

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи
бакалавра

на тему: **Мікропроцесорний пристрій для вимірювання напруги постійного струму**

Виконав: студент 4 курсу, групи МТ-1

Спеціальності: 152 «Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Шрубович О.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник: доцент кафедри М та ІВТ,

кандидат технічних наук

Чепюк Л.О.

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

Рецензент: к.т.н., доц. Шавурського Ю.О.

доцент каф. Ата КІТ см. прор ББ. Яковенко

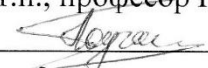
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки
Кафедра метрології та інформаційно-виміральної техніки

Спеціальність 152 «Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри метрології та
інформаційно-виміральної техніки
д.т.н., професор Подчашинський Ю.О.


« 2 » травня 2022 р.

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

Шрубовичу Олександр Степановичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Мікропроцесорний пристрій для вимірювання напруги постійного струму

керівник роботи доцент кафедри МтаІВТ Четюк Ларина Олексіївна

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “2” травня 2022 року №147/с

2. Строк подання студентом роботи “ 10 ” червня 2022 року

3. Вихідні дані до роботи система повинна забезпечити вимір напруги постійного струму, визначення напруги, вивід виміряних значень напруги на екран, вимоги по точності до результатів вимірювань.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) технічне завдання, огляд та аналіз методів вимірювання напруги, розробка структурної та принципової схем, розрахунок похибки вимірювання, розробка алгоритму та програми роботи, конструкторська частина, розрахунок показників надійності, безпека життєдіяльності та охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Структурна схема, принципова схема, блок-схема алгоритму та друкована плата.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1, 2, 3,4	доцент кафедри МтаІВТ Л.О. Чепюк		
5,6,7,8	доцент кафедри МтаІВТ Л.О. Чепюк		

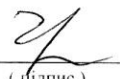
7.Дата видачі завдання 15.04.2022

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Підготувати звіт про переддипломну практику	01.02.2022– 15.02.2022	
2.	Збір літературних даних за темою дипломної роботи та відомих мікропроцесорних пристроїв для вимірювання напруги постійного струму	22.04.2022 – 04.05.2022	
3.	Ознайомитись з основними принципами побудови мікропроцесорних пристроїв для вимірювання напруги постійного струму	05.05.2022 – 11.05.2022	
4.	Розробка структурної та принципової схеми мікропроцесорних пристроїв для вимірювання напруги постійного струму	12.05.2022 – 19.05.2022	
5.	Розробка принципової схеми мікропроцесорних пристроїв для вимірювання напруги постійного струму	20.05.2022 – 27.05.2022	
6.	Вибір компонентів для мікропроцесорних пристроїв для вимірювання напруги постійного струму	28.05.2022 – 06.06.2022	
7.	Розробка блок-схеми алгоритму та програми мікропроцесорних пристроїв для вимірювання напруги постійного струму	07.06.2022- 08.06.2022	
8.	Оформлення пояснювальної записки та презентаційного матеріалу	09.06.2022 - 10.06.2022	

Студент 
(підпис)

О.С.Шрубович
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи 
(підпис)

Л.О. Чепюк
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Дипломна робота присвячена розробці мікропроцесорного пристрою для вимірювання напруги постійного струму.

Було виконано огляд та аналіз методів вимірювання напруги. Розроблені структурна, принципова електричні схеми. В роботі розглядається актуальність мікропроцесорних пристроїв.

Розроблена блок-схема алгоритму програми та програма для приладу.

Проведений вибір елементної база та розроблена друкована плата.

Пристрій дозволяє вимірювати напругу постійного струму. Оцінено похибки вимірювання напруги. Розраховано надійність приладу. Розглянута охорона праці.

Ключові слова: вольтметр, вимірювання напруги, мікроконтролер, похибка вимірювання.

ANNOTATION

Thesis is devoted to the development of a microprocessor device for measuring DC voltage.

A review and analysis of voltage measurement methods was performed. Structural, basic electrical schemes are developed. The relevance of microprocessor devices is considered in the work.

The block diagram of the program algorithm and the program for the device are developed.

The element base was selected and the printed circuit board was developed.

The device allows you to measure DC voltage. Voltage measurement errors are estimated. The reliability of the device is calculated. Labor protection is considered.

Key words: voltmeter, voltage measurement, microcontroller, measurement error.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ	9
2. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ НАПРУГИ.	10
3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ.....	21
4. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ.....	27
5. РОЗРАХУНОК ПОХИБКИ ВИМІРЮВАННЯ.....	32
6. РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ТА ПРОГРАМИ РОБОТИ СИСТЕМИ	40
7. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	44
7.1. Розташування елементів на друкованій платі.....	44
7.2 Друкована плата. Розробка топології.....	53
8. РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ	57
9. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ.....	60
9.1 Загальні положення.....	60
9.2 Вимоги до персоналу	61
ВИСНОВКИ.....	64
ЛІТЕРАТУРА	65
ДОДАТКИ.....	67

					МММТ.480.007.008 – ПЗ					
Вим	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Мікропроцесорний пристрій для вимірювання напруги постійного струму Пояснювальна записка			Літ.	Лист	Листів
Розроб.		Шрубович О.С.								
Перевір.		Чепюк Л.О.							5	77
Реценз.								Державний університет «Житомирська політехніка», гр. МТ-1		
Н. Контр.										
Затверд.		Подчашинський								

ВСТУП

Провідною метою при конструюванні засобами вимірювальної техніки завжди було і залишається здобуття певних метрологічних характеристик. На різних етапах розвитку обчислювальної техніки ця проблема вирішувалась розбіжними методами. Ці та технологічні прийоми, що зводяться до вдосконалення технології, є як конструктивними, так і структурними. Особливий розвиток при створенні цифрових вимірювальних приладів отримали структурні методи.

Поліпшення метрологічних характеристик і розширення функціональних можливостей приладу досягнуто за рахунок реалізації певних структур, які в більшості випадків є евристичними. Удосконалення елементної бази та велика інтеграція цифрових схем привели до розвитку структурних алгоритмічних методів, у яких покращені структури поєднуються з виконанням обчислювальних операцій. Використання цих методів дозволило здійснити автоматичну корекцію серії виконаних вимірювань, поєднуючи різні методи перетворення форми інформації та забезпечують високу швидкість покращуючи функціональність приладу.

Останні кілька років спостерігається глобалізація ринку для різних цілей і з різним автоматизованим обладнанням різної складності.

Мікроконтролери інтегровані в усі сфери життя людини, їх насиченість у нашому середовищі з кожним роком зростає.

Широкий спектр застосування мікроконтролерів - це вимірювальна техніка. Поява перших мікроконтролерних одиниць вимірювання, так званих «розумних» блоків, задала новий напрямок у розвитку приладобудування.

У міру розвитку мікропроцесорних технологій складність цих пристроїв зростає, а ефективність мікропроцесора стає повною. Використання мікроконтролерів визначило новий підхід до проектування та роботи вимірювальних приладів.

Мікроконтролер від англійського Microcontroller або монокристала

					МММТ.480.007.008 – ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мікроЕОМ — розроблена у вигляді мікропроцесорних систем для чипа, що включають мікропроцесори, блоки пам'яті для зберігання програм і коду даних, порти вводу/виводу та блоки спеціальних функцій (компаратори, лічильники, АЦП і т.д.).

Для керування електронними пристроями використовується мікроконтролер. По своїй суті – це моно-кристальний комп'ютер, який може виконувати прості завдання. Використання однієї мікросхеми значно зменшує розмір, споживання енергії та вартість пристроїв на основі мікроконтролера.

Мікроконтролери зустрічаються в більшості сучасних пристроях, таких як пральні машини та телефони, які використовувалися для живлення сучасних автомобільних двигунів і гальмівних систем, також вони використовуються для створення систем управління та систем збору даних. Більшість процесорів у світі - мікроконтролери.

Заміри фізичних величин зазвичай проводять шляхом дослідів і розрахунків за допомогою спеціальних методів. Залежно від вимірювань, необхідної точності, умов випробування та типу необхідної інформації використовуються різні методи вимірювання, а для вимірювання інформації надсилаються відповідні сигнали. Фізичні вимірювання перетворюються у відповідний сигнал за допомогою вимірювального пристрою, який спостерігач отримує безпосередньо на рівні приладу, або за допомогою сигналу, який значно відрізняється від інших вимірювальних пристроїв після перетворення та обробки зв'язку.

Стрімкий хід цифрових технологій привів до інтенсивного використання приладів з цифровою формою представлення результатів вимірювань. Цифрові вольтметри впевнено увійшли до метрології, що стало наслідком таких переваг, як висока точність та роздільна здатність, широкий діапазон вимірювань, представлення результатів вимірювань в цифровій формі (що зводить до мінімуму помилки і зчитування показань приладу на

					МММТ.480.007.008 – ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відстані), можливість отримання результатів спостережень у формі, зручній для введення в комп'ютер, і можливість включення їх до складу обчислювальних комплексів.

Розглянутий у кваліфікаційній роботі бакалавра цифровий світлодіодний мілівольтметр постійного струму є прикладом широкого використання мікроконтролерів. Це тому, що невеликі елементи керування легко налаштувати. Таким чином, можливо оновити свій пристрій, змінивши забезпечення.

					МММТ.480.007.008 – ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

1.1 Підстава для розробки, призначення та галузь застосування.

Підставою для розробки є завдання на дипломне проектування.

Пристрій призначений для вимірювання в галузі машинобудування, приладобудування та інших.

Пристрій призначений для вимірювання напруги постійного струму.

Потрібно розробити структурну та принципову схему.

Початок розробки – травень 2022

Кінець розробки – червень 2022

1.2 Умови експлуатації

1.2.1 Температура зовнішнього середовища від 0 до + 45 °С.

1.2.2 Відносна вологість не більше 80%.

1.2.3 Атмосферний тиск 600-800 мм. рт. ст.

1.2.4 Хімічно активних речовин не має

1.3 Вимоги до технічних характеристик

1.3.1 Вимірювання напруги постійного струму

1.3.2 Напруга живлення 220 В

1.3.3 Частота живлення 50 Гц

1.3.4 Діапазон виміру напруги 1 мкВ – 2 В

1.3.5 Вивід значень напруги на дисплей

1.3.6 Похибка вимірювань не більше 0,2%

1.3.7 Час вимірювання не більше 0,01 с.

1.4 Вимоги до надійності

Пристрій що відновлюється, не резервується, є ремонтпридатним.

Наробіток на відмову складає не менше 50000 годин.

1.5 Вимоги до конструктивного оформлення

Пристрій виконаний на стандартній платі і в стандартному корпусі

					МММТ.480.007.008 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

2. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ НАПРУГИ

Неможливо обслуговувати, ремонтувати і налагоджувати прилади без радіовимірювальних приладів, таких як амперметр, омметр та вольтметр.

Електронні вольтметри – найбільша група радіометричних приладів. Саме ці вольтметри мають високу стійкість до низьких і високих частот, високу чутливість, споживають менше енергії, ніж вимірювана схема, придатні для вимірювання максимального значення ефективного сигналу, середньоквадратичного імпульсу змінного струму, та імпульсних сигналів які тривають починаючи із наносекунд.

Електронний вольтметр - це прилад, показання якого відповідають значенням вимірюваної напруги. Вимірювана напруга подається на входи високоомних блоків електронних пристроїв, так що вхідний опір електронних вольтметрів досягає дуже високих значень і допускає значні перевантаження.

За типом вимірюваної напруги електронні вольтметри можливо поділити на такі типи:

- вольтметри змінної напруги;
- вольтметри постійної напруги;
- універсальні вольтметри;
- вольтметри імпульсної напруги;
- вимірювачі відношення напруги та їх різниці;
- селективні вольтметри.

Електронні вольтметри бувають аналоговими та дискретними. В аналогового вольтметра, вимірювана напруга перетворюється на пропорційне значення постійного струму, який вимірюється мікро амперметром магнітоелектричним, шкала якого градується в одиницях напруги (мікрровольти, мілівольти, вольти). У дискретному вольтметрі вимірювана напруга перетворює кількість витків, що перетворює аналогове показання в інший сигнал, значення якого відображається у вигляді яскравого числа на

					МММТ.480.007.008 – ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дисплеї. Дискретні і аналогові вольтметри майже завжди називають цифровими і стрілочними відповідно.

Зараз широко використовуються цифрові вимірювальні засоби, які мають багато переваг перед аналоговими приладами – точність і роздільна здатність широкого діапазону вимірювань, представлення результатів у цифровому форматі вимірювань.

Так як використання високоякісної електроніки завжди вимагає точності та якості, то до недоліків використання цифрового вольтметра можна віднести складність складання схем та конструкцій, високу вартість та низьку надійність. В основному ці недоліки мають зворотню дію для вольтметрів. Їх можна назвати тимчасовими, оскільки вони вже припиняються через стрімкий розвиток мікроелектроніки. І чим швидше розвивається ця науки, тим ефективніше вся родина електронних вимірювальних пристроїв буде використовуватись.

Принцип дії ЦВ полягає в вимірюванні постійної напруги, що повільно трансформується в електричний код, який відображається на цифровому таблі. Відповідно до цього загальна структурна схема цифрового вольтметра складається з вхідного пристрою (ВхП), аналого-цифрового перетворювача (АЦП) та цифрового індикатора (ЦІ).

Аналогово-цифрові перетворювачі призначені для перетворення аналогових сигналів у відповідні цифрові сигнали, тобто сигналів з безперервною шкалою значень в сигнали з дискретною шкалою значень. А звітний блок відображає значення вимірюваної величини в цифровому вигляді.

Вимірювання вольтметром в основному використовує мікросхеми інтегруючого АЦП, і розроблений блок не є винятком. Інтегровані двотактні АЦП зазвичай включають операційний підсилювач, аналогові ключі, компаратор напруги, регістр дешифратор, джерело опорної напруги, двійково-десятковий лічильник, вихідні схеми управління, джерело опорної

					МММТ.480.007.008 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

напруги, генератор тактових імпульсів.

Вольтметри змінної напруги. Електронний вольтметр змінної напруги складається з перетворювача напруги змінного в постійний, підсилювача і магнітоелектричного індикатора. Часто на вході вольтметра встановлюють калібрований дільник напруги, таким чином збільшуючи верхню межу вимірюваної напруги. Залежно від типу перетворення показання вольтметра можуть бути пропорційними амплітуді, середньому випрямленню або середньому значенню вимірюваної напруги.

При розробці електронних вольтметрів враховують такі основні технічні вимоги:

- висока чутливість;
- широкі межі вимірюваної напруги;
- широкий діапазон робочих частот;
- високий вхідний опір і мала вхідна ємність;
- невелика помилка;
- відома залежність вимірюваної величини від розміру вимірюваної кривої напруги.

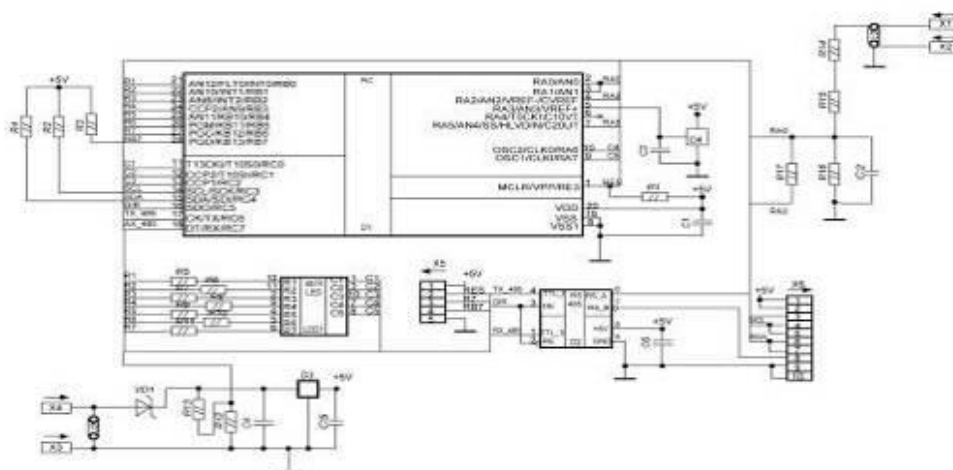


Рис. 2.1. Електронний мілівольтметр

Основною функцією цього мілівольтметра може бути використання

					МММТ.480.007.008 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

однієї світлодіодної матриці 5x7 для індикації вимірюваної напруги. Виміряна напруга (три цифри з крапкою) відображається суцільною лінією. У цьому випадку одночасно видно лише два символи і одну десяткову кому. Значення відображається в правій частині індикатора зі швидкістю близько 1,2 секунди. Цей метод індикації не викликає труднощів з читанням.

Пристрій змонтовано на мікроконтролері PIC. Його вибір залежить від наявності достатньої кількості портів вводу-виводу для управління світлодіодним масивом LED1 без використання додаткових мікросхем, наявності вбудованого десяти розрядного АЦП і джерела опорної напруги. Для зниження енергоспоживання і спрощення схеми мікроконтролер тактується внутрішнім генератором.

Вхідний ланцюг вольтметра складається з резисторів R14-R17 і конденсатора C2 і утворює автоматичний подільник напруги зі змінним передавальним числом. Його зміна здійснюється шляхом підключення додаткового резистора R17 з портом RA2. Тобто доки виміряна напруга нижче 10 В, порт RA2 неактивний. Коли напруга на вході вольтметра перевищує 10В, на виході RA2 встановлюється логічний нуль і паралельно R16 підключається резистор R17, що збільшує коефіцієнт вхідного дільника.

З виходу дільника подається напруга пропорційна входу лінії RA0 (вивід 2) на мікроконтролер D1.

Використання послідовного з'єднання двох резисторів R14-R15 потужністю 0,5 Вт залежить від необхідності забезпечення надійної роботи, оскільки їх максимальна робоча напруга становить 250 В. Виміряна напруга подається на контакти X1-X2. На X3-X4 - напруга живлення. В якості джерела живлення можна використовувати будь-який прилад з вихідною напругою від 7 до 24 вольт. З'єднання X5 призначене для внутрішнього схемного програмування мікроконтролерів PIC.

Вольтметр встановлений на друкованій платі з двостороннього фольгового скловолокна товщиною 1 мм. Використовуються резистори

					МММТ.480.007.008 – ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розмірами 0805 R1-R13, R16-R17 і 1206 R14, R15. Конденсатори - розміри 0805.

Найцікавішим застосуванням модуля є вольтметри для лабораторного джерела живлення або, завдяки оригінальному способу індикації, як елемент дизайну в модифікації корпусів ПК. У цьому випадку, якщо використовується кілька індикаторів, ви можете спробувати змінити світлодіодну матрицю на деяких з них на жовту або зелену матрицю світіння.

В часово імпульсних цифрових вольтметрах (ЧЦВ) з лінійно змінюваною напругою напруга, що подається на вхід цифрового вольтметра, перетворюється в пропорційний інтервал часу Δt , тривалість якого вимірюється шляхом заповнення цього інтервалу імпульсами зі стабільною частотою проходження (рахунковими імпульсами) методом порівняння вимірюваної напруги з лінійно-змінюваною напругою. Спрощена структурна схема часово імпульсного цифрового вольтметра постійного струму наведена на рисунку 2.2

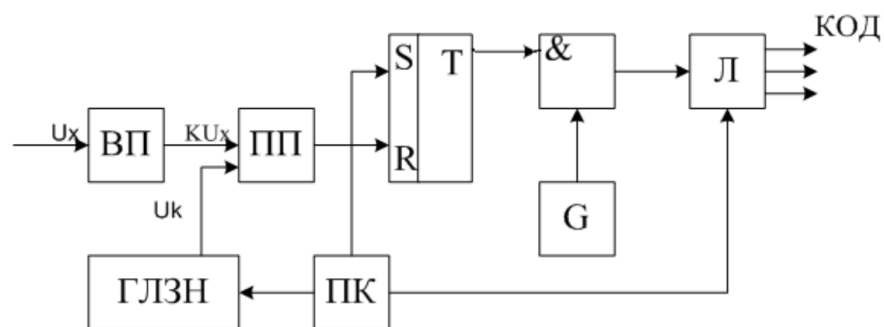


Рис. 2.2. Часово імпульсний цифровий вольтметр

Де ВП – вхідний пристрій;

ГЛЗН – генератор лінійно-змінюваної напруги;

ПП – пристрій порівняння;

ПК – пристрій керування;

G – генератор тактових імпульсів;

Л – лічильник;

& - логічний елемент «І»;

RS-T – RS-тригер.

Часові діаграми, що пояснюють принцип дії цифрового часово імпульсного вольтметра з лінійно-змінюваною напругою, наведені на рисунку 2.3

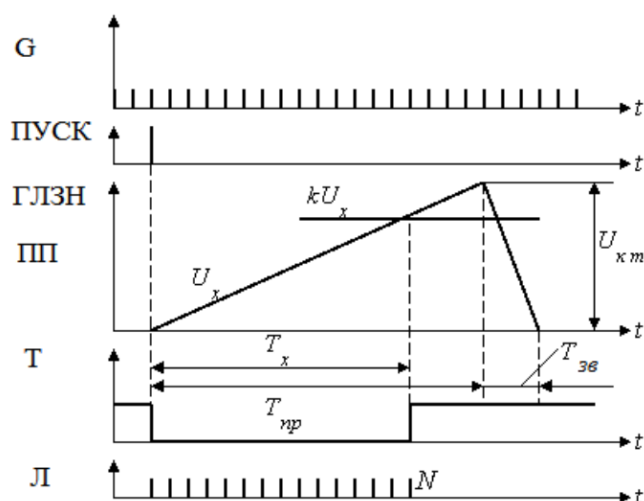


Рис. 2.3. Часова діаграма

Принцип дії схеми

Напруга постійного струму U_x подається на вхідний пристрій (ВП) і на пристрій порівняння (ПП). Після запуску на ПП подається від ГЛЗН напруга U_k . Одночасно із запуском ПП тригер встановлюється в одиничний стан і елемент “Т” відчиняється для проходу імпульсу генератора G на лічильник Л.

Доки виконується рівність постійної напруги (або напруги, що повільно змінюється) $U_x \cdot k_1$ і напруги, що лінійно змінюється, на виході ГЛЗН U_k , елемент “Т” залишається відкритим.

Коли дана рівність перестає виконуватися, сигнал від ПП переводить тригер у стан 0, елемент “Т” зачиняється. Таким чином, на лічильник надходить кількість імпульсів N.

Дана схема дозволяє вимірювати миттєве значення напруги, її перевагою є низька вартість та простота реалізації. До недоліків слід віднести

низьку швидкодiю, низьку завадостiйкiсть та невисоку точнiсть вимiрювань. Основним недолiком методу часово iмпульсного перетворення є його невисока завадостiйкiсть. Шумова завада, накладена на вимiрювану напругу U_x , змiнює її та, отже, змiнює момент появи iмпульсу, що визначає тривалiсть 14 часу пiдрахунку. Тим не менш часово iмпульсне перетворення постiйної напруги з генератором лiнiйно-змiнюваної напруги дозволяє створювати порiвняно простi та досить точнi вольтметри.

Похибки методу визначаються нелiнiйнiстю i нестабiльнiстю лiнiйно-змiнюваної напруги i похибкою, зумовленою нестабiльнiстю порога спрацьовування пристрою порiвняння. Основний недолiк методу - неможливість усунення напруги завад. Для усунення цього недолiку на входi приладу включають фiльтр, що призводить до iстотного збiльшення часу вимiрювання. Цифровi вольтметри з ГЛЗН мають похибку, яка не перевищує 0,1 ... 0,05 %.

У цифрових вольтметрах з двотактним iнтегруванням напруга перетворюється в пропорцiйний iнтервал часу Δt шляхом двотактного iнтегрування.

Структурна схема даного вольтметра i часовi дiаграми сигналу наведенi на рисунках 2.4 i 2.5. Дана схема дозволяє вимiрювати середнє значення напруги, має такi переваги: простота реалiзацiї, низька вартiсть, незалежнiсть похибки вiд параметрiв елементiв та iнтегратора, висока завадостiйкiсть. До недолiкiв вiдноситься низька швидкодiя схеми.

					МММТ.480.007.008 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пiдпис	Дата		16

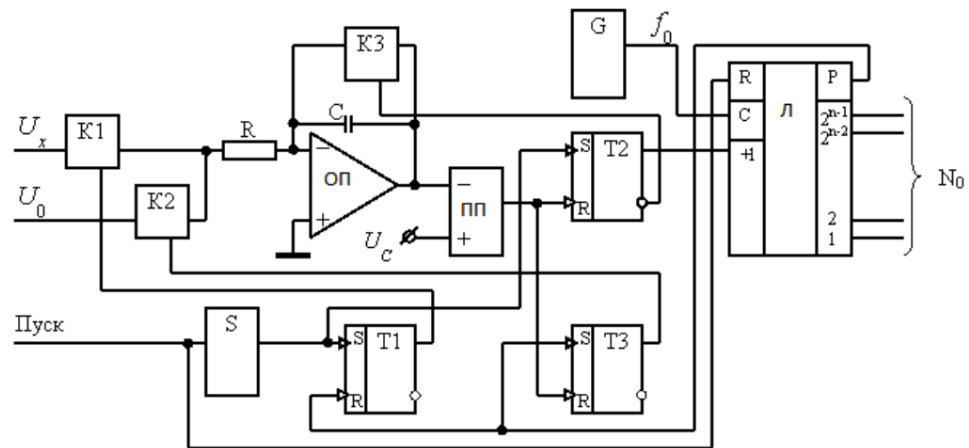


Рис. 2.4. Цифровий вольтметр з двотактним інтегруванням

де, S – одновібратор;

ОП – операційний підсилювач на інтегральних мікросхемах (інтегратор);

ПП – пристрій порівняння;

$K1, K2$ – ключі;

$Л$ – лічильник;

$T1, T2, T3$ – RS-тригери;

ОП – операційний підсилювач;

G – генератор опорної частоти.

Принци дії схеми

У початковий момент $T1, T2, T3$ перебувають у стані «0». Керований інверсним виходом $T2$ ключ $K3$ замкнений, отже, вхід і вихід ОП мають однаковий потенціал. Ключі $K1$ і $K2$ розімкнуті. Рахунковий вхід $Л$ замкнений сигналом «0» тригера $T2$. Тому в $Л$ зберігається попередній результат. Сигналом ПУСК починається перший такт інтегрування. При цьому $Л$ скидається в «0», а після затримки одновібратором S встановлюються в стан «1» $T1$ і $T2$.

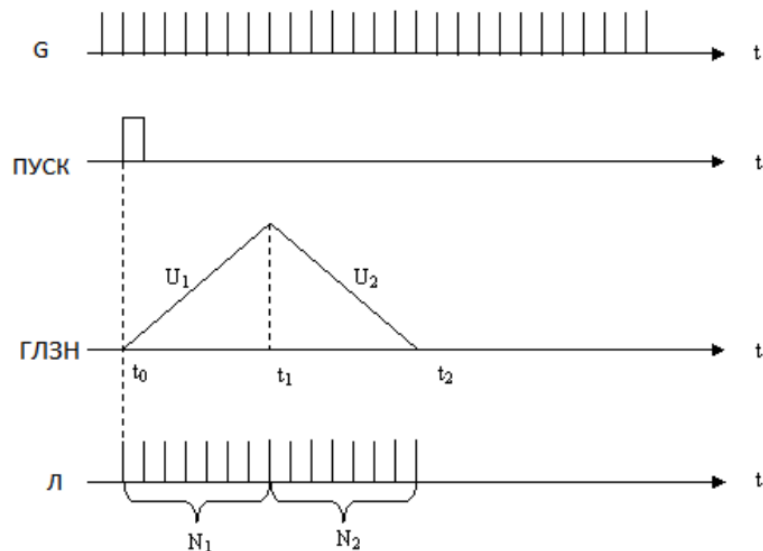


Рис. 2.5. Часова діаграма

Замикається К1, розмикається К3 і відмикається рахунковий вхід Л, який починає рахувати імпульси генератора G. Інтегратор починає інтегрувати U_x з постійною часу RC. Час першого такту постійний і обумовлюється ступенем заглушення періодичної завади.

У момент часу t_2 $U_2 = U_c$ і на виході ПП з'явиться імпульс, яким Т2 і Т3 встановлюються в стан «0». При цьому замикається Л, розмикається К2 і замикається К3. Схема повертається в початковий стан.

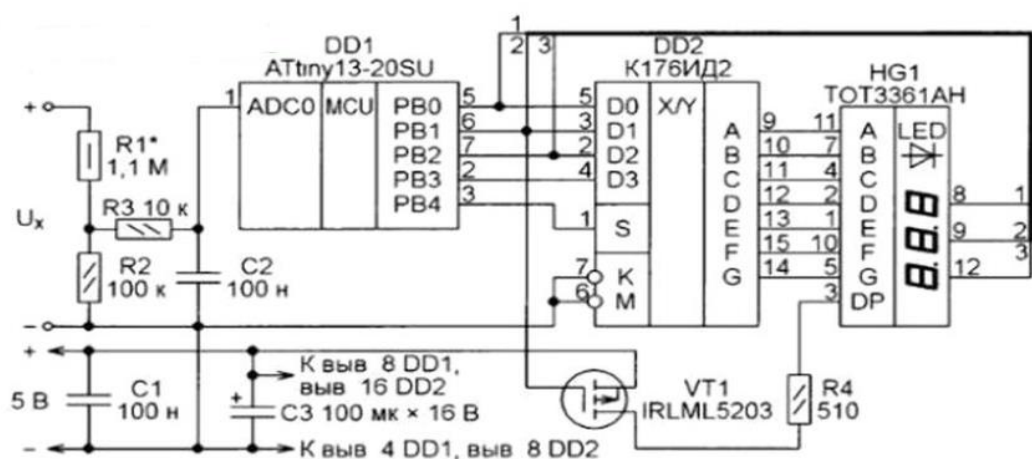


Рис. 2.6. Принципова схема вольтметра на МК ATtiny13

Мікроконтролер ATtiny13-20SU та дешифратора K176ІД2 за схемою, зображеною на рис. 2.6. Прилад вимірює постійну напругу U_x позитивної полярності від 0 до 99,9 В, відображаючи результат на три розрядному семі елементному світлодіодному індикаторі HG1 із загальними катодами розрядів.

Якщо вхідна напруга перевищує 99,9, починає блимати символ 0 у другому розряді індикатора. Інші два розряди при цьому погашені.

Вольтметр на мікроконтролері Atmega8 та на світлодіодному індикаторі FYT-3031-BSR-21 із загальним анодом, застосовують у вимірюваннях напруг блоків живлення, при контролі зарядки акумуляторів та інших пристроях.

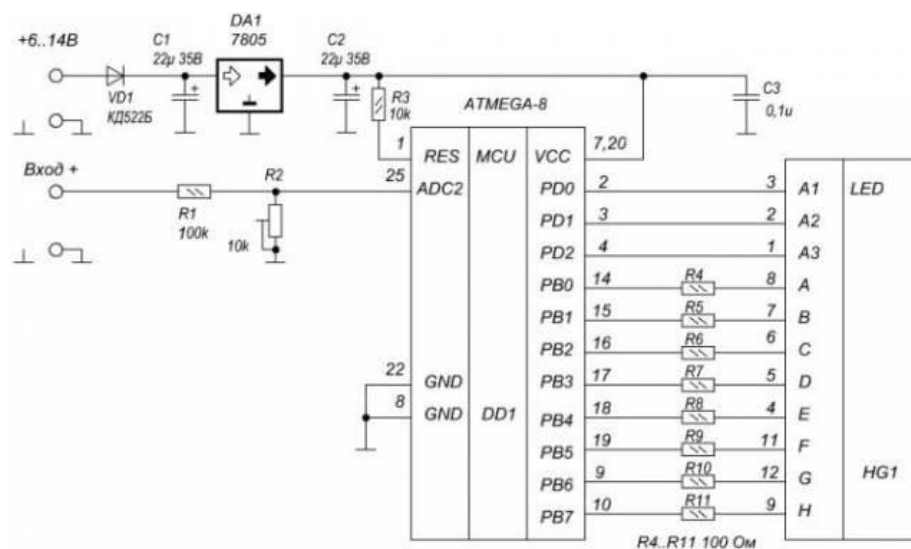


Рис. 2.7. Вольтметр на мікроконтролері Atmega8

Вхідна напруга обмежує та стабілізує мікросхему DA1 – 7805. Діод VD1 є свого роду гарантом того, що полярність не переплутана. Конденсатори C1 та C2 стабілізують роботу мікросхеми. Вимірювана напруга подається на вхід мікроконтролера через дільник напруги, R1 і R2, які розширюють діапазон вимірювання. Напруга, що отримується на вході в АЦП перетворюється на цифрове значення. Резистор R3 номіналом 10 кОм необхідний захисту мікроконтролера від випадкового скидання.

Отримане у такий спосіб цифрове значення розкладається на розряди.

Виведення значення кожного розряду проводиться послідовно з допомогою динамічної індикації. Набір резисторів R4 - R11 обмежує струм у сегментах індикатора до прийнятних значень. На висновках A1 - A3 утворюється позитивна напруга послідовно.

					МММТ.480.007.008 – ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

Найбільш підходящими вимірювальними приладами напруги є цифрові вольтметри. Ними можна вимірювати як постійну, так і змінну напругу. Клас точності - до 0,001, діапазон - від мікрвольт до кількох кіловольт. Сучасні мікропроцесорні цифрові вольтметри мають клавіатуру і часто дозволяють вимірювати не тільки напругу, а й опір, струм і т.д., тобто є багатофункціональними вимірювальними приладами - тестерами (мультиметрами або авометрами).

Серед вимірювальних приладів особливе положення займають цифрові вольтметри, тому що дозволяють автоматично вибирати граничне значення та полярність напруги, що вимірюється; автоматичне виправлення помилок; малі похибки вимірювань (0,01 - 0,001%) при широкому діапазоні вимірюваної напруги (від 0,1мкВ до 1000В), виведення результатів вимірювань у цифровому вигляді, документальна реєстрація, введення даних вимірювань в комп'ютер та складні інформаційно-вимірювальні системи. Цифро-аналоговий вольтметр містить аналого-цифровий перетворювач (декодер) (АЦП), цифровий зчитувач.

Цифрові вольтметри можливо класифікувати за методом перетворення безперервної величини в дискретну; блок-схеми АЦП; технічні засоби; методу заміни.

Залежно від методу посилення цифрові вольтметри з порозрядним кодування вимірюють швидкість передачі даних за допомогою часу імпульсів та частоти імпульсів.

Відповідно до блок-схеми АЦП цифрові вольтметри поділяються на вольтметри прямого перетворення і вольтметри балансного перетворення.

За технічними засобами цифрові вольтметри поділяються на електромеханічні та електронні вольтметри.

Відповідно до балансової моделі цифрові вольтметри поділяються на вольтметри слідкуючим та розгорнутим балансом.

					МММТ.480.007.008 – ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні параметри цифрового вольтметра. Точність перетворення задається похибкою квантування на рівні, що характеризується кількістю бітів у вихідному коді.

Несправність цифрового вольтметра має дві складові, одна з яких пов'язана з вимірюваним значенням (мультиплікативна), а інша – ні (адитивна). Це представлення пов'язане з дискретним принципом вимірювання безперервної величини, оскільки в процесі квантування виникає абсолютна похибка через скінченну кількість рівнів квантування. Абсолютна похибка вимірювання напруги:

$$\Delta U = \pm(\text{увідн } U_x + m \text{ знаків}), \text{ або } \Delta U = \pm(\text{увідн } U_{\text{кз}} + m \text{ знаків}),$$

де, увідн – відносна похибка вимірювання;

U_x – значення вимірюваної напруги;

$U_{\text{кз}}$ – кінцеве значення на вибраній межі вимірювання;

m знаків – значення, розраховане одиницею молодшого розряду цифрового відлікового пристрою (адитивна похибка дискретності).

Основна допустима відносна похибка відображається і в іншому вигляді: $\text{увід} = \pm(a + \frac{bU_{\text{кз}}}{U_x})$, де a і b – постійні числа, які характеризують клас точності приладу. Перший елемент помилки не пов'язаний з продуктивністю пристрою, а другий збільшується зі зменшенням U_x , відповідно до гіперболічного закону.

Як приклад розглянемо схему цифрового вольтметра з перетворенням часу імпульсу (рис. 3.1) і цифрового вольтметра з подвійним інтегруванням (рис. 3.2).

На початку циклу керуючий пристрій формує прямокутний імпульс з каліброваною тривалістю T_1 , який подається на електронний перемикач. А протягом часу T_1 вхідна напруга постійного струму подається з блоку входу через електронний перемикач до інтегратора. Починається перший цикл інтегрування «вгору», в якому вихідна напруга інтегратора зростає за лінійним законом:

					МММТ.480.007.008 – ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$U_{\text{вих}}(t) = \frac{1}{RC} \int_{t_1}^{t_2} U_{\text{х}} \cdot dt$$

де, $U_{\text{вих}}$ - напруга на виході інтегратора, В;

R – опір, Ом;

C – ємність конденсатора Ф;

$U_{\text{вх}}$ – вхідна напруга, В;

t_1 – початковий момент інтегрування (момент появи фронту імпульсу T_1);

t_2 - кінцевий момент інтегрування.

Крутизна цієї напруги пропорційна вхідній напрузі $U_{\text{х}}$. У момент часу t_1 , коли закінчується перший імпульс, тригер переходить із стану «0» в стан «1», і електронний перемикач відключає вхідну напругу інтегратора і підключається джерело опорної напруги в інтегратор.

Напруга на компараторі залишається рівною «1». А другий цикл інтегрування починається «вниз», оскільки джерело опорної напруги має протилежну полярність щодо вимірюваної напруги. Напруга на виході інтегратора лінійно зменшується. А в момент часу t_2 , коли напруга на виході інтегратора дорівнює «0», компаратор переходить зі стану «1» на стан «0». І при цьому тригер буде закриватись, тобто його вихід буде «0». Під час другого циклу, коли тригер відкритий, через нього проходять високочастотні імпульси до перемикача часу, у перемикачі часу імпульс від тригера заповнюється високочастотними імпульсами від тактового генератора. Ця кількість імпульсів пропорційна виміряній напрузі.

Робота цифрового вольтметра для методу перетворення часових імпульсів постійного струму. Метод перетворення часових імпульсів постійного струму встановлюється на часовий інтервал, який прямо пропорційний подальшій тривалості інтервалу часу.

					МММТ.480.007.008 – ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

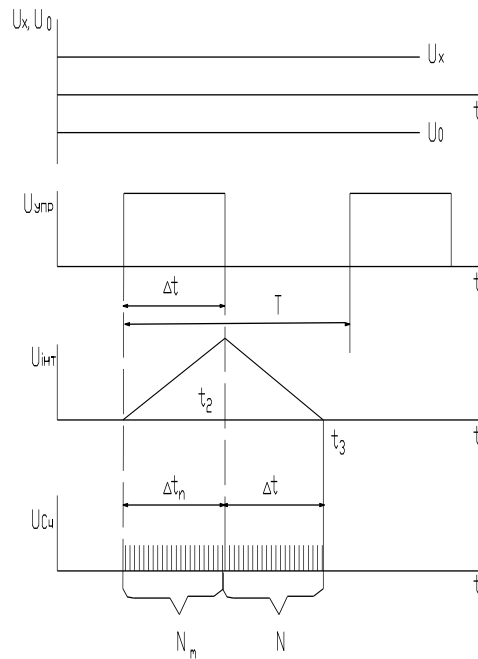


Рис. 3.1. Часова схема

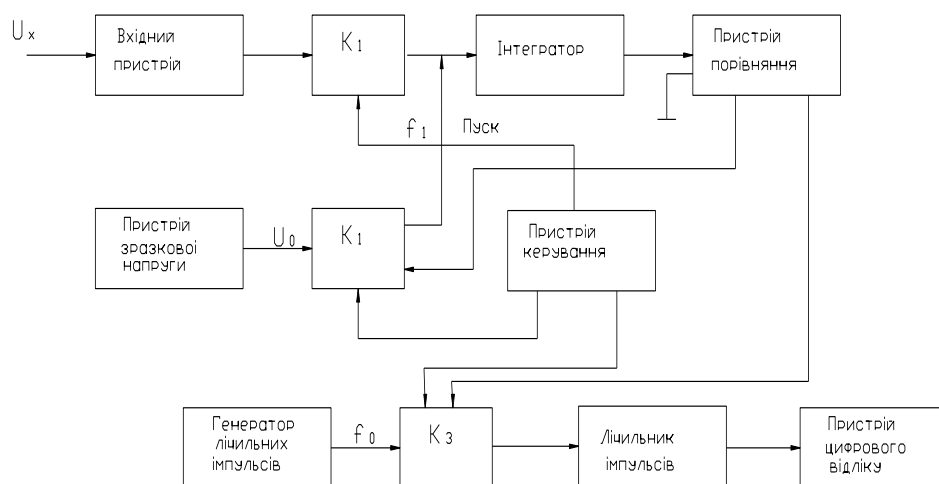


Рис. 3.2. Часовий вольтметр із подвійним інтегруванням

Похибка одиниці залежить від лінійності та швидкості вимірювання зміщення напруги, стабільності генератора, підрахунку імпульсів, чутливості еквайзера, точності нульової або опорної напруги.

Принцип його функціонування подібний до принципу перетворення часових імпульсів, з тією різницею, що протягом циклу вимірювання є два

інтервали часу, тривалість яких встановлюється кратною інтерференційному періоду. Це визначає середнє значення вимірюваної напруги і перешкоди пригнічуються. Ці вольтметри точніші та стійкіші до шумів, ніж цифрові вольтметри для пульсації часу та перетворення частоти, але мають більший час вимірювання.

Імпульсний метод перетворення в поєднанні з інтеграцією двох частин дає змогу без особливої потреби ефективніше зменшити вплив поміх, вимірювання обох полярностей, отримати вхідний опір, який буде рівний одиниці гігаом, та невелику помилку вимірювання без особливих вимог до постійності лінійної напруги.

Електронні лічильники надійно привертають увагу покупців. А надалі очікується лише підвищення ролі їхньої служби. Все це обумовлено рядом їх беззаперечних переваг.

Поява широко доступних і відносно недорогих мікроконтролерів вивела промисловість електронних вимірювальних приладів на новий рівень високої якості. Це не тільки усунуло недоліки, але й надало цифровим пристроям значні переваги перед своїми аналоговими конкурентами. Тепер виміряти електричні величини стало набагато простіше і доступніше навіть для школярів. Зникла потреба в складних аналогових розрахунках несправностей лічильників напруги і струму, а зберігання додаткових резисторів і шунтів стало непотрібним.

Цифрові вимірювальні системи – це системи майбутнього, і з часом їх роль буде зростати, якість покращиться, а ціни стануть доступними.

Структурна схема пристрою складається з таких частин:

A1: (Вхідний каскад) – регулює вимірювану напругу до потрібного рівня;

A2: (Аналого-цифровий перетворювач) – пристрій, що перетворює вхідний аналоговий сигнал в дискретний код (цифровий сигнал);

A3: (Транзисторні ключі) – Одним з основних елементів цифрової та

					МММТ.480.007.008 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

імпульсної техніки є ключовий блок. Ключові блоки (перемикачі) використовуються для підключення (відключення) ланцюгів навантаження під впливом зовнішніх сигналів, що управляють. Ключі входять як окремі елементи в складні блоки. Вони перемикають живлення на окремі розряди восьмирозрядного дисплея.

A4: (Схема визначення полярності) – допомагає визначити полярність вимірюваної напруги;

A5: (Блок індикації) – електронний дисплей для відображення результатів вимірювання;

A6 (Блок живлення) – забезпечує живлення приладу і всіх частин мілівольтметра. Схема регулювання напруги 5,12 В – встановлює напругу в 5.12 В, що необхідна для більш точних вимірювань.

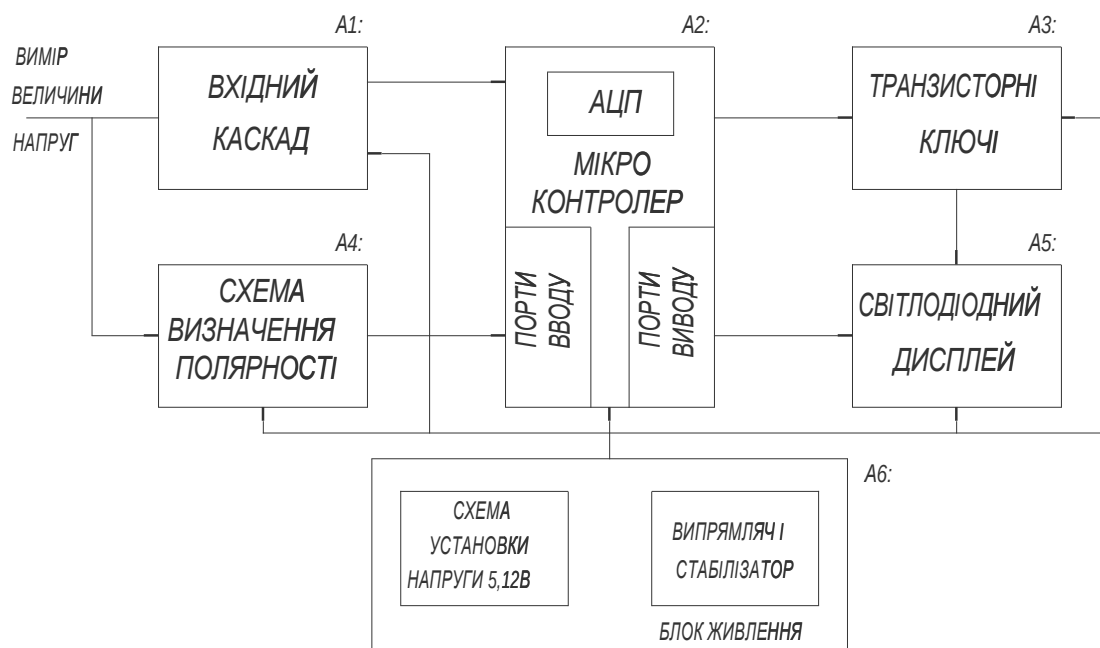


Рис. 3.3. Структурна схема

4. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

Принципова схема відображає принцип роботи пристрою в найбільш загальному вигляді і дає наочне уявлення про послідовності взаємодії функціональних частин пристрою.

Сучасні маленькі цифрові вимірювальні прилади використовують мікроконтролери як блок керування. При цьому він прагне вибрати модель так, щоб її периферія була максимальною, і значною мірою замінює функціональні одиниці, надані на діаграмі структурної схеми. Важливу роль у виборі тієї чи іншої моделі мікроконтролера відіграють такі характеристики, як енергоспоживання, швидкість, обсяг вбудованої пам'яті та її ціна. Крім того, необхідно виділити наявність або доступність таких інструментів, як програматори, транслятори та відладчики. Для вирішення цієї проблеми підходящим варіантом є мікроконтролер типу PIC16F887 (рис. 4.1), фірми Microchip Technology, оскільки він складається з наступних блоків:

- Flash-пам'ять програм об'ємом 8Kx14-розрядних слів;
- ОЗП об'ємом 368x8 байт;
- EEPROM-пам'ять даних об'ємом 256x8 байт;
- два 8-бітних таймера-лічильника;
- 10-бітний, 8-канальний АЦП;
- аналоговий компаратор;
- чотири 8-бітних порта вводу\виводу.



Рис. 4.1. Зовнішній вигляд мікроконтролера PIC16F887

					МММТ.480.007.008 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

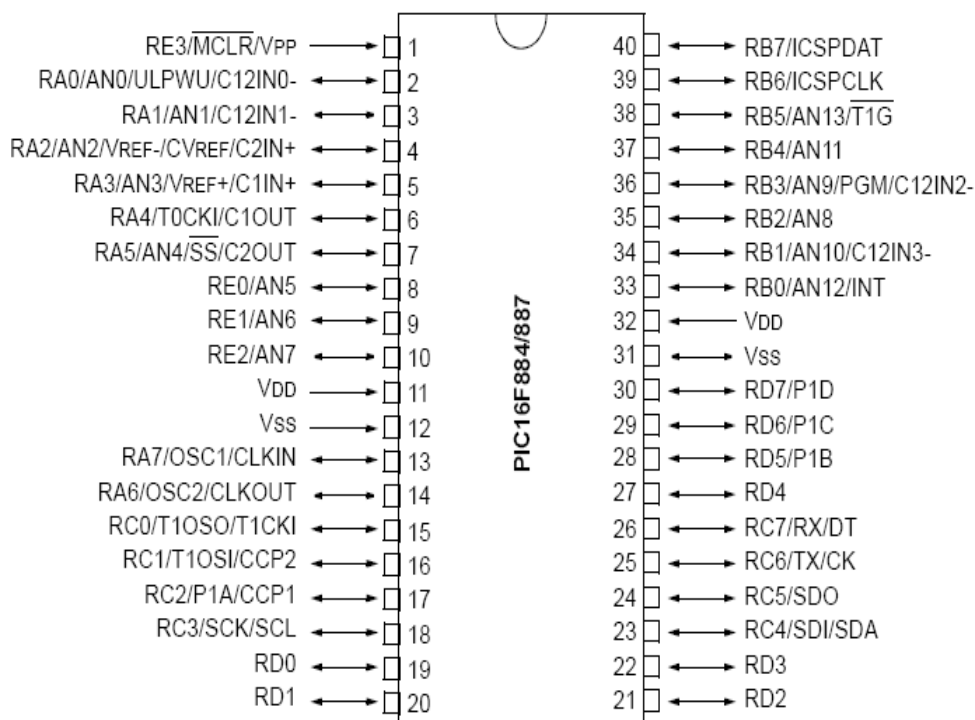


Рис. 4.1. Призначення виводів

При виборі схеми вхідного підсилювача необхідно враховувати головну вимогу - забезпечити високий вхідний опір каскаду, необхідного для узгодження підсилювача з джерелом сигналу. ОП має внутрішню схему частотної корекції і працює в діапазоні напруги живлення $\pm 3 \dots \pm 18\text{В}$.

Операційний підсилювач призначений для виконання математичних операцій: додавання, віднімання, множення, логарифмування та інші. Також операційні підсилювачі використовують в різних електронних схемах, аналогових і імпульсних. Це пов'язано з низькою вартістю, надійністю і хорошими електричними параметрами. ОУ майже завжди використовується з глибоким негативним зворотним зв'язком. Який має входи, виходи, виводи, для підключення джерел живлення і загальних проводів, а також виводи для підключення пасивних ланцюгів, що регулюють АЧХ ОУ.

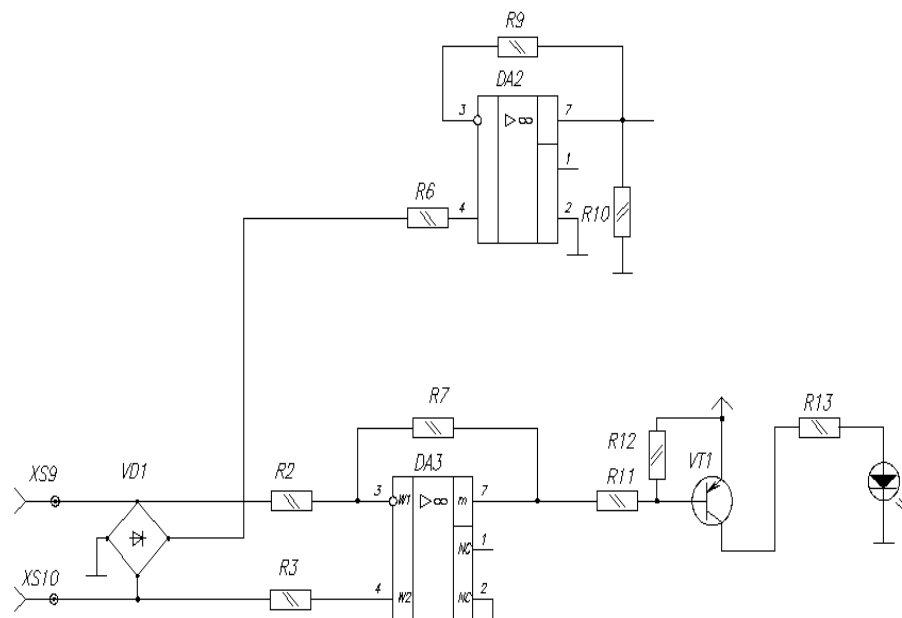


Рис. 4.2. Схема вхідного пристрою

Блок живлення – забезпечує живлення всього блоку. Схема блоку приведена на рис. 4.3.

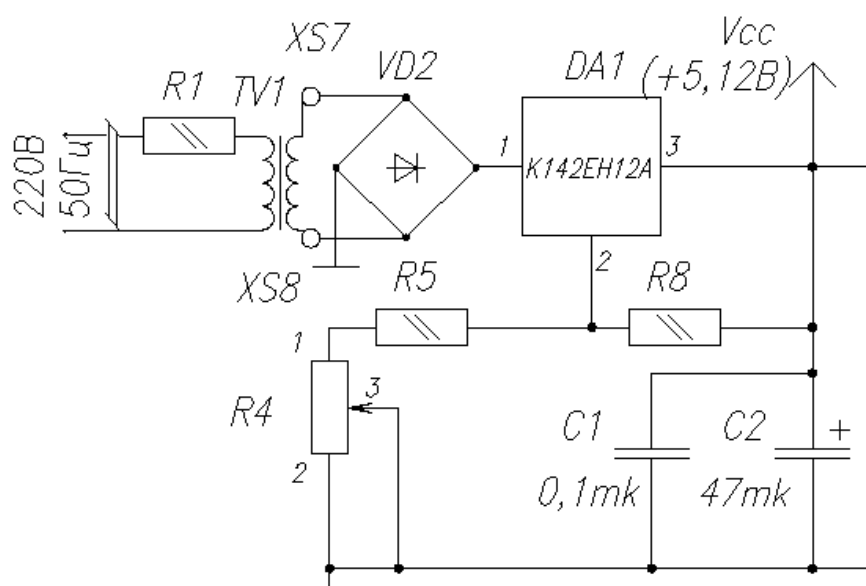


Рис. 4.3. Схема блоку живлення

Оскільки ми використовуємо 10 – розрядний АЦП, то вага одного розряду буде дорівнювати: $5,12/512=0,01 \text{ В}=10 \text{ мВ}$

Тобто похибка буде 10 мВ, так як для точних вимірів необхідно, щоб

похибка була не більше 1 мВ, використаємо операційний підсилювач з коефіцієнтом посилення 10.

Конденсатори C1, C2, – вирівнюють вихідну напругу. Мікросхема DA1 типу КР142Н12А – триполярний стабілізатор з регульованою вихідною напругою. Його функція: вбудований захист від перегріву, корекція зони безпечної роботи вихідного транзистора. Мікросхема КР142Н12А дає стабільну напругу 5.12В, що є напругою живлення для операційного підсилювача вхідного пристрою.

Пристрій містить світлодіодний індикатор. Для цих цілей ми вибрали світлодіодну матрицю СА56-21SRWA із загальним анодом (рис. 4.4).

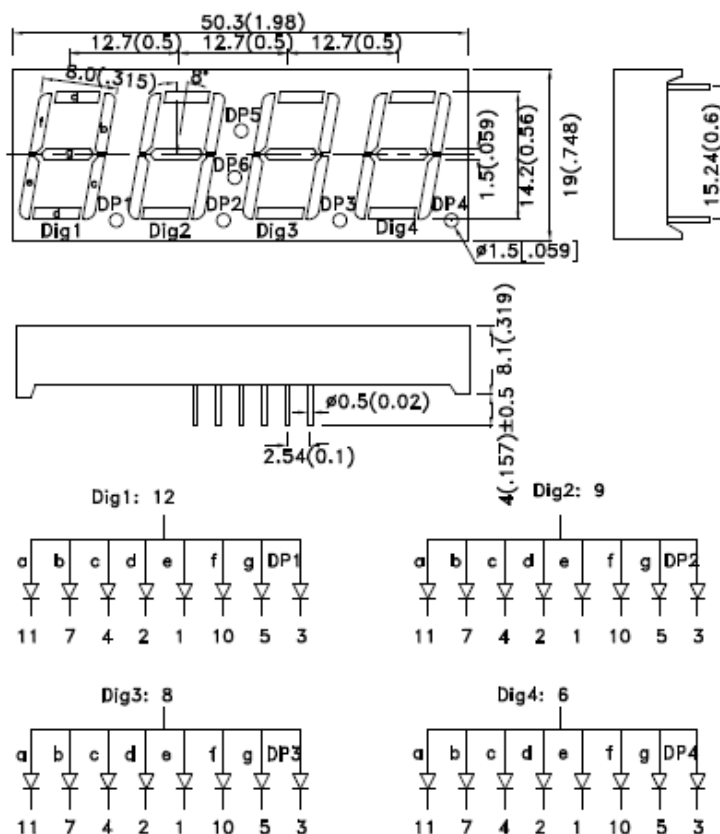


Рис. 4.4. Матриця світлодіодна СА56-21SRWA.

Щоб не використовувати велику кількість портів вводу-виводу в мікроконтролері, доречно використовувати принцип динамічного

відображення. При цьому катоди всіх однойменних індикаторів підключаються через активні резистори до будь-якої клеит мікроконтролера, наприклад, клеми С. Запалення того або іншого індикатора здійснюється подачею на аноди обраного індикатора напруги, біля напруги живлення. Можна підключити індикатор так, як це показано на рис. 4.5.

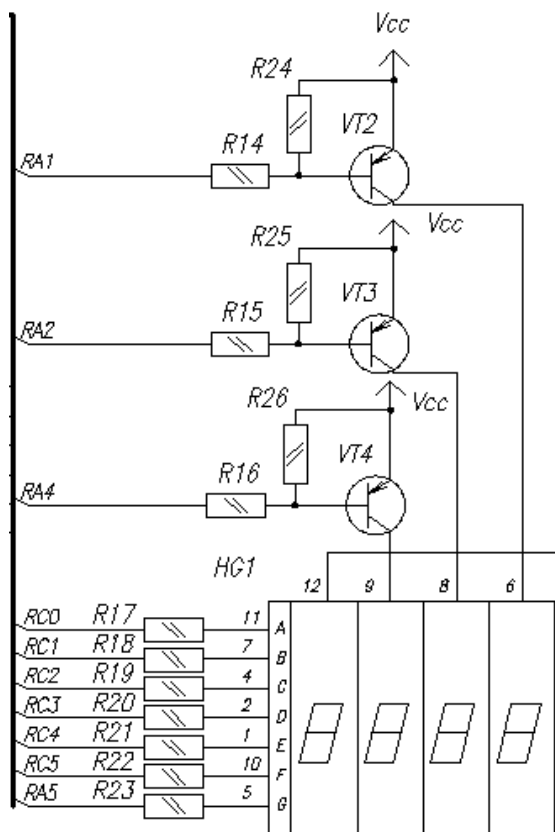


Рис. 4.5. Включення семисигментного індикатора.

Щоб увімкнути той чи іншого світлодіодного сегмент, необхідно встановити нульовий рядок С відповідного порту, та встановити лінію РС0. Резистори R17...R23 подають струм через сегменти.

5. РОЗРАХУНОК ПОХИБКИ ВИМІРЮВАННЯ

Для розрахунків було взято такі дані:

Напруга U_x , В, яка дорівнює 1 В;

Коефіцієнт, що залежить від типу ГЛЗН та способу узгодження ідеальної та реальної кривих – Y , 0,45;

Відносна похибка, обумовлена нестабільністю генератора G - δ_o , 10^{-6} ;

Додатковий час на спрацювання тригера елемента “Т”, ПП, ГЛЗН та тривалість керуючого імпульсу - T_d , 20 мс;

Тривалість зворотнього ходу - $T_{звор}$, 35 мс;

Відносна похибка - δ_s , $1,5 \cdot 10^{-5}$;

Відносна похибка вхідного пристрою - δ_k , 10^{-4} ;

Коефіцієнт операційного підсилення - $K_{оп}$, 20000;

Визначити значення напруги U_x можна за формулою

$$U_x = \frac{S \cdot N}{f_0 \cdot K},$$

де S – крутість характеристики лінійно-змінюваної напруги.

Значення напруги U_x нам відоме з вихідних даних. Виводимо значення показника крутості характеристики лінійно-змінюваної напруги S :

$$S = \frac{U_x \cdot f_x \cdot K}{N}, \text{ В/с}$$

Проведемо чисельні розрахунки показника крутості характеристики лінійно-змінюваної напруги S :

$$S = \frac{1 \cdot 3 \cdot 10^3 \cdot 1}{12} = 250 \frac{\text{В}}{\text{с}}$$

Для цифрових вольтметрів найважливішою характеристикою є точність вимірювання напруги, що включає в себе комплекс характеристик, які кількісно виражаються різними похибками. Слід відрізнити похибку

					МММТ.480.007.008 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

результату вимірювання від похибки самого приладу. Похибка результату вимірювань включає в себе динамічні та статичні складові, причому перші залежать не лише від властивостей приладу, але і від поведінки досліджуваного сигналу у часі. Таким чином, похибка результату може бути більше похибок приладу за рахунок динамічних складових.

Проаналізуємо джерела похибок цифрового вольтметра. Похибка дискретності перетворювача напруги в код пов'язана з перетворенням безперервної величини у дискретну. Максимальне значення абсолютної похибки дискретності визначається за формулою

$$\Delta_d = \pm \frac{S}{2f_0}$$

$$\Delta_d = \pm 0,5q$$

де q – абсолютна похибка.

Тоді $q = 2 \cdot \Delta_d$

Відносно δ_d та наведена γ_d похибки дискретності відповідно визначаються за формулами

$$\delta_d = \frac{\Delta_d}{Nq}$$

$$\delta_{dmax} = \pm \frac{1}{2 \cdot N}$$

$$\gamma_d = \frac{\Delta_d}{N_{ном}q}$$

$$\gamma_{dmax} = \pm \frac{1}{2N_{ном}}$$

Розрахуємо відносну похибку вольтметра за формулою

$$\delta = \pm(\delta_n + \delta_0 + \delta_k + \delta_d)$$

					МММТ.480.007.008 – ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де δ_n - відносна похибка, обумовлена нелінійністю ГЛЗН і нестабільністю крутості у часі;

δ_0 - відносна похибка, обумовлена нестабільністю генератора G;

δ_k - відносна похибка вхідного пристрою;

δ_d – відносна похибка дискретності.

Розрахуємо значення δ_n :

$$\delta_n = \delta'_n + \delta_s$$

$$\delta'_n = Y \cdot \delta_s$$

де Y – коефіцієнт, що залежить від типу ГЛЗН та способу узгодження ідеальної та реальної кривих U_x ;

δ_s - відносна похибка;

δ'_n - відносна похибка;

Розрахуємо відносну похибку дискретності

$$\delta_d = \frac{1}{N}$$

Проведемо чисельні розрахунки:

$$\delta'_n = 0.45 \cdot 1.5 \cdot 10^{-5} = 6.75 \cdot 10^{-6}$$

$$\delta_n = 6.75 \cdot 10^{-6} + 1.5 \cdot 10^{-5} = 2.175 \cdot 10^{-5}$$

$$\delta_d = \frac{1}{12} = 0.083$$

Цифрові вольтметри також мають інструментальні похибки, що виникають при нелінійності напруги U_x на робочій ділянці; часовій і температурній нестабільності частоти опорного генератора і крутості лінійної характеристики. Такі нестабільності створюють мультиплікативну похибку. Задаємося границями шкали вимірювання цифрового вольтметра:

					МММТ.480.007.008 – ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$(d ; c)$$

$$(0,5 ; 5)$$

$$\delta_{\text{н}} = \delta_{\text{м}} \leq \frac{c - d}{100}$$

Також мають місце джерела адитивної похибки перетворювача напруги в код: зміщення нульового рівня напруги U_x ; ненульова (кінцева) зона невизначеності ПП; затримки початку робочої ділянки та фронтів сигналів. Адитивна похибка залежить від працездатності Т, ПП, G.

В цілому відносна інструментальна похибка при $N = N_{\text{ном}}$ може знаходитись на рівні десятих-сотих часток відсотка, тому звичайно $N_{\text{ном}}$ не перевищує 10^4 .

Проведемо чисельні розрахунки:

$$\delta_{\text{н}} = \delta_{\text{м}} \leq \frac{5 - 0,5}{100} = 0,045$$

$$\delta = \pm(2.175 \cdot 10^{-5} + 10^{-4} + 3 \cdot 10^{-4} + 0,08) = \pm(0,0834)$$

Розрахуємо амплітудне значення лінійної-змінюваної напруги за формулою

$$U_{\text{км}} = 1,2 \cdot K \cdot U_x, \text{ В}$$

Проведемо чисельні розрахунки:

$$U_{\text{км}} = 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 1,2 \text{ (В)}$$

Час вимірювання ЧЦВ - це інтервал часу між запуском приладу, в результаті чого схема приводиться у вихідний стан, і видачею результату на цифровий пристрій відображення.

Розрахуємо час вимірювання приладу

$$T_{\text{в}} = T_{\text{ц}} + T_{\text{д}}$$

де $T_{\text{в}}$ - час вимірювання ЧЦВ;

					МММТ.480.007.008 – ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$T_{\text{ц}}$ - час циклу;

$T_{\text{д}}$ - додатковий час на спрацювання тригера елемента "Г", ПП, ГЛЗН та тривалість керуючого імпульсу.

$$T_{\text{ц}} = T_{\text{пр}} + T_{\text{звор}}$$

де $T_{\text{пр}}$ – тривалість прямого ходу;

$T_{\text{звор}}$ – тривалість зворотнього ходу;

$$T_{\text{пр}} = 0,8 \cdot T_{\text{в}}$$

$$T_{\text{в}} = T_{\text{пр}} + T_{\text{д}} + T_{\text{звор}}$$

$$T_{\text{в}} - 0,8 \cdot T_{\text{в}} = T_{\text{д}} + T_{\text{звор}}$$

Проведемо чисельні розрахунки

$$T_{\text{в}} - 0,8 \cdot T_{\text{в}} = (20 + 35) \cdot 10^{-3}$$

$$T_{\text{в}} - 0,8 \cdot T_{\text{в}} = 55 \cdot 10^{-3}$$

$$T_{\text{в}}(1 - 0,8) = 55 \cdot 10^{-3}$$

$$T_{\text{в}} \cdot 0,2 = 55 \cdot 10^{-3}$$

$$T_{\text{в}} = \frac{55 \cdot 10^{-3}}{0,2} = 275 \cdot 10^{-3} \text{с}$$

$$T_{\text{пр}} = 0,8 \cdot 275 \cdot 10^{-3} = 0,22 \text{с}$$

При використанні сучасної елементної бази можна досягти значення $T_{\text{д}}$ не більше одиниць мікросекунд.

Для найбільш поширеного діапазону значення тривалості прямого ходу ГЛЗН змінюється в межах $T_{\text{пр}} = 10^{-3} \dots 1 \text{с}$, а значення тривалості зворотнього ходу може бути доведено до 1- 2% від $T_{\text{пр}}$.

Розрахуємо максимальну ємність лічильника:

					МММТ.480.007.008 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

$$N_{max} = \frac{f_0 \cdot K \cdot U_{KM} \cdot T_{пр}}{U_{KM}} = f_0 \cdot K \cdot T_{пр}$$

Проведемо чисельні розрахунки:

$$N_{max} = 3 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 0,22 = 660$$

Розрахуємо кількість розрядів коду на виході лічильника.

Для десяткового коду

$$n = \lg(N_{max})$$

Проведемо чисельні розрахунки кількості розрядів десяткового коду на виході лічильника:

$$n = \lg(3 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 0,22) = 2,81 \approx 3$$

Для двійкового коду

$$n = \lg \frac{(N_{max})}{\lg(2)}$$

$$n = \lg \frac{(564)}{\lg(2)} = 9.14$$

Розглянемо приклад похибки каналу вимірювання каналу.

Вимога до похибки каналу вимірювань не більше 0,2%. Розрядність АЦП становить 10 розрядів.

Розрахунок допустимої похибки вимірювань вольтметра здійснюється за формулою

$$\delta_1 \leq \sqrt{\delta^2 - (\delta_2^2 + \delta_3^2 + \delta_4^2 + \delta_5^2 + \delta_6^2 + \delta_7^2)},$$

Де $\delta = 0,2\%$ - необхідна сумарна похибка вимірювання каналу вимірювань при довірчій ймовірності 0,95%

					МММТ.480.007.008 – ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

δ_2 – похибка передачі по каналу вимірювань;

δ_3 – похибка, яку вносить АЦП;

$\delta_4, \delta_5, \delta_6, \delta_7$ – додаткові похибки, що вносяться температурою навколишнього повітря, перешкодами різного виду, тиском вимірюваного середовища та іншими факторами відповідно.

Похибка передачі по каналу вимірювань встановлюється рекомендаціями ДСТУ-Н РМГ 62:2006. "Забезпечення ефективності вимірювань під час керування технологічними процесами. Оцінювання похибки вимірювань при обмеженій вихідної інформації"

$$\delta_2 = \frac{0,2 \cdot 4}{100} = 0,008\%.$$

Похибка, що вноситься 10-ти розрядними АЦП, розраховується наступним чином:

$$\delta_3 = \frac{0,2 \cdot 4}{2^{10}} = 0,0007\%$$

При розрахунках також враховуються додаткові похибки, викликані впливом:

- температури навколишнього повітря;
- перешкод різного виду;
- тиску вимірюваного середовища;
- інших факторів;

Додаткова похибка, яку вносить вплив температури навколишнього повітря, встановлюється рекомендаціями:

$$\delta_4 = \frac{0,2 \cdot 1}{100} = 0,002\%.$$

					МММТ.480.007.008 – ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаткова похибка, яку вносять перешкоди різного виду, встановлюється рекомендаціями:

$$\delta_5 = \frac{0,2 \cdot 1}{100} = 0,002\%.$$

Додаткова похибка, яку вносить тиск вимірюваного середовища, встановлюється рекомендаціями:

$$\delta_6 = \frac{0,2 \cdot 1}{100} = 0,002\%.$$

Додаткова похибка, яку вносять інші фактори, встановлюється рекомендаціями:

$$\delta_7 = \frac{0,2 \cdot 36}{100} = 0,072\%.$$

Таким чином, підставивши в формулу отримані значення, розрахуємо допустиму основну похибку вольтметра.

$$\delta_1 = \sqrt{0,2^2 - (0,08^2 + 0,0007^2 + 0,066^2 + 0,002^2 + 0,002^2 + 0,072^2)} = 0,12\%$$

В результаті розрахунку видно, що основна похибка не перевищує допустимої похибки.

					МММТ.480.007.008 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

6. РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ТА ПРОГРАМИ РОБОТИ СИСТЕМИ

Алгоритм – це послідовність дій, яка визначає послідовність операцій над даними для отримання бажаного результату.

Процес підготовки розв’язання задачі на комп’ютері називається алгоритмізацією.

Розробка алгоритму складається з кількох етапів:

1. Вивчення задачі, даної для алгоритму. Завдання зазвичай подається описово за допомогою формул, графіків або таблиць і т.п. Необхідно глибше вивчити процес, що алгоритмізується, виявити закономірності явищ з яких він складається. Визначається інформація про джерело введення, задаються області зміни аргументів і точність обчислень. Введена інформація має бути повною.
2. Проводиться математична формалізація описової умови задачі. Його призначення – побудува масивів арифметичних та логічних операторів. Матриця логічних операторів включає всі умови, що відображають закономірність процесу, що алгоритмізується.
3. Складається схема алгоритму.

Мікроконтролер під керівництвом програми має робити наступні функції:

- підключити вимірювальний канал до потрібного каналу АЦП;
- запустити АЦП і обчислити код результату;
- після отримання коду АЦП обчислити значення вимірювальної напруги;
- перетворити виміряне значення напруги в код із сімома сегментами та відобразити дані на індикаторі;
- підтримати процес динамічного відображення.

Головна програма повинна виконувати наступну послідовність ініціалізації:

- ініціалізація портів вводу\виводу на мікроконтролері;

					МММТ.480.007.008 – ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- ініціалізація семисигментного індикатора;
- встановлення режиму роботи для АЦП;
- ініціалізувати адреси відображення буфера;
- встановлення глобального рішення про переривання.

Під час робочого циклу програма повинна виконувати такі дії:

- вивести повідомлення про нормальну роботу пристрою, з успішним процесом ініціалізації мікроконтролера та семисигментного індикатора;
- виміряти напругу за допомогою АЦП;
- обчислити вихідне значення;
- завантажити результати в індикаторний буфер;
- відобразити данні на семисегментному індикаторі;

Повна версія алгоритму, на якому дані на рис. 6.1.

Основною роботою процесора є організація трирозрядного динамічного відображення. Час індикації для кожного розряду приблизно 5 мс. Відлік цього часу організовується шляхом переривання переповнення таймера TMR0.

Таймер має коефіцієнт поділки 256, розподільник – 4. Після індикації нульової напруги розряду проводиться вимірювання.

Результати вимірювань заносяться в 2 регістри з правильним вирівнюванням. Потім 16 біт двійкового коду перекодується в 3 біти двійково десятичного коду. Результат перекодування заносяться в регістр індикації.

Програма повторюється після індикації другого розряду.

					МММТ.480.007.008 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

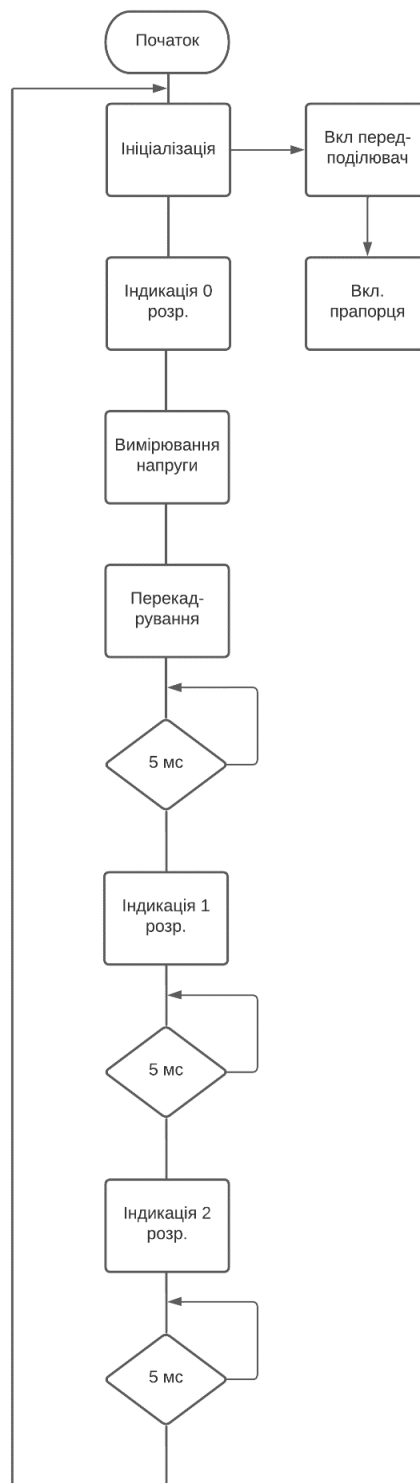


Рис. 6.1. Алгоритм прикладної програми для цифрового мілівольтметра постійного струму.

Спочатку необхідно вибрати елементну базу розроблюваного пристрою, оскільки від цього залежить качество апаратури і обсяги

розроблюваного програмного забезпечення. Вибір елементної бази повинен бути ретельно продуманий і обоснований до початки програмної розробки, так як в деяких випадках заміна компонентів може привести до повного перероблювання програми.

Як тільки вибір зроблений, треба вибрати структуру програмного забезпечення. В результаті цієї роботи може з'явитись що в елементну базу треба внести якісь зміни.

Коли структура програмного забезпечення зібрана, приходить час написання програми. Щоб полегчити наступні тестування і відладку, треба розділити її на пару модулів, кожен із яких виконую певні функції. Ці модулі потрібно писати в порядку черги та тестувати їх, що особливо важливо для модулів драйверів, які керують портами входу/виходу. В ідеалі, кожним портом повинен керувати відповідний програмний модуль.

Коли програма написана її потрібно затестити. В залежності від обставин і специфіки розробляемого пристрою користуються симулятором або емулятором. По закінченню тестування можна виконати моделювання роботи.

Саме перепрограмування версії слід використовувати для наступних тестів макеті або досліджуваному зразку.

Настройку вольтметра починають зі встановлення напруги питання 5,12 В обертанням движка підлаштованого резистору. При цьому мікроконтролер не встановлюють в мікросхему.

При налагоджуванні вольтметра паралельно вимірюваного ланцюга встановлюють цифровий вольтметр. Зміну напруги живлення мікроконтролера вирівнюють показання приладу, що настроюється, і цифрового вольтметра. При цьому напруга живлення мікроконтролера не повинна перевищувати максимально допустиму напругу, яка дорівнює 5,5 В. При зменшенні напруги живлення показники збільшуються (зменшується вага розряду квантування).

					МММТ.480.007.008 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

7. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

7.1 Розташування елементів на друкованій платі

Під час розробки електронного обладнання проектування друкованих плат є одним з найбільш трудомістких.

Для початку роботи над розробкою друкованої плати необхідна принципова схема, список елементів, креслення або ескіз з потрібним розміщенням елементів (при необхідності). Для елементів, щоб виключити будь-які помилки в розводці плати, необхідно мати креслення або ескізи елементів, плінтуса, креслення сидіння.

Проектування друкованих плат виконується ручним, напіваавтоматичним та автоматизованим методами.

При ручному способі розміщення шарнірних елементів і відстеження друкованих провідників виконується вручну безпосередньо конструктором. Цей метод дає оптимальний результат.

Напіваавтоматизований метод передбачає розміщення петель за допомогою комп'ютера для відстеження друкованих провідників вручну, розташування петель для автоматичного відстеження друкованих провідників і автоматичного перенесення зображення на носій. Спосіб забезпечує високу продуктивність.

Автоматичний метод передбачає кодування вхідних даних, розміщення навісних шарнірних елементів і трасування друкованих провідників за допомогою комп'ютера. При цьому допускається обробка окремих з'єднань вручну. Метод забезпечує високу продуктивність.

Розмітка за допомогою комп'ютера виконується спеціальними програмами. Всі частини схеми, і їх розміри та комбінації повинні бути подані в комп'ютер, після чого плата відстежується. Після цього ми маємо можливість або змінити отримані результати або передати їх на принтер. Загалом, компонування комп'ютера є найпростішим і найефективнішим методом розробки друкованих плат.

					МММТ.480.007.008 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

При проектуванні друкованих плат використовуються наступні типи компонування: аналітичний макет, аплікаційний макет, графічний макет, та комп'ютерний макет.

Під час виконання кваліфікаційної роботи бакалавра використовувався метод графічного компонування в системі автоматизованого проектування (САПР) на базі програмних засобів PCAD.

Друкована плата може мати різноманітні розміри, які визначаються формою та розміром простору, відведеного в електронному пристрої.

Максимальний розмір друкованої плати, як одношарової так і багатошарової не повинен перевищувати 470 мм. Це обмеження визначається вимогами міцності та щільності монтажу: чим більше друкована плата, тим менше щільність монтажу. Для великих друкованих плат необхідні спеціальні заходи які підвищують жорсткість (додаткові точки кріплення в блоці, введення ребер).

Вибір матеріалу друкованої плати та способу виготовлення здійснюється в ескізному проекті з урахуванням обраного класу друкованої плати.

Визначимо габаритні розміри плати. Розрахунок необхідного типорозміру друкованої плати виконується з урахуванням наступних основних вимог:

а) визначається кількість корпусів радіоелементів (за їх фізичними розмірами);

б) визначається топологія розміщення корпусів на друкованій платі.

Визначимо розміри елементів корпусів, які будуть використані, знайдемо їх площі, результати які ми отримаємо помістимо в таблицю (в додатках).

					МММТ.480.007.008 – ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За отриманою інформацією знаходимо загальну площу елементів на ДП, множимо її на коефіцієнт 1,5 – 1,8.

$$S_{\text{друк.пл.}} = S_{\text{sum}} \times K \quad (7.1.1)$$

$$S_{\text{друк.пл.}} = 4059 \times 1,8 = 7306,2 \text{ мм}^2$$

Лінійне співвідношення сторін друкованої плати не повинно перевищувати 3:1.

Плата має розмір 8мм × 90мм, де $S_{\text{друк.пл.}} = 7200$, - це відповідає умові.

Вибираючи тип друкованої плати для електронного цифрового вимірювача, необхідно враховувати фінансові та технічні аспекти.

Наявність мікросхем ускладнює розводку. Виходячи з перспективи технологічного процесу вибираємо двосторонню плату.

Матеріал друкованої плати підбирається згідно ГОСТ 23751-79 та технічних вимог. В якості матеріалу друкованої плати вибираємо склотекстоліт фольговий, марки СФ-2-35-1,5, який є найчастіше використовуваним для двосторонніх друкованих плат.

Для цього пристрою найкращим варіантом є вибір другого класу точності друкованої плати, найменші значення геометричних розмірів друкованої плати для даного класу точності наведені в таблиці 7.1.1

Таблиця 7.1.1. Найменші значення для II класу точності.

Назва елемента друкованого монтажу	II клас, мм
Ширина провідника	0,25
Відстань між провідниками, контактними площадками, провідником і контактною площадкою, провідником і металізованим отвором	0,250
Відстань від краю просвердленого отвору до краю контактної площадки	0,35
Максимальне відхилення відстані центрами монтажних отворів, не більше	0,1

Визначення діаметрів отворів контактних площадок здійснюється за формулою:

$$d = d_{\text{вив}} + (0,2 \dots 0,4) \quad (7.1.2)$$

$d_{\text{вив}}$ – діаметри виводів радіоелементів.

В даному приладі елементи мають наступні діаметри виводів: 0,44; 0,48; 0,5; 0,6; 1,2. Визначимо діаметри отворів:

$$d1 = 0,44 + 0,3 = 0,74 \approx 0,8 \text{ мм}$$

$$d2 = 0,48 + 0,3 = 0,78 \approx 0,8 \text{ мм}$$

$$d3 = 0,5 + 0,3 = 0,8 \text{ мм}$$

$$d4 = 0,6 + 0,2 = 0,8 \text{ мм}$$

$$d5 = 1,2 + 0,3 = 1,5 \text{ мм}$$

Діаметр контактних площадок визначаються діаметром отворів. Розміри контактних площадок наведені в таблиці 7.1.2.

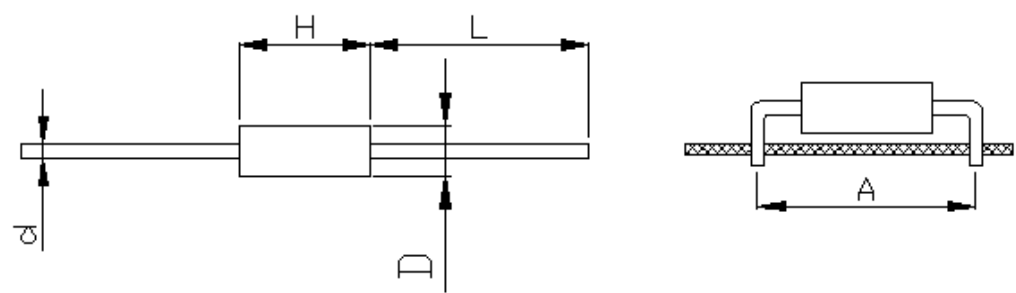
Таблиця 7.1.2. Розміри контактних площадок.

Діаметр виводу радіоелемента	Діаметр отворів	Діаметр контактних площадок
0,44	0,8	2,0
0,48	0,8	2,0
0,5	0,8	2,0
0,6	0,8	2,0
1,2	1,5	3,0

Розміщуємо на друкованій платі такі елементи:

- резистори R1-R26;
- конденсатори C1, C2;
- транзистори VT1-VT4;
- мікросхеми DD1, DA1, DA2, DA3;
- матриця світлодіодна HG1;
- діоди VD1-VD3;
- роз'єм XP1;

Габаритні розміри елементів схеми цифрового електронного мілівольтметра постійного струму зі світлодіодним дисплеєм наведені на ескізах



Тип	Розміри (мм)				
	H	D	L	d	A
C2-23 0,125	6,0	2,3	28	0,6	10

Рис. 7.1.1. Резистор C2-23

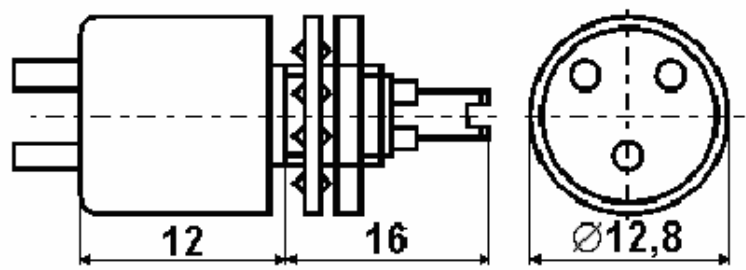


Рис. 7.1.2. Резистор СП

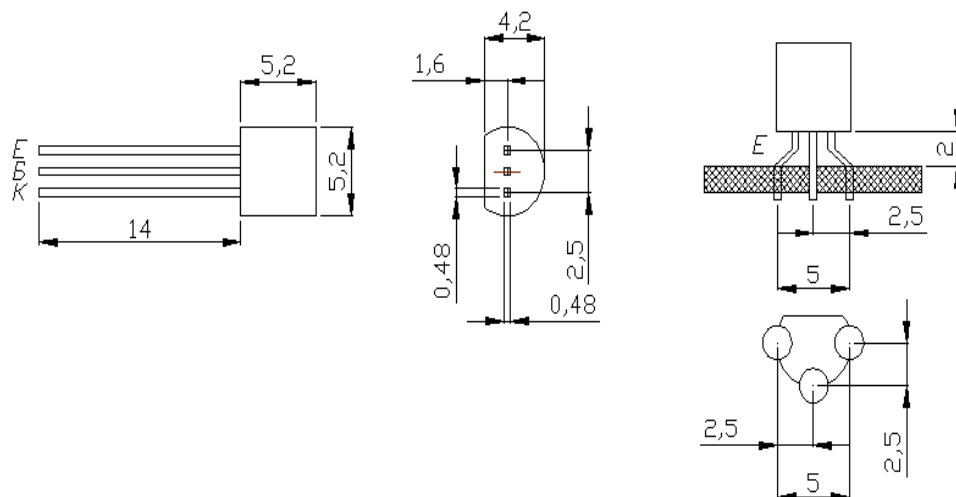


Рис. 7.1.3. Транзистор КТ502

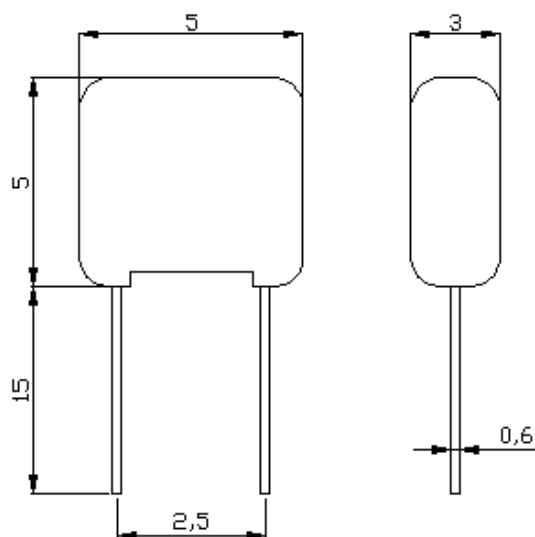


Рис. 7.1.4. Конденсатор КМ-6.

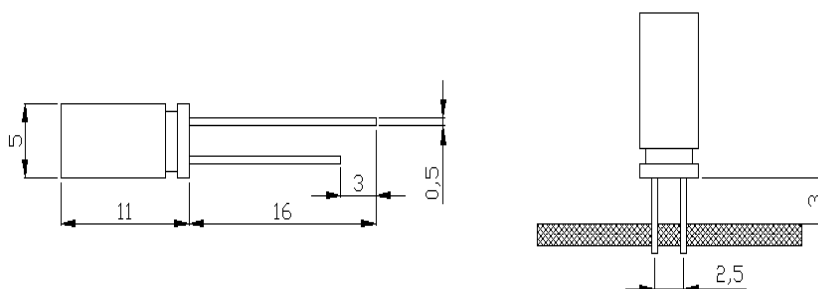


Рис. 7.1.5. Конденсатор К50-35.

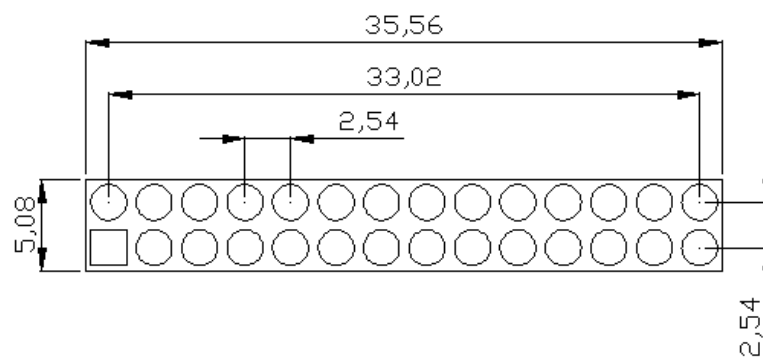


Рис. 7.1.6. Роз'єм MPLS-5.

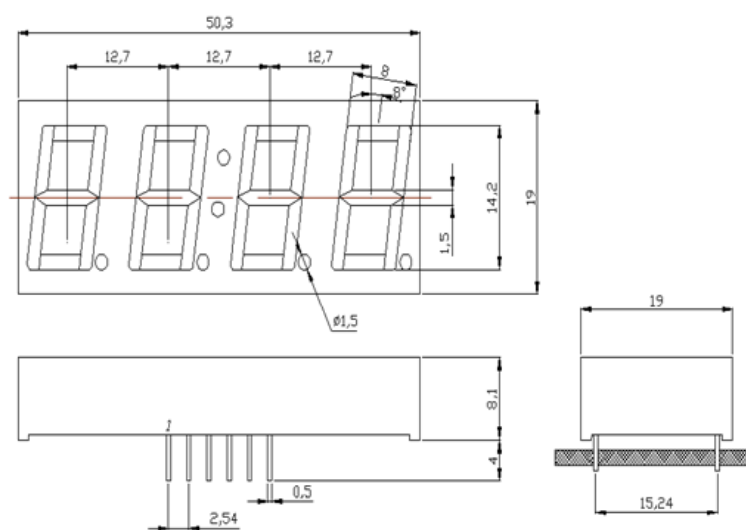


Рис. 7.1.7. Матриця світлодіодна CA56-21SRWA.

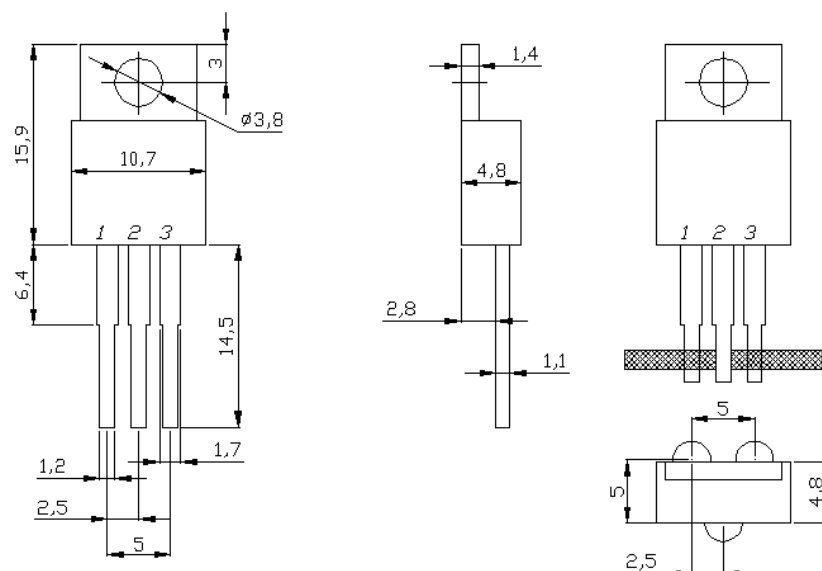


Рис. 7.1.8. Мікросхема КР142ЕН12А.

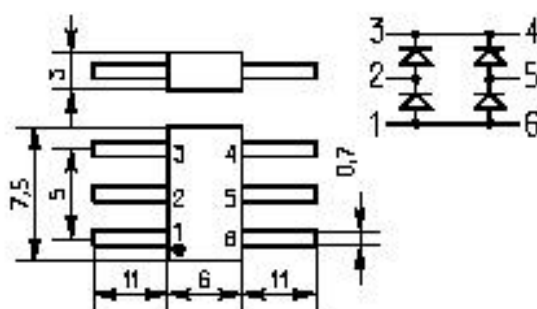


Рис. 7.1.9. Діод КЦ407А.

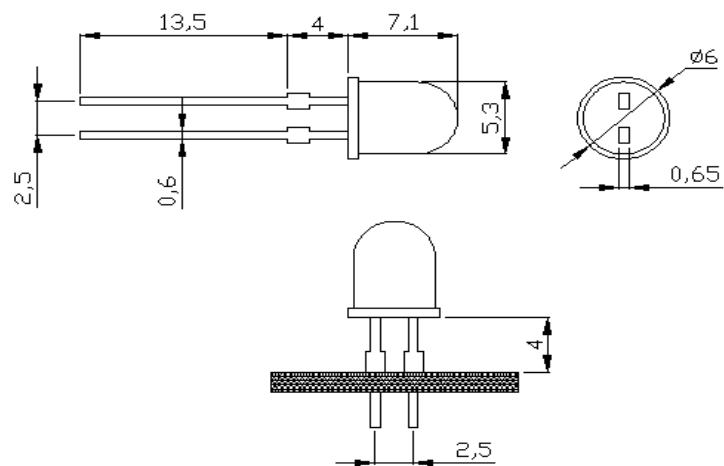


Рис. 7.1.10. Діод АЛС307

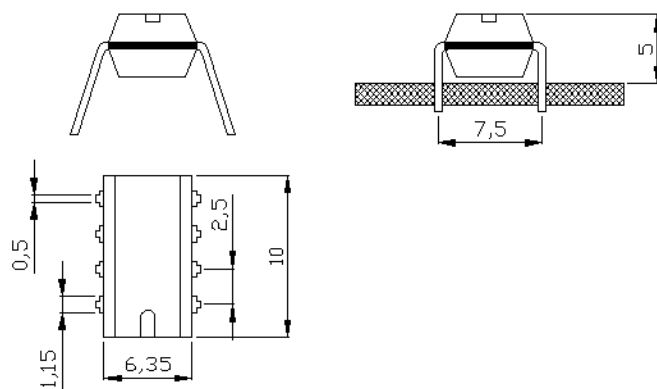


Рис. 7.1.11. Мікросхема К140УД17.

					МММТ.480.007.008 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

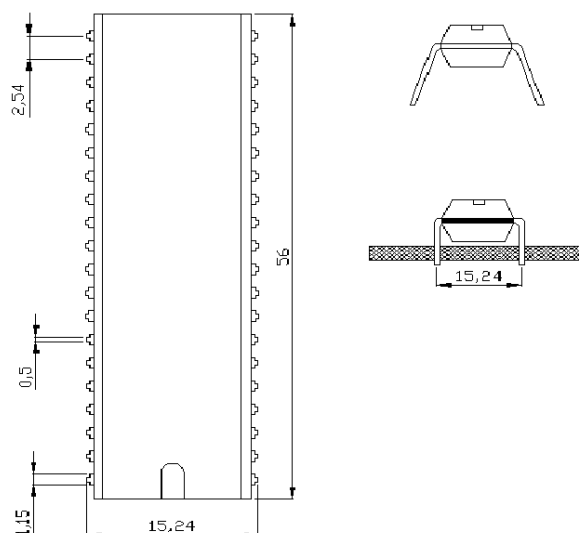


Рис. 7.1.12. Мікросхема PIC16F887.

7.2 Друкована плата. Розробка топології

Розробляємо топологію друкованої плати відповідно до проекту, в процесі пошуку оптимального розміщення елементів на друкованій платі. Розташування елементів електронного цифрового вимірювача частоти обертів на друкованій платі зображена на рис. 7.2.1

При трасуванні провідників необхідно домогтися мінімальних довжин з'єднань, мінімізувати паразитні зв'язки між провідниками та елементами, а по можливості – зробити рівномірний розподіл шарнірних елементів на платі.

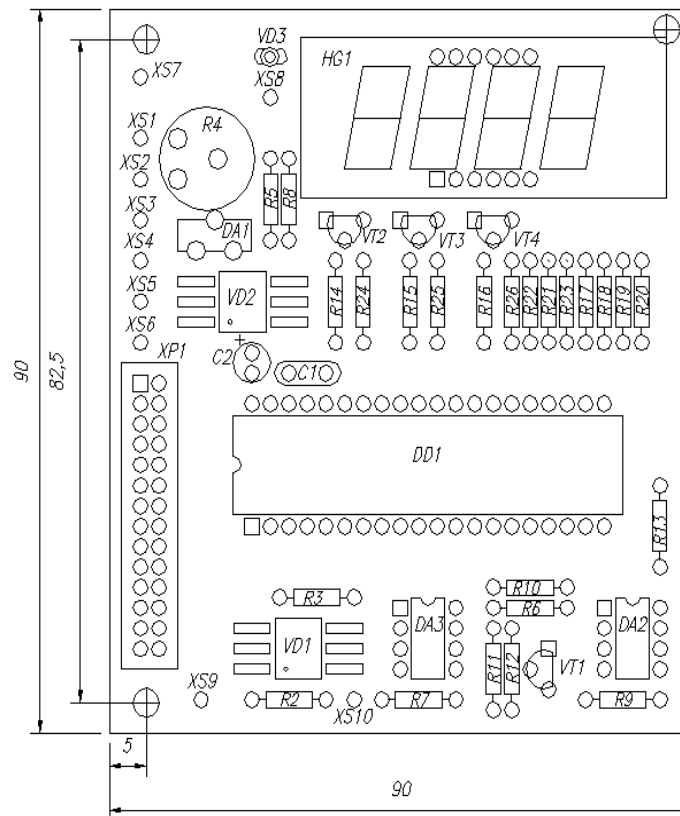


Рис. 7.2.1. Компоновка елементів.

Розробка креслення друкованої плати починається з вибору координатної мережі. За основну поділку для координатної мережі береться 2,5мм. Додаткові кроки можна використовувати для малогабаритної апаратури і в технічно обґрунтованих випадках додаткові кроки 1,25; 0,625 і 0,5 мм (1,27; 2,54мм).

У зв'язку з відносно складним трасуванням і наявністю елементів з відстанню між клемами 2,54мм, вибираємо крок сітки 1,27мм. Сітка на початку координат розміщується згідно з ГОСТ 2.417-78. Отвори та елементи провідникового малюнку розміщені в таблиці відносно початку координат.

Відстань від корпусу елемента до місця згинання або зварювання дроту має відповідати державним стандартам і технічним умовам на цей елемент. Якщо такої інструкції немає, відстань від корпусу елемента до місця згинання або зварювання проводів має бути не менше 2,5мм при товщині плати 1мм.

Розміри конфігурації елемента повинні бути кратні кроку сітки.

					МММТ.480.007.008 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Необхідно зробити висновки і встановити елемент на друкованій платі, щоб при огляді було видно позначку. Відстань між корпусом елемента і краєм плати має бути не менше 1 мм, а між виходом і краєм плати - не менше 2 мм. Відстань між оболонками суміжних елементів, а також між краями суміжних елементів має бути не менше 0,5 мм. Відстань між корпусами не менше 1,5 мм. Відстань від монтажного отвору до краю плати має бути не менше товщини плати.

Надруковані провідники повинні мати однакову ширину по всій площині. У вузьких місцях провідники звужуються до мінімально допустимих значень максимально короткої довжини. Взаємне розміщення провідників не має регламенту. Для спрощення креслення на одній лінії допускається виконання роботи провідники будь-якої ширини, при цьому в технічних вимогах креслення вказується ширина провідника.

Розробка топології друкованої плати здійснювалась в графічному редакторі PCAD PCB. Прототипи фотографічних шаблонів шарів металізації наведені на рис. 7.2.2 та 7.2.3.

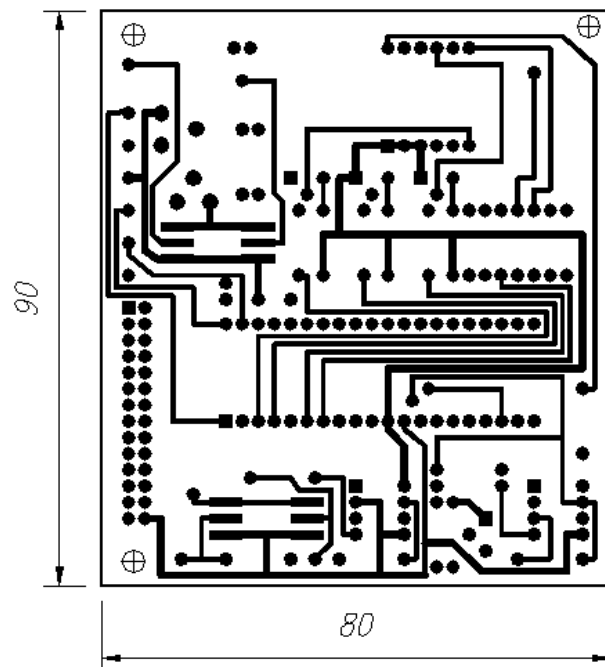


Рис. 7.2.2. Провідники і контактні площадки з боку установки елементів

					МММТ.480.007.008 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

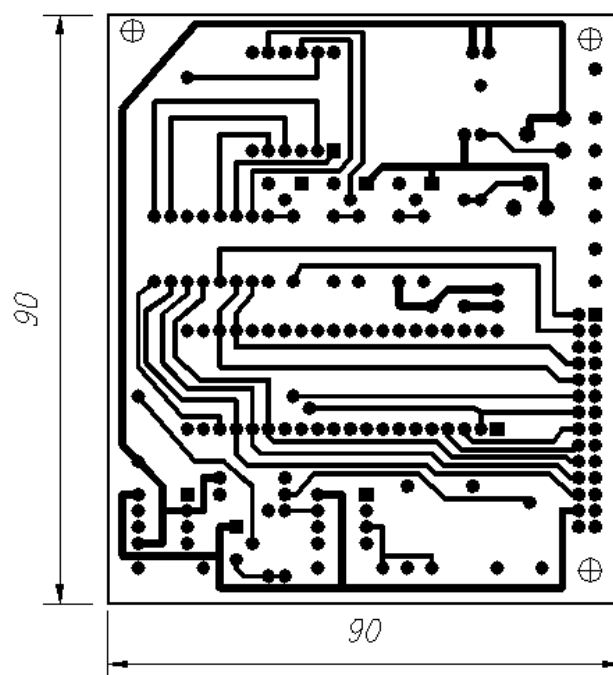


Рис. 7.2.3. Провідники і контактні площадки з боку паяння елементів.

					МММТ.480.007.008 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

8. РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ

При розрахунку надійності системи потрібно визначити такі показники

- ймовірність безвідмовної роботи системи за заданий час ($P(t)$);
- параметр потоку відмов (Λ);
- середнє напрацювання до відмови ($T_{серед}$);

Розрахунок параметра потоку відмовлень виробу проводиться по формулі:

$$\Lambda = \sum_{i=1}^n N_i \lambda_i, \quad (8.1)$$

де n – загальне число групи КВ, що входять до складу проектного виробу;

N_i – кількість і інтенсивність відмовлень КВ i -ої групи відповідно.

Інтенсивність відмовлень КВ i -ої групи в робочому режимі визначалася по формулі

$$\lambda_i = \lambda_{oi} a_1 \dots a_n \quad (8.2)$$

де λ_{oi} – інтенсивність відмовлень КВ в номінальному режимі і нормальних умовах; $a_1 \dots a_n$ – поправочні коефіцієнти, що враховують умови роботи (кліматичні і механічні впливи в залежності від призначення й умов майбутньої роботи), електричне навантаження КВ і температуру навколишнього середовища, ступінь інтеграції інтегральних мікросхем, а також співвідношення видів відмовлень.

Формули, по яких визначалися інтенсивність відмовлень кожної групи комплектуючих виробів, приведені в таблиці 8.2.

Величини значень визначилися по довідковим даним, приведеним з врахуванням вихідних даних для проектного виробу.

По формулі (8.1) визначаємо потік відмовлень виробу (сума величин в графі 10 таблиці 8.2):

$$\Lambda = 15,884 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.}$$

Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t визначалася по формулі

$$P(t) = e^{-\Lambda t} \quad (8.3)$$

					МММТ.480.007.008 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

де Λ – параметр потоку відмовлень; t – час роботи виробу (год)

Дані розрахунку $P(t)$ приведені в таблиці 8.1.

Таблиця 8.1. Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t

250	500	1000	2000	4000	6000	8000	10000
0,9960	0,9920	0,9842	0,9687	0,9384	0,9090	0,8806	0,8531

Середній наробіток до відмовлення виробу визначався по формулі:

$$T_0 = \Lambda^{-1} \quad (8.4)$$

Підставляючи дані в формулу (8.4) одержимо

$$T = (15,884 \cdot 10^{-6})^{-1} = 62\,956 \text{ г.}$$

На графіку,веденому на рисунку 8.1 приведена залежність надійності $P(t)$.

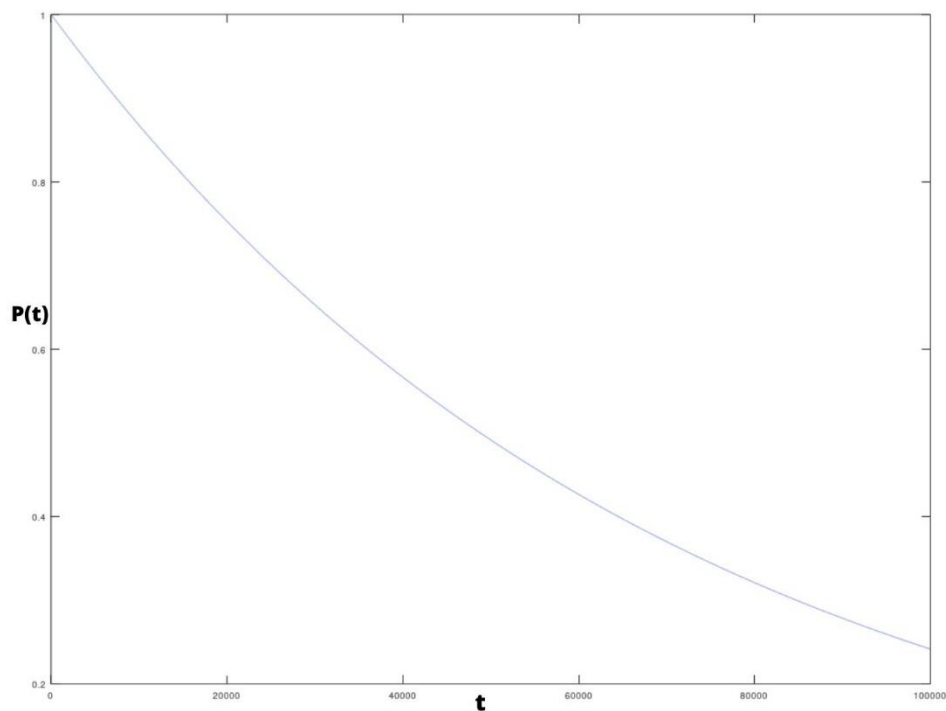


Рис. 8.1. Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t

Таблиця 8.2. Перелік комплектуючих виробів

Поз.	Найменування	Кіл.	$\lambda_{i0} \cdot 10^6$ год ⁻¹	Формула розрахунку λ_i	Коефіцієнти				$\Sigma \lambda_i \cdot 10^6$ год ⁻¹
1	Конденсатори				a_1	a_2		a_4	
	КМ-6 0,125	1	0,02	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,8		1	0,034
	К50-35	1	0,02	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,8		1	0,034
2	Резистори				a_1	a_2		a_4	
	С2-33 0,125	25	0,008	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,8		1	0,346
	СП4-1	1	0,008	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,8		1	0,013
3	Мікросхеми				a_1	a_2	a_4	a_6	
	К140УД17	2	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	1,638
	РІС16F887	1	1,8	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	4,914
	КР142ЕН12А	1	0,8	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	2,184
4	Транзистори								
	КТ502	4	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_5$	2,1	1	1,3	1	3,276
5	Діоди								
	КЦ407А	2	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_5$	2,1	1	1,3	1	1,638
	АЛС307	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_5$	2,1	1	1,3	1	0,819
6	Матриця світл.								
	СА56-21SRWA	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_5$	2,1	1	1,3	1	0.819
7	Пайки	174	0,0001	$\lambda_0 \cdot a_1$	2,1				0,047
8	Роз'єм	1	0,01	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	1	1,3	1	0,027
	Разом								15,844

9. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

9.1. Загальні положення

Інструкція з охорони праці є документом, що встановлює для працівників вимоги до безпечного виконання робіт.

Знання Інструкції з охорони праці обов'язково для всіх працівників.

Керівник структурного підрозділу зобов'язаний створити на робочому місці умови, що відповідають Правилам охорони праці, забезпечити працівників засобами захисту та організувати вивчення ними цієї Інструкції.

Кожен працівник зобов'язаний:

- дотримуватися вимог цієї Інструкції;
- негайно повідомляти своєму безпосередньому керівнику, а при його відсутності - керівника вищого рівня про нещасний випадок, і про всі помічені ним порушення Інструкції, а також про несправності споруд, обладнання та захисних пристроїв;
- містити в чистоті і порядку робоче місце і обладнання;
- забезпечувати на своєму робочому місці збереження засобів захисту, інструменту, пристосувань, засобів пожежогасіння і документації з охорони праці.

За порушення вимог Інструкції працівник несе відповідальність відповідно до чинного законодавства.

Під об'єктом випробувань (вимірювань) слід розуміти один або кілька однотипних об'єктів, які долають (вимірюваних) одночасно одним і тим же засобом випробувань (вимірювань).

Під випробуваннями (вимірами) обладнання слід розуміти випробування (вимірювання) діючих електроустановок, що знаходяться в експлуатації, а також випробування (вимірювання), що здійснюються при монтажі або ремонті обладнання.

					МММТ.480.007.008 – ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9.2 Вимоги до персоналу

До проведення вимірювань та випробувань електрообладнання допускається персонал, який пройшов спеціальну підготовку і перевірку знань Правил охорони праці (правил безпеки) при експлуатації електроустановок (далі - Правил) комісією, до складу якої включаються фахівці з випробувань обладнання.

До проведення вимірювань та випробувань електрообладнання допускаються працівники не молодше 18 років, які пройшли попередній медичний огляд і не мають протипоказань до виконання зазначеної роботи.

Працівник при прийомі на роботу проходить вступний інструктаж.

Перед допуском до самостійної роботи працівник повинен пройти:

навчання за програмами підготовки за фахом;

первинний інструктаж на робочому місці;

перевірку знань інструкцій:

- з охорони праці;

- з надання першої допомоги потерпілим від нещасних випадків на виробництві;

- щодо застосування засобів захисту, необхідних для безпечного виконання робіт;

- з пожежної безпеки.

Для виробничого навчання працівникові повинен бути наданий строк, достатній для ознайомлення з обладнанням, апаратурою, оперативними схемами і одночасного вивчення необхідної для даної посади нормативної і технічної літератури.

До роботи з електровимірювальними приладами повинні допускатися працівники, які пройшли інструктаж і навчання безпечним методам праці, перевірку знань правил та інструкцій відповідно до займаної посади стосовно до виконуваної роботи з присвоєнням відповідної групи з електробезпеки і не мають медичних протипоказань.

					МММТ.480.007.008 – ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Працівників, які суміщають професії, навчають і інструктують по правилам безпеки праці в повному обсязі з їх основної та сумісництвом професій (посад).

Допуск до самостійної роботи оформляється відповідним розпорядженням по структурному підрозділу підприємства.

Новоприйнятому працівникові видається кваліфікаційне посвідчення, в якому має бути зроблений відповідний запис про перевірку знань інструкцій і правил, зазначених в п. 2.3, і про право на виконання спеціальних робіт.

Працівники, які не пройшли перевірку знань у встановлені терміни, до самостійної роботи не допускаються.

Працівник в процесі роботи зобов'язаний проходити:
повторні інструктажі - не рідше одного разу на квартал;
перевірку знань інструкції з охорони праці та діючої інструкції по наданню першої допомоги потерпілим при нещасних випадках на виробництві - один раз на рік;
медичний огляд - один раз в два роки;
перевірку знань Правил для працівників, що мають право підготовки робочого місця, допуску, право бути виконавцем робіт, наглядачами або членом бригади, - один раз на рік.

Працівники, які отримали незадовільну оцінку при кваліфікаційної перевірки, до самостійної роботи не допускаються і не пізніше одного місяця повинні пройти повторну перевірку.

При порушенні Правил охорони праці в залежності від характеру порушень проводиться позаплановий інструктаж або позачергова перевірка знань.

Право на проведення вимірювань та випробувань підтверджується записом в рядку «Свідоцтво на право проведення спеціальних робіт» посвідчення про перевірку знань норм і правил роботи в електроустановках.

Виконавець робіт, зайнятий випробуваннями електрообладнання, а

					МММТ.480.007.008 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

також працівники, які проводять випробування одноосібно з використанням стаціонарних випробувальних установок, повинні пройти місячне стажування під контролем досвідченого працівника.

При нещасному випадку працівник зобов'язаний надати першу допомогу потерпілому до прибуття медичного персоналу.

При нещасному випадку з самим працівником, залежно від тяжкості травми, він звертається за медичною допомогою в медпункт або сам собі робить першу допомогу (самодопомога). Про кожний нещасний випадок або аварію потерпілий або очевидець зобов'язаний негайно сповістити свого безпосереднього керівника.

Кожен працівник повинен знати, де перебуває аптечки і вміти нею користуватися.

Працівник, який бере участь в проведенні вимірювань і випробувань електрообладнання, повинен працювати в спецодязі і застосовувати засоби захисту, що видаються відповідно до діючих галузевими нормами.

					МММТ.480.007.008 – ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В ході виконання кваліфікаційної роботи бакалавра було розглянуто Мікропроцесорний пристрій для вимірювання напруги постійного струму на мікроконтролері PIC.

Було розглянуто літературу та сфери застосування вольтметрів, наведені технічні параметри.

Були розглянуті деякі варіанти функцій пристроїв для вимірювання напруги постійного струму. Була спроектована структурна схема та розроблена принципова. Приведені основні елементи з яких зібрали схему, для керування був вибраний мікроконтролер PIC16F887.

Розраховано похибки, відносна похибка дискретизації становить 0,083 %, відносна інструментальна похибка 0,045 %, основна похибка 0,12 %.

Розроблено алгоритм та програму і обраховано надійність системи яка становить 62 956 годин.

					МММТ.480.007.008 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

ЛІТЕРАТУРА

1. А.В. Шилейко «Электронные устройства железнодорожной автоматики, телемеханики и связи», 1989 г. – 326 с.
2. В.С.Гутников «Операционные усилители» 1975 г. – 120 с.
3. Пирогова Е.В. Проектирование и технология печатных плат – М.: Форум, Инфа-М, 2005 – 560 с.
4. Келехсашвили В. Миниатюрный вольтметр на микроконтроллере // Журнал Радио. 2009. №4. – стр. 20–22.
5. Вольтметр-измеряем напряжение. Назначение, принцип работы, типы. Режим доступа: <https://instanko.ru/izmereniya/cifrovoj-voltmetr.html> – Дата доступа: 06.06.22
6. Інструкція з охорони праці при вимірах і випробуваннях, електролабораторія [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://jak.koshachek.com/articles/instrukcija-z-ohoroni-praci-pri-vimirah-i.html> – Дата доступу: 02.06.22
7. Миниатюрный вольтметр на микроконтроллере ATtiny13 [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <https://radiostorage.net/5187-miniatorynyj-voltmetr-na-mikrokontrollere-attiny13.html> – Дата доступа: 25.05.22
8. Как сделать вольтметр на микроконтроллере AVR [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <https://radio-magic.ru/microcontrollers/83-volt-meter-micro> – Дата доступа: 29.05.22
9. Миниатюрный вольтметр на микроконтроллере [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://ya-vyachko.narod.ru/minivolt.html> – Дата доступа: 26.05.22
10. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда): учеб. пособие для вузов / П.П. Кукин, В.Л. Лапин, Н.Л. Пономарев и др. – 4-е изд., перераб. – М.: Высш. шк., 2007. – 335 с.

					МММТ.480.007.008 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

11. Вольтметр на PIC16F676 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://pichobby.lg.ua/shemu/voltmetry/item/2-voltmetr-na-pic16f676.html> – Дата доступу: 19.05.22
12. Точечный вольтметр на PIC [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cxem.net/izmer/izmer131.php> – Дата доступу: 23.05.22
13. Цифровой вольтметр 0-25В на микроконтроллере AVR ATmega32 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://microkontroller.ru/avr-microcontroller-projects/czifrovoj-voltmetr-0-25v-na-avr-atmega32/> – Дата доступу: 05.06.22
14. Вольтметр на pic. Сапр Компас [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://topuch.ru/sapr-kompas/index.html> – Дата доступу: 01.06.22
15. Вольтамперметр на PIC [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://9zip.ru/home/voltmetr_ampermetr_pic16f676.htm – Дата доступу: 28.05.22
16. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи освітнього ступеня «бакалавр» для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» Укладачі: Ю.О. Подчашинський, Л. О. Чепюк, Р.В. Петросян. – Житомир: ДУ «Житомирська політехніка», 2022. – 60 с.

					МММТ.480.007.008 – ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

КОД ПРОГРАМИ

```
#INCLUDE <P16F676.INC>
__CONFIG 3FF4H

;=====
; ВИКОРИСТОВУЄТЬСЯ ВНУТРІШНІЙ ГЕНЕРАТОР ЧАСТОТОЮ 4,0 МГц.
;=====
; ПОРТ С - ВИХІД СЕГМЕНТІВ А-F.
; RA5 - ВИХІД, СЕГМЕНТ G.
; RA1-RA2-RA4 - ВИХІД РОЗРЯДІВ 0-2.
; RA0 - АНАЛОГОВИЙ ВХІД 0.
;=====
; РЕГІСТРИ РСН.
;=====
INDF EQU 00H ;ДОСТУП ДО ПАМ'ЯТІ ЧЕРЕЗ FSR.
TIMER0 EQU 01H ;TMR0.
OPTIONR EQU 81H ;OPTION (RP0=1).
PC EQU 02H ;ЛІЧИЛЬНИК КОМАНД.
STATUS EQU 03H ;РЕГІСТР СТАНУ АЛУ.
FSR EQU 04H ;РЕГІСТР КОСВЕНОЇ АДРЕСАЦІЇ.
PORTA EQU 05H ;ПОРТ А ВХОДУ/ВИХОДУ.
PORTC EQU 07H ;ПОРТ С ВХОДУ/ВИХОДУ.
TRISA EQU 85H ;НАПРАВЛЕННЯ ДАНИХ ПОРТУ А.
TRISC EQU 87H ;НАПРАВЛЕННЯ ДАНИХ ПОРТУ С.
INTCON EQU 0BH ;РЕГІСТР ПРАПОРІВ ПЕРЕРИВАНЬ.
PIR1 EQU 0CH ;ДОЗВІЛ ПЕРЕФЕРИЙНИХ ПЕРЕРИВАНЬ.
PIE1 EQU 8CH ;РЕГІСТР ДОЗВОЛУ ПЕРЕФЕРИЙНИХ ПЕРЕРИВАНЬ.
T1CON EQU 10H ;РЕГІСТР КЕРУВАННЯ ТАЙМЕРОМ 1.
CMCON EQU 19H ;РЕГІСТР КЕРУВАННЯ КОМПАРАТОРОМ.
VRCON EQU 99H ;РЕГІСТР ДЖЕРЕЛА ОПОРНОЇ НАПРУГИ.
PCON EQU 8EH ;КОНТРОЛЬ НАПРУГИ.
ANSEL EQU 91H ;ВИБІР АНАЛОГОВОГО ВХОДУ.
WPUA EQU 95H ;ВКЛЮЧЕННЯ ПІДТЯГУЮЩИХ РЕЗИСТОРІВ.
IOCA EQU 96H ;ДОЗВІЛ ПЕРЕРИВАНЬ ПО ВИМІР. СИГН. НА ВХОДАХ А.
ADRESH EQU 1EH ;СТАРШИЙ РЕГІСТР АЦП.
ADRESL EQU 9EH ;МОЛОДШИЙ РЕГІСТР АЦП.
ADCON0 EQU 1FH ; АЦП.
ADCON1 EQU 9FH ;ВИБІР ТАКТУВАННЯ АЦП.
;=====
; ЗНАХОДЖЕННЯ РОН.
;=====
TEKN EQU 20H ;ДВОЇЧНЕ ВИМІРЯНЕ ЗНАЧЕННЯ НАПРУГИ.
TEKL EQU 21H ;
SEG EQU 22H ;РЕГІСТР СЕГМЕНТІВ.
CEK EQU 23H ;ЧАС ПАУЗИ.
WTEMP EQU 24H ;ТИМЧАСОВИЙ.
TEMP EQU 25H ;ТИМЧАСОВИЙ.
FLAG EQU 26H ;РЕГІСТР ПРАПОРІВ.
COU EQU 27H ;ЛІЧИЛЬНИК ПЕРЕКОДУВАННЯ.
STEMP EQU 28H ;ТИМЧАСОВИЙ.
FTEMP EQU 29H ;ТИМЧАСОВИЙ.
DEA EQU 2AH ;РЕГІСТРТ ПЕРЕКОДУВАННЯ.
EDA EQU 2BH ;
EDI EQU 2CH ;ПОРОЗРЯДНІ РЕГІСТРИ ІНДИКАЦІЇ, 0.
DEI EQU 2DH ;1.
COI EQU 2EH ;2.
ANOD EQU 2FH ;ПОЗИЦІЙНІ ЗНАЧЕННЯ КАТОДА (АНОДА).
;=====
```

```

; 1. ПУСК.
;=====
ORG      0
GOTO     INIT
ORG      4
GOTO     PRER
;=====
; 2. ТАБЛИЦЯ СЕГМЕНТІВ ДЛЯ ЗАГАЛЬНОГО КАТОДА.
;=====
SEGDATA      ;7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0.
ADDWF        ;H, G, F, E, D, C, B, A.
PCL,F
;ОБЩИЙ      КАТОД      АНОД
RETLW B'00111111' ; 0 B'11000000'
RETLW B'00000110' ; 1 B'11111001'
RETLW B'01011011' ; 2 B'10100100'
RETLW B'01001111' ; 3 B'10110000'
RETLW B'01100110' ; 4 B'10011001'
RETLW B'01101101' ; 5 B'10010010'
RETLW B'01111101' ; 6 B'10000010'
RETLW B'00000111' ; 7 B'11111000'
RETLW B'01111111' ; 8 B'10000000'
RETLW B'01101111' ; 9 B'10010000'
;=====
; 3. ІНДИКАЦІЯ.
;=====
IND
    MOVLW B'00010100';ВСТАНОВЛЮЄМО НУЛЬ В
    MOVWF ANOD ;0 РОЗРЯДА ІНДИКАЦІЇ.
    BCF  FLAG,1;СКИНЕМ ПРАПОР ПЕРЕРИВАНЬ.
    MOVFW EDI ;ЗАГРУЗИМО РЕГІСТР ІНДИКАЦІЇ.
    CALL INDZ ;ПРОІНДИЦИРУЄМО.
    CALL ADP0 ;ПЕРЕВІРИМО НАПРУГУ.
    CALL ZDEM ;ОЧІКУЄМО ПЕРЕРИВАННЯ.

IND1
    MOVLW B'00010010';ВСТАНОВЛЮЄМО НУЛЬ В
    MOVWF ANOD ;1 РОЗРЯДНЕ.
    BCF  FLAG,1;ВСІ ОСТАЛЬНІ РОЗРЯДИ-
    MOVFW DEI ;АНАЛОГІЧНІ НУЛЬОВОМУ.
    CALL INDZ ;
    CALL ZDEM ;ОЧІКУЄМО ПЕРЕРИВАННЯ.

IND2
    MOVLW B'00000110';ВСТАНОВЛЮЄМО НУЛЬ В
    MOVWF ANOD ;В 2 РОЗРЯДЕ.
    BCF  FLAG,1;
    MOVFW COI ;
    CALL INDZ ;
    CALL ZDEM ;ОЧІКУЄМО ПЕРЕРИВАННЯ.
    GOTO IND ;НА ІНДИКАЦІЮ НУЛЬОВОГО РОЗРЯДУ.

INDZ
    CALL SEGDATA ;ЗНАЙДЕМО СЕМИСЕГМЕНТНЕ ЗНАЧЕННЯ.
    MOVWF SEG ;ЗАПИШЕМО ЙОГО В РЕГІСТР.
    MOVWF PORTC ;В ПОРТ С.
    MOVFW ANOD ;ВКЛЮЧИМО РОЗРЯД.
    MOVWF PORTA ;
    BTFSC SEG,6 ;
    BSF  PORTA,5 ;
    RETURN ;ВЕРНЕМОСЬ.

ZDEM
    BTFSC FLAG,1;ОЧІКУЄМО ПЕРЕРИВАННЯ.
    RETURN ;
    GOTO ZDEM ;
;=====
; 4. АЦП - ПЕРЕТВОРЮВАЧА (ЗМІНА ВХІДНИХ ВЕЛИЧИН).
;=====

```

					МММТ.480.007.008 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

ADP0

```

    MOVLW    B'10000001' ;
    MOVWF    ADCON0      ;ВХІД 0, ВКЛЮЧЕННЯ АЦП (УВХ).
    CALL     ZAD          ;
    BSF      ADCON0,1     ;ВКЛЮЧИМО ПЕРЕТВОРЮВАННЯ.
    BTFSC    ADCON0,1     ;ОЧІКУЄМО ЗАКІНЧЕННЯ
    GOTO     $-1          ;ПЕРЕТВОРЕННЯ.
    MOVFW    ADRESH      ;ПЕРЕПИШЕМО РЕЗУЛЬТАТ ПЕРЕТВОРЕННЯ
    MOVWF    TEKH        ;В СТАРШИЙ РЕГІСТР.
    BSF      STATUS,5     ;ПЕРЕХОДИМО В БАНК 1.
    MOVLW    21          ;
    MOVWF    FSR          ;ПО КОСВЕНІЙ АДРЕСАЦІЇ
    MOVFW    ADRESL      ;ЗАПИСЬ МЛ. РЕГІСТРА АЦП
    MOVWF    INDF        ;В РЕГІСТР ТЕКЛ.
    BCF      STATUS,5     ;ПЕРЕХОДИМО В БАНК 0.
    GOTO     BINDEC      ;ПЕРЕКОДУЄМО В 2_10 КОД.

```

ZAD

```

    MOVLW    .5          ;ЗАТРИМКА 20 МКС.
    ADDLW    -1          ;
    BTFSS    STATUS,2    ;
    GOTO     $-2        ;
    RETURN

```

```

=====
; 5. ПЕРЕКОДУВАННЯ ІЗ 16-И РОЗРЯДНОГО 2-ГО В 5-И РОЗРЯДНЕ 2-10-Е.
; АЛГОРИТМ ПЕРЕКОДУВАННЯ ПОЛЯГАЄ НА ПРИБАВЛЕННЯ 3 В МОЛОДШИЙ
; І СТАРШИЙ ПОЛУБАЙТИ. ЯКЩО РЕЗУЛЬТАТ ПЕРЕНОСИМ 1 В 3 РОЗРЯД (10=7+3), ТО ЗАПИСУЄМО
; НОВЕ ЗНАЧЕННЯ В РЕГІСТР. ВИКОНУЄМО 16 РАЗ ДВИГАЄМО БІТИ РЕГІСТРІВ.
=====

```

BINDEC

```

    MOVLW    .16        ;ЗАПИШЕМО ЧИСЛО ЗДВИГІВ
    MOVWF    COU         ;В ЛІЧИЛЬНИК.

```

BIDE

```

    BCF      STATUS,0    ;ОБНУЛИМО БІТ "С".
    RLF      TEKL,1      ;ЗДВИГ ПЕРЕКОДУЄМО
    RLF      TEKH,1      ;ЧИСЛО ПЕРЕМІЩЕННЯ ЙОГО В СТАРШИЙ БІТ
    RLF      EDA,1       ;В МОЛОДШИЙ БІТ РЕГІСТРІВ
    RLF      DEA,1       ;РЕЗУЛЬТАТУ.
    DECFSZ   COU,1       ;ЗАФИКСУЄМО ЗДВИГ В ЛІЧИЛЬНИКУ.
    GOTO     RASDEC      ;ПЕРЕВІРИМО ПОЛУБАЙТИ НА С.
    GOTO     MESTO       ;ЯКЩО ЛІЧИЛЬНИК ПУСТИЙ, ЗАПОВНИМО РЕГІСТРИ ІНДИКАЦІЇ.

```

RASDEC

```

    MOVLW    EDA         ;ЗАПИШЕМО АДРЕС РЕГІСТРА
    MOVWF    FSR         ;В РЕГІСТР КОСВЕНОЇ АДРЕСАЦІЇ.
    CALL     BCD         ;ПЕРЕВІРИМО ЗНАЧЕННЯ РЕГІСТРА НА 7.
    MOVLW    DEA         ;АНАЛОГІЧНІ ОПЕРАЦІЇ РОБИМО
    MOVWF    FSR         ;З ДРУГИМИ РЕГІСТРАМИ.
    CALL     BCD         ;
    GOTO     BIDE        ;ПОВТОРЯЄМО ЗДВИГ.

```

BCD

```

    MOVLW    3           ;0000 0011
    ADDWF    0,0         ;ПРИБАВИМО 3 ДО РЕГІСТРУ І РЕЗУЛЬТАТ
    MOVWF    TEMP        ;ЗАПИШЕМО В ТИМЧАСОВИЙ РЕГІСТР.
    BTFSC    TEMP,3      ;ПЕРЕВІРИМО 3 БІТ І ЯКЩО ВІН ДОРІВНЮЄ НУЛЮ,
    MOVWF    0           ;ПРОПУСКАЄМО ЗАПИСЬ РЕЗУЛЬТАТУ В РЕГІСТР.
    MOVLW    30          ;48=0011 0000
    ADDWF    0,0         ;ПРИБАВИМО 3 ДО СТАРІШОГО ПОЛУБАЙТУ РЕГІСТРА І РЕЗУЛЬТАТ
    MOVWF    TEMP        ;ЗАПИШЕМО В ТИМЧАСОВИЙ РЕГІСТР.
    BTFSC    TEMP,7      ;ЯКЩО БІТ ОДИНИЧНИЙ,
    MOVWF    0           ;ТО ЗАПИШЕМО НОВЕ ЗНАЧЕННЯ В РЕГІСТР.
    RETURN     ;ВЕРНЕМОСЬ ДЛЯ ЗАГРУЗКИ НОВОГО ЗНАЧЕННЯ РЕГІСТРА.

```

```

=====
; 6. ВИЛУЧИМО ПОЛУБАЙТИ ІЗ РЕГІСТРІВ РАХУНКУ В РЕГІСТРИ ІНДИКАЦІЇ.
=====
MESTO

```

					МММТ.480.007.008 – ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

MOVLW B'00001111';ВИДАЛИМО ПОЛУБАЙТИ
ANDWF DEB,0 ;В РЕГІСТРІ ІНДИКАЦІЇ.
MOVWF COI
MOVLW B'11110000';
ANDWF EDA,0 ;
MOVWF DEI ;
SWAPF DEI,1 ;
MOVLW B'00001111';
ANDWF EDA,0 ;
MOVWF EDI ;
CLRF EDA ;
CLRF DEB ;
RETURN ;

```

```

;=====
; 7. ЗБЕРЕЖЕМО І ВІДНОВИМО ЗНАЧЕННЯ РЕГІСТРІВ ПРИ ПЕРЕРИВАНІ.
;=====

```

```

PRER
    MOVWF WTEMP ;ЗБЕРЕЖИМО ЗНАЧЕННЯ РЕГІСТРІВ W И
    MOVWF STATUS ;STATUS,
    MOVWF STEMP ;
    MOVWF FSR ;FSR.
    MOVWF FTEMP ;
    BCF STATUS,6;
    BCF STATUS,5;
    INCF CEK,1 ;ДІЛЬНИК НА 5.
    MOVLW .5 ;
    SUBWF CEK,0 ;
    BTFSS STATUS,2;ЯКЩО ДОРІВНЮЄ 5,
    GOTO REPER ;
    BSF FLAG,1 ;ТО ВСТАНОВИМО ПРАПОР 5 МС.
    CLRF CEK ;ОБНУЛИМО.

```

```

REPER
    ;ВІДНОВЛЕННЯ ЗБЕРЕЖЕНИХ ЗНАЧЕНЬ.
    MOVWF STEMP ;ВІДНОВЛЕННЯ РЕГІСТРІВ:
    MOVWF STATUS ;STATUS,
    MOVWF FTEMP ;
    MOVWF FSR ;FSR,
    MOVWF WTEMP ;W.
    BCF INTCON,2;СКИДАЄМО ПРАПОР ПЕРЕРИВА ВІД TMR0.
    RETFIE ;ПОВЕРНЕННЯ ІЗ ПЕРЕРИВАННЯ.

```

```

;=====
; 8. ІНІЦІАЛІЗАЦІЯ.
;=====

```

```

INIT
    BSF STATUS,5 ;ПЕРЕХОДИМО В БАНК 1.
    CLRF OSCCAL^0x90 ;МАКСИМАЛЬНА ЧАСТОТА.
    MOVLW 0xFFH ;СИНХРОНІЗАЦІЯ ОТ RC.
    MOVWF ADCON1 ;ТАКТ АЦП ВІД ВНУТРІШНЬОГО ГЕНЕРАТОРА 500 кГц.
    MOVLW B'10000001' ;K=4.
    MOVWF OPTION_REG^80H ;РЕЗИСТОРИ ВИКЛЮЧЕНІ.
    MOVLW B'10100000' ;ДОЗВІЛ ПЕРЕРИВАНО ВІД TMR0.
    MOVWF INTCON ;
    CLRF PIE1^80H ;ЗАБОРОНЕНІ ВСІ ПЕРИФЕРІЙНІ ПЕРЕРИВАННЯ.
    MOVLW B'00000001' ;ВСІ ВИХОДИ. 0 - ВХІД АЦП.
    MOVWF TRISA^80H ;
    CLRF TRISC^80H ;ВСІ ВИХОДИ.
    MOVLW .1
    MOVWF ANSEL ;ВИБРАНИЙ АНАЛОГОВИЙ ВХІД RA0/AN0.
    CLRF VRCON ;ІОН ВІДКЛЮЧЕНИЙ.
    CLRF PCON^80H ;ПЕРЕРИВАННЯ ПО ЖИВЛЕННЮ ЗАБОРОНЕНІ.
    CLRF WPUA ;ПІДТЯГНЕНІ РЕЗИСТОРИ ВИКЛЮЧЕНІ.
    CLRF IOCA ;ПЕРЕРИВАННЯ ЗАБОРОНЕНІ.
    BCF STATUS,5 ;ПЕРЕХОДИМО В БАНК 0.
    CLRF PORTC ;ВИХІД І ІНДИКАТОРИ ВИКЛЮЧЕНІ.
    CLRF PORTA ;

```

					МММТ.480.007.008 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

```

CLRf T1CON      ;ТАЙМЕР 1 ВІДКЛЮЧЕНИЙ.
MOVLW .7
MOVWF CMCON     ;КОМПАРАТОР ВИКЛЮЧЕНИЙ.
CLRf FLAG       ;ВСЕ ОБНУЛЯЄМО ВСТАНОВЛЮЄМО.
CLRf EDI
CLRf DEI
CLRf COI
CLRf CEK
GOTO IND
;=====
END
;=====

```

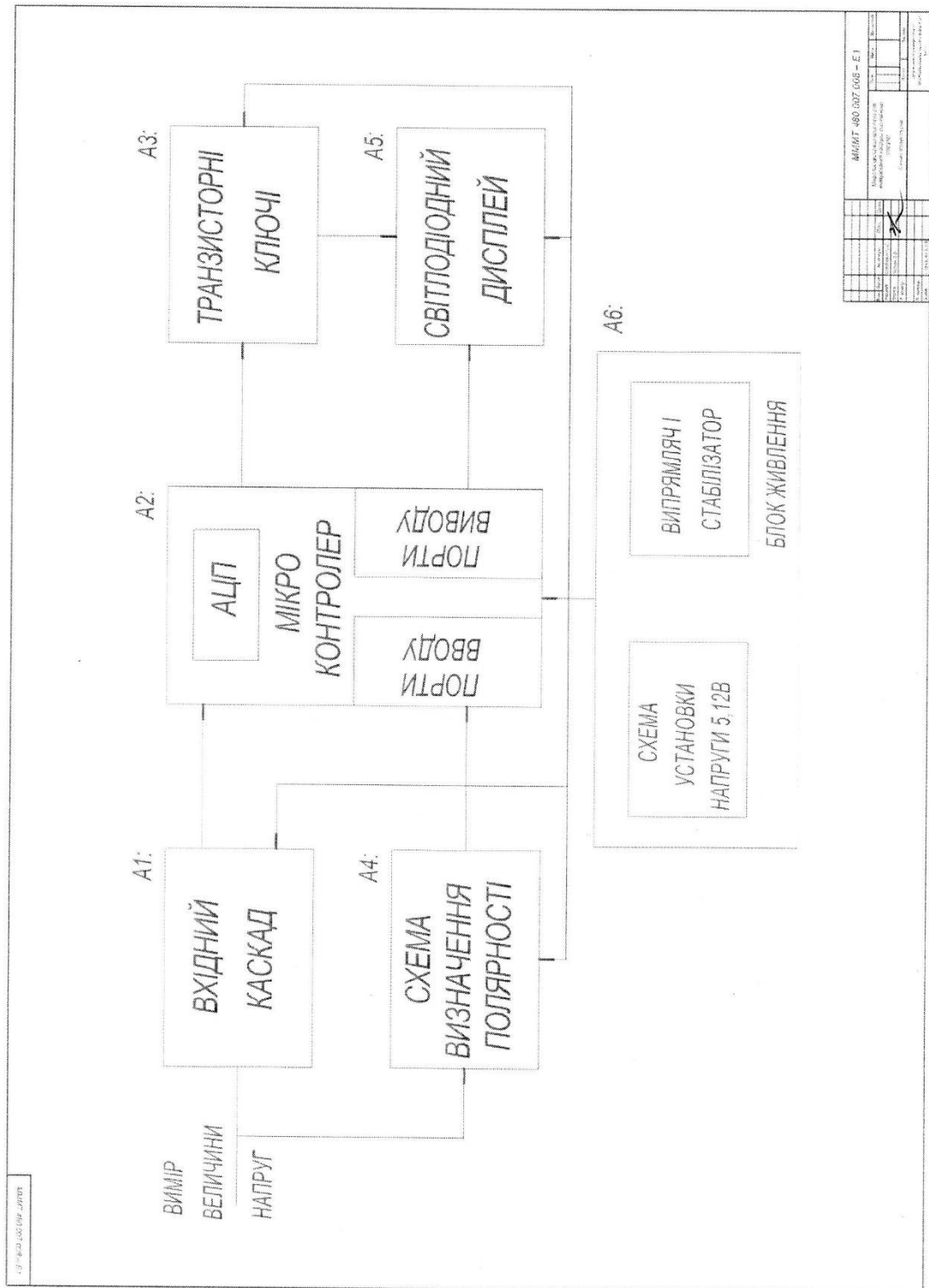
					МММТ.480.007.008 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

ДОДАТОК Б

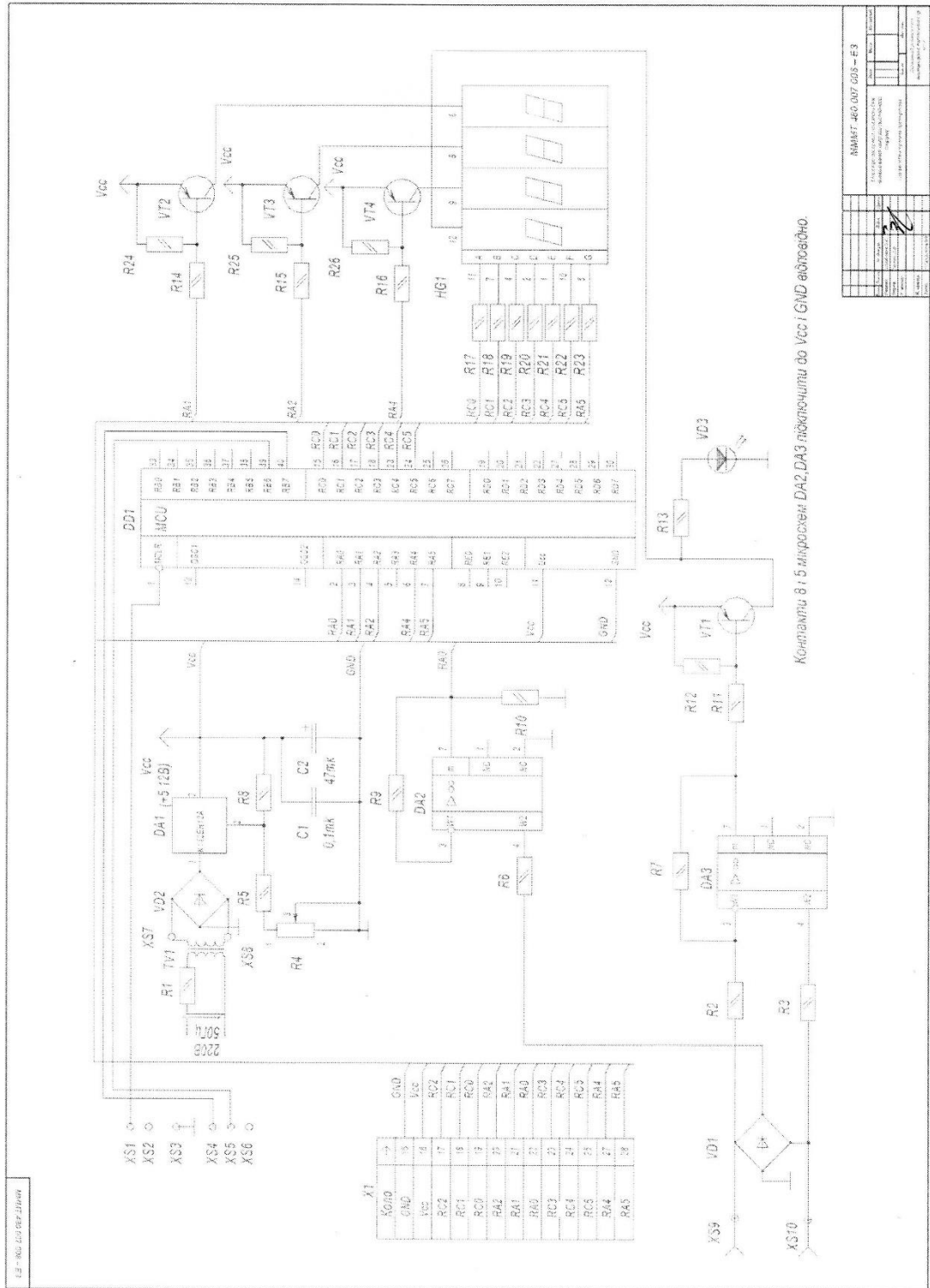
Розміри корпусів елементів

Назва корпусу елемента	Розмір, мм	К-ть елементів	Площа одного елемента, мм ²	Площа корпусів однакових елементів, мм ²
C2-23 0,125	10x2,5	25	25	625
СП4-1	12,8x12,8	1	163,84	163,84
КМ-6	5x3	1	15	15
К50-35	5x5	1	25	25
К140УД17	10x7,5	2	75	150
РІС16F887	56x17,24	1	965,44	965,44
КЦ407А	7,5x28	2	210	420
АЛС307	2,5x2,5	1	6,25	6,25
СА56-21SRWA	50,3x19	1	955,7	955,7
КР142ЕН12А	10,7x3	1	32,1	32,1
КТ502	5,2x5,2	4	27,04	27,04
XS	5x5	10	25	250
Отвори кріплення	7,5x7,5	3	56,25	168,75
MPLS-5	36x7,08	1	254,88	254,88
Всього				4059

					МММТ.480.007.008 – ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72



ДОДАТОК Г



Таблиця 1

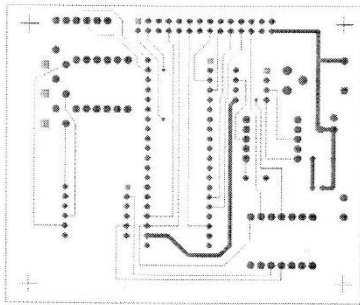
Параметри елементів плати	У віільних місцях, мм	У вузьких місцях, мм
Ширина друкованого провідника	1,0	0,3
Відстань між друкованими провідниками	0,5	0,3
Відстань між контактними площадками або друкованими провідниками і контактними площадками	1,0	0,3

Таблиця 2

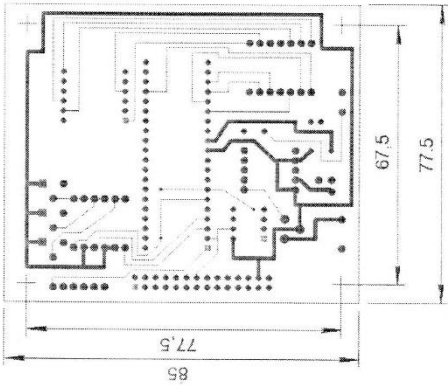
Позначення	Діаметр, мм	Діаметр отвору в металі, мм	Навантажувальна металізація	Кількість шт
•	0,8	2,0	метал	68
■	0,8	2,0	метал	4
●	1,0	2,2	метал	30
■	1,0	2,2	метал	3
●	1,3	3,0	метал	3
+	3,6	-	-	4

- 1 Плату виготовили хімічним способом
2 Крок координатної сітки 2,5 мм
3 Параметри елементів друкованої плати по таблиці 1
4 Форма контактних площадок двобічна
5 Параметри отворів друкованої плати по таблиці 2

Провідники і контактні площадки з боку паєння елементів

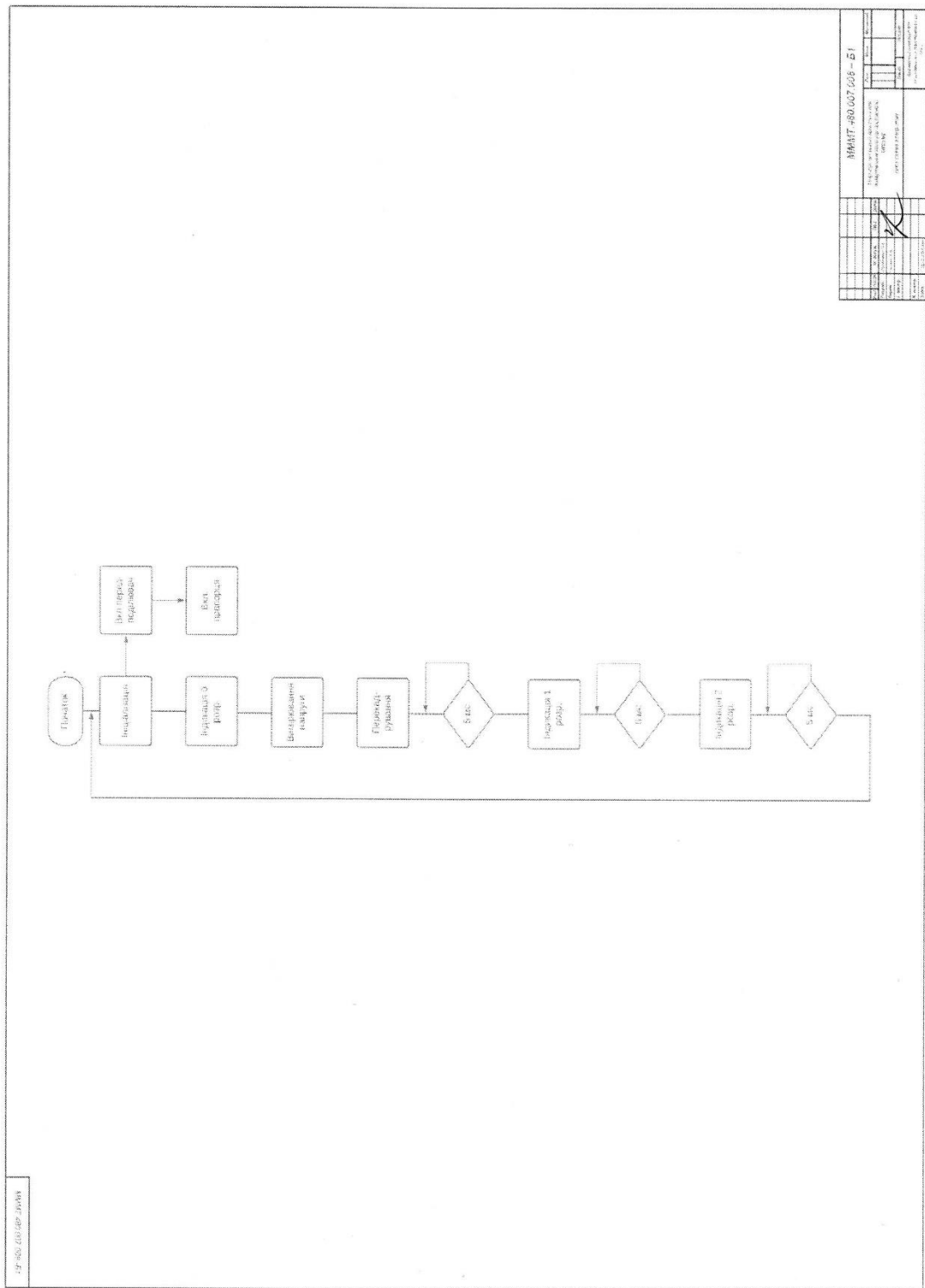


Провідники і контактні площадки з боку установки елементів



МММТ.480.007.008 – Е7	
Лист № 1 з 1	Всього 1
Лист № 2 з 1	Всього 1
Лист № 3 з 1	Всього 1
Лист № 4 з 1	Всього 1
Лист № 5 з 1	Всього 1
Лист № 6 з 1	Всього 1
Лист № 7 з 1	Всього 1
Лист № 8 з 1	Всього 1
Лист № 9 з 1	Всього 1
Лист № 10 з 1	Всього 1
Лист № 11 з 1	Всього 1
Лист № 12 з 1	Всього 1
Лист № 13 з 1	Всього 1
Лист № 14 з 1	Всього 1
Лист № 15 з 1	Всього 1
Лист № 16 з 1	Всього 1
Лист № 17 з 1	Всього 1
Лист № 18 з 1	Всього 1
Лист № 19 з 1	Всього 1
Лист № 20 з 1	Всього 1
Лист № 21 з 1	Всього 1
Лист № 22 з 1	Всього 1
Лист № 23 з 1	Всього 1
Лист № 24 з 1	Всього 1
Лист № 25 з 1	Всього 1
Лист № 26 з 1	Всього 1
Лист № 27 з 1	Всього 1
Лист № 28 з 1	Всього 1
Лист № 29 з 1	Всього 1
Лист № 30 з 1	Всього 1
Лист № 31 з 1	Всього 1
Лист № 32 з 1	Всього 1
Лист № 33 з 1	Всього 1
Лист № 34 з 1	Всього 1
Лист № 35 з 1	Всього 1
Лист № 36 з 1	Всього 1
Лист № 37 з 1	Всього 1
Лист № 38 з 1	Всього 1
Лист № 39 з 1	Всього 1
Лист № 40 з 1	Всього 1
Лист № 41 з 1	Всього 1
Лист № 42 з 1	Всього 1
Лист № 43 з 1	Всього 1
Лист № 44 з 1	Всього 1
Лист № 45 з 1	Всього 1
Лист № 46 з 1	Всього 1
Лист № 47 з 1	Всього 1
Лист № 48 з 1	Всього 1
Лист № 49 з 1	Всього 1
Лист № 50 з 1	Всього 1
Лист № 51 з 1	Всього 1
Лист № 52 з 1	Всього 1
Лист № 53 з 1	Всього 1
Лист № 54 з 1	Всього 1
Лист № 55 з 1	Всього 1
Лист № 56 з 1	Всього 1
Лист № 57 з 1	Всього 1
Лист № 58 з 1	Всього 1
Лист № 59 з 1	Всього 1
Лист № 60 з 1	Всього 1
Лист № 61 з 1	Всього 1
Лист № 62 з 1	Всього 1
Лист № 63 з 1	Всього 1
Лист № 64 з 1	Всього 1
Лист № 65 з 1	Всього 1
Лист № 66 з 1	Всього 1
Лист № 67 з 1	Всього 1
Лист № 68 з 1	Всього 1
Лист № 69 з 1	Всього 1
Лист № 70 з 1	Всього 1
Лист № 71 з 1	Всього 1
Лист № 72 з 1	Всього 1
Лист № 73 з 1	Всього 1
Лист № 74 з 1	Всього 1
Лист № 75 з 1	Всього 1
Лист № 76 з 1	Всього 1
Лист № 77 з 1	Всього 1
Лист № 78 з 1	Всього 1
Лист № 79 з 1	Всього 1
Лист № 80 з 1	Всього 1
Лист № 81 з 1	Всього 1
Лист № 82 з 1	Всього 1
Лист № 83 з 1	Всього 1
Лист № 84 з 1	Всього 1
Лист № 85 з 1	Всього 1
Лист № 86 з 1	Всього 1
Лист № 87 з 1	Всього 1
Лист № 88 з 1	Всього 1
Лист № 89 з 1	Всього 1
Лист № 90 з 1	Всього 1
Лист № 91 з 1	Всього 1
Лист № 92 з 1	Всього 1
Лист № 93 з 1	Всього 1
Лист № 94 з 1	Всього 1
Лист № 95 з 1	Всього 1
Лист № 96 з 1	Всього 1
Лист № 97 з 1	Всього 1
Лист № 98 з 1	Всього 1
Лист № 99 з 1	Всього 1
Лист № 100 з 1	Всього 1

ДОДАТОК Е



MMMT.480.007.008 - ПЗ		Відомості про документ
№ докум.	Вид докум.	Дата введ.
480.007.008	ПЗ	20.01.2010
Відомості про розробника	Відомості про затвердження	
Розробник	Затверджено	Дата
І.І.І.	І.І.І.	І.І.І.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MMMT.480.007.008 – ПЗ

