

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

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи
бакалавра

на тему: Комп'ютеризована система внутрішньосхемних вимірювань опору
електронних блоків

Виконав студент 4 курсу, групи МТ-1
спеціальності 152 «Метрологія та
інформаційно-вимірювальна техніка»

Уляницький Віталій Павлович

(прізвище та ініціали)

Керівник: д.т.н., професор

зав. кафедри М та ІВТ Подчашинський Юрій

Олександрович

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

Рецензент: к.т.н. доцент Ткачук А.П.

зав. каф. АІТ ІІІ ім. проф. Б.Б. Самойловича

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

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет Комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки

Кафедра Метрології та інформаційно-вимірювальної техніки

Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр

Спеціальності 152 Метрології та інформаційно-вимірювальної техніки

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Метрології та інформаційно-вимірювальної техніки



д.т.н., проф. Подчашинський Ю.О.

“ 2 ” травня 2022 р.

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

Уляницькому Віталію Павловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Комп'ютеризована система внутрішньосхемних вимірювань опору керівник роботи д.т.н., професор зав. кафедри МтаІВТ Подчашинський Юрій Олександрович

(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

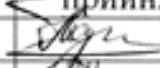
3. Вихідні дані до роботи матеріали звіту про переддипломну практику, система повинна забезпечити сканування об'єкту, вмикання/вимикання системи, визначення опору об'єкта, вивід виміряних значень опору об'єкта на екран.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) технічне завдання, огляд та аналіз існуючих приладів вимірювання опору об'єктів, розробка структурної та принципової схем, розробка програми та алгоритму, конструкторська частина.

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	зав. кафедри МтаІВТ Ю.О. Подчашинський		
5,6,7	ст. викладач О.О. Лугових		

7. Дата видачі завдання 2.05.2022

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 комп'ютерезованих систем внутрішньосхемних вимірювань опору електронних блоків	22.04.2022 – 04.05.2022	
3.	Ознайомитись з основними принципами побудови комп'ютерезованих систем внутрішньосхемних вимірювань опору електронних блоків	05.05.2022 – 11.05.2022	
4.	Розробка структурної та принципової схеми комп'ютерезованих систем внутрішньосхемних вимірювань опору електронних блоків	12.05.2022 – 19.05.2022	
5.	Розробка принципової схеми комп'ютерезованих систем внутрішньосхемних вимірювань опору електронних блоків	20.05.2022 – 27.05.2022	
6.	Вибір компонентів для комп'ютерезованих систем внутрішньосхемних вимірювань опору електронних блоків	28.05.2022 – 06.06.2022	
7.	Розробка блок-схеми алгоритму та програми комп'ютерезованих систем внутрішньосхемних вимірювань опору електронних блоків	07.06.2022– 08.06.2022	
8.	Оформлення пояснювальної записки та презентаційного матеріалу	09.06.2022 - 10.06.2022	

Студент


(підпис)

В.П. Уляницький

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Ю.О. Подчашинський

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Робота присвячена розробці комп'ютеризованої системи внутрішньосхемних вимірювань опору електронних блоків.

Було розглянуто та проаналізовано аналогічні системи вимірювання опору. Була розроблена структурна, принципова електричні системи. Головним керуючим механізмом в системі є мікроконтролер PIC16F690-I/P. Була розроблена блок-схема алгоритму та програма роботи комп'ютеризованої вимірювальної системи.

Розроблено друковану плату. Прилад дозволяє вимірювати опір і шукати короткозамкнені ділянки електричних ланцюгів електронних блоків радіоапаратури. Розраховано надійність приладу.

Ключові слова: активний опір, вимірювання опору, мікроконтролер, блок задання вимірюючого струму.

ANNOTATION

The work is devoted to the development of a computerized system of in-circuit measurements of the resistance of electronic units.

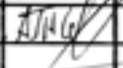
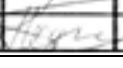
Similar resistance measurement systems were considered and analyzed. Structural, fundamental electrical systems were developed. The main control mechanism in the system is the PIC16F690-I / P microcontroller. The block diagram of the algorithm and the program of operation of the computerized measuring system were developed.

Printed circuit board developed. The device allows to measure resistance and to look for short-circuited sites of electric circuits of electronic blocks of the radio equipment. The reliability of the device is calculated.

Key words: active resistance, resistance measurement, microcontroller, measuring current reference unit.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	8
1.1 Призначення та область застосування.....	8
1.2 Умови експлуатації.....	9
1.3 Технічні параметри системи.....	9
2 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ.....	11
2.1 Актуальність розробки.....	11
2.2 Огляд та аналіз існуючих технічних рішень.....	12
3 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ.....	19
3.1 Обґрунтування мікроконтролера.....	19
3.2 Обґрунтування блока живлення.....	20
3.3 Обґрунтування перетворювачів напруги.....	22
3.4 Обґрунтування роз'єму для підключення щупів.....	24
3.5 Обґрунтування індикатора.....	25
3.6 Обґрунтування блоку задання вимірюючого струму.....	27
3.7 Структурна схема.....	27
4 РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ.....	29
4.1 Вибір мікроконтролера.....	29
4.2 Вибір блоку живлення.....	31
4.3 Вибір перетворювачів напруги.....	32
4.4 Вибір роз'єму для підключення щупів.....	37
4.5 Вибір індикатора.....	38
4.6 Вибір блоку задання вимірюючого струму.....	39
4.7 Побудова принципово-електричної схеми.....	40
4.8 Розробка друкованої плати.....	44

					МММТ.480.007.007–ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Комп'ютеризована система внутрішньосхемних вимірювань опору Пояснювальна записка		
Виконав		Уляницький В.П.					
Керівник		Лугових О.О.					
Рецензент		Ткачук А.Р.					
Н. Контр.							
Затверд.		Подчаїшинський			Літ.		
					Арк.		
					Акрумів		
					5		
					80		
					Державний Університет «Житомирська Політехніка»		
					МТ-1		

4.9 Розрахунок похибок під час вимірювання опору омметром.....	49
5 РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ТА АЛГОРИТМУ.....	51
5.1 Розробка алгоритму.....	51
5.2 Розробка програми.....	53
6 ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ПРИСТРОЮ.....	58
6.1 Розрахунок надійності розробленого пристрою.....	58
7 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ.....	62
7.1 Аналіз умов праці на робочому місці.....	62
7.2 Розробка заходів з охорони праці.....	64
7.3 Пожежна безпека приміщення.....	66
ВИСНОВКИ.....	69
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	70
ДОДАТКИ.....	72

ВСТУП

У радіоконструюванні потрібно виміряти малі опори, наприклад, вимірювальних шунтів, обмоток дроселів та трансформаторів. Для цього застосовується такий прилад, як міліомметр, варіант реалізації якого представлений у цій роботі. Крім того, одне з основних призначень описуваного приладу – внутрішньосхемний пошук місць короткого замикання під час ремонту радіоапаратури шляхом визначення ділянки з мінімальним опором.

На ринку вимірювальної техніки існує багато готових технічних рішень міліомметрів, але вони відчутно дорого коштують навідміну наведеної в роботі вимірювальної системи. Натомість розроблена вимірювальна система майже ні в чому не буде поступатися готовому приладу.

Розробка цієї системи є досить актуальною тому що вимірювання низького опору широко використовується в галузі виробництва компонентів: резисторів, котушки індуктивності, трансформаторів, провідники, напівпровідники.

Дана система буде вимірювати низький опір і також зможе знаходити короткозамкнуті ділянки електричних ланцюгів радіоприладів, що дає змогу ремонтувати прилад без випаювання тих чи інших елементів.

Мета даної роботи розробити комп'ютерезовану систему внутрішньосхемних вимірювань опору електронних блоків. Поставлення мета передбачає дослідження таких задач:

- Вивчення існуючих систем вимірювання опору;
- Розробка вимірювальної системи;
- Розробка структурної та принципової схеми;
- Розробка алгоритму програми та відповідної програми;
- Розрахунок надійності системи.

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

1 ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

1.1 Призначення та область застосування

Омметр можна визначити як один із видів електронного пристрою, який в основному використовується для розрахунку електричного опору ланцюга, а одиницею опору є ом. Електричний опір - це розрахунок того, наскільки об'єкт чинить опір, пропускаючи через нього струм. Існують різні типи лічильників з різними рівнями чутливості, такі як мікро, мега та міліомметри. Мікроомметр використовується для розрахунку дуже низьких опорів з високою точністю при певних випробувальних струмах, і цей омметр використовується для з'єднання контактів.

Мікроомметр – портативний прилад, який в основному використовується для розрахунку струму, напруги, а також для перевірки діодів. Цей тип омметра містить кілька селекторів для вибору бажаної функції, і він автоматично змінює діапазон для вибору більшості вимірювань. Мегаомметр в основному використовується для розрахунку великих значень опору. Міліомметр корисний для розрахунку низького опору з високою точністю, щоб перевірити значення електричного кола.

Деякі види застосування омметрів такі:

– Тестування електронного компонента проводиться у великих кількостях в електронній лабораторії з техніки.

– Це використовується для налагодження невеликих мікросхем. Наприклад, для друкованих плат та іншого вмісту, який потрібно запускати на чутливих пристроях.

Цей лічильник можна використовувати для забезпечення цілісності ланцюга. Це означає, що ланцюг буде відключено, якщо через ланцюг протікає достатній струм або струм.

Здебільшого, омметри, перш ніж виконати вимірювання, роблять перетворення змінного струму на постійний. Але, незважаючи на це, є такі пристрої, які здатні виміряти змінний струм (не виконуючи трансформацій).

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

1.2 Умови експлуатації

Робочі умови застосування омметра

- температура навколишнього повітря, °C 20 ± 5 ;
- відносна вологість повітря % до 80 при 25 °C;
- атмосферний тиск, кПа (мм рт. ст.) від 84 до 106,7 (від 630 до 800);
- напруга живлення постійного струму, 1.5В.

Граничні умови транспортування:

- температура навколишнього повітря, °C мінус 50 до плюс 70;
- відносна вологість повітря % до 95 при 30 °C;
- атмосферний тиск, кПа (мм рт. ст.) від 84 до 106,7 (від 630 до 800);
- транспортна тряска: число ударів за хвилину від 80 до 120;
- максимальне прискорення, м/с² 30;
- тривалість дії, год 1.

Тривалість безперервної роботи 16 год. Час перерви до повторного включення 30 хв.

Максимальна потужність споживання омметра від живлення під час вимірювання не більше 200 мА.

Живлення омметра здійснюється від гальванічного елемента напругою 1.5 В

1.3 Технічні параметри системи

Розроблена система повинна вирішувати наступні завдання:

- Виведення активного опору в омах;
- Автоаматичне вмикання приладу при підключенні щупів до опору;
- При нікуди не підключених щупах прилад через деякий час переходить у режим очікування;
- Автоматичний перехід в енергозберігаючий режим сну при 40 секунд ному очікуванні.

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Елементи системи вимірювання розмістити: мікроконтролер, перетворювачі напруги, блок живлення, блок задання вимірюючого струму, індикатор та роз'єм для щупів на односторонній друкованій платі.

Відносна похибка не повинна перевищувати 0,14%.

Габарити друкованої плати: 85х35мм.

Наробіток до відмовлення виробу становить не менше 14000.

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ

2.1 Актуальність розробки

Вимірювання низького опору виконується з багатьох причин, включаючи, але не обмежуючись, тестування безпеки, продуктивності та якості. Нижче ми розглянемо ряд застосувань, де вимірювання низького опору відіграє життєво важливу функцію.

Виробники електричних компонентів, таких як резистори, котушки індуктивності та дроселі, усі повинні перевірити, чи відповідає їхня продукція зазначеним допускам, закінченню виробничої лінії та перевірці контролю якості.

Для виробника кабелю опір мідних проводів, які вони виготовляють, має надзвичайне значення. З точки зору безпеки, якщо опір дроту занадто високий, це свідчить про недостатню подачу міді, що знижує здатність кабелю пропускати струм. Якщо опір занадто низький, виробник занадто щедрий на діаметр кабелю, використовуючи більше міді, ніж йому потрібно, що може бути дуже дорогим у довгостроковій перспективі.

Для контролю безпеки та якості, вимірювання опору зчеплення на літаках і військових транспортних засобах необхідно переконатися, що все обладнання, встановлене в літаку, електрично підключено до повітряної рами, включаючи обладнання для камбуза. Такі ж вимоги пред'являються до танків та інших військових машин.

Щоб захистити турбіну від пошкодження через блискавку, кожна лопатка турбіни оснащена великим металевим тросом, прикріпленим до гнізда на кінці лопасті, який проходить через корпус турбіни до системи заземлення. Як частина процедури періодичного технічного обслуговування вимірюється опір кабелю, щоб переконатися, що він не був пошкоджений ударами блискавки і все ще здатний переносити будь-який небезпечний струм до землі.

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Огляд та аналіз існуючих технічних рішень

Існує багато приладів для вимрювання опору, їх можна розбити на такі типи:

- Прилад, що вимірює опори менші за один міліом, зветься мікроомметром.

- Пристрій, який вимірює міліоми, називається міліомметр.

- Власне омметр (ну тут, на мою думку, пояснень не потрібно).

Далі йдуть прилади, призначені для виміру великих та дуже великих опорів:

- Мегаомметр (у народі – мегер) цей прилад здатний заміряти до сотень мегаом.

- Гігаомметр міряє значення, більші за один гігаома.

- Прилад, здатний міряти опори, значення яких можна виміряти лише тераомами, називається тераомметром.

Крім того, ці прилади, як і решта, діляться варіантам виконання:

- Переносні пристрої.

- Лабораторні (ті, що мають бути закріплені стаціонарним чином (їх ще називають щитовими)). Останній поділ цих приладів, що є найважливішим із усіх класифікаційних визначень, це принцип їхньої дії.

Перші з них – це прилади з магнітоелектричною системою (що мають магнітоелектричний вимірник). Такий прилад підключають у вимірюваний ланцюг послідовно. Мірити такі прилади здатні в діапазоні від декількох сотень до декількох мегаом.

Інший тип таких приладів – прилади, що мають магнітоелектричний логометр. Ця категорія вимірювачів включає, в основному, мегаомметри. Ці прилади теж мають магнітоелектричну систему, але вимірником у них є логометр. Принцип роботи таких пристроїв заснований на обчисленні співвідношення опорів з метою отримання шуканого значення, яке відображається на шкалі.

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Міліомметр – тестер заземлення СЕМ DT-5300В використовується для вимірювання на заводах для перевірки заземлювальних контурів верстатного обладнання, силових кабелів, при підключенні побутової техніки: пральних машин, холодильників. Може вимірювати питомий опір ґрунту.

Технічні характеристики міліомметра СЕМ DT-5300В

1. Діапазон вимірювання опору заземлення:

- від 0 до 20 Ом;
- від 0 до 200 Ом;
- від 0 до 2000 Ом;

2. Дозвіл вимірювання опору заземлення:

- 0,01 Ом;
- 0,1 Ом;
- 1 Ом;

3. Похибка вимірювання опору заземлення: $\pm 2\%$;

4. Діапазон вимірювання постійної напруги: від 0 до 1000 В;

5. Діапазон вимірювання змінної напруги: від 0 до 7500 В;

6. Перевірка цілісності ланцюга: граничний опір: ≤ 40 Ом, тестовий струм ≤ 200 мА;

7. Частота вимірювань: 2,5 разів/сек;

8. Встановлення нуля: автоматичне;

9. функція HOLD;

10. Дисплей з підсвічуванням;

11. Автовимкнення: 15 хвилин;

12. Діапазон робочих температур від 0 до 40 °С;

13. Діапазон температури зберігання: від -10 до + 60 °С;

14. Відносна вологість: не більше 70%;

15. Живлення: 6 батарей типу АА напругою 1,5 В;

16. Габаритні розміри 200x92x50 мм;

17. Вага 580 г.

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14



Рисунок 1.2 – Вигляд мікроомметра UNI-T UT620A

Мікроомметр UT620A використовується для вимірювання низького опору постійному струму 4-провідним методом.

Деякі з їх функцій: функція порівняння, що дозволяє визначити, чи знаходиться пристрій у хорошому стані, розрахунок невідомої довжини дроту (м/фут). UT620A може використовуватися у вузьких просторах для пошуку несправностей, таких як вимірювання опору металевого покриття, виміру опору обмотки двигуна та невеликих трансформаторів, з'єднання заземлення, точки зварювання, перевірка шини розподільної шафи та з'єднання проводів та багато іншого.

Особливості цифрового мікро-омметра UNI-T UT620A:

- Покращений метод вимірювання, який підвищує точність шляхом урівноваження контактного опору проводів;
- Порівняння вимірювань з верхньою та нижньою межами;
- Вимірювання довжини дроту (м/фут);
- Чотирьохпровідний вимір;
- Сховище даних (на 1000 осередків);
- Підключення до комп'ютера через USB-порт;
- Дисплей з розрядністю 60000 відліків;
- Функція обнулення;
- Відносний режим;

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

- Режим вимірювання опору IND;
- 5 А постійного струму на виході;
- Задній ліхтар;
- Індикація низького заряду батареї;
- Вбудована літієва батарея.

Технічні характеристики цифрового мікро-омметра UNI-T UT620A:

- Мінімальна роздільна здатність: 10 мкОм;
- Опір (Ω):
- від 120.00 м Ω / 5 А до 600.00 Ω / 1 мА $\pm(0.25\%+25\text{dgts})$;
- від 600.00 Ω / 1 мА до 6.0000 к Ω / 100 мкА $\pm(0.75\%+30\text{dgts})$;
- Максимальний вихідний струм: 5 А;
- Дисплей: РК, 116 x 87.5 мм (розрядність 60000);
- Живлення: Літієва батарея 7.4 В 4000мАч;
- Розміри: 268×168×60 мм;
- Вага: 1.5 кг.



Рисунок 1.3 – Вигляд прецизійного міліомметра (110VAC) Extech 380460

Портативний міліомметр, який забезпечує роздільну здатність до 100 $\mu\Omega$

Extech 380460 – це точний міліметр. Висока точність та продуктивність для вимірювання малих опорів. Цей прилад забезпечує роздільну здатність до 0.1м Ω . Компактний, міцний корпус для роботи в польових умовах із захисним

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

покриттям. Індикація ручного обнулення та перевищення діапазону. Поставляється з 4-провідними кабелями з Кельвін затискними конекторами.

Технічні характеристики:

- Прилад забезпечує високу точність і можливість визначення низьких значень опору;
- Великий 18 мм РК 1999 розрядний дисплей;
- Функція ручного регулювання нульового значення на дисплеї 4-провідні кабелі з Кельвін затискними конекторами;
- Ручне обнулення приладу із захисним покриттям Прилад CAT II-230В; СЕ.



Рисунок 1.3 – Вигляд мікроомметра МІ 3242

МІ 3242 – легкий переносний мікроомметр, призначений для вимірювання опору вимикачів, перемикачів, шин, обмоток двигунів та генераторів, силових трансформаторів та ін. за допомогою випробувального струму до 2А.

Прилад МІ 3242 є портативним двонаправленим омметром низьких опорів, заснований на 4-провідному методі вимірювань Кельвіна. Прилад призначений для вимірювання низьких опорів:

- Перемикачів;
- Реле;
- Рознімання;
- Електричні шини;
- З'єднань кабелів розподілу потужності;

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

- Обмоток двигунів та генераторів;
- силових трансформаторів;
- силових індукторів;
- З'єднань рейкових колій;
- Провід та кабелів;
- Зварні з'єднання.

Особливості мікроомметра МІ 3242

- Вимір опору (4-провідний метод Кельвіна);
- Висока роздільна здатність вимірювань (24-біт);
- Широкий діапазон вимірювань (1 мкОм...199,9 Ом);
- Регульований вимірювальний струм (10 мА...2 А);
- Установка нижнього та верхнього граничних значень;
- Автоматична компенсація термодс;
- Пригнічення шуму (50/60 Гц);
- 4 різні режими вимірювань (одноразовий, безперервний, індуктивний, автоматичний);
- Передача даних на ПК за допомогою USB та RS232;
- Вимірювання ІСКЗ напруги;
- Висока категорія перенапруги КАТ III/600 В.

Матричний РК дисплей з підсвічуванням, з роздільною здатністю 128 x 64 пікселів, дозволяє легко зчитувати результати та параметри вимірювань. Робота приладу проста і зрозуміла - оператор не потребує будь-якої спеціальної підготовки (крім прочитання цього керівництва) для роботи з приладом.

При вимірі малих опорів для досягнення найвищої точності рекомендується використовувати 4-провідний метод вимірювання. При використанні даного методу в результаті вимірювання не включається опір вимірювальних проводів, до того ж немає необхідності калібрування і компенсації проводів.

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

3.1 Обґрунтування мікроконтролера

Мікроконтролер (МК) – це функціонально закінчена МПС, виготовлена на одній НВІС (надвеликій інтегральній схемі). Мікроконтролер містить у собі: процесор, ОЗП, ПЗП, порти вводу-виводу для підключення зовнішніх пристроїв, модулі вводу аналогового сигналу АЦП, таймери, контролери переривання, контролери різних інтерфейсів і т.д. Найпростіший МК представляє собою ВІС площею не більше 1 см² і всього з вісьмома виходами.

Контролери, як правило, створюються для рішення якоїсь окремої задачі або групи близьких задач. Вони зазвичай не мають можливостей підключення додаткових вузлів і пристроїв, наприклад, великої пам'яті, засобів вводу/виводу. Їх системна шина часто недоступна користувачеві. Структура контролера проста і оптимізована під максимальну швидкодію. У більшості випадків програми, що виконуються, зберігаються в постійній пам'яті і не змінюються. Конструктивно контролери випускаються в одноплатному варіанті.

Основні переваги застосування систем з МК:

1. Значно підвищується гнучкість;
2. Істотно знижується вартість;
3. Знижується час розробки та модифікації;
4. Підвищується надійність системи за рахунок скорочення кількості корпусів і з'єднань.

Розрізняють наступні типи мікроконтролерів:

- 1) Периферійні (інтерфейсні) МК призначені для реалізації найпростіших МП систем управління. Вони мають малу продуктивність і малі габаритні розміри. Зокрема можуть використовуватися периферійними пристроями ЕОМ (клавіатура, миша і т.п.). До них відносяться: AVR-Atmel, PIC – Micro Chip, VPS – 42 (Intel).

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

2) Універсальні 8-розрядні МК призначені для реалізації МП систем малої і середньої продуктивності. Мають просту систему команд і велику номенклатуру вбудованих пристроїв. Основні типи: MCS – 51 (Intel), Motorola HC05 – HC012 та 96н.

3) Універсальні 16-розрядні МК призначені для реалізації систем реального часу середньої продуктивності. Структура і система команд адаптовані на швидку реакцію за зовнішніми подіями. Найбільше використання мають в системах управління електродвигунами. До типових 16-розрядних МК відносяться: MCS96/196/296 (Intel), C161-C167 (Siemens, Infineon), HC16 Motorola та 96н.

4) Спеціалізовані 32-розрядні МК реалізують високопродуктивну архітектуру і призначені для систем телефонії, передачі інформації, телебачення і інших, що вимагають високошвидкісної обробки інформації.

5) Цифрові сигнальні процесори (DSP – Digital Signal Processor) призначені для складної математичної обробки вимірюваних сигналів у режимі реального часу. Широко використовуються в телефонії та зв'язку.

3.2 Обґрунтування блока живлення

Блок живлення — вторинне джерело живлення, призначене для забезпечення живлення електроприладу електричною енергією, при відповідності вимогам її параметрів: напруги, струму, і т. д. шляхом перетворення енергії інших джерел живлення.

У побуті, найчастіше, блок живлення перетворює змінну напругу величиною 220 В і частотою 50 Гц, в задану постійну напругу. Основні функції які виконує блок живлення:

- Перетворення напруги зі змінної в постійну та навпаки;
- Зниження або підвищення напруги;
- Стабілізація напруги, струму та інших параметрів;

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

– Захист приладу та людини у випадок короткого замикання, перенавантаження. Зазвичай використовуються запобіжники та варистори, гальванічну розв’язку, але є і більш складні схеми захисту.

В залежності від потреб приладу деякі функції можуть бути відсутні або додані як наприклад вмикання чи вимикання певних електричних кіл, відображення параметрів на вході та виході джерела живлення приладу та інше.

Блоки живлення бувають досить різні та мають багато різного наприклад: герметичні, не герметичні, з примусовим охолодженням та без, вбудовані в електроприлад чи зовнішні, можливе регулювання вихідних параметрів чи ні та інше.

Втім головний критерій по яких розрізняють блоки живлення це по способу перетворення напруги:

- Трансформаторні;
- Імпульсні;
- Безтрансформаторні.

Завдання вторинного джерела живлення:

– Забезпечення передачі потужності – передача заданої потужності з найменшими втратами і дотриманням заданих характеристик на виході без шкоди для себе.

– Перетворення форми напруги – перетворення змінної напруги в постійну, і навпаки, а також перетворення частоти, формування імпульсів напруги і т. д. Найчастіше необхідно перетворення змінної напруги промислової частоти в постійну.

– Перетворення величини напруги – як підвищення, так і зниження. Нерідко необхідно мати набір з декількох напруг різної величини для живлення різних кіл.

– Стабілізація – напруга, струм та інші параметри на виході джерела живлення повинні лежати в певних межах, в залежності від його призначення при впливі великої кількості дестабілізуючих факторів: зміни напруги на

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

вході, струму навантаження і т. д. Найчастіше необхідна стабілізація напруги на навантаженні, однак іноді (наприклад, для зарядки акумуляторів) необхідна стабілізація струму.

– Захист – напруга, або струм навантаження у разі несправності (наприклад, короткого замикання) будь-яких кіл може перевищити допустимі межі і вивести електроприлад, або саме джерело живлення з ладу. Також у багатьох випадках вимагається захист від проходження струму по небажаному шляху: наприклад проходження струму через землю при дотику людини або стороннього предмета до струмоведучих частин.

– Гальванічна розв'язка кіл – один із заходів захисту від протікання струму по небажаному шляху.

– Регулювання – в процесі експлуатації може знадобитися зміна якихось параметрів для забезпечення правильної роботи електроприладу.

– Керування – може включати регулювання, включення/відключення яких-небудь кіл, або джерела живлення в цілому. Може бути як безпосереднім (за допомогою органів управління на корпусі пристрою), так і дистанційним, а також програмним (забезпечення включення/вимикання, регулювання в заданий час або з настанням якихось подій).

– Контроль – відображення параметрів на вході і на виході джерела живлення, включення/вимикання кіл, спрацьовування захистів. Також може бути безпосереднім або дистанційним.

3.3 Обґрунтування перетворювачів напруги

Підвищуючий перетворювач напруги – дає можливість одержати на навантаженні напругу U_n , що перевищує напругу джерела живлення ($U_n \geq U_d$). Конструктивно являє собою імпульсний стабілізатор сталої напруги, в якому дросель з'єднаний послідовно, а транзистор підключений паралельно до навантаження. Для зменшення пульсації напруги до схеми включають фільтри з конденсаторів або з боку навантаження, або входу.

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Системи живлення з батареєю часто з'єднуються послідовно для досягнення більш високої напруги. Проте, достатньої напруги у багатьох випадках таким чином досягти не вдається через нестачу місця. Використовуючи ж підвищуючий перетворювач можна мінімізувати кількість використаних батарей. Сьогодні підвищуючі перетворювачі з живленням від акумуляторних батарей використовуються в гібридних електричних транспортних засобах (Hybrid Electric Vehicles) і портативних системах освітлення.

Стабілізатор напруги – це пристрій, який належить до класу перетворювачів електричної енергії і застосовується для автоматичної підтримки фіксованого значення електричної напруги на входах приймачів електричної енергії або сили струму в електричних колах, незважаючи на коливання напруги в мережі живлення і величини навантаження. До особливостей роботи стабілізатора напруги можна віднести наступну ситуацію. Навантаження стабілізованою напругою забезпечується при умові, коли основний апарат напруги знаходиться в певних межах. При умові, коли мережева напруга вийде за конкретні межі (ситуації значного перевищення напруги, короткочасні провали напруги або ж відсутність напруги), стабілізатор відключить живлення електроприладам і вони будуть знеструмлені.

Основними чинниками, що викликають коливання напруги є: коливання напруги мережі живлення, зміни частоти струму мережі живлення, коливання опору навантаження, зміни температури.

В стабілізаторах напруги можуть використовувати стабілітрони. Їх використовують як джерела еталонної (опорної) напруги у складних схемах стабілізації і як елементи самостійних стабілізаторів, коли навантаження є малопотужним. У першому випадку зміни струму, який протікає через стабілітрон малі у порівнянні з його середнім (постійним) значенням, а у другому – зміни струму можуть бути відносно великими.

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Недоліком стабілітрона є зміна напруги стабілізації при зміні температури. У діапазоні (від -40 до $+60$) $^{\circ}\text{C}$ напруга стабілізації міняється у більшості стабілітронів практично лінійно. Тому температурна нестабільність визначається температурним коефіцієнтом стабілізації напруги.

3.4 Обґрунтування роз'єму для підключення щупів

Роз'єми охоплюють найрізноманітніші сфери застосування – все, що пов'язано з передачею інформації і сигналів, а тому мають безліч різних типів роз'ємів. Сам вид роз'єму залежить від типу сигналів, що передаються. Наприклад, для передачі аудіосигналів у побуті служать роз'єми 3.5 мм. А у професійному музичному обладнанні та музичних інструментах застосовуються роз'єми 6.3 мм. Відеосигнали передаються кабелями з роз'ємами RCA і HDMI.

Роз'єми складається з контактів і корпусу. При цьому контакти можуть бути як звичайними, так і позолоченими.

Всі роз'єми можна розділити за декількома критеріями: вид сигналу, що передається (призначення), тип роз'єму, місце встановлення, тип виконання. Додатковою відмінністю може вважатися спосіб кріплення.

За видом сигналу роз'єми діляться на роз'єми для передачі аудіосигналу, відеосигналу, телевізійного сигналу, зв'язку та інтернету, комп'ютерні, а також для подачі живлення. Хоча є й універсальні інтерфейси, здатні передавати кілька видів сигналів.

За типом роз'ємів (конструкції) більшість з'єднань діляться на штекери і гнізда. Штекер (вилка, «папа») — роз'єм, що служить для приєднання до гнізда (розетка, «мама»). Як правило, гніздом забезпечується головний пристрій, до якого підключається кабель від периферійного пристрою. А штекером оснащується роз'єм обладнання, що підключається, і роз'єм приєднуваного кабелю.

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Наступна класифікація роз'ємів – за місцем встановлення. Зазвичай це або кабель, або корпус обладнання чи пристрою. Роз'єм, призначений для встановлення на корпуси пристрою або плати називають монтажним. Конектор для встановлення на кабель називають кабельним.

Тип виконання — це кут, під яким до роз'єму під'єднується шнур. Він буває двох типів: прямий і кутовий. При прямому виконанні шнур до гнізда підходить по одній осі. Воно використовується в більшості випадків, де немає необхідності згинати шнур і є місце для встановлення такої конструкції. Кутове виконання передбачає підключення кабелю під прямим кутом (90°). Воно розраховане для застосування в затиснених умовах, де немає місця для монтажу шнура над роз'ємом. Або якщо при використанні дріт буде часто згинатися. Тому кутове підключення запобіжить перетирання оболонки або пошкодження провідників.

3.5 Обґрунтування індикатора

Індикатор – прилад, за допомогою якого здійснюють індикацію зміни якогось параметра контрольованого процесу або стану об'єкта у формі, зручній для візуального сприйняття (наприклад, індикатор годинникового типу, знаковий індикатор тощо). Індикатор задимлення може вмикати звуковий сигнал.

Індикаторний прилад за способом представлення результатів вимірювання поділяється на аналоговий, цифровий та комп'ютеризований.

Цифрове відображення гарантує безпомилкове зчитування значень вимірюваної величини, оскільки відпадає необхідність визначати візуально проміжні значення показань за шкалою по ноніусу. Аналогова індикація має переваги в тому, що забезпечує плавну зміну показань відповідно до розміру деталі. Аналоговий тип вимірювань найбільш застосовується для вимірювання в динамічному режимі, наприклад, коли потрібно визначити осьове і радіальне биття на тілах обертання чи поверхнях. Індикатори забезпечують точність

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

вимірювань до 2,5 мікрон. Цифрові індикатори мають багато додаткових функцій в порівнянні з механічними моделями, забезпечуючи відносні вимірювання та можливість передачі даних вимірювання на комп'ютер.

У залежності від типу фізичних процесів, що використовуються, розрізняють наступні види індикаторів - лампи накаливання; вакуумні, люмінісцентні, світлодіодні (LED), рідкокристалічні (LCD), плазмові панелі, активні та пасивні матриці.

У мікроконтролерних системах керування та обробки інформації найбільш розповсюдженими є LED та LCD індикатори.

Такі індикатори використовують при побудові дисплеїв, що працюють у широкому діапазоні температур (-50 - +100°C).

Індикатори характеризуються високою надійністю, яскравістю (у окремих зразків фірми Luxeon Star до 200 Кд), малою вартістю. Фірми Kingbright та Paralight виробляють індикатори з сімома основними кольорами випромінювання.

У LED-індикаторів звичайно є лише елементи індикації, а інтерфейсні вузли відсутні.

Виробляються індикатори із такими конструкціями:

- одиночні індикатори циліндричної форми із діаметрами 1, 3, 5, 7, 10мм та кластери;
- мнемонічні індикатори (прямокутної, трикутної, символної форми);
- світлові табло прямокутної та круглої форми; графічні лінійки;
- одиночні семисегментні індикатори та їх набори (2-10 десяткових разрядів);
- мозаїчні індикатори.

Випромінювання LED-індикатора викликається протіканням прямого струму. Величина падіння напруги на прямо зміщеному світлодіоді залежить від величини струму та використаної технології, що визначає колір випромінювання.

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Одиночні індикатори звичайно мають один світлодіод. В індикаторах з великою площею поверхні (табло, семисегментні індикатори великого розміру) можуть використовуватися декілька послідовно ввімкнених світлодіодів.

3.6 Обґрунтування блоку задання вимірюючого струму

Вимірювання опорів можна проводити різними методами (міст Уїтстона, розрахунок RC), але в цьому проекті вибраний метод полягає у використанні найбільш фундаментального рівняння в електроніці:

$$V=I \cdot R \quad (3.1)$$

Метод вимірювання електричного опору за допомогою амперметра та вольтметра ґрунтується на використанні закону Ома для ділянки кола, згідно з яким опір об'єкта:

$$R_x = \frac{U_x}{I_x} \quad (3.2)$$

де U_x , I_x – значення спаду напруги на об'єкті та струму, що протікає по ньому

Струм I_x зазвичай вимірюють амперметром, а спад напруги U_x – вольтметром, що і зумовило назву методу. Цей метод дозволяє виконання вимірювань у широкому діапазоні струмів і напруг, які перекриваються діапазонами вимірювань амперметрів і вольтметрів. Він є незамінний у випадках вимірювання опорів резисторів, обмоток електричних машин, кристалів та інших об'єктів, які мають нелінійну вольт-амперну характеристику. Тут режим вимірювання повинен відповідати режимові експлуатації об'єкта.

3.7 Структурна схема

Структурна схема комп'ютеризованої системи внутрішньосхемних вимірювань опору представлена на рис.3.1.

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

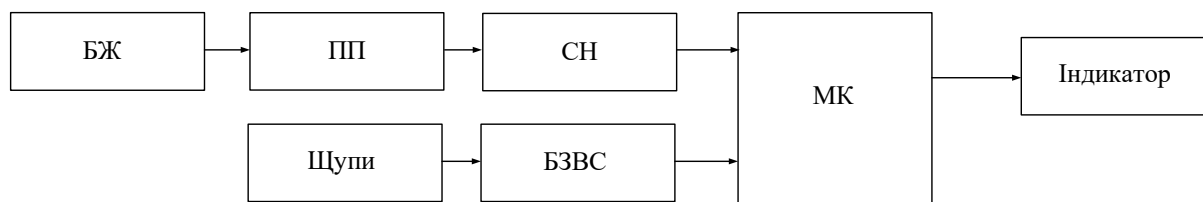


Рисунок 3.1 – Структурна схема комп’ютеризованої системи вимірювання опору в схемі

Схема складається з наступних елементів:

- Мікроконтролеру для управління пристроєм вимірювання;
- Підвищуючий перевтворювач напруги;
- Стабілізатора напруги;
- Щупи;
- Блок задання вимірюючого струму;
- Індикатор для виведення результату вимірювання опору.

4 РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

4.1 Вибір мікроконтролера

Мікроконтролер, що підходить для вирішення поставленого завдання, повинен бути вкрай компактним, а вимоги до обчислювальної потужності порівняно невисокі. В якості перспективних рішень обрані мікроконтролери PIC16F690-I/P та PIC16F689-I/P, які мають певні переваги.

PIC16F690-I/P – це 8-розрядний CMOS-мікроконтролер на основі Flash з технологією nanoWatt. Флеш-мікроконтролер PIC з низьким числом контактів (20) має всі переваги добре визнаної архітектури x14 середнього рівня зі стандартизованими функціями, включаючи широку робочу напругу від 2,0 до 5,5 В і вбудовану пам'ять даних EEPROM. Стандартні аналогові периферійні пристрої включають до 12 каналів 10-розрядного АЦП, аналоговий компараторний модуль з двома компараторами, програмований опорний напруга на чіпі та покращену систему захоплення/порівняння/ШІМ (ЕССР+) із затримкою мертвої зони, автоматичним вимкненням та параметри перезапуску.

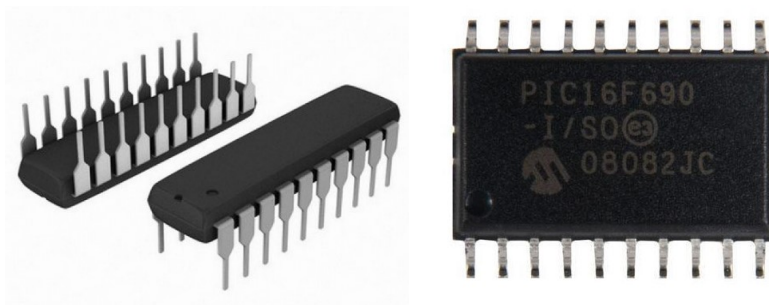


Рисунок 4.1 – Вигляд мікроконтролера PIC16F690

- Підтримка програмування або налагодження MPLAB® ICD 2 з додатковим адаптером заголовка;
- Програмне забезпечення вибирається BOR;
- Сумісний з EUSART LIN 2.0;
- ЕССР+ з ШІМ-керуванням;
- Розширений таймер низької потужності 1;

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

- Засувка синхронізації воріт таймера 1;
- Енергозберігаючий сплячий режим;
- Скидання увімкнення живлення (POR);
- Таймер включення (PWRT) і таймер запуску генератора (OST);
- Покращений низькострумий сторожовий таймер (WDT) з вбудованим генератором;
- Мультиплексований головний контакт очищення/введення;
- Програмований захист коду;
- Від -40 до +85°C Температурний діапазон (промисловий).

PIC16F689-I/P – 8-розрядні мікроконтролери PIC, одноразового програмування та програмної пам'яті ПЗУ. Це сімейство, засноване на потужному ядрі RISC, мають загальну архітектуру для легкої міграції з 6 до 100 контактів з незначною зміною коду або зовсім без нього. Пристрої PIC16 середнього класу пропонують широкий спектр варіантів комплектації, а також рівень інтеграції периферійних пристроїв від низького до високого. Ці пристрої PIC16 оснащені різними послідовними аналоговими та цифровими периферійними пристроями, такими як USB, SPI, I2C™, USART, LCD та A/D перетворювачі. Мікроконтролери PIC16 середнього класу мають можливість обробки переривань за допомогою 8-рівневого апаратного стека.

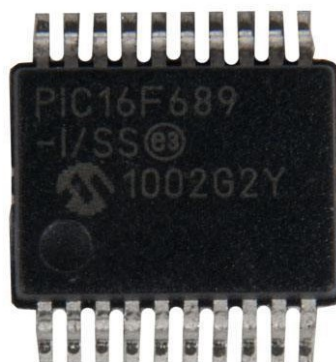


Рисунок 4.2 – Вигляд мікроконтролера PIC16F689

- Стандартна флеш-пам'ять;

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

- 200 нс Виконання інструкції;
- 35 Інструкцій;
- Джерело і приймач 25 мА на один вхід-вивод;
- 1 WDT на всіх пристроях;
- ICSPTM (In-Circuit Serial ProgrammingTM) За винятком ПЗУ.

Таким чином, в залежності від обраного мікроконтролера буде відрізнятися спосіб вирішення поставленого завдання.

Для виконання поставлених задач мені потрібен мікроконтролер з робочою напругою до 5В, з кількістю виводів в межах 20 і пам'ятю даних EEPROM. Отже, виходячи з маючої інформації мікроконтролер PIC16F690 більш привабливим для вирішення поставленого завдання. Хоч він і має більшу вартість, але за рахунок цього має більше функцій.

4.2 Вибір блоку живлення

Для живлення схеми буде використана гальванічний елемент типорозміру ААА. Ці батарейки використовуються для електронних приладів з живленням від низького струму, іграшок або підсвічування. Також підходять для малопотужних приладів: настінних/настільних годинників, пультів ДУ тощо. Перед тим як вибрати батарейки ААА, потрібно знати, що вони бувають 2 видів: сольові і лужні. Перші маркуються RO3, другі – LRO3. Взаємозамінними вони не є, оскільки створені для абсолютно різних приладів. Сольові батарейки використовують для пристроїв, які споживають високий струм, а лужні – для тих, які споживають низький струм.

Технічні характеристики:

- Довжина — 44,6 мм, діаметр — 10,5 мм, маса зазвичай близько 12 грамів;
- Напруга — 1,5 В у батарейки;

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

– Типова ємність сольових батарейок — 500 мА·год, лужної батарейки — 1250 мА·год. Типова ємність акумулятора цього стандарту — 300—1250 мА·год.



Рисунок 4.3 – Вигляд батарейки типорозміру AAA

Лужні батарейки Duracell AAA – тривалий час зберігають енергію. Ці лужні батарейки, ідеальні для пристроїв технічного використання. Торцеве покриття Superior Nylon допомагає запобігти протікання батарейки. Технологія Duralock зберігає батарейки Duracell, які не використовувались, готовими до використання і зарядженими до 10 років при зберіганні в нормальних умовах. Ці батарейки ідеальні для надійного живлення енергією пристроїв, які вимагають стимулювання додатковою потужністю.

4.3 Вибір перетворювачів напруги

Сучасні електронні пристрої для забезпечення високої точності своєї роботи висувають високі вимоги до стабільності напруги живлення. Задовольнити їх при високих інших показниках (габарити, маса, вартість та ін.) дозволяє широке застосування стабілізаторів у інтегральному виконанні, як з фіксованою вихідною напругою, так і універсальних (з регульованою вихідною напругою).

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Стабілізатори з фіксованою вихідною напругою мають внутрішній дільник, що забезпечує задання необхідного значення вихідної напруги. Налаштовуються вони на величини стандартного ряду напруг живлення у процесі виробництва.

Задання необхідного значення вихідної напруги у універсальних стабілізаторів забезпечується зовнішнім резисторним дільником.

Окрім якісного виконання основної функції – стабілізації вихідної напруги, вони за рахунок додатково введених внутрішніх вузлів забезпечують також захист від перевищення допустимого значення вихідного струму і розсіюваної корпусом потужності. При короткому замиканні у навантаженні вихідний струм обмежується на рівні, приблизно удвічі більшому за номінальне значення для критичного режиму, а при досягненні температурою корпусу заданого допустимого значення, вихідний струм обмежується до такого значення, за якого температура більше не підвищується. Оскільки у зазначених випадках стабілізатор працює у режимі обмеження (стабілізації) струму або обмеження потужності, напруга на його виході при цьому відповідно зменшується.

Величини ємностей електролітичних конденсаторів у схемах вмикання стабілізаторів повинні бути не меншими за 10 мкФ.

Універсальний трививідний стабілізатор ХС6206Р301, хоча й вимагає застосування зовнішнього дільника із двох резисторів, має кращі параметри вихідної напруги.

Крім того, при його застосуванні отримуємо додаткові можливості.

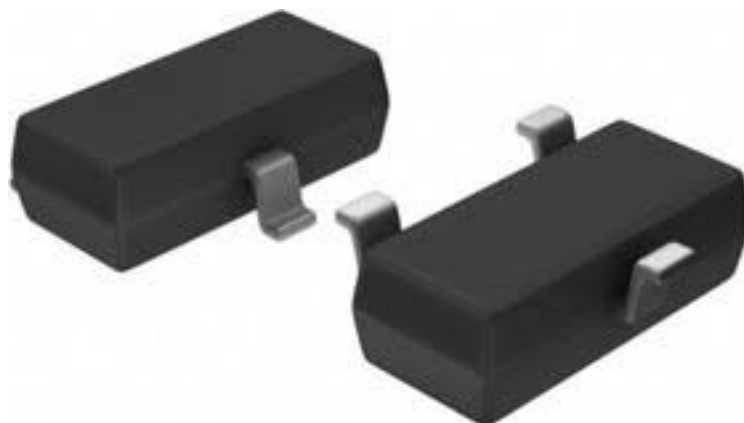


Рисунок 4.4 – Вигляд стабілізатора XC6206P301

XC6206P301 – це високоточний стабілізатор з низьким споживанням енергії, високої напруги та позитивної напруги, виготовлений з використанням технологій CMOS та лазерного обрізання. Стабілізатор забезпечує великі струми зі значно невеликим падінням напруги. XC6206P301 складається з схеми обмежувача струму, транзистора-драйвера, прецизійної опорної напруги та схеми корекції помилок. Стабілізатор сумісний з керамічними конденсаторами з низьким ESR. Схема відкидання обмежувача струму також працює як захист від короткого замикання для обмежувача вихідного струму та вихідного контакту. Вихідна напруга може бути встановлена внутрішньо за допомогою технологій лазерного обрізання. Її можна вибрати з кроком 0,1 В в діапазоні від 1,2 В до 5,0 В.

Застосовується в акумуляторному обладнанні, джерелах еталонної напруги, камерах, відеокамери, портативні аудіо-відео-системи, мобільні телефони, портативні ігри, бездротові телефони, обладнання бездротового зв'язку.

Характеристики:

- Максимальний вихідний струм: 250мА (тип 5.0 В);
- Напруга падіння: 250мВ при 100мА (тип 3.0 В);
- Максимальна робоча напруга: 6.0 В;
- Діапазон вихідної напруги: 1.2 В – 5.0 В (з кроком 0.1 В);
- Висока точність: фіксована точність напруги $\pm 2\%$;
- Низьке енергоспоживання;
- Діапазон робочих температур: -40 – +80 ;
- Вбудована схема обмеження струму .

Стабілізатори з малим падінням напруги виконані на регулюючому елементі з колекторним виходом. Структурна схема такого стабілізатора наведена на рис.4.2. Регулюючий транзистор має два колектори, один з яких є вихідним, а інший – датчиком струму для схеми захисту від перевантаження

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

за струмом. Крім того, у схемі передбачено захист від перенагрівання та вхідних перенапруг.

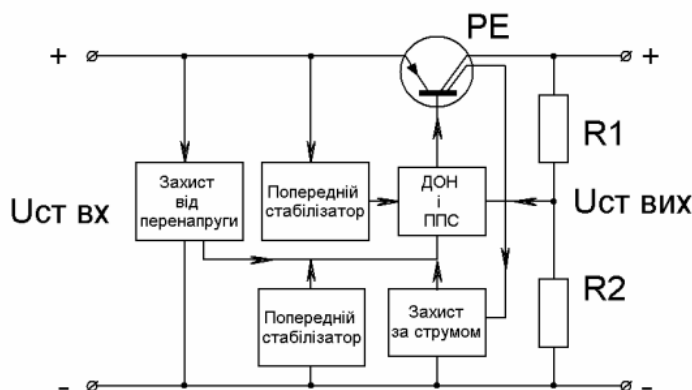


Рисунок 4.5 – Структурна схема стабілізатора

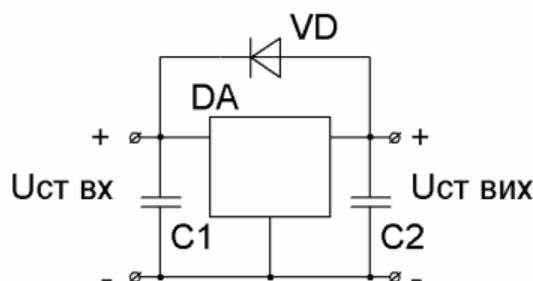


Рисунок 4.6 – Схема ввімкнення інтегральних стабілізаторів

Типова схема ввімкнення інтегральних стабілізаторів напруги (ІСН) наведена на рис.4.2. Ємність вихідного конденсатора ($C2 > 1$ мкФ для танталових та > 10 мкФ для алюмінієвих оксидних конденсаторів) забезпечує стійкість інтегральної мікросхеми (ІМС) стабілізатора при імпульсній зміні струму у навантаженні і знижує рівень пульсації. Вхідний конденсатор ($C1 > 2,2$ мкФ для танталових і > 10 мкФ для алюмінієвих оксидних конденсаторів) необхідний для усунення генерації при стрибкоподібному ввімкненні вхідної напруги.

В якості підвищуючого перетворювача буде виступати регулятор напруги 3,3 В на елементах NCP140SN33, дроселя, трьох конденсаторів та діода Шоткі. Цей компактний підвищувальний регулятор генерує 3,3 В від напруги до 0,8 В і видає до 200 мА, що робить його ідеальним для живлення

невеликих електротехнічних проектів 3,3 В від одного або двох NiMH, NiCd або лужних елементів.



Рисунок 4.6 – Вигляд підвищуючого перетворювача

Технічні характеристики:

- Робоча напруга: 0,8 В – VOUT;
- Вихід 3,3 В або 5,0 В з точністю 2,5%;
- <3 мА типовий струм спокою без навантаження;
- Невеликий розмір: 8,4 мм × 12,7 мм × 3,8 мм;
- Вага: 0,6 г (0,02 унції).

Цей перемикаючий стабілізатори підсилення розроблений на мікросхемі регулятора підсилення NCP1402. Їх невеликі розміри всього 8,4 мм × 12,7 мм і початкова напруга до 0,8 В дозволяють легко створювати схеми 3,3 В і 5 В, які живляться від батареї меншої напруги. Доступний вихідний струм і пульсація вихідної напруги залежать від вхідної напруги, але стабілізатор може забезпечити до 200 мА, якщо вхідна напруга достатньо висока. При низьких вхідних напругах пульсація вихідної напруги становить від піку до піку 40 мВ. Коли вхідна напруга близька до вихідної, пульсація на виході швидко зростає до 150 мВ від піку до піку. Тому додавання ємності від виходу до землі рекомендується для чутливих до шумів приладів із вхідною напругою, близькою до вихідної.

Регулятор підсилення має лише три підключення: вхідна напруга, земля та вихідна напруга. Ці три з'єднання позначені на задній стороні друкованої

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

плати і розташовані з інтервалом 0,1" вздовж краю плати для сумісності зі стандартними макетами без припою, перфплатами та роз'ємами, які використовують сітку 0,1", але також можна припаювати дроти безпосередньо до плати.

4.4 Вибір роз'єму для підключення щупів

Штекери типу «банан» – конектори у вигляді наконечника, що монтується на кабель для з'єднання акустики, щупів лабораторного блоку живлення або тестера.



Рисунок 4.7 – Вигляд штекера типу «банан»

Контактна клема виконана з чотирьох пружних пластин, що забезпечують щільний контакт штекера з гніздом. Діаметр контакту штекера становить 4 мм. Як ізоляція використовується захисний корпус виконаний з ПВХ або нейлону.

Корпус штекерів має розбірну конструкцію і призначений для монтажу на кабель за допомогою пайки або з використанням гвинтів, залежно від конструкції. Ізолятор штекерів може бути представлений у різних кольорах. Найчастіше зустрічаються чорні та червоні.

Завдяки простоті та зручності у використанні, штекери типу банан знаходять широке застосування в акустичних системах, вимірювальній апаратурі та лабораторних блоках живлення. Також штекери типу банан є

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

складовою частиною лабораторних щупів для тестера і підключаються безпосередньо до гнізда вимірювального пристрою.



Рисунок 4.8 – Вигляд штекера типу «банан»

Роз'єм типу «банан» – конектори для установки на панель приладів з фіксацією за допомогою гайки. Діаметр гнізда роз'єму становить 4 мм і підходить для з'єднання зі штекерами банан. Матеріалом ізоляції рознімів є нейлон. Колір рознімів: чорний, червоний, синій, жовтий, зелений для зручного позначення різних роз'ємів. Граничний струм експлуатації гнізда типу банан становить 10 А, робоча напруга до 250 В.

4.5 Вибір індикатора

Індикатор HG1 FYQ3641BH – чотирьох розрядний семи елементний світлодіодний червоного кольору світіння. Аноди світлодіодів його елементів підключаються до порту С мікроконтролера, а загальні катоди розрядів – до його порту В.



Рисунок 4.11 – Вигляд індикатора HG1 FYQ3641BH

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Таблиця 4.1 – Технічні характеристики HG1 FYQ3641BH

Розміри (д*ш*в), мм:	30*7,2*14
Тип:	HG1 FYQ3641BH
Формат:	0,36 дюйма
Колір випромінювання:	червоний
Довжина хвилі:	660nm
Яскравість світіння:	20 мКд
Робоча напруга:	1,8-2,5 V
Робочий струм:	30мА
Робоча температура:	-40° до 60°C

4.6 Вибір блоку задання вимірюючого струму

Розглянемо просту схему: ліворуч батарея, вгорі досліджуваний резистор R_x , послідовно включений амперметр і змінний резистор на один кілоом.

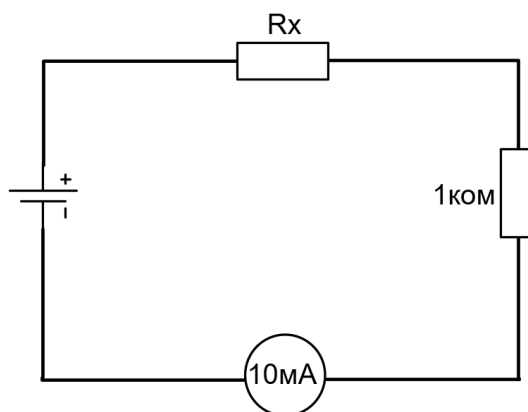


Рисунок 4.12 – Схема принципова

Обертаючи ручку резистора, виставляю струму в ланцюгу, що дорівнює 10 мА. Звернемо увагу, що напруга батареї (або блоку живлення) не відіграє

принципової ролі і може бути близько 5-9 вольт, головне – точно відрегулювати струм у ланцюзі.

Тепер, не розмикаючи ланцюг, вимірюю вольтметром напругу, яка створюється струмом, що протікає на досліджуваному резисторі. Ось так:

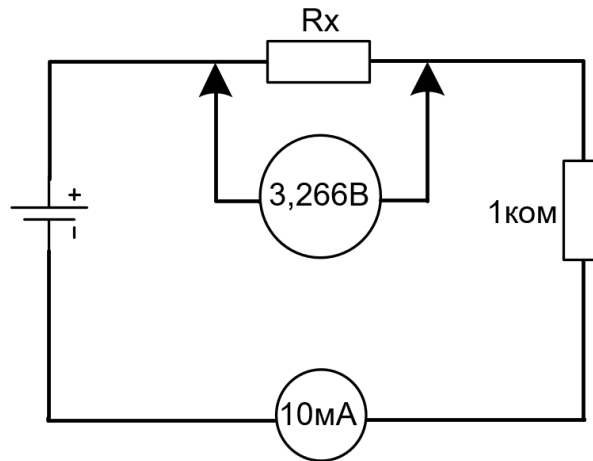


Рисунок 4.12 – Замір напруги вольтметром

Прилад показує значення 3,266 Вольт. Згадаймо закон Ома зі шкільного курсу фізики та застосуємо його. $R = U/I$, $U = 3,266$ В, $I = 0,01$ А (оскільки 10 мА = 0,01 А) Підставляємо і одержуємо: $R = 326,6$ Ом

Цим дослід продемонстрував принцип роботи приставки для виміру малих опорів. Якщо є джерело струму з внутрішнім автоматичним регулюванням, ми отримуємо можливість вимірювати опір по напрузі ділянки ланцюга.

4.7 Побудова принципово-електричної схеми

Принципова схема міліметра показана на рис. 1. Основний його елемент - мікроконтролер DD1 PIC16F690-I/P, що тактується від внутрішнього RC-генератора частотою 8 МГц. Напруга живлення 3 В надходить на мікроконтролер з інтегрального стабілізатора DA3 XC6206P301, що має екстремально низький власний струм споживання (1 мкА) і мінімальне падіння напруги між входом і виходом, необхідне для нормальної роботи.

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

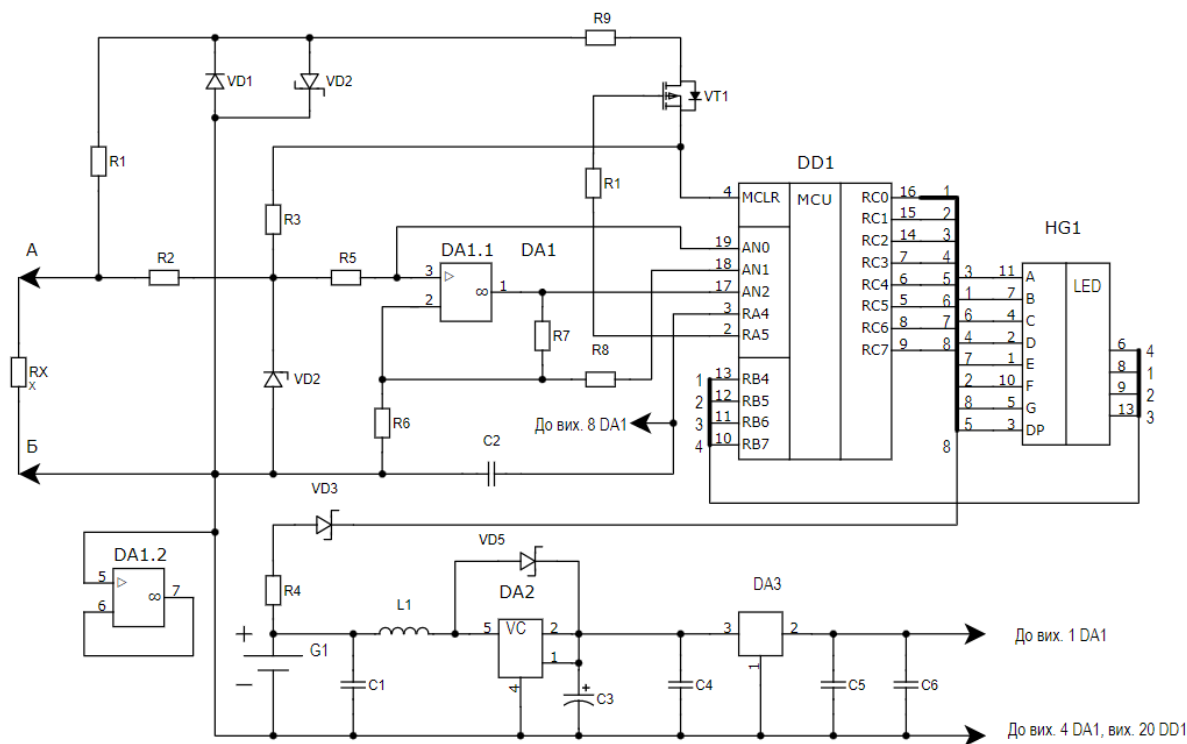


Рисунок 4.13 – Принципова електрична схема

Перелік елементів принципової схеми:

- DD1 – мікроконтролер PIC16F690;
- HL1 – індикатор FYQ3641;
- L1 – дросель 56 мкГн;
- VT1 – транзистор IPLML6302;
- VD1 – діод 1N4002;
- VD2, VD4 – діод 1N5818;
- VD3 – діод 1N4728A;
- VD4 – діод 1N5817;
- R1 – резистор 0,68Ом;
- R2 – резистор 470Ом;
- R3 – резистор 1Мом;
- R4 – резистор 100Ом;
- R5 – резистор 3,3кОм;
- R6 – резистор 68Ом;
- R7 – резистор 51кОм;
- R8, R9 – резистор 1кОм;

- R10 – резистор 10кОм;
- C1 – конденсатор 1мкФ;
- C2, C3, C5, C6 – конденсатори 10мкФ;
- C4 – конденсатор 220мкФ 160В;
- DA1 – операційний підсилювач МСР602;
- DA2 – перетворювач напруги NCP1402SN33;
- DA3 – стабілізатор напруги С6206Р301.

На вхід стабілізатора DA3 надходить напруга 3,3В з підвищуючого перетворювача на елементах DA2, L1, VD5, C1, C3, C4, в якому мікросхема DA2 (NCP1402SN33) включена за типовою схемою. Необхідність додаткового стабілізатора DA3 обумовлена надмірно високим рівнем перешкод на виході підвищуючого перетворювача, що збільшує похибку вимірювань.

Індикатор HG1 FYQ3641BH – чотирирозрядний семиелементний світлодіодний червоного кольору світіння. Аноди світлодіодів його елементів підключені до порту С мікроконтролера, а загальні катоди розрядів - його порту В. Тут застосована поелементна динамічна індикація. У кожний момент часу мікроконтролер керує лише одним із 32 елементів індикатора. Такий принцип дозволив відмовитися від розрядних ключів і від резисторів у ланцюгах елементів. Амплітуда генерованих мікроконтролерів імпульсів струму не перевищує 15 мА.

Хоча на схемі показаний індикатор FYQ3641BH із загальними катодами розрядів, у запропонованому міліметрі без жодної зміни схеми та програми можна використовувати і подібний до нього індикатор із загальними анодами. Програма сама визначить його конфігурацію і формуватиме відповідні їй управляючі сигнали. Визначення вона проводить на початку своєї роботи, встановлюючи на виході мікроконтролера RC0 високий рівень напруги, а на розрядних виходах RB4-RB7 - низькі рівні. Напруга на виведенні RC0, який одночасно є аналоговим входом AN4, вимірює АЦП мікроконтролера. За набутим значенням програма робить висновок про конфігурацію індикатора. При цьому не потрібні додаткові зовнішні елементи.

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Управління динамічною індикацією організоване у процедурі обробки запитів переривання від таймера TMR1, що йдуть з періодом 512 мкс. Цикл індикації займає 32 таких періоди - 16,384 мс, що відповідає частоті проходження циклів близько 61 Гц. Яскравість світіння індикатора цілком достатня та комфортна, хоча середній струм через елемент невеликий.

При відкритому польовому транзисторі VT1 через опір R_x , що вимірюється, тече струм близько 45 мА, заданий резисторами R9 і R1. При кожному вимірі цей струм подається безперервно протягом всього циклу, що мінімізує вплив ємнісних та індуктивних складових повного опору об'єкта на результат вимірювання.

Система захисту приладу від підвищеної напруги на вході складається з резисторів R1, R2, R5, діодів VD1, VD4 та стабілітрона VD2. Діод із бар'єром Шоттки VD4 обмежує позитивну напругу між щупами А та Б до 250 мВ, що важливо при вимірюваннях на друкованих платах, заповнених електронними компонентами. При перевищенні цього значення можуть відкритися і бути пошкоджені вимірювальним струмом рп переходи малопотужних напівпровідникових приладів, які підключені паралельно об'єкту вимірювання.

Операційний підсилювач DA1.2 посилює дуже невелику напругу (іноді менше десятих часток мілівольта), що знімається з опору R_x . Коефіцієнт посилення ОП програма може встановити рівним 67 чи 16,8, змінюючи стан виходу AN1, при низькому логічному рівні напруги у якому резистори R6 і R8 виявляються з'єднаними паралельно. Як з'ясувалося, під час роботи динамічної індикації цей вихід наводиться перешкода. Тому на час роботи АЦП програма її вимикає.

Оскільки споживаний ОП MCP602 струм дуже малий, можна було жити його безпосередньо напругою високого рівня, встановленим на виході RA4 мікроконтролера. Для компенсації постійного зміщення передавальної характеристики ОУ на нього подано зовнішнє позитивне зміщення з дільника напруги R2R3, яке вимірює програма і враховує при обчисленні результату.

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Крім того, струм через резистор R6 створює на вході приладу потенціал, необхідний визначення розімкнутого стану вимірювальних щупів.

Напруга елемента живлення G1 подано для вимірювання виведення RC7 мікроконтролера через ланцюг R4VD3. Резистор R4 обмежує витік струму при роботі динамічної індикації, а діод з бар'єром Шоттки VD3 зменшує струм, що втікає в елемент живлення G1 в режимі сну. На вимірювання напруги діод не має істотного впливу, тому що при малому (не більше 0,5 мкА) прямому струмі, на ньому падає всього близько 20 мВ, які компенсуються програмно.

У сплячому режимі і елементи, і розряди індикатора HG1 подається напруга високого рівня, що вимикає індикатор. Прилад "засинає", якщо протягом не менше 40 з його щупи А і Б ні з чим не з'єднані або замкнуті між собою. З цього режиму мікроконтролер виходить за запитами переривання від свого сторожового таймера, що настає з періодом близько 150 мс. Якщо стан щупів після попередньої перевірки не змінилося, мікроконтролер знову засинає. Так триває доти, доки стан щупів не зміниться. У цьому випадку пристрій переходить у робочий режим. Таке рішення дозволило обійтися без кнопки установки мікроконтролера у вихідний стан без вимикача живлення.

4.8 Розробка друкованої плати

По конструкції друковані плати діляться на наступні типи: односторонні, двосторонні і багатошарові. При виборі типу друкованих плат для конструкції, що розробляється, слід враховувати техніко-економічні показники.

Односторонні друковані плати є діелектричною основою з отворами, пазами, вирізами і т. п., на одній стороні якого виконаний малюнок, що проводить, а на іншій при зборці розміщують інтегральні мікросхеми і електрорадіоелементи.

У зв'язку з обмеженою площею для трасування рисунку схеми такі друковані плати застосовують для простих електронних пристроїв побутового і допоміжного призначення. Найбільш прості по конструкції і дешеві у

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

виготовленні односторонні друковані плати без металізованих отворів. Складніші, але і більше надійні в експлуатації плати з металізованими з допомогою пістонів отворами.

Двосторонні друковані плати мають малюнок, що проводить, на обох сторонах діелектричної основи.

Багатошарові друковані плати складаються з шарів ізоляційного матеріалу і малюнка, що проводить, що чергуються. Між слоями, що проводять, в структурі плат можуть бути наявними або бути відсутніми міжшарові з'єднання.

Залежно від складності електричної схеми, що реалізовується, і вживаної елементної бази вибирають конструктивне виконання плати, число шарів і щільність малюнку схеми. При виборі числа шарів плати слід мати на увазі, що найменш трудомісткі і прості в виготовленні односторонні друковані плати без металізованих отворів.

По точності виконання елементів (згідно ГОСТ 23751 - 86) конструкції ДП діляться на п'ять класів.

Друковані плати 1-го і 2-го класів точності найбільш прості у виконанні, надійні в експлуатації і мають мінімальну вартість. Друковані плати 3-го, 4-го і 5-го класів точності вимагають використання високоякісних матеріалів, інструменту і устаткування, обмеження габаритних розмірів, а в окремих випадках і особливих умов при виготовленні.

Рекомендується розробляти ДП простої прямокутної форми. Конфігурацію, відмінну від прямокутної, слід застосовувати тільки в технічно обгрунтованих випадках.

Друковані плати сучасного типу можуть бути виготовлені за однією з двох технологій - адитивним або субтрактивним способом. У першому випадку проводний малюнок на матеріалі формується за допомогою процедури хімічного міднення.

Для того, щоб цей процес був успішний, попередньо на діелектрик наносять спеціальну захисну маску. Особливість субтрактивного методу

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

полягає в тому, що проводний малюнок формується на вже фольгованому матеріалі шляхом ліквідації непотрібних ділянок.

Процес виробництва друкованих плат складається з таких етапів:

- Виробництво заготовки для плати.
- Подальша обробка заготовки.
- Здійснення монтажу всіх необхідних елементів плати.

Для здійснення монтажу елементів на плату, використовується технологія пайки. Така процедура дозволяє отримати абсолютно нероз'ємне з'єднання деталей за допомогою введення розплавленого металу.

Для цього використовується спеціалізована техніка, проте сам процес можна виконувати і в домашніх умовах так як він не є надзвичайно важким. Однак найбільш високих результатів надійності і працездатності можна досягти тільки замовивши виготовлення друкованих плат у спеціалізованих компаній по виробництву плат.

Друкована палата збиратиметься по технології DIP. ДП/DIP монтаж або вивідний монтаж – це процес паяння електронних компонентів в отвори плати. Ця процедура проводиться за відносно низьких температурних режимів, до 450 градусів Цельсія. Така пайка вважається надійнішою, оскільки за кожною операцією слідує оператор. Також DIP-технологію використовують під час ремонту мікросхем.

Переваг технології DIP:

- мінімальний рівень браку;
- можливість використовувати компоненти середньої якості;
- використання паяльника як основний робочий інструмент.

Підготовка та процес dip/дп монтажу:

- Підготовка виводів всіх електронних компонентів – надання необхідної форми, довжини та інше;
- Фіксація елементів на платах за допомогою підклеювання;
- Пайка компонентів на платі за допомогою ручного високотехнологічного паяльника та флюсу.

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Друкована плата міліомметра на (рис.4.14 а,б).

Плата виготовлена відповідно з особливостей виробництва по хімічному субтрактивному методу.

1. Відповідно до ГОСТ 2.3751-86 для даного виробу необхідно вибрати четвертий клас точності друкованої плати.

2. Габаритні розміри друкованих плат повинні відповідати ГОСТ 10317-79. Для односторонніх друкованих плат максимальні розміри можуть бути 600 х 600 мм. Габаритні розміри даної друкованої плати задовольняють вимогам даного ДСТ.

3. Відповідно до вимог ОСТ 4.077.000 вибираємо матеріал для плати на підставі склотканини - склотекстоліт СФ-2-50-2 ГОСТ 10316-78. Товщина 2 мм.

4. Відповідно до ГОСТ 24140-78 і виходячи з особливостей схеми, вибираємо крок координатної сітки 1,25 мм.

5. Спосіб отримання малюнка - фотохімічний.

6. Номінальне значення діаметрів монтажних отворів:

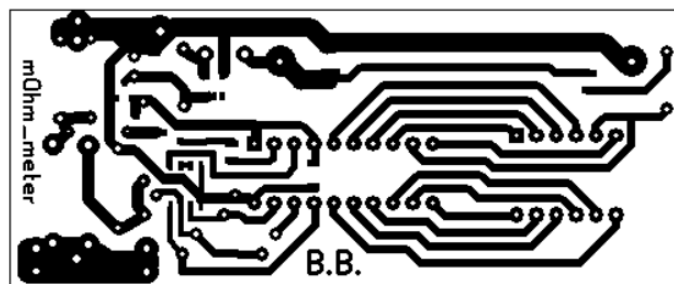
Таблиця 4.2 – Діаметри монтажних отворів

	Діаметр отвору
Мікросхема	d = 0,5 – 0 ,9 мм
Резистор	d = 0,5 – 0 ,9 мм
Діод, стабілітрон	d = 0,5 – 0 ,9 мм
Транзистор	d = 0,5 – 0 ,9 мм
Конденсатор	d = 0,5 – 0 ,9 мм
Роз'єм	d = 1 – 1,4 мм

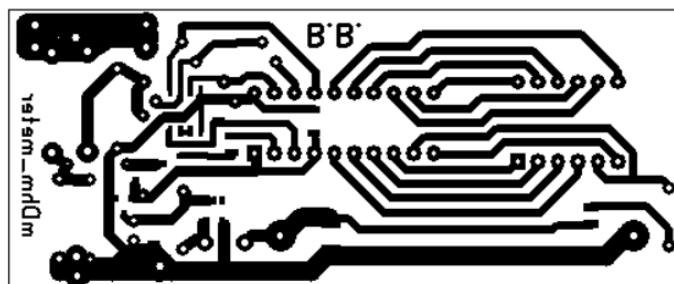
7.Габарити друкованої плати - 85 х 35 мм.

8.Висота пристрою - не більше 25 мм.

9.Напруга живлення – 1,5 В.



а



б

Рисунок 4.14 – Друкована плата міліомметра: а – зовнішня сторона плати; б – дзеркальне відображення

4.9 Розрахунок похибок під час вимірювання опору омметром

Проведено десять повторних вимірювань опору резистора $R = [0,250; 0,251; 0,255; 0,250; 0,235; 0,249; 0,253; 0,250; 0,252; 0,238]$ Ом на омметрі з класом точності 0,02 у діапазоні 0 – 3,6Ом.

За відомими формулами шукаємо:

- 1) середнє арифметичне $\bar{R}$ за формулою:

$$\bar{R} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} R_i = 3.12; \quad (4.1)$$

- 2) похибки повторних вимірювань ΔR_i та ΔR_i^2 за формулами;

$$\Delta R_i = |\bar{R} - R_i| \text{ та } \Delta R_i^2 = (\bar{R} - R_i)^2, \text{ де } i=1,2, \dots, 10; \quad (4.2)$$

Результати вимірювань та обчислень у табл. 4.3.

Таблиця 4.3

№ з.п.	R, Ом	ΔR , Ом	ΔR^2 , Ом ²
1	3,11	0,011	0,00012
2	3,1	0,021	0,00044
3	3,3	0,179	0,03204
4	3,09	0,031	0,00096
5	3,12	0,001	0,00000
6	3,08	0,041	0,00168
7	3,1	0,021	0,00044
8	3,12	0,001	0,00000
9	3,1	0,021	0,00044
10	3,09	0,031	0,00096
сер.	3.12	0,036	0,00371

Видно, що абсолютна похибка та її квадрат для 3-го вимірювання відрізняються на порядок. Це промах, який потрібно відкинути. Зазначаю, що у більшості випадків такий аналіз можна робити на підставі повторних вимірювань без тільки що проведених розрахунків похибок. Тільки коли є сумніви щодо того, чи є конкретне повторне вимірювання промахом, чи ні, слід проводити зроблені вище розрахунки.

Отже, для подальшого опрацювання залишилось 9 повторних вимірювань.

Розраховуємо:

- 1) середнє арифметичне $\bar{R}$ за формулою:

$$\bar{R} = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 R_i = 3.10; \quad (4.3)$$

- 2) похибки повторних вимірювань ΔR_i та ΔR_i^2 з формулами;

$$\Delta R_i = |\bar{R} - R_i| \text{ та } \Delta R_i^2 = (\bar{R} - R_i)^2, \text{ де } i=1,2, \dots, 8; \quad (4.4)$$

- 3) випадкову похибку вимірювання за формулою (4.5): З табл. 4.4 знайдемо коефіцієнт Стюдента для 8 вимірювань і довірчої ймовірності 0,95 $t_{0,95}$; $8 = 2,36$; розрахуємо за (4.6) виправлене вибіркове середнє квадратичне відхилення:

Таблиця 4.4 – Коефіцієнти Стьюдента t_{pm}

m	Надійня ймовірність P								
	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99
8	0.13	0.26	0.54	0.90	1,42	1,89	2,36	3,00	3,50

$$\sigma_B = \sqrt{\frac{1}{8 \cdot 7} \sum_{i=1}^8 (\bar{R} - R_i)^2} = 0.0017 \quad (4.5)$$

та знайдемо випадкову похибку:

$$\Delta_B R = 2.36 \cdot 0.0017 = 0.0041 \text{ Ом} \quad (4.6)$$

(Результати вимірювань та обчислень заносимо у табл. 4.5.)

- 4) похибку приладу за формулою (4.7): $\Delta_{\text{пр}} R = \frac{1}{300} t_p k R_{\text{гр}}$. Для надійної ймовірності $P=0,95$ з табл. 3.3 знайдемо $t_{0,95}=2,0$. Враховуючи, що за умовою $R_{\text{гр}} = 3,6 \text{ Ом}$, а клас точності $k = 0,002$, отримаємо:

Таблиця 4.5.

t_p	P	t_p	P
0.1	0.07966	1.6	0.89040
0.5	0.38292	2.0	0.95450
0.7	0.51607	2.2	0.97219
1.0	0.68269	2.4	0.98360
1.3	0.80640	2.6	0.99068

$$\Delta_{\text{пр}} R = \frac{1}{300} 2 \cdot 3,6 \cdot 0,02 = 0,0005 \text{ Ом} \quad (4.7)$$

- 5) похибку заокруглення за формулою (4.8): $\Delta R_3 = P \frac{h}{2}$. Для цього знайдемо інтервал заокруглення h як половину останнього розряду вимірюваної величини – 0,0005. Отже:

$$\Delta R_3 = 0.95 \frac{0.0005}{2} = 0.0002 \text{ Ом} \quad (4.8)$$

- 6) загальну абсолютну похибку за формулою:

$$\Delta R = \sqrt{(\Delta_B R)^2 + (\Delta_{\text{пр}} R)^2 + (\Delta_3 R)^2} = \sqrt{0.0041^2 + 0.0005^2 + 0.0002^2} = 0.0041 \quad (4.9)$$

(За правилом «трьох сигм» похибками приладу та заокруглення нехтуємо.)

- 7) відносну похибку за формулою:

$$\delta R = \frac{\Delta R}{R} * 100\% = \frac{0.0041}{3.1} * 100 = 0.13\% \quad (4.10)$$

Записуємо кінцевий результат:

$$R = (3.1 \pm 0.0041) \text{ Ом при } \delta R = 0.13\% \quad (4.11)$$

Таблиця 4.6.

№ з.п.	R, Ом	ΔR , Ом	ΔR^2 , Ом ²
1	3,11	0,009	0,000079
2	3,1	0,001	0,000001
3	3,09	0,011	0,000123
4	3,12	0,019	0,000357
5	3,08	0,021	0,000446
6	3,1	0,001	0,000001
7	3,12	0,019	0,000357
8	3,1	0,001	0,000001
9	3,09	0,011	0,000123
сер.	3,10	0,010	

5 РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ТА АЛГОРИТМУ

5.1 Розробка алгоритму

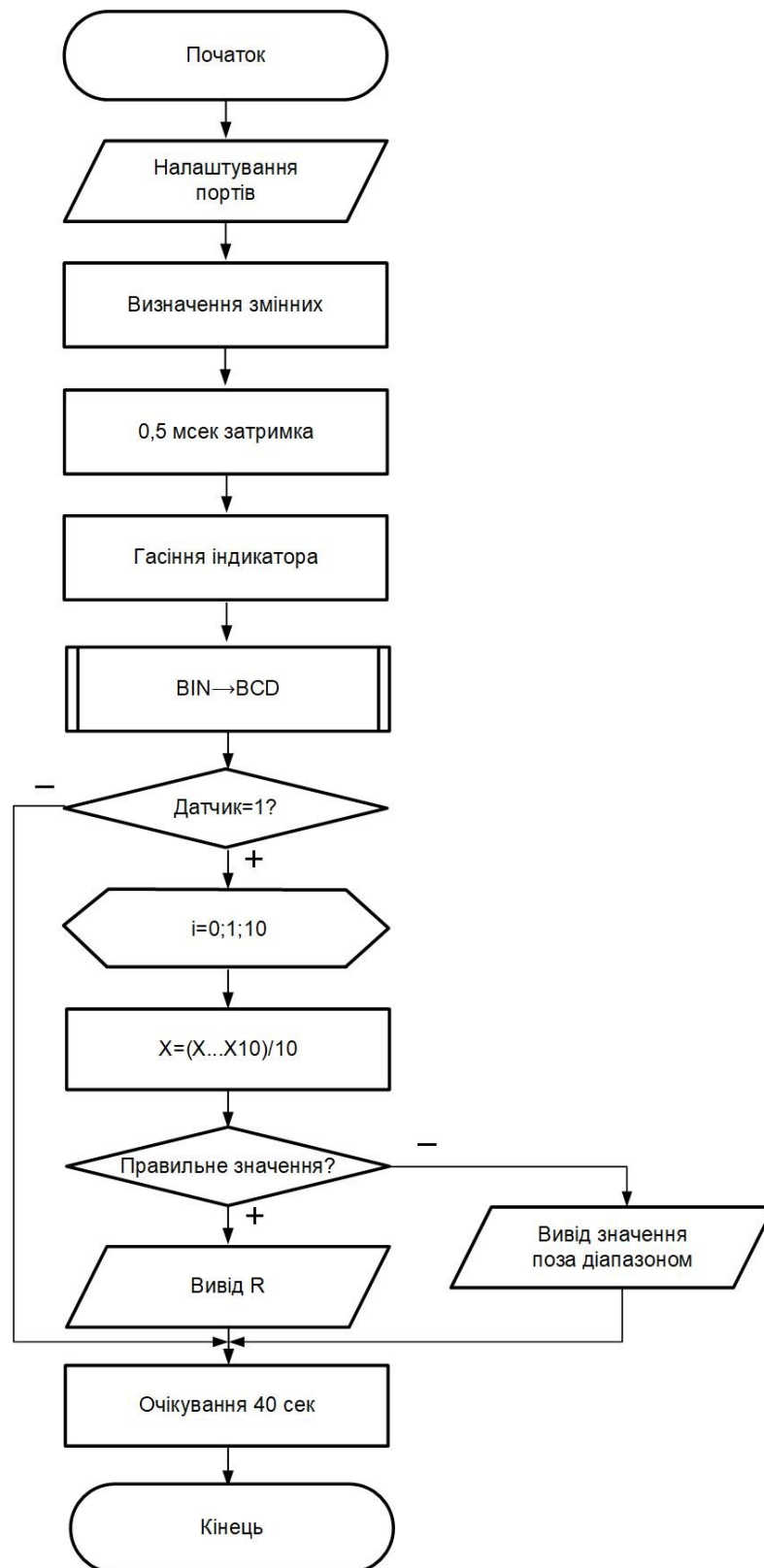


Рисунок 5.1 – Алгоритм програми

Блок «Початок» пробуджує систему з режиму сну. Наступним є блок «Налаштування портів», на виходи мікроконтролера RC0-RC7 та RB4-RB7 під'єднуються виходи індикатора. На виходи AN0-AN2 та RA4, RA5 під'єднуються виводи операційного підсилювача. На вивід MCLR під'єднується емітер транзистора. Після налаштування портів визначаються змінні: `#define Bs, #define _D1, #define portb_sign0_pin, #define A_direct RA0, const unsigned char, unsigned char, int, short`. Затримка в 0,5 секунд потрібна для повідомлення мікроконтролеру про настання якоїсь події.

Блок «Гасіння індикатора» виконується для перезавантаження пам'яті у випадку якщо там є старі значення. Після цього йде блок «BIN→BCD» в якому відбувається трансформація символів двійкової системи в десяткову для виводу на дисплей.

Блок «Датчик=1?» запитує чи спрацював датчик, вразі виконання рівності виконується блок «i=0;1;10» який вимірює 10 значень по циклу. Наступний блок «X=(X...X10)/10» обраховує середнє значення серед 10 виміряних показників попереднього блоку. Після чого перевіряється правильність значення про вхід в діапазон вимірювання, за це відповідає блок «Правильне значення?», якщо значення входить в діапазон то виводиться на дисплей значення опору за це відповідає блок «Вивід R». А вразі не попадання в діапазон то спрацьовує блок «Вивід значення поза діапазоном» який виводить помилку про невірність діапазону.

Уразі не спрацюванні умови в блоку «Датчик=1?» спрацьовує блок «Очікування 40 сек». Система очікує сигнал на дачки, вразі не отримання дія переходить до блоку «Кінець» який вимикає індикатор і переводить систему в режим сну.

5.2 Розробка програми

Для мікроконтролерів PIC існують різні середовища програмування, але найбільш поширеними є MPLAB IDE, оскільки в цьому середовищі в

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

найкращій мірі реалізовані всі необхідні можливості з управління апаратними засобами мікроконтролерів.

MPLAB – це інтегроване середовище розробки (IDE) для сімейства мікроконтролерів. PICmicro фірми Microchip Technology Incorporated. MPLAB дозволяє писати, налагоджувати і оптимізувати програми для розробок. MPLAB включає текстовий редактор, симулятор (віртуальний відладник), менеджер проектів і підтримує емулятори (внутрішні відладники) MPLAB-ICE і PICMASTER, програматори PICSTART Plus і PRO MATE II та інші засоби та інструменти розробок фірми Microchip і інших фірм. MPLAB дозволяє писати програми на двох мовах: СІ і Асемблер.

Інструментальні засоби MPLAB, організовані як спадаюче меню і зумовлені швидкі клавіші, дозволяють:

- асемблювати, компілювати вихідний текст;
- налагоджувати логіку роботи, спостерігаючи за допомогою симулятора або, в реальному часі, з емулятором MPLAB-ICE;
- переглядати змінні у вікнах перегляду;
- програмувати кристали за допомогою программаторов PICSTART Plus або PRO MATE II.

MPLAB складається з наступних основних модулів:

- MPLAB Project Manager - засоби роботи на проектами;
- MPLAB-SIM Software Simulator - симулятор програм;
- MPLAB Editor - повноцінний текстовий редактор;
- MPASM Universal Macro Assembler - компілятор з асемблера, компонувальник.

Вбудований програмний симулятор дозволяє переглядати вміст пам'яті даних і програм. Симулятор працює в режимі покрокового виконання і дозволяє виконувати трасування програм у різних режимах.

Отладочная середу MPLAB легко освоюється і включає вбудовану систему.

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Контролер працює за певною програмою. Програму в машинних кодах, готову для запису в контролер називають прошивкою. Для запису програми використовують програматор.

Програма для контролера - це набір машинних кодів, записаний у файлі з розширенням "hex", який і потрібно записувати в контролер за допомогою програматора. Ніякої іншої мови контролер не розуміє. Отже, потрібна спеціальна програма, яка буде перекладати текст програми, написаний на якій-небудь мові програмування, в машинні коди. Найбільш зручними в цьому плані є інтегровані середовища розробки (IDE – integrated development environment), оскільки вони можуть не тільки здійснювати переклад тексту програми в машинний код, але і проводити симуляцію її роботи. Причому симуляцію можна проводити покроково, при цьому можна спостерігати стан регістрів або навіть міняти їх стан за своїм бажанням.

Якщо вибирати, в якій мові писати програму для мікроконтролера, то кращими варіантами будуть мови Сі та Асемблер, оскільки в них в найкращій мірі реалізовані всі необхідні можливості по управлінню апаратними засобами мікроконтролерів.

Асемблер програє Сі в швидкості і зручності розробки програм, але має помітні переваги в розмірі кінцевого виконуваного коду, а відповідно, і швидкості його виконання.

Сі дозволяє створювати програми з набагато більшим комфортом, надаючи розробнику всі переваги мови високого рівня. Компіляція вихідних текстів, написаних на Сі, здійснюється швидко і дає компактний, ефективний код.

Основні переваги Сі перед асемблером: висока швидкість розробки програм; універсальність, що не вимагає досконального вивчення архітектури мікроконтролера; найкраща документованість і читаність алгоритму; наявність бібліотек функцій; підтримка обчислень з плаваючою крапкою.

У мові Сі гармонійно поєднуються можливості програмування низького рівня з властивостями мови високого рівня. Можливість низькоурівневого

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

програмування дозволяє легко оперувати безпосередньо апаратними засобами, а властивості мови високого рівня дозволяють створювати легко читається і модифікується програмний код. Крім того, практично всі компілятори Сі мають можливість використовувати асемблерні вставки для написання критичних за часом виконання і займаним ресурсів ділянок програми.

Текст розробленої програми представлений нижче (налаштування) та основний код представлений в Додатку.

```
// define pins to segments -----
#define Bs (1<<RC0)
#define Fs (1<<RC1)
#define As (1<<RC2)
#define Ds (1<<RC3)
#define Hs (1<<RC4)
#define Cs (1<<RC5)
#define Es (1<<RC6)
#define Gs (1<<RC7)
//----- define signes -----
#define _D1 (Bs|Cs)
#define _D2 (As|Bs|Ds|Es|Gs)
#define _D3 (As|Bs|Cs|Ds|Gs)
#define _D4 (Bs|Cs|Fs|Gs)
#define _D5 (As|Cs|Ds|Fs|Gs)
#define _D6 (As|Cs|Ds|Es|Fs|Gs)
#define _D7 (As|Bs|Cs)
#define _D8 (As|Bs|Cs|Ds|Es|Fs|Gs)
#define _D9 (As|Bs|Cs|Ds|Fs|Gs)
#define _D0 (As|Bs|Cs|Ds|Es|Fs)

#define _U (Bs|Cs|Ds|Es|Fs)
#define _u (Cs|Ds|Es)
#define _P (As|Bs|Es|Fs|Gs)
#define _Top As
#define _Bottom Ds
#define _Middle Gs
#define _Space 0
#define _S (As|Cs|Ds|Fs|Gs)
#define _O (As|Bs|Cs|Ds|Es|Fs)
#define _o (Cs|Ds|Es|Gs)
#define _C (As|Ds|Es|Fs)
#define _c (Ds|Es|Gs)
#define _A (As|Bs|Cs|Es|Fs|Gs)
#define _L (Ds|Es|Fs)
#define _I (Bs|Cs)
#define _F (As|Es|Fs|Gs)
#define _t (Ds|Es|Fs|Gs)
#define _n (Cs|Es|Gs)
#define _E (As|Ds|Es|Fs|Gs)
#define _r (Es|Gs)
#define _H (Bs|Cs|Es|Fs|Gs)
#define _i Cs
#define _b (Cs|Ds|Es|Fs|Gs)
#define _d (Bs|Cs|Ds|Es|Gs)
// define PORTB pins
//control common pins of indicator
#define portb_sign0_pin RB7
#define portb_sign1_pin RB4
```

```

#define portb_sign2_pin RB5
#define portb_sign3_pin RB6
//-----
// Define PORTA pins
// ADC inputs
#define A_direct RA0          // Only
#define A_OPAMP RA2          // RA0 - RA2!!!
// PORTA pins
#define A_Uop RA4            //
#define A_mosfet RA5         // for mosfet on/off
#define A_Kop RA1            //
// Mosfet on/off
#define Mos_off PORTA = (1<<A_mosfet)|(1<<A_Uop)
#define Mos_on PORTA = (1<<A_Uop)
// Kop_1 set
#define Kop_set_1 TRISA &= ~(1<<A_Kop)
//Kop_2 set
#define Kop_set_2 TRISA |= (1<<A_Kop)
//U_bat
#define Bat 9 // battery measure pin - only AN8-AN11 (8-11)
// Components of scheme defines
#define Kop_1 66996 //65.49 * 1023
#define Kop_2 16828 //16.45 * 1023 OPAMP gian
#define R_ref 68680 // Reference resistor nominal (mOhm)
// The work option
#define Time_to_sleep 40 // time to sleep (sec.)
#define Time_to_calibrate 30 // time to calibrate (sec.)

```

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

6 ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ПРИСТРОЮ

6.1 Розрахунок надійності розробленого пристрою

Безвідмовність – властивість обладнання (виробу, системи) безупинно зберігати працездатний стан в заданих умовах експлуатації протягом деякого проміжку часу або аж до виконання певного обсягу роботи, без вимушених перерв.

Безвідмовність характеризує надійність виробу і визначається набором показників, що обираються з врахуванням виду виробу та умов його експлуатації.

Оцінка надійності систем з допомогою математичного апарату полягає у визначенні закономірностей розподілу випадкових величин (відмов).

Надійність систем розраховується або встановлюється на стадах проектної (конструкторської) розробки, заводських (полігонних) випробувань або при повсякденній експлуатації на об'єктах.

При розрахунку надійності, як і при інших розрахунках, використовуються або накладаються деякі обмеження. Зокрема, при розрахунках з урахуванням раптових відмов потік їх (тобто послідовність відмов, наступних одна за одною у випадкові моменти часу) в системі передбачається найпростішим означає, що потік відмов задовольняє одночасно умовам стаціонарності, відсутності післядії і ординарності.

Розрахунок надійності рекомендується здійснювати в наступній послідовності: розглядається принципова схема системи, вивчається її функціонування і зв'язок між окремими елементами системи; складні системи розбиваються на підсистеми, які, у свою чергу, поділяються на групи (агрегати), вузли (блоки); дається формулювання відмови; складається структурна схема для розрахунку; складається таблиця розрахунку надійності; на підставі даних таблиці обчислюються кількісні характеристики блоків, підсистем і системи в цілому.

Кліматичні характеристики:

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– робочий діапазон температури від -25 до 55°C, відносна вологість повітря до 80% при 20 °C;

– конструктивно виконано для роботи в приміщенні.

Склад виробу – комп’ютерезована система внутрішньосхемних вимірювань опору електронних блоків.

Відмовлення будь-якої складової частини приладу (вузла), що приводить до некоректної роботи виробу і неможливості використання його по призначенню.

Розрахунок надійності спроектованого приладу проводиться з відповідністю до електрично принципової схеми виробу і з обліком заданих кліматичний категорії і виконання виробу.

Розрахунок параметра потоку відмовлень виробу розраховується по формулі:

$$\lambda = \sum_{i=1}^n N_i \lambda_i, \quad (6.1)$$

де n – загальне число групи КВ, що входять до складу спроектованого виробу; $N_i \lambda_i$ – кількість і інтенсивність відмовлень КВ i -ої групи відповідно.

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

$$\lambda_i = \lambda_{oi} a_i \dots a_n. \quad (6.2)$$

де λ_{oi} – інтенсивність відмовлень КВ в номінальному режимі і нормальних умовах; $a_i \dots a_n$ – поправочні коефіцієнти, що враховують умови роботи (кліматичні і механічні впливи в залежності від призначення й умов майбутньої роботи), електричне навантаження 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 6.1.

По формулі (6.1) визначаємо потік відмовлень виробу (сума величин в графі 13 таблиці 6.2):

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\lambda = 68,71 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.}$$

Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t визначалася по формулі

$$P(t) = e^{-\lambda t} \approx 1 - \lambda t \quad (6.3)$$

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

Дані розрахунку $P(t)$ приведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t

250	500	750	1000	2000	5000	8000	10000
0,9794	0,9593	0,9396	0,9202	0,8468	0,6600	0,5143	0,4355

Середній наробіток до відмовлення виробу визначався по формулі:

$$T_0 = \lambda^{-1} \quad (6.4)$$

Підставляючи дані в формулу (6.4) одержимо

$$T = (68,7078 \cdot 10^{-6})^{-1} = 14554 \text{ г.}$$

На графіку,веденому на рисунку 6.1 приведена залежність надійності $P(t)$.

Таблиця 6.2 – 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	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Конденсатори				a_1	a_2		a_4	
	МКР Х2 1мкФ 275В	1	0,02	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,8		1	0,0336
	220мкФ 160В (16х31,5) TKR- 105С	1	0,02	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,8		1	0,0336
	10мкФ 16В	4	0,02	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,8		1	0,1344
2	Резистори				a_1	a_2		a_4	
	0,68Ом 5Вт	1	0,008	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,8		1	0,01344
	CF-25(C1-4)0.25Вт, 470 Ом	1	0,008	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,8		1	0,01344
	1 МОм 1Вт 5%	1	0,008	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,8		1	0,01344
	100 Ом 0,5Вт 5%	1	0,008	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,8		1	0,01344
	CRL-5W 3,3кОм	1	0,008	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,8		1	0,01344
	68 Ом 0,25Вт 5%	1	0,008	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,8		1	0,01344
	51 кОм 2Вт 5%	1	0,008	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,8		1	0,01344
	1 кОм 1Вт 5%	2	0,008	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,8		1	0,01344
	10 кОм 2Вт 5%	1	0,008	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,8		1	0,02688

3	Мікроконтролер				a_1	a_2	a_4	a_6	
	PIC16F690	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
4	Транзистори				a_1	a_2	a_4	a_6	
	IPLML6302	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
5	Діоди				a_1	a_2	a_4	a_6	
	1N4002	1	0,02	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,7		1	0,0294
	1N5818	2	0,02	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1			1	0,0588
	1N4728A	1	0,02	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,7		1	0,0294
	1N5817	1	0,02	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,7		1	0,0294
6	Дросель				a_1	a_2	a_4	a_6	
	RLB0914-560KL, 56 мкГн	1	0,2	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,7		1	0,294
7	Стабілізатор				a_1	a_2	a_4	a_6	
	XC6206P301	1	0,2	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,7		1	0,294
8	Перетворювач напруги				a_1	a_2	a_4	a_6	
	NCP1402SN33	1	0,4	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,7		1	0,588
9	Операційний підсилювач				a_1	a_2	a_4	a_6	
	MCP602	1	0,7	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_5$	2,1	1	1,3	1	1,911
10	Індикатор				a_1	a_2	a_4	a_6	
	FYQ3641	1	0,2	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_4$	2,1			1	0,42
11	Пайки	120	0,0001	$\lambda_0 \cdot a_1$	2,1				0,0252
12	Батарея 1,5В	1	30	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_4$	2,1			1	63
13	Роз'єм	2	0,01	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	1	1,3	1	0,0546
	Разом								68,7078

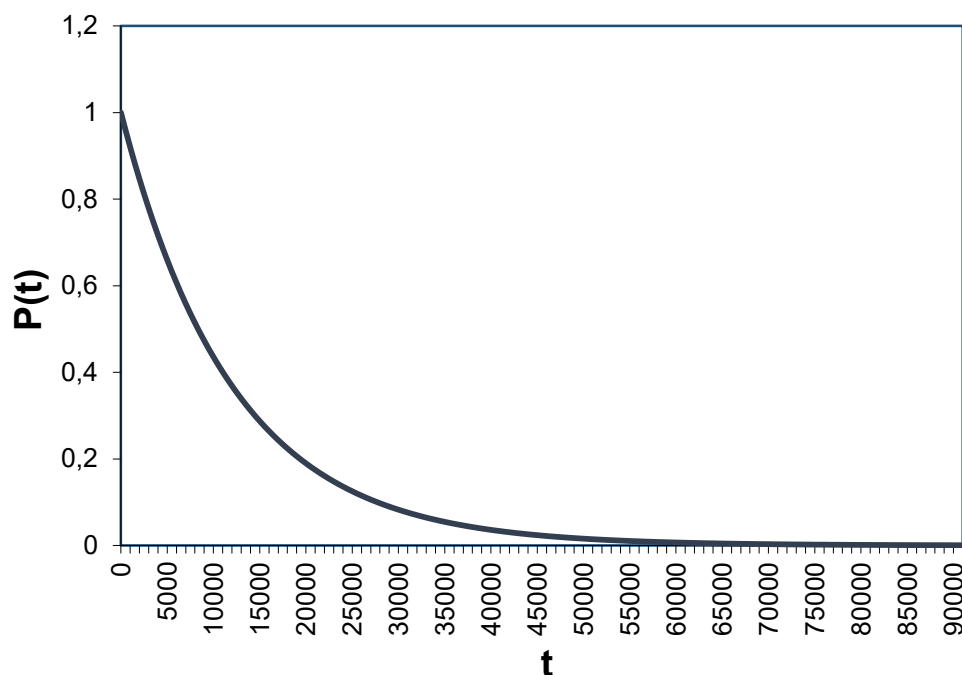


Рисунок 6.2 – Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t

7 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

7.1 Аналіз умов праці на робочому місці

Умови праці - це сукупність факторів зовнішнього середовища, що впливають на здоров'я та працездатність людини в процесі праці. Працездатність визначається здатністю людини виконувати певну роботу протягом заданого часу і залежить від чинників як суб'єктивного, так і об'єктивного характеру (статі, віку, стану здоров'я, рівня кваліфікації, умов, за яких відбувається праця тощо).

Умови праці можуть бути:

- а) оптимальні – при них зберігається здоров'я людини і створюються передумови для підтримки високого рівня працездатності;
- б) припустимі – вони визначають рівень факторів середовища, що не перевищує норми;
- в) шкідливі – їх підрозділяють на чотири ступені шкідливості.

З позиції безпеки праці розрізняють припустимий рівень цих факторів, що встановлюється спеціальними нормами.

Метою організації праці є зниження ступеня небезпечного впливу умов праці на людський організм і створення зручних і комфортних умов. Домогтися цього можна, установивши контроль за дотриманням відповідних нормативів, що регулюють умови праці, а також розробивши і реалізувавши міри захисту від несприятливого і шкідливого впливу зовнішнього середовища.

Фактори виробничого середовища мають психологічні і фізіологічні межі.

Психологічна межа характеризується певними нормативами, перевищення яких викликає у працюючих відчуття дискомфорту.

Фізіологічна межа характеризується такими нормативами, перевищення яких потребує припинення роботи.

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Кожний із цих факторів виробничого середовища діє відокремлено, і його вплив ураховується окремо під час атестації і паспортизації робочого місця.

На підприємствах і в організаціях (незалежно від форм власності і господарювання), де технологічний процес, використовуване обладнання, сировина та матеріали є потенційними джерелами шкідливих і небезпечних виробничих факторів, проводиться атестація робочих місць.

Умови праці по кожному робочому місці формуються під впливом факторів, наведених у табл. 7.1.

Таблиця 7.1 – Фактори формування умов праці

Група факторів	Змістова характеристика
Виробничі	— особливості техніки і технології; — рівень механізації і автоматизації праці; — якість оснащення робочих місць; — режим праці і відпочинку. Від них залежать фізичні зусилля і нервова напруга, робоче положення працівника, темп і монотонність роботи.
Санітарно-гігієнічні	— температура; — вологість; — забрудненість повітря; — шум; — вібрація; — освітленість на робочому місці.
Фактори безпеки	— захист працівників від травм; — захист від уражень струмом; — захист від хімічного і радіаційного забруднення.
Інженерно-психологічні	— комфортність на робочих місцях; — досконалість конструкції техніки і технологічного процесу; — зручність обслуговування машин і механізмів.
Естетичні	— привабливість виробничого середовища; — приємність форм, кольорів і звуків на робочому місці; — заспокійливе оформлення зон відпочинку тощо.
Соціальні	— взаємовідносини в трудовому колективі;

	– стиль керівництва; – місія і цілі підприємства та мірою їх ідентифікації з інтересами працівника. Під дією цих факторів формується морально-психологічний клімат у колективі.
--	---

7.2 Розробка заходів з охорони праці

Технічні заходи - технічні засоби, що забезпечують безпечні і нешкідливі умови праці, та пов'язані з впровадженням нового обладнання, пристроїв і приладів безпеки і безпечною експлуатацією засобів виробництва.

Організаційні заходи:

- контроль за технічним станом обладнання, інструментів, будівель і споруд;
- контроль за дотриманням вимог нормативних документів з охорони праці;
- нагляд за обладнанням підвищеної небезпеки;
- організація навчання, перевірка знань з питань охорони праці і інструктажів робітників підприємства;
- контроль за виконанням технологічного процесу відповідно до вимог охорони праці;
- організація належних умов до проїздів і проходів відповідно до вимог охорони праці;
- забезпечення працівників засобами індивідуального та колективного захисту;
- забезпечення відповідними знаками безпеки, плакатами.

Санітарно-гігієнічні заходи:

- контроль за впливом виробничих факторів на здоров'я працівників;
- забезпечення санітарно-побутових умов згідно з діючими нормами;
- атестація робочих місць відповідно до їх нормативним актам з охорони праці;

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

– планування заходів щодо поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці;

– паспортизація санітарно-технічного стану умов праці.

Соціально-економічні заходи:

– надання пільг і компенсацій працівникам, які працюють зі шкідливими і небезпечними умовами праці;

– створення умов для економічної зацікавленості роботодавця і працівника у поліпшенні умов і підвищенні безпеки праці;

– соціальне страхування працівників роботодавцем;

– фінансування заходів з охорони праці;

– відшкодування роботодавцем працівнику збитків у разі каліцтва.

Лікувально-профілактичні заходи:

– надання медичної допомоги потерпілим від нещасних випадків на виробництві;

– контроль за здоров'ям працюючих протягом їхньої трудової діяльності;

– лікувально-профілактичне харчування працівників, які працюють на роботах зі шкідливими і небезпечними умовами праці;

– проведення медичних оглядів працівників (попередніх та періодичних);

– дотримання охорони праці жінок, неповнолітніх та інвалідів;

– відшкодування потерпілому працівнику витрат на лікування, протезування, придбання транспортних засобів та інші види медичної допомоги.

Наукові заходи:

– прогнозування соціально-економічних наслідків нещасних випадків і аварій;

– моделювання аварійних ситуацій і розробка заходів щодо їх відвернення;

– плани локалізації і ліквідації аварій;

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- оцінка ефективності управління охороною праці;
- підготовка науково обґрунтованих технічних рішень, спрямованих на підвищення безпеки і поліпшення умов праці.

7.3 Пожежна безпека приміщення

Метою пожежної безпеки будь-якого об'єкта є запобігання пожежі на визначеному чинними нормативами рівні, а в разі виникнення пожежі – обмеження її розповсюдження, своєчасне виявлення, гасіння пожежі, захист людей і матеріальних цінностей.

Для працівників важливо виконувати елементарні правила пожежної безпеки під час перебування на робочому місці. Адже безвідповідальне ставлення до таких, здавалося б, дрібниць, як недопалок чи залишений без нагляду електрообігрівач, може спричинити пожежу. Часто займання стається через неправильне зберігання в приміщенні легкозаймистих речовин, спалах електропроводки через перевантаження електромережі, неакуратне поводження з вогнем у місцях приготування їжі.

Вимоги протипожежного режиму:

1. Куріння. Куріння у приміщеннях заборонено. Для куріння на територіях об'єктів обладнані спеціальні місця, які облаштовані урнами для недопалків. На території об'єктів заборонено застосування відкритого вогню (розігрівання замерзлих труб опалення, спалювання відходів виробництва, сміття, сухого листя, тощо).

2. Користування електронагрівальними приладами. Приготування кип'ятку, розігрівання та приготування їжі здійснюється в спеціально обладнаних для цього місцях із застосуванням електрочайників та інших приладів з автоматичними пристроями відключення електронагрівальних елементів.

3. Робота з електроприладами. Забороняється залишати без нагляду увімкнені в електромережу електроприлади та оргтехніку – персональні

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

комп'ютери, оргтехніку, радіоприймачі, електронагрівальні прилади, вентилятори, кондиціонери.

4. Вогненебезпечні роботи. Проведення вогневих та інших пожежонебезпечних робіт (газоелектрозварювальних, газорізальних, розігрів бітумів та смоли) дозволяється проводити після підготовки місця проведення цих робіт, узгодження з інженером з пожежної безпеки та виконання усіх передбачених заходів з пожежної безпеки.

5. На підприємстві має бути план евакуації. Тільки досвідчений фахівець може розробити план евакуації на вищому рівні. Дуже важливо заздалегідь подбати про евакуацію людей в момент загоряння і початку пожежі. У приміщенні повинні залишатися вільними евакуаційні шляхи і коридори, а вказівники повинні бути розташовані так, щоб було зрозуміло, де вихід. Має бути система оповіщення, яка подасть сигнал у разі пожежі

6. Порядок на робочих місцях. Як не дивно, акуратність теж важлива для пожежної безпеки. Папір – легкозамистий матеріал. Не давайте йому розмножуватися і розповзатися по столу і підвіконню. Зберігайте його в папках і спеціальних боксах. Інакше є небезпека, що одного разу папірець доповзе до подовжувача або до обігрівача, який раптово заіскрив. Пильнуйте, щоб колеса офісних крісел не їздили по проводах, які лежать на підлозі. Це може нашкодити як внутрішній частині провода, так і його ізоляції. А далі – удар струмом і загоряння.

7. Пожежна сигналізація – це один з найважливіших пристроїв для забезпечення безпеки в приміщеннях.

8. Перевірка робочих місць та приміщень наприкінці робочого дня. Перед закінченням роботи та закриттям приміщень особа, відповідальна за протипожежний стан приміщення, зобов'язана перевірити протипожежний стан приміщень, вимкнути напругу з усіх електроустановок та електроприладів (вимірювальних, електронно-обчислювальних, паяльників, кондиціонерів, вентиляторів, радіоприймачів, комп'ютерів тощо), а також з

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

мереж їх живлення. Закрити вікна, квартирки. Виявлені порушення правил пожежної безпеки потрібно усунути до зачинення приміщень.

9. Навчання. На будь-якому підприємстві потрібно регулярно проводити інструктажі з пожежної безпеки та практичні тренування.

Загальний порядок дій працівників у разі пожежі.

- негайно повідомити пожежну охорону за телефоном 101;
- вжити заходів щодо евакуації людей та збереження матеріальних цінностей, гасіння пожежі з використанням вогнегасників та інших наявних засобів пожежогасіння;
- повідомити про пожежу керівника чи відповідну компетентну посадову особу;
- вимкнути, за потреби, струмоприймачі та вентиляцію;
- за потреби викликати інші аварійно-рятувальні служби (медичну, газорятувальну тощо).

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

ВИСНОВКИ

В роботі наведено розробку комп'ютеризованої системи внутрішньосхемних вимірювань опору електронних блоків з здатністю пошуку короткозамкнених ділянок електричних ланцюгів радіоапаратури.

Було проведено огляд літератури та сфер застосування даних вимірювачів опору, також було наведено технічні параметри системи. А також розглянуто сучасні існуючі системи вимірювання опору.

Далі були розглянуті варіанти реалізації деяких функцій комп'ютеризованої системи внутрішньосхемних вимірювань опору. Також були розглянуті інші складові елементи системи вимірювань опору, такі як: блок живлення, перетворювачі напруги та блоку задання вимірюючого струму. Була спроектована структурна схема комп'ютеризованої системи внутрішньосхемних вимірювань опору.

Розроблено, принципову схему комп'ютеризованої системи внутрішньосхемних вимірювань опору електронних блоків, та конструкцію друкованої плати міліомметра. Також були приведені основні елементи, з яких складається система. Для керування системою було обрано мікроконтролер PIC16F690-I/P. Реалізована схема задання вимірюючого струму, а також вибрано перетворювачі напруги: підвищуючий перетворювач на елементах NCP140SN33, дроселя, трьох конденсаторів та діода Шоткі та стабілізатор XC6206P301. Вибрано індикатор HG1 FYQ3641BH.

Розроблено алгоритм програми та програму, а також обраховано надійність системи яка становить 14554 год.

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Міліомметр СЕМ DT-5300В [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://electronoff.ua/good/milliommetr-cem-dt-5300b-izmeritel-soprotivleniya-zazemleniya.php> — Дата доступу: 3.06.2022
2. Цифровий мікроомметр UNI-T UT620A [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://electronoff.ua/good/tsifrovoy-mikroommetr-uni-t-ut620a.php> — Дата доступу: 3.06.2022
3. Прецизійний міліомметр (110VAC) Extech 380460 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://flagma.ua/precizionny-milliommetr-110vac-extech-380460-o2815036.html> — Дата доступу: 3.06.2022
4. Мікроомметр МІ 3242 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://www.souz-pribor.ru/catalog/energy_laboratory/mikroommetry-milliommetry-ommetry/mi-3242/ — Дата доступу: 3.06.2022
5. Мікроконтролери в електротехнічних системах [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/19120/A22-95-184.pdf> — Дата доступу: 4.06.2022
6. Блок живлення [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://corelamps.com/elektormontazhne-obladnannia/blok-zhyvlennia/> — Дата доступу: 4.06.2022
7. Що таке стабілізатор напруги [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://itechua.com/other/52624> — Дата доступу: 4.06.2022
8. Що таке роз'єми і для чого вони потрібні [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://tcom-group.com/ua/poleznaya-informaciya/chto-takoe-razyomu-i-dlya-chego-oni-nuzhny> — Дата доступу: 4.06.2022
9. Індикатор [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%B4%D0%B8%D0%B0%BE%D1%80> — Дата доступу: 5.06.2022
10. Build Your Own Low-Resistance Meter [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.allaboutcircuits.com/projects/build-your-own-low-resistance-meter/> — Дата доступу: 5.06.2022

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Порівняння мікроконтролерів [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://ru.findic.com/compare/pic16f689-ip-vs-pic16f690-ip-V8NXWKmZa.html> — Дата доступу: 4.06.2022

12. XC6206P301DR Datasheet(PDF) 1 Page - Torex Semiconductor [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://html.alldatasheet.com/html-pdf/349386/TOREX/XC6206P301DR/155/1/XC6206P301DR.html> — Дата доступу: 5.06.2022

13. Pololu 3.3V Step-Up Voltage Regulator NCP1402 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.pololu.com/product/2114> — Дата доступу: 5.06.2022

14. Роз'єм, гніздо під банан "мама" JS-910B [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://pukupochka.net.ua/p1115548513-razyom-gnezdo-pod.html> — Дата доступу: 13.06.2022

15. Рознімання типу "BANAN" [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://microteh.ck.ua/index.php?route=product/category&path=3_26_16473_109 — Дата доступу: 13.06.2022

16. Медведєва А. М. и Мылова Р. В. – Технологии в производстве электроники. Часть 3. Гибкие печатные платы., Группа ИДТ., 2008. – 488с.

17. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» - Житомир: ДУ «Житомирська Політехніка», 2021.

18 . Предко М. – PIC–МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ: АРХИТЕКТУРА И ПРОГРАММИРОВАНИЕ., 2009. – 512с.

19. Полянин К.П. – Интегральные стабилизаторы напряжения, 1979. – 192с.

					МММТ.480.007.007–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

```
//***** Procedure of pause 1 - 127 ms (by 1ms step) *****
// In parameter - Delay (ms)
// Needs global variable Timer which increments in 0.5 ms interrupts
void pause_ms(unsigned char Delay ) {
    char Delay1;
    Delay1 = Delay;
    //Delay = Delay << 1; // intervals 1 ms (*2)
    Delay += Timer;
    while (Timer != Delay); // wait (Delay) ms or (in-parameter) ms
    asm clrwdt;
    Delay1 += Timer;
    while (Timer != Delay1); // wait (Delay) ms or (in-parameter) ms
    asm clrwdt;
}
//*****
//===== Pause x sec =====
// In parameter - time for pause (sec) - only 1-32
void pause_s(char Sec){
    char i;
    Sec <= 3; // *8
    for (i=0; i<Sec; i++) pause_ms(125);
}
//-----
// ===== ADC cycle with indicator blanking =====
void go_ADC (void) {
    PIE1.TMR1IE = 0; // interrupt by TMR1 off
    while (PIR1.TMR1IF==0); // wait next interrupt interval
    PIR1.TMR1IF = 0; // clear flag
    TMR1H = 0xFF; // period 255
    TRISC = 0xFF; // ind. to off
    delay_us(400);
    ADCON0.GO = 1; //
    while (ADCON0.GO); // ADC sample
    PIE1.TMR1IE = 0; //
    while (PIR1.TMR1IF==0); // wait next interrupt interval
    TRISC = 0; // ind. on
    PIE1.TMR1IE = 1; // interrupt by TMR1 on
}
//*****
//***** BIN to BCD (0 - 9999) PROCEDURE *****
// In parameter - 1. 0 - 9999 int,
// 2. pointer to 4-byte BCD array (symbols to segments)
// writes BCD digits to pointed array
//*****
void int_to_ind(unsigned int In_int) {
    unsigned char s, Sign[4];
    s = (unsigned char)(In_int / 1000); // thousands
    if (s>9) return ;
    Sign[3] = Gen_[s];
    In_int = In_int % 1000;
    s = (unsigned char)(In_int / 100); // hundreds
    Sign[2] = Gen_[s];
    s = (unsigned char)(In_int % 100);
    Sign[1] = Gen_[(unsigned char)(s / 10)]; // decades
    Sign[0] = Gen_[(unsigned char)(s % 10)]; // units
    int_sync();
    for (s=0; s<=3; s++) { // save to current array
        Res_10[s] = Sign[s];
    }
}
//*****
// ===== The first test of connected element =====
// Return: 0 - nothing connected, 1 - res. connect
// Running time 0.25 - 0.5 s
```

```

char in_test(void) {
    ANSEL = 1<<A_direct; // A_direct to analog
    ANSELH = 0;          //
    ADCON1 = 0b00100000; // Fosc/32
    ADCON0 = (A_direct << 2) | 0b10000001; // RIGHT JAST.; A_direct, ON
    go_ADC();           // ADC sample with blanking indicator
    if ((ADRESL > 70)&&!(PORTA & (1<<A_mosfet))) {
        Mos_off;          // Mos_off if >230mV and Mos_on
        pause_ms(125);
    }
    if ((ADRESL > 3)&&(PORTA & (1<<A_mosfet))) return 0;
    // not connected if >10mV and Mos_off

    return 1;           // resistor
}
//-----
//===== AVERAGE OF 10 =====
unsigned int average_10(void){
    unsigned int x=0;
    char i;
    pause_ms(10);
    for (i=0;i<10;i++){
        pause_ms(10);
        go_ADC(); // ADC sample with blanking indicator
        x = x + (ADRESH << 8) + ADRESL;
    }
    return x / 10; // averige R
}
return;
Res_10[3]=_Space;
Res_10[2]=_Middle;
Res_10[1]=_Middle;
Res_10[0]=_Space; // ' -- '
}
// -----
//===== To SLEEP =====
void to_sleep(char x) {
    while (1) {
        Mos_off;
        ADCON0 = 0; // adc off
        PORTB = 0xFF; // IND.OFF BY TURNING TO HI SEGMENTS AND ANODE/CATH.
        TRISB = 0xFF;
        PORTC = 0xFF;
        PORTA = 1<<A_mosfet; // mosfet to off
        TRISA = ~(1<<A_mosfet); //only mosfet pin to out
        ANSEL = 0xFF; // all to analog
        ANSELH = 0xFF; //
        PIE1.TMR1IE = 0; // disable int.
        asm clrwdt;
        asm sleep; // out by WDT
        asm nop;
        ADCON1 = 0b00100000; // Fosc/32
        ADCON0 = (A_direct << 2) | 0b10000001; // RIGHT JAST.; A_direct, ON
        Delay_us(50);
        ADCON0.GO = 1; // start
        while (ADCON0.GO); // wait to conversions end
        if (x){
            if (ADRESL >5) break; //exit if probes disconnect (sleep by connect)
        }
        else {
            if (ADRESL<5) break;//exit if closed probes (sleep by not connect)
        }
    }
    ANSEL = 0;
    ANSELH = 0;
    PORTA = (1<<A_Uop) | (1<<A_mosfet);
    TRISA = ~(1<<A_Uop) | (1<<A_mosfet));
}

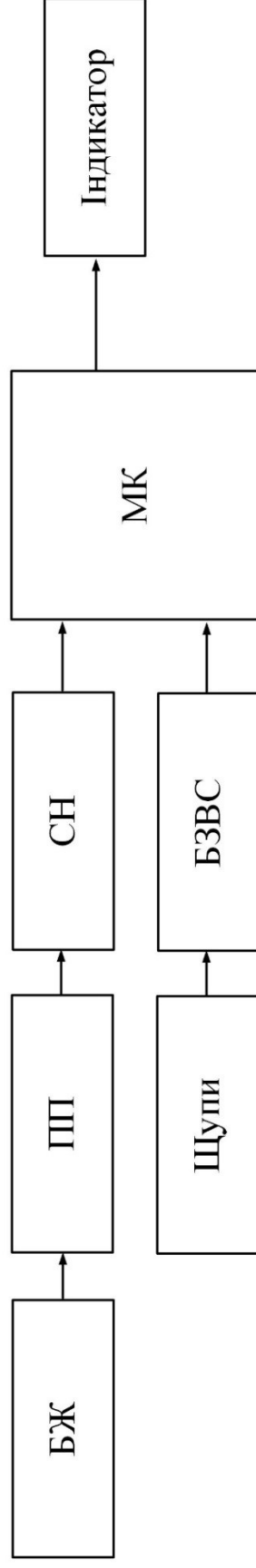
```

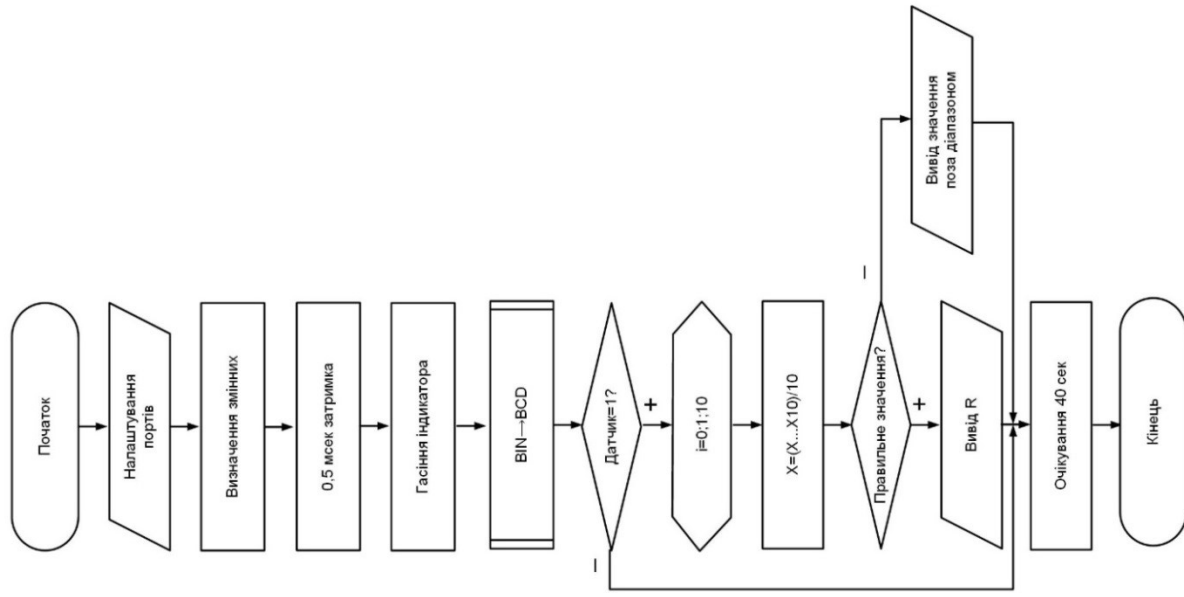
```

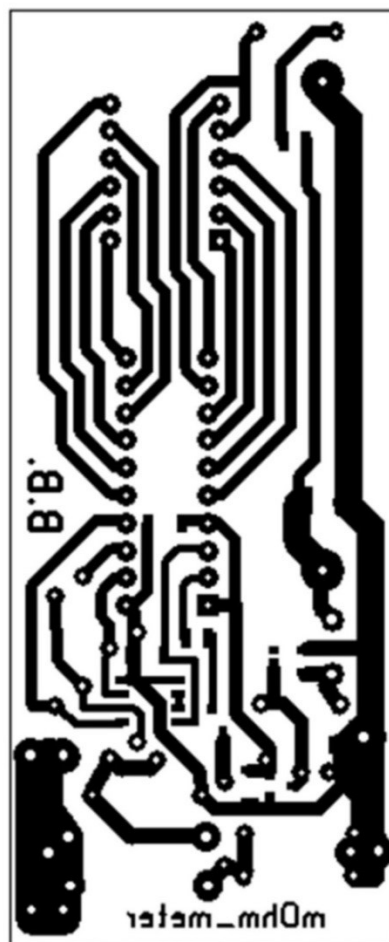
TRISB = 0;
if (f_lowest==0) // sleep is not by low battery?
    TimeSec = 0; //
else {
    TimeSec = 8; // prepare battery test
    f_indbat = 0; //
}
f_sleep = 0; //reset sleep flag
PIE1.TMR1IE = 1;
}
// -----
//=====
//***** INTERRUPTS *****
void interrupt(void) {
    unsigned char To_portb=0;
    static unsigned char Segment = 1, SignNo = 0; // column of indicator
    static unsigned char *Digit; // BCD to indicator pointer (Res_10)
    if (PIR1.TMR1IF == 1){
        TMR1H = 0xFF; // period 255
        Timer +=1; // 0.5 ms counter (8 bit)
        if (Timer==0){
            TimeCount +=1; // 128 ms counter (8 bit), total - 32s
            if ((TimeCount & 0x07) == 0) TimeSec +=1; // Seconds counter
        }
        if (Segment.F7 == 0) Segment <= 1;
        else {Segment = 1;
            SignNo++;
            if (SignNo >3) {
                SignNo = 0;
                Digit = &Res_10; // refresh
            }
        } // rotate left for each 4 sign
        if (f_anode==0){ // for common cathode -----
            if(SignNo == 0) To_portb = ~(1 << portb_sign0_pin);
            if(SignNo == 1) To_portb = ~(1 << portb_sign1_pin);
            if(SignNo == 2) To_portb = ~(1 << portb_sign2_pin);
            if(SignNo == 3) To_portb = ~(1 << portb_sign3_pin);
            // clear current cathode pin
            PORTC = 0; // IND. off
            PORTB = To_portb; // to portb

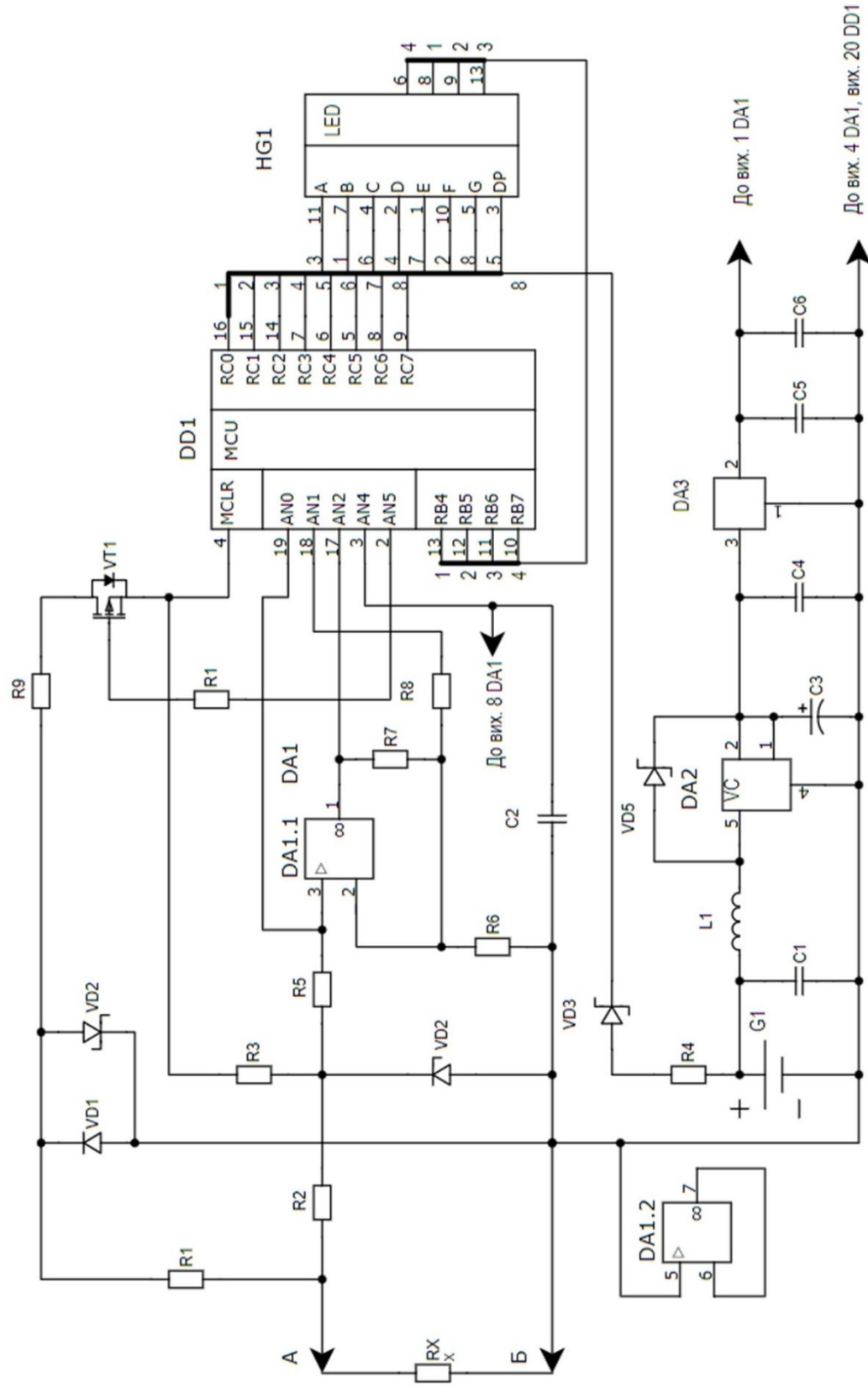
            PORTC = (*(Digit+SignNo)) & Segment; // set to on current segment
        }
        else { // for common anode -----
            if(SignNo == 0) To_portb = (1 << portb_sign0_pin);
            if(SignNo == 1) To_portb = (1 << portb_sign1_pin);
            if(SignNo == 2) To_portb = (1 << portb_sign2_pin);
            if(SignNo == 3) To_portb = (1 << portb_sign3_pin);
            // set current anode pin
            PORTC = 0xFF; // IND. off
            PORTB = To_portb; // to portb
            PORTC = ~((*(Digit+SignNo)) & Segment); // set to on current segment
        } //-----
        PIR1.TMR1IF=0; // clear flag TMR0IF
    }
}
//***** END OF INTERRUPTS *****

```

[illegible]

[illegible]

[illegible]



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

ИДЕНТИФИКАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

ИДЕНТИФИКАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

ИДЕНТИФИКАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

ИДЕНТИФИКАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

ИДЕНТИФИКАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

ИДЕНТИФИКАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

ИДЕНТИФИКАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

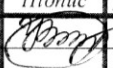
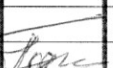
ИДЕНТИФИКАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

ИДЕНТИФИКАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

ИДЕНТИФИКАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

ИДЕНТИФИКАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

Позначення	Найменування	Кіл шт.	Примітка
Конденсатори			
C1	МКР Х2 1мкФ 275В	1	
C2,C3,C5,C6	10мкФ 16В	4	
C4	220мкФ 160В (16х31,5) ТКР-105С	1	електролітичний
Резистори			
R1	0,68Ом 5Вт	1	
R2	CF-25(C1-4)0.25Вт, 470 Ом	1	
R3	1 МОм 1Вт 5%	1	
R4	100 Ом 0,5Вт 5%	1	
R5	CRL-5W 3,3кОм	1	
R6	68 Ом 0,25Вт 5%	1	
R7	51 кОм 2Вт 5%	1	
R8	1 кОм 1Вт 5%	1	
R9	1 кОм 5%	1	
R10	10 кОм 2Вт 5%	1	
Мікроконтролер			
DD1	PIC16F690	1	
Індикатор			
HL1	FYQ3641	1	
Діоди			
VD1	1N4002	1	Випрямний діод
VD2, VD4	1N5818	2	Діод Шоттки
VD3	1N4728A	1	Стабілітрон
VD5	1N5817	1	Діод Шоттки
Транзистор			
VT1	IPLML6302	1	
Дросель			
L1	RLB0914-560KL 56 мГн	1	
Операційний підсилювач			
DA1	MCP602	1	
Перетворювач напруги			
DA2	NCP1402SN33	1	
Стабілізатор			
DA3	C6206P301	1	

Изм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата
Розроб.	Уляницький			
Перевір.	Лугових			
Реценз.				
Н. Контр.				
Затверд.	Подчаїнський			

МММТ.480.007.007 - ПЕЗ

Комп'ютеризована система
внутрішньосхемних вимірювань
опору

Літ.	Аркуш	Аркушів
	1	1

ДУ «Житомирська
політехніка»,
гр. МТ-І