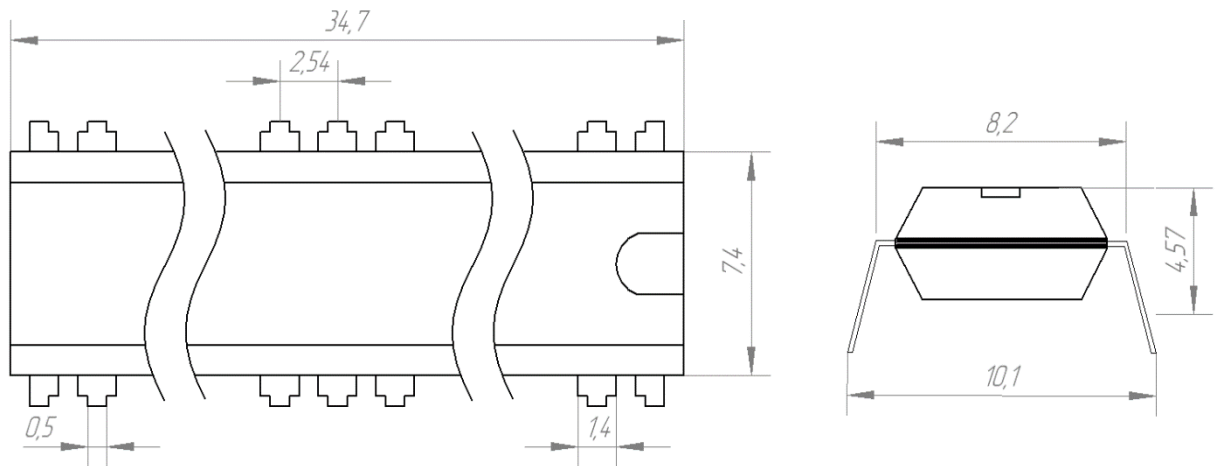


Рисунок 4.2 – Габаритне креслення мікросхеми (мікроконтролера) Atmega8

Таблиця 4.2 – Характеристики мікросхеми (мікроконтролера) Atmega8

Параметри	Тип	Од. вимірювання
Максимальна робоча напруга	6	В
Максимальне споживання по струму	300	мА
Максимальна споживана потужність	750	мВт
Діапазон робочих температур	-55...+125°C	±С

Призначення виводів Atmega8.

Цей мікроконтролер має 23 порту вводу / виводу, об'єднаних в 3 групи:

1) порт В (PB0 – PB7) – 8-розрядний двонаправлений порт I/O. Два виводи (PB6 і PB7) використовуються для підключення кварцового резонатора. Виводи PB2 – PB5 зарезервовані для внутрішнього програмування. Таким чином, для загального застосування залишаються порти PB0 і PB1;

2) порт С (PC0 – PC6) – 7 розрядний двонаправлений порт I/O. Порти PC0 – PC5 можна використовувати в якості аналогових входів. PC6 зазвичай використовується для скидання;

3) порт D (PD0 – PD7) – 8 розрядний двонаправлений порт I/O. Ці порти можна використовувати для загального застосування.

Також є такі виводи як:

- 1) VCC – напруга живлення;
- 2) GND – земля;
- 3) AGND – вивід, повинен бути приєднаний до окремої аналогової землі, якщо плата оснащена нею. У іншому випадку вивід під'єднується до загальної землі;
- 4) AREF – Вхід аналогової напруги порівняння для аналого-цифрового перетворювача. На цей вивід, для забезпечення роботи аналого-цифрового перетворювача, подається напруга в діапазоні між AGND і AVCC.

Нижче, на рисунку 4.3, представлене найменування виводів мікроконтролера Atmega8.

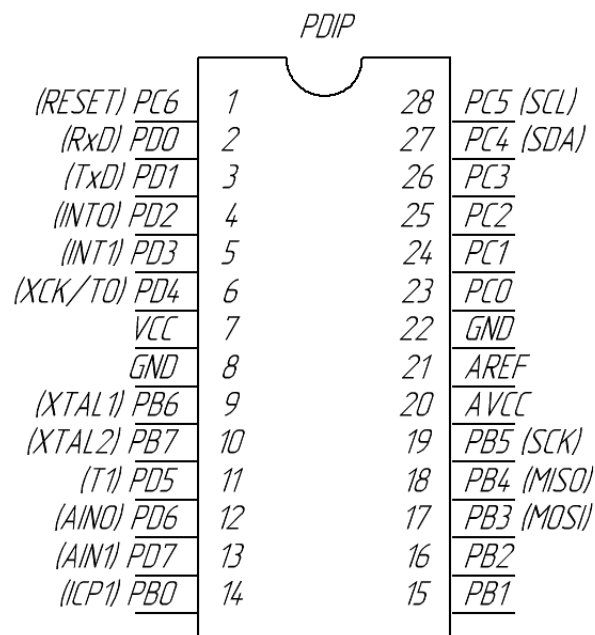


Рисунок 4.3 – Призначення виводів Atmega8

В якості інтегральної мікросхеми DD3 використовуємо мікросхему HEF4511. Мікросхема дешифратор HEF-4511 – це перетворювач двійкового коду в семисегментний, спрощує роботу з індикатором.

Зовнішній вигляд і габаритні розміри мікросхеми HEF4511 показані на рисунку 4.4, основні технічні характеристики наведені в таблиці 4.3

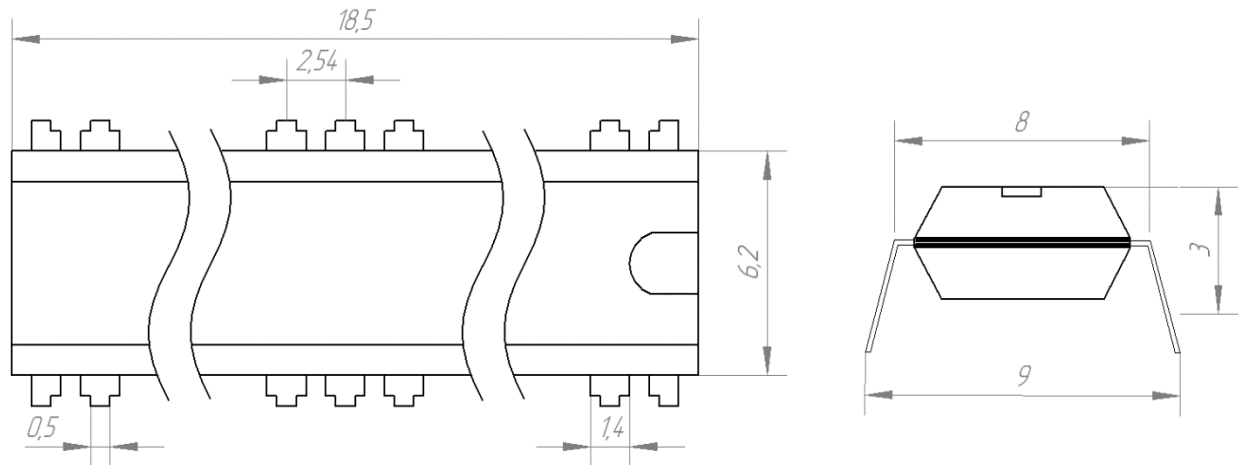


Рисунок 4.4 – Габаритне креслення мікросхеми дешифратора HEF–4511

Таблиця 4.3 – Характеристики мікросхеми дешифратора HEF–4511

Параметри	Тип	Од. вимірювання
Максимальна робоча напруга	6	В
Максимальний вихідний струм	25	мА
Діапазон робочих температур	-55...+125°C	±С

Призначення виводів мікросхеми дешифратора HEF–4511:

- 1) VSS – загальний дріт;
- 2) VDD – напруга живлення;
- 3) $D_A \dots D_D$ адреси (даних) входи;
- 4) EL – дозвіл фіксації входу (активний низький);
- 5) BI – пульсації замикаючий вхід (активний низький);
- 6) LT – лампа тестовий вхід (активний низький);
- 7) $O_A \dots O_G$ – до виходів семисегментного індикатора.

Нижче, на рисунку 4.5, представлено найменування виводів мікросхеми дешифратора HEF–4511.

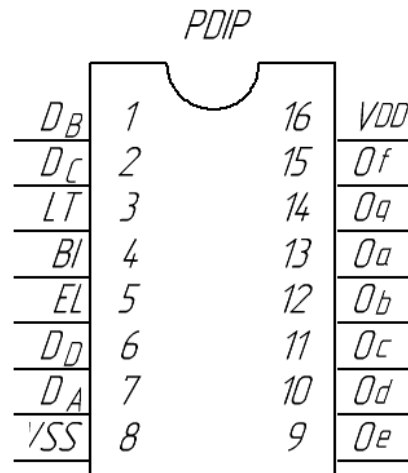


Рисунок 4.5 – Призначення виводів мікросхеми HEF-4511

4.2.2 Резистори

Схема пристрою (рисунок 3.5) передбачає установку 11 постійних резисторів.

Резистор – пасивний елемент електричного кола, в ідеалі характеризується тільки опором електричному струму, тобто для ідеального резистора в будь-який момент часу повинен виконуватися закон Ома.

В якості резисторів R1 – R11 доцільно використовувати резистори МЛТ потужністю 0,125 Вт.

Резистори даного типу містять резистивний елемент у вигляді тонкої металевої плівки, обложеної на основу. Вони характеризуються високою стабільністю параметрів, слабкою залежністю опору від частоти і напруги і високою надійністю.

Зовнішній вигляд і габаритні розміри резисторів МЛТ – 0,125 показані на рисунку 4.6, основні технічні параметри наведені в таблицях 4.4, 4.5.

Перелік резисторів, використовуваних у схемі (рисунок 3.5), наведено в таблиці 4.6.

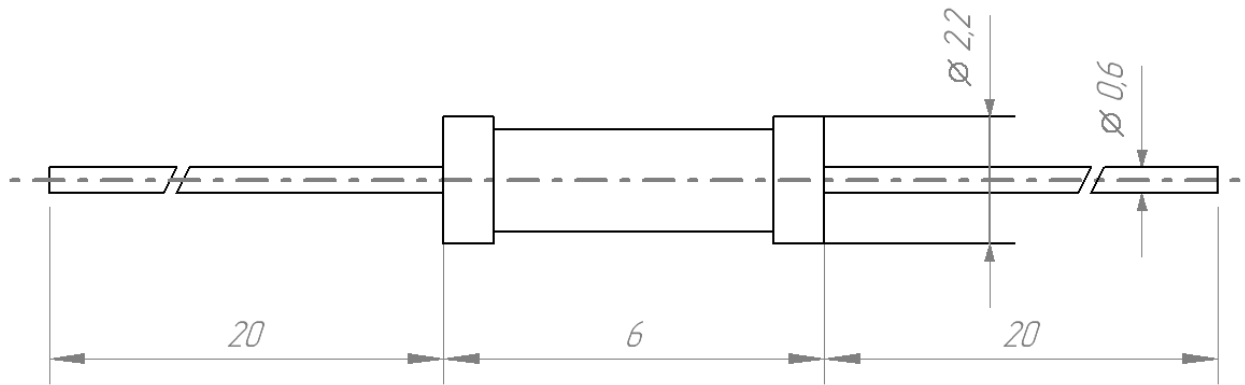


Рисунок 4.6 – Габаритне креслення резистора МЛТ – 0,125

Проміжні значення номінальних опорів для резисторів МЛТ відповідають рядам E24, E96 з допуском ± 2 ; ± 5 ; ± 10 .

Таблиця 4.4 – Основні технічні параметри резисторів МЛТ

Параметр	Значення
Рівень власних шумів, мкВ	5
Гранично допустима температура навколишнього середовища, °C	+70
Гранична робоча напруга постійного і змінного струму, В	200
Мінімальне напруцювання, рік	25000
Строк збереження, років	15

Таблиця 4.5 – Значення ТКС для резисторів МЛТ

Діапазон номінальних опорів, Ом	ТКС, $\cdot 10^{-6}$, 1 / °C, в інтервалі температур, °C	
	від -60 до +20	від +20 до +125
до $10 \cdot 10^3$	± 1200	± 600
$11 \cdot 10^3 \dots 1 \cdot 10^6$	± 1200	± 700
понад $1 \cdot 10^6$	± 1200	± 1000

Таблиця 4.6 – Резистори МЛТ, використовувані в схемі

Умовне позначення	Номінальний опір	Номінальна потужність,Вт	Ряди проміжних значень опору	Допустиме відхилення опору
R1	65 Ом	0,125	E24	± 5
R2	65 Ом	0,125		
R3	65 Ом	0,125		
R4	65 Ом	0,125		
R5	65 Ом	0,125		
R6	65 Ом	0,125		
R7	65 Ом	0,125		
R8	1,6 кОм	0,125		
R9	1,6 кОм	0,125		
R10	1,6 кОм	0,125		
R11	91 Ом	0,125		

4.2.3 Конденсатори

В якості конденсатора С1 приймемо електролітичний алюмінієвий конденсатор В41828. Зовнішній вигляд і габаритні розміри конденсатора В41828 показані на рисунку 4.7, основні технічні параметри наведені в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Основні технічні параметри конденсатора В41828

Параметр	Значення
Робоча напруга, В	16
Діапазон робочих температур, ° С	-40...+105
Допуск номінальної ємності, %	±20
Тангенс кута втрат,%	0,14

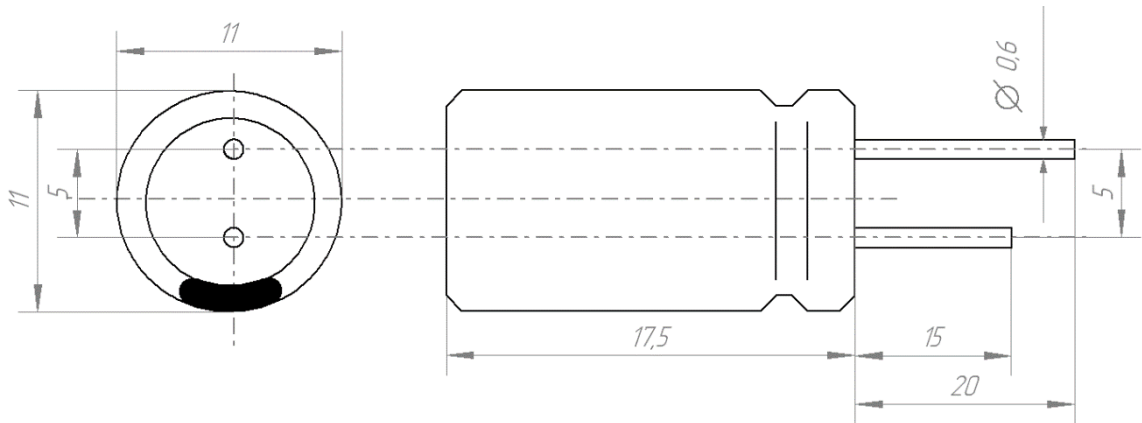


Рисунок 4.7 – Габаритне креслення конденсатора В41828

В якості конденсатора С2 – С3 прийемо керамічний дисковий конденсатор К10–176.

Зовнішній вигляд і габаритні розміри конденсатора К10–176 показані на малюнку 4.8, основні технічні параметри наведені в таблиці 4.8.

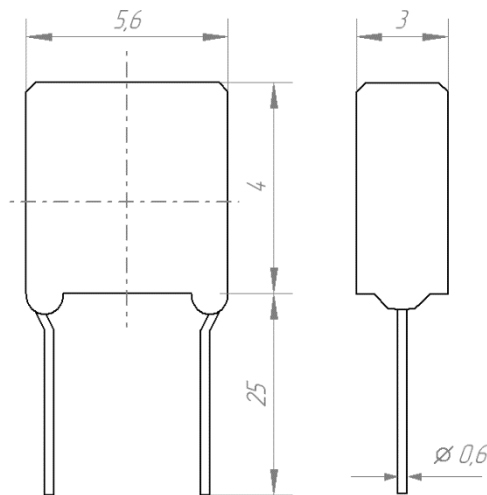


Рисунок 4.8 – Габаритне креслення конденсатора К10–176

Таблиця 4.8 – Основні технічні параметри конденсатора К10–176

Параметр	Значення
Робоча напруга, В	50
Діапазон робочих температур, ° С	-60...+125
Допуск номінальної ємності, %	±10
Тангенс кута втрат, %	0,035

4.2.4 Світлодіоди

В якості світлодіода HL1 приймемо зелений дифузійний світлодіод LG30240 – 3мм.

Зовнішній вигляд і габаритні розміри світлодіода LG30240 показані на малюнку 4.9, основні технічні параметри наведені в таблиці 4.9.

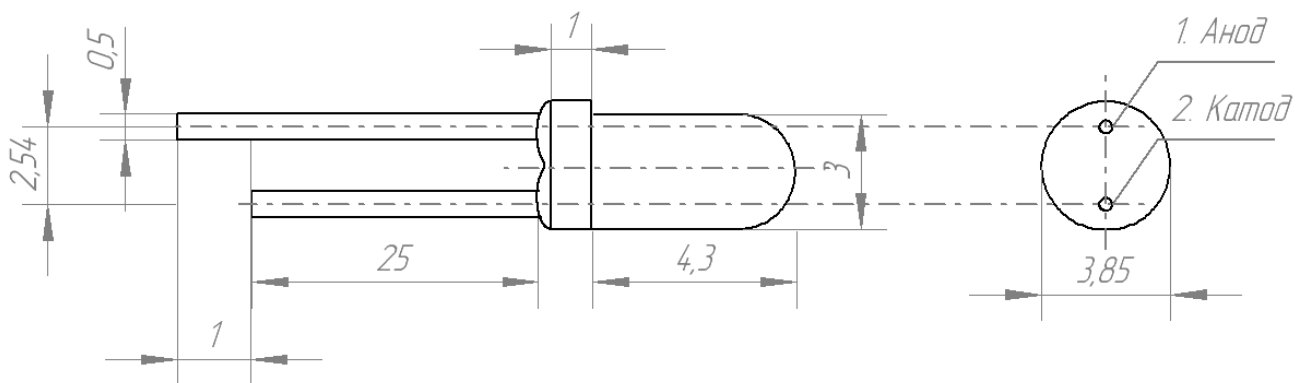


Рисунок 4.9 – Габаритне креслення світлодіода LG30240

Таблиця 4.9 – Основні технічні параметри світлодіода LG30240

Параметр	Значення
Розсіює потужність, мВт	60
Постійний прямий струм, мА	20
Зворотна напруга, В	5
Діапазон робочих температур	-30...+85
Діапазон температур зберігання	-40...+100

4.2.5 Семисегментний індикатор

В якості семисегментного індикатора приймемо КЕМ-5631-AG (RL-T5614GDAW) зелений із загальним катодом.

Зовнішній вигляд і габаритні розміри семисегментного індикатора КЕМ-5631-AG показані на рисунку 4.10, основні технічні параметри наведені в таблиці 4.10.

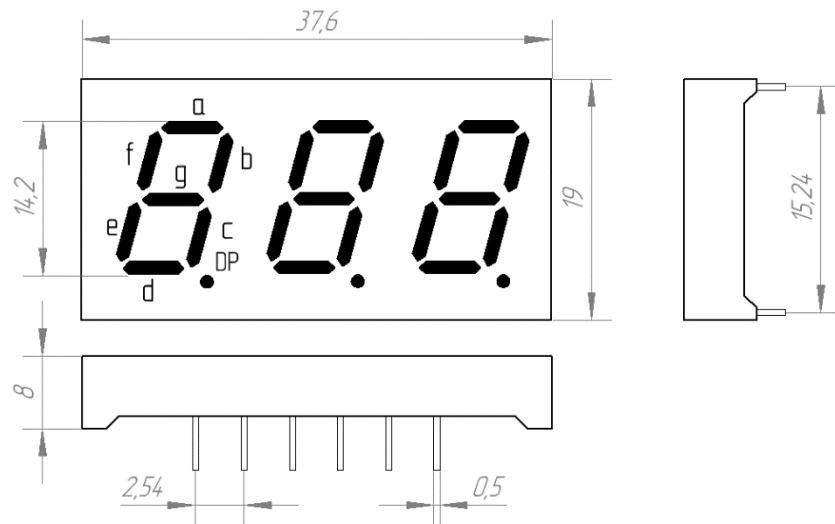


Рисунок 4.10 – Габаритне креслення семисегментного індикатора

Таблиця 4.10 – Основні технічні параметри світлодіода LG30240

Параметр	Значення
Максимальний пряма напруга (при струмі 20 мА), В	2,5
Максимальний прямий струм, мА	25–30
Максимальна зворотна напруга, В	5
Потужність розсіювання, мВт	150
Максимальний імпульсний прямий струм, мА	140–160
Діапазон робочих температур, °С	–40...+85

4.2.6 Транзистори

В якості транзистора VT1 – VT3 використовуються транзистор BC547. Він являє собою кремнієвий епітаксійно-планарний n–p–n підсилювальний високочастотний малопотужний транзистор.

Зовнішній вигляд і габаритні розміри транзистора BC547 показані на малюнку 4.11, основні технічні параметри наведені в таблиці 4.11.

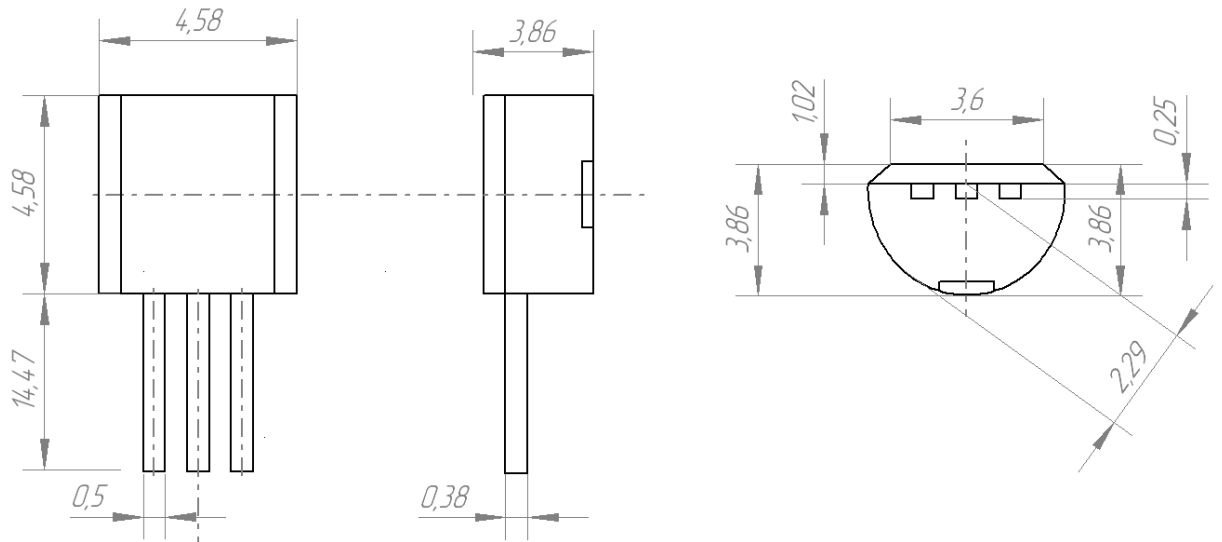


Рисунок 4.11 – Габаритне креслення транзистора BC547

Таблиця 4.11 – Основні технічні параметри транзистора BC547

Параметр	Значення
Напруга колектор-емітер максимальне, В	45
Напруга колектор-база максимальне, В	50
Напруга емітер-база максимальне, В	6
Струм колектора максимальний, мА	100
Струм колектора імпульсний максимальний, мА	200
Діапазон робочих температур, °С	-55...+150

4.3 Розробка конструкції друкованої плати

Розробка конструкції друкарської плати має такі стадії:

- вибір і обґрунтування типу друкарської плати;
- вибір і обґрунтування класу точності друкарської плати;

- вибір матеріалу, габаритних розмірів і конфігурації друкарської плати;
- попереднє розміщення навісних елементів;
- трасування провідників і розміщення елементів провідного малюнка;
- розробка конструкторської документації друкарської плати.

4.3.1 Вибір і обґрунтування типу друкарської плати

По конструкції друковані плати діляться на односторонні, двосторонні і багатошарові. Застосування двошарових і багатошарових друкованих плат дозволяє знизити габаритні розміри розроблюваного пристрою. У деяких випадках (реалізація складних схем, застосування малогабаритних і багатополосних елементів) є необхідним. При виборі типу друкованої плати необхідно враховувати, що трудомісткість виготовлення друкованої плати із збільшенням числа шарів зростає, а збільшення щільності розташування елементів може привести до перегріву елементів і появи паразитних зв'язків.

Розроблюваний пристрій буде розміщуватися на односторонній платі, так як він містить небагато елементів.

4.3.2 Вибір і обґрунтування класу точності друкарської плати

Відповідно до ГОСТ 23751–86 [3] друковані плати за точністю виконання елементів провідить малюнка діляться на п'ять класів точності. Обраний клас точності визначає граничні розміри і відхилення елементів конструкції друкованих плат.

Найбільш простими у виготовленні є плати першого і другого класу точності. Вони більш надійні і мають мінімальну вартість. Друковані плати більшого класу точності вимагають використання більш дорогих матеріалів,

інструментів та обладнання, а в деяких випадках більш складної технології виготовлення.

Беручи до уваги економічну доцільність, відносно високу щільність друкованого малюнка в деяких місцях і зменшення ймовірності відбраковування при виробництві, а також застосування інтегральних мікросхем, вважаю найбільш доцільним використання друкованої плати другого класу точності.

У цьому дипломному проекті обраний другий клас точності. Плати другого класу точності мають наступні конструктивні параметри, які наведені в таблиці 4.12.

Таблиця 4.12 – Конструктивні параметри для друкованої плати другого класу точності

Параметр	Значення
Мінімальне значення номінальної ширини провідника, t	0,45
Мінімальне значення відстані між провідниками, S	0,45
Гарантований пас b	0,2
Граничне відхилення діаметра отвору Δd – без металізації при $d \leq 1$ мм – з металізацією при $d \leq 1$ мм	$\pm 0,1$ +0,05; –0,15
Граничне відхилення ширини друкованого провідника Δt (контактної площадки): – без покриття – з покриттям	$\pm 0,1$ +0,15; –0,1
Допуск на розміщення осей отворів Td при розмірі плати по великій стороні до 180 мм включно	0,15
Допуск на розташування центрів контактних майданчиків TD при розмірі плати по великій стороні до 180 мм включно	0,25

4.3.3 Вибір матеріалу і конфігурації друкарської плати

Робоча площа друкованої плати дорівнює загальній площі друкованої плати за вирахуванням площі крайового поля – вільної смуги уздовж периметра друкованої плати, що передбачається для технологічних цілей, не займаної малюнком, навісними елементами і з'єднувачем.

Рекомендується розробляти друковані плати простої прямокутної форми. При необхідності форма друкованої плати може відрізнятись від прямокутної, але при цьому розміри її сторін повинні відповідати вказаним вимогам відповідно до ГОСТ 10317–79.

Товщина друкованої плати визначається товщиною матеріалу основи з урахуванням товщини фольги і вибирається залежно від використовуваної елементної бази та діючих механічних навантажень.

В якості матеріалу для виготовлення друкованих плат при виготовленні субтрактивним методом застосовуються гетинакс і текстоліт з нанесеною на одну або дві сторони мідною фольгою.

В якості матеріалу для виготовлення друкованої плати використовується склотекстоліт, облицьований мідної оксидованою односторонньої фольгою (СФ–2–35). Товщина фольги – 35 мкм. Товщина плати – 1 мм.

4.3.4 Попереднє розміщення навісних елементів

Відповідно до ГОСТ 23751–86 [3] раціональним розміщенням вважається таке, при якому елементи розміщені рівномірно з урахуванням електричних зв'язків і теплових режимів із забезпеченням мінімальних значень довжин зв'язків, кількості переходів друкованих провідників із шару на шар, а також з відсутністю або мінімальним рівнем паразитних зв'язків між елементами друкованого вузла.

Мікросхеми DD1 – DD2, семисегментний індикатор HG1 встановлюються у відповідності з таблицею 3.7 [3] за варіантом VIII А.

Резистори R1 – R11, конденсатори C2 – C3, світлодіод HL1 встановлюються у відповідності з таблицею 3.7 [3] за варіантом II В.

Транзистор VT1 – VT3, мікросхема DD3, конденсатор C1 встановлюються у відповідності з таблицею 3.7 [3] за варіантом V В.

Вибір варіанту установки елементів на плату проведений відповідно з особливостями конструкції встановлюваних елементів і технічними вимогами до конструкції друкованого вузла і пристрою в цілому.

Установка навісних елементів здійснюється в отвори. Відстань між висновками елементів збільшується через наявність кола вигину при установці навісних елементів.

4.3.5 Трасування провідників і розміщення елементів провідного рисунку

Діаметр отворів під висновок вибирається з умови отримання зазору між висновком і стінкою отвори, що забезпечує капілярний проникнення пайки. Для забезпечення такої умови різниця між мінімальним значенням діаметра монтажного отвору і максимальним значенням діаметра виведення повинна знаходитися в межах 0,1 – 0,4 мм.

Контактні майданчики круглої форми. Діаметр контактної площадки навколо монтажного отвору визначається за формулою:

$$D = (d + \Delta d_{B,O}) + 2 * b_H + \Delta t_{B,ПРО} + 2 * \Delta d_{ТР} + (T_d^2 + T_D^2 + \Delta t_{H,O}^2)^{0,5}, \quad (4.1)$$

де $\Delta d_{B,O}$ – верхнє граничне відхилення діаметра отвору;

b_H – гарантований пас;

$\Delta t_{\text{В.ПРО}}$ и $\Delta t_{\text{Н.О}}$ – верхнє і нижнє відхилення ширини провідника відповідно;

$\Delta d_{\text{ТР}}$ – значення подтравливання діелектрика, для двосторонніх плат дорівнює нулю;

T_d – допуск на розміщення осей отворів;

T_D – допуск на розміщення контактних майданчиків.

Діаметр контактної площадки для отвору діаметром 0,7 мм з металізацією для двосторонній друкованої плати 2 – го класу точності дорівнює (необхідні дані наведені в таблиці 4.12):

$$D = (0.7 + 0.05) + 2 \cdot 0.2 + 0.15 + 2 \cdot 0 + \sqrt{0.15^2 + 0.25^2 + 0.1^2} \\ = 1.6 \text{ (мм)}.$$

При розміщенні провідників шириною 0,5 мм на відстані 1,27 мм, відстань між провідниками становить 0,52 мм. Це повністю задовольняє вимогам другого класу точності.

4.3.6 Розробка конструкторської документації друкарської плати

Правила виконання креслень друкованої плати деталі встановлені ГОСТ 2.417–78 [9].

Креслення виконують в масштабах 1:1; 2:1; 4:1; 5:1; 10:1. Згідно [9] розміри на кресленні друкованої плати вказують одним із таких способів:

- відповідно до вимог ГОСТ 2.307–68 [10];
- нанесенням координатної сітки в полярній системі координат;
- комбінованим способом, за допомогою розмірних і виносних ліній і координатної сітки в прямокутній або полярній системі координат;
- у вигляді таблиці координат елементів провідного малюнку (провідників, контактних майданчиків тощо).

При завданні розмірів нанесенням координатної сітки всі лінії сітки повинні нумеруватися. Допускається виділяти на кресленні окремі лінії координатної сітки, що чергуються через певні інтервали. При цьому на кресленні слід розміщувати вказівки типу: «Лінії координатної сітки нанесені через одну».

За початок відліку в прямокутній системі координат на головному вигляді креслення друкованої плати приймемо лівий нижній кут друкованої плати.

Провідники на кресленні повинні позначатися однією лінією, що є віссю симетрії провідника. На кресленні слід вказувати числове значення ширини провідника.

На кресленнях круглих друкованих плат за початок відліку в прямокутній системі координат допускається застосовувати центр друкованої плати.

Якщо розміри і конфігурація малюнка друкованої плати обумовлені в технічних вимогах креслення, то допускається елементи друкованих плат зображати умовно.

У таблиці 4.13 наведені діаметри виводів елементів і приймає діаметр монтажних отворів.

4.4 Розробка конструкції друкарського вузла

Основними складовими друкованого вузла є друкована плата, навісні й настановні елементи. При необхідності встановлюються додаткові елементи кріплення, охолоджувачі, екрани тощо.

Складальне креслення друкованого вузла і специфікацію виконують згідно з ГОСТ 2.413-72 [30]. Згідно [30] конструкторську документацію по електромонтажем виконують в одному з чотирьох варіантів: А, Б, В або Г. Для виготовлення виробів, механічну збірку і електромонтаж яких робити по

тому ж кресленням недоцільно, а в таких виробів в більшості випадків можна віднести і друковані вузли, кращий варіант Г.

Таблиця 4.13 – Діаметри монтажних отворів

Елемент	Діаметр виводу, мм	Діаметр отвору, мм
Мікросхеми DD1, DD2, DD3	0,5	0,7
Резистори МЛТ – 0,125	0,6	
Транзистор VT1	0,5	
Світлодіод HL1	0,5	
Семисегментний індикатор	0,5	
Конденсаторы С1	0,6	
Конденсаторы С2, С3	0,5	
Кріпильні отвори	–	2,5

Вимоги до складальним кресленням друкованих вузлів і кресленнях загального вигляду виробу в основному збігаються. Відмінності відображають специфіку друкованого вузла як виробу. На складальному кресленні вузла електрорадіоелементів допускається зображати спрощено зовнішніми обрисами. При нанесенні позиційних позначень на кресленні для складових частин, що є елементом принципової електричної схеми, наноситься позиційне позначення, присвоєне цьому елементу в схемі.

При нанесенні позиційних позначень на кресленні для складових частин, які є елементом принципової електричної схеми, наноситься позиційне позначення, присвоєне цьому елементу в схемі.

Елементом, не зазначених на принциповій електричній або схемі з'єднань, але беруть участь в електричних з'єднаннях (наприклад, перехідним стійок, пелюсткам заземлення тощо), для вказівки адрес приєднання

провідників присвоюють чергові позиційні позначення після елементів того ж функціонального призначення, зображених на схемі.

Допускається присвоювати таким елементам позначення, що складаються з великої літери E і порядкового номера.

Допускається не наносити на креслення номери позицій, під якими записані в специфікації:

- встановлені при електромонтаж складові частини, які є елементами принципової електричної схеми виробу та внесені до його специфікацію в розділах «Стандартні вироби» та «Інші вироби»; дроти та кабелі, внесені в специфікацію в розділі «Матеріали»;

- при записі в специфікацію складової частини, що є елементом принципової електричної схеми виробу, у графі "Примітка" вказують позиційне позначення, присвоєне цьому елементу в схемі. Складальне креслення друкованої плати розробленого електронного пристрою наведено на рисунку 4.12.

4.5 Вибір умов охолодження і розрахунок теплового режиму

В процесі роботи електронного пристрою температура нагріву його елементів не повинна перевищувати допустимих технічними умовами значень. При конструюванні необхідні температурні умови досягаються застосуванням відповідних умов охолодження і раціональним компоновкою при конструюванні. На завершальному етапі розробки електронного пристрою доцільно проведення уточнюючого розрахунку теплового режиму пристрою в цілому та окремих теплонавантажених елементів.

Попередній вибір системи охолодження проводиться на ранній стадії конструювання. Для цього використовується графіки, що характеризують область доцільного застосування різних способів охолодження.

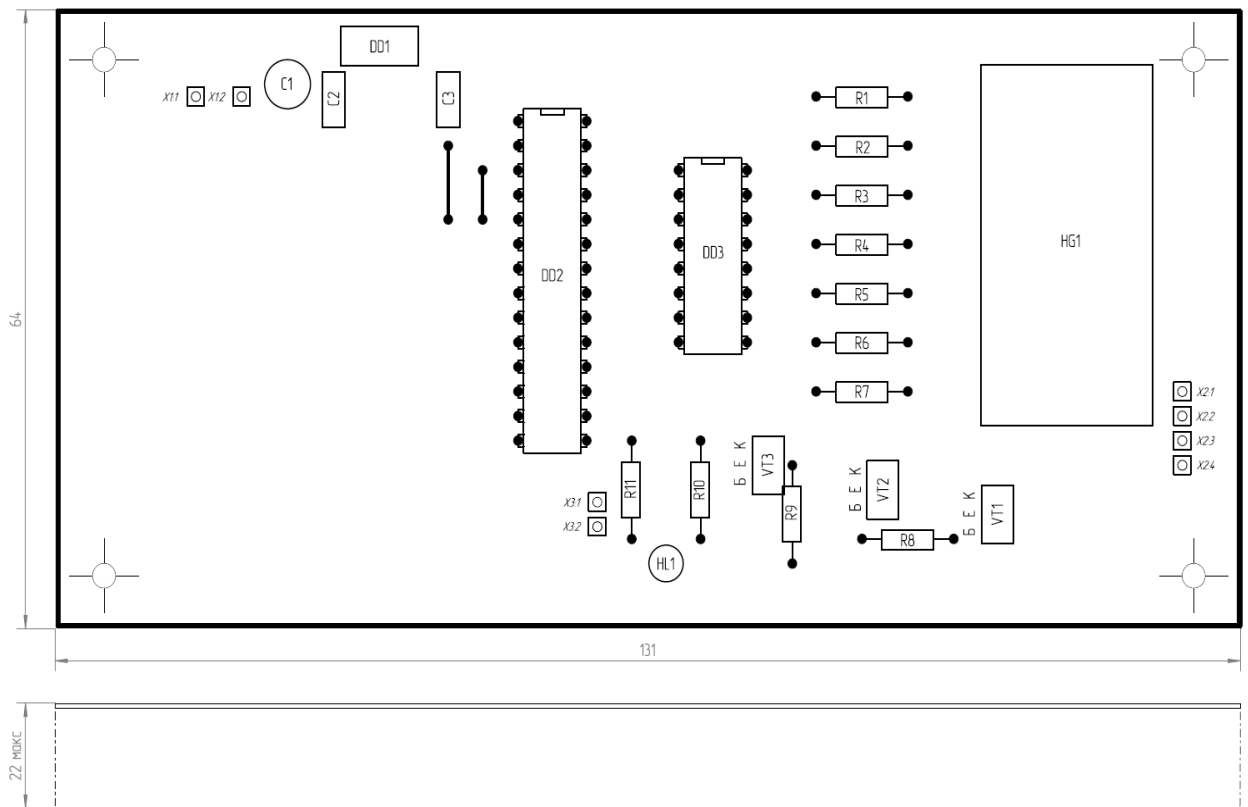


Рисунок 4.12 – Складальне креслення друкованої плати

4.6 Попередній вибір системи охолодження

Оцінка проводиться на підставі попередніх даних по величині теплового потоку, що приходить на одиницю площі теплообміну:

$$p = \frac{P \cdot k_p}{S_{\Pi'}} \quad (4.1)$$

де p – сумарна розсіювача потужність електронного пристрою;

k_p – коефіцієнт, що враховує тиск повітря (при атмосферному тиску $k_p = 1$);

S_{Π} – поверхня теплообміну, визначувана геометричними розмірами зони електронного пристрою 11, 12, 13 і коефіцієнтом заповнення об'єму k_3 , визначувана по формулі.

$$P = \sum p_i \cdot k_{Hi}, \quad (4.2)$$

де p_i – максимальна потужність кожного елементу окремо;

k_{Hi} – коефіцієнт навантаження для i -го елементу.

Потужність елементів схеми представлено нижче.

Інтегральні мікросхеми:

$$P_{DD1-DD3} = 3 \cdot K_H \cdot (P_{\max DD1} + P_{\max DD2} + P_{\max DD3}), \quad (4.3)$$

$$P_{DD1-DD3} = 1 \cdot 0.5 \cdot 0.20 + 1 \cdot 0.5 \cdot 0.75 + 1 \cdot 0.5 \cdot 0.4 = 0.675 \text{ (Вт)}.$$

Резистори:

$$P_{R1-R11} = 11 \cdot K_H \cdot P_{\max}, \quad (4.4)$$

$$P_{R1-R11} = 11 \cdot 0.5 \cdot 0.125 = 0.6875 \text{ (Вт)}.$$

Транзистори:

$$P_{VT1-VT3} = K_H \cdot P_{\max}, \quad (4.5)$$

$$P_{VT1-VT3} = 3 \cdot 0.5 \cdot 0.25 = 0.375 \text{ (Вт)}.$$

Світлодіод:

$$P_{HL1} = K_H \cdot P_{\max}, \quad (4.6)$$

$$P_{HL1} = 0.7 \cdot 0.06 = 0.042 \text{ (Вт)}.$$

Семисегментний індикатор:

$$P_{HG1} = K_H \cdot P_{MAX}, \quad (4.7)$$

$$P_{HG1} = 0.7 \cdot 0.15 = 0.105 \text{ (Вт)}.$$

У даному розрахунку конденсатори не враховуємо, тому що потужність на них не виділяється.

$$P = P_{DD} + P_R + P_{VT} + P_{HL} + P_{HG}, \quad (4.8)$$

$$P = 0.675 + 0,6875 + 0,375 + 0,042 + 0,105 = 1,88 \text{ (Вт)}.$$

Округлимо отримане значення загальної потужності для зручного подальшого розрахунку до 1,88 (Вт). $P = 1,88 \text{ (Вт)}$.

Площа поверхні теплообміну визначається як:

$$S_{\Pi} = 2 \cdot [l_1 \cdot l_2 + (l_1 + l_2) \cdot l_3 \cdot k_3], \quad (4.9)$$

де l_1 – довжина друкованої плати електронного пристрою;

l_2 – ширина друкованої плати електронного пристрою;

l_3 – висота робочої зони електронного пристрою;

k_3 – коефіцієнт заповнення обсягу.

$$S_{\Pi} = 2 \cdot [0.131 \cdot 0.064 + (0.131 + 0.064) \cdot 0.022 \cdot 1] = 0.025 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Тепловий потік, який припадати на одиницю площі, за формулою (4.1) дорівнює:

$$p = 1.88 \cdot 1 / 0.025 = 75.2 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \right),$$

$$\lg p = \lg 75.2 = 1.88.$$

Величина мінімально допустимого перегріву елементів пристрою, що визначається за формулою:

$$\Delta T_{i \min} = T_{\min} - T_c, \quad (4.10)$$

де T_{\min} – допустима температура корпусу найменш теплостійкого елемента. $T_{\min} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$;

T_c – температура навколишнього середовища. $T_c = 45 \text{ }^\circ\text{C}$.

$$\Delta T_{i \min} = 70 - 45 = 25 \text{ }^\circ\text{C} \text{ або } \Delta T_{i \min} = 273 + 25 = 298 \text{ (K)}.$$

З графіка на рисунку 4.13 випливає, що для розроблюваного електронного пристрою найбільш доцільно застосовувати природне повітряне охолодження.

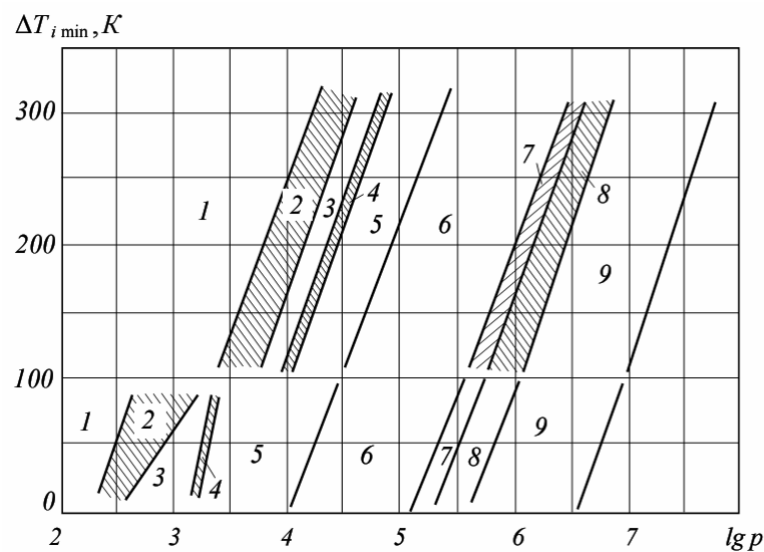


Рисунок 4.13 – Области застосування різних способів охолодження

З графіка на рисунку 4.14 випливає, що корпус пристрою потрапляє в першу зону, тому можлива конструкція блоку з вертикальним розташуванням шасі, допускається використання герметичного корпусу або корпусу пілозахисний конструкції.

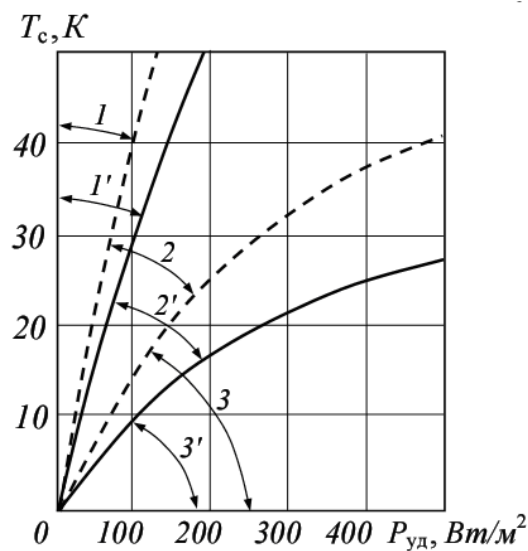


Рисунок 4.14 – Діаграма для приблизної оцінки теплового режиму електронного пристрою при повітряному охолодженні

4.7 Розрахунок теплового режиму блоку в герметичному корпусі

У теплофізичних відношенні електронний пристрій являє собою складну систему з великою кількістю джерел тепла складної форми. Розрахунок теплового режиму шляхом додавання і рішення повної системи рівнянь теплообміну дуже складно, тому на практиці цю задачу вирішують приблизно, приймаючи ряд спрощень.

Найбільшого поширення отримала модель електронного пристрою, яка являє собою розташовану в герметичному корпусі нагріту зону – тіло з ізотермічною поверхнею простої форми. Залежно від конструкції

електронного пристрою в ньому може бути виділена не одна, а кілька нагрітих зон.

Площа поверхні корпусу пристрою і умовна поверхня нагрітої зони визначаються по формулах:

$$S_K = 2 \cdot [l_1 \cdot l_2 + (l_1 + l_2) \cdot l_3], \quad (4.11)$$

где l_1, l_2, l_3 – соответственно длина, ширина основания корпуса и его высота, м.

$$S_K = 2 \cdot [0.131 \cdot 0.064 + (0.131 + 0.064) \cdot 0.032] = 0.029 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Умовна площа поверхні нагрітої зони визначається за формулою:

$$S_3 = [l_1 \cdot l_2 + (l_1 + l_2) \cdot l_3 \cdot k_3], \quad (4.12)$$

где l_1, l_2, l_3 – соответственно длина, ширина основания корпуса и его высота, м;

k_3 – коэффициент заполнения объема.

$$S_3 = 2 \cdot [0.131 \cdot 0.064 + (0.131 + 0.064) \cdot 0.032] = 0.025 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Визначальними параметрами для розрахунку є питомі потужності розсіювання блоку пристрою в цілому p_K і нагрітої зони p_3 відповідно:

$$p_K = P_O / S_K, \quad (4.13)$$

$$p_3 = P_O / S_3, \quad (4.14)$$

де P_0 – розсіювана пристроєм потужність, $\left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}\right)$;

S_K – площа поверхні корпусу пристрою, м^2 ;

S_3 – умовна поверхня нагрітої зони, м^2 .

$$p_K = 1.88 / 0.029 = 64.828 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}\right).$$

$$p_3 = 1.88 / 0.025 = 75.2 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}\right).$$

У загальному випадку перегрів корпусу герметичного електронного пристрою, що працює в нормальних кліматичних умовах, щодо навколишнього середовища визначається за формулою (4.15):

$$\theta_1 = 0,1472 \cdot p_K - 0,2962 \cdot 10^{-3} \cdot p_K^2 + 0,3127 \cdot 10^{-6} \cdot p_K^3, \quad (4.15)$$

де p_K – питома потужність, $\text{Вт}/\text{м}^2$.

$$\begin{aligned} \theta_1 &= 0,1472 \cdot 64.828 - 0,2962 \cdot 10^{-3} \cdot 64.828^2 + 0,3127 \cdot 10^{-6} \cdot 64.828^3 = \\ &= 8.383 \text{ (}^\circ\text{C)}. \end{aligned}$$

Перегрів нагрітої зони визначається аналогічною залежністю:

$$\theta_2 = 0,1390 \cdot p_3 - 0,1223 \cdot 10^{-3} \cdot p_3^2 + 0,0698 \cdot 10^{-6} \cdot p_3^3, \quad (4.16)$$

де p_3 – питома потужність нагрітої зони, $\text{Вт}/\text{м}^2$.

$$\begin{aligned} \theta_2 &= 0,1390 \cdot 75.2 - 0,1223 \cdot 10^{-3} \cdot 75.2^2 + 0,0698 \cdot 10^{-6} \cdot 75.2^3 = \\ &= 9.282 \text{ (}^\circ\text{C)}. \end{aligned}$$

Зміна атмосферного тиску зовні корпусу впливає на перегрів корпусу пристрою щодо температури навколишнього повітря, а всередині корпусу – на перегрів нагрітої зони щодо температури корпусу пристрою. Виходячи з цього, перегрів нагрітої зони в загальному випадку визначається як:

$$\theta_3 = \theta_1 \cdot K_{H1} + (\theta_2 - \theta_1) \cdot K_{H2}, \quad (4.17)$$

де K_{H1} – коефіцієнт, що враховує тиск повітря зовні пристрої;

K_{H2} – коефіцієнт, що враховує тиск повітря всередині пристрою.

Оскільки проектуване електронний пристрій використовується при нормальних умовах, коефіцієнти K_{H1} , K_{H2} рівні 1.

$$\theta_3 = 8.383 \cdot 1 + (9.282 - 8.383) \cdot 1 = 9.282 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Перегрівання корпусу блоку (пристрою) визначається за формулою 4.18:

$$\theta_K = \theta_1 \cdot K_{H1}, \quad (4.18)$$

$$\theta_K = 8.383 \cdot 1 = 8.383 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Перегрів повітря в блоці (пристрої) визначається за формулою 4.19:

$$\theta_B = 0.5 \cdot (\theta_3 + \theta_K), \quad (4.19)$$

$$\theta_B = 0.5 \cdot (9.282 + 8.383) = 8.833 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Середня температура повітря в пристрої визначається за формулою 4.20:

$$T_B = \theta_B + T_C, \quad (4.20)$$

де T_C – температура навколишнього середовища.

$$T_B = 8.833 + 45 = 53.833 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Температура корпусу блоку (пристрою) визначається за формулою 4.21:

$$T_K = \theta_K + T_C, \quad (4.21)$$

$$T_K = 8.383 + 45 = 53.383 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Температура нагрітої зони визначається за формулою 4.22:

$$T_3 = \theta_3 + T_C, \quad (4.22)$$

$$T_3 = 9.282 + 45 = 54.282 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Температурний режим окремих теплонавантажених елементів залежить від питомої потужності, що розсіюється елемента $p_{Эл}$ і питомої потужності, що розсіюється нагрітої зони p_3 .

$$p_{Эл} = P_{Эл}/S_{Эл}. \quad (4.23)$$

Виходячи з цього, перегрів поверхні елемента визначається залежністю 4.24:

$$\theta_{ел} = \theta_3 \cdot (0,75 + 0,25 \cdot p_{Эл}/p_3). \quad (4.24)$$

Перегрівання середовища навколо елемента визначається залежністю 4.25:

$$\theta_{ec} = \theta_{\Pi} \cdot (0,75 + 0,25 \cdot p_{Эл}/p_3). \quad (4.25)$$

Температура поверхні елемента визначається за формулою 4.26:

$$T_{ел} = \theta_{ел} + T_C. \quad (4.26)$$

Температура середовища навколо елемента визначається за формулою 4.27:

$$T_{ec} = \theta_{ec} + T_C. \quad (4.27)$$

Мікросхема DD1 – LM–7805.

Питома розсіювана потужність (з урахуванням коефіцієнта навантаження) за формулою (4.23) дорівнює:

$$p_{Эл} = \frac{P_{Эл}}{S_{Эл}} = \frac{0.1}{609.96 \cdot 10^{-6}} = 163.945 \text{ (Вт/м}^2\text{)}.$$

Перегрів поверхні елемента за формулою (4.24) складе:

$$\theta_{ел} = 9.282 \cdot (0,75 + 0,25 \cdot 163.945/75.8) = 11.98 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Перегрів навколишнього елемента середовища за формулою (4.25) складе:

$$\theta_{ec} = 8.383 \cdot (0,75 + 0,25 \cdot 163.945/75.8) = 10.82 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Температура поверхні елемента за формулою (4.26) дорівнює:

$$T_{\text{ел}} = 11.98 + 45 = 56.98 \text{ (}^{\circ}\text{C)}.$$

Температура середовища, навколишнього елемента за формулою (4.27) дорівнює:

$$T_{\text{ес}} = 10.82 + 45 = 55.82 \text{ (}^{\circ}\text{C)}.$$

Так як температура поверхні елемента менше максимально допустимої робочої температури (85 °C), то елемент не перегрівається і працює в нормальному стабільному режимі.

Мікросхема DD2 – Atmega8.

Питома розсіювана потужність (з урахуванням коефіцієнта навантаження) за формулою (4.23) дорівнює:

$$p_{\text{эл}} = \frac{P_{\text{эл}}}{S_{\text{эл}}} = \frac{0.375}{961.186 \cdot 10^{-6}} = 390.143 \text{ (Вт/м}^2\text{)}.$$

Перегрів поверхні елемента за формулою (4.24) складе:

$$\theta_{\text{ел}} = 9.282 \cdot \left(0.75 + 0.25 \cdot 390.143/75.8\right) = 18.905 \text{ (}^{\circ}\text{C)}.$$

Перегрів навколишнього елемента середовища за формулою (4.25) складе:

$$\theta_{\text{ес}} = 8.383 \cdot \left(0.75 + 0.25 \cdot 390.143/75.8\right) = 17.074 \text{ (}^{\circ}\text{C)}.$$

Температура поверхні елемента за формулою (4.26) дорівнює:

$$T_{\text{ел}} = 18.905 + 45 = 63.905 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Температура середовища, навколишнього елемента за формулою (4.27) дорівнює:

$$T_{\text{ec}} = 17.074 + 45 = 62.074 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Так як температура поверхні елемента менше максимально допустимої робочої температури (85 °C), то елемент не перегрівається і працює в нормальному стабільному режимі.

Мікросхема DD3 – HEF–4511.

Питома розсіювана потужність (з урахуванням коефіцієнта навантаження) за формулою (4.23) дорівнює:

$$p_{\text{эл}} = \frac{P_{\text{эл}}}{S_{\text{эл}}} = \frac{0.2}{455 \cdot 10^{-6}} = 439.56 \text{ (Вт/м}^2\text{)}.$$

Перегрів поверхні елемента за формулою (4.24) складе:

$$\theta_{\text{ел}} = 9.282 \cdot \left(0,75 + 0,25 \cdot 439.56/75.8\right) = 20.418 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Перегрів навколишнього елемента середовища за формулою (4.25) складе:

$$\theta_{\text{ec}} = 8.383 \cdot \left(0,75 + 0,25 \cdot 439.56/75.8\right) = 18.44 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Температура поверхні елемента за формулою (4.26) дорівнює:

$$T_{\text{ел}} = 20.418 + 45 = 65.418 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Температура середовища, навколишнього елемент за формулою (4.27) дорівнює:

$$T_{\text{ес}} = 18.44 + 45 = 63.44 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Так як температура поверхні елемента менше максимально допустимої робочої температури (85 °С), то елемент не перегрівається і працює в нормальному стабільному режимі.

Резистори МЛТ–0,125.

Питома розсіювана потужність (з урахуванням коефіцієнта навантаження) за формулою (4.23) дорівнює:

$$p_{\text{эл}} = \frac{P_{\text{эл}}}{S_{\text{эл}}} = \frac{0.0625}{62.48 \cdot 10^{-6}} = 1000 \text{ (Вт/м}^2\text{)}.$$

Перегрів поверхні елемента за формулою (4.24) складе:

$$\theta_{\text{ел}} = 9.282 \cdot \left(0,75 + 0,25 \cdot 1000/75.8\right) = 37.585 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Перегрів навколишнього елемент середовища за формулою (4.25) складе:

$$\theta_{\text{ес}} = 8.383 \cdot \left(0,75 + 0,25 \cdot 1000/75.8\right) = 33.945 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Температура поверхні елемента за формулою (4.26) дорівнює:

$$T_{\text{ел}} = 37.585 + 45 = 82.585 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Температура середовища, навколишнього елемент за формулою (4.27) дорівнює:

$$T_{\text{ec}} = 33.945 + 45 = 78.945 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

Так як температура поверхні елемента менше максимально допустимої робочої температури (85 °C), то елемент не перегрівается і працює в нормальному стабільному режимі.

Транзистор ВС–547.

Питома розсіювана потужність (з урахуванням коефіцієнта навантаження) за формулою (4.23) дорівнює:

$$p_{\text{эл}} = \frac{P_{\text{эл}}}{S_{\text{эл}}} = \frac{0.125}{112.668 \cdot 10^{-6}} = 1109 \text{ (Вт/м}^2\text{)}$$

Перегрів поверхні елемента за формулою (4.24) складе:

$$\theta_{\text{ел}} = 9.282 \cdot \left(0,75 + 0,25 \cdot 1109/75.8\right) = 40.926 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Перегрів навколишнього елемент середовища за формулою (4.25) складе:

$$\theta_{\text{ec}} = 8.383 \cdot \left(0,75 + 0,25 \cdot 1109/75.8\right) = 36.962 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Температура поверхні елемента за формулою (4.26) дорівнює:

$$T_{\text{ел}} = 40.926 + 45 = 85.926 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Температура середовища, навколишнього елемент за формулою (4.27) дорівнює:

$$T_{ec} = 36.962 + 45 = 81.962 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Так як температура поверхні елемента менше максимально допустимої робочої температури (150 °C), то елемент не перегрівается і працює в нормальному стабільному режимі.

Світлодіод HL1.

Питома розсіювана потужність (з урахуванням коефіцієнта навантаження) за формулою (4.23) дорівнює:

$$p_{эл} = \frac{P_{эл}}{S_{эл}} = \frac{0.125}{111.265 \cdot 10^{-6}} = 377.477 \text{ (Вт/м}^2\text{)}$$

Перегрів поверхні елемента за формулою (4.24) складе:

$$\theta_{ел} = 9.282 \cdot \left(0.75 + 0.25 \cdot \frac{377.477}{75.8}\right) = 18.517 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Перегрів навколишнього елемент середовища за формулою (4.25) складе:

$$\theta_{ec} = 8.383 \cdot \left(0.75 + 0.25 \cdot \frac{377.477}{75.8}\right) = 16.724 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Температура поверхні елемента за формулою (4.26) дорівнює:

$$T_{ел} = 18.517 + 45 = 63.517 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Температура середовища, навколишнього елемент за формулою (4.27) дорівнює:

$$T_{ec} = 16.724 + 45 = 61.724 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Так як температура поверхні елемента менше максимально допустимої робочої температури (85 °С), то елемент не перегрівається і працює в нормальному стабільному режимі.

Семисегментний індикатор HG1.

Питома розсіювана потужність (з урахуванням коефіцієнта навантаження) за формулою (4.23) дорівнює:

$$p_{эл} = \frac{P_{эл}}{S_{эл}} = \frac{0.125}{2334 \cdot 10^{-6}} = 44.979 \text{ (Вт/м}^2\text{)}$$

Перегрів поверхні елемента за формулою (4.24) складе:

$$\theta_{ел} = 9.282 \cdot \left(0,75 + 0,25 \cdot 44.979/75.8\right) = 8.338 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Перегрів навколишнього елемент середовища за формулою (4.25) складе:

$$\theta_{ec} = 8.383 \cdot \left(0,75 + 0,25 \cdot 44.979/75.8\right) = 7.531 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Температура поверхні елемента за формулою (4.26) дорівнює:

$$T_{ел} = 8.338 + 45 = 53.338 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Температура середовища, навколишнього елемент за формулою (4.27) дорівнює:

$$T_{ec} = 7.531 + 45 = 52.531 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Так як температура поверхні елемента менше максимально допустимої робочої температури (85 °С), то елемент не перегрівається і працює в нормальному стабільному режимі.

Розраховані температури поверхні елементів і температури середовища навколо елементів, задовольняють температурним режимам роботи всіх елементів і не виходять за межі максимально допустимої температури. Розрахунок проводився для аварійного режиму роботи і, отже, при нормальному режимі роботи температура поверхні і навколишнього середовища буде менше.

4.8 Розрахунок надійності комп'ютерної системи

Визначення надійності пристрою здійснюється за несподіваним експлуатаційним відмов і з відомих показниками надійності елементів пристрою з урахуванням таких допусків: відмова елементів статично незалежний і відмова будь-якого елемента призводить до відмови всього пристрою.

Інтенсивність відмов пристрою визначається за формулою:

$$\lambda_c = k_\lambda \sum_{i=1}^n \alpha_i \lambda_{0i}, \quad (4.28)$$

де λ_{0i} – інтенсивність відмови і-того елемента;

α_i – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив температури навколишнього середовища та електричне навантаження пристрою через коефіцієнт навантаження k_H ;

k_λ – поправочний коефіцієнт, що визначається як:

$$k_\lambda = k_{\lambda 1} \cdot k_{\lambda 2} \cdot k_{\lambda 3}, \quad (4.29)$$

де $k_{\lambda 1}$ – коефіцієнт, що враховує вплив механічних факторів;

$k_{\lambda 2}$ – коефіцієнт, що враховує вплив кліматичних факторів;

$k_{\lambda 3}$ – коефіцієнт, що враховує умови роботи при зниженому тиску.

Середнє напрацювання на відмову всього пристрою визначається за формулою:

$$T_c = 1/\lambda_c. \quad (4.30)$$

Інтенсивності відмов використовуються в проектуваному електронному пристрої елементів наведені в таблиці 4.13.

Таблиця 4.13 – Інтенсивності відмов елементів

Найменування елемента	Позиційне позначення	Тип елемента	Інтенсивність відмови, $\lambda_0, 10^{-6}, 1/\text{ч}$
Мікросхеми	DD1 DD2, DD3	Гібридні напівпровідникові	1,5
Резистори	R1 – R11	Металоплівкові	0,4
Транзистор	VT1	Малої потужності високочастотні	1,5
Діод	HL1	Світлодіод	0,1
Діод	HG1	Світлодіоди	0,1
Конденсатори постійної ємності	C1 C2, C3	Електролітичний Керамічні	0,9 0,7

Продовження таблиці 4.13 – Інтенсивності відмов елементів

Комутаційні вироби	Пайка сполучна	0,04
	Плата друкована	0,1
	Провід сполучний	0,12
	Елементи кріпильні	0,4

Поправочні коефіцієнти обрані з таблиць 3.17 - 3.19 [2]:

1) вплив механічних факторів при стаціонарній експлуатації та сумарних впливах:

$$k_{\lambda 1} = 1,07;$$

2) вплив кліматичних факторів:

$$k_{\lambda 2} = 1;$$

3) условия работы при нормальном атмосферном давлении:

$$k_{\lambda 3} = 1.$$

Таким чином, за формулою 4.29 поправочний коефіцієнт складе:

$$k_{\lambda} = 1,07 \cdot 1 \cdot 1.$$

Інтенсивність відмови пристрою, використовуючи формулу 4.28:

$$\lambda_c = 1,07 \cdot (3 \cdot 0,4 \cdot 1,5 \cdot 10^{-6} + 11 \cdot 0,6 \cdot 0,4 \cdot 10^{-6} + 1 \cdot 0,4 \cdot 1,5 \cdot 10^{-6} + 1 \cdot 1,04 \cdot$$

$$\begin{aligned}
 & \cdot 0.1 \cdot 10^{-6} + 1 \cdot 1.04 \cdot 0.1 \cdot 10^{-6} + 1 \cdot 1.24 \cdot 0.9 \cdot 10^{-6} + 2 \cdot 1.1 \cdot 0.7 \cdot 10^{-6} \\
 & + 110 \cdot \\
 & \cdot 0.04 \cdot 10^{-6} + 1 \cdot 0.1 \cdot 10^{-6} + 2 \cdot 0.12 \cdot 10^{-6} + 4 \cdot 0.4 \cdot 10^{-6}) \\
 & = 1.524 \cdot 10^{-5}
 \end{aligned}$$

Час напрацювання на відмову за формулою (4.30) складе:

$$T_C = 1 / 1.524 \cdot 10^{-5} = 65610 \text{ (ч)}$$

$$T_{C2} = T_C / 24 = 2734 \text{ (днів)}$$

$$T_{C3} = T_{C2} / 365 = 7,49 \text{ (років)}$$

Розроблене електронний пристрій, виходячи їх розрахунків, будить безперервно працювати 7,49 років.

5. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ

Моделювання – дослідження об'єктів пізнання на їх моделях; побудова і вивчення моделей реально існуючих предметів процесів або явищ з метою отримання пояснень цих явищ, а також для прогнозу явищ, що цікавлять дослідника.

Головні функції моделі – спрощення отримання інформації про властивості об'єкту; передача інформації і знань; управління і оптимізація об'єктами і процесами; прогнозування; діагностика.

Для моделювання використовувалася програма Proteus 7 Professional.

При включенні пристрою, відразу на вхід далекоміра подається сигнал високого рівня інтервалом часу 10 мкс на виведення Trigger. Після чого далекомір на вхід мікроконтролера подає сигнал високого рівня інтервалом часу до 25 мс на виведення Echo. Мікроконтролер, після надходження на нього високого рівня включає таймер і починає вважати тривалість сигналу. Може бути два види сигналу. Перший, це коли сталася помилка, тоді на вхід мікроконтролера було подано сигнал длетельностью 38мс. Другий, це коли тривалість сигналу була в межах від 150 мкс до 25мс. Наступне завдання МК перевести тривалість сигналу в одиниці виміру і вивести це на семисегментний індикатор. Розробником також було передбачено включення світлодіода і бипера, якщо отримане значення менше 20 сантиметрів. Як тільки значення стає більше 20 сантиметрів, світлодіод з зумером вимикаються. Алгоритм програмного забезпечення проілюстрований на рисунку 5.1. Програма для роботи мікроконтролера написана мовою високого рівня C++. Вихідний код програмного забезпечення представлений Додатку А.

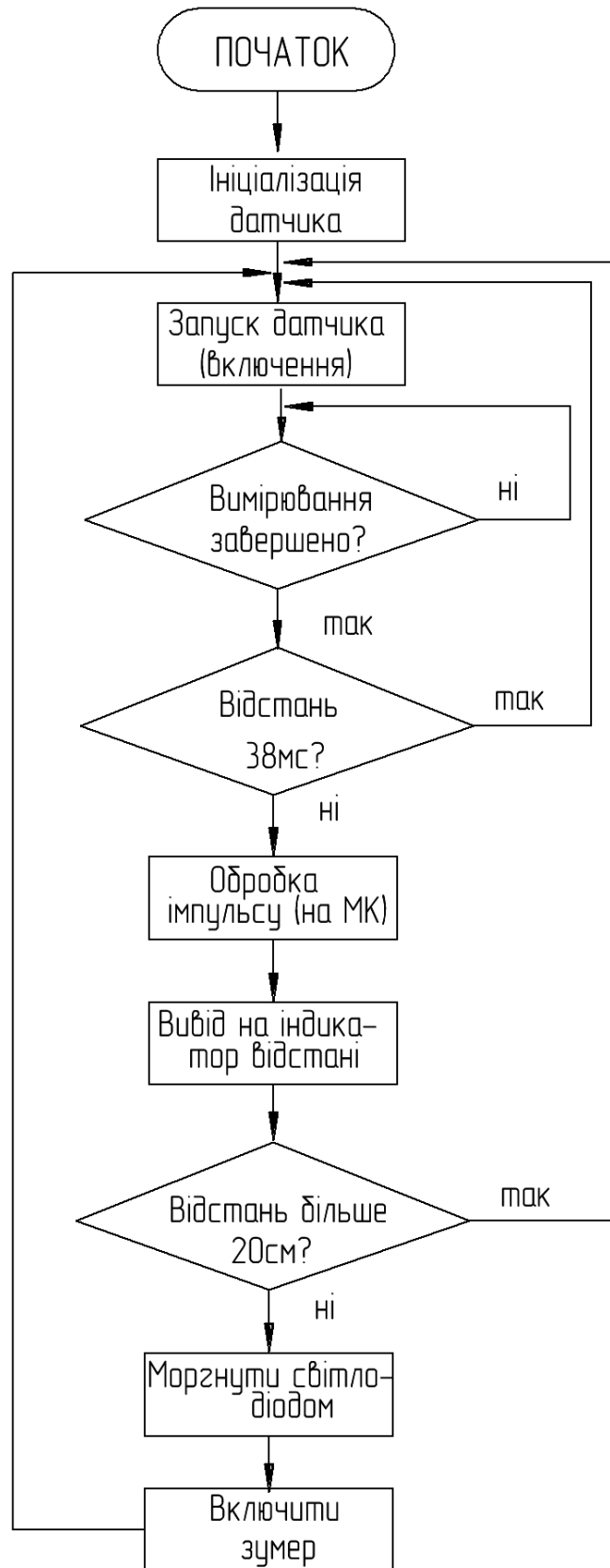


Рисунок 5.1 – Структура алгоритму програмного забезпечення комп'ютерної системи ультразвукового вимірювання відстані

ВИСНОВКИ

В результаті дипломної роботи була розроблена комп'ютерна система ультразвукового вимірювання лінійної відстані за допомогою ультразвуку.

В основі розробленої системи покладено використання мікроконтролера ATmega8 та ультразвукового датчику HC_SR04. В процесі проектування була розроблена структурна та принципова схеми апаратного забезпечення комп'ютерної системи, виконана конструкторська розробка друкованого вузлу системи, розрахунок та вибір елементної бази, тепловий розрахунок та розрахунок надійності.

Також в дипломній роботі розроблена структура алгоритму програмного забезпечення, а також вихідний код для розробленої комп'ютерної системи.

В результаті розробки програмного забезпечення була реалізована додаткова функція виводу результатів вимірювання не тільки на вбудований семисегментний індикатор, а й на інтерфейс послідовної передачі даних USART, що дозволяє інтегрувати розроблену комп'ютерну систему в якості вбудованої до більш глобальної системи управління чи автоматики. Для використання зовнішнього каналу передачі даних потрібно встановлення додаткового модулю перетворення логічних рівнів на кшталт USART – to – USB, USART – to – ETHERNET, або USART –to – WiFi (наприклад на базі контролера ESP8266). Такі модулі отримали досить широке використання для систем IoT (Internet of Things) і легко інтегруються до системи з реалізованою підтримкою USART.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Как подключить к микроконтроллеру нагрузку [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.getchip.net/posts/062-kak-podklyuchit-k-mikrokontrolleru-nagruzku/>
2. AVR и PIC учебный курс начинающим с нуля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.proavr.narod.ru/05.htm>.
3. Interfacing HC-SR04 Ultrasonic Sensor with PIC Microcontroller – Режим доступа: <https://electrosome.com/hc-sr04-ultrasonic-sensor-pic>.
4. Ультразвуковой датчик расстояния – Режим доступа: http://home.roboticlab.eu/ru/examples/sensor/ultrasonic_distance.
5. ГОСТ 23751-86. Платы печатные. Основные параметры конструкции. [Текст]. – Замість ГОСТ 23751-79; введ. 1986 – 01 – 07 – Москва : М. Издательство стандартов – 16 с.
6. Мікропроцесорна техніка [текст]/ В.Я. Жуйков, О.І. Захожай, Ю.Е. Паеранд, Т.О. Терещенко: 2012. – 498 с.
7. ГОСТ 2.417-78. Единая система конструкторской документации. Платы печатные. Правила выполнения чертежей. Замість ГОСТ 2.417-78; введ. 1992 – 01 – 07 – Москва: М. издательство стандартов – 4 с.
8. ДСТУ 2779-94. Монтаж електричний радіоелектронної апаратури та приладів. Загальні вимоги до формування виводів та установлення виробів електронної техніки на друковані плати. введ. 1996 – 01 – 01 – Київ : Державний комітет стандартизації метрології та сертифікації України – 26 с.

ДОДАТОК А
ВИХІДНИЙ КОД ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

```

#include <avr/io.h>
#include <util/delay.h>;
#include <avr/interrupt.h>;
#include "uart.h"
#include "ext_int.h"
#include "timer1.h"

//порт для генерації сигналу TRIG
#define HC_SR04_TRIG_PORT PORTD
#define HC_SR04_TRIG_DDR DDRD
#define HC_SR04_TRIG_BIT _BV(3)

//порт для виміру довжини імпульсу
#define HC_SR04_ETHO_PIN PIND
#define HC_SR04_ECHO_BIT _BV(2)

//порт для виводу на індикатор
#define HC_SR04_IND_PORT PINB

//состояние измерения
#define HC_SR04_START 0 //запуск
#define HC_SR04_MEAS 1 //в процесі
#define HC_SR04_END 2 //завершено
volatile unsigned char hc_sr04_status;

//довжина імпульсу, що виміряна
volatile unsigned short hc_sr04_cnt;

//функція обробник зовнішнього переривання INT0
void hc_sr04_int_handler( void )
{
    //перевірка рівня сигналу PD2( ECHO )
    if( HC_SR04_ETHO_PIN & HC_SR04_ECHO_BIT ) {
        //передній фронт - скидання в 0 таймеру
    }
}

```

```

    timer1_clr();
    hc_sr04_status = HC_SR04_MEAS;
}
else {
    //задний фронт - запомятовування значення таймера
    hc_sr04_cnt = timer1_cnt();
    hc_sr04_status = HC_SR04_END;
}
}

void hc_sr04_init( void )
{
    //встановлення функції для обробки зовнішнього переривання INT0
    int0_set_handler( hc_sr04_int_handler );

    //дозвіл зовнішнього переривання INT0
    int0_enable();

    //настройка зовнішнього переривання INT0 на спрацювання за
    будь-якою зміною
    int0_set_source( INT0_ANY_CHANGE );

    //настройка timer1
    timer1_init();

    //настройка PD3 (TRIG) на вихід
    HC_SR04_TRIG_PORT |= ~HC_SR04_TRIG_BIT;
    HC_SR04_TRIG_DDR  |=  HC_SR04_TRIG_BIT;
}

//вимірювання відстані, повертається значення в см
unsigned short hc_sr04_meas( void )
{
    //стан - початок вимірювання

```

```

hc_sr04_status = HC_SR04_START;

//генеруємо імпульс 10 мкс на вході trig
HC_SR04_TRIG_PORT |= HC_SR04_TRIG_BIT;
_delay_us( 10 );
HC_SR04_TRIG_PORT &= ~HC_SR04_TRIG_BIT;

//чекаємо завершення вимірювання
while( hc_sr04_status != HC_SR04_END );

// 58/8.68 = 6.68 ~ 7
//переводимо в сантиметри
return hc_sr04_cnt/7;
}

FILE uart_stream = FDEV_SETUP_STREAM( uart_putc, NULL,
_FDEV_SETUP_WRITE );

int main( )
{
    unsigned short sm;
    //настройка usart
    uart_init();
    //ініціалізація датчику
    hc_sr04_init();

    stdout = &uart_stream;

    sei();

    while( 1 ) {
        //вимір
        sm = hc_sr04_meas();
        printf( "sm = %u\r\n", sm );
    }
}

```

```
HC_SR04_IND_PORT = sm;  
//затримка 1 сек  
_delay_ms( 1000 );  
}  
return 0;  
}
```