

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Багатофункціональний синтезатор частоти

Виконав(ла): студент(ка) IV курсу, групи РАС-41

спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка"

(шифр і назва спеціальності)

Слабковський М.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Дедів І.Ю.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Паляниця Ю.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Дунець В.Л.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

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

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(повна назва факультету)

Кафедра радіотехнічних систем

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Дунець В.Л.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« _____ »

2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня _____

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка

(шифр і назва спеціальності)

студенту Слабковському Максиму Богдановичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Багатофункціональний синтезатор частоти

Керівник роботи Дедів Ірина Юріївна

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

Затверджені наказом ректора від « _____ » _____ 20__ року
№ _____

2. Термін подання студентом завершеної роботи _____

3. Вихідні дані до роботи напруга живлення: 12В; струм споживання: 150 мА;

Частота на виході OUT1: 10...250000кГц; Число кроків сканування : 100; Частота на виході OUT2: 10...250000кГц; Незалежне значення струму на виходах OUT1 і OUT2:0, 2, 4, 6, 8мА

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

Вступ

1. Основна частина

Розробка структурної схеми пристрою; вибір і обґрунтування компонентної бази; компоновка друкованого вузла; Опис режимів та налаштувань пристрою

2. Спеціальна частина

3. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

Висновки

Список використаних джерел

Додатки

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

1. Схема електрична структурна

2. Схема електрична принципова

3. Креслення друкованої плати

4. Складальне креслення друкованого вузла

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
7. Дата видачі завдання			

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Розробка та затвердження технічного завдання		
2	Аналіз технічного завдання, підбір бібліографічних матеріалів, необхідних для виконання роботи		
3	Розробка структурної схеми синтезатора частоти		
4	Розрахунок вузлів у схемі синтезатора частоти		
5	Вибір елементної бази розроблюваного синтезатора частоти		
	Компонування друкованого вузла синтезатора частоти		
6	Створення допоміжної документації		
7	Розділ безпеки життєдіяльності, основ охорони праці		
8	Нормоконтроль		
9	Попередній захист КР		
10	Захист КР		

Студент

_____ (підпис)

Слабковський М.Б.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Дедів І.Ю.

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Багатофункціональний синтезатор частоти // ТНТУ, факультет ФПТ, група РАС-41. // Тернопіль, 2023 р. //с.-65, рис.-29, табл.-20.

Ключові слова: синтезатор частоти, Синтезатор частоти, генератор ШІМ, генератор частоти.

У даній кваліфікаційній роботі була проведена розробка конструкції багатофункціонального синтезатора частоти. Досліджено та вибрано сучасну елементну базу, надано опис принципу роботи пристрою на рівні структурної та електричної принципової схеми. Також розглянуто та обґрунтовано вибір елементної бази, розроблено конструкцію друкованої плати та друкованого вузла. Окремим розділом був включений розділ про систему автоматизованого проектування, в якому були описані програми, що використовувалися для створення креслень. У розділі про охорону праці детально розглянуті питання, пов'язані з охороною праці та безпекою життєдіяльності.

ANNOTATION

Multifunctional frequency synthesizer// TNTU, FPT faculty, RA-41 group. // Ternopil, 2023 //p.-65, ill.-29, table.-20.

Keywords: Frequency synthesizer, PWM generator, frequency generator.

The development of a multifunctional frequency synthesizer design was carried out in this qualification work. A thorough investigation and selection of modern electronic components were conducted, accompanied by a description of the device's operation at the level of structural and electrical schematic principles. The selection of the electronic component base was also examined and justified, and the design of the printed circuit board and printed assembly was developed. A separate chapter was dedicated to the automated design system, which described the programs used for creating drawings. The section on occupational safety provided a detailed analysis of issues related to occupational safety and personal well-being.

Зміст

1 Основна частина	8
1.1 Аналіз технічного завдання	8
1.2 Розробка структурної схеми багатофункціонального синтезатора частоти	9
1.3 Проектування і розрахунок вузлів електричної принципової схеми пристрою	10
1.4 Вибір і обґрунтування компонентної бази	20
1.5 Компоновка друкованого вузла пристрою	36
1.6 Висновок до розділу 1	43
2 Спеціальна частина (САПР)	44
2.1 Вибір САПР	44
2.2 Застосування САПР при проектуванні друкованої плати	44
2.3 Висновки до розділу 2	45
3 Охорона праці	46
3.1 Психологічні причини нещасних випадків і травматизму	46
3.2 Загальні вимоги безпеки до виробничого обладнання та технологічних процесів	50
Висновки	54
Список використаних джерел	55
ДОДАТКИ	58

					<i>СМБ 2.899.001 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Багатофункціональний синтезатор частоти</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркцифр</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Слабковський М.Б.</i>					5	65
<i>Перевір.</i>		<i>Дедів І.Ю.</i>				<i>ТНТУ, ФПТ каф. РТ зд. РАС-41</i>		
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>		<i>Паляниця Ю.Б.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Дцнець В.Л.</i>						

Вступ

Синтезатор частоти - це пристрій, який генерує сигнали різної частоти.

Синтезатори частоти застосовуються в багатьох областях електроніки, включаючи телекомунікації, медичну техніку, вимірювальну техніку, для проведення наукових досліджень, радіо та телебачення, радіолокацію, супутникову зв'язок та інших галузях.

Основна функція синтезатора частоти - це створення сигналу з заданою частотою. Прилад може бути заснований на різних технологіях, таких як фазове блокування, частотна модуляція або частотного поділу. Зазвичай синтезатори частоти мають високу точність та стабільність, що дозволяє їх використовувати в дуже точних додатках, таких як зв'язок з супутниками або медичне обладнання.

Зазвичай синтезатор частоти складається з двох основних компонентів: джерела опорної частоти та пристрою синтезу. Джерелом опорної частоти може бути кварцовий генератор, резонатор або інше стабільне джерело частоти.

На сьогоднішній день при виборі синтезатора частоти може виникнути проблема, у вигляді недостатньої варіативності синтезаторів частот на ринку. Вибір може обмежуватись або "любительськими" платами з недостатнім функціоналом або дуже дорогавартісними приладами. Під час розробки даного пристрою було враховано створити своєрідну золоту середину, зробити раціональний нахил в сторону багатофункціональності високої надійності при збереженні відносно високої надійності та невеликої вартості виробу.

Для вирішення проблеми при розробці синтезатора частоти було підібрано елементну базу компонентів для поверхневого монтажу. Це дозволить здешевити прилад за рахунок зменшення розмірів плати, а також підвищити якість та надійність приладу.

					<i>СМБ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Основна частина

1.1 Аналіз технічного завдання

Необхідно розробити синтезатор частоти на PIC18F262 та Si5315 який має бути призначений для генерації періодичних коливань в радіотехніці.

Крім того він повинен мати такі допоміжні функції як: тестовий режим, таймер, два генератора пакета імпульсів, генератор ШІМ, генератор випадкових чисел.

Також при розробці необхідно врахувати та звести до мінімуму такі імовірні недоліки:

Шум - внаслідок нестабільної роботи елементів синтезатора може з'являтися шум в генерованому сигналі.

Джиттер - нерівномірність частоти, з якою генерується сигнал. Джиттер може бути спричинений нестабільністю генератора опорної частоти. Нестабільність частоти - може статися, що сигнал, що генерується синтезатором, має зміщення відносно заданої частоти, що може призвести до спотворення сигналу.

Ефект паразитних ємностей - ємності, що випадково утворюються між елементами, можуть призводити до спотворень сигналу і зниження якості синтезованого сигналу.

Технічні характеристики приладу:

- Частота на виході OUT1:10...250000кГц;
- число кроків сканування:.....100 Гц;
- тривалість одного кроку сканування:.....1с;
- частота на виході OUT2:10...250000кГц;
- незалежне значення струму на виходах OUT1 і OUT2: 0, 2, 4, 6, 8мА.

Додаткові характеристики приладу:

- тестовий режим:

- 1) частота прямокутних імпульсів рівня TTL:.....1...1000000 Гц;

					<i>СМБ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 2) похибка встановлення частоти:.....0,001%.
- Таймер:
- 1) тривалість імпульса на виході TTL:.....1...108мкс;
- 2)затримка запуску таймера по входу IN/D:.....5...9999999мкс.
- Генератор пакета імпульсів:
- 1) тривалість прямокутних імпульсів на виході TTL:.....3...65535мкс;
- 2) тривалість паузи між імпульсами:.....3...65535мкс;
- 3) крок встановлення тривалості імпульса:.....1мкс;
- генератор імпульсів з ШІМ модуляцією:
- 1) частота імпульсів на виході TTL:.....1558Гц;
- 2) напруга на виходах OUT1 і OUT2:.....0...3В;
- 3) опір на виході OUT1 і OUT2:.....50 Ом;
- 4) Опір на виході TTL:.....500 Ом;
- 5) Опір на вході IN/D:.....10 кОм;
- 6) Постійна напруга живлення:.....12В;
- 7) Струм споживання:.....100...150мА.

1.2 Розробка структурної схеми багатофункціонального синтезатора частоти

Структурна схема відображає функціональні зв'язки між елементами. Вона дає можливість розуміти принцип роботи пристрою і визначити його функціональні можливості.

Структурна схема може бути представлена в графічному вигляді за допомогою блок-схем або схеми взаємозв'язку. Вона відображає логіку роботи пристрою, його основні функції, а також зв'язки між окремими блоками і елементами.

У синтезаторі частоти структурна електрична схема (див. рис. 1.1) відображає послідовність дій та елементів, що забезпечують створення вихідного сигналу з потрібною частотою. Вона включає в себе такі блоки,

					<i>СМБ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

як генератор частоти, подільник частоти, тригер, блок стабілізації живлення, блок відображення інформації тощо.

Принцип дії даного приладу досить простий. Напруга живлення 12 В поступає на стабілізатор який видає напругу 5 В необхідну для живлення всіх каскадів приладу.

Мікроконтролер здійснює керування, та обчислювальні операції. Генератор частоти разом з подільником частоти та запам'ятовуючим тригером здійснюють синтез частоти.

Синтезовані частоти подаються на 5 виходів. Інформація про стан приладу виводиться на дисплей.

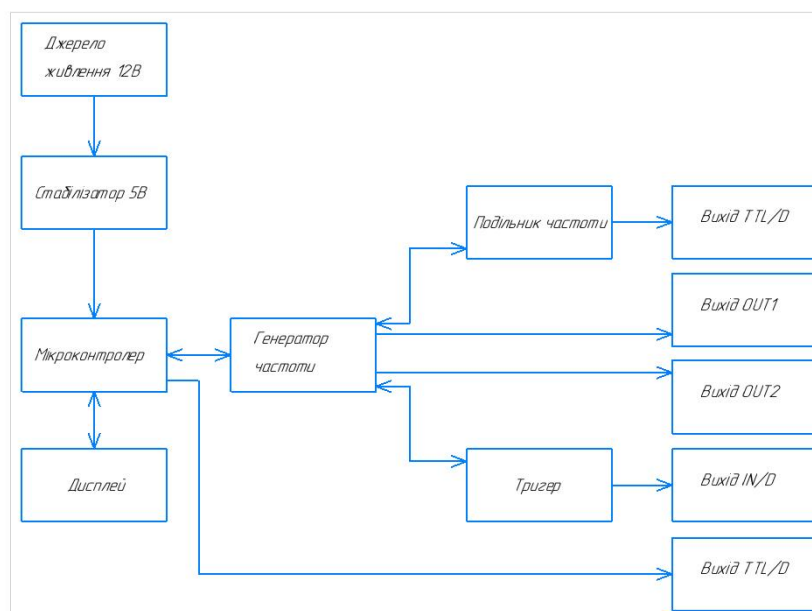


Рисунок 1.1 – Структурна схема синтезатора частоти

1.3 Проектування і розрахунок вузлів електричної принципової схеми пристрою

Схема електрична принципова - це графічне зображення електричної принципової схеми, яка описує взаємодію між елементами електричної системи чи пристрою.

					<i>СМБ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

У принциповій схемі кожен елемент представлений у вигляді символу, який відповідає його електричним характеристикам та призначенню. Символи елементів з'єднуються лініями, які показують напрямок потоку сигналу або електричного струму.

Схема електрична принципова дає можливість аналізувати та розробляти електричну систему без потреби виготовляти фізичну модель. Вона є основним інструментом для проектування електричних пристроїв, тому вона повинна бути чіткою та зрозумілою для інженерів та технічних спеціалістів, які працюють з нею.

Також, схема електрична принципова може бути використана для відлагодження та ремонту електричних систем, тому вона повинна бути чіткою та точною, щоб зменшити час та витрати на пошук та усунення несправностей.

Опис схеми електричної принципової.

Основою пристрою є мікроконтролер PIC18F2520-I / SO (DD1), він здійснює керування пристроєм. Тактова частота стабілізована кварцовим резонатором ZQ1. Точне значення частоти тактового генератора підстроюється конденсатором C2. Стабілізатор напруги живлення зібраний на мікросхемі L7805 (DA1) стабілізує напругу 5 В. Конденсатори C4-C8 згладжують пульсації на виході стабілізатора. Рідкокристалічний дисплей HG1 відображає інформацію на екрані. Підстроювальним резистором R17 регулюється яскравість рідкокристалічного дисплею. Підстроювальним резистором R15 регулюється контрастність індикатора. Кнопками SB1-SB3 регулюється робота пристрою. Генератор частоти зібраний на мікросхемі SI5351A (DD3).

Мікросхема Si5351A - це програмований за інтерфейсом I2C тактовий генератор, що ідеально підходить для заміни кварцових резонаторів, кварцових генераторів, VCXO, систем PLL і буферів. Вона складається з

					<i>СМБ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

чотирьох основних включених один за одним каскадів: вхідного блоку, двох блоків синтезу та ВИХІДНОГО блоку. До вхідного блоку підключають зовнішній кварцовий резонатор чи подають зовнішній тактовий сигнал. Перший каскад блоку синтезу множить вхідну частоту для отримання високої проміжної частоти (600...900 МГц), а другий каскад синтезу використовує дробні дільники з високою роздільною здатністю (high resolution MultiSynth fractional dividers) для генерації необхідних вихідних частот. Додатковий цілий поділ виходить на блоці виходу для отримання низьких вихідних частот. Матричні комутатори на кожному каскаді синтезу дають значну гнучкість при маршрутизації будь-яких входів на будь-які вихід.

До входів для кварцового резонатора (XA, XB) модуля Si5351A підключають стандартні кварцові резонатори фіксованої частоти зі зрізом типу AT запуску внутрішнього генератора. Вихід цього генератора використовується як зразкова частота для працюючих незалежно один від одного (free-running) систем PLL, в результаті генеруються асинхронні по відношенню один до одного тактові частоти. Вихідний сигнал генератора працюватиме на частоті використовуваного кварцового резонатора 25 МГц чи 27 МГц. В цьому СЧ резонатор встановлений на частоту 25 МГц (частоту кварцового резонатора встановлюють у програмі). Є можливість програмно підлаштовувати внутрішні конденсатори навантаження (load capacitors, CL), щоб усунути необхідність у додаткових зовнішніх компонентах, що підключаються до кварцового резонатора модуля Si5351A. Опції налаштування дозволяють вибрати конденсатори ємністю 0, 6, 8 або 10 пФ (ємність конденсаторів вибирається програмно). Кварцові резонатори, що вимагають конденсаторів іншої ємності, підключають із додатковими зовнішніми конденсаторами.

Мікросхема Si5351A має два генератори з PLL - PLLA і PLLB з цілочисловим або дробовим коефіцієнтом поділу (встановлюється

					<i>СМБ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

програмно), три мультиплексованих дільника частоти M80, M81 і M82 з цілочисловим або дробовим коефіцієнтом поділу від 6 до 1800 (встановлюється програмно) і три R1 і R2 з цілим коефіцієнтом поділу, рівним 1, 2, 4, 8, 128 (встановлюється програмно). Тому загальний коефіцієнт розподілу виходить: $K = 1800 \times 128 = 230\,400$. При частоті PLL, що дорівнює 600 МГц, отримуємо мінімальну частоту на виході близько 2,6 кГц. Для отримання гарного вихідного сигналу використовуємо для виходів CLK0-CLK2 дільники частоти M80, M81 і M82 з цілим коефіцієнтом поділу, тоді для PLLA і PLLB використовуємо дробовий коефіцієнт. PLLA використовуємо для виходу CLK0, а PLLB - для виходів CLK1 та CLK2 (коефіцієнти вибираються програмно). На частотах 150...250 МГц використовується дільник з коефіцієнтом розподілу $K = 4$. Цей діапазон частот визначає мікроконтролер і за інтерфейсом I2C виробляє необхідні установки. У діапазоні частот від 10 до 300 кГц використовуються додаткові дільники R0, R1 та R2, які знаходяться всередині синтезатора частоти.

На мікросхемі CD4059A (DD4) зібраний програмований дільник частоти. Входи програмованого дільника комутовані так, щоб отримати чотири коефіцієнти поділу - 5, 50, 500, 5000. Вихід програмованого дільника частоти підключений до входу С (вивід 3) D-тригера на одній половині мікросхеми 74HC74D (DD5), включеного за схемою дільника на два. Друга частина цієї мікросхеми не використовується. З виходу D-тригера (вивід 6) через резистор R12 сигнал з коефіцієнтом розподілу 10, 100, 1000, 10000 надходить на вихідний роз'єм XW5. Тригер 74HC174D (DD2) запам'ятовує встановлений коефіцієнт поділу на вході програмованого дільника частоти. На входи D1-D4 тригера від мікроконтролера надходить сигнал у паралельному коді. Далі мікроконтролер подає імпульс на вхід С. За фронтом цього імпульсу відбувається запис інформації в тригер, і на його виходах з'являється код, що відповідає вхідному коду.

					<i>СМБ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Кнопками SB1-SB3 здійснюється налаштування синтезатора частоти. Тривалим натисканням на кнопку START входять до меню установок частоти F1 на виході OUT1.

В якості розрахунку був взятий розрахунок стабілізатора (див. рис. 1.2)

При розрахунку стабілізатора напруги, який базується на ІМС з фіксованим значенням вихідної напруги, потрібно підібрати відповідну до параметрів ІМС і перевірити її на можливість застосування за напругою та на неперевищення допустимого значення розсіюваної потужності в заданих умовах.

За напругою необхідно забезпечувати виконання умов:

$$U_{\text{вх max}} < U_{\text{вх max доп}}$$

де $U_{\text{вх max доп}}$ - максимально допустима вхідна напруга ІМС;

$$U_{\text{вх min}} - U_{\text{вих}} > U_{\text{ІМС min}}$$

Оскільки:

$$U_{\text{вх max}} = 12 \text{ В} < 35 \text{ В} = U_{\text{вх max доп}},$$

$$11 - 5 = 6 \text{ В} > 2,5 \text{ В} = U_{\text{ІМС min}}$$

то за напругою дана ІМС відповідає умовам завдання. Перевіримо можливість застосування ІМС L7805 за потужністю, якщо її струм навантаження становить:

$$I_{\text{н}} = P_{\text{н}} / U_{\text{вих}} = 0,5 / 5 = 0,1 \text{ А}$$

а максимальне падіння напруги на ній дорівнює:

					<i>СМБ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

$$\Delta U = U_{\text{вх max}} - U_{\text{вих}} = 12 - 5 = 6\text{В}$$

Потужність розсіювання ІМС:

$$P_{\text{ІМС}} = \Delta U * I_{\text{H}} = 6 * 0.1 = 0.6 \text{ Вт}$$

Оскільки: $P_{\text{ІМС}} = 0,6 \text{ Вт} < 1 \text{ Вт}$

то ІМС у даному разі можна використовувати без тепловідводу

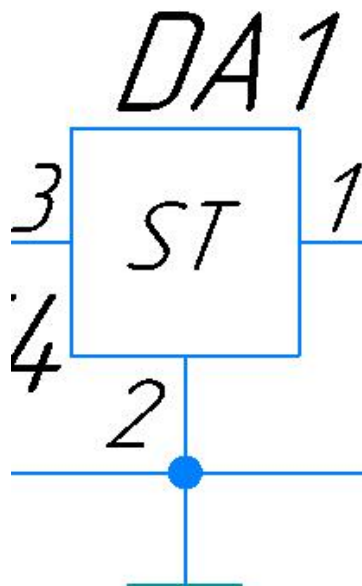


Рисунок 1.2 – Стабілізатор із схеми принципової

За результатами розрахунку було вибрано стабілізатор 78L05.

Опис режимів та налаштувань синтезатора частоти

Встановлення частоти ВЧ-сигналу синтезатора F1 на виході 0UT1 та F2 на виході 0UT2 Включають живлення приладу, короткочасним натисканням на кнопку RANGE вибирають функцію SYNTHESIZER VHF.

					СМБ 2.899.001 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Далі короткочасним натисканням на кнопку SET виходять з меню устано- струмом і тривалим натисканням на цю ж кнопку SET входять в меню установок дільника частоти. Короткочасним натисканням на кнопку SET вибирають значення дільника частоти 10, 100, 1000 чи 10000 (див. рис. 1.3). Тривалим натисканням на кнопку SET виходять з меню установок подільника частоти.

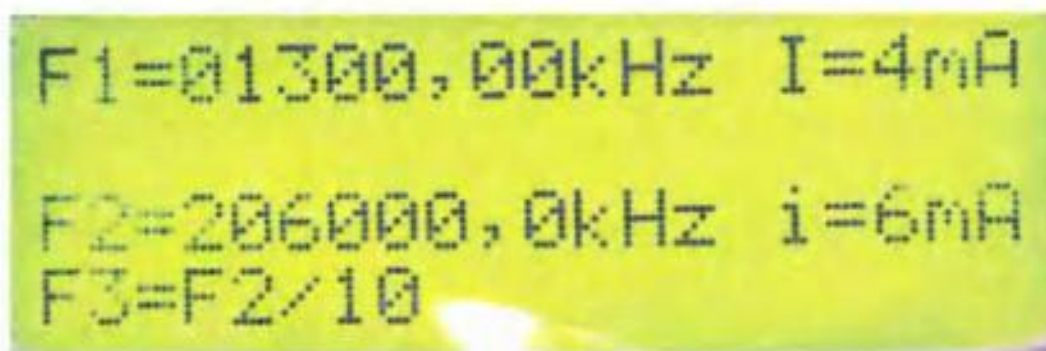


Рис. 1.3 Вибір значення дільника частоти

Натисканням на кнопку START вмикають та вимикають синтезатор частоти. У режим SWEEP входять короткочасним натисканням на кнопку RANGE при включеній функції SYNTHESIZER та встановлюють необхідний крок перебудови dF (див. рис. 1.4). На виході TTL у момент натискання на кнопку RANGE формується синхроімпульс тривалістю 2 мс. При кожному натисканні на кнопку RANGE починається сканування спочатку. Весь діапазон сканування проходить за 100 с і сканування починається знову, при цьому на виході TTL знову формується синхроімпульс тривалістю 2 мс. Мала швидкість сканування обрана для того, щоб можна було спостерігати частотні характеристики вузькосмугових ланцюгів. На LCD екрані відображається значення частоти кожного кроку перебудови. Характеристика сканування лінійна, тому не потрібно застосовувати частотні мітки. Знаючи початкову частоту сканування (на екрані осцилографа вона збігається з синхроімпульсом) і крок сканування можна на цифровому осцилографі з

високою точністю визначити частоту в будь-якому місці діапазону сканування.

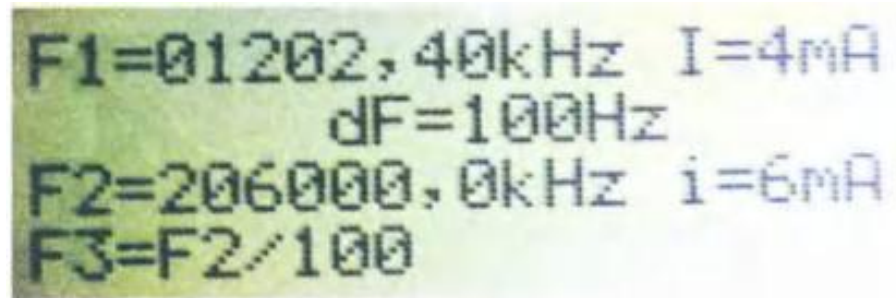


Рис. 1.4 Вибір необхідного кроку перебудови dF

Встановлення частоти прямокутного сигналу у режимі TEST
Вмикають живлення приладу, короткочасним натисканням на кнопку RANGE вибирають функцію TEST (див. рис. 1.5). До виходу TTL підключають досліджуваний пристрій, короткочасним натисканням на кнопку START включають генератор.

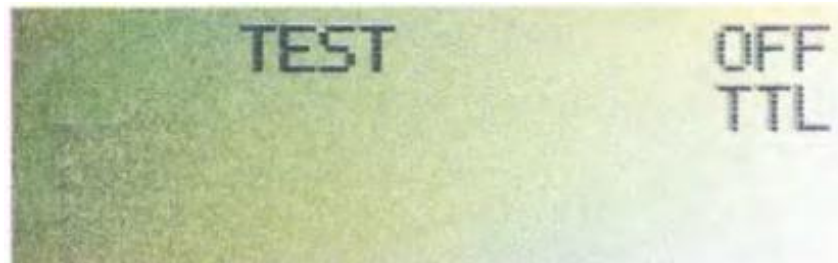


Рис. 1.5 Вибір функції TEST

У правому верхньому кутку екрана напис OFF змінюється написом ON.
Натисканням на кнопку RANGE вибирають необхідну частоту сигналу (1 МГц, 100 кГц, 10 кГц, 1 кГц, 100 Гц, 10 Гц або 1 Гц) на виході TTL (див. рис. 1.6).

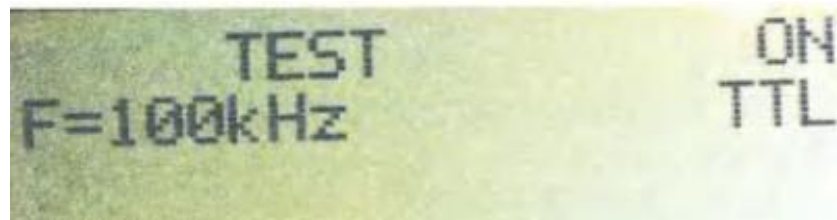


Рис. 1.6 Ввімкнення функції TEST

Встановлення тривалості імпульсу в режимі TIMER

Вмикають живлення приладу, короткочасним натисканням на кнопку RANGE вибирають функцію TIMER. До виходу TTL підключають досліджуваний пристрій. У цьому режимі (див. рис. 1.7) можна сформувати прямокутний імпульс тривалістю від 1 мкс до 9,999 мс кроком установки 1 мкс, тривалістю від 10 мс до 99,99 мс з кроком установки 10 мкс, тривалістю від 100 мс до 999,9 мс кроком установки 100 мкс, тривалістю від 1 с до 9,999 з кроком установки 1 мс і тривалістю від 10 С до 99,99 з С кроком установки 10 мс.

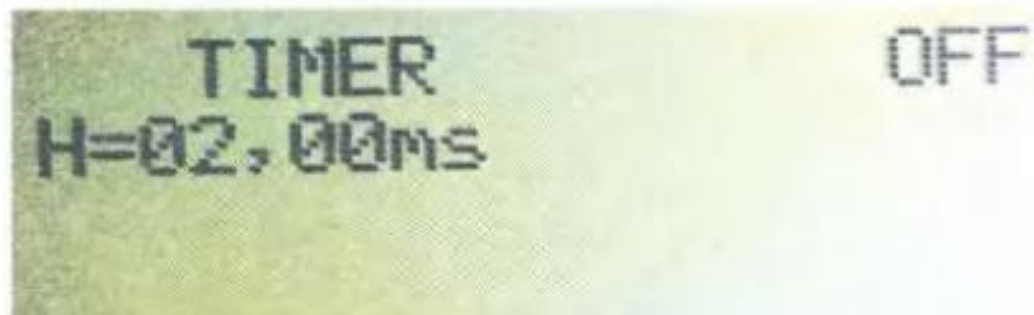


Рис. 1.7 Ввімкнення функції TIMER

Встановлення параметрів імпульсів у режимі GEN PULS-1.

Вмикають живлення приладу, до виходу TTL підключають досліджуваний пристрій. Короткочасним натисканням на кнопку RANGE вибирають функцію GEN PULS-1. У цьому режимі на виході TTL формуються прямокутні імпульси тривалістю від 3 до 65535 мкс, паузою між імпульсами від 3 до 65535 мкс та числом імпульсів від 1 до 65535 (див. рис. 1.8,а). Вибір параметра здійснюється в режимі установок - на екрані з'явиться

					СМБ 2.899.001 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

напис SET (див. рис.1.8,б). Короткочасним натисканням на кнопку SET вибирають спосіб запуску генератора імпульсів (напису в правій частини екрана немає - ручний запуск, напис TRG - запуск по фронту зовнішнього імпульсу на вході IN/D). Далі тривалим натисканням на кнопку START входять у режим установок, і тривалим натисканням ще раз на кнопку START вибирають параметр, який необхідно встановити (Hр-тривалість імпульсу в мікросекундах, Lр - тривалість паузи між імпульсами в мікросекундах, Nр - число імпульсів у пакеті). Натискаючи кнопку RANGE або SET, вибирають необхідне значення параметра. Після встановлення параметрів короткочасним натисканням на кнопку START виходять з режиму установок. Запускають генератор короткочасним натисканням кнопки START. У цьому режимі прилад може працювати і як генератор безперервних імпульсів. Для цього необхідно встановити число імпульсів, що дорівнює нулю ($N_p = 0$).

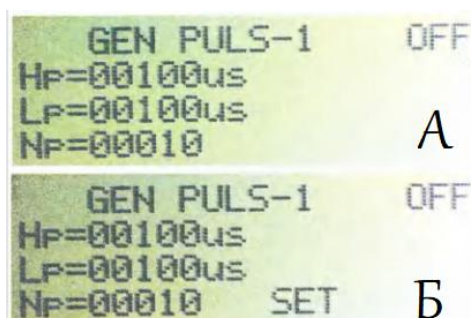


Рис. 1.8 Встановлення параметрів імпульсів

Встановлення параметрів ШІМ коливань у режимі GEN PWM Короткочасним натисканням на кнопку RANGE вибирають функцію GEN PWM (див. рис. 1.9). У цьому режимі на виході TTL формуються прямокутні імпульси із ШІМ частотою 1,558 кГц. До виходу TTL підключають досліджуваний пристрій та короткочасним натисканням на кнопку START запускають генератор. Натисканням на кнопку RANGE або SET вибирають

необхідну шпаруватість імпульсів. Відключають генератор короткочасним натисканням на кнопку START.

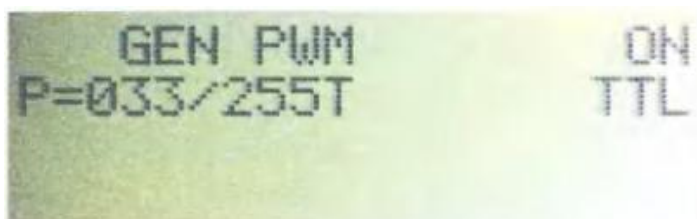


Рис. 1.9 Встановлення параметрів ШИМ коливачів у режимі GEN PWM

Запуск генератора коливачів псевдовипадкової послідовності у режимі GEN NOIS

Короткочасним натисканням кнопки RANGE вибирають функцію GEN NOIS (див. рис. 1.10). У цьому режимі на виході TTL формуються прямокутні імпульси із псевдовипадковою послідовністю. До виходу TTL підключають досліджуваний пристрій, короткочасним натисканням на кнопку START запускають генератор. Відключають генератор короткочасним натисканням ще раз на кнопку START.

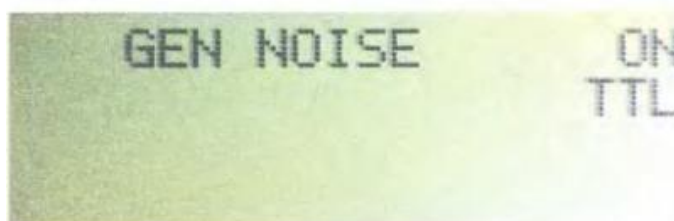


Рис. 1.10 Параметри генератора в режимі GEN NOIS

1.4 Вибір і обґрунтування компонентної бази

Під час вибору елементної бази для проектуваного виробу основними критеріями слід вважати наступні вимоги: відповідність номіналів елементів

					<i>СМБ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

вказаних в схемі електричній принциповій; наявність даних елементів на виробництві; технічні вимоги поставлені до конструкції; економічна вигода; універсальність радіоелементів; стабільність параметрів; мінімальна кількість розмірів корпусів.

Стабілізатор призначений для видачі напруги 5В для живлення усіх елементів синтезатора частоти. Параметри наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Стабілізатор L7805 [3]

Назва та тип компонента	Стабілізатор L7805	
Позиційне позначення	DA1	
Виробник	ST MICROELECTRONICS	
Критерії вибору	Висока стабільність напруги живлення, підходяща для приладу стабілізована напруга	
Параметри конструкції	SOT223, див. рисунок 1.11	
Параметри та характеристики		
Вихідна напруга		5В
Максимальний вихідний струм		1А
Пряме падіння напруги		2В
Допуск		±2%
Максимальна вхідна напруга		35В

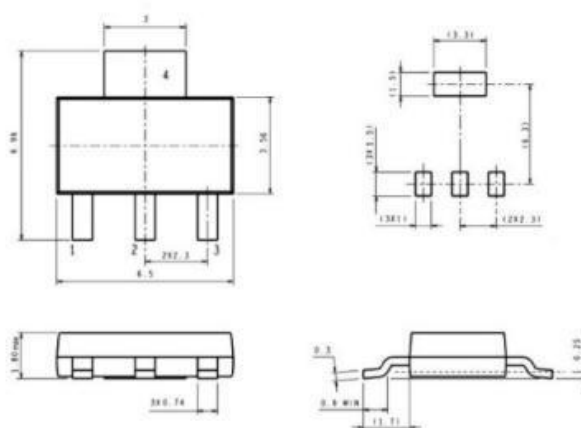


Рисунок 1.11 – Габаритні розміри стабілізатора L7805

Мікроконтролер призначений для загального керування пристроєм, проведення необхідних логічних та арифметичних операцій. Критерії вибору та параметри наведені в таблиці 1.2

Таблиця 1.2 – Мікроконтролер PIC18F2520-I/SO [4]

Назва та тип компонента	Мікроконтролер PIC18F2520-I/SO
Позиційне позначення	DD1
Виробник	MICROCHIP TECHNOLOGY
Критерії вибору	Наявність АЦП, достатній об'єм пам'яті, напруга живлення відповідає вимогам приладу, достатня кількість входів виводів в приладу
Параметри конструкції	SO28, див. рисунок 1.12
Параметри та характеристики	
Живлення	2 ... 5,5В
Тип ядра	PIC18
Розрядність	8-Bit
Частота	40МГц
Робоча температура	-40 ... + 85 °С
Пам'ять програм	32кБ
Кіл-ть входів/виходів	23

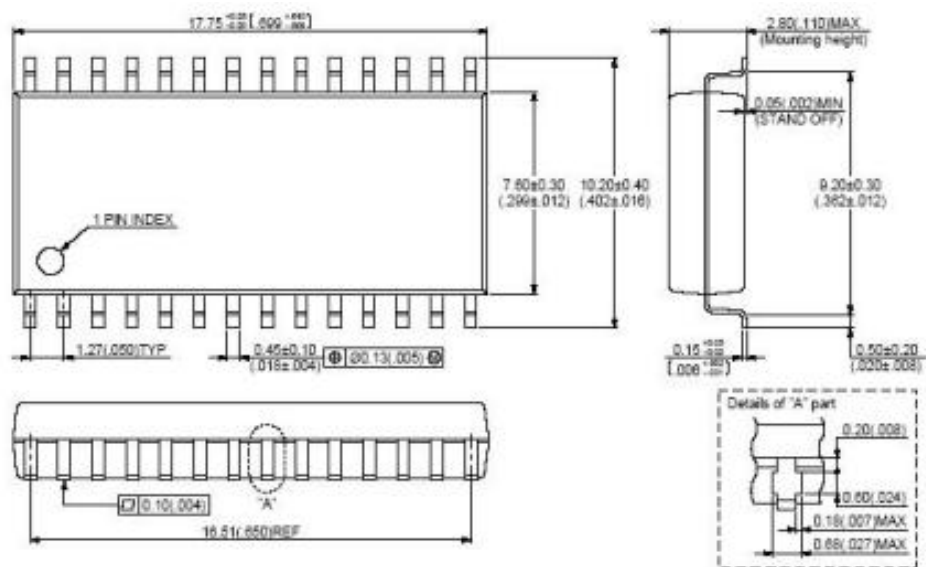


Рисунок 1.12 – Габаритні розміри мікроконтролера PIC18F2520-I / SO

Мікросхема представляє тригер, неінвертований, з реагуванням по позитивному фронту, призначений для запам'ятовування параметрів на вході дільника. Параметри наведені в таблиці нижче.

Таблиця 1.13 – Мікросхема 74НС174 [5]

Назва та тип компонента	Мікросхема 74НС174	
Позиційне позначення	DD2	
Виробник	NEXPERIA	
Критерії вибору	Логічні рівні перемикавання, напруга живлення	
Параметри конструкції	SO16, див. рисунок 1.13	
Параметри та характеристики		
Напруга живлення	2...6 В	
Робоча температура	-40°C + 125°C	
Логічні рівні перемикавання	CMOS	

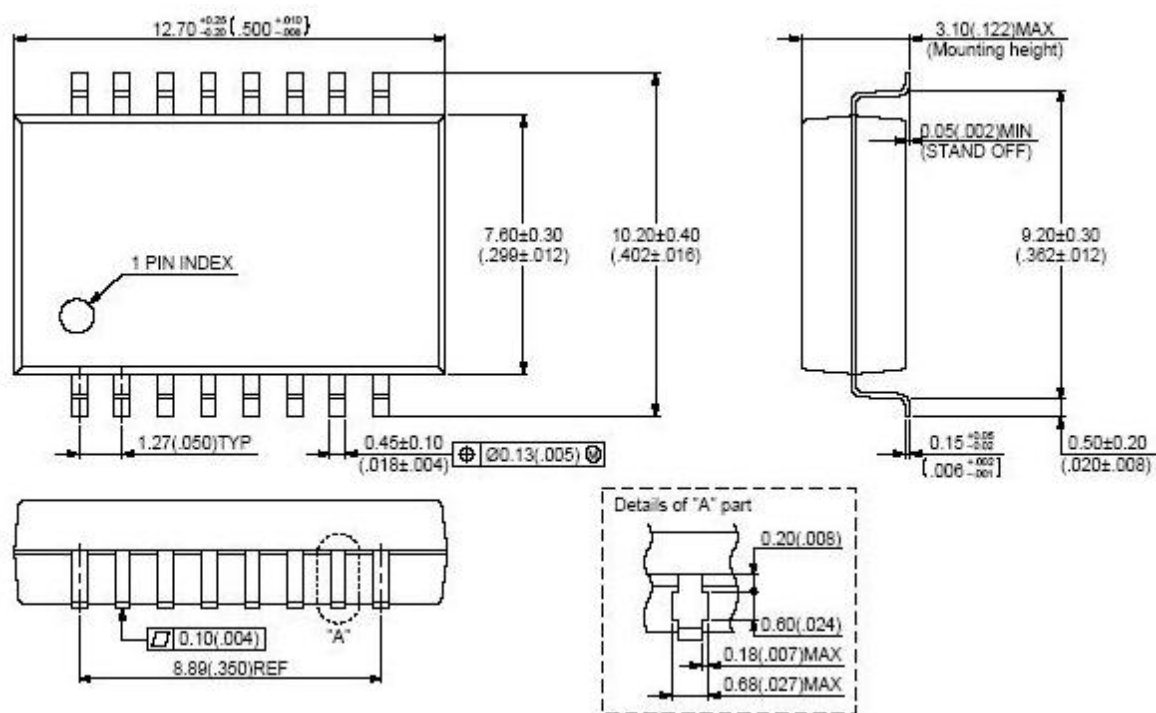


Рисунок 1.13 – Габаритні розміри мікросхеми 74НС174

Мікросхема виконує роль програмованого дільника частоти.

Параметри наведені в таблиці нижче.

Таблиця 1.4 – Мікросхема CD4059AM [6]

Назва та тип компонента	Мікросхема CD4059AM	
Позиційне позначення	DD4	
Виробник	Texas Instruments	
Критерії вибору	Вихідний струм, кількість цифрових розрядів	
Параметри конструкції	SOIC24, див. рисунок 1.14	
Параметри та характеристики		
Вихідний струм		1,5мА
Кількість цифрових розрядів		1 біт
Напруга живлення		3 ... 18В
Робоча температура		-55°C +125°C

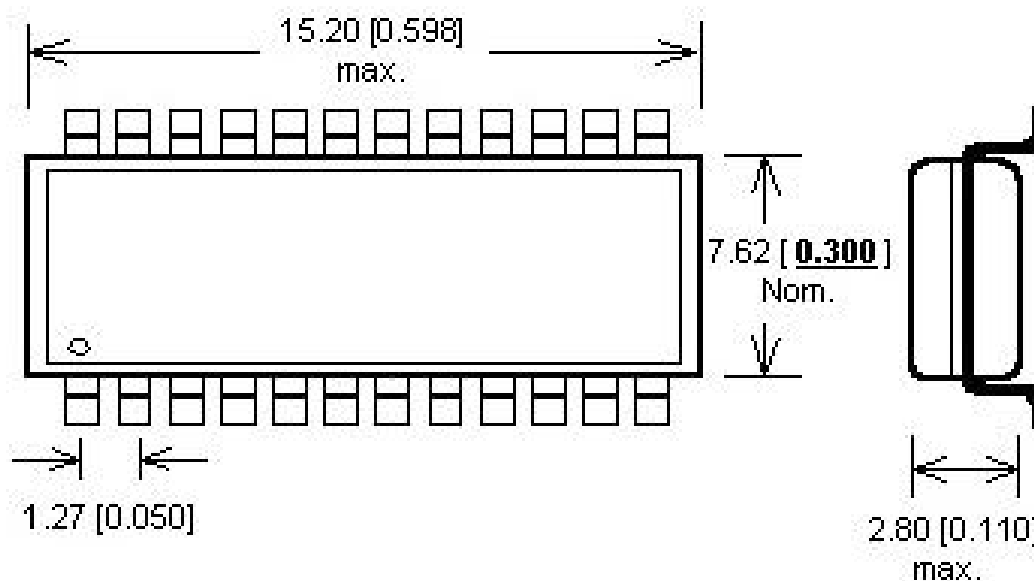


Рисунок 1.14 – Габаритні розміри мікросхеми CD4059AM

Мікросхема представляє собою тактовий генератор який видає необхідні частоти відповідно до команд мікроконтролера та налаштувань оператора.

Критерії вибору та параметри наведені в таблиці нижче.

					СМБ 2.899.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Таблиця 1.5 – Мікросхема SI5351A [7]

Назва та тип компонента	Мікросхема SI5351A	
Позиційне позначення	DD3	
Виробник	SLAB	
Критерії вибору	Напруга живлення, великий діапазон частот	
Параметри конструкції	MSOP-10, див. рисунок 1.15	
Параметри та характеристики		
Живлення		1,71... 3,6В
Частота		до 200МГц
Робоча температура		-40 ... + 85 ° С

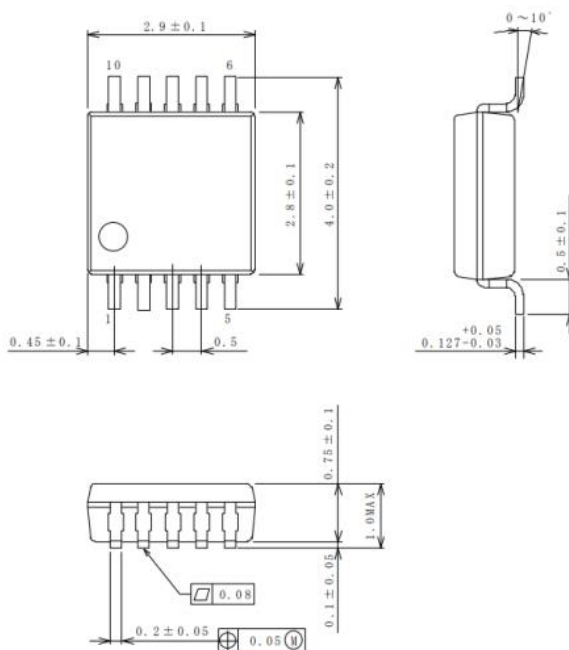


Рисунок 1.15 – Габаритні розміри мікросхеми SI5351A

Мікросхема застосовується для зберігання стану роботи генератора. Параметри описані нижче, див. Таблицю 1.6

Таблиця 1.6 – Мікросхема 74НС74 [8]

Назва та тип компонента	Мікросхема 74НС74	
Позиційне позначення	DD5	
Виробник	NEXPERIA	

Продовження таблиці 1.6

Критерії вибору	Час затримки, тактова частота
Параметри конструкції	SO14, див. рисунок 1.16
Параметри та характеристики	
Напруга живлення	6 В
Час затримки	14 мс
Робоча температура	-40 ... + 85 °С
Струм споживання	5,2 мА
Тактова частота	76 МГц

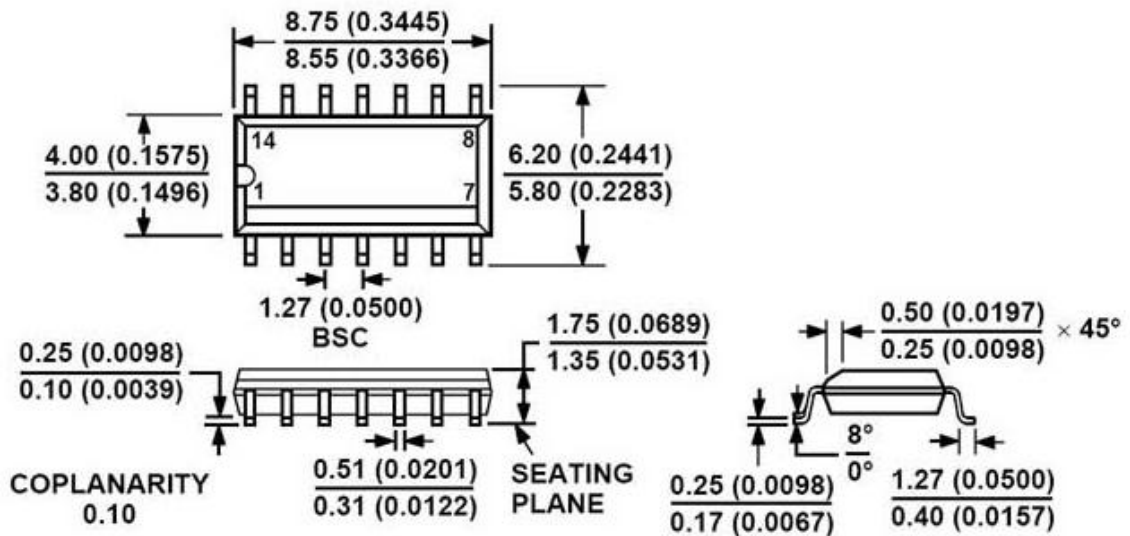


Рисунок 1.16 – Габаритні розміри мікросхеми 74НС74

Тумблер для вмикання/вимикання живлення приладу. Параметри та критерії вибору описані нижче, див. табл. 1.7.

Таблиця 1.7 – Тумблер GT1-9817 [9]

Назва та тип компонента	Тумблер GT1-9817	
Позиційне позначення	SA1	
Виробник	Global Tone	
Критерії вибору	Максимальна непереривна робоча, максимальний струм, тип контактних груп	
Параметри конструкції	див. рисунок 1.7	
Параметри та характеристики		
Тип контактних груп	ON-OFF	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

СМБ 2.899.001 ПЗ

Арк.

26

Максимальна непереривна робоча напруга	250 В
Максимальний струм	3А
Довжина штока	11 мм

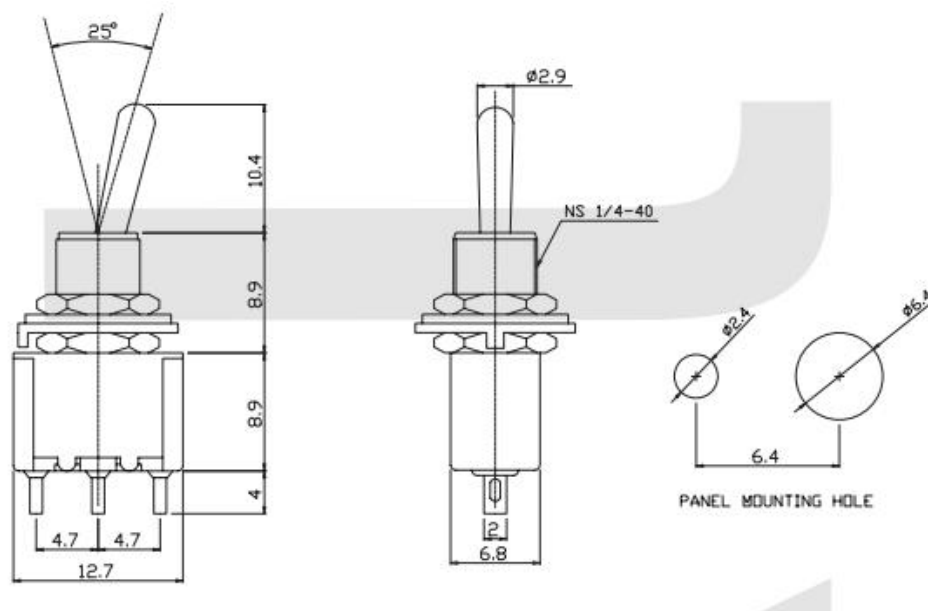


Рисунок 1.17 – Габаритні розміри тумблера GT1-9817

Конденсатори керамічні загального призначення. Призначені для внесення додаткової ємності в каскади приладу. В таблиці 1.8 наведені критерії та параметри.

Таблиця 1.8 – Керамічні конденсатори GRM31 [10]

Назва та тип компонента	Керамічні конденсатори постійні GRM31	
Позиційне позначення	C1, C3, C5-C7	
Виробник	Murata Electronics	
Критерії вибору	відповідність електричних параметрів режиму роботи; виконання SMD; типорозмір 1206	
Параметри конструкції	1206, див. рисунок 1.18	
Параметри та характеристики		
Допуск номіналу		10%
Тип діелектрика		X7R
Робоча температура		-55..+125
Робоча напруга		50 В

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

Резистори товстоплівкові постійні. Призначені для внесення додаткового опору для узгодження каскадів схеми. Параметри підбору наведені нижче (див. табл. 1.9).

Таблиця 1.9 – Резистори CR-06JL7 [11]

Назва та тип компонента	Резистори загального призначення товстоплівкові CR-06JL7	
Позиційне позначення	R1-R14, R16, R18	
Виробник	VIKING	
Критерії вибору	Точність, мале розсіювання ,типорозмір 1206	
Параметри конструкції	1206, див. рисунок 1.18	
Параметри та характеристики		
Допуск номіналу	5%	
Максимальна потужність	0,25Вт	
Робоча температура	-55..+155	
Робоча напруга	200 В	
Серія	CR06	

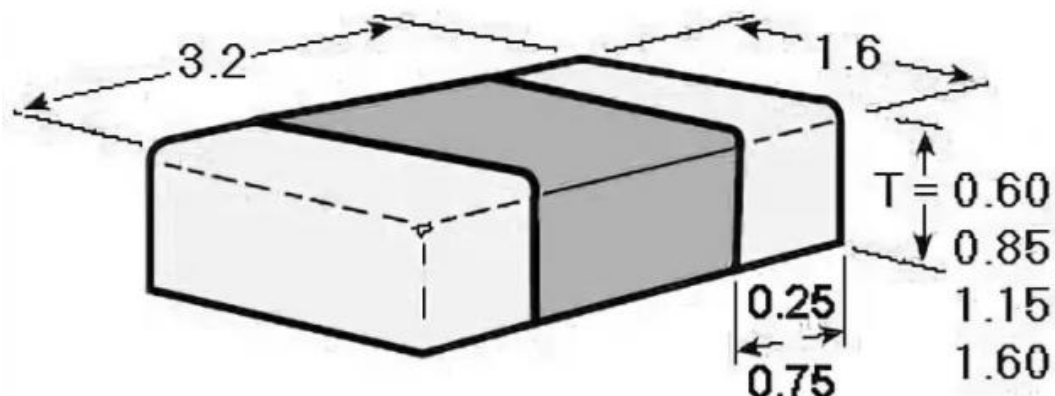


Рисунок 1.18 – Габаритні розміри корпусу 1206

Танталові конденсатори мають суттєву перевагу в розмірі порівняно з звичайними електролітами. Параметри описані нижче (див. табл. 1.10)

Таблиця 1.10 – Танталові конденсатори GCM31 [12]

Назва та тип компонента	Танталові конденсатори GCM31
Позиційне позначення	C4, C8
Виробник	Murata Electronics

Продовження таблиці 1.10

Критерії вибору	відповідність електричних параметрів режиму роботи; виконання SMD
Параметри конструкції	Типорозмір А , див. рисунок 1.19
Параметри та характеристики	
Допуск номіналу	1%
Допуск номінальної ємності	10%
Робоча температура	-40 ... 125°C
Робоча напруга	16 В
Внутрішній опір	3 Ом

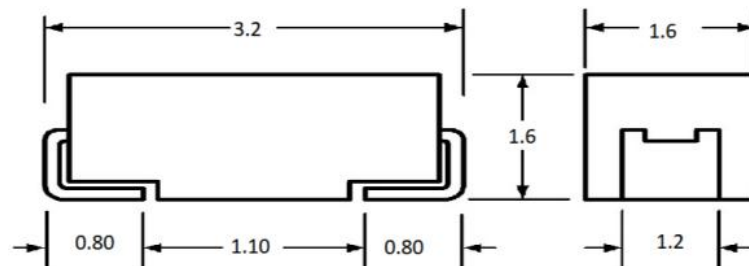


Рисунок 1.19 – Габаритні розміри танталового конденсатора типорозміром А

Призначений для калібрування опору в місцях які вимагають особливої точності. Критерії та обґрунтування підбору наведені в таблиці 1.11.

Таблиця 1.11 – Підстроювальний резистор 3314 [13]

Назва та тип компонента	Підстроювальний резистор 3314	
Позиційне позначення	R15, R17	
Виробник	BOURNS	
Критерії вибору	мале розсіювання ,можливість підстроювання опору, SMD виконання, ручне настроювання	
Параметри конструкції	див. рисунок 1.20	
Параметри та характеристики		
Максимальна потужність	0,25 Вт	
Допуск номіналу	±20%	
Матеріал резистивного елемента	металокераміка	
Робоча температура	-55+125 °C	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

СМБ 2.899.001 ПЗ

Арк.

29

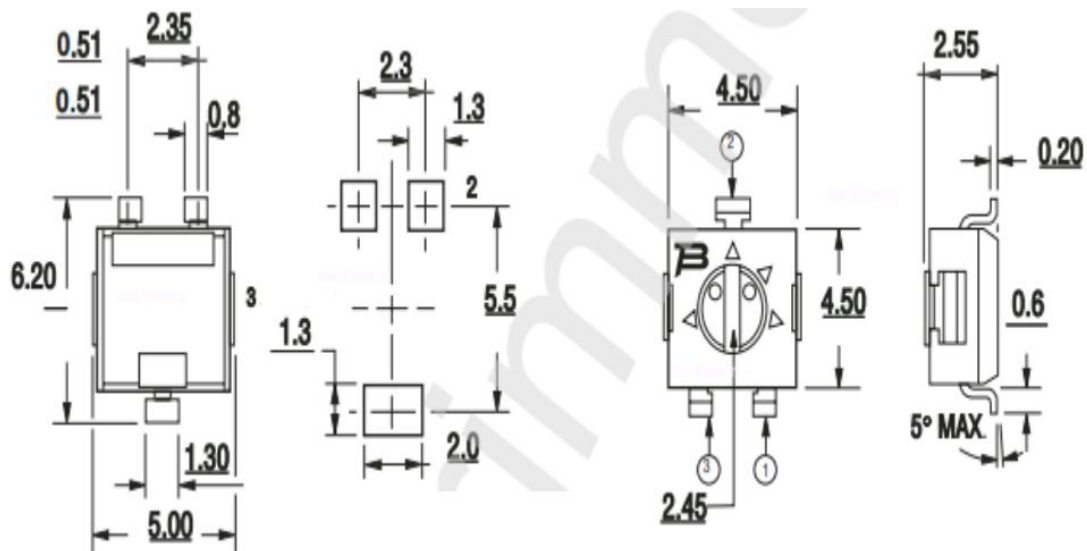


Рисунок 1.20 – Габаритні розміри підстроювального резистора серії 3314

Конденсатор підстроювальний, для додаткової корекції ємності в каскаді генератора опорної частоти. Параметри та критерії описані нижче (див. таблицю 1.12)

Таблиця 1.12 – Підстроювальний конденсатор TZC3 [14]

Назва та тип компонента	Корегувальний конденсатор TZC3	
Позиційне позначення	C2	
Виробник	MURATA	
Критерії вибору	Хороша добротність, SMD виконання	
Параметри конструкції	див. рисунок 1.21	
Параметри та характеристики		
Ємність	6,5...30 pF	
Робоча напруга	100В	
Добротність	300	
Робоча температура	-25+85 °C	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

СМБ 2.899.001 ПЗ

Арк.

30

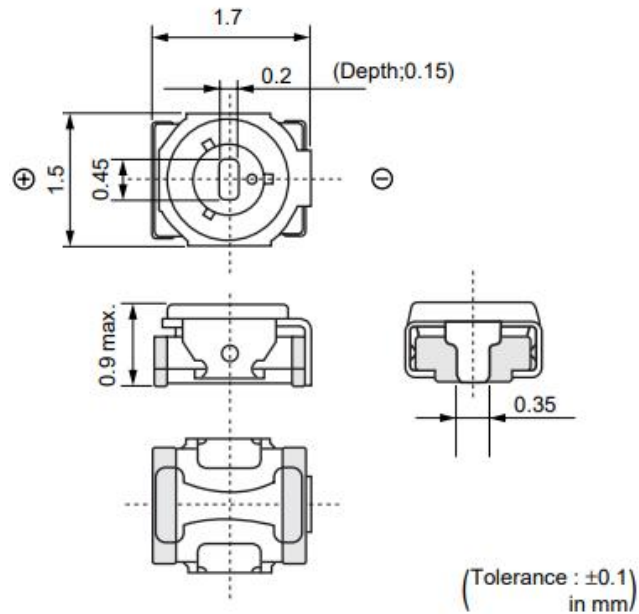


Рисунок 1.21 – Габаритні розміри підстроювального конденсатора серії TZC3

На дисплеї виводиться інформація про стан роботи приладу. Критерії вибору, параметри наведені в табл. 1.13

Таблиця 1.13 – LCD дисплей WH2004A-YYH-CT# [15]

Назва та тип компонента	LCD дисплей WH2004A-YYH-CT#	
Позиційне позначення	HG1	
Виробник	WINSTAR	
Критерії вибору	кількість символів, кодова таблиця з кириличними символами, світлодіодні підсвічування для зменшення споживання струму	
Параметри конструкції	див. рисунок 1.22	
Параметри та характеристики		
Колір підсвічування	жовто-зелений	
Напруга живлення	4,5...5,5 В	
Робоча температура	-20..+70°C	
Роздільна здатність	20x4 символів	
Тип дисплею	СИМВОЛЬНИЙ	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

СМБ 2.899.001 ПЗ

Арк.

31

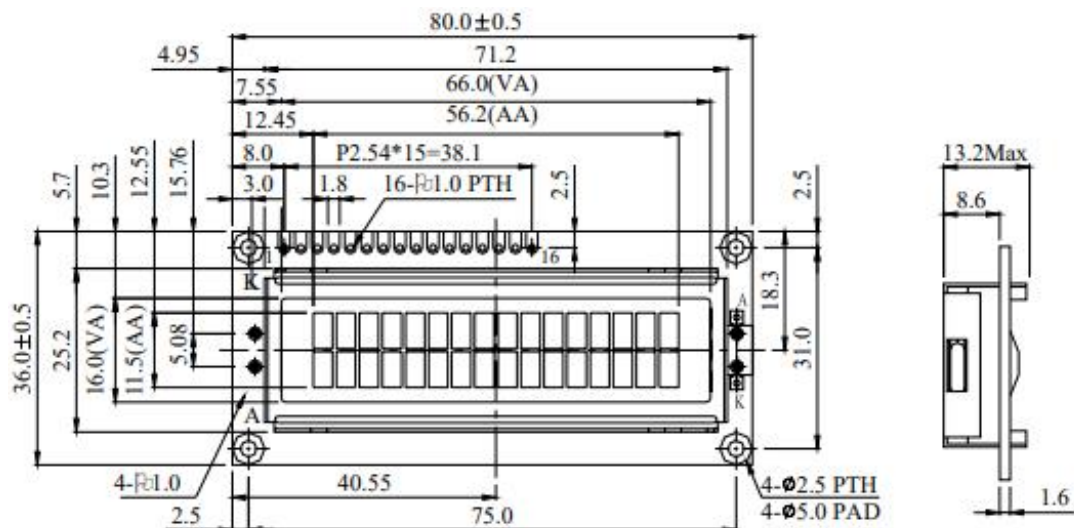


Рисунок 1.22 – Габаритні розміри LCD дисплею WH1602B-YGH-СТК

Кварцовий резонатор виконує роль генератора опорної частоти, в багатофункціональному синтезаторі частоти. Параметри описані нижче (див. табл. 1.14)

Таблиця 1.14 – Кварцовий резонатор 10M-49SMD-SR [16]

Назва та тип компонента	Кварцовий резонатор 10M-49SMD-SR	
Позиційне позначення	ZQ1	
Виробник	SR PASSIVES	
Критерії вибору	Резонансна частота, відхилення частоти, SMD виконання	
Параметри конструкції	див. рисунок 1.23	
Параметри та характеристики		
Серія	HC-49S-SR	
Резонансна частота	10 МГц	
Відхилення частоти	30ppm	
Навантажувальна ємність	20пФ	
Робоча температура	-20..+70°C	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

СМБ 2.899.001 ПЗ

Арк.

32

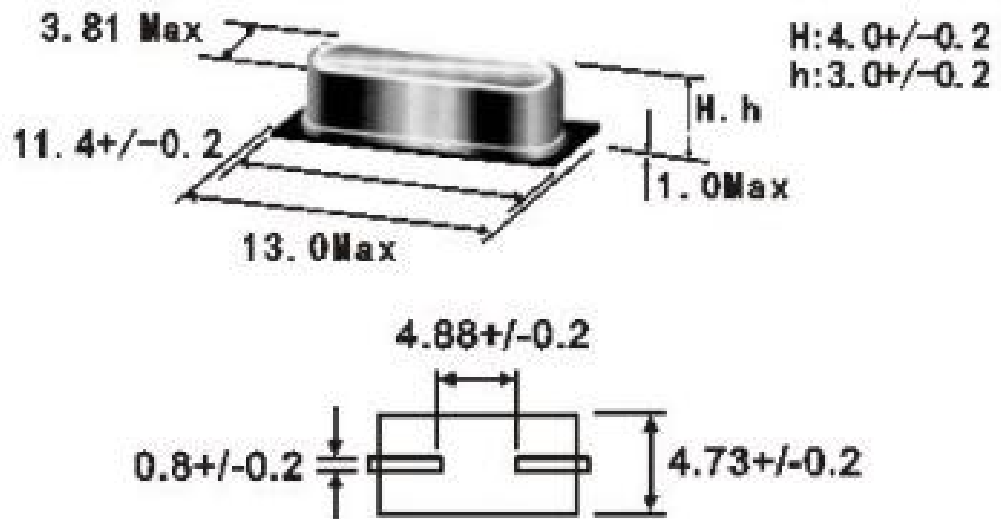


Рисунок 1.23 – Габаритні розміри 10M-49SMD-SR

Транзистор кремнієвий, n-p-n структури, призначений для підсилення в колах синтезатора частоти. Критерії підбору наведені нижче (див. табл. 1.15)

Таблиця 1.15 – Транзистор BC847 [17]

Назва та тип компонента	Транзистор BC847	
Позиційне позначення	VT1	
Виробник	NEXPERIA	
Критерії вибору	Структура, макс. напруга колектор-база, макс. напруга колектор-емітер	
Параметри конструкції	SOT23, див. рисунок 1.24	
Параметри та характеристики		
Структура	n-p-n	
Макс. напруга колектор-база	50 В	
Макс. напруга колектор-емітер	45 В	
Максимально допустимий струм	0,1 А	
Статичний коефіцієнт передачі струму h_{21e}	110 ... 800	
Гранична частота	100 МГц	
Максимальна потужність розсіювання	0,25 Вт	

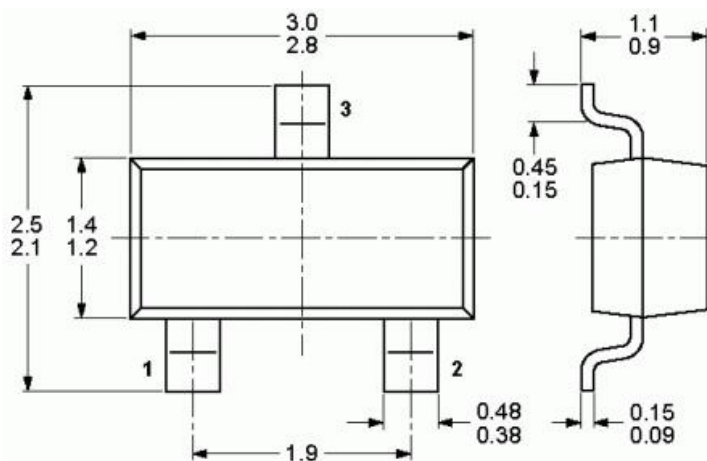


Рисунок 1.24 – Габаритні розміри транзистора BC847

Роз'єм живлення призначений для зручного роз'ємного з'єднання шнура живлення. В таблиці 1.16 наведені критерії вибору компонента.

Таблиця 1.16 – Роз'єм живлення DCJ200-05-A-K1-A [18]

Назва та тип компонента	Роз'єм живлення DCJ200-05-A-K1-A		
Позиційне позначення	XS1		
Виробник	GCT		
Критерії вибору	Тип роз'єму,	номінальна	напруга,
Параметри конструкції	номінальний струм		
див. рисунок 1.25			
Параметри та характеристики			
Тип роз'єму	гніздо		
Номінальний струм	5А		
Номінальна напруга	20В		
Робоча температура	-20 °C +70 °C		

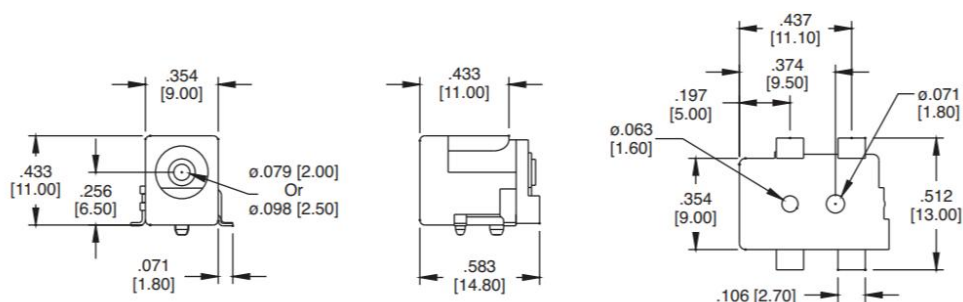


Рисунок 1.25 – Габаритні розміри роз'єму живлення DCJ200-05-A-K1-A

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

СМБ 2.899.001 ПЗ

Арк.

34

Кнопка тактова, розміщується на платі та призначена для зміни режимів приладу. Параметри, критерії наведені в таблиці (див. табл. 1.17).

Таблиця 1.17 – Кнопка тактова KFC-A06-20 [19]

Назва та тип компонента	Кнопка тактова KFC-A06-20	
Позиційне позначення	SB1-SB3	
Виробник	Daier	
Критерії вибору	Висока надійність, простота кріплення	
Параметри конструкції	див. рисунок 1.26	
Параметри та характеристики		
Тип контактних груп	OFF-(ON)	
Максимальна непереривна робоча напруга	30В	
Максимальний струм	50мА	
Тип монтування	ТНТ	
Зусилля натискання	1,8 N	

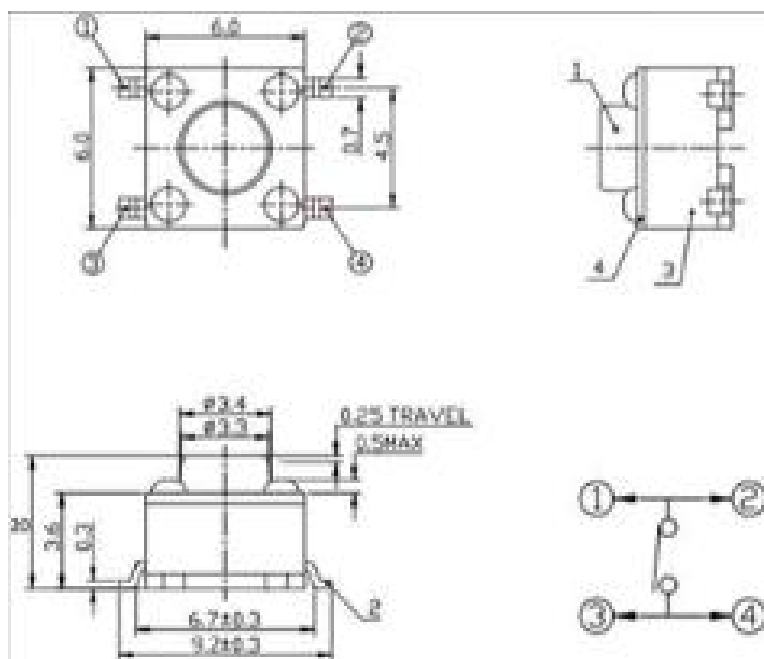


Рисунок 1.26 – Габаритні розміри перемикача KFC-A06-20

До коаксіальних роз'ємів під'єднуються шнури по яких передається згенерований сигнал. Параметри вибору наведені в таблиці 1.18.

Таблиця 1.18 – Коаксіальні роз'єм ACX1407-ND [20]

Назва та тип компонента	Коаксіальні роз'єм ACX1407-ND	
Позиційне позначення	XW1-XW5	
Виробник	Amphenol RF	
Критерії вибору	Кріплення на корпус, максимальна частота, номінальна напруга	
Параметри конструкції	див. рисунок 1.27	
Параметри та характеристики		
Опір	50 Ом	
Функція кріплення	Перегородка - гайка ззаду	
Максимальна частота	4 ГГц	
Номінальна напруга	500 В	
Контактний матеріал	латунь	
Контактне покриття	золото	

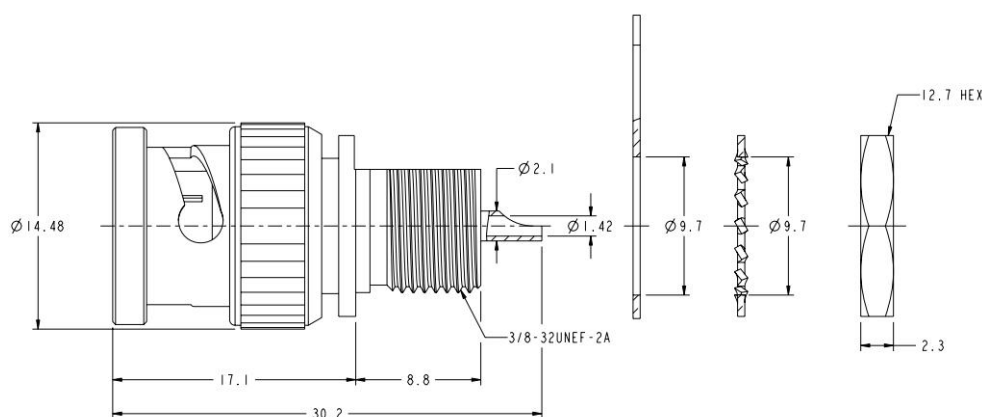


Рисунок 1.27 – Габаритні розміри коаксіального роз'єму ACX1407-ND

1.5 Компоновка друкованого вузла пристрою

Компоновка друкованого вузла пристрою (PCB layout) - це процес розташування компонентів електронної схеми на друкованій платі (PCB) з метою забезпечення їх взаємодії та оптимальної роботи пристрою.

					СМБ 2.899.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

При проектуванні PCB layout важливо враховувати розміри, форму та взаємне розташування компонентів, щоб забезпечити оптимальні характеристики пристрою, мінімізувати шуми та перешкоди, запобігти перенесенню сигналів між ділянками схеми, забезпечити стійкість до впливу зовнішніх чинників.

У процесі компоновки PCB необхідно враховувати також технологічні особливості виробництва печатних плат та вимоги до електромагнітної сумісності. Для цього використовуються спеціальні програмні засоби, які дозволяють проводити візуалізацію та аналіз компоновки PCB, враховуючи вимоги до технології виробництва та електромагнітної сумісності.

Майже всі EPE розміщені на одному друкованому вузлі розміром 90x45 мм. Друкований вузол скомпонований наступним чином: штиркові з'єднувачі розміщені переважно в лівій частині плати, гніздо живлення розміщене в правій частині плати, мікроконтролер, синтезатор частоти та інші EPE розміщені в центрі, кнопки розміщені з іншої сторони плати.

Проаналізувавши кожен елемент було визначено що жоден з них не має значної потужності яка б виділяла енергію на нагрівання, взагалом споживана потужність приладу є дуже маленька, і з цього можна зробити висновок що виріб не потребує додаткового охолодження.

Основним елементом у виробі є друкована плата, яка виготовляється комбінованим методом з двостороннього фольгованого склотекстоліту СФ2-35-ІКП товщиною 1,5 мм. При такому методі стравлюються незахищені на фользі ділянки, утворюючи друкований монтаж, та наноситься металізація на отвори EPE. Цей метод є трохи складнішим і дорожчим, ніж травлення, і потребує складніших процесів.

На даному етапі ми використовуємо фольгований склотекстоліт товщиною 35мкм. В якості провідного шару – мідь. Цей матеріал володіє необхідними провідними властивостями, а також володіє хорошою адгезією з ізолюючим матеріалом.

					<i>СМБ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Завдяки використанню електрохімічного методу створення друкованих провідників для виготовлення друкованих плат , ми отримуємо, і високу роздільну здатність друкованих провідників, і наявну металізацію отворів, завдяки чому зменшується вартість виробу та збільшується технологічність завдяки високій продуктивності та відносній простоті даного методу виготовлення.

Фарба на друковану плату наноситься шовкографічним методом, що забезпечує хорошу роздільну здатність і відносну простоту нанесення. Плата виготовляється комбінованим позитивним методом, тобто друковані провідники створюються хімічним методом, а з допомогою гальванічного осадження міді здійснюється металізація отворів.

Оскільки усі радіоелементи розміщені на одній платі, ми отримуємо високу технологічність процесу складання виробу завдяки наявності лише однієї плати, а також автоматизованій пайці майже усіх елементів, крім роз'єму.

Оскільки для даного виробу вибраний крупносерійний тип виробництва, то елементна база підібрана з врахуванням таких критеріїв як: дешевизна, надійність, легкодоступність та стабільність параметрів радіоелементів.

Технологічність конструкції виробу можна оцінити за тим, наскільки вона відповідає експлуатаційним вимогам і дозволяє виготовити деталь, вузол чи виріб з використанням мінімальної кількості суспільно-корисної праці.

У виробничих умовах, де конструкція виробу та його виготовлення проектується у межах автоматизованої системи технологічної підготовки виробництва, технологічність конструкції впливає на такі параметри, як гнучкість, продуктивність, надійність та якість обробки. Тому для складання друкованого вузла був вибраний такий маршрут складання:

- розконсервація ДП;
- маркування заводського номера за допомогою офсетних форм,

					<i>СМБ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сітчастих трафаретів або штемпеля;

– захист монтажних площадок, на які будуть встановлюватись штирьові з'єднувачі для підключення до дисплею та роз'ємів. Захищаємо латексом. При цьому використовуємо дозатор латексу;

– сушка плати в сушильних шафах;

– нанесення пасти-припою XG-50 з допомогою трафарету для smd елементів, а саме: резисторів, конденсаторів, мікросхем, транзисторів;

– монтаж ЕРЕ – встановлення ЕРЕ, які будуть запаюватися автоматизовано. Встановлення починається від резисторів та конденсаторів до мікросхем;

– автоматизована пайка в інфрачервоній печі;

– електромонтаж – встановлення і запаювання штирьових з'єднувачів та кнопок;

– оживлення та регулювання ДВ – операція вимагає великої кількості вимірювальних пристроїв та високої кваліфікації робітників. Всі роботи як правило здійснюються вручну;

– лакування вузла;

– технічний контроль якості.

Параметри монтажу синтезатора частоти.

Визначення мінімальної ширини доріжки:

$$b_{min1} = \frac{I_{max}}{j_{доп} \cdot t}, \quad (1.1)$$

$$b_{min} = \frac{0,15}{25 \cdot 0,035} = 0,17 \text{ мм}$$

3. Визначення мінімальної ширини провідника, мм., виходячи з допустимого падіння напруги на ньому:

$$b_{min2} = \frac{\rho \cdot I_{max} \cdot l}{t \cdot U_{доп}}, \quad (1.2)$$

					<i>СМБ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.19 – Густина струму в залежності від методу виготовлення друкованої плати

Метод виготовлення	Товщина фольги, мкм	Допустима густина струму, А/мм ²	Питомий опір, ρ, Ом·мм ² /м
Хімічний: Внутрішні шари БДП, зовнішні шари ОДП, ДПП	20,35,50	15	0,050
	20,35,50	20	
Комбінований позитивний	20	75	0,0175
	35	48	
	50	38	
Електрохімічний	-	25	0,050

$$b_{min2} = \frac{0,05 \cdot 0,15 \cdot 0,265}{0,6 \cdot 0,025} = 0,13 \text{ мм}$$

4. Визначення значення діаметрів монтажних отворів d:

$$d = d_E + |\Delta d_{H.B.}| + r, \quad (1.3)$$

для штирьових роз'ємів і тактових кнопок (SB1-SB3) отвір 0,7 мм.

$$d_1 = 0,7 + 0,1 + 0,1 = 0,9 \text{ мм}$$

Вибирається діаметр монтажних отворів для штирьових роз'ємів рівним 0,9 мм.

Вибирається діаметр монтажних отворів для резистора R1 і роз'ємів (XS1-XS4) рівним 1,1 мм.

5. Розрахунок діаметру контактних площадок:

Мінімальний діаметр контактних площадок для ОДП і внутрішніх шарів БДП, виготовлених хімічним методом:

$$D_{min} = D_{1min} + 1,5 h_{\phi}, \quad (1.4)$$

$$D_{1min} = 2 \cdot (b_M + \frac{d_{max}}{2} + \delta d + \delta p), \quad (1.5)$$

$$d_{max} = d + \Delta d + (0,1...0,15), \quad (1.6)$$

де Δd – отвору, мм.

$$d_{max1} = 0,9 + 0,1 + 0,1 = 1,1 \text{ мм}$$

$$D_{1min1} = 2 \cdot \left(0,06 + \frac{1,1}{2} + 0,2 + 0,35 \right) = 2,32 \text{ мм}$$

$$D_{min1} = 2,32 + 1,5 \cdot 0,035 = 2,37 \text{ мм}$$

Максимальний діаметр контактної площадки:

$$D_{max} = D_{min} + (0,02...0,06) \quad (1.7)$$

$$D_{max1} = 2,37 + (0,03) = 2,4 \text{ мм}$$

6. Визначення ширини провідників:

Мінімальна ширина провідників для ОДП і внутрішніх шарів БДП, які виготовлені хімічним методом :

$$b_{min} = b_{1min} + 1,5 h_{\phi}, \quad (1.8)$$

де b_{1min} – мінімальна ширина провідника, мм. $b_{1min} = 0,18$ мм для плат 2-го класу точності.

$$b_{min} = 0,18 + 1,5 \cdot 0,035 = 0,23 \text{ мм}$$

Максимальна ширина доріжок:

$$b_{max} = b_{min} + (0,02...0,06) \quad (1.9)$$

$$b_{max} = 0,23 + 0,04 = 0,27 \text{ мм}$$

					СМБ 2.899.001 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.Мінімальна відстань між провідником і контактною площадкою:

$$S_{1min} = L_0 - \left(\frac{D_{max}}{2} + \delta p\right) + \left(\frac{d_{max}}{2} + \delta l\right), \quad (1.10)$$

$$S_{1min1} = 2,5 - \left(\frac{2,4}{2} + 0,35\right) + \left(\frac{1,1}{2} + 0,15\right) = 0,25 \text{ мм}$$

Мінімальна відстань між двома контактними площадками:

$$S_{2min} = L_0 - (D_{max} + 2\delta p), \quad (1.11)$$

$$S_{2min1} = 2,5 - (2,4 + 2 \cdot 0,35) = 0,6 \text{ мм}$$

Мінімальна відстань між двома провідниками:

$$S_{3min} = L_0 - (D_{max} + 2\delta l) \quad (1.12)$$

$$S_{3min1} = 2,5 - (2,4 + 2 \cdot 0,15) = 0,2 \text{ мм}$$

Після проведення розрахунку друкованого монтажу отримано наступні параметри:

Мінімальна ширина друкованого провідника: 0,2 мм.

Мінімальна ширина доріжки, враховуючи падіння напруги: 0,1 мм.

Для штирьових роземів і тактових кнопок (SB1-SB3) вибрано діаметр монтажних отворів 0,9 мм.

Мінімальний діаметр контактних площадок для оброблених отворів дорівнює 2,4 мм.

Мінімальна ширина доріжок становить 0,2 мм, а максимальна ширина - 0,3 мм.

Відстань між провідником і контактною площадкою складає 0,25 мм.

Відстань між двома контактними площадками дорівнює 0,6 мм.

Мінімальна відстань між двома провідниками становить 0,2 мм.

В результаті розрахунку було отримано значення монтажних провідників та отворів синтезатора частоти.

					<i>СМБ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

1.6 Висновок до розділу 1

В 1 розділі було розроблено структурну, принципову схеми синтезатора частоти, проведено підбір елементної бази, розраховано параметри монтажу.

					<i>СМБ 2.899.001 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		43

2 Спеціальна частина (САПР)

2.1 Вибір САПР

В даній кваліфікаційній роботі було задіяно систему автоматизованого проектування: Altium designer.

Altium Designer - це програмна система автоматизованого проектування електронних пристроїв, яка включає різноманітні інструменти для розробки електричних схем, проектування плат, створення бібліотек елементів, підготовки до виготовлення плат, , необхідних для розробки електронних пристроїв. Ця система є потужним інструментом для проектування електронних пристроїв будь-якої складності, і вона використовується в електронній промисловості та науково-дослідних центрах.

2.2 Застосування САПР при проектуванні друкованої плати

Для створення друкованої плати в середовищі Altium Designer необхідно створити файл інтегрованої бібліотеки елементів, що дозволяє виконувати розробку плати набагато зручніше.

Таблиця 3.1 – Послідовність створення бібліотеки Altium Designer

Дія	Опис
Створення файлу інтегрованої бібліотеки	Створити новий проект інтегрованої бібліотеки: File→New→Library →Integrated library. Зберегти проект в створеній для нього теці.
Додавання файлів бібліотек посадочних місць та графічних позначень	У вікні панелі Projects вибрати опцію Add і вести PCB Library в діалоговому вікні яке з'явилося та натиснути ОК.
Заповнення створених файлів бібліотек	Вибираючи необхідні елементи із панелі інструментів створити схематичні позначення та посадкові місця у відповідності до даташитів.

В результаті використання САПР отримано друковану плату для проєктованого синтезатора частоти, вигляд якої зображено на рисунку 2.1. 3D модель друкованої плати зображена на рисунку. 2.2.

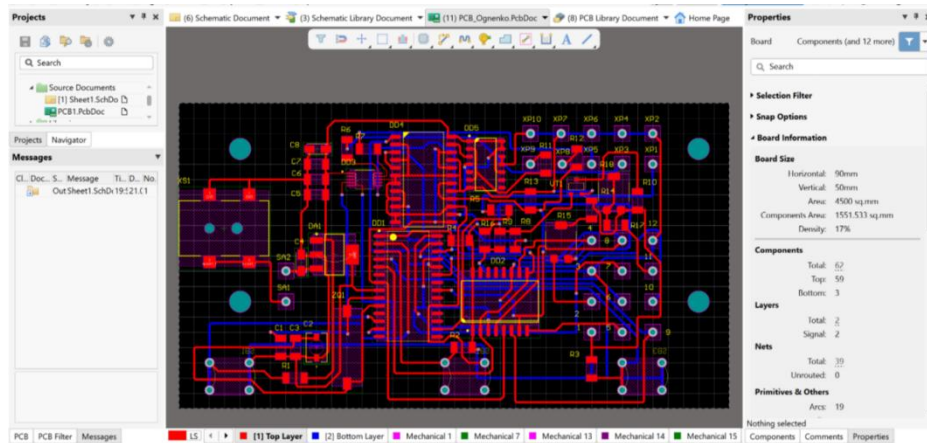


Рисунок 2.1 – Друкована плата синтезатора частоти, розроблена в Altium Designer

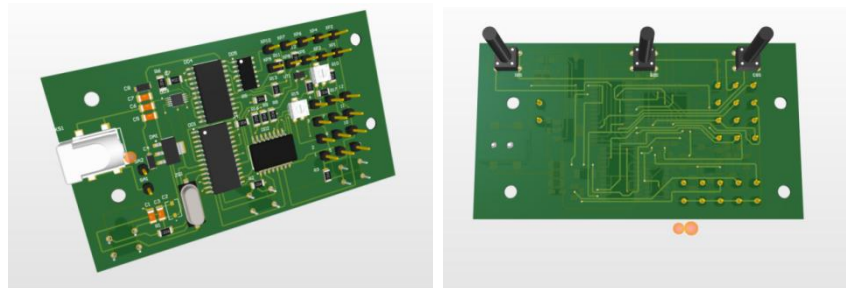


Рисунок 2.2 – 3D модель друкованої плати синтезатора частоти в Altium Designer

2.3 Висновки до розділу 2

В даному розділі було описано САПР Altium Designer, що було використане для проєктування друкованої плати синтезатора частоти. Було описано процес створення бібліотеки компонентів та представлено друковану плату виконану з допомогою вище описаної бібліотеки.

3 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

3.1 Психологічні причини нещасних випадків і травматизму

Перш за все необхідно розуміти поняття "нешасний випадок" та "травма". Детальне розуміння цих термінів є важливим для подальшого вивчення психологічних причин нещасних випадків і травматизму, загальні поняття наведені з підручника, [25].

Нешасний випадок: визначення та типи

Визначення може базуватись на поняттях безпеки, ризику та випадковості. Нешасний випадок - це несподівана подія, яка призводить до негативних наслідків для здоров'я, життя або майна людини.

Типи нещасних випадків: Нешасні випадки можуть бути класифіковані за різними критеріями. Наприклад, їх можна поділити на природні (наприклад, природні катастрофи), транспортні (аварії на дорогах, авіаційні аварії), промислові (вибухи, пожежі на виробництві) та побутові (падіння з висоти, отруєння).

Травма: визначення та види

Травма - це фізичне або психологічне ушкодження, яке може виникнути внаслідок нещасного випадку або насильства. Вона може мати негативний вплив на фізичне та психічне здоров'я людини.

Види травм: Травми можна класифікувати на фізичні та психологічні. Фізичні травми включають порізи, переломи, опіки тощо. Психологічні травми пов'язані з емоційними та психологічними наслідками нещасного випадку, такими як посттравматичний стресовий розлад (ПТСР), тривожність, депресія тощо.

Роль психологічних факторів у нещасних випадках

Нешасні випадки не завжди є випадковими подіями, і психологічні фактори можуть відігравати важливу роль у виникненні таких ситуацій. У

					СМБ 2.899.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

цьому розділі досліджується вплив різних психологічних факторів на наше поведінка та реакцію в ситуаціях небезпеки.

Недбалість та непильність

Психологічні аспекти недбалості: Недбалість може виникати внаслідок відволікання, втоми, невпевненості або недостатньої уваги до безпеки. Психологічні фактори, такі як нестабільність уваги, несистематичність або недостатня свідомість, можуть підвищувати ризик необережності та призводити до нещасних випадків.

Вплив відсутності уваги на безпеку: Відсутність уваги може заважати правильному сприйняттю оточуючого середовища та виявленню потенційних небезпек. Недостатня увага може призводити до помилок, необачності та неправильних рішень, що збільшують ризик нещасних випадків.

Стрес та емоційний стан

Вплив стресу на увагу та концентрацію: Стресові ситуації можуть впливати на нашу здатність уважно сприймати і обробляти інформацію. Високий рівень стресу може знизити нашу концентрацію та погіршити реакційність, що зробить нас більш уразливими перед нещасними випадками.

Роль емоцій в реакції на небезпеку: Наш емоційний стан може впливати на спосіб, яким ми реагуємо на небезпеку. Наприклад, паніка, страх або злість можуть призвести до неадекватних дій або ризикованої поведінки, що збільшує ймовірність нещасних випадків.

Недосвідченість та недостатня підготовка

Вплив навичок та досвіду на безпеку: Недосвідченість і відсутність необхідних навичок можуть призводити до помилок і незнання ефективних стратегій безпеки. Недостатня підготовка може зробити людину більш уразливою перед нещасними випадками, особливо в ситуаціях, де вимагається швидка реакція.

Зв'язок між навчанням і уникненням нещасних випадків: Відповідне навчання та підготовка можуть допомогти людям розпізнати небезпеку,

					<i>СМБ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

оцінювати ризики та уникати потенційно небезпечних ситуацій. Чим більше знань та навичок має людина щодо безпеки, тим менше імовірність виникнення нещасних випадків.

Психологічні причини травматизму

Травми можуть мати не тільки фізичні, але й психологічні причини. У цьому розділі досліджується роль психологічних факторів у виникненні травматичних подій та наслідків, які вони можуть мати на психічне та емоційне здоров'я людини.

Психосоціальні стресори

Вплив стресу на виникнення травматичних подій: Стресові ситуації, такі як природні катастрофи, конфлікти, насильство або травматичні життєві події, можуть сприяти виникненню травматичних подій. Високий рівень стресу може знизити нашу здатність до розумного мислення та прийняття рішень, що збільшує ризик потрапляння у травматичні ситуації.

Психологічні наслідки стресу та травм: Сильні стресові події можуть мати довготривалі психологічні наслідки, такі як посттравматичний стресовий розлад (ПТСР), тривожність, депресія, порушення сну та інші психічні проблеми. Ці наслідки можуть бути настільки серйозними, що суттєво впливають на якість життя та функціонування постраждалих осіб.

Міжособистісні фактори

Вплив небезпечних міжособистісних відносин: Небезпечні та насильницькі міжособистісні відносини, такі як домашнє насильство або злочини, можуть призводити до серйозних травматичних наслідків. Психологічні чинники, такі як низька самооцінка, відчуття безпорадності або залежність від насильника, можуть утримувати постраждалих осіб у шкідливих відносинах, що збільшує ризик травматизму.

Вплив психічних порушень: Психічні порушення, такі як розлади настрою, розлади особистості або зловживання речовинами, можуть збільшувати ризик потрапляння у травматичні ситуації. Ці порушення

					<i>СМБ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

можуть впливати на когнітивні та емоційні процеси, а також на прийняття рішень, знижуючи здатність до самозбереження та уникнення небезпек.

Індивідуальні особливості

Вплив поведінкових ризикових факторів: Поведінкові чинники, такі як зловживання алкоголем, наркотиками або небезпечна їзда, можуть бути пов'язані з психологічними причинами травматизму. Ці фактори можуть знижувати нашу увагу, координацію рухів та реакційність, що збільшує ймовірність потрапляння у травматичні ситуації.

Психологічні фактори, що впливають на безпеку: Деякі особистісні особливості, такі як нестабільність, впевненість у власній недостатності або пошук нових вражень, можуть підвищувати ризик потрапляння у травматичні ситуації. Психологічна налаштованість може впливати на сприйняття та оцінку ризиків, а також на реакцію на потенційно небезпечні ситуації.

У підсумку можна підкреслити, що психологічні причини нещасних випадків і травматизму включають різні аспекти, що взаємодіють між собою.

Серед них можна виділити:

Поведінкові фактори

Емоційні стани

Недосвідченість та недостатня підготовка:

Психосоціальні фактори:

Враховуючи ці фактори, важливо розвивати свідомість та підвищувати рівень психологічної грамотності серед населення. Це може бути досягнуто шляхом освіти, тренувань і навчання психологічним аспектам безпеки та усвідомлення ризиків.

Застосування психологічних підходів у превентивних програмах та заходах з безпеки може сприяти зниженню частоти нещасних випадків і травматизму.

					<i>СМБ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

3.2 Загальні вимоги безпеки до виробничого обладнання та технологічних процесів

Загальні вимоги безпеки до виробничого обладнання та технологічних процесів є невід'ємною частиною розробки друкованих плат і мають на меті забезпечити безпечне та ефективне виробництво, запобігти аваріям та нещасним випадкам, а також гарантувати відповідність встановленим стандартам якості та нормам безпеки, [26].

Дотримання цих вимог сприяє забезпеченню безпеки працівників, збереженню виробничого обладнання, якісному та надійному виготовленню продукції. Нижче будуть описані загальні вимоги безпеки при розробці друкованих плат.

Оцінка ризиків є першим етапом встановлення вимог безпеки при розробці друкованих плат. Цей етап включає ідентифікацію потенційних небезпек, які можуть виникнути під час використання виробничого обладнання та проведення технологічних процесів.

Під час оцінки ризиків необхідно враховувати можливість виникнення аварійних ситуацій, травм та негативних впливів на здоров'я працівників. Важливо аналізувати можливі наслідки цих ризиків та їх потенційний вплив на безпеку та здоров'я працівників.

Під час оцінки ризиків також варто враховувати вимоги нормативно-правових актів, які стосуються виробництва радіо- та електронної апаратури, [21]. Вимоги щодо застосування захисного спорядження, правил роботи з обладнанням та виконання процедур безпеки також включаються до оцінки ризиків.

Оцінка ризиків є необхідним етапом, щоб усвідомити можливі небезпеки, що виникають при розробці друкованих плат, та прийняти відповідні заходи для запобігання аваріям, травмам та забезпечення безпеки працівників.

					<i>СМБ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Одним з важливих кроків у встановленні вимог безпеки при розробці друкованих плат є розробка безпечного середовища. Цей пункт орієнтований на створення умов, які мінімізують ризики для працівників та забезпечують їхню безпеку під час роботи з виробничим обладнанням та виконання технологічних процесів. При проектуванні безпечного середовища потрібно враховувати різні чинники та дотримуватись державних санітарних норм з шуму, [22], вібрації (локальної та загальної), [23], мікроклімату виробничих приміщень, [24].

Проектування безпечного середовища має на меті створення умов, які забезпечують безпеку працівників під час роботи з виробничим обладнанням та технологічними процесами. Це включає проектування робочих місць, встановлення систем безпеки, використання безпечного обладнання та забезпечення належного навчання працівників.

Безпека електротехнічного обладнання є одним з найважливіших аспектів у забезпеченні безпеки при розробці друкованих плат. Врахування вимог безпеки щодо електротехнічного обладнання має на меті запобігання ризикам електричного ураження, пожеж та інших небезпечних ситуацій.

При проектуванні безпеки електротехнічного обладнання необхідно враховувати наступні аспекти:

а) Відповідність стандартам безпеки: Електротехнічне обладнання повинно відповідати вимогам національних та міжнародних стандартів безпеки, [21]. Це означає, що обладнання має бути виготовлене з урахуванням безпечних матеріалів, мати правильне електричне заземлення, надійні захисні пристрої, ізоляцію тощо.

б) Правильна експлуатація та обслуговування: Електротехнічне обладнання повинно бути правильно встановлене, підключене та обслуговуватися відповідно до інструкцій та рекомендацій виробника. Регулярна перевірка, технічне обслуговування та проведення поточного ремонту допомагають підтримувати безпеку обладнання на високому рівні.

					<i>СМБ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

в) Захист від електричного ураження: Електротехнічне обладнання повинно бути захищене від можливості електричного ураження. Це включає встановлення захисних пристроїв, таких як автоматичні вимикачі, заземлення, ізоляцію проводів та інші заходи для забезпечення безпеки працівників.

г) Інформаційні покажчики та попереджувальні знаки: Електротехнічне обладнання повинно мати належну інформаційну позначення, які надають необхідну інформацію про його використання, ризики та заходи безпеки. Попереджувальні знаки та маркування повинні бути видимими та зрозумілими для працівників.

Дотримання цих принципів безпеки електротехнічного обладнання сприяє запобіганню електричних аварій, ризиків для працівників та забезпеченню безпечного середовища при розробці друкованих плат.

Безпека роботи з хімічними речовинами є надзвичайно важливою при розробці друкованих плат, оскільки використання різних хімічних речовин може бути необхідним у процесі виготовлення та обробки плат. Дотримання правил безпеки допомагає уникнути потенційних небезпек, які пов'язані з взаємодією з хімічними речовинами.

При роботі з хімічними речовинами необхідно враховувати наступні аспекти:

а) Відповідність вимогам безпеки: Потрібно ознайомитися з властивостями хімічних речовин та визначити, які заходи безпеки потрібно вжити для їх правильного використання.

б) Особистий захист: Працівники, які працюють з хімічними речовинами, повинні бути обладнані відповідними засобами індивідуального захисту, такими як захисні окуляри, рукавиці, маски тощо. Це допомагає уникнути проникнення речовин на шкіру, очі та дихальні шляхи.

в) Правильне зберігання та утилізація: Хімічні речовини повинні бути зберігані у відповідних контейнерах, які позначені інформацією про їх вміст та правилах безпеки.

					<i>СМБ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

г) Належне проведення робіт: Робота з хімічними речовинами повинна проводитися в добре провітрюваних приміщеннях або під контролем витяжної вентиляції, щоб уникнути накопичення шкідливих парів.

Контроль та перевірка є необхідною складовою частиною процесу розробки друкованих плат. Цей пункт орієнтований на забезпечення безпеки виробничого обладнання та процесів, а також відповідності виробництва встановленим нормам та стандартам якості.

					<i>СМБ 2.899.001 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		53

Висновки

В процесі проектування було розроблено синтезатор частоти та основний комплект конструкторських документів (розроблені креслення друкованої плати, складальне креслення друкованого вузла, технологічний процес на друкований вузол). В першому розділі пояснювальної записки розроблене технічне завдання і описаний принцип роботи пристрою на рівні структурної і електричної принципової схем.

В другому розділі пояснювальної записки приведені обґрунтування вибору конструкції, матеріалів та покриття. В друкованій платі не використовуються дефіцитні матеріали, їх вибір обумовлений малою ціною та розмірами. При цьому експлуатаційні якості приладу не погіршуються. В технічних умовах наведені основні експлуатаційні показники виробу та засоби контролю його якості.

					<i>СМБ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
						54
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Список використаних джерел

1. Методичні вказівки до Кваліфікаційна робота бакалавра [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: https://dl.tntu.edu.ua/mods/_standard/file_storage/index.php Дата доступу 10.03.2022.
2. Розрахунок параметрів монтажу [електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <http://eguru.tk.te.ua/mod/resource/view.php?id=60057>
3. L7805 [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://imrad.com.ua/userdata/modules/productFiles/viVO7Tnu_L7800CV_ST.pdf (дата звернення 08.11.2022).
4. PIC18F2520-I/SO [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://imrad.com.ua/userdata/modules/productFiles/4Fy0Vgjq_PIC18F2520.pdf (дата звернення 08.11.2022).
5. 74HC174 [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://imrad.com.ua/userdata/modules/productFiles/AhsQTAjf_74HC174_nxp.pdf (дата звернення 08.11.2022).
6. CD4059AM [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.ti.com/lit/ds/symlink/cd4059a.pdf?ts=1645812853067&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F (дата звернення 08.11.2022).
7. SI5351A [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/Si5351.pdf> (дата звернення 08.11.2022).
8. 74HC74 [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://imrad.com.ua/userdata/modules/productFiles/iQkVFTeF_74HC74_nxp.pdf (дата звернення 08.11.2022).
9. GT1-9817 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/kn3a-103a.jpg> (дата звернення 08.11.2022).

					<i>СМБ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Керамічні конденсатори GRM31 [Електронний ресурс] – Режим доступу:https://imrad.com.ua/userdata/modules/productFiles/4U3fmhmE_187719.pdf (дата звернення 08.11.2022).
11. Резистори CR-06JL7 [Електронний ресурс] – Режим доступу:https://imrad.com.ua/userdata/modules/productFiles/aAM8tOvU_viking_cr-series.pdf (дата звернення 08.11.2022).
12. Танталові конденсатори GCM31 [Електронний ресурс] – Режим доступу:https://imrad.com.ua/userdata/modules/productFiles/fl3IQgOy_GCM31CR71E475KA55L.pdf (дата звернення 08.11.2022).
13. Підстроювальний резистор 3314G [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://eu.mouser.com/datasheet/2/54/3314-776736.pdf> (дата звернення 08.11.2022).
14. Підстроювальний конденсатор TZC3 [Електронний ресурс] – Режим доступу:https://imrad.com.ua/userdata/modules/productFiles/FOGJo3JE_TZ_murata.pdf (дата звернення 08.11.2022).
15. WH1602B-YGH-CTK [Електронний ресурс] – Режим доступу:https://imrad.com.ua/userdata/modules/productFiles/twRaFcWL_WH1602B-YGH-CTK.pdf (дата звернення 08.11.2022).
16. 10M-49SMD-SR [Електронний ресурс] – Режим доступу:https://imrad.com.ua/userdata/modules/productFiles/7Qja4QMI_HC-49.pdf (дата звернення 08.11.2022).
17. BC847 [Електронний ресурс] – Режим доступу:https://imrad.com.ua/userdata/modules/productFiles/j3Oppnki_BC846_nxp.pdf (дата звернення 08.11.2022).
18. DCJ200-05-A-K1-A [Електронний ресурс] – Режим доступу:https://eu.mouser.com/datasheet/2/837/DCJ200_05-2887828.pdf (дата звернення 08.11.2022).

					<i>СМБ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

19. KFC-A06-20 [Електронний ресурс] –Режим доступу: <https://www.quick-teck.co.uk/Management/EEUploadFile/1406308210.pdf>

(дата звернення 08.11.2022).

20. ACX1407-ND [Електронний ресурс] –Режим доступу: <https://s3-us-west-2.amazonaws.com/catsy.582/C112420.pdf> (дата звернення

08.11.2022).

21. НПАОП 32.0-1.02-14 “Правила охорони праці під час виробництва радіо- та електронної апаратури”

22. ДСН 3.3.6.037 – 99 „Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку”.

23. ДСН 3.3.6.039 – 99 „Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації”.

24. ДСН 3.3.6.042 – 99 „Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень”.

25. Атаманчук П.С. Безпека життєдіяльності. Навчальний посібник. - К.: Основа, 2017, с.437.

26. Запорожець О.І. Основи охорони праці. – К.: ВД Центр навчальної літератури (ЦНЛ), 2019, с. 560.

					<i>СМБ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
						57
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ДОДАТКИ

					СМБ 2.899.001 ПЗ	Арк.
						58
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Додатки

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри РТ
_____ к.т.н. Дунець В.Л.
“ ____ ” _____ 20 __ р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу бакалавра

на тему: «Багатофункціональний синтезатор частоти»

Узгоджено:
Керівник кваліфікаційної роботи
Дедів І. Ю. _____
“ ____ ” _____ 20 __ р.

“ВИКОНАВЕЦЬ”
Студент групи РАс-41
Слабковський М.Б. _____
“ ____ ” _____ 20 __ р.

1 НАЗВА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ Й ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

1.1 Назва: “ Багатофункціональний синтезатор частоти ”

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

2 ВИКОНАВЕЦЬ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

2.1. Студент Слабковський Максим Богданович групи РАС-41, кафедри радіотехнічних систем, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

3 МЕТА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Метою кваліфікаційної роботи є розробка багатофункціонального синтезатора частоти, що включає в себе:

- розробка схемотехнічного рішення для даного синтезатора ;
- вибір компонентної бази розроблювального синтезатора ;
- розрахунок і вибір компонентів для оптимальної синтезатора ;

4 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

4.1. Основні параметри

4.1.1. Синтезатор частоти повинен бути розрахований на живлення від джерела живлення яке видає 12 В.

4.1.2. Вихідна напруга і максимальний струм навантаження синтезатора повинні відповідати значенням, наведеним ПЗ.

4.2. Технічні вимоги

4.2.1. Синтезатор частоти повинен відповідати вимогам стандарту, а також технічній документації на частотоміра конкретного типу, затвердженій в установленому порядку.

4.2.2. Синтезатор частоти повинен забезпечувати задану потужність з моменту включення.

4.2.3. Синтезатор частоти повинен забезпечувати безперервну роботу протягом 24 годин при номінальному струмі навантаження і номінальній напрузі джерела живлення при нормальних кліматичних умовах.

4.2.4. Всі елементи частотоміра повинні бути захищені від струмів короткого замикання.

4.2.5. Електрична міцність і опір ізоляції між корпусом синтезатора частоти і мережевими контактами, а також між корпусом і контактами, повинні відповідати вимогам ДСТУ 22261.

4.2.6. За механічними, кліматичними і експлуатаційними умовами синтезатор частоти повинен відповідати ДСТУ 22261 (група 4).

Граничні умови транспортування та зберігання - 5 по ДСТУ 15150. Час витримки в нормальних умовах - 24 год.

4.2.7. У комплект синтезатора частоти повинно входити: синтезатор частоти, комплект запасних частин. До комплекту докладають паспорт.

4.2.8. Напрацювання на відмову повинне бути не менше 20000 год.

4.2.9. Час відновлення після ремонту повинен бути не більше 1 год.

4.2.10. Середній термін служби повинен бути не менше 6 років.

Випробування на термін служби не проводять.

4.3. Правила приймання.

4.3.1. Синтезатор частоти повинен піддаватися періодичним випробуванням.

4.3.2. При випробуваннях синтезатор частоти повинен піддаватися суцільному контролю. При невідповідності вимогам цього стандарту його повертають для усунення дефектів. Після усунення дефектів синтезатор частоти висувають на повторні випробування. Результати повторних випробувань є остаточними.

4.3.3. Періодичним випробуванням піддають не менше трьох синтезаторів частоти кожного типу, що пройшли випробування. Періодичні випробування на відповідність всім пунктам даного стандарту проводять при випуску настановних партій і періодично один раз на два роки. При отриманні незадовільних результатів випробувань з'ясовують причини браку, усувають їх і проводять повторні періодичні випробування на подвоєному числі виробів. Якщо при повторних періодичних випробуваннях виявлено невідповідність хоча б одного виробу вимогам цього стандарту, приймання і відвантаження синтезаторів частоти припиняють. Рішення про подальше виготовлення виробів та їх приймання беруть замовник та підприємство-виробник.

4.3.4. Випробування на надійність проводять не рідше одного разу на три роки. Вихідні дані при проведенні випробувань:

- Приймальний рівень $P_{\alpha} = 0.95$;
- Бракувальний рівень $P_{\mu} = 0.8$;
- Ризик виробника $\alpha = 0.1$;
- Ризик споживача $\beta = 0.2$.

5 ВИМОГИ ДО ДОКУМЕНТАЦІЇ

5.1 Конструкторська документація повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ.

5.2. Комплект конструкторської документації:

- пояснювальна записка;
- структурна схема синтезатора частоти;
- електрична принципова схема синтезатора частоти;
- друкована плата синтезатора частоти;
- друкований вузол.

6 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Таблиця 6.1 – Стадії та етапи виконання КР

№ етапу	Назва етапу виконання КР	Термін виконання
1	Розробка та затвердження технічного завдання	01.03.2023
2	Аналіз технічного завдання, підбір бібліографічних матеріалів, необхідних для виконання роботи, техніко-економічний аналіз	14.03.2023
3	Розробка структурної схеми	25.03.2023
4	Розрахунок основних вузлів багатофункціонального частотоміра	10.04.2023
5	Вибір компонентної бази для розроблюваного частотоміра;	21.04.2023
6	Компоновка друкованого вузла	01.05.2023
7	Створення допоміжної документації	15.05.2023
8	Спеціальна частина	02.06.2023
9	Розділ охорони праці та безпеки життєдіяльності	04.06.2023
10	Нормоконтроль	06.06.2023
11	Попередній захист КР	08.06.2023
12	Захист КР	22.06.2023

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

7 ДОДАТКОВІ УМОВИ ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

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

Поз. позн.	Назва	Кіл.	Примітка
	<u>Багатофункціональний синтезатор частоти</u>		
	<u>Конденсатори</u>		
	«Murata Electronics»		
C1	GRM31A5C2H330JW01D	1	
C2	TZC3P300A110R00	1	
C3	GRM31A5C2H100JW01D	1	
C4	GCM31CR71C106KA64L	1	
C5-C7	GRM319R71H104KA01D	3	
C8	GRM31CR60J107ME39L	1	
	<u>Мікросхеми</u>		
DA1	L7805 «ST MICROELECTRONICS»	1	
DD1	PIC18F2520-I/SO «MICROCHIP TECHNOLOGY»	1	
DD2	74HC174 «NEXPERIA»	1	
DD3	SI5351A «SLAB»	1	
DD4	CD4059AM «Texas Instruments»	1	
DD5	74HC74 «NEXPERIA»	1	
	<u>LCD дисплеї</u>		
HG1	WH2004A-YYH-CT# «WINSTAR»	1	
	<u>Резистори</u>		
R1-R4	CR-06JL7-10кОм ±5 % «VIKING»	4	
R5	CR-06JL7-100 Ом ±5 % «VIKING»	1	
R6-R7	CR-06JL7-51 Ом ±5 % «VIKING»	2	
R8	CR-06JL7-10кОм ±5 % «VIKING»	1	
R9-R10	CR-06JL7-5,1 кОм ±5 % «VIKING»	2	

СМБ 2.899.001 ПЕ

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розробив		Сладковський М.Б.		
Перевірів		Дедів І.Ю.		
Рецензор				
Н. Контр.		Паляниця Ю.Б.		
Затвер.		Дучнець В.Л.		

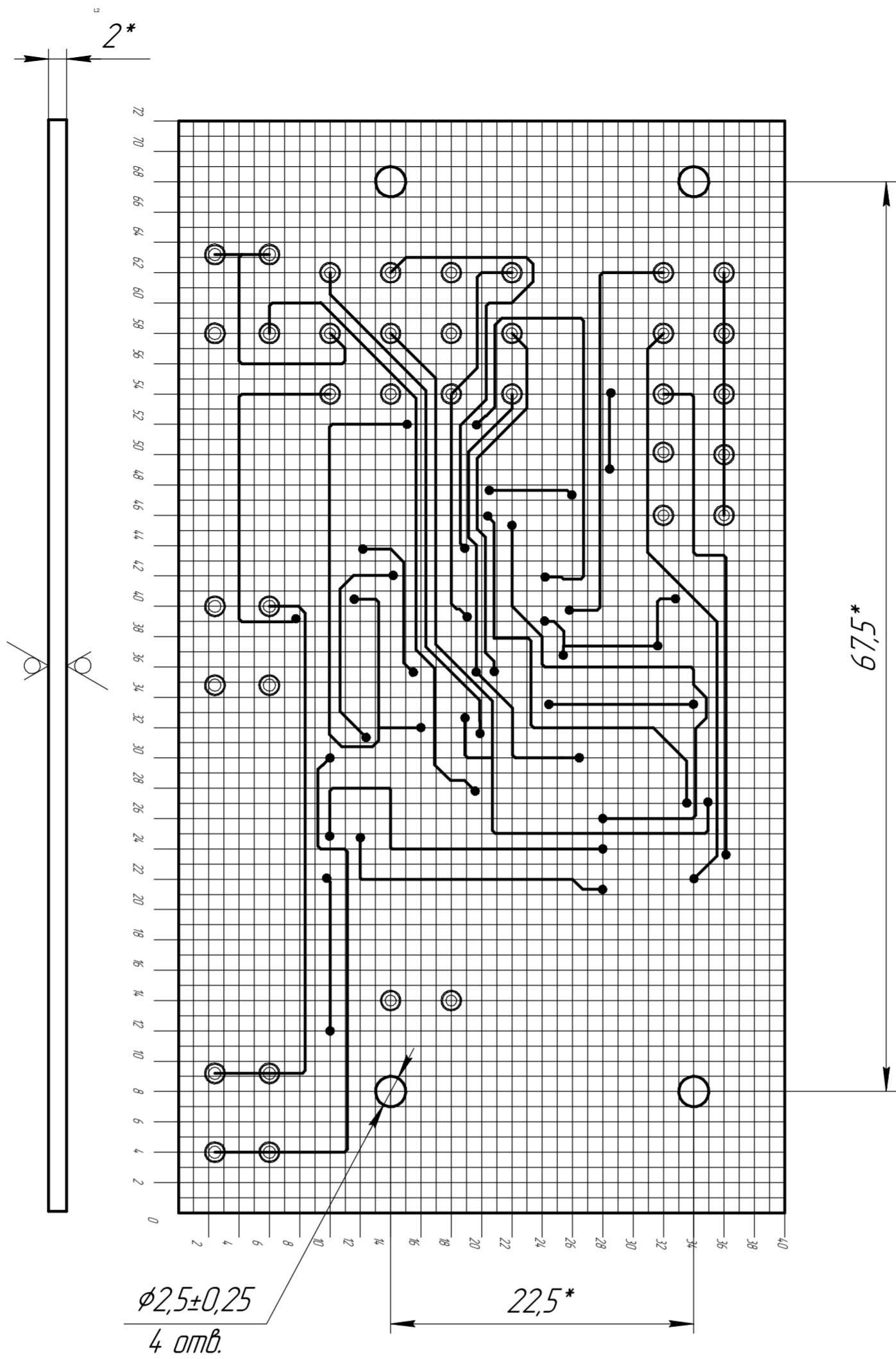
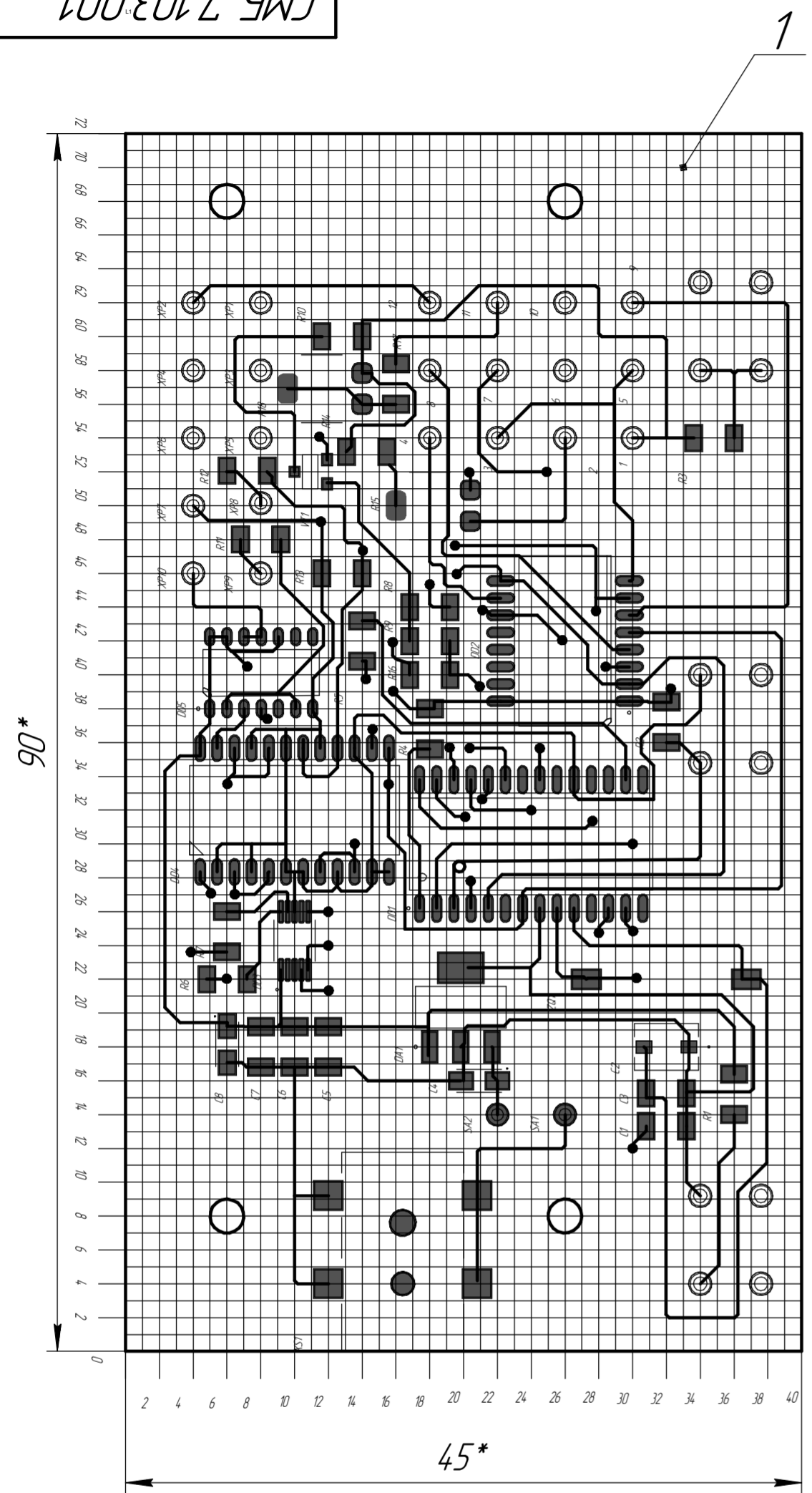
Розробив	Сладковський М.Б.
Перевірів	Дедів І.Ю.
Рецензор	
Н. Контр.	Паляниця Ю.Б.
Затвер.	Дучнець В.Л.

Багатофункціональний
синтезатор частоти
Перелік елементів

Літ.	Аркуш	Аркушів
н	1	2

ТНТУ, ФПТ, каф. РТ
зр. РАС-41

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Прим.	
				<u>Документація</u>			
A3			СМБ2.899.001 ЕЗ	Схема електрична принципова			
A4			СМБ2.899.001 ПЕЗ	Перелік елементів			
A2			СМБ2.899.001 СК	Вузол друкований			
				<u>Деталі</u>			
A2	1		СМБ7.101.001	Плата друкована	1		
				<u>Інші вироби</u>			
				<u>Конденсатори</u>			
				«Murata Electronics»			
		2		GRM31A5C2H100JW01D	1	С3	
		3		GRM31A5C2H330JW01D	1	С1	
		4		GRM319R71H104KA01D	3	С5-С7	
		5		GCM31CR71C106KA64L	1	С4	
		6		GRM31CR60J107ME39L	1	С8	
		7		TZC3P300A110R00	1	С2	
				<u>Мікросхеми</u>			
		8		L7805 «ST MICROELECTRONICS»	1	DA1	
		9		PIC18F2520-I/SO «MICROCHIP TECHNOLOGY»	1	DD1	
		10		74HC174 «NEXPERIA»	1	DD2	
		11		SI5351A «SLAB»	1	DD3	
		12		CD4059AM «Texas Instruments»	1	DD4	
СМБ 2.899.001							
Зм.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата			
Разроб.		Слабкобський					
Перевір.		Дедів І.Ю.					
Н Контр.		Паляниця Ю.Б.					
Затверд.		Дунець В.Л.					
Вузол друкований					Літ.	Аркцш	Аркцшів
					н	1	2
					ТНТУ, ФПТ, каф. РТ гр. РАС-41		

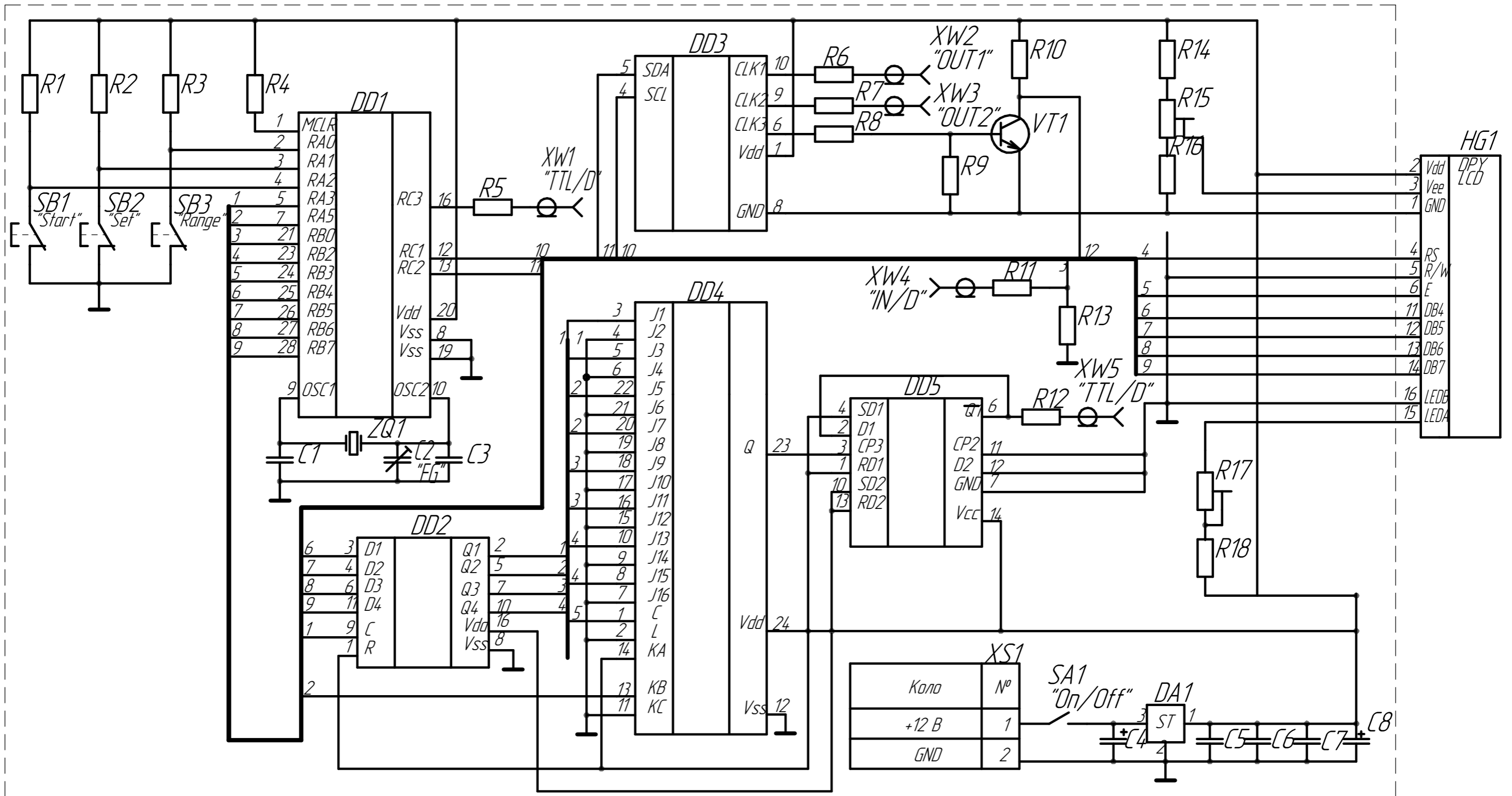


Таблиця отворів

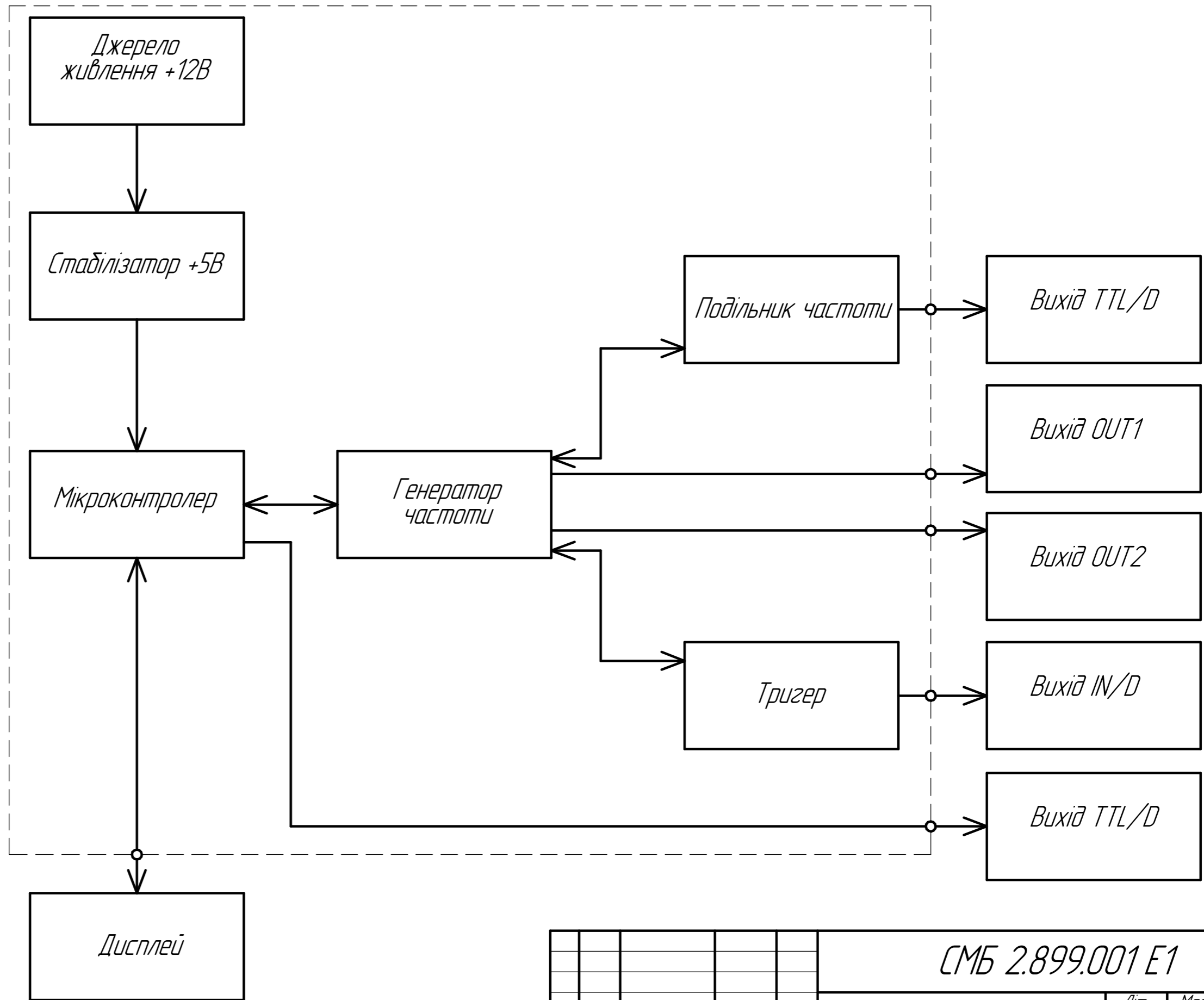
Позначення отвору	Діаметр отвору	Діаметр конт. площадки	Наявність металізації	К-ть отворів
●	0,5	0,3	металіз.	102
○	0,7	0,9	металіз.	54
■	-	16x2	металіз.	152
▬	-	1x2	металіз.	84

- *Разміри для довідок;
- Клас точності 2
- Крок координатної сітки 1,25 мм.
- Плату виготовляти хімічним методом.
- Параметри отворів-див.Таблицю отворів.
- Мінімальна ширина друкованих провідників 0,5 мм
- Мінімальна відстань між друкованими провідниками 0,3 мм.
- Плату маркувати фарбою ТН ПФ-01 біла ТУ 29-02-889-88ширифтом 2,5 ПР. 41.
- Контактні площадки покрити припоєм ПОС-40

					СМБ 7.103.001			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Плата друкована	Лит.	Маса	Масштаб
Разроб.	Сладковський						0,2	1:1
Перев.	Ледів				Арк.	Аркцив 1		
Т.контр.					СФ-2-35Г			
Н.контр.					ТНТУ, ФПТ каф. РТ гр. РАС-41			
Затв.					Формат А2			

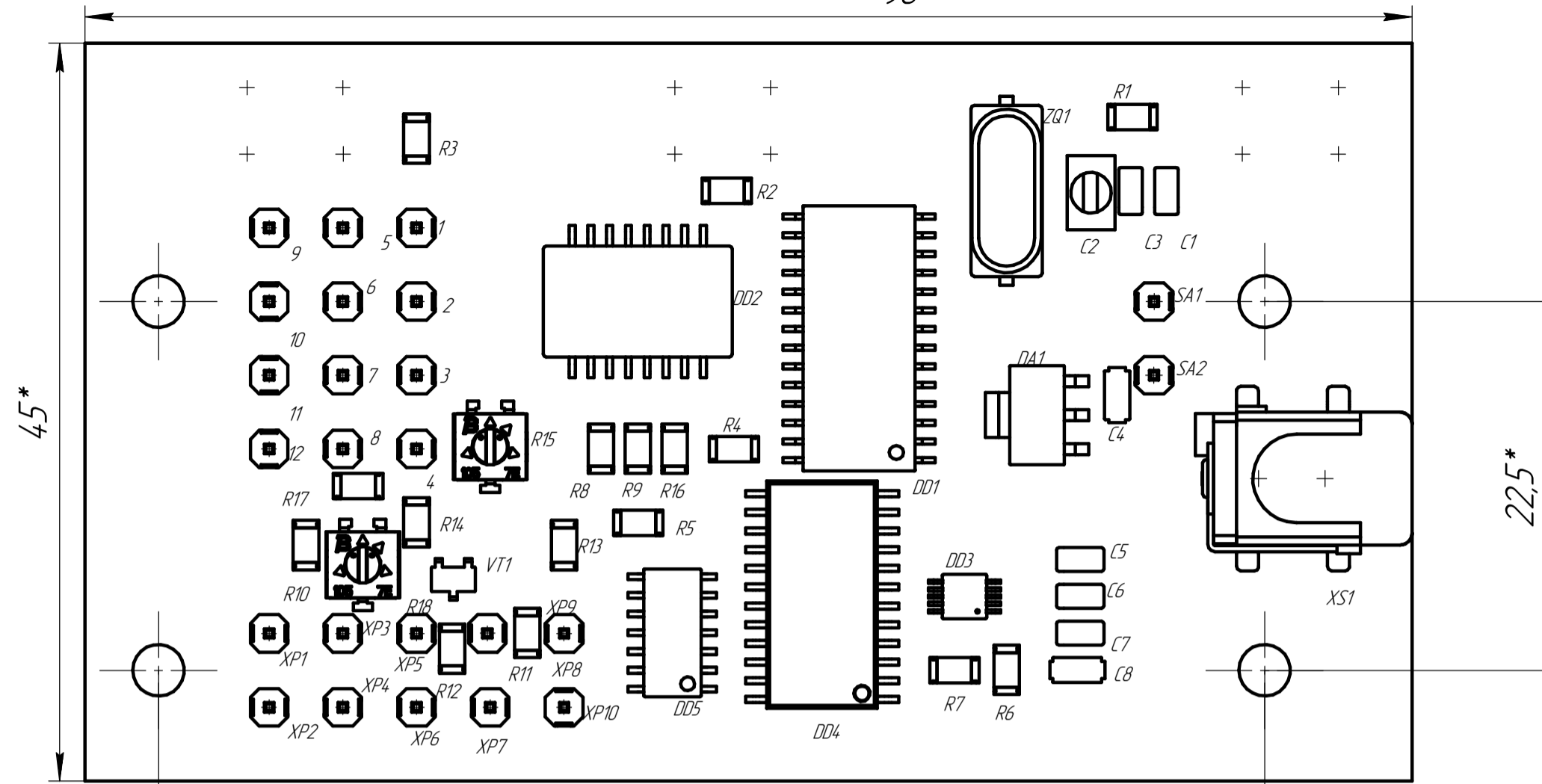


					CMБ 2.899.001.E3			
Зм.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	Багатофункціональний синтезатор частоти Схема електрична принципова	Літ.	Маса	Масштаб
Разроб.		Слабковський М.Б.						1:1
Перев.		Дедів І.Ю.				Арк.		Аркциів 1
Т.контр.						ТНТУ, ФПТ каф. РТ гр. РАС-41		
Н.контр.		Паляниця Ю.Б.			Формат А3			
Затв.		Дунець В.Л.						

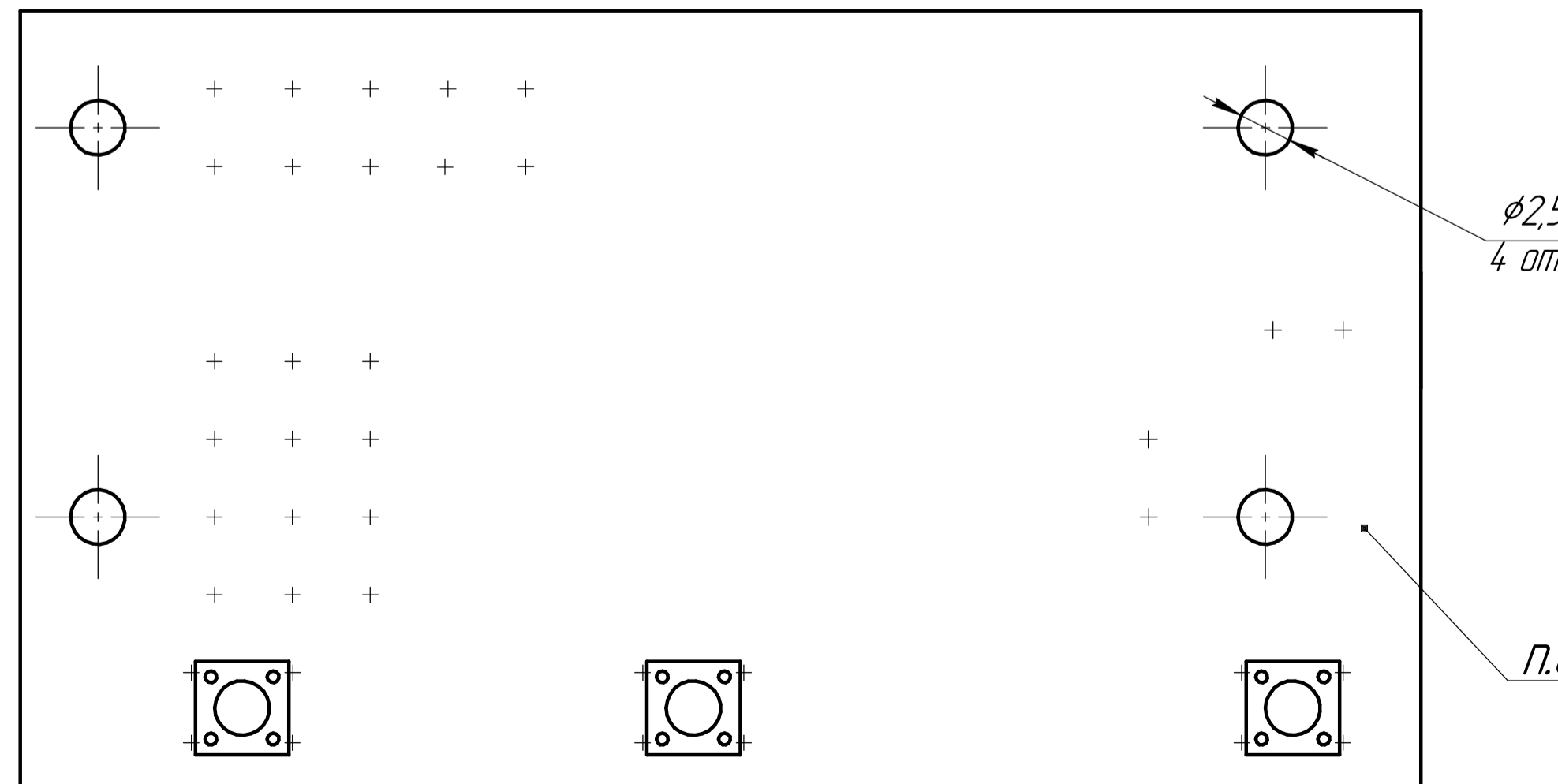
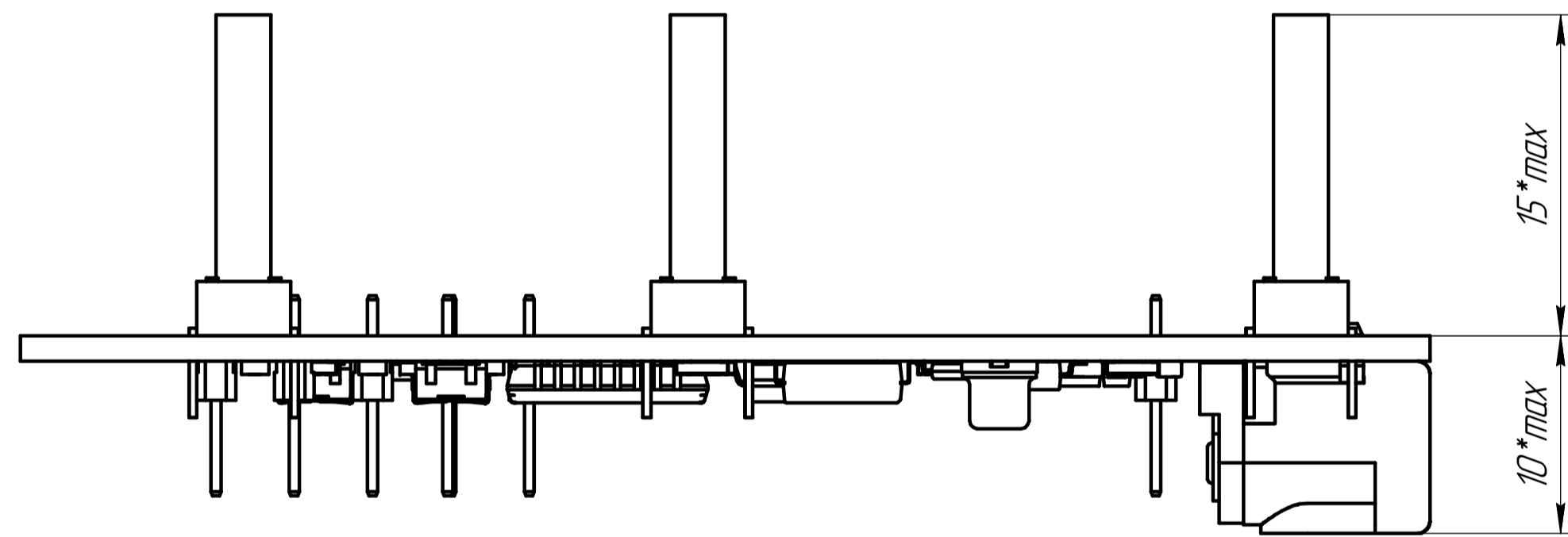


					СМБ 2.899.001 Е1			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Багатофункціональний синтезатор частоти <small>Схема електрична структурна</small>	Літ.	Маса	Масштаб
Разроб.		Сладковський М.Б.						
Перев.		Дедів І.Ю.				Арк.	Аркцив	1
Т.контр.						ТНТУ, ФПТ каф. РТ гр. РАС-41		
Н.контр.		Паляниця Ю.Б.						
Затв.		Дунець В.Л.						

90*

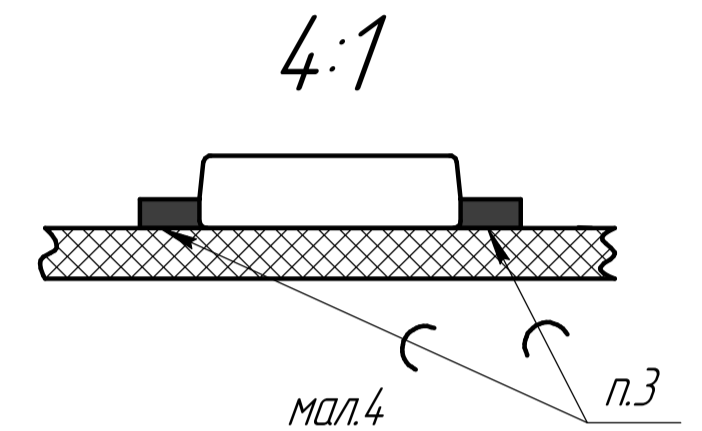
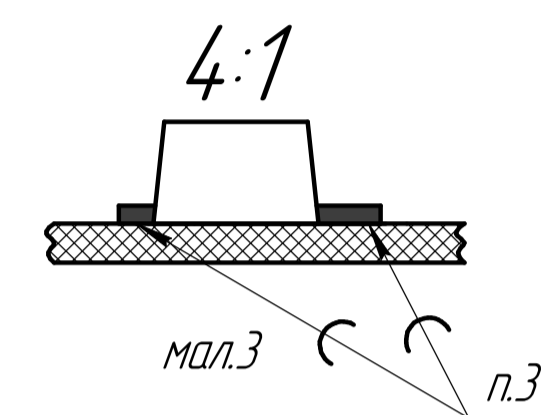
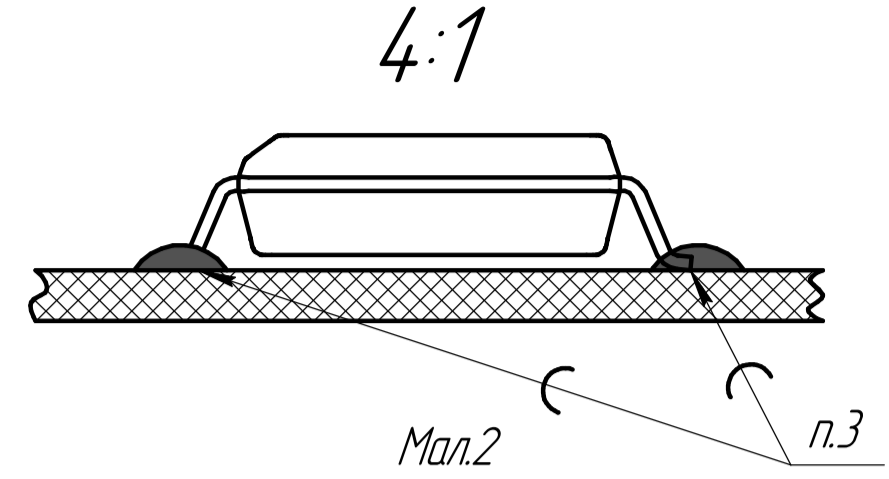
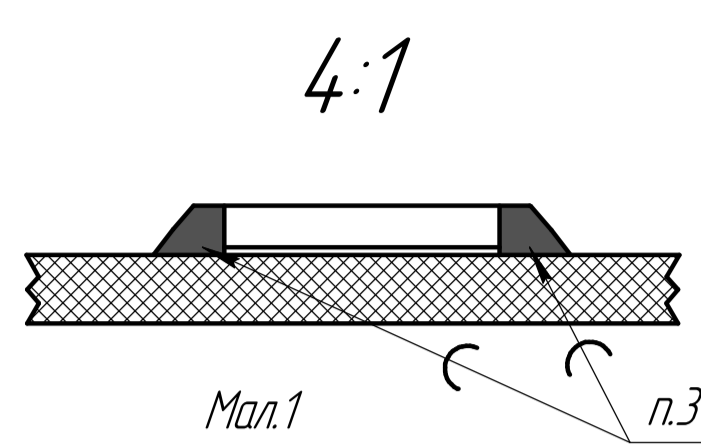


67,5*



$\phi 2,5^*$
4 отв.

п.6



- 1 * Розміри для довідок
2. Крок координатної сітки 1,25мм, елементи встановити: резистори R1-R14, R16, R18 згідно мал.1; конденсатори C1-C3, C5-C7, згідно мал.1; мікросхему DD1-DD5 згідно мал.2; конденсатори C4, C8 згідно мал.3; мікросхему DA1 згідно мал.4;
3. Паяти паяльною пастою SAC305 "Mechanic"
4. Паяти ПОС-61
5. Виводи згинати під кутом 30 та обрізати в межах контактних площадок
6. Покрити лаком АК-133
7. Позначення елементів показано умовно

				СМБ 2.899.001 СК			
Зм. Арк.	№ док.ум.	Підп.	Дата	Друкований вузол	Лит.	Маса	Масштаб
Розроб.	Сладковський М.Б.					0,45	1:1
Перев.	Дедів І. Ю.			Складальне креслення			Арк.
Т.контр.							Аркцифр 1
Н.контр.	Паляниця Ю.Б.						ТНТУ, ФПТ каф. РТ
Затв.	Цицько В.Л.						зр. РАС-41
							Формат А2