

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

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра радіотехнічних систем  
(повна назва кафедри)

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Генератор DDS низькочастотний

Виконав: студент 4 курсу, групи РАС-41  
спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка

(шифр і назва спеціальності)

Філь А. С.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Яськів В. І.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Марценюк. А. С.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Дунець В.Л.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент Яворська Є. Б.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль 2022

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)

«    »

2022 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка

(шифр і назва спеціальності)

студенту Філю Андрію Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Генератор DDS низькочастотний

Керівник роботи Яськів Володимир Іванович, д.т.н., доц.

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

Затверджені наказом ректора від « 27 » 05 2022 року № 4/7-445 .

2. Термін подання студентом завершеної роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи напруга живлення пристрою +5 В; максимальний струм споживання 0.1 А; діапазон вихідних напруг 0.5...2.5В; крок налаштування напруги 0.5В; діапазон частот сигналу 0.010...2кГц; крок налаштування частоти 10Гц; діапазон робочих температур -30...+50 °С.

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

1. Анотація

2. Вступ

3. Основна частина

4. Спеціальна частина (САПР)

5. Охорона праці та безпека життєдіяльності

6. Висновки

7. Список використаних джерел

8. Додатки

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

1. Схема структурна

2. Схема електрична принципова

3. Креслення друкованої плати

4. Складальне креслення друкованого вузла



## АНОТАЦІЯ

Генератор DDS низькочастотний. Кваліфікаційна робота бакалавра // ТНТУ, факультет ФПТ, група РАС-41. // Тернопіль, 2022 р. //с.-55, рис.-16, табл.-5, бібліог. – 24, додат.-3.

Ключові слова: ГЕНЕРАТОР DDS НИЗЬКОЧАСТОТНИЙ, СХЕМА СТРУКТУРНА, ПРИНЦИПОВА СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА.

В кваліфікаційній роботі проведена розробка низькочастотного DDS генератора. В роботі проведено підбір сучасної елементної бази для цифрових та аналогових пристроїв, опис принципу роботи пристрою на рівні електричної принципової схеми, опис і обґрунтування конструкції і конструктивних матеріалів виробу, розрахунок надійності проєктованого виробу, розрахунок каскаду приладу, була проведена якісна і кількісна оцінки технологічності конструкції. Базові технічні характеристики: напруга живлення пристрою +5 В, максимальний струм споживання 0.1 А, діапазон вихідних напруг 0.5...2.5В, крок налаштування напруги 0.5В, діапазон частот сигналу 0.010...2кГц, крок налаштування частоти 10Гц, діапазон робочих температур -30...+50 °С.

## ANNOTATION

The low-frequency DSS generator. Qualifying work of the bachelor // TNTU, faculty of FPT, group RAS-41. // Ternopil, 2022 //p.-55, fig.-16, tab.-5, bibliog. -24, appendix-3.

Key words: LOW - FREQUENCY DDS GENERATOR, STRUCTURAL SCHEME, ELECTRICAL SCHEME.

The development of low-frequency DDS generator was carried out in the qualification work. Selected modern element base for digital and analog devices, description of the principle operation of the device at the level of electrical circuit diagram, description and justification of design and structural materials of the product, calculation reliability of the designed product, calculation of device cascade, qualitative and quantitative assessment of design. Basic technical characteristics: supply voltage of the device +5 V, maximum current consumption 0.1 A, output voltage range 0.5... 2.5V, voltage adjustment step 0.5V, signal frequency range 0.010... 2kHz, frequency adjustment step 10Hz, operating temperature range -30... + 50 °C.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП .....	8
Розділ 1 ОСНОВНА ЧАСТИНА.....	10
1.1 Аналіз технічного завдання .....	10
1.2 Розробка структурної та функціональної схеми генератора .....	11
1.3 Проектування і розрахунок стабілізатора напруги та каскаду на операційному підсилювачі .....	13
1.4 Вибір і обґрунтування компонентної бази .....	15
1.5 Компоновка друкованого вузла генератора .....	25
1.6 Розрахунок надійності генератора .....	28
1.7 Оцінка технологічності генератора.....	29
1.8 Конструктивний розрахунок окремих елементів і складальних одиниць.....	36
1.9 Висновки до розділу 1 .....	43
Розділ 2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА (САПР) .....	44
2.1 Аналіз технічного завдання, на можливість застосування при проектуванні автоматизованих систем. ....	44
2.2 Вибір і обґрунтування задачі розділу. ....	45
2.3 Висновки до розділу 2 .....	46
ОХОРОНА ПАРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ. ....	47
3.1 Стихійні лиха та їх класифікація .....	47
3.2 Інструкція для обслуговуючого персоналу на випадок виникнення аварії, пожежі. ....	49
3.3 Висновки до розділу 3 .....	51
ВИСНОВКИ.....	52
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	53
ДОДАТКИ.....	55

					<i>ФАС 3.119.001 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>	<i>Філь</i>				<b>Генератор DDS</b> <b>низькочастотний</b>  <i>Пояснювальна записка</i>		6	
<i>Перевір.</i>								
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>								
						ТНТУ, ФПТ, каф. РТ, гр. РАС-41		

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ДВ – друкований вузол;

ДДП – двостороння друкована плата;

ДП – друкована плата;

ЕРЕ – електрорадіоелементи;

ТЗ – технічне завдання;

DDS – прямий цифровий синтез;

LCD – рідкокристалічний екран;

SMD – компоненти для поверхневого монтажу.

					ФАС 3.119.001 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Сучасне радіоприладобудування як вітчизняне так і закордонне притримуються тенденції використання цифрових сигналів, що значно спрощує схемотехніку приладів. Спрощена схемотехніка у свою чергу це менша кількість елементів, вища надійність, менші габарити. Цифрові прилади мають таку перспективу у розвитку як зменшення технологічного процесу виготовлення напівпровідникових елементів, що підвищить обчислювальну потужність і знизить енергозатрати.

Ще однією гілкою розвитку радіоприладобудування є використання SMD елементів і стандартизація типорозмірів елементів, що у значній мірі спрощує автоматизацію технологічного процесу. Автоматизація знижує відсоток браку, скорочує і здешевлює технологічний процес.

Низькочастотні DDS генератори використовуються для вимірювання параметрів, налаштування і регулювання апаратури у різних галузях. Наприклад для вимірювання параметрів електронних приладів, як правило, використовується осцилограф або логічний аналізатор.

Однак ці прилади здатні виконувати вимірювання лише в тому випадку, якщо на них надходить сигнал. І можна навести безліч прикладів, коли такий сигнал відсутній, поки на досліджуваний пристрій не подано зовнішній сигнал.

DDS генератор («Direct digital synthesis» - «Прямий цифровий синтез».) — це прилад призначений для генерації сигналів довільної форми шляхом генерації цифрового сигналу з подальшим перетворенням в аналоговий сигнал.

Ідея створення DDS-генераторів сигналів народилася дуже давно, ще в минулому столітті.

					ФАС 3.119.001 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Суть таких генераторів гранично проста: сигнал записується в пам'яті в цифровому вигляді, а відтворюється через цифро-аналоговий перетворювач в аналоговому вигляді. Завдяки цьому можна забезпечити будь-яку форму сигналу, а не тільки звичайні синус або прямокутник. Але тільки в кінці минулого століття елементна база дійшла до такого рівня, щоб ця технологія стала недорогою і доступною широким народним масам.

Як і у будь-якої технології, тут є свої недоліки, зокрема, тремтіння фази, що виникає при дробовому співвідношенні частоти опорного генератора і частоти вихідного сигналу. Як недолік можна зазначити більш високе, на відміну від рішень з ФАПЧ, енергоспоживання через значну кількість обчислень, і вищий, в спектрі синтезованого сигналу, рівень негармонічних паразитних складових.

Даний прилад проектується як переносний тому серед технічних вимог є невеликі габаритні розміри і вага, форма корпусу повинна забезпечувати зручність перенесення і експлуатації даного приладу. Прилад повинен бути достатньо вібростійким і частково ударостійким для забезпечення його надійної роботи.

					<i>ФАС 3.119.001 ПЗ</i>	Арк.
						9
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## Розділ 1 ОСНОВНА ЧАСТИНА

### 1.1 Аналіз технічного завдання

Низькочастотні DDS генератори використовуються для вимірювання параметрів, налаштування і регулювання апаратури у різних галузях. Наприклад для вимірювання параметрів електронних приладів, як правило, використовується осцилограф або логічний аналізатор.

Однак ці прилади здатні виконувати вимірювання лише в тому випадку, якщо на них надходить сигнал. І можна навести безліч прикладів, коли такий сигнал відсутній, поки на досліджуваній пристрій не подано зовнішній сигнал.

Даний прилад проектується як переносний тому серед технічних вимог є невеликі габаритні розміри і вага, форма корпусу повинна забезпечувати зручність перенесення і експлуатації даного приладу. Прилад повинен бути достатньо вібростійким і частково ударостійким для забезпечення його надійної роботи.

Кваліфікація обслуговуючого персоналу для даного приладу повинна бути не нижче рівня молодшого спеціаліста.

Оскільки цей пристрій призначений для лабораторного використання, умови експлуатації пристрою повинні відповідати нормам:

- вологість навколишнього середовища,% ..... 70-80;
- атмосферний тиск, мм. рт. ст., ..... 500-700;
- робоча температура, °C ..... -20 -+50.

Даний прилад повинен забезпечити достатні діапазони і зручні кроки настройки частоти сигналу, що генерується.

					<i>ФАС 3.119.001 ПЗ</i>	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Як і всі прилади компоновка елементів приладу повинна відповідати концепціям естетичного вигляду, а сам прилад повинен забезпечити достатню надійність.

Основні технічні характеристики проектованого виробу:

- напруга живлення пристрою, В ..... +5;
- максимальний струм споживання, А ..... 0.1;
- споживана потужність, Вт..... 0.5;
- діапазон вихідних напруг, В ..... 0.5-2.5;
- крок налаштування напруги, В ..... 0.5;
- діапазон частот сигналу, кГц..... 0.010-2;
- крок налаштування частоти, Гц ..... 10;
- діапазон робочих температур, °С ..... -30+50.

## 1.2 Розробка структурної та функціональної схеми генератора

Структурна схема — це схема яка призначена для інформуння про функціональні групи приладу та взаємозв'язки між ними.

Для опису принципу роботи пристрою згідно структурної схеми зображеної на рисунку 1.1, необхідно прояснити, що проектований прилад має два режими роботи, режим налаштування і режим генерування. У режимі налаштування здійснюється підбір необхідної вихідної напруги, частоти і форми сигналу. Налаштування цих параметрів здійснюється клавіатурою. При натисканні кнопки замикається контакт між виводом мікроконтролера та спільним провідником, логічний рівень виводу стає рівним нулю, що є сигналом для мікроконтролера змінити параметри налаштування. У режимі генерування мікроконтролер видає на порт D цифровий сингал який відповідає миттєвому значенню напруги у певний момент часу. Цифровий сигнал потрапляє на цифро-аналоговий перетворювач побудований за

					<i>ФАС 3.119.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

схемою R-2R. З виходу ЦАП миттєве значення напруги у аналоговій формі потрапляє на операційний підсилювач. Підсилювач включений по схемі повторювача, це означає, що його коефіцієнт передачі рівний 1, а його основним призначення є забезпечення низького рівня вихідного опору. Це необхідно для забезпечення узгодження виходу проєктованого приладу, і входу наступного приладу.

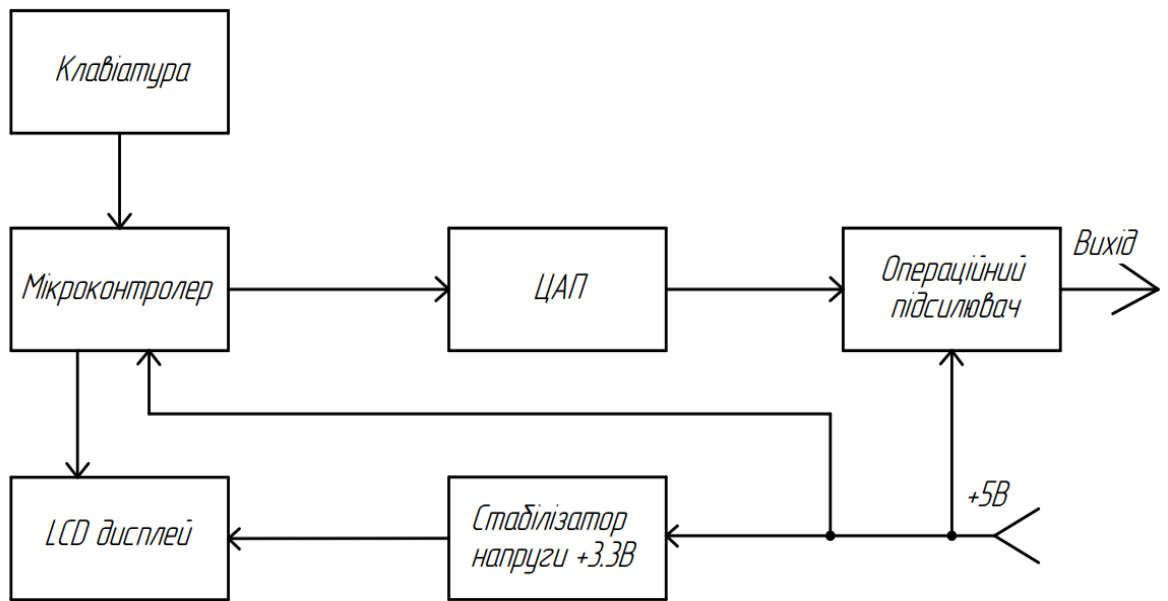


Рисунок 1.1 – Структурна схема генератора DDS низькочастотного

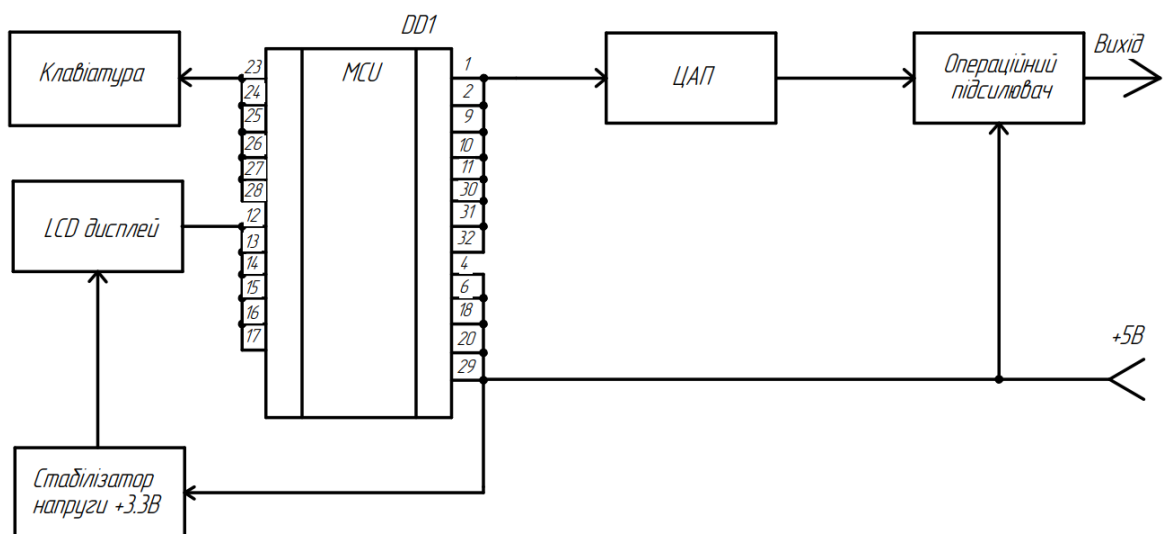


Рисунок 1.2 – Функціональна схема генератора DDS низькочастотного

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Узгодження приладів зменшує втрати струму. Для індикації параметрів налаштування генератора використовується LCD дисплей, керування яким здійснюється мікроконтролером. Живиться прилад від зовнішнього блоку живлення +5В.

На функціональній схемі (див. рис 1.2) мікроконтролер DD1 зображено умовним позначенням з електричної принципової.

### 1.3 Проектування і розрахунок стабілізатора напруги та каскаду на операційному підсилювачі

У даному підпункті розраховується каскад стабілізатора напруги, який складається із стабілітрона VD1 і резистора R3 (див. рис. 1.14), функцією якого є забезпечення необхідного рівня напруги живлення LCD дисплея HG1.

Також буде розраховано каскад операційного підсилювача включеного по схемі повторювача.

Для розрахунку стабілізатора використовуються такі вхідні дані:

- вхідна напруга, В ..... 5;
- вихідна напруга, В ..... 3,3;
- опір резистора R3, Ом ..... 510.

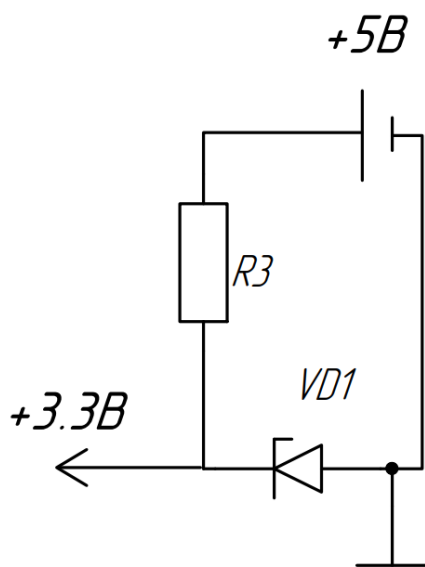


Рисунок 1.3 – Схема стабілізуючого каскаду

За формулою (1.1) обчислюється напруга, що спадає на балансному резисторі R3.

$$U_{r3} = U_{\text{вх.}} - U_{\text{вих.}}, \quad (1.1)$$

$$U_{r3} = 5 - 3.3 = 1.7 \text{ (В)}.$$

За формулою (1.2) визначається струм стабілізації.

$$I_{\text{ст.}} = U_{r3} / R_3, \quad (1.2)$$

$$I_{\text{ст.}} = 1.7 / 510 = 0.0033 \text{ (А)}.$$

Використовуючи формулу (1.3) обчислюється мінімальна потужність резистора R3.

$$P_{r3} = U_{r3} * I_{\text{ст.}}, \quad (1.3)$$

$$P_{r3} = 1.7 * 0.0033 = 5.6 \text{ (мВт)}.$$

Слід враховувати, що крім струму стабілітрона через резистор протікає ще й струм навантаження, тому, потужність резистора вибирають в два рази більшу:

$$P_{r3} = 5.6 * 2 = 11.2 \text{ (мВт)}.$$

Із найближчого значення у номінальному ряді в більшу сторону підбрано 0.125 Вт.

Для розрахунку каскаду на операційному підсилювачі використовуються такі вхідні дані:

- вхідна напруга, В ..... 2.5;
- вихідний опір, Ом ..... 75;

Вихідний струм каскаду розраховується за законом Ома формула (1.4)

$$I_{\text{Вих.}} = \frac{U_{\text{вих.}}}{R_{\text{вих.}}} \quad (1.4)$$

Оскільки операційний підсилювач включений по схемі повторювача його коефіцієнт підсилення по струму і напрузі приблизно рівний одиниці, отже  $U_{\text{вих.}} = U_{\text{вх.}} = 2.5\text{В}$ .

$$I_{\text{Вих.}} = \frac{2.5}{75} = 33 \text{ мА}$$

#### 1.4 Вибір і обґрунтування компонентної бази

Ключовим елементом даного пристрою є мікроконтролер Atmega8 (DD1) у SMD корпусі TQFP-32(див. рис. 1.4). Мікроконтролер ATmega8 це 8-розрядний мікроконтролер виконаний за технологією CMOS, виготовлений на AVR-архітектурі RISC. Atmega8 виконує одну інструкцію за один такт Виконуючи одну повноцінну інструкцію за один такт, його продуктивність досягає 1 MIPS на МГц, забезпечуючи оптимальне співвідношення продуктивності до споживаної енергії.

Основні параметри мікроконтролера Atmega8:

- напруга живлення, В ..... +5;
- пам'ять для програм, Кб ..... 8;
- флеш-пам'ять для зберігання змінних, байт ..... 512;
- регістри загального призначення ..... 32;
- канали 10-розрядного АЦП,..... 6;
- діапазон робочих напруг, °С ..... -40 - +85.

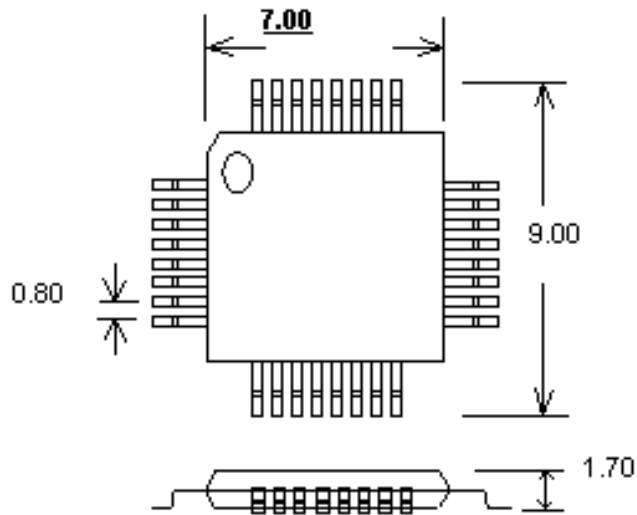


Рисунок 1.4 – Габаритні розміри SMD корпусу TQFP-32

Резистори R1-R33 для уніфікації технічного процесу встановлення були вибрані одного типу корпусу – 0805. Він забезпечує малі габарити (див. рис. 1.5).

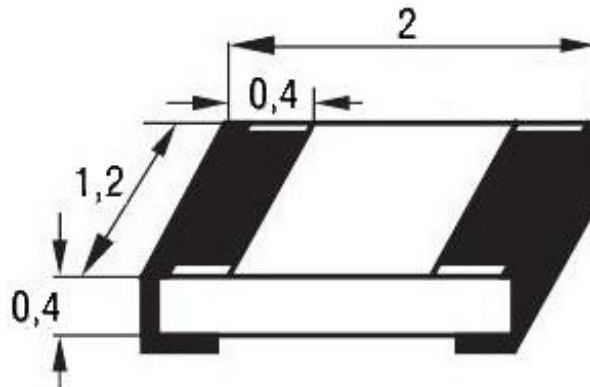


Рисунок 1.5 – Габаритні розміри корпусу 0805

Основні параметри резисторів R1-R33:

- номінальний опір, кОм .....0.075-100;
- номінальна потужність, Вт ..... 0.125;
- точність, % ..... 1;

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ФАС 3.119.001 ПЗ

Арк.

16



- максимальна робоча напруга, .....В 150;
- діапазон робочих напруг, °С ..... -55 - +125.

Конденсатори серії GRM (C1-C3) - безвиводні керамічні неполярні конденсатори загального застосування. Мають малий рівень власних шумів завдяки низькому імпедансу на високих частотах. Конденсатори C1 і C2 входять у схему Пірса яка призначена для збудження кварцового резонатора, а конденсатор C3 призначений для запобігання потрапляння завад у джерело живлення. Корпус C1-C3 був підібраний 0805 (див. рис. 1.5) для зменшення кількості типорозмірів.

Тактова кнопка (SB1-SB5) у smd корпусі (див. рис. 1.6) - простий, всім відомий механізм, який замикає коло поки є тиск на неї. У даному пристрої цей елемент при натисканні з'єднує вивід мікроконтролера із спільним провідником цим подаючи на нього нульовий потенціал, що є сигналом виклику переривання у мікроконтролері.

Тактова кнопка має негативний ефект тремтіння контактів. При натисканні кнопки між контактами виникають мікроіскри, що призводять до багаторазового спрацьовування мікроконтролера. Для боротьби з цим ефектом у мікроконтролері виставляють паузу в декілька мілісекунд після першого спрацювання.

Основні параметри тактової кнопки:

- максимальний струм, мА ..... 50;
- максимальна напруга, В ..... 12;
- наробіток натискань ..... 5000.

Для узгодження виходу генератора з входом наступного пристрою використовується операційний підсилювач LM358 у корпусі SOP-8(див. рис. 1.7). LM358 це мікросхема яка складається із двох незалежних малопотужних підсилювачів з високими коефіцієнтами підсилення і частотної компенсацією. Її перевагою є низьким споживанням струму. Дана схема

забезпечує необхідний діапазон живлення від 3 до 32В і захищена від короткого замикання.

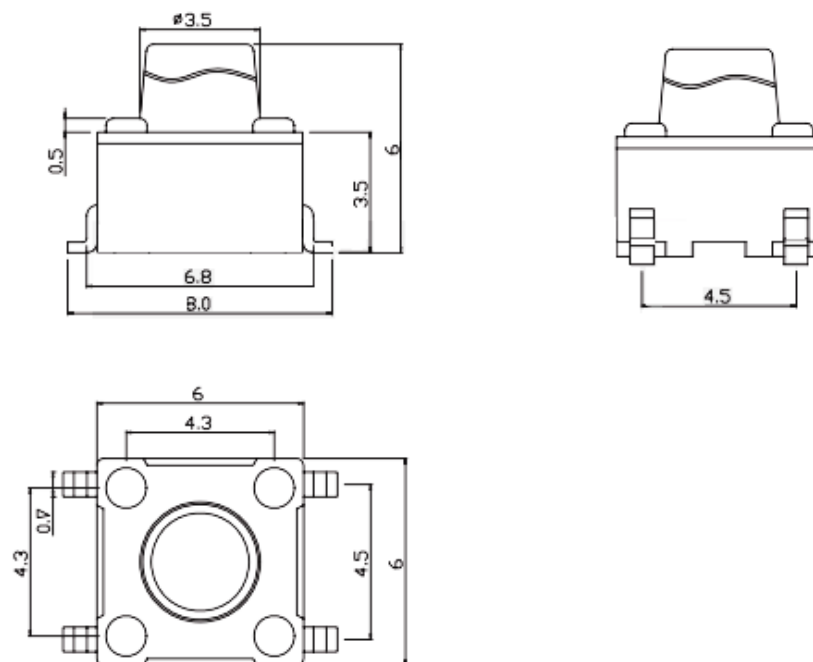


Рисунок 1.6 – Габаритні розміри тактової кнопки

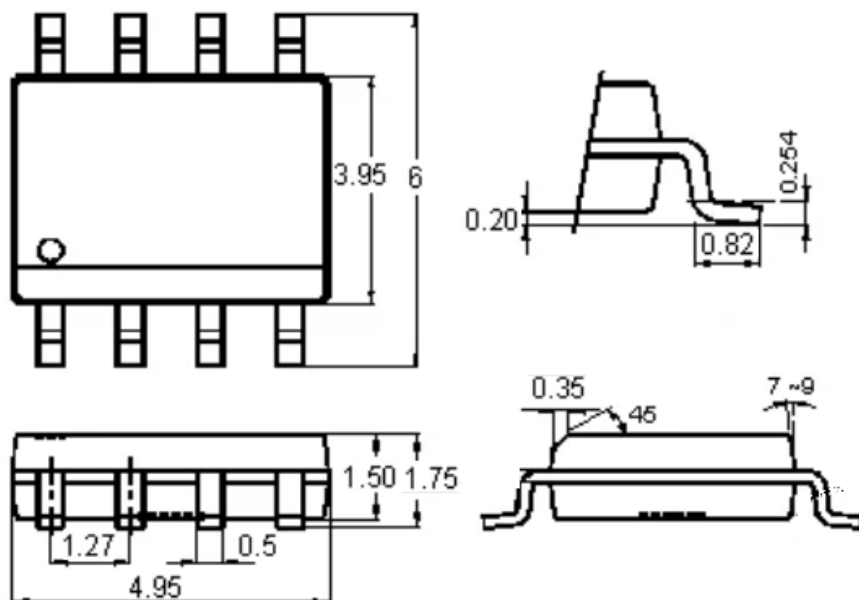


Рисунок 1.7 – Габаритні розміри корпуса SOP-8

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ФАС 3.119.001 ПЗ

Арк.

18

Основні параметри операційного підсилювача LM358:

- напруга живлення, В ..... +3-+32;
- струм споживання, мА ..... 0.7;
- вхідна напруга зміщення, мВ ..... 3;
- диференціальна вхідна напруга, В ..... 32;
- максимальна потужність розсіювання, мВт ..... 830;
- діапазон робочих температур, °С ..... -25 - +85.
- диференціальний коефіцієнт підсилення по напрузі, дБ ..... 100;
- коефіцієнт гармонійних спотворень, % ..... 0.02;
- максимальна швидкість наростання вихідного сигналу, В/мкс ..... 0.6;
- синфазний вхідний струм, нА ..... 20;
- диференціальний вхідний струм, нА ..... 2;

В якості транзистора VT1 був обраний ВТ-15С02СН-ТЛ-Е у корпусі SOT-23 (див. рис. 1.8) і використовується для управління підсвіткою дисплея.

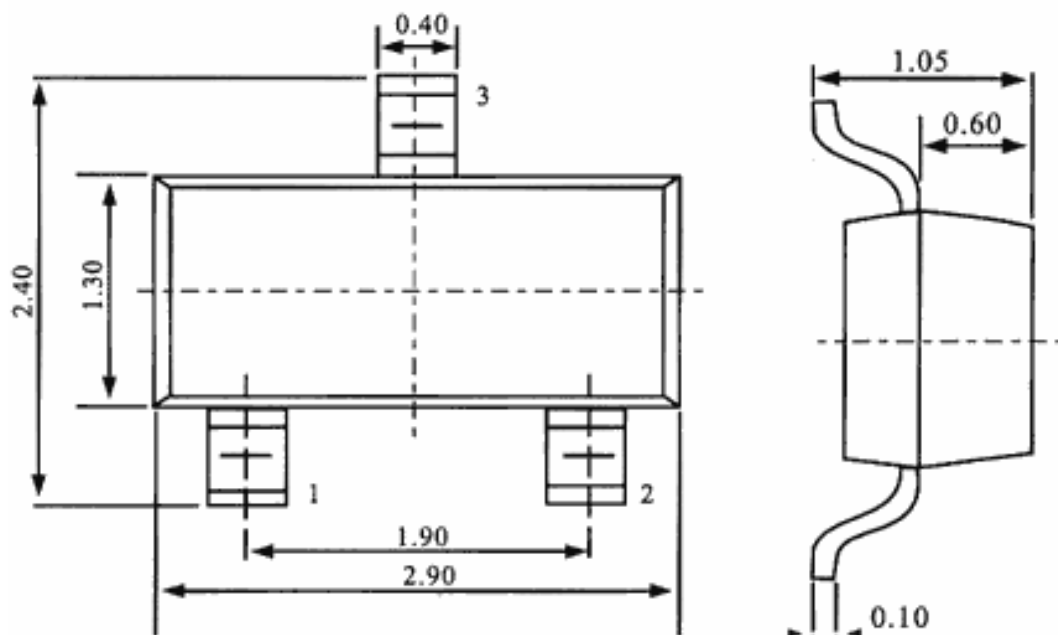


Рисунок 1.8 - Габаритні розміри корпусу SOT-23

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Основні параметри транзистора ВТТ-15С02СН-ТЛ-Е:

- максимальна напруга колектор-емітер, В ..... 45;
- максимальна напруга колектор-база, В ..... 50;
- максимальна напруга емітер-база, В ..... 6;
- максимальний струм колектора, мА ..... 100;
- максимальна розсіювана потужність, Вт ..... 0.5;
- коефіцієнт підсилення струму ..... 110-800;
- діапазон робочих температур, °С ..... -25 - +85;
- гранична частота, МГц ..... 150.

Стабілітрон VD1 – MMSZ5226B в корпусі SOD-123 (див. рис. 1.9) призначений для пониження напруги живлення +5В до +3.3В для живлення дисплея.

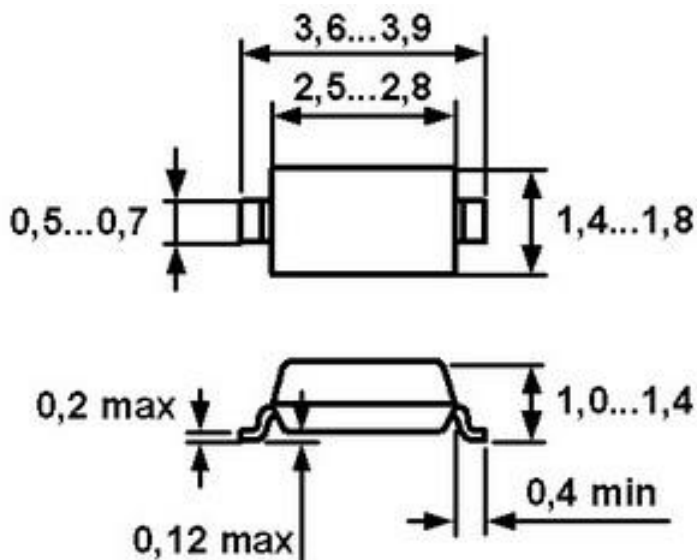


Рисунок 1.9 - Габаритні розміри корпусу SOD-123

Основні параметри стабілітрона MMSZ5226B:

- максимальна розсіювана потужність, Вт ..... 0.5;
- напруга стабілізації, В ..... 3.3;
- статичний опір, Ом ..... 28;

- температурний коефіцієнт напруги стабілізації, %/°C ..... 0.03;
- максимальний струм стабілізації, мА ..... 136;
- діапазон робочих температур, °C ..... -55 - +150.

Для задання тактової частоти мікроконтролера використовується кварцовий резонатор HS-49SM (див. рис. 1.10).

Основні параметри кварцового резонатора HS-49SM:

- резонансна частота, МГц..... 16;
- точність настройки,  $dF/F \times 10^{-6}$ ..... 50;
- температурний коефіцієнт,  $K \times 10^{-6}$ ..... 50;
- діапазон робочих температур, °C ..... 25 - +85.

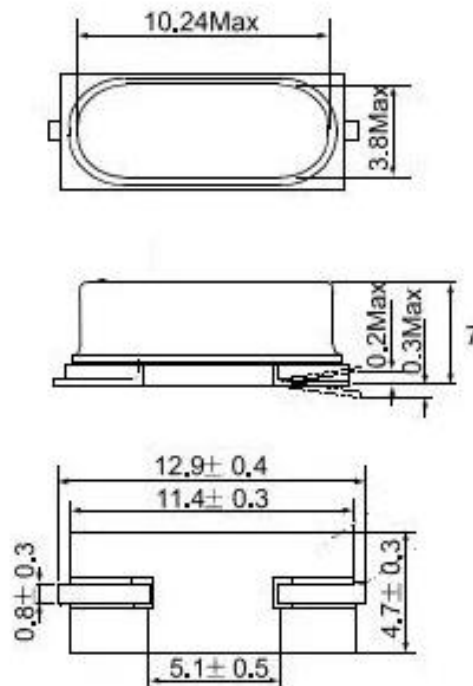


Рисунок 1.10 - Габаритні розміри кварцового резонатора HS-49SM

Підстроювальний резистор СПЗ-19А (див. рис. 1.11) призначений для налаштування узгодження виходу генератора і входу наступного приладу для задання необхідного вихідного струму.

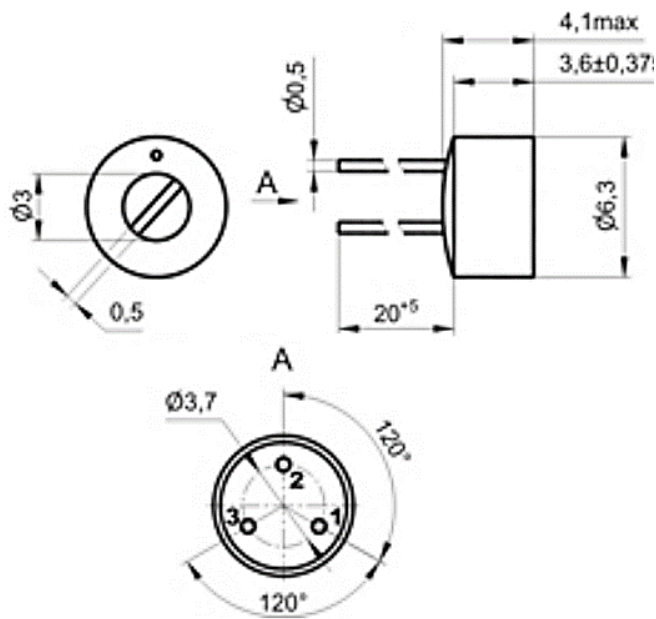


Рисунок 1.11 - Габаритні розміри підстроювального резистора СПЗ-19А

Основні параметри підстроювального резистора СПЗ-19А:

- номінальний опір, кОм ..... 220;
- точність, % ..... 10;
- номінальна потужність, Вт ..... 0.5;
- максимальна робоча напруга, В ..... 100;
- діапазон робочих температур, °С ..... -60 - +125;
- кут повороту, ° ..... 360.

У якості індикатора використовується рідкокристалічний дисплей LPH8731-3с (див. рис. 1.12) (HG1). Для управління даним дисплеєм використовується протокол передачі даних SPI.

Основні параметри LCD дисплея LPH8731-3с:

- напруга живлення, В ..... 3.3;
- струм живлення при включеній підсвітці, мА ..... 20;
- струм живлення при виключеній підсвітці, мА ..... 5;
- розширення, ppi ..... 101x80.

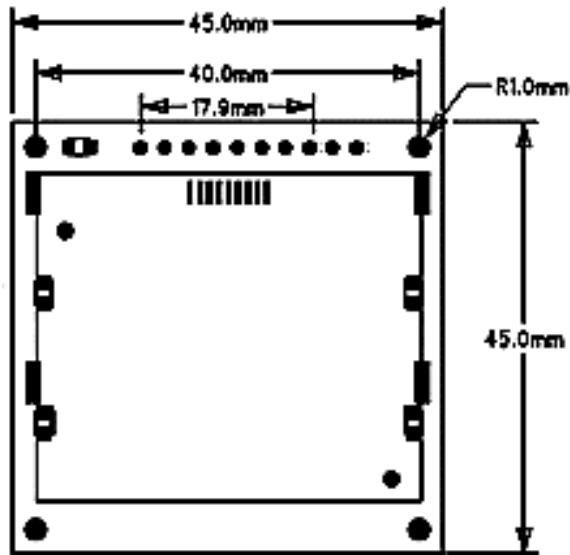


Рисунок 1.12 - Габаритні розміри LCD дисплея LPH8731-3c

Для управління зміною режиму роботи приладу використовується перемикач PS-12E15SELF-LOCK (SA1) (див. рис. 1.13). Його максимальна робоча напруга складає 50В, а струм 0.3А, чого із великим запасом достатньо

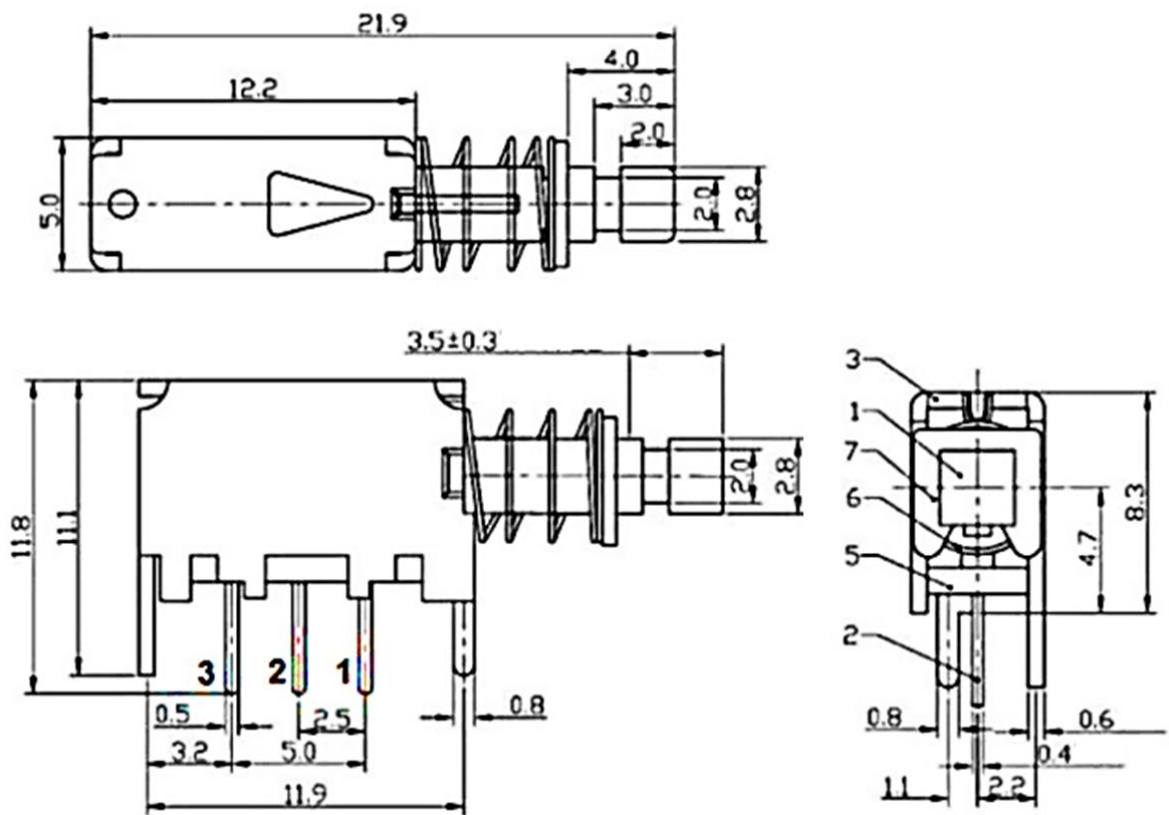


Рисунок 1.13 - Габаритні розміри перемикача PS-12E15SELF-LOCK

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ФАС 3.119.001 ПЗ

Арк.

23

Для живлення приладу використовується стандартний роз'єм USB MC32602(див. рис. 1.14), це підвищує технологічність приладу оскільки відповідає міжнародним домовленостям щодо охорони природи. Максимальна напруга яку передає роз'єм складає 30В, а струм 1А.

Вихід генератора з'єднується із входом наступного приладу через стандартний роз'єм 3.5 мм (mini-jack) PY-601С (див. рис. 1.15).

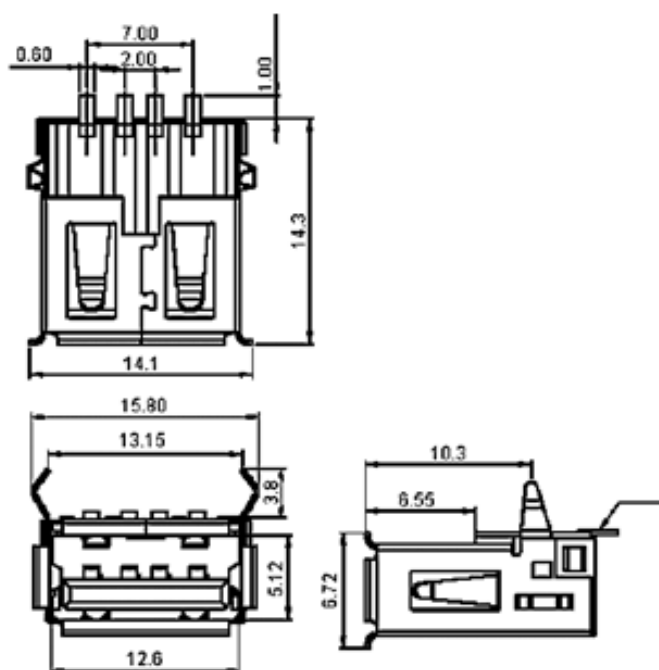


Рисунок 1.14 - Габаритні розміри роз'єму USB

Отже підібрана елементна база спрощує автоматизацію, і підвищує технологічність приладу, оскільки більшість елементів встановлюються SMD монтажем, і мають стандартні розміри. Також підібрані елементи забезпечують малі габарити і високу надійність оскільки параметри елементів достатні для роботи у легкому режимі. Надійність елементів забезпечується якісно підібраним партнерам які поставляють компоненти, а також новітнім обладнанням для встановлення та пайки компонентів. Також компоненти необхідно перевіряти на відповідність параметрів до монтажу, і після монтажу проводити перевірку параметрів приладу.



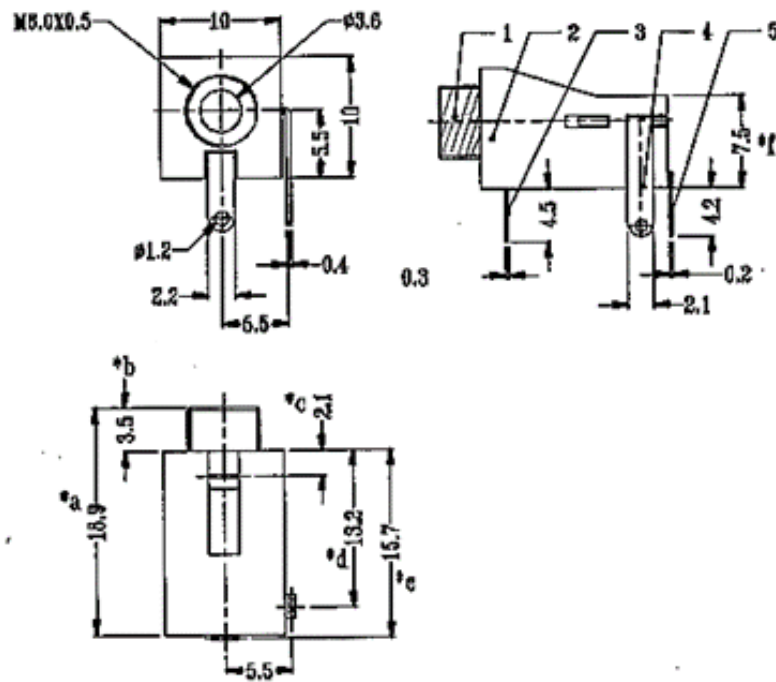


Рисунок 1.15 - Габаритні розміри роз'єму РУ-601С

### 1.5 Компонівка друкованого вузла генератора

Основним компонентом приладу є друкований вузол. В якості матеріалу для ДП вибраний двосторонній фольгований склотекстоліт, завдяки чому плата, не піддається впливу вологи і має хороші діелектричні параметри. Також склотекстоліт має механічну міцність, є хімічностійким, і має достатньо низький коефіцієнт термічного розширення. Таким чином даний матеріал друкованої плати підвищує надійність, а відповідно і технологічність приладу.

Електричний зв'язок в межах вузла забезпечується друкованими провідниками, а зв'язок між сторонами ДДП забезпечується металізованими отворами.

Друковані провідники формуються комбінованим методом, це означає, що, провідники отримуються шляхом труїння склотекстоліту із фольгованим

покриттям і металізацією отворів електрохімічним способом. Із допомогою цього методу можна отримати чіткі лінії провідників друкованої схеми. Він забезпечує меншу трудомісткість в порівнянні з електрохімічним методом.

Переважає більшість елементів друкованого вузла встановлюються на друковану плату SMD монтажем, що спрощує автоматизацію технічного процесу виготовлення друкованого вузла, що підвищує технологічність приладу. Також для спрощення автоматизації технічного процесу виготовлення, була мінімізована кількість типорозмірів радіоелементів. Також вся елементна база підібрана за номіналами так аби працювати у легкому режимі, це підвищує надійність і тривалий час роботи приладу до ероз'єми, це підвищує технологічність приладу.

Прилади управління і індикації генератора розміщені симетрично на передній панелі, що забезпечує хороший естетичний вигляд і відповідає вимогам щодо зручності використання приладу.

На передній панелі корпусу розміщені отвори під елементи керування і пристрій індикації, це відповідає вимогам розміщення пристроїв керування та індикації. Для покращення технологічності корпусу і естетичного вигляду приладу тактові кнопки розміщені на друкованій платі в ряд. На верхній панелі розміщений перемикач режимів, роз'єм живлення і роз'єм для вихідного сигналу. Таке компонування елементів дозволяє зручно користуватись пристроєм і має хороший естетичний вигляд за рахунок дотримання симетрії.

Друкований вузол кріпиться з допомогою ребер жорсткості які фіксують його між двома кришками корпусу. Дисплей кріпиться до передньої кришки чотирма гвинтами.

Оскільки у даному пристрої відсутні елементи які б розсіювали велику потужність в теплову енергію, конструкція даного пристрою не потребує додаткових модифікацій для покращення тепловідводу. Також оскільки

					<i>ФАС 3.119.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		26

більша частина друкованого вузла працює із цифровими сигналами даний прилад не потребує екранування від зовнішніх електромагнітних коливань.

Генератор складається із одного друкованого вузла, корпусу і дисплея який кріпиться на корпусі, тому з'єднання між блоками забезпечується друкованими провідниками для з'єднань в межах друкованого вузла і перемичками для з'єднань друкованого вузла і елементів розміщених на корпусі. Монтаж друкованого вузла даного пристрою є двостороннім. Двостороннє компоновання вузла зменшує габарити плати, цим підвищуючи технологічність. Оскільки друкований вузол не має масивних елементів які б впливали на центр мас приладу плата скомпонована так, щоб забезпечити максимальну технологічність і хороші електричні параметри.

Для живлення приладу використовується широко розповсюджений роз'єм USB. Він забезпечує достатню потужність для живлення і необхідні механічні властивості з'єднання. Також роз'єм є зносостійким і надійним. Для під'єднання виходу генератора до входу наступного приладу використовується стандартний роз'єм 3.5мм для передачі низькочастотного сигналу.

Готовий виріб має форму паралелепіпеда із зкругленими гранями. Розміщені на передній панелі елементи симетричні по вертикальній осі.

Отже друкований вузол відповідає вимогам захисту від теплового і механічного впливу, захисту від між вузлових паразитних зв'язків, компоновка вузла забезпечує технологічність встановлення компонентів, розміщення органів управління забезпечує зручність користування, габарити і маса приладу оптимальні, двостороння ДП забезпечує низьку довжину друкованих провідників, напівпровідникові компоненти захищені як від внутрішнього так і від зовнішнього теплових впливів, елементи які підлягають регулюванню у вільному доступі.

					<i>ФАС 3.119.001 ПЗ</i>	Арк.
						27
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 1.6 Розрахунок надійності генератора

Надійність – це одна із найголовніших завдань конструювання, і визначають її, як можливість приладу забезпечувати на протязі певного часу сталість параметрів в межах норми, що забезпечують можливість виконувати зазначені функції, при умовах згідно інструкцій та документації на прилад. Оцінити надійність можна декількома показниками, найсуттєвішими є медіана напрацювання перед відмовою, частота поломок та вірогідність роботи без відмов.

Частотою поломок є кількість відмов за одиницю часу, що приходить на одиницю продукції, яка все ще працює до даного моменту часу.

Список елементів приладу, їх кількість та інтенсивність відмов вказані у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Дані для розрахунку надійності

№	Назва групи елементів	К-сть, шт.	$K_{\text{попр}}$	$I_{\text{відм}} \cdot 1e^{-6}$ , од./год.	$K\text{-сть} \cdot K_{\text{попр}} \cdot I_{\text{відм}} \cdot 1e^{-6}$
1	Резистор постійний	33	0.42	0.8	11.1
2	Резистор змінний	1	0.42	5	2,1
3	Конденсатор керамічний	3	0,1	1,4	0,42
4	Напівпровідникова інтегральна мікросхема	2	1	0,03	0,06
5	LCD дисплей	1	1	5	5
6	Перемикач	1	1	0,5	0,5
7	Друкована плата	1	1	0,1	0,1
8	Пайка	160	1	0,02	3,2
9	Провідник та пайка навісна	10	1	0,02	0,2
10	Кнопка тактова	5	1	0,5	2,5
11	Стабілітрон малої потужності	1	0.81	4,5	3,645
12	Транзистор НЧ кремнієвий	1	0,35	4	1,4
13	Роз'єм (на один контакт)	4	1	0,05	0,2
14	Резонатор кварцовий	1	1	0,2	0,2

Вірогідність роботи без відмов означаю те, яка кількість приладів із заданої їх кількості працюватиме без відмов на протязі певного проміжку часу. Середнє напрацювання до відмови знаходять при перевірці великої кількості виробів. Розрахунок надійності проводиться за допомогою програмного забезпечення NAD\_Release.

Коефіцієнти впливу:

- коефіцієнт механічних впливів ..... 1,32;
- коефіцієнт впливу вологи і температури ..... 1,5;
- коефіцієнт атмосферних впливів ..... 1,1.

Результати розрахунку:

- інтенсивність відмов, од./год.....  $50.5115e^{-6}$ ;
- середнє напрацювання до відмови, год..... 19797.5.

Розрахунок вірогідності роботи без відмов  $P(t)$ :

$t = 10$ год.	$P(t) = 0.999495$
$t = 100$ год.	$P(t) = 0.994962$
$t = 1000$ год.	$P(t) = 0.950743$
$t = 10000$ год.	$P(t) = 0.603436$
$t = 100000$ год.	$P(t) = 0.006402$

Графік залежності вірогідності роботи без відмов від часу роботи показаний на рисунку 1.16. За результатами розрахунку середнє напрацювання до відмови становить 19797.5 годин і це означає, що надійність виробу є достатньою.

### 1.7 Оцінка технологічності генератора

Технологічність виробу — це властивості конструкції виробу, що забезпечують оптимальні витрати матеріалів, трудомісткості виготовлення і

вартості підготовки виробництва, виробництва, використання та відновлення виробу.

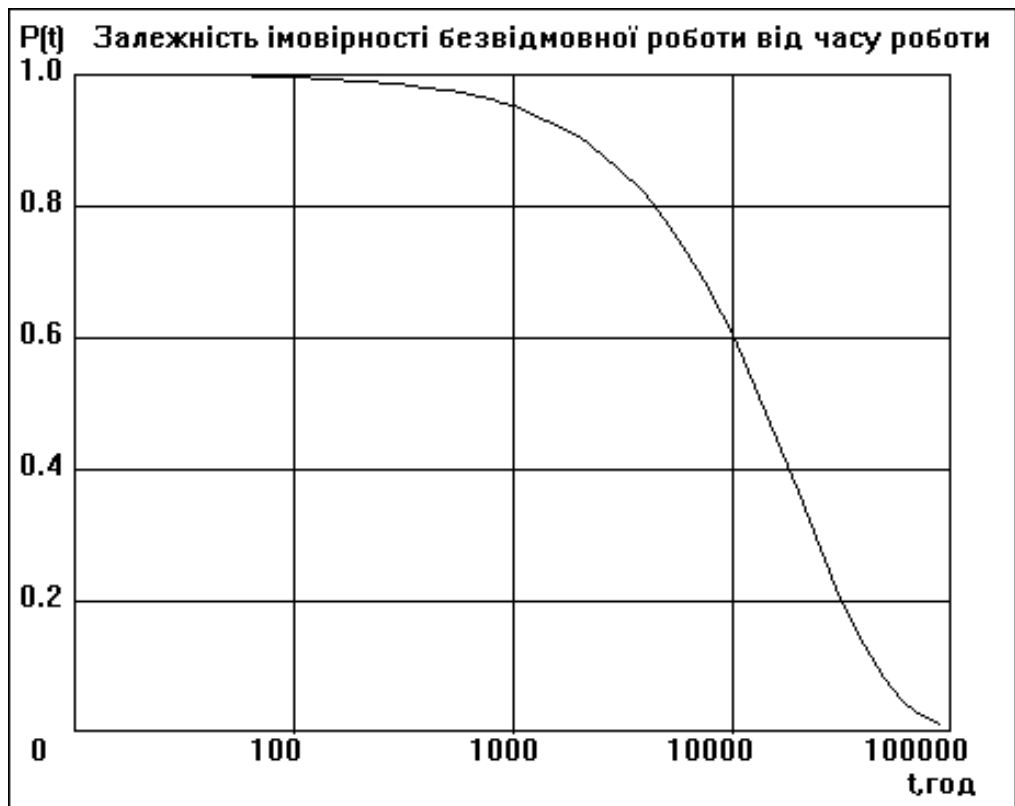


Рисунок 1.16 – Графік залежності вірогідності роботи без відмов від часу роботи

Оцінка технологічності може здійснюватися кількісно (з допомогою визначених показників) та якісно (порівнянням нової конструкції з іншою раніше розробленою за певними показниками).

До переваг проєктованого приладу відноситься: виняткова простота, невеликі габарити і маса, надійність, стандартизовані розе'ми для живлення і вихідного сигналу, простота автоматизації технологічного процесу виготовлення, енергоефективність, низький рівень спотворення вихідного сигналу, висока ремонтоздатність.

У даного виробу відсутні елементів які б розсіювали значну потужність в теплову енергію тому в якості матеріалу для корпусу була вибрана

пластмаса, що є дешевшою, технічний процес виготовлення корпусу з неї простіший за рахунок відсутності потреби у доробці, це підвищує технологічність виробу.

Для виготовлення корпусу приладу використовується метод лиття під тиском який є продуктивним і енергоефективним.

Кріплення елементів виведених на корпус і кришок його кришок забезпечується гвинтами, що спрощує конструкцію корпусу і підвищує його технологічність. Конструкція корпусу спроектована для забезпечення міцності і вібростійкості.

Оскільки для даного курсового проекту вибраний крупносерійний тип виробництва елементна база для друкованого вузла підібрана для забезпечення максимально можливої автоматизації встановлення і запаювання елементів, цим підвищуючи технологічність виробу. А при компоновці виробу більшість елементів була розміщена на платі, що також підвищує технологічність.

Технічний процес виготовлення друкованого вузла і складання виробу не потребує ніяких нестандартних інструментів, матеріалів та обладнання що свідчить про технологічність друкованого вузла і конструкції виробу.

При виготовленні даного приладу спеціалісти потрібні для контролю якості і параметрів друкованого вузла, а також для регулювання резистора R32. Решта неавтоматизовані процеси виконуються кваліфікованими робітниками, що свідчить про високу технологічність виробу.

Використовуючи розрахунок кількісної оцінки технологічності приладу проводиться кількісне порівняння приладів.

В залежності типу друкованого вузла, його складності для вирахування комплексної оцінки технологічності приладу застосовують різні коефіцієнти, в даному випадку враховуються коефіцієнт застосованості електро-радіоелементів, коефіцієнт повторюваності електрорадіоелементів, відсоток використання мікросхем і мікрозборок, відсоток автоматизованості і

					<i>ФАС 3.119.001 ПЗ</i>	Арк.
						31
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

механізованості заготовки ЕРЕ до встановлення, відсоток автоматизованості і механізованості встановлення, відсоток автоматизованості механізованості операцій перевірки і налаштування електричних параметрів.

Коефіцієнт застосованості ЕРЕ  $K_{\text{заст.ЕРЕ}}$  розраховується виходячи із формули:

$$K_{\text{заст.ЕРЕ}} = 1 - \frac{N_{\text{Т.ОР.ЕРЕ}}}{N_{\text{Т.ЕРЕ}}}, \quad (1.5)$$

де:  $N_{\text{Т.ОР.ЕРЕ}}$  – оригінальна кількість розмірів типів у виробі (визначається шляхом аналізування схеми електричної принципової),  $N_{\text{Т.ОР.ЕРЕ}} = 0$ ;

$N_{\text{Т.ЕРЕ}}$  – повне колічество типорозмірів електрорадіоелементів в приладі (визначається шляхом аналізу схеми),  $N_{\text{Т.ЕРЕ}} = 11$ ;

$$K_{\text{заст.ЕРЕ}} = 1 - \frac{0}{11} = 1 - 0 = 1.$$

Коефіцієнт застосування мікросхем і мікрозбірок  $K_{\text{ВИК.ІМС}}$  розраховується по формулі:

$$K_{\text{ВИК.ІМС}} = \frac{N_{\text{ІМС}}}{N_{\text{ІМС}} + N_{\text{ЕРЕ}}}, \quad (1.6)$$

де:  $N_{\text{ІМС}}$  – кількість загальних мікросхем і мікрозбірок в генераторі,  $N_{\text{ІМС}} = 2$ ;

$N_{\text{ЕРЕ}}$  – загальне колічество компонентів (отримується із опрацювання схеми),  $N_{\text{ЕРЕ}} = 51$ ;

$$K_{\text{ВИК.ІМС}} = \frac{2}{2 + 51} = 0,038.$$



Відсоток повторюваності електрорадіоелементів виражений через коефіцієнт  $K_{\text{ПОВТ.ЕРЕ}}$  розраховується рівнянням:

$$K_{\text{ПОВТ.ЕРЕ}} = 1 - \frac{H_{\text{Т.ЕРЕ}}}{H_{\text{ЕРЕ}}}, \quad (1.7)$$

$$K_{\text{ПОВТ.ЕРЕ}} = 1 - \frac{11}{51} = 0,78.$$

Відсоток автоматизованості і механізованості підготовленості електричних компонентів до монтажу  $K_{\text{М.П.ЕРЕ}}$  отримується згідно рівняння отриманого по формулі:

$$K_{\text{М.П.ЕРЕ}} = \frac{H_{\text{М.П.ЕРЕ}}}{H_{\text{ЕРЕ}}}, \quad (1.8)$$

де:  $H_{\text{М.П.ЕРЕ}}$  – сукупність компонентів, рихтування яких до кріплення виконується або натомість може проводитись механізованістю або автоматизованістю методологій, тобто наявні механізованості, приладів чи оснасток (або технічна документація) для поведення цих дій. Разом із кількістю зазначених ЕРЕ поєднують і такі, які не мають потреби спеціальної заготовки до монтажу,  $H_{\text{М.П.ЕРЕ}} = 51$ .

$$K_{\text{М.П.ЕРЕ}} = \frac{51}{51} = 1.$$

Відсоток автоматизованості і механізованості етапів контролювання і настроювання електричності параметрів  $K_{\text{М.К.Н}}$  виходячи із рівняння формули:

$$K_{\text{М.К.Н}} = \frac{H_{\text{М.К.Н}}}{H_{\text{К.Н}}}, \quad (1.9)$$

					<i>ФАС 3.119.001 ПЗ</i>	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де:  $N_{M.K.H}$  – число операцій контролювання і настроювання, які можливо виконати механізованою і автоматизованою процесу виготовлення друкованого вузла. До кількості зазначених етапів прийнято додавати операції, у яких немає необхідності проводити механізацію,  $N_{M.K.H} = 1$ ;

$N_{K.H}$  – повне число етапів контролювання і настройки,  $N_{K.H} = 1$ ;

$$K_{M.K.H} = \frac{4}{5} = 0,8.$$

Відсоток автоматизованості і механізованості встановлення  $K_{A.M}$  компонентів на друковану плату отримується згідно рівняння складеного по формулі:

$$K_{A.M} = \frac{N_{A.M}}{N_M}, \quad (1.10)$$

де:  $N_{A.M}$  – число кріпильних з'єднань, що виконуються і можуть виконуватись автоматизацією, мається на увазі присутні механізми, прилади і обладнання (або технологічні документи) для проведення кріпильних з'єднань,  $N_{A.M} = 139$ ;

Таблиця 1.2 Базові показники технологічності.

№	Показники технологічності	Позначення	$\varphi_i$
1	Відсоток застосовності мікросхем і мікрозборок в блоці	$K_{\text{Вик.ІМС}}$	1,000
2	Відсоток автоматизованості і механізованості кріплення	$K_{M.K.H}$	1,000
3	Відсоток механізованості заготовок компонентів	$K_{A.M}$	0,750
4	Відсоток механізованості контрольної настройки	$K_{M.П.ЕРЕ}$	0,500
5	Відсоток подібності електрорадіоелементів	$K_{\text{ПОВТ.ЕРЕ}}$	0,310
6	Відсоток використаності компонентів	$K_{\text{Заст.ЕРЕ}}$	0,187

$N_M$  – загальне число кріпильних з’єднань,  $N_M = 166$ ;

$$K_{A.M} = \frac{139}{166} = 0.84.$$

Найважливішим показником, що застосовується для оцінювання технологічності друкованого вузла, є багатокomпонентний показник технологічності  $K$ . Комплексний показник розраховується по усередненій величині відносних часних показників з урахуванням коефіцієнтів, які характеризують основну значимість часних показників, тобто їх вплив на трудомісткість виробу. Загальний коефіцієнт технологічності  $K$  розраховується виходячи з формули:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{i=S} K_i \varphi_i}{\sum_{i=1}^{i=S} \varphi_i}, \quad (1.11)$$

де:  $K_i$  – величина коефіцієнта по таблиці компонентів комплексного коефіцієнта відповідного класу блоків;

$i$  – номер коефіцієнта в ранговій системі;

$S$  – цілісне число відносних часткових коефіцієнтів у таблиці для вибраної стадії розробки виробу,  $S = 6$ .

$$K = \frac{K_{\text{Заст.ЕРЕ}} \cdot 0.187 + K_{\text{ВИК.ІМС}} \cdot 1 + K_{\text{ПОВТ.ЕРЕ}} \cdot 0.31 + K_{\text{М.П.ЕРЕ}} \cdot 0.75 + K_{\text{М.К.Н}} \cdot 0.5 + K_{A.M} \cdot 1}{0.187 + 1 + 0.31 + 0.75 + 0.5 + 1} =$$
$$= \frac{1 \cdot 0.187 + 0.038 \cdot 1 + 0.78 \cdot 0.31 + 1 \cdot 0.75 + 0.8 \cdot 0.5 + 0.84 \cdot 1}{3.74} = \frac{2.46}{3.74} = 0.657.$$

Оцінка рівня технологічності розроблюваного виробу при відомому нормативі комплексного показника  $K_H = 0.55$  (з таб. 1.3) виражається відношенням величини досягнутого показника  $K$  до нормативного  $K_H$ .

					<i>ФАС 3.119.001 ПЗ</i>	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Це відношення повинно задовільняти умову:

$$\frac{K}{K_H} \geq 1, \quad (1.12)$$

$$\frac{0.657}{0.55} \geq 1.$$

Оскільки відношення комплексного показника до нормативного близьке до одиниці друкований вузол є достатньо технологічним.

Таблиця 1.3 Межі загальних коефіцієнтів технологічності приладу, складових автоматизованих систем керування і електронно-обчислювальної техніки.

Назва класу складових	Серійне виробництво
Електричні	0,50 – 0,80
Механічні	0,45 – 0,60
Радіотехнічні	0,80 – 0,85
З'єднувальні, комутуючі, розподільчі	0,55 – 0,75

1.8 Конструктивний розрахунок окремих елементів і складальних одиниць

Згідно із технологічними здатностями виготовлення обрано комбінаційний спосіб створення ДП та 2 рівень чіткості (ОСТ 4.010.022-85).

Визначення мінімальної товщини мідного провідного покриття відносно постійного струму що використовуються у колах живлення і заземлення:

$$b_{min1} = \frac{I_{max}}{j_{доп} \cdot t}, \quad (1.13)$$

де:  $I_{max}$  – найбільший неперервний потік електронів, що проходить по провідних покриттях ДП (визначається з аналізу схеми),  $I_{max} = 0.2\text{А}$ ;

$j_{доп}$  – прийнятна густина електронного потоку, яка визначається згідно способу створення друкованої плати у таблиці 1.2,  $j_{доп} = 48\text{ А/мм}^2$ ;

$t$  – висота провідного покриття,  $t = 0,035\text{ мм}$ .

$$b_{min} = \frac{0.2}{48 \cdot 0,035} = 0,12\text{ (мм)}.$$

Розрахунок найменшої допустимої товщини провідного покриття, згідно прийнятного спаду напруги на ньому:

$$b_{min2} = \frac{\rho \cdot I_{max} \cdot l}{t \cdot U_{доп}}, \quad (1.14)$$

де:  $\rho$  – об'ємний питомий опір визначається із табл.1.4,

$\rho = 0,0175\text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$ ;

$l$  – сумарна довжина провідного покриття,  $l = 0,3\text{ м}$ ;

$U_{доп}$  – прийнятний спад електрорушійної сили (отримується шляхом аналізу електричної схеми),  $U_{доп} = 0,25\text{ В}$ .

$$b_{min2} = \frac{0,0175 \cdot 0,2 \cdot 0,3}{0,25 \cdot 0,035} = 0,12\text{ (мм)}.$$

Розрахунок номінальної довжини діаметрів отворів для встановлення компонентів  $d$ :

$$d = d_E + |\Delta d_{H.B.}| + r, \quad (1.15)$$

де:  $d_E$  – найбільший діаметр контактів монтованого ЕРЕ, мм;

$\Delta d_{H.B.}$  – найменше допустиме відхилення від номінального подвійного радіусу отвору для монтажу (з таблиці 1.4), мм;

					<i>ФАС 3.119.001 ПЗ</i>	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$r$  – різниця між найменшим подвійним радіусом отвору та найбільшим подвійним радіусом контакту ЕРЕ (підбирається у діапазоні 0,1...0,4 мм).

Для перемичок які з'єднують друкований вузол із елементами які розміщені на корпусі 1 мм:

$$d_1 = 0.8 + 0,05 + 0,1 = 0,95 \text{ (мм)}.$$

Із ряду номінальних величин обрається подвійний радіус отворів для монтажу 1мм.

Для підстроювального резистора R32 із діаметром виводів 0.5 мм:

$$d_2 = 0.5 + 0,05 + 0,2 = 0,75 \text{ (мм)}.$$

Із ряду стандартних величин підбирається подвійний радіус отворів для монтажу рівним 0,8 мм.

Таблиця 1.4 Прийнятна густина потоку електронів відносно способу створення плати друкованої.

Спосіб створення	Товщина провідного покриття, мкм	Допустима густина електронного потоку, А/мм <sup>2</sup>	Питомий опір, $\rho$ , Ом·мм <sup>2</sup> /м
Хімічний: Внутрішні шари БДП, зовнішні шари ОДП, ДПП	20,35,50 20,35,50	15, 20	0,050
Комплексний позитивний	20, 35, 50	75, 48, 38	0,0175
Електрохімічний	-	25	0,050

Визначення подвійного радіусу монтажних площадок:

Найменший допустимий подвійний радіус контактних площадок для двошарової друкованої плати і внутрішніх шарів багат шарової друкованої плати, створених комплексним способом:

$$D_{min} = D_{1min} + 1,5 h_{\Phi}, \quad (1.16)$$

де:  $h_{\Phi}$  – товщина фольги, мм;

$D_{1min}$  – найменший допустимий подвійний радіус площадки, мм:

$$D_{min1} = 2 \cdot (b_M + \frac{d_{max}}{2} + \delta d + \delta p), \quad (1.17)$$

де:  $b_M$  – довжина від краю створеного отвору до краю контактної площадки, мм;

$\delta d$  і  $\delta p$  – допустимі відхилення на розміщення дірок і монтажних площадок (з таблиці 1.5), мм;

$$d_{max} = d + \Delta d + (0,1 \dots 0,15), \quad (1.18)$$

де:  $\Delta d$  – допустиме відхилення на отвір (з таблиці 1.3), мм.

Для кріпильних отворів подвійним радіусом 1 мм:

$$d_{max1} = 1 + 0,05 + 0,13 = 1,18 \text{ (мм)},$$

$$D_{min1} = 2 \cdot \left( 0,03 + \frac{1,18}{2} + 0,05 + 0,15 \right) = 1,64 \text{ (мм)},$$

$$D_{min} = 1,64 + 1,5 \cdot 0,035 = 1,7 \text{ (мм)}.$$

Таблиця 1.5 Допуски для отворів і контактних площадок

Параметри	Клас точності ДП		
	1	2	3
Найменша допустима величина номінальної ширини провідника $b$ , мм	0,45	0,25	0,15
Номінальна довжина між провідниками $s$ , мм	0,45	0,25	0,15
Відношення подвійного радіусу отвору до висоти плати $\gamma$	$\geq 0,50$	$\geq 0,33$	$\geq 0,33$
Допуск на отвір $\Delta d$ , мм, без металізації, $\varnothing \leq 1$ мм	$\pm 0,10$	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$
Теж саме, $\varnothing > 1$ мм.	$\pm 0,15$	$\pm 0,10$	$\pm 0,10$
Допустиме відхилення отвору $\Delta d$ , мм, з металізацією, $\varnothing \leq 1$ мм	+ 0,10 - 0,15	+ 0,05 - 0,10	+ 0,05 - 0,15
Теж саме, $\varnothing > 1$ мм.	+ 0,15 - 0,20	+ 0,10 - 0,15	+ 0,10 - 0,15
Допустиме відхилення ширини провідника $\Delta b$ , мм, без покриття	$\pm 0,10$	+ 0,03 0,05	$\pm 0,03$
Допустиме відхилення розташування отворів $\delta d$ , мм, менше 180 мм	- 0,10 0,15	- 0,08 0,08	0,05 0,08
При периметрі плати більше 360 мм			
Допустиме відхилення розміщення мотажних площадок $\delta r$ , мм, на ОДП і ДДП при периметрі плати менше ніж 180 мм	0,25 0,25	0,15 0,20	0,10 0,15
при периметрі плати від 180 до 360 мм			
Теж саме, при розмірі плати більше 360 мм	0,30	0,25	0,20
Допуск на підтравлення діелектрика БДП $\Delta d_{TP}$ , мм	0,35	0,30	0,25
Допустиме відхилення на розташування контактних площадок $\delta r$ , мм, на БДП при периметрі плати менше ніж 180 мм	0,03 0,35	0,03 0,30	0,03 0,25
Допустиме відхилення на розташування провідників на ОДП і ДДП, $\delta r$ , мм	0,50	0,45	0,40
Для БДП	0,10	0,05	0,03
Відстань від краю свореного отвору до краю контактної площадки $b$	0,12 0,045	0,07 0,035	0,05 0,025

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ФАС 3.119.001 ПЗ

Арк.

40



Для кріпильних отворів подвійним радіусом 0,8 мм:

$$d_{max2} = 0,8 + 0,05 + 0,13 = 0,98 \text{ (мм)},$$

$$D_{min2} = 2 \cdot \left( 0,03 + \frac{0,98}{2} + 0,05 + 0,15 \right) = 1,44 \text{ (мм)},$$

$$D_{min} = 1,44 + 1,5 \cdot 0,035 = 1,5 \text{ (мм)}.$$

Найбільший подвійний радіус контактної площадки:

$$D_{max} = D_{min} + (0,02 \dots 0,06). \quad (1.19)$$

Для кріпильних отворів подвійним радіусом 1 мм:

$$D_{max1} = 1,7 + 0,04 = 1,74 \text{ (мм)}.$$

Для кріпильних отворів подвійним радіусом 0,8 мм:

$$D_{max1} = 1,5 + 0,04 = 1,54 \text{ (мм)}.$$

Рораховування ширини провідників:

Найменша допустима ширина провідного покриття для ОДП і внутрішніх шарів БДП, які створені комбінаційним способом:

$$b_{min} = b_{1min} + 1,5 h_{\Phi}, \quad (1.20)$$

де:  $b_{1min}$  – найменша допустима ефективна ширина провідного покриття, мм.  $b_{1min} = 0,25$  мм для плат 2-го рівня чіткості.

$$b_{min} = 0,25 + 1,5 \cdot 0,035 = 0,30 \text{ (мм)}.$$

Найбільша допустима ширина провідного покриття:

$$b_{max} = b_{min} + (0,02 \dots 0,06), \quad (1.21)$$

					<i>ФАС 3.119.001 ПЗ</i>	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$b_{max} = 0,3 + 0,04 = 0,34 \text{ (мм)}.$$

Визначення найменшої допустимої відстані між елементами малюнку провідників: Найменша допустима відстань між провідним покриттям і монтажною площадкою:

$$S_{1min} = L_0 - \left( \frac{D_{max}}{2} + \delta p \right) + \left( \frac{d_{max}}{2} + \delta l \right), \quad (1.22)$$

де:  $L_0$  – відрізок між центрами відповідних елементів;

$\delta l$  – допустиме відхилення на розміщення провідного покриття (з таблиці 1.5).

$$S_{1min} = 2 - \left( \frac{1,94}{2} + 0,2 \right) + \left( \frac{0,98}{2} + 0,05 \right) = 1,4 \text{ (мм)}.$$

Найменша допустима відстань між монтажними площадками:

$$S_{2min} = L_0 - (D_{max} + 2\delta p), \quad (1.23)$$

$$S_{2min} = 1,75 - (1,94 + 2 \cdot 0,2) = -0,59 \text{ (мм)}.$$

Найменша допустима відстань між провідними покриттями:

$$S_{3min} = L_0 - (D_{max} + 2\delta l), \quad (1.24)$$

$$S_{3min} = 0,7 - (1,94 + 2 \cdot 0,05) = -1,34 \text{ (мм)}.$$

Висновок: в результаті розрахунку конструкції друкованого монтажу були отримані такі параметри:

- допустима ширина провідного покриття по постійному струму для кіл живлення і заземлення  $b_{min}$ , мм.....0,12;
- допустима ширина провідного покриття виходячи з допустимого падіння напруги на ньому  $b_{min2}$ , мм.....0,12;

- значення подвійного радіусу кріпильних отворів  $d_1$ , мм,.....1;
- значення подвійного радіусу кріпильних отворів  $d_2$ , мм,.....0,8;
- найменший допустимий подвійний радіус контактних площадок для діаметру монтажних отворів  $d_1 D_{min1}$ , мм,.....1,7;
- найбільший допустимий подвійний радіус контактних площадок для діаметру монтажних отворів  $d_1 D_{max1}$ , мм,.....1,74;
- найменший допустимий подвійний радіус контактних площадок для діаметру монтажних отворів  $d_2 D_{min2}$ , мм,.....1,5;
- найбільший допустимий подвійний радіус контактних площадок для діаметру монтажних отворів  $d_2 D_{max2}$ , мм,.....1,54;
- найменша допустима ширина провідників  $b_{min}$ , мм .....0,3;
- найбільша допустима ширина провідників  $b_{max}$ , мм .....0,34;
- найменша допустима відстань між провідним покриттям і контактною площадкою  $S_{1min}$ , мм,.....1,4;
- мінімальна відстань між двома контактними площадками  $S_{2min}$ , мм... –0,59;
- мінімальна відстань між двома провідниками  $S_{3min}$ , мм .....- 1,34.

Значення у формулах 1.23 та 1.24 є від’ємними, це означає що контактні площадки та провідники можуть перекриватися, тому у вузьких місцях контактні площадки потрібно робити овальної форми.

### 1.9 Висновки до розділу 1

У першому розділі було розроблено низькочастотний генератор прямого цифрового синтезу, зокрема було проведено аналіз технічного завдання, розробка структурної та функціональної схем, підібрана елементна база, проведено розрахунки каскадів приладу, надійності та технологічності, а також конструктивний розрахунок окремих елементів і складальних одиниць.

## Розділ 2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА (САПР)

2.1 Аналіз технічного завдання, на можливість застосування при проектуванні автоматизованих систем.

САПР – система автоматизованого проектування. Програмний пакет призначений для створення конструкторської і технологічної документації, 3D моделей, креслень, розрахунків і моделювання.

Основним завданням САПР є підвищення продуктивності роботи інженерів, а саме скорочення трудомісткості проектування і планування, скорочення термінів проектування, скорочення собівартості проектування і виготовлення, зменшення витрат на експлуатацію, підвищення якості і техніко-економічного рівня результатів проектування скорочення витрат на натурне моделювання та випробування. Для досягнення цих цілей САПР автоматизує оформлення документації, надає інформаційну підтримку та автоматизує процес прийняття рішень, має можливість паралельного проектування, уніфікує проектні рішення і процеси проектування, забезпечує повторне використання проектних рішень, даних і напрацювань, стратегічного проектування, замінює натурні випробування і макетування математичним моделюванням, підвищує якість управління проектуванням, застосовує методи варіантного проектування і оптимізації.

САПР можна розділити за ступенем автоматизації на прості, середні та складні.

Проаналізувавши ТЗ можна зробити висновок, що з допомогою САПР можна спростити виготовлення графічної частини курсового проекту, а конкретніше схему структурну, схему електричну принципову, перелік елементів, креслення друкованої плати, складальне креслення друкованого вузла і специфікацію

					ФАС 3.119.001 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.2 Вибір і обґрунтування задачі розділу.

Для створення креслення схеми електричної принципової і конструктиву друкованої плати приладу використовується програма Altium Designer.

Altium Designer — система, що складається із багатьох частин автоматичного проектування (САПР) радіоелектронних приладів, створена австралійською компанією Altium. Характерною особливістю даної програми є те, що при редагуванні зміни можуть бути передані на всі стадії проекту що зв'язані з редагованим документом.

### Основні можливості програми Altium Designer:

- редактор схем, дає змогу створювати і редагувати схеми зі складною ієрархією будови:
- створення редагування схем з можливістю розставлення елементів, зміна електричних зв'язків між ними, а також створення правил для друкованих плат;
- менеджера бібліотек, завдяки якому є можливість створювати кастомні бібліотеки елементів, користуватись вбудованими бібліотеками і завантажувати бібліотеки з інтернету;
- SPICE моделювання, що дає можливість перевірити роботу аналогових і цифрових схем;
- редактор друкованих плат містить велику кількість інструментів значно спрощує процес розробки плати;
- засоби для проектування програмованих логічних інтегральних схем.

Також дана програма підтримує багато стандартних форматів вихідних файлів, а вмонтований майстер експорту проектів дозволяє отримувати повний пакет конструкторської документації Також є імовірність

					<i>ФАС 3.119.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

проектування ДП у тривимірним проектуванням з можливістю виводу інформації у механізовані системи автоматичного проектування.

Altium Designer підтримує ряд бібліотек компонентів:

- \*SchLib – складається із символів для конструювання електричних схем;
- \*PcbLib – складається із посадкових місць для конструювання друкованих плат також може включати в себе 3D-моделі компонентів;
- \*.IntLib – бібліотека в якій об'єднуються символи і посадкові місця;
- для 3D моделювання використовується ряд бібліотек із розширеннями: \*.STEP, \*.STP, \*.X\_T, \*.X\_B, \*.SldPrt;
- для аналізу аналогових і цифрових схем присутні моделі у форматах \*.mdl, \*.ckt, \*.txt, \*.scb.

Для оформлення креслення друкованого вузла була використана програма графічного моделювання КОМПАС-3D V14. Вона забезпечує широку панель інструментів для створення і редагування графічної документації. Також компас має зручні інструменти для 3D моделювання, з можливістю генерації комплексу креслень з 3D-моделі.

До складу КОМПАС-3D входить КОМПАС-Графік - найкраща автоматизована система розробки та оформлення конструкторської та проектної документації, орієнтована на повну підтримку стандартів ЕСКД.

### 2.3 Висновки до розділу 2

У другому розділі було проведено аналіз систем автоматизованого проектування радіоприладів, а також було приведено області їх застосування у даній роботі. Було приведено основні функції таких САПР як КОМПАС-3D, Altium Designer.

					<i>ФАС 3.119.001 ПЗ</i>	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ.

### 3.1 Стихійні лиха та їх класифікація

Велику шкоду наносять суспільству небезпечні природні явища. Лісові та торф'яні пожежі, землетруси, повені, зсуви, снігові заноси, бурі, урагани – ось далеко не повний перелік найчастіших стихійних лих. Щорічно на планеті спостерігається 100000 гроз, 10000 повеней, тисячі землетрусів, пожеж, зсувів та ураганів, сотні вивержень вулканів, тропічних циклонів. За 20 років від стихійних лих загинуло 3млн. людей і близько 1 млрд. людей відчували на собі наслідки стихійних лих. Нині у світі щотижня реєструється катастрофа.

Катастрофа – великомасштабна аварія, що призводить до важких, трагічних наслідків.

Катастрофа – це раптова, швидкоплинна подія, викликана силами природи, що спричинила численні людські втрати, завдала шкоди чи створила загрозу здоров'ю значної кількості людей.

Серед НС природного походження на Україні трапляються:

- Геологічні явища (зсуви, обвали, просадки земної поверхні);
- Метереологічні явища (зливи, ураган, снігопади, град, ожеледь);
- Гідрологічні явища (повені, паводки, підвищення ґрунтових вод);

Природні пожежі лісових та хлібних масивів; Масові інфекційні хворобилюддей. У поняття медико – тактичних характеристик катастроф входять: величина і структура втрат населення; наявність або відсутність зараження місцевості в районі катастрофи; розміри осередку ураження.

Ці чинники можуть діяти одночасно або послідовно, зумовлюючи численні, поєднані, комбіновані ураження різного ступеню важкості.

					ФАС 3.119.001 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Землетруси – підземні удари та коливання поверхні землі. Вони серед усіх стихійних лих складають 15%. В Україні сила землетрусів більше ніж 7 балів охоплює територію де проживає 2 млн.

Травми – ушкодження кінцівок, забій м'яких тканин з значними кровотечами та скальпуванням шкірних покривів, СТС. У людей – нервово – психічні розлади, стан емоціонального напруження, збудження, роздратування. 10% населення необхідна психоневрологічна допомога та стаціонарне лікування.

Проведення лікувально – профілактичних заходів спрямованих на зменшення кількості людей з нервово – психічними розладами, загостреннями соматичних захворювань, а також надання допомоги у разі передчасних та нормальних пологів.

Повені – тимчасове затоплення значної території суши водою внаслідок різких природних змін. Вони складають 40% усіх природних катастроф. Тривалість повеней може досягати 7 – 20 днів та більше.

Велике значення під час повеней має своєчасне прогнозування, оповіщення населення та евакуація з районів імовірного затоплення людей, худоби, матеріальних цінностей. Перед евакуацією населення у район, який уникає затоплення, усі громадяни виконують роботи щодо захисту свого житла : відключають воду, газ, електропостачання, переносять на верхні поверхи речі домашнього вжитку, забивають двері та вікна дошками, фанерою. Громадяни, які підлягають евакуації, повинні прибути на місце збору і мати при собі документи, речі першої необхідності, невеликий запас води, продуктів. Евакуація проводиться у найближчі населені пункти.

Причини виникнення повеней:

- Природного характеру – високі рівні води, дощові паводки, затори, дія нагонного вітру;
- Гідродинамічні аварії – прориви гребель, дамб, шлюзів з утворенням хвилі прориву та проривного паводку.



Ураження людей – утоплення та загальне охолодження (замерзання); можливо – гіпертонічні кризи, напади бронхіальної астми, порушення мозкового кровообігу, передчасні пологи, поява психічних розладів, можуть бути – переломи, вивихи, поранення.

Ураган – вітер величезної руйнівної сили, швидкість більше 30 км /год. або 30 м/секунду і значної тривалості. Руйнує споруди, звалює стовпи ліній електропередач, дерева, пошкоджує транспортні магістралі, мости, комунальне – енергетичні системи, призводить до людських жертв. Різновидами урагану є буря і смерч. Швидкість вітру під час бурі 20 м/секунду.

Смерч – вихровий рух повітря, що виникає у грозовій хмарі та поширюється у вигляді величезного чорного рукава або хобота, розрідженого усередині. Діаметр хобота – 30 м, висота – 800 – 1500 м, швидкість – 50 – 60 км / годину, торкаючись до землі, спричиняють великі руйнування.

### 3.2 Інструкція для обслуговуючого персоналу на випадок виникнення аварії, пожежі.

На об'єктах де існує потенційна загроза виникнення пожежі, для встановлення належного протипожежного режиму, мають бути розроблені відповідні інструкції про заходи пожежної безпеки, які затверджуються керівником підприємства. Вони вивішуються на робочих місцях, персонал підприємства має дотримуватися вимог інструкції у повному обсязі з метою поліпшення протипожежного стану об'єкта.

Інструкції мають розроблятися як загальнообов'язкові, для підприємств для окремих структурних підрозділів, а також окремих технологічних операцій, машин і обладнання. Розробку інструкцій здійснюють після детального аналізу пожежної небезпеки підприємства, ділянки чи технологічного процесу на підставі нормативно-технічної документації та

					ФАС 3.119.001 ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

правил пожежної безпеки. В інструкціях вказується категорія приміщень за вибухопожежною небезпекою, дається повна характеристика пожежної небезпеки об'єкта, протипожежні заходи перед початком роботи, під час роботи, та після її закінчення. В інструкціях визначаються вимоги до протипожежного режиму на території підприємства, на шляхах евакуації, на робочих місцях, а також місцях зберігання ЛЗР і ГР і т. ін. В інструкціях мають бути вказівки щодо зупинки технологічного обладнання на випадок виникнення пожежі та приведення в дію стаціонарних автоматичних засобів пожежогасіння. При розробці інструкцій має враховуватися специфіка пожежної небезпеки технологічних процесів, виробничого обладнання, категорія приміщень, будівель і зовнішніх установок і т. ін.

Успіх гасіння пожежі залежить від ступеня підготовки об'єкта та навченості персоналу до дій в цих екстремальних умовах. У разі появи ознак загоряння (дим, запах, полум'я) кожен працівник має негайно повідомити про це органи пожежної охорони (101), керівника або посадову особу підприємства, а також задіяти систему оповіщення і вжити відповідних заходів щодо евакуації людей, а надалі приступити до гасіння пожежі та збереження матеріальних цінностей.

Евакуація – це вимушене переїщення людей із зони можливого небезпечного впливу чинників пожежі.

Безпечна евакуація має забезпечуватись комплексом об'ємно-планувальних, конструктивних, інженерно-технічних рішень, які слід приймати з урахуванням призначення категорії за вибухопожежною та пожежною небезпекою, ступеня вогнестійкості поверховості будівлі та кількості людей, що підлягають евакуації.

Найменший час досягнення небезпечними чинниками критичних величин являє собою допустимий час евакуації. Виведення людей з небезпечної зони у таких випадках називається вимушеною евакуацією.

					<i>ФАС 3.119.001 ПЗ</i>	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для забезпечення безпечної евакуації людей повинні передбачатися заходи спрямовані на створення умов для безпечного виходу людей на випадок пожежі.

У будівлях і спорудах на випадок пожежі необхідно передбачити:

1. відповідну довжину і ширину евакуаційних виходів;
2. відповідну пропускну здатність дверних отворів, які легко відкриваються;
3. необхідну кількість сходових кліток і зовнішніх пожежних драбин;
4. відсутність захаращення у переходах та на шляхах пожежних драбин.

Персонал об'єкту має добре знати ознаки пожежі, при їх появі знати свої дії, визначені посадовими інструкціями з пожежної безпеки. До прибуття пожежно-рятувальної служби об'єктові ДПД мають викликати фахівців для відключення силової і світлової електричної мережі, приточно-витяжну вентиляцію, припинити живлення технологічного обладнання пожежонебезпечними речовинами та задіяти наявні засоби пожежогасіння.

Між членами ДПД, для оперативної і злагодженої дії, завчасно розподіляються обов'язки, які відображаються в таблиці оперативного розрахунку, який є додатком до оперативного плану пожежогасіння. Посадова особа об'єкта до прибуття пожежнорятівальної служби має видалити за межі небезпечної зони всіх працівників, що не беруть участь у ліквідації пожежі і задіяти всі наявні засоби та сили на ліквідацію загоряння.

### 3.3 Висновки до розділу 3

У третьому розділі було розглянуто такі питання, як стихійні лиха, їх класифікація, та інструкція для обслуговуючого персоналу на випадок виявлення пожежі, аварії.

					<i>ФАС 3.119.001 ПЗ</i>	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

При виконанні даної дипломної роботи було здійснено розробку конструкції низькочастотного генератора. Проведено вибір елементної бази в результаті якого була підібрана елементна база більша частина якої монтується SMD монтажем, що підвищує степінь інтеграції і рівень автоматизації виробництва. Також елементна база забезпечує низьку споживану потужність, хороші електричні і габаритні параметри при низькій ціні.

При проектуванні схеми електричної принципової була використана система автоматичного проектування Altium Designer. В процесі проектування друкованої плати використовувалось програмне забезпечення Sprint-Layout, в результаті отримано двосторонню друковану плату невеликих розмірів.

Найкращим методом для виготовлення друкованої плати виявився комбінований метод. Для спрощення і здешевлення виробу матеріалом для корпусу є пластмаса. Оскільки конструкція проста корпус виготовляється литтям під тиском.

В результаті проведення розрахунків друкованого монтажу було розраховано ширину друкованих провідників, відстань між друкованими провідниками, між провідником і діаметри монтажних отворів, контактною площадкою.

В результаті проведення розрахунка надійності було, що даний прилад має високу надійність.

В технологічній частині курсового проекту була проведена якісна та кількісна оцінка технологічності. Розроблена конструкція даного пристрою являється технологічною.

Для оформлення креслення друкованої плати та друкованого вузла була використана програма графічного моделювання КОМПАС.

					<i>ФАС 3.119.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Генератор DDS низькочастотний [Електронний ресурс]. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://cxem.net/izmer/izmer169.php>.
2. Мікроконтроллер Atmega 8 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.chipdip.ru/product/atmega8a-au>.
3. Біполярний транзистор 15C02CH-TL-E [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.chipdip.ru/product/15c02ch-tl-e>.
4. Стабілітрон MMSZ5226B [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.chipdip.ru/product0/8002668844>.
5. Підстроювальний резистор СПЗ-19А [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.chipdip.ru/product0/3662>.
6. Кварцевий резонатор HC-49SM [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.chipdip.ru/product/16mhz-hc-49sm>.
7. Перемикач PS-12E15SELF-LOCK [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.chipdip.ru/product0/8004084937>.
8. Розе'м USB MC32602 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.chipdip.ru/product/mc32602-multicomp>.
9. Розе'м PY-601C [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.chipdip.ru/product/py-601c>.
10. Операційний підсилювач LM358ADR [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.chipdip.ru/product/lm358adr>.
11. Кнопка тактова IT-1102SB [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.chipdip.ru/product/cls7-ts6604-7.0-180-b-it-1102sb>.
12. LCD дисплей LPH8731-3с [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://cxem.net/mc/mc218.php>.
13. Керамічний конденсатор 100 нФ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.chipdip.ru/product/grm21br71e104ka011>.

					<i>ФАС 3.119.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

14. Керамічний конденсатор 27 нФ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.chipdip.ru/product/grm2197u1h273ja01d>.
15. SMD резистор 75 Ом [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.chipdip.ru/product0/9000079459>.
16. SMD резистор 220 Ом [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.chipdip.ru/product0/9000079470>.
17. SMD резистор 510 Ом [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.chipdip.ru/product0/9000079479>.
18. SMD резистор 1.1 кОм [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.chipdip.ru/product0/9000079487>.
19. SMD резистор 2.2 кОм [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.chipdip.ru/product0/9000079494>.
20. SMD резистор 5.6 кОм [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.chipdip.ru/product0/9000079504>.
21. SMD резистор 10 кОм [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.chipdip.ru/product0/9000079514>.
22. SMD резистор 100 кОм [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.chipdip.ru/product0/9000079538>.
23. Розрахунок стабілізатора [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://rcl-radio.ru/?p=29455>.
24. Перелік стандартів ГОСТ 2.105-79 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам ГОСТ 2.702-75 ЕСКД. Правила выполнения электрических схем.

ДОДАТКИ

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

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедру РТ  
\_\_\_\_\_ к.т.н. Дунець В.Л.  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2022 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ  
на кваліфікаційну роботу бакалавра  
на тему: «Генератор DDS низькочастотний»

Узгоджено:  
Керівник дипломного проекту  
Дунець В.Л. \_\_\_\_\_  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_р.

“ВИКОНАВЕЦЬ”  
Студент групи РАС-41  
Філь А. С. \_\_\_\_\_  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_р.

Тернопіль, 2022



# 1 НАЗВА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ Й ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

1.1 Назва: “ Генератор DDS низькочастотний ”

1.2 Підставою для виконання кваліфікаційної роботи є наказ університету про затвердження кваліфікаційної роботи № \_\_\_\_\_ від “ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ р.

## 2 ВИКОНАВЕЦЬ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

2.1. Студент Філь Андрій Сергійович групи РАс-41, кафедри радіотехнічних систем, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

## 3 МЕТА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Метою кваліфікаційної роботи є розробка генератора DDS низькочастотного, що включає в себе:

- розробка схемо-технічного рішення для даного генератора;
- вибір компонентної бази розроблювального генератора;
- розрахунок і вибір компонентів для оптимальної роботи генератора;

## 4 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

### 4.1. Основні параметри

4.1.1. Генератор повинен бути розрахований на живлення від зовнішнього джерела постійної напруги +5В .

4.1.2. Вихідна напруга і максимальний струм навантаження генератора повинні відповідати значенням, наведеним у додатку І.

4.1.3. Похибка установки вихідної напруги генератора не повинна бути більше  $\pm 5\%$ .

### 4.2. Технічні вимоги

4.2.1. Генератор повинне відповідати вимогам цього стандарту, а також технічній документації на генератор конкретного типу, затвердженій в установленому порядку.

4.2.2. Генератор повинен забезпечувати задану додатком 1 вихідну напругу з моменту включення.

4.2.3. Генератор повинен забезпечувати безперервну роботу протягом 24 годин при максимальному струмі навантаження і максимальній напрузі мережі живлення при нормальних кліматичних умовах.

Час попереднього прогріву генератора не повинний перевищувати 30 хв.

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

4.2.5. Електрична міцність і опір ізоляції між корпусом генератора і мережевими контактами, а також між корпусом і контактами, на яких під час роботи

є висока напруга повинні відповідати вимогам ГОСТ 22261.

4.2.6. За механічними і кліматичними умовами експлуатації генератор повинен відповідати ГОСТ 22261 (група 4), кліматичного виконання УХЛ, категорії 3.1 ГОСТ 15150.

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

4.2.7. У комплект генератора повинні входити: генератор, комплект запасних частин. До комплекту докладають паспорт.

4.2.8. Напрацювання на відмову повинне бути не менше 12000 год.

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

4.2.10. Середній термін служби повинен бути не менше 8 років.

Випробування на термін служби не проводять.

4.3. Правила приймання.

4.3.1. Генератор повинен піддаватися приймально-здавальним та періодичним випробуванням.

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

4.3.3. Періодичним випробуванням піддають не менше трьох генераторів кожного типу, що пройшли приймально-здавальні 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 генераторів. Якщо при повторних періодичних випробуваннях виявлено невідповідність хоча б одного виробу вимогам цього стандарту, приймання і відвантаження генераторів 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  $R\alpha = 0.95$ ;
- Бракувальний рівень  $R\mu = 0.8$ ;
- 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 повинен складатися з:

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

- друкована плата генератора;
- 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	
2	Аналіз технічного завдання, підбір бібліографічних матеріалів, необхідних для виконання роботи, техніко-економічний аналіз	
3	Розробка структурної та функціональної схеми	
4	Розрахунок основних вузлів у схемі генератора низькочастотного.	
5	Вибір компонентної бази для розроблюваного генератора;	
6	Компоновка друкованого вузла	
7	Створення допоміжної документації	
8	Спеціальна частина	
9	Розділ охорони праці та безпеки життєдіяльності	
10	Нормоконтроль	
11	Попередній захист КР	
12	Захист КР	

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

## 7 ДОДАТКОВІ УМОВИ ВИКОНАННЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

7.1 Під час виконання дипломного проекту в дане технічне завдання можуть вноситися зміни та доповнення.

Поз. позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
	Конденсатори		
C1, C2	GRM2197U1H273JA01D-50B-27нФ+-5%-"Murata"	2	
C3	GRM21BR71E104KA01L-25B-100нФ+-10%-"Murata"	1	
DA1	Мікросхема Lm358ADR-Texas Instruments	1	
DD1	Мікросхема АТмега8А-AU-Atmel	1	
HG1	Дисплей LCD LPH8731-3C-Siemens	1	
	Резистори		
	Тайвань		
R1, R2	RC0805FR-07220RL-0,125-2200м+-1%-A-B	2	
R3	RC0805FR-07510RL-0,125-5100м+-1%-A-B	1	
R4-R7	RC0805FR-071K1L-0,125-1.1кОм+-1%-A-B	4	
R8	RC0805FR-072K2L-0,125-2.2кОм+-1%-A-B	1	
R9	RC0805FR-0710KL-0,125-10кОм+-1%-A-B	1	
R10	RC0805FR-071K1L-0,125-1.1кОм+-1%-A-B	1	
R11-R13	RC0805FR-0710KL-0,125-10кОм+-1%-A-B	3	
R14	RC0805FR-071K1L-0,125-1.1кОм+-1%-A-B	1	
R15	RC0805FR-0710KL-0,125-10кОм+-1%-A-B	1	
R16	RC0805FR-071K1L-0,125-1.1кОм+-1%-A-B	1	
R17-R20	RC0805FR-072K2L-0,125-2.2кОм+-1%-A-B	4	
R21-R23	RC0805FR-075K6L-0,125-5.6кОм+-1%-A-B	3	
R24	RC0805FR-07100KL-0,125-100кОм+-1%-A-B	1	

ФАС 3.119.001 ПЕ

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
Розроб.		Філь		
Перевір.				
Т.контр				
Н.контр		Марценюк		
Затв.				

Генератор DDS низькочастотний

Перелік елементів

Літ.	Аркуш	Аркушів
	1	2
ТНТУ, ФПТ, каф. РТ, зр. РАС-41		



Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Прим.
				<u>Документація</u>		
A3			ФАС 3.119.001 ЕЗ	Схема електрична принципова		
A4			ФАС 3.119.001 ПЕ	Перелік елементів		
A2			ФАС 3.119.001 СК	Вузол друкований		
				<u>Деталі</u>		
A2	1		ФАС 7.119.001	Плата друкована	1	
				<u>Інші вироби</u>		
				<u>Конденсатори</u>		
				"Murata"		
	2			GRM2197U1H273JA01D-50B-27HФ+5%	2	С1, С2
	3			GRM21BR7E104KA01L-25B-100HФ+10%	1	С3
				<u>Мікросхеми</u>		
	4			Lm358ADR-"Texas Instruments"	1	DA1
	5			АТmega8А-AU-Atmel	1	DD1

ФАС 3.119.001 СП

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Разроб.	Філь			
Перевір.				
Н Контр.	Марценюк			
Затверд.				

Генератор DDS  
 низькочастотний  
 Специфікація

Літ.	Аркцш	Аркцшів
Н	1	3
ТНТУ, ФПТ, каф. РТ гр. РАС-41		



