

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

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи
бакалавра

на тему: Комп'ютеризована система вимірювання та контролю
ємності та індуктивності компонентів електронних схем

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

Вакарюк Ярослав Анатолійович

(прізвище та ініціали)

Керівник д.т.н., професор, _____

Подчашинський Ю.О.

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

Рецензент к.т.н., доцент Ткачук А.П.

зав. каф. АІТ КІТ ім. проф. Б.Б.Салюткіна

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

Житомир 2022

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

культет Комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки
федра Метрології та інформаційно-вимірвальна техніки
вітній ступінь бакалавр
ціальність 152 Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
Метрології та інформаційно вимірвальна техніки

д.т.н., професор, Подчашинський Ю.О.

 “ 2 ” травня 2022 р.

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

Вакарюку Ярославу Анатолійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи Комп'ютеризована система вимірювання та контролю ємності та
активності компонентів електронних схем

Виконав роботи Подчашинський Юрій Олександрович

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

Відомо, що наказом вищого навчального закладу від “2” травня 2022 року №147/с

Строк подання студентом роботи “10” червня 2022 року

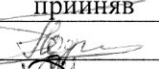
Вихідні дані до роботи функції комп'ютеризованої системи: визначення ємності та
активності компонентів, вмикання та вимикання приладу, обнулення даних,
збирання, виводу даних на дисплей, підключення вимірюваних компонентів вручну.

Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно
робити) технічне завдання, огляд та аналіз методів вимірювання, розробка
структурної та принципової схеми, розробка програми та алгоритму,
інструкторська частина, безпека життєдіяльності та охорона праці

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

структурна схема, принципова схема, блок-схема алгоритму та друкована плата

Консультанти розділів роботи

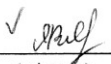
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1, 2, 3	Подчашинський Ю.О., професор		
4,5,6,7	Лугових О.О., старший викл. каф.МтаІВТ		

Дата видачі завдання 15.04.2022

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

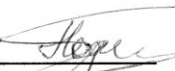
№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Підготувати звіт про переддипломну практику	02.03.2022– 11.03.2022	
2.	Збір літературних даних за темою дипломної роботи та відомих методів визначення ємності та індуктивності компонентів електронних схем	17.04.2022 – 24.04.2022	
3.	Ознайомитись з основними принципами побудови систем визначення ємності та індуктивності компонентів електронних схем	25.04.2022 – 02.05.2022	
4.	Розробка структурної схеми системи визначення ємності та індуктивності компонентів електронних схем	03.05.2022 – 10.05.2022	
5.	Розробка принципової схеми системи визначення ємності та індуктивності компонентів електронних схем	11.05.2022 – 18.05.2022	
6.	Вибір компонентів для визначення ємності та індуктивності компонентів електронних схем	19.05.2022 – 26.05.2022	
7.	Розробка блок-схеми алгоритму та програми визначення ємності та індуктивності компонентів електронних схем	27.05.2022- 03.06.2022	
8.	Оформлення пояснювальної записки та презентаційного матеріалу	04.06.2022 - 10.06.2022	

Студент

✓ 
(підпис)

Я.А. Вакарюк
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Ю.О. Подчашинський
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Дипломна робота бакалавра на тему «Комп'ютеризована система вимірювання та контролю ємності та індуктивності компонентів електронних схем» містить 61 сторінки, 24 рисунків, 6 таблиць, 11 формул, 31 джерела.

В роботі проводиться обґрунтування актуальності створення комп'ютеризованої системи вимірювання та контролю ємності та індуктивності.

Розроблена структурна та принципова схема система вимірювання та контролю ємності та індуктивності. Оцінено похибки вимірювань комп'ютеризованою системою. На базі принципової схеми розроблена друкована плата. Прорахована надійність системи. Розроблена блок-схема алгоритму роботи програми та відповідна програма.

ANNOTATION

The bachelor's thesis on "Computerized system for measuring and controlling the capacitance and inductance of electronic circuit components" contains 61 pages, 24 figures, 6 tables, 11 formulas, 31 sources.

The paper substantiates the relevance of creating a computerized system for measuring and controlling capacitance and inductance.

The structural and schematic diagram of the system of measurement and control of capacitance and inductance is developed. The errors of measurements by a computerized system are estimated. On the basis of the schematic diagram the printed circuit board is developed. Calculated system reliability. The block diagram of the program algorithm and the corresponding program are developed.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	7
1.1. Призначення та область застосування та умови експлуатації.....	7
1.2. Технічні параметри системи.....	7
2. АНАЛІЗ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАНЬ ІНДУКТИВНОСТІ ТА ЄМНОСТІ	8
2.1. Аналіз методів вимірювання.....	8
2.2. Огляд та аналіз існуючих технічних рішень.....	9
3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ.....	16
3.1. Обґрунтування та вибір типу мікроконтролеру.....	19
3.2. Обґрунтування та вибір типу стабілізатора напруги.....	20
3.3. Обґрунтування та вибір типу дисплея.....	21
3.4. Обґрунтування та вибір типу реле.....	22
3.5. Обґрунтування та вибір типу кварцового резонатора.....	23
3.6. Обґрунтування та вибір типу тактової кнопки.....	24
3.7. Обґрунтування та вибір типу акумулятора.....	26
3.8. Розробка структурної схеми комп'ютеризованої системи.....	27
4. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ.....	28
4.1. Вибір мікроконтролеру.....	28
4.2. Вибір стабілізатора напруги.....	29
4.3. Вибір дисплея.....	30
4.4. Вибір реле.....	30
4.5. Вибір кварцового резонатора.....	31
4.6. Вибір кнопки.....	32
4.7. Вибір катушки індуктивності.....	33
4.8. Вибір акумулятора.....	34
4.9. Побудова принципової електричної схеми.....	35
4.10. Розрахунок похибки вимірювання.....	36
5. РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ТА АЛГОРИТМУ.....	41
5.1. Розробка алгоритму	42
5.2. Розробка програми.....	43
6. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	44
6.1. Розробка друкованої плати.....	44
6.2. Розрахунок надійності системи.....	45
7. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ.....	50
7.1. Охорона та аналіз умов праці на робочому місці.....	50
7.2. Розробка заходів з охорони праці та пожежна безпека приміщення	52
7.3. Навчання, інструктаж працівників з питань охорони праці.....	55
ВИСНОВКИ.....	57
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	58
ДОДАТКИ.....	61

					МММТ.470.002.002 – ПЗ			
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Комп'ютеризована система вимірювання та контролю ємності та індуктивності компонентів електронних схем Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Арк.шіт
Розробив		Вакарюк Я.А.						
Перевірив		Лугових О.О.					6	61
Рецензент		Ткачук А.Р.				ДУ «Житомирська політехніка», МТ-1		
Н. контр.								
Затверд.		Лугових О.О.						

ВСТУП

Важливо мати під рукою засіб для вимірювання ємності конденсаторів та котушок індуктивності. Це потрібно як при розробці електронних схем, так і для перевірки деталей. До того ж у виробників вже давно увійшло в моду не ставити маркування на корпусах радіодеталей. На вигляд вони можуть бути абсолютно однаковими, а номінали відрізняються в тисячі разів. Визначити це можна лише виміром параметрів. Тому, на даний момент вимірювач індуктивності та ємності є не замінний для людини, яка займається технічними розробками.

Аналогами такого пристрою є простий мультиметр, який поєднує в собі декілька функцій вимірювання. Здатний працювати з основними величинами. А саме з напругою, струмом, опором, ємністю та температурою, але часто в них не передбачено вимірювання індуктивності. Тому щоб дізнатися цю величину потрібно мати спеціальну приставку до мультиметра. Це є один з недоліків цього приладу.

Моєю метою є розробка менш дорогого вимірювача ємності та індуктивності з похибкою не більшою порівно з іншими аналогами. Особливостями є простота у вимірюванні та калібровки з використанням цифрового мікроконтролера. Вимірювач індуктивності та ємності є вимірювачем частоти, що має у складі генератор коливань, який генерує коливання і вимірює величини L або C за допомогою коливального контуру.

					МММТ.470.002.002 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

1 ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

1.1 Призначення та галузь застосування та умови експлуатації

1.1.1 Приблизний термін виконання робіт від 2 до 3 місяців.

1.1.2 Режими роботи прилада: вмикання та вимикання приладу, обнулення даних, калібрування, вимірювання індуктивності та ємності, виводу даних на дисплей.

1.1.3 Даний пристрій використовується в нормальних кліматичних умовах.

1.1.4 Відносна вологість - не більше 80 % при температурі +25 град.С.

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

1.1.6 Характер роботи циклічний.

1.2 Технічні параметри системи

1.2.1 Тактова частота процесора 32 мГц.

1.2.2 Підключення вимірюваних компонентів вручну.

1.2.3 Споживча потужність не більше 10 Вт.

Джерело живлення 9В.

1.2.4 Максимальна середньоквадратична похибка обчислювача – не більше 1 %.

1.2.5 Система є ремонтпридатна та такою що не резервується.

1.2.6 Напрацювання на відмову не менше 10000 годин.

1.2.7 Похибка вимірювання не більше 3%

					МММТ.470.002.002 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

2 АНАЛІЗ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАНЬ ІНДУКТИВНОСТІ ТА ЄМНОСТІ

2.1 Аналіз методів вимірювання

Індуктивність L і ємність C вимірюють непрямим методом, за допомогою амперметра, ватметра і вольтметра, для отримання більш точних результатів застосовують мостовий метод. До вимірювальних приладів безпосередньої оцінки значення вимірюваної ємності відносяться мікрофарадметри, дія яких базується на залежності струму або напруги ланцюга змінного струму від значення включеної до неї вимірюваної ємності.

Методом амперметра-вольтметра вимірюють порівняно великі ємності та індуктивності, при живленні схеми джерела низької частоти 50 - 1000 Гц. Перевагою цього є відносна простота і дешевизна при прийнятній точності для великих індуктивностей. Недоліком є те, що точність даного методу суттєво залежить від величини співвідношення активної та індуктивної складової опору котушки. Для вимірювання малих ємностей (не більше 0,01 - 0,05 мкФ) і високочастотних котушок індуктивності в діапазоні їх робочих частот широко використовують резонансні методи. Резонансна схема зазвичай включає генератор високої частоти, індуктивно або через ємність пов'язаний з вимірювальним LC-контуром. Як індикатори резонансу застосовують чутливі високочастотні прилади, що реагують на струм або напругу.[1]

При замірі елементів, зазвичай, не потрібна якась виняткова точність ($\pm 10\%$). Виявилось, що цю проблему можна вирішити за допомогою оригінальної ідеї - перекласти весь тягар вимірювань на комп'ютер, навіть не змінюючи в його конструкції.

Уже нікого не здивуєш тим, що комп'ютер може стати головною ланкою у вимірювальній чи аналітичній апаратурі. Для цих цілей, зазвичай, використовуються спеціальні модулі або плати розширення – дороге та рідкісне обладнання. Адже зовсім інша справа - найпростіший комп'ютер перетворити на цифровий мультиметр без будь-яких додаткових апаратних доробок та фінансових витрат.

					МММТ.470.002.002 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Існує два види електричного опору: реактивний та активний. Реактивний опір – це опір котушок індуктивності (дроселів) та конденсаторів. Активний опір (R) - це звичайний резистор, опір якого, загалом, не залежить від роду струму. Розмір реактивного опору вже залежить від частоти струму. Так на постійному струмі реактивний опір конденсатора спрямовується до нескінченності, а дроселя навпаки – до нуля (без урахування активної складової опору дроту).

Індуктивність котушки легко обчислюється за відомим опором та заданою частотою струму. При цьому фази напруги та струму дроселя індуктивності зсуваються відносно один одного, і тепер відстає струм від напруги на 90° .

Для того, щоб виміряти реактивний опір ємності та індуктивності, знадобиться насамперед змінний струм синусоїдальної форми. Із цим завданням програмного генератора може впоратися звукова плата комп'ютера. Визначає вона також величину електричного опору елемента, що вимірюється не вдаючись до спеціальних аналого-цифрових перетворювачів.

Усе це робить програма Multi Meter, використовуючи дуже оригінальний спосіб вимірювання електричного опору, ємності та індуктивності.

Вимірювальний перетворювач Multi Meter використовується як звичайна звукова карта. Тут простий принцип дії. Оскільки звукова карта є повноцінним АЦП, – добре відчувачи форму сигналу, вона не пристосована визначати його амплітуду прямим шляхом. Виявляється, що це обмеження можна оминати, використовуючи порівняння рівнів двох незалежних сигналів. Генерований сигнал змінного струму з виходу Line-Out надходить на лінійний вхід Line-In. По одному ланцюгу сигнал із Line-Out йде безпосередньо, без жодного опору на лівий лінійний вхід звукової карти – це еталонний сигнал. По іншому ланцюгу той самий вихідний сигнал надходить на правий лінійний вхід, але вже через елемент, що вимірюється. Значення частот Multi Meter можуть бути в інтервалі 50...1000 Гц. При вимірюванні ємності конденсаторів

					МММТ.470.002.002 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

номіналом 0,22мкф і вище рекомендується R serial 20 Ом та частоти 100/1000 Гц.

Для вимірювання конденсаторів менших номіналів рекомендується збільшувати частоти та опір R serial, але не більше ніж 1000 Ом.

Для вимірювання резисторів номіналом від 1 Ом до 10 ком рекомендується R serial 20 Ом, частоти не обумовлюються.

Рівень сигналу на лінійному вході та виході в мікшері Windows рекомендується поставити на середину, але не вище 3/4. Хоча може виявитися, що ці рівні потребують більш скрупульозного настроювання.[2]

Більше широко для вимірювання параметрів конденсаторів та індуктивностей застосовують урівноважені мости змінного струму, що дозволяють отримати малу похибку вимірювання (до 1%). Живлення моста здійснюється від генераторів, що працюють на фіксованій частоті 400–1000 Гц. Як індикатори застосовують випрямні або електронні мілівольтметри, а також осцилографічні індикатори.[1]

В електровимірювальній техніці цей метод застосовуються для вимірювання параметрів електричного ланцюга, їх перетворення в електричні сигнали як фільтри і т. д. У загальному випадку мостовим ланцюгом, або мостом, називають такий електричний ланцюг, в якому можна виділити дві гілки із взаємним опором, рівним нескінченності при певному співвідношенні параметрів елементів ланцюга, що дорівнює кінцевому значенню, якщо це співвідношення не виконується. Співвідношення параметрів елементів ланцюга, що забезпечують взаємний опір виділених гілок рівним нескінченності, називають умовою або рівнянням у рівноваги ланцюга.

Розрізняють мостові ланцюги постійного та змінного струму, залежно від виду напруги, що живить мостовий ланцюг. Перший застосовуються для вимірювання опору електричного ланцюга постійного струму, а також перетворення опору в струм або напруги.

У процесі вимірювання мостового ланцюга може призводитися до стану рівноваги. Такі ланцюги називають урівноваженими; інакше —

					МММТ.470.002.002 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

неврівноваженими. Неврівноважена бруківка може розглядатися як перетворювач опору в струм або напруги.

Похибка результату вимірювання параметрів мостовим методом залежить від багатьох причин. У врівноважених мостах джерелами похибок є:

- невідповідність значень параметрів елементів плечей моста (опорів, ємностей, індуктивностей) їх номінальним значенням, тобто похибки елементів плечей моста;
- недостатня чутливість моста до вимірюваного параметра, що не дозволяє точно встановити стан рівноваги моста, внаслідок чого зчитування результату вимірювання проводиться із мостової схеми, яка не врівноважена до кінця, і рівняння рівноваги точно не виконується;
- невраховані опори сполучних проводів, ізоляції, наявність ємнісних зв'язків елементів мосту між собою та із зовнішніми предметами тощо;
- перешкоди, зумовлені дією зовнішніх електричних та магнітних полів.

До перелічених вище джерел похибок у неуврівноважених мостах додається похибка вимірювального приладу, включеного в діагональ навантаження моста, невідповідність напруги живлення моста до номінального значення і методична похибка, обумовлена нелінійністю функції перетворення моста. Бажано неуврівноважені мости застосовувати в основному для порівняно грубих вимірів, коли допускається похибка виміру більше 1% діапазону вимірюваної величини.[3]

					МММТ.470.002.002 – ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Огляд сучасних вимірювачів індуктивності та ємності

Цифровий ESR, LCR метер, тестер для конденсаторів T4 Mega328 використовується для перевірки і визначення параметрів елементів живлення, конденсаторів, резисторів, котушок індуктивності, діодів, NPN і PNP транзисторів, сімісторів і т. п. з подальшим виведенням цих параметрів на рідкокристалічний дисплей. Прилад сам визначає тип підключеного елемента і вимірює його.



Рис. 2.1 – Цифровий ESR, LCR

Дозволяє проводити вимірювання :

- Опору;
- індуктивності;
- ємності конденсатора ;
- внутрішнього опору конденсатора ESR ;
- автоматичне визначення розпіновки і типу діодів і транзисторів ;
- вимірювання коефіцієнта передачі струму бази біполярного;
- транзисторів визначення напруги насичення біполярного транзистора.
- вимірювання ємності затвора польового транзистора
- визначення напруги відкриття польового транзистора
- вимірювання падіння напруги на діоді
- вимірювання паразитної ємності діода

					МММТ.470.002.002 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Характеристики:

- LCD екран 128*64 пікселів
- Прошивка на чіпі ATmega328p – v1.15RU
- Опір: 0.5 Ω – 50M Ω
- Ємність: 25pF - 100000uF
- Індуктивність дросель: 0.01 мН–20Н
- Напруга живлення: Крона 9В
- Струм в режимі очікування: 0.02 uA
- Робочий струм: 25mA

Також прилад призначений для вимірювання ESR (Equivalent Series Resistance) електролітичних конденсаторів на синусоїдальній змінному струмі частотою 62,5 кГц , що дозволяє реально оцінити стан конденсатора. Власне вимірювання можна проводити без демонтажу конденсатора з друкованої плати, що значною мірою зменшує час пошуку несправності. Завдяки низькому вимірювального напрузі точність вимірювань без демонтажу практично не страждає.

Алгоритм розрахунку ESR на базі вимірюного напруги враховує нелінійності пов'язані з ненульовим вихідним опором генератора 62,5 кГц і пропорції зміни напруги на низькоомних ділянки. Тим самим забезпечується високу точність і лінійність вимірювань у всьому діапазоні. Прилад допоможе підібрати електролітичні конденсатори для високоякісних УНЧ щодо мінімального ESR. Сьогодні існують рекомендації по використанню в таких підсилювачах конденсаторів тільки від деяких провідних виробників. Використання приладу дозволить підбирати конденсатори з реальним характеристикам, а не орієнтуватися на рекламований бренд. В цьому ж режимі можна вимірювати опору низькоомних резисторів до 2 Ом з точністю 0,01 і до 25 Ом з точністю 0,1 Ом. При вимірюванні низькоомних дрітних резисторів потрібно пам'ятати, що вимірювання здійснюється на змінному струмі і на результат впливає індуктивність резисторів. Це не є недоліком приладу, а навпаки, дозволяє більш точно оцінити можливість використання

					МММТ.470.002.002 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

резисторів у високочастотних схемах імпульсних перетворювачах, підсилювачах, ШІМ - регуляторах. В цьому ж режимі можна вимірювати внутрішні опору акумуляторів, батарей та інших хімічних джерел струму, що дозволяє судити про стан їх заряду і зносу. [4]



Рис. 2.2 – Мультиметр універсальний UNI-T UT53

Мультиметр UT53 – універсальний вимірювальний прилад від компанії UNI-T. Здатний вимірювати ємність до 20 мкФ, Опір до 200 МОм та температуру до 1000°C.

Конструктивні характеристики UT53

Великий екран UT53 мультиметра розташований на передній панелі. Для вибору режимів вимірювання необхідно скористатися перемикачем, розташованим у центральній частині. Зліва від нього розташувалася кнопка включення живлення та отвір для підключення термопари. У нижній частині пристрою розмістилися отвори для підключення щупів і роз'єм для перевірки діодів та транзисторів.

Мультиметр UT53 виготовлений з якісного пластику, одягненого в захисний чохол із прогумованого протиударного матеріалу. Завдяки йому мультиметр надійно фіксується у руці. Виробник заявляє, що пристрою не

					МММТ.470.002.002 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

страшні падіння з висоти 1.5 метра. Для того щоб стійко встановити вимірювальний інструмент на горизонтальній поверхні, на задній його частині є спеціальна ніжка.

Даний прилад здатний працювати з усіма основними величинами. А саме:

- постійною напругою від 200 мВ до 1000 В;
- змінною напругою від 200 мВ до 750 В;
- змінним струмом від 20 мА до 10 А;
- постійним струмом від 20 мА до 10 А;
- опором від 200 Ом до 200 МОм;
- ємністю від 2 нФ до 20 мкФ;
- температурою до 1000 °С.

Для вимірювання температури тут передбачено окремі гнізда, куди приєднується термопара, що йде в комплекті. Крім того, дана модель має традиційні для мультиметрів функції такі як продзвонювання ланцюга, тестування діодів і перевірка коефіцієнта посилення транзисторів. В даній моделі передбачено наявність функції автоматичного відключення живлення. Пристрій автоматично вимикається при тривалій бездіяльності, що заощаджує заряд батареї.

Технічні характеристики мультиметра UNI-T UT53:

- Постійна напруга: до 1000 В;
- Змінна напруга: до 750 В;
- Постійний струм: до 20 А;
- Змінний струм: до 20 А;
- Опір: до 200 МОм;
- Ємність: до 20 мкФ;
- Температура: до 1000°С;
- Живлення: Крона9 В (6F22);
- Кількість гнізд: 4 (для щупів), 2 (для конденсаторів), 2 (для термопари), 8 (для транзисторів);

					МММТ.470.002.002 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

- Стандарти електробезпеки: IEC 101-1; CAT I 1000 V; CATII 600 V; CAT III 300 V;
- Розміри: 19 x 8.8 x 3.4 см;
- Вага: 580 г; [5]



Рис. 2.3 – RLC вимірювач DT-9935

RLC вимірювач дозволяє вимірювати індуктивність, ємність, опір, а також коефіцієнт загасання (D), добротність (Q), тангенс кута діелектричних втрат (θ), еквівалентний послідовний і паралельний опір (ESR і R_p). Прилад оснащений автоматично режимом вибору діапазонів вимірювань для контролю опорів по постійному і змінному струму. Тому користувач може вимірювати параметри LCR безпосередньо в режимі AUTOLCR без перемикання режимів приладу вручну. Прилад дозволяє вибрати одну з п'яти частот тестування 100Гц / 120Гц / 1 кГц / 10кГц / 100кГц в залежності від типу тестованого компонента. Залежно від імпедансу компонента можна проводити вимірювання по послідовній або паралельній схемі.

Основні технічні характеристики і можливості вимірювача RLC DT-9935:

- подвійний РК-екран

					МММТ.470.002.002 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

- перевірка і вимір в автоматичному режимі AutoLCR
- схеми послідовного / паралельного підключення
- вимір параметрів: L_s / L_p / C_s / C_p і D / Q / θ / ESR
- п'ять частот тестування: 100Гц / 120Гц / 1 кГц / 10кГц / 100кГц
- напруга вимірювання: 0,6мВ V_{rms}
- багаторівневий детектор напруги батареї
- підсвічування і звукова сигналізація
- первинний екран параметрів: L_s : індуктивність при послідовному підключенні, L_p : індуктивність при паралельному підключенні, C_s : ємність при послідовному підключенні, C_p : ємність при паралельному підключенні, R_s : опір при послідовному підключенні, R_p : опір при паралельному підключенні
- вторинний екран параметрів: Θ : тангенс кута діелектричних втрат, ESP: еквівалентний послідовний опір, D : коефіцієнт загасання, Q : добротність.[6]



Рис. 2.4 – Вимірювач RLC E7-20

Вимірювач RLC та E7-20 , призначений для вимірювання параметрів опору і провідності мережі.

Прецизійний прилад класу точності 0,1 з широким діапазоном робочих частот 25 Гц & --- 1 МГц і високою швидкістю вимірювань до 25 вимірювань / сек.

					МММТ.470.002.002 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Параметри що вимірюються: індуктивність, ємність, опір, провідність, фактор втрат, добротність, модуль комплексного опору Z , реактивний опір, кут фазового зсуву, струм витоку.

Об'єкти вимірювання: ізольовані і заземлені конденсатори, котушки індуктивності, трансформатори, резистори, реле, перемикачі, діоди, кабелі, вхідні опору і ємності осцилографів, вольтметрів та інших приладів. При наявності відповідних датчиків прилад може вимірювати різні фізичні величини.

Використання: контроль якості ЕРЕ на вхідному і вихідному контролі і при ремонті, метрологічна атестація засобів вимірювальної техніки і різних функціональних пристроїв (реле, комутатори і т.п.) , нормування параметрів виробів мікроелектроніки, напівпровідникових виробів (діодів, варикапів, транзисторів) і різних матеріалів (феритів, діелектриків та ін.), наукові дослідження, контроль і управління технологічними процесами.

За допомогою такого приладу як вимірювач імітансу Е7-20 Можна здійснити перевірку деяких радіоелектронних компонентів.. Низька похибка при вимірюванні, надійність, зручність приладу при використанні виділяють цей прилад в ряд незамінних $\text{Nbsp; } 0,0001 \text{ пФ-1Ф, } 1 \text{ пкГн-10 кГн, } 10\text{МкрОм-10 МОм, Раб. частоти } 25\text{Гц} \dots 1\text{МГц}$ [7]

					МММТ.470.002.002 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

3 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

3.1 Обґрунтування та вибір типу мікроконтролера

Мікроконтролер – мікросхема, призначена для управління електронними пристроями. Всередині однієї мікросхеми змонтований процесор, пам'ять (ПЗУ та ОЗУ), периферійні пристрої, змусили їх працювати та взаємодіяти між собою та зовнішнім світом за допомогою спеціальної мікропрограми, яка зберігається всередині мікроконтролера. Таким чином, вони застосовуються не тільки в персональних комп'ютерах, а й майже у всій побутовій техніці, автомобілях, телевізорах, промислових роботах, навіть у військових радіолокаторах.

Можна сказати, що мікроконтролер це універсальний інструмент управління електронними пристроями, причому алгоритм управління ви закладаєте в нього самі і можете у будь-який час його змінити залежно від завдання, покладеного на мікроконтролер.

Переваги застосування систем з МК:

- Підвищується надійність системи за рахунок скорочення кількості корпусів і з'єднань.
- Знижується час розробки та модифікації;
- Істотно знижується вартість;
- Підвищується гнучкість;

Існує велика кількість типів мікроконтролерів, які відрізняються типом вбудованої пам'яті, архітектурою процесорного модуля, розміром корпуса і набором периферійних пристроїв.

Мікроконтролери, які мають 8-бітну розрядність актуальні на теперешній день. Це обґрунтовується тим, що застосувань їх не потребує високої продуктивності, але важлива низька вартість. В той же час цифрові сигнальні процесори мають помітні особливості, наприклад, швидке виконання операції, що характерні для цифрової обробки сигналів.

Окрім оперативного запам'ятовуючого пристрою, мікроконтролер може мати вбудовану незалежну пам'ять, яка призначена для зберігання даних і

					МММТ.470.002.002 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

програми. У багатьох контролерах взагалі немає шин для підключення зовнішньої пам'яті. А в деяких пристроях, для масового виробництва контролера допускають дешеву пам'яті, там використовується програма яка, має одноразовий запис і не буде оновлюватися. Інші модифікації контролерів мають можливість багаторазового перезапису незалежної пам'яті. У багатьох моделях мікроконтролерів використовується статична пам'ять для ОЗП і внутрішніх регістрів. Це дає контролеру можливість працювати на менших частотах і навіть не втрачати дані при повній зупинці тактового генератора. Різні режими енергозбереження передбачені виробником, однією з ознак є відключення обчислювального модуля і частина апаратного забезпечення. На відміну від процесорів загального призначення, в мікроконтролерах часто використовується гарвардська архітектура. [8]

3.2 Обґрунтування та вибір типу стабілізатора напруги

Стабілізатор напруги - це перетворювач електричної енергії, що дозволяє отримати на виході напругу, яка знаходиться в заданих межах, при значних коливаннях вхідної напруги і опору навантаження. Вони бувають лінійні та імпульсні.

Імпульсний стабілізатор напруги - стабілізатор, в якому регулюючий елемент (ключ) працює в імпульсному режимі, тобто регулюючий елемент періодично відкривається і закривається.

Енергія первинного джерела живлення передається через регулюючий елемент певними порціями, заданими контуром регулювання так, щоб стабільним було середнє значення вихідної напруги. Згладжування пульсацій вихідної напруги відбувається завдяки наявності елемента (або поєднання елементів), здатного накопичувати електричну енергію та віддавати її у навантаження.

Імпульсний стабілізатор напруги в порівнянні з лінійним стабілізатором має менші втрати енергії на нагрівання регулюючого елемента, що підвищує ККД стабілізатора і дозволяє застосовувати регулюючий елемент меншої

					МММТ.470.002.002 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

потужності, а радіатор менших розмірів та маси.

Переваги:

- високий ККД, особливо під час роботи у великому діапазоні вхідних напруги;
- малі габарити та маса (висока питома потужність) ;
- принципова можливість гальванічної розв'язки вхідних і вихідних ланцюгів, під час роботи від промислової мережі змінного струму не потрібно використання має великі габарити і вага трансформатора, розрахованого на частоту 50/60 Гц.

Недоліки:

- імпульсні перешкоди у вхідних та вихідних ланцюгах – як диференціальні (протифазні), так і перешкоди загального виду (синфазні перешкоди);
- більш висока нестабільність вихідної напруги за зміни вхідної напруги чи струму навантаження;
- більш тривалі перехідні процеси (більший час відновлення вихідної напруги після стрибкоподібної зміни вхідної напруги або струму навантаження) [9];

3.3 Обґрунтування та вибір типу дисплея

Дисплей – це електронний засіб для відтворювання графічної й алфавітно-цифрової інформації. Дисплеї служать для передавання інформації від електронного пристрою до людини. Їх широко використовують у вимірювальних приладах, електронних годинниках, термометрах, калькуляторах, мобільних телефонах тощо.

Деякі дисплеї здатні відображати лише цифри та деякі буквені символи. Такі дисплеї називаються сегментними індикаторами, оскільки вони складаються з декількох сегментів, комбінація станів яких (увімкнений чи вимкнений) дозволяє відобразити бажаний символ (гліф). Як сегменти зазвичай використовують світлодіоди або рідкі кристали.[10]

					МММТ.470.002.002 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

3.4 Обґрунтування та вибір типу реле

Реле – електричний пристрій (вимикач), призначене для замикання і розмикання різних ділянок електричних ланцюгів при заданих змінах електричних або неелектричних вхідних величин. Найчастіше, це автоматичний пристрій, який реагує на зміни параметру (температури, тиску, освітленості тощо) і який, у разі досягнення параметром заданої величини, замикає або розмикає електричне коло.

Реле застосовуються там, де потрібно контролювати електричне коло за допомогою сигналу з низьким енергоспоживанням з повною гальванічною розв'язкою, або де кілька схем повинні керуватися одним сигналом. Реле широко використовувалися на телефонних станціях й перших комп'ютерах для виконання логічних операцій.

Реле складається з релейного елементу (з двома станами стійкої рівноваги) і групи електричних контактів, які замикаються (розмикаються) у разі зміни стану релейного елементу. Реле на базі електронних, магнітних, оптичних або інших складників без механічно рухомих частин, носить назву твердотільне реле.

Розрізняють теплові, механічні, електричні, оптичні, акустичні реле, які застосовують в системах автоматичного керування, контролю, сигналізації, захисту, комунікації та інше.

Реле з каліброваними експлуатаційними характеристиками і іноді з кількома операційними котушками, використовуються для захисту електричних кіл від перевантажень і збоїв; у сучасних електроенергетичних системах ці функції виконуються за допомогою цифрових інструментів, які досі називають захисними реле. [11]

3.5 Обґрунтування та вибір типу кварцового резонатора

Кварцовий резонатор (кварц) – генератор електромагнітних коливань з високим ступенем сталості частоти. Основа такого радіокомпонента – кварцова

					МММТ.470.002.002 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

(або керамічна) пластина, на якій знаходиться два електроди. Під впливом струму пластина починає деформуватися, породжуючи вібрації певної частоти. Частота і тип вібрації залежить від типу кристала (його розмірів, форми, товщини), кількості електродів, нанесених на кристал, а також напруги та сили струму, які на нього надходять.

Застосування кварцових резонаторів

Кварцові резонатори є складовим компонентом генераторів тактових імпульсів, які широко застосовуються в сучасній цифровій техніці. Переваги та недоліки перед аналогічними пристроями:

- Кварци можуть мати дуже невеликий розмір, аж до часток міліметра. Це дозволяє застосовувати їх навіть у наймініатюрніших пристроях та сучасних гаджетах.
- Сучасні кварцові резонатори мають надзвичайно великий термін служби.
- Також кварцові резонатори мають високу температурну стабільність. Навіть при високому нагріванні при роботі пристрою вони нормально функціонуватимуть.
- За допомогою кварцових резонаторів можна будувати ефективні та недорогі каскадні фільтри, які абсолютно не потребують ручного налаштування.

Крім такого величезного набору переваг, кварцові резонатори мають недоліки. Точніше лише один:

- Дуже вузький діапазон підстроювання частоти зовнішніми пристроями. Для створення багатодіапазонних систем доводиться збирати синтезатори частоти різного ступеня складності.[12]

3.6 Обґрунтування та вибір типу кнопки тактової

Кнопка включення чи виключення – це механічний пристрій передачі сигналу/введення інформації: елементарний фізичний механізм передачі електричного сигналу різним пристроям шляхом замикання або розмикання

					МММТ.470.002.002 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

двох або більше контактів . За своєю суттю є датчиком зовнішнього фізичного впливу (зусилля натискання), що передає далі факт такого з'єднаного з ним пристроїв. Для користувача термін «кнопка» обмежений кришкою, частиною конструктиву механізму «кнопка», на яку він, власне, і натискає.

У більш широкому сенсі кнопка – певна обмежена поверхня, натискання на яку є подією (не обов'язково викликає комутацію електричного ланцюга), що призводить до реакції у відповідь пов'язаного з нею пристрою.

Замикання (розмикання) контактів кнопки відбувається при додатку деякого, заданого конструктивно, зусилля вздовж \ уявної осі натискання, яка найчастіше перпендикулярна площині кріплення кнопки. [13]

3.7 Обґрунтування та вибір типу акумулятора

Акумулятор - це багаторазове джерело струму, яке призначене для накопичення та зберігання енергії.

Його робота заснована на оборотних окиснювально-відновних реакціях, що дає можливість використовувати батарею багаторазово. Для створення акумуляторної батареї кілька акумуляторів з'єднують в один ланцюг. Батареї – це електрохімічні пристрої, які перетворюють активні матеріали вищого рівня на альтернативний стан під час розряду. Швидкість такого перетворення визначає навантажувальні характеристики акумулятора. Нікелеві та літієві батареї перевершують свинцеві батареї за швидкістю реакції.

Для побутових приладів та інструментів використовується кілька типів акумуляторних батарей.

1. Нікель-кадмієві (NiCd) є одними з довговічних акумуляторів з точки зору терміну служби, здатні витримувати велику кількість розрядів і зарядів, стійкі до низьких температур, також вони мають великий допустимий струм розряду, мають низьку ціну та великий термін служби.

Недоліки: швидко саморозряджається, має низьку щільність енергії, має "ефект пам'яті", що призводить до зниження корисної ємності при неповному

					МММТ.470.002.002 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

розряді батареї.

2. Нікель-металогідридні (NiMh). Ця батарея пропонує до 50% більше енергії ніж нікель-кадмієві. Має короткий термін служби. Зараз вони масово використовуються для різної побутової техніки, але для телефонів та ноутбуків застосовуються ще прогресивніші види.

3. Літій-іонні (LiIon). Серед акумуляторів мають найвищу щільність енергії та найлегші. Найчастіше використовується для живлення ноутбуків, фотоапаратів та іншої техніки, але в сучасних телефонах вони вже використовуються рідко.

Їхній основний недолік у високій чутливості до перезаряду, тому в пристроях, де використовуються такі батареї, обов'язково встановлюють контролер, який обмежує заряд.

Літій-полімерні (LiPol). Основною їх відмінністю є те, що електроліт гелеподібний, тому такі акумулятори можуть бути дуже тонкими. Вони найчастіше застосовуються в мобільних телефонах, плеєрах та іншій техніці, що має невеликі розміри. Такі батареї також чутливі до перезаряду. Якщо порушується герметичність не можна експлуатувати таку батарею.[14]

3.8 Розробка структурної схеми комп'ютеризованої системи



Рисунок 3.1 – Структурна схема комп'ютеризованої системи вимірювання та контролю ємності та індуктивності компонентів електронних схем

Схема складається з наступних елементів:

- Мікроконтролер PIC16F1936 для управління пристроєм вимірювання;
- Акумулятора для живлення пристрою;
- Стабілізатора напруги для стабілізації напруги;
- Реле для вибору режиму вимірювання ємності чи індуктивності;
- Роз'єму X2, X3 куди підключаються щупи для вимірювання;
- Перемикач включення чи виключення живлення
- Кнопка скидання даних використовується для обнулення, тобто повернення до початкових даних;
- Дисплей для виведення результату вимірювання ємності чи індуктивності;
- Кварцовий резонатор видає електричний імпульс з частотою 32 МГц на вхід мікроконтролера для обробки показів, інформації та обчислення по програмі.

					МММТ.470.002.002 – ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ

4.1 Вибір мікроконтролера

При виборі мікроконтролера враховувалося надійність та продуктивність, важливою метою був вибір найменш дорогого МК. Це є 8-ми бітний мікроконтролер PIC16F1936 з флеш-пам'яттю, виготовлені за нановатною інтегральною технологією, який має внутрішній компаратор. Цей мікроконтролер найкраще підходить за своїми технічними характеристиками та можливостям. Використовувати більш потужний та дорожчий мікроконтролер в даній схемі буде не доцільно.



Рис. 4.1 – Мікроконтролер PIC16F1936

Характеристики:

- Тактова частота: 32 МГц
- Ширина шини даних: 8 bit
- MIPS (продуктивність процесора) (MIPS): 8
- Внутрішній генератор: 32 МГц
- Технологія пам'яті (Тип пам'яті): Flash
- Розмір програмної пам'яті (Програмна пам'ять): 14000 Б
- Пам'ять даних (EEPROM): 256 Б
- Пам'ять ОЗУ (SRAM): 512 Б
- Кількість ліній введення-виводу (I/O): 25
- Типи послідовних інтерфейсів і кількість каналів (Послідовні інтерфейси): EUSART, I²C, SPI

					МММТ.470.002.002 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

- Напруга живлення (min) ($U_{\min}$): 1.8 В
- Напруга живлення (max) ($U_{\max}$): 5.5 В
- Мінімальна робоча температура ($t_{\min}$): -40 °С
- Максимальна робоча температура ($t_{\max}$): 125 °С
- Корпус: SOIC-28[15]

4.2 Вибір стабілізатора

Класичний параметричний стабілізатор напруги 5В LM7805 в корпусі ТО-220. Стабілізатор незамінний в конструкціях, для яких важлива не тільки стабільність напруги, але і мінімальний рівень шумів напруги живлення. Має просте підключення та мінімальну кількість додаткових зовнішніх компонентів.



Рис. 4.2 – Стабілізатор LM7805

Для стабільної роботи стабілізатора необхідно встановити на вході і виході по керамічному та електролітичному конденсатору ємністю 0,1мкФ і 100,0мкФ на напругу не нижче напруги відповідного кола.

Характеристики:

- Вхідна напруга: от 7 В до 25 В
- Вихідна напруга: 5 В
- Максимальний вихідний струм: 1,5 А
- Корпус: ТО-220 [16]

					МММТ.470.002.002 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

4.3 Вибір дисплея

Для виводу інформації було обрано модель WH1602B – це компактний дисплей, дані з різних датчиків виводиться на червоний фон, текст відображається чорним кольором. Даний LCD з розмірами 16x2 це рішення є цілком прийнятне у своєму сегменті, так як пропонує оптимальне співвідношення функціонала та вартості. На екран поміщаються 30 символів.

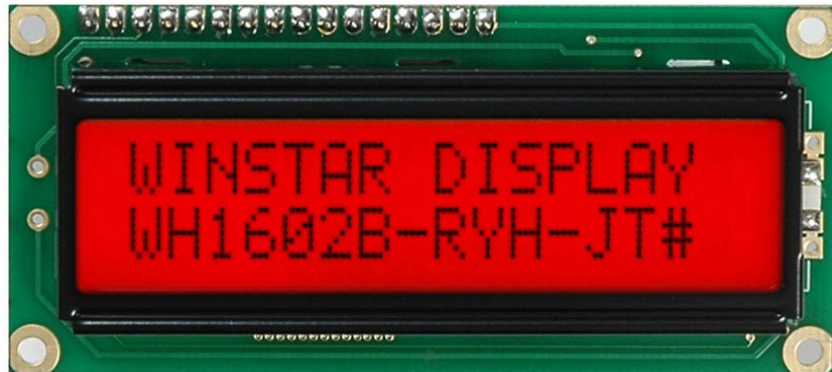


Рис. 4.3 – LCD Дисплей WH1602B

Характеристики:

- 5x8 точок (включаючи курсор)
- Напруга живлення - 5V
- Негативна напруга (на вибір) для +3V
- 1/16 робочий цикл
- LED керується PIN1, PIN2, PIN15, PIN16 або A і K
- WH1602B2: сумарна товщина 10.0mm
- Інтерфейс: 6800 (ST7066 IC або еквівалентний), На вибір SPI/I2C (RW1063 IC) [17]

4.4 Вибір реле

Електромагнітне реле G2RL-24-DC5 загального призначення має напругу котушки – 5 В, максимальний струм – 2 А, номінальний струм – 0.8 А

					МММТ.470.002.002 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30



Рис. 4.4 – Реле G2RL-24-DC5

Цілком підходить для вибору режиму вимірювання ємності чи індуктивності. Ці силові реле мають низький профіль з висотою 15,7 мм. Реле доступні в кількох типах, наприклад, однополюсні, двополюсні, реле високої потужності та високочутливі. Він забезпечує високу ізоляцію з відстанню ізоляції вище 8 мм і витримує імпульсну напругу 10 кВ між котушкою і контактами.[18]

4.5 Вибір кварцового резонатора

Кварцовий резонатор, частота 32 МГц у корпусі HC49/U3H з двома виходами (човник). Розмір: 11,35x5.0x3,5. Температурний діапазон: -20/+70С Стабільність частоти +/- 30ppm. Призначений для використання в аналогових та цифрових ланцюгах для стабілізації та виділення електричних коливань.



Рис. 4.5 - Кварцовий резонатор

Основні характеристики:

- Коливальна частота 32 МГц.

					МММТ.470.002.002 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

- Розмір корпусу: 11.35×5×3.5 мм (НС-49S)
- Відхилення від частоти: +5ppm на рік (макс)
- Температурна стабільність: +30 ppm (в роб. діапазоні)
- Робоча температура: -20 до +70 град.С
- Частота 16,0 МГц
- Стабільність при 25°C 30 ppm
- Монтаж HC49US
- Навантажувальна ємність 7пФ[19]

4.6 Вибір кнопки

Тактова кнопка AMP-X017 – простий, всім відомий механізм, що замикає ланцюг, поки є тиск на штовхач. Кнопка з 4 контактами слід розглядати як 2 пари рейок, які з'єднуються при натисканні.



Рис. 4.6 – Кнопка тактова AMP-X017

Технічні характеристики:

- Довжина: 6 мм.
- Ширина: 6 мм.
- Висота: 4.3 мм
- Максимальний струм: 5200 mA
- Максимальна напруга: 12 В
- Кількість висновків: 4
- Робоча температура: -20 до 70°C

					МММТ.470.002.002 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

4.7 Вибір катушки індуктивності

Серія B82477G4823M, має високу надійність і електромагнітні характеристики. Індуктивності даної серії мають показник струму насичення на 30%, що перевищує аналогічний показник у стандартних серіях. Значення сили струму варіюється від 1,05 до 38 ампер при індуктивності 0,82 до 1000 мкГн.

Широкий діапазон робочих температур (від -55 до 150 ° C) задовольняє найсуворішим вимогам автомобільного стандарту якості AEC-Q200.

Сконструйований на підкладці, цей тип індуктивностей задовольняє найсуворішим вимогам щодо механічної стабільності.

Габарити даної серії складають 12,5*12,5 мм за максимальної висоти 8,5 мм. У зв'язку з наявністю магнітного екрану індуктивність може бути розташована в безпосередній близькості від інших компонентів на друкованій платі. Завдяки низькому опору та високому струму насичення серія B82477 може успішно конкурувати не лише з продукцією аналогічного класу.



Рис. 4.7 – Катушка індуктивності B82477 G4823M

Технічні характеристики

- Номінальна індуктивність – 82 мкГн
- Допуск номінальної індуктивності –20 %
- Активний опір – 0.145 Ом
- Довжина корпусу –12.8 мм
- Діаметр (ширина) корпусу – 12.8 мм
- Максимальний постійний струм – 1900 мА
- Вага – 4.2 г.[20]

					МММТ.470.002.002 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

4.8 Вибір акумулятора

Основні елементи, які вживають потужність – це мікроконтролер, реле та дисплей. Для вибору блока розраховують потужність за формулою:

$$P = I * U \quad (4.1)$$

Таблиця 4.1. – Розрахунок потужності

Елемент	Напруга, U	Струм, I	Потужність, P
Мікроконтролер	5 В	0,25 А	1,25 Вт
Реле	5 В	0,8 А	4 Вт
Дисплей	5 В	0,1 А	0,5 Вт

Для живлення системи використовується лінійний стабілізатор з малою похибкою стабілізації, в якого вхідна напруга від 7В до 25В. За даними, які приведені в таблиці 4.1 та з урахуванням стабілізатора, можна сказати, що акумуляторна батарея на 9 В, 1 А цілком підходить для нашої системи.



Рис. 4.8 – акумуляторна батарея 9 В

4.9 Побудова принципової електричної схеми

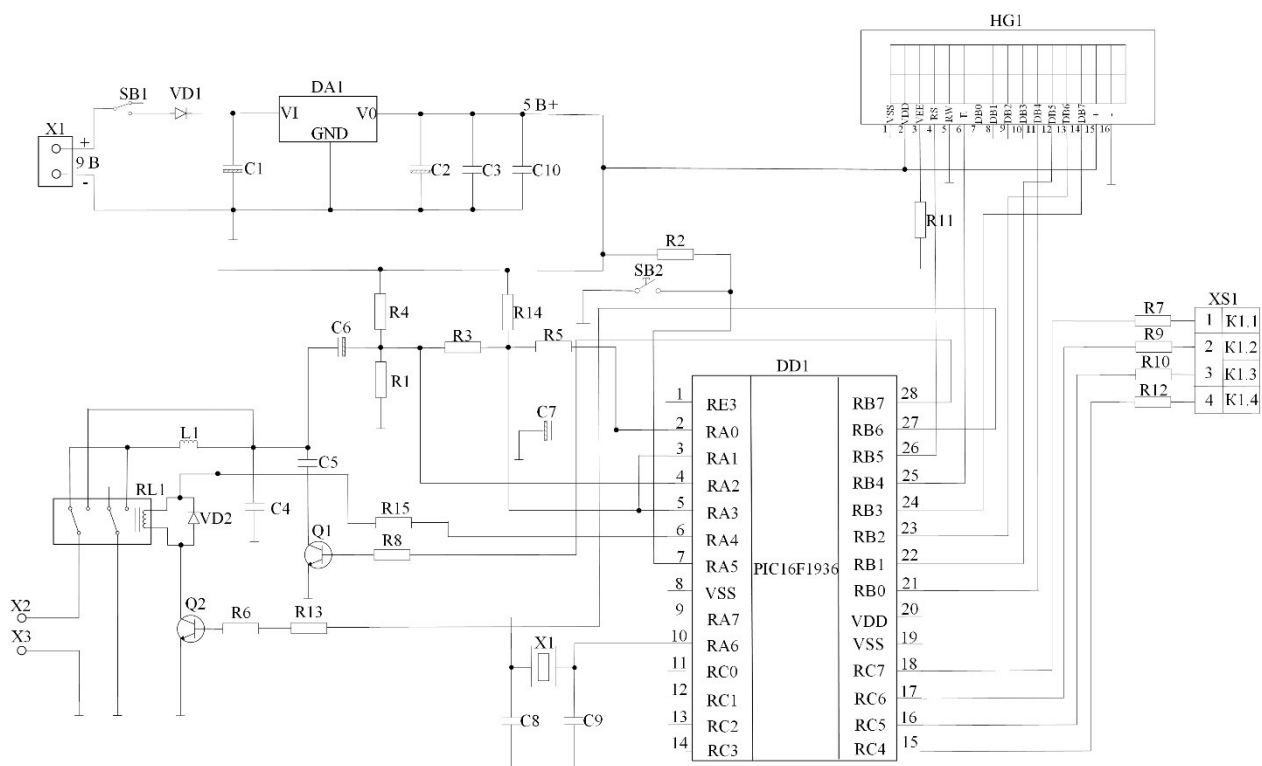


Рис. 4.9 – Принципово-електрична схема комп'ютеризованої системи вимірювання та контролю ємності та індуктивності компонентів електронних схем

Вимірювач індуктивності та ємності є вимірювачем частоти, що має у складі генератор коливальних, який генерує коливання і вимірює величини L або C , після чого обчислюється кінцевий результат. Похибка частоти становить 1 Гц. Лічильник працює на основі математичних рівнянь. Для обох невідомих L та C , рівняння обрахунку є загальними.

$$F_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (4.2)$$

$$F_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{l(C + C_{cat})}} \quad (4.3)$$

$$F_3 = \frac{1}{2\pi\sqrt{l(C + C_x)}} \quad (4.5)$$

$$F_4 = \frac{1}{2\pi\sqrt{C(l + l_x)}} \quad (4.6)$$

$$C_x = \frac{\left(\frac{F_1}{F_3}\right)^2 - 1}{\left(\frac{F_1}{F_2}\right)^2 - 1} \times C_{cat} \quad (4.7)$$

$$C_x = \left\{ \left(\frac{F_1}{F_4}\right)^2 - 1 \right\} \times \left\{ \left(\frac{F_1}{F_2}\right)^2 - 1 \right\} \times \frac{1}{C_{cat}} \times \left(\frac{1}{2\pi F_1}\right)^2 \quad (4.8)$$

Для обох невідомих величин L і C застосовується рівність 4.2 і 4.3. Середні значення F1 ми отримуємо за допомогою LC коливального контуру, потім приєднуємо Ccat паралельно коливальному контуру і отримуємо величину F2.

Одразу після цього

1. Для ємності потрібно знайти величину F3 (рівняння 4.5), залишаючи Cx паралельно коливальному контуру, потім обчислюється Cx з рівняння 4.7
2. Для індуктивності потрібно знайти величину F4 (рівняння 4.6), залишаючи Lx послідовно коливального контуру, потім обчислюється Lx з рівняння 4.8

Після отримання приблизних значень індуктивності або ємності програма автоматично приведе значення до технічних одиниць, які відобразить на рідкокристалічному дисплеї роздільною здатністю 16x2.

Особливо точних компонентів не потрібно, за винятком відомих «зовнішніх» конденсаторів C4, C5, що використовуються для калібрування.

Два конденсатори по 1000 пФ повинні бути досить гарної якості (важлива, точність та стабільність). Переважно це полістиролові конденсатори. Їх ще називають плівковими, одна з властивостей є здатність до самовідновлення. Якщо при перенапрузі стався пробій діелектрика, то через місце пробою починає протікати струм, який розігріватиме металеву плівку біля місця пробою. Поступово розігрівуючись, метал розплавляється та випаровується. В результаті діелектрична міцність відновлюється.

Два конденсатори по 10 мкФ у генераторі повинні бути танталовими (для низького послідовного опору/індуктивності).

					МММТ.470.002.002 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Реле слабострумне. Мікроконтролер може забезпечити лише близько 30 мА струму збудження. Реле має "втягуватися" при подачі на котушку 4,5 вольт. Призначене для вибору L або C режиму вимірювання

Після закінчення процесу загального складання необхідно буде відкалібрувати конструкцію. Калібрування здійснюється за допомогою приєднання стандартного конденсатора. Вимірювач LC повинен зчитувати показання поряд зі своїм значенням (з похибкою до +/- 10%). Перемички K1.1 та K1.2 призначені для збільшення (+) та зменшення (–) значень. Функція вимірювання індуктивності автоматично калібрується під час калібрування функції ємності. Після калібрування максимальна похибка буде близько 1%, що є достатньо для визначення ємності та індуктивності компонентів електронних схем. Дампери можна зняти, тому що мікроконтролер запам'ятає встановленні параметри.

4.10 Розрахунок похибки вимірювання

Виміряти будь-яку величину абсолютно точно неможливо. Завжди наявна похибка. Інтуїтивно зрозуміло, що похибка — це відхилення виміряного значення фізичної величини від точного. Однак, оскільки ми маємо справу з кількісними характеристиками фізичних величин, введемо такі ж характеристики для похибок вимірювання.

Похибкою фізичної величини X називають різницю між її істинним x та дійсним $\bar{x}$ значеннями. Зазвичай використовують абсолютну похибку фізичної величини Δx . Це різниця за модулем між її істинним та дійсним значеннями:

$$\Delta x = |x - \bar{x}| \quad (4.9)$$

Абсолютна похибка Δx фізичної величини показує, наскільки істинне значення x фізичної величини відрізняється від дійсного $\bar{x}$. Розмірність абсолютної похибки відповідає розмірності фізичної величини. Користуючись означенням модуля числа вираз можна переписати так:

$$x = \bar{x} \pm \Delta x \quad (4.10)$$

					МММТ.470.002.002 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Вираз (4.10) називають кінцевим результатом і записують для числового значення кожної фізичної величини як підсумок виконання.

Однак абсолютна похибка не дає змоги визначити якість вимірювання відносно. Тому вводять відносну похибку, яка характеризує якість вимірювання. Вона показує, яку частину в значенні фізичної величини займає її абсолютна похибка і тому характеризує якість вимірювання.

Відносна похибка δx фізичної величини чисельно дорівнює відношенню абсолютної похибки Δx вимірювання до її істинного значення x .

$$\delta x = \frac{\Delta x}{x} * 100\% \quad (4.11)$$

Правило «трьох сигм» дає змогу відслідковувати промахи. Якщо похибка i -того вимірювання є більшою за максимально можливу похибку $\Delta x_{\max} = 3 \sigma_v$, то його вважають промахом і відкидають. Під час виконання наукових вимірювань кількість повторних вимірювань незначна ($n < 30$). За таких умов випадкову похибку визначають на підставі закону розподілу випадкових похибок Стюдента за формулою:

$$\Delta_v x = t_{pm} \delta_v \quad (4.12)$$

Для цього розраховують σ_v за (3.17). Коефіцієнт Стюдента t_{pm} визначають з таблиці за вибраною надійною ймовірністю P та кількістю повторних вимірювань $m = n - 1$. Знайдені значення σ_v , t_{pm} підставляють у формулу (4.12).

Похибку, зумовлену рівнем недосконалості приладу, називають похибкою приладу і визначають за допомогою його класу точності. Клас точності приладу k ґрунтується на понятті відносної зведеної похибки δx_{zv} . Це похибка, яка чисельно дорівнює відношенню граничної абсолютної похибки Δx_{gr} вимірювання до граничного значення приладу x_{gr} і виражена у відсотках:

$$k = \delta x_{zv} = \frac{\Delta x_{gr}}{x_{gr}} * 100\% \quad (4.13)$$

де граничне значення приладу x_{gr} — це максимальне значення, до якого може вимірювати прилад у даному діапазоні; гранична похибка приладу Δx_{gr} — максимально допустима похибка, яку дає прилад під час вимірювань.

					МММТ.470.002.002 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Під час прямих вимірювань значення x фізичної величини X знаходять безпосередньо з експерименту. Нашою метою буде оцінка околу — надійного інтервалу, в якому із заданою надійною ймовірністю P міститься істинне значення x вимірюваної фізичної величини X .

Випадкова похибка вимірювання $\Delta x_{\text{вип}}$ має три складові: випадкову похибку $\Delta x_{\text{в}}$, похибку приладу $\Delta x_{\text{п}}$ та похибку заокруглення $\Delta x_{\text{з}}$. Отже, за умови, що $\Delta x_{\text{сист}} = 0$, сумарна похибка Δx дорівнює:

$$\Delta x = \sqrt{(\Delta_{\text{в}})^2 + (\Delta_{\text{п}})^2 + (\Delta_{\text{з}})^2} \quad (4.14)$$

Під час опрацювання результатів експерименту часто доводиться заокруглювати числові значення обчислень та вимірювань. Операція заокруглення дає свій внесок у сумарну похибку і його слід враховувати. Коли відліки показів приладу заокруглюють до цілих значень або часток поділок. За відсутності систематичних похибок максимальна похибка не перевищує $h/2$, де h — інтервал заокруглення. Інтервал заокруглення h може дорівнювати ціні поділки приладу, якщо відлік беруть з точністю до цих поділок. Похибкою заокруглення називають величину, яку обчислюють за формулою:

$$\Delta x_{\text{з}} = P \frac{h}{2} \quad (4.15)$$

де P — задана надійна ймовірність.

Оцінюючи випадкову похибку приладу, враховують, що вона випадково розподілена у межах інтервалу значень, межі якого визначає гранична похибка приладу. Тому для заданої надійної ймовірності P похибку приладу обчислюють так [21]:

$$\Delta_{\text{пр}} x = t_p \frac{\Delta x_{\text{гр}}}{3} = \frac{1}{300} t_p k x_{\text{гр}} \quad (4.16)$$

де t_p — коефіцієнт, який визначають за надійною ймовірністю P

Нехай проведено десять повторних вимірювань індуктивності катушки $L = \{5,05; 4,93; 4,95; 5,06; 5,07; 5,06; 5,06; 4,95; 4,96; 4,96\}$ мГн на вимірювачі індуктивності та ємності з діапазоні 0 до 10 мГн. За відомими формулами шукаємо:

1) середнє арифметичне L за:

					МММТ.470.002.002 – ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\bar{L} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} L_i \cong 5,005$$

2) похибки повторних вимірювань ΔL_i та ΔL_i^2

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

Результати вимірювань та обчислень заносимо у табл. 4.2.

Таблиця 4.2.

№ з. п.	L, мГн	ΔL , мГн	ΔL^2 , мГн ²
1	5,05	0,045	0,002
2	4,93	0,075	0,006
3	4,95	0,055	0,003
4	5,06	0,055	0,003
5	5,07	0,065	0,004
6	5,06	0,055	0,003
7	5,06	0,055	0,003
8	4,95	0,055	0,003
9	4,96	0,045	0,002
10	4,96	0,045	0,002
сер	5,005	0,055	0,003

3) випадкову похибку вимірювання за (4.12): З таблицею знайдемо коефіцієнт Стьюдента для 10 вимірювань і довірчої ймовірності 0,95 $t_{0,95}=2,31$; розрахуємо за виправлене вибіркове середнє квадратичне відхилення:

$$\sigma_B = \sqrt{\frac{1}{10 \times 9} \sum_{i=1}^{10} (\bar{L} - L_i)^2} \approx 0,058 \text{ мГн}$$

та знайдемо випадкову похибку:

$$\Delta_B L = 2,31 * 0,058 = 0,133 \text{ мГн}$$

4) похибку приладу за (4.16): $\Delta_{пр} L = \frac{1}{300} t_p k L_{гр}$. Для надійної ймовірності $P = 0,95$ з табл. 3.3 знайдемо $t_{0,95}=2,0$. Враховуючи, що за умовою $L_{гр} = 10$ мГн, а клас точності $k = 1$, отримаємо:

$$\Delta_{пр} L = \frac{1}{300} 2,0 * 10 * 1 \approx 0,06 \text{ мГн};$$

5) похибку заокруглення за (4.15): $\Delta L_3 = P \frac{h}{2}$. Для цього знайдемо інтервал заокруглення h як половину останнього розряду вимірюваної величини — 0,05. Отже:

					МММТ.470.002.002 – ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta L_3 = 0,95 * \frac{0,05}{2} \approx 0,02 \text{ мГн}$$

6) загальну абсолютну похибку (4.14):

$$\Delta R = \sqrt{(\Delta_B L)^2 + (\Delta_{\pi} L)^2 + (\Delta_3 L)^2} = \sqrt{0,13^2 + 0,06^2 + 0,02^2} \approx 0,14 \text{ мГн}$$

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

7) відносну похибку за (4.11)

$$\delta L = \frac{\Delta L}{\bar{L}} \times 100\% = \frac{0,14}{5,005} \times 100\% \approx 2,79\%$$

Записуємо кінцевий результат:

$$L = (5,005 + 0,14) \text{ мГн при } \delta L = 2,79\%$$

Знайдемо абсолютну та відносну похибки, виходячи з поняття середнього арифметичного без використання теорії похибок. Середнє значення відоме: $\bar{L} \cong 5,005 \text{ мГн}$. Знайдемо середню арифметичну похибку $\Delta \bar{L}$ та відносну δL :

$$\Delta \bar{L} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} \Delta L_i \cong 0,055 \text{ мГн}$$

$$\delta L = \frac{\Delta \bar{L}}{\bar{L}} * 100\% \approx 1,09\%$$

Запишемо кінцевий результат:

$$L = \bar{L} \pm \Delta \bar{L} = 5,005 \pm 0,055 \text{ мГн при } \delta L = 1,09\%$$

					МММТ.470.002.002 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

5 РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ТА АЛГОРИТМУ

5.1 Розробка алгоритму

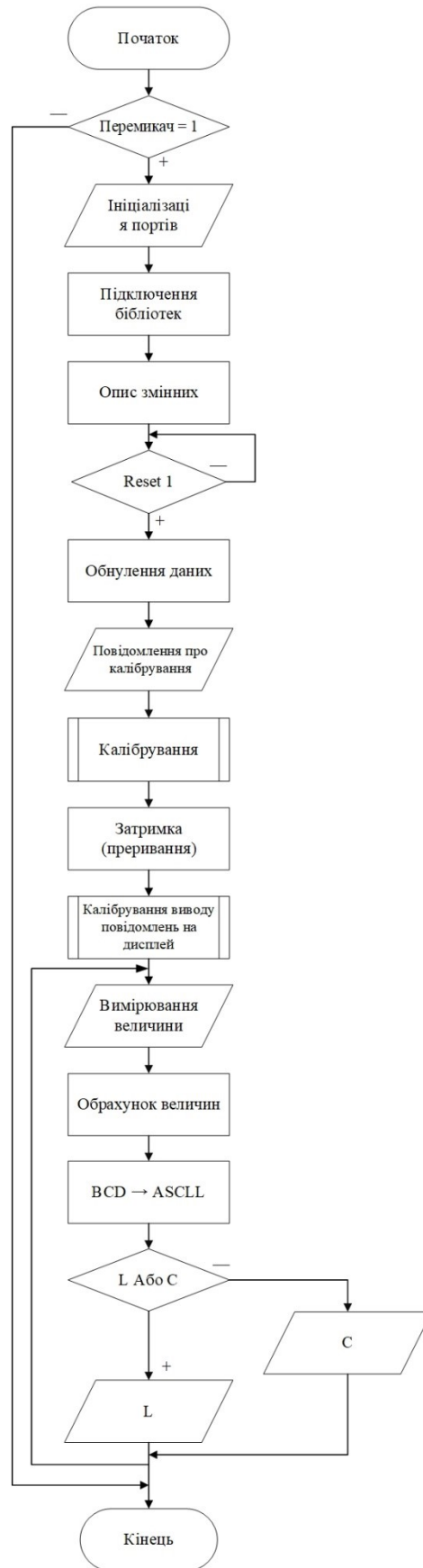


Рис. 5.2 Алгоритм роботи системи виміру індуктивності та ємності

					МММТ.470.002.002 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Принцип роботи системи згідно алгоритму. Початок. При ввімкненні пристрою (перемкач =1), відбувається ініціалізація портів, тобто приведення портів у стан готовності. Потім слідує підключення бібліотек основної програми, та присвоювання значення для змінних. Обнулення даних, вивід калібровки на екран, вимірювання калібровачної ємності. Після того йде переривання, тобто сигнал, який повідомляє мікроконтролер про настання події. Вивід значення калібровки, вимірювання величини та її обрахунок. Конвертація коду в символи на дисплеї та вибір індуктивності або ємності. Програма зациклюється та повторюється з моменту опитування датчиків доки не відбудеться вимикання системи. Кінець.

5.2 Розробка програми

Програма для контролера – це набір машинних кодів, записаний у файлі з розширенням «hex» (.hex), який і потрібно заливати в контролер за допомогою програматора. Ніякої іншої мови контролер не розуміє. Отже, потрібна спеціальна програма, яка буде перекладати текст програми, написаний на будь-якій 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, а й виробляти симуляцію її роботи. Причому симуляцію можна проводити покроково, при цьому можна спостерігати стан регістрів або міняти їх.

Середовищем розробки було обрано MPLAB - це IDE від самого виробника PIC-контролерів – фірми Microchip, дозволяє писати програми на двох мовах: C і Асемблер.

Асемблер є набором елементарних команд, які виконуються контролером. Кожна команда трактується в машинний код абсолютно однозначно, а результат її виконання і час виконання завжди однакові. Іншими словами можна абсолютно точно сказати, що робить контролер в кожен

					МММТ.470.002.002 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

момент часу і яким саме чином досягається потрібний результат.

У випадку з асемблером, вивчається сам контролер і правила, за якими треба розмовляти з контролером. При цьому контролер має всього-то кілька десятків команд, які вміщуються на одному листку і їх легко можна оглянути одним поглядом.[22]

Текст розробленої програми представлений в Додатку А.

					МММТ.470.002.002 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

6 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

6.1 Розробка друкованої плати

Друкована плата – спеціальна діелектрична пластина із ланцюгами електронної схеми на поверхні для з'єднання електронних компонентів між собою. З'єднання електронних компонентів виконується електричним чи механічним способом. Розрізняють кілька видів друкованих плат. Потрібний тип визначається з урахуванням призначення та складності електронного пристрою на початковому етапі при складанні технічного завдання. Основні види плат: одношарові, двошарові, багатошарові, гнучкі, гнучко-жорсткі.

Для з'єднання виводів електронних компонентів використовується пайка. Для виготовлення електропровідного малюнка застосовується фольга. Кожна плата містить отвори для монтажу, контактні майданчики для кріплення планарних або вивідних компонентів.

Плата кілька шарів у своїй конструкції містить перехідні отвори, призначені для з'єднання ділянок фольги, що розташовуються на різних шарах виробу.

Одна сторона будь-якої плати, як правило, містить «паяльну маску» – захисне покриття, а також маркування – текст та малюнок, виконаний згідно з конструкторською документацією.

Розробка друкованих плат складається з кількох етапів. У процесі проведення робіт потрібно притримуватися вимогам міжнародних стандартів.

Визначення вимог до плати з урахуванням вихідних даних.

- Створення принципової схеми (основа розробки друкованої плати) – візуальне відображення елементів і зв'язку з-поміж них.
- Створення переліку та детального опису всіх елементів плати, зокрема розмірів, функцій, електричних властивостей деталей.
- Попереднє встановлення елементів і створення доріжок (операції можуть проводитися вручну або за допомогою спеціалізованих комп'ютерних програм).

					МММТ.470.002.002 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

- Трасування або проектування провідників – встановлення зв'язку між усіма компонентами пристрою.
- Тестування пристрою та внесення виправлень, усунення неточностей та помилок у разі потреби.
- Заключний етап – оформлення конструкторської документації для електронних пристроїв.

Протягом усього циклу виготовлення варто враховувати чинні стандарти ІРС та вимоги, що пред'являються для виробництва та тестування. Також необхідно аналізувати тепловий режим роботи виробу.

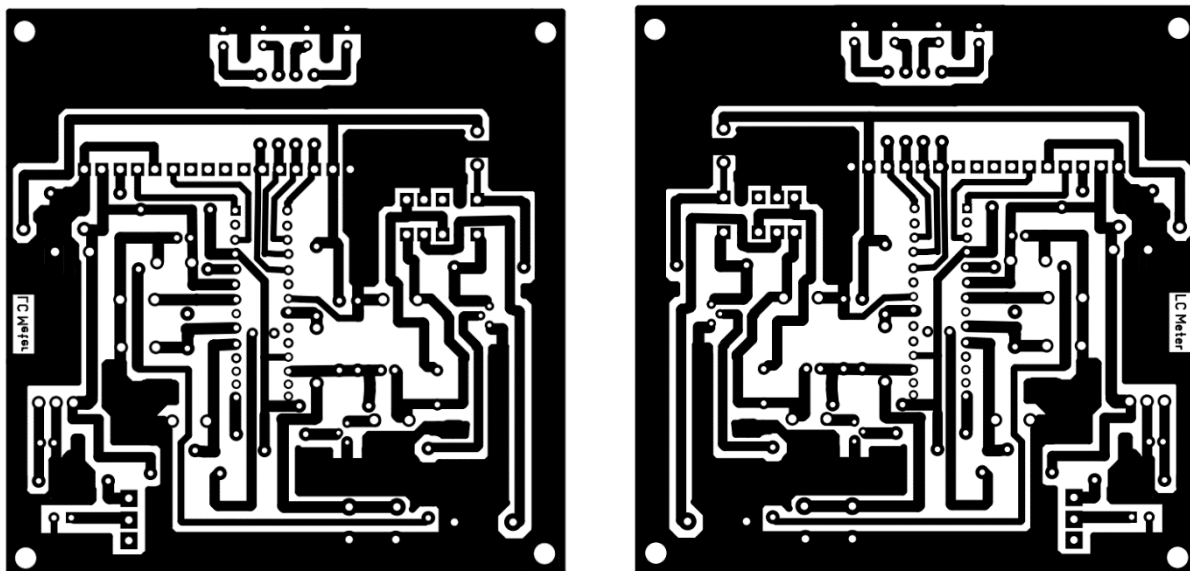
Існує два способи виготовлення плат. Кожен з них має свої відмінні властивості та характеристики. Виготовлення друкованих плат може проводитись одним із наступних методів:

1. Адитивний. При використанні даного методу малюнок наноситься на нефольговану поверхню за допомогою хімічного міднення через маску.
2. Субтрактивний. Цей спосіб передбачає формування малюнка на фольгированном матеріалі у вигляді видалення зайвих ділянок.[23]

Для виготовлення друкованої плати був обраний комбінований позитивний метод. Відповідно до нормативу вибрано четвертий клас точності друкованої плати. Габаритні розміри становлять 85 x 85 мм., висота пристрою не більше 20 мм. Матеріал склотекстоліт товщиною 2 мм, основа його становить скловолокно, листи якого просякнуті термореактивним епоксифенолом. Відстань між сусідніми лініями координатної сітки встановлюється відповідно до ГОСТу - 1,25 мм. Спосіб нанесення малюнка за методом виготовлення - фотохімічний. Номінальне значення діаметрів монтажних отворів для елементів схем дорівнює 0,5 мм $d = 0,9$ мм. Монтажних отворів для роз'єму: $d = 1,5$ мм.

Друкована плата вимірювача індуктивності та ємності приведені на рис. 6.1. а,б

					МММТ.470.002.002 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46



а

б

Рисунок 6.1. – Друкована плата вимірювача індуктивності та ємності:

а – зовнішня сторона плати; б – дзеркальне відображення

6.2 Розрахунок надійності розробленого пристрою

Надійність – властивість об'єкта зберегти здатність виконувати свої функції при заданих умовах експлуатації. Під об'єктом тут мається на увазі елемент розрахунку надійності (резистор, конденсатор, транзистор, діод, мікросхема, вузол, пристрій, прилад або система), що враховується при розрахунку надійності як окрема самостійна частина, що має свій кількісний показник надійності.[24] Надійність систем визначається такими параметрами:

1. Безвідмовність – це властивість приладу безупинно зберігати працездатність протягом деякого проміжку часу.
2. Відновлюваності – це здатність до відновлювання, тобто усунення та виявлення несправностей.
3. Довговічності – це властивість об'єкту безстроково виконувати функції до закінчення терміни служби.

При розрахунку надійності визначалися наступні кількісні показники:

- імовірність безвідмовної роботи за заданий час $P(t)$;
- параметр потоку відмовлень $\lambda(t)$;

					МММТ.470.002.002 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

- середній наробіток до зупинення системи T_e .

Основним показником, що враховується при розрахунках надійності, є інтенсивність відмовлень $\lambda(t)$ – інтенсивність відмов чисельно дорівнює числу відмов в одиницю часу, віднесене до вузлів, які безвідмовно пропрацювали до цього часу.

Розрахунок показників надійності проводився методом λ - характеристик, заснованому на інтенсивностях відмовлень комплектуючих виробів (КВ) і поправочних коефіцієнтах, що враховують реальні режими і умови експлуатації виробу.

Виріб призначений для роботи в умовах помірного клімату:

- робочий діапазон температури від -25 до 55°C , відносна вологість повітря до 80% при 20°C ;
- конструктивно виконано для роботи на відкритому повітрі.

Склад виробу – комп'ютеризована система вимірювання індуктивності та ємності компонентів електронних схем.

Критерієм відмовлення виробу вважається відмовлення будь-якої його складової частини (вузла), що приводить до порушення працездатності виробу і неможливості використання його по призначенню.

При розрахунку надійності вироби використовувалися характеристики, дані в, при цьому були прийняті наступні допущення:

1. відмовлення КВ і ІС є подіями випадковими і незалежними;
2. відмовлення будь-якого КВ приводить до відмовлення виробу в цілому;
3. інтенсивність відмовлень КВ протягом терміну їхньої служби в тих самих робочих режимах і умовах є постійною;
4. закон розподілу в розрахунках безвідмовної роботи передбачається експоненціальним.

Розрахунок параметра потоку відмовлень виробу проводиться по формулі:

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

					МММТ.470.002.002 – ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

де λ_{oi} – інтенсивність відмовлень КВ в номінальному режимі і нормальних умовах; $a_i \dots a_n$ – поправочні коефіцієнти, що враховують умови роботи, електричне навантаження КВ і температуру навколишнього середовища, ступінь інтеграції інтегральних мікросхем, а також співвідношення видів відмовлень.

Конкретні формули, по яких визначалися інтенсивність відмовлень кожної групи комплектуючих виробів, приведені в таблиці 6.1. Величини значень визначилися по довідковим даним, приведеним у з врахуванням вихідних даних для проектного виробу.

По формулі (6.1) визначаємо потік відмовлень виробу (сума величин в графі 10 таблиці 6.2):

$$\lambda = 69,49 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.}$$

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 6.2.1.

Таблиця 6.1 – Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу

t	250	500	750	1000	2000	5000	8000	10000
P(t)	0,9828	0,9659	0,9492	0,9329	0,8703	0,7065	0,5736	0,4992

Середній наробіток до відмовлення виробу визначався по формулі:

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

Підставляючи дані в формулу (6.4) одержимо:

$$T = (69,4827 \cdot 10^{-6})^{-1} = 14392 \text{ ч.}$$

На графіку, приведеному на рисунку 6.2 приведена залежність надійності $P(t)$.

Таблиця 6.2 – Перелік комплектуючих виробів

Поз.	Найменування	Кіл.	$I_0 \cdot 10^6$ год ⁻¹	Формула розрахунку I_i	Коефіцієнти				$SI_i \cdot 10^6$ год ⁻¹
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Діоди				a_1	a_2	a_4	a_6	
	1N4001	2	0,1	$I_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,8		1	0,168
1	Конденсатори				a_1	a_2		a_4	
	TECAP SMD A-33 пФ - 156 В	2	0,02	$I_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,8		1	0,0672
	JAMICON105C-10 mkf - 100 В	4	0,02	$I_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,8		1	0,1344
	CBV-21 0,1mkf – 100 В ($\pm 10\%$)	2	0,02	$I_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,8		1	0,0672
	CBV CB10 50 В 1000пФ	2	0,02	$I_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,8		1	0,0672
2	Резистори				a_1	a_2		a_4	
	R0402 1.5kОм	5	0,008	$I_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,8		1	0,0672
	R0402 100kОм	3	0,008	$I_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,8		1	0,04032
	R0201 10kОм	3	0,008	$I_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,8		1	0,04032
	R0402 560Ом	2	0,008	$I_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,8		1	0,02688
	R0402 47kОм	1	0,008	$I_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,8		1	0,01344
	R0402 1kОм	1	0,008	$I_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,8		1	0,01344
4	Мікросхеми				a_1	a_2	a_4	a_6	
	PIC16F1936	1	0,1	$I_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,273
	LM7805	1	0,2	$I_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,546
5	Транзистори				a_1	a_2	a_4	a_6	
	BC547B	2	0,3	$I_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_5$	2,1	1	1,3	1	1,638
6	Комутаційні вироби				a_1	a_2	a_4	a_6	
	Кнопка: AMP-X017	1	0,16	$I_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,7		1	0,4704
	Вмикач: IS-1245T	1	0,6	$I_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,7		1	0,882
8	Кварцовий резонатор				a_1	a_2	a_4	a_6	
	XRCGB16	1	0,2	$I_0 \cdot a_1 \cdot a_4$	2,1			1	0,42
10	Дисплей				a_1	a_2	a_4	a_6	
	WH1602B	1	0,1	$I_0 \cdot a_1 \cdot a_4$	2,1			1	0,21
12	Пайки	130	0,0001	$I_0 \cdot a_1$	2,1				0,0273
13	Акумуляторна батарея 9В	1	30	$I_0 \cdot a_1 \cdot a_4$	2,1			1	63
14	Роз'єм	8	0,01	$I_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	1	1,3	1	0,2184
	Разом								69,4827

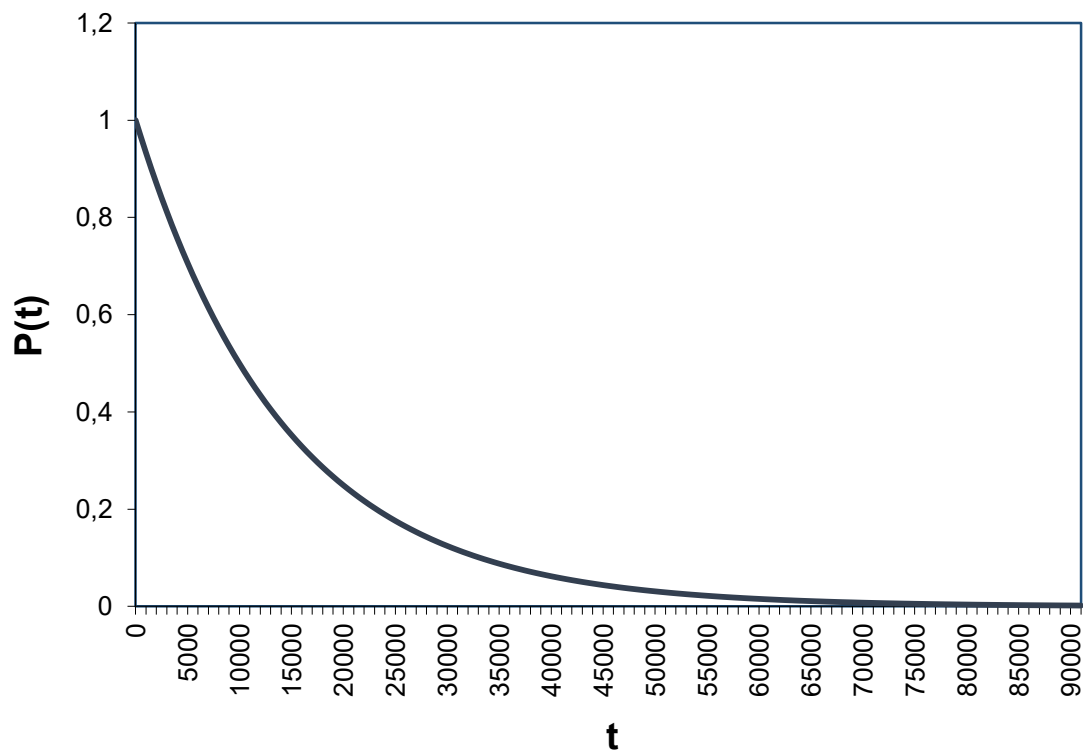


Рисунок 6.2 – Графік ймовірності безвідмовної роботи виробу протягом часу t

7 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

7.1 Охорона та аналіз умов праці на робочому місці

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності (ч. 1 ст. 1 Закону про охорону праці).

Закон про охорону праці умовно можна поділити на три пункти:

1) основні положення з реалізації конституційного права працівників на охорону їх життя та здоров'я у процесі трудової діяльності, на належні, безпечні та здорові умови праці;

2) відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища;

3) закон установлює єдиний порядок організації ОП в Україні. її діяльності. (Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 №2694-12.)

Роботодавець зобов'язаний створити на робочому місці в кожному структурному підрозділі умови праці згідно з нормативно-правовими актами, а також забезпечити дотримання вимог законодавства щодо прав працівників у сфері ОП. З цією метою роботодавець забезпечує функціонування системи управління ОП, а саме створює відповідні служби і призначає посадових осіб, які забезпечують вирішення конкретних питань ОП, затверджує інструкції про їх обов'язки, права та відповідальність за виконання покладених на них функцій, а також контролює їх додержання; розробляє за участю сторін колективного договору і реалізує комплексні заходи для досягнення встановлених нормативів та підвищення існуючого рівня ОП;

Працівники зобов'язані щоб «працезахоронний механізм» працював без збоїв, дотримуватися законодавчих вимог з питань ОП зобов'язані не тільки роботодавці, а й працівники. Так, відповідно до ст. 14 Закону про охорону праці до обов'язків працівників входить: дбати про особисту безпеку і здоров'я, а також про безпеку і здоров'я оточуючих людей в процесі

					МММТ.470.002.002 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

виконання будь-яких робіт чи під час перебування на території підприємства; знати і виконувати вимоги нормативно-правових актів з ОП, правила поведінки з машинами, механізмами, устаткуванням та іншими засобами виробництва, користуватися засобами колективного та індивідуального захисту; проходити у встановленому законодавством порядку попередні та періодичні медичні огляди.

Працівник несе безпосередню відповідальність за порушення зазначених вимог. Таким чином, тільки взаємне дотримання роботодавцем і працівником правил з ОП може максимально забезпечити безпечні умови праці для працюючих осіб.[25]

Основні геометричні розміри приміщення і схема розміщення робочих місць приведені нижче.

Ширина приміщення: $b = 4$ м;

Довжина приміщення: $a = 4,5$ м;

Висота стелі: $h = 3,5$ м.

Розрахуємо значення площі й об'єму досліджуваного приміщення:

$$S = a * b = 4 * 4,5 = 18 \text{ м}^2$$

$$V = S * h = 18 * 3,5 = 63 \text{ м}^3$$

Таким чином, на одну людину приходить:

$$S_1 = \frac{S}{2} = \frac{18}{2} = 9 \text{ м}^2, V_1 = \frac{V}{2} = \frac{63}{2} = 31,5 \text{ м}^3$$

Зведемо отримані значення площі й обсягу робочого приміщення на один працівника, а також нормативні значення даних параметрів у табл. 7.1.

Таблиця 7.1. Площа й обсяг приміщення на одного працівника.

Параметр	Норматив	Обчислення
Площа, S	не менш 6 м ²	9 м ²
Об'єм, V	не менш 15 м ³	31,5 м ³

За аналізами даних, які приведені в таб. 5.1, можна зробити висновок, що об'єм і площа, що приходяться на одного працівника, повністю задовольняють нормативним значенням.

Необхідно також врахувати розміри меблів на робочих місцях, зокрема робочого столу. Відповідно до НПАОП 0.00.1.28-10 рекомендовані розміри столу для робочого місця з ВДТ становлять: висота – 725 мм, ширина – 700 мм, глибина – 800 мм.

Зведемо фактичні і нормативні параметри в таблицю 7.2 і проаналізуємо отримані дані.

Таблиця 7.2. Параметри робочого місця

Параметр	Нормативне значення, мм	Фактичне значення, мм
Висота робочої поверхні	680 – 760	675
Висота простору для ніг	Не менше 600	650
Ширина простору для ніг	Не менше 500	550
Відстань від сидіння до нижнього краю робочої	Не менше 150	195

Аналізуючи дані, приведені в таблиці, можна зробити висновок, що параметри робочого місця відповідають нормі.

7.2 Розробка заходів з охорони праці та пожежна безпека приміщення

Повітряне середовище характеризується складом та метеорологічними умовами. Для створення нормальних умов виробничої діяльності потрібно забезпечити необхідну чистоту повітря. Внаслідок виробничої діяльності у повітряне середовище приміщень можуть потрапляти різноманітні шкідливі речовини у вигляді газу, пилу, рідин.

Температура повітря визначає теплову рівновагу організму людини. Підтримується температура тіла за рахунок хімічної та фізичної терморегуляції.

Вплив вологості на самопочуття людини:

- вологість впливає на загальний теплообмін в організмі;
- вологе і холодне повітря поглинає велику кількість інфрачервоного випромінювання з організму людини;
- висока вологість при високій температурі повітря може призвести до перегрівання організму

Згідно з результатами досліджень, людина є працездатною і добре почувається, якщо температура навколишнього повітря не виходить за межі 18 – 20 0 С, відносна вологість – 40 – 60 %, швидкість руху повітря – 0,1 – 0,2 м/с

Шкідлива речовина повітря - це газ, пар, пи, дим та мікроорганізми. Пил - тонко дисперсні частинки, які утворюються при різних виробничих процесах – дробленні, розмелені і обробці твердих тіл, при просіюванні і транспортуванні сипучих матеріалів. Залежно від походження поділяється на види: органічні, неорганічні, змішаний.

Для створення сприятливих умов зорової роботи виробниче освітлення повинно відповідати наступним вимогам:

- створювана освітленість, що відповідає характеру зорової роботи і не є нижчою за встановлені норми;
- між об'єктом та фоном має бути певна контрастність ;
- світло повиненно бути близьким до сонячного, а освітленість достатньою рівномірною та постійною щоб запобігти частій переадаптації та втоми органів зору;
- джерело світла повинно бути без пульсації. [26]

Під електробезпекою розуміють систему організаційних і технічних заходів і засобів, що забезпечують захист особового складу під шкідливого та небезпечного впливу:

- електричного струму;
- електромагнітного випромінювання;
- статичної електрики.

Електрообладнання, яким доводиться користуватися працівникам на підприємстві, являє собою потенційну небезпеку. Багато нещасних випадків відбувається при обслуговуванні найбільш поширеного електрообладнання, розрахованого на напругу 127-380 В.

Будь-яка пожежа, навіть найменша іскра, завжди починається з джерела, яке послужило причиною неконтрольованого спалаху. Знаючи основні причини пожеж на виробництві, можна запобігти її появи.

					МММТ.470.002.002 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Найтиповіші причини:

- недбалість у поводженні з вогнем;
- куріння на виробництві, а не в місцях, які спеціально для цього призначені;
- порушення основ монтажу і використання електротехнічних установок;
- несправність побутових приладів (чайники, опалювальні прилади і ін.) і електропроводки.

Незважаючи на безліч причин найчастіше пожежа на виробництві відбувається з причини необережного поводження з вогнем. Сюди входить як куріння в недозволених місцях, так і виконання вогневих робіт. Під вогневими роботами на підприємствах маються на увазі: робота з газо- і електрозварювальних обладнанням; паяльні роботи;

Речовини, що можуть горіти:

- Меблі: столи, стільці, тумбочки, виготовлені з дерева;
- Папір: документація, папір для принтера, шпалери;
- Конструктивні елементи приміщення: покриття підлоги (паркет), двері (дерево), віконні рами (дерево);

Тому що усі вище перераховані речовини є твердими спаленими речовинами і матеріалами, здатними при взаємодії з повітрям тільки горіти, то розглянуте приміщення можна віднести до пожежонебезпечної категорії "В".

В приміщенні, що розглядається, передбачено порошковий вогнегасник ОП-5 у кількості 3 штук, який задовільняє нормативам.

В приміщенні впровадженні автоматичні систем пожежогасіння, що складаються з датчиків диму і системи для придушення джерела горіння і задимлення. Можливість аварійного повного або часткового знеструмлення;[27]

При аналізі існуючих умови протипожежної безпеки і відповідність їхнім нормам, зроблено висновок, що в даному приміщенні дотримані всі основні норми безпеки.

					МММТ.470.002.002 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

7.3 Навчання, інструктаж працівників з питань охорони праці

Основним нормативним актом, що встановлює процедури і види навчання, форму перевірки знань, є НПАОП 0.00-4.12- 05 "Типове положення про порядок проведення навчання та перевірки знань з питань охорони праці"

На підприємстві на основі типових положень розробляються і затверджуються відповідні правила навчання. Працівники при прийнятті на роботу і періодично у процесі роботи, учні, курсанти, слухачі та студенти під час трудового і професійного навчання проходять на підприємстві за рахунок роботодавця навчання й перевірку знань з охорони праці відповідно до професії, з надання першої допомоги потерпілим від нещасних випадків, правил поведінки у разі аварій, а також відповідні інструктажі.

Персонал, у тому числі фахівці підприємств, на яких сталися нещасні випадки (професійні отруєння), колективні або нещасні випадки зі смертельними наслідками, повинні пройти спеціальну підготовку і перевірку знань протягом 1 місяця, якщо слідчий комітет встановить, що вони порушили вимоги нормативних правових актів.

Навчання і перевірка знань посадових осіб проводяться регулярно один раз на три роки при прийомі на роботу.

При переведенні співробітника на іншу роботу або призначення на іншу посаду, що вимагає додаткових знань, проводиться спеціальне навчання і перевірка знань персоналу і фахівців.

Залежно від характеру і часу брифінгу вони діляться на вступні, первинні, повторювані, позапланові і цільові.

Проводиться вступний інструктаж:

- Всі співробітники, які приймаються на постійну або тимчасову роботу, незалежно від освіти, досвіду роботи і статусу, а також ті, хто прибуває на підприємстві і безпосередньо бере участь у виробничому процесі;
- З екскурсантами під час екскурсій по компаніям.
- Зі студентами та учнями, які перебувають на підприємстві для отримання трудової або професійної підготовки; [28].

					МММТ.470.002.002 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

ВИСНОВОК

У процесі розробки комп'ютеризованої системи вимірювання та контролю індуктивності та ємності компонентів електронних схем було:

- спроектовано структурну та принципово-електричну схему LC-вимірювача;
- розроблено друковану плату, алгоритм та програму для калібровки та обчислення результатів вимірювання;
- розраховано похибку приладу, яка не перевищує значенню в технічному завданні;
- розрахована надійність системи відповідно принципово-електричній схемі виробу.

Розроблений пристрій дозволяє вимірювати індуктивність у діапазоні від 0 до > 10 мГн, ємність від 0 до $> 0,1$ мкФ із похибкою не більше 1%. Надійність пристрою - 14 000 годин. Живлення становить 9 В, споживана потужність не більше 6 Вт. Переваги розробленого пристрою в порівнянні з аналогом є швидкодія, простота в експлуатації, високоточність та має невелику споживану потужність, не дорогий. Один із шляхів подальшого вдосконалення є збільшення діапазону вимірювання величин. Розширення можливостей вимірювання інших об'єктів: діоди, семістори, резистори, транзистори тощо.

					МММТ.470.002.002 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методи вимірювання ємності та індуктивності [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://lab-music.ru/uk/sposoby-izmereniya-soprotivlenii-izmerenie-bolshih-soprotivlenii/>.
2. Вимірювання за допомогою ПК [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ferra.ru/review/computers/s21347.htm>.
3. Мостовий метод вимірювання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://studref.com/702699/tovarovedenie/mostovye_metody_izmereniya_induktivnosti_yomkosti_soprotivleniya_rezistorov.
4. Цифровий ESR, LCR [Електронний ресурс]. – Режим доступу: serzotko777@gmail.com.
5. Мультиметр універсальний UNI-T UT53 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: omelchenkoef@ukr.net.
6. RLC вимірювач DT-9935 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: sales@starcom.com.ua.
7. Вимірювач RLC E7-20 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: zakaz@cels.com.ua.
8. Мікроконтролерні пристрої : навч. посіб. для студ. спец. «Мікро- та наноелектроніка» / О. С. Тонкошкур, І. В. Гомілко, О. В. Коваленко ; Дніпропетровський нац. ун-т ім. О. Гончара. – Д. : Вид-во ДНУ, 2011. – 264 с.
9. Интегральные микросхемы: Микросхемы для импульсных источников питания и их применение. – М. : Додэка, 1997. – С. 15–16. – 224 с. – ISBN 587835-0010-6.
10. Дисплей [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D1%81%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D0%B9>.
11. Реле [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D0%BB%D0%B5#cite_n

		ote-SSR-3.			<i>МММТ.470.002.002 – ПЗ</i>	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. Смагін А. Г., Ярославський М. І. П'єзоелектрика кварцу та кварцові резонатори. - М.: "Енергія", 1970. - 488 с. - 6000 прим.
13. Кнопка [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://calvarybaptisthsv.org/w/klavishi>.
14. Акумулятор [Електронний ресурс]. – <https://autoglim.ru/uk/the-ignition-system-of-the-car/akkumulyatornye-batarei-vidy-i-ustroistvo-primenenie-vazhnoe-o-vazhnom/>.
15. Pic16f1936 Datasheet [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ww1.microchip.com/downloads/aemDocuments/documents/OTH/ProductDocuments/DataSheets/41364E.pdf>.
16. Стабілізатор напруги LM7805 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: info@arduino.ua.
17. Дисплей WH1602B [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.winstar.com.tw/ru/products/character-lcd-display-module/lcd-display-16x2.html>.
18. Реле G2RL-24-DC5 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ru.farnell.com/omron/g2rl-24-5dc-by-omb/relay-dpdt-240vac-30vdc-1-5a/dp/2065814>.
19. Кварцовий резонатор [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://klmaster.com/ua/catalog/kvarc-16mgc-697/>.
20. Катушка індуктивності B82477 G4823M [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.chipdip.ru/product/b82477g4823m>.
21. Т.М.Демків, О.І.Конопельник, Я.І.Шопа. Основи теорії похибок фізичних величин. – центр ЛНУ ім. І. Франка, 2008.
22. Прошивка PIC мікроконтролерів з "нуля" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://crashbox.ru/installation-and-configuration/programmirovanie-pik-kontrollerov-na-yazyke-si-proshivka-pic/>.
23. Розробка друкованих плат [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.kommersant.ru/doc/4593304>.

					МММТ.470.002.002 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

24. Надійність [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://radio-rtc.inf.ua/Quality/L4_5.pdf.
25. Охорона праці [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://berislavmr.gov.ua/news/ohorona-pratsi-obov-yazky-robotodavtsiv-i-pratsivnykiv/>.
26. Заходи з охорони праці [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://nkkep.com/wp-content/uploads/2020/10/OP-Lektsiya-OO-31-4-para.pdf>.
27. Основні причини пожеж на виробництві [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://nais.com.ua/ua/articles/osnovnye-prichiny-pozharov-na-proizvodstve/>.
28. Інструктажі з охорони праці [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://pidru4niki.com/15290527/bzhd/navchannya_instruktazhi_ohoroni_pratsi.
29. Вимірювальна техніка та метрологія. – Л. : Львівська політехніка, 2015. – 164с.
30. Электронные компоненты и системы, №6. – 2006. – 56с.
31. Машу Жан-Франсуа. Путівник з електронних компонентів – М.: Додека – 2001.

					МММТ.470.002.002 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

ДОДАТКИ

Додаток А

```

bank0 macro
    errorlevel      +302 ; Повторно включити попередження
    bcf             STATUS,RP0      ; Select Bank 0
endm

bank1 macro
    bsf             STATUS,RP0      ; Виберіть Bank 1
    errorlevel      -302           ; Вимкнути попередження

swap macro this,that
    movf            this,w
    xorwf           that,f          ; Обмін за допомогою мікрочіпа
    xorwf           that,w
    xorwf           that,f
    movwf           this
endm

;-----
;      Скопіюйте байти в регістровий файли

        MOVF        from,W
        MOVWF       to
        Endm

copy16 macro from,to
        MOVF        from,W
        MOVWF       to
        MOVF        from+1,W
        MOVWF       to+1
        endm

copy24 macro from,to
        MOVF        from,W
        MOVWF       to
        MOVF        from+1,W
        MOVWF       to+1
        MOVF        from+2,W
        MOVWF       to+2
        endm

copy32 macro from,to
        MOVF        from,W
        MOVWF       to
        MOVF        from+1,W
        MOVWF       to+1
        MOVF        from+2,W
        MOVWF       to+2
        MOVF        from+3,W
        MOVWF       to+3

        endm
;*****
;      CPU конфігурація

        MESSG       "Processor = 16F1936"
        processor    16F1936
        include      <p16f628.inc>
        __CONFIG     _CP_OFF & _WDT_OFF & _PWRTE_ON & _HS_OSC & _BODEN_ON &
        _LVP_OFF
;*****
;      I/O Призначення.

#define LCD0        PORTB,3
#define LCD1        PORTB,2
#define LCD2        PORTB,1
#define LCD3        PORTB,0
#define ENA         PORTB,4          ; Display "E"

```

```

#define RS      PORTB,5      ; Display "RS" & Disp type link
#define functn  PORTB,6      ; 0 = "Inductor"
#define relay   PORTB,7      ; Перемикачі Ccal
;*****
;      Оголошення регістру файлів:

      cblock 0x20
      AARGB4
      AARGB3
      AARGB2
      AARGB1
      AARGB0
      AEXP      ; 8 bit упереджений показник для аргументації A
      SIGN      ; зберегти місце для входу в систему MSB
      FPFLAGS    ; прапори винятків бібліотеки з плаваючою комою
      BARGB2
      BARGB1
      BARGB0
      BEXP      ; 8 упереджений показник для аргументації
      TEMPB3     ; 1 Unused byte
      TEMPB2     ; 1 Unused byte
      TEMPB1     ; Used
      TEMPB0     ; 1 Unused byte
      CARGB1
      CARGB0     ; найбільш значущий байт аргументу C
      CEXP      ; 8 bit переджений показник для аргументації C
      COUNT     ; Bin до BCD перетворивши (кількість бітів)
      cnt       ; (BCD BYTES)
      CHR
      F1:4
      F2:4
      F3:4
      bcd:4      ; BCD, MSD first
      TabTemp
      FPE        ; Збирати FP помилки тут
      R_sign     ; Holds "+" or " " (sign)
      EEflag:1   ; Cal adjust flag
      endc
      cblock 0x70      ; Загальний RAM
      cal_t:2      ; Тимчасове значення Ccal
      PB_data:1    ; LCD output munger temp

      links:1      ; User test links copy
      DispType:1   ; Initial copy of test links

      COUNT1      ; Використовується підпрограмами затримки
      COUNT2      ; Время (100ms)
      COUNT3

      endc
;*****
;      ЗАГАЛЬНІ ВИЗНАЧЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ БІБЛІОТЕКИ

EXP      equ      AEXP      ; Used by FP.TXT
TEMP     equ      TEMPB0
B0       equ      0
B1       equ      1
B2       equ      2
B3       equ      3
B4       equ      4
B5       equ      5
B6       equ      6
B7       equ      7

```

```

MSB          equ      7
LSB          equ      0

#define _C      STATUS,0
#define _Z      STATUS,2

EXPBIAS      equ      D'127'
;*****
;      Літеральні константи з плаваючою комою

IOV          equ      0      ; bit0 = переповнення цілих чисел
FOV          equ      1      ; bit1 = переповнення з плаваючою комою FUN
equ      2      ; bit2 = недостатнього потоку з плаваючою комою
FDZ          equ      3      ; bit3 = ділення з плаваючою комою на нуль

NAN          equ      4      ; bit4 = виключення not-a-number
DOM          equ      5      ; bit5 = виключення помилки домену

RND          equ      6

SAT          equ      7      ; bit7 = floating point saturate flag, 0 =
terminate on
;*****
;      Основна програма

START  CALL    LCDINIT      ; ІНІЦІАЛІЗАЦІЯ LCD МОДУЛЯ
      call    EE_RD        ; Витяг цілочисельного значення CCal
cmdloop call    HOME
;      "нуль" лічильника.
Chk4Z  MOVLW    Calibr-0x2100 ; Display " Calibrating "
      call    pmsg         ; to entertain the punters

      call    Measure
      call    MS200
      call    Measure      ; Get freq in F3

      copy32  F3,F1        ; Copy F3 to F1

      bsf     relay        ; Додайте стандартний конденсатор
      call    MS200
      call    Measure      ; Dummy Run to stabilise oscillator.
      call    MS200
      call    Measure      ; Get freq in F3
      copy32  F3,F2        ; Copy F3 to F2

      bcf     relay        ; Remove standard capacitor
;      Тепер ми відновлюємо нашу звичайну програму
;      Зчитування стану користувацьких тестових посилань на LCD

M_F3  bank1      ; PORTB:-
      movlw   b'01101111' ; LCD біти даних для читання
      movwf   TRISB        ; 1 = input
      bank0   ; 0 = output

      call    MS2          ; Час встановлення
      copy    PORTB,links

      bank1
      movlw   b'01000000' ; напрямок відновлення даних
      movwf   TRISB        ; 1 = input
      bank0   ; 0 = output

;-----
;

```

```

;      Вимірювання і відображення частоти osc для початкової настройки
;

osc2    bsf      relay          ; додати Cscal

osc1    call     HOME
        call     Measure        ; Виміряйте Локальну Частоту Osc.
        call     CLEAR
        movf     F3+1,W          ; Copy F3 to 24 bit number
        movwf    AARGB0         ; in AARGB0, 1, 2
        movf     F3+2,W          ; для відображення
        movwf    AARGB1         ; NB; Ignore MSByte of F3
        movf     F3+3,W          ; It should be zero
        movwf    AARGB2

        call     Display
        goto     M_F3

;-----

cont     call     HOME
        call     MS200
        call     Measure        ; Виміряйте F3 і залиште його там

        movf     F3+0,w          ; Тест на " занадто низьку " частоту
        iorwf    F3+1,w
        iorwf    F3+2,w
        bne      OK2GO          ; F < 2560Hz ?

OORange MOVLW    ovr-0x2100      ; відомлення про перевищення / зниження
діапазону
        call     pmsg
        goto     M_F3

;*****
;      Помістіть BCD для відображення

PutNyb  ANDLW    0x0F
        ADDLW    0x30            ; Convert BIN to ASCII
;*****
;
;      Помістіть байт для відображення
;

MESSG      "PortB5 = Відобразити посилання вибору."

DATS      btfs   DispType,5      ; Перевірте тип дисплея
        goto     DAT1

        decf     TabStop,F        ; Час полоскотати 8x2 дисплей?
        bne      DAT1            ; Ще немає

        movwf    TabTemp          ; Save character
        CALL     LINE2            ; Перейти до рядка 2
        movf     TabTemp,W        ; Restore character

DAT1      BSF     RS              ; ВИБЕРІТЬ РЕГІСТР ДАНИХ
CM        MOVWF   CHR            ; ЗБЕРЕГТИ СИМВОЛ ДЛЯ ВІДОБРАЖЕННЯ
        SWAPF    CHR,W          ; ПОМІНЯЙТЕ МІСЦЯМИ ВЕРХНІ І НИЖНІ ШМАТОЧКИ (4
БІТОВИЙ РЕЖИМ)

        call     PB_dly

```

```

MOVWF    CHR,W                ; GET CHAR AGAIN

;*****
;      Затримка для 200us (untrimmed)

D200us    MOVLW    0x42                ; Затримка 200us
          MOVWF    COUNT1
NXT5      DECFSZ   COUNT1,F
          GOTO     NXT5
          RETLW    0

;***** Очистка дисплею *****

CLEAR     MOVLW    0x01                ; Очистка дисплею
          goto     Home2                ; LONGER DELAY NEEDED WHEN CLEARING DISPLAY

;***** MOVE TO HOME *****

HOME      movlw    0x09                ; Кількість символів
          movwf    TabStop              ; before tickling display.

          MOVLW    0x02                ; HOME DISPLAY
Home2     CALL     STROBE
          goto     MS2

;*****
;      ВІДПРАВЛЯЄ ДАНІ НА МОДУЛЬ РІДКОКРИСТАЛІЧНОГО ДИСПЛЕЯ (4 BIT MODE)

STROBE    BCF      RS                ; SELECT COMMAND REGISTER
          GOTO     CM

;***** ПЕРЕЙТИ ДО ПОЧАТКУ РЯДКА 2 *****

LINE2     MOVLW    0xC0                ; ADDRESS FOR SECOND LINE OF DISPLAY

ST200us   CALL     STROBE
          goto     D200us

;*****
;      Ініціалізація пристроїв введення і виведення
;*****

InitIO    movlw    b'00000110'
          movwf    CMCON                ; Виберіть Comp mode

          bank1

          movlw    b'00000000'
          movwf    VRCON                ; Set Volt ref mode to OFF

          movlw    0x37
          movwf    OPTION_REG           ; Регістр опцій
                                           ; Включено слабке підтягування порту В

          movlw    b'11100111'         ; ініціалізувати напрямки даних

          movwf    TRISA                ; PORTA<0> = comp1 "-" in
                                           ; PORTA<1> = comp2 "-" in
                                           ; PORTA<2> = comp1&2 "+" in
                                           ; PORTA<3> = comp1 out
                                           ; PORTA<4> = comp2 out, T0CKI in

```

```

; PORTA<5:7> = unused
;
;
; PORTB:-
; ініціалізувати напрямки
; 1 = input
; 0 = output
;
movlw    b'01000000'
даних
movwf    TRISB
; PORTB<0> = LCD out "DB4"
; PORTB<1> = "DB5"
; PORTB<2> = "DB6"
; PORTB<3> = "DB7"
; PORTB<4> = E out to LCD
; PORTB<5> = RS out to LCD
; PORTB<6> = function in
; PORTB<7> = Ccal switch out

bank0
return
;*****
; Частота вимірювання. Сховати в "F3:4"

MESSG    "32 бітний механізм підрахунку"

Measure CLRf    TMR0          ; СКИДАННЯ ВНУТРІШНЬОГО РАХУНКУ

bcf       INTCON,T0IF        ; Очистити всі попередні переповнення

CLRf      F3+0               ; Готовий до прийому 32-бітного номера
CLRf      F3+1
CLRf      F3+2
CLRf      F3+3
CALL      MS400              ; 400MS затримка (now 100ms)
bank1
movlw     b'11110111'        ; Відключати RA4 вихід на T0CKI
movwf     TRISA              ; 1 = input
; 0 = output

bank0
nop
nop
nop
nop
nop
nop
call      RollOver          ; Остання перевірка
MOVf      TMR0,W
MOVWF     F3+2
; F3 : F3+1 : F3+2 : F3+3 now holds 32 bit result
; Підпрограма ролловера встановила відповідні значення F3 + 0 і F3+1.
bank1
; OPEN GATE
movlw     b'11100111'        ; Enable RA4 output to T0CKI
movwf     TRISA              ; 1 = input
; 0 = output

bank0
return

;*****
; Висловлювати вміст AARGB0,1,2 на LCD

Display CALL    B2_BCD        ; ПЕРЕТВОРИТИ КІЛЬКІСТЬ В BCD

call      Swap0              ; ОТРИМАТИ НАСТУПНУ ЦИФРУ
call      Move0              ; ОТРИМАТИ ІНШУ ЦИФРУ BCD
call      Swap1

```

```

        call    Move1
        call    Swap2
        call    Move2
        call    Swap3
        goto    Move3                ; включає в себе повернення
;*****
;      Операції зі стеком;
;*****

;add          call    FPA24
;              goto    S_fix
subtract      call    FPS24
              goto    S_fix

divide        call    FPD24
              goto    S_fix

multiply      call    FPM24
;              goto    S_fix

        copy    CARGB1,BARGB1        ; C -> B
        copy    CARGB0,BARGB0
        copy    CEXP,BEXP
        return
;      Push stack (дублює B TOS)
S_push        copy    BARGB1,CARGB1    ; B -> C
              copy    BARGB0,CARGB0
              copy    BEXP,CEXP

              copy    AARGB1,BARGB1    ; A -> B
              copy    AARGB0,BARGB0
              copy    AEXP,BEXP
              return
S_swap        swap    AARGB1,BARGB1    ; A <-> B
              swap    AARGB0,BARGB0
              swap    AEXP,BEXP
              return
;*****
;      Обчислювати (F1/F3)^2-1,
;*****
F1_F3         call    Get_F3
              goto    F1_F1

;*****
;      Обчислювати (F1/F2)^2-1,
;*****

F1_F2         call    Get_F2
F1_F1         call    Get_F1
              call    divide            ; F1/Fx
              call    S_push
              call    multiply          ; (F1/Fx)^2
              call    Get_One
              call    S_swap
              goto    subtract          ; (F1/Fx)^2-1
                                           ; включає в себе повернення

;*****
;      Використовуються для розрахунку з невідомих L i C;
;*****
Get_Lscale    call    S_push            ; спочатку звільнить місце
              movlw    0xB8              ; 2.53303e+17
              movwf    AEXP              ; Create FP version of
              movlw    0x60              ; Попередньо обчислений 1/(4*PI*PI)

```

```

movwf  AARGB0      ; times any needed
movlw  0xFA        ; fiddle factor (1/100)
movwf  AARGB1
return
Get_One  call  S_push      ; make room first
        clrf  AEXP        ; Create a binary 1
        clrf  AARGB0
        clrf  AARGB1
        movlw 0x01
        goto  LSB2stak

;*****
;      Копіювання 32-розрядних чисел в стек
;      і перетворити в FP (тільки позитивне значення)
;      через 24-бітове число в AARGB0,1,2
;      Припускає, що MSB 32-бітного числа дорівнює нулю
;*****

Get_F1   movlw  F1        ; Включає в себе push
        goto  W2stak
Get_F2   movlw  F2        ; Включає в себе push
        goto  W2stak
Get_F3   movlw  F3        ; Включає в себе push
;        goto  W2stak

;*****
;      Прочитавши EEPROM в "cal_t"
;*****
EE_RD    bank1
        movlw  cal_p-0x2100 ; Адреса для читання
        MOVWF  EEADR
        bank0
        CALL  EE_R
        MOVWF  cal_t+0
        CALL  EE_Rinc
        MOVWF  cal_t+1
        RETURN
EE_Rinc  bank1
        INCF  EEADR,F      ; bump address
EE_R     bank1
        BSF   EECON1,RD    ; EE Read
        MOVF  EEDATA,W     ; W = EEDATA
        bank0

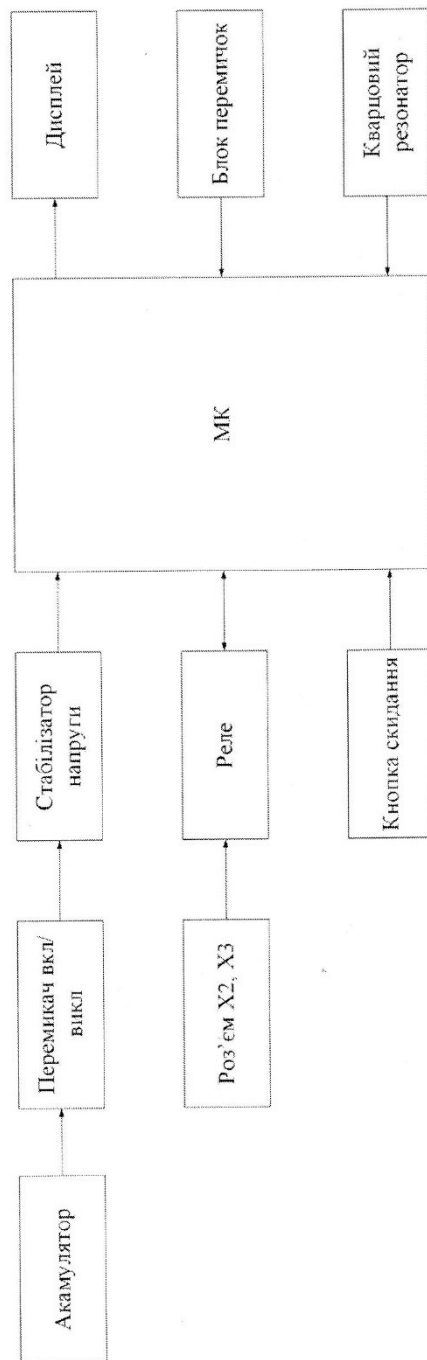
        RETURN
;*****
;      Включити <FP.TXT>
;*****
;      Текстові рядки (зберігаються в EEPROM даних)

ORG 0x2100
ovr      de      " Over Range ",0
Unit1    de      " nF",0
Unit2    de      " pF",0
Unit3    de      " mH",0
Unit4    de      " uH",0
Cintro   de      " C = ",0
Lintro   de      " L = ",0
Calibr   de      " Calibrating ",0

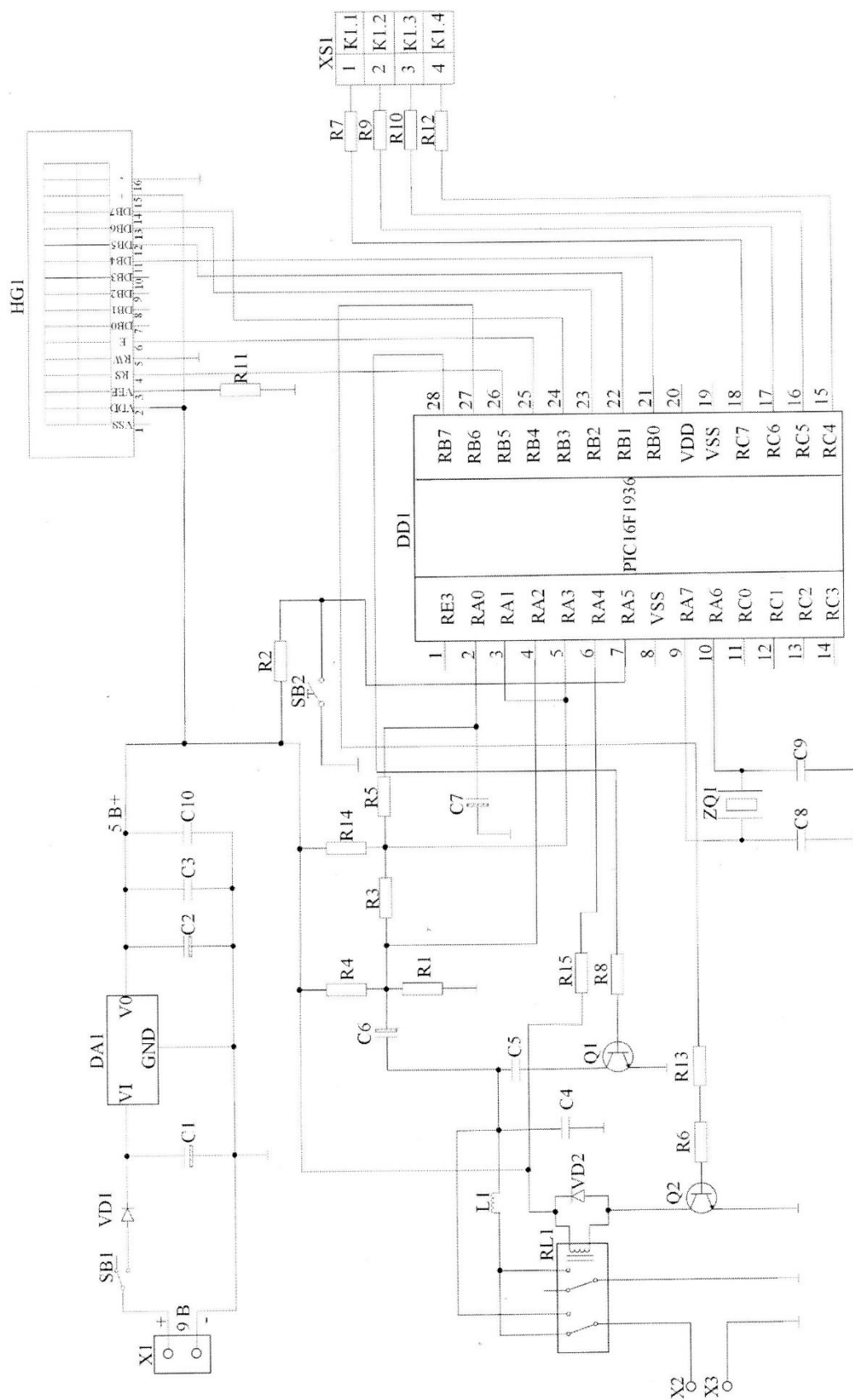
cal_p    de      0x27,0x10 ; Початкове значення = 10000

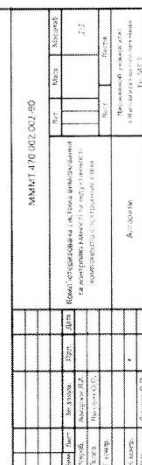
END

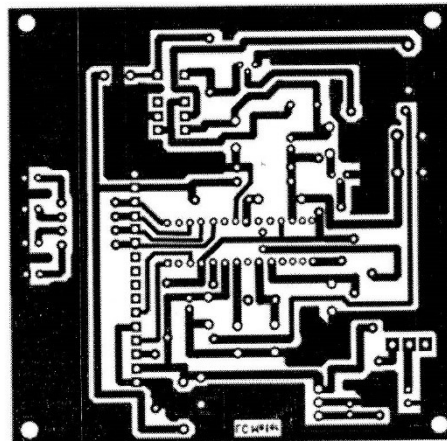
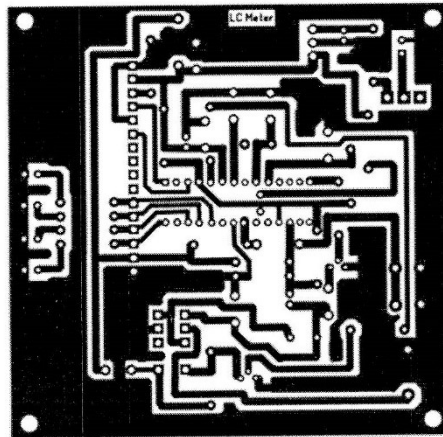
```



МІНИСТЕРСТВО НАУКИ І ОСВІТИ									
Назва проекту					Дата				
Виконавчий орган					Виконавчий орган				
Виконавчий орган					Виконавчий орган				
Виконавчий орган					Виконавчий орган				
Виконавчий орган					Виконавчий орган				
Виконавчий орган					Виконавчий орган				
Виконавчий орган					Виконавчий орган				
Виконавчий орган					Виконавчий орган				
Виконавчий орган					Виконавчий орган				

[illegible]



[illegible]

Позначення	Найменування	Кіл шт.	Примітка
Конденсатори			
C1, C2, C6 C7	JAMICON105C-10 мкФ - 100 В	4	
C8, C9	TECAP SMD A-33 пФ - 156 В	2	
C3, C10	CBV-21 0,1mkf – 100 В (±10%)	2	
C4, C5	CBV CB10 50 В 1000пФ	2	
Резистори			
R1, R3, R4	R0402 100 кОм, 1%	3	
R2, R14, R15	R0201 10 кОм, 1%	3	
R5	R0402 47 кОм, 1%	1	
R6	R0402 1 кОм, 1%	1	
R7, R9-R12	R0402 1.5 кОм, 1%	5	
R8, R13	R0402 560 Ом, 5%	2	
Мікросхеми			
DD1	PIC16F1936	1	
DA1	BC547B	1	
Кнопки			
SB1	IS-1245T	1	
SB2	AMP-X017		
Дисплей			
HG1	WH1602B	2	
Діоди			
VD1, VD1	1N4001	2	
Транзистори			
VT1, VT2	BC547B	2	
Кварц			
ZQ1	XRCGB16 32 МГц	1	

					МММТ.470.002.002 - ПЕЗ								
Изм	Лист	№ докум	Підпис	Дата	Комп'ютеризована система вимірювання та контролю ємності та індуктивності компонентів електронних схем				Літ.	Аркуш	Аркушів		
Розроб.	Вакарюк Я.А.										1	61	
Перевір.	Лугових О.О.								ДУ «Житомирська політехніка», гр. МТ-1				
Реценз.													
Н. Контр.													
Затверд.	Лугових О.О.												