

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ**

ім. Ю.М. Потебні

Кафедра мікроелектронних та електронних інформаційних систем

(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

перший (бакалаврський)

(рівень вищої освіти)

на тему **«Розробка цифрового частотоміру на основі контролера PIC16F84»**

Виконав: студент (ка) V курсу, групи МН-17-1бз

спеціальності 153 Мікро- та наносистемна

техніка

(код і назва спеціальності)

освітньої програми Мікро- та наносистемна

техніка

(код і назва освітньої програми)

О.В. Сазонов

(ініціали та прізвище)

Керівник доцент кафедри МЕЕІС, доцент, к.т.н.,

Небеснюк О.Ю.

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

Рецензент завідувач кафедри електротехніки та

енергоефективності ІННІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ,

професор, д.т.н., Коваленко В.Л.

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

Запоріжжя

2022

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. Потебні**

Кафедра мікроелектронних та електронних інформаційних систем

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
(перший (бакалаврський) рівень)

Спеціальність Мікро- та наносистемна техніка
(назва)

Освітня програма 153 Мікро- та наносистемна техніка
(шифр)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Т.В.Критська

16 травня 2022 року

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА ЗДОБУВУЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Сазонова Олександра Володимировича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи бакалавра Розробка цифрового частотоміру на основі контролера PIC16F84

керівник кваліфікаційної роботи бакалавра Небеснюк О.Ю. к.т.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "17" січня 2022 року № 91-с

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи бакалавра 02 травня 2022р. 3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи бакалавра частотомір цифровий: напруга живлення $5 \pm 0,1$ В; напруга вхідного сигналу, 100-700 мВ; похибка вимірювань, 10/1 / 0,1 Гц; максимальна вимірювана частота, 30М Гц; струм споживання, 100 мА; габарити не менше, 40× 90мм.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1 Класифікація частотомірів та принцип їх дії. 2 Розрахунок і проектування цифрового частотоміра на основі контролера PIC16F84 фірми «Microchip».

3. Охорона праці та техногенна безпека при виготовленні приладу.

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

Л 1: Структурна схема цифрового частотоміру на основі контролера PIC16F84; Л 2: Схема електрична принципова цифрового частотоміра на PIC контролері; Л 3: Складальне креслення.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи бакалавра

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
		завдання прийняв
I	Небеснюк О.Ю., доцент каф. МЕЕІС	17.12.2021
II	Небеснюк О.Ю., доцент каф. МЕЕІС	21.02. 2022
III	Небеснюк О.Ю., доцент каф. МЕЕІС	14.03. 2022

7. Дата видачі завдання 06.09.2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Примітка
1	Огляд та аналіз літератури за темою дипломної роботи.	20.09-29.10.2021	
2.	Складання плану роботи.	01.11-15.11.2021	
3.	Написання аналітичного розділу.	16.11-17.12.2021	
4.	Розробка схеми електричної принципової цифрового частотоміру, моделювання.	20.12.2021-10.01.2022	
5.	Написання та оформлення другого розділу.	11.01-21.02. 2022	
6.	Розділ «Охорона праці та техногенна безпека»	22.02-14.03. 2022	
7.	Оформлення пояснювальної записки.	21.03-25.04. 2022	
8.	Оформлення графічної частини дипломної роботи.	26.04-29.04.2022	

Студент _____ Сазонов О.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи (проекту) _____ Небеснюк О.Ю.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ Верьовкін Л.Л.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота містить 92 стор.; 15 рис.; 12 табл.; 20 джерел літератури.

Об'єкт дослідження – цифровий частотомір.

Ціль роботи – розробка цифрового частотоміру на основі PIC16F84 фірми «Microchip».

Задачі роботи – розробити структурну та електричну схему, розрахувати надійність та параметри печатної плати цифрового частотоміру на PIC-контролері; розробити технологічний маршрут зборки та монтажу; провести якісний та кількісний аналіз технологічності конструкції цифрового частотоміра.

Методика досліджень – математичне та схемотехнічне моделювання.

Короткий виклад результатів досліджень – розроблено схему електричну принципову цифрового частотоміру на основі підбраного PIC-контролера; розрахована надійність та параметри запропонованого приладу.

Результати впровадження – пристрій пройшов випробування на кафедрі мікроелектронних та електронних інформаційних систем.

Прогнозні пропозиції – запропонована розробка може бути використана в лабораторних стендах та як окремий пристрій.

ЧАСТОТОМІР, КЛАСИФІКАЦІЯ ЧАСТОТОМІРІВ, УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ, НАДІЙНІСТЬ, ІНТЕНСИВНІСТЬ ВІДМОВ, ПЕЧАТНА ПЛАТА, ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ ПРИСТРОЮ

Кваліфікаційну роботу виконано на кафедрі мікроелектронних та електронних інформаційних систем в період з 06.09.2021 р. по 27.05.2022 р.

ЗМІСТ

1 КЛАСИФІКАЦІЯ ЧАСТОТОМІРІВ ТА ПРИНЦИП ЇХ ДІЇ	8
1.1 Найменування і позначення частотомірів	12
1.2 Електронно-лічильні частотоміри.....	13
1.3 Резонансні частотоміри	14
1.4 Гетеродинні частотоміри	14
1.5 Конденсаторні частотоміри	15
1.5 Вібраційні (язичкові) частотоміри	16
1.6 Аналогові стрілочні частотоміри	17
1.7 Віртуальний частотомір	17
1.7.1 Основні технічні характеристики	23
2 РОЗРАХУНОК І ПРОЕКТУВАННЯ ЦИФРОВОГО ЧАСТОТОМІРА.....	27
НА ОСНОВІ КОНТРОЛЕРА PIC16F84 ФІРМИ «MICROCHIP»	27
2.1 Основні характеристики та область застосування	27
2.2 Критерії вибору мікроконтролера.....	29
2.3 Розробка схеми електричної принципової.....	30
2.4 Вибір і обґрунтування конструкції виробу	35
2.4.1 Конструктивно-технологічні вимоги.....	35
2.4.2 Розробка конструкції цифрового частотоміра.....	38
2.5 Розрахунок надійності частотоміра цифрового.....	41
2.6 Компонування друкованої плати частотоміра цифрового	48
2.7 Розрахунок друкованої плати	51
2.8 Якісний і кількісний аналіз технологічності конструкції цифрового частотоміра	54
2.9 Технологія та автоматизація виробництва і монтажу виробу	60
2.10 Технічне нормування складально-монтажних робіт.....	64
2.11 Вибір основних і допоміжних матеріалів.....	68
3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ПРИЛАДУ	72

3.1	Аналіз потенційних небезпек	72
3.2	Заходи безпеки при виготовленні приладу	73
3.3	Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії і гігієни праці.....	75
3.4	Розрахунок оптимального рівня освітленості.....	77
3.5	Заходи з пожежної безпеки.....	81
3.6	Заходи безпеки в надзвичайних ситуаціях.....	84
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ		87
ЛІТЕРАТУРА.....		88
Додаток А.....		90

ВСТУП

Сьогодні існує безліч приладів, в яких закладена можливість вимірювання частоти: мультиметри, генератори з вбудованими частотомірами, осцилографи. Однак найбільш повно функції частотно-часових вимірювань реалізовані в спеціалізованих приладах - частотомірах. Масове поширення набули недорогі універсальні частотоміри прямого рахунку, які дозволяють вимірювати не тільки частоту, але і тимчасові інтервали та кількість імпульсів. Універсальні частотоміри мають один (два - при вимірюванні часових інтервалів) низькочастотний вхід до 100 ... 200 МГц і один високочастотний вхід, причому сучасні конструктивні рішення дозволяють розширити діапазон вимірюваних частот з даного входу до 3 ... 6 ГГц. Однією з важливих характеристик частотомірів є кількість відображуваних розрядів, від якої безпосередньо залежить їх мінімально досяжна похибка. Більшість частотомірів здатні відображати до 10 розрядів, але є моделі, в яких цей показник набагато більше [1].

При роботі на аматорській радіостанції перед радіоаматором часто постає необхідність точно знати частоту, на яку налаштований його трансивер або приймач для того, щоб не піти за межі діапазону або для точного налаштування на заздалегідь обумовлену частоту. Механічні шкали не дають той-який можливості, тому доводиться конструювати електронні шкали. В даний час розроблено велику кількість електронних шкал і частотомірів, при розробці яких використовуються мікросхеми різного ступеня інтеграції. Найчастіше це складні пристрої, що налічують кілька десятків мікросхем. Ці конструкції досить складні для повторення через те, що в складній схемі набагато вище можливість припуститися помилки на всіх етапах - від публікації до монтажу.

Тому достатньо актуальним є питання створення частотоміру, який буде відрізнятися від аналогічних пристроїв простим конструктивним виконанням, збіркою і матиме максимальну функціональність.

1 КЛАСИФІКАЦІЯ ЧАСТОТОМІРІВ ТА ПРИНЦИП ЇХ ДІЇ

Частотомір - вимірювальний прилад для визначення частоти періодичного процесу або частот гармонійних складових спектру сигналу.

Частоту механічних коливань зазвичай вимірюють за допомогою вібраційних механічних частотомірів і електричних частотомірів, що використовуються спільно з перетворювачами механічних коливань в електричні.

Найпростіший вібраційний механічний частотомір, дія якого заснована на резонансі, представляє собою ряд пружних пластин, укріплених одним кінцем на загальних підставах. Пластини підбирають по довжині і масі так, щоб частоти їх власних коливань склали якусь дискретну шкалу, по якій і визначають значення вимірюваної частоти. Механічні коливання, що впливають на підставу частотоміра, викликають вібрацію пружних пластин, при цьому найбільша амплітуда коливань спостерігається у тій пластині, у якій частота власних коливань дорівнює (або близька за значенням) вимірюваній частоті.

Класифікація частотомірів:

- за методом вимірювання - прилади безпосередньої оцінки (напр. аналогові) і прилади порівняння (напр. резонансні, гетеродинні, електронно-лічильні).
 - за фізичним змістом вимірюваної величини - для вимірювання частоти синусоїдальних коливань (аналогові), вимірювання частот гармонійних складових (гетеродинні, резонансні, вібраційні) і вимірювання частоти дискретних подій (електронно-лічильні, конденсаторні).
 - по виконанню (конструкції) - щитові, переносні і стаціонарні.
 - за областю застосування частотоміри включаються в два великі класи засобів вимірювань - електровимірювальні прилади і радіовимірювальні прилади.
- Слід зауважити, що межа між цими групами приладів досить прозора.

До групи електровимірювальних приладів входять аналогові стрілочні частотоміри різних систем, вібраційні, а так само, частково, конденсаторні та електронно-лічильні частотоміри.

До групи радіовимірювальних приладів входять резонансні, гетеродинні, конденсаторні та електронно-лічильні частотоміри.

Залежно від способу представлення величин частотоміри поділяються на аналогові і цифрові.

Аналогові електромеханічні частотоміри з логометричними механізмами (електромагнітні, електродинамічні, феродинамічні) призначені в основному для вимірювання частоти гармонійних напруг в діапазоні 20 - 2500 Гц. Ці частотоміри мають обмежене застосування через невисоку точності, значної потужності споживання і схильності до вібрацій.

Цифрові (електронно-лічильні) частотоміри призначаються для точних вимірювань частоти гармонійних і імпульсних сигналів в діапазоні 10 Гц - 50 ГГц; використовуються для вимірювання відносини частот, періоду, тривалості імпульсів, інтервалів часу.

За принципом роботи цифрові частотоміри можна розділити на чотири наступні групи.

Частотоміри середніх значень утворюють найчисленнішу групу і отримали найбільше застосування. Такі прилади дозволяють вимірювати середнє значення частоти за деякий інтервал часу T . Діапазон вимірюваних частот досить широкий - від десятків герц до сотень мегагерц, а зі спеціальними перетворювачами (переносниками частоти) цей діапазон може бути розширений до тисяч мегагерц.

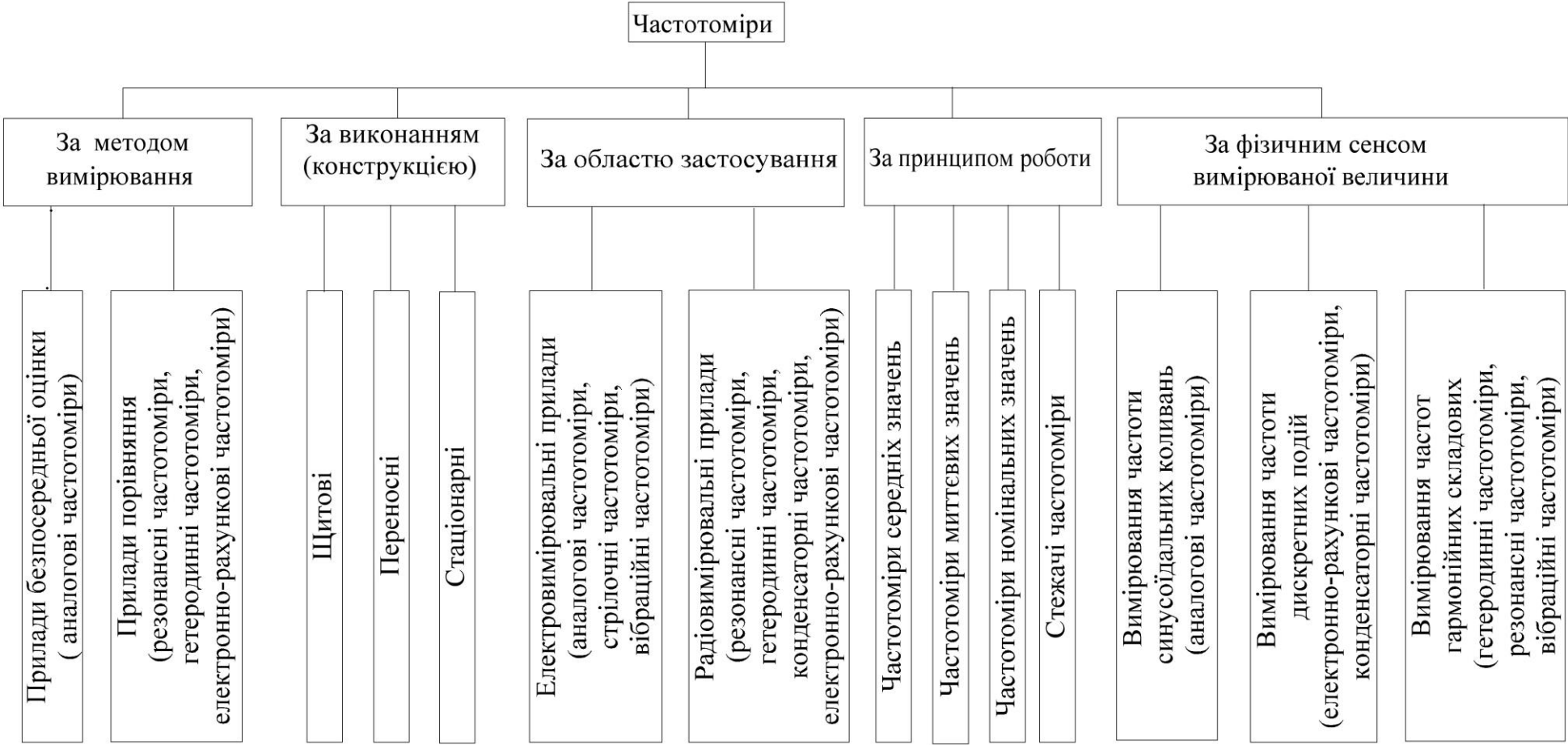
Частотоміри миттєвих значень дозволяють вимірювати частоту в більш вузькому діапазоні, причому частотоміри, що вимірюють період, найбільше застосування отримали для вимірювання низьких і інфранизьких частот.

Слідкуючі частотоміри найбільш ефективні при вимірюванні середніх частот (десятки кілогерц - одиниці мегагерц). У них виконується безперервне за часом вимірювання частоти. По суті все нецифрові (електронні та електро-

механічні) частотоміри - сліdkують. Перевагою таких приладів є можливість отримання відліків у будь-який момент часу. Принципово сліdkуючі частотоміри можуть бути і цифровими.

Частотоміри номінальних значень та процентні призначені для вимірювання змін частоти у вузькому діапазоні частот. Причому перші дозволяють отримувати відлік в абсолютних одиницях, а другі - в відносних. Діапазон частот, що охоплюється такими приладами, відноситься до області низьких частот (не більше десятків кілогерц) [2,3].

КЛАСИФІКАЦІЯ ЧАСТОТОМІРІВ



1.1 Найменування і позначення частотомірів

- Застарілі найменування

Хвилемір - для резонансних і гетеродинних частотомірів.

Герцметр - для щитових аналогових та язичкових частотомірів

Для позначення типів електровимірювальних (низькочастотних) частотомірів традиційно використовується галузева система позначень, в якій прилади маркуються в залежності від системи (основного принципу дії)

Вхх - вібраційні частотоміри

ДХХ - прилади електродинамічної системи

Ехх - прилади електромагнітної системи

Мхх - прилади магнітоелектричної системи

Цхх - прилади випрямної системи

Фхх , Щхх - прилади електронної системи

Нхх - самописні прилади

частотоміри радіодіапазону маркуються по ГОСТ 15094

Ч2-хх - резонансні частотоміри

Ч3-хх, РЧ3-хх - електронно-лічильні частотоміри

Ч4-хх - гетеродинні, конденсаторні та мостові частотоміри.

Основні нормовані характеристики частотомірів

- Діапазон вимірюваних частот
- Допустима похибка вимірювання (для електромагнітного вим. - клас точності)
- Чутливість
- Для ЕСЧ - нестабільність частоти кварцового генератора

1.2 Електронно-лічильні частотоміри

Принцип дії електронно-рахункових частотомірів (ЕРЧ) заснований на підрахунку кількості імпульсів, сформованих вхідними ланцюгами з періодичного сигналу довільної форми, за певний інтервал часу. Інтервал часу вимірювання також задається методом підрахунку імпульсів, взятих з внутрішнього кварцового генератора ЕРЧ або з зовнішнього джерела (наприклад стандарту частоти). Таким чином ЕРЧ є приладом порівняння, точність вимірювання якого залежить від точності еталонної частоти.

ЕРЧ є найбільш поширеним видом частотомірів завдяки своїй універсальності, широкому діапазону частот (від часток герц до десятків мегагерц) і високої точності. Для підвищення діапазону до сотень мегагерц - десятків гігагерц використовуються додаткові блоки - подільники частоти і переносники частоти.

Більшість ЕРЧ крім частоти дозволяють вимірювати період проходження імпульсів, інтервали часу між імпульсами, відносини двох частот, а також можуть використовуватися в якості лічильників кількості імпульсів.

Деякі ЕРЧ (наприклад ЧЗ-64) поєднують в собі електронно-лічильний і гетеродинний методи вимірювання. Це не тільки підвищує діапазон виміру, але і дозволяє визначати несучу частоту імпульсно-модульованих сигналів, що простим методом рахунку недоступно.

Універсальний прилад ЧЗ-64, що забезпечує вимірювання частоти і періоду безперервних електричних сигналів, несучої частоти ІМ-сигналів, відносини частот електричних сигналів, рахунок числа електричних коливань. Робота зі змінними блоками розширює діапазон виміру і функціональні можливості приладу.

Інтерполяційний режим вимірювання інтервалів часу і періоду сигналів забезпечує частотоміри ЧЗ-64 високою роздільною здатністю приладу. Видача результатів вимірювання і дистанційне керування приладом здійснюються через КОП.

Частотомір ЧЗ-64 може виконувати математичну обробку результату вимірювання (масштабування та здійснювати зрушення).

Призначення: обслуговування, регулювання та діагностика радіоелектронного обладнання різного призначення, контроль роботи радіо-систем і технологічних процесів.

Приклади: ЧЗ-54, ЧЗ-57, Ф5137, ЧЗ-84

1.3 Резонансні частотоміри

Принцип дії резонансних частотомірів заснований на порівнянні частоти вхідного сигналу з власної резонансної частотою резонатора, що перебуває. В якості резонатора може служити коливальний контур, відрізок хвилеводу (об'ємний резонатор) або чверть хвильовий відрізок лінії. Контрольований сигнал через вхідні ланцюги надходить на резонатор, з резонатора сигнал через детектор подається на індикаторний пристрій (гальванометр), для підвищення чутливості в деяких частотомірах застосовуються підсилювачі. Оператор налаштовує резонатор по максимальному показанню індикатора і по лімбу налаштування відраховує частоту.

Призначення: налаштування, обслуговування, контроль роботи приймально-передавальних пристроїв, вимірювання несучої частоти модульованих сигналів

Приклади: Ч2-33, Ч2- 34, Ч2-45, Ч2-55

1.4 Гетеродинні частотоміри

У гетеродинних частотомірах частота, що вимірюється, порівнюється з відомою частотою (або її гармоніками) зразкового генератора - гетеродина.

При підстроюванні частоти гетеродина до частоти вимірюваних коливань на виході змішувача (де відбувається порівняння частот) виникають биття, які після посилення індукуються стрілочним приладом, телефоном або (рідше) осцилографом.

Призначення: налаштування, обслуговування, контроль роботи приймально-передавальних пристроїв, вимірювання несучої частоти модульованих сигналів

Приклади: Ч4-1

1.5 Конденсаторні частотоміри

Електронні конденсаторні частотоміри застосовуються для вимірювання частот в діапазоні від 10 до 1000 Гц. Принцип таких частотомірів ґрунтується на поперемінному заряді конденсаторів від батареї з наступним його розрядом через електромагнітний механізм. Коли конденсатор зарядиться, в ньому накопичується кількість електрики:

$$q = c \cdot U ,$$

де: c – ємність конденсатора;

U – напруга.

Якщо конденсатор переключити на магнітоелектричний вимірювач струму, то через нього пройде кількість електрики q , викликавши відхилення покажчика.

Якщо конденсатор по черзі приєднувати до джерела напруги для заряду і до вимірювача струму для розряду з частотою перемикання f разів в секунду,

то кількість електрики, що проходить через амперметр при розряді, буде в f разів більше:

$$f_q = I = f \cdot c \cdot U,$$

де I — середнє значення струму розряда;

f — частота перемикаання

Звідси випливає, що струм в такій схемі прямо пропорційний частоті перемикаання і при постійному множенні шкалу амперметра можна градуувати в одиницях частоти:

$$f = \frac{I}{(c \cdot U)}$$

Нижня межа вимірюваних частот становить 10 Гц; при більш низьких частотах рухлива частина магнітоелектричного індикатора буде здійснювати механічні коливання в такт з вимірюваною частотою. Верхня межа залежить від постійної часу ланцюга заряду, яка визначається не тільки опором резистора R і мінімальної ємністю конденсатора C , але і монтажними ємностями елементів зарядно-розрядного пристрою, і не перевищує 1 МГц. Похибка вимірювання залежить від класу точності міліамперметра, залишкової нестабільності напруги заряду конденсатора і становить 1-2%.

Призначення: встановлення та підтримка низькочастотної апаратури

Приклади: Ф5043

1.5 Вібраційні (язичкові) частотоміри

Представляє собою прилад з рухомою частиною у вигляді набору пружних елементів (пластинок, язичків), що приводяться в резонансні коливання при впливі змінного магнітного або електричного поля.

Призначення: контроль мережі електроживлення

Приклади: В80, В87

1.6 Аналогові стрілочні частотоміри

Аналогові частотоміри за вживаним вимірювального механізму бувають електромагнітної, електродинамічної і магнітоелектричної систем. В основі роботи їх лежить використання частото залежного ланцюга, модуль повного опору якого залежить від частоти. Вимірювальним механізмом, як правило, є логометр, на одне плече якого подається вимірюваний сигнал через частото незалежний ланцюг, а на інше - через частото залежний, ротор логометра зі стрілкою в результаті взаємодії магнітних потоків встановлюється в положення, залежне від співвідношень струмів в обмотках.

Призначення: контроль мережі електроживлення

Приклади: Д416, Е353, Ц1736, М800, С 300 М1-1 [4]

1.7 Віртуальний частотомір

З недавніх пір в радіоаматорській практиці стали популярні так звані віртуальні вимірювальні прилади. В даному випадку під «віртуальністю» мається на увазі той факт, що деяка частина функцій або вузлів вимірювального приладу реалізується за допомогою персонального комп'ютера. Віртуальні вимірювальні прилади можна умовно розбити на дві категорії. Прилади першої групи «повністю віртуальні» і фактично складаються з однієї програми для РС, а функції по введенню-виведенню вимірюваного або генерованого сигналу покладаються на штатні апаратні засоби, наприклад, звукову карту [5], [6]. Прилади другої групи мають крім «віртуальної» частини ще й матеріальну. До комп'ютера в цьому випадку підключається якийсь пристрій, яке є невід'ємною частиною віртуального приладу. Такі пристрої реалізують деякі функції або вузли вимірювального приладу, які з тих чи інших причин не можна покласти на комп'ютер. Ці пристрої можуть мати різну складність -

від «крутих» інтерфейсних плат, що промислово випускаються, вбудованих в комп'ютер, до простих пристроїв, що підключаються до комп'ютера через COM або LPT порт [7], [8], [9].

Саме таким способом реалізований віртуальний частотомір. Отже, чому ж не виходить реалізувати віртуальний частотомір тільки у вигляді програми? Спрощена структурна схема «звичайного» електронно-рахункового частотоміра в режимі вимірювання частоти зображена на рис.1.1, а в режимі вимірювання тимчасових інтервалів на рис. 1.2.

Хоча сучасні комп'ютери мають більшу швидкодію і хорошою стабільністю тактової частоти, використовувати ці властивості для формування стабільних тимчасових інтервалів (наприклад «тимчасових воріт» або «міток часу») проблематично.

Це пов'язано з тим, що керуюча програма розпоряджається комп'ютером не монополюю, а ділить процесорний час з операційною системою і іншими програмами.

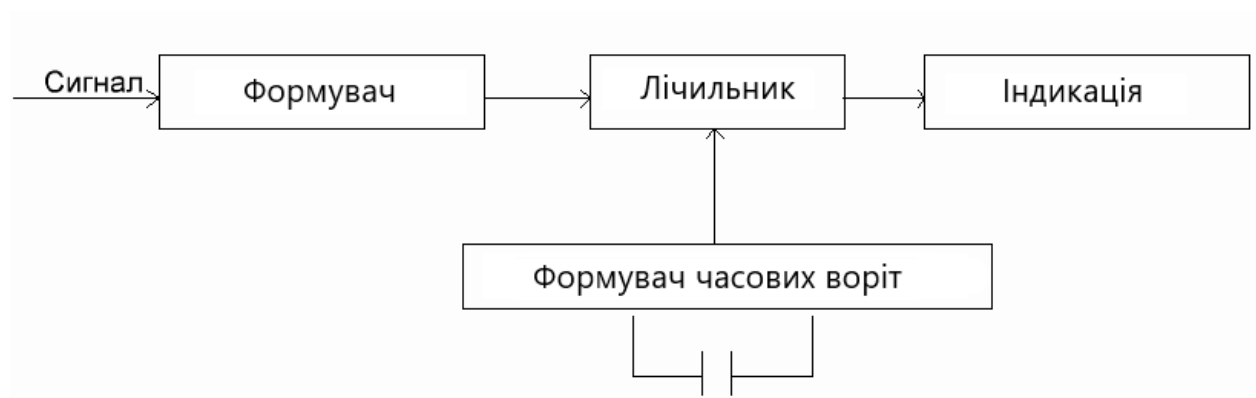


Рисунок 1.1 - Спрощена структурна схема «звичайного» електронно-рахункового частотоміра в режимі вимірювання частоти

Тому функцію формувача тимчасових інтервалів доведеться реалізувати в зовнішньому пристрої. Крім цього в зовнішньому пристрої бажано розта-

шувати вхідний формувач сигналу і лічильник імпульсів. Для реалізації на комп'ютері залишаються тільки функції індикації та управління.

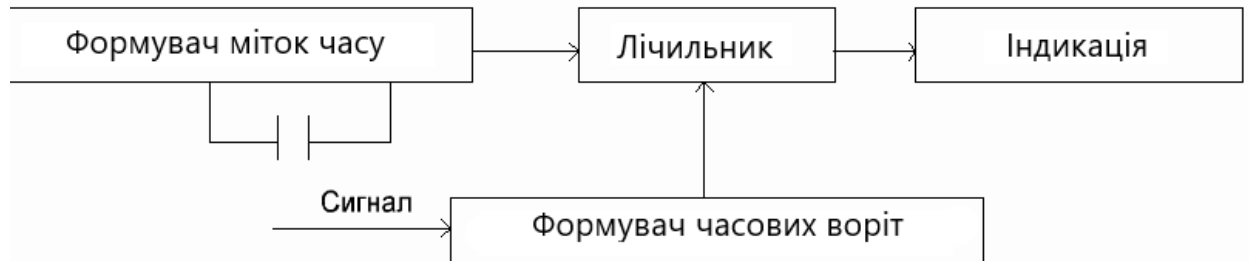


Рисунок 1.2- Спрощена структурна схема «звичайного» електронно-рахункового частотоміра в режимі вимірювання тимчасових інтервалів

Мінімізувати апаратні витрати такого частотоміра можна, застосувавши для цих цілей мікроконтролер, який буде виконувати вимірювання за допомогою своїх апаратно-програмних ресурсів. У конструкції використовується мікроконтролер сімейства AVR AT90S2313 виробництва Atmel. Він зручний тим, що має в себе «на борту» аналоговий компаратор (на ньому реалізується вхідний формувач), швидкодіючі таймери-лічильники (підрахунок імпульсів), послідовний порт (зв'язок з комп'ютером). Крім цього він містить 8-мі бітний RISC процесор з швидкодією 10MIPS, 32 робочих регістра, 2 кілобайт ПЗУ, 128 байт ОЗУ, сторожовий таймер. Мікроконтролер має невелике енергоспоживання і може програмуватися внутрісхемно, без вилучення з пристрою. Принципова схема пристрою зображена на рис.1.3. За допомогою 25-контактного роз'єму пристрій підключається до COM порту комп'ютера. Живлення схеми здійснюється від ліній DTR і CTS цього ж порту [7]. Якщо порт комп'ютера не може забезпечити необхідну навантажувальну здатність (наприклад, це notebook), то в цьому випадку живлення подається ззовні, через контакт 13 роз'єму. Транзистори VT1 і VT2 призначені для узгодження рівнів

сигналів T_xD і R_xD в контролері і в порті комп'ютера. На елементах R10 ... R15 виконаний R-2R ЦАП; R16, C4 представляють собою вхідний фільтр НЧ, на R17.VD9 зібраний вхідний обмежувач. Ланцюги, підключені до виводів 17,18,19 мікроконтролера, призначені для його внутрисхемного програмування через COM порт.

Частотомір функціонує під управлінням комп'ютера, який подає йому команди через COM порт. Назад, в комп'ютер, пристрій повертає відповіді на команди і дані вимірювань.

Частотомір має всього один зовнішній вхід для подачі вимірюваного сигналу. Однак при цьому сигнал може бути як цифровим так і аналоговим. Під різні режими вимірювань мікроконтролер виробляє переконфігурацію своїх внутрішніх апаратних засобів.

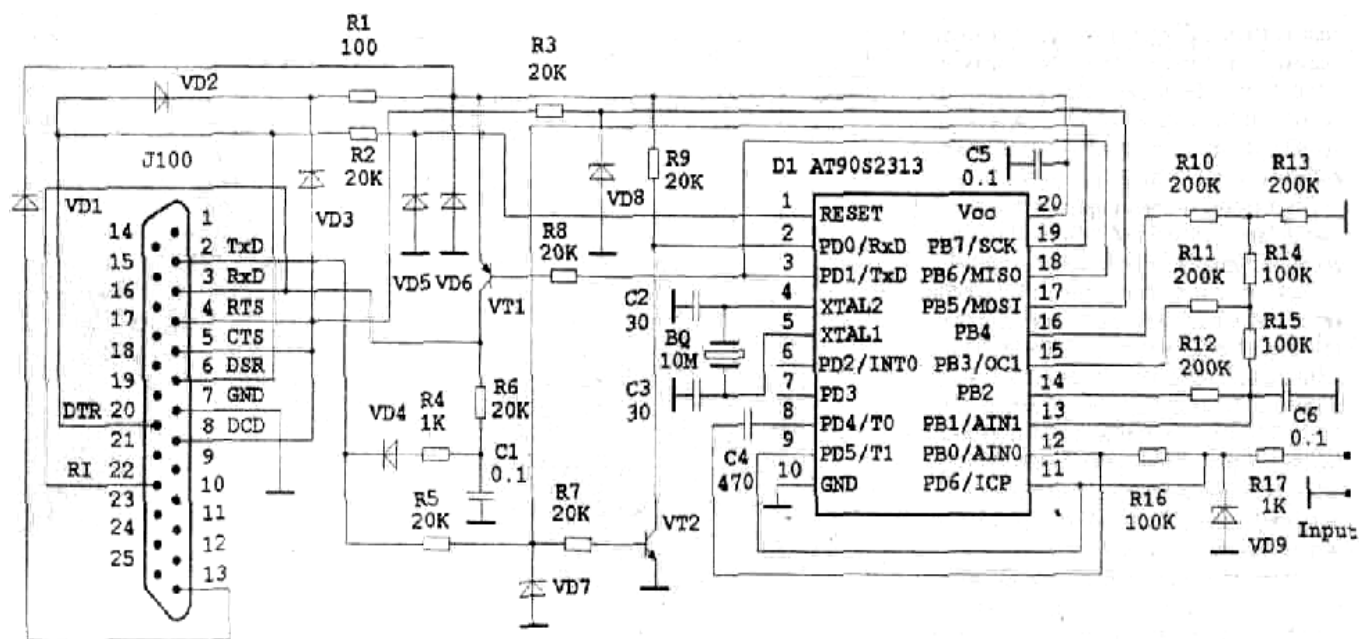


Рисунок 1.3 - Принципова схема віртуального частотоміра

Конфігурація пристрою для вимірювання часових інтервалів і періоду проходження імпульсів показана на рис.1.4.

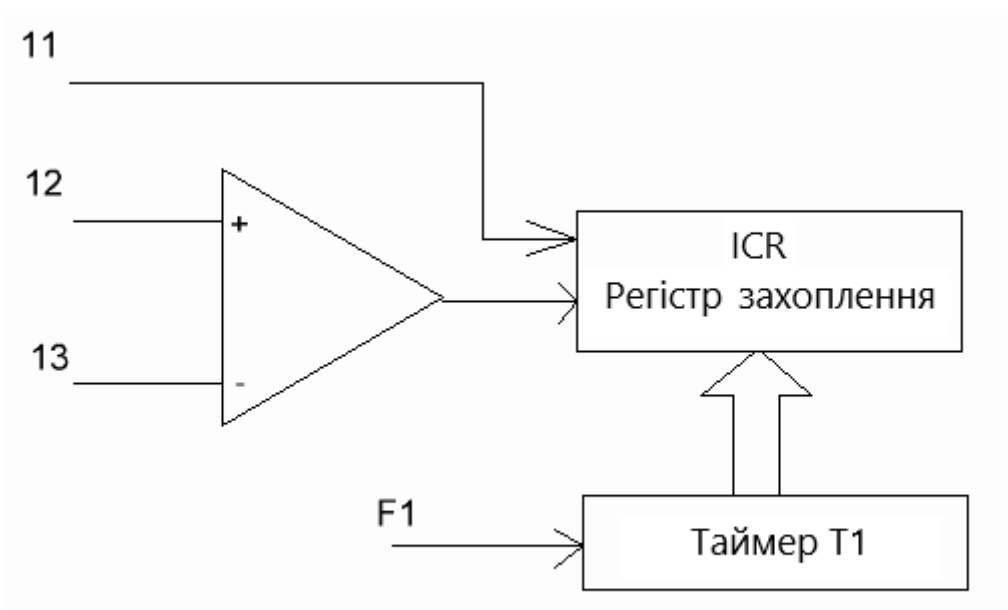


Рисунок 1.4 - Конфігурація пристрою для вимірювання часових інтервалів і періоду проходження імпульсів

У цьому режимі на вхід 16-розрядного таймера Т1 подається тактова частота. Фіксація моменту початку або закінчення імпульсу здійснюється за допомогою спеціального регістра захоплення. Якщо прилад налаштований на вимірювання сигналу з цифровими рівнями, то запам'ятовування стану тайзахід здійснюється по зміні сигналу на виводі ICP (11), якщо вимірюється аналоговий сигнал, то сигнал захоплення подається з виходу вбудованого аналогового компаратора, на вхід AINO (12) якого подається аналоговий сигнал, а на вхід A1M1 (13) подається рівень, сформований за допомогою трехразрядного R-2R ЦАП. Після запам'ятовування початку і кінця тимчасового інтервалу програмно обчислюється тривалість самого інтервалу. Конфігурація пристрою для режиму вимірювання частоти зображена на рис.1.5.

При вимірюванні сигналів з цифровими рівнями сигнал подається безпосередньо на вхід таймера Т1 (9). На жаль неможливо переключити вихід вбудованого компаратора на вхід таймера Т1, тому для вимірювання частоти аналогових сигналів організовується за допомогою програмного лічильника ТЗ. Він має меншу швидкодією в порівнянні з апаратним таймером Т1. Тому

частотний діапазон по аналоговому входу значно менше, ніж по цифровому.

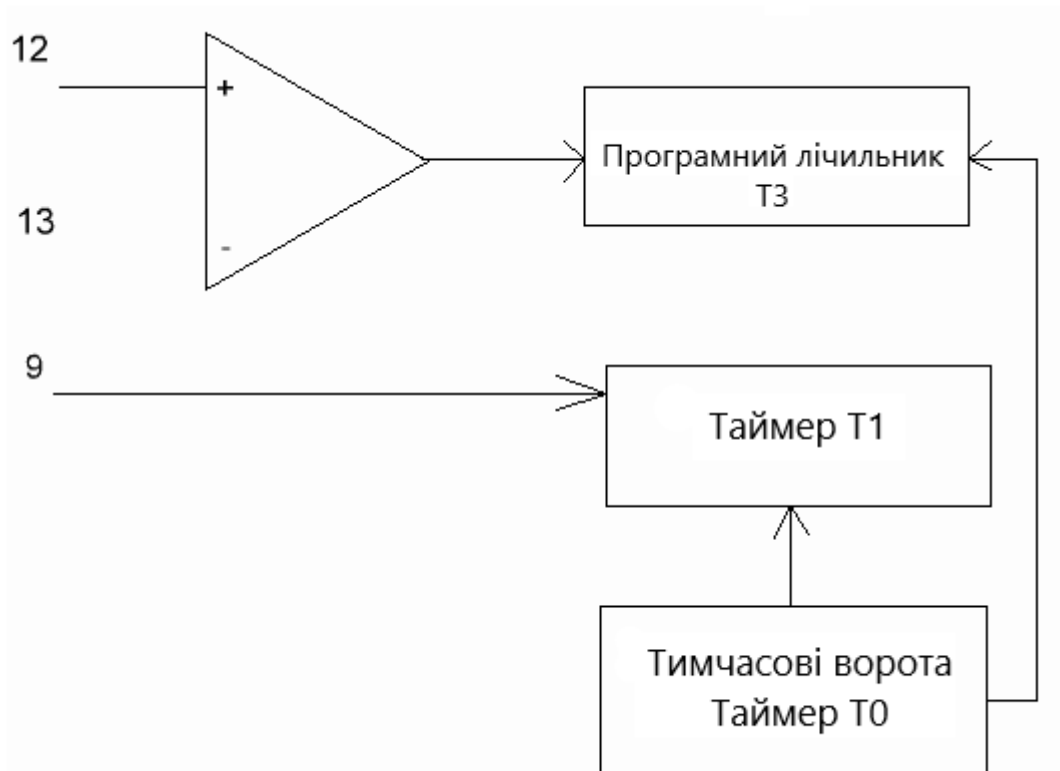


Рисунок 1.5 - Конфігурація пристрою для режиму вимірювання частоти

При вимірі низькочастотних аналогових сигналів можна включити на вході компаратора RC фільтр низької частоти з частотою зрізу близько 21 кГц. При цьому високочастотні сигнали, що заважають, будуть придушуватися.

Для підключення фільтра вивід 8 мікроконтролера конфігурується на вихід і на нього подається низький рівень. В результаті для вхідного сигналу утворюється ФНЧ R16C4. Щоб припинити сигнал вивід 8 конфігурується як вхід. В результаті конденсатор C4 відключається від «землі». Так як вхідний опір аналогового компаратора багато більше опору резистора R16, то тепер резистор не вносить помітного ослаблення сигналу. Правда утворюється паразитний RC фільтр R16 - послідовне з'єднання C4 і ємності входу 8. Але частота зрізу такого фільтра вище максимальної частоти, вимірюваної по аналоговому входу.

1.7.1 Основні технічні характеристики

1. Робочі режими - вимірювання частоти, вимірювання періоду, вимір інтервалу часу, підрахунок числа імпульсів.

2. Вимірювання частоти.

2.1. Прилад дозволяє вимірювати по аналоговому входу частоту періодичних сигналів, які мають один екстремум позитивної полярності за період. Діапазон вимірюваних частот від 0,1 Гц до 250 кГц при напрузі вхідного сигналу від 0,1 до 30 В.

2.2. Прилад дозволяє вимірювати по цифровому входу частоту цифрових сигналів в діапазоні від 0,1 Гц до 5 МГц. Напруга логічного нуля вимірюваного сигналу повинна знаходитися в діапазоні 0 ... 2 В, логічної одиниці - в діапазоні 2,5 ... 30 В.

2.3. Час рахунку 1 мс, 10 мс, 100 мс, 1 сек, 10 сек.

3. Вимірювання періоду.

3.1. Прилад дозволяє вимірювати одиничний і усереднений період періодичних сигналів позитивної полярності в діапазоні від 10 мкс до 10 сек при напрузі вхідного сигналу від 0,1 до 30 В.

3.2. Період міток часу (роздільна здатність) 0,1 мкс.

3.3. Число усереднених періодів 10, 100, 1000, 10000.

4. Вимірювання тривалості.

4.1. Прилад дозволяє вимірювати тривалість імпульсів позитивної полярності в діапазоні від 10 мкс до 10 сек при напрузі вхідного сигналу від 0,1 до 30 В.

4.2. Роздільна здатність при вимірюванні тривалості 0,1 мкс.

4.3. У цьому режимі прилад дозволяє також вимірювати час між імпульсами.

5. Прилад дозволяє вимірювати в режимі самоконтролю частоту власного кварцового генератора 10 МГц.

6. Вхідний опір приладу для сигналів напругою менше ніж 4,7 В- 1 МОм, для сигналів напругою понад 4,7 В- 1 кОм.

Конструкція і деталі. При використанні компонентів в SMD виконанні вдалося помістити всю конструкцію усередині корпусу роз'єму DB-25. При цьому використовувалися такі деталі: мікроконтролер AT90S2313-10SI, резистори і конденсатори типу 1206, діоди BAS32L, стабілітрони BZX84-C4V7, n-p-n транзистор BCW32L, p-n-p транзистор BC859C, роз'єм DB-25F.

Двостороння друкована плата (рис.1.6) була виготовлена за технологією «лазерного праски». Однак при повторенні конструкції можна використовувати і звичайні деталі контролер в DIP корпусі AT90S2313-10PI, будь-які резистори з потужністю, що розсіюється 0,125 ... 0,25 Вт, конденсатори типу К10-17, діоди КД522, стабілітрони КС147, транзистори КТ315 і КТ361.

При цьому прилад має значні габарити, проте це ніяк не відіб'ється на його технічних характеристиках.

При настройці приладу перш за все необхідно переконатися в правильності монтажу.

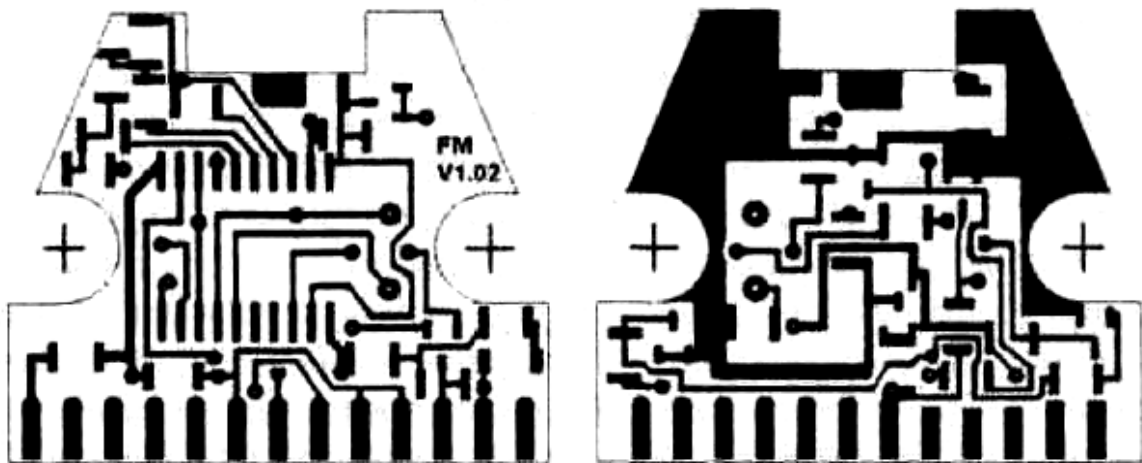


Рисунок 1.6 - Печатна плата

Потім можна подати живлення 5В на виводи 7 і 13 роз'єму і переконатися за допомогою осцилографа в тому, що працює кварцовий генератор - на виводах 4, 5 мікроконтролера повинен бути сигнал частотою 10 МГц. Далі не-

обхідно завантажити в ПЗУ мікроконтролера мікропрограму. Це можна зробити двома способами. Перший - запрограмувати мікроконтролер з допомогою будь-якого стандартного програматора. Другий - завантажити мікропрограму через СОМ порт за допомогою програми `comprg`. Для цього необхідно підключити пристрій до вільного СОМ порту і подати на виводи 7 і 13 роз'єму живлення 5 В. Потім на комп'ютері запустити програму `comprg`. Якщо немає помилок в монтажі, то мікропрограма буде завантажена в пам'ять мікроконтролера. Цей спосіб зручний тим, що мікроконтролер програмується без вилучення зі схеми. Після цього апаратна частина віртуального частотоміра готова до роботи. З більшістю комп'ютерів пристрій може працювати, отримуючи живлення від сигнальних ланцюгів СОМ порту. Якщо комп'ютер має малопотужний СОМ порт (при цьому напруга на виводі 20 мікроконтролера буде менше 4 В при встановлених сигналах DTR і CTS), то необхідно буде з'єднати всередині комп'ютера вивід 13 роз'єму з ланцюгом живлення +5 В.

Керуюча програма (скріншот на рис.1.7) працює під управлінням ОС Windows 95 ... 2000. Вона реалізує підтримку всіх заявлених режимів вимірювання. Крім цього, з її допомогою можна вести журнал вимірювань.

Для запропонованого частотоміра принципову схему можна гранично спростити, якщо побудувати її на базі контролера PIC16F84 фірми «Microchip». Цей процесор володіє високою швидкодією, широкими функціональними можливостями. Вбудований незалежний пристрій дозволяє записувати і оперативно змінювати величину проміжної частоти цифрової шкали.

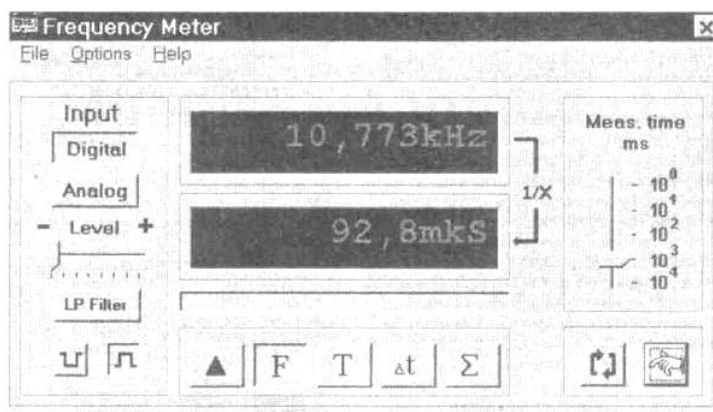


Рисунок 1.7 - Керуюча програма

Тому метою роботи є розробка частотоміра на базі контролера PIC16F84.

Для цього необхідно було вирішити такі завдання:

- задати характеристики цифрового частотоміра;
- вибрати і обґрунтувати конструкцію виробу;
- розрахувати безвідмовність роботи цифрового частотоміра;
- розрахувати параметри друкованої плати

2 РОЗРАХУНОК І ПРОЕКТУВАННЯ ЦИФРОВОГО ЧАСТОТОМІРА НА ОСНОВІ КОНТРОЛЕРА PIC16F84 ФІРМИ «MICROCHIP»

При розрахунку і проектуванні цифрового частотоміра були задані параметри, яким повинен відповідати даний прилад.

2.1 Основні характеристики та область застосування

Пристрій призначений для вимірювання частоти електричного сигналу.

Технічні характеристики частотоміра цифрового:

Електричні:

- напруга живлення, В $5 \pm 0,1$;
- напруга вхідного сигналу, мВ 100-700;
- похибка вимірювань, Гц 10/1 / 0,1;
- максимальна вимірювана частота, МГц 30;
- струм споживання, мА 100.

Експлуатаційні (лабораторні умови):

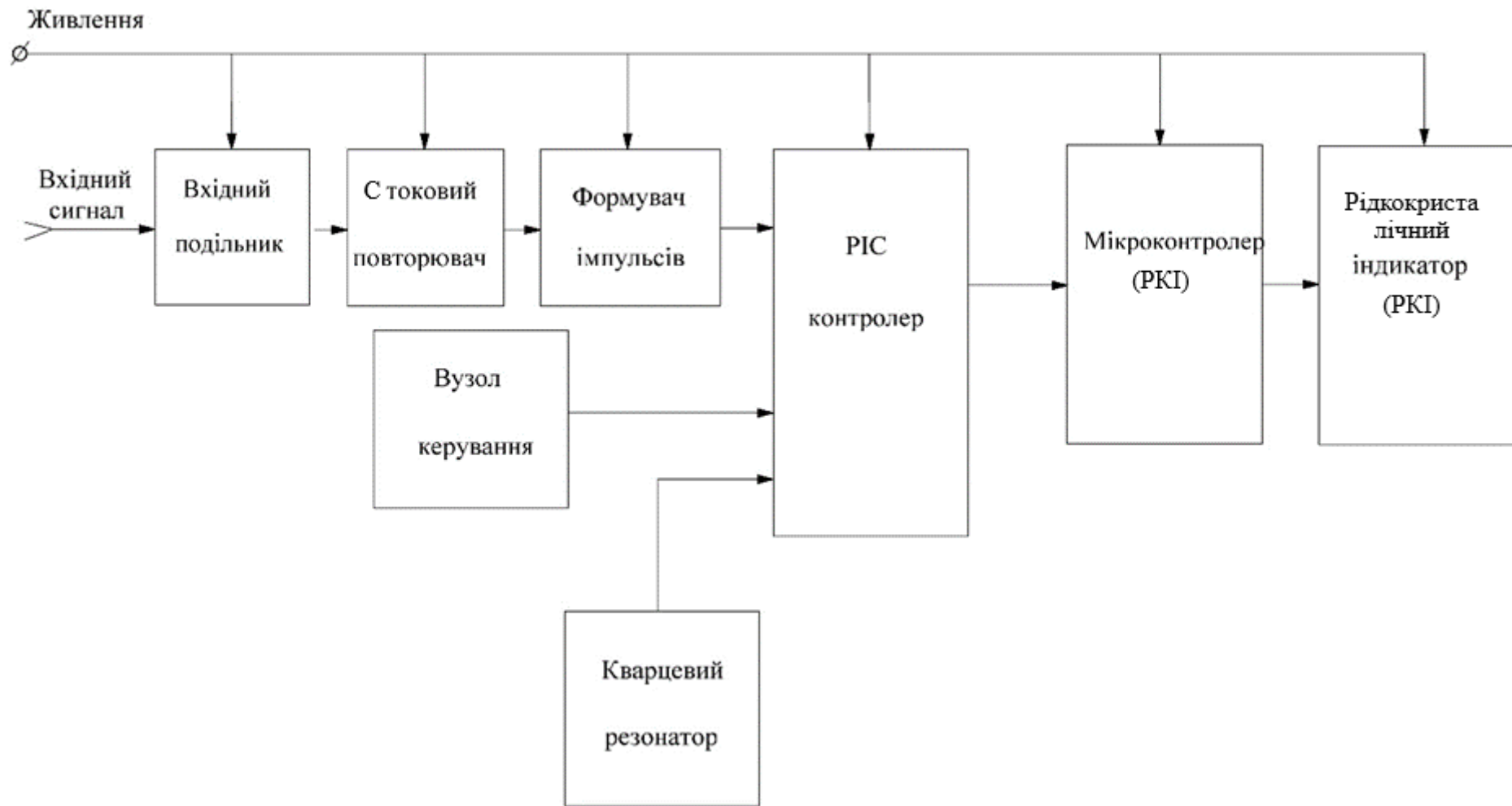
- температура навколишнього середовища, С ° +25;
- відносна вологість повітря, % 60 ;
- розміщення стаціонарне.

Конструктивні особливості:

- радіоелектронна комірка;
- габарити не менше, мм 40× 90;
- монтаж друкований, закріплення жорстке.

Область застосування: частотомір цифровий застосовується в радіовимірювальних лабораторіях в складі лабораторних стендів.

Розроблена структурна схема приладу.



2.2 Критерії вибору мікроконтролера

Основні критерії вибору мікроконтролера представлені нижче в порядку значимості:

- Придатність для прикладної системи. Чи може вона бути зроблена на однокристальному мікроконтролері або її можна реалізувати на основі будь-якої спеціалізованої мікросхеми?

- Чи має мікроконтролер необхідне число контактів / портів введення / виводу, тому що в разі їх нестачі він не зможе виконати роботу, а в разі надлишку ціна буде занадто високою?

- Чи має він всі необхідні периферійні пристрої, такі як послідовні порти введення / виводу, RAM, ROM, EEPROM?

- Чи має він інші периферійні пристрої, які не будуть потрібні в системі?

- Чи забезпечує ядро процесора необхідну продуктивність, тобто обчислювальну потужність, що дозволяє обробляти системні запити протягом усього життя системи на обраній прикладній мові?

Доступність.

- Чи існує пристрій в достатній кількості?

- Чи виготовляється він зараз?

- Що очікується в майбутньому?

- Надійність фірми виробника.

Реалізувати частотомір цифровий на основі ІМС неможливо, тому застосовується програмований мікроконтролер.

Даним критеріям найкраще відповідає мікроконтролер PIC16F84A-201 / P в корпусі DIP 18, для навісного монтажу.

У порівнянні з аналогічними мікроконтролерами, PIC16F84A-201 / P має найвищу тактову частоту в 30МГц, пам'ять в 1024 біт і 8-ми розрядний процесор. Оскільки програмний ресурс по швидкодії перебиває швидкість будь-якого PIC контролера, верхня межа вимірюваних частот визначається тільки швидкодією застосованого мікроконтролера. Вартість менше ніж у аналогіч-

них мікроконтролерів в керамічних корпусах і корпусах для поверхневого монтажу. Фірма-виробник «MicroChip» добре себе зарекомендувала на ринку, має хорошу репутацію, підтримку клієнтів і постійно оновлює асортимент [11,12].

2.3 Розробка схеми електричної принципової

Розроблена схема приладу представлена на рисунку 2.1. Прилад дозволяє виміряти частоту сигналу в інтервалі 10Гц ... 30МГц. Чутливість приладу складає 100 ... 200мВ. Час вимірювання 0,1 / 1 / 10с. Напряга живлення приладу +5. Струм залежить від кількості включених сегментів і не перевищує 130мА.

Принципова схема частотоміру побудована за класичною схемою: поступаючи на вхід імпульси потрапляють на вхідний формувач, виконаний на транзисторах VT1-VT3, який перетворює сигнал будь-якої форми і амплітуди в послідовність нормованих по амплітуді імпульсів з крутими фронтами. Сформовані імпульси, надходять на вхід PIC контролера (2,3 DD1), де відбувається підрахунок кількості імпульсів за певний період (0,1 / 1 / 10мс.). Число імпульсів перетворюються в двійковий код і по інтерфейсу (RB4-RB7) надходять на РКІ індикатор, де перетворюються в двійковій-десятковий код і висвічуються на табло індикатора.

Вхідний формувач має смугу пропускання 10Гц ... 100МГц. Нижню межу для синусоїдального сигналу визначає ємність конденсаторів C1 і C2.

Перший каскад виконаний за схемою стокового повторювача, що дозволяє значно збільшити вхідний опір приладу (більш 1МОм). Діоди VD1 і VD2 захищають транзистор VT1 від виходу з ладу при подачі на вхід високої напруги (обмеження на амплітуді $U_{ex} = 0.7В$).

На транзисторах VT2 і VT3 виконаний формувач імпульсів. Резистором R7 регулюється крутизна фронтів імпульсів, домагаючись високої чутливості на високих частотах.

В частотоміри передбачена можливість програмної калібрування, що дозволяє використовувати будь-які кварцові резонатори в діапазоні 1 ... 20МГц. Однак оптимальним є значення близько 4МГц. На меншій частоті знижується швидкодія ПІС контролера, а підвищення тактової частоти збільшує струм споживання мікроконтролера, що не дає особливих переваг.

Слід враховувати, що в цій схемі кварц збуджується на частоті паралельного резонансу, а на вітчизняних резонаторах зазвичай вказується частота послідовного резонансу, яка може відрізнитися на кілька кілогерц.

Після складання частотоміра необхідно відкалібрувати частоту кварцу. Калібрування виконується за допомогою підбору C9 і C10. Зручніше замінити конденсатор C10 на малогабаритний підлаштовувачий конденсатор (до 22пФ).

Визначити справжню частоту генерації кварцового резонатора можна підключивши зразковий частотомір до точки XN1, при цьому движок будівельних C10 повинен бути в середньому положенні. Вимірне значення округляється до найближчого кратного 40Гц, наприклад, 4000000, 4000040, 4000080 Гц і т.д.

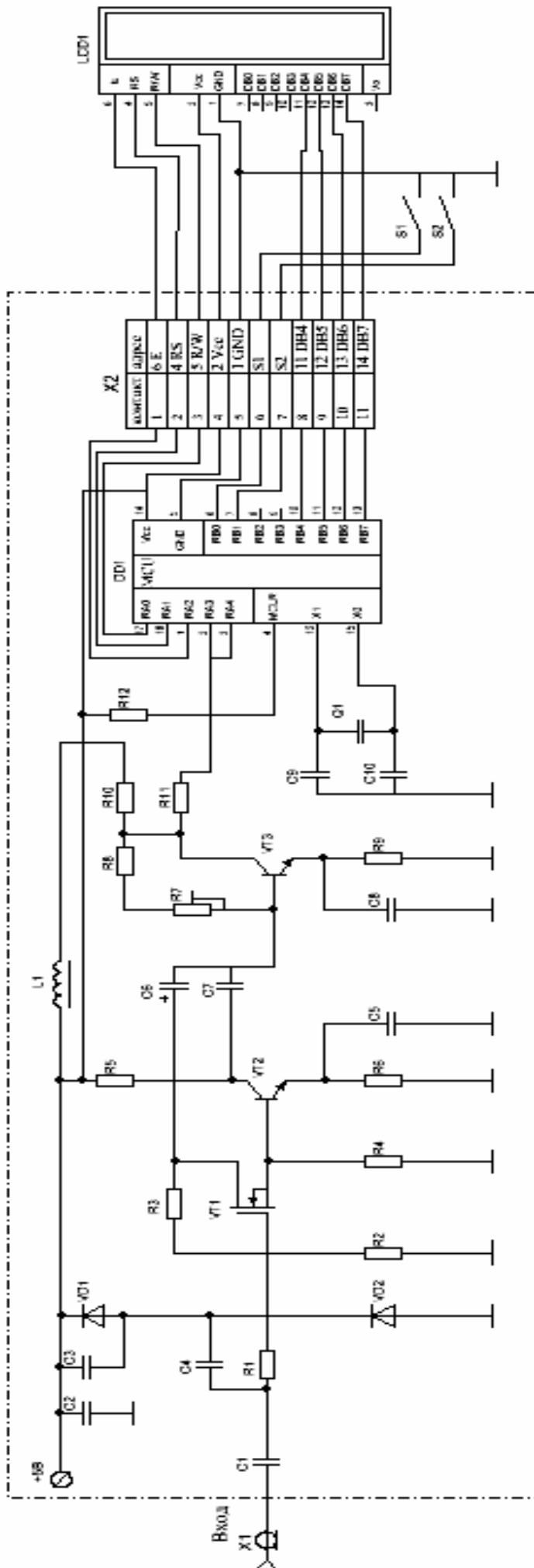


Рисунок 2.1 - Принципова схема частотомера цифрового на РІС контролері

Після калібрування слід підключити даний прилад і зразковий частотомір до генератора сигналів частотою 20 ... 30МГц і амплітудою 0,2 ... 0,5В. Остаточно відповідності показань частоти домагаються підстроюванням С10. Якщо необхідно зменшити залежність резонансної частоти кварцу від температури, то можна ввести термостатування кварцу. Однак команди РІС формування вимірювального інтервалу часу програмно добре відпрацьовані. Величини всіх вимірювальних інтервалів часу відбудовані «по нулях» (100000м.ц., 1000000м.ц., 10000000м.ц. Примітка: м.ц.- машинний цикл).

Рідкокристалічний індикатор виконано на основі мікроконтролера HD44780 фірми «Hitachi». Він має два рядки по 16 символів в кожному. Принципова схема включення РКІ- модуля наведена на рисунку 2.2.

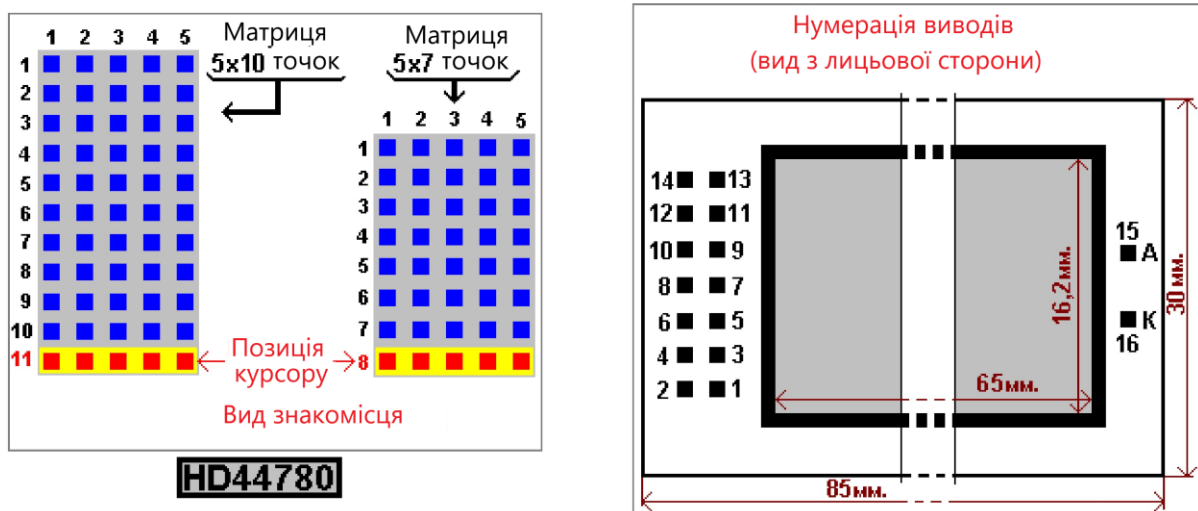


Рисунок 2.2 - Схема РК- індикатора

До переваг даного модуля відображення слід віднести наявність вбудованої в м / к оперативної пам'яті даних і високу швидкість заповнення знако-

місць символами не викликає стомлюваності очей через відсутність мерехтіння розрядів, особливо це позначається при динамічній індикації. [13,14].

Призначення виводів і умови виконання команд запису і читання наведені в таблиці 2.1:

Тригер має незалежну пам'ять налаштувань, що забезпечує початок роботи приладу (після включення живлення) в тому режимі, в якому відбувалася робота на момент, що передував вимкненню живлення.

При роботі в режимі цифрової шкали (ЦШ) за допомогою КН1 - у разі переходу до підрежиму -ПЧ (віднімання з результату вимірювання значення проміжної частоти) або + ПЧ натисканням КН2 (підсумовування результату вимірювань і значення проміжної частоти), або одночасним натисканням КН1 і КН2 перехід в підрежим установки значення ПЧ користувачем - записується проміжна частота (за замовчуванням ПЧ = 10,7МГц).

При цьому показання індикатора визначаються формулою:





$$F_{\text{вв}} \cdot K_{\text{д}} \pm F_{\text{ин}} \quad (2.1)$$

Таблиця 2.1-Призначення виводів РК індикатора

№ виводу	Назва	Функція
1	V _{ss}	Загальний (GND)
2	V _{dd}	+ напруга живлення
3	V ₀	Контрастність
4	RS	Команди/Данні
5	R/W	Читання/Запис
6	E	Дозвіл читання/запису
7	DB0	Лінія даних 0
8	DB1	Лінія даних 1

9	DB2	Лінія даних 2
10	DB3	Лінія даних 3
11	DB4	Лінія даних 4
12	DB5	Лінія даних 5
13	DB6	Лінія даних 6
14	DB7	Лінія даних 7
15	A	Напруга підсвічування (+)
16	K	Напруга підсвічування (-)

Умови виконання операцій читання та запису

RS	R/W	E	Операція
0	0		Запис в регістр команд
1	0		Запис в регістр даних (DDRAM або GGRAM)
1	1		Читання з регістру даних (DDRAM або GGRAM)
0	1		Читання прапора зайнятості (DB7) або лічильника адреси (DB0...DB6)

Після відпускання кнопок значення фіксуються в пам'яті мікроконтролера. Програма для прошивки мікроконтролера на мові Асемблер приведена в додатку А. [15]

2.4 Вибір і обґрунтування конструкції виробу

2.4.1 Конструктивно-технологічні вимоги

При розробці конструкції виробу, що повністю задовольняє поставленим вимогам, згідно технічного завдання враховуються:

1 - функціональне призначення виробу;

- 2 - об'єкт установки виробу РЕА;
- 3 - умови експлуатації та експлуатаційні вимоги;
- 4 - виробничо-технологічні вимоги;
- 5- економічні показники;
- 6- надійність;
- 7- переваги та недоліки конструкції РЕА.

З конструкторської точки зору найбільш зручною є класифікація за функціональним призначенням, застосуванням та об'єктом установки.

Розрізняють три класи РЕА за об'єктом установки: бортова; морська; наземна.

У кожному класі розрізняють спеціалізовані групи в залежності від об'єкта установки. Конструкція РЕА різного призначення, яка встановлюється на різні об'єкти, має особливості, які впливають із специфіки призначень і умов експлуатації.

При конструюванні радіоапаратури користуються класифікацією, наведеною в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Класифікація РЕА

Клас РЕА	Група апаратури
1	2
Бортова	Літальна (вертолітна); ракетна; космічна.
Морська	Судова (корабельна); буйкова
Наземна	перевізна; переносна; побутова; стаціонарна.

Коротка характеристика вимог до конструювання 3^x класів РЕА:

Бортова РЕА - це апаратура, що встановлюється на літальні об'єкти.

Основними завданнями при конструюванні такої РЕА слід вважати:

- зменшення маси, габаритів;
- необхідність роботи РЕА в умовах зниженого атмосферного тиску;

- необхідність захисту РЕА від складних механічних впливів (вібраційних і ударних навантажень).

Морська РЕА - характеризується наступними умовами:

- морське середовище вимагає розробки апаратури в тропічному виконанні;

- корозійна стійкість;
- пліснява стійкість;
- вологозахищеність;
- брискозахищеність;
- ударні перевантаження;
- лінійні прискорення.

Ударні перевантаження характерні для будь-якої морської РЕА та виникають при ударах хвиль, а лінійні перевантаження виникають при хитавиці.

Наземна РЕА найбільш обширна і різноманітна. Загальним завданням конструювання наземної РЕА є захист від вібрацій і ударів, від пилу в умовах нормального атмосферного тиску.

Зовнішні фактори, що впливають на працездатність апаратури, можна класифікувати на 2 види:

- кліматичний вплив;
- механічні дії.

Для оцінки величини кожного чинника его порівнюють з нормальними умовами експлуатації. Під нормальними умовами експлуатації розуміють умови роботи в закритих опалювальних приміщеннях при відсутності в повітрі парів, газів, солей, кислот і мікроорганізмів при температурі $(25 \pm 5) ^\circ \text{C}$, відносної вологості $(65 + 15)\%$, атмосферному тиску $(8,36 \dots 10,6) 10^4 \text{ Па}$ $(630 \dots 800 \text{ мм.рт.ст.})$, при відсутності механічних впливів.

2.4.2 Розробка конструкції цифрового частотоміра

В основу розробки сучасної РЕА покладено модульний принцип конструювання, що ґрунтується на функціонально-вузловому методі проектування.

У дипломному проєкті розробляється конструкція першого рівня.

Технологічною слід вважати конструкцію, що задовольняє із заданою надійністю технологічним і експлуатаційним вимогам при обраному типі виробництва, виготовляється із застосуванням прогресивних технологічних процесів, забезпечує найменші витрати на пошук несправностей і ремонт при обслуговуванні.

Технологічність конструкції можна оцінювати кількісно і якісно. Якісна оцінка в процесі проектування передреє кількісній.

При аналізі конструкції розглядаємо вимоги до технологічності збіркових одиниць та деталей.

Технологічність деталі оцінюється за наступними вимогами:

- конструкція деталі повинна складатися зі стандартних конструктивних елементів;
- збиратися зі стандартних або уніфікованих заготовок;
- розміри і поверхня деталі повинні мати оптимальну міцність і жорсткість;
- конструкція деталі повинна забезпечити можливість застосування типових і стандартних технологічних процесів виготовлення;
- деталь повинна бути максимально простої форми.

Розроблений «частотомір цифровий» виконаний за електричною принциповою схемою та має функціональну закінченість.

Компонування виконане зі стандартних комплектуючих ЕРІ промислового виготовлення, встановлених на основі плати друкованої.

Проаналізувавши технічне завдання і з огляду на умови експлуатації виробу, допустимі значення факторів, що впливають по 4 групам жорсткості

відповідно до ГОСТ 23752-79 «Плати друковані. ОТУ », встановлено, що плата повинна відповідати ГОСТ 23752-79, група жорсткості 1.

Забезпечити простоту збірки і зменшити масогабарити конструкції, використовувати можливість автоматизації і механізації в виробництві при складанні і монтажі, нам допоможе вибір друкованого монтажу.

При друкованому монтажі електричні з'єднання елементів електричного модуля виконані за допомогою друкованих провідників. Друкований монтаж є груповим монтажем, що дозволяє отримати всі з'єднання (електричні) за один технологічний цикл, забезпечуючи технологічність конструкції. Тому ми вибираємо основним елементом конструкції деталь: плата друкована.

Застосування друкованої плати дозволяє отримати значне підвищення щільності міжз'єднань і можливість мініатюризації конструкції. Друкована плата гарантує стабільну повторюваність електричних параметрів від зразка до зразка, відсутність монтажних помилок, високу ідентичність електричних і конструктивних параметрів, підвищує надійність і якість апаратури, зменшує трудомісткість і собівартість виробу, підвищує продуктивність праці за рахунок використання механізованого та авторизованого обладнання при її виготовленні за типовими технологічних процесів. Таким чином, технологічність конструкції забезпечується.

Використовуючи державні та галузеві стандарти ГОСТ 29137-91 «Формування виводів і установка виробів електронної техніки на друковані плати. Загальні вимоги і норми конструювання », виконуємо компоновання одним з обраних методом. Обираємо габаритні розміри ЕРІ, установчі та приєднувальні, визначаємо варіанти установки на плату. Визначаємо електричне з'єднання ЕРІ друкованими провідниками, умовно зображуючи їх у вигляді ліній. Трасування з'єднань на платі виконуємо відповідно до вимог ГОСТ 2.417-91 «Плати друковані. Правила оформлення креслень ».

Вибираємо габаритні розміри і конфігурацію плати друкованої, враховуючи вимоги ГОСТ 10317-79 «Плати друковані. Основні розміри ».

В результаті компоновання отримана друкована плата простої прямокутної форми, мінімальними для нашої схеми габаритними розмірами (90 x 40), розміри сторін кратні 2,5 і співвідношення сторін близькі 2: 1.

Обираємо товщину плати з урахуванням навантаження за ГОСТ 23751- 86, вона дорівнює 1,5 мм. О

Обираємо матеріал для друкованої плати за ГОСТ 10316-78 «Гетинакс та склотекстоліт фольговані. ТУ ».

При підвищеній вологості і теплових впливах доцільно використовувати не дорогий матеріал, алетой, що має хороші експлуатаційні характеристики -склотекстоліт фольгований СФ-1 (2) -35-1,5.

Цей матеріал стандартизований, має промисловий випуск і гарантію якості, він недорогий, має не погану здатність до обробки.

Його застосування підвищує технологічність конструкції [16].

За конструктивними особливостями друковані плати з жорсткою підставою діляться на типи: односторонні (ОПП), двосторонні (ДПП) і багатошарові (БПП). Виконуючи компоновку, необхідно прагнути розмістити провідники так, щоб отримати ОПП.

При розробці виробу була застосована одностороння друкована плата. Односторонні друковані плати мають низьку вартість, високу надійність, компоненти встановлюються на стороні плати, вільної від монтажу і корпусу ЕРІ, не вимагають додаткової ізоляції від плати (зазору або деталі - прокладка), точність виконання малюнка висока, не потрібно виконувати металізацію отворів, можливо використовувати хімічний метод виготовлення ПП.

Визначаємо клас точності друкованої плати. За точністю виконання елементів провідникового малюнка друковані плати діляться на 5 класів ГОСТ 23751-86 «Плати друковані. Основні параметри конструкції ». Обираємо клас точності 3, що є характерним для друкованих плат з мікросхемами. Плата середньої насиченості. Є вузькі місця. Друковані плати 3 класу точності порівняно прості у виготовленні, надійні в експлуатації, мають невисоку вартість.

У разі використання проектованого виробу в умовах підвищеної вологості, для захисту зовнішніх паяних з'єднань від корозії застосовуємо лак ЗП-730 В2.4, безбарвний, ГОСТ20824-81. Це покриття має високу стійкість до атмосферних впливів. Габаритний розмір печатного вузла 90x40x1.5 мм.

2.5 Розрахунок надійності частотоміра цифрового

Надійність - це властивість об'єкта зберігати в часі в встановлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати необхідні функції у заданих режимах та умовах експлуатації, технічного обслуговування, ремонтів і транспортування.

Вихідними даними для розрахунку надійності є:

- схема електрична принципова (рис. 2.1);
- перелік елементів;
- кліматичні і механічні умови експлуатації.

Надійність - властивість виробу виконувати задані функції, зберігаючи експлуатаційні показники в заданих межах протягом необхідного проміжку часу.

Надійність так само можна визначити як фізичну властивість виробу, що залежить від кількості та якості елементів, що входять до його складу, умов експлуатації. Надійність характеризується відмовою.

Відмова - подія, що складається в порушенні працездатного стану системи.

Відмови бувають:

- Раптові
- Поступові
- Збої

Раптова відмова - миттєва, стрибкоподібна зміна одного або декількох параметрів, що виходять за межі норми і приводить до порушення працездатності.

тного стану.

Раптові відмови викликаються:

- Конструктивними недоробками (порушення правил, норм конструювання).
- Виробничими дефектами (порушенням технології виготовлення).
- Порушенням правил, норм експлуатації.

Відповідно ці відмови називаються:

- Конструктивна раптова відмова.
- Виробнича раптова відмова.
- Експлуатаційна раптова відмова.

Поступова відмова - відмова, який характеризується поступовою зміною одного або декількох параметрів. Він розвивається досить повільно, як би поступово накопичується в часі і в кінці кінців призводить до виходу параметра (параметрів) за межі норми, що викликає порушення працездатного стану системи.

Збій - відмова, що призводить до короткочасного порушення працездатного стану системи.

Збій розрізняють:

- Систематичний - якщо періодично повторюється (іноді називаються переміжним).
- Випадковий - якщо не повторюється.

Відновлення системи - приведення системи в працездатний стан після того як вона відмовила.

В роботі виробу існують 3 періоду експлуатації рис. 2.3

- 1 - період підробітки, характеризується приробочими відмовами;
- 2 - період нормальної експлуатації, характеризується раптовими відмовами;
- 3 - період зносу - раптові і зносові відмови.

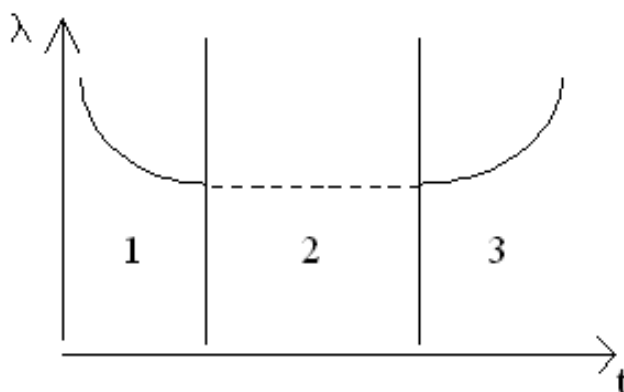


Рисунок 2.3 - Графік залежності інтенсивності відмов від часу експлуатації

Поняття надійності включає в себе якісні та кількісні характеристики.

Якісні характеристики:

- безвідмовність - властивість системи безупинно зберігати протягом деякого часу працездатний стан в заданих режимах і умовах експлуатації, чим більше цей час, тим більш надійна система;

- ремонтпридатність - властивість виробу, пристосованість до:

- 1) попередження можливих причин виникнення відмови

- 2) виявлення причин виник відмови або пошкодження

- 3) усунення наслідків виникнення відмови або пошкодження шляхом ремонту або технічного обслуговування;

- довговічність - властивість системи зберігати працездатний стан до граничного стану, коли її вже не можна буде використовувати за призначенням, бо черговий ремонт, або економічно недоцільно;

- збереженість - збереження працездатності при зберіганні і транспортуванні.

Кількісні характеристики:

Для напівпровідникових ЕРЕ вираз залежності інтенсивності відмов при будь-якій температурі від інтенсивності відмов при нормальній температурі (20°C) має вигляд:

$$\lambda_T = \lambda(20^\circ \text{C}) \cdot 1.38^{\frac{(T-20^\circ \text{C})}{10}} \quad (2.2)$$

де : $\lambda(20^\circ \text{C})$ - номінальна інтенсивність відмов елемента;

T- температура елемента.

Чисельні значення номінальної інтенсивності відмов ЕРЕ (при ТО-КР = 20°C і $\text{КН} = 1$) беруться з ТУ на елементи, або літературних джерел.

- ймовірність безвідмовної роботи:

$$P_c(t) = e^{-\frac{t}{T_{cp}}} = e^{-\lambda \cdot t}; \quad (2.3)$$

- середнє напрацювання на відмову:

$$T_{cp} = \frac{1}{\lambda}, \text{ год} \quad (2.4)$$

- інтенсивність відмов, що дозволяє кількісно оцінити надійність:

$$\lambda_{\Sigma} = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n \quad (2.5)$$

- ймовірність відмови:

$$Q(t) = 1 - P(t). \quad (2.6)$$

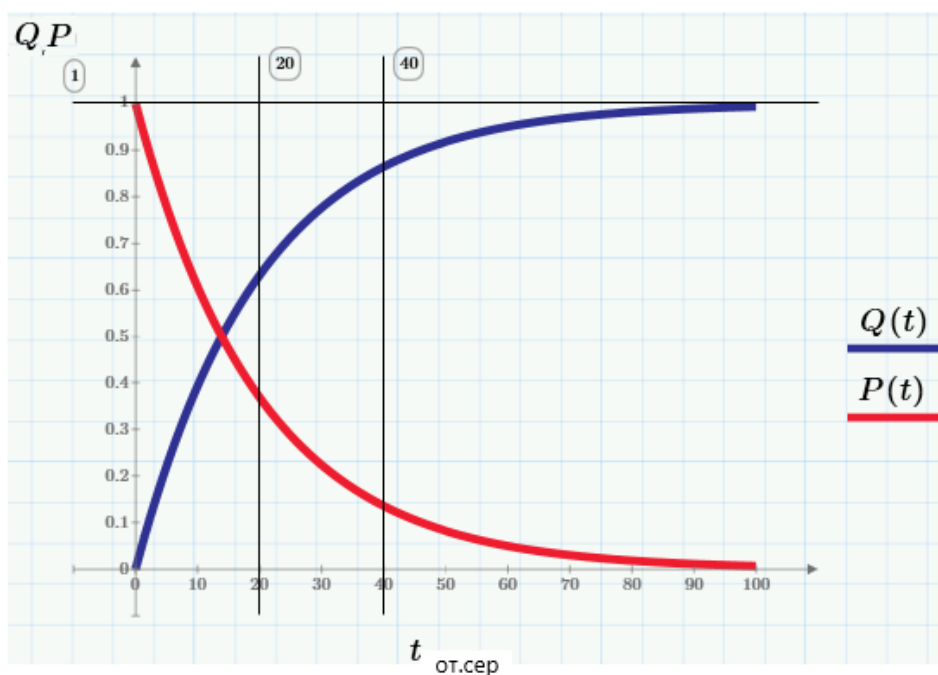


Рисунок 2.4 - Інтенсивність відмов, що залежить від коефіцієнта навантаження (P) і від температури оточуючого середовища ($t_{от.сер}$).

Інтенсивність відмов залежить також від коефіцієнта навантаження (P) і від температури оточуючого середовища ($t_{от.сер}$), яка впливає на коефіцієнт α (коефіцієнт впливу температури) рис. 2.4 [17,18,19,20].

Для зручності розрахунку однотипні електрорадіоелементи (ЕРЕ), що знаходяться в однакових температурних умовах і працюють в однакових (близьких) експлуатаційних режимах, можна об'єднати в одну групу.

Розрахунок надійності модуля: частотомір цифровий

I. Основні вихідні дані

1. Розрахунок в режимі експлуатації
2. Група апаратури: 3.1
3. Температура навколишнього середовища ° C: 25

II. Розрахунок сумарної інтенсивності відмов:

Найменування елемента	Схемна позиція	Кількість елементів, n	Інтенсивність відмов*, $\lambda e, 1/\text{ГОД}$	Загальна інтенсивність відмов, $\lambda \cdot n 1/\text{ГОД}$
Напівпровідникові прилади				
КД252Б	VD1-VD2	2	$1.89 \cdot 10^{-8}$	$0.38 \cdot 10^{-7}$
КП313А	VT1	1	$1.16 \cdot 10^{-7}$	$1.16 \cdot 10^{-7}$
КТ399А	VT2-VT3	2	$1.81 \cdot 10^{-8}$	$0.36 \cdot 10^{-7}$
Знакосинтезуючі індикатори				
НУ-1602Н7	LCD1	1	$0.79 \cdot 10^{-5}$	$0.79 \cdot 10^{-5}$
Кварцовий резонатор				
НС49/У	Q1	1	$0.7 \cdot 10^{-7}$	$0.7 \cdot 10^{-7}$
Резистори				
МЛТ-0,125	R1-R6,R8-R12	11	$1.21 \cdot 10^{-7}$	$1.33 \cdot 10^{-6}$
СПЗ-22	R7	1	$1.19 \cdot 10^{-7}$	$1.19 \cdot 10^{-7}$
Конденсатори				
К10, К73	C1-C5, C7-C10	9	$0.65 \cdot 10^{-8}$	$0.59 \cdot 10^{-7}$
К50-40	C6	1	$1.49 \cdot 10^{-7}$	$1.49 \cdot 10^{-7}$
Дроселі				
ДМ-0,6	L1	1	$0.9 \cdot 10^{-8}$	$0.9 \cdot 10^{-8}$
Комутаційні вироби				
МП	S1,S2	2	$0.77 \cdot 10^{-8}$	$1.54 \cdot 10^{-8}$
З'єднувачі низькочастотні і радіочастотні				
СР-50, СР-75	X1	1	$1.2 \cdot 10^{-8}$	$1.2 \cdot 10^{-8}$
MOLEX	X2	1	$1.45 \cdot 10^{-10}$	$1.45 \cdot 10^{-10}$
З'єднання				
паяні	-	135	$0.55 \cdot 10^{-9}$	$0.75 \cdot 10^{-7}$
провідники	-	61	$1.04 \cdot 10^{-8}$	$0.63 \cdot 10^{-6}$
Всього для модуля				$1.06 \cdot 10^{-5}$

* - коефіцієнт інтенсивності відмови для кожного елемента ЕРІ взято з довідкових даних.

В результаті розрахунку отримана сумарна інтенсивність відмов схеми: $\lambda_{\Sigma} = 1.06 \cdot 10^{-5}$

За формулою 2.4 визначаємо середній наробіток на відмову:

$$T_{cp} = \frac{1}{1.06 \cdot 10^{-5}} = 94339 \text{ год}$$

Визначаємо ймовірність безвідмовної роботи за формулою 2.3 для семи тимчасових точок ($t_1=2 \cdot 10^4$ ч, $t_2=4 \cdot 10^4$ ч, $t_3=6 \cdot 10^4$ ч, $t_4=8 \cdot 10^4$ ч, $t_5=10 \cdot 10^4$ ч, $t_6=12 \cdot 10^4$ ч, $t_7=14 \cdot 10^4$ ч).

Таблиця 2.3 - Ймовірність безвідмовної роботи

$t \cdot 10^4, \text{ч}$	2	4	6	8	10	12	14
$P(t)$	0,809	0,654	0,529	0,428	0,346	0,28	0,227

Будуємо графік залежності безвідмовної роботи від часу для розробленої схеми (рис 2.5).

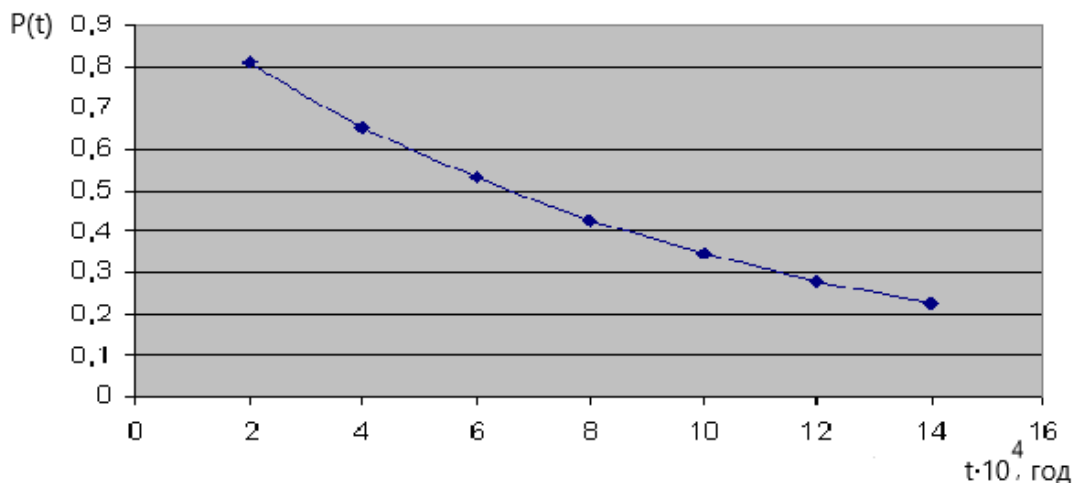


Рисунок 2.5 - Графік залежності безвідмовної роботи від часу

Середній час напрацювання до відмови склало 94339 годин. При роботі по 24 години на добу пристрій забезпечує безвідмовну роботу протягом десяти років.

2.6 Компонування друкованої плати частотоміра цифрового

Процес розробки друкованої плати складається з наступних операцій:

а) компоновка друкованої плати, в процесі якої знаходять оптимальне розміщення навісних елементів на друкованій платі, згідно електричної принципової схеми виробу. В результаті компонування знаходять положення контактних майданчиків для підключення всіх елементів;

б) розводка друкованих провідників ("трасування"). Мета цієї операції - провести провідники, що з'єднують контактні площадки, так, щоб вони мали мінімальну довжину, і мінімальне число переходів на інші верстви з метою усунення перетинів;

в) оформлення креслення з дотриманням вимог стандартів.

компонування радіотехнічного виробу - це розміщення на площині або в просторі різних елементів виробу. Такими елементами можуть бути радіодеталі (резистори, конденсатори, котушки індуктивності і т. п.), Функціональні вузли різного конструктивного виконання (модулі, інтегральні, мікросхеми, мікросхеми і т. інш.), блоки та прилади. В результаті компонування повинні бути визначені геометричні розміри, форма, орієнтовна маса виробу та взаємне розташування всіх елементів в конструкції.

При розробці компоновки радіотехнічного виробу враховують складну сукупність факторів, пов'язаних з особливостями функціонування в експлуатації виробу, електричними взаємозв'язками і тепловими режимами всередині РЕА, геометричними розмірами і формою окремих елементів конструкції.

Тому необхідно виконувати наступні вимоги:

1) між окремими елементами, вузлами, блоками, приладами повинні бути відсутніми паразитні електричні взаємозв'язки, які можуть істотно змінити характер корисних взаємозв'язків і порушити нормальне функціонування ви-

робу;

2) теплові поля, що виникають в РЕА внаслідок перегріву окремих елементів, не повинні погіршувати технічні характеристики апаратури;

3) необхідно забезпечити легкий доступ до деталей, вузлів, блоків в конструкції для контролю, ремонту та обслуговуванню. Розташування елементів конструкції має також забезпечувати технологічність монтажу і збірки з урахуванням використання автоматизації цих процесів;

4) габарити і маса виробу повинні бути мінімально можливими.

Паразитні зворотні зв'язки визначаються взаємним розташуванням окремих частин конструкції та провідників, що їх з'єднують і можуть виникати не тільки між окремими елементами, але і між вузлами, блоками, приладами, що порушує стійкість роботи будь-якої радіотехнічної схеми.

В результаті компоновання отримали плату з одностороннім розташуванням елементів (рис. 2.6).

Шаг сітки 2,5мм

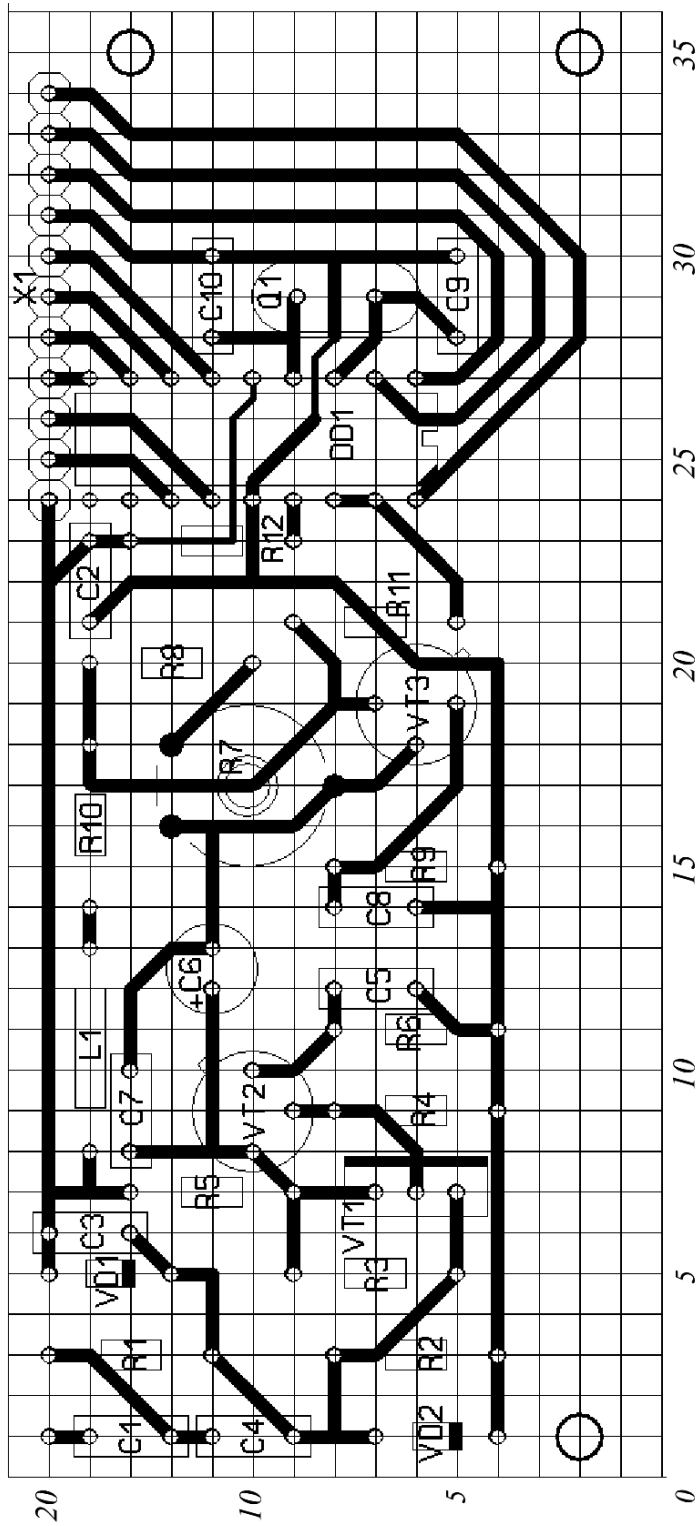


Рисунок 2.7 – Компонівка на платі з одностороннім розташуванням елементів

2.7 Розрахунок друкованої плати

Вихідні дані:

- максимальні значення діаметрів виводів навісних елементів, що встановлюються на друковану плату, мм:

$$d_{e1} = 0,8; d_{e2} = 1,1.$$

- клас точності друкованої плати – 3;

- тип друкованої плати – одностороння з металізованими монтажними отворами;

- проект «Плата друкована» з розмірами сторін 90x40мм;

Визначаємо номінальне значення діаметрів монтажних отворів:

$$d = d_e + r + d_{но}, \text{ мм} \quad (2.7)$$

де: d_e – максимальне значення діаметра виведення навісного елемента, мм;

r – різниця між мінімальним значенням діаметра отвору і максимальним значенням діаметра виведення встановлюваного елемента, $r = (0,1 \dots 0,4)$ мм;

$d_{но}$ – нижнє граничне відхилення діаметра отвору, $d_{но} = 0,1$ мм.

$$d_1 = 0,8 + 0,3 + 0,1 = 1,2 \text{ мм};$$

$$d_2 = 1,1 + 0,3 + 0,1 = 1,5 \text{ мм}.$$

Таблиця 2.4 - Розміри елементів провідного малюнка для класів точності

Параметри елементів друкованого монтажу	Розміри елементів провідного малюнка для класів точності		
	1	2	3
Ширина провідників	0.75	0.45	0.25
Відстань між Провідниками, l	0.75	0.45	0.25
Контактний поясок, b	0.3	0.2	0.3

Вибираємо діаметри з ряду бажаних розмірів монтажних отворів:

$$d_1 = 1,1\text{мм};$$

$$d_2 = 1,5\text{мм};$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю 2.5.

Кількість однотипних діаметрів отворів підраховуємо за кресленням «Плата друкована».

Визначаємо номінальне значення ширини провідника:

$$t = 2 t_{\text{мд}} + t_{\text{но}}, \text{ мм} \quad (2.8)$$

де: $t_{\text{мд}}$ – мінімально допустима ширина провідника, $t_{\text{мд}} = 0,25\text{мм}$;




$t_{\text{но}}$ – нижнє граничне відхилення ширини провідника:

$$t_{\text{но}} = \pm 0,05\text{мм},$$

$$t = 2 \cdot 0,25 + 0,05 = 0,55\text{мм}.$$

Ширина провідника склала: $t = 0,55\text{мм}$.

Таблиця 2.5 - Параметри отворів

Умовне позначення отворів	Діаметр отвору, мм	Наявність металізації отворів	Кількість отворів	Мінімальний діаметр контактної площадки, мм
	1,2	Немає	90	1,8
	1,5	Немає	3	2,1
	3,2H12	Немає	3	-

Визначаємо номінальне значення відстані між сусідніми елементами провідного малюнка:

$$S = 2S_{m\delta} + t_{\delta o}, \text{ мм} \quad (2.9)$$

де $S_{m\delta}$ – мінімально допустима відстань між сусідніми елементами провідного малюнка, $S_{m\delta} = 0,25\text{мм}$;

$t_{\delta o}$ – верхнє граничне відхилення ширини провідника,

$$S = 2 \cdot 0,25 + 0,05 = 0,55.$$

Визначаємо номінальний діаметр контактної площадки:

$$D = (d + d_{\delta o}) + 2b + t_{\delta o} + 2d_{mp} + \sqrt{T_d^2 + T_p^2 + \Delta t_{nn}} \quad (2.10)$$

де: $d_{\delta o}$ – верхнє граничне відхилення діаметра отвору;

b – гарантійний поясок, $b = 0,1$ мм;

d_{mp} – величина підтравлювання діелектрика (0 для ДДП);

T_d – діаметральна величина позиційного допуску розташування центрів отворів щодо номінального положення вузла координатної сітки;

T_p – величина діаметральної значення позиційного допуску розташування контактних площадок щодо номінального положення,

$$T_p = 0,15 \text{ мм},$$

$$D1 = (1,2 + 0,1) + 2 \cdot 0,1 + 0,05 + 2 \cdot 0 + \sqrt{0,15^2 + 0,08^2 + 0,05^2} = 1,73 \text{ мм}$$

$$D2 = (1,5 + 0,1) + 2 \cdot 0,1 + 0,05 + 2 \cdot 0 + \sqrt{0,15^2 + 0,08^2 + 0,05^2} = 2,05 \text{ мм}$$

$$D_{1\text{тгаб}} = 2,25 \text{ мм};$$

$$D_{2\text{тгаб}} = 2,35 \text{ мм}.$$

Розрахунок зроблений вірно, т.як.:

$$D_{1расч} < D_{1табл} ;$$

$$D_{2расч} < D_{2табл} .$$

2.8 Якісний і кількісний аналіз технологічності конструкції цифрового частото- томіра

Технологічність конструкції виробу характеризують якісно і кількісно. Якісна характеристика проводиться за чотирма показниками (взаємозамінність, урегульованість, інструментальна доступність, контролездатність).

Кількісна оцінка технологічності конструкції виробу проводиться відповідно до методики стандарту ОСТ 4 ГО. 091.219.

Визначаємо клас апаратури - радіотехнічна.

Залежно від класу апаратури розраховуємо 7 відповідних приватних показників технологічності, наведених у таблиці 2.6

За формулою 2.11 розраховується комплексний показник технологічності конструкції виробу:

$$K = \frac{\sum K_i \varphi_i}{\sum \varphi_i} , \quad (2.11)$$

де: K_i – значення приватного показника технологічності;

φ_i - значення коефіцієнта вагової значущості відповідного приватного показника.

Виріб вважається технологічним, якщо його рівень технологічності:

$$K_y \geq 1;$$

Рівень технологічності K_y визначається за формулою 2.12

$$K_y = \frac{K}{K_б}, \quad (2.12)$$

де: K – комплексний показник технологічності;

$K_б$ – базовий показник технологічності, (табл. 2.8).

Визначаємо вихідні дані для розрахунків окремих показників і записуємо їх у вигляді табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Показники технологічності

Найменування	Позначення	Величина
1. Кількість ЕРЕ, підготовка яких до монтажу може бути виконана механізованим і автоматизованим способом	$H_{мп\ ере}$	30
2. Загальна кількість ЕРЕ у виробі	$H_{ере}$	30
3. Загальна кількість мікросхем і мікрозборок у виробі	$H_{мс}$	1
4. Загальна кількість монтажних з'єднань	H_m	93
5. Кількість типорозмірів вузлів, що вимагають регулювання у складі виробу	$E_{тсл}$	2
6. Загальна кількість типорозмірів вузлів у виробі	E_t	-
7. Кількість операцій контролю і настройки, які можна здійснювати механізованим або автоматизованим способом, або які не потребують засобів механізації	$H_{мкн}$	2
8. Загальна кількість операцій контролю і на-	$H_{кн}$	8

лаштування		
9. Кількість деталей, заготовки яких отримані прогресивними методами формоутворення	$D_{нф}$	-
10. Загальна кількість деталей у виробі без урахування нормалізованого кріплення	D	-
11. Кількість типорозмірів ЕРЕ	$H_{т ере}$	11
12. Кількість деталей, що мають розміри по 10 квалітету і вище	$D_{тч}$	-

Таблиця 2.7 - Склад показників технологічності конструкції виробу для радіотехнічних блоків

№ п/п	Найменування	Позначення K_i	Коефіцієнт вагової значимості φ_i
1	Коефіцієнт механізації і автоматизації підготовки ЕРЕ до монтажу	$K_{мп ЕРЕ}$	1
2	Коефіцієнт автоматизації і механізації монтажу	$K_{ам}$	1
3	Коефіцієнт складності збирання	$K_{с сб}$	0,75
4	Коефіцієнт механізації і автоматизації контролю і налаштування	$K_{м кн}$	0,5
5	Коефіцієнт прогресивності формоутворення деталей	$K_{ф}$	0,31
6	Коефіцієнт повторюваності ЕРЕ	$K_{нов ЕРЕ}$	0,187
7	Коефіцієнт точності обробки	$K_{тч}$	0,11

Таблиця 2.8 - Базові значення комплексних показників технологічності конструкції виробу

Найменування класу блоків	Стадії розробок робочої документації		
	Дослідний зразок	Установча серія (партія)	Стале серійне виробництво
1. Електронні	0,3-0,6	0,4-0,7	0,5-0,75
2. Радіотехнічні	0,2-0,5	0,25-0,55	0,3-0,6

Значення приватних показників технологічності розраховуємо по нижче наведеним формулам:

Коефіцієнт використання мікросхем та мікроборок:

$$K_{испмс} = \frac{H_{мм}}{H_{мс} + H_{ере}} \quad (2.13)$$

де: $H_{мс}$ – загальна кількість мікросхем і мікроборок у виробі;

$H_{ере}$ – загальна кількість ЕРЕ у виробі.

$$K_{испмс} = \frac{1}{1 + 30} = 0,032 .$$

Розрахунок окремих показників технологічності.

Коефіцієнт механізації і автоматизації монтажу виробу:

$$K_{ам} = \frac{H_{ам}}{H_m}, \quad (2.14)$$

де $H_{ам}$ – кількість монтажних з'єднань, які можуть виконуватися механізованим або автоматизованим способом;

H_M – загальна кількість монтажних з'єднань.

$$K_{ам} = \frac{93}{93} = 1.$$

Коефіцієнт механізації і автоматизації підготовки ЕРЕ до монтажу:

$$K_{mn} = \frac{H_{МПЕРЕ}}{H_{ЕРЕ}}, \quad (2.15)$$

де: $H_{mn\ ере}$ – кількість ЕРЕ, підготовка яких до монтажу може бути виконана механізованим або автоматизованим способом, або не вимагає спеціальної підготовки;

$H_{ере}$ – загальна кількість ЕРЕ у виробі.

$$K_{mn} = \frac{30}{30} = 1.$$

Коефіцієнт механізації і автоматизації контролю і налаштування:

$$K_{мкн} = \frac{H_{мкн}}{H_{кн}}; \quad (2.16)$$

де: $H_{мкн}$ – кількість операцій контролю і настройки, які можна здійснювати механізованим і автоматизованим способом, або які не потребують засобів механізації;

$H_{кн}$ – загальна кількість операцій контролю і налаштування.

$$K_{мкн} = \frac{2}{8} = 0,25.$$

Коефіцієнт повторюваності ЕРЕ.

$$K_{нов.ере} = 1 - \frac{H_{мере}}{H_{ере}}, \quad (2.17)$$

де $H_{мере}$ – кількість типорозмірів ЕРЕ.

$$K_{нов.ере} = 1 - \frac{11}{30} = 0,63.$$

Розраховуємо комплексні показники технологічності конструкції виробу згідно з формулою (2.18):

$$K = \frac{\sum K_i \varphi_i}{\sum \varphi_i}, \quad (2.18)$$

$$K = \frac{\sum K_i \varphi_i}{\sum \varphi_i} = \frac{1 \cdot 1 + 1 \cdot 1 + 0,5 \cdot 0,25 + 0,187 \cdot 0,63}{1 + 1 + 0,5 + 0,187} = 0,834$$

Визначаємо базові показники технологічності по табл. 1.8 для установленної партії:

$$K_{\sigma} = 0,5.$$

Розраховуємо рівень технологічності конструкції згідно з формулою (2.12):

$$K_y = \frac{K}{K_{\sigma}} = \frac{0,84}{0,5} = 1,68 \geq 1$$

Отриманий рівень технологічності $K_y = 1,68$ характеризує високу технологічність виробу.

2.9 Технологія та автоматизація виробництва і монтажу виробу

Залежно від складності конструкції виробу і типу виробництва, що визначається з урахуванням річної програми випуску виробів, визначається глибина розробки технологічного процесу або ступінь його деталізації, яка визначає і види розробляємої документації. Технологічний процес може розроблятися в маршрутному, маршрутно-операційному і операційному виконанні.

Основним документом, який розробляється для всіх типів виробництва на всіх стадіях розробки технологічної документації, є маршрутна карта (МК).

При маршрутному виконанні техпроцес виконується на МК з описом змісту кожної операції при дотриманні технологічної послідовності її виконання.

Розробку техпроцесу монтажу виробу виконуємо на маршрутній карті згідно з ГОСТ.

Маршрутна карта - це технологічний документ, в якому викладається зміст технологічних процесів з зазначенням всіх операцій в послідовності їх виконання, необхідного обладнання, технологічної оснастки, трудомісткості виконання операцій та іншої інформації.

Виготовлення частотоміра цифрового на ПІС контролері починається з комплектування цього виробу матеріалами та комплектуючими, тому першою операцією з порядковим номером 005 є комплектування. Потім перевіряється якість виконання пайки виводів ЕРЕ і при необхідності проводиться їх лудіння, тому другою операцією 010 стоїть лудіння. Для того щоб встановити елементи на плату необхідно провести формовку виводів ЕРЕ, операція з номером 015 буде формування. Далі слідує операція з номером 020 - маркування, призначена для маркування на платі місць установки ЕРЕ, а також серійний номер виробу. Потім виконується операція збірка - 025. Після збирання проводиться операція монтаж ЕРЕ на плату - 030 монтаж. Далі проводиться пайка, після чого проводиться промивка від залишків флюсу. Наступний крок - регулювання.

Далі візуально перевіряють якість пайки і правильність установки ЕРЕ, перевіряють параметри стенда згідно з технічними умовами. Наступними операціями слідує лакування, сушка та контроль на якість покриття лаком виробу і перевіряють параметри вузла згідно з технічними умовами. Після цього ставиться позначка в технічному паспорті.

Розробка технологічного процесу проводиться по загальному кресленню виробу (рис. 2.7), його специфікації і з урахуванням річної програми випуску.

При річній програмі випуску в 1000 шт. тип виробництва буде серійним з партією запуску при щомісячній повторюваності дорівнює:

$$n = \frac{N}{K}; \quad (2.19)$$

де: N – річна програма випуску виробів;

K – кількість партій.

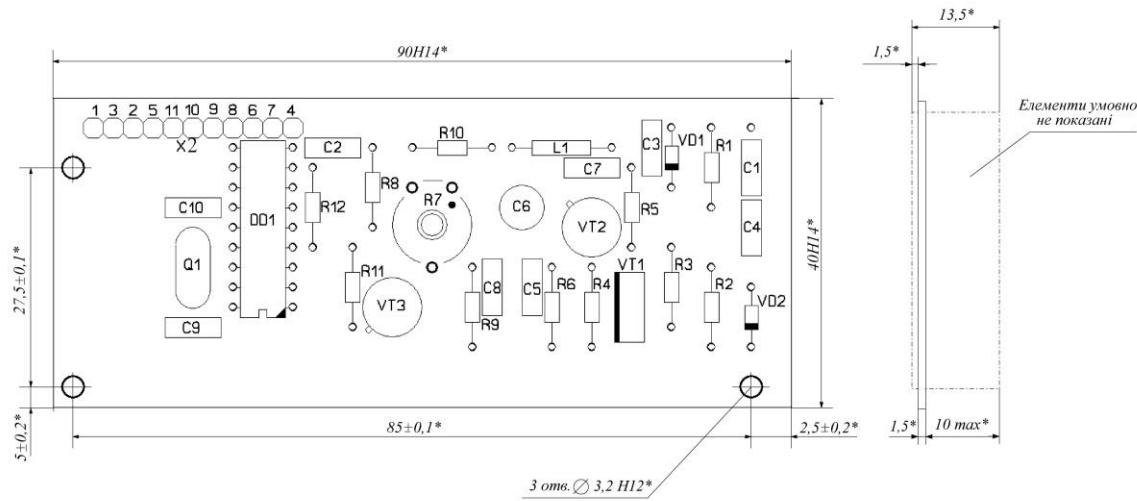
приймаємо $n = 84$ шт.

$$n = \frac{1000}{12} = 83,33 \text{ шт};$$

Маршрутний технологічний процес (ТП) складання і монтажу виробу в послідовності виконання всіх його операцій описано в маршрутній карті (МК) (рис.2.8).

МК розробляється відповідно до ГОСТ3.1118 - 82 і містить всі основні операції складання і монтажу виробу, а також допоміжні операції комплектування деталями, ЕРЕ, матеріалами необхідними для виконання основних операцій, підготовки ЕРЕ до монтажу (лудіння виводів ЕРЕ, їх формовку), контролю виробу.

Розробка технологічного процесу монтажу виробу виконується в маршрутному викладі на форматах 2 і 16 ГОСТ 3.1118-82. (Додаток В)



1. Установку елементів проводити згідно ГОСТ 29137-91.
2. Крок координатної сітки 2,5мм.
3. Позиційні позначення показані умовно
4. Паяти припоєм ПОС-61 ГОСТ 21931-76
5. Покриття лак УР231ТУ6-10-1118-77.
6. Маркувати фарбою МКЕБ біла за ОСТ4 ГО 054205 ОЖ2 шрифт за НО.010.007
7. Решта технічних вимог за ОСТ4 ГО.010.015
8. Маркувати номер та дату випуску фарбою МКЕБ біла за ОСТ4 054.205Т.1
9. Підготовку ЕРЕ до монтажу виконати за ОСТ 180.555-80

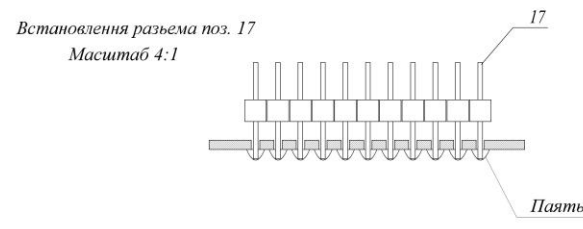
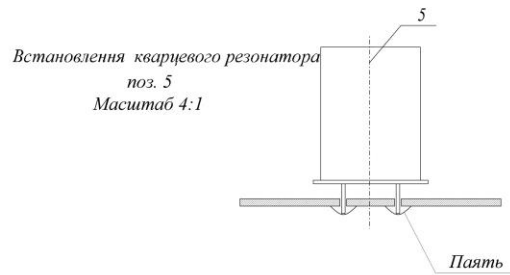


Рисунок 2.7- Загальне креслення цифрового частотоміра

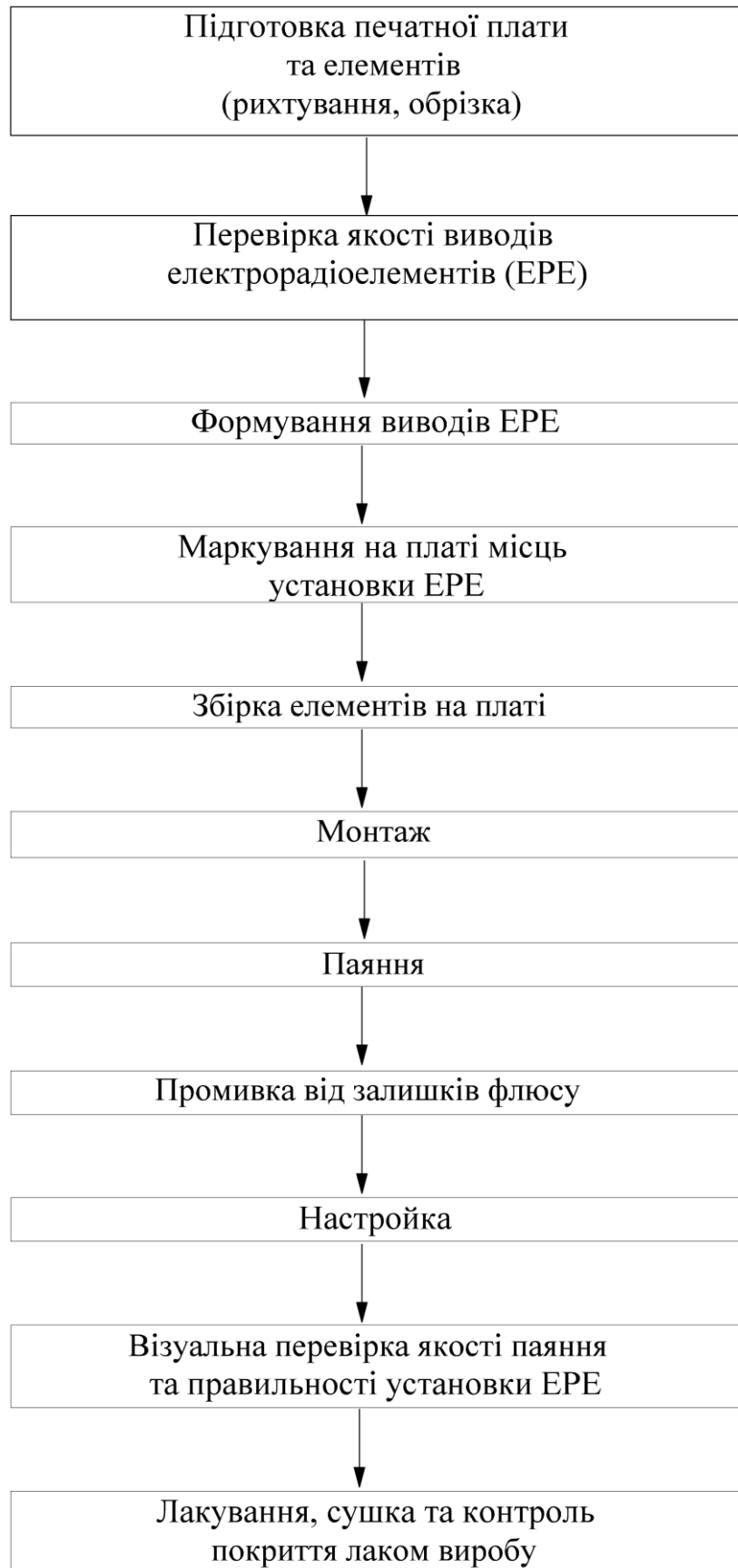


Рисунок 2.8 – Технологічний маршрут збирання та монтажу цифрового частотоміру

2.10 Технічне нормування складально-монтажних робіт

Нормування монтажних робіт виконуємо відповідно до ОСТ 4.ГО.050.012, ОСТ 4.ГО.050.011 і маршрутної карти (Додаток В).

При серійному типі виробництва норма штучно-калькуляційного часу визначається за формулою:

$$t_{шт.к} = t_{шт} + t_{п.з}, \quad (2.20)$$

де $t_{п.з}$ – нормативно - заключний час, що дається на наступні роботи: спочатку робочого дня отримання і наладку пристроїв та інструменту, і по закінченню роботи, приведення всього в початковий стан;

$t_{шт}$ – штучний час визначається за формулою:

$$t_{шт} = t_{оп} + t_{доп}, \quad (2.21)$$

де: $t_{оп}$ – час, що витрачається на виконання допоміжних і основних переходів;

$t_{доп}$ – додатковий час, що включає в себе організаційно-технічне обслуговування робочого місця, час на відпочинок і особисті потреби.

$$t_{оп} = t_{в} + t_{о}, \quad (2.22)$$

де $t_{о}$ – основний час;

$t_{в}$ – додатковий час.

$$t_{доп} = t_{обс} + t_{ое}, \quad (2.23)$$

де: t_O – час організаційно-технічного обслуговування робочого місця і обладнання, що витрачається для підтримки робочого місця в нормальному стані, зміну інструменту, під наладку пристроїв та обладнання, заміну мастила;

t_{OE} – час на відпочинок і природні потреби, витрачається на відновлення фізичних сил та психологічний стан людини, його фізичні потреб.

Інші елементи часу $t_{ПЗ}$, $t_{ОБС}$, t_{OE} беруться в процентному відношенні від $t_{ОП}$. Визначення t_O і t_B на всі переходи операції «025 Монтаж» представлені в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Затрати часу на технологічні операції

№ переходу	Зміст переходів	t_B , хв	t_o , хв
1	Витягти плату друковану поз. 1 з тари.	0,04	-
2	Встановити плату в пристосування.	0,065	-
3	Витягти мікросхему поз. 15 з тари та встановити на плату с/год.	0,065	0,11
4	Флюсувати та паяти 4 крайніх виводу МС.	0,08	0,46
5	Витягти роз'єм поз. 17 з тари і встановити на плату с / год.	0,145	0,04
6	Флюсувати та паяти виводи роз'єму.	0,08	0,23
7	Витягти транзистор поз.30 з тари та встановити на плату с/год.	0,145	0,06
8	Флюсувати та паяти виводи транзистора.	0,08	0,34
9	Повторити п.п.5,6 для транзисторів поз.31 (2 шт.)	0,45	0,8
10	Витягти кварцовий резонатор поз. 5 з тари та встановити на плату с/год.	0,145	0,04
11	Флюсувати та паяти виводи кварцового резонатора.	0,08	0,23
12	Витягти діод поз. 2 з тари та встановити на плату с/год. (2 шт.)	0,145	0,04

13	Флюсувати та паяти виводи діода. (2 шт.)	0,08	0,23
14	Витягти дросель поз. 3 з тари та встановити на плату с/год.	0,145	0,04
15	Флюсувати и паяти виводи дроселя.	0,08	0,23
16	Витягти конденсатор поз. 6 з тари та встановити на плату с/год.	0,145	0,04
17	Флюсувати та паяти виводи конденсатора.	0,08	0,23
18	Повторити п.п. 16,17 для конденсаторів поз. 7...13 (9 шт.)	2,025	1,08
19	Витягти резистор поз. 18 з тари та встановити на плату с/год.	0,145	-
20	Відігнути виводи резистора.	0,08	0,1
21	Обрізати виводи резистора залишив 1,5мм.	-	0,07
22	Повторити п.п. 19...21 для резисторів поз. 19...29 (11 шт.)	2,475	1,87
23	Перевірити візуальним оглядом правильність монтажу	0,035	-
24	Зняти вузол друкований з пристосування і укласти в тару.	0,065	-

Нормування операції 025 «Монтаж»

$$\begin{aligned}
 t_{on025} = & 0,04 + 0,065 + 0,065 + 0,11 + 0,08 + 0,46 + 0,145 + 0,04 + 0,08 + \\
 & + 0,23 + 0,145 + 0,06 + 0,08 + 0,34 + 0,45 + 0,8 + 0,145 + 0,04 + 0,08 + 0,23 + \\
 & + 0,145 + 0,04 + 0,08 + 0,23 + 0,145 + 0,04 + 0,08 + 0,23 + 0,145 + 0,04 + 0,08 + \\
 & + 0,23 + 2,025 + 1,08 + 0,145 + 0,08 + 0,1 + 0,07 + 2,475 + 1,87 + 0,035 + 0,065 = \\
 & = 13,115 \text{ хв.}
 \end{aligned}$$

Визначаємо $t_{ПЗ}$, $t_{ОБС}$, та $t_{ОЕ}$:

$$t_{ПЗ.025} = 2,5\% \cdot t_{оп.} \quad (2.24)$$

$$t_{ПЗ.025} = 0,025 \cdot 13,115 = 0,327 \text{ хв.}$$

$$t_{ОБС.025} = 3\% \cdot t_{ОП}. \quad (2.25)$$

$$t_{ОБС.025} = 0,03 \cdot 13,115 = 0,393 \text{ хв.}$$

$$t_{ОЕ,025} = 5,1\% \cdot t_{ОП}. \quad (2.26)$$

$$t_{ОЕ,025} = 0,051 \cdot 13,115 = 0,668 \text{ хв.}$$

Визначаємо $t_{ШТ}$:

$$t_{ШТ.025} = t_{ОП} + t_{ОБС} + t_{ОЕ}. \quad (2.27)$$

$$t_{ШТ.025} = 13,115 + 0,393 + 0,668 = 14,176 \text{ хв.}$$

Визначаємо $t_{ШК}$:

$$t_{ШК.025} = t_{ПЗ} + t_{ШТ}. \quad (2.28)$$

$$t_{ШК.025} = 0,327 + 14,176 = 14,503 \text{ хв.}$$

Нормативи часу для інших операцій беруться в процентному відношенні від норми часу монтажних робіт і представлені в таблиці 2.10

Таблиця 2.10 – Нормативи часу технологічних операцій

Найменування операцій	Кількість процентів монтажних операцій	$t_{ПЗ}$, хв	$t_{ШТ}$, хв	$t_{ШК}$, хв
010 Лудіння	10	0,032	1,417	1,45
015 Формовка	20	0,065	2,835	2,9
020 Маркування	5	0,016	0,708	0,725
025 Монтаж	100	0,327	14,176	14,503
030 Пайка	5	0,016	0,708	0,725
035 Промивка	5	0,016	0,708	0,725
045 Покриття	5	0,016	0,708	0,725

Значення $t_{ПЗ}$ та $t_{ШТ}$ заносяться в маршрутну карту

2.11 Вибір основних і допоміжних матеріалів

Розрахунок потреби основних і допоміжних матеріалів, необхідних для виконання всіх технологічних операцій представимо в таблиці 2.11

При розробці технологічного процесу виготовлення виробу виконуємо розрахунок потреби основних і допоміжних матеріалів за операціями.

Для операції «010 Лудіння», матеріалами є флюс ФКСП ОСТ4.ГО.033.200 і припой ПОС61 ГОСТ 21930-76. Лудити необхідно для підвищення міцності зчеплення ЕРЕ з платою.

В операції «020 Маркування» в якості маркувального матеріалу беремо фарбу МК ЕБ білу ОСТ4.054.205. Маркування необхідне для позначення на друкованій платі маркувальних символів, позначення і дати виготовлення друкованої плати.

Для операції «025 Монтаж», основними матеріалами є флюс ФКСП ОСТ4.ГО.033.200 і припій ПОС61 ГОСТ 21931-76. Припой використовується в цій операції лише для наживлення багатовивідних елементів, таких як мікросхеми, а так же елементів, які можуть вивалюватися при наступній операції пайки «Хвилею припою».

Операція «030 Пайка» проводиться основними матеріалами: флюс ФКСП ОСТ4.ГО.033.200 і припой ПОС61 ГОСТ 21931-76.

В операції «035 Промивання» використовується спирто - бензинова суміш СБС 1: 1 ОСТ4.ГО.033.022, для видалення надлишок флюсу на друкованих вузлах.

В операції «045 Покриття» застосовується лак УР - 231 .ТУ6-10-1118-77, для захисту провідників і вузлів друкованої плати від впливу навколишнього середовища.

Таблиця 2.11 – Норми витрат для матеріалів, що використовуються в технологічному процесі

Матеріали	Норма розходу	Кількість на 1 виріб
005 Комплектування		
Припой ПОС61	-	26,99 г
Флюс ФКСп	-	8,09 г
Фарба МКЭБ біла	-	0,1 г
Лак УР-231	-	0,000612 л
Спирто-бензинова суміш	-	0,00045 л
010 Лудіння		
Припой ПОС61	0,1г/пайку	13,5г
Флюс ФКСп	0,03г/пайку	4,05г
020 Маркування		
Фарба МКЭБ біла	0,1г/сер.надпис	0,1г
025Монтаж		
Припой ПОС61	0,1г/пайку	7,08г
Флюс ФКСп	0,03г/пайку	2,12г
030 Пайка		
Припой ПОС61	0,1г/пайку	6,41г
Флюс ФКСп	0,03г/пайку	1,92г
035 Промивка		
Спирто-бензинова суміш	0,125л/ м ²	0,00045л
045 Покриття		
Лак УР-231	0,17л/ м ²	0,000612л

Розраховані вище норми часу і потрібну кількість основних і допоміжних матеріалів заносяться у відповідні графи маршрутної карти.

В ході проектування цифрового частотоміра на ПІС - контролері були отримані наступні дані.

В результаті вибору і обґрунтування конструкції приймаємо умови експлуатації для цифрового частотоміра нормальні.

При конструюванні цифрового частотоміра керувалися такими вимогами:

- в конструкції максимально використані стандартизовані і нормалізовані елементи, деталі. Виконання цієї вимоги дає економічний ефект, так як не витрачаються кошти на розробку конструкції виробів, проектування технологічного процесу і виготовлення, спеціального оснащення і обладнання. Що дозволило скоротити терміни підготовки виробництва виробів РЕА. Ці вироби виготовляються спеціалізованою промисловістю, де виробництво виробів РЕА налагоджено, механізовано і економічно вигідно.

Конструкція «частотоміра цифрового» є технологічною, так як відповідає таким вимогам:

- проста і доцільна;
- має пряме функціональне призначення;
- задовольняє вимогам мініатюризації;
- клас точності 3 (ГОСТ 23751-86), тобто точність виготовлення середня, можливе використання для отримання ПП стандартного устаткування;
- в модулі максимально використані нормалізовані і стандартизовані вироби (ЕРІ);
- матеріал плати: фольгований склотекстоліт недорогий і недефіцитний, що випускається промислово, має задовільний ступінь обробки;
- застосування друкованого монтажу збільшує надійність конструкції; забезпечує можливість серійного виготовлення; застосування механізованих і автоматизованих процесів виробництва, використання типових ТП;
- розміри і поверхня друкованої плати мають оптимальну точність і жорсткість:

h 14 — для габаритних розмірів плати;

H 12 — для кріпильних отворів;

R_z40 — для металізованих отворів та торцевих поверхонь;

R_z80 — для не металізованих отворів та торцевих поверхонь;

- в друкованій платі 3 типорозміру монтажних отворів.

Таким чином, на виготовлення «цифрового частотоміра» буде потрібно мінімальна кількість часу, праці і засобів виробництва.

Цифровий частотомір встановлюємо всередині корпусу конструкції і кріпимо за допомогою гвинтів М3, використовуючи 3 отвори діаметром 3,2Н12.

Середній час напрацювання до відмови склало 94339 годин. При роботі по 24 години на добу пристрій забезпечує безвідмовну роботу протягом десяти років.

Отриманий рівень технологічності $K_y = 1,68$ характеризує високу технологічність виробу.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ПРИЛАДУ

3.1 Аналіз потенційних небезпек

Тема дипломної роботи присвячена розробці вимірювача частоти, в якому передбачені режими виміру частоти, періоду сигналів. Це дозволить об'єднати два пристрої в одному.

При освітленні питань охорони праці слід визначитися з можливими видами небезпек, які погрожують розробникові під час роботи з приладами і пристроями, які потрібні для розробки.

Розробка пристрою проводиться в комп'ютерному кабінеті.

В процесі виконання цієї роботи можливий прояв негативних чинників, які можуть погрожувати життю і здоров'ю персоналу. До таких небезпек відносяться:

- поразка електричним струмом внаслідок несправності електричного устаткування, порушення правил електробезпеки, що також може привести до поразки струмом;

- підвищена напруга зору, яка виникає внаслідок роботи з текстовими і програмами для креслення на ПК при розробці пристрою, що приводить до пересихання рогівки ока і перенапруження м'язів ока. Око тривалий час фокусується в одній точці і на очі діє світлове випромінювання від монітора комп'ютера;

- незадовільний стан мікроклімату, що включає такі недоліки довкілля, як високий рівень шумів, недостатня вентиляція повітря, сухість повітря, надмірність пилу, електромагнітне випромінювання;

- негативний вплив специфіки роботи за ПК на опорно-руховий апарат людини внаслідок статичної пози, гіподинамії. Виникає застій крові, перенапруження м'язів спини і шиї[14];
- незадовільне освітлення робочого місця внаслідок помилок при розрахунку або виходу освітлювальних приладів з робочого стану;
- займання, які можуть виникнути внаслідок порушення правил пожежної безпеки, несправності електроустаткування, що може привести до короткого замикання.

3.2 Заходи безпеки при виготовленні приладу

Згідно з нормативними документами, що передбачають роботу в приміщенні з комп'ютерами, застосовані наступні заходи безпеки.

Згідно СН 512-78 і ДСанПіН 3.3.2.007-98 "Державних санітарних правил і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин" робочі місця заборонено облаштовувати в підвальних або цокольних приміщеннях будинків. У устаткуванні приміщень забороняється використання полімерних матеріалів, що виділяють шкідливі хімічні речовини. Також слід приділити увагу забезпеченню достатнім для здійснення роботи рівнем освітлення (природного і штучного - в темний час доби) і звукоізоляції. Для регуляції рівня освітлення природним світлом бажано застосовувати жалюзі. Крім того, в приміщеннях, де здійснюється робота з комп'ютерами, щодня повинне виконуватися вологе прибирання з метою недопущення запилення підлоги і меблів.

Заземлені конструкції, що знаходяться в приміщеннях, де розміщені робочі місця операторів (батареї опалювання, водопровідні труби, кабелі із заземленим відкритим екраном), відповідно до СанПіН 2.2.2/2.4.1340-03 мають бути надійно захищені діелектричними щитками або сітками з метою недопущення попадання людини під напругу[15].

На особливу увагу заслуговують заходи дотримання протипожежної безпеки. Регулюється державними будівельними нормами "Пожежна безпека об'єктів будівництва", затверджені наказом Держбуду України від 03.12.2002 N 88, ДСТУ 12.1.004-91ССБТ". Пожежна безпека. Загальні вимоги безпеки", правилами пожежної безпеки України НАПБ А.01.001-2004.

Так, в усьому офісі лінії електромережі мають бути забезпечені від виникнення короткого замикання, а також від перепадів мережевої напруги, що може викликати збої в роботі електронно-обчислювальної техніки. Приміщення мають бути оснащені системою автоматичної пожежної сигналізації і вогнегасниками. Під час монтажу і експлуатації ліній електромережі необхідно повністю унеможливити виникнення електричного джерела займання внаслідок короткого замикання і перевантаження дротів, обмежувати застосування дротів з легкозаймистою ізоляцією і, по можливості, застосовувати негорючу ізоляцію. У приміщенні, де одночасно експлуатуються більше п'яти комп'ютерів, на видному і доступному місці встановлюється аварійний резервний вимикач, який може повністю відключити електричне живлення приміщення, окрім освітлення[16].

Не проводити ремонт зіпсованої техніки, що вийшла з ладу електромережі, не міняти зіпсовані запобіжники самостійно. Треба викликати фахівця з потрібними для роботи інструментами. Фахівець також зобов'язаний раз на півроку відкривати системний блок комп'ютера і за допомогою пирососа вищити пил і бруд, які там накопичилися.

По закінченню робочого дня вимкнути комп'ютери, від'єднати дроти живлення від розетки електромережі. При цьому треба пам'ятати, що від'єднуючи вилку від розетки треба її тримати за корпус, а не смикати за дріт, тому що можна пошкодити цілісність дротів і потрапити під дію електричного струму.

При ураженні електричним струмом треба негайно звільнити від джерела струму потерпілого. Для цього треба або вимкнути електроживлення повністю, або відокремити потерпілого від джерела струму, відтягнувши його за одяг, якщо вон сухий, або за допомогою предметів з діелектричних матеріа-

лів: гума, дерево. Можна стати на гумовий килимок, дерев'яну дошку обома ногами і відштовхнути потерпілого, можна використати щільні гумові рукавички.

Якщо потерпілий опинився в несвідомому стані, забезпечити йому приплив свіжого повітря, розстебнути тісний одяг, що заважає вільно дихати, дати понюхати нашатирний спирт, окропити водою, розігріти тіло. Терміново викликати швидку медичну допомогу за телефоном 103. При рідкісному і судорожному диханні треба зробити йому штучне дихання. Надання першої медичної допомоги проводити до приїзду швидкої допомоги.

Для зменшення впливу гіподинамії і збереження здоров'я при роботі в статичній позі варто дотримуватися правильного положення за робочим місцем і правильної організації робочого місця. Оснащення і організація робочого місця працюючих з ВДТ і ПЕВМ, конструкцій усіх елементів робочого місця і їх взаємного розташування розроблені у відповідності до ергономічних вимог з урахуванням характеру і особливостей трудової діяльності (ДСТУ 12.2.032-78, ДСТУ 22.269-76, ДСТУ 21.889-76). Робоче місце персоналу, взаємне розташування усіх елементів (органів управління, засобів відображення інформації і так далі), розроблене з урахуванням цих норм, забезпечує раціональність робочих рухів і максимально враховує енергетичні, швидкісні, силові і психофізичні можливості і особливості людини[17].

Для зменшення наслідків гіподинамії і високої зорової напруги необхідно проводити періодичні перерви в роботі, робити зарядку.

3.3 Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії і гігієни праці

Згідно з нормативними документами, які регулюються Наказом Державного комітету України по промисловій безпеці, охороні праці і гірському нагляду "Про затвердження Правил охорони праці при експлуатації електрон-

но-обчислювальних машин" від 26.03.2010 № 65. що передбачає роботу в приміщенні з комп'ютерами, застосовані наступні заходи по забезпеченню гігієни праці.

Виходячи із специфіки роботи в приміщеннях обчислювального центру для забезпечення виконання вимог до санітарії і гігієни праці необхідно:

- забезпечити нормальний мікроклімат;
- забезпечити освітлення, яке задовольняє вимогам;
- забезпечити захист від електромагнітного випромінювання.

Необхідною умовою високопродуктивної роботи є забезпечення нормальних метеорологічних умов і чистоти повітря в робочій зоні. Нормовані параметри мікроклімату, іонного складу повітря, наявності шкідливих домішок відповідають вимогам СН 4088-86, СН 2152-80, ДСТУ 12.1.005-88, ДСТУ 12.1.007-76.

Метеорологічні умови, що впливають на людину:

- температура і вологістю повітря;
- швидкість руху повітря.

Оптимальні норми температури в робочій зоні в холодний і перехідний періоди року - 20-23 °С, в теплий - 22-25 °С, відносна вологість - 40-60 %, швидкість руху повітря - 0.1 м/с.

Для забезпечення цих вимог передбачено використання вентиляції - природної (аерація і провітрювання), механічної, кондиціонування повітря.

У лабораторії встановлений кондиціонер з максимальним повітряним потоком 10,5 м³/хв.

При виконанні складання, монтажу і інших видів складальних робіт нормована освітленість складає 400 люкс. При роботі з ПК освітленість складає 300-500 люкс.

Для загального штучного освітлення використовуються люмінесцентні лампи з рівномірним розташуванням світильників. Застосоване одностороннє бічне природне освітлення. В цьому випадку вікна слід закрити світлорозсі-

ювальними шторами, регульованими жалюзі або сонцезахисною плівкою з металізованим покриттям[18].

Якщо природного освітлення недостатньо, то використовується змішане освітлення. При цьому додаткове штучне освітлення застосовується не лише в темний час доби, але і у світле. Найбільш прийнятними є люмінесцентні лампи білого або тепло-білого кольору потужністю 20, 40, 80 Вт.

3.4 Розрахунок оптимального рівня освітленості

Розрахуємо необхідний світловий потік для приміщення, яке використовується для розробки облаштування цього дипломного проекту відповідно до ТЗ, а також сумарну кількість ламп і світильників, необхідних для найбільш оптимального рівня освітленості, який відповідає санітарним стандартам.

Задамося розмірами приміщення :

- довжина $A= 6$ м;
- ширина $B= 5$ м;
- висота стелі $H= 3$ м.

Висота підвісу світильника над робочою поверхнею:

$$h = H - h_p - h_c, \quad (3.1)$$

Висота робочої поверхні столу $h_p=0.8$ м.

Висота світильника від стелі $h_c=0.1$ м.

Тоді маємо:

$$h=3-0.8-0.1=2.1 \text{ м.}$$

Індекс приміщення визначається за формулою:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A+B)} \quad (3.2)$$

Розрахувавши за формулою, отримаємо:

$$i = \frac{6 \cdot 5}{2.1 \cdot (6 + 5)} \approx 1.3.$$

З урахуванням індексу приміщення, коефіцієнтів відображення стелі стін і статі і типу вибраного світильника слід визначити коефіцієнт світлового потоку η за таблицею, $\eta = 47\%$.

Далі визначимо сумарний світловий потік освітлювальної установки в цьому приміщенні за формулою:

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{E_{н} \cdot S \cdot k_{з} \cdot z}{\eta} \quad (3.3)$$

де $E_{н}$ – нормоване значення освітленості, дорівнює 200 лк^a;

S – площа освітлюваної поверхні;

$k_{з}$ – коефіцієнт запасу, дорівнює 1.5;

z – коефіцієнт нерівномірності, дорівнює 1.1.

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{200 \cdot 30 \cdot 1.5 \cdot 1.1}{0.47} = 21064 \text{ лм.}$$

Використовуючи табличне значення, отримане виходячи з розрахунків,

$L/h=1.4$, можна визначити максимальну відстань L_{max} між рядами світильників :

$$L_{max} = \left[\frac{L}{h} \right] \cdot h, \quad (3.4)$$

$$L_{max} = 1.4 \cdot 2.1 \approx 2.5 \text{ м.}$$

Кількість рядів світильників в приміщенні визначається:

$$N_p = \frac{B}{L_{max}}, \quad (3.5)$$

$$N_p = \frac{5}{2.5} = 2.$$

Оптимальна кількість світильників в приміщенні:

$$N^* = \frac{A \cdot B}{L_{max}^2}, \quad (3.6)$$

$$N^* = \frac{6 \cdot 5}{2.5^2} \approx 6.$$

Загальна кількість ламп, що використовується у світильниках :

$$N_x = N^* \cdot n, \quad (3.7)$$

де n – кількість ламп у світильнику,
оптимальна кількість, дорівнює 2.

$$N_x = 6 \cdot 2 = 12.$$

Світловий потік умовного джерела світла обчислюється за формулою:

$$\Phi_x^* = \frac{\Phi_{\Sigma}}{N_x}, \quad (3.8)$$

$$\Phi_x^* = \frac{21064}{12} = 1755 \text{ лм.}$$

Виходячи з табличних даних, вибрана лампа ЛД, потужністю 30 Вт зі світловим потоком $\Phi=1800$ лм, завдовжки 0.9 м.

Визначимо співвідношення між розрахунковим значенням світлового потоку і фактичним світловим потоком вибраної стандартної лампи :

$$m = \frac{\Phi_{\pi}^*}{\Phi_{\pi}}, \quad (3.9)$$

$$m = \frac{1755}{1800} = 0.975.$$

Встановлюємо в приміщенні обчислювального центру 6 світильників в 2 ряди по 3 світильники в кожному.

При проектуванні робочого приміщення були враховані вимоги, встановлені СНіП II - 90-81 "Виробничі будинки промислових підприємств", СНіП II - 96-76 "Допоміжні будинки і приміщення промислових підприємств".

Площа, відведена на одно робоче місце, повинна складати не менше 6 м², а об'єм - не менше 20 м³. Конструкція робочого місця повинна забезпечувати підтримку оптимальної робочої пози (тобто такій, яка дозволяє працівникові виконувати роботу з мінімальною напругою тіла, і яка дозволяє уникнути перевтоми в ході і після закінчення робочого процесу).

При необхідності особливої концентрації уваги під час виконання робіт суміжні робочі місця операторів необхідно відділяти один від одного перегородками заввишки 1,5 - 2 м.

Робочі місця слід розташовувати відносно джерела природного світла (вікон) так, щоб світло падало збоку, переважно ліворуч. Також робоче місце повинне відповідати сучасним вимогам ергономіки :

- робочий стілець робочий стілець має бути підйомно-поворотним, з можливістю регулювання висоти, бажано із стаціонарними або змінними підлокіт-

никами і напівм'якою неслизькою поверхнею сидіння, яке легко очиститься і не електризується;

- екран комп'ютера повинен знаходитися на оптимальній відстані від користувача, яка складає 600 - 700 мм, але не менше 600 мм з урахуванням буквенно-цифрових знаків і символів і розташований екраном від джерела світла, щоб обмежити кількість відблисків;

- стіл повинен мати такі параметри ,які забезпечують можливість виконання операцій в зоні досяжності працівника:

а) висота поверхні 680 - 800 мм;

б) ширина 600 - 1400 мм;

в) глибина 800 - 1000 мм.

Рівень звукового тиску повинні відповідати СН 3223-85, ДСТУ 12.1.003-83, ГР 2411-81[19].

Значення напруженості електромагнітних полів повинні відповідати нормативним значенням ГДР №3206-85, ГДР №4131-86, СНК 5802-91, ДСТУ 12.1.006-84[16].

3.5 Заходи з пожежної безпеки

Ділянка обчислювального центру по взриво-пожарній безпеці належить до категорії В і характеризується тим, що в приміщенні знаходяться негорючі речовини і матеріали в холодному стані.

Пожежна безпека забезпечена заходами пожежної профілактики і активним пожежним захистом.

Передбачено безпечну евакуацію людей на випадок виникнення пожежі. При пожежі люди повинні покинути приміщення упродовж мінімального часу. Відповідно до СНіП II - 2-80 в приміщеннях знаходиться не менше двох евакуаційних виходів.

Пожежна безпека об'єкту відповідно до ДСТ 12.1.004-91-ССБТ "Пожежна безпека. Загальні вимоги" забезпечена:

- системою відвертання пожежі;
- системою протипожежного захисту;
- організаційно-технічними заходами.

Протипожежний захист забезпечений:

- застосуванням засобів пожежогасінні і відповідних видів пожежної техніки, вогнегасників марок ОУ- 2, ОУ- 25, ОУ- 80, ОП- 2, ОП- 10;
- застосуванням автоматичних установок пожежної сигналізації і пожежогасінні типу ПКІЛ з системою сповіщення АПП- 2;
- застосуванням систем проти димного захисту з датчиками КІ- 1.

Для захисту робочого місця від пожежі використовуються наступні групи техніки :

- пожежна сигналізація ІДФ- 1, АПП- 2, КІ- 1 і так далі;
- вогнегасники марок ОУ- 2, ОУ- 5, ОП- 2, ОП- 10 з порошком ПСБ;
- пожежні рятувальні пристрої(вуглекислотна установка з тросовим пуском типу Т- 2, вуглекислотні установки з електричним пуском, які наводяться в дію електричними датчиками ручної дії типу ПКІЛ або автоматичної теплової, димової або світлової дії) [17].

Для забезпечення захисту використовується пожежна сигналізація на базі автоматичних комбінованих (димових і теплових) пожежних систем сповіщення, таких, як ІДФ- 1, Ді- 1, АТІМ- 1, АТІМ- 3, ДТЛ, ПТІМ- 1, ПТІМ- 2, ДПС- 038 та ін. У разі займання передбачається використання переносних ручних вогнегасників: вуглекислотних марок ОУ- 2, ОУ- 5, ОУ- 8, порошкових, - ОП- 1, ОП- 2, ОП- 10, заряджений порошком ПСБ, який застосовується для гасіння електроустановка під напругою і ЕОМ. Для порятунку людей у разі займання застосовуються проти димні маски з фільтрами респіраторного типу. Вогнегасники і захисні маски розташовані в легкодоступних і помітних місцях, де виключено попадання на них прямих сонячних променів і безпосередньо вплив опалювальних і нагрівальних приладів.

Ручні вогнегасники розміщені методом навішування на вертикальні конструкції на висоті 1,5 м. При спрацьовуванні автоматичних установок пожежної сигналізації автоматично відключається система вентиляції і кондиціонування повітря. Локалізація вогнища займання і відвертання поширення вогню забезпечено застосуванням вогне-перешкоджальних облаштувань оснащення і протипожежних перешкод.

Шляхи евакуації визначені виходячи з об'ємного планування і технічного виконання будов і споруд з урахуванням їх вогнестійкості (збереження функцій, що несуть, при пожежі упродовж розрахункового часу евакуації). Організовано голосове сповіщення і світлові індикатори для управління рухом по евакуаційних шляхах. Система проти димного захисту забезпечує не задимлення, пониження температури і видалення продуктів горіння на шляхах евакуації упродовж часу, який буде достатнім для евакуації людей.

Виходячи з норм пожежної безпеки в залі обчислювального центру (площею 60м²) є первинні засоби пожежогасінні :

- один вуглекислотний вогнегасник типу ОУ- 5 або ОУ- 8, за допомогою яких можна гасити займання різних матеріалів і установок напругою до 1000 В;
- один хімічно-пінний (ОХП- 10) або легко-пінний вогнегасник (ОВП- 5 або ОВП- 10). За допомогою якого можна гасити тверді матеріали і горючі рідини (окрім установок під напругою);
- повсть або повстяний азбест (1х1; 2х1, 5; 2х2 м).

Приміщення обчислювального центру має бути обладнане пожежними оповісниками, які дозволяють оповістити черговий персонал про пожежу. В якості оповісників встановлені димні фотоелектричні оповісники типу ІДФ- 1 або ДіП- 1[18].

3.6 Заходи безпеки в надзвичайних ситуаціях

Серед захисних заходів щодо безпеки в умовах надзвичайної ситуації, особливо важливе місце займає організація сповіщення органів цивільної оборони, формувань населення про загрозу нападу ворога і про застосування ним ядерної зброї, хімічної або бактеріологічної зброї та інших сучасних засобів масової поразки. Тому захист населення від зброї масового ураження залежить від добре організованої системи сповіщення. Усі сигнали цивільної оборони в підрозділи підприємства передаються по каналах зв'язку і радіотрансляційним мережам, а також через місцеві радіостанції.

Для попередження працівників підприємства встановлені наступні сигнали:

- "увага всім";
- "повітряна тривога";
- "відбій повітряної тривоги";
- "радіаційна небезпека";
- "хімічна тривога".

Сигнал "увага усім" подається для усього населення свідомо до подання кожного з сигналів. Це необхідно для того, щоб підготувати людей до сприйняття наступних сигналів, повідомлень або вказівок. По радіотрансляційних системах передається текст: "Увага всім!".

Сигнал "повітряна тривога" подається для усього населення. По радіотрансляційних системах передається текст: "Увага! Увага! Громадяни! Повітряна тривога!". Одночасно з цим сигнал дублюється звуком сирен, гудками заводів і транспортних засобів. Тривалість сигналів складає 2-3 хвилини.

В цьому випадку працівники припиняють роботу і виконують усі заходи, передбачені спеціальною інструкцією підприємства і, дотримуючись встановленого порядку, йдуть в укриття, закріплене за обчислювальним центром на цьому підприємстві.

Сигнал "відбій повітряної тривоги" передається органами цивільної оборони по радіотрансляційних мережах, через місцеві радіо і телевізійну станцію і іншими способами, які можна використати в конкретній обстановці (телефон, гучномовці). Передається текст: "Увага! Увага! Відбій Повітряної тривоги"! З цим сигналом працівники обчислювального центру повертаються на робочі місця з укриття і приступають до роботи.

Сигнал "радіаційна небезпека" подається в населених пунктах, у напрямі до яких рухається радіоактивна хмара, яка виникла при вибуху ядерних боєприпасів. Цей сигнал подається за допомогою усіх місцевих технічних засобів зв'язку і сповіщення, а на місцях дублюються звуковими і світловими засобами. При цьому сигналі працівники надівають респіратори, протизапорошену тканинну маску, ватно-марлеву пов'язку або противогаз, комплекти яких передбачені на цьому підприємстві, а також беруть індивідуальні засоби медичного захисту, предмети першої необхідності і йдуть в укриття.

Сигнал "хімічна тривога" подається при прогнозі або безпосередньому виявленні хімічного або бактеріологічного зараження, за допомогою технічних засобів зв'язку. На місцях він дублюється звуковими і світловими сигналами. Далі працівники виконують усі заходи, передбачені спеціальною інструкцією підприємства. Про те, що небезпека хімічного або бактеріологічного зараження пройшла і про порядок подальших дій розпорядження прийдуть по тих же каналах зв'язку, що і сигнал сповіщення.

Ядерний вибух супроводжується електромагнітним випромінюванням у вигляді потужного короткого імпульсу, який вражає головним чином електричну і електронну апаратуру. На утворення електромагнітного імпульсу (ЕМІ) витрачається невелика частина ядерної енергії, проте він здатний викликати потужні імпульси струмів і напруги в дротах і кабелях повітряних і підземних ліній зв'язку, сигналізації, управління, електропередачі, в антенах радіостанцій і так далі[19].

Вплив ЕМІ може викликати займання чутливих електронних і електричних елементів, які пов'язані з великими антенами або відкритими дротами, а

також викликати серйозні порушення в цифрових і контрольних пристроях, зазвичай без безповоротних змін. Тому вплив ЕМІ необхідно враховувати для усіх електричних і електронних систем.

Особливо ЕМІ впливає на радіоелектронну апаратуру, яка виконана на напівпровідникових і інтегральних схемах, які працюють на малих струмах і напрузі і, отже, чутливих до впливу зовнішніх електричних і магнітних полів. ЕМІ пробиває ізоляцію, випалює елементи інтегральних схем комп'ютерів, викликає коротке замикання, іонізацію діелектриків, або повністю стирає магнітний запис на носіях інформації.

У кожному конкретному випадку мають бути знайдені найбільш ефективні і економічно доцільні методи захисту електронної апаратури. Серед таких методів, які застосовані в обчислювальному центрі, найбільш поширено екранування, оптимальне розміщення і заземлення окремих частин системи, використання приладів, які перешкоджають перенапруженню в найбільш критичних місцях і так далі.

Сполучні кабелю для захисту прокладені в земляних траншеях під цементною або бетонною підлогою будівлі або укладені в металеві коробки, які заземляють.

Усі заходи, розроблені в цій главі, відповідають законодавчим і нормативним актам України і забезпечують необхідні умови для роботи персоналу обчислювального центру[20].

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

- Проведений аналіз лабораторних та промислових частотомірів показав доцільність розробки багатофункціонального частотоміру, що матиме невелику вартість, габаритні розміри та додаткові функціональні можливості.
- Розроблено бюджетний компактний частотомір на базі мікроконтролера PIC16F84A-201:
 - габаритні розміри друкованої плати 90x40x1,5 мм у якості матеріалу обрано фольгований склотекстоліт СФ- 1-50-1,5;
 - живлення здійснюється від стабілізованого джерела живлення 5В;
 - забезпечується вимірювання низькочастотних та високочастотних сигналів та тривалість імпульсів;
 - має функцію збереження інформації та резервну пам'ять;
 - здійснює автоматичне відключення.
- Запропонований багатофункціональний частотомір може бути використаний у навчальному процесі, наукових лабораторіях та на виробництві.

ЛІТЕРАТУРА

1. Белинський В.Т., Гондюк В.П. "Практичний посібник з учбового конструювання РЕА", Київ, Вища школа -1992.- 494с.
2. Терещук Р.М., Терещук К. М "Напівпровідникові приймально-підсилювальні пристрої", довідник радіоаматора, Київ, Вища школа -1989.- 650с.
3. Інноваційні технології: Матеріали науково-технічної конференції студентів, аспірантів, докторантів та молодих учених – К.: НАУ, 2017. – 21с.
4. Партала О.Н. Довідник "Радіокомпоненти і матеріали", Москва, Радіозв'язок, 1998. - 300с.
5. Міжнародний науково-технічний журнал. «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах»/гол. редактор І.В. Троцишин.- Хмельницький: ХНУ-2013. – 102с.
6. Цифровий частотомір [Електронний ресурс]: https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/33012/1/Borysenko_Sydorenko.pdf;jsessionid=F7633F75347BE71EB4C023AFC2A25143
Дата доступу: бер. 2022. – Назва з екрана.
7. Довідник по інтегральних мікросхемах. / під ред. Б.В. Тарабаріна. - М.: Енергія, 1981. - 816с.
8. Бушминський І.П., Даутов О.Ш., Достанко А.П. та ін. Технологія і автоматизація виробництва РЕА : Підручник для ВНЗ. - М.: Радіо і зв'язок, 1989. - 624с.
9. Аксьонов А.И. Елементи схем побутової радіоапаратури. Конденсатори. Резистори. Довідник. - Мінськ, 1995. – 265с.
10. Белов С.В. та ін. Охорона довкілля. Підручник для техн. Спец. ВНЗ. - М.: Вища школа, 1991. - 319 с.
11. Борноволоков Е.П. "Радіолюбительські схеми", Київ, Техніка, 1999. – 168с.

12. Галкін В.И. Напівпровідникові прилади: транзистори широкого застосування. Довідник. - Мінськ, 1995. – 205с.
13. Пристрій для вимірювання частоти сигналів [Електронний ресурс]: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/11382/466.pdf?sequence=3&isAllowed=y> Дата доступу: бер. 2022. – Назва з екрана.
14. Напівпровідникові прилади: діоди. Довідник. Під ред. Г.И. Горюнова. - М.: Радіо і зв'язок, 1991. – 139с.
15. Розробка і оформлення конструкторської документації РЕА : під ред. Е.Т. Романічевої. - М.: Радіо і зв'язок, 1989, - 448 с.
16. Довідник конструктора РЕА : Загальні принципи конструювання /Під ред. Р.Г. Варламова, М.: Вища школа., 1991, - 176 с.
17. Метрологія у галузі зв'язку. Книга 1. Загальні електрорадіовимірювання: Посібник / Л.В. Коломієць, П.П. Воробієнко, М.Т. Козаченко, М.Б. Налісний, Л.О. Козаченко, О.В. Грабовський. – Одеса: ТОВ «ВМВ», 2009. – 480 с.
18. Зайцев С. Цифрові методи частотних вимірювань / Сергій Зайцев // Сучасна електроніка. - 2019. - №6. – 20-23с.
19. Муханін Л.Г. Схемотехніка вимірюючих приладів: Учбовий посібник / Л.Г. Муханін. – СПб.: Видавництво «Лань», 2009. – 288 с.
20. Методичні вказівки до опрацювання розділу “Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях” в дипломних проектах і роботах студентів спеціальностей, що пов'язані з функціональною електронікою, автоматизацією та управлінням / Уклад. О. В. Березюк, М. С. Лемешев. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 64 с.

Програма роботи частотоміра

:020000040000FA
:10000000A52828300A2028300A200C300A20013088
:100010000A2008009F008600000005150000051159
:100020001F0E860000000515000005118316F03034
:100030008600831285100514000005156400861BD8
:100040001E28850183168601831208008900831605
:10005000081483120808080003200C30A0002008B0
:100060002C3C262085140A20A00B2F280C08820780
:1000700044284E280430A0002008383C262085144F
:100080000A20A00B3C2857280430A0002008303C50
:10009000262085140A20A00B462857280430A000EB
:1000A0002008343C262085140A20A00B50280C0878
:1000B00082075B285D28C1305E28C2300A200830E4
:1000C000980017308400000885140A2084030C0867
:1000D00082076C287A287A281808023C031D7A289F
:1000E0000D0882077728203085140A207A282C30C2
:1000F00085140A209803031D63280C0882078428AE
:100100008428303085140A20203085140A20483095
:1001100085140A207A3085140A20281CD028203023
:1001200085140A202908013C03199A282908023C51
:1001300003199E282B3085140A20A1282D30851400
:100140000A20463085140A20D028850183168601AE
:1001500010308500831201201030A0002008103CD0
:10016000262085140A20A00BAE28C0300A201030AB
:10017000A0002008203C262085140A20A00BB928C6
:1001800001308C003B308900831608148312080864
:10019000A8003C3089008316081483120808A900BF
:1001A000383089008316081483120808A7003930F4
:1001B00089008316081483120808A6003A308900C3
:1001C0008316081483120808A500860183160330DD
:1001D000860027308100831228180F29060882071D
:1001E000F52802290F290C08EF280D30A400B5309E
:1001F000A300A330A200FA308E007A308F000030C6
:100200008C0036290230A4004530A300DC30A20067
:10021000FB308E007C308F0001308C0036290722A5
:100220000130A4002130A3003230A200A5308E009E
:100230007A308F0002308C000608AB00AB03AB03B2
:10024000031D3429AA0B3629A80A3B308900280847

:1002500088008316081555308900AA308900881453
:10026000081E3029081283120A30AA008B0181016E
:100270009D019E0183161830850083120B1D4529B0
:100280009D0F43299E0A0B114829462947296400DE
:100290006400A20B3E29A30B3E29A40B3E29640057
:1002A0008E0B4F298F0B5229850183161030850044
:1002B00083120B1D5E299D0F5E299E0A01089C007A
:1002C0009B019B0A85150000851100006400010850
:1002D00003111C02031961299B0A9B099B0A9B0AB3
:1002E000281CC4290608003C031986290608013C7D
:1002F0000319112A0608023C03193A2A2908013C6D
:100300000319112A2908023C03193A2AAC0A2C1DA8
:10031000C429AC01CE300A20203085140A202030B8
:1003200085140A2080300A208A0A8A0A1030A00028
:100330002008103C8B2285140A20A00B982906085F
:100340006400003C03199F298A038A035D2A303028
:1003500090049104920493049404950496049704E1
:100360000730980002300C020319980A17308400F5
:1003700030300002031DC32920308000840398031D
:10038000031DB8290D142C28031020308D00900176
:100390009101920193019B0D9C0D9D0D9E0D900D61
:1003A000910D920D930D8D0BEE29130E0F399700C1
:1003B00013080F399600120E0F39950012080F39E5
:1003C0009400110E0F39930011080F399200100E8E
:1003D0000F39910010080F399000A72910308400C0
:1003E000FB2111308400FB2112308400FB211330EB
:1003F0008400FB21CB296400033000079F009F1974
:100400008000303000079F009F1B80000034EE30DA
:10041000A200C330A3006400A20B0B2AA30B0B2A7B
:1004200008000130A90025089B07031C1B2A9C0A11
:10043000031D1B2A9D0A26089C0703189D0A2708EE
:100440009D07AD0A2D080F390F3C0319282A372ABA
:100450003C3089002908880083160815553089002A
:10046000AA3089008814081E332A08128312AC01AE
:100470006400C4290230A900A509A50A0319A6032E
:10048000A6090319A703A70925089B07031C4C2AE3
:100490009C0A031D4C2A9D0A26089C0703189D0AE6
:1004A00027089D070318212A9B099B0A03199C030F
:1004B0009C0903199D039D09212A383089001D08D4
:1004C00088008316081555308900AA3089008814E1
:1004D000081E682A08128312393089001C08880017
:1004E0008316081555308900AA3089008814081E23

:1004F000772A081283123A3089001B088800831675
:10050000081555308900AA3089008814081E862AEB
:1005100008128312212A8207203420342034203408
:100520002034203457345234493454344534203440
:08053000203420342034203473
:02400E00F53F7C
:10420000200050006C006500610073006500200014
:1042100077006100690074002E002E002E0020003F
:1042200020002000630061006C00630075006C00DA
:104230006C0069006E0067002E002E002E0020002A
:104240004600520045005100550045004E00430015
:104250005900200054003D00310030007300200060
:1042600031002C003000730030002C00310073004E
:0A42700010005300B0000000010030
:00000001FF

Поз. познач.	Найменування				Кіл.	Примітка			
LCD1	ПК дисплей НУ-1602Н7				1	Імп.			
S1,S2	Мікрокнопки КМ1 ОЖО.360.011				2				
X1	Роз'єм СР-50-73ФВ				1				
A1	Вузол частотоміра цифрового Конденсатори				1				
C1,C2	К73-69-0,47мкФ ОЖО.461.139 ТУ				2				
C3	К10-62-18пФ ОЖО.460.217 ТУ				1				
C4	К10-7В-68пФ ОЖО.460.208 ТУ				1				
C5	К73-39-1500пф ОЖО.461.139 ТУ				1				
C6	К50-40-15В-100мкФ ОЖО. 464. 214 ТУ				1				
C7	К73-39-0,0047мкФ ОЖО.461.139 ТУ				1				
C8	К73-39-150пф ОЖО.461.139 ТУ				1				
C9,C10	К10-62-22пФ ОЖО.460.217 ТУ				2				
	Мікросхема								
DD1	PIC16F84A - 20I/P				1	імп.			
	Дросель								
L1	ДМ-0.6-10МкГн ГИО.477.005ТУ				1				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.	Сазонов О.В.				Частотомір цифровий		Літ.	Лист	Листів
Перевір.	Небеснюк О.Ю.							1	2
Реценз	Небеснюк О.Ю.								
Н контр	Верьовкін Л.Л.								
Затверд.	Критська Т.В.								

Поз. познач.	Найменування	Кол.	Примітка
Резистори			
R1	МЛТ-0,125 20кОм±10% ОЖО.467.180	1	
R2	МЛТ-0,125 1,3МОм±10% ОЖО.467.180	1	
R3	МЛТ-0,125 1,8МОм±10% ОЖО.467.180	1	
R4	МЛТ-0,125 220Ом±10% ОЖО.467.180	1	
R5	МЛТ-0,125 240Ом±10% ОЖО.467.180	1	
R6	МЛТ-0,125 56Ом±10% ОЖО.467.180	1	
R7	СПЗ-22-0,25-56 кОм±10% ОЖО.468.136	1	
R8	МЛТ-0,125 56кОм±10% ОЖО.467.180	1	
R9	МЛТ-0,125 33Ом±10% ОЖО.467.180	1	
R10	МЛТ-0,125 390Ом±10% ОЖО.467.180	1	
R11	МЛТ-0,125 470Ом±10% ОЖО.467.180	1	
R12	МЛТ-0,125 5,1кОм±10% ОЖО.467.180	1	
Діоди			
VD1,VD2	КД522Б ДРЗ.362.029	2	
Транзистори			
VT1	КП313А ААО.336.118	1	
VT2,VT3	КТ399А ААО.336.257	2	
Кварцовий резонатор			
Q1	НС49/U- 4,000мГц	1	імп.
Роз'єм			
X2	MOLEX – 41662 – 2,50мм	1	імп.
Зм	Лист	№ докум.	Підпись
			Дата
			Лист
			2

