

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет програмування та комп'ютерних і телекомунікаційних систем

Кафедра телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЕКТ

Бакалавр

Освітній рівень

Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка

Шифр і назва спеціальності

на тему Частотомір коінциденції на ПЛІС

КПТР.2017012.01.09 ПЗ

Виконав:

студент 4 курсу, група ТР-17-1

підпис

Р.С.Пастух

Ініціали, прізвище

Керівник: канд. техн. наук, доц.

підпис

В.С.Петрушак

Ініціали, прізвище

Нормоконтроль

підпис

В.І.Стецюк

Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. кафедри: д-р техн. наук, доц.

підпис

С.К.Підченко

Ініціали, прізвище

_____ 2021 р.

Хмельницький, 2021

Факультет програмування та комп'ютерних і телекомунікаційних систем
Кафедра телекомунікації, медійних та інтелектуальних технологій
Спеціальність 172 – Телекомунікації та радіотехніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою _____

« ____ » _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЕКТ

дипломнику Пастуху Ростиславу Сергійовичу _____
(Прізвище, ім'я, по батькові студента)

1 Тема проекту: Частотомір коінциденції на ПЛІС _____

керівник проекту Петрушак Володимир Степанович, к.т.н.,
доцент _____
(Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджено

Наказом ректора по університету від «5» лютого 2021р. № 11.

2 Строк подання студентом проекту на кафедру: 01.06.2021р.

3 Вихідні дані до проекту Ескіз схеми електричної принципової

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити): _____
1. Техніко-економічне обґрунтування. _____

_____ 2. Конструкторський розділ _____

_____ 3. Технологічний розділ _____

5 Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

1.Схема електрична структурна. 2.Схема електрична принципова.

3.Креслення печатної плати. 4.Складальне креслення печатної плати.

5.Складальне креслення пристрою. 6.Деталювання. 7.Технологічні схеми.

Завдання отримав _____

Науковий керівник _____

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри ТМІТ

«10» лютого 2021 р.

ПЛАН ІНДИВІДУАЛЬНОЇ РОБОТИ

№ п/п	Найменування виду роботи	Форма звітності, термін виконання	Відмітка наукового керівника
1	Аналіз пристроїв		
	вимірювання частоти	10.05.2021	Виконано
2	Вступ	12.05.2021	Виконано
3	Техніко-економічне		
	обґрунтування	13.05.2021	Виконано
4	Конструкторський розділ	15.05.2021	Виконано
5	Технологічний розділ	20.05.2021	Виконано
6	Оформлення		
	пояснювальної записки	22.05.2021	Виконано
7	Оформлення креслень	8.06.2021	Виконано

Студент

Підпис

Ініціали, прізвище

Керівник роботи

Підпис

Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційний проект на тему "Частотомір коінциденції на ПЛС": 71 сторінка, 25 рисунків, 12 таблиць, 39 джерел.

Об'єкт розробки – частотомір коінциденції, який дає можливість проводити вимірювання частоти в електричних колах в частотному діапазоні до 150 МГц, в автоматичному режимі.

Мета розробки - конструкторсько-технологічне проектування частотоміра коінциденції із метою подальшого виготовлення.

Методи дослідження - застосування сучасних САПР, порівняльний аналіз, використання існуючих баз даних для створення конструкції частотоміра коінциденції.

В кваліфікаційному проекті розглядається принцип роботи частотоміра коінциденції, аналіз елементної бази, аналіз конструкторських аналогів, розробка просторової структури частотоміра, аналіз умов електромагнітної сумісності, захист від дестабілізуючих факторів, проводяться розрахунки теплового режиму корпусу частотоміра коінциденції.

Розглянуті питання проектування і конструювання частотоміра коінциденції. Наводиться аналіз існуючих технічних рішень. Обґрунтовано застосування частотоміра коінциденції в галузі сучасної електронно-вимірювальної техніки. Крім того обґрунтовано вибір елементної бази та розглянуті питання конструювання двосторонньої печатної плати, конструювання печатного вузла частотоміра з застосуванням технології поверхневого монтажу. Разом з тим розглянуто питання вибору несучої конструкції, захисту від зовнішніх дестабілізуючих факторів та ін.

Частотомір коінциденції рекомендується до застосування в якості завершеного пристрою в сфері радіовимірювань, досліджень в даній галузі та спеціалізованого збору інформації в галузі захисту інформації.

ЦИФРОВИЙ ЧАСТОТОМІР, ЧАСТОТА, КОІНЦИДЕНЦІЯ,
ВИМІРЮВАННЯ ЧАСТОТИ, ПОХИБКА ВИМІРЮВАННЯ,
МІКРОКОНТРОЛЕР, ІНТЕРФЕЙС RS-232.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ПМ – поверхневий монтаж

РЕЗ – радіоелектронні засоби

ЕРЕ – електрорадіоелементи

ІМС – інтегральна мікросхема

ОМЕОМ – однокристальна мікроелектронна обчислювальна машина

ПЕОМ – персональна електронно-обчислювальна машина

ТТЛ – транзисторно-транзисторна логіка

ТЗ – технічне завдання

РЕА – радіоелектронна апаратура

ПЛІС – програмована логічна інтегральна схема

ЧПУ – числове програмне управління

ЗМІСТ

Вступ.....	3
1. Техніко-економічне обґрунтування.....	5
1.1. Обґрунтування обраних способів та методів.....	5
1.2. Вибір та обґрунтування аналогів.....	6
1.3. Розробка технічного завдання.....	9
1.3.1. Найменування та область застосування.....	9
1.3.2. Основа для розробки.....	9
1.3.3. Вимоги до показників призначення РЕЗ.....	9
1.3.4. Склад виробу та вимоги до загальної конструкції виробу	9
1.3.5. Спосіб встановлення пристрою.....	10
1.3.6. Конструкторські вимоги.....	10
1.3.7. Загальні норми кліматичних впливів.....	10
1.3.8. Вимоги до надійності.....	10
1.3.9. Вимоги ергономіки та естетики.....	11
1.3.10. Вимоги по техніці безпеки.....	11
1.3.11. Вимоги до економічних параметрів.....	11
1.3.12. Вимоги до технічного обслуговування та ремонту.....	12
2. Конструкторський розділ.....	13
2.1. Принцип роботи виробу.....	13
2.2. Розробка структурної схеми	17
2.3. Аналіз принципової схеми виробу.....	25
2.3.1. Визначення споживаної потужності.....	25
2.4. Аналіз елементної бази.....	26
2.5. Розробка просторової структури виробу.....	30
2.5.1. Виділення структурних рівнів конструкції.....	30
2.5.2. Визначення форми виробу.....	30
2.5.3. Визначення габаритних розмірів виробу.....	31
2.5.4. Зовнішнє компоновання пристрою.....	31
2.5.5. Внутрішнє компоновання приладу.....	33
2.5.6. Аналіз ефективності компоновання.....	34
2.6. Конструювання носійних елементів пристрою.....	39
2.6.1. Вибір носійного елемента конструкції.....	39
2.7. Конструювання печатних плат.....	39
2.7.1. Визначення вимог до конструювання печатних плат.....	39
2.7.2. Обґрунтування вибору матеріалу основи плати.....	40
2.7.3. Трасування провідників печатної плати.....	41
2.7.3.1. Вимоги до трасування печатних провідників і загальної топології розміщення на платі.....	41

					<i>КПТР.2017012.01.09.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Пастух</i>			Частотомір коінциденції на ПЛІС Пояснювальна записка	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Петрушак</i>					0	68
<i>Реценз.</i>						ФПТКС, ХНУ		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Підченко</i>						

2.7.3.2. Розміщення компонент на платі.....	42
2.7.3.3 Розрахунок елементів печатного монтажу.....	42
2.7.4. Аналіз розробленої конструкції плати.....	46
2.7.4.1. Перевірка електричної стійкості провідників.....	46
2.8. Електромонтаж.....	47
2.9. Забезпечення ремонтпридатності виробу.....	47
2.10. Аналіз надійності приладу.....	47
2.11. Схемотехнічний розрахунок формувача прямокутних імпульсів.....	52
2.12. Механічний розрахунок розробленої конструкції плати..	54
3. Технологічний розділ.....	56
3.1 Загальні положення.....	56
3.1.1 Аналіз початкових даних.....	56
3.1.2 Аналіз технологічності конструкції.....	56
3.2 Розробка технологічного процесу і документації.....	58
3.2.1 Розробка технологічної схеми складання виробу.....	58
3.2.2 Техніко-економічне обґрунтування методу складання.....	59
3.2.3 Визначення часу виробничого циклу.....	61
3.2.4 Розрахунок поточкових та конвеєрних ліній.....	62
3.3 Технологічні розрахунки.....	65
3.3.1 Визначення коефіцієнта використання матеріалу при виготовленні партії друкованих плат.....	65
Висновки.....	67
Перелік посилань.....	69

ВСТУП

Вимірювання частоти широко використовується в радіотехніці, зв'язку, навігації, телекомунікації і т.д. Вимірювання частоти це одне з найбільш точних вимірювань на даний момент, тому що існують високоточні стандарти частоти (нестабільність частоти 10⁻⁹-10⁻¹³) [1]. Частотні сигнали мають гарну заводо захищеність, при цьому вимірювання виконуються з отриманням результату в дискретній формі [2]. Це сприяє широкому застосуванню частотних сигналів і цифрових частотомірів. Завдання швидкого і точного вимірювання частоти особливо актуальне при побудові інформаційно-вимірювальних систем на основі датчиків з частотними виходами [3, 4], при використанні уніфікованих перетворювачів аналогових величин в частоту [5], а також в приладобудівному виробництві, наприклад, приладів обліку енергоресурсів та витратомірів [6]. Основним завданням розв'язуваної інформаційно вимірювальними системами є автоматизація процесу збору і обробки вимірювальної інформації, а в разі керуючих систем, також видача керуючого впливу на об'єкт регулювання [7].

При побудові сучасних частотомірів найбільшого поширення набули методи вимірювання частоти прямого рахунку. Існує два режими роботи таких частотомірів: в першому режимі за ціле число періодів зразкової частоти підраховують число періодів вимірюваної частоти; у другому режимі за ціле число періодів вимірюваної частоти підраховують число періодів зразкової частоти. Абсолютна максимальна методична похибка дискретизації по модулю в першому випадку дорівнює періоду вимірюваної частоти, в другому випадку періоду зразкової частоти.

З метою зменшення абсолютної і відносної максимальної методичної похибки дискретизації розроблено безліч методів і прийомів. Наприклад, метод синхронізації початку зразкового інтервалу часу з початком першого періоду вимірюваної частоти; одноразова або багаторазова розтяжка інтервалу часу, яка визначається різницею моментів початку і кінця періодів зразкової і вимірюваної частот; ноніусний метод; метод затриманих збігів, і інші. Однак до недоліків подібних методів і прийомів можна віднести наступне: збільшення часу вимірювання частоти; виконання додаткових аналогових частин схеми; використання елементів схем з відносно не високою стабільністю (наприклад, генераторів ударного збудження) і ін.

В даний час також тривають розробки методів вимірювання частоти, які дозволяють більш точно і за менший час вимірювати частоту. Після широкого поширення мікропроцесорної техніки і швидкодіючих АЦП було розроблено ряд способів вимірювання частоти

					<i>КПТР.2017012.01.09 ПЗ</i>	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

заснований на швидкому перетворенні Фур'є, обчислення частоти на основі миттєвих відліків вимірюваних сигналів [8], уточнення за допомогою поточного усереднення [9], уточнення шляхом застосування вагової функції [10] та ін. Однак запропоновані методи складні в реалізації.

Ще одним з методів зменшення похибки дискретизації при використанні методів прямого рахунку є метод збігу, розробка даного методу виконувалася як зарубіжними фахівцями (П.І. Річардс, К.С. Міллер, Х.Д. Фрейдман і ін.), Так і вітчизняними (А.А. Осьмінін [11], В.Є. Тирса [12-14], В.В. Дюшняев [15], А.Д. Зеня [16], О.Ю. Сергієнко [17] та ін.). Суть методу полягає в тому, що формують імпульси вимірюваної і зразкової частоти із заданою тривалістю, підраховують періоди вимірюваної і зразкової частоти за інтервал часу між моментами збігу імпульсів вимірюваної і зразкової частот. При вимірюванні частоти методом збігу абсолютна максимальна методична похибка дискретизації по модулю дорівнює сумарній тривалості імпульсів вимірюваної і зразкової частот. Однак, до теперішнього часу вимірювання частоти методом збігу не набуло широкого поширення в практиці вимірювання частот, так як було виконано дослідження його роботи тільки в якості методу перевірки генераторів зразкових частот.

					<i>КПТР.2017012.01.09 ПЗ</i>	Арк.
						4
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1. ТЕХНІКОЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

1.1. Обґрунтування обраних способів та методів

Сучасний рівень розвитку технології виробництва цифрових мікросхем досяг того рівня, коли повноцінна система цифрової обробки сигналу (ЦОС) може бути реалізована на одній мікросхемі. Це може бути сигнальний процесор (в англійській літературі прийнято позначення DSP - Digital Signal Processor), мікросхема виготовлена на замовлення (ASIC - Application-Specific Integrated Circuit) або програмована логічна інтегральна схема (ПЛІС). З перерахованих технологій остання (ПЛІС) поєднує в собі переваги сигнальних процесорів і замовних інтегральних схем. З першими її об'єднує гнучкість, з другими - висока продуктивність, недоступна процесорам. Виробники сучасних ПЛІС зазвичай мають в лінійці продуктів сімейства мікросхем, орієнтовані, в тому числі, і на цифрову обробку сигналів.

Темою даної роботи є частотомір коінциденції на ПЛІС. Особливістю даної розробки є те, що в основі роботи приладу лежить принципово новий метод вимірювання частоти, принципово схожий до методу вимірювання частоти фігурами Ліссажу.

Методом вимірювання частоти в класичній частотометрії є вимірювання є підрахунок кількості періодів сигналу за одиницю часу. Тобто виконується операція лічби імпульсів, що відповідають періодам сигналу, із наступним діленням їх кількості на час вимірювання. У свою чергу час вимірювання встановлюється оператором у залежності від частоти невідомого сигналу та необхідної точності вимірювання. Що потребує від оператора додаткових дій по вибору часу вимірювання, та покладає на нього додаткові обов'язки, що у свою чергу вимагає від оператора додаткової кваліфікації. Також даному методу притаманна методична похибка, пов'язана з неврахуванням останнього періоду вимірювального сигналу перед закінченням періоду вимірювання. Величина даної похибки обернено пропорційна частоті.

Метод вимірювання частоти, що застосовується в даній роботі передбачає вимірювання кількості повних періодів сигналу. Цим досягається нівелювання методичної похибки. Відповідно підвищується точність вимірювання.

Процес вимірювання частоти можна розділити на п'ять етапів:

1. Формування першого моменту співпадіння;
2. Формування другого моменту співпадіння;
3. Підрахунок кількості періодів N_x сигналу невідомої частоти F_x ;
4. Підрахунок кількості періодів N_0 сигналу відомої частоти F_0 ;
5. Знаходження частки N_x / N_0 .

					<i>КПТР.2017012.01.09 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

1.2. Вибір та обґрунтування аналогів

Перед тим як приступати до розробки нового пристрою необхідно провести детальний аналіз засобів вимірювання частоти. Одним з аналогів пристрою, що розробляється є частотомір електронно-лічильний ЧЗ-84 [18] (рис.1.1)

Даний прилад також виконано в прямокутному корпусі, має зручну ручку для транспортування, що може одночасно використовуватися як підставка, для регулювання кута огляду індикатора та панелі управління. Габаритні розміри (мм) : 262x88x320. Даний прилад має такий діапазон вимірюваних частот:

- по входу А: 0,1 Гц – 150 МГц;
- по входу Б: 100 – 1000 МГц.



Рисунок 1.1-Частотомір електронно-лічильний ЧЗ-84

Наступний аналог – частотомір моделі 1856D виробництва фірми ВКPrecision [19] (рис.1.2). Даний прилад також виконаний у вигляді паралелепіпеда, з прямокутною передньою панеллю. Габаритні розміри 240 x 90 x 270 мм. Діапазон вимірюваних частот:

- для входу А: 0,1 Гц – 100 МГц;
- для входу С: 100 – 1000 МГц.

					КПТР.2017012.01.09 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Друковані плати та інші елементи, що знаходяться під струмом у корпусах із пластмас не потребують додаткових заходів по ізоляції, і тому там вони встановлюються як у спеціальні пази, так і у заціпки, або ж пригвинчуються безпосередньо до нижньої частини корпусу. У металевому корпусі встановлення плат потребує спеціальних заходів по ізоляції використання ізоляційних прокладок, або ж відсутність друкованого монтажу у місцях кріплень.



Рисунок 1.3-Частотомір ЧЗ-85

Кріплення передніх та задніх панелей відбувається теж по-різному: з'єднанні за допомогою гвинтів із середини конструкції до посадочних колодок, вставка у передбачені для фіксації пази або ж кріплення гвинтами до нижньої або верхньої кришки.

В деяких конструкціях на задню панель винесено роз'єднання для підключення штекера шнура мережі живлення. В інших же конструкціях шнур живлення проходить через спеціальну ущільнюючу резинову вставку в панелі. Також є різниця у винесенні запобіжників: в одних конструкціях є передбачений вільний доступ до них (запобіжники знаходяться у спеціальних ізольованих гніздах на задній панелі), в інших же, вони не мають доступу, тобто розташовані у середині корпусу.

Слід відмітити, що вмикання–вимикання пристроїв відбувається або шнуром живлення або спеціальним тумблером чи кнопкою. Органи вмикання-вимикання живлення розташовують на передній або задній панелі.

										Арк.
										8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КПТР.2017012.01.09 ПЗ					

1.3 Розробка технічного завдання

1.3.1 Найменування та область застосування

“Частотомір коінциденції на ПЛІС”, далі прилад або частотомір, призначений для вимірювання частоти в умовах науково-дослідних лабораторій, наукових центрів, на виробництві в відділах стандартизації, в навчальних закладах – у навчально-дослідницьких лабораторіях.

1.3.2 Основа для розробки

Основою для розробки є “Завдання до кваліфікаційного проекту” від 2021р., яке видане кафедрою ТМІТ Хмельницького національного університету.

1.3.3. Вимоги до показників призначення РЕЗ

Технічні характеристики:

- діапазон вимірюваних частот.....1 Гц – 150 МГц;
- рівень вхідного сигналу, не більше..... $\pm 5\text{В}$;
- джерело живлення.....стабілізований блок живлення;
- напруга живлення..... $+5\text{В}$;
- вхідний опір.....1 МОм;
- потужність споживання.....не більше 5 Вт.

1.3.4. Склад виробу та вимоги до загальної конструкції виробу

Прилад повинен бути виконаний у вигляді моноблочної конструкції, що складається з основної верхньої частини та нижньої кришки. На лицевій панелі необхідно розташувати органи керування та індикації. На задній стінці корпусу розміщується роз'єднання інтерфейсу RS-232 та роз'єднання блоку живлення.

В середині корпусу необхідно розташувати плату основного блоку, плату індикатора.

Габаритні розміри корпусу:

- довжина не більше, мм.....170;
 - ширина не більше, мм.....100;
 - висота не більше, мм.....50.
- Маса виробу не більше, кг.....2;

					КПТР.2017012.01.09 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3.5. Спосіб встановлення пристрою

Прилад повинен встановлюватись на горизонтальну поверхню - на столі. Важливих особливостей при встановленні немає.

1.3.6. Конструкторські вимоги

Клас виконання РЕЗ.....наземна.
Група виконання РЕЗ.....переносна.
Підгрупа використання РЕЗ.....спеціальна.
Кліматичний варіант виконання.....ПХЛ.
Група виконання.....І.
Категорія розміщення.....КР-4.2.

1.3.7. Загальні норми кліматичних впливів

По стійкості до кліматичних і механічних і механічних впливів, пристрій повинен витримувати наступні нормативні впливи (згідно ГОСТ-1148-88) :

Теплостійкість :

- робоча температура, °С.....+35;
- гранична температура, °С.....+50;

Холодостійкість :

- робоча температура, °С.....+10;
- гранична температура, °С.....0;

Атмосферний тиск, кПа

- від.....70;
- до.....110;

Вологостійкість, %.....98;
при температурі, °С.....25.

1.3.8. Вимоги до надійності

Прилад відноситься до класу побутової РЕЗ і повинен задовольняти вимогам надійності ГОСТ 21317-87 "Апаратура наземна професійна. Методи випробування на надійність".—Введ.01.01.89

— середнє напрацювання на відмову, год.....8000;
— ремонтпридатність, год.....5.

					КПТР.2017012.01.09 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3.9. Вимоги ергономіки та естетики

Вимагається забезпечити на передній панелі приладу рідкокристалічний індикатор, який має багатофункціональне призначення: індикація результатів вимірювання, індикація режимів роботи, відображення, попередньо записаних в пам'ять приладу, результатів попередніх вимірювань та ін. Зовнішнє виконання приладу повинно відповідати ергономічним вимогам, та забезпечувати легкість зчитування результатів вимірювань і керування режимами роботи приладу.

Пристрій повинен відповідати наступним вимогам:

- антропологічним – силові, швидкісні, рецепторні можливості людини;
- психофізіологічним – можливості людини у сприйманні й обробці інформації;
- гігієнічним – мікроклімат, параметри освітлення, рівень шуму;
- естетичним – інформаційна виразність, цілісність композиції.

1.3.10. Вимоги по техніці безпеки

Прилад повинен відповідати вимогам ГОСТ 12.2.006-87.ССТБ “Апаратура радіоелектронна спеціальна. Вимоги безпеки та методи досліджень”.-Введ.01.01.89. Прилад повинен бути сконструйованою і виготовленою таким чином, щоб при його нормальній експлуатації і при появі пошкоджень для користувача не створювалась небезпека навіть у випадку недбалого поводження з приладом. Повинен бути забезпечений захист користувача від ураження електричним струмом.

На приладі повинна бути нанесена наступна інформація :

- вид живлення;
- номінальне значення напруги живлення;
- позначення вихідних та вхідних роз'ємів.

1.3.11. Вимоги до економічних параметрів

Даний пристрій являє собою апаратуру для побутового застосування. Виходячи з умов сучасного стану вітчизняного ринку РЕА вибирається малосерійний тип виробництва.

Визначення річного об'єму випуску продукції має проводитись після проведення досліджень, спрямованих на виявлення потреб у розробленому пристрої.

					<i>КПТР.2017012.01.09 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

1.3.12. Вимоги до технічного обслуговування та ремонту

Прилад не повинен вимагати додаткового технічного обслуговування до встановлення та після нього перед початком експлуатації.

					КПТР.2017012.01.09 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Принцип роботи виробу

Пристрій вимірювання частоти за моментами співпадіння сигналів відноситься до області вимірювальної техніки і призначений для роботи в комплекті з ЕОМ. Частотоміри використовуються на практиці в багатьох областях науки і техніки. Широко застосовуються вони також в практиці вимірювань у ремонтних майстернях по обслуговуванню побутової електронної техніки. Виходячи з такої широкої області застосування та відповідно, широкого кола персоналу, що працює з частотомірами постає необхідність спроектувати такий частотомір, який би був зручний у користуванні і кваліфікованим фахівцям і непідготовленим учням. Разом з тим постає задача підвищення точності вимірювання, зниження масо-габаритних показників та споживаної потужності.

Загалом вимірювання частоти на практиці відбувається переважно одним способом (рис.2.1). Він полягає в підрахунку кількості періодів сигналу за одиницю часу.

$$f = \frac{N}{T} \quad (2.1)$$

де N – кількість періодів досліджуваного сигналу;
 T – час вимірювання.

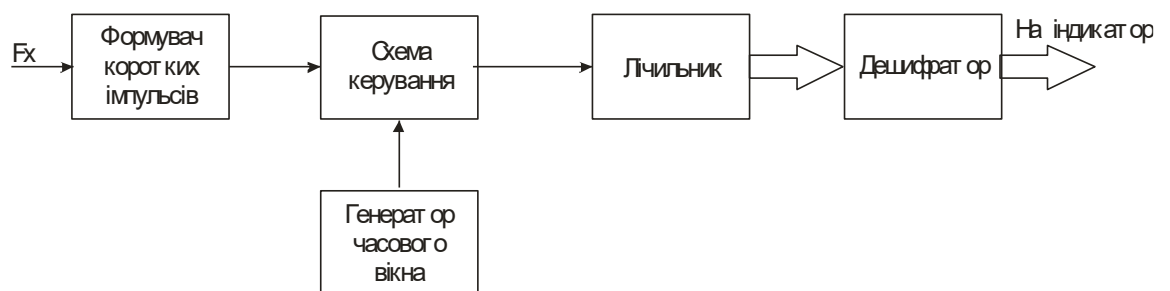


Рисунок 2.1-Структурна схема вимірювача частоти

Даний метод має ряд недоліків:

1. Необхідно встановлювати час вимірювання T . Дана необхідність обумовлена великим діапазоном частот, що можуть вимірюватися частотоміром. При виборі малого (<1 сек.) часу вимірювання для малих частот (<100 Гц) призводить до значного збільшення похибки та зниження точності вимірювання. При виборі великого часу вимірювання (>10 сек.) для вимірювання великих частот (>10 МГц) призводить до появи хибних (незначущих) розрядів, що викликає незручності, та перевитрату машинного часу при обробці результатів вимірювання.

					КПТР.2017012.01.09 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

2. Методична похибка даного методу полягає в не кратності кількості періодів коливань невідомої частоти періоду часу вимірювання. Це призводить до випадання із розрахункової кількості періодів N останнього періоду сигналу, що вносить у вимірювання додаткову похибку.

3. Для задавання періоду часу вимірювання необхідні над стабільні джерела опорної частоти (до 10^{-10}). Що потребує температурної стабілізації та герметизації. Дані заходи забезпечуються поміщенням кварцового генератора у термостат, що повинен бути постійно увімкнений, для підтримання сталої температури.

Метод коінциденції застосовувався ще в XIX столітті годинниками для перевірки та регулювання маятникового настінного годинника [21]. При цьому одночасно запускалися два годинники, один з яких вважався зразковим, і підраховували кількість періодів від початку вимірювання до моменту, коли різниця між положеннями маятників становитиме половину або цілий період. Потім розраховувалася похибка і при необхідності проводилося регулювання механізму годинника. При методі коінциденції рівність значень вимірюваної і відомої величин фіксується за випадковим збігом міток шкали, сигналів [22].

Метод коінциденції отримав розвиток у вимірвальній техніці. Одні з перших робіт, в яких використовувався метод коінциденції при вимірюванні частоти в цифрових частотомірах, були [23, 24]. В [24] пропонується спосіб звірення частот, який реалізується в такий спосіб: формують зі зразкової і вимірюваної частот імпульси заданої тривалості, які подають на схему збігу. Потім виділяють однакові по порядку імпульси збігів з пакетів імпульсів збігів, що послідовно йдуть і в інтервалі часу між виділеними імпульсами підраховують число імпульсів зразкової і вимірюваної частот. Таким чином, збіги імпульсів зразкової і вимірюваної частот, можливо, використовувати для уточнення положення початку і кінця вимірвального і зразкового інтервалу часу, один щодо одного, а абсолютна похибка дискретизації вимірювання частоти не буде перевищувати сумарної тривалості імпульсів двох послідовностей. На рисунку 2.2 наведені часові діаграми, що ілюструють роботу методу коінциденції.

На вісі 1 показані імпульси, які слідуєть з періодом відповідним частоті зразкового генератора і сформовані з тривалістю імпульсу 0,2 мкс. На осі 2 показані імпульси, які слідуєть з періодом відповідним частоті генератора, що вимірюєтья і сформовані з тривалістю імпульсу 0,2 мкс. Для наочності вибрано $F_0 = 1\text{МГц}$, $F_x = 1,1\text{МГц}$. Сумарна тривалість імпульсів зразкової і частоти, що вимірюєтья повинна бути більше різниці періодів зразкового і генераторів, що вимірюєтья. Кількість імпульсів в пакеті імпульсів збігів залежить від сумарної тривалості імпульсів зразкового і генераторів, що вимірюєтья і різниці періодів зразкового і генератора, що вимірюєтья визначаєтья виразом [16]:

					<i>КПТР.2017012.01.09 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

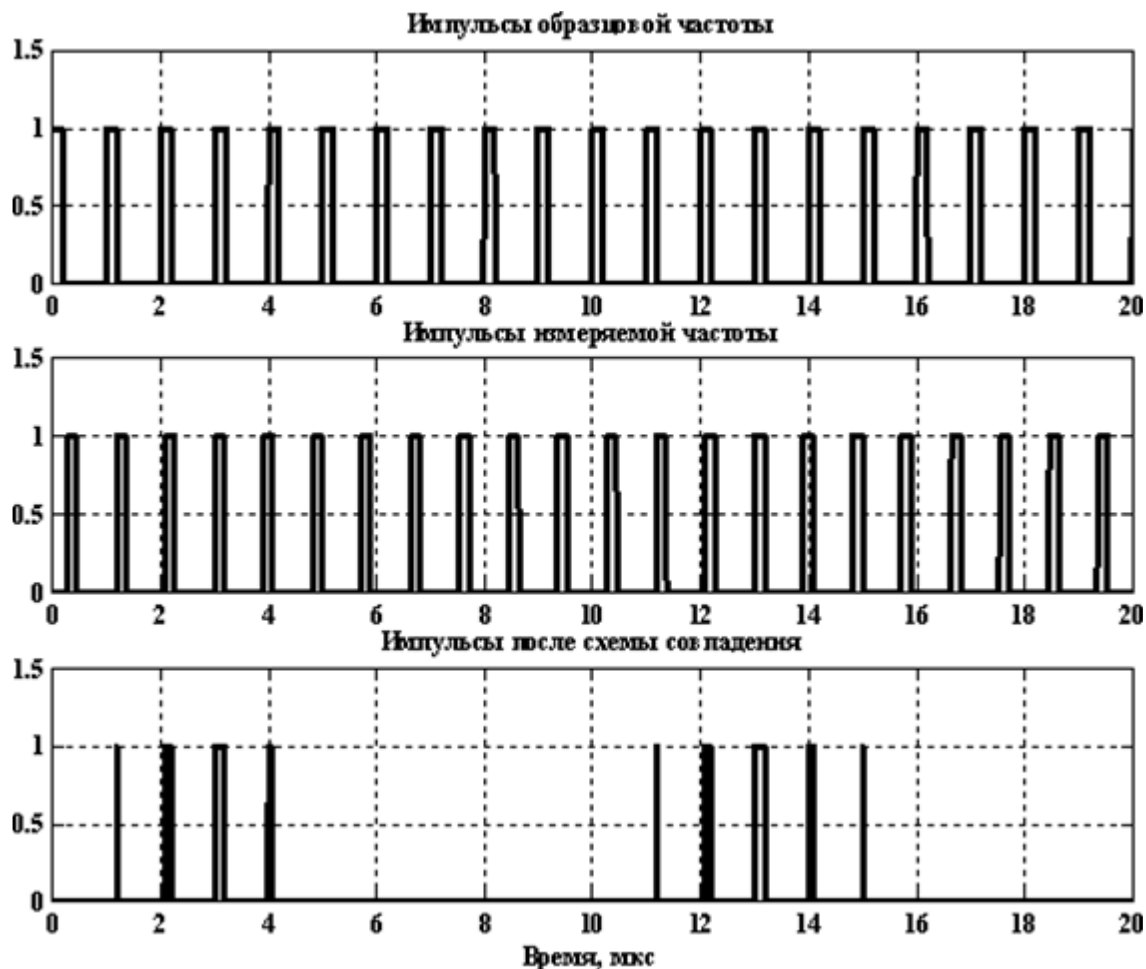


Рисунок 2.2 – Часові діаграми, що ілюструють роботу метода коінциденції

$$N_n = \frac{\tau}{|T_0 - T_x|} \quad (2.2)$$

де τ - сумарна тривалість імпульсів зразкової і частоти, що вимірюється T_0 і T_x - тривалість періодів зразкової і частоти, що вимірюється відповідно.

Різницю тривалості періодів можна записати в такий спосіб [16]:

$$|T_0 - T_x| = \frac{f_x - f_0}{f_x \cdot f_0} \quad (2.3)$$

Період між двома пакетами імпульсів збігу, враховуючи (2.3) визначається виразом [16]:

$$T_i = \frac{T_x \cdot T_0}{|T_0 - T_x|} = \frac{1}{|f_x - f_0|} \quad (2.4)$$

З виразу(2.4) випливає, що чим ближче значення періоду генератора, що вимірюється до періоду зразкового генератора, тим більше буде значення періоду між двома пакетами імпульсів збігу.

Для того щоб оцінити час звірення частот, припустимо, що момент початку вимірювання збігається з моментом початку першого пакету імпульсів збігу, однак про це невідомо. Тоді необхідно дочекатися другого пакету імпульсів збігів, в якому буде виділено i -й імпульс з пакета імпульсів збігів, після якого почнеться підрахунок імпульсів зразкової і вимірюваної частот. Потім в третьому пакеті імпульсів збігів буде виділено i -й імпульс збігу, після якого закінчиться підрахунок імпульсів зразкової і вимірюваної частот. Таким чином, буде потрібно як мінімум два періоди між двома пакетами імпульсів збігу і додатково час до моменту приходу i -ого імпульсу з третього пакета імпульсів збігів.

При цьому абсолютна методична похибка звірення частот задається рівнянням:

$$\Delta f_x = \frac{1}{T_i^2 \cdot f_0} \quad (2.5)$$

Враховуючи (2.4) з (2.5) можна отримати:

$$\Delta f_x = \frac{|T_0 - T_x|^2}{T_x^2 \cdot T_0} \quad (2.6)$$

З виразу (2.6) при збільшенні різниці між періодами вимірюваної частоти і періодами зразкової частоти (збільшенні різницевої частоти) зростає абсолютна методична похибка порівняння частот. Таким чином, (2.6) можна використовувати тільки для оцінки похибки при порівнянні близьких частот.

Можна задати алгоритм роботи пристрою таким, щоб після кожного пакету імпульсів збігів обчислювалася похибка порівняння частот, і порівняння частот завершувалося б при заданому рівні похибки.

Суть вимірювання частоти методом коінциденції полягає в тому, що формують імпульси вимірюваної і зразкової частоти із заданою тривалістю, підраховують періоди вимірюваної і зразкової частоти за інтервал часу між моментами збігу імпульсів вимірюваної і зразкової частот [25].

Для більш детального розгляду механізму утворення методичної похибки дискретизації на рис. 2.3 наведені часові діаграми, що характеризують вимірювання частоти методом коінциденції. На вісі часу 1 розташовуються імпульси з нульовою тривалістю, які формуються з періодом вимірюваної частоти. На вісі часу 2 розташовуються імпульси із заданою тривалістю, які формуються з періодом зразкової частоти. Строго кажучи, в дійсності неможливо сформувати імпульси нульової тривалості. Дане припущення використовується тільки для простоти розуміння, насправді сумарна тривалість імпульсів зразкової і вимірюваної частоти задається рівною τ_0 .

					<i>КПТР.2017012.01.09 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

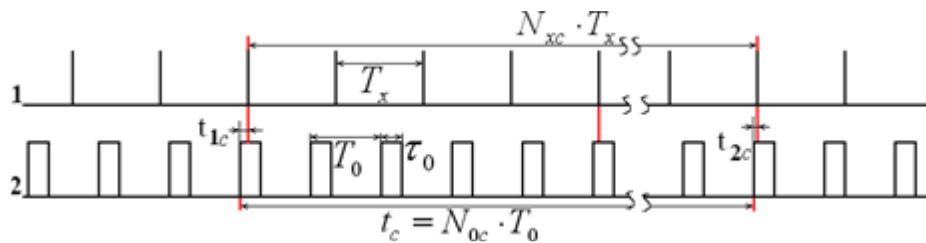


Рисунок 2.3– Часова діаграм, що характеризує вимірювання частот методом коінциденції

2.2 Розробка структурної схеми

Враховуючи все вище сказане розроблено структурну схему приладу для вимірювання частоти, що вільний від вище перерахованих недоліків. Схема електрична структурна пристрою для вимірювання частоти приведена на кресленні КПТР.2017012.09.100Е1.

Процес вимірювання частоти для розробленої структурної схеми(рис.2) можна розділити на наступні етапи:

1. Формування першого моменту співпадіння;
2. Формування другого моменту співпадіння;
3. Підрахунок кількості періодів N_x сигналу невідомої частоти F_x ;
4. Підрахунок кількості періодів N_0 сигналу відомої частоти F_0 ;
5. Знаходження частки N_x / N_0 .

До складу структурної схеми частотоміра коінциденції, що представлено на рис.2.4, увійшли наступні блоки:

- Формувач прямокутних імпульсів;
- Формувач коротких імпульсів;
- Схема формування моментів співпадіння;
- Блок керування;
- Блок керування лічильниками;
- Лічильники;
- Схема скидання;
- Регістр зсуву;
- Блок ділення;
- Блок арифметичних операцій та керування;
- Індикатор;
- Інтерфейс RS232;
- Клавіатура;
- Блок живлення;
- Блок перетворювачів.

					КПТР.2017012.01.09 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

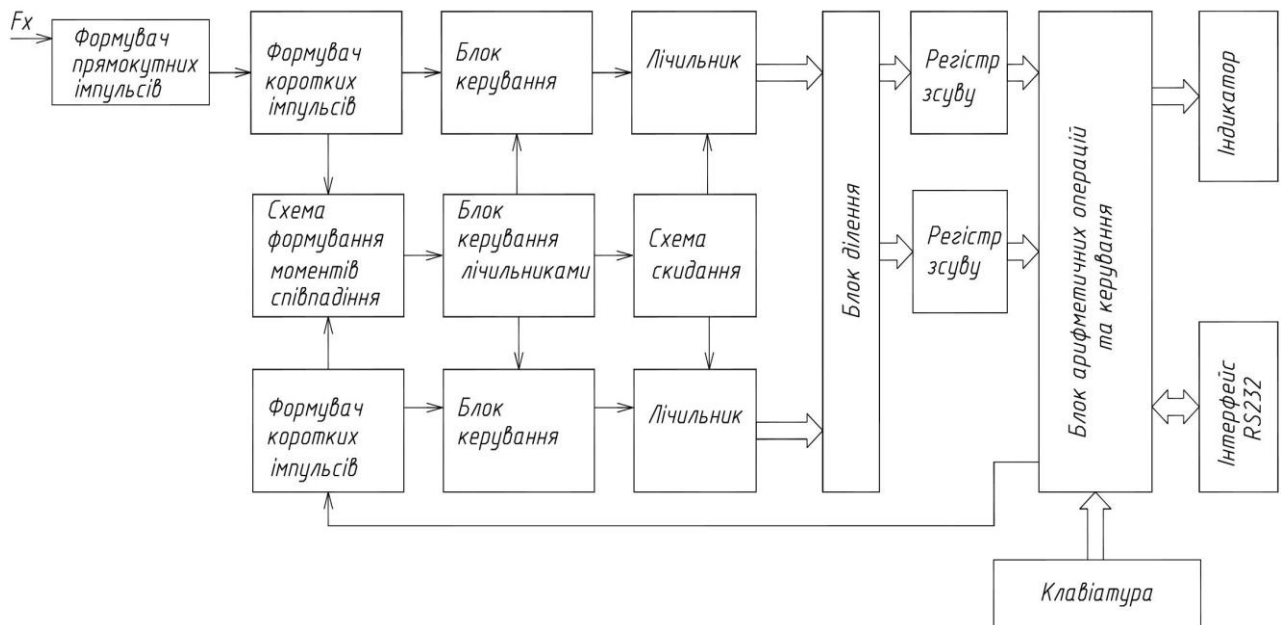


Рисунок 2.4 – Структурна схема частотоміра коінциденції

Частотомір складається із двох каналів обробки сигналів. Перший канал обробляє сигнал невідомої частоти, а другий – сигнал опорної частоти.

Сигнал невідомої частоти потрапляє на вхід формувача прямокутних імпульсів. На вхід частотоміра в загальному випадку можуть подаватися коливання різних частот та з різними формами сигналів. Найпоширенішою формою сигналу в звичайній аналоговій РЕА побутового призначення є гармонічна синусоїдальна крива. Наприклад, при вимірюванні в трактах обробки сигналів в радіо- та телевізійних приймачах, в генераторах та синтезаторах частот домінує синусоїдальний сигнал. Трапляються випадки, коли необхідне вимірювання частот сигналів інших спеціальних форм, наприклад трикутної, лінійно-наростаючої (пилкоподібної) форм. В цифровій техніці переважає сигнал, що має прямокутну обвідну – тобто прямокутний імпульс. Відповідно до такої широкої області застосування, та різноманітності форм вхідних сигналів необхідно привести форму вхідного сигналу до вигляду в якому буде проводитися наступна його обробка. Так як вимірювання частоти сигналу, в нашому випадку, проводиться цифровими методами обробки, то необхідно привести форму сигналу на вході до зручної для нас форми, тобто, в прямокутні імпульси. Цей блок являє собою операційний підсилювач, увімкнений за неінвертуючою схемою. Коефіцієнт підсилення вибирається якомога більшим, для забезпечення більшої крутизни фронтів вихідного сигналу при малому значенні амплітуди вхідного сигналу. В результаті сигнал що надходить на вхід цього блоку, навіть з невеликою амплітудою буде підсилений до рівня напруги живлення операційного підсилювача. На виході цього блоку із сигналів, що приходять на вхід частотоміра формуються прямокутні імпульси.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Принцип роботи приладу базується на часовому співпадінні фронтів прямокутних сигналів. Для отримання інформації про фронти імпульсів необхідно виділити їх на фоні самого імпульсу. Для цього служить блок формувача коротких імпульсів. Даний блок дублюється для каналу обробки сигналу опорної частоти. На вхід блоку надходять прямокутні імпульси, для каналу обробки опорної частоти – із генератора опорної частоти, для каналу обробки сигналу невідомої частоти – із формувача прямокутних імпульсів. З точки зору схемотехніки, блок представляє собою D-тригер із колом зворотного зв'язку на інверторі, що при зміні стану прямого виходу тригера скидає його в нульовий стан, подачею сигналу скидання на вхід R. Таким чином довжина генерованого імпульсу залежить тільки від одного параметра – затримки розповсюдження сигналу в інверторі. Так як дана затримка, для сучасних типів ІМС є величина стала, та надзвичайно мала, то протяжність вихідного імпульсу також надзвичайно мала.

З виходу формувача коротких імпульсів сигнали, що дають представлення про часове положення фронтів сигналів, надходять на вхід схеми співпадіння. Основна задача даного блоку – визначення моменту співпадіння фронтів імпульсів. Причому цих моменти визначається два. Перший імпульс з'явиться на виході схеми в момент першого співпадіння фронтів імпульсів. Другий імпульс на виході з'явиться на виході через певну кількість періодів як одного так і іншого сигналів. Дану ситуацію можна описати математично, використовуючи поняття найменшого спільного кратного:

$$T = НСК(T_1, T_2) \quad (2.2)$$

де T – період повторення моментів співпадіння фронтів сигналів;

T_1, T_2 – періоди повторення сигналу невідомої та опорної частот;

З точки зору схемотехніки, даний блок представляє собою схему з логічною функцією "Г".

Принцип роботи приладу базується на обрахуванні кількості імпульсів невідомої частоти, та кількості імпульсів опорної частоти, між моментами їх співпадіння.

Для подальшого обрахування імпульсів необхідно керувати надходженням їх на входи лічильників. Тобто, при надходженні першого імпульсу співпадіння, необхідно запустити лічбу; при надходженні другого імпульсу співпадіння – зупинити лічбу; передати обраховану інформацію на обробку, та скинути виходи лічильників в нульовий стан. Всі ці функції виконує блок управління лічильниками.

Сформований сигнал про співпадіння фронтів імпульсів надходить на блок керування лічильником. Дана схема представляє собою лічильник із межею рахунку "2". Тобто, при надходженні першого імпульсу співпадіння на вхід блоку, на виході з'являється логічна одиниця, що дозволяє надходження імпульсів на вхід лічильників. При надходженні другого імпульсу співпадіння

									Арк.
									19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КПТР.2017012.01.09 ПЗ				

лічильник блоку переходить в стан логічного нуля, що забороняє проходження імпульсів.

З виходів блоків керування кожного каналу, імпульси проходять на входи 32-розрядних двійкових лічильників. Лічильники підраховують кількість імпульсів між моментами співпадіння фронтів сигналів. Розрядність лічильників вибрана з урахуванням можливого діапазону різниць частот невідомого та опорного сигналів. Обрана 32 розрядність забезпечує відношення сигналів у межах:

$$\frac{F_x}{F_0} = 2^{32} = 4294967296 \quad (2.3)$$

де F_x, F_0 – відповідно невідома та опорна частота.

Обчислена інформація представлена у вигляді двох 32-розрядних блоків кодів. Для подальшої обробки, та зручності передачі на інші блок приладу інформація з виходів лічильників передається на блок регістрів зсуву. Даний блок перетворює паралельний 32-розрядний код у 4 послідовних лінії передачі даних. Кожен з 8-ми регістрів послідовних регістрів зсуву перетворює 4-розрядний паралельний код у послідовний код. Таким чином, 64 розряди коду перетворюються у 8 розрядів і подаються на блок арифметичних операцій та керування.

Наступний блок виконує зразу декілька функцій. Головна з них – обрахування частоти сигналу.

Суть арифметичних операцій, виконуваних даним блоком описується аналітично за допомогою формули:

$$\frac{N_x}{N_0} = \frac{F_x}{F_0} \quad (2.4)$$

де N_x, N_0 – кількість підрахованих імпульсів, між моментами співпадіння фронтів сигналів відповідно невідомої та опорної частот;

F_x, F_0 – частоти відповідно невідомої та опорної частот.

Зробивши очевидні перетворення маємо:

$$F_x = \frac{N_x \cdot F_0}{N_0} \quad (2.5)$$

Відповідні математичні операції множення та ділення виконує програма ОМЕОМ, що прошивається при виробництві.

Виходячи з попереднього опису блоків можна виділити таку послідовність перетворення та обробки сигналу в приладі.

					КПТР.2017012.01.09 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для зручності описання приймемо наступні спрощення: I-й канал – це канал обробки сигналу невідомої частоти, II-й канал – канал обробки сигналу опорної частоти (рис.2.5).

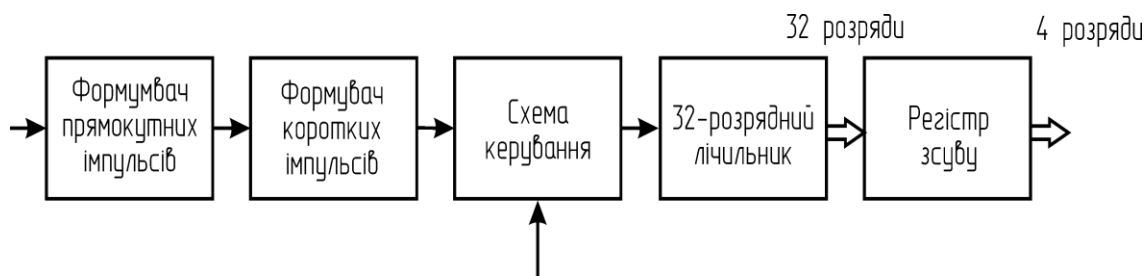


Рисунок 2.5-Спрощена структурна схема одного каналу обробки.

В першому каналі сигнал невідомої форми та частоти потрапляє на вхід формувача прямокутних імпульсів. Там, незалежно від його форми, він перетворюється на сигнал прямокутної форми.

Наступним кроком обробки є формування коротких імпульсів із вхідних сигналів. Для I-го каналу це сигнал із попереднього блоку, для другого – сигнал опорної частоти із генератора опорної частоти, що є по сумісництву тактовим генератором ОМЕОМ.

Короткі імпульси, що відповідні фронтам сигналів потрапляють на схему співпадіння. В дані схемі формується сигнал високого рівня, у випадку, коли імпульси співпадають в часі. Що є сигналом початку лічби імпульсів.

Сигнал зі схеми співпадіння потрапляє на лічильник на "2". Перший імпульс співпадіння переводить вихід його у стан лог. "1". Що в свою відкриває схему керування, і дозволяє проходження коротких імпульсів на лічильники імпульсів. Починається цикл лічби імпульсів.

В момент другого співпадіння імпульсів схема співпадіння формує другий сигнал високого рівня. Він потрапляючи на лічильник блоку керування переводить його вихід в стан лог. "0", цим самим припиняючи проходження імпульсів на входи лічильників.

З виходів лічильників 32-розрядний двійковий код, відповідний кількості підрахованих імпульсів в кожному каналі, потрапляє на вхід восьми регістрів зсуву (блоками 8×4). Регістри перетворюють цей код у чотири розрядний паралельно-послідовний код.

Перетворений, таким чином, код надходить в блок арифметичних операцій та керування. На час виконання арифметичних операцій видається сигнал заборони лічби, що забороняє лічбу на протязі часу обчислення поточного часу обчислень.

Після обчислення поточного значення частоти її значення передається для відображення на індикатор. Сигнал заборони лічби знімається і цикл повторюється.

При необхідності, інформація про частоту сигналу зберігається в банки пам'яті ОМЕОМ, або відповідно до вибраного режиму роботи автоматично передається на ПК, через інтерфейс RS-232.

Функціональну схему формувача коротких імпульсів на основі D-тригера представлено на рис. 2.6, а осцилограми, що пояснюють його принцип роботи на рис. 2.7.

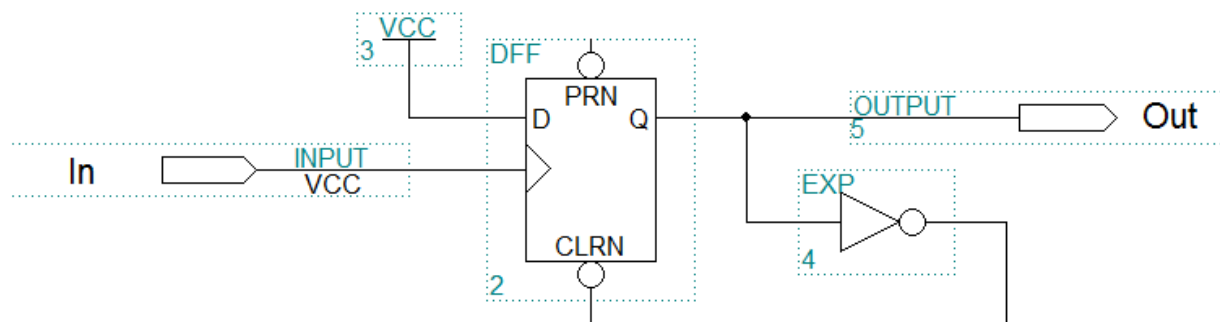


Рисунок 2.6- Формувач коротких імпульсів

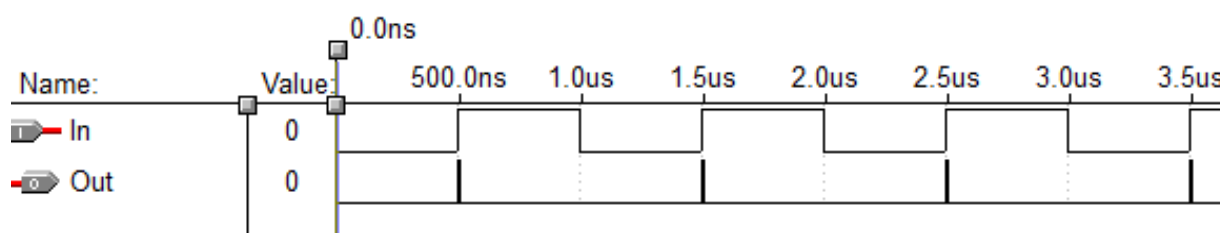


Рисунок 2.7- Осцилограми роботи формувача коротких імпульсів

На рис. 2.8 представлено функціональну схему лічильника імпульсів на основі мега функції LPM_COUNTER, а осцилограми, що пояснюють його принцип роботи на рис. 2.9.

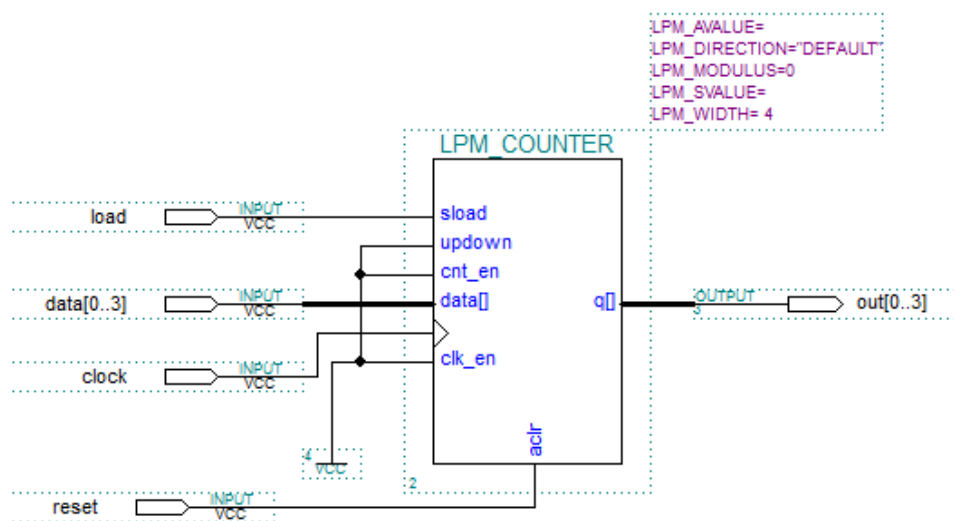


Рисунок 2.8- Лічильник імпульсів на основі мега функції LPM_COUNTER

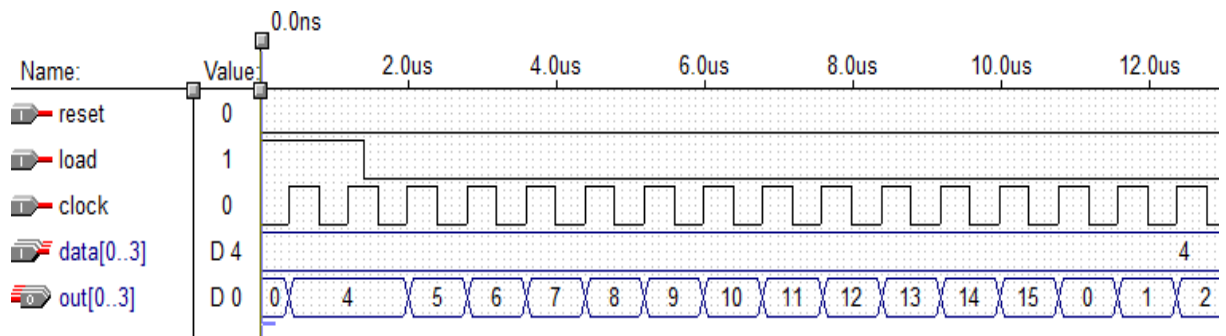


Рисунок 2.9- Осцилограми роботи лічильника імпульсів на основі мега функції LPM_COUNTER

На рис. 2.10 представлено функціональну схему дільника двох 8-розрядних чисел на основі мега функції DIVIDE, а осцилограми, що пояснюють його принцип роботи на рис. 2.11. Тут numerator – чисельник, denominator – знаменник, quotient – ціле, remainder – остача.

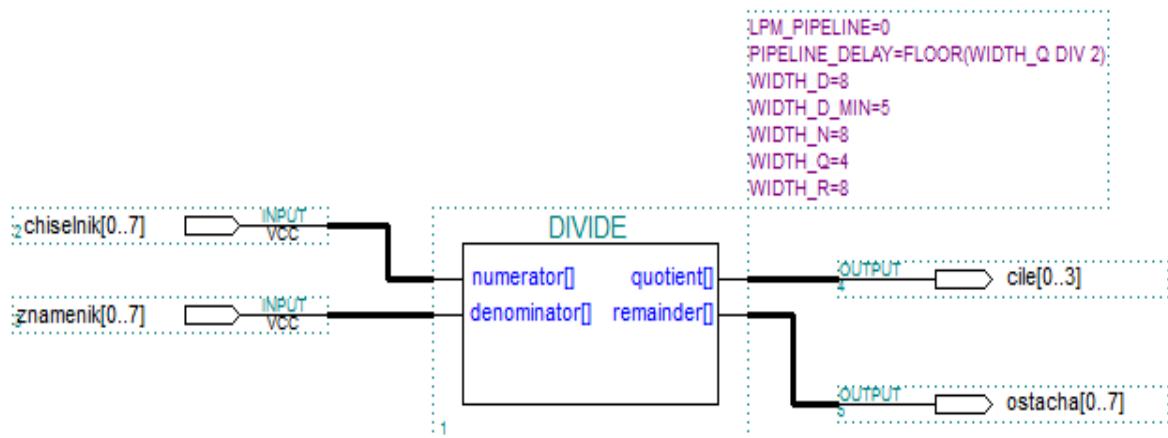


Рисунок 2.10- Дільник двох 8-розрядних чисел на основі мега функції DIVIDE

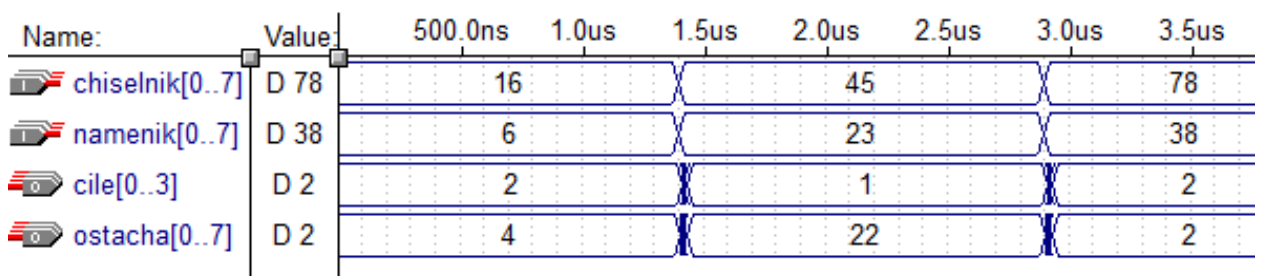


Рисунок 2.11- Осцилограми роботи дільника двох 8-розрядних чисел на основі мега функції DIVIDE

На рис. 2.12 представлена функціональна схема частотоміра коінциденції на ПЛІС, а осцилограми, що пояснюють його принцип роботи – на рис. 2.13.

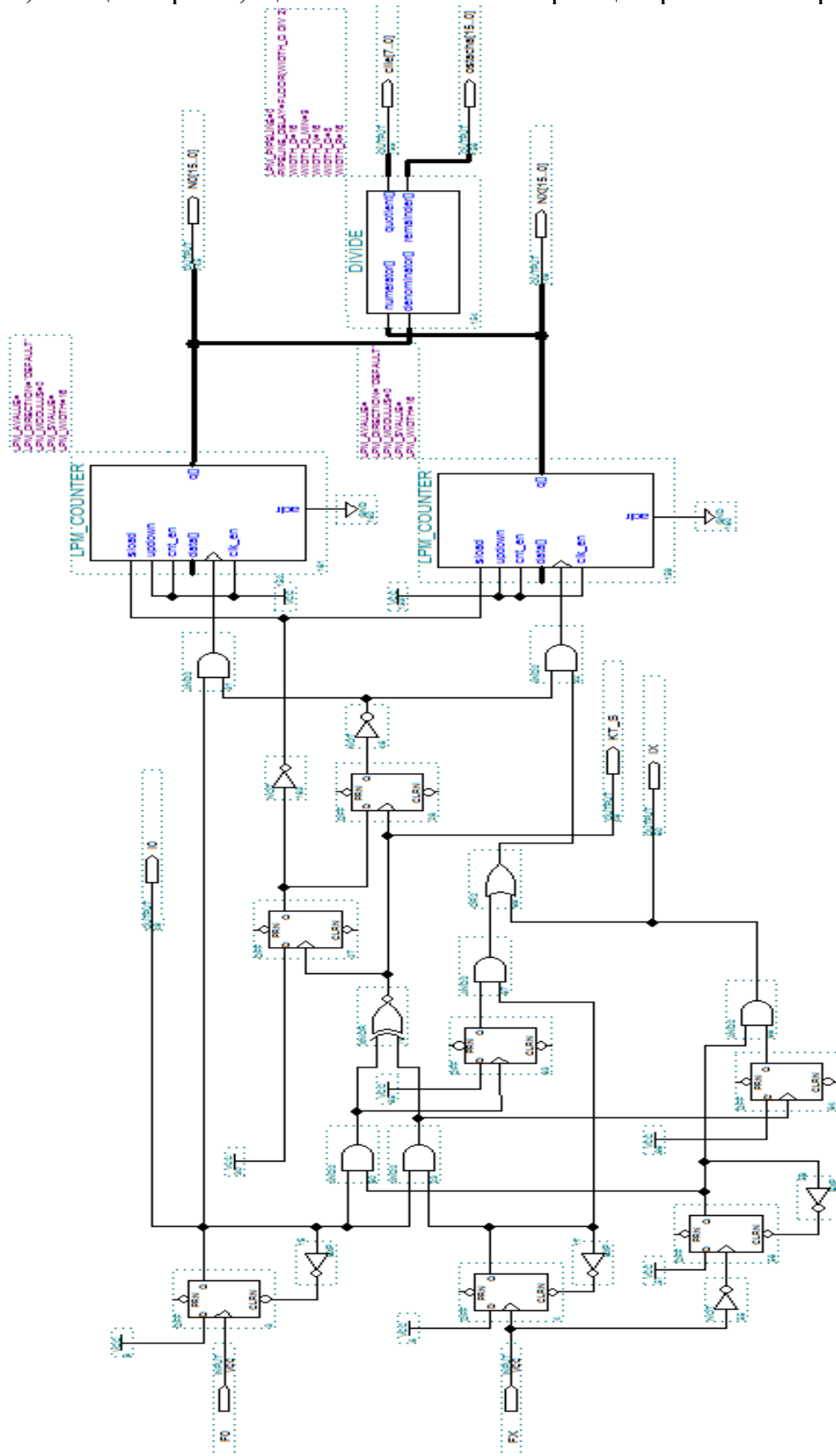


Рисунок 2.12- Функціональна схема частотоміра коінциденції на ПЛІС

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

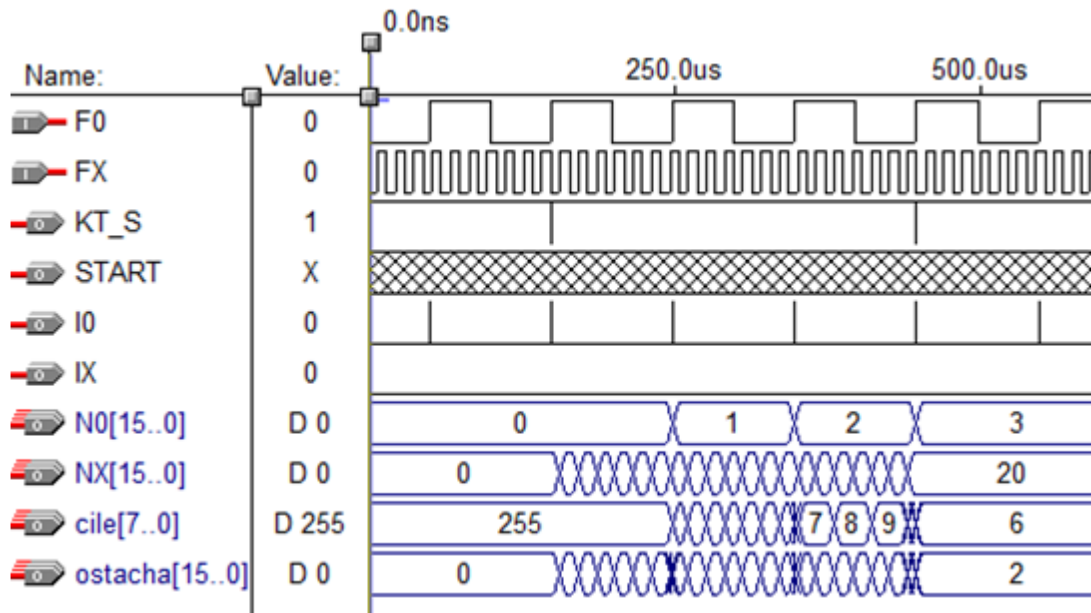


Рисунок 2.13- Осцилограми роботи частотоміра коінциденції на ПЛІС

2.3 Аналіз принципової схеми виробу

2.3.1 Визначення споживаної потужності

Для визначення потужності, яка споживається приладом знайдемо струм, що споживається схемою. Знаючи напругу живлення знайдемо потужність споживання.

В нашому випадку потужність, яка споживається частотоміром складається із потужності споживання окремих елементів схеми. Знайдемо потужність, що споживають ІМС схеми (табл.2.1)

Таблиця 2.1.-Потужності споживання елементів схеми

Тип ЕРЕ	І _{сп.} , мА	U _{ж.} , В	Кільк. корпусів	РСП., мВт
ЕРМ7128SLC84	100	5	1	500
АТ95S8535	100	5	1	500
НА5190	3	5	1	15
АДМ 232	3	5	1	15
V634OR	1	5	1	5
RZ05IN50	10	5	1	50
Всього				1,085 Вт

Разом з тим крім потужності споживання ІМС розсіювання потужності відбувається також і на резистивних подільниках. Оскільки всі резистори схеми працюють в мало навантаженому режимі, їх потужність розсіювання

вибираємо рівною $P_{розс}=0,125\text{Вт}$. При цьому загальна потужність розсіювання всіх резисторів $P_{рез}=1,375\text{ Вт}$.

Тепер знайдемо максимальну потужність споживання всієї схеми за формулою:

$$P_{СП.МАКС.} = P_{СП.МС} + P_{СП.РЕЗ} + P_{СП.ПКІ} \quad (2.6)$$

де $P_{СП.МАКС.}$ - максимальна потужність споживання схеми;

$P_{СП.МС}$, $P_{СП.РЕЗ}$, $P_{СП.ПКІ}$ - потужності споживання ЕРЕ.

$$P_{СП.МАКС.} = 1.085 + 1.375 + 0,2 = 2.66 \text{ (Вт)}$$

Далі знайдемо струм, що буде споживатися приладом від блока живлення за формулою:

$$I_{сп} = \frac{P_{СП.МАКС.}}{U_{ж}} \quad (2.7)$$

де $U_{ж}$ – напруга живлення.

$$I_{сп} = \frac{2,66}{5} = 0,532 \text{ (А)}$$

2.4 Аналіз елементної бази

Оскільки принцип роботи частотоміру базується на обробці цифрових сигналів, він може бути віднесений до субблоків цифрових електронно-обчислювальних машин, що в свою чергу ставить вимоги до підвищення надійності та швидкодії. Доцільнішим шляхом вирішення даних задач є застосування ЕРЕ для поверхневого монтажу (ПМ).

ЕРЕ ПМ у порівнянні з ЕРЕ для монтажу в отвори мають ряд переваг:

- збільшення щільності компоновки на одиницю площі в 10-20 разів;
- зниження масо-габаритних показників;
- підвищення надійності РЕЗ;
- вища стійкість до впливу механічних вібрацій;
- підвищення швидкодії РЕЗ;
- забезпечення автоматизації монтажу;
- покращення умови тепловідводу;
- зниження собівартість пристрою.

					КПТР.2017012.01.09 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Цифрова частина частотоміра коінциденції виконана на програмованій логічній інтегральній мікросхемі сімейства MAX 7000 типу EPM 7128SLC84 фірми INTEL(ALTERA) [5] в корпусі PLCC-84 (Рис.2.14)

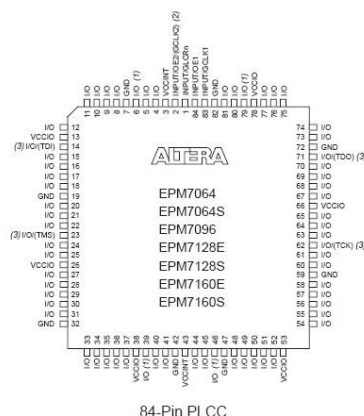


Рисунок 2.14 – Корпус PLCC-84

Таке рішення дозволить зменшити габарити схеми, зменшити споживану потужність, покращити масо-габаритні показники. Разом з тим об'єднання цифрових блоків в одному корпусі дозволяє зменшити довжину зв'язків між блоками схеми, а значить і зменшити час розповсюдження сигналу від блоку до блоку. Крім того позитивним аспектом такого рішення є зменшення впливу електромагнітних наведень на лінії зв'язку, що збільшує захищеність від завад частотоміру. Вся схема тракту задається програмним чином, попередньо розроблена та відлагоджена в САПР Quartus, що дозволяє вести розробку програмного забезпечення для програмування ПЛІС сімейства MAX7000. САПР Quartus розповсюджується вільно, що дозволяє не закуповувати додатково програмне забезпечення для програмування пристрою.

Велика кількість функцій потребує належного та зручного керування всіма процесами. Відповідно для відображення інформації обираємо рідинно кристалічний індикатор. Це дозволить виводити на екран не тільки цифрову, а й текстову інформацію (рис.2.15).

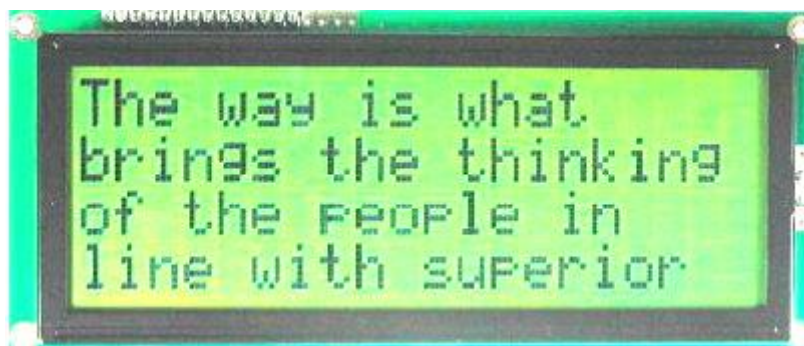


Рисунок 2.15 - Рідинно кристалічний індикатор

									Арк.
									27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КПТР.2017012.01.09 ПЗ				

Запропонований варіант рідинно кристалічного індикатора марки BC2004B виробництва фірми "Bolymin"[6]. Розміри робочої області 4×20 символів. Цей індикатор має вмонтований контролер KS0066, що дозволяє виводити велику кількість різних символів алфавітів. Керування індикатором відбувається мікроконтролером по шині даних. Разом з тим індикатор має невеликий струм споживання.

Для керування частотоміром використано клавіатуру з восьми тактових кнопок. Чотири з них використовуються для навігації за напрямками в меню приладу (UP, DOWN, LEFT, RIGHT); кнопка виклику меню (MENU); кнопка повернення на рівень назад (ESC); кнопка для підтвердження вибору (OK); кнопка скидання результату вимірювання (RESET). Це дозволить виконати велику кількість функцій використовуючи невелику кількість органів управління.

На базі 8-ми бітної OMEOM з AVR архітектурою типу AT90S8535 фірми AVR [26] побудований блок керування та індикації. До переваг даної OMEOM можна віднести низьке споживання потужності. Таке рішення дозволить виконати на базі одного мікроконтролера велику кількість користувацьких функцій, головна з яких – визначення частоти невідомого сигналу.

Всі мікроконтролери мають у своєму складі Flash-пам'ять програм, що може бути завантажена як за допомогою звичайного програматора, так і за допомогою SPI-інтерфейсу, у тому числі безпосередньо на цільовій платі. При цьому число циклів перезапису - не менше 1000. Останні версії кристалів сімейства "mega" мають можливість самопрограмування Flash-пам'яті. Крім того є модифікований завантажувач, який надає доступ до Flash пам'яті прямо з програми. Це означає, що мікроконтролер здатний самостійно, без зовнішнього програматора, змінювати вміст комірок пам'яті програм.

Крім того усі AVR-мікроконтролери мають також блок енергонезалежної пам'яті даних EEPROM, що електрично стирається. EEPROM - пам'ять, до якої ми маємо повний доступ з програми що виконується, тобто можемо під час виконання читати і писати туди дані, і ці дані не скидаються при перезавантаженні МК. Цей тип пам'яті, дозволяє:

1. Зберігання налаштувань, що змінюються "з меню" пристрою, без перепрограмування;
2. Калібрування, збереження калібрувальних даних;
3. Використання як додаткової SRAM пам'яті в разі її браку;
4. "Чорний ящик" - постійний запис свідчень з датчиків для подальшої розшифровки збоїв;
5. Запис стану робочого процесу для відновлення роботи після раптового перезавантаження.

					КПТР.2017012.01.09 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Єдиний важливий момент: EEPROM має певний ресурс за кількістю перезапису комірок. Виробник гарантує 100 000 циклів запису кожної комірки, за фактом ця характеристика залежить від конкретного кристалу і температурних умов, незалежні тести показали 3-6 мільйонів циклів перезапису при кімнатній температурі до появи першої помилки, тобто заявлені 100 000 взяті з дуже великим запасом.

У таблиці 2.2 наведено експлуатаційні параметри ЕРЕ, що використовуються в схемі частотоміра коінциденції.

Таблиця 2.2 – Експлуатаційні параметри елементів схеми

Найменування елемента	Кільк. шт.	Конструктивні параметри			Допустимі умови експлуатації		
		Маса, г	Установочна площа, мм ²	Інтенсивність відмови $\lambda_{oi} 10^6, 1/ч$	Діапазон температур, °С	Вібрація	
						Ча-та, Гц	Прискорення, g
Мікросхеми:							
AT90S8535	1	1.1	880	0.01	-40...+105	10-3000	25
ЕРМ7128SLC84	1	1.2	1156	0.01	-40...+105	10-3000	25
НА5190	1	1	90	0.01	-25...+85	12-3000	25
ADM232	1	0.8	144	0.01	0...+150	12-3000	25
V634OR	1	1	25	0.01	0...+150	12-3000	25
RZ05IN50	1	0.9	100	0.01	0...+70	12-3000	25
Конденсатори:							
K50-35	1	0.1	100	0.01	0...+85	10-2500	25
NPOSMD1206	7	0.1	8	0.01	0...+85	10-2500	25
Резистори:							
RMC1/8W (1206)	10	0.1	8	0.01	-55...+125	10-3000	25
СП5-2А	1		150	0.5	-50...+110	10-2500	10
Роз'язгтя							
BNC	1		225		-55...+125	10-2500	25
DRB-9FA	1		480		-55...+125	10-2500	25
DS-7-2	1		50		-55...+125	10-2500	25
Комутаційні прилади							
SJB-4-1	8		99	1	-55...+125	10-2500	20
Кварцовий резонатор							
PK-169	1	1	56	0.01	-25...+80	10-2500	10

Разом з тим для розширення можливостей частотоміра у складі його схеми використано стандартний інтерфейс типу RS-232 для підключення до

ПЕОМ. Це дозволить обробити виміряну інформацію і представити її належним чином. Оскільки логічні рівні даного інтерфейсу не дозволяють на пряму використовувати їх для управління мікроконтролером. Відповідно для перетворення рівнів інтерфейсу RS-232 в рівні ТТЛ, служить блок перетворювача рівнів ТТЛ/RS-232. Цей блок виконана на базі ІМС перетворювача ADM232, яку ввімкнуто за стандартною схемою включення.

Формувач прямокутних імпульсів виконано на базі операційного підсилювача HA5190 фірми Harris.

Проаналізувавши експлуатаційні параметри ЕРЕ, що використовуються в схемі частотоміра коінциденції(табл.2.2) можна зробити висновок, що елементна база відповідає вимогам, що задані в ТЗ, для забезпечення необхідних характеристик пристрою.

2.5. Розробка просторової структури виробу

2.5.1. Виділення структурних рівнів конструкції

У частотомірі коінциденції, відповідно до ГОСТ 26632-85 «Уровни разукрупнения радиоэлектронных средств по функциональной сложности. Термины и определения.» - Введ. 01.01.87[27] можна виділити наступні структурні рівні:

0- структурний рівень (РЕЗ-0) – до цього рівня віднесемо ІМС АТ90S8535, ЕРМ7128S, АDM232 та ін.; дискретні ЕРЕ – конденсатори, резистори, кварцовий резонатор.

1- структурний рівень (РЕЗ-1) - до цього рівня віднесемо друковану плату частотоміра.

2- структурний рівень (РЕЗ-2) - до цього рівня віднесемо частотомір коінциденції.

2.5.2. Визначення форми виробу

Частотомір коінциденції по ТЗ призначено для встановлення на горизонтальну поверхню. При цьому встановлення відбувається без будь-якої фіксації, що забезпечує добру мобільність даної розробки. Відповідно можна зробити висновок про те, що нижня частина частотоміра має бути плоскою. Щоб забезпечити до ступ до всіх елементів керування та індикації, доцільно розташувати їх в одній площині на горизонтальній поверхні. Це вказує на те, що верхня частина частотоміра також буде плоскою. Оскільки особливих вимог до конструкції частотоміра не висунуто, враховуючи конструкцію верхньої та нижньої частини приймаємо, що частотомір коінциденції матиме форму паралелепіпеда(рис.2.16).

					КПТР.2017012.01.09 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

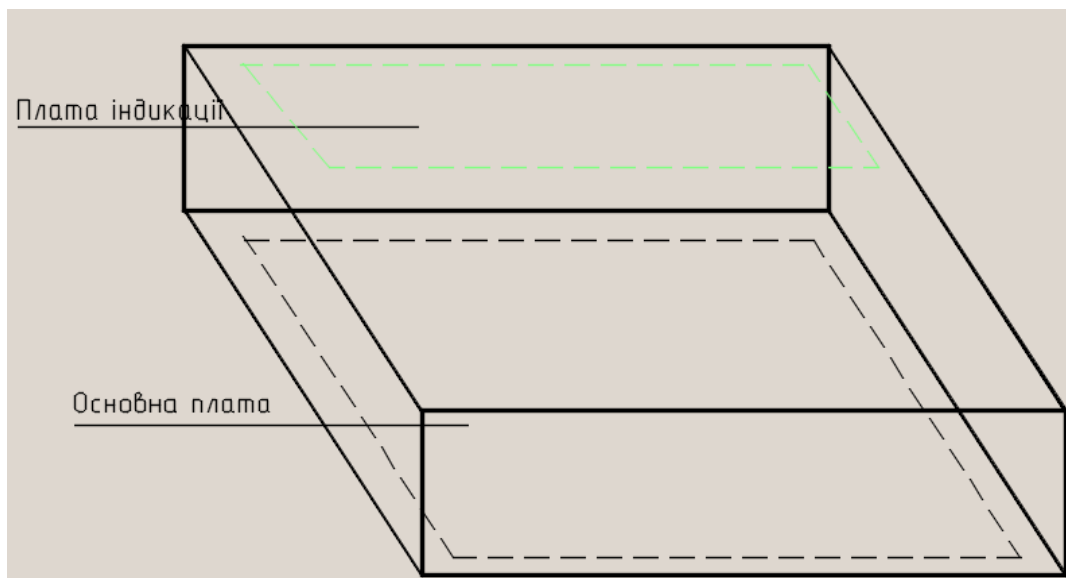


Рисунок 2.16– Ескіз конструкції виробу

2.5.3 Визначення габаритних розмірів виробу

На габаритні розміри корпусу частотоміра впливають розміри його деталей: плат, що розміщені всередині корпусу. Попередньо було визначено, що частотомір коінциденції складається з двох плат: основної і плати індикації. Розміри плати індикації можуть бути змінені будь-яким чином. Критичним розміром плати індикації є її висота, яка визначається висотою компонентів, що розміщені на ній.

Таблиця 2.3 – Площа елементів плати

№ п/п	Марка, тип корпусу	Площа посадочного місця компонента, мм ²	Кількість компонент на платі, шт	Загальна площа, мм ²
1	AT90S8535 DIP40	880	1	880
2	ЕРМ7128SLC84 PLCC-84	1156	1	1156
3	ADM 232 SOIC-14	144	1	144
4	HA5190 SO-14	90	1	90
5	V634OR	25	1	25
6	RZ05IN50 DIP-8	8	1	8
7	K50-35	100	1	100
8	NPOSMD1206	8	7	56
9	RMC1/8W (1206)	8	10	80
10	СП5-2А	150	1	150
11	BNC	225	1	225
12	DRB-9FA	480	1	480
13	DS-7-2	50	1	50
14	PK-169	56	1	56
15	SJB-45	792	1	792
	Всього			4532

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КПТР.2017012.01.09 ПЗ

Арк.

31

Оскільки найвищим елементом, що знаходиться на платі індикації є РКІ, висота якого складає 7 мм, а товщина плати 1,5 мм, прийmemo, що висота плати індикації – 9мм.

Висота основної плати також буде визначатись висотою елементів, що розташовані на ній. Оскільки найвищим елементом, що знаходиться на основній платі є байонетне роз'язтя, висота якого складає 14 мм, а товщина плати 1,5 мм, прийmemo, що висота основної плати – 17мм.

Попередньо визначимо габаритні розміри друкованої основної плати через сумарну площу елементної бази, яка дорівнює:

$$S_{EB} = S_{IMC} + S_K + S_{П}, \quad (2.8)$$

де S_{imc} – сумарна площа мікросхем;

S_n – сумарна площа пасивних ЕРЕ;

S_k – сумарна площа комутаційних вузлів.

Відповідно площа основної плати дорівнює[28]:

$$S_{ДП} = S_{EB} \cdot K, \quad (2.9)$$

де K – коефіцієнт заповнення плати.

Разом з тим коефіцієнт заповнення плати найбільш залежить від технології її виготовлення. Для 4 і 5 класів точності $K=1,5...2$; а для 1, 2 і 3- $K=3..5$ [28]. Оскільки технологія виготовлення основної плати не перевищує 3 класу точності, то попередньо приймаємо $K=3$, в такому випадку необхідна площа плати за (2.9) складе:

$$S_{ДП} = 4532 \cdot 3 = 13596 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

Ширина корпусу буде визначатися елементом з найбільшою шириною. Таким є РКІ, габаритні розміри якого складають 90×40 мм. Попередньо приймаємо ширину основної плати 90 мм. Знаючи площу і ширину визначимо довжину основної плати:

$$l = \frac{S}{b} = \frac{13596}{90} = 151 \text{ (мм)}$$

У відповідності до стандартного ряду типорозмірів друкованих плат ГОСТ 10317-72[29] приймаємо габаритні розміри основної плати 90×160 мм.

Врахувавши розміри основної плати і плати індикації вибираємо наступні габаритні розміри корпусу: довжина – 170 мм, ширина – 100 мм висота – 30 мм.

При цьому на висоту корпусу також вплинула висота ніжок, які будуть фіксувати пристрій на робочій поверхні.

									Арк.
									32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КПТР.2017012.01.09 ПЗ				

2.5.4 Зовнішнє компонування пристрою

У відповідності до вимог естетики та ергономіки ТЗ, та керуючись вимогами ОСТ 25.1192-85 “Система стандартів ергономіки і технічної естетики. Загальні ергономічні вимоги”[30], зовнішнє компонування частотоміра коінциденції здійснимо, базуючись на естетичних вимогах з інформаційної виразності, раціональності форми, цілісності композиції.

В якості передньої панелі обираємо верхню кришку конструкції. Таким чином буде забезпечено до всіх органів управління: кнопки для керування режимами роботи частотоміра, та індикації: РКІ для відображення інформації. Конструкція частотоміра також буде визначатися входними і вихідними роз'язками, які розташовано на основній платі. Попередньо приймаємо, що отвір для входного роз'язка буде розташовано на передній стінці корпусу, а отвір для роз'язка живлення і з'єднання з ПЕОМ на задній стінці корпусу. Приклад зовнішнього компонування корпусу частотоміра коінциденції представлено на рис.2.17.

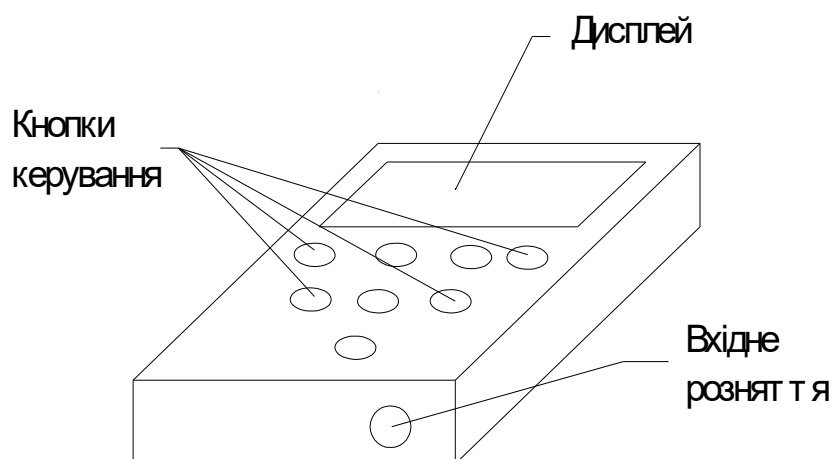


Рисунок 2.17 – Зовнішнє компонування частотоміра коінциденції

2.5.5 Внутрішнє компонування приладу

Під час аналізу варіантів внутрішнього компонування було проаналізовані всі фактори, що впливають на розміщення складових частин всередині корпусу частотоміра, а саме:

- 1.Простота схеми електричної принципової;
- 2.Цілісність схеми електричної принципової;
- 3.Відсутність елементів що потребують значного просторового рознесення.

У відповідності до цих факторів, спрощене внутрішнє компонування частотоміра коінциденції представлено на рис.2.18.

					КПТР.2017012.01.09 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

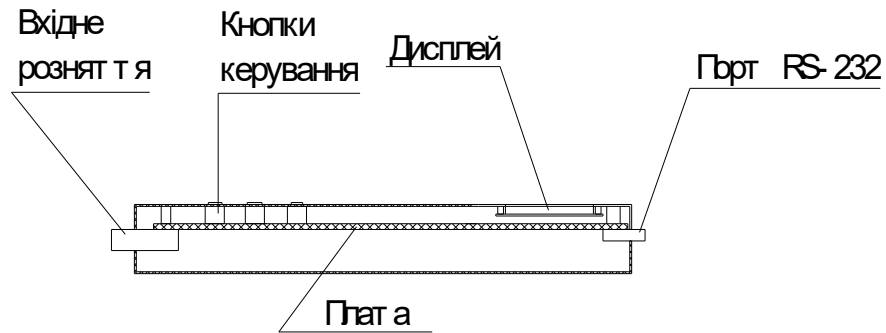


Рисунок 2.18 – Внутрішнє компонування частотоміра коінциденції

Несучою конструкцією частотоміра коінциденції є нижня кришка. На неї встановлюється основна плата. До верхньої кришки кріпиться плата індикації.

Для збільшення поверхні кнопок, на них встановлюють ковпачки, які виступають назовні через отвори в верхній кришці, і закриті ззовні самоклеючою плівкою з нанесеними на неї написами, що відповідають виконуваним функціям.

2.5.6 Аналіз ефективності компонування

Проаналізуємо ефективність компонування частотоміра коінциденції шляхом оцінка теплового режиму.

Визначимо температури корпусу найбільш тепло навантаженого елемента: EPM7128SLC84, застосувавши відому методику[31].

Для початку визначимо еквівалентний коефіцієнт теплопровідності модуля (корпусу) $\lambda_{ек}$, в якому використовується ця мікросхема. За умови відсутності теплопровідних шин $\lambda_{ек} = \lambda_{пл}$ - теплопровідності плати (для склотекстоліту $\lambda_{пл} = 0,3$ Вт/(М×°К)). За цих умов еквівалентний коефіцієнт теплопровідності знайдемо за формулою:

$$\lambda_{ек} = (1 - A) \cdot \lambda_{пл} \cdot \left[1 - \frac{V_{ш}}{V_n} + \frac{1}{\frac{V_{ш}}{V_n} \cdot \frac{\lambda_{ш}}{\lambda_{пл}} + 1 - \frac{V_{ш}}{V_n}} \right]^{-1} + A \frac{\lambda_{пл}}{2} \left[1 + \frac{\lambda_{ш}}{\lambda_{пл}} \frac{V_{ш}}{V_n} + \frac{1}{1 - \frac{V_{ш}}{V_n}} \right], \quad (2.10)$$

де $\lambda_{пл}$ - теплопровідності плати (для склотекстоліту $\lambda_{пл} = 0,3$ Вт/(М×°К))

$\lambda_{ш}$ - теплопровідність матеріалу шини тепловідводу;
 V_n - об'єм плати із урахуванням об'єму шин тепловідводу;
 $V_{ш}$ - загальний об'єм шини тепловідводу;
 A - поверхневий коефіцієнт заповнення плати модуля шинами тепловідводу.

Так як шиною тепловідводу є струмопровідні елементи рисунка плати, то $\lambda_{пл}$ для мідних провідників становить 390 Вт/(М×°К). Визначимо об'єм основної плати за формулою:

$$V_n = S_n \cdot H_n \cdot k, \quad (2.11)$$

де S_n - площа поверхні плати;
 H_n - висота основної плати, разом з елементами;
 k - коефіцієнт запасу;

$$V_n = 144 \cdot 1,7 \cdot 2 = 489,6 (\text{см}^3).$$

Далі знайдемо об'єм теплопровідних шин за формулою:

$$V_{ш} = S_n \cdot t, \quad (2.12)$$

де t – товщина струмопровідного шару.

$$V_{ш} = 144 \cdot 2 \cdot 0,0035 = 1,008 (\text{см}^3).$$

Прийmemo поверхневий коефіцієнт заповнення основної плати шинами тепловідводу рівним 0.5. Далі визначаємо еквівалентний коефіцієнт теплопровідності:

$$\lambda_{ек} = (1 - 0,5) \cdot 0,3 \cdot \left[1 - \frac{1,008}{489,6} + \frac{1}{\frac{1,008}{489,6} \cdot \frac{390}{0,3} + 1 - \frac{1,008}{489,6}} \right]^{-1} + 0,5 \cdot \frac{0,3}{2} \cdot \left[1 + \frac{390}{0,3} \cdot \frac{1,008}{489,6} + \frac{1}{1 - \frac{1,008}{489,6}} \right] \cong 0,52185 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}} \right).$$

Найбільш тепло навантаженим елементом є EPM7128SLC84: при габаритах 29,4×30,4 мм споживає струм 0,1 А. Розрахуємо еквівалентний радіус EPM7128SLC84:

					КПТР.2017012.01.09 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{ек} = \sqrt{\frac{S_{0IC}}{\pi}}, \quad (2.13)$$

де $S_{0IC} = 2,94 \cdot 3,04 = 8,32 \text{ см}^2$;

$$R_{ек} = \sqrt{\frac{8,32}{3,1415}} = 2,85 \text{ (см)}.$$

Знайдемо коефіцієнт розповсюдження теплового потоку за формулою:

$$m = \sqrt{\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{H_n \cdot R_{ек}}}, \quad (2.14)$$

де α_1 та α_2 - коефіцієнти теплообміну верхнього та нижнього шару плати.

Для умов звичайного теплообміну вираз $\alpha_1 + \alpha_2$ дорівнює $17 \text{ Вт}/(\text{М} \times ^\circ\text{К})$, звідки:

$$m = \sqrt{\frac{17}{1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 2,85 \cdot 10^{-2}}} = 630,6 \left(\frac{1}{\text{м}} \right).$$

Нарешті визначимо перегрівання поверхні корпусу EPM7128SLC84 за формулою:

$$\Delta t_{IC} = \Delta t_k + r \left[\frac{P}{R_\alpha (S_{IC} - S_{0IC}) + \frac{1}{\frac{\delta_z}{\lambda_z \pi R^2} + \frac{1}{8,5 \pi R^2 + 2 \pi R \lambda_{ек} H m \frac{K_1(mR)}{K_0(mR)}}}} \right], \quad (2.15)$$

де Δt_k - середній перегрів корпусу вищого структурного рівня;

r - емпіричний коефіцієнт, для близьких до квадратних корпусів дорівнює 1,14, для прямокутних корпусів із відношенням сторін більш як 3:1 має значення 1; $r=1$;

R_α - коефіцієнт теплопровідності корпусу мікросхем, для малих корпусів є сталим близько $50 \text{ Вт}/\text{м}^2\text{К}$;

					КПТР.2017012.01.09 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

S_{TC} - загальна площа поверхні транзистора;
 δ_z - зазор між мікросхемою та платою;
 λ_z - теплопровідність зазору між мікросхемою та платою;
 P – потужність, яка розсіюється мікросхемою;
 $K_1(mR)$ та $K_0(mR)$ - модифіковані функції Беселля від відповідних аргументів.

Ця формула є вірною за виконання умови:

$$R_i < 10/m = 10/630,6 = 0,016, \quad (2.16)$$

де R_i - відстань між цим елементом та сусідніми.

Знайдемо загальний перегрів герметичного корпусу з конвективною системою охолодження відносно оточуючого середовища за формулою:

$$\Delta t_k = \left(0,1472 q_k - 0,2962 \cdot 10^{-3} q_k^2 + 0,3127 \cdot 10^{-6} q_k^3 \right) K_n, \quad (2.17)$$

де q_k - густина теплового потоку, що проходить через поверхню теплообміну;

K_n - коефіцієнт, який визначається тиском повітря ззовні пристрою;

$$q_k = \frac{P \cdot K_p}{S_k}, \quad (2.18)$$

де K_p – коефіцієнт, який враховує тиск повітря; для нормальних умов $K_p = 1$;

S_k – площа поверхні корпусу пристрою,

$$S_k = 2[l_1 l_2 + (l_1 + l_2) l_3], \quad (2.19)$$

де l_1, l_2, l_3 - відповідно довжина, ширина основи корпусу пристрою і його висота;

$$S_k = 2 \cdot [0,17 \cdot 0,1 + (0,17 + 0,1) \cdot 0,3] = 0,196 (\text{м}^2);$$

$$q_k = \frac{2,66 \cdot 1}{0,196} = 13,57 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \right);$$

$$K_n = 0,82 + \frac{1}{0,925 + 4,6 \cdot 10^{-5} H}, \quad (2.20)$$

					КПТР.2017012.01.09 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

де H – атмосферний тиск, $H = 0,101325$ МПа;

$$K_n = 0,82 + \frac{1}{0,925 + 4,6 \cdot 10^{-5} \cdot 0,101325} = 1,901;$$

$$\Delta t_K = 0,1472 \cdot 13,57 + 0,2962 \cdot 10^{-3} \cdot 13,57^2 + 0,3127 \cdot 10^{-6} \cdot 13,57^3 = 2,0528 (^{\circ}\text{C}).$$

Знайдемо значення модифікованих функцій Беселля із математичних таблиць: при аргументі

$$mR = 630,6 \cdot 0,016 \cong 10$$

$$K_1(mR) = 2670,988, \quad K_0(mR) = 2815,717.$$

Знайдемо площу поверхні схеми за формулою:

$$S_{TC} = 2(ab + ac + bc) \quad (2.21)$$

$$S_{TC} = 2 \cdot (0,0294 \cdot 0,0304 + 0,0294 \cdot 0,007 + 0,0304 \cdot 0,007) = 0,43 \cdot 10^{-3} (\text{м}^2).$$

Відповідно матимемо:

$$\Delta t_{TC} = 2,0528 + 1 \left[\frac{0,5}{50 \cdot (0,43 \cdot 10^{-3} - 8,32 \cdot 10^{-4}) + \frac{1}{10^{-3}}} + \frac{1}{0,8\pi(0,0162)^2} + \frac{0,5}{1} + \frac{1}{1} + \frac{8,5\pi(0,0162)^2 + 2\pi \cdot 0,0162 \cdot 0,52185 \cdot 23 \cdot 10^{-3} \cdot 630,6 \cdot \frac{2670,988}{2815,717}}{1} \right] = 2,05^{\circ}$$

Знаючи перегрів визначаємо температуру поверхні мікросхеми:

$$t_{TC \max} = t_{0 \max} + \Delta t_{TC} = 50 + 2,05 = 52,05^{\circ}\text{C}, \quad (2.22)$$

					КПТР.2017012.01.09 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

де $t_{0\max}$ – максимальна робоча температура професійної апаратури шостої групи по техніко-експлуатаційним вимогам. Оскільки максимальна експлуатаційна робоча температура елемента EPM7128SLC84 складає 85°C, то розрахована температура його корпусу задовольняє наші вимоги.

Для нашої схеми найменшу температуру експлуатації має кварцовий резонатор – 80°C, яка вища за температуру $t_{1C\max}$. Відповідно, можна зауважити, що умова нормальної роботи виконується, а разом і умови для інших елементів, оскільки розрахунки проводились для найбільш нагрітого елемента.

2.6 Конструювання носійних елементів пристрою

2.6.1 Вибір носійного елемента конструкції

Оскільки до складу частотоміра коінциденції не входять комплектуючі великих габаритних розмірів, у якості несучого елемента буде корпус. Під час вибору матеріалу носійної конструкції враховують, вимогами до міцності, фізичних та механічних властивостей, стійкості до дії кліматичних факторів, вартості. У зв'язку з чим обираємо матеріал несучої конструкції – ударостійкий полістирол ПСМ-151 чорний М-241-51 ГОСТ 20282 – 86[32]. Для кріплення плати індикації до верхньої кришки, всередині передбачені чотири стійки висотою 23 мм, діаметром 10 мм, по центру стійок є отвір круглої форми, для закручування гвинта. Для підключення частотоміра коінциденції до комп'ютера, на задній поверхні є прямокутний отвір для розняття розміром 8×60 мм. Для підключення блоку живлення передбачено отвір під розняття діаметром 10 мм.

Разом з тим для фіксації верхньої та нижньої кришки корпусу по контуру нижньої кришки передбачений бортик висотою 1 мм, товщиною 1 мм. Крім того для кріплення нижньої кришки до верхньої передбачені стійки по кутках кришки, висотою 23 мм, розміром 7×7 мм. У центрі стійок передбачені отвори діаметром 2 мм, глибиною 10 мм для закручення гвинтів.

Крім того над розняттями є позначки: «RS-232», «Вхід» та біля отвору розняття живлення «5В СТАБ».

2.7 Конструювання печатних плат

2.7.1 Визначення вимог до конструювання печатних плат

Проаналізувавши елементну базу: розміри та конструктивне виконання EPE та ІМС, приймаємо одностороннє розміщення елементів.

					КПТР.2017012.01.09 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

При цьому встановлення елементів зі выводами, що монтуються в отвори у відповідності до ОСТ4.010.030-81, а компонентів поверхневого монтажу у відповідності до ГОСТ 20.39.405-84 [33].

2.Критерій щільності рисунку друкованої плати.

Відповідно до ГОСТ 23752-79 “Плати друковані. Загальні технічні вимоги”, а також до умов експлуатації заданих в ТЗ, визначаємо групу жорсткості, клас точності та щільність рисунку основної плати. Так як діапазон робочих температур від 0°C до +50°C, відносна вологість до 98% при температурі +25°C, то цим умовам відповідає третя група жорсткості.

Відповідно до ГОСТ 23752-86 “Плати друковані. Основні параметри конструкції”, а також прийнявши до уваги габаритні розміри плати, число елементів, економічну доцільність, основна плата повинна задовольняти вимогам третього класу точності:

- мінімальне значення номінальної ширини провідника – 0,25 мм.
- мінімальна відстань між провідниками – 0,25 мм.

Проаналізувавши елементну базу частотоміра коінциденції, та визначивши габарити плати, приймаємо другий клас щільності для основної плати (табл.2.4).

Таблиця – 2.4 Геометричні і електричні параметри другого класу щільності ПП.

Параметр	Значення
Ширина провідника, мм	0,25
Відстань між провідниками, мм	0,25
Розрізнявальна здатність, лін/мм	2,0
Максимальні розміри ПП (а,b), мм	240
Максимальна робоча напруга, В	30
Граничний струм, мА	130

3.Критерій числа шарів.

З точки зору економічної доцільності, технологічності, надійності, доцільно використовувати двосторонню друковану плату із металізацією отворів та контактними майданчиками для елементів, що монтуються на поверхню.

2.7.2 Обґрунтування вибору матеріалу основи плати

На сьогоднішній день виробники пропонують великий вибір матеріалів для основи плати: склотекстоліт, алюмінієва основа для тепло навантажених плат, керамічна основа чи Rogers для НВЧ плат. Найдешевшими лишаються плати виконанні на основі склотекстоліту.

					КПТР.2017012.01.09 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Оскільки споживана потужність частотоміра менше 10Вт, та в колах електричної схеми немає НВЧ сигналів, то в якості матеріалу для виробництва друкованої плати обираємо шаруватий склотекстоліт із двостороннім фольгованим шаром і товщиною друкованого провідника рівною 35 мкм – СФ-2-35, ГОСТ10316-78[34].

В даний момент цей матеріал дуже широко використовується в промисловості як України так і у світі під маркою FR-4. Цей матеріал має хороші технологічні та експлуатаційно-технологічні властивості, серед яких:

- розширений діапазон робочих температур $-60...+130^{\circ}\text{C}$;
- низьке вологовбирання $\leq 0.35\%$;
- великий електричний опір поверхні $> 10000 \text{ Ом}$;
- надзвичайно великий об'ємний опір $10^6 \text{ МОм}\times\text{см}$;
- стійкість до жолоблення;
- діелектрична проникність $\nu = 5.4$;
- тангенс кута діелектричних втрат при 1 МГц $\delta = 0,018$;
- підвищена твердість та міцність.

2.7.3 Трасування провідників печатної плати

2.7.3.1 Вимоги до трасування печатних провідників і загальної топології розміщення на платі

Під час топологічного конструювання ПП необхідно розглянути питання, що пов'язані з розміщенням ЕРЕ на робочій площі ПП і трасуванням електричних з'єднань між ними.

З урахуванням конструктивних особливостей ЕРЕ виконують їх розміщення за певними правилами:

- максимум щільності розміщення ЕРЕ на робочій площі плати;
- відстань між компонентами і краєм плати повинна бути не менш 1,27мм;
- компоненти одного типу розміщати в одному напрямку і по можливості групувати їх разом;
- усі пасивні компоненти повинні бути по можливості розташовані паралельно один до одного;
- крок сітки для розміщення ЕРЕ на плату 1,27 мм; у випадку невідповідності посадочного місця ЕРЕ кроку сітки його координати будуть вказані окремо;
- місцезнаходження компонента для поверхневого монтажу на платі визначається координатами геометричного центру встановлення компонента на платі.

Під час трасування печатних провідників дотримуються наступних правил:

					<i>КПТР.2017012.01.09 ПЗ</i>	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- мінімум сумарної довжини усіх провідників;
- мінімум числа їх перетинів;
- мінімальна довжина паралельних ділянок, сусідніх провідників;
- мінімум числа з'єднань, довжина яких більше заданої;
- максимум числа кіл простої конфігурації;
- крок сітки для прокладки трас 1,27 мм.

Під час трасування печатної плати використаємо САПР P-CAD.

2.7.3.2 Розміщення компонент на платі

На основній платі розташовано всі елементи схеми принципової частотоміра коінциденції. Під час розміщення елементів враховано необхідність забезпечення III класу точності друкованого монтажу при заданих розмірах плати 160x90. Всі ЕРЕ принципової схема частотоміра коінциденції розташуємо на одній стороні основної плати. Це дозволить зменшити час автоматичного монтажу ПП. При цьому ЕРЕ необхідно розташовувати, рівномірно по площі основної плати для забезпечення рівномірності мас елементів. Монтажні отвори розташовуємо в один ряд для забезпечення технологічності і автоматичного встановлення елементів.

Основними елементами на платі є мікроконтролер АТ90S8535 та ПЛІС ЕРМ7128S. Розташовуємо їх в центрі плати. Блокувальні конденсатори розміщуємо в близько до цифрових ІМС для зменшення локального імпедансу шин живлення. Разом з тим для ПЛІС ЕРМ7128S, у якої виводи живлення розташовані на кожній з чотирьох сторін корпусу, встановлюємо блокувальні конденсатори з кожної сторони корпусу. Решту ЕРЕ, що пов'язанні з ними слід розташовуємо з відповідних сторін, так щоб забезпечити мінімальну довжину з'єднань.

У відповідності до вимог ергономіки та естетики, та у відповідності до виконуваних ними функцій розташовуємо кнопки.

Для під'єднання до комп'ютера розняття інтерфейсу RS-232 розташовуємо на одній стороні: задній стороні частотоміра. Байонетне розняття для вхідного сигналу, на протилежній стороні: передній стороні частотоміра.

Для технологічних отворів, що призначенні для кріплення основної плати до нижньої кришки по куткам передбачаємо зони вільні від провідників.

2.7.3.3 Розрахунок елементів печатного монтажу

У відповідності до методики представленої в [13] робимо розрахунок елементів печатного монтажу. Під час розрахунку скористаємося вихідними даними, що представлено в таб.2.5.

					<i>КПТР.2017012.01.09 ПЗ</i>	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.5 – Вихідні дані до розрахунку елементів печатного монтажу.

№	Параметр	Значення
1	Товщина фольги	35 мкм
2	Максимальний струм через провідник	100 мА
3	Максимальна довжина провідника	0,16 м
4	Допустиме падіння напруги на провіднику	0,25 В
5	Максимальний діаметр виводів елементів	0,8 мм
6	Розмір плати	160x90 мм ²
7	Відстань між виводами мікросхеми	1,27 мм

Спочатку визначимо мінімальну ширину друкованого провідника за формулою[31]:

$$b_{\min 1} = \frac{I_{\max}}{j_{\text{доп}} \cdot t}, \quad (2.23)$$

де I_{\max} - максимальний постійний струм який протікає в провідниках;
 $j_{\text{доп}}$ - допустима щільність струму;
 t - товщина провідника, мм.
 Відповідно матимемо:

$$b_{\min 1} = \frac{0.1}{20 \cdot 0.035} = 0.14 \text{ (мм)}.$$

Далі знайдемо мінімальну ширину провідника з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому за формулою[31]:

$$b_{\min 2} = \frac{\rho I_{\max} l}{U_{\text{доп}} \cdot t}, \quad (2.24)$$

де ρ – питомий об'ємний опір;
 l – довжина провідника, м;
 $U_{\text{доп}}$ – допустиме падіння напруги;

$$b_{\min 2} = \frac{0.05 \cdot 0.1 \cdot 0.16}{0.035 \cdot 0.25} = 0.09 \text{ (мм)}.$$

Тепер знайдемо мінімальний ефективний діаметр контактних майданчиків. Для цього необхідно, спочатку розрахувати номінальний ефективний діаметр монтажних отворів[31]:

$$d = d_E + |\Delta d_{H.0}| + r \quad (2.25)$$

					КПТР.2017012.01.09 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

де d_E - максимальний діаметр виводу ЕРЕ який встановлюється;
 $\Delta d_{H.O}$ - нижнє граничне відхилення від номінального діаметра монтажного отвору;
 r - різниця між мінімальним діаметром отвору і максимальним діаметром виводу.

$$d = 0.8 + 0.1 + 0.1 = 1(\text{мм})$$

Тепер знайдемо мінімальний ефективний діаметр контактних майданчиків за формулою[31]:

$$D_{1\min} = 2(b_M + d_{\max} / 2 + \delta d + \delta p) \quad (2.26)$$

де d_M - відстань від краю просвердленого отвору до краю контактного майданчика;

δ_d і δ_p - допуски на розташування отворів і контактних майданчиків;

d_{\max} - максимальний діаметр просвердленого отвору, мм;

$$d_{\max} = 1 + 0.05 + 0.1 = 1.15(\text{мм})$$

$$D_{1\min} = 2(0.035 + 1.15/2 + 0.1 + 0.25) = 1.92(\text{мм})$$

Знайдемо мінімальний діаметр контактних майданчиків з виразу[31]:

$$D_{\min} = D_{1\min} + 1.5h_\phi \quad (2.27)$$

де $D_{1\min}$ — мінімальний ефективний діаметр площадки;

h_ϕ — товщина фольги;

$$D_{\min} = 1.92 + 1.5 \cdot 0.035 = 1.97(\text{мм})$$

При цьому максимальний діаметр контактних майданчиків складе:

$$D_{\max} = 1.97 + 0.02 = 1.99(\text{мм})$$

Далі необхідно визначити ширину провідників. Для цього знайдемо мінімальну ширину провідників з виразу[31]:

$$b_{\min} = b_{1\min} + 1.5h_\phi$$

де $b_{1\min}$ - мінімальна ефективна ширина провідника 0.18мм для плат 1-, 2-, 3-го класу точності [31];

					КПТР.2017012.01.09 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$b_{\min} = 0.18 + 0.035 \cdot 1.5 = 0.23(\text{мм})$$

Тепер знайдемо максимальну ширину провідників:

$$b_{\max} = 0.23 + 0.02 = 0.25(\text{мм})$$

Знайдемо мінімальну відстань між провідником і контактною площадкою за формулою[31]:

$$S_{1\min} = L_0 - [(D_{\max} / 2 + \delta_p) + (b_{\max} / 2 + \delta)] \quad (2.28)$$

$$S_{1\min} = 2.5 - [(1.99 / 2 + 0.25) + (0.25 / 2 + 0.05)] = 0.84(\text{мм})$$

Для знаходження мінімальної відстані між двома контактними майданчиками скористаємось формулою[31]:

$$S_{2\min} = L_0 (D_{\max} + 2\delta) \quad (2.29)$$

де L_0 - відстань між центрами розглядуваних елементів;

δ_1 - допуск на розташування провідників.

$$S_{2\min} = 2.5 - (1.99 + 2 \cdot 0.25) = 0.1 (\text{мм})$$

Для визначення мінімальної відстані між двома провідниками скористаємось формулою[31]:

$$S_{3\min} = L_0 - (D_{\max} + 2\delta) \quad (2.30)$$

$$S_{3\min} = 2.5 - (1.99 + 2 \cdot 0.05) = 0.41(\text{мм})$$

Відповідно, можна зауважити, що розраховані параметри друкованого монтажу відповідають вимогам, що пред'являють до плат 3-го класу точності.

У ході здійснених розрахунків було розроблено основну печатну плату, що відповідає вимогам ТЗ і представлена на відповідних кресленнях. Основна плата, як деталь представлена на кресленні КПТР.2017012.01.09, а її складальне креслення КПТР.2017012.01.09 СК.

					КПТР.2017012.01.09 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.7.4 Аналіз розробленої конструкції плати

2.7.4.1 Перевірка електричної стійкості провідників

Для перевірки електричної стійкості провідників зробимо перевірку відповідності ширини провідника до допустимої густини струму, що проходить через нього. При цьому допустима густина струму залежить від перегріву провідника, який у відповідності до умов ТЗ не більше 70°C.

В робочому режимі по колам живлення мікросхем EPM7128SLC84 AT90S8535 проходить струм 100 мА.

Знайдемо густину струму, що проходить через провідник з виразу[28]:

$$I_{\rho_{T \max}} = \frac{I_{c \max}}{T_{\min} \cdot h_{\phi}}, \quad (2.31)$$

де $I_{c \max}$ - максимальний струм через провідник;

T_{\min} - мінімальна ширина провідника для 3-го класу точності;

h_{ϕ} - товщина фольги.

Відповідно матимемо:

$$I_{\rho_{\max}} = \frac{I_{c \max}}{T_{\min} \cdot h_{\phi}} = \frac{0,1}{0,25 \cdot 0,035} = 11,4 \left(\frac{A}{\text{мм}^2} \right).$$

При цьому для БПП допустима густина струму $I_{\rho_{\text{дон}}}$ рівна $5 \frac{A}{\text{мм}^2}$.

Разом з тим, не виконується умова

$$I_{\rho_{T \max}} < I_{\rho_{\text{дон}}}, \quad (2.32)$$

тобто густина струму через провідник перевищує допустиме значення:

$$11,4 > 5.$$

Відповідно, є потреба у збільшенні мінімальної ширини провідника у колі живлення мікросхем EPM7128SLC84, AT95S8535. В такому випадку, приймаємо $T_{\min_{MC}} = 0,6$ мм, тоді значення густини струму через провідник, у відповідності до формули (2.31) становитиме:

$$I_{\rho_{T \max}} = \frac{0,1}{0,6 \cdot 0,035} = 4,76 \left(\frac{A}{\text{мм}^2} \right).$$

					КПТР.2017012.01.09 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Як видно, з отриманого результату умова (2.32) виконується: $4,76 < 5$.

2.8 Електромонтаж

Для з'єднання між ЕРЕ обрано друкований монтаж. Таке рішення дозволяє зменшити розміри і собівартість виготовлення частотоміра, а автоматизувати процес його виготовлення. Для з'єднання між платами використано шлейф марки ЛВ15×0,12. Це дозволить тримати провідники разом. При цьому один кінець шлейфу впаяний в отвори на основній платі, що позначені «1», «2», ... «13», а іншим у відповідні отвори на платі індикації.

2.9 Забезпечення ремонтпридатності виробу

Основним параметром під час оцінки ремонтпридатності конструкції є час відновлення працездатного стану T_v . Його значення знаходиться в діапазоні від 0,1 до 10 годин і залежить від конструкції приладу.

Для зменшення часу відновлення в частотомірі прийнято наступні заходи:

- гвинтове з'єднання деталей корпусу;
- швидкий доступ до всіх деталей схеми, які розташовано на основній платі;
- використано сучасну елементну базу;
- передбачено розняття, для програмування ПЛІС та мікроконтролера.

2.10 Аналіз надійності приладу

Вимоги до надійності описано у ГОСТ27002-83 та ГОСТ16325-86. В нашому випадку розрахунки по надійності слід проводити за раптовими експлуатаційними відмовами. При цьому періоду нормальної роботи відповідає експоненціальний закон густини розподілу напрацювання на відмову, який характеризується постійною інтенсивністю відмов λ , що є табличними параметрами [35].

В якості вихідних даних скористаємось паспортними значеннями інтенсивності відмов усіх компонент [36]. При цьому під час розрахунків користуються послідовною моделлю відмов, яка констатує повну відмову пристрою при виході із ладу хоча б одного складового елемента, надалі дотримуємось саме такої схеми відмов. Попередньо розрахуємо інтенсивність відмов із урахуванням умов експлуатації ЕРЕ (табл.2.6, табл. 2.7) за формулою:

					КПТР.2017012.01.09 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\lambda = \lambda_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4; \quad (2.33)$$

де λ_0 - номінально розрахована інтенсивність відмов пристрою;
 K_1 - поправочний коефіцієнт вібраційних навантажень;
 K_2 - поправочний коефіцієнт ударних навантажень;
 K_3 - поправочний коефіцієнт впливу вологості;
 K_4 - поправочний коефіцієнт впливу атмосферного тиску.

Таблиця 2.6 – Інтенсивність відмов основної плати

№	Групи рівноінтенсивних за відмовами компонент	Коефіцієнт навантаження	λ_0 , 1/год · 10^{-6}	Кількість елементів в групі, шт	λ_0 , 1/год · 10^{-6} групи.	Фактор оцінки коефіцієнту навантаження
1	Конденсатори керамічні	0,7	0,5	13	4,55	Робоча напруга
2	Мікросхеми	0,8	1	6	4,8	Тактова частота, навантаження виходів
3	Резистори	0,5	0,2	11	1,1	Розсіювана потужність
4	Індикатор	0,3	0,7	1	0,21	-
5	Рознягтя	0,5	0,32	3	0,48	Робочі напруги та струми
6	Кварцовий резонатор	0,3	0,015	1	0,045	-
7	Друкована плата	1	0,1	1	0,1	-
8	Пайка	1	0,04	128	5,12	-
9	Провідник з'єднувальний	1	0,12	13	1,56	-
10	Кнопка	0,5	2	8	8	Комутований струм
Всього по платі					30,765	

Таблиця 2.7 – Інтенсивність відмов частотоміра коінциденції

№	Групи рівноінтенсивних за відмовами компонент	Коефіцієнт тепло-електричного навантаження	λ_0 , 1/год × 10^{-6}	Кількість елементів групи, шт	λ_0 , 1/год × 10^{-6} групи
1	Плата	1	30,765	1	30,765
2	Пайка міжплатних з'єднань	1	0,01	13	0,13
ВСЬОГО :					30,895

Для стаціонарних умов експлуатації при вологості до 98%, мінімальному атмосферному тиску 80КПа, при температурах до 50 °С поправочні коефіцієнти матимуть значення: $K_1=1,04$; $K_2=1,03$; $K_3=2,5$; $K_4=1$. При цьому, загальна інтенсивність відмов буде рівна:

$$\lambda = 30,895 \cdot 10^{-6} \cdot 1,04 \cdot 1,03 \cdot 2,5 \cdot 1,25 = 103,4 \cdot 10^{-6} (1/\text{год}).$$

					КПТР.2017012.01.09 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Відповідно середній час напрацювання на відмову частотоміра коінциденції складе[36]:

$$T=1/\lambda=1/(103,4\cdot 10^{-6})=9,66\cdot 10^3 \text{ (год)}, \quad (2.34)$$

при умові цілодобового режиму роботи.

Отже, можна зауважити, що частотомір коінциденції за параметром надійності відповідає ТЗ.

Далі знайдемо середній час відновлення робочого стану пристрою за формулою[36]:

$$T_{в.с} = \sum_{i=1}^m \left(\frac{\lambda_i}{\sum_{i=1}^m \lambda_i} \right) T_{в.i}, \quad (2.35)$$

де m – кількість рівнонадійних груп елементів, $m=10$;

λ_i - інтенсивність відмов i -ї групи;

$T_{в.i}$ - середній час відновлення елементів i -ї рівнонадійної групи (табл 2.8).

Таблиця 2.8 – Витрати часу на відновлення робочого стану елементів приладу

№ п/п	Найменування елемента	Середні витрати часу, год	Інтенсивність відмов групи $\lambda_i \times 10^{-6}$, 1/год
1	Інтегральна схема	1,5	4,8
2	Резистор	1,3	1,1
3	Конденсатор керамічний	1,7	4,55
4	Рідинно-кристалічний індикатор	3	0,21
5	Кварцовий резонатор	0,8	0,045
6	Роз'єм (як група контактів)	2	0,48
7	Паяне з'єднання монтажу	0,7	0,1
8	Пайка міжплатних з'єднань	0,7	1,56
9	Кнопка	1,1	8
10	Друкована плата	3	0,1

$$T_{в.с} = 4,1 \text{ (год)}$$

Відповідно, час відновлення робочого стану пристрою 4,1 год < 5 год, що задано в ТЗ.

За даними залежності функцій надійності і ненадійності частотоміра коінциденції (табл 2.8) побудуємо графіки функцій надійності(рис.2.19) і ненадійності (рис.2.20) від часу.

Таблиця 2.9 – Залежність функцій надійності і ненадійності від часу

T,год	0	10000	20000	30000	40000	50000
R(t)	1	0,3556	0,1264	0,0450	0,0160	0,0057
F(t)	0	0,6444	0,8736	0,9550	0,9840	0,9943
T,год	60000	70000	80000	90000	100000	120000
R(t)	0,0020	0,0007	0,0003	0,0001	0	0
F(t)	0,9980	0,9993	0,9997	0,9999	1	1

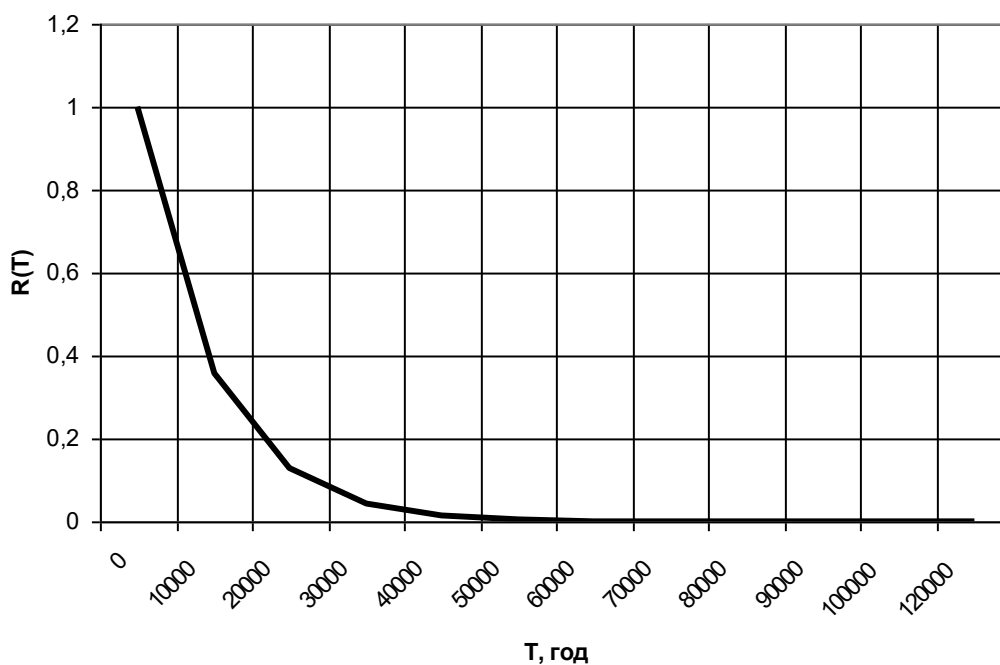


Рисунок 2.19 – Графік функції надійності від часу

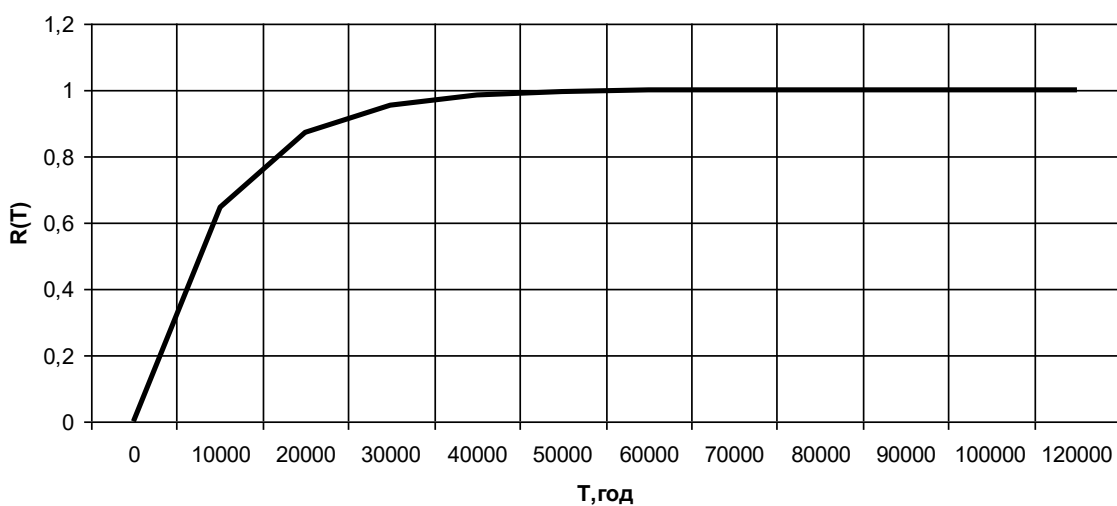


Рисунок 2.20 – Графік функції ненадійності від часу

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КПТР.2017012.01.09 ПЗ

Арк.

50

Тепер знайдемо значення функції щільності ймовірності розподілу відмов від часу частотоміра коінциденції за формулою:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (2.36)$$

Всі дані зведемо до табл. 2.10 і за цими ж даними побудуємо графік цієї функції (рис. 2.21).

Таблиця 2.10 – Залежність функції щільності розподілу відмов від часу

T, год.	0	10000	20000	30000	40000	50000
f(t)	$1,03 \cdot 10^{-4}$	$3,67 \cdot 10^{-5}$	$1,3 \cdot 10^{-5}$	$4,64 \cdot 10^{-6}$	$1,65 \cdot 10^{-6}$	$5,87 \cdot 10^{-7}$
T, год.	60000	70000	80000	90000	100000	120000
f(t)	$2,09 \cdot 10^{-7}$	$7,43 \cdot 10^{-8}$	$2,64 \cdot 10^{-8}$	$9,39 \cdot 10^{-9}$	$3,34 \cdot 10^{-9}$	$4,22 \cdot 10^{-10}$

Далі знайдемо коефіцієнт готовності за формулою[36]:

$$S = \frac{\mu}{\mu + \lambda} \quad (2.37)$$

де λ - інтенсивність відмов;

μ - інтенсивність відновлення $0,2 \div 1,5$. Обираємо $\mu=1$.

Відповідно матимемо:

$$S = \frac{1}{1 + 103,4 \cdot 10^{-6}} = 0,9998966$$

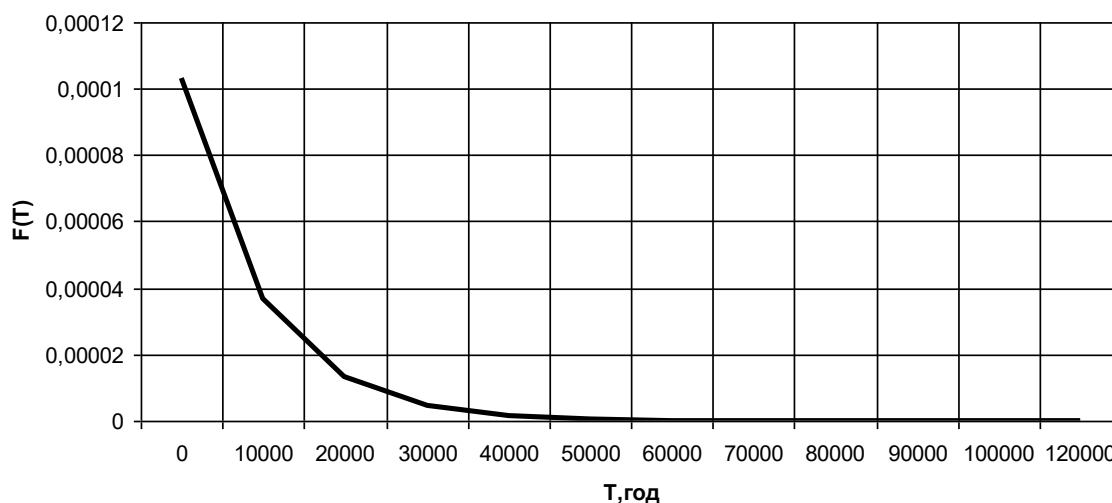


Рисунок 2.21 – Графік функції щільності розподілу до відмови від часу

2.11 Схемотехнічний розрахунок формувача прямокутних імпульсів

Формувач прямокутних імпульсів призначений для перетворення вхідних, періодичних сигналів синусоїдальної, трикутної та інших форм, що надходять на вхід частотоміра коінциденції у періодичні сигнали прямокутної форми.

Схема даного блоку являє собою масштабний підсилювач [37] з великим коефіцієнтом підсилення.

Разом з тим принципова схема включення операційного підсилювача може бути інвертуюча та неінвертуюча. Кожна з них має свої переваги та недоліки:

Інвертуюча схема.

Застосовується коли необхідно отримати низький вихідний опір, підвищений коефіцієнт підсилення струму. Має стабільні значення параметрів схеми, відсутня вхідна синфазна напруга. Недоліком можна назвати відносно низьке значення вхідного опору.

Неінвертуюча схема.

Застосовується самостійно або в складі складних підсилювачів коли необхідно отримати підвищений вхідний опір, значний коефіцієнт підсилення по напрузі. ОП в даній схемі включення працюють з синфазною напругою, що дорівнює U_{ex} . Тому наявна додаткова похибка, що визначається коефіцієнтом ослаблення синфазного сигналу.

При виборі схеми включення потрібно визначити основні вимоги до схеми:

Коефіцієнт підсилення схеми впливає на крутизну фронтів вихідних прямокутних сигналів, тому він повинен бути якомога більшим. При виборі значення підсилення необхідно зважати на можливість самозбудження каскаду при дуже великому коефіцієнті підсилення. Виходячи із вище наведених міркувань вибираємо коефіцієнт підсилення 1000.

Вхідний опір даного блоку є вхідним опором пристрою загалом. Тому вхідний опір повинен бути не менше 1 МОм.

Відносно невелика стабільність коефіцієнта підсилення, так як вимірюється не амплітуда а частота сигналу.

Виходячи з наведених вище міркувань, обираємо неінвертуючу схему включення ОП.

Так як даний блок першим перетворює сигнал у приладі, то його частотні та шумові характеристики значною мірою впливають на технічні характеристики пристрою в цілому. Від вибору типу операційного підсилювача залежить максимальна вимірювана частота приладу. Проаналізувавши номенклатуру вітчизняних та зарубіжних ВЧ ОП обрано ОП НА5190, виробництва фірми Harris у якого частота одиничного підсилення 160 МГц. Технічні параметри обраного ОП наведені у табл. 2.11 Також перевагою даного ОП є наявність корекції.

					КПТР.2017012.01.09 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Таблиця – 2.11 Параметри ОП НА5190

Параметр	Значення
Напруга живлення, В	±5...17,5
Напруга зміщення, мВ	5
Коефіцієнт підсилення	1500
Швидкість наростання вихідної напруги, В/мкс	160
Коефіцієнт ослаблення синфазних напруг, дБ	74
Вхідний опір, МОм	1
Ширина полоси пропускання, МГц	160

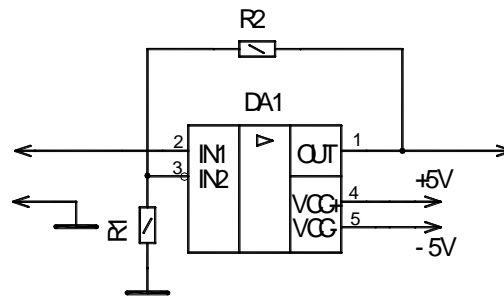


Рисунок 2.22 – Схема формувача прямокутних імпульсів

Проведемо розрахунок елементів зворотного зв'язку При цьому будемо користуватись методикою наведеною в [37]:

$$K_u = \frac{R_2 + R_1}{R_1}, \quad (2.38)$$

де R_1, R_2 – опори в колі зворотного зв'язку.

Прийmemo значення $R_1 = 100$ Ом, тоді із (2.38) маємо, R_2 :

$$R_2 = K_u \cdot R_1 - R_1 = 1000 \cdot 100 - 100 = 99.9 \cdot 10^3 \text{ (Ом)}$$

Приймаємо стандартне значення $R_2 = 100$ кОм.

Вхідний опір із зворотним зв'язком:

$$R_{\text{вх.зз.}} \approx R_{\text{вх.}} \left(1 + K_{n.u.} \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right), \quad (2.39)$$

де $R_{\text{вх.}}$ – вхідний опір ОП без зворотнього зв'язку;

$K_{n.u.}$ – коефіцієнт підсилення ОП без зворотнього зв'язку

$$R_{\text{ек.зз.}} \approx 10^6 \left(1 + 1500 \frac{100}{100 + 100 \cdot 10^3} \right) = 2.49 \cdot 10^6 \text{ (Ом)}$$

Що задовольняє умовам ТЗ $2,49 \text{ МОм} > 1 \text{ МОм}$.

Так як пристрій передбачається використовувати разом із вхідним подільником, то функції захисту від перевантажень покладені на нього. Для цього передбачається виконати на виході нього схему із семи пар діодів типу КД105Г або аналогічних, включених зустрічно-паралельно. Що буде обмежувати напругу, що надходить на вхід частотоміра на рівні $\pm 5\text{В}$.

2.12 Механічний розрахунок розробленої конструкції плати

За допомогою цього розрахунку ми визначимо діючі на елементи частотоміра перевантаження під час дії вібрацій та ударів [31]. Оскільки частотомір коінциденції буде використано в стаціонарних, переважно лабораторних умовах, то можна зробити припущення, що на нього не будуть діяти ударні перевантаження. При цьому доцільним є розрахунок резонансних частот частотоміра, оскільки за таких умов на нього діють віброколивання із частотою промислової мережі 50 Гц. У якості джерел цих коливань виступають силові трансформатори, дроселі та інші пристрої, що живляться від мережі змінного струму. При цьому основна плата частотоміра стає вібраційною системою, в якій може мати місце резонансне підсилення вібраційних прискорень. В такому випадку, якщо жорсткість плати буде недостатня, то таке підсилення може виявитись настільки великим, що надійність частотоміра не буде забезпечена. Разом з тим частотна характеристика основної плати залежить від її геометричних розмірів, матеріалу і граничних умов, які визначаються способом кріплення плати. За цих умов, плату вважають тонкою пластиною, якщо відношення її товщини до найменшого з двох її сторін менше $\frac{1}{10}$. Для основної плати матимемо:

$$\frac{b}{h} > 10, \quad \frac{90}{1,52} > 10, \quad 59,21 > 10, \quad (2.40)$$

де b – ширина плати, $b=90$ мм;

h – товщина плати, $h=1,5$ мм.

Виконаємо розрахунок на вібронавантаження за спрощеною методикою [31], оскільки виконується умова (2.40). При цьому необхідно визначити власні частоти такої тонкої пластини і порівняння їх з допустимим діапазоном частот віброприскорень. В конструкції частотоміра коінциденції кріплення основної плати здійснюється в чотирьох точках. В такому випадку значення резонансної частоти знайдемо за формулою [31]:

					КПТР.2017012.01.09 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

$$f_0 = \frac{\pi}{2a^2} \left(1 + \frac{a^2}{b^2} \right) \sqrt{\frac{D}{M} \cdot a \cdot b}, \quad (2.41)$$

де a, b – довжина і ширина пластини;
 D – циліндрична жорсткість плати;
 M – маса плати з елементами;

$$D = \frac{E \cdot h^3}{12(1 - \nu^2)}, \quad (2.42)$$

де E – модуль пружності, $E = 3,4 \cdot 10^9 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$;

h – товщина ПП (1,5 мм);

ν – коефіцієнт Пуассона (0,22) [31].

$$D = \frac{3,4 \cdot 10^9 \cdot (1,5 \cdot 10^{-3})^3}{12(1 - 0,22)} = 1,0049 \text{ (Н} \cdot \text{м)}$$

$$f_0 = \frac{\pi}{2 \cdot 0,16^2} \left(1 + \frac{0,16^2}{0,09^2} \right) \sqrt{\frac{1,0049}{0,1} \cdot 0,16 \cdot 0,09} = 963 \text{ (Гц)}$$

При цьому діапазон динамічних впливів для даної категорії розміщення складає до 60 Гц.

Відповідно можна зауважити, що: по-перше, умова вібростійкості виконується, оскільки мінімальна резонансна частота в 16 разів перевищує максимально допустиме значення частоти; по-друге, мінімальна резонансна частота не кратна частоті промислової мережі 50 Гц.

					КПТР.2017012.01.09 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

3 Технологічний розділ

3.1 Загальні положення

Основною задачею технологічної частини є обґрунтування обраного варіанту технологічного процесу виготовлення частотоміра і його організаційної форми з урахуванням технологічних, конструкторських, та економічних вимог. Крім того необхідно виконати аналіз уніфікації, конструкції, обґрунтувати вибір технологічних режимів та застосування використаних матеріалів. Разом з тим, слід звернути увагу на визначення та розрахунок показників технологічності розробленої конструкції частотоміра коінциденції.

3.1.1 Аналіз початкових даних

У відповідності до завдання технологічній частині, необхідно розробити технологічний процес збирання частотоміра. Як було визначено в конструкторському розділі габаритні розміри частотоміра складають 95X180X33мм. Крім того, на основній платі установлюються лише елементи функціонального блоку.

Необхідно зауважити, що склад та послідовність операцій збирання частотоміра залежить від його конструкції, від заданого об'єму річного випуску, від забезпеченості підприємства, що його виробляє та прийнятих на підприємстві організаційних форм.

При цьому розробка технологічного процесу збирання базується на попередньо розроблених технологічних схемах збирання, які потребують детальних відомостей про властивості деталей частотоміра коінциденції.

3.1.2 Аналіз технологічності конструкції

Для оцінки технологічності конструкції скористаємось частковими показниками, які характеризують властивості конструкції частотоміра коінциденції.

У відповідності до методики описаної в [38] проведемо розрахунок показників технологічності частотоміра.

Для знаходження коефіцієнту застосування ЕРЕ скористаємось формулою[38]:

$$K_{3.EPE.} = 1 - \frac{N_{T.OP.EPE.}}{N_{T.EPE.}}, \quad (3.1)$$

					КПТР.2017012.01.09 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

де $N_{T.OP.EPE.}$ – число типорозмірів оригінальних ЕРЕ у виробі;
 $N_{T.EPE.}$ – загальне число типорозмірів ЕРЕ у виробі.

$$K_{з.ЕРЕ.} = 1 - \frac{2}{17} = 0,88.$$

Коефіцієнт повторюваності ЕРЕ знайдемо з формули[38]:

$$K_{П.ЕРЕ.} = 1 - \frac{N_{T.EPE.}}{N_{EPE.}}, \quad (3.2)$$

де $N_{EPE.}$ – загальне число ЕРЕ.

$$K_{П.ЕРЕ.} = 1 - \frac{32}{68} = 0,47.$$

Для знаходження коефіцієнта використання мікросхем скористаємось формулою[38]:

$$K_{В.МС.} = 1 - \frac{N_{МС.}}{N_{МС.} + N_{ЕРЕ.}}, \quad (3.3)$$

$$K_{В.МС.} = 1 - \frac{11}{68} = 0,84.$$

У відповідності до номенклатури блоки РЕА, умовно поділяють на чотири класи:

1. Радіотехнічні;
2. Електронні;
3. Електромеханічні;
4. Механічно-з'єднувальні, комутаційні та розподільчі.

Відповідно частотомір коінциденції відповідатиме радіотехнічному класу. При цьому комплексний показник технологічності знайдемо за формулою[38]:

$$K_K = \sum_{i=1}^S K_i \cdot \varphi_i / \sum_{i=1}^S \varphi_i, \quad (3.4)$$

де K_i – базовий показник відповідного класу РЕА;
 i – порядковий номер показника в ранжируваній послідовності;
 S – загальне число взятих базових показників технологічності;
 φ_i – коефіцієнт рангу.

Для конструкції частотоміра можна виділити три базових показника технологічності[38]:

					<i>КПТР.2017012.01.09 ПЗ</i>	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{З.ЕРЕ} (\varphi=0,75);$$

$$K_{П.ЕРЕ} (\varphi=0,5);$$

$$K_{В.МС} (\varphi=0,31);$$

Отже, комплексний показник технологічності становитиме:

$$K_K = \frac{0,88 \cdot 0,75 + 0,47 \cdot 0,5 + 0,84 \cdot 0,31}{0,75 + 0,5 + 0,31} = 0,74.$$

При цьому оцінку технологічності конструкції знаходять з відношення комплексного показника K_K до нормативного показника K_H . У нашому випадку $K_H=0,5$. Звідси матимемо:

$$\frac{K_K}{K_H} = \frac{0,74}{0,5} = 1,48 > 1.$$

Таким чином, можна зауважити, що конструкція частотоміра коінциденції задовольняє вимогам ТЗ по технологічності.

3.2 Розробка технологічного процесу і документації

3.2.1 Розробка технологічної схеми складання виробу

Будь-якій конструкції радіоелектронної апаратури притаманний показник ступеня складності збирального складу, що залежить від кількості ступенів складання n та середньої повноти збирального складу.

У відповідності до розробленої схеми збирального складу, ступінь складання частотоміра рівний 3: збирання основної плати і плати індикації, збирання основи і кришки, збирання частотоміра.

Крім того будь-яка конструкція радіоелектронної апаратури характеризуються середньою густиною збирального складу, яку можна визначити з формули[39]:

$$P = \frac{Q}{n} = \sum_{i=1}^n \frac{m_i}{n}, \quad (3.5)$$

де Q – загальна кількість збиральних одиниць;
 m_i – коефіцієнт кратності, що дорівнює кількості збиральних одиниць на i -й ступені збирання;

					КПТР.2017012.01.09 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При цьому ступінь розчленування збирального процесу залежить від тривалості збиральної одиниці та модуля розчленування, який можна знайти за формулою[39]:

$$M = \frac{K}{Q}, \quad (3.6)$$

де K – кінцеве запроєктоване число збиральних операцій.
Відповідно матимемо:

$$P = \frac{5}{3} = 1,67,$$

$$M = \frac{7}{5} = 1,4.$$

Отримане значення середньої густини вказує на простоту конструкції частотоміра, а мале значення ступеню розчленування на порівняно малу кількість збиральних операцій.

Зі складального креслення КПТР.2017012.01.09.СК можна побачити, що несучим елементом конструкції частотоміра є корпус, до якого за допомогою чотирьох гвинтів кріплять плату. Разом з тим до кришки за допомогою чотирьох гвинтів кріплять індикатор. Після чого на корпус встановлюється кришка, яка закріплюється чотирма гвинтами.

Після чого на базі схеми складального складу КПТР.2017012.01.09.Т1 розробляємо технологічну схему складання частотоміра, у відповідності до якої розробляємо технологічний процес складання частотоміра коінциденції. При цьому технологічну схему складання представляють таким чином, щоб певні складальні одиниці різного ступеня складності і деталі були представлені в порядку їхнього встановлення в частотомірі коінциденції.

3.2.2 Техніко-економічне обґрунтування методу складання

Для визначення типу виробництва необхідно проаналізувати конструкцію частотоміра, програму випуску та дійсний річний фонд робочого часу. Після чого для визначеного типу виробництва обирають оптимальні методи складання та необхідне устаткування й оснащення.

Спочатку розрахуємо коефіцієнт серійності за формулою[39]:

$$K_c = \frac{K_0}{n_p}, \quad (3.7)$$

					КПТР.2017012.01.09 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де K_0 – кількість збиральних операцій по технологічному процесі;

n_p – число робочих місць, необхідних для виконання процесу збирання[39]:

$$n_p = \frac{N \cdot \sum_{i=1}^{K_0} T_{umi}}{60 \cdot K_{вн} \cdot \Phi_0}, \quad (3.8)$$

де N – річний об'єм випуску, шт;

$\sum T_{umi}$ – трудоемність збирання, хв;

T_{umi} – норма штучного часу i -ї збиральної операції, хв;

$K_{вн}$ – коефіцієнт виконання норм в процесі збирання;

Φ_0 – дійсний річний фонд часу, год.;

У відповідності до таблиці 3.1 знайдемо трудоемність збирання частотоміра коінциденції

Таблиця 3.1– Норми штучного часу збиральних операцій

№ оп.	Назва операції	Норма шт. ч., збир. опер., хв
1	2	3
1.	З'єднання індикатора з платою	5
2.	Закріплення індикатора на корпусі	5
3.	Встановлення плати на корпус	1
4.	Закріплення кришки на корпусі	5
5.	Контроль	10
	Всього:	26

Відповідно, трудоемність збирання частотоміра складає 26 хв.

Приймаємо $K_{вн}$ рівний 1.

Враховуючи вихідні дні та перерви (обід, технічні перерви) 3 год кожного дня, дійсний річний фонд часу буде складати 1800 год.

За отриманих даних знайдемо число робочих місць і коефіцієнт серійності:

$$n_p = \frac{10000 \cdot 26}{60 \cdot 1 \cdot 1800} = 2,41,$$

$$K_c = \frac{5}{2,41} = 2,07.$$

Такі показники відповідають серійному виробництву[39] частотоміра коінциденції.

3.2.3 Визначення часу виробничого циклу

Під час виробництва радіоелектронної апаратури застосовують наступні види виробничих циклів: паралельний, послідовний, послідовно-паралельний.

Найбільше часу потребує послідовний цикл, але вимагає малої кількості робочих місць. Такий цикл використовують при одиничному типу виробництва.

Найменше часу займає паралельний цикл, але потребує чіткої синхронізації складальних операцій. Такий цикл застосовують під час масового виробництва.

Враховуючи особливості розробленої технологічної схеми складання та беручи до уваги обраний тип виробництва застосовуємо для частотоміра коінциденції послідовно-паралельний цикл складання.

При цьому тривалість виробничого циклу знайдемо за формулою[39]:

$$T_y = \sum_{i=1}^n t_{ci} + N \cdot T_{умк}, \quad (3.9)$$

де t_{ci} - зміщення в часі між початками двох операцій, що йдуть послідовно одна за одною.

N – кількість РЕА в партії, шт;

$T_{умк}$ – норма часу кінцевої операції, хв;

Для спрощення розрахунків приймаємо, що одночасно збирають два частотоміра, тоді матимемо

$$t_{c1-2}=0(xв).$$

$$t_{c2-3}=4(xв).$$

$$t_{c3-4}=5(xв).$$

$$t_{c4-5}=5(xв).$$

$$T_y=0+4+5+5+2 \cdot 10=34(xв).$$

Таким чином можна зробити висновок, що для збирання одного частотоміра коінциденції потрібно 17хв, при умові що плати будуть змонтовані.

					КПТР.2017012.01.09 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2.4 Розрахунок потокових та конвеєрних ліній

Для розрахунку потокових та конвеєрних ліній необхідно визначити їх основні параметри.

Для початку знайдемо такт потокової лінії[39]:

$$\tau = \frac{\Phi_{зм}}{П_{сз}}, \quad (3.10)$$

де $\Phi_{зм}$ – фонд робочого часу за зміну, хв;
 $П_{сз}$ – програма випуску за зміну, шт;

$$\Phi_{зм} = 480 - T_{об} - T_{от}, \quad (3.11)$$

де $T_{об}$ – час організації технічного обслуговування лінії, хв;
 $T_{от}$ – час на відпочинок;

При цьому $(T_{об} + T_{от})$ складає 10% від оперативного часу, який можна знайти за формулою[39]:

$$T_{от} = T_o + T_e, \quad (3.12)$$

де T_o – основний технологічний час, хв;
 T_e – допоміжний час, що перекривається, хв;

Для знаходження програми випуску за зміну, скористаємось формулою[39]:

$$П_{сз} = \frac{100 \cdot П_c}{100 - p}, \quad (3.13)$$

де $П_c$ – планове завдання випуску за зміну, шт;
 p – процент допустимого браку.

Планове завдання випуску знайдемо з формули[39]:

$$П_c = \frac{N}{n_{рd}}, \quad (3.14)$$

де $n_{рd}$ – число робочих днів.

Для розрахунку числа робочих днів скористаємось формулою[39]:

$$n_{рd} = \frac{\Phi_o}{T_{зм} - T_{пер}}, \quad (3.15)$$

де $T_{зм}$ – тривалість зміни, год.;

					КПТР.2017012.01.09 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$T_{пер}$ – тривалість перерв (на обід та інші), год.

Разом з тим тривалість зміни складається з робочого часу 8 годин і часу виділеного на обід $T_{пер} = 1$ год, тому $T_{зм} = 9$ год.

Відповідно матимемо:

$$n_{р\partial} = \frac{1800}{9-1} = 225(\text{днів}).$$

$$П_c = \frac{10000}{225} = 45(\text{шт/день}).$$

Припустимо, що під час виробництва відсоток браку складає 3%:

$$П_{сз} = \frac{100 \cdot 45}{100-3} = 46(\text{шт/день}).$$

Відповідно, оперативний час, буде рівний:

$$T_{on} = 4 + 1 = 5(\text{год}):$$

При цьому допоміжний час, становитиме:

$$T_{\epsilon} = 2 - 1 = 1(\text{год}).$$

А основний технологічний час складе:

$$T_o = 4(\text{год}).$$

$$T_{об} + T_{om} = 0,1 \cdot T_{on} = 0,1 \cdot 5 = 0,5(\text{год}) = 30(\text{хв}).$$

Тепер знайдемо фонд робочого часу за зміну:

$$\Phi_{зм} = 480 - 30 = 450(\text{хв}).$$

В такому випадку такт потокової лінії становитиме:

$$\tau = \frac{450}{46} = 9,78.$$

При цьому темп потокової лінії знайдемо з формули[39]:

$$T_{л} = \frac{60 - (T_{об} + T_{om}) / 4}{\tau}, \quad (3.16)$$

					КПТР.2017012.01.09 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де 4 – кількість годин в зміні;

$$T_{л} = \frac{60-30}{9,78} \cdot 4 = 5,37 \text{ (ум/год)}.$$

Для визначення ритму потокової лінії скористаємось формулою[39]:

$$t_{л} = \frac{T_{зм} \cdot S}{\Pi_{сз}}, \quad (3.17)$$

де S – кількість виробів в партії;

Перед цим було прийнято, що частотомір збирають партіями по 2 штуки, тому матимемо:

$$t_{л} = \frac{8 \cdot 60 \cdot 2}{46} = 21,3 \text{ (хв)}.$$

Тепер, знайдемо число робочих місць на лінії за формулою[39]:

$$n_p = \sum_{i=1}^n T_{умi} / \tau = \frac{26}{9,78} = 2,66. \quad (3.18)$$

Приймаємо $n_p = 3$.

Для визначення довжини потокової лінії скористаємось формулою[39]:

$$L_{\min} = l_{num} n_p, \quad (3.19)$$

де l_{num} – питома довжина одного робочого місця по напрямленню руху стрічки транспортера, м;

l_{num} вибирається з умови $l_{num} \geq 1,2$ м – для однібічного розташування робочих місць.

$$L_{\min} = 1,2 \cdot 3 = 3,6 \text{ (м)}.$$

Тепер визначимо швидкість руху лінії за формулою [39]:

$$v = \frac{l_{num}}{\tau} = \frac{1,2}{9,78} = 0,12 \text{ (м/хв)}. \quad (3.20)$$

					КПТР.2017012.01.09 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Для знаходження норми виробки під час виробництва частотоміра коінциденції скористаємось формулою[39]:

$$H_{см} = \frac{\Phi_{зм}}{T_{он}} = \frac{T_{зм} - (T_{об} + T_{от})}{T_o + T_в}, \quad (3.21)$$

$$H_{см} = \frac{8 \cdot 60 - 30}{5 \cdot 60} = 1,5.$$

Отже, в ході розрахунку було знайдено параметри потокової лінії для збирання частотоміра коінциденції. Це дозволить зменшити час та автоматизувати процес виробництва.

3.3 Технологічні розрахунки

3.3.1 Визначення коефіцієнта використання матеріалу при виготовленні партії друкованих плат

Для розрахунку скористаємось наступними даними: матеріал плати склотекстоліт марки СФ2-35, розмір плати 90×160мм, лист 400×600мм, товщина матеріалу 1,5 мм.

Для визначення коефіцієнту використання матеріалу скористаємось формулою[31]:

$$\eta = \frac{Fn.нов \cdot N_1}{F_1} \cdot 100, \quad (3.22)$$

де, $Fn.нов$ - корисна площа плати, m^2 .

Знайдемо корисну площу плати з виразу[31]:

$$Fn.нов = F_n - 4 \frac{\pi d^2}{4} \quad (3.23)$$

$F_n = 0,09 \times 0,160 = 0,0144 m^2$ – площа плати з врахуванням технологічного розміру по краям плати 0,01 м.

$\frac{\pi d^2}{4}$ - площа монтажної отвору в платі, m^2 ;

$n_{отв}$ - число монтажних отворів на платі.

$F_1 = 600 \times 400 = 0,24 m^2$ - площа листа, з якого одержують заготовки плат;

N_1 - кількість заготовок із одного листа матеріалу.

									Арк.
									65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КПТР.2017012.01.09 ПЗ				

$$N_1 = F_1 / F_n = 0,24 / 0,0144 = 16 \text{ (шт.)} \quad (3.24)$$

Оскільки значення $\frac{\pi d^2}{4}$ дуже мале, то ним нехтуємо, тоді матимемо:

$$\eta = \frac{0,0144 \cdot 16}{0,24} \cdot 100 = 96(\%).$$

В такому випадку можна зробити висновок, що матеріал для виготовлення плати використано в повному обсязі.

					КПТР.2017012.01.09 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Висновки

В ході дипломного проектування було розроблено частотомір коінциденції на ПЛІС.

Метою дипломного проекту була розробка конструкторсько-технологічної документації частотоміра для подальшого його виготовлення і використання.

Відповідно до поставленої мети, користуючись сучасними САПР під час проектування, розроблено наступні креслення:

- а) креслення схеми електричної принципової КПТР.2017012.01.09 ЕЗ
- б) креслення структурної схеми пристрою КПТР.2017012.01.09 Е1;
- в) креслення печатної плати КПТР.2017012.01.09;
- г) складальне креслення печатної плати КПТР.2017012.01.09 СК;
- д) складальне креслення частотоміра КПТР.2017012.01.09 СК;
- е) креслення корпусу частотоміра КПТР.2017012.01.09;
- є) креслення кришки корпусу частотоміра КПТР.2017012.01.09;
- ж) технологічна схема збирального складу КПТР.2017012.01.09 Т1.
- з) технологічна схема збирання КПТР.2017012.01.09 Т2.

Разом з тим в розділі техніко-економічне обґрунтування обрано і обґрунтовано аналоги, способи та методи, які використовуються під час функціонування частотоміра. Крім того у цьому ж розділі розроблено ТЗ відповідно до ГОСТ 15.001-88. Система розробки і поставлення продукції на виробництво.

В першому пункті конструкторського розділу представлено опис принципу роботи пристрою на рівні структурної схеми. Встановлено, що частотомір працює за методом подвійного збігу зразкового сигналу з сигналом невідомої частоти. Далі, в другому пункті проведено аналіз схеми електричної принципової. Під час аналізу встановлено, яким чином будуть розташовані органи керування та індикації частотоміра. Потім, в третьому пункті проведено аналіз елементної бази. Відповідно, елементна база, яка входить до складу частотоміра відповідає вимогам ТЗ. В наступному пункті розроблено просторову структуру частотоміра коінциденції. Встановлено, що до складу частотоміра входить дві плати. Разом з тим доведено, що теплообмін конструкції частотоміра буде повністю забезпечений конвективною системою охолодження. Крім того проведено дизайнерський аналіз частотоміра, в ході якого встановлено яким чином будуть розташовані функціональні складові частотоміра. При цьому аналіз ефективності компоновання частотоміра показав, що температура повітря в корпусі не вийде за межі діапазону робочих температур, заданих в ТЗ. Разом з тим в якості несучого елемента конструкції частотоміра було обрано корпус, до якого і кріпляться всі складові конструкції. Далі було проаналізовано вимоги для забезпечення ремонтпридатності. Після чого була зроблена оцінка показників ефективності розробленої конструкції частотоміра на прикладі характеристик надійності. При цьому середнє напрацювання частотоміра на

					<i>КПТР.2017012.01.09 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

відмову складає $9,66 \cdot 10^3$ годин, що повністю задовольняє умови ТЗ. Крім того в цьому розділі було зроблено розрахунок формувача прямокутних імпульсів, а також розрахунок на механічні навантаження в аспекті вібрацій. При цьому значення резонансної частота плати складає 963 Гц. Це вказує на відмінне виконання умови вібростійкості. Разом з тим в цьому пункті зроблене конструювання печатної плати, в ході чого встановлено, що максимальний діаметр контактного майданчика 1,9 мм, а максимальна ширина печатного провідника 0,6 мм.

В "Технологічному розділі" було розраховано тип виробництва. Разом з тим було розроблено технологію збирання частотоміра, розраховано режими роботи та параметри поточної лінії для його складання.

Результати даного дипломного проекту можуть бути використані для розробки частотоміра коінциденції на підприємствах по виробництву РЕА.

					<i>КПТР.2017012.01.09 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		68

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Электрические измерения. Средства и методы измерений (общий курс). Учеб. пособие для вузов. [Текст] / под ред. Е.Г. Шрамкова. – М.: "Высш школа", 1972. – 520 с. с ил.
2. Кушнир, Ф.В. Измерения в технике связи [Текст] / Ф.В. Кушнир, В.Г. Савенко, С.М. Верник. – М.: Связь, 1976. – 432 с.
3. Раннев, Г.Г. Измерительные информационные системы [Текст]: Учебник для студ. высш. учеб. заведений / Г.Г. Раннев. – М.: Издательский центр "Академия", 2010. – 336 с.
4. Топильский, В.Б. Схемотехника измерительных устройств [Текст] / В.Б. Топильский. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 232 с. с ил.
5. Электрические измерения. Средства и методы измерений (общий курс). Учеб. пособие для вузов. [Текст] / под ред. Е.Г. Шрамкова. – М.: "Высш школа", 1972. – 520 с. с ил.
6. Бриндли, К. Измерительные преобразователи: Справочное пособие: Пер. с англ. [Текст] / К. Бриндли. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 144 с. с ил.
7. Рубичев, Н.А. Измерительные информационные системы: учебное пособие [Текст] / Н.А. Рубичев. – М.: Дрофа, 2010. – 334 с. с ил.
8. Пат. 2090897 РФ, МКП G01R23/02. Способ определения частоты синусоидального сигнала / Келехсаев Б.Г. (RU), заявитель и патентообладатель: Б.Г. Келехсаев. – 93057353/09. заявл. 24.12.1993, опубл. 20.09.1997, Бюл. №17
9. А.с. 1293664 СССР, МКИ G01R23/02. Цифровой частотомер / Патюков В.Г. – 3907035. заявл. 07.06.1985, опубл. 28.02.1987, Бюл. №8. – 6с.: ил.
10. Патюков, В.Г. Прецизионный цифровой частотомер [Текст] / В.Г. Патюков, С.В. Солдатов, М.К. Чмых // Приборы и техника эксперимента. – 1978. – №6. – с. 201
11. Осьминин, А.А. Преобразование частоты периодических сигналов при помощи схем временных совпадений [Текст] / А.А. Осьминин // Измерительная техника. – 1968. – №2. – с. 38–40.
12. Тырса, В.Е. Повышение точности измерения периодических временных интервалов [Текст] / В.Е. Тырса // Измерительная техника. – 1984. – №9. – с. 51–53.
13. Тырса, В.Е. Предельные инструментальные погрешности сличения частот по методу совпадения импульсов [Текст] / В.Е. Тырса // Метрология. – 1987. – №7. – с. 32–38.
14. Тырса, В.Е. Снижение погрешностей преобразования аналоговых величин в кодированный временной интервал [Текст] / В.Е. Тырса // Измерительная техника. – 1975. – №3. – с. 26–27.
15. А.с. 606140 СССР, МКИ G01R23/02. Цифровой частотомер /

					<i>КПТР.2017012.01.09 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

- Дюшняев В.В., Тырса В.Е. – 2046125. заявл. 12.07.1974, опубл. 05.05.1978, Бюл. №17. – 3с.: ил.
- 16.Зеня, А.Д. Анализ погрешностей сличения частот по методу совпадения импульсов [Текст] / А.Д. Зеня, В.Е. Тырса // Измерительная техника. – 1983.– №7. – с. 49–51.
- 17.Сергиенко, О.Ю. Метод измерения частоты для задач мехатроники [Текст] / О.Ю. Сергиенко // Вестник ХНАДУ. – 2011. – вып. 53. – с. 122–129.
- 18.Опис частотомера ЧЗ-84. Режим доступа до специфікації.: <http://printsip.ru/radioizmeritelnye-pribory/chastotometry-standarty-chastoty/chastotometry-izmeriteli-vremennykh-parametrov-ch3/item/ch3-84>
- 19.Опис частотомера 1856D. Режим доступа до специфікації.: <https://www.bkprecision.com/products/counters/frequency-counters/1856D-3-5-ghz-multifunction-counter-frequency-period-totalize.html>
- 20.Опис частотомера ЧЗ-85. Режим доступа до специфікації.: <https://elaso.com.ua/products/0-kontrolno-izmeritelnye-pribory/38-chastotometry-standarty-chastoty-i-komparatory/name/8734-ch3-85-5/article>
- 21.Орнатский, П.П. Автоматические измерения и приборы (аналоговые и цифровые) [Текст] / П.П. Орнатский. – К.: Вища шк., 1986. – 504 с.
- 22.Кушнир, Ф.В. Электрорадиоизмерения [Текст]: Учебное пособие для вузов / Ф.В. Кушнир. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1983. – 320 с.
- 23.Осьминин, А.А. Преобразование частоты периодических сигналов при помощи схем временных совпадений [Текст] / А.А. Осьминин // Измерительная техника. – 1968. – №2. – с. 38–40.
- 24.А.с. 482693 СССР, МКИ G01R23/10, H03D13/00. Способ сличения частот / Дюшняев В.В., Тырса В.Е. – 1882014. заявл. 29.01.1973, опубл. 30.08.1975, Бюл. №32. – 1с.
- 25.Лаптев, Д.В. Статистическое исследование измерения частоты методом совпадения [Текст] / Д.В. Лаптев, Ю.А. Пасынков // Доклады Томского Государственного Университета Систем Управления и Радиоэлектроники. – 2014. – №1(31). – с. 78–83.
- 26.Специфікація до компонента AT90S8535. Режим доступа до специфікації.: <http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/ic/Atmel/micros/avr/at90s4434-8535.htm>
- 27.Специфікація до ГОСТ26632-85. Режим доступа до специфікації.: <https://meganorm.ru/Data2/1/4294827/4294827804.pdf>
- 28.Варламов Р.Г. Справочник конструктора РЭА: Общие принципы конструирования. / Под ред. Р.Г. Варламова. - М.: Сов. Радио, 1980 – 430 с.
- 29.Специфікація до ГОСТ10317-79. Режим доступа до специфікації.: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294840/4294840365.pdf>

										Арк.
										70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КПТР.2017012.01.09 ПЗ					

30. Специфікація до ОСТ25-1192-85. Режим доступу до специфікації.:
<http://www.docum.ru/ost.asp?id=255859>
31. Парфенов Е.М. Проектирование конструкций радиоэлектронной аппаратуры: Учеб. Пособие для вузов /Е.М. Парфенов, Э.Н. Камышная, В.П. Усачов. - М.: Радио и связь, 1989– 360 с.
32. Специфікація до ГОСТ20282-86. Режим доступу до специфікації.:
<https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294833/4294833064.pdf>
33. Специфікація до ГОСТ Р 55756-2013. Режим доступу до специфікації.:
<https://docs.cntd.ru/document/1200107227>
34. Специфікація до ГОСТ10316-78. Режим доступу до специфікації.:
<http://www.almaz-5.com.ua/gosty/GOST10316-78.pdf>
35. Специфікація до ГОСТ16325-76. Режим доступу до специфікації.:
<https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294717/4294717368.pdf>
36. Васілевський О. М. Нормування показників надійності технічних засобів : навчальний посібник / О. М. Васілевський, О. Г. Ігнатенко. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 160 с.
37. Гусев В.Г. Электроника/ Гусев В.Г. Гусев Ю.М.-М.: Высш.Шк.,1991. – 360 с.
38. Ушакова С.Е. Технология деталей радиоэлектронной аппаратуры: Учеб. пособие для вузов/ Под ред. С.Е. Ушаковой.- М.: Радио и связь, 1986. – 320 с.
39. Павловский В.В. Проектирование технологических процессов изготовления РЭА. Учебное пособие для вузов/ Павловский В.В., Васильев В.Н., Гутман Т.Н.-М.: Радио и связь, 1982. - 160с.

					<i>КПТР.2017012.01.09 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

Anti-Plagiarism v-15.257**Максимальное совпадение с одним документом 8.0%****Словари проверки: en_US, ru_RU, ua_UA. Ошибок в документах: 9%**

ID: 91818 Название: Частотомір коінциденції на ПЛІС Добавлено в БД: 2021-06-01 Авторы: Пастух Ростислав Сергійович Руководители: Керівник: Петрушак Володимир Консультанты: Оponentы:	Документ		Суммарное совпадение по Базе Данных	
	Символы	Лексемы	Символы	Лексемы
	84522	832	11311 (13%)	131 (16%)

Источник плагиата

ID	Описание	Наличие плагиата в документе	
		Символы	Лексемы

Ім'я користувача:
Kafedra TMIT KhNU

ID перевірки:
1008219178

Дата перевірки:
07.06.2021 21:11:04 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet

Дата звіту:
07.06.2021 21:47:44 EEST

ID користувача:
100005657

Назва документа: Пастух_TP_17_1

Кількість сторінок: 88 Кількість слів: 14393 Кількість символів: 106010 Розмір файлу: 5.13 MB ID файлу: 1008293346

3.88% Схожість

Найбільша схожість: 1.97% з Інтернет-джерелом (<http://inmad.vntu.edu.ua/portal/static/AEDA3399-BBE1-4145-A237-0C1..>)

3.88% Джерела з Інтернету

340

Сторінка 90

Пошук збігів з Бібліотекою не проводився

0% Цитат

Не знайдено жодних цитат

Не знайдено жодних посилань

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

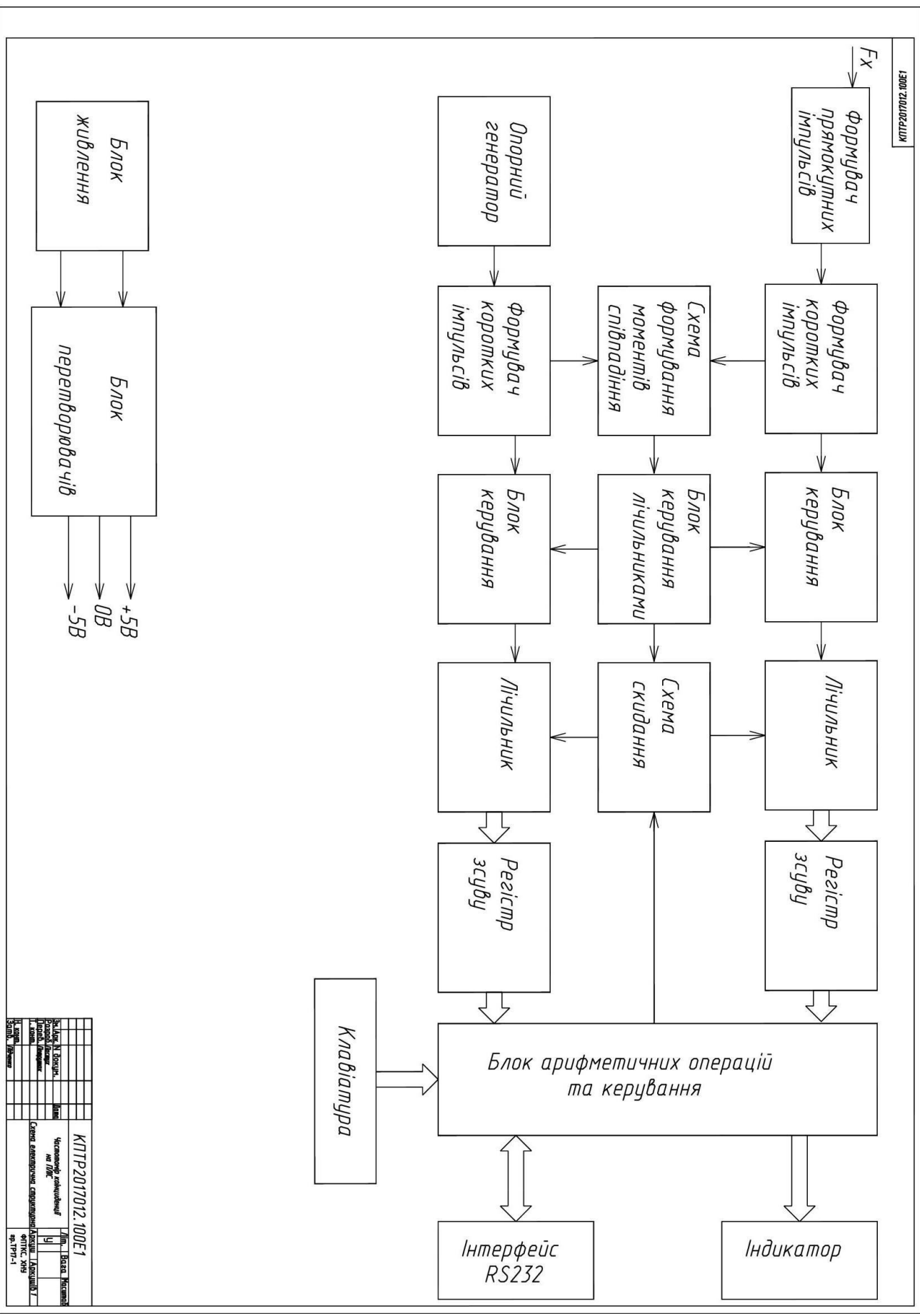
Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

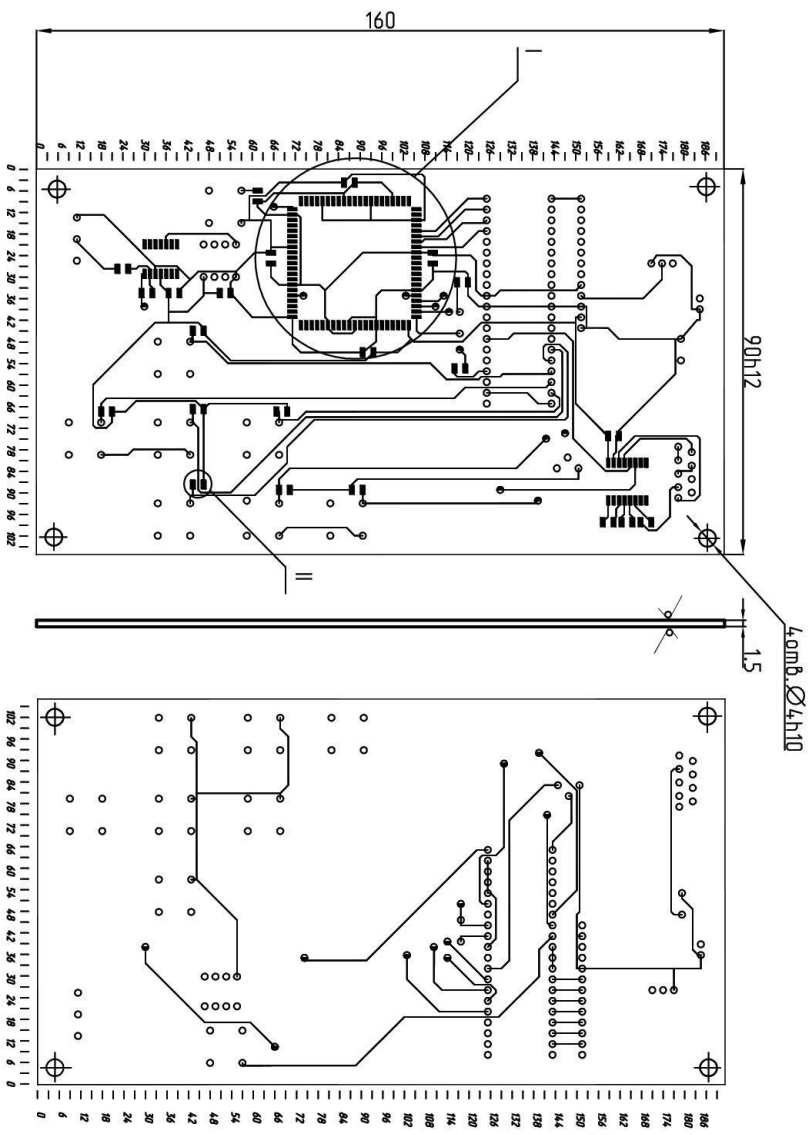
114

Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітка		
<i>Конденсатори</i>					
C1	K50-35-16B-100мкФ ОЖО 464.031 ТУ	1			
C2...C8	1206-X7R-50-0.1 К EPSON	7			
C9, C10	1206-X7R-50-27pF К EPSON	2			
C11, C12	1206-X7R-50-0.15 К EPSON	2			
C13	1206-X7R-50-0.01 К EPSON	1			
<i>Мікросхеми</i>					
DA1	HA5190 Harris	1			
DA2	RZ05IN50 National Semiconductor	1			
DA3	V6340R Philips	1			
DD1	EPM7128SLC-84-15 Altera	1			
DD2	AT90S8535 Atmel	1			
DD3	ADM232 Texas Instruments	1			
<i>Індикатор</i>					
HG1	BC2004B Bolymin	1			
<i>Резистори</i>					
R1	1206J-10k Epson	1			
R2	1206J-1M Epson	1			
R3...R10	1206J-1k Epson	8			
R11	SH-655MCL 4,7k К Samsung	1			
<i>Комутаційні прилади</i>					
SB1...SB8	SJB-4-1 Bourns	8			
<i>Роз'язтя</i>					
XP1	BNC-10 Amphenol	1			
XP2	DRB-9FA Amphenol	1			
XP3	DS-7-2 Amphenol	1			
<i>Кварцовий резонатор</i>					
ZQ1	PK-169 1 МГц ОЖО 287.092.1 ТУ				
КПТР.2017012.01.09 ПЕЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
Розроб.	Пастух				
Перевір.	Петрушак				
Т. Контр.					
Н. Контр.					
Затверд.	Підченко				
Частотомір коінциденції на ПЛІС			Літ.	Арк.	Аркцшів
				1	1
			ХНУ, зр.ТР-17-1		

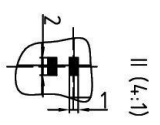
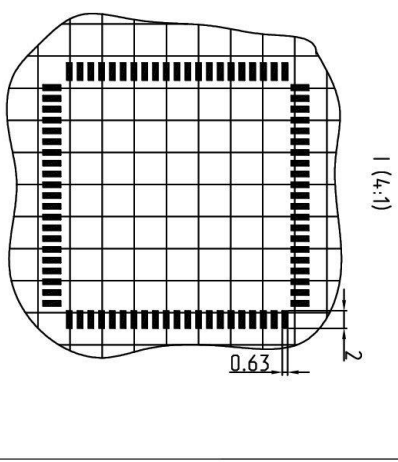
Форм.	Зона	Поз.	Найменування	Позначення	Кільк.	Примітка		
				<u>Документація</u>				
A1			КПТР.2017012.01.09 СК	<u>Складальне креслення</u>	1			
				<u>Деталі</u>				
A1		1	КПТР.2017012.01.09	Плата	1			
				<u>Інші вироби</u>				
				Конденсатори				
				K50-35-16B ОЖО 464.031 ТУ				
				1206-X7R-50 К EPSON				
		2		K50-35-16B-100мкФ	1	C1		
		3		1206-X7R-50-0.1 К	7	C2..C8		
		4		1206-X7R-50-27pF К	2	C9,C10		
		5		1206-X7R-50-0.15 К	2	C11, C12		
		6		1206-X7R-50-0.01 К	1	C13		
				<u>Мікросхеми</u>				
		7		HA5190 Harris	1	DA1		
		8		RZ05IN50 NS	1	DA2		
		9		V6340R Philips	1	DA3		
		10		EPM7128SLC-84-15 Altera	1	DD1		
				КПТР.2017012.01.09				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Пастух				Плата	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.	Петрцшак					Н	1	2
Т. Контр.						ХНУ, гр.ТР-17-1		
Н. Контр.								
Затвердив	Підченко							



№ п/п	№ документа	Дата	Відомості
1	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	Число сторінок: 1
2	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
3	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
4	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
5	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
6	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
7	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
8	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
9	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
10	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
11	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
12	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
13	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
14	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
15	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
16	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
17	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
18	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
19	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
20	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
21	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
22	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
23	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
24	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
25	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
26	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
27	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
28	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
29	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
30	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
31	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
32	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
33	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
34	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
35	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
36	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
37	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
38	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
39	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
40	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
41	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
42	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
43	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
44	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
45	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
46	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
47	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
48	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
49	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1
50	КІТТР2017012.100Е1	19.01.2017	№ документа: 1

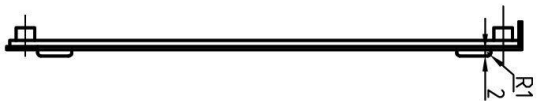
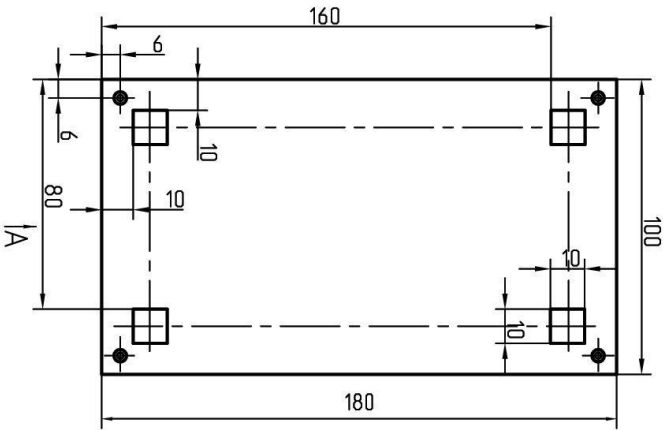


Поєднання отвору	Діаметр отвору мм	Розмір комп'ютерного майданчика мм	Найбільша товщина металізації	Кількість
⌀	1 ^{кат}	71,9	макс	117
⌀	0,6 ^{кат}	71,2	макс	11

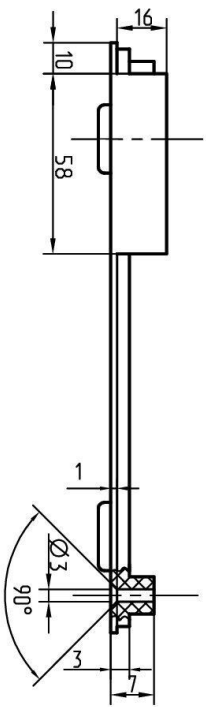


1. Розміри для виробок
2. Пласту вказовими контурованим позитивним методом
3. Пласта лобовина відповідала вимогам ГОСТ3752-88
4. Відстань між вузлами координатної сітки - 1,27мм
- Лінії ґрунтовно показано через дві
5. Шурини друкованих провідників не менше - 0,3мм
6. Мінімальна відстань між провідниками не менше - 0,3мм
7. Недозазані гранично-допускні відхилення між оснями будь-яких двох отворів 0,1мм
8. Інші технічні вимоги по ОСТ4.0.070.014

КПТР2017012.111		Лист	Всього Листів
Листа		9	0,055 2:1
Специфікація Св-2-35		Автори: І.Авдеев	
ГОСТ9396-78		ФІЛІАТ СХП	
		49,17/7-1	



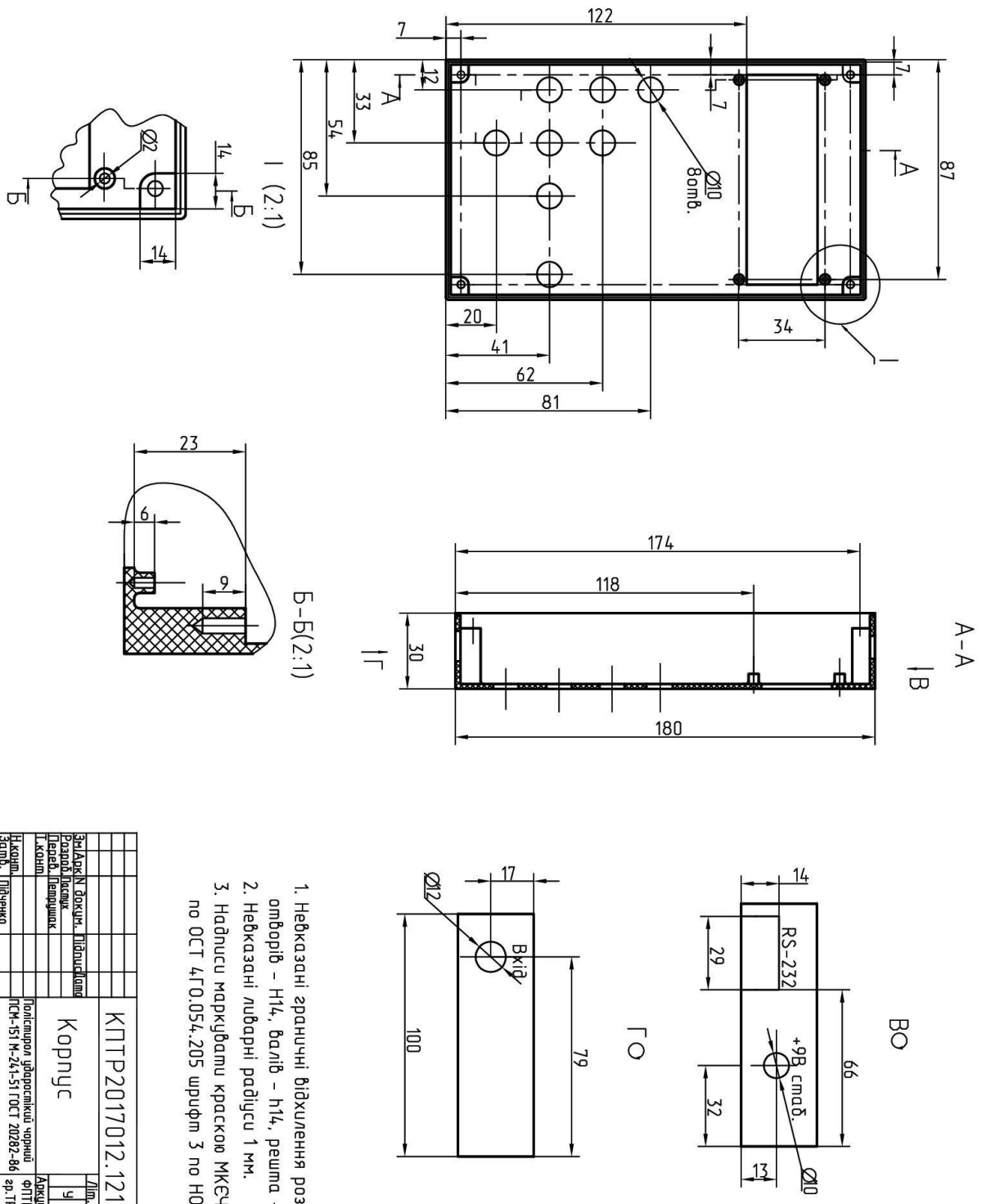
АО (2:1)



1. Невказані граничні відхилення розмірів:
отворів – Н14, валів – h14, решта – IT14/2
2. Невказані лувварні радіуси 1 мм.

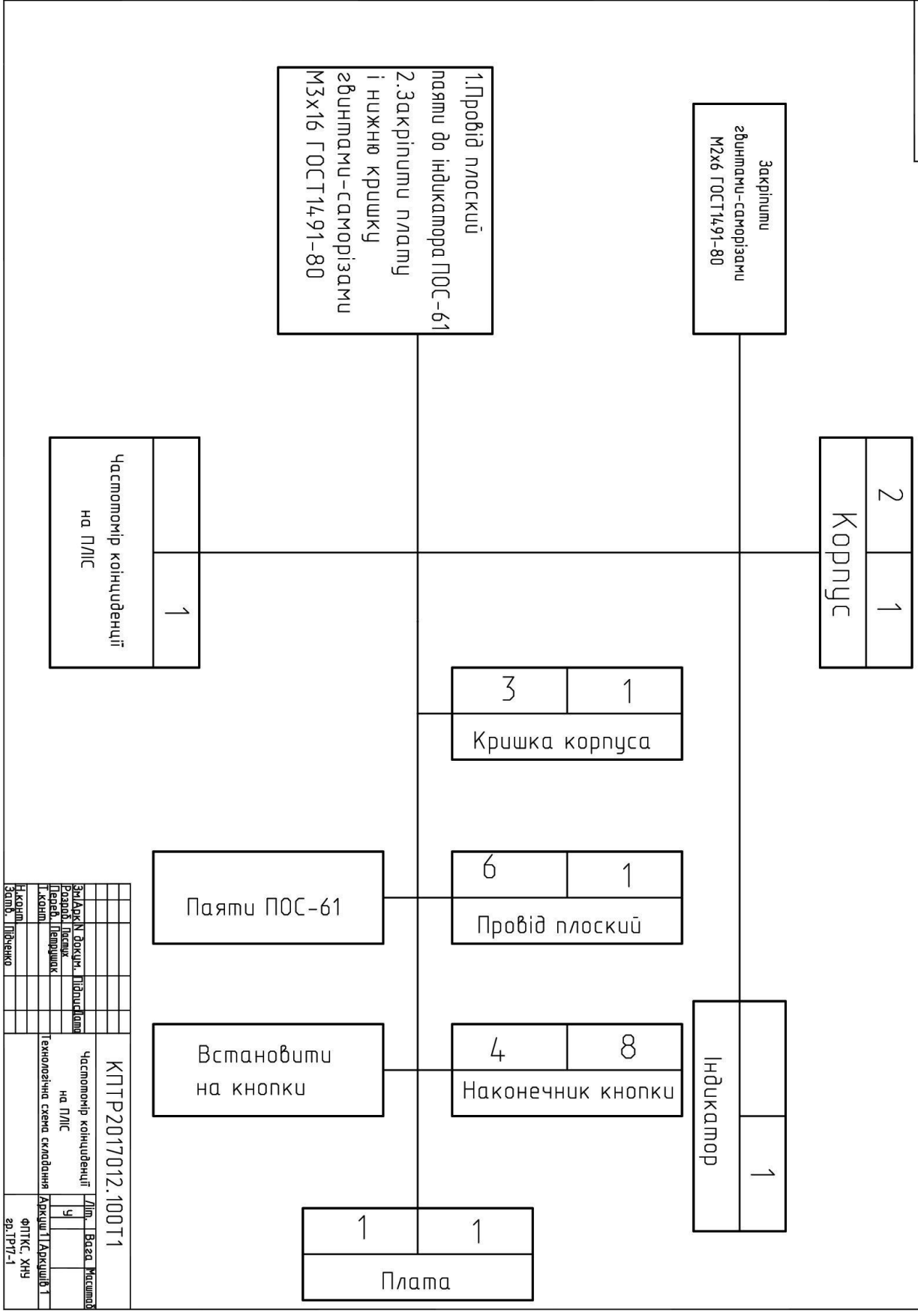
КПТР2017012.131		Дім.	Вага	Масштаб
Крушка корпуса		9	0,1	1:1
Знайдок	Н. Бокучин, П. Пончідани	Друкують Т		
Розроб.	П. Бокучин	ФІЛТКС, ХНУ		
Т. конст.	П. Бокучин	зр. ПР7-1		
Н. дораб.	П. Бокучин			
Замов.	П. Бокучин			
Політехнічна університетська чорна ді				
ПІСМ-51 М-24-51 ГОСТ 20282-86				





1. Неказані зрначчн відхилення розмірів: отборів - Н14, валів - н14, решта - IT14/2
2. Неказані лнварні радіуси 1 мм.
3. Надписи маркувату краскою МКЄЧ білою по ОСТ 4ГО.054.205 шрифтом 3 по НО.010.007

КПТР2017012.121		Дім.	Вага	Масштаб
Корпус		9	0,25	1:1
Знайдити докич.	Підписати	Держшт.	Держшт.	Т
Розроб. Листує	Перев. Листує	Полістирол ударостійкий чорний	ФІТКС ХНУ	
Т. код		ПСМ-151 М-24-51 ГОСТ 20282-86	зр. ГР7-1	
Наказ				
Завід. Підвечко				



Змінює	Підписав	КПТР2017012.100Т1
Розробив	Визначив	Частотомір коінцидентції на ПЛІС
Перевірив	Визначив	Технологічна схема складання
Т. Кош	Дарчук Т. Дарчук	Дарчук Т. Дарчук
І. Кош	Філіпс ХНУ	Філіпс ХНУ
Замов.	Пірюченко	Зв. П'77-1

Рецензія

1. Короткий зміст кваліфікаційного проекту та прийнятих рішень

Кваліфікаційний проект "Частотомір коінциденції на ПЛІС" присвячений актуальному питанню розробки нових методів та високорозрядних засобів перетворення частоти високочастотних періодичних сигналів в двійковий код з високою швидкістю для вирішення задач частотометрії і є актуальною в науковому відношенні і корисною в практичному застосуванні.

2. Висновок про відповідність кваліфікаційного проекту завданню

Зміст кваліфікаційного проекту повністю відповідає завданню

3. Характеристика виконання кожного розділу

У першому розділі наведено техніко-економічне обґрунтування обраних методів та засобів вимірювання частоти періодичних сигналів.

У другому розділі приводиться розробка структурної схеми, просторової структури виробу, носійних елементів конструкції та печатної плати. Разом з тим проведено аналіз ефективності компонування, надійності приладу та механічний розрахунок розробленої конструкції плати.

У третьому розділі зроблено аналіз технологічності конструкції, розробка технологічного процесу і документації та приводиться технологічні розрахунки: визначення коефіцієнта використання матеріалу при виготовленні партії друкованих плат

4. Позитивні сторони кваліфікаційного проекту

1. Проведено огляд існуючих засобів вимірювання частоти періодичних сигналів. Виділено їх особливості та вказані переваги і недоліки.

2. Розроблено структурну схему пристрою, просторова структура виробу, носійні елементи конструкції та печатну плату. Проаналізовано елементну базу, ефективність компонування, надійність приладу та зроблено механічний розрахунок розробленої конструкції плати.

3. Зроблено аналіз технологічності конструкції. Розроблено технологічний процес складання та наведено технологічний розрахунок: визначення коефіцієнта використання матеріалу при виготовленні партії друкованих плат.

5. Негативні сторони кваліфікаційного проекту

Серед недоліків роботи можна відмітити недостатньо розгорнутий аналіз методів та засобів вимірювання частоти. Крім того по тексту пояснювальної записки зустрічаються орфографічні помилки та русизми.

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки кваліфікаційного проекту

З точки зору оформлення кваліфікаційний проект представлений графічними кресленнями і пояснювальною запискою обсягом 73 аркуші (з додатками), складається з трьох головних розділів. Оформлення пояснювальної записки знаходиться на належному рівні, послідовність викладення матеріалу є логічною та зрозумілою. Крім того робота оформлена з використанням сучасних засобів автоматизованого проектування AutoCAD, PCAD та документування зокрема пакету MS Office. Проведені в роботі дослідження здійснено з використанням сучасних засобів моделювання: LT spice IV, Quartus.

7. Відгук про кваліфікаційний проект в цілому

Виконаний проект відповідає загальним вимогам, що пропонуються до кваліфікаційних проектів бакалавра

8. Інші зауваження

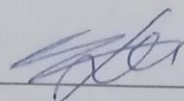
Немає

9. Оцінка кваліфікаційної роботи

Виконаний проект заслуговує оцінки "відмінно", а Пастух Ростислав Сергійович – присвоєння кваліфікації бакалавра зі спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка.

Рецензент

к.т.н., доц. каф. ТР



(Пятін І.С.)

Завідувачу кафедри
Телекомунікацій, медійних та
Інтелектуальних технологій
Підченку С.К.
Здобувача вищої освіти
Пастуха Р.С.
Факультету ПКТС, 4 курс,
Група ТР-17-1

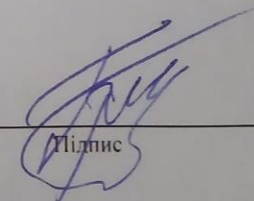
ЗАЯВА

З правилами Положення «Про дотримання академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті» від 26.09.2020(зі змінами від 26.11.2020), згідно з якими виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційного проекту до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений. Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних проектів здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщений та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається(ідентична) з друкованою.

01.06.2021
дата


Підпис