

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ
«ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»**

Спеціальність:

123 – «Комп'ютерна інженерія»

Освітня програма:

«Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

Група: 4КС-55

Дипломний проект

**здобувача освіти денної форми навчання
КС 55.04.000.00 ДП ПЗ**

***ГАЛІТИ
ОЛЕГА СЕРГІЙОВИЧА***

**м. Одеса
2022 р.**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»

Спеціальність: **123 «Комп'ютерна інженерія»**

Освітня програма: **«Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»**

Група: **4КС-55**

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи) на тему:

**Розробка цифрового вимірювального приладу для визначення
індуктивності, ємності та частоти**

Проектний матеріал складається з пояснювальної записки на 77 сторінках та графічного (презентаційного) матеріалу на 15 аркушах (слайдах).

Дипломник _____ (Галіта О.С.)

Керівник _____ (Кривченко А.А.)

Консультанти:

з економічної частини _____ (Копайгородська Т.Г.)

з охорони праці _____ (Чорновол Н.І.)

з дотримання вимог ЄСКД _____ (Петрашова В.І.)

старший консультант _____ (Скорнякова О.В.)

До захисту допущений

Голова циклової комісії _____ (Скорнякова О.В.)

Завідувач відділення _____ (Суліма Ю.Ю.)

Захист « » _____ 2022 р.

Протокол ДКК № _____

Оцінка ДКК _____

Секретар ДКК _____

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВСП «Одеський технічний фаховий коледж ОНТУ»

Відділення комп'ютерних систем Комісія КТ і ПІ
Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Заст. дир. з НВР _____
Беркань І.В.
« _____ » _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект (роботу)

Здобувачеві (здобувачці) освіти Галіті Олегу Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Розробка цифрового вимірювального приладу для визначення індуктивності, ємності та частоти

затверджена наказом по коледжу від " _____ " _____ 202 _____ р. № _____

2. Термін здачі закінченого проекту (роботи) _____

3. Вихідні данні до проекту (роботи) 1. Забезпечити межі вимірювання частоти: 0,01...65 МГц; 10...950 МГц; 2. Забезпечити межі вимірювання ємності 0,01 пФ...2000 мкФ;

3. Забезпечити межі вимірювання індуктивності 0,001 мкГн...5 Гн;

4. Забезпечити точність вимірювання частоти у діапазоні 0,01...65 МГц ± 1 Гц, у діапазоні 10...950 МГц ± 64 Гц, у режимі вимірювання ємності С - 0,5 %, індуктивності L - 2...10 %;

5. Забезпечити чутливість частотоміру біля 10...100 мВ

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити)

1. Огляд цифрових електровимірювальних приладів

2. Розробка електровимірювального приладу

3. Програмування і налаштування вимірювального приладу

4. Економічна частина

5. Охорона праці

5. Перелік графічного (презентаційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількості слайдів)

1. Вимірювальний прилад для визначення індуктивності, ємності та частоти. Схема структурна

2. Вимірювальний прилад для визначення індуктивності, ємності та частоти. Схема принципова електрична

3. БСА роботи вимірювального приладу для визначення індуктивності, ємності та частоти

4. Приклади роботи приладу у режимах визначення індуктивності, ємності та частоти

6. Консультанти по проекту (роботі), із зазначенням розділів проекту, що їх стосується

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-3	Кривченко А.А.		
4. Економічна частина	Копайгородська Т.Г.		
5. Охорона праці	Чорновол Н.І.		
Нормоконтроль	Петрашова В.І.		

7. Дата видачі завдання _____

Керівник **Кривченко А.А.** _____
(підпис)

Завдання прийняв до виконання _____
(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/р	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів дипломного проекту (роботи)	Відмітка про виконання
1.	Вступ. Постановка задачі проектування		
2.	Огляд і аналіз промислових електровимірюв. приладів		
3.	Аналіз аматорських схем електровимірювальних приладів		
4.	Огляд AVR-мікроконтролерів фірми ATMEL		
5.	Огляд мікроконтролерів фірми MICROCHIP		
6.	Вибір мікроконтролера для схеми приладу		
7.	Аналіз принципів вимірювання параметрів ел. ланцюга		
8.	Розробка структурної схеми вимірювального приладу		
9.	Розробка принципової електричної схеми приладу		
10.	Аналіз і вибір елементної бази		
11.	Розробка алгоритму для мікроконтролера		
12.	Програмування мікроконтролера		
13.	Налаштування приладу		
14.	Випробування приладу та порівняння з еталонами		
15.	Виконання економічних розрахунків проекту		
16.	Розробка заходів з охорони праці та техніки безпеки		

Дипломник _____
(підпис)

Керівник _____
(підпис)

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Огляд цифрових електровимірювальних приладів.....	10
1.1 Промислові зразки електровимірювальних приладів.....	11
1.1.1 Цифровий частотомір ATTEN F2700-C.....	11
1.1.2 Цифровий частотомір MASTECH MS6100.....	12
1.1.3 RLC-вимірювач MTC-4070D	14
1.1.4 RLC-вимірювач E7-22.....	15
1.1.5 RLC-вимірювачі MT 4080A і MT 4080D.....	17
1.1.6 Вимірювачі LCR 816, LCR 817, LCR 827, LCR 819 і LCR 829.....	19
1.2 Аматорські схеми електровимірювальних приладів.....	21
1.2.1 Цифровий частотомір на мікроконтролері PIC16F84.....	21
1.2.2 Віртуальний частотомір для COM-порту ПК	24
1.2.3 Цифровий вимірювач ємності на мікроконтролері ATMega16.....	27
1.2.4 Вимірювач ємності і частотомір на мікроконтролері AVR.....	29
1.2.5 Цифровий LC-метр на мікроконтролері PIC16F84.....	31
1.3 Висновки за розділом.....	32
2 Розробка електровимірювального приладу.....	33
2.2 Принципи вимірювання комплексних параметрів ланцюга.....	33
2.3 Розробка структурної схеми вимірювального приладу.....	37
2.4 Короткий огляд мікроконтролера MicroChip PIC16F84.....	39
2.4.1 Характеристики мікроконтролерів фірми Microchip.....	39
2.4.2 Порівняльний аналіз PIC-мікроконтролерів.....	40
2.4.3 Опис мікроконтролера PIC16F84.....	42
2.5 Розробка принципової електричної схеми вимірювального приладу.....	52
2.6 Вимоги до елементної бази приладу.....	55
3 Програмування і налаштування вимірювального приладу.....	58
3.1 Схема програматора для вимірювального приладу.....	58
3.2 Розробка алгоритму для мікроконтролера приладу.....	58

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

КС 55. 04 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

5

3.3	Програмування мікроконтролера приладу.....	60
3.4	Налаштування вимірювального приладу для визначення індуктивності, ємності та частоти.....	61
3.5	Робота з вимірювальним приладом.....	63
3.5.1	Режим частотоміру.....	63
3.5.2	Режим самокалібрування.....	63
3.5.3	Режим "Сх".....	64
3.5.4	Режим "Lx".....	64
3.5.5	Режим установки констант.....	65
4	Економічна частина.....	66
5	Охорона праці.....	
	Висновки.....	
	Перелік використаних джерел.....	
	ДОДАТОК. Програма для мікроконтролера PIC16F84A.....	

ВСТУП

У сучасному суспільстві, в міру вичерпання нею природи, все більше і більше зростає роль різних вимірювань. Відповідно, без зупинки збільшується обсяг вимірвальної інформації – відомості про значення вимірюваних фізичних величин, зростають вимоги до якості і способів її обробки. Правильно організований технічний контроль і випробування сприяють значному підвищенню надійної роботи електронних схем. У зв'язку з цим особливої актуальності набувають радіотехнічні пристрої, призначені для випробування і контролю, за допомогою яких перевіряється працездатність і придатність до експлуатації різного устаткування і приладів.

Електричні вимірювання і електричні прилади посідають одне з найважливіших місць у житті цивілізованого людства. За частотою застосувань електричні вимірювання поступаються хіба що лише вимірюванням довжини, маси та температури. Електричні вимірювання застосовуються не лише для вимірювань власне електричних величин (напруги, струму, потужності, енергії, опору, частоти, зсуву фаз, ємності та ряду магнітних величин), а і при використанні перетворювачів для вимірювання багатьох неелектричних величин (тиску, температури, швидкості, параметрів вібрації, рівня рідин та сипучих матеріалів, витрати рідин та газоподібних речовин, величин пружних деформацій, відстаней).

Електровимірвальні прилади використовують не тільки для поточного контролю роботи електричного обладнання, а і для пошуку його пошкоджень. Причому саме за допомогою електричних вимірювань візуально недосяжні пошкодження обладнання знаходять найшвидше і найточніше. Як приклад можна навести пошук місця пошкодження електричного кабелю вимірюванням електричного опору з двох кінців виміреного кабелю (в разі короткого замикання між його струмопровідними жилами), чи вимірюванням ємності між жилами (в разі розриву жойсь із жил). Визначити місце пошкодження без застосування електричних вимірювань було б практично неможливо.

					КС 55. 04 005. 00 ДП ПЗ	Арх.
Змк.	Арх.	Наб.схем.	ГПЗС	Дата		7

Великого поширення в сучасній науці і техніці набували вимірювальні прилади і прилади електровимірювань, використовувані для вимірювань, дистанційної передачі вимірювальної інформації, як проміжні перетворювачі для введення відомостей в цифрові обчислювальні машини і ін. Основні вимоги, які пред'являють до приладів вимірювань, – це дуже висока точність; швидкодія; можливість автоматичного процесу вимірювань; представлення результатів вимірювань у формі, зручній для обробки, у тому числі за допомогою комп'ютера, маленькі габарити і вага, дуже висока практичність.

Задачу поєднання безпомилковості і швидкодії дозволили вирішити цифрові прилади електровимірювань. Цифровими радіовимірювальними приладами називаються вимірювальні прилади, що виконують автоматично в процесі вимірювання дії квантування вимірюваної величини, її цифрове кодування і надання результатів діагностики в цифровій формі лише у вигляді числа або коду.

Принцип дії цифрових вимірювальних приладів заснований на перетворенні вимірювального неперервного сигналу в електричний код, який відображається у цифровій формі. У загальному випадку цифровий прилад містить вхідний пристрій, аналогово-цифровий перетворювач і цифровий відліковий пристрій.

Вхідний пристрій призначений для забезпечення великого вхідного опору, зміни діапазону вимірювання та визначення полярності вхідного пристрою. Аналогово-цифровий перетворювач перетворює аналоговий розмір у дискретний сигнал у вигляді електричного коду пропорційний вимірювальній величині. Результат вимірювання реєструється на табло цифрового відлікового пристрою.

Перевагою цифрових приладів є малі похибки вимірювання (0,1 – 0,001%) у широкому діапазоні вимірювальних сигналів, висока швидкість дії (до 500 вимірювань/с), видача результатів вимірювань у цифровому вигляді, можливість документальної реєстрації вимірювальної інформації за комп'ютерної техніки для наступного опрацювання. До недоліків варто

					КС 55.04.005.00 ДП ПЗ	Арх.
Звіт.	Арх.	Необх.м.	ГПЗС	Дата		8

відності: складність схем і конструкції, високу вартість, меншу надійність. Ці недоліки можна вважати тимчасовими, оскільки в даний час вони швидко усуваються у зв'язку з розвитком мікроелектронної елементної бази.

Відсутність рухомих частин у цифрових радіоенігровальних приладах дозволила різко підвищити їх надійність і довговічність. Автоматизація процесу вимірювань виконується тепер дуже легко. Надання вимірювальної інформації у цифровому вигляді надає можливість обробки її засобами ПК.

Сучасний інженер, зайнятий у будь-якій галузі промисловості, зобов'язаний уміти підібрати і визначити цифрові імпортні вимірювальні прилади для керування технологічним процесом, контролю якості продукції, зобов'язаний бути в курсі про істотні метрологічні характеристики приладів вимірювань.

В Україні надзвичайно великі потенційні можливості промисловості, що може виробляти електроенігровальні прилади, і значною мірою перевищують потреби країни у цих приладах. Заводи, здатні виробляти засоби електричних вимірювань, є у багатьох містах країни, зокрема у Києві, Львові, Севастополі, Луцьку та ін.

Завданням даного дипломного проекту є розробка цифрового вимірювального приладу для визначення індуктивності, ємності та частоти. Даний прилад можна буде застосовувати на підприємствах, у навчальних закладах і призначений він саме для визначення ємності конденсаторів, індуктивності дроселів, частоти генераторів у вимірюваному діапазоні. При цьому треба забезпечити достатню точність вимірювань. Основною його перевагою має бути універсальність, оскільки прилад є комбінованим. Цей вимірювальний прилад можна буде використовувати для налаштування, тестування і калібрування різного типу електронних схем і модулів.

					КС 55.04.005.00 ДП ПЗ	Арх.
						9
Звіт.	Арх.	Необхідн.	ГПЗС	Дата		

1 ОГЛЯД ЦИФРОВИХ ЕЛЕКТРОВИМІРЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ

У цій главі будуть розглянуті існуючі вимірвачі частоти, ємності та індуктивності, причому в п.1.1 розглянемо промислові зразки електровимірвальних приладів, які є в продажу, а в п.2.2 розглянемо існуючі аматорські прилади, описані в технічній літературі, статтях, на тематичних форумах у мережі Internet.

Не дивлячись на схемні і конструктивні особливості, принципи побудови цифрових приладів однакові (рис. 1.1).

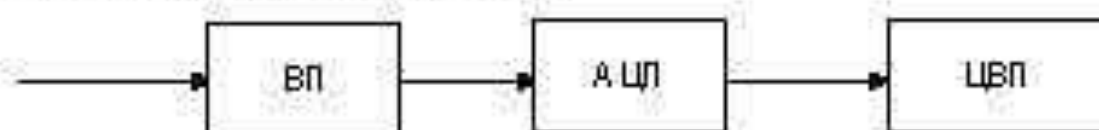


Рисунок 1.1. Узагальнена структурна схема цифрового вимірвального приладу

Вимірювана величина поступає на вхідний пристрій приладу ВП, де відбувається масштабне перетворення. З вхідного пристрою сигнал поступає на аналого-цифровий перетворювач АЦП, де аналоговий сигнал перетворюється у відповідний код, який відображується у вигляді числового значення на цифровому відліковому пристрої ЦВП. Для отримання всіх керувачих сигналів в цифровому приладі передбачений пристрій керування (ПК) (на рис. 1.1 не показано). Вхідний пристрій цифрового приладу влаштований аналогічно електронному приладу, а в деяких конструкціях на його вході використовується фільтр для виключення перешкод.

Залежно від принципу аналого-цифрового перетворення (АЦП) цифрові вимірвальні прилади розділяють на пристрої прямого перетворення і компенсаційні (з зрівнювальним перетворенням).

Сучасний інженер, що працює у будь-якій галузі промисловості, повинен уміти вибрати і призначити відповідні пристрої вимірювання для керування технологічним процесом, контролю якості продукції, повинен знати про основні метрологічні характеристики засобів вимірювання.

1.1 Промислові зразки електронімірювальних приладів

1.1.1 Цифровий частотомір ATTEN F2700-C

Цифровий частотомір – це складний вимірювальний прилад для визначення частоти періодичного процесу або частот гармонійних складових спектру сигналу. Частотоміри використовуються для обслуговування, регулювання і діагностички радіоелектронного устаткування різного призначення, контролю роботи радіосистем і технологічних процесів.

Цифровий частотомір ATTEN F2700-C – високоточний прилад. Погрешність вимірювання високих частот знаходиться в межах соті відсотка.



Рисунок 1.1. Зовнішній вигляд цифрового частотоміра ATTEN F2700-C

Інтерфейсом цифровий частотомір ATTEN F2700-C нагадує прилад старого зразка (рис. 1.1). Індикація режимів на дисплеї чітко розділена. Кнопки працюють чітко. Мікропроцесорне керування дозволяє отримати дані високої точності і роздільної здатності за короткий період вимірювання. Технічні характеристики цифрового частотоміра ATTEN F2700-C приведені в табл. 1.1.

Граничні значення вимірюваних сигналів:

- синусоїдальний сигнал: від 10 Гц і амплітудою від 50 мВ;
- П-образний сигнал: від 10 Гц і амплітудою від 20 мВ, частотою вище 5 МГц від 30 мВ;
- пилоподібний сигнал: від 10 Гц і амплітудою від 60 мВ.

					КС 55.04.005.00 ДП ПЗ	Арх.
Змт.	Арх.	Наб.ком.	ГП.С.	Дата		11

Таблиця 1.1. Технічні характеристики АТТЕН F2700-С

Дисплей	8-розрядний
Діапазон частот	10 Гц ~ 2700 МГц
Вхідний імпеданс	1 МОм – 1й канал
	50 Ом – 2й канал
Живлення	220В±10% 50~60Гц
Габарити (Ш × В × Г), мм	230 × 210 × 76
Вага, кг	1,8
1-й канал	
Діапазон частот	10 Гц ~ 8 МГц: 75 мВ
	8 МГц ~ 10 МГц: 30 мВ
	10 МГц ~ 80 МГц: 30 мВ
	80 МГц ~ 100 МГц: 30 мВ
2-й канал	
Діапазон частот	100 МГц ~ 2400 МГц: 30 мВ
	2400 МГц ~ 2700 МГц: 75 мВ

Дуже поважно при вимірюванні вибрати діапазон, оскільки частоти величиною в декілька кілогерц на розгортці 100 МГц відображуються не точно.

Корпус цифрового частотоміра АТТЕН F2700-С мідний, металевий, з гумовими ніжками. Габарити мінімальні, усередині все змонтовано компактно і надійно.

1.1.2 Цифровий частотомір MASTECH MS6100

Цифровий частотомір MASTECH MS6100 має сучасний дизайн, округлені форми корпусу і кнопок (рис. 1.2). На дисплеї також відображується індикація вхідного сигналу, сигнал про перевищення розряду екрану, вимірювана величина і діапазон.

Частотомір керується 8-бітовим мікроконтролером. Індикація вимірювань відображується на 8-розрядному діодному дисплеї високої яскравості. Забезпечується частота 10 МГц на виході OSC. Вхідний сигнал може бути смільний до загасань. По вибору користувача прилад може живитися напругою 110VAC або 220VAC. Прилад був розроблений відповідно до вимог по безпеці IEC1010-1.

					КС 55.04.005.00 ДП ПЗ	Арх.
Змт.	Арх.	Наб.ком.	ГП.С.	Дата		12



Рисунок 1.2. Зовнішній вигляд цифрового частотомера MASTECH MS6100

Технічні характеристики цифрового частотомера MASTECH MS6100 приведені в табл.1.2.

Таблиця 1.2. Технічні характеристики MASTECH MS6100

<i>Вимірювані частоти</i>			
<i>Канал</i>	<i>Діапазон</i>	<i>Држегі</i>	<i>Точність</i>
А	10MHz 10Hz...10MHz	1,10,100 Hz обраний	±1 рахунок ± 1x10 ⁻⁵ x частота (мілісек) ±1 рахунок 1x10 ⁻⁵ x частота (хвилина)
	100 MHz 10 MHz...100 MHz	10, 100, 1000HZ обраний	
В	1300MHz 100 MHz...1300MHz	100Hz, 1kHz, 10kHz обраний	
<i>Вимірювання періоду</i>			
А (лише)	0.1S...0.1mkS (10 Hz...10MHz)	0.0 mkS, 0.00mkS 0.000mkS обраний	±1 рахунок ± 1x10 ⁻⁵ x частота (мілісек) ±1 рахунок 1x10 ⁻⁵ x частота (хвилина)
<i>Вимірювання суми</i>			
А (лише)	10Hz...10MHz	1 вхідний рахунок	

Цей частотомер поступається ATTEN F2700-C по максимальній вимірюваній частоті 1.3 ГГц проти 2.7 ГГц, а також чутливістю, а саме:

- синусоїдальний сигнал від 10 Гц і амплітудою від 500mB;

- П-образний сигнал від 10 Гц і амплітудово від 100 мВ при 5 МГц амплітудово від 300 мВ;
- трикутноподібний сигнал від 10 Гц і амплітудово від 330 мВ.

Після всього вищесказаного можна зробити висновок про схожість двох розглянутих вимірвачів частоти. Вони мають однаковий набір можливостей, але АТТЕН F2700-С чутливіший до вимірюваного сигналу і має вищу швидкість вимірювання. Верхня межа – 2.7 ГГц проти 1.3 ГГц.

1.1.3 RLC-вимірвач MIC-4070D

MIC-4070D найбільш простий і, відповідно найдешевший, вимірвач опорів, індуктивностей і ємностей (RLC) з тих, що існують на ринку.



Рисунок 1.3. Зовнішній вигляд RLC-вимірвача MIC-4070D

Прилад має ручний вибір меж вимірювання за допомогою поворотного перемикача (рис.1.3). Контроль правильності вибору меж вимірювання контролюється оператором по РК-індикатору: якщо межа вимірювання низька, на індикаторі висвітується напис "OL", якщо високий – значення вимірюваної величини матиме низьке значення. Вибір частоти вимірювання і схеми заміщення вибирається в приладі автоматично, виходячи зі встановленої межі

					КС 55.04.005.00 ДП ПЗ	Арх.
Змст.	Арх.	Нав.докум.	ГП/ГЛС	Дата		14

вимірювання. Це дозволяє виключити помилку оператора, викликану неграмотним вибором частоти вимірювання і схеми заміщення, що може спотворити результат вимірювання. Прилад дозволяє вимірювати добротність для індуктивності і тангенс втрат для ємності. Перемикання з вимірювання реактивного опору на вимірювання добротності (тангенса втрат) здійснюється повзунковим перемикачем. Одночасна індикація величини реактивного опору і допоміжних параметрів неможлива.

Переваги MIC-4070D:

- Невеликі масо-габаритні розміри;
- Низька вартість;
- Автономне живлення;
- Досить широкий діапазон вимірювання;
- Автоматичний вибір частоти вимірювання і схеми заміщення;
- Можливість вимірювання SMD-компонентів.

Недоліки MIC-4070D:

- Лише дві частоти вимірювання-120Гц і 1КГц;
- Індикація лише одного вимірюваного параметра;
- Неможливість зміни рівня тест-сигналу;
- Немає зв'язку з ПК.

1.1.4 RLC-вимірник E7-22

Цей портативний вимірник RLC володіє досить широкими функціональними можливостями особливо у напрямі допускового контролю порівнях параметрах: вимірювання ємності, індуктивності, тангенса кута втрат, добротності, опору змінному струму, еквівалентного послідовного/паралельного опору (рис.1.4).

Дяки особливості і функціональні можливості вимірника RLC E7-22 не мають аналогів навіть в дорожчих і складніших моделях вимірників RLC, що робить його дуже популярним не лише серед рядових користувачів, але і серед конструкторів-розробників радіоелектроніки і апаратури.

					КС 55.04.005.00 ДП ПЗ	Арх.
Змт.	Арх.	Наборм.	ГПЗС	Дата		15

Таблиця 1.3. Технічні характеристики RLC E7-22

Характеристики	Параметри	Значення
Активний опір (RAC)	Межі вимірювання	20 / 200 / 2000 Ом / 20 / 200 / 2000 к Ом / 10 МОм
	Дозвіл	1 / 10 / 100 м Ом / 1 / 10 / 100 Ом / 1 к Ом
Ємність	Погрішність вимірювання	$\pm(0,5 \dots 0,8 \% + 3 D)$ 200 Ом... / 2000 к Ом $\pm(1,2 \dots 2 \% + 8 D)$ 20 Ом, 10 МОм
	Межі вимірювання	2000 пФ / 20 / 200 / 2000 нФ / 20 / 200 / 2000 мкФ / 20 мФ
Індуктивність	Дозвіл	0,1 / 1 / 10 / 100 пГн / 1 / 10 / 100 нГн / 1 мкГн
	Погрішність вимірювання	$\pm(0,7 \% + 3 D)$ 20 нГн / ... / 200 мкГн, ($D < 0,5$) $\pm(1 \dots 2 \% + 5 D)$ 2000 пГн, 2000 мкГн, 20 мГн ($D < 0,1$)
Добротність (Q), Втрата(D)	Межі вимірювання	2000 мкГн / 20 / 200 / 2000 мГн / 20 / 200 / 2000 / 10000 Гн
	Дозвіл	0,1 / 1 / 10 / 100 мкГн / 1 / 10 / 100 мГн / 1 Гн
Вимірювання LCR	Погрішність вимірювання	$\pm(0,7 \% + 5 D)$ 200 мГн / ... / 200 Гн $\pm(1 \dots 2 \% + 5 D)$ 2000 мкГн, 20 мГн, 2000 Гн
	Межі вимірювання	0,9999 / 9,999 / 99,99 / 999,9
Тест-сигнал	Дозвіл	0,0001 / 0,001 / 0,01 / 0,1
	Погрішність вимірювання	Відповідає погрішності вимірювання ємності, індуктивності
Дистанційне керування	Вибір меж вимірювання	Автоматичний або ручний по основній шкалі
	Швидкість вимірювання	Автоматичний по додатковій шкалі
Дистанційне керування	Індивідуальні результати вимірювання	1 кГц
	Схема вимірювання	Шкала основна/додаткова: $L_s/Q, D, R_s; I_p(Q, D, R_p); C_s/Q, D, R_s; C_p(Q, D, R_p); R_{ac}$
Дистанційне керування	Частота тест-сигналу	Паралельна або послідовна (ручний вибір)
	Рівень тест-сигналу	120 Гц, 1 кГц, (ручний вибір)
Дистанційне керування	Інтерфейс	0,5 В
	Відображувані параметри	Послідовний порт по стандарту RS-232C з опцією роз'язково
Дистанційне керування	Формат індивідуальності	Основний екран (Rac, L, C), додатковий екран (Q, D, Rs, Rp), індикатори параметрів режиму вимірювання
	Індивідуальні результати вимірювання	4% розряд (19999) основна шкала 4 розряди (9999) додаткова шкала
Загальні дані	Напруга живлення	"OL"
	Габарити	9 В ("Крона"), АС-DC адаптер 12...15 В / 50 мА (опція)
	Маса	91 × 192 × 52 мм 365 г



Рисунок 1.4. Зовнішній вигляд RLC-вимірвача E7-22

Основні технічні характеристики вимірвача приведені в табл.13.

Всі функції вимірвача RLC E7-22 реалізовані апаратно в приладі вагою всього 365 грам, а не програмно на зовнішньому комп'ютері, як у вимірвачах RLC інших виробників. Цей вимірвач є на сьогоднішній день найбільш вдалим в співвідношенні ціна – якість – функціональність. Використання програмного забезпечення для вимірвача RLC E7-22 дозволяє не лише розширити його функціональні можливості, але і вести документування вимірювань, проводити аналіз і накопичення статистики.

1.1.5 RLC-вимірвачі MT 4080A і MT 4080D

Це також портативний вимірвач RLC, що володіє широкими функціональними можливостями, розширеним частотним діапазоном і підвищеною точністю вимірювання (рис.15).

Відзнаки між моделями з літерами "А" і "D" полягають в частоті тест-сигналу. У вимірвачу MT 4080A верхня частота тест-сигналу складає 100 кГц, у вимірвачу MT-4080D вона складає 10 кГц. Вища частота тест-сигналу дозволяє понизити погрешність вимірювання малих величин ємності і індуктивності, нижча частота тест-сигналу дозволяє зменшити погрешність

					КС 55.04.005.00 ДП ПЗ	Арх.
						17
Змт.	Арх.	Необх.зм.	ГПЗС	Дата		

вимірювання великих величин ємності і індуктивності. Вимірювачі RLC MT-4080 мають унікальний для портативних вимірювачу RLC набір частот тест-сигналу, це – 100 Гц, 120 Гц, 1кГц, 10 кГц і для MT-4080A 100 кГц.



Рисунок 1.5. Зовнішній вигляд RLC-вимірювача MT 4080A

Прилади володіють наступними функціональними особливостями:

- Вибір частоти вимірювання (100 Гц, 120 Гц, 1кГц, 10 кГц і для MT-4080A 100 кГц);
- Вибір рівня тест-сигналу;
- Вибір швидкості вимірювання;
- Відносні вимірювання;
- Вибір паралельної або послідовної схеми заміщення;
- Автоматичний вибір меж вимірювання з можливістю фіксації вибраної межі;
- Два індикатори – один для індикації основних параметрів, другий для індикації допоміжних параметрів;
- Можливість вибору вимірювання і індикації таких допоміжних параметрів як добротність (D) тангенс втрат (Q) і еквівалентний послідовний опір (R) при установці послідовної схеми заміщення

					КС 55.04.005.00 ДП ПЗ	Арх.
						18
Змт.	Арх.	Наборм.	ГПЗС	Дата		

- Програмна компенсація режимів короткого замикання (КЗ) і холостого ходу (ХХ);
- Бездротовий інфрачервоний інтерфейс для зв'язку з комп'ютером;
- Внутрішній акумулятор, що забезпечує автономну роботу і що автоматично заряджається при роботі від мережі 220В.

Вимірники MT-4080 володіють рядом унікальних можливостей, аналогів яких не існує в інших моделях RLC-вимірників. Базова погрішність вимірювання складає 0,2 %. Такою низькою погрішністю вимірювання не володіє жоден портативний RLC-вимірник в світі. Це єдиний у своєму роді RLC-вимірник, що дозволяє проводити вимірювання ємності і індуктивності не лише на різних частотах тест-сигналу, але і омичний опір постійному струму. Це, наприклад, дозволяє проводити не лише вимірювання ємності електролітичних конденсаторів, але і визначати внутрішні витоків на постійній напрузі. Це єдиний у своєму роді RLC-вимірник, що дозволяє в прямому вигляді проводити вимірювання комплексного опору ланцюгу.

Цей прилад був розроблений не лише для тестування компонентів на виробничій лінії, але і у тому числі, для фундаментальних досліджень в лабораторії. Прилад забезпечує безпосереднє підключення елементів з довгими выводами до вхідних гнізд вимірника. Якщо компонент неможливо підключити використовувачи власні вводи, це можливо здійснити використовувачи або 2-дротні або 4-дротні зовнішні кабелі. Використання спеціального щупа для тестування SMD компонентів робить вимірювання швидкими і зручними.

1.1.6 Вимірники LCR 816, LCR 817, LCR 827, LCR 819 і LCR 829

Це стаціонарні, лабораторні, високопрецизійні вимірники призначені, перш за все, для фундаментальних лабораторних досліджень або високоточних вимірювань на виробничій лінії (рис. 1.6). Відзнаки між моделями складають різні частоти тест-сигналу. Для вимірника LCR 816 верхня частота складає 2 кГц, для вимірників LCR 817 і LCR 827 верхня частота складає 10кГц, для

					КС 55. 04 005. 00 ДП ПЗ	Арх.
Звіт.	Арх.	Необхідн.	ГПЗС	Дата		19

LCR 819 і LCR 829 верхня частота складає 100 кГц. Нижні частоти вимірювання для всіх приладів однакові і складають 12 Гц.



Рисунок 1.6. Зовнішній вигляд вимірювача LCR816

Вимірювачі LCR 827 і LCR 829 модифіковані для використання в промисловості. Модифікація полягає в зменшенні часу вимірювання, що дозволило прискорити процес обробки вимірювання компонентів на конвеєрі, але в той же час збільшило погрішність вимірювання (але дозволило їй залишитися в межах 0,1%). Друга зміна стосується можливості вживання механічного маніпулятора для сортування радіо-компонентів при виробництві або входному контролі. Сортування здійснюється завантаженням відповідного програмного забезпечення як у вимірювач RLC, так і в маніпулятор. Сортування може проводитися по різних критеріях – по абсолютному відхиленню, по відносному відхиленню і так далі.

Спільними особливостями вимірювачів RLC компанії GOOD WILL є:

- Базова погрішність вимірювання 0,05%;
- 503 частоти тест-сигналу, що дозволяє проводити вимірювання не лише на стандартних частотах (110 Гц, 1 кГц, 10 кГц і 100 кГц) як було раніше, але і формувати практично безперервну сітку частот вимірювального сигналу;
- Регулювання рівня тест-сигналу від 5 мВ до 1,275 В з кроком 5 мВ, що також дозволяє формувати практично безперервну сітку рівнів;

Зм.	Арх.	Наб.ком.	ГПЗС	Дата

КС 55.04.005.00 ДП ПЗ

- Відображення відносного або абсолютного результату вимірювання;
- Пам'ять на 100 профілів умов вимірювання;
- Усереднювання результатів вимірювання для підвищення точності вимірювання;
- Програмна компенсація режимів коротко замикання (КЗ) і холостого ходу (ХХ);
- Інтерфейс RS-232 для зв'язку з комп'ютером;
- Закрите програмне калібрування для забезпечення необхідної погрешності вимірювання в міжреперичному інтервалі;
- Великий висококонтрастний дисплей, на якому відображуються не лише результати вимірювання основних і додаткових параметрів, але і умови вимірювання.

1.2 Аматорські схеми електронних вимірювальних приладів

Любителів своє конструювання неможливо без вимірювальних приладів, які допоможуть перевірити деталі, зміряти напругу в різних ланцюгах зібраної конструкції, простежити за проходженням сигналу через її каскади. Використання дорогих промислових приладів в цьому випадку не виправдано, а покупка дешевих простих вимірювачів не дозволить добитися прийнятної точності вимірювань. В цьому випадку найкращим варіантом буде збірка власного вимірювача на основі підбраної в технічній літературі схеми. Розглянемо варіанти любительських конструкцій вимірювачів частоти, ємності, індуктивності (F, C, L).

1.2.1 Цифровий частотомір на мікроконтролері PIC16F84

Головна особливість даного частотоміра (рис.1.7) – простота і економічність. Основні характеристики частотоміра: діапазон вимірювання частоти – від 0,1 Гц до 60 МГц; поріг чутливості до вхідній напрузі – від 0,08 до 0,15 В (значення амплітуди); мінімальна величина частоти синусоїдального сигналу, що фіксується частотоміром, – 2 Гц (амплітудово 0,15 В); максимальна амплітуда вхідного сигналу – 3 В.

					КС 55.04.005.00 ДП ПЗ	Арх.
						21
Змт.	Арх.	Необх.зм.	ГПЗС	Дата		

В жості джерела живлення застосована батарея "Крона" або зовнішнє джерело живлення з напругою від 7 до 16 В, струм споживання складає 10...12 мА. У частотомірі є можливість зміни часу вимірювання (0,1; 1 і 10 с), множення показань на 1000 (при вживанні зовнішнього дільника частоти), утримання показань, запис попереднього значення частоти в незалежну пам'ять і можливість подальшого зчитування.

Основа частотоміра – мікроконтролер PIC16F84A, який здійснює підрахунок імпульсів зовнішнього сигналу, обробку набутих значень і виведення результатів вимірювання на LCD. У функції мікроконтролера також входить опит кнопок (SB1–SB4) і керування живленням частотоміра.

Кнопка SB1 призначена для ввічлення і вивічлення частотоміра. Після підввічлення батареї живлення частотомір знаходиться у вивіченному стані. При натисненні на кнопку SB1 напруга живлення через діод VD1 поступає на інтегральний стабілізатор напруги DA1, а з його виходу – на вхідний каскад: транзистор VT3, мікроконтролер DA2 і індикатор LCD. Потім на виводі 1 (A2) мікроконтролера виникає високій логічний рівень, що приводить до відкриття транзисторів VT1 і VT2. Потім мікроконтролер чекає відпускання кнопки SB1 (контролюючи сигнал на виводі 6). Після розмикання кнопки SB1, напруга живлення подається на вхід стабілізатора DA1 через відкритий транзистор VT1 і починається вимірювання частоти.

Під час утримання SB1 на екрані індикатора відображується напис "ЧАСТОТОМІР" і "ВЕРСІЯ: 1.00". При вторинному натисненні на кнопку SB1, напруга живлення поступає на вивід 6 (B0) мікроконтролера, який після цього чекає розмикання кнопки SB1, і коли це станеться, встановлює низький логічний рівень на виводі 1 (A2). У результаті транзистори VT1, VT2 закриваються, частотомір знеструмлюється. Якщо в режимі вимірювання на індикаторі з'являються нульові показання протягом приблизний 3 мс., мікроконтролер встановлює низький логічний рівень на виводі 1 (A2), таким чином, відввічавачи від джерела живлення. Час вимірювання, вибраний кнопкою SB2 (0,1; 1 або 10 с), показується в правій частині нижнього рядка

					КС 55.04.005.00 ДП ПЗ	Арх.
Змт.	Арх.	Наб.ком.	ГП.С.	Дата		23

індикатора. Ціна молодшого розряду – 10, 1 або 0,1 Гц відповідно. При часі вимірювання 0,1; 1 і 10 с максимально на LCD може відображатися сім, вісім або дев'ять розрядів, тобто найбільше значення, що відображується, рівне відповідно 99 999 99, 99 999 999 або 99 999 999 9 МГц.

Натисненням кнопки SB3 показання частоти умножують на 1000. Це необхідно для зчитування показань при використанні зовнішнього дільника на 1000. Цей коефіцієнт множення ("x1" або "x1000") відображується в середині нижнього рядка. Для утримання показань, натискають кнопку SB4 ("Пам'ять"). При цьому на LCD фіксуються значення тієї частоти, яка було у момент натиснення кнопки. Її можна зберегти в незалежній пам'яті мікроконтролера, скориставшись кнопкою SB2, функція якої в цьому випадку – "Запам'ятати". Колишнє значення при цьому стирається. Для того, щоб зчитати частоту з пам'яті, необхідно натиснути на кнопку SB3. Для виходу з режиму роботи з пам'яттю використовують кнопку SB4. У режимі роботи з пам'яттю, частотомір автоматично вимикається приблизно через 3 хв. після натиснення на будь-яку кнопку незалежно від показань індикатора. Після вимкнення живлення в незалежній пам'яті зберігаються останні параметри вимірювання (час вимірювання і множник).

1.2.2 Віртуальний частотомір для COM-порту ПК

Даний віртуальний частотомір призначений для роботи сумісно з ПК, обладнаним послідовним портом. При цьому використовується спеціальне програмне забезпечення, яке дозволяє не тільки фіксувати результати поточного вимірювання, але і вести протокол вимірювань.

Принципова схема аналогового інтерфейсу, приведена на рис. 18, побудована на основі схеми промислового АЦП АДС 10. Зокрема, застосованій аналогічній вхідній каскад з дільником напруги. При використанні тих же номіналів резисторів R4 і R5 (100 кОм для АДС 10) можна забезпечити автоматичну сумісність цього пристрою зі всіма приставками – пристроями нормування сигналів, датчиками і тому подібне.

					КС 55.04.005.00 ДП ПЗ	Арх.
Змст.	Арх.	Наблюдат.	Голов.	Дата		24

Рядок в списку вибору 'COM-порт' дозволяє обрати COM-порт, до якого підключається розроблений аналоговий інтерфейс, тобто джерело сигналу, частоту якого належить зміряти. Група взаємозв'язаних кнопок під спільною назвою 'Вхідна лінія' надає можливість вибору одної з чотирьох доступних ліній послідовного порту. Вхідний сигнал підключається між вибраною лінією і схемою 'земля' (SG). Елемент 'Тривалість вимірювання, мс' призначений для установки часу, протягом якого вимірювальний частотомір 'опитує' джерело сигналу і підраховує його частоту. Чим більше час вимірювання, тим точніше отриманий результат. Елемент 'Кількість вимірювань' дозволяє задати деяку кількість послідовних вимірювань встановленої тривалості з отриманням усередненого результату, що відображується в протоколі і на цифровій шкалі. Чим більше кількість вимірювань, тим достовірніше отриманий результат.

Прапорець 'В шкалі?', якщо він встановлений, дозволяє перевести програму в стан безперервного вимірювання. Цей режим зручний при проведенні серії вимірювань з накопиченням результату в програмному протоколі.

1.2.3 Цифровий вимірник ємності на мікроконтролері ATmega16

Зараз випускається безліч настільних і портативних вимірників, виробники яких заявляють про нижню межу вимірювань ємності в 0.1 пФ і достатню точність вимірювань таких малих ємностей. Проте в багатьох з них вимірювання проводяться на досить низькій частоті (одинаці кілогерц). На відміну від багатьох інших, цей вимірник (рис. 1.10) спеціально спроектований для вимірювання малих значень ємності.

Параметри вимірника ємності такі: діапазон вимірювання: від 1 пФ до приблизно 470 мкФ; межі вимірювання автоматичне перемикання меж – 0...56 нФ (нижня межа) і 56 нФ ... 470 мкФ (верхня межа); індикація: три значущі цифри (дві цифри для ємностей менших, ніж 10 пФ); керування: єдина кнопка для установки «нуля» і калібрування; калібрування: однократна, за допомогою двох зразкових конденсаторів, 100 пФ і 100 нФ.

					КС 55.04.005.00 ДП ПЗ	Арх.
Зміст.	Арх.	Набори ум.	ГТБС	Дата		27

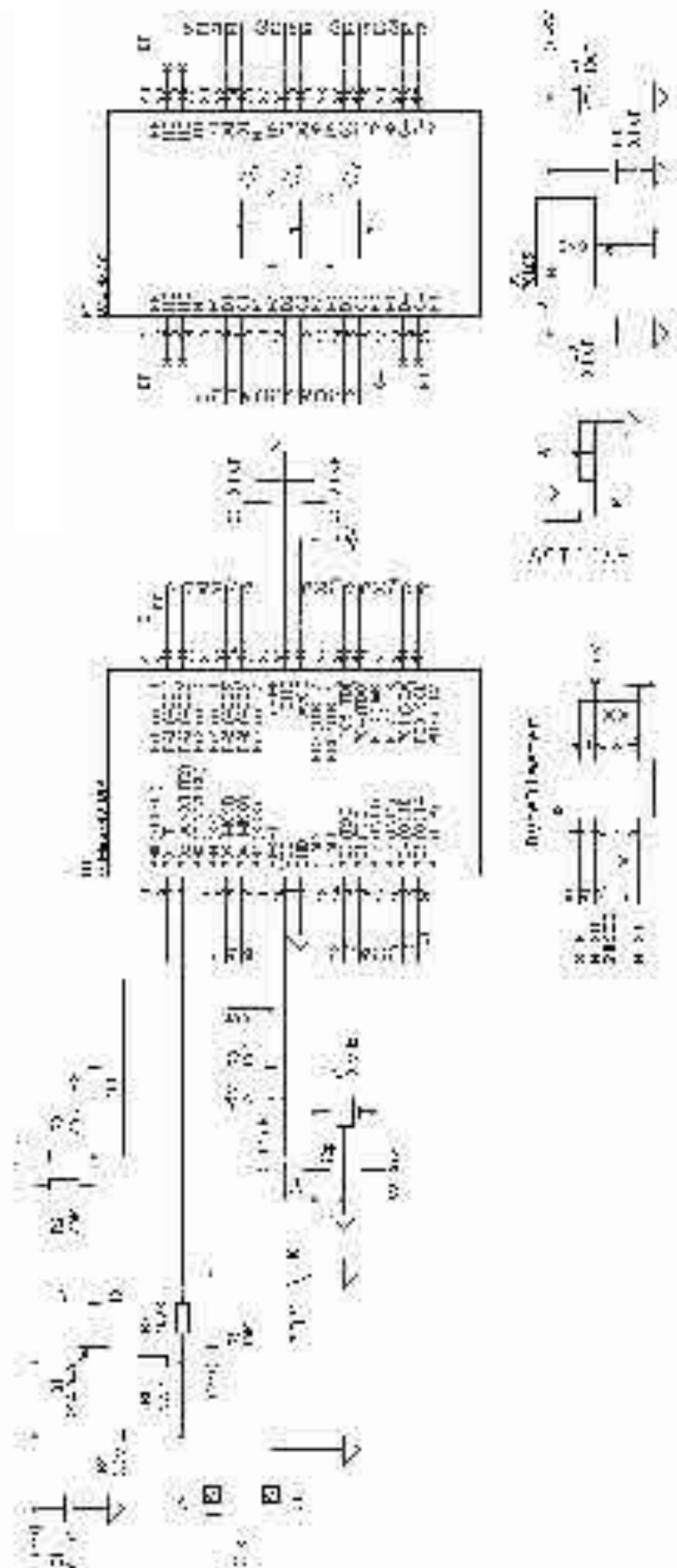


Рисунок 1.10. Принципова електрична схема вимірювача ємності на мікроконтролері ATmega16

					КС 55.04.005.00 ДП ПЗ	Арх.
Змст.	Арх.	№ докум.	ГТЗС	Дата		28

Велика частина виводів мікроконтролера підключена до РКІ. До деяких з них також підключений роз'єм для внутрішньосхеминого програмування мікроконтролера (ByteBlaster). Чотири виводи задіяно в схемі вимірювання ємності, включаючи входи компаратора АІН0 і АІН1, вихід керування межами вимірювання (за допомогою транзистора) і вихід вибору порогової напруги. До єдиного виводу мікроконтролера, що залишився, підключена кнопка.

Мікроконтролер проводить вимірювання ємності за два кроки. Насамперед, визначається час заряду конденсатора через резистор опором 3.3 МОм (нижня межа). Якщо необхідна напруга не досягнута протягом 0.15 секунд (що відповідає ємності близько 56 пФ), заряд конденсатора повторюється через резистор 33 кОм (верхня межа вимірювання). При цьому мікроконтролер спершу розряджає конденсатор через резистор опором 100 Ом, а потім заряджає його до напруги 0.17 В. Тільки після цього заміряється час заряду до напруги 2.5 В (половина напруги живлення). Після цього, цикл вимірювання повторюється. При виведенні результату на виводи РКІ подається напруга змінної полярності (щодо його спільного дроту) з частотою близько 78 Гц. До цієї високої частоти повністю усуває мережний індикатор.

1.2.4 Вимірювання ємності і частотомір на мікроконтролері AVR

Принцип роботи пристрою (рис.1.11) заснований на вимірюванні часу заряду конденсатора до певної "порогової" напруги. Розрахунок проводиться в мікроконтролері по наведеній нижче формулі:

$$t_s = RC \cdot \ln\left(1 + \frac{V_{CS}}{E}\right) \quad (1.1)$$

де T – час заряду;

R – опір ланцюгу заряду;

C – ємність конденсатора;

VCS – напруга на конденсаторі у момент T;

E – ЕДС ланцюга.

										Апр.
										29
Змт.	Апр.	Набодум.	ГПЗС	Дата	КС 55.04.005.00 ДП ПЗ					

1.2.5 Цифровий LC-метр на мікроконтролері PIC16F84

У даному пристрої (рис.1.12) використовується поширений мікроконтролер PIC16F84(A) і простий цифровий індикатор, який на порядок дешевше за багаторядкові алфавітно-цифрові модулі РКІ. Прилад насамперед призначений для радіоаматорів, що займаються ремонтом і виготовленням КХ і УКХ апаратури. Технічні характеристики пристрою:

Напруга живлення.....9-15 В

Середній споживаний струм.....9 мА

Діапазон вимірювання ємності.....0,1 пФ - 0,1 мкФ

Діапазон вимірювання індуктивності.....0,1 мкГн - 10 мГн

Точність вимірювання.....не гірше 5%

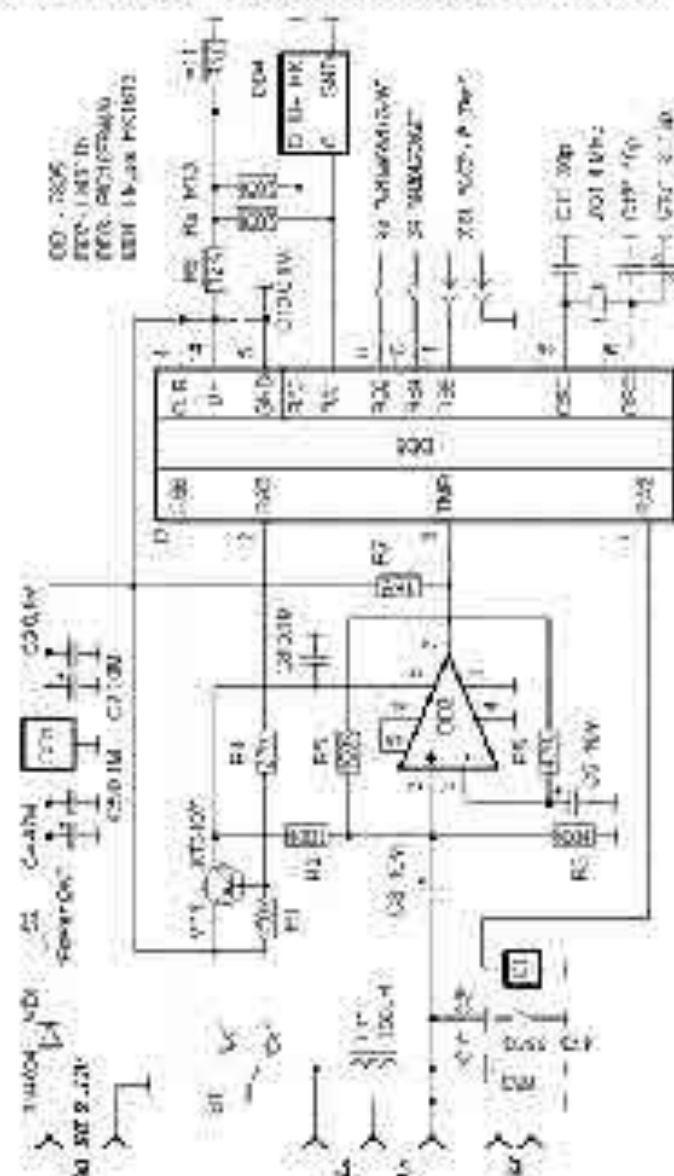


Рисунок 1.12. Принципова електрична схема LC-метра на PIC16F84

До складу LC-метра входять вимірвальний LC-генератор, виконаний на компараторі DD2 LM311N, і вузол на контролері DD3 PIC16A84(A), який вимірює частоту на вході TMR і обчислює значення вимірюваної величини. Принцип заснований на вимірюванні частоти LC-генератора і її зміни при підключенні до контуру генератора за допомогою реле K1 зразкової ємності C2. Знаючи величину цієї ємності, неважко обчислити параметри LC контуру генератора. При цьому ємність контуру складається з ємності власне конденсатора, паразитної ємності котушки індуктивності і ємності монтажу. Аналогічно з індуктивністю – враховується і індуктивність монтажу і паразитна індуктивність конденсатора. Перед вимірюванням треба натиснути клавішу калібрування S3, контролер обчислить значення L1 і C1 контуру генератора і занесе їх в пам'ять. Потім треба підключити паралельно контуру генератора вимірюваний конденсатор і вклучити режим вимірювання (клавіша S4). Контролер обчислює нові значення параметрів контуру і виводить на індикатор величину ємності вимірюваного конденсатора. При цьому і процес вимірювання, і процес калібрування відбуваються аналогічно, з використанням калібрувального конденсатора C2. Це дозволяє виключити вплив паразитної індуктивності вимірюваного конденсатора на точність вимірювання.

1.3 Висновки за розділом

Розглянувши варіанти побудови та організації вимірвальних приладів, описаних в даному розділі, зазначимо, що при вимірюванні різних величин (сили струму, напруги, опору, електричної потужності, ємності, частоти, фази, індуктивності) найзручніше користуватися універсальними приладами, що дозволяє підняти зручність проведення комплексних вимірювань, досягти певної уніфікації, економії засобів, отримання результатів одного класу точності. Розглянуті принципові схеми вимірювачів вивеємо до уваги при виконанні розробки приладу для визначення індуктивності, ємності та частоти у наступних розділах.

					КС 55.04.005.00 ДП ПЗ	Арх.
Змт.	Арх.	Наб.схем.	ГТБ.С.	Дата		32

2 РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОВИМІРЮВАЛЬНОГО ПРИЛАДУ

2.1 Аналіз технічного завдання

Розроблюваної цифрової вимірювальної прилад для визначення індуктивності, ємності та частоти має бути комбінованим приладом, що дозволить у широкій межі вимірювати частоту електричних коливань, а також ємність і індуктивність електричних компонентів з достатньою точністю. При цьому конструкція приладу повинна мати мінімальні розміри, масу і енергоспоживання, що дозволить користуватися ним також при роботах в польових умовах.

Згідно технічному завданню, а також розглянутом у розділі 1 відомостям про промислові зразки подібних вимірювальних приладів, визначимо наступні вимоги до пристрою, що розробляється:

- забезпечення функцій частотоміра, вимірювача ємності і індуктивності;
- напруга живлення 6...15В;
- струм споживання не більше 20-30 мА;
- межі вимірювання частоти у режимі F1 – 0,01...65 МГц, у режимі F2 – 10...950 МГц;
- межі вимірювання ємності – 0,01 пФ...2000 мкФ;
- межі вимірювання індуктивності – 0,001 мкГн...5 Гн;
- точність вимірювання у режимі F1 ± 1 Гц, у режимі F2 ± 64 Гц, у режимі C – 0,5 %, у режимі L – 2...10 %;
- чутливість у режимі F1 – 10...25 мВ, у режимі F2 – 10...100 мВ.

2.2 Принципи вимірювання комплексних параметрів ланцюга

Для вимірювання комплексних параметрів ланцюгів на різних частотах або комплексного опору призначені прилади, які часто називають вимірювачами імпедансу. Якщо прилад має можливість вимірювання комплексної провідності (імпедансу), то такий прилад називається вимірювачем імпедансу.

					КС 55.04.005.00 ДП ПЗ	Арх.
Змт.	Арх.	Наб.ком.	ГП.С.	Дата		33

Принцип вимірювання всіх вимірювачів імпедансу (імпедансу) заснований на аналізі проходження тестового сигналу із заданою частотою через ланцюг, що володіє комплексним опором і подальшим порівнянням з опорною напругою. Напруга робочої частоти з внутрішнього генератора подається на вимірюваний об'єкт і на об'єкті вимірюється напруга. Струм, що протікає через об'єкт, за допомогою внутрішнього перетворювача струм-напруга перетворюється в напругу. Вимірювання відношення цих двох напруги і дає повний опір ланцюгу.

$$|Z| = \frac{U}{I} \quad (2.1)$$

Графічне представлення повного опору представлено на рис.2.1. Як видно, повний опір Z складається з двох компонентів. Один – це активний опір R_S , другий – реактивний опір X_S .

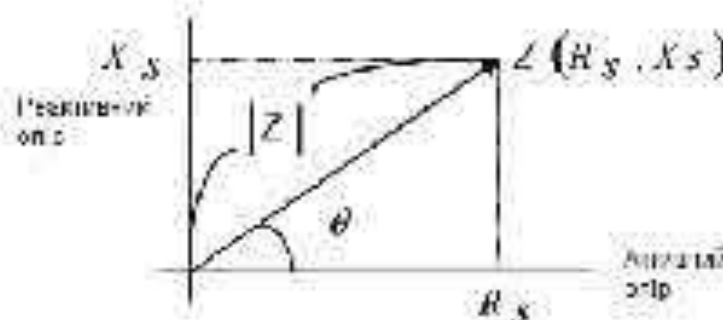


Рисунок 2.1. Повний опір ланцюгу

Комплексний опір Z визначається як:

$$Z = R_S + jX_S = |Z| \cdot e^{j\theta} \quad (2.2)$$

З формули 2.2 випливає, що:

Активний опір R_S пов'язаний з комплексним опором як:

$$R_S = |Z| \cdot \cos\theta \quad (2.3)$$

І відповідно реактивний опір X_S пов'язаний з комплексним опором як:

$$X_S = |Z| \cdot \sin\theta \quad (2.4)$$

де θ – кут між активним і комплексним опором.

З рис. 2.1 також виходить, що комплексний опір пов'язаний з активним і реактивним як:

$$|Z| = \sqrt{R^2 + X^2} \quad (2.5)$$

Існує два типи реактивного опору – ємнісний XC і індуктивний XL. Виходячи з параметрів ємності, індуктивності і частоти вони визначаються як:

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L \quad (2.6)$$

$$X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} \quad (2.7)$$

де C (L) – значення ємності (індуктивності), f – частота, на якій вимірюється реактивний опір.

З формул 2.6 і 2.7 випливає, що для вимірювання малих індуктивностей і ємностей слід використовувати високі частоти, а для вимірювання великих ємностей і великих індуктивностей – низькі. Формули 2.6 і 2.7 визначають значення реактивних опорів для ідеальних ємностей і індуктивностей. Реально жодна ємність має свій внутрішній кінцевий опір між пластинами, який призводить до виникнення внутрішніх втрат. Цей опір залежить від частоти. Очевидно, що чим менше цей опір, тим краще ємність. Аналогічно і для індуктивності, будь-яка індуктивність має активний опір вистів, магнітний потік розсіювання і інші параметри, що впливають на відхищення ідеальної індуктивності від реальної. Для оцінки ступеня внутрішніх втрат в ємностях і індуктивностях вводять параметр тангенс кута втрат (або тангенс кута діелектричних втрат). Для послідовної схеми замикання (поняття послідовної і паралельної схеми замикання слідує нижче) визначається як:

$$Q_C = \frac{1}{\tan \delta} = \frac{X_C}{R_C} = \frac{1}{2\pi f R_C} \quad (2.8)$$

$$Q_L = \frac{1}{\tan \delta} = \frac{X_L}{R_L} = \frac{2\pi f L}{R_L} \quad (2.9)$$

Для паралельної схеми заміщення, формули розрахунку тангенса втрат мають зворотній вигляд:

$$Q_p = \frac{1}{\tan \delta} = \frac{R_p}{|X_p|} = \frac{2\pi f C R_p}{1} \quad (2.10)$$

$$Q_i = \frac{1}{\tan \delta} = \frac{|R_p|}{|X_p|} = \frac{R_p}{2\pi f L} \quad (2.11)$$

Існує другий параметр, що визначає втрати в реактивних елементах, – це добротність. Добротність – це величина, зворотна тангенсу кута втрат:

$$D = \frac{1}{Q} \quad (2.12)$$

Історично склалося так, що втрати в ємності оцінюють по тангенсу кута втрат, а в індуктивності по величині добротності, хоча, ще раз підкреслимо, ці величини є зворотними одна одній і для ємності можливе поняття добротності, так само як і для індуктивності можливе поняття тангенса кута втрат.

Формули з 2.2 по 2.12 визначають основні поняття і взаємозв'язку з області вимірювання комплексних і реактивних опорів.

У практиці вимірювання комплексних опорів також існують поняття паралельної або послідовної схеми заміщення. Вона є схемою, на якій відображені всі можливі опори (як активні так і реактивні) що роблять вплив на повний опір ланцюга або компоненту. Вибір схеми заміщення залежить від частоти сигналу в ланцюзі і враховує, який реактивний опір при цій частоті робить більший вплив. Так, наприклад, для ємності схема заміщення включає послідовний опір виводів, що володіють як активним так і індуктивним характером, власне ємність, а також паралельне обладкам ємності паразитний опір. При чималій ємності і не великій частоті паразитна індуктивність виводів не робить практично жодного впливу на комплексний опір (див. формулу 2.6), але при збільшенні частоти, коли реактивний опір ємності зменшується (див. формулу 2.7), а реактивний опір індуктивності збільшується, характер опору, а отже і результат вимірювання ємності може бути істотно спотворений.

З цього приведеного вище виходить, що при проведенні вимірювань за допомогою вимірювального приладу, що розробляється, необхідно враховувати наступне: Вибір частоти вимірювання ємності і індуктивності має бути здійснений відповідно, з врахуванням величин цих елементів. Для досягнення нижньої погрешності вимірювання, малі значення індуктивності (мкГн) і ємності (пФ) слід вимірювати на високій частоті, а великі значення індуктивності (Гн) і ємності (мФ) слід вимірювати на низькій частоті. Також коректно має бути вибрана і схема заміщення. При великих значеннях індуктивності (Гн) і ємності (мФ) слід вибрати паралельну схему заміщення. При малих значеннях індуктивності (мкГн) і ємності (пФ) слід вибрати послідовну схему заміщення. Зневажаючи ці правила значно спотворює достовірність вимірювання, тому при розробці все вище сказане буде враховане.

2.3 Розробка структурної схеми вимірювального приладу

У даній розробці виконана спроба об'єднати два розглянутих у розділі 1 прилади (частотоміра і LC-вимірювача), що привело до створення пристрою, що дозволить вимірювати частоту, ємність і індуктивність. Структурна схема такого вимірювального приладу показана на рис. 2.2.



Рисунок 2.2. Структурна схема цифрового вимірювального приладу для визначення індуктивності, ємності та частоти

До складу структурної схеми приладу входять наступні блоки:

- підсилювач-формував частотоміра діапазону 1 (0,01МГц – 65МГц) (Вхід А);
- попередній дільник з обмежувачем частотоміра діапазону 2 (10МГц – 950 МГц) (Вхід В);
- LC-автогенератор для вимірювання ємності і індуктивності;
- комутатор вхідних сигналів;
- блок керування і індикації.

Зазвичай радіоаматори не приділяють належної уваги такому відповідальному вузлу, як підсилювач-формував 1-го діапазону частотоміра, і як правило обмежується каскадом підсилення на одному транзисторі, а в результаті не отримують можливості навіть наблизитися до промислових вимірвальних приладів (ЧЗ-75, наприклад).

У основу схеми формувача лягла конструкція, описана в [2], в якій були замінені транзистори диференціального каскаду, а також вихідний ненасичений ключ на каскад підсилювача з спільним емітером.

Принципова схема вимірвального приладу повинна мати невелику складність, мале споживання і високі показники чутливості. У режимі частотоміра прилад буде працювати по широко відомому методу вимірювання ПІС-мікроконтролером числа коливань в одиницю часу з дорахуванням попереднього дільника, що і забезпечить високі показники. У режимі F2 підключиться додатковий зовнішній високочастотний дільник на 64 (при невеликій корекції програми можливе використання дільників з іншим коефіцієнтом).

При вимірюванні індуктивностей і ємностей прилад працюватиме за резонансним принципом. Вимірюваний елемент включається в коливальний контур з відомими параметрами, що входить до складу вимірвального генератора. По зміні генерованої частоти по загальновідомій формулі 2.13 розраховується шукане значення.

$$f_2 = 1/4\pi^2 LC \quad (2.13)$$

					КС 55.04.005.00 ДП ПЗ	Арх.
Змт.	Арх.	Наб.ком.	ГПЗС	Дата		38

Для визначення власних параметрів контуру до нього підключається відома додаткова ємність, по тій же формулі обчислюються індуктивність контуру і його ємність, включаючи конструктивну. Застосована функція визначення власної "паразитної" ємності і перерахунку індуктивності з її обліком. Для цього калібрування проводиться при підключеній вимірюваній індуктивності. Далі відбувається розрахунок і відображення "правильної" індуктивності і її "власної" ємності, точність вимірювання якої близько 2...10% з ухилом в меншу сторону. Даний метод також неідеальний через розподіл "власної" ємності між вимірюваною і вимірювальною індуктивностями, що помітно виявляється при їх сумірних значеннях. Якщо ж вимірювана індуктивність більше 10 мГн, тобто в 100 разів більше вимірювальної котушки генератора (100 мкГн), то цей вплив неістотний і показання приладу близькі до достеменних.

2.4 Короткий огляд мікроконтролеру MicroChip PIC16F84

Мікроконтролери PIC мають симетричну систему команд, що дозволяє виконувати операції з будь-яким регістром, використовувачи будь-який метод адресації. В даний час MicroChip випускає чотири основні сімейства 8-розрядних RISC-мікроконтролерів, сумісних від низу до верху за програмним кодом. Архітектура ОМК PIC заснована на концепції розділених шин і областей пам'яті для даних і команд (Гарвардська архітектура). Шина і пам'ять даних (ОЗП) має ширину 8 біт, а програмна шина і пам'ять (ПЗП або ППЗП) має ширину 12, 14 або 16 біт залежно від сімейства ОМК. Така концепція забезпечує просту, але потужну систему команд, а двоступеневий конвеєр забезпечує їх одночасну вибірку і виконання. Всі команди складаються з одного слова (шириною 12, 14 або 16 біт) і виконуються за один цикл (200 нс при тактовій частоті 20 МГц), окрім команд переходу, які виконуються за два цикли.

2.4.1 Характеристика мікроконтролерів фірми MicroChip

Мікроконтролери фірми MicroChip володіють наступними характеристиками:

					КС 55.04.005.00 ДП ПЗ	Арх.
Звіт.	Арх.	Наблюд.	Голов.	Дата		39

- швидка гарвардська RISC-архітектура завантаження та виконання більшості інструкцій протягом одного циклу тактового генератора. При цьому досягається швидкість роботи приблизно 1 MIPS на МГц. Частота тактового генератора багатьох типів мікроконтролерів Microchip може досягати 10...20 МГц. Відсутній внутрішній розподіл частоти;
- програма повинна міститися в електрично перепрограмованій постійній пам'яті програм Flash ROM. Ця пам'ять може бути перепрограмована до 1000 разів;
- система команд мікроконтролерів Microchip спочатку проектувалися з урахуванням особливостей мови програмування високого рівня C++;
- мікроконтролери Microchip мають 32 регістри, всі з яких напряму працюють з АЦП. Це значно зменшує розмір програм. У інших типах мікроконтролерів, наприклад, для здійснення арифметичних дій, необхідно використовувати акумулятор.

РІС діляться на чотири основні групи (сімейства):

1. Сімейство простих ОМК (12-розрядні команди) – PIC 12СХХ;
2. Базове сімейство (12-розрядні команди) – PIC 16С5ХХ;
3. Розширене сімейство (14-розрядні команди) – PIC 16СХХ;
4. Високопродуктивне сімейство (16-розрядні команди) – PIC17СХХ.

Цікавою особливістю сімейства Microchip є те, що система команд всього сімейства сумісна при перенесенні програми із слабкого на потужніший мікроконтролер.

2.4.2 Порівняльний аналіз PIC-мікроконтролерів

Сімейство 16С5Х – прямий нащадок старих мікроконтролерів компанії General Instrument з характерними властивостями ядра вихідної структури PIC. У них лише дворічковий стек, відсутні вектори переривань і значно обмежені можливості по ускладненню програм і апаратури. Зокрема, зважаючи на відсутність вектору переривань, обмежена номенклатура вбудованої в кристал периферії, оскільки більшість периферійних пристроїв використовують вектори переривання для розширення інтерфейсу з центральним процесором.

					КС 55.04.005.00 ДП ПЗ	Арх.
Звіт.	Арх.	Необх.м.	ГПЗС	Дата		40

окремих команд, розрахованих на можливість використання можи програмування C (у деяких версіях також підтримується розширений набір команд). У сімействі 18 реалізовано два вектори переривань, яким можна призначити пріоритети. Це надзвичайно потужне сімейство мікроконтролерів і в майбутньому можна чекати його поповнення.

2.4.3 Опис мікроконтролера PIC16F84

Мікроконтролери підгрупи PIC16F8x відносяться до сімейства 8-розрядних КМОП-мікроконтролерів групи PIC16Cx, для яких характерна порівняно низька вартість, повністю статична КМОП-технологія та висока продуктивність. Випускаються у корпусах з 18 та 28 виводами, залежно від типу, з попередньо заданим типом зовнішнього генератора тактових імпульсів – кварцовим резонатором чи RC-ланкою.

Всі мікроконтролери підгрупи PIC16F8x використовують гарвардську архітектуру з RISC-процесором, які володіють наступними основними властивостями:

- використовуються тільки 35 простих команд;
- всі команди виконуються за один цикл (400 нс при частоті 10 МГц), крім команд переходу, які потребують два цикли;
- робоча частота 0 Гц...10 МГц (в даному випадку 4 МГц);
- роздільні шини даних (8 біт) і команд (14 біт);
- 512 × 14 або 1024 × 14 біт пам'ять програм, виконана на постійному запам'ятовувачому пристрої (ПЗП) чи електрично перепрограмованій пам'яті типу „Flash”;
- 15 восьмирозрядних регістрів спеціальних функцій (SFR);
- восьмирівневий апаратний стек;
- пряма, непряма і відносна адресація даних і команд;
- 36 або 68 восьмирозрядних регістрів загального призначення (GPR);
- 64 × 8 біт ПЗП з можливістю електричного перепрограмування (EEPROM) – пам'ять даних з можливістю виконання 1 млн. циклів стирання і перезапису;

- чотири джерела переривань:
 - а) зовнішній вхід RB0/INT;
 - б) переполювання таймера TMR0;
 - в) зміна сигналів на лінійних портах RB;
 - г) завершення запису даних в пам'ять EEPROM;
- збереження даних в EEPROM на протязі, як мінімум, 40 років.

Основні характеристики мікроконтролера PIC16F84A:

Максимальна частота задавчого генератора, МГц.....	4
Flash-пам'ять програм, байт.....	1024
Пам'ять даних, байт.....	68
Пам'ять даних в EEPROM, байт.....	64
Таймери.....	TMR0
Число джерел переривань.....	4
Число ліній вводу/виводу.....	13
Діапазон напруги живлення, В.....	2,0 – 6,0
Число виводів, тип корпусу.....	18 DIP

Мікроконтролери підгрупи PIC16F8x володіють розвинутими можливостями вводу/виводу:

- 13 ліній вводу/виводу з індивідуальними установками напрямку обміну;
- вихідний вхідний/вихідний струм, достатній для керування, наприклад, світлодіодом;
- максимальний вхідний струм – 25 мА;
- максимальний вихідний струм – 20 мА;
- 8-бітний таймер/лічильник TMR0 з 8-бітним попереднім по дільником.

Спеціалізовані мікроконтролерні функції мають наступні властивості:

- автоматичне скидання при включенні (Power-on-Reset);
- таймер включення при скиданні (Power-up Timer);
- таймер запуску генератора (Oscillator Start-up Timer);
- сторожовий (Watchdog) таймер WDT з власним вбудованим генератором, що забезпечує підвищену надійність;

- економний режим Sleep.

Архітектура ґрунтується на концепції роздільних шин та областей пам'яті для даних і для команд (Гарвардська архітектура). Шина даних та пам'ять даних (ОЗП) – мають ширину 8 біт, а програмна шина і програмна пам'ять (ПЗП) – 14 біт. Така концепція забезпечує просту, але ефективну систему команд, розроблену так, що бітові, байтові та регістрові операції працюють з високою швидкістю і з перекриттям за часом вибірок команд та циклів виконання. 14-бітна ширина програмної пам'яті забезпечує вибірку 14-бітної команди в один цикл.

Двоступеневий конвеєр забезпечує одночасну вибірку та виконання команди. Всі команди виконуються за один цикл, крім команд переходу. Програмний лічильник мікроконтролера починає працювати з нульової адреси пам'яті програм.

Мікроконтролер PIC16F84A адресує 1024×14 біт пам'яті програм. Вся пам'ять є внутрішньою. Мікроконтролер може прямо або непрямо звертатись до регістрів чи пам'яті даних. Всі регістри спеціальних функцій, включаючи лічильник команд, відображаються в пам'ять даних.

Ортогональна (симетрична) система команд дозволяє виконувати будь-яку команду над будь-яким регістром із використанням довільного методу адресації. Ортогональна архітектура і відсутність спеціальних виключень дозволяє зробити програмування мікроконтролерів групи PIC16F8x простим та ефективним. Мікроконтролер PIC16F84 містить 8-розрядний арифметико-логічний пристрій (АЛП) та робочий регістр W. АЛП представляє собою арифметичний модуль загального призначення і виконує арифметичні та логічні функції над вмістом робочого регістра і будь-якого з регістрів контролера. АЛП може виконувати операції додавання, віднімання, зсуву, логічні операції. Призначення виводів мікроконтролера PIC16F84 приведені в таблиці 2.1. Структурна схема мікроконтролера PIC16F84 представлена на рис. 2.3. Всі регістри PIC розділяються на дві функціональні групи: спеціальні регістри і регістри загального призначення (РЗП). Регістри спеціального

призначення використовуються для керування функціями мікроконтролера і можуть бути розділені на два набори: регістри базових функцій і регістри периферійних пристроїв. Регістри базових функцій включають регістр-перемикач непрямой адресації (INDF), програмний лічильник (PC), представлений двома регістрами PCL і PCLATH, регістр слова стану (STATUS), регістр-показувач непрямой адресації (FSR), робочий регістр (W), регістр переривань (INTCON), а також регістр режимів роботи або конфігурації попереднього дільника і таймера (OPTION).

Таблиця 2.1. Призначення виводів мікроконтролера PIC16F84

Позначення	Тип	Призначення
OSC1	I	Вхід кристала генератора, RC-ланки чи зовнішнього тактового сигналу
OSC2	O	Вихід кристала генератора
MCLR	IP	Сигнал скидання/вихід напруги програмування. Скидання при низькому рівні
RA0	I/O	Порт А (RA0...RA4) – двонаправлений порт вводу-виводу.
RA1	I/O	
RA2	I/O	
RB0	I/O	Порт В (RB0...RB7) – двонаправлений порт вводу-виводу. Можуть бути запрограмовані в режимі внутрішніх активних навантажень на лінії живлення по всім виводам. Вихід RB0/INT може бути вибраний як зовнішній вхід переривань. Виводи RB4...RB7 можуть бути програмно налагоджені як входи переривань станів на будь-якому із входів
RB1	I/O	
RB2	I/O	
RB3	I/O	
RB4	I/O	
RB5	I/O	
RB6	I/O	
V _{dd} (+U)	P	Позитивна напруга живлення
V _{ss} (-U)	P	Спільний провід (заземлення)

I – вхід; O – вихід; I/O – вхід-вихід; P – живлення.

1. Старші розряди програмного лічильника РС <128> прямо недоступні. Вони можуть бути записані або прочитані тільки через регістр PCLATH.
2. Низький рівень сигналу на вході MCLR не змінює стану бітів PD і TO. Біти зберігають своє значення, поки не поступить яка-небудь інша умова скидання.

Регістри периферійних пристроїв включають регістри вводу/виводу (RA-порт А і RB-порт В), регістри даних (EEDATA) і адреси (EEADR) пам'яті даних-констант, регістр таймера-лічильника (TMR0) і регістри керування конфігурацією портів вводу/виводу (TRISA і TRISB). Опис спеціальних регістрів приведений у таблиці 2.2. Всі спеціальні регістри також відображаються в пам'яті даних. Регістри загального призначення можуть бути адресовані прямо або побіжно, з використанням регістра-показника непрямой адресації FSR.

Регістри загального призначення є статичним ОЗП, розташованим за адресами 0Ch – 2Fh пам'яті даних. Всього в PIC 16F84 можна використовувати 36 комірок ОЗП.

У регістрі статусу (03h) є біти вибору сторінок, які дозволяють звертатися до чотирьох сторінок майбутніх модифікацій цього кристала. Проте для PIC16F84 пам'ять даних існує тільки до адреси 2Fh. Перші 12 адрес використовуються для розміщення регістрів спеціального призначення. Регістри з адресами 0Ch-2Fh можуть бути використані як регістри загального призначення, які є статичним ОЗП. Деякі регістри спеціального призначення продубльовані на обох сторінках, а деякі розташовані на 1 сторінці окремо. Коли встановлена сторінка 1, то звернення до адрес 8Ch- AFh фактично адресує сторінку 0. До регістрів можна адресуватися прямо або побіжно. У обох випадках можна адресувати до 512 регістрів.

Регістр-перемикач непрямой адресації f0 фізично не існує. Він використовує регістр вибору f4 для непрямой вибірки одного з 64 можливих регістрів. Будь-яка команда, що використовує f0, насправді звертається до регістра даних, на який указує f4.

					КС 55. 04 005. 00 ДП ПЗ	Арх.
Змт.	Арх.	Необхвм.	ГПЗС	Дата		48

Восьмирозрядний регістр таймера/лічильника TMR0 (RTCC) може бути запущений і лічений як і будь-який інший регістр. TMR0 може збільшуватися по зовнішньому сигналу, що подається на вхід TOSKI (RTCC), або по внутрішній частоті, відповідній частоті команд.

Основне застосування таймера/лічильника – підрахунок числа зовнішніх подій і вимірювання часу. Сигнал від зовнішнього або внутрішнього джерела також може бути заздалегідь поділений за допомогою вбудованого в PIC програмованого восьмирозрядного дільника. Режимми роботи таймера і попереднього дільника задаються за допомогою регістра OPTION (81h). Програмний лічильник (PC) використовується для генерації послідовності адрес комірок ПЗП програми, що містять 14-розрядні команди. PC має розрядність 13 біт, що дозволяє прямо адресувати 8Kx14 комірок ПЗП. Для PIC16F84, проте, тільки 1K комірок фізично доступні (адреси 0000h-03FFh). Звернення до адрес вище 3FFh фактично є адресацією в той же перший кілобайт. Вектор скидання знаходиться за адресою 0000h. Вектор переривання знаходиться за адресою 0004h. Молодші 8 розрядів PC можуть бути запущені і зчитані через регістр f2 (PCL), старші 5 розрядів завантажуються з регістра PCLATCH, що має адресу 0Ah.

Регістр слова стану схожий на регістр PSW, існуючий в більшості мікропроцесорів. У ньому знаходяться біт переносу (C), десятичного переносу (DC) і нуля (Z), а також біти режиму ввіччання (PD, TO) і біти сторінкової адресації (PA0, PA1, PA2).

Як було вже сказано, регістр-вказівник FSR (f4) використовується разом з регістром-перемикшем INDF (f0) для непрямої виборки – (адресації) одного з 64 можливих регістрів. Фізично задібно 36 регістрів ОЗП користувача, розташованих за адресами Ch-2Fh і 15 службових регістрів, розташованих за рівними адресами.

Регістри f5 і f6 відповідають двом портам вводу/виводу, що є у PIC16F84. Порт А має 5 розрядів PA4-PA0, які можуть бути індивідуально запрограмовані як входи або виходи за допомогою регістра TRISA, що має адресу 85h. Порт В

						КС 55. 04 005. 00 ДП ПЗ	Арх.
Звіт.	Арх.	Наб.ком.	ГПЗС	Дата			49

має 8 розрядів RB7-RB0 і програмується за допомогою регістра TRISB, що має адресу 86h. Задання "1" в розряді регістра TRIS програмує відповідний розряд порту ж вхід. При читанні порту змигується безпосередній стан виводу, при записі в порт запис відбувається в буферний регістр.

Мікроконтролер PIC16F84 має вбудований електрично-перепрограмований ПЗП даних - констант (EEPROM) розміром 64 байти. Ця пам'ять не належить до області регістрів ОЗП. Доступ до неї здійснюється через два регістри: EEATA <88h>, який містить в собі восьмибітові дані для читання/запису і EEADR <9h>, який містить в собі адресу комірки, до якої йде звертання. Додатково є два керувчі регістри: EECON1 <88h> і EECON2 <89h>.

При зчитуванні даних з пам'яті EEPROM необхідно записати необхідну адресу в регістр EEADR і потім встановити біт RD в регістрі EECON1 в одиницю. Дані з'являться в наступному командному циклі в регістрі EEATA і можуть бути зчитані.

Запис нового байта триває близько 10 мсек і керується вбудованим таймером. Керування записом і зчитуванням здійснюється через регістр EECON1, що має адресу 88h. Для додаткового контролю за записом служить регістр EECON2, що має адресу 89h.

Регістр переривань INTCON (адреса 0Bh) служить для керування режимами переривання і містить біти дозволу переривань від різних джерел і прапори переривань. Переривання в PIC16F84 можуть бути від чотирьох джерел:

- зовнішнє переривання з виводу RB0/INT (прапор INTF);
- переривання від переполювання таймера TMR0 (прапор RTIF);
- переривання після закінчення запису в ПЗП даних-констант (прапор EEIF в регістрі EECON1);
- переривання від зміни сигналів на входах RB4-RB7 порту B (прапор RBIF).

Всі переривання можуть бути заборонені бітом GIE (7 розряд INTCON).

					КС 55. 04 005. 00 ДП ПЗ	Арх.
						50
Змст.	Арх.	Навбодрум.	ГПБГС	Дата		

Регістр режимів OPTION (адреса 81h) служить для задання джерел сигналу для попереднього дільника і таймера лімітника, а також для задання коефіцієнта розподілу попереднього дільника, активного фронту сигналу для TMR0 і входу переривання. Крім того за допомогою регістра OPTION можуть бути включені резистори навантажень (підтягувачі) для розрядів порту В, запрограмовані як входи.

Для мікроконтролерів сімейства PIC можливе використання чотирьох типів тактового генератора:

1. XT – кварцовий резонатор;
2. HS – високочастотний кварцовий резонатор;
3. LP – мікрокварцовий резонатор;
4. RC – RC ланцюжок.

Завдання типу використовуваного тактового генератора здійснюється в процесі програмування мікроконтролера. У разі завдання варіантів XT, HS і LP до мікросхеми підключається кварцовий чи керамічний резонатор або зовнішнє джерело тактової частоти, а у разі завдання варіанту RC – резистор і конденсатор. Звичайно, керамічний і, особливо, кварцовий резонатор значно точніше і стабільніше, але якщо висока точність відліку часу не потрібна, використання RC-генератора може зменшити вартість і габарити пристрою.

Кожна команда PIC16F84 є 14-розрядним словом, що містить поле коду операції OPCOD і поле одного або більш операндів, які можуть брати участь в цій команді. Система команд PIC16F84 включає команди роботи з байтами, команди роботи з бітами, команди передачі керування і операції з константами. Для команд роботи з байтами "r" позначає регістр, з яким виробляється дія, а біт "d" визначає регістр призначення. Якщо "d"=0, результат поміщається в W-регістр, при "d"=1 результат поміщається в регістр "r", заданий в команді. Для команд роботи з бітами "b" позначає номер біта, що бере участь в команді, а "r" – регістр в якому цей біт розташований. Для команд керування і операцій з константами "k" позначає 8-ми або 11-бітову константу або ідентифікатор.

						КС 55. 04 005. 00 ДП ПЗ	Арх.
Змт.	Арх.	Наборит.	ГПЗС	Дата			51

2.5 Розробка принципів її електричної схеми вимірювального приладу

Електрична схема приладу показана на рис. 2.4. У схемі можна виділити наступні основні вузли: вимірювальний генератор на DA1, вхідний підсилювач режиму F1 на VT1, вхідний дільник (прескалер) режиму F2 – DD1, комутатор сигналів на DD2, блок вимірювання і індикації на DD3 і LCD, а також стабілізатор напруги.

Вимірювальний генератор зібраний на мікросхемі-компараторі LM311. Дана схема добре зарекомендувала себе як генератор частоти до 800 кГц, забезпечувачи на виході сигнал, близький до меандру. Для забезпечення стабільних показань генератор вимагає узгодження по опорі і стабільного навантаження. Елементами генератора, що задають частоту, є вимірювальна котушка L1 і конденсатор C1, а також комутований мікроконтролером еталонний конденсатор C2. Залежно від режиму роботи L1 підключається до клем XS1 послідовно або паралельно.

З виходу генератора сигнал через розв'язувачий резистор R7 поступає на комутатор DD2 CD4066.

На транзисторі VT1 зібраний підсилювач сигналу частотоміру F1. Схема особливостей не має, за винятком резистора R8, необхідного для живлення вносного підсилювача з малою вхідною ємністю, що багато в чому розширює сферу застосування приладу. Його схема показана на рис. 2.5.

При користуванні приладом без зовнішнього підсилювача необхідно пам'ятати, що його вхід знаходиться під напругою 5 Вольт, і тому необхідний розв'язувачий конденсатор в сигнальному ланцюзі. Переддільник частотоміру F2 зібраний по типовій для більшості подібних прескалерів схемі, лише введені обмежувальні діоди VD3, VD4. Необхідно відмітити, що за відсутності сигналу переддільник самозбуджується на частотах близько 800-850 МГц, що є типовим для високочастотних дільників. Самозбудження пропадає з подачею на вхід сигналу від джерела з вхідним опором близьким до 50 Ом. Сигнал з підсилювача і прескалера поступає на DD2.

					КС 55.04.005.00 ДП ПЗ	Арх.
Змт.	Арх.	Необх.зм.	ГПЗС	Дата		52

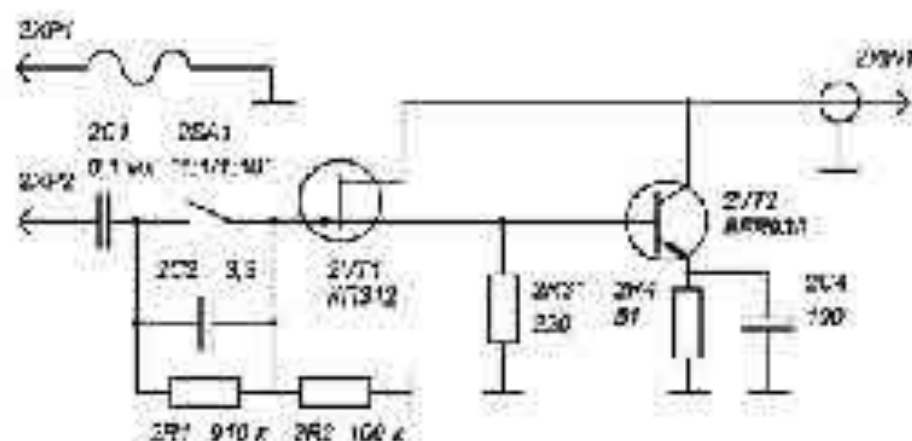


Рисунок 2.5. Принципова електрична схема вносного підсилювача

Головна роль в приладі належить мікроконтролеру DD3 PIC16F84A. Сигнал з DD2 поступає на формувач, виконаний на транзисторі VT2. Вихід формувача безпосередньо підключений до впацтованого в мікроконтролер триггера Шмідта. Результат розрахунків виводиться на алфавітно-цифровий дисплей з інтерфейсом HD44780. Мікроконтролер тактується частотою 4 МГц, при цьому його швидкодія складає 1 млн. операцій в секунду.

У приладі передбачена можливість внутрішньосхемного програмування за допомогою роз'єму ISCP (in circuit serial programming). Для цього необхідно видалити перемичку XF1, вольовану цим ланцюг живлення мікроконтролера від решти схеми. Далі треба приєднати програматор до роз'єму і «прошивти» програму, після чого не забути встановити перемичку. Такий спосіб особливо зручний при роботі з мікроконтролерами в корпусі для поверхневого монтажу (SOIC).

Керування режимами здійснюється трьома кнопковими перемикачами SA1–SA3 і буде детально описано нижче. Дані перемикачі не лише вмикають потрібний режим, але і знеструмлюють незадіяні в даному режимі вузли, знижуючи загальне енергоспоживання. На транзисторі VT3 зібраний ключ керування реле, що підключає еталонний конденсатор C2.

Мікросхема DA2 є високоякісним стабілізатором 5 Вольт з низькою залишковою напругою і сигналізатором розряду батареї живлення. Ця мікросхема спеціально розроблялася для використання в пристроях з низьким

струмоспоживанням і батарейним живленням. У ланцюзі живлення встановлений діод VD7 для захисту приладу від невірної підключення полярності живлення.

При використанні індикатора, що вимагає негативної напруги, необхідно по схемі на рис. 2.6 зібрати джерело негативної напруги. Джерело забезпечує до -4 Вольт при використанні в жості 3VD1, 3VD2 германієвих діодів або з бар'єром Шоткі.

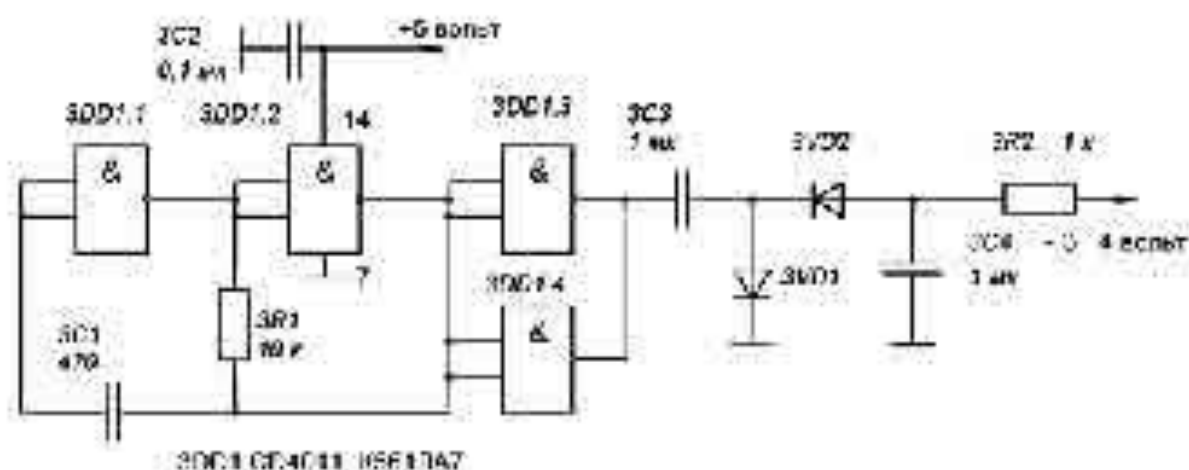


Рисунок 2.6. Принципова електрична схема джерела негативної напруги

2.6 Вимоги до елементної бази приладу

Більшість використовуваних у пристрої деталей розрахована на планарний монтаж (SMD). Але замість них можуть бути використані аналогічні більш доступні деталі вітчизняного виробництва з "звичайними" виводами без погіршення параметрів приладу.

VT1, VT2 і 2VT2 можуть бути замінені на КТ368, КТ339, КТ315 і ін. У випадку з КТ315 слід чекати невеликого падіння чутливості на верхній ділянці діапазону F1. VT3 – КТ315, КТ3102. 2VT1 – КП303, КП307. VD1, 2, 5, 6 – КД522, 521, 503. В жості VD3, 4 бажано застосувати рін-діоди з мінімальною власною ємністю, наприклад КД409 і ін., але цілком можна обійтися і КД503. VD7 – для зменшення падіння напруги бажано вибрати з бар'єром Шоткі – 1N5819, або звичайний з вказаних вище.

					КС 55.04.005.00 ДП ПЗ	Арх.
Змт.	Арх.	Наб.ком.	ГПЗС	Дата		55

DA1 – LM311, ІЛ311, К544СА3, перевагу слід віддати ІЛ311 заводу «Інтеграл», оскільки вони краще працюють в незвичайній ролі генератора [2]. DA2 – прямих аналогів не має, але допускається заміна на зичайну КР142Е5А з відповідною зміною схеми і відмовою від сигналізації розряду батареї. Вивід 18 DD3 у такому разі необхідно залишити під'єднаним до Vdd через резистор R23. DD1 – випускається безліч прескалерів подібного типу, наприклад SA701D, SA702D, співпадаючи по виводах із застосуванням SP8704. DD2 – КХ4066, 74НС4066, К561КТ3. DD3 – PIC16F84А прямих аналогів не має, обов'язкова наявність індексу А (з ОЗП в 68 байт). При деякій корекції програми можливе використання більш "продвинутого" PIC16F628А, що має удвічі більшу пам'ять програм і швидкодію до 5 млн. операцій в секунду.

У даному прикладі використаний алфавітно-цифровий дворядковий по 8 символів в рядку дисплей виробництва Siemens, що вимагає негативної напруги в 4 вольти і підтримувачий протокол контролера HD44780. Для такого і подібного дисплеїв необхідно завантажувати програму FCL2x8.hex. Значно зручніше в роботі прилад з дисплеєм формату 2*16. Такі індикатори випускаються безліч в фірм, наприклад Wintek, Bohmim, Data Vision, і містять в своїй назві цифри 1602. При використанні доступного SC1602 фірми SunLike необхідно поміняти місцями його виводи 1 і 2 (1-Vdd, 2-Gnd). Для таких дисплеїв (2x16) використовується програма FCL2x16.hex. Подібні дисплеї зазвичай не вимагають негативної напруги.

Особливу увагу необхідно приділити вибору реле К1. Перш за все, воно повинне успішно спрацювати при напрузі 4,5 вольт. По-друге, опір замкнених контактів (при подачі вказаної напруги) має бути мінімальним, але не більше 0,5 Ом. Багато малогабаритних герконових реле із споживанням в 5-15 мА від імпортованих телефонних апаратів мають опір біля 2-4 Ом, що неприпустимо в даному випадку. У даному проекті використано реле ПАНВО TR5V.

У жості XS1 зручно використовувати акустичні затискачі або лінійку з 8-10 цангових контактів (по повній панелі).

					КС 55. 04 005. 00 ДП ПЗ	Арх.
Змт.	Арх.	Наборм.	ГПЗС	Дата		56

Найважливішим елементом, від якості якого залежить точність і стабільність показань розробляемого вимірвача, є котушка L1. Вона повинна володіти максимальною добротністю і мінімальною власною ємністю. Непогано тут працюють звичайні дроселі Д, ДМ, ДПМ індуктивністю 100-125 мкГн.

До конденсатора C1 вимоги також досить високі, особливо по термостабільності. Це може бути КМ5 (М47), К71-7, КСО ємністю 510...680 пФ. Таким же має бути і C2, але в межах 820...2200 пФ.

Для розширення нижнього кордону вимірювання частоти до одиначь герц необхідно паралельно C7, C9 і C15 підключити електролітичні конденсатори 10 мкФ.

					КС 55. 04 005. 00 ДП ПЗ	Арх.
						57
Змст.	Арх.	Наблюдат.	Голов.	Дата		

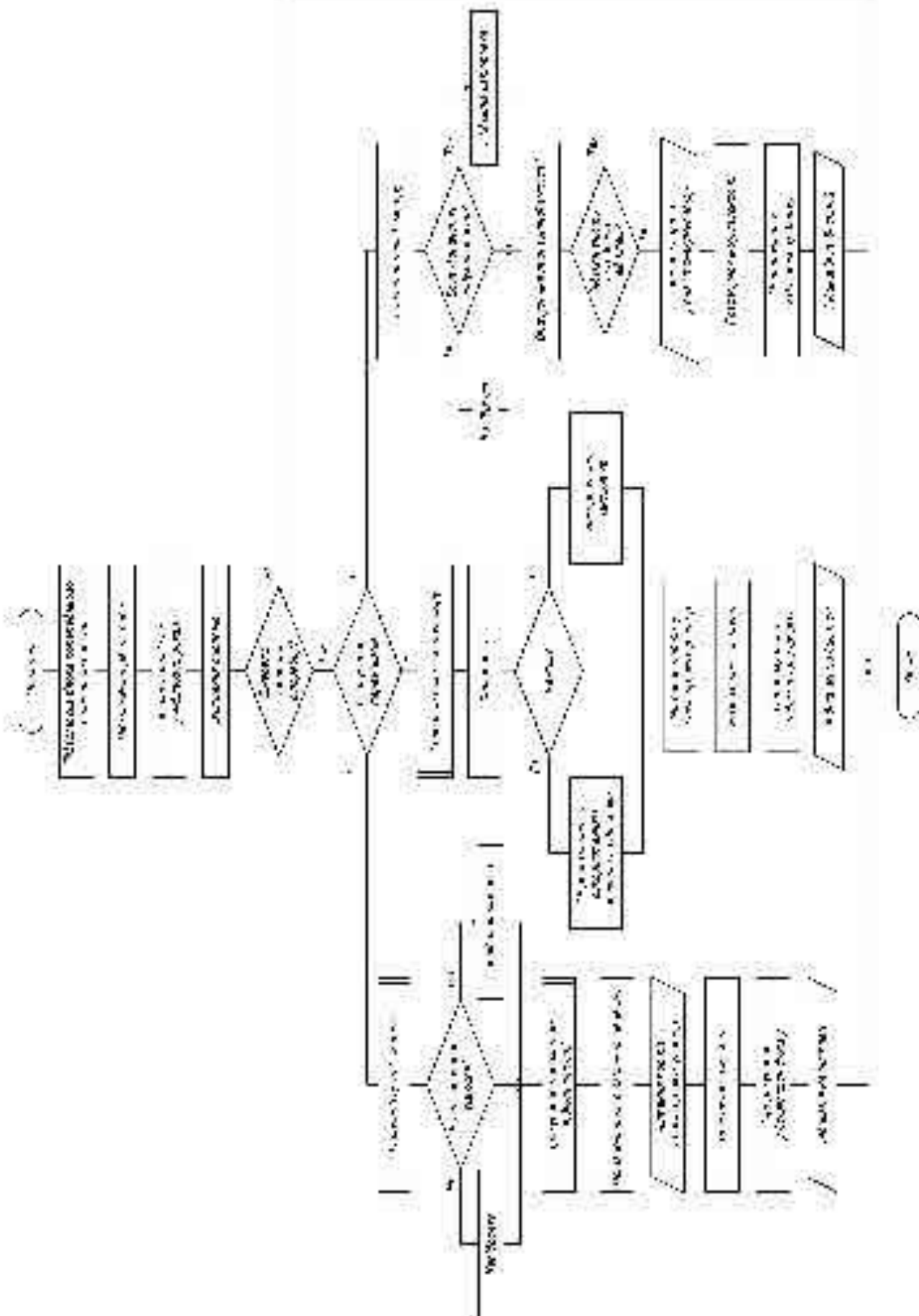


Рисунок 3.2. Блок-схема алгоритму роботи мікроконтролера керованого пристрою для визначення індуктивності, ємності та частоти

3.3 Програмування мікроконтролера приладу

Для програмування мікроконтролера можна скористатися роз'ємом ICSP. На час програмування перемикач XFI видаляється (конструкція роз'єму іншого не допускає). Для програмування рекомендується використовувати некомерційну програму IC-Prog (рис.3.3), останню версію якої можна безкоштовно завантажити з www.ic-prog.com (близько 600 кбайт). У установках програматора (F3) необхідно вибрати ID M Programmel, прибрати всі прапорці в розділі Communication і вибрати порт, до якого підключений програматор.

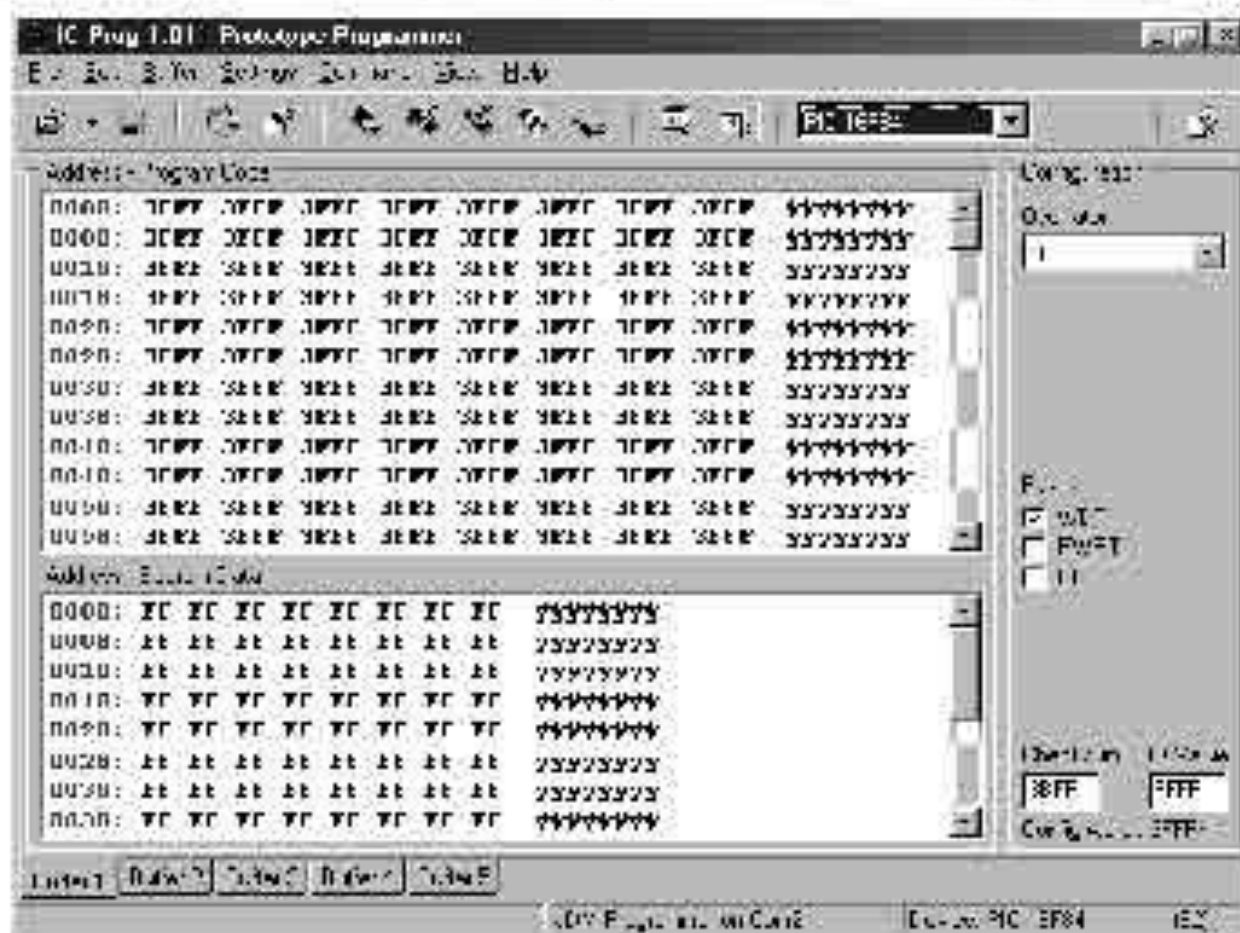


Рисунок 3.3. Інтерфейс програми IC-Prog

Перш ніж завантажити в програму прошивку, необхідно вибрати тип мікроконтролера – PIC16F84A, решта прапорців автоматично встановиться після відкриття файлу прошивки і змінювати їх небажано. При програмуванні важливо, щоб спільний дріг комп'ютера не мав контакту із спільним дротом програмованого пристрою, інакше дані не запишуться.

При включенні вимірювального приладу спрацює вбудований алгоритм скидання мікросхеми. Значення всіх регістрів встановлюється в початковий стан, забороняється обробка переривань. Потім починається виконання прошивної програми, текст якої наведено в додатку.

3.4 Налаштування вимірювального приладу для визначення індуктивності, ємності та частоти

Починати налаштування приладу необхідно з установки елементів стабілізатора напруги і установки налаштувальним резистором R22 напруги 5.0 вольт на виводі 1 мікросхеми DA2. Після цього можна встановлювати решту всіх елементів окрім DD3 і індикатора. Струм споживання не повинен перевищувати 10-15 мА при різних положеннях SA1-SA3.

Підсилювач-формував і вимірювальний генератор налаштування не потребують. Для досягнення максимальної чутливості можна підібрати резистори R9 і R14.

Подальше налаштування приладу проводиться зі встановленими DD3 і LCD в наступному порядку:

1. Струм споживання не повинен перевищувати 20 мА в будь-якому режимі (окрім моменту спрацювання реле).
2. Резистором R16 встановлюється бажана контрастність зображення.
3. У режимі частотоміру F1 конденсатором C22 добиваються правильних показань по промислового частотоміру або іншим способом. Можливе використання в якості еталонного джерела частоти гібридних кварцових генераторів від радіо і стільникових телефонів (12,8МГц, 14,85МГц і ін.) або, в крайньому випадку, комп'ютерних 14,318МГц і ін. Розташування виводів живлення (5 або 3 вольт) в модулі стандартне для цифрових мікросхем (7 – мінус і 14 – плюс), сигнал знімається з виводу 8. Якщо налаштування відбувається при крайньому положенні ротора, то доведеться підібрати і ємність C23.
4. Далі необхідно зайти в режим установки констант (див. нижче в пункті "Робота з приладом"). Константа X1 встановлюється чисельно рівною

					КС 55.04.005.00 ДП ПЗ	Арх.
						61
Змт.	Арх.	Необх.зм.	ГПЗС	Дата		

- ємності конденсатора C2 в пікофарадах. Константа X2 дорівнює 1.000 і може бути скоректована пізніше при налаштуванні вимірника індуктивності.
5. Для подальшого налаштування необхідно мати набір (1-3 штук) конденсаторів і індуктивностей з відомими значеннями (бажана точність краще 1%). Самокалібрування приладу повинне проходити з врахуванням конструктивної ємності затискачів (див. нижче опис варіантів самокалібрування).
 6. У режимі вимірювання ємності відміряється відома ємність, далі номінал конденсатора треба поділити на показання приладу, це значення буде використано для коректування константи X1. Можна повторити цю операцію з кількома конденсаторами і знайти середнє арифметичне відношень їх номіналів до показань. Нове значення константи X1 дорівнює добутку знайденого вище коефіцієнта на "старе" її значення. Це значення необхідно записати до переходу до наступного пункту.
 7. У режимі вимірювання індуктивності аналогічно знаходиться відношення номіналу до показань. Знайдене відношення буде новим константою X2 і записується в EEPROM аналогічно X1. Для налаштування бажано використовувати індуктивності від 1 до 100 мкГн (краще декілька з цього діапазону і знайти середнє значення). Якщо є котушка з індуктивністю в декілька десятків-сотень мілігенрі з відомими значеннями індуктивності і власної ємності, то можна перевірити роботу режиму подвійного калібрування. Показання власної ємності, як правило, дещо завищені (див. вище).

3.5 Робота з вимірювальним приладом

3.5.1 Режим частотоміру

Для входу в даний режим необхідно натиснути SA1 "Lx" і SA2 "Cx". Вибір між F1/F2 здійснюється перемикачем SA3: віджатий – F1, натиснутий – F2. На дисплеї відображується напис "Frequency" XXXXX5xxk або XXXXXXXxx MHz (рис.3.4).



Рисунок 3.4. Зовнішній вигляд індикатору в режимі частотоміру

3.5.2 Режим самокалібрування

Для вимірювання індуктивностей і ємностей приладу необхідно пройти самокалібрування. Для цього після подачі живлення необхідно віджати SA1 "Lx" і SA2 "Cx" (жми саме – підкаже напис L або C), після чого прилад увійде до режиму самокалібрування і відобразуватиме "Calibration" або "WAIT". Після цього потрібно відразу ж натиснути SA2 "Cx". Зробити це потрібно досить швидко, не чекаючи спрацювання реле. Якщо ж пропустити останній пункт, то ємність клем не буде врахована приладом і "нульові" показання в режимі ємності будуть 1-2 пФ. Подібне калібрування (з натисненням SA2 "Cx") дозволяє враховувати ємність вносних щупів-затисків з власною ємністю до 500 pF, проте користуватися такими щупами при вимірюванні індуктивностей до 10mH не можна.



Рисунок 3.5. Зовнішній вигляд індикатору в режимі самокалібрування

3.5.3 Режим "Cx"

Режим "Cx" може бути вибраний тільки після калібрування натисканнями на SA2 "Cx", SA1 "Lx" має бути відкритий. При цьому виводиться "Capacitance" XXXX xF або "C=" XXXX xF (рис 3.6).



Рисунок 3.6. Зовнішній вигляд індикатору в режимі вимірювання ємності

3.5.4 Режим "Lx"

Режим "Lx" активізується при натиснутому SA1 "Lx" і відкритому SA2 "Cx". Вхід в режим подвійного калібрування (для індуктивностей більше 10 мілігенрі) відбувається при будь-якій зміні положення SA3 "F1/F2", при цьому окрім індуктивності відображується і власна ємність котушки, що може бути дуже корисно. На дисплеї відображується "Inductance" XXXX xH або "L=" XXXX xH (рис 3.7). Вихід з даного режиму відбувається автоматично при витягненні котушки із затиску.



Рисунок 3.7. Зовнішній вигляд індикатору в режимі вимірювання індуктивності

Можливий перехід в будь-якій послідовності між перерахованими вище режимами. Наприклад, спочатку частотомір, потім калібрування, індуктивність, ємність, індуктивність, калібрування (необхідна, якщо прилад довгий час знаходився ввіключенні, і параметри його генератора могли змінитися),

частотомір і так далі. При віджиманні SA1 "Lx" і SA2 "Cx" перед виходом в калібрування передбачена невелика (3 секунди) пауза для виключення небажаного виходу в цей режим при простому переході від одного режиму до іншого.

3.5.5 Режим установки констант

Даний режим необхідний лише при налаштуванні приладу, тому вхід в нього передбачає підключення зовнішнього вимісача (або перемички) між виводом 13 DD3 і спільним, а також двох кнопок між виводами 10, 11 DD3 і спільним дротом.

Для запису констант (дрів. вилце) необхідно включити прилад при замкненому вимісачі. На дисплеї залежно від положення перемички SA3 "F1/F2" відобразиться "Constant X1" XXXX або "Constant X2" XXXX. Кнопками можна змінювати значення констант з кроком в один розряд. Для збереження встановленого значення необхідно змінити стан SA3. Для виходу з режиму необхідно розімкнути вимісач і переключити SA3 або виключити живлення. Запис в EEPROM відбувається лише при маніпуляціях з SA3.

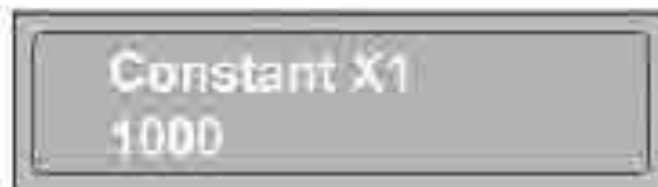


Рисунок 3.8. Зовнішній вигляд індикатору в режимі установки констант

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Темою даного дипломного проекту є «Розробка цифрового вимірвального приладу для визначення індуктивності, ємності та частоти».

Проект забезпечує створення базової моделі електронної і мікропрограмної частини цифрового вимірвального приладу для визначення індуктивності, ємності та частоти. Метою даних розрахунків є обчислення вартості виконання науково-дослідної розробки.

Спочатку проведемо розрахунки визначення трудомісткості виконання даної науково-дослідницької розробки. У технологічній структурі науково-дослідних робіт можна виділити декілька самостійких етапів, а саме: розробка технічного завдання, вибір напрямку дослідження, теоретичні і експериментальні дослідження, узагальнення і оцінка результатів.

Розподіл робіт по етапах і видах виконавців вироблений формово, наведено в таблиці 4.1.

Розподіл робіт по етапах і видах виконавців

Таблиця 4.1

Етап проведення НДР	Вигляд робіт	Посада виконавця
Розробка технічного завдання (ТЗ)	1. Складання і затвердження ТЗ для НДР «Розробка цифрового вимірвального приладу для визначення індуктивності, ємності та частоти»	Дипломник, керівник
Вибір напрямку дослідження	1. Збір і вивчення науково-технічної літератури, технічної документації і інших матеріалів, на основі яких будуватиметься робота. 2. Вибір напрямку проведення досліджень для подальшої розробки. 3. Розробка плану проведення досліджень для подальшої розробки.	Дипломник, керівник

Змст.	Арх.	Необх.м.	ГПЗС	Дата

КС 55.04.005.00 ДП ПЗ

Арх.

66

Теоретичні і експериментальні дослідження	1. Огляд цифрових електровимірвальних приладів 2. Розробка електровимірвального приладу 3. Програмування і налаштування вимірвального приладу	Дипломник керівник консультанти
Узагальнення і оцінка результатів досліджень	1. Узагальнення результатів попередніх етапів роботи. 2. Складання і оформлення звіту. Розгляд результатів проведеного НДР і прийняття результатів в цілому.	Дипломник керівник консультанти

Оцінка тривалості виконання робіт. В умовах відсутності нормативної бази тривалість виконання окремих робіт розраховується на основі вірогідних оцінок робіт, що задаються виконавцями.

Таблиця 4.2

Очікувана трудомісткість робіт

Вигляд роботи	Очікуваний час виконання (дні)
1. Складання і затвердження ТЗ для НДР по розробці «Розробка цифрового вимірвального приладу для визначення індуктивності, ємності та частоти»	2
2. Збір і вивчення науково – технічної літератури, технічної документації і інших матеріалів.	4
3. Вибір напрямку проведення досліджень і способів вирішення поставлених завдань. Розробка плану проведення досліджень для подальшої розробки.	2
4. Огляд цифрових електровимірвальних приладів	5
5. Розробка електровимірвального приладу	4
6. Програмування і налаштування вимірвального приладу	4

Зміст.	Арх.	Нав.освіт.	ГПЗС	Дата

КС 55.04.005.00 ДП ПЗ

Арх.

67

7. Економічна частина	2
18. Охорона праці	2
Всього:	25

Результатом виконання НДР є науково-технічна продукція, що є закінчені науково – дослідницькі роботи, виконані відповідно до вимог, передбачених договором, і прийнятими замовником. Виходячи з особливостей створення науково – технічної продукції і її залежності від інтелектуальної праці, розрахунок собівартості і ціни виконання НДР включає наступні статті витрат: витрати на матеріали, основна і додаткова заробітна плата, відрачування до єдиного соціального фонду страхування, витрати на роботи, що виконуються сторонніми організаціями, і деякі інші.

1) Витрати на матеріали складаються з вартості придбаного папіру формату А4 і становлять 242 грн.

2) До витрат «Основна заробітна плата» відносяться оплата праці виконавців, безпосередньо притягнених до її виконання. Розмір основної зарплати встановлюється виходячи з чисельності різних категорій виконавців, трудомісткості, що витрачається ними на виконання різних видів робіт, а також їх середньої заробітної плати (ставки) за один робочий день. Відповідно до статті 8 «Закону про Державний бюджет України на 2022» встановлено мінімальну заробітну плату у місячному розмірі з 1 січня 2022 року - 6500 гривень; мінімальну погодинну тарифну ставку – 39,26 грн.

Середня зарплата за один робочий день для кожного виконавця визначена по формулі:

$$Зден = п.т.с. * 8;$$

де п.т.с – погодинна тарифна ставка, грн.;

8 – тривалість робочого дня год.

$$Зден дипломника = 39,26 * 8 = 314,08 \text{ грн.}$$

$$Зден керівника = 50,50 * 8 = 404 \text{ грн.}$$

$$Зден консультантів = 50,50 * 8 = 404 \text{ грн.}$$

					КС 55.04.005.00 ДП ПЗ	Арх.
Звіт.	Арх.	Наб.ком.	Голов.	Дата		68

Витрати на основну заробітну плату, НДР, що включаються в собівартість, приведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3

Витрати на основну заробітну плату

Виконавець	Погодинна тарифна ставка, грн	Денна ставка, грн	Трудоємність робочих днів	Сума основної зарплати, грн
Дипломник	39,26	314,08	25	7222
Керівник	50,50	404	1	404
Консультант по економічній частині	50,50	404	0,2	101
Консультант по охороні праці	50,50	404	0,2	101
Нормоконтроль	50,50	404	0,2	101
Всього (З ₀)				7929

3) Витрати на додаткову заробітну плату визначаються у відсотках від основної. У наукових закладах додаткова заробітна плата складає 10-20% від основної заробітної плати.

$$Зд = 15\% * З_0 : 100\% ;$$

$$Зд = 7929,00 * 0,15 = 1189,35 \text{ грн}$$

4) До складу собівартості НДР включаються податки, збори і інші обов'язкові платежі, встановлені системою оподаткування що діє. Сума до єдиного соціального внеску складає:

$$Зесв = 0,22 * (З_0 + Зд) = 0,22 * (7929,00 + 1189,35) = 9118,35 * 0,22 = 2006,04 \text{ грн.}$$

5) До накладних витрат відносять витрати на управління і господарське обслуговування, що відносяться до всіх виконуваних НДР. По цій статті враховується заробітна плата апарату управління і загальногосподарських служб, витрати на поточний ремонт будов, устаткування і інструментів, амортизаційні відрахування на їх повне відновлення і капітальний ремонт, витрати по охороні праці, витрати на винаходи і раціоналізацію, витрати на науково-технічну інформацію і рекламу, і так далі. Розмір накладних витрат на конкретну НДР визначається у відсотках до її виконання. У наукових

завладах накладні витрати складають 40-120% від основної і додаткової заробітної плати.

$$P_{\text{накл}} = (З_0 + З_д) * 0,5 = (7929,00 + 1189,35) * 0,5 = 4559,18 \text{ грн.}$$

На підставі отриманих даних по окремих статтях витрат складена калькуляція планової собівартості в цілому НДР за формою, приведеною в таблиці 4.4

Таблиця 4.4

Калькуляція планової собівартості

Статті витрат	Сума, грн
1. Матеріали	242,00
2. Основна заробітна плата	7929,00
3. Додаткова заробітна плата	1189,35
4. Відрахування до єдиного соціального внеску	2006,04
5. Накладні витрати	4559,18
Планова собівартість (Спл)	15925,57

У наукових організаціях разом з плановою собівартістю визначають величину планового прибутку і договірну ціну НДР.

Плановий прибуток визначений по формулі:

$$Ппл = 0,1 * Спл = 0,1 * 15925,57 = 1592,56 \text{ грн.}$$

Де 0,1 – норматив, який враховує граничний рівень рентабельності, встановлений чинним законодавством для науково-технічної продукції

Договірна ціна визначається по формулі:

$$Ц_{\text{ндр}} = Спл + Ппл = 15925,57 + 1592,56 = 17518,13 \text{ грн.}$$

Ціну реалізації встановлюємо з урахуванням ПДВ

$$Ц_r = Ц_{\text{ндр}} + ПДВ = 17518,13 + (0,2 * 17518,13) = 21021,76 \text{ грн.}$$

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Закон України «Про охорону праці» - є одним із найважливіших законодавчих актів. Цей закон визначає основні положення щодо реалізації конституційного права громадян на охорону їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності, регулює відносини між власником підприємства або уповноваженим ним органом і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок охорони праці в Україні.

Згідно з діючим законодавством на всіх підприємствах, в установах, організаціях власниками створюються безпечні і нешкідливі умови праці.

Умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, робота машин, механізмів, устаткування, стан засобів, колективного та індивідуального захисту, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати вимогам нормативних актів про охорону праці, а також Правилам охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин.

Дипломним проектом розглядається питання розробки цифрового вимірювального приладу для визначення індуктивності, ємності та чистоти.

Для розгляду беремо робоче місце користувача персонального комп'ютеру.

5.1 Аналіз небезпечних та шкідливих чинників, що впливають на працівника

Забезпечення безпечних і здорових умов праці в значній мірі залежить від правильної оцінки небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Однакові по складності зміни в організмі людини можуть бути викликані різними причинами. Це можуть бути фактори виробничого середовища, надмірне фізичне і розумове навантаження, нервово-емоційна напруга, а також різне сполучення цих причин.

Оператори і програмісти зітворюються із впливом таких факторів, як підвищений рівень шуму,

					КС 55.04.005.00 ДП ПЗ	Арх.
Звіт.	Арх.	Необх.м.	ГПЗС	Дата		71

підвищена температура зовнішнього середовища, відсутність або недостатня освітленість робочої зони, електричний струм, статична електрика тощо.

На робочому місці програміста повинні бути створені умови для безпечної та високопродуктивної праці.

5.2 Розробка заходів з охорони праці

5.2.1 Виробничі приміщення

Об'ємно-планувальні рішення будівель та приміщень для підприємства відповідають вимогам СніП 2.09.02-85 «Производственные здания».

Об'єм виробничого приміщення на кожного робітника повинен бути не менше 20 ρ куб м, а площа приміщення – 6 ρ кв.м. Висота приміщень повинна бути не менше 3,2 м, складських приміщень – 3,0 м. Стіни повинні бути пофарбовані матовою фарбою. Пол у всіх приміщеннях повинні бути рівними неслизькими, без щілин і бавр, зручними для санітарного мокрого і сухого прибирання.

Всі виробничі, а також допоміжні приміщення – коридори, східці, проходи – повинні утримуватися в чистоті і порядку в відповідності до санітарних правил для підприємств.

Розміщення робочих місць з ВДТ ЕОМ і ПЕОМ у підвальних приміщеннях, на цокольних поверхах заборонено. При приміщеннях з ВДТ мають бути обладнані побутові приміщення для відпочинку, кімната психологічного розвантаження.

5.2.2 Мікроклімат робочої зони працівників, вентиляція

Оптимальні норми температури, відносної вологості й швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень наступні:

температура - 18- 22-24 С;

відносна вологість – 40-60 %;

швидкість руху повітря – 0,1-0,2 м/с;

5.2.3 Освітлення робочого місця, шум, вібрація

Приміщення для роботи з ВДТ повинні мати природне та штучне освітлення. Природне освітлення здійснюється через світлові прорізи,

					КС 55.04.005.00 ДП ПЗ	Арх.
						72
Змт.	Арх.	Наблюд.	ГПЗС	Дата		

орієнтовані переважно на північ чи північний схід, і забезпечує коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче, ніж 1,5%.

Штучне освітлення – загальне рівномірне. Значення освітленості на поверхні робочого столу в зоні розміщення документів має становити 300-500 лк. Як джерела світла для штучного освітлення мають застосовуватись переважно люмінесцентні лампи типу ЛД.

Дипломним проектом передбачена вентиляція у всіх виробничих та допоміжних приміщеннях. Це змішана вентиляція – природна та механізована.

3.2.4 Електробезпека

Значення сили струму, що проходить через організм людини, залежить від напруги, під якою перебуває людина й від опору ділянки тіла, до якої прикладена ця напруга. Джерелом життєвої напруги є мережа змінного струму з напругою 220В, на яку поширюється ГОСТ 25861-83.

Основними причинами електротравматизму є:

- Випадковий дотик до струмоведучих частин, у результаті ведення робіт поблизу або на цих частинах;
- Несправність захисних засобів, якими потерпілий доторкався до струмоведучих частин;
- Помилкове прийняття устаткування, що перебуває під напругою, як відключеного;
- Несподіване виникнення напруги через ушкодження ізоляції там, де в нормальних умовах його бути не повинно;
- Контакт струмопровідного устаткування із проводом, що перебуває під напругою.

Для попередження поразок електричним струмом необхідно чітко й у повному обсязі виконувати правила провадження робіт і правил технічної експлуатації. Необхідно виключити можливість доступу оператора до частин устаткування, що працює під небезпечною напругою, до неізольованих частинням, призначеним для роботи при малій напрузі й не підключеним до

					КС 55.04.005.00 ДП ПЗ	Арх.
						73
Змт.	Арх.	Необх.зм.	ГПЗС	Дата		

захисного заземлення, а також підводити електроживлення до ПЕОМ від розетки за допомогою спеціальної вилки із заземлюючим контактом.

5.2.5 Організація робочого місця користувача ПК

Організація робочого місця з ВДТ мають забезпечувати відповідність конструкції всіх елементів робочого місця та їх взаємного розташування ергономічним вимогам. Конструкція робочого місця користувача ВДТ має забезпечити підтримання оптимальної робочої пози. Робочі місця слід так розташовувати відносно світових прорізів, щоб природне світло падало збоку, переважно зліва. Для забезпечення захисту і досягнення нормованих рівнів комп'ютерних випромінювань необхідно застосовувати при екранні фільтри, локальні світлофільтри (засоби індивідуального захисту очей) та інші засоби захисту, що пройшли випробування в акредитованих лабораторіях і мають постійний гігієнічний сертифікат.

Робочі місця повинні бути розташовані так, щоб у поле зору працюючого не попадали поверхні, що мають властивість віддзеркалювання, вікна освітлювальні прилади. Відеотермінали повинні встановлюватися під кутом 90-100 градусів від вікон, так, щоб світло падало з боку.

Робочі місця з ВДТ доцільно розміщати в глибині приміщення. Розташування відеотерміналу, при якому працюючий звернений обличчям або спиною до вікон, неприпустимо при будь-якому способі реалізації загального висвітлення, як прямим, так і відбитим світлом.

Робочий стіл повинен регулюватися по висоті в границях 680-800 мм, а ширина – забезпечувати можливість виконання операцій в зоні досяжності моторного поля. Рекомендовані розміри столу: висота 725 мм, ширина 600-1400 мм, глибина 800-1000 мм. Робочий стілець повинен бути оснащений підйомно-поворотним пристроєм для регулювання висоти сидіння і спинки, а також кута її нахилу. Регулювання кожного параметра повинне вироблятися легко, бути незалежним і надійно фіксуватися.

					КС 55. 04 005. 00 ДП ПЗ	Арх.
Змт.	Арх.	Наблюд.	ГПЗС	Дата		74

Розташування екрана ВДТ має забезпечувати зручність зорового спостереження у вертикальній площині під кутом $+30^{\circ}$ до нормальної лінії погляду працюючого.

Клавіатуру слід розташовувати на поверхні столу на відстані 100...300 мм від краю, звернутого до працюючого.



5.3 Пожежна безпека

Під пожежною безпекою розуміють систему державних і суспільних заходів, спрямованих на охорону від вогню людей і власності. Пожежна безпека приміщень, що мають електричні мережі, регламентується ГОСТ 12.1.033-81, ГОСТ 12.1.004-85. Робота оператора ЕОМ повинна вестися в приміщенні, що відно відноситься до категорії Д пожежної безпеки (негорючі речовини й матеріали в холодному стані).

Противопожежний захист приміщення забезпечується застосуванням автоматичної установки пожежної сигналізації, наявністю засобів пожежогасіння, застосуванням основних будівельних конструкцій будинку з регламентованими межами вогнестійкості, організацією своєчасної евакуації людей.

До засобів гасіння пожежі відносяться внутрішні пожежні водопроводи (крани -ПК), вогнегасники (вуглекислотні та порошкові), суцільні ліквідуатори.

В будівлях пожежні крани встановлюють в коридорах, на майданчиках сходових клібок. Кожен пожежний кран укомплектований пожежним рукавом і розміщений у відповідних ящиках, які знаходяться на висоті 1,35 м від полу.

					КС 55.04.005.00 ДП ПЗ	Арх.
Змт.	Арх.	Наб.ком.	ГПБ.С.	Дата		75

ВИСНОВКИ

Цифровий вимірвальний прилад для визначення індуктивності, ємності та частоти дає можливість виконувати налаштування, тестування і калібрування різного типу електронних схем і модулів, у тому числі – технічних засобів обчислювальної техніки.

У даному дипломному проекті виконано розробку вимірвального приладу для визначення індуктивності, ємності та частоти на базі мікроконтролера. Розроблений вимірвальний прилад, таким чином, є універсальним і може застосовуватися у польових умовах для технічних вимірювань, у сервісних центрах, майстернях, навчальних закладах. Цей прилад призначений для визначення ємності конденсаторів у вимірюваному діапазоні $0,01$ пФ... 2000 мкФ, індуктивності дроселів у вимірюваному діапазоні $0,001$ мкГн... 5 Гн; і частоти генераторів у вимірюваних діапазонах $0,01$... 65 МГц та 10 ... 950 МГц. При цьому похибка вимірювання у режимі С дорівнює $0,5$ %, у режимі L дорівнює 2 ... 10 %; у режимі F1 дорівнює $+1$ Гц, а у режимі F2 дорівнює $+64$ Гц.

Основною перевагою розробленого електро-вимірвального приладу є універсальність, оскільки прилад є комбінованим, і невисока ціна. Висодини з економічних і експлуатаційних міркувань, у жості блоку керування для цифрового вимірвального приладу був обраний мікроконтролер сімейства PIC16.

Проект забезпечує створення базової моделі електронної і мікропрограмної частини цифрового вимірвального приладу для визначення індуктивності, ємності та частоти. Створений пакет конструкторської документації достатній для подальшої реалізації закінченого вимірвального приладу.

Подальший розвиток розробки приладу має виконуватися шляхом створення модифікацій базової моделі, що відрізняються показниками діапазонів і точності вимірювання та елементною базою.

					КС 55.04.005.00 ДП ПЗ	Арх.
Змт.	Арх.	Наб.схем.	ГТБ.ГЛС	Дата		76

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Хрусталева З.А. Электротехнические измерения -М: «КьюРус», 2009 г.
2. Зайцев С. Цифровые методы время частотных измерений / Сергей Зайцев // Современная электроника. – 2009. – №6. – С.20-23.
3. Мужанин Л.Г. Схемотехника измерительных устройств: Учебное пособие / Л.Г. Мужанин. – СПб.: Издательство «Лань», 2009. – 288 с.
4. Ратхор Т.С. Цифровые измерения. Методы и схемотехника. – М.: Техносфера, 2004. – 376с.
5. Информационно-измерительная техника: Учебник для студ. ВУЗ / Г.Г. Раннев, В.А. Сурогина, В.И. Калашников и др.; под ред. Г.Г. Раннева. – М.: «Академия», 2006. – 512 с.
6. Предко, М. PIC-микроконтроллеры. Архитектура и программирование / М. Предко. - М.: Книга по Требованию, 2009. – 512 с.
7. В.И. Пачинин, радиотехника – Минск, Беларусь, 2010г.
8. И.В. Сиренский, В.В. Рябинин, С.Н. Голощапов Электронная техника - Москва, Санкт-Петербург, Воронеж, Ростов-на-Дону, Екатеринбург, Самара, Новосибирск, Киев, Харьков, Минск 2006.
9. Алексин, В.А. Микроконтроллеры PIC: основы программирования и моделирования в интерактивных средах MPLAB IDE, mikroC, TINA, Proteus. Практикум / В.А. Алексин. – М.: ГИТ, 2016. – 248 с.
- 10.Мазиди, М.А. Микроконтроллеры PIC и встроенные системы. Применение ассемблера и C для PIC18 / М.А. Мазиди, Р.Д. МакКинли, Д. Кусэй; Пер. с англ. В.В. Литвина. – СПб.: КОРОНА-принт, МК-Пресс, 2009. – 784 с.
11. Уилксхерст, Т. Разработка встроенных систем с помощью PIC-микроконтроллеров / Т. Уилксхерст. – СПб.: Корона-Век, 2015. – 544 с.
12. Яценков В.С. Микроконтроллеры Microchip. Практическое руководство – М.: Горячая линия, 2002 – 296с., ил.
13. Матеріали сайту: <http://www.aade.com/km2binst/LC2Binst.htm> – измеритель LC на PIC-контроллере.

					КС 55. 04 005. 00 ДП ПЗ	Арх.
						77
Змт.	Арх.	Необходим.	Годы	Дата		

	call	BBQ1A	.B=0
	call	A,BQUP	.A=PI*2
	call	L,Cab	
	movb	L,3	.L=A
	call	Copy_Proc_A	
	call	ClrOSP	
	movb	DoID	.DE=
	call	ReadPSwing	.Начестьемм закрываем
	call	T,caBac	
	bf	Plays,T	.Принимать показания измерителям
Water		.Готовим 0 (или 1) измерителям	
	call	GoSwath	
	bf	_P,3	
	gso	P,Counter	.Результат отсчета
	bf	_L,3	
	bf	_C,3	
	gso	Label_1	.Результат L,Coutry
	bf	T,emp,DT	.Загрузка из измерителя
	gso	Calibration	
	mf	T,emp,P	
	movb	DoPP	
	call	Delay	
Label_1		Water	
	call	CurrentHour	
	movb	DoTT	
	movb	T,emp	
	bf	Plays,1	.Если у резистора погрешность измерителя
	gso	DoubleCheck	.перемножить P1/P1,DoL, переопределить
	call	Water	.A=PI*2
	bf	_L,3	.Анализ, проверка резистора Ca,
	gso	Label_6	.то проверить резистор
	bf	Plays,5	.Анализ измерителя резистора
	gso	Label_T	.погрешность измерителям,
	bf	Plays,6	.то треба
	call	ClrOSP	.определить значение
Label_T		Plays,6	.и сложить результат
	bf	Plays,6	.Анализ резистора из измерителя, то
Label_6		ClrOSP	.продолжить в резистор погрешности измерителям
	bf	Plays,6	.Анализ резистора измерителя погрешности
	call	ClrOSP	.по измерителям значение, то треба отразить
	bf	Plays,6	.определить значение и сложить результат
		.Занести результат измерения от резистора	.и сложить значение
	call	BBQ1A	.B=PI*2
	movb	P,D,3	.Загрузка из измерителя
	call	Copy_To_A	.загрузка значения L и C1
	call	Dw	.A=PI*2/PI*2
	call	ClrB	.Занести значение B-ошибки
	movb	DoB,1	(или 2) погрешность измерения
	movb	B,3	.B=1
	call	Sub	.A=PI*2/PI*2-1
	mf	A,3,10	
	bf	STATUS,I	.Анализ результата измерения,
	gso	NoBkg	.то от
	call	ClrA	.анализ измерения A
NoBkg		_L,3	.Результат измерения
	gso	Ca_Misc	.он значение абсолютной погрешности
	movb	L,3	.Занести значение абсолютной L
	call	Copy_To_B	.и сложить по формуле
DispL,3		Mpy	.A=PI*2/PI*2-1)*L,1
	call	DoL,A	
	call	ReadPSwing	.L=
	bf	Plays,5	
	gso	CheckDE	
	call	ClrA	
CheckDE		DispVal	.Вывести результат
Ca_nest		C,3	.Результат от резистора
	call	Copy_To_B	
	call	Mpy	.A=PI*2/PI*2-1)*C1
	movb	DoIT	
	call	ReadPSwing	.C=
DispVal		.Получить результат	
	call	T,caBac	
	bf	T,Sign	.TSign=0
NoDnc		A,3,10	.Анализ A=1
	movb	DoB,0	
	bf	STATUS,C	
	gso	IsDnc	.A=1, Результат=A*10*TSign
	call	ClrB	
	movb	DoB,A	.A=A*10
	movb	B,3	
	movb	DoID	
	movb	B,0	
	call	Dw	
	mf	T,Sign,P	.TSign=TSign+1
IsDnc		NoDnc	
	movb	DoB,0	.B=10000
	movb	B,3	.Принимать A (или B) от резистора
	movb	DoIC	
	movb	B,0	
	movb	Do=0	
	movb	B,1	
	bf	B,1	
	call	Mpy	.A=INT(A*10000)

	call	Inc	.Υφορουσ ε φως ορατοσ
	call	BOD	.Υ ΑΣΠΙ φορουσ
	movf	TRIGH, w	.Ακροσμοσ αβερωσ w y Α.3.
	movwf	A.3	.Α.3 = TRIGH
	movwf	w	.w
	movwf	LP	.Προφωσ οση μαγορσμοσ
	movwf	w	.0
	movwf	CP	.Προφωσ οση κωσσεσ
A.3.0	movf	A.3, w	.Αξωσ Α.3=0
	btfsc	STATUS, I	
	goto	A.3.1	.κωσσεσ οση
	call	Disp0	.Επιλοξωσ 0 11 οση κωσσεσ
	call	DispDec	
	call	Disp0	
	call	Disp0	
	btfsc	A.3	
	goto	SP	
	call	Disp0	.αλο 0 11 οση μαγορσμοσ
A.3.1	goto	Uras	
	decfz	A.3, P	.Αξωσ Α=1
A.3.Disp	goto	A.3.1	.κωσσεσ οση
	call	Disp0	.Επιλοξωσ 1 11 οση κωσσεσ
	call	DispDec	
	call	Disp0	
	btfsc	A.3	
	goto	SP	
	call	Disp0	.αλο 1 11 οση μαγορσμοσ
A.3.1	goto	Uras	
	decfz	A.3, P	.Αξωσ Α=1
A.3.Disp	goto	A.3.1	
	call	Disp0	.Επιλοξωσ 11 7
	call	Disp0	
	call	DispDec	
	call	Disp0	
	call	Disp0	
	goto	Uras	
A.3.1	decfz	A.3, P	.AND ENCLUNITS
A.3.Disp	goto	A.3*	.Αξωσ Α=1
	call	Disp0	.Επιλοξωσ 111*
	call	Disp0	
	call	DispDec	
	call	Disp0	
	goto	Uras	
A.3*	movwf	w*	
	movwf	LP	.Προφωσ w* - κωσ
	movwf	w	
	decfz	CP	.αλο w* - κωσ
A.3.0Disp	decfz	A.3, P	.Αξωσ Α=*
	goto	A.3.5	
	call	Disp0	.Επιλοξωσ 1 17
	call	DispDec	
	call	Disp0	
	call	Disp0	
	goto	Uras	
A.3.5	movwf	Disp*	
	decfz	A.3, P	.Α=0
	goto	A.3.6	
A.3.6	goto	A.3.1Disp	.111*
	decfz	A.3, P	.Α=0
	goto	A.3.7	
A.3.7	goto	A.3.1Disp	.111*
	movwf	--	
	movwf	LP	
	decfz	A.3, P	.Κωσσεσ προφωσ
	goto	A.3.1Disp	.Α=7
	goto	A.3.1Disp	.111* H
SP	call	DispSP	.111* H
Uras	btfsc	L3	
	goto	DispCap	
	movf	LP, w	
	call	CharLED	.Επιλοξωσ προφωσ w, w αλο προφωσ
	movwf	w*	
	call	CharLED	
	call	DispSP	
	btfsc	Flags, 6	
	return		.Υφωσση προφωσση μαγορσμοσ
	goto	Warr	.αλο w*,
DispCap	movf	CP, w	.α ελεμωσσησ - w*
	call	CharLED	.Προφωσ οση κωσσεσ
	btfsc	Flags, 6	
	goto	Warr	.Επιλοξωσ προφωσση
	movwf	w*	.προφωσσησ κωσσεσ ελεμωσσησ
	call	CharLED	
	call	DispSP	
	goto	Warr	
DispBOD	.Επιλοξωσ κωσσεσ 11 οση προφωσσησ οση κωσσεσσησ μαγορσμοσ		
HexHibble	movwf	PSR	
	movf	INDD, P	
	movf	INDD, w	
	call	HexLED	
	return		

	mov	Panel		
	bcf	STATUS, RPD		
	movlw	b0000010		. RPD-220V
	movwf	TRISA		
	bcf	STATUS, RPD		
	call	Provinc		. Десятым переключителем выключено, или переключено
	. А именно: замыкание переключателя отключает			
	movwf	TWRD, W		. Переключаем канал
	movwf	TimerH		. отключаем TWRD
	bcf	TimerL		
Core	bcf	STATUS, RPD		
	bcf	OPTION_REG, T0EN		. отключаем
	nop			
	bcf	OPTION_REG, T0EN		
	bcf	STATUS, RPD		
	decf	TimerL, P		
	movwf	TWRD, W		
	movwf	TimerH, W		
	bcfbc	STATUS, I		
	mov	Core		
	movlw	TimerH-4		. Нормально закрываемого
	call	Copy_To_A		. значения в биты А
	bcf	Flag, 5		. Выходит из прерывания
	movlw	DoPP		. Это значение записывается
	andwf	TimerH, W		. в биты B0F11, чтобы выключить
	movwf	TimerH, W		. и переключатель
	bcfbc	STATUS, I		
	bcf	Flag, 5		
	bcfbc	P3		. Выход
	movlw	0x00		. Значение выключено
	call	Place		. Переключаем канал
	call	BD01A		. Выход
	call	MP0		. А именно: замыкание выключает
	movlw	. Переключаем TWRD на переключатель		
Provinc	bcfbc	INTCON, TMR		. Переключаем переключатель
	mov	Panel		. на 0 (или на первую)
	movlw	DoPP		. Переключаем, выключая
	bcf	STATUS, I		. TimerH-DoPP
	movwf	TimerH, W		
	bcfbc	STATUS, I		
	mov	No		
	movlw	No		. Это значение, то же значение
	andwf	TimerH-4, P		. TimerH-4 на выключено
	bcf	TimerH		. отключаем TimerH
	bcf	INTCON, TMR		
No	mov	Rec		
	movlw	Rec		
	andwf	TimerH, P		
	bcf	INTCON, TMR		
	nop			
	mov	Rec		
Plus	mov	Rec		
	mov	I: 1		. Выходит из прерывания
	mov	I: 1		. замыкаем переключатель
	mov	I: 1		. выключая переключатель
	mov	I: 1		. выключая
Rec	movlw	. Переключаем значение в регистре W (состояние формул)		
B0D	movlw	B0D		
	movwf	T1		
	bcf	B0D0		
	bcf	B0D1		
	bcf	B0D2		
	bcf	B0D3		
	bcf	B0D4		
	bcf	B0D5		
	bcf	B0D6		
	bcf	B0D7		
	bcf	B0D8		
	bcf	B0D9		
	bcf	B0DA		
	bcf	B0DB		
	bcf	B0DC		
	bcf	B0DD		
	bcf	B0DE		
	bcf	B0DF		
	bcf	B0E0		
	bcf	B0E1		
	bcf	B0E2		
	bcf	B0E3		
	bcf	B0E4		
	bcf	B0E5		
	bcf	B0E6		
	bcf	B0E7		
	bcf	B0E8		
	bcf	B0E9		
	bcf	B0EA		
	bcf	B0EB		
	bcf	B0EC		
	bcf	B0ED		
	bcf	B0EE		
	bcf	B0EF		
	bcf	B0F0		
	bcf	B0F1		
	bcf	B0F2		
	bcf	B0F3		
	bcf	B0F4		
	bcf	B0F5		
	bcf	B0F6		
	bcf	B0F7		
	bcf	B0F8		
	bcf	B0F9		
	bcf	B0FA		
	bcf	B0FB		
	bcf	B0FC		
	bcf	B0FD		
	bcf	B0FE		
	bcf	B0FF		

	rcvaf		B1, W
	bcfbc		STATUS, C
	indx		B1, W
	subaf		A*, P
	rcvaf		B0, W
	bcfbc		STATUS, C
	indx		B0, W
	subaf		A1, P
WINDADD11	mf		A1, P
	mf		A*, P
	mf		A5, P
	mf		A0, P
	mf		A1, P
	mf		A1, P
	bcf		STATUS, C
	dcdfz		T0, P
	gco		MLOCPI1
	bcfbc		A1, MSB
	gco		MILL, BLOC
	df		A0, P
	df		A5, P
	df		A*, P
	df		A1, P
	dcdf		A3, P
MULTILOC	bcfbc	bcfbc	A1, MSB Sign, MSB
	rcvaf		A1, W
	rcvaf		A0
	rcvaf		A*, W
	rcvaf		A1
	rcvaf		A5, W
	rcvaf		A1
	rcvaf		0
	rcvaf		A1 - A10
Div	rcvaf		A0, W
	rcvaf		B0, W
	rcvaf		Sign
	bcf		A0, MSB
	bcf		B0, MSB
TALIGN11	cbf		T0
	rcvaf		A0, W
	rcvaf		A1
	rcvaf		A1, W
	rcvaf		A*
	rcvaf		A1, W
	rcvaf		A5
	rcvaf		B1, W
	subaf		A5, P
	rcvaf		B1, W
	bcfbc		STATUS, C
	indx		B1, W
	subaf		A*, P
	rcvaf		B0, W
	bcfbc		STATUS, C
TSLALIGN11	indx		B0, W
	subaf		A1, P
	cbf		A1
	cbf		A*
	cbf		A5
	bcfbc		STATUS, C
	gco		DALIGN1000
	bcf		STATUS, C
	mf		A0, P
	mf		A1, P
	mf		A1, P
	mf		A1, P
	rcvaf		D0D1
	rcvaf		T0
	rcvaf		B3, W
	subaf		A3, P
	bcfbc		STATUS, C
	gco		ALTB11
	rcvaf		D3PBIAS
	subaf		T0, W
	subaf		A3, P
	gco		D3R00011
	rcvaf		D3PBIAS
	subaf		T0, W
	subaf		A3, P
	rcvaf		1*
	rcvaf		T1
	df		A5, P
	df		A*, P
	df		A1, P
	df		A1, P
	df		A1, P
	df		A0, P
	df		T0, P
	rcvaf		B1, W
	subaf		A1, P
	rcvaf		B1, W
	bcfbc		STATUS, C
	indx		B1, W
	subaf		A1, P
DS11			

	negw	R0, W
	bcfls	STATUS, C
DSI1	indfz	R0, W
	subwF	A0, P
	df	R0, W
	icwuf	T0, P
	bcfls	T0, LSR
	gsw	DRST11
	bcf	A5, LSR
DRST11	gsw	DRST11
	negw	R1, W
	subwF	A1, P
	negw	R1, W
	bcfls	STATUS, C
DA RST11	indfz	R1, W
	subwF	A1, P
	negw	R0, W
	bcfls	STATUS, C
	indf	R0, W
	subwF	A0, P
DCR11	bcf	A5, LSR
	dcdfz	T1, P
DOFN110E	gsw	DLDRP11
	bcfls	SIGN, MSB
	bcf	A1, MSB
	negw	A1, W
	negw	A0
	negw	A*, W
	negw	A1
	negw	A5, W
	negw	A1
	rcfu	0
Sub	. Pswl110 :	A1 - A - B
	negw	R3, W
	bcfls	STATUS, I
	gsw	SLR1
	negw	R0, W
	bcfls	STATUS, I
SLR1	rcfu	0
	negw	DR10
	icwuf	R0, P
Add	. Pswl110 :	A1 - A - B
	negw	A0, W
	icwuf	R0, W
	negw	T0
	negw	A3, W
	subwF	R3, W
	bcfls	STATUS, C
	gsw	LSRA11
LSRA11	call	A5, MSB
	negw	A0, W
	negw	Sign
	bcf	A0, MSB
	bcf	R0, MSB
	negw	R0, W
	negw	A1
	negw	R1, W
	negw	A*
	negw	R3, W
	negw	A5
	negw	R3, W
	subwF	A3, W
	negw	R3
	bcfls	STATUS, I
	gsw	ALIGNR11
	negw	1
	subwF	R3, W
	bcfls	STATUS, C
	gsw	ALIGNR11
	negw	R3
	df	A5, P
	negw	A*, W
	negw	A5
	negw	A1, W
	negw	A*
	bcf	A1
	negw	1
	subwF	R3, W
	bcfls	STATUS, C
	gsw	ALIGNR11
	negw	R3
	df	A5, P
	negw	A*, W
	negw	A5
	bcf	A*
ALIGNR11	negw	R3, W
	bcfls	STATUS, I
ALDRP11	gsw	ALIGNR11
	bcf	STATUS, C
	df	A1, P
	df	A*, P
	df	A5, P
	dcdfz	R3, P
	gsw	ALDRP11

ALIGN011	behc		TD,MSB
	gpc		ACC011
	conf		A1,P
	conf		A*,P
	conf		A5,P
	inf		A5,P
	behc		STATUS,I
	inf		A*,P
	behc		STATUS,I
	inf		A1,P
ACC011	ncnf		A5,W
	subnf		A1,P
	ncnf		A*,W
	behc		STATUS,C
	infz		A*,W
	subnf		A1,P
	ncnf		A1,W
	behc		STATUS,C
	infz		A1,W
	subnf		A0,P
	behc		TD,MSB
	gpc		ACC011
	behc		STATUS,C
	gpc		PIJSIGNI
	nf		A0,P
	nf		A1,P
	nf		A1,P
	inf	A1,P	
	gpc		PIJSIGNI
ACC011	behc		STATUS,C
	gpc		NR011
	conf		A0,P
	conf		A1,P
	conf		A1,P
	inf		A1,P
	behc		STATUS,I
	inf		A1,P
	behc		STATUS,I
	inf		A0,P
	ncnf		0010
	subnf		Sign,P
	gpc		NR011
END			