

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

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроніки
(повна назва факультету)

Кафедра радіотехнічних систем
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему:

Цифровий DDS генератор в діапазоні частот 0,1 Гц - 10 МГц

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

спеціальності 172 Пемеконструючі та

радіотехнічні

(шифр і назва спеціальності)

Тоб
(підпис)

Толемба Б.В
(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Мандришук А.С.
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Мандришук А.С.
(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Думарь В.А.
(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 електроніки
(повна назва факультету)

Кафедра регіональних систем
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

« » (підпис) (прізвище та ініціали)
20__ р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавра
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 172 Технології та інформаційні
студенту Ташенді Богдан Володимирович
(шифр і назва спеціальності)
(прізвище, ім'я, по батькові)
1. Тема роботи Уявний DDS генератор в режимі частот 0,1 Гц - 10 МГц

Керівник роботи Мурзена Анатолій Сергійович старший викладач
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «31» 05 2021 року № 4/7-435

2. Термін подання студентом завершеної роботи 9.06.2021

3. Вихідні дані до роботи технічні параметри: діапазон частот 0,1 Гц - 10 МГц; розділова здатність 0,1 Гц; форма сигналу ШИМ, синусоїда, мандрі; навантаження від шин USB.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)
Аналіз технічного завдання, аналіз структури на функціональній схемі пристрою, виділення і об'єднання елементів базисної функціональної схеми пристрою диференціального DDS генератора, виділення і об'єднання задачі обробки сигналів проектування, аналіз реалізації основних задач в системі, вимоги повної безпеки до конструкції при роботі, задачі проектування доконтракту при проектуванні.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Структурна схема пристрою, схема функціональної пристрою, креслення друкованої плати, складові креслення друкованої плати.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєспроможності, безпека спортивних праць	Пилипчук М.І. д.т.н. професор кафедри МТ.	<i>[Signature]</i> 25.05.21	<i>[Signature]</i> 10.06.

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 біомеханічних матеріалів, необхідних для виконання роботи.		
3	Аналіз структурної та функціональної схеми		
4	Розробка основних вузлів у схемі цифрового DDS генератора		
5	Вибір параметрів та розмірів для розробки кожного елемента		
6	Розробка цифрового вузла		
7	Створення документної документації спеціальної частини.		
8	Розробка окремих частин та безпеки життєспроможності		
10	Верифікація		
11	Початковий етап БД		
12	Захист БД		

Студент

[Signature]
(підпис)

Таленда Б.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Анотація

Тема кваліфікаційної роботи: «Цифровий DDS генератор в діапазоні частот 0,2Гц-10МГц». Кваліфікаційна робота бакалавра// Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії, група РАС-41. // Тернопіль, 2021р. //с.-52, рис.-13, табл.-4, бібліог. – 12, додат.-4.

Ключові слова: DDS, ГЕНЕРАТОР, ПРЯМИЙ ЦИФРОВИЙ СИНТЕЗ, УПРАВЛІННЯ ЧЕРЕЗ ПК.

У дані кваліфікаційні роботі було проведено розробку цифрового DDS генератор в діапазоні частот 0,2Гц-10МГц. Основні техніко - експлуатаційні характеристики: діапазон частот 0,2Гц-10МГц; роздільна здатність 0,1Гц; форма сигналу: шім, пила синусоїда,меандр; живлення від шини USB. Була розроблена конструкторська документація, наведені розрахунки окремих каскадів.

Annotation

Theme of qualification work: "Digital DDS generator in the frequency range 0.2Hz-10MHz". Qualifying work of a bachelor // Ternopil National Technical University named after Ivan Pulyuy, Faculty of Applied Information Technologies and Electrical Engineering, group RAs-41. // Ternopil, 2021 //p.-52, fig.-13, table-4, bibliog.– 12, appendix-7.

Keywords: DDS, GENERATOR, DIRECT DIGITAL SYNTHESIS, PC CONTROL.

In these qualifying works, a digital DDS generator in the frequency range 0.2Hz-10MHz was developed. Main technical and operational characteristics: frequency range 0.2Hz-10MHz; 0.1 Hz resolution; signal shape: shim, sinusoidal saw, meander; powered by USB bus. Design documentation was developed, calculations of separate cascades are given.

Зміст

Анотація	8
Перелік скорочень	9
Вступ	10
1 Основна частина	10
1.1 Аналіз технічного завдання	10
1.1.1 Актуальність обраної теми	10
1.1.2 Аналіз існуючих аналогів	11
1.1.2.1 Генератор сигналів Voltcraft DDS-3005	11
1.1.2.2 Генератор сигналу АНР-3616	11
1.1.2.3 Лабораторний генератор TEG1000-10	12
1.1.3 Технічні характеристики, умови експлуатації проєктованого виробу	13
1.2 Аналіз структурної та електричної принципової схеми цифрового DDS генератора	14
1.2.1 Проектування структурної схеми	14
1.2.2 Проектування принципової схеми	15
1.3 Розрахунок вузлів електричної принципової схеми пристрою	17
1.3.1 Розрахунок фільтра Баттерворта	17
1.3.2 Принцип роботи перетворювача постійної напруги на комутуючих конденсаторах	21
1.4 Вибір і обґрунтування компонентної бази	23
1.4.1 Вибір активних елементів	23
1.4.2 Вибір пасивних елементів	28
1.5 Компоновка друкованого вузла цифрового DDS генератора	31
1.5.1 Обґрунтування та метод виготовлення друкованої плати.	33
1.5.2 Розрахунок друкованого монтажу	34

					<i>ГБВ 3.119.001 ПЗ</i>					
<i>Зм</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Цифровий DDS генератор в діапазоні частот 0,2 Гц–10 МГц</i>			<i>Літ</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>	<i>Галенда Б.В.</i>							6	52	
<i>Перевір.</i>	<i>Марценюк А.С.</i>									
<i>Н. контр.</i>	<i>Марценюк А.С.</i>									
<i>Рецензент</i>										
<i>Зат. каф.</i>	<i>Дунець В.Л.</i>				<i>Пояснювальна записка</i>			<i>ТНТУ ФПТ каф. РТ група РАС-41</i>		

2 Спеціальна частина	38
2.1 Вибір і обґрунтування задачі автоматизованого проектування	38
2.2 Опис реалізації поставленої задачі в системі автоматизованого проектування	38
2.2.1 Створення проекту	38
2.2.2 Додавання до проекту документу схеми електричної принципової	39
2.2.3 Вибір одиниць вимірювання для схеми електричної принципової	39
2.2.4 Встановлення параметрів аркушу	40
2.2.5 Вибір бібліотеки УГП	40
2.2.6 Розміщення компонентів з бібліотеки на робочому полі схеми.	41
2.2.7 Послідовність дій при проведенні ліній електричного зв'язку	42
2.2.8 Загальна послідовність дій для зміни позиційних позначень при автоматичній нумерації елементів	44
3 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	46
3.1 Вимоги пожежної безпеки до електроустановок при роботі	46
3.2 Заходи першої медичної допомоги при ураженні електричним струмом	48
Висновки	50
Перелік посилань	51
Додатки	52

Перелік скорочень

ШІМ – широтно-імпульсна модуляція

ЦАП - цифро-аналоговий перетворювач

АЧХ – амплітудно-частотна характеристика

ФНЧ – фільтр нижніх частот

ФВЧ – фільтр верхніх частот

РФ – режекторний фільтр

СФ – смуговий фільтр

ККД – коефіцієнт корисної дії

САПР – система автоматизованого проектування і розрахунку

ПКМ – права кнопка миші

ЛКМ – ліва кнопка миші

ПУЕ – правила улаштування електроустановок

					<i>ГБВ 3.119.001 ПЗ</i>	Арк.
						8
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Вступ

Генераторами сигналів називають електронні пристрої які створюють повторювальні і неповторювальні цифрові або аналогові сигнали різної амплітуди і частоти. Генератори є невід'ємною річчю при налаштуванні і ремонті радіоапаратури. Також використовується в радіомовленні, медицині і радіолокації .

Генератори сигналів бувають п'яти основних типів: генератори, які генерують синусоїдальні сигнали низької частоти для перевірки справності і ремонту динаміків, підсилювачів перетворювачів і акустичних систем; Генератори сигналів які генерують синусоїдальні хвилі в широкому діапазоні модуляції і вихідної потужності для тестування радіоприймачів, визначення смуги пропускання а також співвідношення сигнал/шум; Синтезатори які генерують сигнали довільної форми в широкому діапазоні частот; Генератори імпульсних сигналів; Які генерують ШІМ сигнали високої точності на точних частотах; А також генератори випадкового шуму які використовують при різних системах електронного і механічного тестування.

Дана робота присвячена генератору з вихідним сигналом ШІМ, синусоїда, пилка, меандр.

					<i>ГБВ 3.119.001 ПЗ</i>	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Основна частина

1.1 Аналіз технічного завдання

1.1.1 Актуальність обраної теми

З 60-х років генератори виготовлялись здебільшого трьох типів:

- Низькочастотні RC генератори
- Високочастотні LC генератори
- Генератори з п'єзокерамічним резонатором

З ерою цифрової електроніки а також вдосконалення елементної бази, були створенні генератори на основі цифрових методів створення сигналу. Існує багато типів синтезу сигналу, але основними видами їх є:

- Синтез на основі поділу або множення частоти високо стабільного сигналу, з подальшою фільтрацією і очищенням;
- Прямий синтез шляхом опитування пам'яті що зберігає відліки заданої форм з перетворенням з допомогою ЦАП.

Генератори першого типу досить складні для реалізації. Для генерації чистого сигналу використовують системи авто налаштування частот. Даний метод дуже дорогий і використовується в вузьких напрямках.

Прямий цифровий синтез — метод, який надає отримати аналоговий сигнал за рахунок генерації послідовності цифрових відліків і їх перетворення в аналогову форму за допомогою ЦАП. Так як сигнал синтезується в цифровій формі, такий пристрій може забезпечити швидку зміну частоти, високу роздільну здатність по частотах, роботу в широкому діапазоні частот. [1].

Також важливою частиною є зручність використання при дослідженнях і налаштуваннях різних приладів. На даний момент значною перевагою вимірювальних пристроїв є можливість роботи з комп'ютером. Створення шаблонів для роботи з різним обладнанням значно пришвидшує процес в наладки і налаштування. Останні моделі цифрових DDS генераторів уже мають таку функцію що значно полегшує користування.

					<i>ГБВ 3.119.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

1.1.2 Аналіз існуючих аналогів

Розглянемо аналоги конструкцій генераторів які випускаються промислово. Головним критерієм для вибору є компактність а також управління генератором через комп'ютер.

1.1.2.1 Генератор сигналів Voltcraft DDS-3005

Voltcraft DDS-3005- це генератор функцій прямого цифрового синтезу (DDS) для генерації довільних сигналів до 5 МГц, визначених підключеним ПК через USB. На додаток до вільно визначаються довільних функцій, доступні стандартні сигнали, такі як синус, квадрат, трикутник, зуб пилки, TTL, шум, трапеція та експоненція, а також АМ і FM. [2]. Технічні характеристики генератора наведені в табл. 1.1

табл. 1.1 Технічні характеристики генератора сигналів Voltcraft DDS-3005

Кількість каналів	1
Форма вихідного сигналу	Синус,пила,ШІМ,трикутник,TTL, Модуляція FM,AM
Діапазон частот	0,1Гц-5МГц
Роздільна здатність	0,01Гц
Живлення	Від USB
Пам'ять	256 kpbs
Імпеданс	CH1 500 КΩ/CH2 50 Ω

1.1.2.2 Генератор сигналу АНР-3616

16-канальний генератор цифрових послідовностей забезпечує формування цифрових текстових послідовностей паралельно послідовного коду. Пристрій призначений для роботи в автоматизованих системах тестування і діагностики цифрових схем і пристроїв з використанням персонального комп'ютера. Використання генератора паттернів дозволяє значно скоротити час діагностики, тестованих або випробуваних розроблювальних пристроїв.[3]. Технічні характеристики генератора наведені в табл. 1.2

табл. 1.2 Технічні характеристики генератора сигналів АНР-3616

Кількість каналів	16
Форма вихідного сигналу	Синус,пила,ШІМ,трикутник,ТТЛ
Діапазон частот	2Гц-100МГц
Роздільна здатність	0,1Гц
Живлення	+6 В
Пам'ять	256 крбс
Амплітуда вихідного сигналу	1,8...4,3 В з шагом 1,2 мВ

1.1.2.3 Лабораторний генератор TEG1000-10

Лабораторний генератор радіочастотного сигналу з вихідною потужністю 10 дБм. Джерело може бути змінено між будь-якими двома частотами в заданому діапазоні з Кроком до 1 кГц. Програми включаються: LO для перетворення частоти, джерело сигналу для скалярних вимірювань; два або більше пристрої можна комбінувати для багато тонального тестування. Синтезоване джерело також містить 0,5 ГБ флеш-пам'яті, яка використовується для встановлення файлів, Даних тесту та іншої допоміжної документації.[4].

Технічні характеристики генератора наведені в табл. 1.3

табл. 1.3 Технічні характеристики генератора сигналів TEG1000-10

Кількість каналів	1
Форма вихідного сигналу	Синус,пила,ШІМ,трикутник
Діапазон частот	35МГц-4000МГц
Роздільна здатність	0,1Гц
Живлення	Від USB
Пам'ять	256 крбс
Амплітуда вихідного сигналу	1,8...4,3 В з шагом 1,2 мВ

Як бачимо генератори промислового характеру при досягненні компактності зменшують характеристики пристрою. Тому є сенс в розробці цифрового DDS генератора.

1.1.3 Технічні характеристики та умови експлуатації проектного виробу.

Виходячи з пункту 1.1.2 формуємо технічне завдання для проектного приладу.

Основні параметри генератора згідно технічного завдання:

- форма сигналу пила, синусоїда, ШІМ;
- діапазон частот до 10 МГц;

Технічні вимоги на цифровий генератор складаються з експлуатаційних, конструктивних та електричних.

До експлуатаційних вимог відноситься: кліматичний вплив на прилад, напруга живлення, а також зручність в експлуатації виробу.

Кліматичні та атмосферні характеристики в яких прилад буде працювати:

- температура навколишнього середовища від 25°C до 40°C;
- атмосферний тиск 96...104 кПа;
- вологість повітря при температурі 30°C 70 %

Враховуючи вище зазначені температурні і атмосферні умови, а також вологість повітря визначаємо умови експлуатації приладу. Генератор буде експлуатуватись в помірно-холодному кліматі в закритих приміщеннях з штучним регулюванням кліматичних умов.

Вологість повітря 70 % вказує, що не потрібно захищати електричний монтаж лаковим покриттям, атмосферний тиск для помірно холодного клімату є нормальним, тому не потрібно вживати додаткових засобів захисту.

Розроблювальний пристрій буде рідко використовуватися автономно тому необхідно врахувати принцип агрегування, тобто створення закінчених пристроїв які входять у єдиний вимірювальний комплекс.

Напруга живлення повинна бути уніфікованою для безпроблемного живлення пристрою без зовнішніх джерел живлення.

					<i>ГБВ 3.119.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

1.2 Аналіз структурної і функціональної схеми цифрового DDS генератора

1.2.1 Проектування структурної схеми

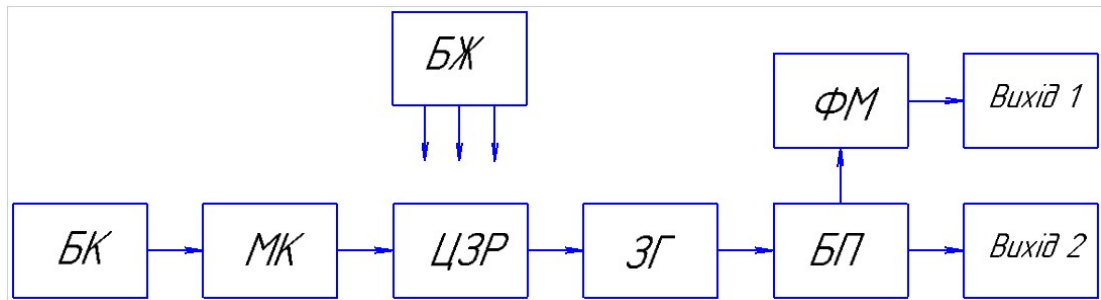


Рисунок 1.1 – Структурна схема DDS генератора

Схему цифрового генератора можна представити у вигляді структурної схеми зображеної на рисунку 1.1 на якому:

БК- блок керування пристроєм. Є програмою яка встановлюється на комп'ютер з операційною системою Windows і підключається до пристрою за допомогою порта USB. За допомогою неї можна змінювати параметри вихідного сигналу а також форму і амплітуду.

МК- модуль мікроконтролера. Приймає з порта USB команди і формує керуючі сигнали для цифрових резисторів згідно завантажених на нього програмі.

ЦЗР- цифрові змінні резистори. Являються матрицею резисторів в мікросхемі, є аналогом звичайних змінних резисторів. Керують цифровим генератором зміною опору на них.

ЗГ- задавальний генератор. Створює сигнал потрібної форми і частоти який задавався в програмі. Знімається з виходу генератора на LC фільтр нижніх частот і надходить в буферний підсилювач.

БП- буферний підсилювач. Являється операційним підсилювачем який підсилюється і надходить на другий вихід пристрою.

ФМ- формувач меандру. Формує з виходу буферного підсилювача меандр який поступає на перший вихід пристрою.

БЖ- блок живлення. Забезпечує живлення всіх інших блоків пристрою а саме блок цифрових змінних резисторів і генератора напругою 5 вольт і блок буферного підсилювача напругою 9 вольт.

1.2.2 Проектування принципової схеми

Основа пристрою побудована на мікросхемі AD9834 фірми Analog Devices. Керуванням мікросхемою займається мікроконтролер ATtiny2313 яка слугує містком між керуючою програмою на комп'ютері яка працює по шині USB і цифровим генератором яка управляється через послідовний інтерфейс SPI.

Для забезпечення стабільності генерації сигналу AD9834 тактується інтегральним кварцовим генератором частотою 50МГц. Генерований сигнал синусоїдної або трикутної форми проходить через диференційний пасивний фільтр 9-го порядку і звідти надходить на диференційний підсилювач, а після нього на формувач меандру і на вихід пристрою. Частота зрізу фільтра були вибрані в компроміс точності відтворення сигналу генератором і нерівномірності АЧХ і максимальної частоти сигналу. Прямокутний вихідний сигнал (меандр) надходять на компаратор MAX961. Після нього сигнал іде на додатковий вихід через буферний каскад на мікросхемі NC7SZ04.

Для управління амплітуди сигналу використовуються цифрові потенціометри, які регулюються мікроконтролером, амплітуда синусоїдального і трикутного сигналу регулюється шляхом зміни струму ЦАП мікросхеми AD9834. Амплітуда меандру регулюється зміною наруги живлення буферного підсилювача. Такий спосіб керування значно зменшує рівень шумів і не впливає на АЧХ вихідного сигналу.

Живлення генератора забезпечується напругою 5 вольт з порта USB. Необхідне для роботи каскадів пристрою використовується мікросхеми MAX1681 для забезпечення від'ємної і подвоєної наруги живлення для роботи

					<i>ГБВ 3.119.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

буферного і операційного підсилювача. Також для роботи логіки генератора використовується стабілізатор 3.3В побудований на операційному підсилювачі. Джерелом опорного живлення для стабілізатора слугує напруга 2.5В яка формується на виводі синтезатора сигналу.[5]

Разом з пристроєм була розроблена програма для управління роботи генератора. Структурна схема роботи програми наведена на рисунку 1.2

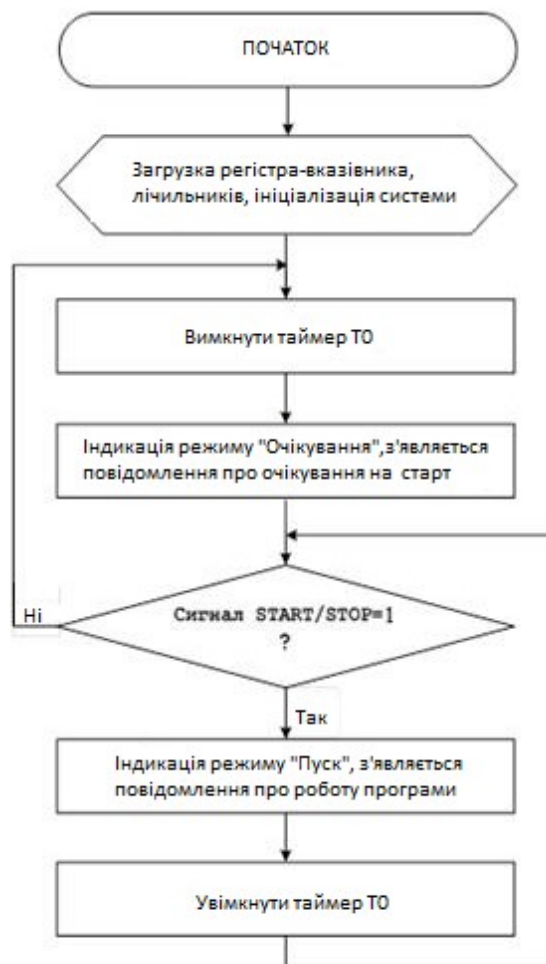


Рисунок 1.2 – Структурна схема програми DDS генератора

При підключенні генератора до комп'ютера відбувається ініціалізація мікроконтролера: загрузка початкових значень регістрів вказівників і лічильників; настройка системи переривань і таймерів. З'являється спливаюче повідомлення у вікні програми про готовність генератора до роботи. В режимі очікування мікроконтролер періодично опитує програму на комп'ютері на наявність даних з характеристиками, формою сигналу і дозвільним пакетом про запуск генерації.

Коли генератор приймає пакет даних на екрані з'являється спливаюче повідомлення про старт роботи генератора. Перед запуском в регістри мікроконтролера генератора записуються число яке автоматично перезаписує регістри якщо він переповнений. Для читання кодової комбінації з пам'яті і їх запис а також організація нового циклу потрібно на регістр подати біт який знімає блокування переривань.[6]

Читання кодової таблиці відбувається з використанням регістра вказівника даних. Після видачі останньої кодової комбінації регістр лічильник і регістр вказівник заповнюються початковими значеннями.

Якщо на порт надходить пакет з сигналом «стоп» таймер вимикається і генератор переводиться в режим очікування, з'являється спливаюче вікно про зупинку генерації і повідомлення про готовність роботи.

1.3 Розрахунок вузлів електричної принципової схеми пристрою

1.3.1 Розрахунок фільтра Баттерворта

Електричним фільтром називається пристрій призначений для виділення з електричного коливання в заданих смугах частот, і подавлення складових, які розміщені в інших також заданих смугах частот. Вони називаються смугою пропускання і смугою затримки.

По розміщенню смуг пропускання і затримки розрізняють фільтри: нижніх частот (ФНЧ), смугові (СФ) і режекторні (РФ) верхніх частот(ФВЧ),. характеристики ідеальних фільтрів приведені на рисунку 1.3

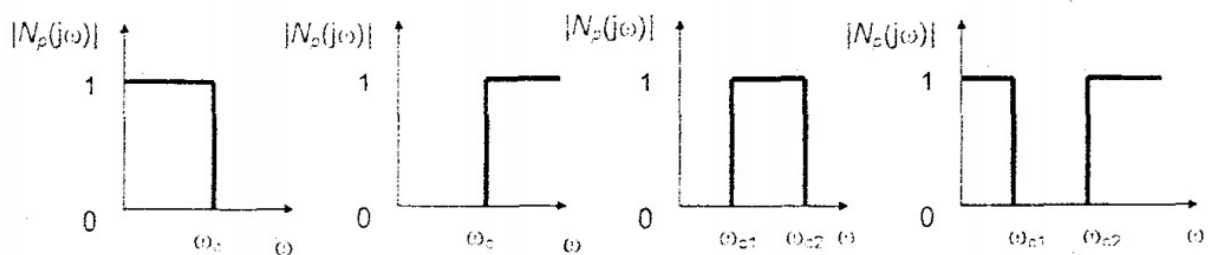


Рис.1.3 Амплітудо частотні характеристики ідеальних фільтрів

Вимоги до амплітудо-частотної характеристики формують у вигляді вимог до залежності послаблення фільтра і формується так, щоб в смузі пропускання послаблення рівне нулю. Тоді послаблення фільтра в смузі пропускання немає перевищувати деякі задані величини. А в смузі затримки не повинно перевищувати значення пропускання сигналу.

В реальних фільтрів на відмінно від ідеальних, характеризуються також наявністю смуги переходу в якій послаблення фільтра не нормується і зростає до значень, допустимих в межах смуги пропускання, до значень потрібних смуги затримки фільтра. Таким чином смуга пропускання фільтра обмежується частотою на яких затування фільтра не перевищує максимального затування фільтра.

Окрім вимог до частотної залежності послаблення фільтра, які розглядаються як основні до його електричного конструктивних параметрів можуть пред'являтися додаткові вимоги, наприклад: до допустимих відхилень фазочастотної характеристики фільтра в його смузі пропускання від лінійної, що зв'язано з умовами без спотвореної передачі сигналу. В таких випадках або формується і вирішується відповідна апроксимаційне завдання, або з допомогою спеціальних кіл коректуючи фазочастотних характеристик фільтра, розраховано тільки по потребам до послаблення.[7]

В генераторі було вибрано розраховувати фільтр нижніх частот Баттерворта з такими входними характеристиками:

Гранична смуга пропускання	10МГц
Гранична частота смуги затримки	25МГц
Максимальне затування в смузі пропускання	0.15Дб
Гарантоване затування в смузі затримки	57.6Дб
Опір нагрзуки	600Ом

Визначаємо потрібний порядок ФНЧ Баттерворта.

$$n \geq \frac{\lg \frac{10^{0,1a_{\min}} - 1}{10^{0,1a_{\max}} - 1}}{2 \lg \frac{2\pi g f_s}{2\pi g f_c}} \quad (1.1)$$

Де:

a_{\max} - Максимальне затухання в смузі пропускання

a_{\min} - Гарантоване затухання в смузі затримки

f_c - Гранична смуга пропускання

f_s - Гранична частота смуги затримки

$$\frac{\lg \frac{10^{0,1 \cdot 7,6} - 1}{10^{0,1 \cdot 0,15} - 1}}{2 \lg \frac{2\pi \cdot 25000000}{2\pi \cdot 10000000}} = 9,06 = 9$$

Визначаємо значення нормованої частоти зрізу.

Відомо що табульований ФНЧ Баттерворта на $\omega_c = 1$ має затухання $a_{\max} = 3$ дБ. Для визначення ω_c , на якому ФНЧ Баттерворта має затухання $a_{\max} = 0.15$ дБ, використовуємо вираз присвоївши змінним наступні значення: $a_2 = 3$ дБ на $\omega_2 = 1$, $a_1 = 0,15$ дБ на $\omega_1 = \omega_c$, $n = 9$

$$n \geq \frac{\lg \frac{10^{0,1a_2} - 1}{10^{0,1a_1} - 1}}{2 \lg \frac{\omega_2}{\omega_1}} = \frac{\lg \frac{10^{0,1 \cdot 3} - 1}{10^{0,1 \cdot 0,15} - 1}}{2 \lg \frac{1}{\omega_c}} \quad (1.2)$$

Вирішуючи отримане рівняння відносно ω_c отримуємо:

$$\lg \frac{1}{\omega_c} = \frac{1}{18} \lg \frac{10^{0,3} - 1}{10^{0,015} - 1} \rightarrow \omega_c = 0,663 \quad (1.3)$$

					<i>ГБВ 3.119.001 ПЗ</i>	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибираємо принципову схему ФНЧ Баттерворта. Так як порядок фільтра 9-непарний вибираємо схему з меншою кількістю індуктивностей. Вибрана принципова схема показана на рисунку 2.

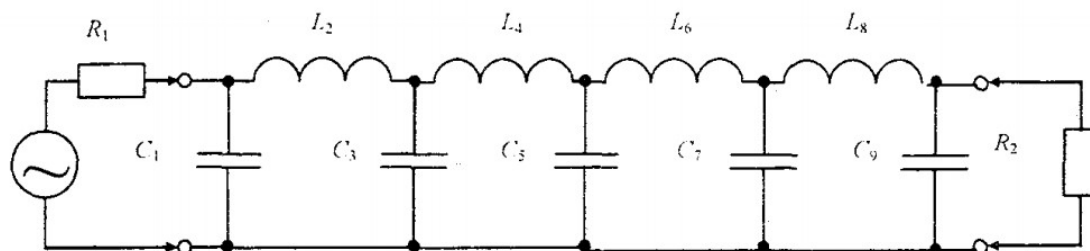


Рис.1.4 схема ФНЧ Баттерворта 9-го порядку

Визначаємо параметри нормованого ФНЧ Баттерворта 9-го порядку по таблиці значень елементів фільтра Баттерворта.

Таблиця 1.4 таблиця значень елементів фільтра Баттерворта

n	C_1	L_2	C_3	L_4	C_5	L_6	C_7	L_8	C_9
2	1,414	1,414							
3	1,000	2,000	1,000						
4	0,7654	1,848	1,848	0,7654					
5	0,6180	1,618	2,000	1,618	0,6180				
6	0,5176	1,414	1,932	1,932	1,414	0,5176			
7	0,4450	1,247	1,802	2,000	1,802	1,247	0,4450		
8	0,3902	1,111	1,663	1,962	1,962	1,663	1,111	0,3902	
9	0,3473	1,000	1,532	1,879	2,000	1,879	1,532	1,000	0,3473
n	L_1	C_2	L_3	C_4	L_5	C_6	L_7	C_8	L_9

Визначаємо частотний масштабний множувач відповідно до виразу.

$$K_f = \frac{\omega_c}{\omega_1} = \frac{2\pi f_c}{\omega_1} = 2\pi \frac{10000000}{0,663} = 9,47 \text{ дж} 0^7 \quad (1.4)$$

Масштабуємо табульований нормований ФНЧ прототип по частоті імпедансу використовуючи вирази:

$$C_1 = C_9 = \frac{C_1}{K_f g K_z} = \frac{0,3473}{9,47 \text{ дж} 0^7 \text{ дж} 600} = 6,11 \text{ дж} 0^{-12} \quad (1.5)$$

$$C_3 = C_7 = \frac{C_3}{K_f g K_z} = \frac{1,532}{9,47 \text{ дж} 0^7 \text{ дж} 600} = 2,69 \text{ дж} 0^{-11}$$

$$C_5 = \frac{C_5}{K_f g K_z} = \frac{2}{9,47 \text{ д} 0^7 \text{ г} 600} = 3,51 \text{ д} 0^{-11}$$

$$L_2 = L_8 = \frac{K_z L_2}{K_f} = \frac{600 \text{ г}}{9,47 \text{ д} 0^7} = 6,33 \text{ д} 0^{-6} \quad (1.6)$$

$$L_4 = L_6 = \frac{K_z L_4}{K_f} = \frac{600 \text{ г}, 879}{9,47 \text{ д} 0^7} = 1,19 \text{ д} 0^{-5}$$

Виходячи з розрахунків вибираємо номінали конденсаторів: C1 та C9 по 6.1Пф, C3 і C7 по 26,9 Пф, C5 35,1 Пф. Котушки індуктивності L2 і L7 по 6,33мкГ, а також L4 і L6 по 11 мкГн.

1.3.2 Принцип роботи перетворювача постійної напруги на комутуючих конденсаторах

При конструюванні DDS генератора потрібно було без додаткових зовнішніх джерел живлення забезпечити +9 вольт для живлення операційного підсилювача а також -5 вольт для диференційного підсилювача, який потребує двополярної напруги живлення ± 5 вольт. Для цього був вибраний перетворювач MAX1681, тому що йому не потрібно спеціальних елементів з точними номіналами які впливатимуть на його роботу, що здешевлює пристрій. Структурна схема перетворювача MAX1681 зображена на рисунку 2.19, функціональна схема зображена на рисунку 1.5.

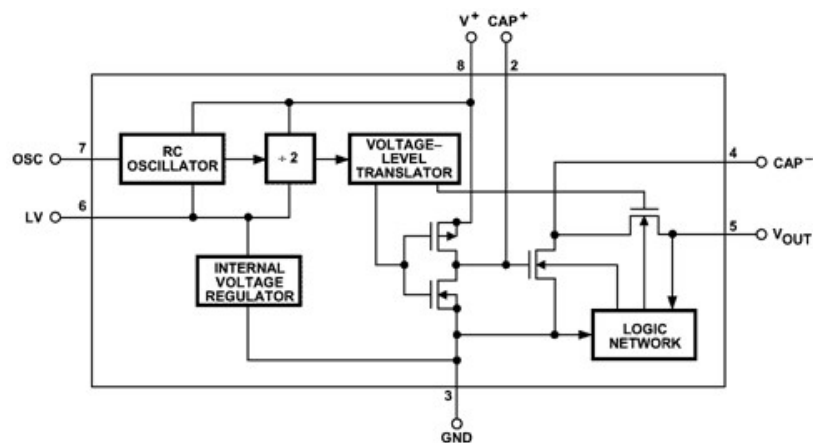


Рисунок 1.5 - Структурна схема мікросхеми перетворювача MAX1681

Перетворювач має чотири силових MOSFET ключа, що керуються логічними елементами і транслятором рівня напруги, робота яких здійснюється на частоті, яка отримана в результаті ділення на два частоти задаючого RC генератора. Це дозволяє формувати керуючі імпульси з необхідними характеристиками "меандр" і оптимізувати потрібну роботу задаючого RC генератора, робоча частота якого без зовнішніх елементів становить 10 кГц. Внутрішній регулятор напруги необхідний для забезпечення роботи мікросхеми від джерел з пониженою напругою.

При замиканні ключів S1 і S3 і розмиканні ключів S2 і S4 під час першої половини циклу зовнішній конденсатор C1 заряджається від джерела живлення до напруги $V+$, а при замиканні ключів S2 і S4 і розмиканні ключів S1 і S3 під час другої половини циклу конденсатора C1 передає частково свій заряд зовнішньому конденсатору C2, що забезпечує виведення напруги з мікросхеми. Але щоб забезпечити хороший коефіцієнт перетворення потрібно або збільшувати ємність конденсатора або збільшувати частоту. в першому випадку зростають габарити конденсатора і, габарити перетворювача. У другому випадку зростають втрати енергії в реальному пристрої, що знижує його коефіцієнт корисної дії. Для цього виведений зовнішній конденсатор який задає частоту роботи RC генератора.

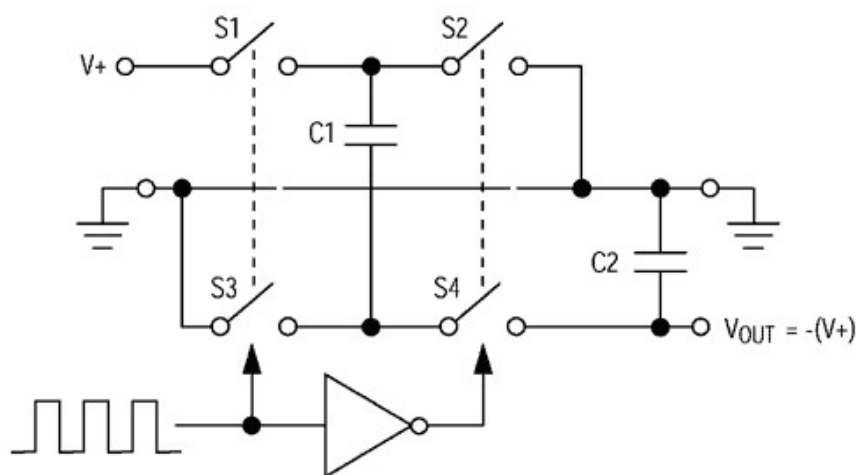


Рисунок 1.6 - Функціональна схема мікросхеми перетворювача MAX1681

Частота генерації була вибрана 500 кілогерц, згідно чого у відповідності до технічного опису мікросхеми був вибраний конденсатор ємністю 2.2 мкФ (С5). Це дозволяє забезпечити малі габарити конденсатора і непоганий ККД перетворювача.[8]

1.4 Вибір і обґрунтування компонентної бази

Компонентна база в електронному пристрої напряму впливає на надійність роботи пристрою. Тому слід виділити основні вимоги до параметрів електронних радіо елементів, а саме технічні характеристики і експлуатаційні параметри.

Технічні характеристики:

- номінальні значення параметрів радіоелементів які задані згідно принципової схеми.

- допустимі температурні режими елемента.
- запас 25% робочої напруги радіо елемента
- допустима потужність розсіювання радіоелемента.
- діапазон робочого спектру частот
- діапазон температур

Експлуатація пристрою буде проходити в приміщені з температурою навколишнього середовища від +15 до +40 градусів. На пристрій не буде взаємодіяти сильний механічний вплив.

1.4.1 Вибір активних елементів

Транзистори

Використовується здвоєний MOSFET IRF7301. Перевагою вибору такого елемента є зменшення кількості радіоелементів, що підвищує надійність проектованого приладу.

					<i>ГБВ 3.119.001 ПЗ</i>	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні параметри:

тип	Здвоєний MOSFET;
вихідна потужність	2Вт;
напруга живлення	20В;
вихідний струм	5 А;
опір відкритого переходу	0.16Ом;
робоча температура	-40°...+150°С;

Діоди

Використовується малопотужний кремнієвий діод 1N4001FL. Велика поширеність а також низька вартість елемента є ідеальним варіантом для роботи в генераторі.

Основні параметри:

Максимальний прямий струм	0.2 А;
Максимальний зворотній струм	5 мкА;
Максимальна пряма напруга	1 В;
Загальна ємність	4 пФ;
Робоча температура	-65...50 °С;

Мікросхеми

Основним вузлом є мікросхема AD9834. Саме ця мікросхема генерує усі сигнали: пилоподібні, синусоїда, ШІМ модуляція. Побудована в корпусі SOP20 компанії «Texas Instruments» може генерувати сигнал синусоїди з похибкою 0,1% на гармоніку також генерує ШІМ сигнал з великою амплітудою і малим затуханням і особливістю цієї мікросхеми є генерація з плаваючою точкою.

Основні параметри:

Живлення В	+2.3...+5.5;
Швидкість МГц	50;

					<i>ГБВ 3.119.001 ПЗ</i>	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Енергоспоживання мВт	20;
Генерація синусоїди мГц	0,01...50;
Генерація пили мГц	0,02...30;
Генерація прямокутних імпульсів мГц	0,02...40;

Мікроконтролер ATtini2313 був вибраний через дешевизну, виконує всі обчислення і виміри в пристрої, складається з 20 виводів в корпусі SOP20 являється економічним вибором мікроконтролера у співвідношенні ціна/якість має в собі усі функції ATmega 8 але з меншою кількістю можливостей.

Основні параметри:

Робоча напруга В	1,8...5,5;
Струм споживання, мА	20;
Потужність розсіювання, мВт	50;
Смуга пропускання, МГц	35;
Швидкість наростання, В/мкс	0,01;
Кількість підсилювачів	1;
Робоча температура,С	-40...+85;

Електронний потенціометр має використовується для електронного регулювання амплітудою сигналу, через малі габаритні розміри зручно використовувати у портативних пристроях.

Основні параметри:

Вихідна напруга, В	0,2...5;
Максимальна вхідна напруга, В	12;
Максимальний вихідний струм, А	0,1;
Максимальна потужність розсіювання, Вт	0,2;
Коефіцієнт згладжування пульсацій, дБ	25;
Струм споживання, мА	1;
Дрейф напруги, %	1;

					<i>ГБВ 3.119.001 ПЗ</i>	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт нестабільності по напрузі, %/В	0,05;
Температурний коефіцієнт напруги, %/С	6,02;
Робоча температура, С	-40 , +85;

Для підвищення потужності вихідного сигналу використовується MAX961 перевагою цієї мікросхеми є малий струм споживання також малий коефіцієнт шумів на максимальній потужності.

Основні параметри:

Тип виходу	Комплементарний;
Діапазон напруги живлення	2,7 В...5,5 В;
Струм живлення	11 мА;
Час розповсюдження сигналу Вх-Вих	4,5 нС;
Діапазон робочих температур	-40...+85;

Для керування виходом меандру використовується мікросхема NC7SZ04M5X, її перевагою є низьке електроспоживання, а також низьке спотворення сигналів.

Основні параметри:

Номінальний струм	20 мА;
Номінальна напруга	1,6 В...5,5 В;
Максимальний вхідний струм	32 А;
Максимальний вихідний струм	5 А;
Робоча температура	-5...+125;

Для підвищення потужності сигналу з цифрових потенціометрів а також для стабілізатора напруги 3,3 В використовується мікросхема LM324 Перевагою цієї мікросхеми є малі розміри при великій вихідній потужності.

Основні параметри:

Кількість каналів ОУ	4;
Напруга живлення	3 В...32 В;

					<i>ГБВ 3.119.001 ПЗ</i>	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Струм споживання	2 мА;
Частота підсилювання	1,2 МГц;
Рівень шумів	32 нВ/Гц;

Для хорошого кінцевого перетворення і підсилення цифрового сигналу використовуються диференційний підсилювач AD8130. Перевагою цієї мікросхеми є якісний аналоговий вихідний сигнал з малим спотворенням

Основні параметри:

Тип	Диференційний підсилювач;
Напруга живлення	4.5 В...25 В;
Струм споживання	13 мА;
Максимальна швидкість наростання сигналу	1100 В/мкс;
Діапазон робочих температур	-40...+85;

Світлодіод

Для індикації роботи пристрою використовується LED світло діод 3.5 мм HL1 типу FYL-3004GD Даний індикатор добре підходить до пристрою, хороша інтенсивність свічення і великий кут розсіювання дає можливість побачити роботу навіть при сильному зовнішньому освітленні

Основні параметри:

Довжина хвилі	570 нм;
Яскравість	15 мКд;
Робоча напруга	2,2...2,5 В;
Робочий струм	30 мА;
кут світіння°	60°;
Робоча температура	-40...60°С;

					<i>ГБВ 3.119.001 ПЗ</i>	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4.2 Вибір пасивних елементів

Резистори

Під час вибору елементної бази для проектованого виробу оптимальним варіантом вибору постійних резисторів R1-R13, R15-R23, R25-R34 типу 0603 виробник фірми «Royal OHM» з потужністю 0,1Вт. Вони мають дуже високу стабільність параметрів, малу залежність опору від температури, частоти, напруги, малі габарити і високу надійність. Призначені для роботи в електричних колах постійного, змінного та імпульсного струмів, ці резистори досить часто використовуються тому їх дістати буде не важко, вони мають хороші параметри, також даний тип резисторів є не дорогим, що значно зменшує вартість виробу

Основні параметри:

Номінальна потужність, Вт	0,1;
Діапазон номінальних опорів, Ом	1—10·10 ⁶ ;
Допустиме відхилення опору, %	±10;
Максимальна робоча напруга, В	50;
Діапазон робочих температур, °С	-60...+155.

Кращим варіантом при виборі підстроювального резисторів які будуть використовуватися для підстроювання електричних параметрів, був вибраний резистор типу 3296W виробник фірми «Royal OHM»,. Був обраний такий тип резистора через поширеність в продажі, хорошу якість виконання та не високу ціну

Основні параметри:

Тип провідника	металокераміка;
Номінальний опір кОм	15;
Точність, %	10;
Номінальна потужність, Вт	0,75;

					<i>ГБВ 3.119.001 ПЗ</i>	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Максимальна робоча напруга,	В 1000;
Робоча температура, С	-55...+125;
Кількість оборотів	15.

Конденсатори

Конденсатори С1-С40 типу 1206 виробники фірми «SAMSUNG» - керамічні багатошарові. Вони мають малі габарити, являються дуже дешевими та доступними. Призначені для роботи в ланках постійного та пульсуючого струмів, а також в імпульсних режимах. Використовуючи конденсатори такого типу дає нам можливість автоматизувати процес виготовлення виробу

Основні параметри:

Робоча напруга, В	50;
Відхилення ємності від номінального значення, %	5;
Інтервал робочих температур, °С	-55...+125;
Температурний коефіцієнт ємності	ПСЕ+3,3;
Відносна вологість, %	до 98;
Діапазон тиску, гПа	6,6-2942;
Діапазони ємностей	1пФ — 10мкФ

Котушки індуктивності

Для перетворення цифрового сигналу з цифрового генератора в аналоговий використовується котушка індуктивності MCFE1608TR47MG перевагою є великі номінали індуктивності при малих розмірах

Основні параметри:

Номінальний струм	200 мА;
Номінальна напруга	20 В;
Робоча температура	-5...+125;
Діапазон Індуктивностей	1...30 мкГ;

					<i>ГБВ 3.119.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Для запобігання високочастотних завад у схемі, використовується фільтр подавлення BLE21AG102SN1 перевагою цього компонента є хороше подавлення високочастотних завад що покращує вихідні параметри генератора.

Основні параметри:

Смуга подавлення завад	від 1 до 10МГц;
Імпеданс 100 МГц	1 кОм;
Номінальний струм	200 мА;
Номінальна напруга	20 В;
Робоча температура	-5...+125;

Роз'єми

Для підключення проводів до виходу використовується BNC конектор (J2,J4). Хороший цей роз'єм тим що він дає завадо захищеність сигналу і є зручним для швидкого використання генератора.

Основні параметри:

Хвильовий опір	50 Ом;
Робоча напруга	500 В;
Діапазон частот	5 Гц...5 ГГц;
Робоча температура	-40...+125;

Для живлення плати використовується USB роз'єм. Перевагою є те що цей тип роз'ємну дуже поширений і не потрібно укомплектовувати прилад кабелем, також при несправності шнура можна легко його замінити

Основні параметри:

Діапазон напруги живлення	2,7 В...5,5 В;
Струм живлення	11 мА;
Діапазон частот	200 МГц;
Діапазон робочих температур	-40...+85;

					<i>ГБВ 3.119.001 ПЗ</i>	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кварцові резонатори

Для задавання опорної генерації мікросхеми генератора, використовується генератор ZQ2 типу KXO-V97 фірми CEYER . Даний генератор має хороші частотні характеристики і є досить компактний для інтеграції в пристрій.

Основні параметри:

Напруга живлення	5В;
Струм споживання	50мА
Частота генерації	50МГц
Робоча температура	-40...+60°C

Для задавання частоти генерації мікроконтролера був використаний кварцовий резонатор ZQ1 типу HC-49S фірми CEYER. Даний генератор має непогані характеристики і малі габарити

Основні параметри:

Напруга живлення	5В;
Струм споживання	50мА
Частота резонації	12МГц
Загрузочна ємність	32 пФ
Робоча температура	-40...+60°C

1.5 Компонівка друкованого вузла цифрового DDS генератора

При компонуванні друкованого вузла слід враховувати теплові режими радіоелементів, параметри надійності, ергономіку розміщення елементів настройки для зручного користування приладом.

Форма приладу найбільше визначається такими факторами:

- вимоги лаконічності форми, що вимагається необхідністю застосування уніфікованих і стандартних виробів;

					<i>ГБВ 3.119.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

- склад і форма комплектуючих радіоелементів;

- відповідність приладу стандартним ергономічним та естетичним вимогам, що диктуються модою і напрямком де використовується прилад;

Також не менш важливим є компоновка самого друкованого вузла, тому слід врахувати такі конструктивні вимоги до компоновки:

- між окремими вузлами,блоками повинні бути відсутні паразитні електричні і електромагнітні зв'язки;

- необхідно забезпечити легкий доступ до вузлів налаштування приладу;

- тепло яке виділятиметься під час роботи пристрою не повинне погіршувати технічні характеристики апарату;

Також важливою частиною в компонуванні пристрою є зменшення паразитних зв'язків. Вони бувають електромагнітні, електростатичні і кондуктивні.

Електромагнітні зв'язки виникають при протіканні струму через індуктивності і провідники електростатичні створюються через різницю потенціалів між точками корпусу або паразитні ємності. Кондуктивні виникають коли загальне навантаження є спільним для декількох електричних вузлів.

Для усунення паразитних зв'язків здебільшого достатньо лише раціонального розміщення елементів на друкованій платі. Однак деколи цього не достатньо. Для вирішення такої проблеми використовують розділення схеми на функціональні каскади, зменшення довжини друкованих провідників, якщо елемент чутливий до паразитного зв'язку необхідно щоб даний елемент мав лише одне з'єднання з шиною заземлення.

Виходячи з рекомендацій по використовується така компоновка:

- мікросхема синтезатора і фільтр який відновлює сигнал в аналогову форму, мають бути максимально близько один до одного;

- диференційний підсилювач має бути як найближче до вихідних клем генератора;

					<i>ГБВ 3.119.001 ПЗ</i>	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- клеми а також роз'єм джерела живлення розмістити максимально далеко один від одного, для запобігання паразитних зв'язків;

- підстроювальні резистори розмістити на краю плати і зробити легкий доступ для налаштування пристрою;

- перетворювачі напруги розмістити подальше від блоків які генерують сигнал.

- встановити завадогасячі індуктивності біля перетворювачів напруг а також біля мікроконтролера і синтезатора сигналу.

1.5.1 Обґрунтування та метод виготовлення друкованої плати.

Друковані плати класифікуються на: односторонні, двохсторонні та багатошарові.

В даному проектованому виробі використовується двохстороння друкована плата з металізацією перехідних отворів. Такий метод виготовлення друкованої плати зменшує загальну площу друкованої плати а також значно зменшує довжину доріжки, що покращує вихідні характеристики пристрою.

Для виготовлення плат був вибраний третій клас точності. Даний клас забезпечує високу щільність трасування друкованих провідників а також при використанні поверхневого монтажу радіоелементів збільшується технологічність конструкції.

Через вибір 3-го класу точності друкованої плати обираєм для виготовлення плати комбінований метод. Даний метод є більш складніший і потребує додаткової апаратури для виготовлення, але він забезпечує високу якість друкованих провідників.

Матеріал друкованої плати визначається від електричних і фізико-механічних факторів. Також враховується механічні і кліматичні впливи які впливатимуть на плату.

Товщина друкованої плати вибирається від механічної міцності і жорсткості. Найпоширенішим матеріалом на виробництво є двохсторонній

					<i>ГБВ 3.119.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

фольгований склотекстоліт. Не менш важливою характеристикою є також товщина друкованої плати, зазвичай використовується текстоліт 1,5мм.[9]

Враховуючи вище зазначенні вимоги до друкованої плати обираєм фольгований склотекстоліт марки СФ-2-35-1,5мм, тобто двохсторонній склотекстоліт з товщиною міді 35мкм і товщиною текстоліту 1,5мм.

1.5.2 Розрахунок друкованого монтажу

Визначаємо мінімальну довжину друкованого провідника по постійному струмі:

$$b_{min1} = \frac{I_{max}}{i_{доп} \cdot t} \quad (1.7)$$

де I_{max} – максимальний струм який буде протікати через провідник.

З аналізу принципової схеми було визначено, $I_{max} = 0,2A$;

$i_{доп} = 75A/mm^2$ – густина струму для виготовлення плати комбінованим методом;

$t = 20mкм = 0,02m$ – товщина доріжки.

$$b_{min1} = \frac{0,2}{75 \cdot 0,02} = 0,13mm$$

визначаємо ширину провідника :

$$b_{min2} = \frac{\rho \cdot I_{max} \cdot l}{U_{доп} \cdot t} \quad (1.8)$$

де ρ – питомий об'ємний опір. $\rho = 0,0175Om \cdot mm^2/m$;

l – довжина провідника. $l = 0,3m$;

$U_{доп}$ – допустиме падіння напруги на провіднику, з схеми було визначено.

$U_{доп} = 0,45V$.

$$b_{min2} = \frac{0,0175 \cdot 0,2 \cdot 0,3}{0,45 \cdot 0,02} = 0,12mm$$

					<i>ГБВ 3.119.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Визначаємо діаметр монтажних отворів, d :

$$d = d_e + |\Delta d_{н.в.}| + r \quad (1.9)$$

де d_e – максимальний діаметр виводу радіоелемента;

$\Delta d_{н.в.}$ – граничне відхилення від номінального діаметру (0,1 для всіх);

r – різниця між мінімальним діаметром отвору і максимальним діаметром, вибирають в межах 0,1...0,4мм. Значення зводять до стандартних діаметрів

$d_{e1} = 0,7$ переходів між платами.

$d_{e2} = 0,9$ для роз'єму.

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

$$d_2 = 0,9 + |0,1| + 0,1 = 1,1\text{мм}$$

Приймаємо такі стандартні значення: 0,9мм; 1,1мм.

Розраховуємо діаметр контактних площадок:

$$D_{min} = D_{1min} + 1,5h_{\phi} \quad (1.10)$$

де h_{ϕ} – товщина фольги;

D_{1min} – мінімальний ефективний діаметр площадки.

$$D_{1min} = 2(b_m + \frac{d_{max}}{2} + \delta d + \delta p) \quad (1.11)$$

де b_m – відстань від краю просвердленого отвору до краю контактної площадки; $b_m = 0,06\text{мм}$.

δd і δp – допуски на розташування отворів і контактних площадок; $\delta d = 0,25\text{мм}$; $\delta p = 0,4\text{мм}$.

d_{max} – максимальний діаметр просвердленого отвору, мм.

$$d_{max} = d + \Delta d + (0,1 \dots 0,15) \quad (1.12)$$

де Δd – допуск на отвір.

					<i>ГБВ 3.119.001 ПЗ</i>	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$d_{max2} = 1,1 + 0,1 + 0,1 = 1,3\text{мм}$$

$$D_{1min1} = 2 \left(0,06 + \frac{1,1}{2} + 0,25 + 0,4 \right) = 2,52\text{мм}$$

$$D_{1min2} = 2 \left(0,06 + \frac{1,3}{2} + 0,25 + 0,4 \right) = 2,72\text{мм}$$

$$D_{min1} = 2,52 + 1,5 \cdot 0,02 = 2,55\text{мм}$$

$$D_{min2} = 2,72 + 1,5 \cdot 0,02 = 2,75\text{мм}$$

Максимальний діаметр контактної площадки:

$$D_{max} = D_{min} + (0,2 \dots 0,6) \quad (1.13)$$

$$D_{max1} = 2,55 + 0,2 = 2,75\text{мм}$$

$$D_{max2} = 2,75 + 0,2 = 2,95\text{мм}$$

Визначаємо ширину провідників.:

$$b_{min} = b_{1min} + 1,5h_{\phi} \quad (1.14)$$

де b_{1min} – мінімальна ефективна ширина провідника, мм. $b_{1min} = 0,18\text{мм}$ для плат 3-го класу точності.

$$b_{min} = 0,18 + 1,5 \cdot 0,02 = 0,21\text{мм}$$

Визначаємо мінімальну відстань між елементами провідного матеріалу.

Мінімальна відстань між провідником і контактною площадкою:

$$S_{1min} = L_0 - \left[\left(\frac{D_{max}}{2} + \delta p \right) + \left(\frac{d_{max}}{2} + \delta 1 \right) \right] \quad (1.15)$$

де L_0 – відстань між центрами відповідних елементів.

$$S_{1min1} = 2,5 - \left[\left(\frac{2,75}{2} + 0,4 \right) + \left(\frac{1,1}{2} + 0,1 \right) \right] = 0,08\text{мм}$$

					<i>ГБВ 3.119.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

$$S_{1min2} = 2,5 - \left[\left(\frac{2,95}{2} + 0,4 \right) + \left(\frac{1,3}{2} + 0,1 \right) \right] = 0,13\text{мм}$$

Мінімальна відстань між двома контактними площадками:

$$S_{2min} = L_0 - (d_{max} + 2\delta p) \quad (1.16)$$

$$S_{2min1} = 2,5 - (1,1 + 2 \cdot 0,4) = 0,6\text{мм}$$

$$S_{2min2} = 2,5 - (1,3 + 2 \cdot 0,4) = 0,4\text{мм}$$

Мінімальна відстань між двома провідниками:

$$S_{2min} = L_0 - (d_{max} + 2\delta d) \quad (1.17)$$

$$S_{2min1} = 2,5 - (1,1 + 2 \cdot 0,2) = 1\text{мм}$$

$$S_{2min2} = 2,5 - (1,3 + 2 \cdot 0,2) = 0,8\text{мм}$$

При розрахунку мінімальної ширини друкованого провідника, в результаті обрахунків ширина друкованого провідника дорівнює 0,13мм.

При розрахунку діаметрів монтажних отворів, розраховані значення були зведені до нормалізованого ряду отворів: 0,9мм; 1,1мм.

Максимальний діаметр контактних площадок:

Для монтажних отворів 0,6мм становить 2,75мм.

Для монтажних отворів 1,1мм становить 2,95мм.

Мінімальна відстань між провідником і контактною площадкою під час розрахунку становить: 0,08мм і 0,13 мм.

Мінімальна відстань між двома контактними площадками під час розрахунку становить: 0,6мм та 0,4мм.

Мінімальна відстань між двома провідниками під час розрахунку становить: 1мм та 0,8мм.

Оскільки деякі розраховані значення вийшли від'ємними, то контактні площадки будуть мати нестандартну форму, а провідники будуть із звуженням.

В зв'язку із точністю плати відстань провідників між провідниками і контактними площадками вибираємо 0.4 і 0.4 відповідно. [10]

					<i>ГБВ 3.119.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

2 Спеціальна частина

2.1 Вибір і обґрунтування задачі автоматизованого проектування

Для розробки друкованого вузла було використано САПР систему Altium Designer. За допомогою цієї програми було створено друковану плату.

При проектуванні друкованого вузла важливою складовою для надійної роботи пристрою є якість розведення друкованих провідників на платі, провідники шин, цифрових передач даних, які повинні бути рівні за довжиною. Провідники на яких передбачається протікання великих струмів, повинні мати більшу площу провідника. Ті та інші задачі виконує наполовину автоматизовано Altium Designer, що значно пришвидшує процес проектування друкованої плати і забезпечує меншу кількість помилок спровокованих людським фактором.

Перевагами Altium Designer є:

- гнучкість програмних функцій, які налаштовуються індивідуально для конкретного користувача;
- можливість роботи з файлами які були створені в більш ранній версії цієї програми;
- виконання широкого кола задач.
- можливість переглядати 3D вигляд друкованого вузла

2.2 Опис реалізації даної задачі в системі автоматизованого проектування

2.2.1 Створення проекту

Відкриваємо Altium Designer, створюємо новий проект друкованої плати: File→New→Project→PCB Project. Зберігаємо проект в створеній для нього папці, для чого наводимо вказівник миші на ярлик проекту у вікні панелі Project

					<i>ГБВ 3.119.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

(за замовчуванням розташовується в лівій частині екрану), натискаємо праву кнопку миші і у контекстному меню вибираємо команду Save Project. Також зберегти проект можна через меню File.

2.2.2 Додавання до проекту документу схеми електричної принципової

У вікні панелі Projects виділяємо ярлик проекту ПКМ і вибираємо у контекстному меню Add New to Project→Schematic. Після цього в дереві проекту повинен з'явитись ярлик документу електричної принципової схеми і з розширенням *.SchDoc. Далі необхідно зберегти файл схеми в папці проекту. Це можна зробити через контекстне меню (виділити ярлик документу ПКМ в дереві проект і вибрати Save) або через меню File (див .рис.2.1)

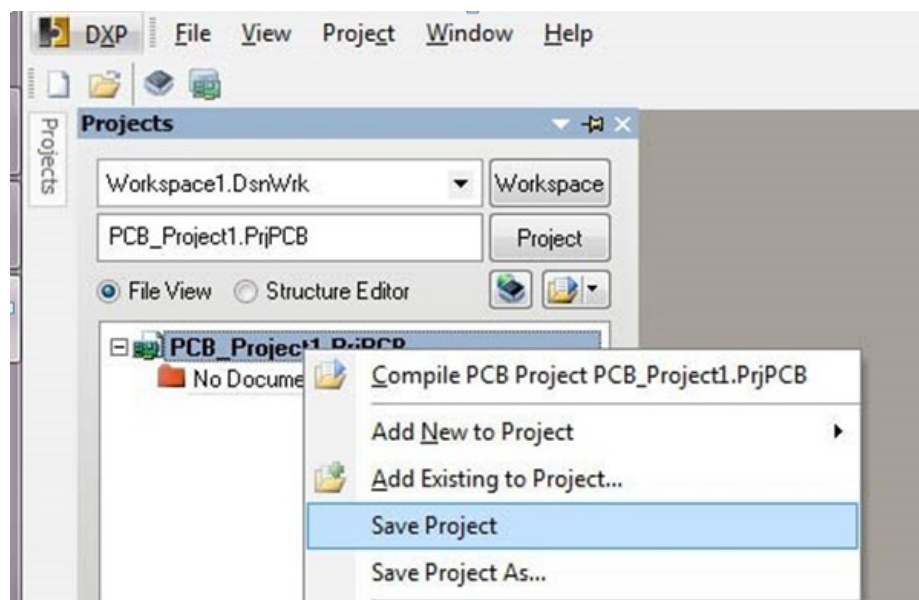


Рисунок 2.1 – Додавання до проекту документу схеми електричної принципової

2.2.3 Вибір одиниць вимірювання для схеми електричної принципової

Натискаємо праву кнопку миші всередині робочої області документа, і в контекстному меню вибрати Options→Document Options. У вікні властивостей документа, що з'явиться, вибрати вкладку Units (одиниці вимірювання) і переконатись, що вибрані метричні одиниці(див .рис.2.2)

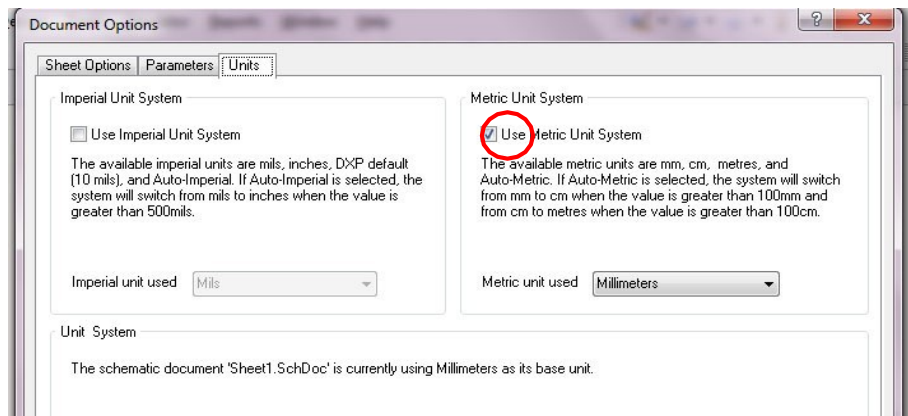


Рисунок 2.2 – Встановлення метричних одиниць вимірювання для документу електричної схеми

2.2.4 Встановлення параметрів аркушу

Параметри аркушу документу електричної принципової схеми встановлюються на вкладці Sheet Options вікна Document Options (див .рис.2.3)

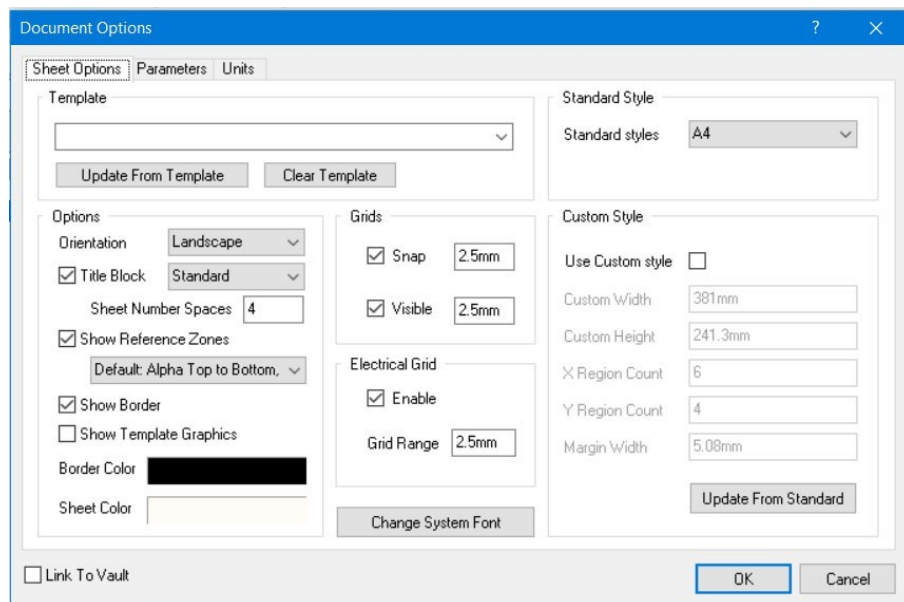


Рисунок 2.3 – Вкладка настроювання параметрів аркушу у вікні властивостей документу електричної схеми

2.2.5 Вибір бібліотеки УГП.

Викликати вікно панелі Libraries, що за замовчуванням розташовується в правій частині екрану. Із списку встановлених бібліотек вибрати необхідну бібліотеку. Нижче від списку з переліком бібліотек на панелі Libraries розташовується вікно пошуку, перелік компонентів бібліотеки, зображення символів компонентів, список моделей, зображення посадочного місця.

Щоб бібліотеку можна було використовувати, її необхідно інсталиювати, або додати до проекту. Інсталювані бібліотеки доступні для усіх проектів. При додаванні бібліотеки до проекту вона буде доступна лише для цього проекту. Для інсталяції або додавання бібліотеки необхідно відкрити вікно Available Libraries (доступні бібліотеки), натиснувши кнопку Libraries на панелі Libraries. Це вікно має три вкладки: Project, Installed, SearchPath. (див .рис.2.4)

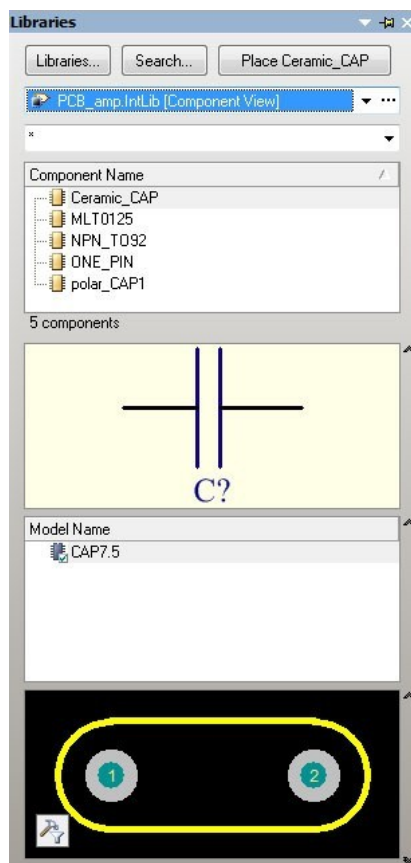


Рисунок 2.4– Вікно панелі Libraries

2.2.6 Розміщення компонентів з бібліотеки на робочому полі схеми.

Для розміщення на схемі треба вибрати ЛКМ ім'я компонента у списку Component Name панелі Libraries, утримуючи натиснутою ліву кнопку миші, і пересунути зображення компонента в робочу область документа електричної принципової схеми. Також розмістити компонент на схемі можна натиснувши кнопку Place у верхній частині панелі Libraries. Ще один спосіб пошуку та

розміщення компонента - використати команду Part. в меню Place. Розміщення УГП відбувається з прив'язкою до координатної сітки.

Крок координатної сітки вибирається послідовним натисканням клавіші G на клавіатурі, при цьому встановлене на даний момент значення кроку сітки та координати курсору відображаються в лівому нижньому куті вікна програми.

Електричні зв'язки між елементами встановлюються командою PlaceWire. Цей інструмент можна викликати кількома способами:

1-й спосіб: натиснути кнопку на панелі інструментів Wiring (при наведенні вказівника миші на кнопки через деякий час з'являється підказка);

2-й спосіб: натиснути ПКМ на вільному місці робочої області і в контекстному меню вибрати Place→Wire;

3-й спосіб: скористатись клавіатурним скороченням, послідовно натиснувши клавіші P та W.

2.2.7 Послідовність дій при проведенні ліній електричного зв'язку

Натискання клавіші пробілу Space при проведенні лінії електричного зв'язку змінює варіанти розташування проміжних зламів лінії. Для нумерації елементів схеми необхідно вибрати команду Tools→Annotate Schematics, при цьому з'явиться вікно Annotate, в якому встановлюються параметри нумерації. група Schematic Annotation Configuration (конфігурація позначень елементів):

Група опцій Order of Processing (порядок обробки) дозволяє вибрати порядок нумерації елементів з випадаючого списку. При цьому вибраний спосіб ілюструється рисунком з низу списку.

Група опцій Matching Options (опції збігу) дозволяє відмітити параметри за якими ідентифікуються компоненти, що повинні фізично знаходитись в одному корпусі(див .рис.2.5).

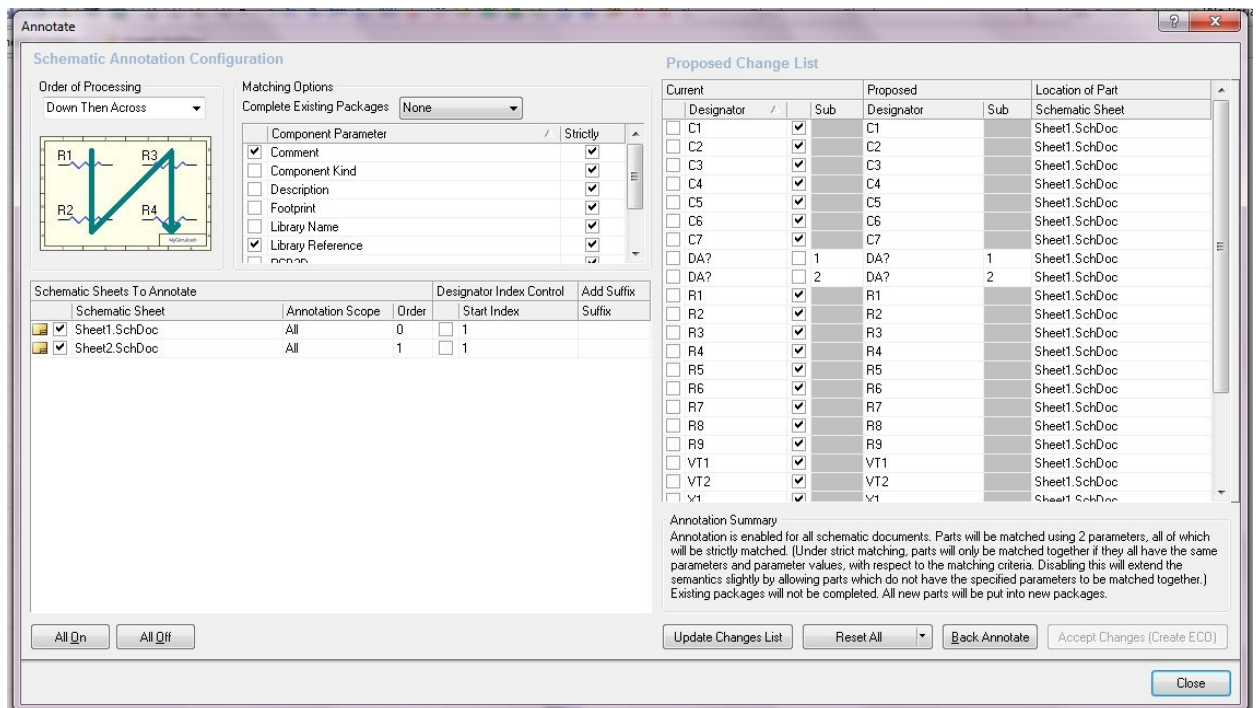


Рисунок 2.5 – Вікно Annotate для автоматизованого встановлення позиційних позначень

Для перевірки правильності (коректності) змін необхідно натиснути кнопку **Validate Changes** (перевірити зміни). Після перевірки в кожному рядку в стовпці **Check** з'явиться значок результату перевірки, який при відсутності помилок повинен мати зелений колір. Останнім кроком в процесі модифікації позиційних позначень є оновлення позиційних позначень в схемі, тобто виконання запиту на внесення змін. Для цього необхідно натиснути кнопку **Execute Changes** (виконання змін). Після цього зелена відмітка успішного виконання операції для усіх модифікованих позиційних позначень з'являється в стовпці **Done** (завершено). Якщо при перевірці виявлено помилку при зміні позиційного позначення, в рядку **Messages** навпроти відповідного елемента з'являється повідомлення (див .рис.2.6).

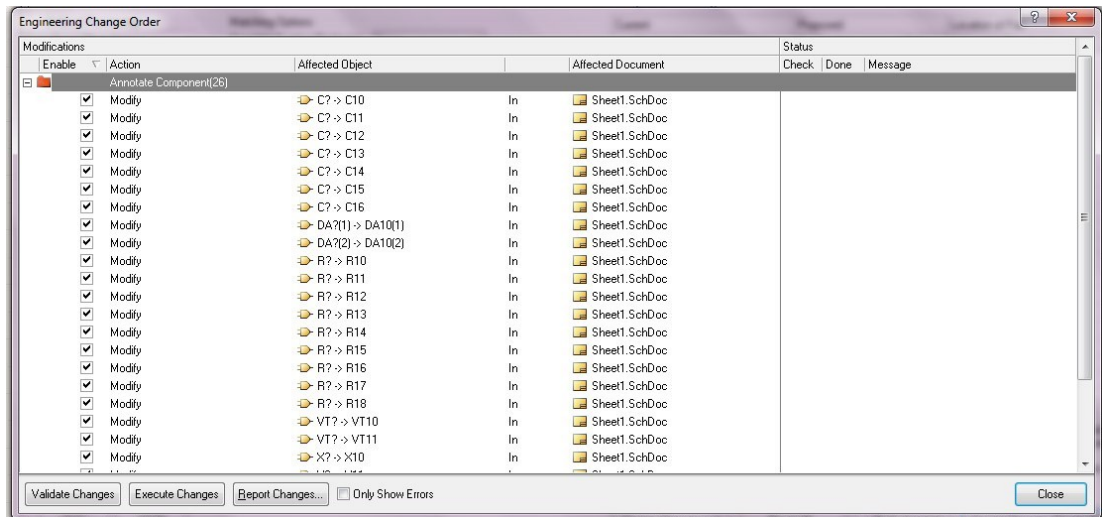


Рисунок 2.6– Вікно запиту на внесення змін щодо позиційних позначень елементів

2.2.8 Загальна послідовність дій для зміни позиційних позначень при автоматичній нумерації елементів:

Вибрати пункт Annotate Schematic в меню Tools, при цьому відкриється вікно Annotate

Вибрати бажаний порядок нумерації та опції нумерації в групі Schematic Annotation Configuration вікна Annotate та в списку із запропонованими змінами (при необхідності)

Натиснути кнопку Update Change List для оновлення інформації в списку запропонованих змін

Натиснути кнопку Accept Changes (Create ECO) для переходу до вікна запиту на зміну параметрів Engineering Change Order із остаточним списком змін позиційних позначень елементів

У вікні Engineering Change Order при необхідності зняти відмітку Modify для елементів, до яких непотрібно змінювати позиційне позначення

Натиснути кнопку Validate Changes для перевірки змін

Натиснути кнопку Execute Changes для застосування змін.

Закрити вікна Engineering Change Order та Annotate кнопкою Close

Для зміни позиційних позначень без зміни налаштувань необхідно вибрати команду Annotate Schematics Quietly. При цьому не відкривається вікно

Annotate і зміна позиційних позначень здійснюється автоматично із застосуванням встановлених минулого разу налаштувань.

Для скидання позиційних позначень необхідно вибрати команду Tools→Reset Schematic Designators Для скидання однакових позиційних позначень в схемі необхідно вибрати команду Tools→Reset Duplicate Schematic Designators.

Результатом роботи є схема USB DDS Генератора(див .рис.2.7)

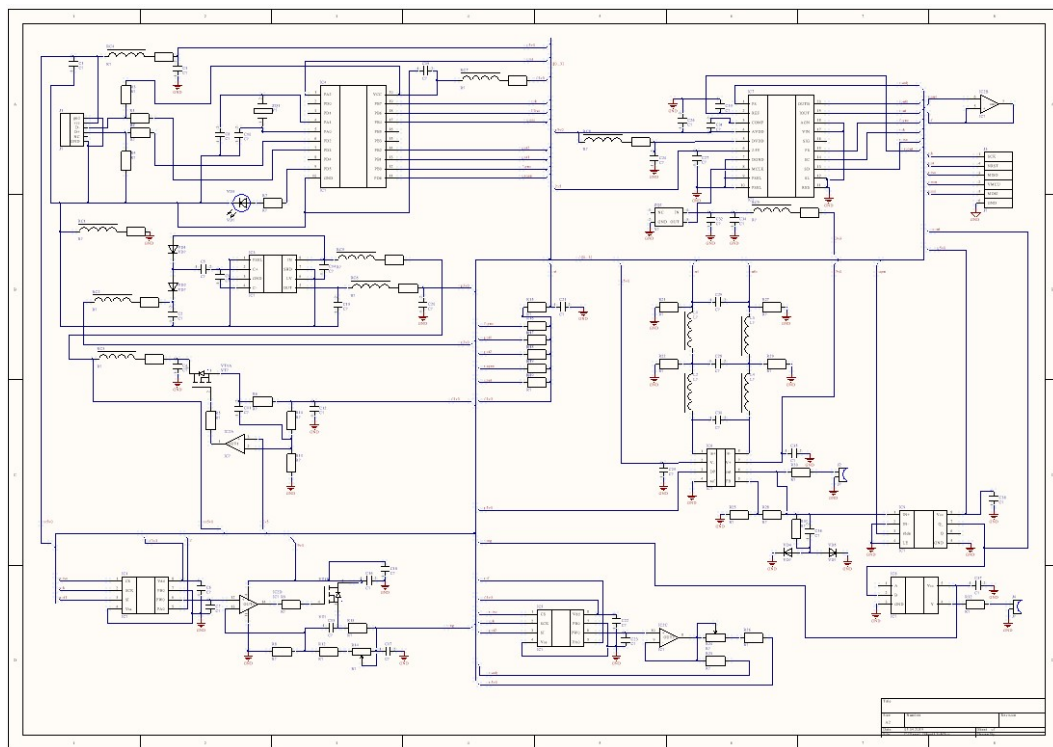


Рисунок 2.7–Схема USB DDS Генератора

3 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

3.1 Вимоги пожежної безпеки до електроустановок при роботі

При розробці та налаштуванні електрообладнання, використовуючи вимірювальну апаратуру, щоб унеможливити виникнення пожежі кожна складова систем електроустановок потребує уваги з позиції дотримання правил пожежної безпеки

Роботодавець (власник) підприємства зобов'язаний забезпечити обслуговування та технічну експлуатацію електроустановок. Особа, призначена відповідальною за їхній протипожежний стан (головний енергетик, енергетик, інженерно-технічний працівник відповідної кваліфікації), зобов'язана:

- організовувати та проводити профілактичні огляди та планово-попереджувальні ремонти електрообладнання й електромереж, а також своєчасне усунення порушень, які можуть призвести до пожежі;
- забезпечувати правильність застосування електрообладнання, кабелів, електропроводок залежно від класу пожежо- та вибухонебезпечності зон і умов навколишнього середовища, а також справний стан апаратів захисту від коротких замикань, перевантажень та інших небезпечних режимів робіт;
- організовувати навчання та інструктажі чергового персоналу з питань пожежної безпеки під час експлуатації електроустановок.

У разі неможливості технічного обслуговування електроустановок силами персоналу підприємства його власник повинен укласти договір на планове технічне обслуговування зі спеціалізованою організацією.

Загальні вимоги:

- усе електрообладнання (корпуси електричних машин, трансформаторів, апаратів, світильників, розподільчих щитів, щитів управління, металеві корпуси пересувних і переносних електроприймачів) підлягає зануленню або

					<i>ГБВ 3.119.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

заземленню відповідно до вимог розділів Правил улаштування електроустаново.

- на підприємстві слід встановити порядок відключення напруги з електрообладнання, силових та контрольних кабелів на випадок пожежі. При цьому електроживлення систем пожежної автоматики, протипожежного водопостачання та експлуатаційного (аварійного) освітлення не повинно відключатися.

- в усіх приміщеннях, які після закінчення роботи замикаються і не контролюються черговим персоналом, з усіх електроустановок та електроприладів, а також з мереж їхнього живлення повинна бути відключена напруга (за винятком чергового освітлення, протипожежних та охоронних установок, а також електроустановок, які за вимогами технології працюють цілодобово). При цьому в будівлях усі електроустановки, які працюють цілодобово, повинні бути заживлені самостійними лініями, починаючи від увідного пристрою в будівлю. Кожна така електроустановка повинна мати свій апарат захисту (запобіжник або автоматичний вимикач). Вимкнення електропостачання повинно виконуватися від одного загального вимикача, до якого є вільний доступ електротехнічному персоналу та який розміщений біля виходу з будівлі.

- електроприлади та апаратура повинні вмикатися в електромережу тільки за допомогою справних штепсельних з'єднань та електророзеток заводського виготовлення.

- електричні машини, апарати, обладнання (апарати управління, пуско-регулювання, контрольно-вимірювальні прилади, електродвигуни, світильники), електропроводи та кабелі за виконанням та ступенем захисту повинні відповідати класу зони згідно з ПУЕ, мати апаратуру захисту від струмів короткого замикання та інших аварійних режимів.

- плавкі вставки запобіжників повинні бути калібровані із зазначенням на клеймі номінального струму вставки (клеймо ставиться заводом).

					<i>ГБВ 3.119.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

- температура зовнішньої поверхні електро-опалювальних приладів у найбільш нагрітому місці в нормальному режимі роботи не повинна перевищувати 85 °С.

- несправності в електромережах та електроапаратурі, які можуть викликати іскріння, коротке замикання, понаднормовий нагрів горючої ізоляції кабелів і проводів, повинні негайно ліквідуватися черговим персоналом. Пошкоджену електромережу потрібно відключати до приведення її в пожежобезпечний стан.

- на електродвигуни, світильники, інші електричні машини, апарати та обладнання, встановлені у вибухонебезпечних або пожежонебезпечних зонах, повинні бути нанесені знаки, які вказують на ступінь їхнього захисту згідно з чинними стандартами.

- електропостачання всіх протипожежних пристроїв (пожежних насосів, вогнезатримуючих клапанів з електроприводом, централізованої системи оповіщення про пожежу, установок охоронно-пожежної сигналізації, пожежогасіння, електрозасувки на протипожежних водопроводах, сигналізаторів вибухонебезпечних концентрацій горючих газів, вибухонебезпечних парів, пилу слід виконувати за першою категорією надійності, крім випадків, обумовлених у нормативних документах [11].

3.2 Заходи першої медичної допомоги при ураженні електричним струмом

Для визначення стану необхідно вжити таких заходів:

- покласти потерпілого спиною на тверду поверхню;
- перевірити наявність у потерпілого дихання;
- перевірити наявність у потерпілого пульсу на сонній артерії;
- з'ясувати стан зіниці, широка зіниця вказує на погіршення кровопостачання.

					<i>ГБВ 3.119.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

У всіх випадках ураження електричним струмом виклик лікаря є обов'язковим незалежно від стану потерпілого.

Якщо потерпілий знаходиться при свідомості, його треба покласти у зручне положення і до прибуття лікаря забезпечити спокій, обов'язково спостерігаючи за диханням і пульсом. Не можна дозволяти потерпілому рухатись, продовжувати роботу. Якщо лікаря швидко викликати не можна, необхідно терміново доставити потерпілого у медичний пункт.

Якщо потерпілий знаходиться у непритомному стані, його необхідно покласти, розстебнути одяг, забезпечити приплив свіжого повітря, дати понюхати нашатирний спирт, бризнути на нього водою і забезпечити спокій. У той же час потрібно викликати лікаря. Якщо потерпілий дихає погано, рідко і судомно, йому необхідно робити штучне дихання і непрямий масаж серця.

У разі відсутності в потерпілого ознак життя не можна вважати його померлим. Якщо в такому стані потерпілому не буде надано негайну першу допомогу у вигляді штучного дихання і зовнішнього масажу серця, то настане смерть. Оживлення організму, ураженого електричним струмом, може бути проведено кількома способами. Всі вони базуються на штучному диханні. Починати штучне дихання слід негайно після вивільнення потерпілого від електричного струму і проводити безперервно до досягнення позитивного результату. Штучне дихання необхідно робити безперервно, до прибуття лікаря.

Ураженого електричним струмом можна визнати померлим тільки за наявності видимих тяжких зовнішніх ушкоджень: роздроблення черепа у разі падіння чи обпалення всього тіла. В інших випадках констатує смерть лише в лікарні.

Для надання якісної медичної допомоги потерпілому оператор який використовує метрологічні прилади повинен знати правила допомоги при ураженні електричним струмом, та періодично проходити опитування на знання першої долікарської допомоги [12].

					<i>ГБВ 3.119.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Висновки

При виконанні даної кваліфікаційної роботи було спроектовано електричну принципову схему цифрового DDS генератора, розраховано і розроблено топологію друкованої плати та складальне креслення друкованого вузла.

При розробці цифрового DDS генератора пораховано фільтр Баттерворта, який відновлює цифровий сигнал в аналоговий. Була проведена робота по компонуванні друкованої плати а також компонуванні елементів для якісної роботи пристрою. Також був проведений розрахунок друкованого монтажу.

Проектування друкованого вузла було виконано в програмі Altium Designer, за допомогою якої було здійснено компоновка і трасування провідників друкованого вузла. В результаті якого було отримано плату розміром 111x65мм.

Було виготовлено чотири креслення для розробки генератора: схема структурна, схема електрична принципова, друкована плата, друкований вузол. Оформлення креслень було виконано за допомогою програми КОМПАС-3D V15.2.

					<i>ГБВ 3.119.001 ПЗ</i>	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік посилань

1. Всє о синтезаторах DDS. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.kit-e.ru/articles/powersource/2005_1_28.php
2. Voltcraft DDS-3005 USB [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.rapidonline.com/voltcraft-dds-3005-usb-function-generator-frequency-generator-55-2299>.
3. АНР-3616 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://elaso.com.ua/products/0-kontrolno-izmeritelnye-pribory/8-virtualnye-usb-pribory-k-pk/name/2062-anr-3616>.
4. Signal Generator 700 - 1000MHz SMA-USB [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.saelig.com/product/teg1000-10.htm>.
5. USB DDS Функціональний генератор [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://surl.li/wwsn>.
6. Разработка алгоритма работы и управляющей программы генератора [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://surl.li/wwru>.
7. Расчет пассивных LC-фильтров [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://library.miit.ru/methodics/1884.pdf>.
8. Преобразователи постоянного напряжения на коммутируемых конденсаторах [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://surl.li/wwwv>
9. Основи конструювання і технологія виробництва РЕА [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://surl.li/wuvg>.
10. Розрахунок друкованого монтажу [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://surl.li/wwtd>.
11. Вимоги пожежної безпеки до електроустановок [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://surl.li/хаху>
12. Перша допомога при ураженні електричним струмом [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://surl.li/хахv>

					<i>ГБВ 3.119.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Додатки

Позн.	Найменування	Кіл.	Примітка		
	<u>Конденсатори</u>				
C1-C5	31-1206V- 50V-2.2μ±5% SAMSUNG	5			
C6,C7	31-1206V - 50V-22p ±5% SAMSUNG	2			
C8	31-1206V - 50V-100n ±5% SAMSUNG	1			
C9	31-1206V - 50V-100p±5% SAMSUNG	1			
C10-C12	31-1206V - 50V-2.2μ±5% SAMSUNG	3			
C13,C14	31-1206V - 50V-100n ±5% SAMSUNG	2			
C15	31-1206V - 50V-2.2μ±5% SAMSUNG	1			
C16-C20	31-1206V - 50V-100n ±5% SAMSUNG	3			
C21	31-1206V - 50V-100n ±5% SAMSUNG	1			
C22	31-1206V - 50V-100p ±5% SAMSUNG	1			
C23	31-1206V - 50V-2.2μ±5% SAMSUNG	1			
C24-C30	31-1206V - 50V-100n ±5% SAMSUNG	7			
C31	31-1206V - 50V-2.2μ ±5% SAMSUNG	1			
C32	31-1206V - 50V-6.2p±5% SAMSUNG	1			
C33	31-1206V - 50V-27p±5% SAMSUNG	1			
C34	31-1206V - 50V-35p±5% SAMSUNG	1			
C35	31-1206V - 50V-27p±5% SAMSUNG	1			
C36	31-1206V - 50V-6.2p±5% SAMSUNG	1			
C37	31-1206V - 50V-10p±5% SAMSUNG	1			
C38	31-1206V - 50V-100n ±5% SAMSUNG	1			
C39	31-1206V - 50V-100p ±5% SAMSUNG	1			
C40	31-1206V - 50V-100n ±5% SAMSUNG	1			
	<u>Мікросхеми</u>				
DA1	MAX1681 5V 500mA DC/DC inverter Panasonic	1			
DA2	LM324 9V operational amplifiers Toshiba	1			
ГБВ 3.119.001 ПЕ					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
Розроб.	Галенда				
перевір	Марценюк				
Реценз					
Н.контр.	Марценюк				
Затвер					
Перелік елементів			Літ.	Арк.	Аркушів
				1	3
			ТНТУ, ФПТ, каф. РТ гр. РАС-41		

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Прим.
				<u>Документація</u>		
			ГБВ 3.119.001 ЕЗ	Схема електрична принципова		
			ГБВ 3.119.001 ПЕ	Перелік елементів		
			ГБВ 3.119.001 СК	Вузол друкований		
				<u>Деталі</u>		
		1	ГБВ 3.119.001	Плата друкована	1	
				<u>Інші вироби</u>		
				Конденсатори		
				SAMSUNG		
		2		31-1206V- 50V-6,2p ±10%	1	С32
		3		31-1206V- 50V-10p ±10%	1	С37
		4		31-1206V- 50V-22p ±10%	2	С6,С7
		5		31-1206V- 50V-27p ±10%	2	С33,С36
		6		31-1206V- 50V-35p ±10%	1	С34
		7		31-1206V- 50V-100p ±10%	3	С9,С22, С39
		8		31-1206V- 16V-100n±10%	16	С8,С13, С14,С16- С21,С24- С30,С38, С40
		9		31-1206V- 16V-2,2μ±10%	11	С1-С5,
				ГБВ 3.119.001 СП		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
Розроб.	Галенда					
Перевір.	Марценюк					
Н Контр.						
Затверд.						
					Вузол друкований	
					Літ.	Аркцш
					Н	Аркцшів
					1	4
					ТНТУ, ФПТ, каф. РТ гр. РАС-41	

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Прим.
						С10-С12,
						С15,С23,
						С31
				Мікросхеми		
				ANALOG DEVICE		
		10		AD8130 Analog reciver 5V 100mA	1	DA3
				ATmell		
		11		ATtinny 2313 8 bit 5V	1	DD1
				MAXIM		
		12		Max1681 5V 500 mA DC/DC invertor	1	DA1
		13		MAX961 Analog comparator 5V 500mA	1	DA4
				Philips		
		14		MCP41010 8bit 256 stepspotenciometr	2	DD3,DD4
				Teha instruments		
		15		NC7SZD4 Analog invertor 5V 32mA	1	DD5
		16		AD9834 digital generator 9V 250mA	1	DD2
				Toshiba		
		17		LM324 9V operational amplifiers	1	DA2
ГБВ 3.119.001 СП						Арк.
						2
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

