

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(повна назва факультету)

Кафедра радіотехнічних систем

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Мікропроцесорний вимірювач частоти сигналу

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи РАс-41

спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка

(шифр і назва спеціальності)

Стахурський О.А.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Хвостівська Л.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Паляниця Ю.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Дунець В.Л.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Яворська Є.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль 2023

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра радіотехнічних систем
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Дунець В.Л.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

2023 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка

(шифр і назва спеціальності)

студенту Стахурському Оресту Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Мікропроцесорний вимірювач частоти сигналу

Керівник роботи Хвостівська Лілія Володимирівна, к.т.н.

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

Затверджені наказом ректора від « 24 » 05 2023 року № 4/7-575

2. Термін подання студентом завершеної роботи 23.06.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи Технічні параметри: напруга живлення - 5 В ± 0,1 В; напруга вхідного сигналу - 100-700 мВ; похибка вимірювань - 10/1 / 0,1 Гц; максимальна вимірювана частота - 30 МГц; споживаний струм - 100 мА

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ

1. Основна частина

2. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

Висновки

Список використаних джерел

Додатки

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

1. Структурна схема вимірювача

2. Схема електрична принципова вимірювача

3. Друкований вузол вимірювача

4. Плата друкована вимірювача

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці			

7. Дата видачі завдання 01.03.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Розробка та затвердження технічного завдання	01.03.2023	
2	Аналіз технічного завдання, підбір бібліографічних матеріалів, необхідних для виконання роботи	14.03.2023	
3	Розробка структурної схеми вимірювача	25.03.2023	
4	Розробка схеми електричної принципової приладу	10.04.2023	
5	Розрахунок основних вузлів у схемі приладу	21.04.2023	
6	Вибір компонентної бази для розроблюваного вимірювача	01.05.2023	
7	Компоновка друкованого вузла вимірювача	15.05.2023	
8	Створення допоміжної документації	27.05.2023	
9	Розділ безпеки життєдіяльності, основи охорони праці	02.06.2023	
10	Нормоконтроль	05.06.2023	
11	Перевірка роботи на антиплагіат	06.06.2023	
12	Попередній захист КР	12.06.2023	
13	Захист КР	23.06.2023	

Студент

_____ (підпис)

Стахурський О.А.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Хвостівська Л.В.

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Мікропроцесорний вимірювач частоти сигналу». Кваліфікаційна робота бакалавра// Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії, група РАС-41. // Тернопіль, 2023 р. // с.-50, рис.-22, табл.-1, бібліог.-25, додат.-3.

Ключові слова: МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ ВИМІРЮВАЧ, ЧАСТОТА СИГНАЛУ, СХЕМА СТРУКТУРНА, СХЕМА ПРИНЦИПОВА ЕЛЕКТРИЧНА, ВУЗОЛ ДРУКОВИЙ, ПЛАТА ДРУКОВАНА, AUTOCAD, P-CAD.

В роботі описано результати проектування мікропроцесорного вимірювача частоти сигналу, які відображено у вигляді схеми електричної структурної та принципової. На підґрунті проектованої схеми принципової електричної та результатів параметричного синтезу реалізовано процес вибору бази компонентів вимірювача. Засіб САПР P-CAD та AUTOCAD дали змогу розробити конструкторську документацію вимірювача, а саме друкований вузол та плату друковану.

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

ANNOTATION

Theme of qualification work: «Microprocessor Signal Frequency Meter». Qualification work bachelor's // Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Faculty of Applied Information Technologies and Electrical Engineering, RAs-41 group. // Ternopil, 2023 // Pages.-50, fig.-22, tables -1, bibliog. – 25, appendix-3.

Key words: MICROPROCESSOR METER, SIGNAL FREQUENCY, STRUCTURAL DIAGRAM, PRINCIPAL ELECTRICAL SCHEME, PRINTED UNIT, PRINTED BOARD, AUTOCAD, P-CAD.

The work describes the design results of a microprocessor signal frequency meter, which are displayed in the form of an electrical structural and principle scheme. On the basis of the designed basic electrical scheme and the results of parametric synthesis, the process of selecting the base of the meter components was implemented. The CAD tool P-CAD and AUTOCAD made it possible to develop the design documentation of the meter, namely the printed circuit board and printed circuit board.

Technical parameters of the frequency meter: supply voltage, 5 ± 0.1 V; input signal voltage, 100-700 mV; measurement error, 10/1/0.1 Hz; maximum measured frequency, 30 MHz; current consumption, 100 mA.

Зміст

Вступ.....	6
1 Основна частина.....	7
1.1 Аналіз завдання.....	7
1.1.1 Обґрунтування актуальності роботи.....	7
1.1.2 Аналіз інформації.....	11
1.2 Проектування структурної схеми вимірювача.....	12
1.3 Проектування електричної принципової схеми та синтез параметричний вимірювача.....	14
1.4 Обґрунтований вибір елементної бази вимірювача.....	22
1.5 Технологічний процес виготовлення вимірювача.....	28
1.6 Розрахунок показника надійності вимірювача.....	34
1.7 Висновок до розділу 1.....	38
2 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.....	39
2.1 Забезпечення протипожежного захисту робітників та службовців при виробництві вимірювача частоти сигналу.....	39
2.2 Охорона праці при проектуванні вимірювача.....	41
2.3 Висновок до розділу 2.....	45
Висновки.....	46
Список використаних джерел.....	47
Додатки.....	50

					СОА 2.008.001 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Стахурський О.А			Мікропроцесорний вимірювач частоти сигналу Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Хвостівська Л.					5	44
Консул.						ТНТУ, ФПТ, гр. РАС-41		
Н. Контр.		.Паляниця Ю.Б						
Затверд.		Дунець В.Л.						

Вступ

При роботі на радіостанції перед користувачем часто постає необхідність точно знати частоту, на яку налаштований його трансивер або приймач для того, щоб не вийти за межі діапазону або для точного налаштування на заздалегідь обумовлену частоту. Механічні шкали не дають такої можливості, тому доводиться конструювати електронні шкали.

В даний час розроблено велику кількість електронних шкал і приладів для вимірювання частоти сигналу [16-23], при розробці яких використовуються мікросхеми різного ступеня інтеграції. Найчастіше це складні прилади, що налічують кілька десятків мікросхем. Ці конструкції досить складні для повторення через те, що в складній схемі набагато вища можливість припуститися помилки на всіх етапах - від публікації до монтажу.

Принципову схему мікропроцесорного вимірювача частоти сигналу можна гранично спростити, якщо побудувати її на базі процесора PIC16F84 фірми «Microchip». Даному процесору характерні показники високої швидкодії та широкі функціональні можливості. Інтегрований залежний енергетично пристрій забезпечує запис і оперативну зміну величини частоти проміжної шкали цифрового виду.

					СОА 2.008.001 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- процес виміру значення частоти через підрахунок кількості імпульсів за одну секунду;
- процес виміру значення частоти сигналів локалізованих на низьких частотах;
- процес виміру значення періоду сигналу, зокрема значення періоду сигналів локалізованих на високих частотах;
- процес виміру значення часової тривалості імпульсів полярності позивної/негативної.

Є змога щодо зберігання в незалежній пам'яті мікропроцесора за значенням вимірюваної величини для кожного режиму з подальшою процедурою їх перегляду за необхідністю. Є передбаченим процедура оперативної зміни налаштування вимірювача та його автоматичне вимикання за відсутності зовнішнього впливу впродовж деякого часу.

Технічні параметри вимірювача:

- max частота - 40 МГц;
- показник дискретності вимірювання значення частоти при звичайному методі - 1 Гц;
- показник дискретності вимірювання значення частоти через період – 0,001 Гц;
- мінімальне вимірюване значення періоду – 0,05 мкс;
- максимальне вимірюване значення періоду – 2 сек;
- значення частоти, на якій починається зміна способу вимірювання значень періоду та частоти – 900-1000 Гц;
- min вимірюване значення тривалості імпульсів – 1 мксек;
- max вимірюване значення тривалості імпульсів – 1 сек;
- значення амплітуди вимірюваного сигналу – 0,1-100 В;
- значення тривалості відображення результатів вимірювання – 0,25-2 сек;

					СОА 2.008.001 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- значення затримки автоматичного вимкнення вимірювача - 8, 16, 32,64 хв;
- допустиме значення напруги живлення – 5,5- 10 В;
- середнє значення струму споживання в режимі робочому – 15-25 мА;
- значення струму споживання в режимі сну, , не перевищує– 10 мкА.

На рис.1.2 відображено схемотехнічну реалізацію іншого вимірювача частоти сигналу. Схемотехнічне виконання (рис.1.2) забезпечує процес виміру значення частоти до 50 МГц в інтервалі часовому від 0,000001 сек до 99 сек. Переключення меж вимірювання відсутнє, всі виміри візуалізуються на 8-ми розрядному LED таблі Н1-Н8.

Вхідний вузол виконано на транзисторних елементах VT1-VT3, який забезпечує підсилення вхідного сигналу, значення частоти або періоду якого треба виміряти та формує з сигналу різного форми імпульси прямокутні.

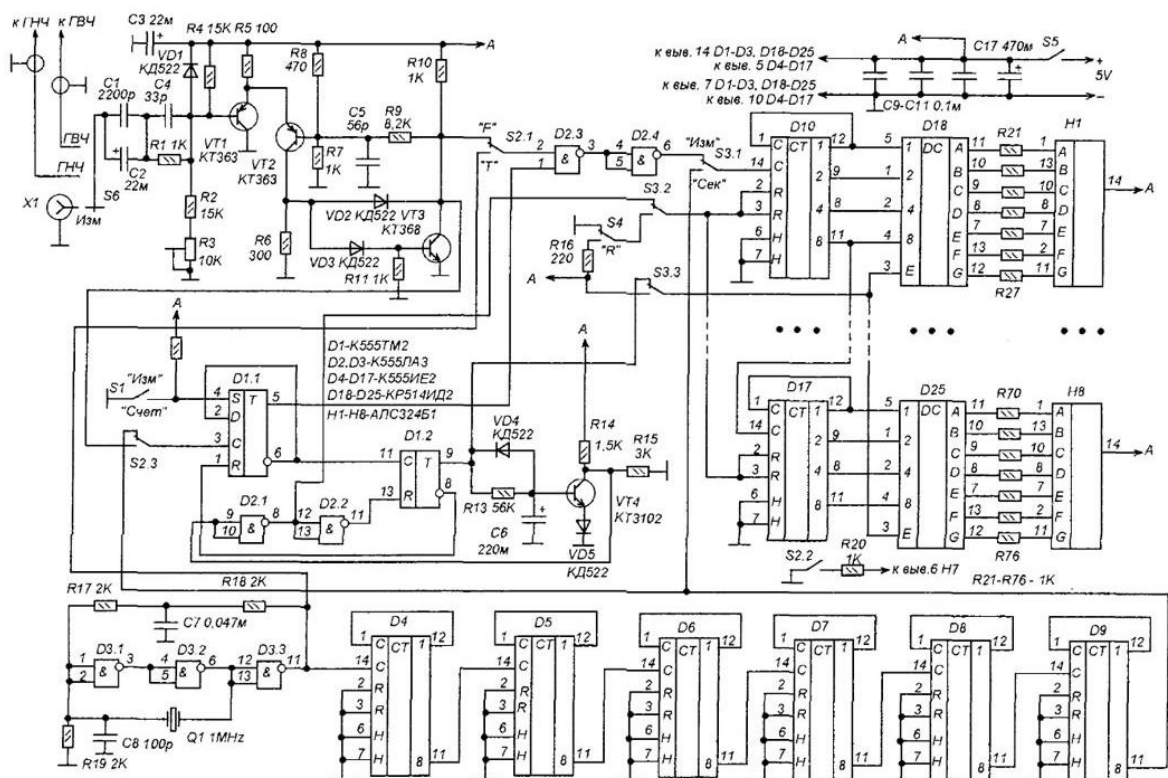


Рисунок 1.2 – Схемне виконання мікропроцесорного вимірювача частоти сигналу

Під час виміру значення частоти через S2.1 ці імпульси подаються через ключі D2.3-D2.4 на лічильний вхід вимірюючого лічильника D10-D17. При вимірі періоду з колекторного виходу VT3 імпульси через S2.3 подаються на схему логічного елемента (тригерний вхід «С» елемента D1.1).

Формувач опорних частот 1Гц та 1 МГц виконано на кварцовому мультівібраторі елементі D3 та лінійці лічильників D4-D9.

На рис.1.3 відображено приклад схемної реалізації 3-го вимірювача частоти сигналу.

Схему вимірювача (рис.1.3) виконано на мікросхемах HCF4008BEY, а решта частини - на C040. Вимірювач забезпечує вимірювання частоти діапазону 1-10 МГц. Живиться вимірювач напругою на рівні 12В, що забезпечує тах вхідну частоту для HCF4008BEY.

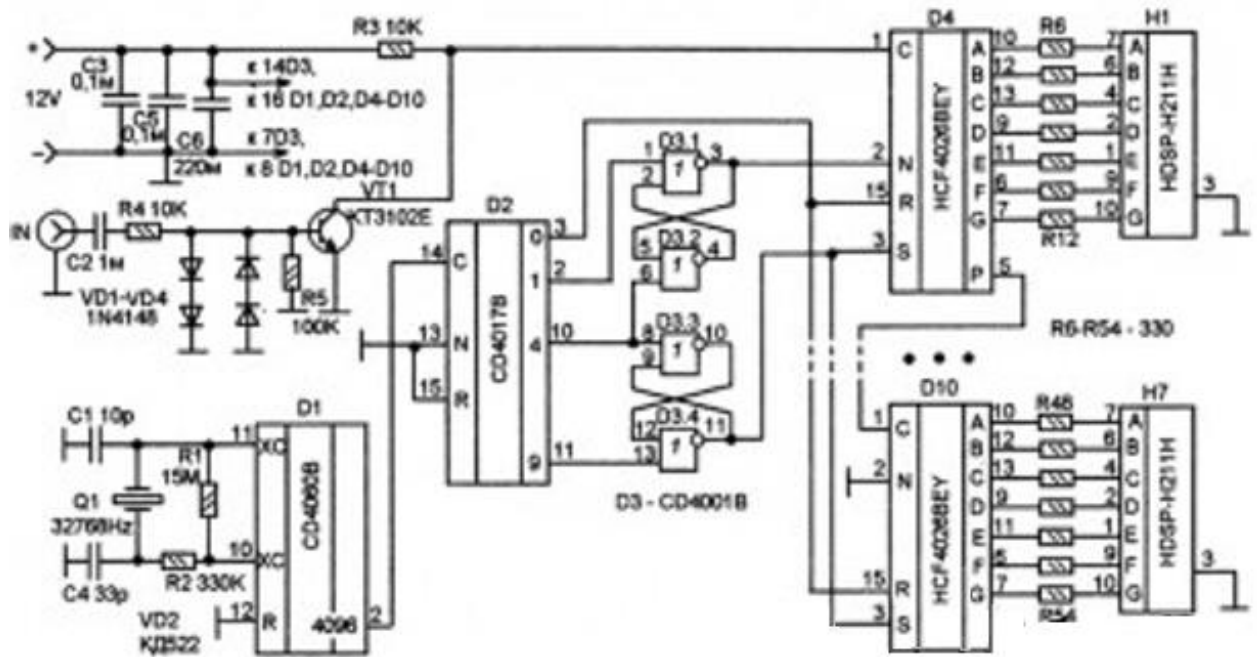


Рисунок 1.3 – Схемне виконання мікропроцесорного вимірювача частоти сигналу

Вузол вхідного підсилювача реалізовано на ключі транзисторному, який забезпечує перетворення вхідного сигналу в імпульси різних форм.

Форму прямокутну імпульсам забезпечує тригер Шмідта, що оснащений на вході С мікросхеми D4. Діодні елементи VD1-VD4 забезпечують обмеження величини амплітудного рівня сигналу на вході, рівень частоти якого необхідно виміряти. Навантажено ключ VT1 на резисторі R3, з виходу якого обмежений та підсилений сигнал поступає на вхід 7-ми декадного вимірюючого лічильника D4-D10.

Вузол генерування опорних імпульсів реалізовано на мікросхемі D1 - CD4060B, яка функціонально та конструктивно складається з інверторів та багаторозрядного двійкового лічильника для реалізації мультивібратора на RC-ланці або резонаторі. Використано резонатор на частоті 32768 Гц, що є стандартним часовим резонатором. При діленні частоти на 8192 на 2-му виводі 2 мікросхеми D1 отримано частоту 4 Гц, яка поступає на вузол управління, що зібрано з лічильника десяткового D2 та 2-ох RS-тригерів мікросхеми D3.

1.1.2 Аналіз інформації

Аналізом теми роботи встановлено, що проєктований вимірювач відносено до групи використання переносної та підгрупи професійної класу апаратури.

Вимірювач придатний до експлуатації в закритому приміщенні за наявності природньої вентиляції при відсутності кондиціонування, а саме в приміщенні з нерегулярним опаленням та з кліматом штучним за наявності кондиціонування.

Вимірювач віднесено до категорії 4.2 за виконанням «У» (ГОСТ 15150-82), що вказує на умови його експлуатування:

1. вимірювач є працездатним та зберігає вигляд за температури 40-55°C після перебувань;
2. діапазон варіації вологості не вище $85\pm 3\%$ за температури +20°C;
3. діапазон варіації тиску атмосферного 80-100 кПа;

					СОА 2.008.001 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. механічні навантаження повинні не відхилятися у відповідності до ГОСТ 20790-82.

Конструктивно вимірювач повинен бути прямокутним, усі індикатори та керуючі органи мають локалізуватися на передній панелі та чітко візуалізувати конкретний режим функціонування.

Схемотехнічно вимірювач має забезпечити такі параметри:

- 1) значення рівня споживання - $5 \pm 0,1$ В;
- 2) рівень сигналу на виході - 100-700 мВ;
- 3) рівень похибки вимірювань - 10/1/0,1 Гц;
- 4) max частоти вимірювання - 30 МГц;
- 5) споживчий струм - 100 мА.

Для забезпечення вище сформованого є доцільним завданням проектування структурної схеми вимірювача частоти. При врахування наведених вимог до параметрів вимірювача в період його проектування, вимірювач буде цілком задовольняти вказаним вище вимогам та, відповідно, затребуваності користувачів.

1.2. Проектування структурної схеми вимірювача

На початковому етапі проектування електричного принципового вимірювача, важливим кроком є проектування його структурної схеми. Проектування структурної схеми є необхідним етапом, оскільки після аналізу структури ми будемо вузли вимірювача та встановлюємо їх взаємозв'язки. Це забезпечує визначення обсягу та характеру проблем, які потребують вирішення, а також шляхи їх реалізації, особливості завдання, зв'язані з генерацією, передачею та вимірюванням сигналів між вузлами/блоками. Крім того, розглядаються питання скоординованої роботи блоків, засоби та методи досягнення необхідної швидкості та точності. Варто зазначити, що на цьому

					СОА 2.008.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

етапі формується остаточна структурна блок-схема вимірювача частоти сигналів.

На рис.1.4 наведено структурну схему вимірювача

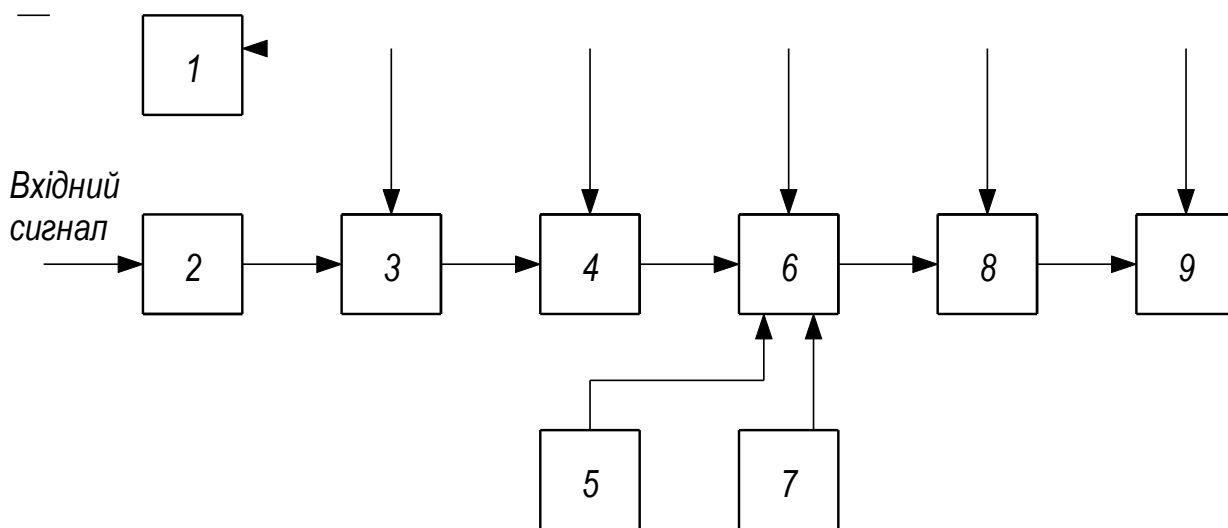


Рисунок 1.4 – Схема структурна вимірювача

На рис.1.4 встановлені позначення:

- 1 - Блок живлення
- 2 - Вхідний подільник
- 3 – Стоковий повторювач
- 4 - Формувач імпульсів
- 5 - Вузол керування
- 6 - Контролер
- 7 - Кварцовий резонатор
- 8 - Мікроконтролер РК індикатора
- 9 - РК індикатор

Сигнал подається на вхідний подільник 2, який здійснює захист вхідного каскаду вимірювача від напруги високої за амплітудою.

1-ий каскад вхідного формувача виконано схемотехнічно у вигляді стокового повторювача 3, що забезпечує значне збільшення вхідного опору вимірювача (>1МОм).

Блок формувача імпульсів 4 здійснює перетворення сигналу різних форм та амплітуди в послідовність нормованих за амплітудою імпульсів за наявністю крутих фронтів.

Кварцовий резонатор 7 здійснює задання тактової частоти функціонування контролера 6. В вимірювачі частоти передбачено програмно процес калібрування, що уможливорює використання будь-яких кварцових резонаторі діапазону 1-20 МГц. Проте оптимальною за значенням є частота 4МГц. При меншому значенні частоти знижується швидкісні параметри контролера, а при підвищеному значенні тактової частоти збільшується споживання контролером струму, що не є вагомою перевагою.

Блок керування 5 здійснює вибір режиму функціонування вимірювача та діапазон вимірювання.

Контролер 6 здійснює процес лічення поданих на вхід імпульсів в проміжку певного часового періоду (0,1/1/10 мкс).

Число імпульсів трансформується в код двійковий, та поступає на мікроконтролер РК-індикатора 8, який забезпечує формування «зображення» на РК дисплеї 9.

1.3 Проектування електричної принципової схеми та синтез параметричний вимірювача

Принципову схему вимірювача частоти реалізовано при використанні класичної схеми: подані до входу імпульси поступають на вхідний формувач, який реалізовано на транзисторних елементах VT1-VT3, який здійснює перетворення сигналу різних форм та різних амплітуд у послідовність нормованих за рівнем амплітуди імпульсів за наявністю крутих фронтів. Сформовані імпульси подаються до входу ПІС контролера (вив. 5,6 DD1), де здійснюється процес підрахунку кількості імпульсів за деякий проміжок часу (0,1/1/10 мксек). Число імпульсів трансформуються до виду двійкового коду

					СОА 2.008.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

та через інтерфейс (RB4-RB7) поступають на РКІ індикатор, де здійснюється перетворення в двійково-десятковий код та візуалізуються на індикаторі.

Вузол вхідного формувача має смугу пропускання в діапазоні 10-100 МГц. Нижній рівень межі у випадку синусоїдального сигналу визначається номіналами ємності конденсаторів С1-С2. Вузол першого каскаду виконано за схемою стокового повторювача, що забезпечує значне збільшення вхідного опору вимірювача ($>1\text{МОм}$). Діоди VD1-VD2 забезпечують захист транзистора VT1 від виходу з ладу у випадку подачі до входу високого рівня напруги (ліміт за рівнем амплітуди $U_{вх}=0,7\text{ В}$). На транзисторних елементах VT2-VT3 виконано вузол формування імпульсів. Резистор R7 забезпечує регулювання крутизни фронтів імпульсів для досягнення високого рівня чутливості в інтервалі високих частот.

В вимірювачі передбачено можливість програмування процесу калібрування, що забезпечує використання будь-яких кварцових резонаторів діапазону 1-20 МГц. Проте оптимальним значення є значення близьке до 4МГц. При меншому значенні частоти знижується швидкість функціонування ПІС контролера, а підвищеному значенні тактової частоти збільшується струм споживання мікроконтролеру, що не надає особливої переваги. Варто врахувати, що в у схемі кварцовий елемент збуджується на частоті паралельного резонансу.

При складанні вимірювача часто необхідно здійснити відкалібрування частоти кварцу. Процес калібрування здійснюється шляхом підбору конденсаторів С9-С10. Найзручніше здійснити заміну конденсатора С10 на конденсатор малогабаритний налаштовального типу номіналом до 22пФ.

Визначення справжньої частоти генерації кварцового резонатора можливе при підключенні зразкового вимірювача до роз'єму Х1 при положенні рукоятки налаштування С10 в положенні середини. Виміряне значення округляється до найближчого кратного 40Гц, наприклад, 4000000, 4000040, 4000080 Гц і т.д.

					СОА 2.008.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Після процесу калібрування варто підключити вимірювач і зразковий вимірювач до генератора сигналів з амплітудою 0,2-0,5 В та частотою 20-30 МГц. Остаточна точність відповідності показів частоти досягається через підстроювання С10. Якщо необхідно зменшити залежність частоту резонансу кварцу від значення температури, то необхідно ввести кварц. Проте в цьому особливої необхідності немає, тому що команди РІС формування часового інтервалу вимірювання програмно є добре відпрацьованими. Величини всіх часових інтервалів вимірювання налаштовані «по нулях» (100000 м.ц., 1000000 м.ц., 10000000 м.ц. (м.ц. - машинний цикл)).

РКІ реалізовано на базі мікроконтролера HD44780 «Hitachi». Індикатор складається з 2-ох рядків по 16 символів в кожній. Схема включення РКІ-модуля відображена на рис. 1.5.

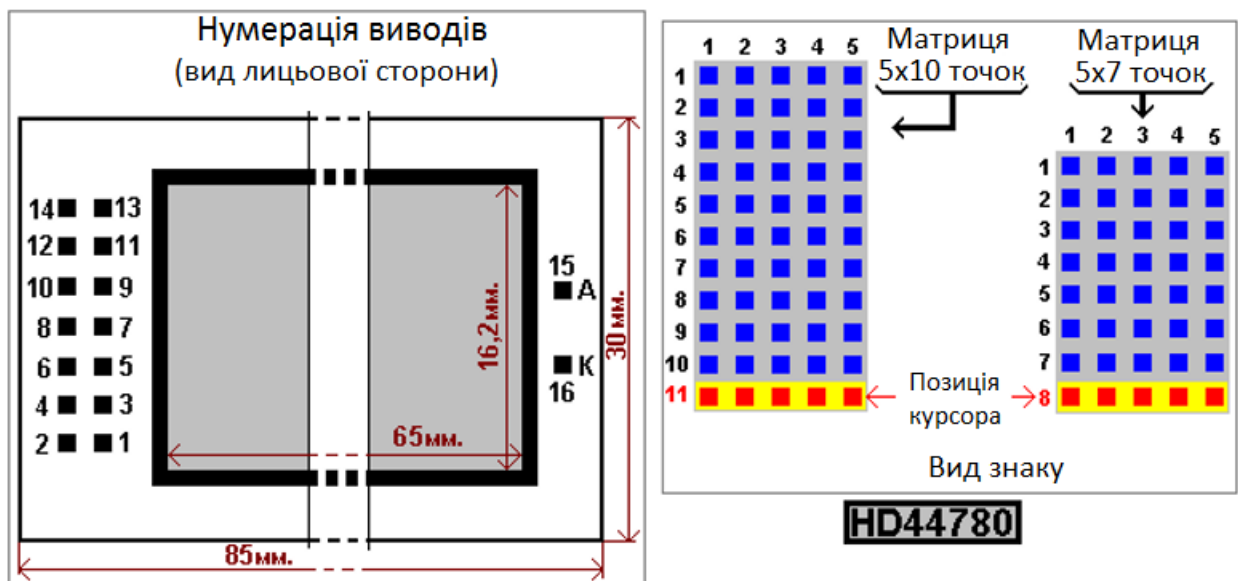


Рисунок 1.5 – Схема включення РКІ

Перевагою цього модуля відображення є наявність інтегрованої в м/к оперативної пам'яті даних та високої швидкості заповнення знакомісць символами, не викликає втомлюваність очей через відсутність ефекту мерехтіння розрядів, що є вагомим в режимі динамічної індикації.

В тригері передбачено наявність незалежної пам'яті налаштування, що забезпечує початок функціонування вимірювача (після ввімкнення) при такому режимі, при якому відбувалося функціонування на момент попереднього вимкнення живлення.

При функціонуванні вимірювача в режимі цифрової шкали при використанні КН1 - при переході до підрежиму - ПЧ (процес віднімання від результатів вимірювання значень проміжної частоти) або + ПЧ при натисканні КН2 (сумування результатів вимірювання та значення проміжної частоти), або синхронним натисненням КН1 і КН2 відбувається перехід до підрежиму встановлення користувачем значення ПЧ – здійснюється запис проміжної частоти (за замовчування ПЧ=10,7 МГц).

Здійснено параметричний синтез вузла вихідного каскаду вимірювача (рисунок 1.6).

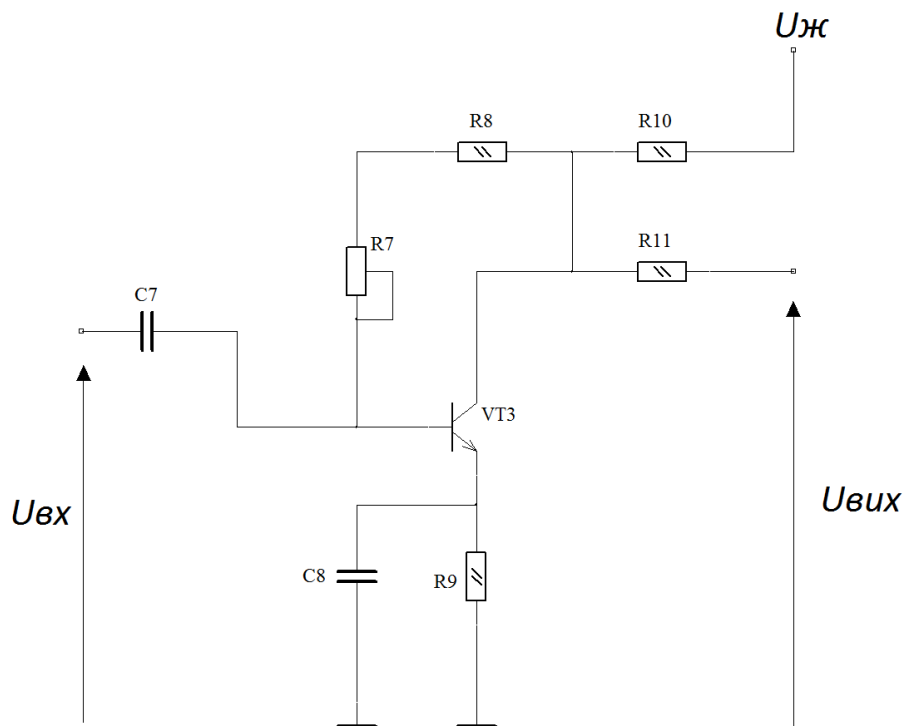


Рисунок 1.6 – Схемна реалізація вихідного каскаду вимірювача

Вихідні дані для розрахунку вихідного каскаду:

- рівень напруги живлення – 5 В;

					СОА 2.008.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

струму, яка забезпечує визначення взаємозв'язку колекторного струму I_c та напруги в колі колектору-емітера U_{CE} та постійним значенням струму в колі бази транзисторного елемента I_b . Лінія навантаження повністю є визначеною напругою $U_{ж}$ та номіналами резисторів $R3-R4$ і описується виразом:

$$U_{CE} = U_{ж} - R9 \cdot I_E - R10 \cdot I_C = U_{ж} - (R9 + R10) \cdot I_C. \quad (1.1)$$

Синтез схеми підсилювального каскаду за постійного струму при включенні транзистора зі СЕ здійснюється при використанні ідеалізованої матмоделі біполярного транзисторного елемента та його еквіваленту схемного.

Задано орієнтовну величину напруги насичення транзисторного елемента $U_{KE \text{ НАС}}=1\text{В}$ для розрахунку необхідної величини $U_{ж}$ задля підсилення:

$$U_{ж} = 1,5 \cdot 2\sqrt{2} \cdot U_{\text{вх}} \approx 4,3U_{\text{вх}}. \quad (1.2)$$

Рівень напруги $U_{ж}$ має відповідати ряду рекомендованих значень:

$$U_{ж} = (5; 6; 6,3; 9; 10; 12; 12,6; 15; 20; 24; 27; 30; 36) \text{ В.}$$

Якщо після обчислення $U_{ж}$ її значення не буде відповідним значенню рекомендованих величин, то необхідно здійснити приведення значення $U_{ж}$ приблизно до рекомендованих значень.

Задано опір у колі колектора:

$$R10 = (2...3)R_H \quad (1.3)$$

					СОА 2.008.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

$$R_{10} = (2...3)130 = 260...390 \text{ Ом.}$$

Вибрано значення опору R_{10} з гранично макс обчисленого значення, $R_{10}=390 \text{ Ом.}$

Задано рівень падіння напруги на R_9 (або на $R_9 + R_{33}$, якщо опір R_{33} є присутнім в схемі):

$$U_{R_9} = 0.25U_{\text{ж}} \quad (1.4)$$

$$U_{R_9} = 0.25 \cdot 5 = 1,25 \text{ В.}$$

Визначено величину загального опору навантаження:

$$R_{\text{екв}} = \frac{R_H R_{10}}{R_H + R_{10}} \quad (1.5)$$

$$R_{\text{екв}} = \frac{130 \cdot 390}{130 + 390} = 77 \text{ Ом.}$$

Визначено потрібну величину струму спокою колектора для робочої точки (+ 10% як запас при урахуванні можливої термонеустабільності):

$$I_{\text{к0}} \geq \frac{1,1U_{\text{ВНХ}}}{R_{\text{екв}}} \quad (1.6)$$

$$I_{\text{к0}} \geq \frac{1,1 \cdot 2,59}{77} \geq 0,037 \text{ А}$$

Опір R_9 повинен забезпечувати на ньому спад напруги на рівні 1,25В:

$$R_9 = \frac{U_{R_9}}{I_{\text{к.0}}} = \frac{1,25}{0,037} = 33 \text{ Ом.}$$

					СОА 2.008.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Напругу в колі колектора-емітера в робочій точці визначено з формули:

$$U_{к0} \geq U_{ВИХ} + U_H, \quad (1.7)$$

де U_H - напруга насичення транзисторного елемента,

$$U_{к0} \geq 1,25 + 3 = 4,25.$$

Рекомендовано враховувати для $U_{к0}$ величину необхідного запасу на термостабільність (до 10-15%).

Величина постійної потужності, яка буде розсіяна на колекторному елементі, $P_K = U_{к0} \cdot I_{к0}$ не має бути більшою граничного значення, яке взято з паспортних даних на транзисторний елемент.

Величина розмаху імпульсного струму на навантаженні:

$$I_{H.max} = \frac{2,82 \cdot U_{ВИХ}}{R_H} \quad (1.8)$$

$$I_{H.max} = \frac{2,82 \cdot 1,25}{130} = 0,027 \text{ А.}$$

При відомому значенні напруги живлення підсилювального вузла і max струму, який протікає на навантаженні, вибрано транзисторні елементи для вузла каскаду вихідного:

- $I_{к.max.доп} \geq 1,5I_{H.max} \geq 0,0405 \text{ А}$
- $U_{KE.max} = 2U_{Ж} = 10 \text{ В}$
- $P_{K.max} \geq 1,5P_K \geq 0,11475 \text{ Вт}$
- $f_T \geq f_B \geq 25 \text{ ГГц.}$

Цим параметрам задовольняє біполярний транзистор 2N6305.

					СОА 2.008.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Значення ємності конденсатора C8 рівне:

$$C8 = \frac{1}{2\pi f_{\Gamma} R9}, \quad (1.9)$$

$$C8 = \frac{1}{2 \cdot 32,16 \cdot 10^6 \cdot 3,14 \cdot 33} = 150 \text{ пФ.}$$

Потенціал на базі транзисторного елемента:

$$U_{\bar{b}} = U_{R9} + U_{\bar{b}e} \quad (1.10)$$

Сума опорів R7+R8 рівна:

$$R7 + R8 = \frac{U_{R9}}{I_{к.0} + I_{\bar{b},0}} \quad (1.11)$$

$$R7 + R8 = \frac{1,25}{1,12 \cdot 10^{-5}} = 112 \text{ кОм}$$

Прийнято опори R7 та R8 на рівні 56кОм.

1.4 Обґрунтований вибір елементної бази вимірювача

Для конструкційного проектування друкованої плати є необхідним процес підбору корпусів елементної бази електричної схеми принципової.

Якщо при виборі допустити серйозні помилки, це може призвести до збитків і затримок у налагодженні апаратури, але вони не є критично небезпечними, оскільки вони виявляються відразу.

					СОА 2.008.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

У радіоелектроніці можна розподілити всі елементи на дві категорії: активні та пасивні. Серед активних компонентів, які необхідно обрати можна виділити резистори, конденсатори та діоди, стабілітрони.

Особливістю цих компонентів є те, що струм протікаючий крізь них є залежним від рівня напруги, яку до них прикладено.

Спочатку підбрано резистори з постійним номіналом MF-12 та змінним KLS4-3296W. Важливу увагу було приділено значенню потужності допустимих для різних умов їх функціонування.

Окрім потужності враховано параметри експлуатації, ймовірнісні показники щодо довговічності та безвідмовності, режими функціонування та навантаження, габарити, вага, монтажні особливості і цінові показники.

В вимірювачі застосовано 11 резисторів серії MF-12 та 1 змінний серії KLS4-3296W з габаритами та конструктивними особливостями, які зображено на рис.1.8-1.9.

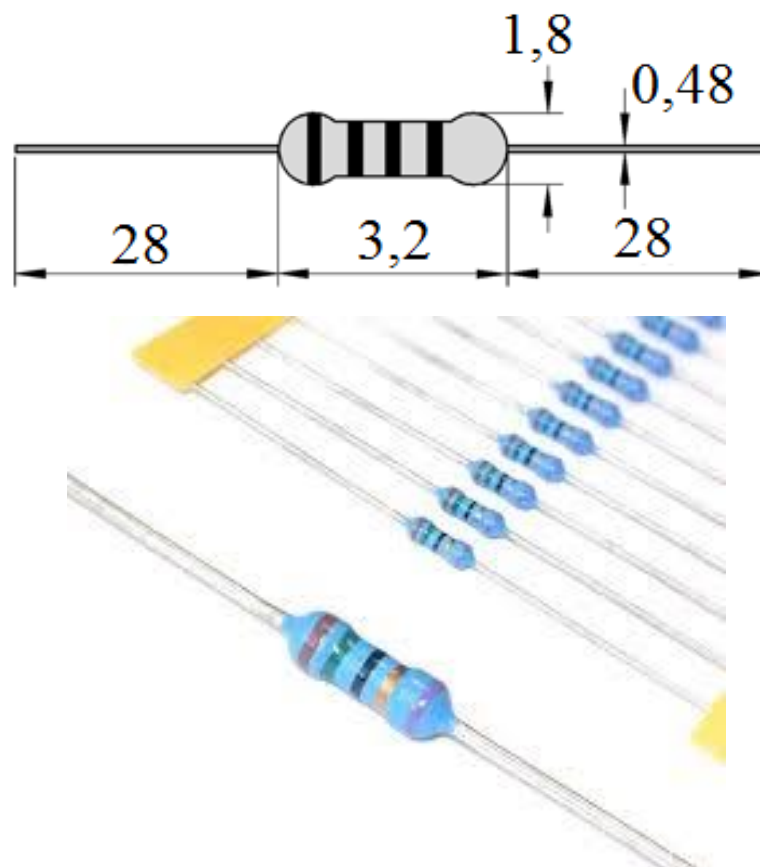


Рисунок 1.8 – Резистор серії MF-12

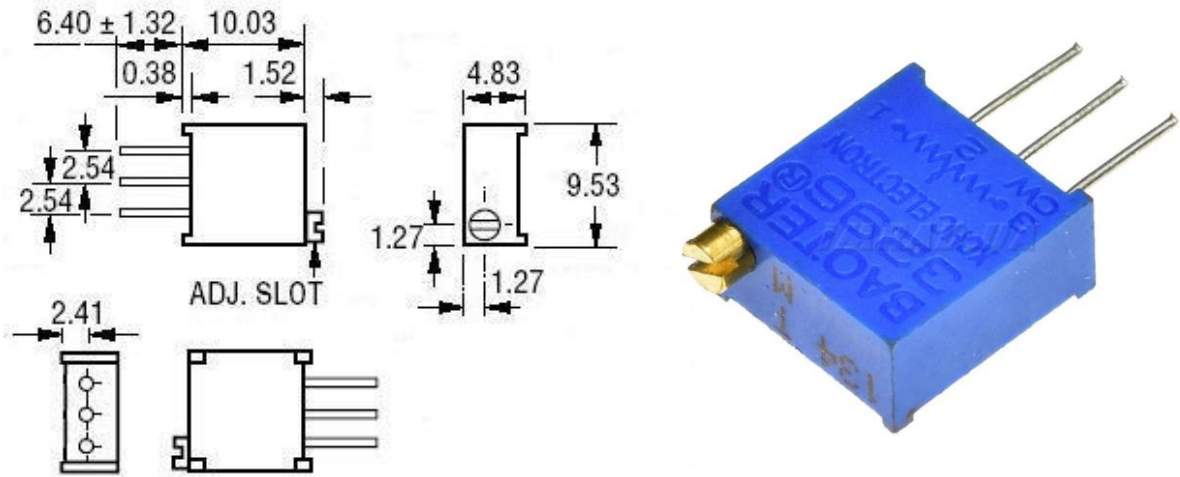


Рисунок 1.9 – Резистор серії KLS4-3296W

При виборі конкретних екземплярів конденсаторів враховано їх призначення, електропараметри та інші параметри. Для вимірювача обрано конденсатори серії CC4 (9 шт.) (керамічні) та серії ECAP-GS (електролітичні) (1 шт.), які відображено на рис.1.10-1.11.

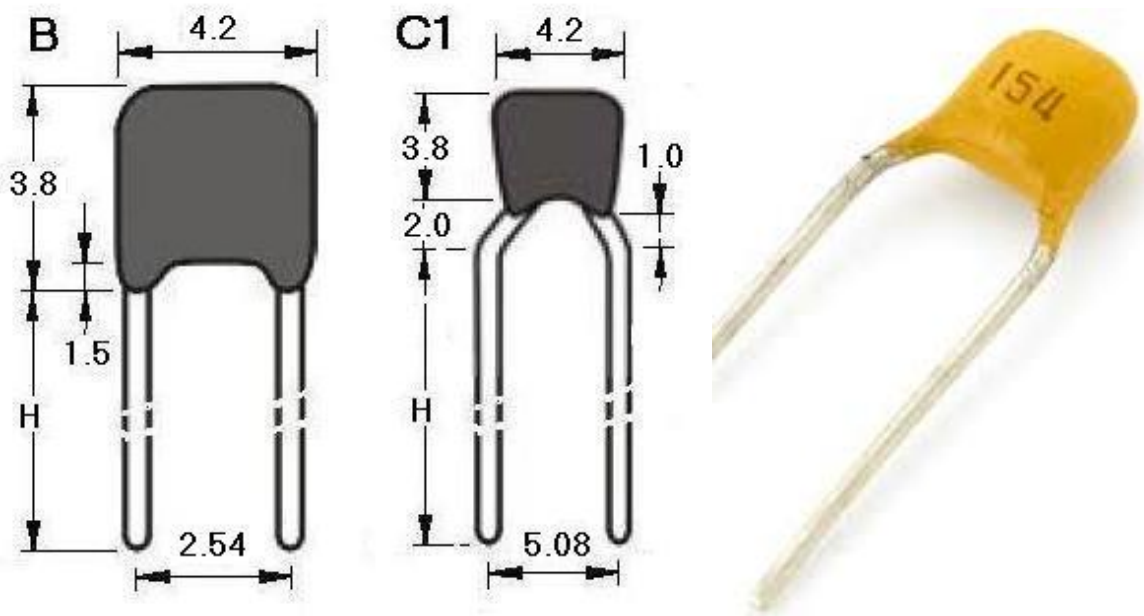
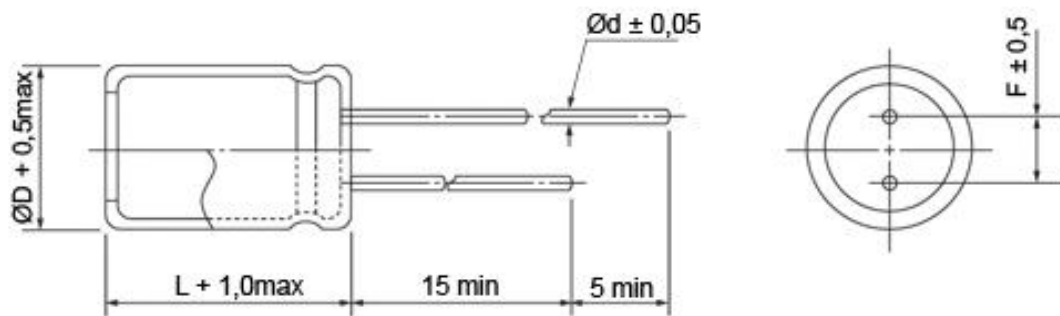


Рисунок 1.10 – Конденсатор серії CC4

					СОА 2.008.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24



ØD, мм	4	5	6,3
Ød, мм	0,45	0,45	0,45
F, мм	1,5	2,0	2,5



Рисунок 1.11 – Конденсатор серії ЕСАР-GS

В подальшому обрано 1 діодів серії 1N4148, вигляд та габарити якого наведено на рис.1.12.

					СОА 2.008.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

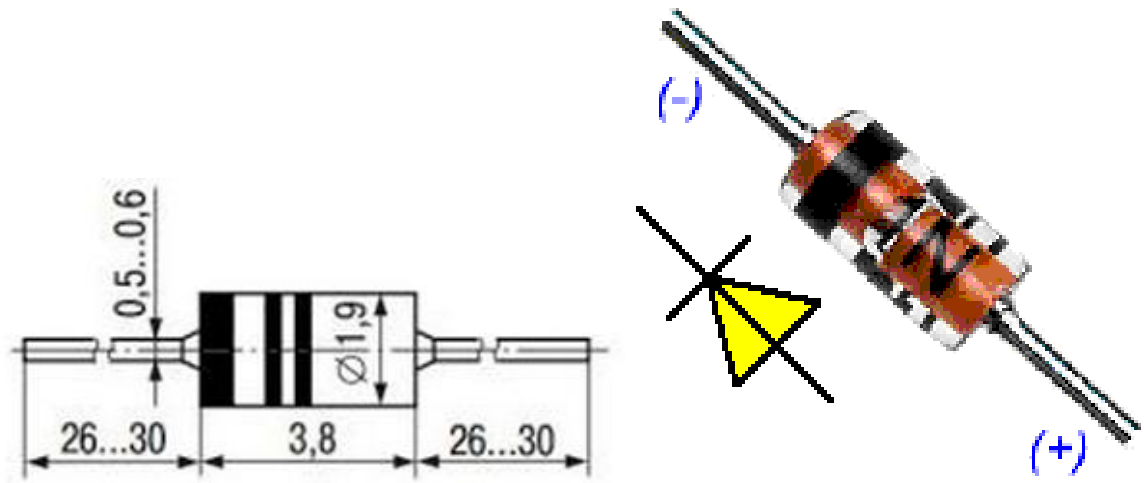


Рисунок 1.12 – Діод серії 1N4148

Активний тип елементів характеризується здатністю керування струму, що протікає крізь них при застосуванні напруги/світла/струму, яка до них прикладена. В вимірювачі обрано 4 серії транзисторів серії IRF740 та 2N6305, які відображено на рис.1.13-1.14.

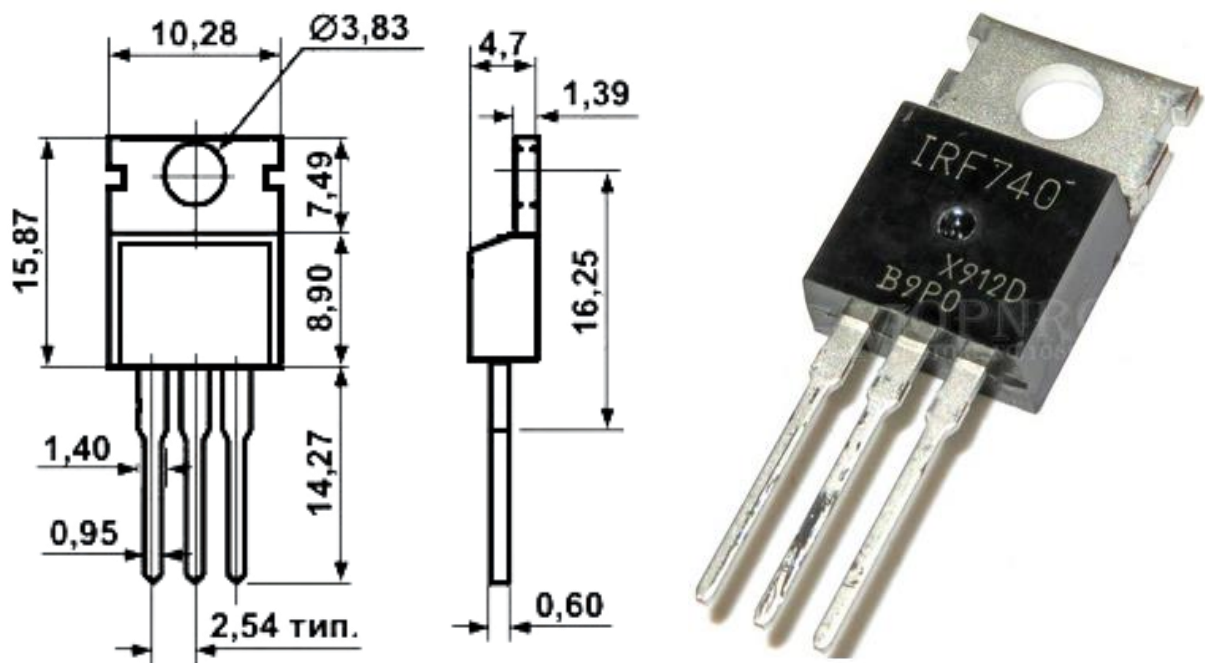


Рисунок 1.13 – Транзистор серії IRF740

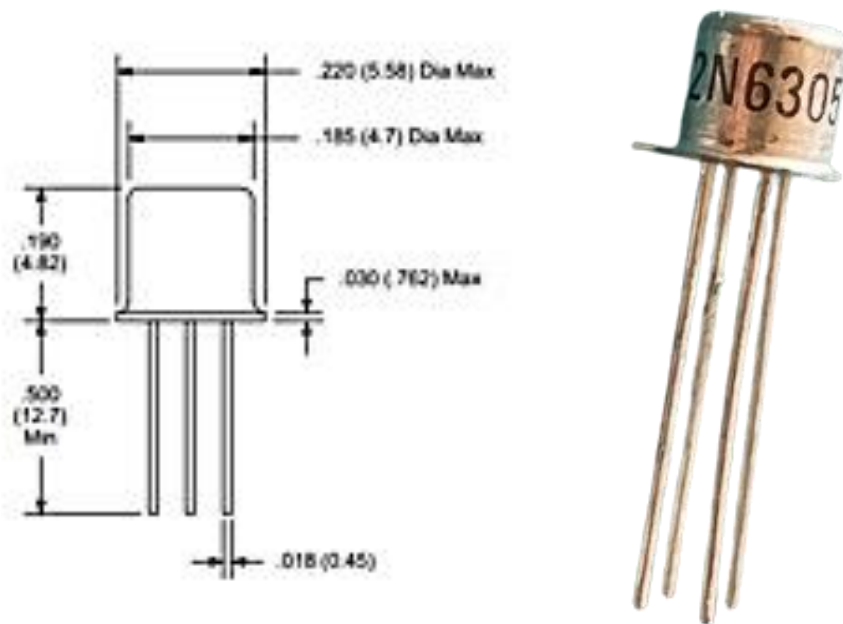


Рисунок 1.14 – Транзистор серії 2N6305

Після пасивних елементів обрано мікросхеми, які переважно функціонують підсилювачі, стабілізатори, модулятори, демодулятори, вузли керування сигналами як вхідними так і вихідними при використанні інтегрованого у їх пам'ять в вигляді програмного забезпечення.

Базовим мікросхемним елементом вимірювача є мікроконтролер DD1 серії PIC16F873 (рис.1.15).

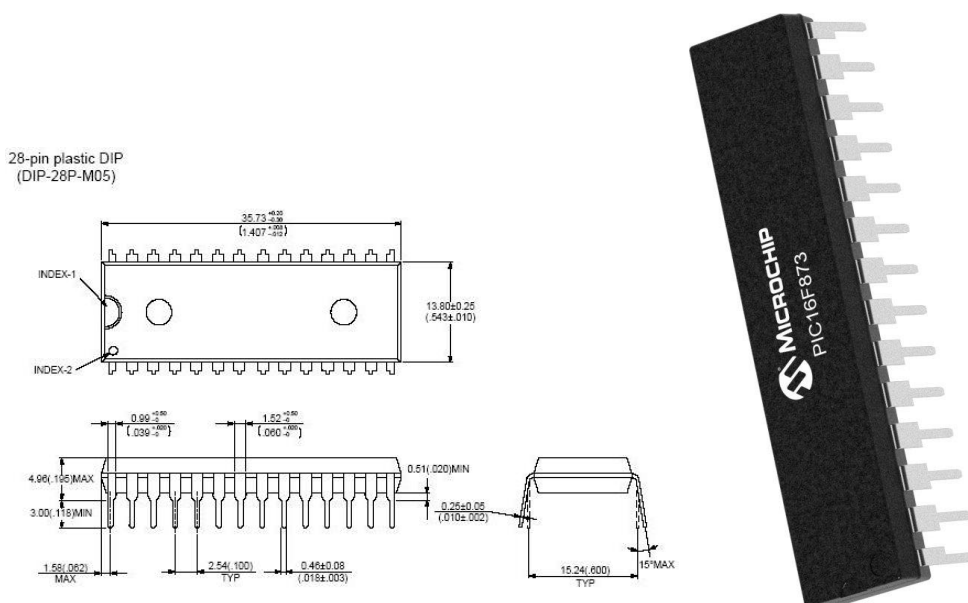


Рисунок 1.15– Мікросхема DD1 серії PIC16F873

					СОА 2.008.001 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Серед індикаторів вимірювача обрано РКІ серії HY-1602H7, який зображено на рис.1.16.

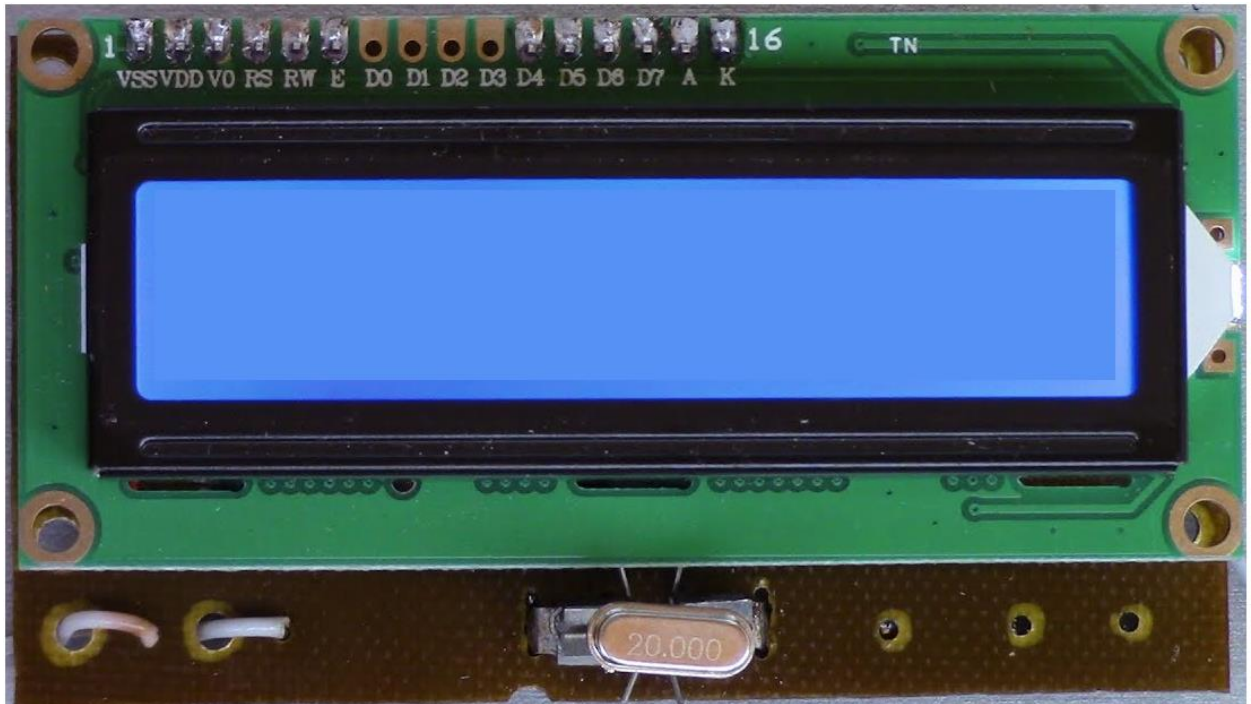


Рисунок 1.16– РКІ LCD1 серії HY-1602H7

Під час обирання елементів вимірювання застосовано довідники, реклами та інтернет-джерела, де наведено різноманіття серій елементів пасивного та активного типу. Базовими критеріями при обиранні елементів були ціновий показник (дешевизна), розміри, вага низька та стандартизованість елементів і уніфікованість, що є важливим при ремонтних роботах вимірювання на рівні заміни елементів.

1.5 Технологічний процес виготовлення вимірювача

Проектований вимірювач виконано на платі друкованій (ПД) двосторонній (рис.1.17).

					СОА 2.008.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

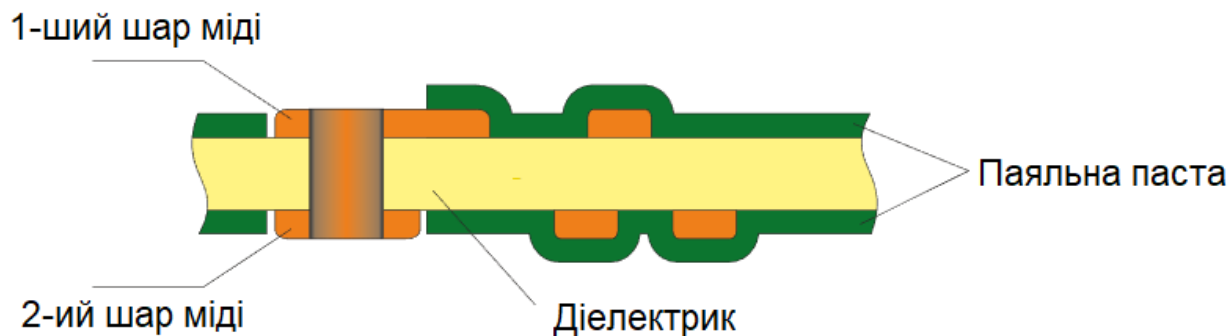


Рисунок 1.17 - Структура ПД

На сьогоднішній день найбільшого поширення набули дві техніки нанесення припойних паст на ПД: трафаретний друк та диспансерне (метод дозування) нанесення. Перша більше підходить серійному та масовому виробництву, друга – прототипному та дрібносерійному. Такий поділ зумовлений продуктивністю відповідної технології та вартістю обладнання.

Природно, що трафаретний друк дає більш точні результати, але і він важко справляється з кроком контактних майданчиків 0,4 мм, що вже не рідкість. Крім того, виготовлення якісного трафарету - процедура, яка потребує спеціального обладнання та додаткових витрат.

Враховуючи темпи розвитку електронних компонентів та постійну тенденцію до мініатюризації, можна з упевненістю говорити, що і без того дорогі технологічні процеси складання постійно зростатимуть у ціні, тому можна внести відповідні коригування в технологію виготовлення друкованих плат.

Європейські виробники починають використовувати нові методи нанесення паст: Optipad, Sipad, Precision Pad Technology (PPT) (рис.1.18). Усі вони полягають у зміні технологічного процесу виготовлення ПД. Природно, що добре налагоджений за багато років техпроцес виготовлення стане дорожчим, але це не вплине на вартість готового виробу: процес збирання скоротиться на кілька етапів, пов'язаних з нанесенням пасти.

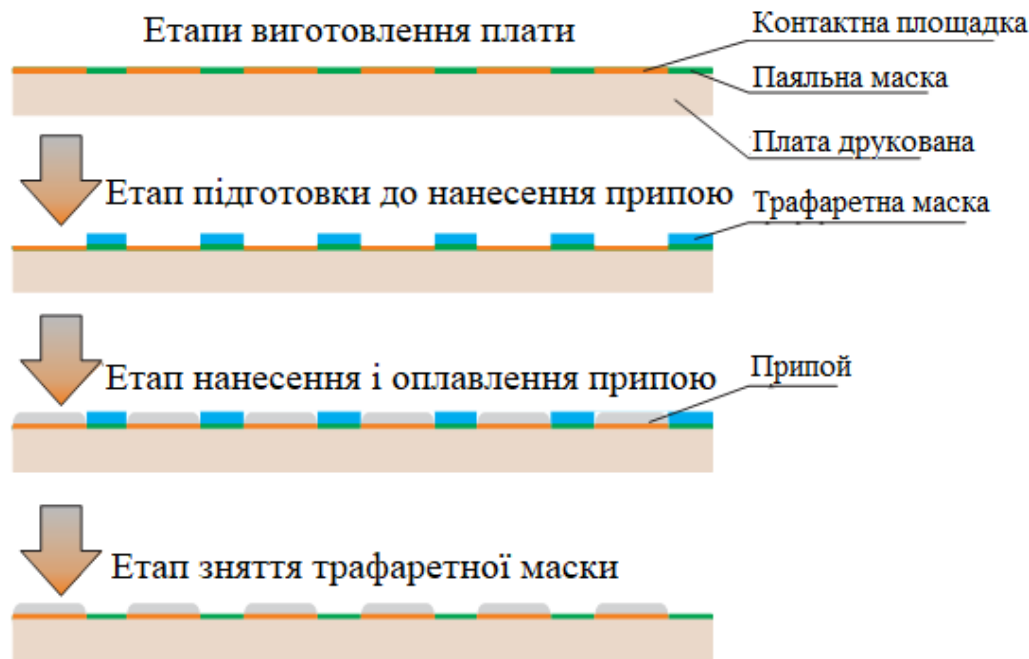


Рисунок 1.18 – Техпроцес виготовлення ПД Optipad

Технологія Optipad (рис.1.19) передбачає використання світлочутливої маски, яка грає роль трафарету. На плату наносяться маски різних типів: основна маска – кислотостійка, трафаретна маска – стійка до дії лугів, або навпаки. Трафаретна маска наноситься поверх паяльної маски плати. Оскільки апертури в цьому випадку формуються фотолітографічними методами, точність набагато вища за традиційну технологію трафаретного друку. Після нанесення трафаретної маски паяльна паста заповнює апертури і, оплавившись, утворює на платі готові для складання контактні майданчики. Після охолодження припою паяльна маска видаляється. При цьому товщина припою визначається завтовшки трафаретної маски.

Технологія Sipad має на увазі використання самої паяльної маски як трафарет. Товщина припою, як і попередньому випадку, визначається товщиною паяльної маски. Паяльна паста, як і в традиційній технології, наноситься через паяльну маску та оплавляється. Здавалося б, у цьому випадку можна не оплавляти пасту і встановлювати компоненти прямо на неї (як у традиційній технології), проте рельєф друкованої плати такий, що в

порожнинах паяльної маски залишаються надлишки припойної пасти, які при оплавленні можуть утворити закоротко на висновках компонентів.

Тому кінцевим етапом технології Sipa є відмивання паяльної маски.

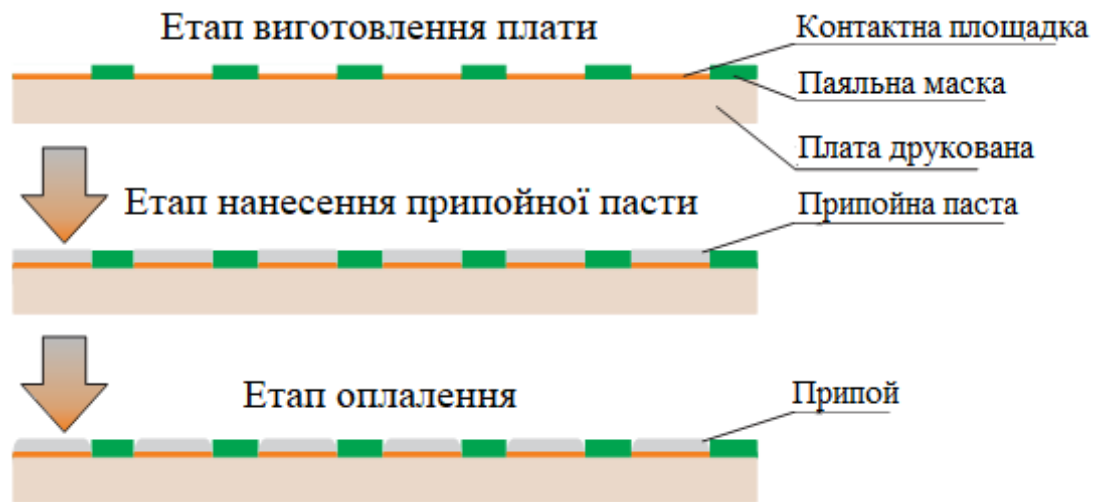


Рисунок 1.19 - Техпроцес виготовлення ПД Sipa

Технологія PPT (рис. 1.20) також передбачає використання паяльної маски плати як трафарет, але за допомогою додаткового зовнішнього трафарету (товщина паяльної маски повинна бути більшою за товщину контактних майданчиків). На готову ПД встановлюється трафарет невеликої товщини. Через нього в апертурі паяльної маски наноситься та оплавляється паста. Такий підхід дозволяє збільшити товщину припою порівняно з товщиною паяльної маски. А відмінність полягає у суттєвому підвищенні точності – зовнішній трафарет призначений лише для «загонки» основної кількості паяльної пасти в апертурі маски. Отже, немає потреби суворо базувати зовнішній трафарет на ПД. Неточності, що виникнуть при цьому, будуть усунені на етапі оплавлення: під дією сил поверхневого натягу розплавлений припій утворює на контактних майданчиках рівномірні пагорби.

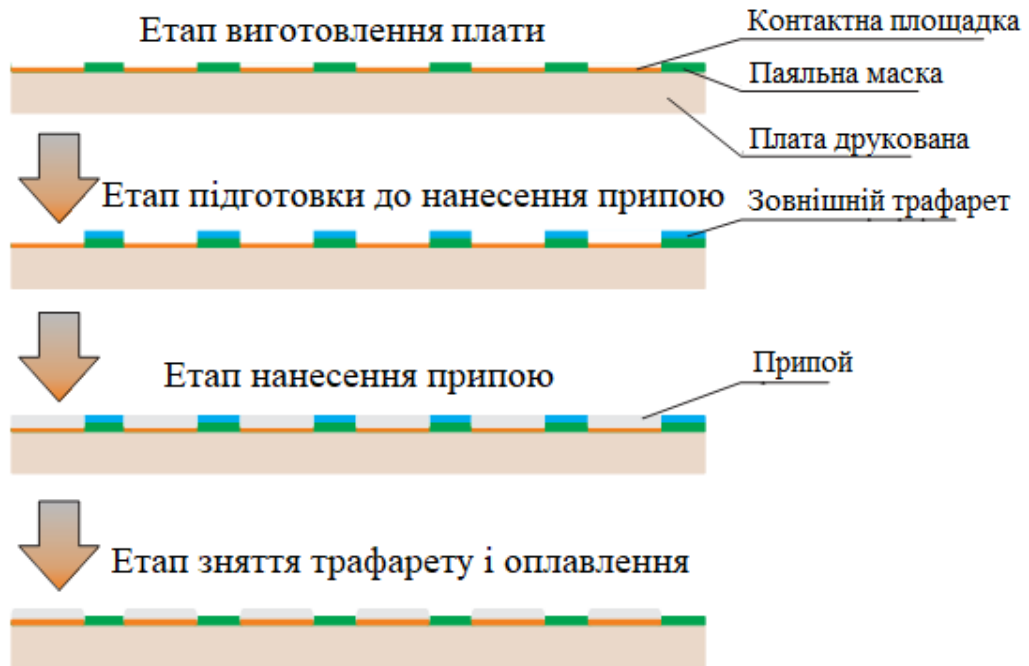


Рисунок 1.20 - Техпроцес виготовлення ПД РРТ

Достатню силу утримання компонента дає флюсування контактів друкованої плати. Крім того, можна скористатися адгезивами, але для цього знадобиться щонайменше ручний диспенсер.

Технології нанесення припойних паст дозволяють позбавитися дорогого обладнання та скоротити кількість операцій у складальному процесі, а отже, збільшити його продуктивність. Вартість виготовлення друкованої плати вимірювача, що незначно зростає, компенсується виграшем у вартості складального процесу.

Безперечно, що описані методи добре адаптуються на підприємствах, де є виготовлення ПТ і складально-монтажне виробництво. Для виробників ПТ вимірювача ці методи можуть бути альтернативою дорогого HAL-процесу (обслуговування з вирівнюванням гарячими повітряними ножами).

Результат проектування ПД вимірювача в утиліті PCB САПР P-CAD відображено на рис.1.21.

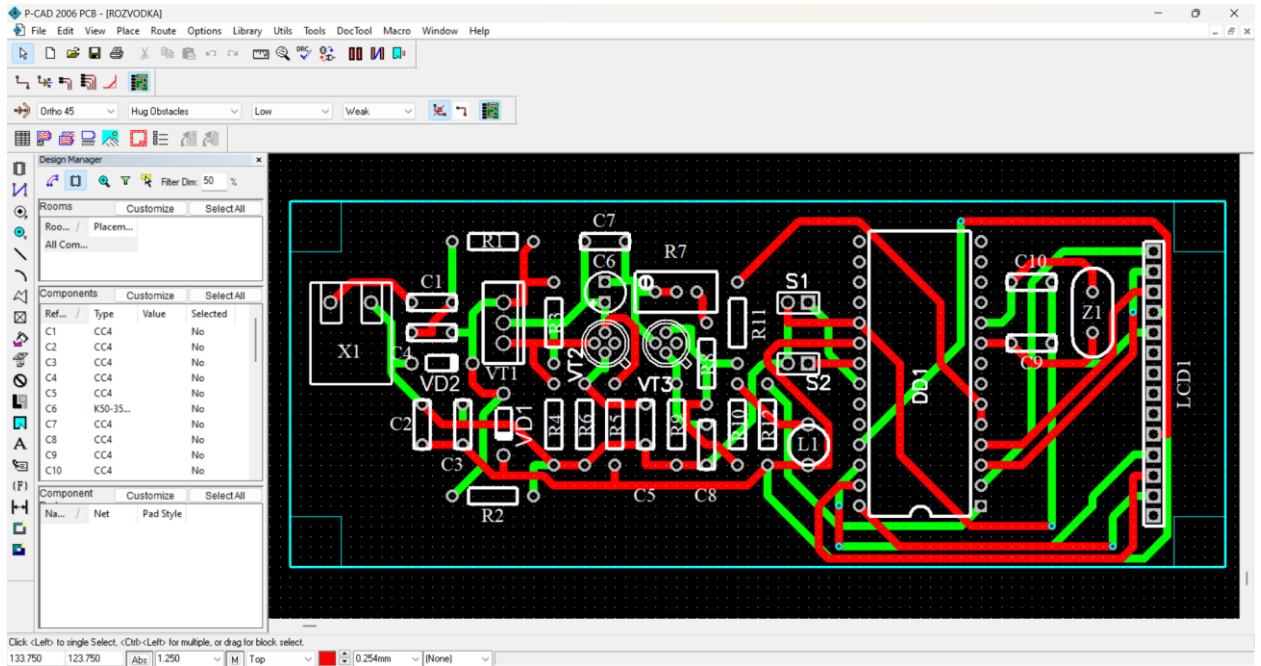


Рисунок 1.21 - Результат трасування ПД вимірювача

Результат перевірки ПД на помилки (DRC) відображено на рис.1.22.

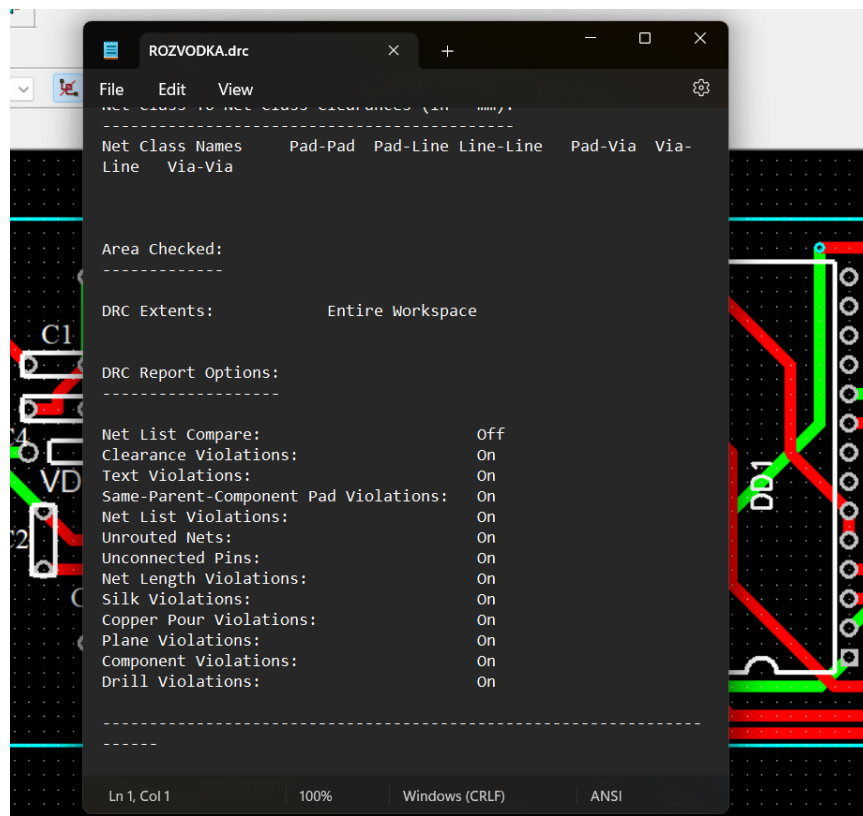


Рисунок 1.22 - Результат перевірки друкованої плати на DRC

За результатами перевірки трасування ПД встановлено, що попередження щодо помилок відсутні.

1.6 Розрахунок показника надійності вимірювача

Оцінка надійності вимірювача необхідна на кількісному рівні, щоб здійснити порівняння між різними об'єктами з точки зору їх надійності. Просте визначення якості вимірювача (висока, низька, прийнятна тощо) недостатнє.

Значення надійності елементів вимірювача є базовим фактором, який впливає на показник інтенсивності відмови вимірювача загалом. Потужність відмови є напрямку залежною від конструктивних особливостей, якісного показника виготовлення вимірювача, умови використання та електронавантажень. Рівень впливання зовнішнього фактору на показник надійності елементів можна оцінити при застосуванні коефіцієнту навантаження K_P . Цей коефіцієнт є відношенням реального значення до передбачуваного. Резисторам передбачена встановлена потужність $P_H = 0.125A$, а по факту спостерігається розсіювання. Коефіцієнт K_P за рівнем потужності рівний:

$$K_P = \frac{P_\Phi}{P_H} = \frac{0,05}{0,125} = 0.4.$$

У випадку номінального значення напруга робоча для конденсаторного елемента складає $U_H = 20 B$, а по факту прикладено напругу до обкладок його на рівні $U_H = 5 B$. При такій ситуації K_P для конденсатора рівний:

$$K_P = \frac{U_\Phi}{U_H} = \frac{5}{20} = 0,25.$$

					СОА 2.008.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Якщо збільшити K_p потужність відмови елементів буде збільшено.

У табл. 1.1 наведено елементи вимірювання, їх кількість та потужність відмови.

Таблиця 1.1 – Елементи вимірювача та їх відмови

Елементи вимірювача	К-сть	λ_0 , 1/год	Потужність, λ_0'
ЕСАР-GS	1	$0,785 \cdot 10^{-6}$	$0,785 \cdot 10^{-6}$
CC4	9	$0,455 \cdot 10^{-6}$	$4,095 \cdot 10^{-6}$
MF-12	11	$1,15 \cdot 10^{-6}$	$12,65 \cdot 10^{-6}$
PIC16F873	1	$2,5 \cdot 10^{-6}$	$2,5 \cdot 10^{-6}$
IRF740, 2N6305	1	$0,85 \cdot 10^{-6}$	$0,85 \cdot 10^{-6}$
KLS4-3296	1	$2,1 \cdot 10^{-6}$	$2,1 \cdot 10^{-6}$
1N4148	2	$0,78 \cdot 10^{-6}$	$1,56 \cdot 10^{-6}$
TBG-5-KB-2P/GN	1	$0,7 \cdot 10^{-6}$	$0,7 \cdot 10^{-6}$
KM1	2	$2,1 \cdot 10^{-6}$	$4,2 \cdot 10^{-6}$
Кварц	1	$1,65 \cdot 10^{-6}$	$1,65 \cdot 10^{-6}$
LCD	1	$2,1 \cdot 10^{-6}$	$2,1 \cdot 10^{-6}$
Усього			$33,19 \cdot 10^{-6}$

Потужність відмови елементів вимірювача рівна:

$$\lambda = \sum \lambda_0' = 33,19 \cdot 10^{-6} \left(\frac{1}{\text{год}} \right); \quad (1.12)$$

Середнє значення відмовного напрацювання:

$$T_{\text{СЕР}} = \frac{1}{\lambda} = 30129 \text{ год.}$$

					СОА 2.008.001 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Величина ймовірності безвідмовного напрацювання вимірювача є залежною від часового показника t_p впродовж якого вимірювач здатний функціонувати без відмов та є рівною:

$$P(t) = e^{-\lambda t_p} = e^{-33,19 \cdot 10^{-6} \cdot 6000} = 0,82. \quad (1.13)$$

Ймовірність $P(t)$ відображає, яка складова вимірювача здатна функціонувати коректно в проміжку заданого інтервалу часу t_p .

Показник надійності вимірювача передусім визначається показниками надійності та кількістю застосованих в вимірювачі елементів. Оскільки надійність є одним з базових показників вимірювача, тому в процесі його проектування апаратуру треба здійснити оцінювання поруч з решту показниками і на підґрунті обчислень формулювати висновки про коректність обраної схеми і конструктивного виконання вимірювача як кінцевого виробу. Під час проектування за умов невизначеності режимів функціонування схеми проводять орієнтовані обчислення при заданих орієнтованих даних, що задають умови функціонування вимірювача.

Отже, при апріорно заданому часу безвідомоног офункціонування вимірювача на рівні $t_p = 6000$ ймовірність $P(t)$ складатиме 0,82 у відповідності до розрахунків.

Базуючись даними щодо кількості та надійності елементів вимірювача отримано такі дані:

$$\lambda = 33,19 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{ГОД}} \quad T_{\text{СЕР}} = 30129 \text{ год}$$

					СОА 2.008.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

При таких обчислених значеннях $t_p = 6000$ та T_{CEP} для вимірювача ймовірність дорівнює $P(t) = e^{-\lambda t_p} = 0,82$.

Дослідимо показники $P(t)$ під навантаженням та без не навантаженого резерву вимірювача при кратності

$$\text{Якщо } m=1, \text{ то } P(t)_{НАВАНТ.} = 1 - (1 - P(t))^2 = 1 - (1 - 0,82)^2 = 0,9676.$$

$$\text{Якщо } m=1, \text{ то } P(t)_{НЕНАВАН.} = P(t) \cdot \left(1 + \frac{t_p}{T_{cep}}\right) = 0,82 \cdot \left(1 + \frac{6000}{30129}\right) = 0,983.$$

При використанні формул визначено значення T_{cp} і λ у випадку тоді, коли вимірювач отримує показник P за відсутності резервувань:

- $P(t) = 0,983$:

$$\lambda = -\frac{\ln P(t)_{P \text{ НЕНАВАН.}}}{t_p} = -\frac{\ln 0,983}{6000} = 2,85 \cdot 10^{-6} \left(\frac{1}{\text{ГОД}}\right); \quad (1.14)$$

$$T_{ep} = \frac{1}{\lambda_1} = \frac{1}{2,85 \cdot 10^{-6}} = 349932 \text{ год}; \quad (1.15)$$

- $P(t) = 0,9676$:

$$\lambda = -\frac{\ln P(t)_{P \text{ НАВАН.}}}{t_p} = -\frac{\ln 0,976}{6000} = 4,04 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{ГОД}} \quad (1.16)$$

$$T_{cp} = \frac{1}{\lambda_2} = \frac{1}{4,04 \cdot 10^{-6}} = 246987 \text{ год} \quad (1.17)$$

Навантажувальний і не навантажувальний резерви забезпечують незначне підвищення показника надійності функціонування вимірювача. Такий ефект досягається шляхом не підвищення показника ваги та габаритів вимірювача, а шляхом пониження рівня потужності відмови вимірювання в

					СОА 2.008.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

тричі. В такому необхідно передбачити полегшення режимів функціонування вимірювача та замінити його низькі за надійністю елементи.

Значення надійності вимірювача залежить від коректності спостережуваного процесу та дотримання апріорно визначених експлуатаційних умов; від завчасного і якісного здійснення профілактичних оглядів/ремонтів. Високий рівень показника надійності може бути притаманний вимірювачу в процесі його виробництва коли застосовано процеси автоматизації та механізації. Загалом найвищий показник надійності у вимірювачі має мікроконтролер DD1 PIC16F873.

1.7 Висновки до розділу 1

У розділі проаналізовано завдання на роботу та сформована актуальність щодо проектування мікропроцесорного вимірювача частоти сигналу.

Наведено опис етапів проектування мікропроцесорного вимірювача частоти сигналу, а саме етапу проектування схеми структурної, яка створила фундамент щодо проектування схеми електричної принципової. Для реалізації схеми електричної застосовано утиліту Schematic САПР P-CAD.

Реалізовано параметричний синтез схеми електричної та описано процес вибору елементів мікропроцесорного вимірювача.

Здійснено опис технологічного процесу виготовлення плати друкованої мікропроцесорного вимірювача частоти сигналу та обчислено показник надійності вимірювання як при навантаженнях так і без них.

Для проектування плати друкованої мікропроцесорного вимірювача частоти сигналу застосовано утиліту РСВ САПР P-CAD.

					СОА 2.008.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

2 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

2.1 Забезпечення протипожежного захисту робітників та службовців при виробництві вимірювача частоти сигналу

Підприємство з випуску вимірювача є пожежонебезпечним, тому актуальним є забезпечення протипожежного захисту робітників та службовців, які на них працюють. Заходи протипожежного захисту здійснюються з дотриманням вимог глави 13 Кодексу цивільного захисту України від 02.10.2012 р. №5403-VI.

Всі заходи організаційно-технічного характеру протипожежного захисту на виробництві вимірювача частоти сигналу на об'єкті можна підрозділити на організаційні, технічні, режимні та експлуатаційні.

Забезпечення пожежної безпеки є складовою частиною виробничої або іншої діяльності посадових осіб, працівників підприємств та підприємців. Це повинно бути відображено у трудових договорах (контрактах) та статутах підприємств.

Керівник підприємства з випуску ДРС повинен визначити обов'язки посадових осіб щодо забезпечення пожежної безпеки, призначити відповідальних за пожежну безпеку окремих будівель, споруд, приміщень, ділянок, технологічного та інженерного устаткування, а також за утримання і експлуатацію технічних засобів протипожежного захисту. Обов'язки щодо забезпечення пожежної безпеки, утримання та експлуатації засобів протипожежного захисту мають бути відображені у відповідних посадових документах (функціональних обов'язках, інструкціях, положеннях тощо).

На кожному підприємстві з урахуванням його пожежної небезпеки наказом (інструкцією) повинен бути встановлений відповідний протипожежний режим, в тому числі визначені:

- можливість (місце) паління, застосування відкритого вогню та

					СОА 2.008.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

побутових нагрівальних приладів;

- порядок проведення тимчасових пожежонебезпечних (в тому числі зварювальних) робіт;
- правила проїзду та стоянки транспортних засобів;
- місця для зберігання і допустима кількість сировини, напівфабрикатів та готової продукції, які можуть одночасно знаходитися у виробничих приміщеннях і на території (у місцях зберігання);
- порядок прибирання горючого пилу та відходів, зберігання промасленого спецодягу і шмаття, очищення повітроводів вентиляційних систем від горючих відкладень;
- порядок відключення від мережі електрообладнання у разі пожежі;
- порядок огляду і зачинення приміщень після закінчення роботи;
- порядок проходження посадовими особами навчання та перевірки знань з пожежної безпеки, а також проведення з працівниками протипожежних інструктажів та занять з пожежно-технічного мінімуму з призначенням відповідальних за їх проведення;
- порядок організації експлуатації і обслуговування наявних технічних засобів протипожежного захисту (протипожежного водопроводу, насосних станцій, вогнегасників тощо);
- дії працівників у разі виявлення пожежі.

Для об'єктів з перебуванням людей вночі інструкції мають передбачати два варіанти дій відповідно у денний та нічний час.

Усі працівники при прийнятті на роботу і за місцем здійснення професійної діяльності повинні проходити інструктаж з питань пожежної безпеки (вступний, первинний, повторний на робочому місці, позаплановий та цільовий). Посадові особи до початку виконання своїх обов'язків і періодично один раз на 3 роки мають проходити навчання і перевірку знань з питань пожежної безпеки.

Отже, організаційні заходи пожежної безпеки передбачають:

					СОА 2.008.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

організацію пожежної охорони на об'єкті, проведення навчань з питань пожежної безпеки (включаючи інструктажі та пожежно-технічні мінімуми), застосування наочних засобів протипожежної пропаганди та агітації, проведення перевірок, оглядів стану пожежної безпеки приміщень, будівель, об'єкта в цілому та ін.

До технічних заходів належать: суворе дотримання правил і норм, визначених чинними нормативними документами при реконструкції приміщень, будівель та об'єктів, технічному переоснащенні виробництва, експлуатації чи можливому переобладнанні електромереж, опалення, вентиляції, освітлення і т. п.

Заходи режимного характеру передбачають заборону куріння та застосування відкритого вогню в недозволених місцях, недопущення появи сторонніх осіб у вибухонебезпечних приміщеннях чи об'єктах, регламентацію пожежної безпеки при проведенні вогневих робіт тощо.

Експлуатаційні заходи охоплюють своєчасне проведення профілактичних оглядів, випробувань, ремонтів технологічного та допоміжного устаткування, а також інженерного господарства (електромереж, електроустановок, опалення, вентиляції).

2.2 Охорона праці при проектуванні вимірювача

Під час проектування мікропроцесорного вимірювача частоти сигналу враховано всі небезпечні фактори ризику (перевищений рівень шуму та вібрацій, електротравматизм, негативний вплив освітлення приміщення та інші), які би негативно впливали на рівень безпеки обслуговуючого персоналу в процесі експлуатації вимірювача.

Оскільки вимірювач, живиться безпосередньо від електромережі, тому необхідно максимізувати рівень електробезпеки обслуговуючого персоналу шляхом адекватного дотримання правил роботи з

					СОА 2.008.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

електроприладами, зокрема системою, які прописані в стандарті ДСТУ ІЕС 61140:2005. Захист проти ураження електричним струмом. Загальні аспекти щодо установок та обладнання (61685).

Із врахуванням вище сформульованого припущення, встановлена необхідність розроблення рекомендації по питанням охорони праці при роботі з вимірювачем шляхом аналізу негативного впливу електричного струму на обслуговуючий персонал при роботі із ним, способів нормування та захисту від його дії.

Внаслідок дії електричного струму на організм обслуговуючого персоналу під час експлуатації вимірювача може виникнути загальна (електричний удар) або місцева електротравма (опіки, електричні знаки, електрометалізація шкіри, механічні пошкодження). Розрізняють три ступені впливу струму при проходженні через організм людини (змінний струм):

- відчутний струм – початок болісних відчуттів (до 0-1,5 мА);
- невідпускний струм – судоми і біль, важке дихання (10-15 мА);
- фібриляційний струм – фібриляція серця при тривалості діє струму 2-3с, параліч дихання (90-100 мА).

На рис. 2.1 зображено основні фактори, які впливають на організм людини при ураженні електричним струмом.

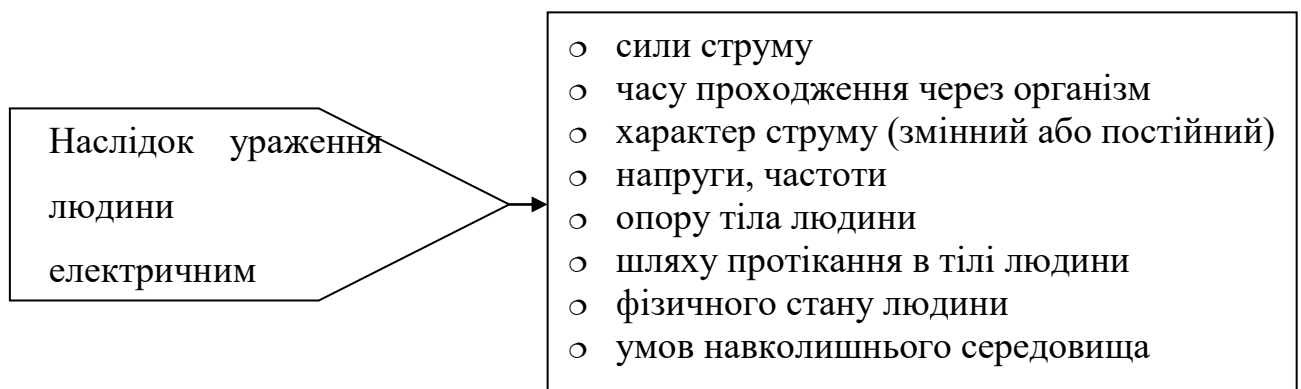


Рисунок 2.1 - Фактори впливу електричного струму на людину

					СОА 2.008.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Правильне визначення необхідних засобів та заходів обслуговуючого персоналу від ураження електричним струмом необхідно враховувати гранично допустимі значення напруги дотику та струмів, що проходять через тіло людини по шляху "рука - рука" чи "рука - ноги" (табл. 2.1) (регламентується ДСТУ ГОСТ 12.1.038:2008 «Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Гранично допустимі значення напруг дотику і струмів»).

Таблиця 2.1 - Гранично допустимі значення напруги дотику та сили струму, що проходить через тіло людини

Вид струму	Нормоване значення	Тривалість струму, сек					
		0,1	0,2	0,5	0,7	1	Більше 1
Змінний, 50 Гц	Напруги дотику, В (не більше)	500	250	100	70	50	36
	Сила струму, мА (не більше)	500	250	100	70	50	6

Основне завдання електробезпеки - мінімізувати можливість негативного впливу електричного струму на людину. Досягти цієї мети можна за допомогою таких заходів і засобів: 1) безпечною і надійною конструкцією елементів системи; 2) організаційними та технічними заходами щодо безпечної експлуатації системи та використання електричної енергії; 3) технічними засобами захисту.

У даному випадку це досягнуто шляхом конструктивного виконання складових системи класу I, який відповідає вимогам технічних умов і стандарту ДСТУ ГОСТ 12.1.038:2008. Згідно класу I складові системи мають робочу ізоляцію і виконаний таким чином, що підключити його до електричної мережі можна лише після під'єднання корпусу до заземлювача (нульового захисного провідника), а при від'єднанні від мережі - корпус

відключається від заземлювача (нульового захисного провідника) в останню чергу.

Стан ізоляції струмопровідних частин відповідає правилам використання системи. Цими правилами передбачене періодичне випробування ізоляції 2 рази на рік у приміщеннях зі складними умовами, підвищеною вологістю і 1 раз на рік у приміщеннях з нормальним середовищем. Ізоляція створює великий опір, який перешкоджає протіканню через неї струму. Опір ізоляції складових системи становить не меншим 0,5 МОм (згідно вимог ДСТУ ГОСТ 12.1.038:2008). Якщо опір ізоляції знижується на 50% від початкового, мережу або ізоляцію необхідно замінити.

При роботі в приміщеннях без підвищеної небезпеки напруга складових системи повинна бути не більше 220 В. При роботі в приміщеннях з підвищеною небезпекою і за межами приміщень напруга складових системи повинна бути не більше 36 В. В особливих умовах дозволяється використовувати вимірювач з напругою до 220 В, але при наявності захисного відключення або надійного заземлення корпусу з використанням захисних засобів (діелектричні рукавички, килимки, калоші).

Захисне заземлення - навмисне електричне з'єднання із землею металевих струмопровідних неструмоведучих частин, на яких може з'явитися напруга. Заземлення - це сукупність заземлювача і заземлювальних провідників. Заземлювачі можуть бути штучні (створені спеціально для заземлення вимірювача) і природні. Для штучних заземлювачів застосовують вертикальні і горизонтальні електроди. Вертикальні - зі сталевих прутів діаметром 10-12мм, кутової сталі розміром 40x40 мм або сталевих труб діаметром 30-50мм, довжиною 2,5-3 м. Вертикальні електроди з'єднують сталюю штабою розміром 4x12 мм або круглим дротом діаметром не меншеб мм. Опір заземлюючого

					СОА 2.008.001 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пристрою не повинен перевищувати 4-10 Ом (перевіряється щорічно).

Таким чином врахувавши вище сформульовані рекомендації по питанням охорони праці при експлуатації вимірювача буде забезпечено небезпечні умови праці обслуговуючого персоналу.

2.3 Висновки до розділу 2

У підрозділі з охорони праці розроблено рекомендації по питанням охорони праці при роботі з мікропроцесорним вимірювачем частоти сигналу шляхом аналізу негативного впливу електричного струму на обслуговуючий персонал при роботі із вимірювачем, способів нормування та захисту від його дії.

У підрозділі з безпеки в надзвичайних ситуаціях проаналізовано заходи організаційно-технічного характеру протипожежного захисту на виробництві мікропроцесорного вимірювача частоти сигналу.

					СОА 2.008.001 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

В роботі описано життєвий цикл проектування мікропроцесорного вимірювача частоти сигналу.

На 1-му етапі життєвого циклу здійснено аналіз завдання, пов'язаного з роботою над проектом щодо проектування мікропроцесорного вимірювача частоти сигналу та встановлено актуальність цього проекту.

На 2-му етапі життєвого циклу описано етапи проектування вимірювача, зокрема проектування структурної схеми, яка є основою для проектування електричної принципової схеми. Для реалізації електричної схеми було використано утиліту Schematic САПР P-CAD.

На 3-му етапі життєвого циклу Здійснено параметричний синтез електричної схеми та описано процес вибору елементів для мікропроцесорного вимірювача.

На 4-му етапі описано технологічний процес виготовлення плати друкованої мікропроцесорного вимірювача частоти сигналу, а також наведено результати розрахунку показник надійності вимірювача як при навантаженнях, так і без них. Для проектування плати було використано утиліту РСВ САПР P-CAD.

					СОА 2.008.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Список використаних джерел

1. ДСТУ 2992-95 Вироби електронної техніки. Методи розрахунку надійності.
2. ДСТУ 2870-94 Метрологія. Вимірювання часу та частоти
3. ДСТУ 7227:2011 Метрологія. Частотоміри. Методика повірки (калібрування)
4. ДСТУ 3538-97. Метрологія. Державна повірочна схема для засобів вимірювань часу і частоти (61625)
5. Дунець В.Л., Дедів І.Ю., Хвостівський М.О. Методичні рекомендації з оформлення кваліфікаційних робіт бакалавра за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка». Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021, 72 с.
6. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Підручник. Львів: УАД, 2006 – 336 с.
7. Коваль О. А. Методи синтезу та аналізу вимірних сигналів: Конспект лекцій. Харків: Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 2018. 365 с.
8. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни “Системи автоматизованого проектування радіоелектронних засобів” для студентів спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка / Уклад.: Л.В.Хвостівська. Тернопіль: ТНТУ, 2022. 63 с.
9. Невлюдов І.Ш. Основи виробництва електронних апаратів: Підручник для студентів вищих навчальних закладів / І.Ш. Невлюдов. – Харків:ТОВ "Компанія СМІТ", 2006 . – 592 с.
10. Портативний частотомір і вимірювач потужності GY561: <https://lodkimarket.com.ua/ua/p1434265459-portativnyj-chastotomer-izmeritel.html>

					СОА 2.008.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

11. Розвиток математичного моделювання трафіку комп'ютерних мереж / М. О. Хвостівський, Г. М. Осухівська, Л. В. Хвостівська, Д. В. Величко // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції „Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій“ до 60-річчя з дня заснування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя та 175-річчя з дня народження Івана Пулюя, 14-15 травня 2020 року. Т.: ТНТУ, 2020. С. 187–188.

12. Тимченко А.А. Основи системного проектування та системного аналізу складних об'єктів: Основи САПР та системного проектування складних об'єктів: Підручник/ За ред.В.І. Бикова. К.: Либідь, 2003. 272с.

13. Хвостівська Л.В., Хвостівський М.О. Синтез структури інформаційної системи реєстрації та обробки пульсового сигналу. Науковий вісник Чернівецького університету: збірник наук. праць. Фізика. Електроніка. – Т. 4, Вип. 1. – Чернівці: Чернівецький національний університет, 2015. – С. 83-89. – ISSN 2227-8842.

14. Хвостівська Л.В., Дедів І.Ю., Ісаєнко Д.В. Генерування радіосигналів для тестування програмного забезпечення комп'ютерних радіосистем. Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей VIII міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 27–28 листоп. 2019.) М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. Тернопіль : ТНТУ, 2019. С. 108-109.

15. Шаповаленко О.Г., Бондар В.М. Основи електричних вимірювань. К.: Либідь, 2002. 412с.

16. Цифровий частотомір 20-75 Гц:
<https://izmeritel.in.ua/ua/p1138371699-tsifrovoj-chastotomer-gts.html>

17. Частотомір цифровий програмований 220/230В АС (30-70Гц), EMAS: <https://tumblr.ua/chastotomir-tsyfrovyuy-programovanyy-220-230v-ac-30-70gts-emas>

					СОА 2.008.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

18. Частотомір ЧЗ-63: <http://standart-m.com.ua/elektroizmeritelnoe-oborudovanie/laboratornyye-pribory/chastotomery/chastotomer-ch3-63?mova=uk>

19. Частотомір, вимірювач частоти сигналу FC-3 (50МГц - 2.4 ГГц) для DCS і CTCSS: <https://thermolab.com.ua/uk/product/castotomer-izmeritel-castoty-radiosignala-fc3-50mgc-24ggc-dla-dcs-i-ctcss-uk>

20. Частотомір MASTECH MS6100: <https://masteram.com.ua/uk/mastech-ms6100-frequency-counter/>

21. Цифровий частотомір ЦП-Ч72 30-100Гц-0,5-Р TDM: <https://tdme.com.ua/ua/p1526749506-tsifrovoj-chastotomer-tsp.html>

22. Цифровий частотомір SURECOM SF-401: <https://tehbezpeka.ua/ua/p1102745809-chastotomer-tsifrovoj-surecom.html>

23. Чинков В. М. Цифрові вимірювальні прилади. НТУ "Харк. політехн. ін-т", 2008. 507 с

24. Khvostivska, L., Oksukhivska, H., Khvostivskyu, M., Shadrina, H. (2019) Імітаційне моделювання добового пульсового сигналу для задачі верифікації алгоритмів роботи систем довготривалого моніторингу, Вісник НТУУ "КПІ"; Серія Радіотехніка, Радіоапаратобудування, (77), pp 66-73.

25. Mathematical modelling of daily computer network traffic. Khvostivskyu, M., Osukhivska, H., Khvostivska, L., Lobur T., Velychko D, Lupenko, S., Novorushchenko, T. 1st International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems, ІТТАР 2021, Ternopil. 16 November 2021 до 18 November 2021. CEUR Workshop Proceedings. Том 3039, P.107-111.

					СОА 2.008.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

ДОДАТКИ

					СОА 2.008.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедрою РТ
_____ к.т.н. Дунець В.Л.
“ _____ ” _____ 2023 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу бакалавра

на тему:
«Мікропроцесорний вимірювач частоти сигналу»

Узгоджено:
Керівник роботи
Хвостівська Л.В. _____
“ _____ ” _____ 2023р.

“ВИКОНАВЕЦЬ”
Студент групи РАС-41
Стахурський О.А. _____
“ _____ ” _____ 2023р.

1 НАЗВА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ Й ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

1.1 Назва: “Мікропроцесорний вимірювач частоти сигналу ”

1.2 Підставою для виконання кваліфікаційної роботи є наказ університету про затвердження кваліфікаційної роботи № 4/7-575 від “24” травня 2023р.

2 ВИКОНАВЕЦЬ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

2.1. Студент Стахурський Орест Андрійович групи РАС-41, кафедри радіотехнічних систем, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

3 МЕТА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Метою кваліфікаційної роботи є проектування приладу, що включає в себе:

- розробка схемотехнічного рішення проектуючого вимірювача;
- вибір компонентної бази проектуючого вимірювача;
- розрахунок і вибір компонентів для оптимальної роботи проектуючого вимірювача;
- проектування друкованого вузла та друкованої плати проектуючого вимірювача.

4 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

4.1. Основні параметри

4.1.1 Значення рівня споживання - $5 \pm 0,1$ В;

4.1.2 Рівень сигналу на виході - 100-700 мВ;

4.1.3 Рівень похибки вимірювань - 10/1/0,1 Гц;

4.1.4 Мах частоти вимірювання - 30 МГц;

4.1.5 Споживчий струм - 100 мА.

4.1.6 Час встановлення робочого режиму не перевищує 3 с;

4.1.7 Вимоги до умов експлуатації повинні бути:

- Кліматичні умови за ГОСТ 15150-69, УХЛ 4,1;
- Температура навколишнього середовища від $+10^{\circ}\text{C}$ до $+35^{\circ}\text{C}$
- Відносна вологість повітря 80 % при $t=25^{\circ}\text{C}$

5 ВИМОГИ ДО ДОКУМЕНТАЦІЇ

5.1 Конструкторська документація повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ.

5.2. Комплект конструкторської документації повинен складатися з:

- пояснювальна записка;
- структурна схема вимірювача;
- електрична принципова схема вимірювача;

- друкована плата вимірювача;
- друкований вузол вимірювача.

6 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Таблиця 6.1 – Стадії та етапи виконання КР

№ етапу	Назва етапу виконання КР	Термін виконання
1	Розробка та затвердження технічного завдання	01.03.2023
2	Аналіз технічного завдання, підбір бібліографічних матеріалів, необхідних для виконання роботи	14.03.2023
3	Розробка структурної схеми вимірювача	25.03.2023
4	Розробка схеми електричної принципової	10.04.2023
5	Розрахунок основних вузлів у схемі вимірювача	21.04.2023
6	Вибір компонентної бази вимірювача	01.05.2023
7	Компоновка друкованого вузла вимірювача	15.05.2023
8	Створення допоміжної документації	27.05.2023
9	Розділ безпеки життєдіяльності, основи охорони	02.06.2023
10	Нормоконтроль	05.06.2023
11	Перевірка на антиплагіат	08.06.2023
12	Попередній захист роботи	12.06.2023
13	Захист роботи	23.06.2023

Термін виконання кваліфікаційної роботи узгоджується з керівником і з графіком виконання.

7 ДОДАТКОВІ УМОВИ ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

7.1 Під час виконання кваліфікаційної роботи в дане технічне завдання можуть вноситися зміни та доповнення.

Поз. познач.	Найменування				Кіл.	Примітка		
	Конденсатори							
C1,C2	CC4-0,47мкФ±5% «Phicom»				2			
C3	CC4-18пФ±5% «Phicom»				1			
C4	CC4-68пФ±5% «Phicom»				1			
C5	CC4-1500пф ±5% «Phicom»				1			
C6	ECAP-GS-16B-100мкФ «Cap Xon»				1			
C7	CC4-0,0047мкФ±5% «Phicom»				1			
C8	CC4-150пф±5% «Phicom»				1			
C9,C10	CC4-22пФ±5% «Phicom»				2			
	Мікросхема							
DD1	PIC16F873				1			
	Індикатори							
LCD1	HY-1602H7				1			
	Резистори							
R1	MF-12-0,125-20кОм±10% «TOKEN»				1			
R2	MF-12-0,125-1,3МОм±10% «TOKEN»				1			
R3	MF-12-0,125-1,8МОм±10% «TOKEN»				1			
R4	MF-12-0,125-220Ом±10% «TOKEN»				1			
R5	MF-12-0,125-240Ом±10% «TOKEN»				1			
R6	MF-12-0,125-56Ом±10% «TOKEN»				1			
R7	KLS4-3296W-0.5-56кОм±10%				1			
R8	MF-12-0,125-56кОм±10% «TOKEN»				1			
					СОА 2.008.001 ПЕЗ			
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата				
Розроб		Стахурський О			Мікропроцесорний вимірювач частоти сигналу	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Хвостівська Л					1	2
Н. Контр.		Паляниця Ю.				ТНТУ, гр. РАС-41		
Затверд.		Дунець В.Л.						
Рецензент		Яворська Є.Б.						
					Перелік елементів			

Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітка
R9	MF-12-0,125 33Ом±10% «TOKEN»	1	
R10	MF-12-0,125 390Ом±10% «TOKEN»	1	
R11	MF-12-0,125 470Ом±10% «TOKEN»	1	
R12	MF-12-0,125 5,1кОм±10% «TOKEN»	1	
Діоди			
VD1, VD2	1N4148	2	
Транзистори			
VT1	IRF740	1	
VT2, VT3	2N6305	2	
Дросель			
L1	ДМ-0.6-10МкГн ГИО.477.005ТУ	1	
Перемикач			
S1, S2	KM1 ОЖО.360.011	2	
Кварцевий резонатор			
Z1	PK-02МД-26,945МГц	1	
Роз'єм			
X1	TBG-5-KB-2P/GN	1	
			Арк.
СОА 2.008.001 ПЕЗ			2
Змн.	Арк..	№ докум	Підпис
Дата			

