

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: *Мікропроцесорний збудник передавача для низькочастотного
діапазону*

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

спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Савіцький О.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Дунець В.Л.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Паляниця Ю.Б.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Дунець В.Л.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

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

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра радіотехнічних систем
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Дунець В.Л.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« 24 » 05 2023 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня Бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка
(шифр і назва спеціальності)

студенту Савіцькому Олуксандру Анатолійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Мікропроцесорний збудник передавача для низькочастотного діапазону

Керівник роботи Дунець Василь Любомирович, к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

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

2. Термін подання студентом завершеної роботи _____

3. Вихідні дані до роботи _____

та вихід на міську телефону лінію. _____

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

1. Основна частина

2. Охорона праці та безпека життєдіяльності

Висновки

Список використаних джерел

Додатки

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

1. Структурна схема

2. Схема електрична принципова

3. Плата друкована

4. Друкований вузол.

Анотація

Тема кваліфікаційної роботи: «Мікропроцесорний збудник передавача для низькочастотного діапазону». Кваліфікаційна робота бакалавра // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії, група РАс-41. // Тернопіль, 2023р. //с.-68, рис.-10, табл.-3, бібліог.-10, додат.-12.

Ключові слова: електрична принципова схема, структурна схема, друкований вузол, передавач діапазону.

У кваліфікаційній роботі був розроблений збудник передавача низькочастотного діапазону. Здійснено конструкційне та схемотехнічне проектування пристрою.

Основні технічні параметри передавача низькочастотного діапазону:

- робочий діапазон частоти 136 кГц;
- швидкість передачі даних до 76,5 біт/с;
- напруга живлення 3.5, 12 В;
- потужність споживання не більше 1,2 Вт;
- час, витрачений на встановлення робочого режиму, не перевищує

3 секунд.

У процесі виконання кваліфікаційної роботи були розглянуті ключові кроки у процесі розробки та використання радіотехнічного обладнання.

Annotation

Theme of qualification work: «Microprocessor transmitter exciter for the low frequency range» // TNTU, FPT, PAc-41 group. // Ternopil, 2023 // Pages.-68, fig.-10, tables -3, bibliog. – 10, appendix-12.

Key words: electrical schematic diagram, structural diagram, printed circuit, range transmitter.

In the qualification work, the exciter of a low-frequency transmitter was developed. The structural and circuit design of the device was carried out.

Main technical parameters of the low-frequency transmitter:

- working frequency range of 136 kHz;
- data transfer speed up to 76,5 bps;
- supply voltage 3.5, 12 V;
- power consumption no more than 1,2 W;
- the time spent on setting the operating mode does not exceed

3 seconds.

During the qualification work, the key steps in the development and use of radio equipment were considered.

Зміст

Перелік умовних позначень.....	8
Вступ.....	9
1 Основна частина (проектно-конструкторський розділ).....	10
1.1 Аналіз завдання на дипломний проект.....	10
1.1.1 Обґрунтування актуальності теми роботи.....	10
1.1.2 Аналіз інформації.....	28
1.2 Проектування схемотехнічне.....	29
1.2.1 Розробка і розрахунок структурної схеми виробу.....	29
1.2.2 Проектування і розрахунок електричної принципової схеми	34
1.2.3 Вибір і обґрунтування елементної бази.....	46
1.3 Проектування конструкторське.....	50
1.3.1 Розробка компоновки і конструкції друкованого вузла.....	50
1.3.2 Оптимізація компоновки, друкованого вузла.....	54
1.3.3 Розрахунок і забезпечення вимог по надійності.....	58
1.4 Висновок до розділу 1.....	61
2 Охорона праці та безпеки життєдіяльності.....	62
2.1 Психофізіологічне розвантаження для працівників.....	62
2.2 Соціальні та психологічні фактори ризику.....	64
2.4 Висновок до розділу 2.....	66
Висновки.....	67
Список використаних джерел.....	68
Додатки.....	69

					<i>СОА 2.039.001 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Савіцький О.А.</i>			<i>Мікропроцесорний збудник передавача для низькочастотного діапазону</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Дунець В.Л.</i>					6	
<i>Консультант</i>						<i>ТНТУ, ФПТ, РАс-41</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Паляниця Ю.Б.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Дунець В.Л.</i>						

Додаток А. Технічне завдання

Додаток Б. Перелік елементів. Схема електрична принципова

Додаток В. Специфікація. Друкований вузол

Додаток Г. Таблиці

					СОА 2.039.010 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік умовних позначень

БДП – багатошарові друковані плати.

ДП – друкована плата.

ДСТУ – державні стандарти України.

ЕРК – електронний радіо компонент.

НЕ – навісні елементи.

РЕА – радіоелектронна апаратура.

ЦАП – цифрово-аналоговий перетворювач.

					<i>СОА 2.039.010 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		8

Вступ

До початку 1990-их років розвиток електроніки та комп'ютерної техніки дозволив повністю відмовитися від класичного телетайпа і радіотелетайпа. Телеграфний літеродрукувальний апарат був замінений монітором комп'ютера, введення даних почало здійснюватися з клавіатури комп'ютера, при необхідності виведення інформації на паперовий носій став використовуватися принтер, а класичний телетайп-інтерфейс був замінений модемом (або багаторежимним процесором передачі даних – multimode communications processor, MСР) і трансивером.

На початку нового тисячоліття старомодним, обмеженим і громіздким почав виглядати і професійний провідний зв'язок. На зміну проводовим комп'ютерним мережам стали приходити бездротові мережі. Бездротові мережеві рішення запропонували всім користувачам комп'ютерів свободу в продуктивності при роботі не тільки зсередини комп'ютерного приміщення, зі свого офісу або з радіорубки радіооператора-любителя, але й з будь-якого місця розташування знаходу. Радіоаматори почали широко використовувати не тільки підключення репітера до комп'ютерної мережі, використовуючи провідний пакетний інтерфейс, а й бездротове з'єднання, використовуючи радіочастотну технологію з передачі інформації на комп'ютер, застосовуючи мережевий протокол 802.11, більше добре відомий як стандарт Wi-Fi. Швидкості бездротової передачі даних досягли відмітки від 11 мегабіт в секунду (802.11b) до 54 мегабіт в секунду (802.11g і 802.11a) для одиничного паралельного доступу.

Проте зв'язок в ДХ і КХ діапазонах залишається і буде й надалі привабливим не лише для радіолюбителів і, що основне, буде стратегічним та резервним типом зв'язку на випадок нештатної ситуації, оскільки основними його перевагами є відносна простота, енергетична ефективність, невибагливість до апаратних і програмних ресурсів [3].

					СОА 2.039.010 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

1. Основна частина

1.1 Аналіз завдання

1.1.1 Обґрунтування актуальності теми роботи.

Радіозв'язок є невід'ємною складовою життя сучасної людини. Кожен з нас не уявляє свого побуту без таких речей як радіо, мобільний телефон, комп'ютер, оскільки саме телекомунікації сьогодні роблять людей ближчими як ніколи раніше.

Історія розвитку радіозв'язку загалом. Паралельно з радіотехнікою формується і розвивається суміжна область науки і техніки – електроніка, взаємно доповнюючи і збагачуючи один одного. Після відкриття в 1883 р. Т. Едісоном явища термоелектронної емісії Д. Флемінг в 1904 р. створює діод з розжарюються катодом. У 1906 р. Д. Форест запропонував електронно-вакуумний тріод: ввів у ламповий діод третій електрод. Введенням керуючої сітки в електронно-вакуумну лампу отримали можливість посилення слабких сигналів. Якщо ж в підсилювачі, виконаному на тріоді, передбачити позитивний зворотний зв'язок, можна отримати ламповий генератор незатухаючих електричних коливань.

Наступні майже півстоліття розвитку радіотехніки пов'язані з використанням досягнень лампової електроніки. На цьому етапі розвитку радіозв'язку освоюються нові частотні діапазони, збільшуються потужності випромінювання і чутливості прийому радіостанцій, вводиться в дію мережа радіомовних станцій («газети без паперу відстаней»).

На початку ХХ століття радіозв'язок міг забезпечувати передачу лише телеграфних знаків – радіотелеграфія. З можливістю передачі сигналів мови з'явилися радіотелефонія й радіомовлення (передача за допомогою радіохвиль мови, музики і т.д.). Регулярні передачі по радіо звукових програм у країнах Америки та Європи почалися з 1920 року. У

					СОА 2.039.010 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Москві була побудована найбільша в світі радіомовна станція імені Комінтерну, яка з 1924 року вела регулярні передачі.

На перших етапах розвитку радіотехніки телекомунікацію забезпечували за допомогою електромагнітних коливань довгохвильової частини радіодіапазону, здатних огинати Землю. У двадцятих роках ХХ століття була відкрита можливість відображення іоносферою радіохвиль метрового діапазону, здатна забезпечити дальність радіозв'язку на відстані декількох тисяч кілометрів. У цей період отримала бурхливий розвиток техніка короткохвильової частини радіодіапазону.

Основні поняття та визначення в області зв'язку. У галузі інформаційних технологій спостерігається стрімкий прогрес на сучасному етапі розвитку науки та техніки, де особлива увага приділяється передачі даних. Під поняттям "інформація" розуміють набір фактів, процесів, подій або об'єктів. Людина отримує інформацію за допомогою своїх сенсорних органів (зору, слуху і т.д.), але фізіологічні обмеження людини не дозволяють передавати великі обсяги інформації на великі відстані.

Технічні пристрої, які забезпечують передачу та отримання інформації, згуртовуються під поняттям комунікації. Відповідно до характеру застосовуваних технічних пристроїв зв'язок поділяють на поштовий і електричний (електрозв'язок).

У теорії комунікації, збірність інформації, яка призначена для передачі і відображена у певній формі, має назву повідомлення. Таким чином, повідомленням може бути текст листа, телеграми, оголошення, передача по радіо або телебаченню та інші. В техніці комунікації різні знаки (символи) використовуються як матеріальний носій для передачі повідомлень. Це можуть бути літери, цифри та інші символи текстового повідомлення, спеціальні знаки на різних схемах і діаграмах, такі як знаки дорожнього руху тощо. У техніці електрозв'язку кожному повідомленню відповідає набір електричних сигналів.

					<i>СОА 2.039.010 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		11

Сигнал є фізичною подією, яка відтворює передане повідомлення. Відповідність між процесом передачі повідомлення та самим повідомленням досягається шляхом зміни будь-якої фізичної характеристики, яка відображає цей процес. Визначаються різні типи сигналів, такі як телеграфні сигнали, мовні сигнали, відеозображення або дані для комп'ютерних систем та інші. Отже, електрозв'язок визначається як передача інформації за допомогою електричних сигналів.

На сьогоднішній день розвиток телекомунікаційної галузі набирає швидкості. Покращення технологій призводить до підвищення якості звичайних послуг електрозв'язку та появи нових. У зв'язку з цим застарівають усталені класифікації видів електричного зв'язку, з'являються нові елементи класифікації, змінюються межі між колишніми елементами класифікації.

Залежно від того, як повідомлення впливають на органи чуття, різні типи електричного зв'язку можуть бути класифіковані як засоби передачі звукових чи оптичних повідомлень, тобто такі, які сприймаються органами слуху або зору. Такі види електричного зв'язку поділяються залежно від затримки доставки повідомлень: деякі працюють у режимі реального часу, а інші здійснюють відкладену доставку повідомлень. Крім того, залежно від охоплення та призначення повідомлень, всі типи електричного зв'язку можуть бути поділені на ті, що передають індивідуальні повідомлення (адресовані конкретному абоненту) або масові повідомлення (призначені для широкого кола користувачів).

У залежності від середовища передачі сигналів розрізняються провідний електрозв'язок, при якому сигнали поширюються через дроти та електричні та оптичні кабелі, та бездротовий електрозв'язок, який використовує радіосигнали. Деякі з основних типів електрозв'язку включають телефонний зв'язок, телеграфний зв'язок, факсимільний зв'язок, передачу даних, радіозв'язок, радіомовлення та телебачення.

					СОА 2.039.010 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Можливо класифікувати системи електрозв'язку за різними ознаками. Сучасна епоха відзначає тенденцію до об'єднання різних типів електрозв'язку в одну інтегровану систему. Основою цього об'єднання є перетворення будь-яких сигналів у цифрову форму, після чого вони передаються по системах зв'язку універсальними цифровими сигналами.

Прикладом широкого застосування цифрових сигналів для передачі повідомлень будь-якого типу є комп'ютерні технології, які дозволяють одночасну передачу текстових документів, візуальних зображень та голосових повідомлень.

Канали електрозв'язку. Під терміном “канал зв'язку” розуміється сукупність засобів, які забезпечують передачу сигналу від передавача до приймача. Та частина передавального пристрою, яка не включена до каналу, виступає джерелом сигналу для даного каналу. У рамках однієї зв'язкової системи можна виділити різні вхідні точки в різні канали.

Можна описати канал зв'язку трьома параметрами, які також відображають сигнал: тривалість передачі T_K , пропускна здатність каналу F_K та динамічний діапазон D_K . Динамічний діапазон каналу визначає співвідношення потужності переданого сигналу до потужності завади, яка неминуче присутня в каналі. Широко використовуються провідні канали зв'язку, радіозв'язок довгохвильової та короткохвильової довжини хвилі з використанням відбиття від іоносфери, ультракороткохвильовий зв'язок через іоносферу та тропосферне розсіювання, метеорний зв'язок, космічний зв'язок тощо. Ємність (об'єм) є загальною характеристикою неперервного каналу і визначається як $V_K = T_K F_K D_K$.

Щоб гарантувати неспотворену передачу сигналів через канал з об'ємом V_C , необхідно виконувати умову:

$$V_C < V_K \quad (1.1)$$

					СОА 2.039.010 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Для досягнення взаємодії сигналу з каналом проводиться додаткове перетворення початкового сигналу. У простому випадку сигнал адаптують до каналу за допомогою трьох параметрів, забезпечуючи виконання наступних умов:

$$T_C < T_K; F_C < F_K; D_C < D_K \quad (1.2)$$

За таких умов сигнал повністю вміщується в канал. Проте, нерівність (1.1) може бути виконана, навіть якщо (1.2) не задовольняється. Це означає, що можливо здійснювати обмін тривалістю на ширину спектра або обмін ширини спектра на динамічний діапазон та інші характеристики. Наприклад, сигнал, записаний на плівку, можна відтворити зменшеною швидкістю. В такому випадку діапазон частот вихідного сигналу буде зменшений у декілька разів пропорційно збільшенню часу передачі. Записаний сигнал також можна передавати зі збільшеною швидкістю. Також широко використовується обмін динамічного діапазону на ширину смуги пропускання. Так, використання завадостійких широкосмугових видів модуляції дозволяє передати повідомлення по каналах з збільшеним рівнем перешкод. Але це вимагає смуги пропускання каналу ширшої, ніж спектр повідомлення.

За способом розповсюдження електромагнітної енергії розрізняють канали з відкритим і закритим поширенням. У каналах з закритим поширенням електромагнітні коливання поширюються по напрямних лініях (провідні, кабельні, хвильові тракти і т.п.). У каналах з відкритим поширенням використовуються радіохвилі в діапазоні частот.

Радіодіапазони. У перші роки радіомовлення, шляхом використання електромашинних генераторів отримували високочастотні потужні коливання. Ці генератори були стандартними електрогенераторами, які були спеціально сконфігуровані щодо кількості полюсів, з'єднання обмоток та

					СОА 2.039.010 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

* На усіх діапазонах УКХ можна використовувати як стерео-, так і моно-режим.

Особливості поширення довгих і наддовгих хвиль. Радіохвилі, які мають довжину від 1 км до 10 км, називаються довгими (імпульси з частотою від 300 до 30 кГц). Радіохвилі, що мають довжину понад 10 км, називаються наддовгими (імпульси з частотою менше 30 кГц).

Дуже довгі і надзвичайно довгі хвилі майже не поглинаються, коли вони проникають через землю або воду. Наприклад, хвилі з довжиною 20-30 кілометрів можуть проникати вглиб моря на кілька десятків метрів і, таким чином, використовуються для забезпечення зв'язку з підводними човнами або для радіозв'язку в підземних приміщеннях.

У цих діапазонах радіохвиль, струми провідності переважають струми зміщення, що значно сприяє незначному поглинанню енергії при поширенні поверхневої хвилі на всі види земної поверхні. Довгі хвилі ефективно дифрагують навколо сферичної поверхні Землі.

Обидва ці фактори сприяють можливості поширення довгих і наддовгих хвиль земною хвилею на віддаленість близько 3000 км. Для відстані в межах від 500 до 600 км, інтенсивність ЕП може бути обчислена за допомогою формули Шулейкіна-Ван-дер-Поля,

$$\left(E_{\text{ж}} = \frac{\sqrt{120PD}}{r} |W| \right), \quad (1.3)$$

а для значних відстаней обчислення здійснюються відповідно до принципів дифракції.

Розпочинаючи з відстані між 300 та 400 кілометрів, виникає електромагнітна хвиля, яка відбивається від іоносфери разом з земною хвилею.

					СОА 2.039.010 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

зміщення. Таким чином, нижня зона іоносфери для довгих хвиль володіє властивостями напівпровідника.

Розташування, що відокремлює земну поверхню від нижньої границі іоносфери становить приблизно 60-100 км. Ця відстань має аналогічну величину до довжини хвиль, як довгих, так і наддовгих. Таким чином, хвилі поширюються між двома близько розташованими напівпровідниковими концентричними сферами. Одна з цих сфер – Земля, а інша – іоносфера. Умови поширення хвиль в цьому випадку приблизно подібні до тих, що спостерігаються в діелектричному хвилеводі (див. рис. 1.2а).

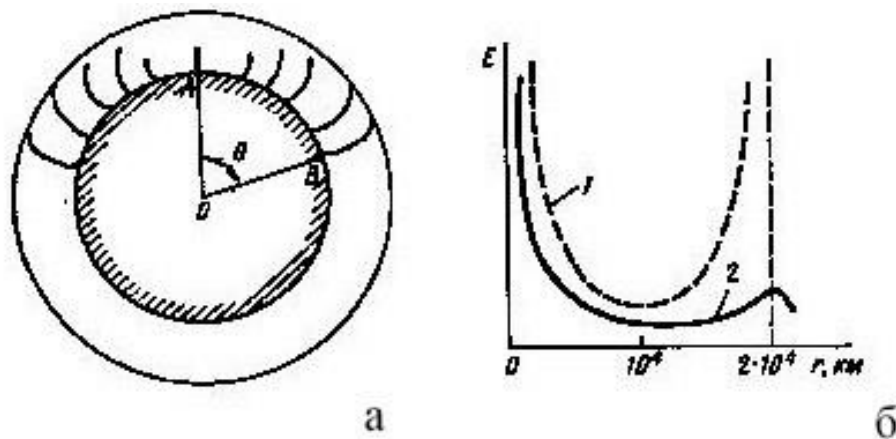


Рисунок 1.2 – Розповсюдження довгих хвиль та наддовгих хвиль у хвилеводі від Земля-іоносфера (а). Залежність напруженості ЕП довгих хвиль від відстані (б): 1 – без врахування поглинання; 2 – з врахуванням поглинання.

У високочастотних коливаннях понад 10 кГц, різниця між фазовою швидкістю та швидкістю світла є незначною, приблизно $(v_{\neq} / c - 1) = (1 \div 5) \cdot 10^{-3}$. Однак, фазова швидкість підлягає змінам, що залежать від відстані і залежать від густини електронів і кількості зіткнень електронів з молекулами в іоносфері, де відображаються радіохвилі. Це спричиняє незбалансованість фази хвилі, особливо вранці й ввечері, коли змінюється висота відбивання

довгих хвиль. При роботі з довгохвильовими радіонавігаційними системами необхідно враховувати це.

Техніка оцінки інтенсивності поля довгих хвиль, які поширюються на великі відстані від передавача базуються на вивченні структури іоносферного хвилеводу. Фактично, увесь електромагнітний потік, який випромінюється рефлектором, розподіляється між 2 сферами та розповсюджується у всіх напрямленостях, для довгих хвиль здебільшого використовуються неорієнтовані рефлектори (рис. 1.2а). Зі збільшенням відстані від рефлектора, кільцевий переріз хвилеводу у вигляді сфери розширюється до того часу, як внутрішній діаметр кола, котрим хвиля розповсюджується, не досягне значних розмірів рівної діаметру нашої планети Земля. За додатковим збільшенням розмірів, кільцева площа скорочується, проте відбувається концентрація енергії хвилі. На рисунку 1.2б спостерігається залежність інтенсивності ЕП довгих хвиль від відстані, що знаходиться на значній відстані від передавача. Ця залежність показана суцільною лінією, що простежується на графіку. Зміна інтенсивності ЕП у сферичному хвилеводі з абсолютно провідними стінками відображається пунктирною кривою.

За допомогою формули Остіна обчислюється напруженість ЕП вдень для довгих хвиль на відстанях від 16000 і до 18000 км над морем та сушею. Коли відстань становить 2000 - 3000 км над сушею, формула Остіна набуває вигляду:

$$E_{\text{ж}} = \frac{\sqrt{PD}}{r(\text{км})} \sqrt{\frac{\theta}{\sin \theta}} e^{-\frac{0,0014}{\lambda_{(\text{км})}^{0,6}} r(\text{км})} \quad (1.4)$$

Кут θ позначений на рис. 1.2. Факт, що формула має в знаменнику величину $\sqrt{\sin \theta}$, вказує на те, що існує залежність між напруженістю електричного поля та відстанню, що представлена на рис. 1.2б у вигляді пунктирної кривої. Як можна бачити з рис. 1.2б, на відстанях від передавача,

що відповідають точкам земної кулі, які знаходяться точно навпроти одна одної, спостерігається значне збільшення інтенсивності поля. Це явище відоме як ефект антипода.

Основним переваговим аспектом довгих хвиль є їх значна стійкість електричного поля: сила сигналу, що передається по лінії зв'язку, лишається майже постійною протягом доби та року, не схильна до випадкових змін. Щоб отримати достатньо сильне ЕП для прийому, потрібно мати потужні передавачі та громіздкі антени, але це можливо на відстані більше 20000 км.

Однак довгі хвилі мають недолік у нездатності передавати широкую смугу частот, яка необхідна для передачі голосу або музики. На сьогоднішній день використовуються довгі та наддовгі радіохвилі в основному для телеграфного зв'язку на великі відстані та для навігації.

Умови розповсюдження довгих радіохвиль вивчаються шляхом спостереження за грозами. Грозовий розряд представляє собою струмовий імпульс, який включає в себе змінні коливання від декількох 100 Гц до кількох 10 мГц. Основна частка енергії грозового розряду припадає на діапазон коливань, які відповідають довгим хвилям. Поширення коливань відбувається у всіх напрямках від свого джерела. Різні довжини хвиль демонструють різні рівні поглинання та проходять у різні фази під час поширення. По наслідку, імпульс, який досяг значної відстані від місця розряду, піддається спотворенню. Особливості сферичного хвилеводу між Землею та іоносферою розглядаються з метою аналізу цього спотворення імпульсу. Хвиля поширюється уздовж силових ліній МП Землі, пронизує всю товщу іоносфери і може бути прийнята на Землі на іншому кінці силової лінії МП, як схематично показано на рис. 1.3.

					СОА 2.039.010 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

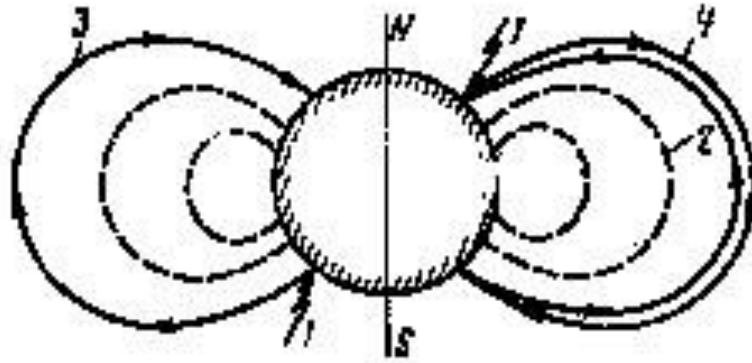


Рисунок 1.3 – Схема розповсюдження "свистячих атмосфериків" ("св.атм."): 1 – блискавка; 2 – лінії силового магнітного поля Землі; 3 – траєкторія короткого "св.атм."; 4 – траєкторія довгого "св.атм."

Найчастіше використовується гармонійне коливання в якості основи для несучого коливання. В залежності від параметра, що змінюється відповідно до переданого повідомлення – амплітуди, частоти або початкової фази несучого коливання – виокремлюються різні типи модуляції, такі як амплітудна, частотна або фазова, а також інші специфічні варіанти. Отриманий під час процесу модуляції сигнал називається модульованим коливанням або радіосигналом. Якщо послідовність імпульсів використовується як несуче коливання, то параметри цієї послідовності імпульсів змінюються під час модуляції, такі як амплітуда, часове положення та тривалість імпульсу. Відповідно, цей процес називається амплітудно-імпульсною модуляцією, часоімпульсною модуляцією та широтно-імпульсною модуляцією. Якщо під час модуляції генерується код, який відповідає одному з цих параметрів, і цей код представлений послідовністю імпульсів, то таку модуляцію називають кодово-імпульсною.

Після вибору несучого коливання з обраною відмітною ознакою виділяють інформацію з параметрів обраного несучого коливання. На цьому етапі обробки прийнятого сигналу виконують операції, зворотні

операціям модуляції, виконуваних при передачі сигналу, і даний етап перетворень сигналів називають демодуляцією.

Одночастотна безперервна модуляція (QRSS) – це вкрай низька швидкість передачі телеграфних сигналів. Аббревіатура взята з Q-коду. Щоб скористатися цим повною мірою необхідний вузькосмуговий сигнал і приймач з адаптованою до переданого сигналу смугою пропускання. Зазвичай в якості приймача використовується програма персонального комп'ютера, що створює "вузькосмуговий цифровий фільтр" на основі алгоритму FFT (швидке перетворення Фур'є). Перевага цієї технології в тому, що користувач одразу отримує серію фільтрів за допомогою яких можна відразу контролювати широку смугу ефіру (широку за мірками діапазону 136 кГц). Необов'язково точно налаштуватися на сигнал і можна одночасно бачити і приймати багато сигналів аматорських радіостанцій. Але є і зворотна сторона – неможливість в більшості випадків слухового контролю сигналів. Виробляється свого роду візуальний їх аналіз на екрані комп'ютера.

Результат роботи програми аналізу вхідних сигналів представляється в графічному вигляді, де по осях ординат представляються час і частота. Якщо час відкладено по вертикалі, то такий екран називається waterfall display (дисплей водоспаду), якщо ж часом є горизонтальна вісь – тоді екран буде називатися curtain display (дисплей завіси). Нижче, як приклад, показаний – дисплей завіси.

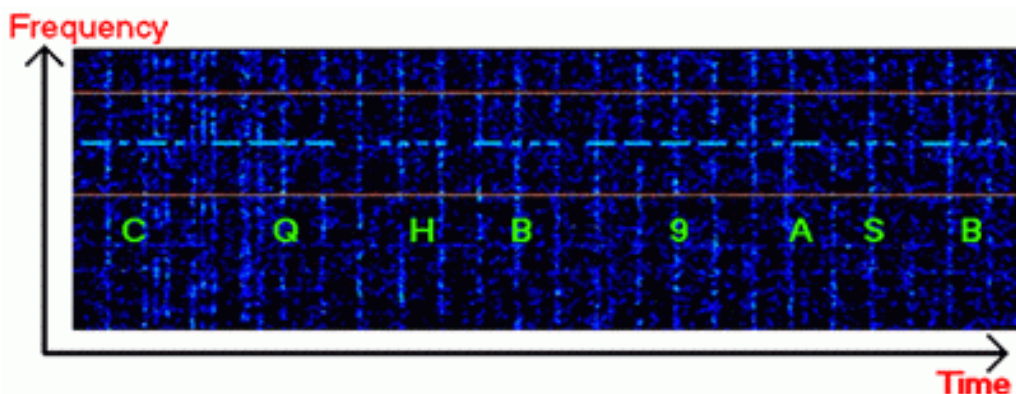


Рисунок. 1.4 – QRSS-сигнал у вигляді curtain display

Сигнал не може прийматися "на слух" через високий рівень атмосферних перешкод (QRN). Вертикальні лінії на екрані показують статичні збурення атмосфери.

Двохчастотна безперервна модуляція (DFCW) – при стандартній швидкості CW (безперервний режим передачі) з тривалістю точки 3 секунди, звичайне QSO (радіозв'язок) триватиме близько 30 хвилин. За цей час можуть значно змінюватися умови проходження радіохвиль. Тому був розроблений новий режим з розширенням швидкості передачі з коефіцієнтом від 2,5 до 3.

При аналізі класичного сигналу CW можна помітити, що він має багато схожості з цифровим сигналом, де інформаційними одиницями є "0" і "1". Однак при найближчому розгляді CW-сигнали складаються з "трьох логічних положень":

1. Тире (протягом трьох періодів ключ натиснутий вниз і один період вгору або сигнал "1110").
2. Точка (протягом одного періоду ключ натиснутий вниз і один період - вгору, сигнал "10").
3. Пробіл (протягом двох періодів ключ зупинений, сигнал "00").
4. Роздільник слів складається з трьох прогалів, отже з 6 періодів, сигнал "000000").

Таким чином найважливішу роль відіграють два елементи: наявність/відсутність сигналу і тривалість сигналу. CW сигнали спочатку призначалися для слухового прийому і тому різна тривалість окремих елементів важлива для їх розпізнавання, але водночас це подовжує час передачі/прийому інформації.

У двохчастотному безперервному режимі (DFCW) елемент "тривалість" замінений новим елементом, якого немає в класичному CW – "частотою". Так що тепер крапки і тире мають однакову тривалість і передаються на різних частотах. Через зсув частот забирається порожній

									СОА 2.039.010 ПЗ	Арк.
										23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

вимикання генератора в модуляторі у непридатні моменти часу. Первинна енергія сигналу зосереджена навкруги частоти модуляції та займає смугу шириною B_r , яка призводить до мінімального спектра такого сигналу, який дорівнює $2 \cdot B_r$ при розмежуванні, який рівний B_r чи $\text{Shift} + B_r$ зазвичай. Шуми, що виходять за рамки цього спектра, можуть бути ефективно пригнічені, не завдаючи шкоди успішній демодуляції, і саме це зазвичай робиться на практиці.

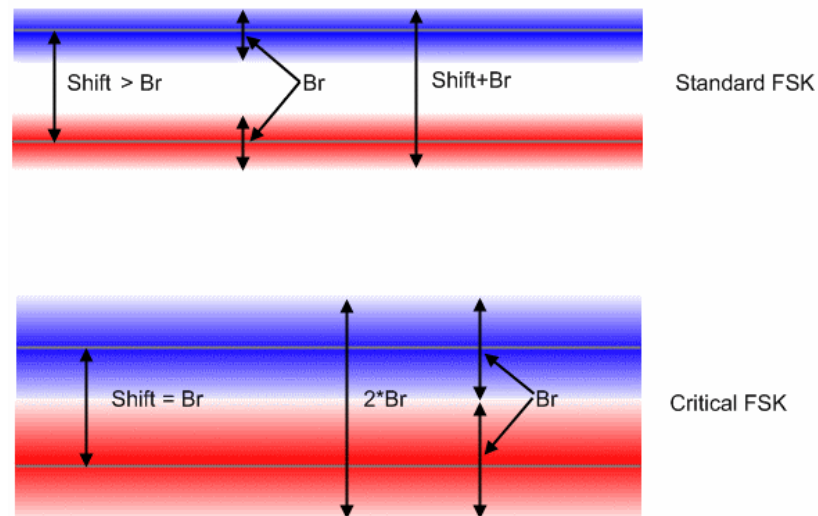


Рисунок. 1.6 – Спектр FSK-посилки в часі з нормальним захисним інтервалом (зверху) та з мінімально допустимим (знизу)

Важливо, що спектр навкруги частот маніпуляції, коли рознос дорівнює B_r , вміщується в простір між частотами без перекриття. Частоти якщо наближати далі, то виникає перекриття спектрів сигналів і виникають сильні взаємоперешкоди. Це ілюструє графічне зображення обмеження мінімального розносу у класичній FSK, а математичне обґрунтування цього явища вичерпно описано в теорії. З графічного зображення видно головну ідею зменшення розсіювання частот при збереженні швидкості маніпуляції, що, в свою чергу, збільшує ефективність самої FSK. Це можливо досягти шляхом обмеження області

первинної енергії побічних сигналів навколо частоти маніпуляції, яка дозволить зменшити спотворення. Ця концепція може бути реалізована шляхом попередньої фільтрації бітового потоку перед його подачею на модулятор. В ширшому застосуванні для FSK використовуються фільтри Гауса, які ефективно звужують смугу шляхом згладження різких переходів в напрузі маніпуляції та мають гарні керовані характеристики. Загалом, будь-який фільтр, який зменшує різкі зміни, може бути застосований для досягнення цієї цілі, але фільтри Гауса вважаються одними з найефективніших, хоча не єдиними.

GFSK – це модифікація класичної FSK з використанням попередньої фільтрації напруги маніпуляції за допомогою фільтра Гауса. Основна структура модулятора залишається незмінною. Це допускає уникнути обмежень, пов'язаних з мінімальним зсувом у класичній FSK, де $\text{Shift} \geq B_r$ у напрямку зменшення.

Цифрове кодування SDR. Цілком очевидно, що в світі передачі та обробки ключові позиції займає «цифра». Мікропроцесори, сигнальні процесори, персональні комп'ютери – робота всіх цих пристроїв заснована на цифровій техніці. Стрімкий прогрес цієї техніки творить воістину чудеса, до яких користувачі звикають так швидко, що вже не віддають собі звіт в тому, якими гнучкими і потужними пристроями вони користуються. Можливо, деякі користувачі навіть не помічають, як ці пристрої міняють їх звичний спосіб життя або хоча б дозвілля. Якщо говорити про радіоаматорів, то вони вже давно застосовують персональні комп'ютери в різних аспектах свого хобі – і в радіозв'язку, і при конструюванні апаратури, і для підготовки технічної документації, і т.д. Проте до недавнього часу ПК грав хоча і важливу, але все ж допоміжну роль на аматорській радіостанції. SDR – це радіозв'язкові системи, в яких ПЗ використовується як засіб для перетворення радіосигналів і як для їхнього

відновлення до початкової форми. SDR змінює пріоритети, і центральним елементом аматорської радіостанції стає ПК.

За допомогою SDR практично весь процес обробки сигналу здійснюється програмним забезпеченням, яке працює на ПК або управляє певними спеціалізованими мікропроцесорними пристроями, спроектованими для обробки сигналів. Метою такого підходу є створення системи, що здатна приймати та передавати радіосигнали завдяки гнучкому й адаптивному ПЗ. В даний час SDR використовуються в військовому й мобільному зв'язку, де потрібна реальночасова підтримка різноманітних радіопротоколів.

У режимі отримання сигналів SDR може забезпечувати більшу ефективність, порівняно з використанням звичайних аналогових методів, оскільки цифрова обробка сигналів наближена до ідеальної фільтрації. Додатково, програмні алгоритми дозволяють реалізувати функції, які важко отримати шляхом аналогової обробки. Ідеальне втілення SDR-приймача передбачає безпосереднє підключення антени до аналого-цифрового перетворювача (АЦП), який пов'язаний з могутнім ПК. В цьому випадку ПЗ, що працює на комп'ютері, забезпечує обробку потоку даних і перетворення їх у необхідну форму. Ідеальний SDR-передавач працюватиме аналогічним чином. Програмне забезпечення формує потік даних, що надходить до ЦАП, підключеного до антени. Однак, сучасна технологічна інфраструктура не забезпечує можливість реалізації такої концепції. Наявні аналого-цифрові перетворювачі (АЦП) ще не досягають необхідної швидкості для ефективної роботи в широкому радіочастотному діапазоні або не мають достатнього динамічного діапазону для обробки сигналів зі значними рівневими різницями в даному спектрі.

На сьогоднішній день можлива реалізація SDR лише на частотах дуже низького рівня, отже у фізичних пристроях проблему високоякісного цифрового перетворення ВЧ сигналів вирішують шляхом їх зміщення на

					СОА 2.039.010 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

низьку частоту. Для цього застосовується змішувач та опорний генератор. Тим самим, потрібне конкретне аналогове обладнання для направлення частини спектру частот на комп'ютер для подальшої обробки.

Враховуючи значні можливості, вкладені в SDR, ймовірно, найближчим часом ця технологія займе провідне місце в радіозв'язку. У професійних реалізаціях SDR, зазвичай, аналогова частина будується за супергетеродинним принципом, а в аматорських пристроях широке застосування знаходить пряме перетворення. Незважаючи на те, що цей принцип був запропонований давно, лише з появою SDR можливо, що пряме перетворення дійсно отримає широке застосування в радіозв'язку.

1.1.2 Аналіз інформації

Розглядаючи дану тему кваліфікаційної роботи, важливо зазначити, що розробка передавача діапазону 136 кГц належить до портативної та стаціонарної апаратури. Більше того, цей пристрій використовується як на стаціонарних об'єктах, так і за їх межами, і він має задовольняти вимогам захисту, які відповідають класифікації II типу.

Експлуатація пристрою має відповідати вимогам ДСТУ ГОСТ 15150-82 та відповідати вимогам кліматичної категорії 4.2 в УХЛ згідно з ДСТУ ГОСТ 20790.

Це призводить до ряду кліматичних умов, які мають бути враховані при експлуатації:

- температурні умови під час роботи від +10 до +35 °С;
- вологість повітря складає 80% при температурі 25 °С;
- атмосферний тиск 750 ± 30 мм рт.ст.

З погляду надійності, електрорадіоелементи мають бути підібрані з максимальним терміном придатності (мінімальною інтенсивністю відмов) для підвищення загальної надійності виробу.

					СОА 2.039.010 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Основні характеристики, необхідні для розробки цього пристрою як основної складової системи, включають:

- робочий діапазон частоти 136 кГц;
- швидкість передачі даних до 76,5 біт/с;
- напруга живлення 3,5,12 В;
- споживана потужність не більше 1,2 Вт;
- час встановлення робочого режиму не перевищує 3 с.

Необхідно забезпечити можливість отримання доступу до всіх складових частин електричної секції конструкції.

Що стосується надійності, пристрій повинен відповідати вимогам ДСТУ ГОСТ 23145-82. Ймовірність безвідмовної роботи пристрою повинна бути не менше 0,9, а наробіток на відмову – 12000 годин. Термін служби пристрою має бути не менше 6 років, а безперервний робочий час – 24 години.

З економічної точки зору конструкція пристрою має мати низьку собівартість, щоб забезпечити конкурентоспроможність на ринку.

Враховуючи всі ці вимоги до характеристик при проектуванні, пристрій буде повністю відповідати необхідним вимогам та задовольнить потреби користувача.

1.2 Проектування схемотехнічне

1.2.1 Розробка і розрахунок структурної схеми виробу

Структурна схема пристрою зображена на рисунку 1.7.

Пристрій призначений для перетворення сигналу, отриманого від керуючої комп'ютерної програми шляхом прямого синтезу в аналоговий сигнал, підсилення його по потужності та передачу на трансивер. Схему можна умовно розділити на вісім структурних блоків. Центральним з них є мікроконтролерний блок. На нього покладено функції керування іншими

					СОА 2.039.010 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

вузлами. Мікроконтроллер працює згідно з наперед закладеною програмою. Він в режимі реального часу приймає дані з комп'ютера та передає на цифро-аналоговий перетворювач, що, в свою чергу, передає аналоговий сигнал на підсилювач, а далі на трансмітер. Керуюча програма надсилає команду ввімкнення/вимкнення трансмітера, що дає змогу здійснювати передачу даних більш економно.

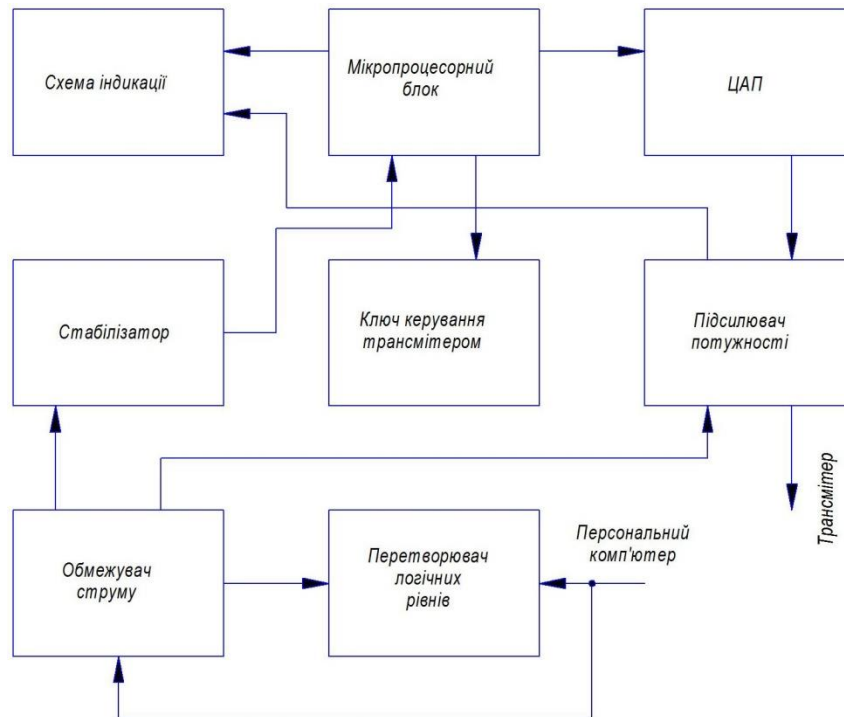


Рисунок 1.7 – Структурна схема збуджувача передавача діапазону 136 (кГц)

Перетворювач логічних рівнів є буферним приймачем/передавачем, що дає змогу узгодити логічні рівні мікроконтролера та СОМ-порта комп'ютера.

Індикація режимів роботи відбувається за допомогою світлодіодів.

У структуру пристрою входить також стабілізатор напруги живлення з можливістю подачі її на інші зовнішні пристрої. Задля запобігання виходу з ладу стабілізатора передбачено обмежувач струму, що утримує його на допустимому рівні.

Структурна схема розробляється на етапах першого проектування й передує розробці інших видів схем. Вона визначає основні функціональні компоненти виробу, їх призначення та взаємозв'язки між ними. Схема надає узагальнене уявлення про принцип дії виробу.

Актуальне розташування складових частин на структурній схемі не враховується, і зв'язок не розкривається. Побудова схеми має надавати ясне уявлення про склад виробу та послідовність взаємодії функціональних компонентів. Функціональні компоненти на схемі зображаються у формі прямокутників або символічних графічних позначень. При зображенні функціональних компонентів у формі прямокутників їх назви, різновиди та маркування розміщують всередині прямокутників.

Напрямок процесу, що відбувається у виробі, позначається стрілками, які з'єднують функціональні компоненти. У простих схемах функціональні компоненти розташовуються у вигляді послідовного ланцюжка зліва направо згідно з послідовністю робочого процесу. Схеми, які мають багато основних робочих каналів, слід відображати у формі горизонтальних рядків, що проходять паралельно.

Функціональна схема використовується для пояснення процесів, які відбуваються у окремих функціональних ланцюгах або в цілому виробі. У випадку складного виробу розробляються різні функціональні схеми, які розкривають механізми, що відбуваються на різних режимах функціонування. Кількість та рівень деталізації функціональних схем, а також обсяг розміщеної інформації, визначаються розробником, враховуючи особливості самого виробу.

На цій схемі показані функціональні складові виробу (елементи, функціональні групи, пристрої) та їх взаємозв'язки. Візуальне відображення схеми має передати послідовність функціональних процесів, які мають місце у виробі. Розташування елементів та пристроїв у самому виробі може не бути точно передане.

					СОА 2.039.010 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Ланка початкового скидання побудована на елементах R3, С6. В початковий момент часу після ввімкнення пристрою в мережу конденсатор розряджений і вивід скидання мікроконтролера підтягнутий до потенціалу «землі». Нульовий потенціалу на цьому вході є активним, отже забезпечується скидання програмного лічильника. Конденсатор заряджається через резистор, при цьому потенціал на його верхній обкладці постійно зростає і, коли досягне порогового значення спрацювання контролер почне виконувати інструкції, починаючи з вершини стека. Образу ж після запуску (задається конфігурацією fuse-bits), схема тактування на основі кварцового генератора G1. Оскільки внутрішня схема генерує тактові імпульси зі значно нижчими частотою та стабільністю, застосовано зовнішню схему. Стабільність роботи мікроконтролера важлива для витримування точних часових інтервалів та, в першу чергу, для витримування таймінгів послідовних комунікаційних інтерфейсів. Загалом схема тактування забезпечує програміста широким спектром енергетичних режимів робот з різним ступенем енергоефективності. Оскільки, у порівнянні зі споживаною потужністю інших вузлів (зокрема трансмітера), споживана потужність самого мікроконтролера є такою, що можна знехтувати, то використовується лише режим «Active». Після початкових налаштувань та ініціалізації мікроконтролер переходить до виконання основної програми.

Через конвертер логічних рівнів інформація від керуючої програми поступає на мікроконтролер (його внутрішній usart-модуль). Буфер необхідний через те, що логічні рівні мікроконтролера 0/5(V) значно відрізняються від логічних рівнів СОМ-порта комп'ютера ± 12 (V).

Якщо отримано команду на ввімкнення трансивера, мікрокнтрлервиставляє рівень логічної одиниці відповідній на лінії керування транзисторним ключем. Він відкривається, контакти реле вмикають трансмітер. Якщо ж отримано команду на ввімкнення, то навпаки.

					СОА 2.039.010 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Цифрові дані на передачу періодично побайтно виставляються на лініях порта, підключених до пасивного R2R-цифро-аналогового перетворювача.

Після ЦАП перетворений у аналогову форму сигнал поступає на підсилювач потужності. Перший каскад його є буферним і працює в режимі класу А, другий – працює на резонансне навантаження (136 КГц) в режимі класу В.

1.2.2 Проектування і розрахунок електричної принципової схеми

Пристрій забезпечує довготривалу стабільність частоти сигналу не гірше 0,1 (Гц) за добу (після початкового 10-хвилинного прогріву), крок установки частоти 0,07 (Гц), вихідну потужність близько 150 (мВт) на навантаженні 50 Ом в діапазоні 50...300 (кГц), а також керування зовнішнім підсилювачем потужності. Вихід збуджувача має елементи захисту від впливу зовнішньої імпульсної напруги і захист по струму. Керуюча комп'ютерна програма забезпечує формування сигналів в режимах: CW, QRSS, DFCW, HELL, а також PSK, OPERA, WOLF, і MFSK-37.

Керують збуджувачем через COM-порт комп'ютера

Передбачене також можливість застосування автономного керуючого терміналу. Напруга живлення для нього – 12 (В) із захистом від замикання виведено на контакти роз'єму COM-порта.

Збуджувач з'єднують з передавачем коаксіальним кабелем, довжина якого може сягати 50 м, що буває зручно, коли збуджувач потужності та котушка подовжування антени віддалені від робочого місця.

Дискретні відліки синусоїди потрібної частоти формує програмно по принципу DDS (прямий синтез) мікроконтролер DD1. Їх перетворює в аналоговий сигнал восьми розрядний ЦАП на матриці R2R (R14, R10, R13, R17...R20, R23, R25...R28, R31...R34). З виходу ЦАП через фільтр С9 L2 і розділовий конденсатор С12 сигнал поступає на попередній підсилювач на

транзисторі VT4. Він працює в класі А, лінійно підсилюючи сигнал. Резистори R11, R12 задають робочу точку транзистора. Підбором одного з них встановлюють постійну напругу на колекторі рівну 5 (В). Резистор R16, зашунтований по змінному струму конденсаторами C17, C22, створює від'ємний зворотній зв'язок по постійному струму, що стабілізує робочу точку транзистора при зміні температури.

Колекторним навантаженням транзистора служить резистор R15. З нього через розділовий конденсатор C16 підсилений сигнал поступає на кінцевий підсилювач на потужному транзисторі VT5. Резистори R21 та R22 створюють на його базі невелике зміщення (близько 0,4 В). Завдяки йому за відсутності сигналу транзистор VT5 є на порозі відкриття. Резистор R30 забезпечує від'ємний зворотній зв'язок по постійному струму та змінному струму, що стабілізує робочу точку транзистора при зміні теплового режиму.

В ланцюг колектора транзистора VT5 включена обмотка I трансформатора T1. Конденсатором C21 вона налаштована на частоту сигналу, що покращує його форму, знижуючи викиди. Діод VD6 захищає транзистор VT5 від роботи в інверсному режимі. Конденсатори C4, C5, C8, C11 і дросель L1 створюють фільтр, що захищає решту вузлів пристрою від можливих ВЧ-наведень по ланцюгу живлення.

З обмотки II трансформатора T1 сигнал подається на XW1, а також через конденсатор C23 на амплітудний детектор на діоді VD4 зі згладжувальним конденсатором C20. Продетектований сигнал напругою близько 6...7 В поступає через обмежувальний резистор R24 а світлодіод HL4, що виведений на лицеву панель і призначений для індикації наявності вихідного сигналу. Резистор R29 замикає ланцюг вихідного струму детектора, а також служить навантаженням збуджувача.

Безпосередньо біля роз'єма XW1 встановлений газовий розрядник FV1 з напругою пробою 75 (В), що захищає збуджувач від впливу коротких високовольтних імпульсів, що можуть надходити на роз'єм ззовні. Нижній по

					СОА 2.039.010 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

схемі відвід обмотки II трансформатора конденсатором С24 з'єднаний по високій частоті із загальним проводом.

На транзисторв VT3 і реле К1 зібрано вузол керування зовнішнім підсилювачем потужності. Коли цей підсилювач має бути вимкненим (знаходиться в режимі прийому), контакти К1.1 реле розімкнуті. Коли підсилювач треба включити, мікроконтролер по команді від комп'ютера встановлює на своєму виводі РС7 високий рівень напруги. В результаті включається світлодіод HL2 і відкривається транзистор VT3, що призводить до спрацювання реле К1 і замикання його контактами вихідного ланцюга по постійному струму. Це імітує сигнал РТТ, що включає підсилювач потужності.

Для захисту виходу від надмірного струму служить самовідновний запобіжник FU1. Діод VD3 захищає транзистор VT3 від викиду напруги самоіндукції на обмотці реле.

Роз'єм XS1 з'єднують за допомогою кабеля з СОМ-портом комп'ютера. На мікросхемі DA2 побудовано вузол узгодження рівнів сигналу цього порту і мікроконтролера. Резистор R1 та конденсатор С2 задають імпульс, що встановлює мікроконтролер у вихідний стан при подачі живлення.

Для живлення пристрою використовується напруга 12 (В) та 5 (В). Діоди VD1 та VD2 захищають збуджувач від випадкової подачі напруги живлення неправильної полярності. Інтегральний стабілізатор DA1 дає змогу використовувати лише джерело живлення напругою 12 В. Світлодіод HL1 служить для індикації наявності живлення напругою 5 В, а світлодіод HL3 – напруги 12 (В).

Через обмежувач струму на транзисторах VT2, VT2 та діод VD5 напруга +12 В надходить на контакти 8 та 9 роз'єму XS1, що не використовуються для зв'язку з комп'ютером. Вона може бути використана для живлення підключеного до цього роз'єму автономного блока керування.

					СОА 2.039.010 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Якщо струм в колі цих контактів досягає значення, при якому спад напруги на резисторі R4 стане достатнім для відкриття транзистора VT1, він, відкрившись, зашунтує емітер ний перехід транзистора VT2, перешкоджаючи подальшому росту струму. Напруга впаде і світлодіод HL3 зменшить яскравість світіння, або зовсім погасне. Використані номінали елементі задають поріг відключення приблизно рівний 200 (мА).

Основний вузол, що визначає стабільність тактової частоти є генератор G1. Тут застосовано термокомпенсуючий генератор з дуже невеликим відхиленням частоти.

Розрахунок підсилювача.

Вихідними даними для попереднього розрахунку є: потужність на виході $P_{\text{вих}} = 0,15(\text{Вт})$; опір навантаження по змінному струму $R_{\text{н}} = 50(\text{Ом})$, амплітудне значення вхідної напруги $U_{\text{вхм}}=5(\text{В})$, внутрішній опір джерела сигналу приблизно $R_{\text{дж}}=20(\text{кОм})$, діапазон частот $f_{\text{н}} \dots f_{\text{в}} (50 \dots 300 \text{КГц})$.

Потужність сигналу на вході підсилювача. Найбільшу потужність джерело струму віддає в ланцюг навантаження, коли опір навантаження рівний внутрішньому опору джерела.

$$P_{\text{вих}} = \frac{U_{\text{вх}}^2}{R_{\text{дж}}}, \quad (1.5)$$

$$P_{\text{вих}} = \frac{5^2}{20000} = 0,00125(\text{Вт})$$

Коефіцієнт підсилення по потужності всього підсилювача:

$$K_P = \frac{P_{\text{вих}}}{P_{\text{вх}}}, \quad (1.6)$$

					СОА 2.039.010 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

$$K_p = \frac{0,15}{0,00125} = 120$$

Коефіцієнт підсилення в децибелах:

$$K_{p[\text{дБ}]} = 10 \cdot \lg(K_p) = 10 \cdot \lg(120) = 2,08(\text{дБ}) \quad (1.7)$$

Приблизне число каскадів m і структурна схема підсилювача. При цьому можна вважати що кожен каскад підсилення при включенні транзистора по схемі зі СЕ може забезпечити підсилення приблизно на 20 (дБ).

$$m = \frac{K_{p[\text{дБ}]}}{20} \quad (1.8)$$

$$m = \frac{2,08}{20} \approx 1$$

Отже, достатньо лише одного каскаду підсилення. Але при необхідності роботи на коливальний контур, частиною якого є первинна обмотка узгоджувального трансформатора необхідно додатково включити каскад узгодження.

Розрахунок ємності конденсатора в ланцюзі колектора VT5.

$$C_K = \frac{1}{4 \cdot f_r^2 \cdot L \cdot 3,14^2} \quad (1.9)$$

					СОА 2.039.010 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

$$C_K = \frac{1}{4 \cdot 136000 \cdot 150 \cdot 10^{-6} \cdot 3,14^2} \approx 8,1 \cdot 10^{-9}$$

де f_r^2 – частота роботи резонансного підсилювача;

L – індуктивність первинної обмотки трансформатора Т1.

Вибрано конденсатор С21 8100 pF 16V ±10%.

Для нормального режиму роботи захисного діода VD6 необхідно, щоб допустима зворотня напруга вибраного діода перевищувала напругу живлення каскаду:

$$U_{зв} (50В) > E_K (12В), \quad (1.10)$$

Величина допустимого прямого струму має перевищувати вхідний струм наступного каскаду не менше, ніж в 1,5...2 рази:

$$I_{Kmax} (500 мА) > (1,5...2)I_n = 0,11(А). \quad (1.11)$$

Вибрано діод VD6 – 1N4007.

Для забезпечення нормального функціонування транзистора важливо, щоб допустима різниця потенціалів між колектором і емітером обраного транзистора була більшою за живлення каскаду:

$$U_{KEmax} (80В) > E_K (12В). \quad (1.12)$$

Величина допустимого струму колектора має перевищувати вхідний струм наступного каскаду не менше, ніж в 1,5...2 рази:

					СОА 2.039.010 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

$$I_{K_{\max}}(1,5A) > (1,5 \dots 2)I_H = 0,11(A) \quad (1.13)$$

Вибрано транзистор VT5 – BD139 (тип провідності n-p-n).

Величина струму спокою в ланцюзі колектора $I_{КП}$, напруга $U_{КЕП}$, а також струм бази $I_{БП}$ і напруга $U_{БЭБ}$ на базі транзистора в режимі класу В рівна:

$$I_{КП} = 330(мА),$$

$$U_{КЕП} = 11,9(В),$$

$$U_{БЭБ} = 0,4(В).$$

Напруга в колі емітера:

$$U_{ЕП} = (0,1 \div 0,3) \cdot E_K = 1,2(В) \quad (1.14)$$

Опір резистора R30 в колі термостабілізації, враховуючи $I_{КП} \approx I_{ЕП}$:

$$R_{30} = \frac{U_{ЕП}}{I_{КП}} = 1,2 \cdot 0,33 = 3,6(Ом) \quad (1.15)$$

$$R_{30} = 1,2 \cdot 0,33 = 3,6(Ом).$$

Вибрано резистор R30 – 3R6±5% 1/20W.

У сімействі характеристик, що визначають вихідні властивості вибраного транзистора, встановлюється місцезнаходження робочої точки П з координатами $U_{КЕП}$ і $I_{КП}$. Позиція робочої точки відповідає базовому струму $I_{БП}$. Отримане значення базового струму дозволяє визначити положення робочої точки П на вхідній характеристиці транзистора і вхідний опір для

					СОА 2.039.010 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

змінного струму транзистора, який дорівнює r_{ex} . Для знаходження r_{ex} необхідно знайти співвідношення:

$$\Delta I_E = 4 \text{ мА}, \Delta U_{БЭ} = 0,15 \text{ В} \Rightarrow$$

$$r_{ex} = \frac{\Delta U_{БЭ}}{\Delta I_E} = \frac{0,15}{4 \cdot 10^{-3}} = 37,33 \quad (1.16)$$

Елементи діляника напруги в колі бази R21 і R22.

Падіння напруги на базі транзистора:

$$U_{БП} = U_{ЕП} + U_{БЕП}, \quad (1.17)$$

$$U_{БП} = 1,2 + 0,4 = 1,6(\text{В})$$

Струм в ланцюзі діляника напруги:

$$I_D = (3 \dots 5) I_{БП}, \quad (1.18)$$

$$I_D = 4 \cdot 0,006 = 0,024(\text{А})$$

Опір резистора резистора R21:

$$R_{21} = \frac{E_K - U_{БП}}{I_D}, \quad (1.19)$$

$$R_{21} = \frac{12 - 1,6}{0,024} = 433(\text{Ом})$$

Опір резистора R22:

$$R_{22} = \frac{U_{БП}}{I_{Д} - I_{БП}}, \quad (1.20)$$

$$R_{22} = \frac{1,6}{0,024 - 0,006} = 89(Ом)$$

Вибрано резистори R21– 430R±5% 1/20W, R22 – 100R±5% 1/20W.

Вхідний опір каскаду R_{BX} .

$$R_{BX} = \frac{R_B \cdot r_{BX}}{R_B + r_{BX}}, \quad (1.21)$$

$$R_{BX} = \frac{81,13 \cdot 37,33}{81,13 + 37,33} = 25,57(Ом)$$

де $R_B = \frac{R_{21} \cdot R_{22}}{R_{21} + R_{22}}, R_B = \frac{430 \cdot 100}{430 + 100} = 81,13(Ом)$

Коефіцієнт підсилення каскаду по струму на середніх частотах:

$$K_{I0} = \frac{R_B}{R_B + r_{BX}} \cdot h_{21e} \cdot \frac{R_n}{R_n + R_{BX}}, \quad (1.22)$$

$$K_{I0} = \frac{81,13}{81,13 + 25,57} \cdot 250 \cdot \frac{50}{50 + 25,57} = 125,77$$

					СОА 2.039.010 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Значення струму сигналу на вході каскаду:

$$I_{\text{вх}} = \frac{I_{\text{н.}}}{K_{I0}}, \quad (1.23)$$

$$I_{\text{вх}} = \frac{0,055}{125,77} = 0,44(\text{мА})$$

Значення напруги сигналу на вході каскаду:

$$U_{\text{вхрмах}} = I_{\text{вх}} \cdot R_{\text{вх}}, \quad (1.24)$$

$$U_{\text{вхрмах}} = 0,00044 \cdot 25,57 = 0,011(\text{В})$$

Значення потужності сигналу на вході каскаду

$$P_{\text{вхрмах}} = U_{\text{вхрмах}} \cdot I_{\text{вхрмах}}, \quad (1.25)$$

$$P_{\text{вхрмах}} = 0,011 \cdot 0,00044 = 4,84 \cdot 10^{-6}(\text{Вт})$$

Коефіцієнт підсилення каскаду по потужності:

$$K_{\text{р}} = \frac{P_{\text{вих}}}{P_{\text{вх}}}, \quad (1.26)$$

$$K_{\text{р}} = \frac{0,15}{4,84 \cdot 10^{-6}} = 3991$$

					СОА 2.039.010 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Значення коефіцієнта підсилення по потужності більше необхідного, отже параметри каскаду задовольняють вимоги завдання.

Розрахунок транзисторного ключа.

Мікроконтролер управляє реле К1, контакти якого, в свою чергу, підключають/відключають Зовнішній передавач. Для уникнення іскріння, пошкодження контактів реле та можливих відмов передавача необхідно мати надійну схему включення контактів. Це забезпечить безпеку й стабільну роботу системи передачі.

У першу чергу, надійна функціональність транзистора в широкому діапазоні температур є основною вимогою електричної міцності. Напряга пробою КЕ має перевищувати розраховану значною мірою, не менше ніж втричі, згідно наступного виразу:

$$U_{ceб.в} \geq 3 \cdot (V_{cc} - V_{кеу.с.а} - V_{р.тси} - 1,5) = 0,3 \text{ (В)}, \quad (1.27)$$

У транзисторах VT1 та VT2 було використано BCV27. Номінальна напруга, при якій відбувається пробій колекторно-емітерного переходу, становить близько 60 В.

Максимальна допустима сила струму, яка може протікати через КЕ перехід транзистора BCV27, повинна перевищувати силу струму обмотки реле, що визначається наступним виразом:

$$I_{ce} \geq 7 \cdot I_{r.c} = 7 \cdot 0,02 = 0,14 \text{ (А)}, \quad (1.28)$$

де: $I_{r.c}$ – струм обмотки реле (relay coil current).

Передача струму має номінальний коефіцієнт 4000, який значно залежить від температури. Оскільки немає потреби високої швидкості

					СОА 2.039.010 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перемикання транзисторного ключа, вибирається режим С з високим насиченням для забезпечення працездатності при широкому спектрі температур.

Опір резистора бази R14 ключа комутації обмотки реле OEG OJE-SS-112LM в режимі насичення заснованого на схемі Дарлінгтона обчислюється за формулою:

$$R_b = \frac{(U_{t.v} - V_{p.mcu})}{(U_{r.c} / R_{r.c}) / h_{FE}}, \quad (1.29)$$

$$R_b = \frac{1,6 - 0,1}{(3 / 13) / 4000} = 26000 \text{ (Ом)}$$

де: $U_{t.v}$ – це значення напруги порогу стійкого відключення схеми (поріг відключення напруги). Кожен лінійний порт мікроконтролера має тригер Шмітта з відключаючим порогом приблизно 1,6 В.

$V_{p.mcu}$ – максимальний спад напруги на відкритому ключі (порт мікроконтролера);

$U_{r.c}$ – необхідна величина напруги, яка подається на обмотку реле. Мінімальне значення, рекомендоване виробником, становить 3 В;

$R_{r.c}$ – значення опору котушки реле. Згідно із документацією, мінімальне значення становить не менше 13 Ом.

З серії E12 було обрано значення опору для резисторів R14, яке становить 22 кОм.

При такому виборі значення опору, струм бази визначається наступним чином:

$$I_b = (V_{cc} / R_{r.c}) / h_{FE} = (12 / 13) / 4000 = 0,2 \text{ (мА)} \quad (1.30)$$

					СОА 2.039.010 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

VD3 - це захисний діод, який обчислюється відповідно до наступного виразу:

$$I_{p.d} \geq 2 \cdot \frac{U_{r.c}}{R_{r.c}} = \frac{3}{13} \geq 0,46 \text{ (A)} \quad (1.31)$$

де: $U_{r.c}$ – напруга, яка потрібна для виконання на котушки реле. Рекомендоване мінімальне значення, встановлене виробником, складає 3 В [9].

1.2.3 Вибір і обґрунтування елементної бази

Під час розробки пристрою слід враховувати вимоги щодо розмірів, ваги та потужності, щоб забезпечити відповідність обраної складової бази вимогам зменшення розмірів пристрою при достатній потужності.

Конструкція включає виключно поверхневий монтаж елементів, який покращує техніко-економічні та масо-габаритні показники. Поверхневий монтаж - це технологія виготовлення електронних пристроїв на друкованих платах, а також відповідні методи проектування друкованих вузлів, пов'язані з цією технологією.

Також відома як ТМП (технологія монтажу на поверхню), SMT (технологія монтажу на поверхню) і SMD, технологія поверхневого монтажу друкованих плат, а також компоненти для поверхневого монтажу, що відомі як чип-компоненти, є найпоширенішим сьогоднішнім методом конструювання і складання електронних вузлів на друкованих платах.

Основна відмінність цієї технології від "традиційного" методу наскрізного монтажу в отвори полягає у тому, що компоненти безпосередньо монтується на поверхню ДП. Проте, переваги технології поверхневого монтажу ДП виявляються за рахунок поєднання унікальних характеристик

					СОА 2.039.010 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

елементної бази, процесів конструювання та технологічних методів виробництва друкованих вузлів.

Переваги:

Переваги цієї технології включають зменшення ваги й завдяки відсутності розмірів друкованих вузлів або скорочення виводів компонентів, покращення щільності розміщення й трасування, скорочення розмірів базових елементів й інтервалів між выводами. Використання цієї технології дозволяє підвищити щільність розміщення компонентів, оскільки немає необхідності у створенні контактних площадок навколо отворів.

Також вона покращує електричні характеристики шляхом скорочення довжини виводів й збільшення щільності розміщення, що сприяє передаванню низькопотужних і високочастотних сигналів, а також зниженню паразитної ємності й індуктивності.

Ця технологія сприяє поліпшенню ремонтпридатності шляхом спрощення очищення контактних поверхонь від припою та усунення необхідності в прогріванні припою всередині металізованих отворів. Зазначимо, що ремонт при поверхневому монтажі вимагає спеціалізованого інструменту й правильного використання технологічних режимів.

Іншою перевагою є можливість розміщення деталей з обох сторін друкованої плати та зменшення кількості отворів, які потрібно виконати.

Також ця технологія покращує технологічність, оскільки процес монтажу легше автоматизувати, порівняно з використанням отворів. Крім того, вона суттєво знижує собівартість серійних виробів.

Недоліки:

Використання цієї технології передбачає високі вимоги до якості проектування топології друкованих плат. Для досягнення цілей проектування необхідно враховувати розподіл теплових полів, використовуючи елементи з різними теплоємкостями й теплопровідностями, а також раціонально вибирати геометрію, щоб забезпечити приблизно однакову швидкість

					СОА 2.039.010 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

нагрівання окремих ділянок, наприклад, виводів одного компонента, під час групової пайки й уникнути дефектів (наприклад, "ефект надгробного каменю").

Також ця технологія вимагає високої точності температури й залежності від часу пайки, оскільки всі компоненти нагріваються під час групової пайки.

Жорстка зв'язка між компонентами без виводів та матеріалом друкованих плат може спричинити великі механічні напруги й навіть руйнування елементів конструкції через різні коефіцієнти теплового розширення, особливо при екстремальних температурах. Це може знизити надійність пристроїв, які працюють у важких умовах, і вимагати особливо обережного проектування друкованих плат і використання спеціальних технологічних прийомів під час виробництва.

Ця технологія також супроводжується високими витратами на створення дослідних зразків через необхідність спеціального устаткування для одиночного й дослідного виробництва.

Додаткові вимоги ставляться до якості й умов зберігання технологічних матеріалів.

Таким чином, порівняно з "традиційними" методами, використання сучасних технологій є більш ефективним.

Керування схемою здійснюється за допомогою комп'ютерної програми. Вона передає сигнал у режимі реального часу, а мікроконтролер перетворює потік цифрових даних у сигнал шляхом прямого синтезу (DDS). Для можливості обміну даними між мікроконтролером та комп'ютером потрібно встановити відповідні рівні сигналів. Ускладнення блоку живлення не є доцільним, тому заради даної цілі використовується спеціалізована мікросхема-перетворювач рівнів.

MAX232 є інтегральною мікросхемою, яка перетворює сигнали RS-232 послідовного порту в цифрові сигнали, придатні для застосування у

					СОА 2.039.010 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

цифрових схемах, що базуються на ТТЛ або КМОП технологіях. Функції та призначення виводів цієї мікросхеми стали невимовним стандартом, і існує безліч аналогічних мікросхем від різних виробників з різним маркуванням.

Ця схема забезпечує рівень вихідної напруги RS-232, яка становить приблизно ± 7.5 В. Вона досягає цього шляхом конвертації вхідної напруги +5 В за допомогою внутрішнього зарядного насоса та зовнішніх конденсаторів. Це робить реалізацію RS-232 в пристроях, що працюють від 0 до +5 В, набагато простішою, оскільки не потрібно складності з джерелом живлення лише для використання RS-232.

Вхідна напруга RS-232, яка може сягати ± 25 В, зменшується до 5 В, які використовуються в транзисторно-транзисторній логіці. Вхідні сигнали характеризуються середнім порогом 1.3 В і середнім рівнем гістерезису 0.5 В.

Модифікація MAX232A є сумісною з MAX232, проте здатна працювати з вищими швидкостями передачі даних (бод) і замінює оригінальні конденсатори ємністю 1.0 мкФ на менші конденсатори ємністю 0.1 мкФ.

Остання змінна версія, а саме MAX3232, також сумісна з попередніми, проте функціонує в межах напруги від 3 до 5.59 В.

Основним компонентом цієї схеми є мікроконтролер з ряду AVR Tiny.

Мікроконтролери розвиваються зі шаленою швидкістю і зустрічаються у великій кількості сучасних промислових та побутових пристроях: у верстатах, телевізорах, автомобілях, холодильниках, кавоварках, телефонах та у пральних машинах. Можна згадати таких виробників мікроконтролерів: Motorola, Hitachi, Intel, Microchip, Philips, Texas Instruments, Atmel, Infineon Technologies і багатьох інших.

Серед них значне місце посідають контролери, засновані на ядрі AVR. Компанію Atmel (Advanced Technology Memory and Logic) заснував Джордж Перлегос у 1984 році у США. Спочатку основними продуктами Atmel були

					СОА 2.039.010 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мікросхеми пам'яті, такі як OTPROM, EEPROM і Flash. Наприклад, в 1989 році Atmel випустила першу мікросхему Flash-пам'яті, яка працювала з однією напругою +5 (В).

Таким чином, мікроконтролери AVR сімейства Mega обрано завдяки їх заслуженій популярності, надійності, тривалій історії на ринку та оптимальному співвідношенню продуктивності й вартості порівняно з іншими архітектурами [5].

1.3 Проектування конструкторське

1.3.1 Розробка компоновки і конструкції друкованого вузла

Виготовлення пристрою планується на ОДП. Для створення ОДП необхідно враховувати техніки виготовлення, такі як електрохімічний, комбінований та позитивний.

Електро-хімічний спосіб дозволяє досягти високої точності та щільності електропровідного малюнка. Використання даного способу гарантує ефективне з'єднання провідників з ОДП. Даний спосіб є найбільш поширеним серед підприємств-замовників.

ТП створення ДП застосовуючи комбінований позитивний спосіб формується із послідовності взаємопов'язаних кроків.

Початкова перевірка фольгованого діелектрика включає оцінку габаритів аркуша, поверхневого стану та міцності кріплення фольги, а також під впливом розтопленого сплаву, електролітів і інших чинників. В процесі зовнішнього огляду аркушів здійснюється перевірка наявності перфорацій, пазів й інших ушкоджень. Перевіряється також вигнутість і згин діелектрика, підставивши матеріал у розплавлений припій.

Адгезія фольги до діелектрика визначається силою, обов'язковою для розділення фольги від основи.

					СОА 2.039.010 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Стампованість визначається здатністю до обробки без будь-яких пошкоджень або тріщин на краях отворів та між ними.

Можливість свердління матеріалу встановлюється шляхом проведення випробувальної обробки. Створення обробленого отвору дозволяє виявити присутність випалу під час свердління та розтоплення поверхні отвору, або виявити нерівності на виділих волокнах, що утруднюють металізацію отворів.

Отримання заготовок виконується шляхом вирізання заготовки з додатковим простором навколо неї. Для розрізання пластини з покритого фольгою діелектрика можна скористатися круглим фрезером, який охолоджується стисненим повітрям. Використання відповідних є бажаним, оскільки це сприяє збільшенню продуктивності, уникненню забруднення приміщення пилом та зменшенню відходів.

Електролітична й хімічна металізація ДП здійснюється на лінії хімічної металізації і включає наступні кроки:

- Видалення залишків попередньої обробки поверхні.
- Дегрезація поверхні.
- Використання сірчаної кислоти та гідрофториду для хімічного підтравлювання діелектрика в отворах.
- Промивання під струменем води.
- Сенсibiliзація, яка передбачає занурення в розчин двохлористого олова до 7 хвилин, що призводить до утворення плівки іонів двохлористого олова на стінках отворів.
- Введення в аквеозний розчин двохлористого паладію та аміаку до 7 хвилин для активації.

Процес хімічного міднення включає відновлення міді на активованих поверхнях шляхом використання розчину, що містить мідні, нікелеві, формалінові, содові та інші солі. Це призводить до утворення електропровідних покриттів на поверхні ДП та всередині отворів.

					СОА 2.039.010 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Гальванічне осадження міді використовується для збільшення товщини тонкого мідного шару, отриманого хімічним шляхом. Гальванічне покриття проводять у ваннах з використанням сульфатних, борофтористо-водних та інших електролітів. Приготування поверхні металізованих заготовок здійснюється на відведеній лінії та включає такі фази:

- Знежирення.
- Хімічне підтравлювання.
- Промивання.
- Сушіння.

Оцінка якості підготовки. Спочатку отримуємо зображення шляхом застосування тонкого шару фоторезисту на спеціальній установці. Ця плівка полімеризується під впливом ультрафіолетового випромінювання і стає нерозчинною. Під час експонування на відповідній установці на платі з'являється зображення світлих ділянок фотошаблону. Після цього зображення розкривається на струминних проявних установках, внаслідок цього, невиявлені ділянки піддаються видаленню. Електролітичне міднення та нанесення покриття з сплаву "олово-свинець" здійснюється на лінії автоматизованого типу "Блазер" та включає наступні етапи:

- знежирювання;
- підтравлювання;
- міднення – відкладення шару міді товщиною, як мінімум 25 мкм, розташований на зовнішніх поверхнях, що не захищений резистивною маскою;
- активування;
- електролітичне відкладення сплаву "свинець-олово".

Захисний шар сплаву "свинець-олово" товщиною 15 мкм наноситься на металеві поверхні. Це виконується з метою захисту зображення від пошкоджень під час подальшого хімічного травлення ДП і для забезпечення якісного процесу паяння.

					СОА 2.039.010 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Видалення фоторезисту проводиться за допомогою пристрою для сухого видалення плівкового фоторезисту. Для промивання плат використовується дистильована вода.

Процес травлення міді є хімічним методом, який використовується для видалення незахищених ділянок міді з поверхні діелектрика. Даний процес складається з передньої очистки та самого травлення, яке відбувається на струминній лінії травлення. Струминне травлення використовується для досягнення високої продуктивності, оскільки розчин постійно контактує із поверхнею ДП через канал. Даний спосіб забезпечує високороздільне травлення.

Наприкінці хімічної обробки міді із місць пробоїв настає розплавлення сплаву зі свинцю та олова, що призводить до утворення навислого покриття. Із метою прибирання небажаних якостей виконується розплавлення на інфрачервоній установці УІКО-92.

Обрізка плат за контуром виконується після завершення процесу виготовлення плати з друкованими провідниками. Ця структура ТП використовується для того, щоб травлення, що використовується у виробництві ДП, не проникав глибоко у діелектрик та не спричиняв коротке замикання та зниження опору ізоляції. Шляхом фрезерування отримується зовнішній контур.

Маркування ДП є необхідним для полегшення процесу збірки. На поверхню ДП аплікуються спеціальні символи для позначення компонентів. Щоб ідентифікувати вузол, до якого належить ДП, на платі вказується шифр. Також на платі присутній ідентифікаційний номер завод та дата виробництва, що вказані на її поверхні.

За допомогою спеціальних апаратів для розпилення, флюс ФКСП наносять на поверхню ДП та в отвори для забезпечення захисту.

					СОА 2.039.010 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

1.3.2 Оптимізація компоновки, друкованого вузла

Для виготовлення розробленого пристрою необхідно виконання комплексу заходів виконавцями та використання відповідного обладнання для трансформації початкових ресурсів та комплектуючих елементів у фінальний виріб.

Під час проведення розробки процесу виготовлення, головною метою є знаходження оптимального варіанту, який забезпечить ефективне вирішення проблеми без зайвих витрат. Згідно з європейськими стандартами, рекомендується в основному застосовувати стандартні технологічні послідовності, процедури та дії. Винятковими випадками можуть бути випадки, коли існує технологічна та економічна обґрунтованість, за використанням унікальних та високоцінних верстатів. Необхідно обмежитися використанням стандартних ріжучих та вимірювальних інструментів. Рекомендовано використовувати сучасні організаційні форми виробництва, такі як безперервні потокові лінії, групові технологічні процеси і колективні наладки. При розробці робочого процесу виготовлення слід базуватися на типовому процесі.

Типовий процес збирання ТЕЗ включає наступні етапи:

- підготовка елементів для кріплення;
- розміщення компонентів на ДП;
- встановлення зв'язків між висновками;
- перевірка встановлення та функціональних характеристик ТЕЗ;
- проведення консервації.

Комплектаційна операція.

Згідно з комплектувальною картою, необхідно здійснити збірку, іншими словами, отримати всі потрібні товари зі складу, такі як друковані плати, інтегральні мікросхеми, роз'єми і таке інше. Дату, коли товар видається зі складу необхідно занести до технологічної картки. Комплектуючі вироби розташовуються у відповідних контейнерах.

					СОА 2.039.010 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Виконання перевірки ІМС і ДП при вході.

Процедура контролю включає докладний аналіз ІМС, транзисторів та ДП. Поверхня компонентів має бути без будь-яких пошкоджень, таких як тріщини, вм'ятини, відколи і т.д. Необхідно переконатися, що наявний товарний знак, маркування заводу-виробника та ідентифікаційний ключ ІМС співпадають. Наявність окремих деталей низької якості може бути обумовлена такими факторами:

- недостатнім контролем на етапі виробництва;
- тривалим зберіганням готової продукції на складі;
- можливими пошкодженнями під час транспортування.

Де-консервація ДП.

Для видалення консервуючого мастила з поверхні ДП застосовується промивання у спиртобензиновій суміші. Для очищення отворів з металізованими покриттями використовується спеціалізований стержень з органічного скла. Діелектричний матеріал має мати однорідний колір без різких переходів, що виділяють окремі сегменти поверхні ДП. Металевий шар має виглядати рівномірним, щільним, без протравлення країв, тріщин або нерівностей, які можуть зменшити його мінімально припустиму товщину. Перфорація, яка покрита металом, повинна бути доглянутою та вільною від домішок.

Підготовка до припою.

У великій мірі ефективність паяного з'єднання залежить від ретельної підготовки поверхонь, які з'єднуються. Для забезпечення міцного з'єднання потрібна змочуваність поверхонь флюсами та припоями. Для підготовки поверхні використовують хімічний спосіб. Даним способом паяні поверхні підлягають обробці спирто-бензиновими або спирто-фреоновими сумішами здійснюється шляхом погруження їх у ванну. Після цього промивні речовини видаляються за допомогою проточної теплої води.

					СОА 2.039.010 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Паяння полягає у покритті з'єднаних деталей тонким шаром припою, який має бути без тріщин та зовнішніх домішок.

Установка елементів ЕРЕ на ДП.

Процедура монтажу навісних компонентів на ДП включає приведення їх у зону установки, орієнтацію відносно висновків або площадок, а також фіксацію у відповідному положенні.

Елементи розміщуються на ДП відповідно до креслення у такій послідовності: резистори, конденсатори, інтегральні мікросхеми (ІМС), провідники та трансформатори. При монтажі ІМС гнучкою підгинкою здійснюється лише для двох діагонально розташованих виводів. Останніми елементами, які встановлюються, є транзистори на радіаторах, які припаюються до ДП відповідно до складального креслення. Трансформатори кріпляться шляхом гвинтів, гайок та шайб.

Підготовчий етап.

На цьому етапі здійснюється обрізка виходів ЕРЕ та роз'єму використовуючи бокорізи.

Функція флюсу базується у розчиненні, розпушенні та виплавленні оксидних плівок металу та припою на поверхню флюсу.

Пайка.

Процес з'єднання контактів за допомогою пайки включає наступні етапи:

- Фіксація елементів з'єднання з допідготовленими поверхностями для паяння.
- Підігрів поверхні пайки до заданої температури.
- Уведення необхідної і достатньої кількості флюсу та припою до зони пайки.
- Повне розтоплення припою з максимальним зволоженням поверхні для паяння.

					СОА 2.039.010 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

– Зниження теплового навантаження припою в таких умовах, які запобігають руху з'єднаних деталей.

Марка обраного припою суттєво впливає на якість здійснення пайки. Припій повинен мати задані електричні характеристики, зручно видалити флюс та створити міцне зчеплення з головним металом а також мати відповідну щільність та антикорозійні властивості.

Процедура видалення флюсу.

Після виконання пайки, необхідно звернути особливу увагу на ретельне очищення й промивання складових частин та паяних з'єднань, щоб усунути будь-які забруднення, що можуть спричинити корозію та зменшення електричного опору діелектричних матеріалів. Для цього використовується послідовне занурення у спеціальну суміш спирту й бензину.

Оцінка якості пайки здійснюється шляхом зовнішнього огляду. Пайкована поверхня має мати бездоганний вигляд, бути рівною і не мати жодних випуклостей, ямок або гострих виступів припою. У разі виявлення дефектів, вони виправляються за допомогою паяльника та флюсу ФКС. Невелика кількість флюсу наноситься на місце пошкодження, а зайвий припій видаляється паяльником. Перевірка здійснюється з використанням лупи.

Перевірку на функціональність здійснюють за допомогою заздалегідь розроблених стендів. Якщо пристрій несправний, застосовують осцилограф для пошуку несправностей. Осцилограф дає змогу порівняти тимчасові діаграми роботи схеми у певній точці з еталонними. Якщо під час первинного аналізу виявлено причини нездійснення, вони будуть зазначені у картці відхилення. Особлива увага приділяється опису впливу цих причин на функціонування інших елементів схеми. У технічному паспорті здійснюється запис дати відмови, їхні причини та елементи схеми, які потребують заміни. Включення пристрою здійснюється лише після усунення несправності.

									СОА 2.039.010 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						57

Другорядний монтаж передбачає демонтаж вибулих та виявлених під час перевірки елементів. Загальна кількість цих елементів не повинна перевищувати 5,5%, інакше плата відхиляється. Замінені елементи припаюються вручну. Час, протягом якого паяльник знаходиться у контакті з выводами елементів, не перевищує 3 секунди.

Очищення областей, де проводиться повторна пайка, виконується за допомогою щетинистої щітки та спирто-бензинової суміші.

Початковий контроль пристрою призначений для перевірки відповідності фізичних і електричних параметрів виробів. Всі ЕРЕ повинні бути здійснені без жодних відхилень. Зовнішня поверхня ДП не повинна мати вм'ятин, подряпин і інших дефектів, що впливають на якість.

Покриття плат і їх подальша сушка захищають від кліматичних умов і підвищують стійкість до корозії. Для досягнення цієї мети застосовується лак УР231. Процес сушіння здійснюється з використанням гарячого повітря за $t = 40-60$ °С. Після цього плату поміщають в упаковку і упаковують.

Всі компоненти монтуються на односторонній друкованій платі з фольгованим склотекстолітом. Виводи мікросхем вставляються в відповідні отвори, загинаються і припаюються до провідників плати з боку. Ребристий радіатор кріпиться до транзисторів VT2, а ще один окремий радіатор кріпиться до транзистора VT4 [2].

1.3.3 Розрахунок і забезпечення вимог по надійності.

Утворюю таблицю початкових даних для проведення розрахунків.

Отримуємо значення коригуючих коефіцієнтів α_i , згідно з таблицею 1.2, знаходимо значення інтенсивностей відмов для λ^0 , і розраховуємо інтенсивність відмов λ_i для кожної з груп компонентів:

					СОА 2.039.010 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

$$\lambda_i = \lambda^0 \cdot m \cdot \alpha_i, \quad (1.32)$$

де m – кількість компонентів у кожній групі.

Таблиця 1.2 – Вихідні дані для розрахунку надійності

Назва груп	К-ть	$\lambda^0 \cdot 10^6$	α_i	$\lambda_i = \lambda^0 \cdot n \cdot \alpha_i$
Штекерні зеднання	1	1,5	–	1,5
Мікроконтроллер	1	0,07	–	0,07
Транзистори КТ315	3	1,2	1,07	3,852
Стабілізатор КР 142	1	6,2	1,07	6,63
Резистори МЛТ	14	1,2	–	16,81
Реле	1	2,5	–	2,5
Конденсатори ел.	2	2,3	–	4,6
Конденсатори кер.	3	1,3	–	3,9
Пайки друковані	98	0,01	–	0,98
Провідники	17	0,03	–	0,51
Індикація	4	1,6	–	6,4
Діоди	8	1,5	–	12
Всього		$58,5 \cdot 10^{-6}$		

Знаходжу поправочні коефіцієнти K_v , K_m , K_a .

Для врахувань умов експлуатації з таблиць 3.1, 3.2, 3.3 (методичних вказівок), і по формулі розраховуємо поправочний коефіцієнт K_λ :

$$K_\lambda = K_v \cdot K_m \cdot K_a; \quad (1.33)$$

де $K_\lambda = 1$.

Середню наробку до відмови розраховують за формулою:

$$T_{\text{ср}}=1/\lambda, \quad (1.34)$$

$$T_{\text{ср}}=1/58,5 \cdot 10^{-6}=17094 \text{ (год)}.$$

Проводимо розрахунок ймовірності безвідмовної роботи радіопристрою по формулі для заданих значень часу t_p :

$$P(t_p)=e^{-\lambda t_p} \quad (1.35)$$

Таблиця 1.3 – Результати розрахунків

t_p , ГОД	$-\lambda \cdot t_p$	$P(t_p)$
0	0	1
5000	0,0530	0,946
10000	0,106	0,895
50000	0,530	0,586
100000	1,06	0,346
500000	5,30	0,00499

По результатах розрахунків побудували графік залежності ймовірності безвідмовної роботи радіопристрою від часу:

$$P(t_p)=\varphi(t_p) \quad (1.36)$$

сприйняття подразників, внаслідок чого працівник окремі подразники зовсім не сприймає, а інші сприймає із запізненням; зменшення здатності концентрувати увагу, свідомо її регулювати; посилення мимовільної уваги до побічних подразників, які відволікають працівника від трудового процесу; погіршення запам'ятовування та труднощі пригадування інформації, що знижує ефективність професійних знань; сповільнення процесів мислення; підвищення дратівливості, поява депресивних станів, зміни частоти слуху, зору.

Це призводить до того, що ближче до кінця робочої зміни збільшується кількість випадків виробничого травматизму. Згідно статистичних даних, кожному четвертому випадку передувала явно виражена втома.

Основними заходами у запобіганні втомлюваності, а отже у попередженні виробничому травматизму є:

- механізація і автоматизація виробничих процесів. Вони усувають фізичне напруження і велику кількість рухів руками;
- покращення санітарно-гігієнічних умов виробничого середовища (площа приміщень, мікрокліматичні умови, освітлення, вентиляція, опалення);
- професійний відбір; раціональна організація робочого місця, яка має бути спрямована на те, щоб конструкція виробничого устаткування відповідала антропометричним даним і психофізіологічним можливостям людини; правильне робоче положення; ритм роботи; раціоналізація трудового процесу;
- використання емоційних стимулів, впровадження раціональних режимів праці та відпочинку;
- виконання комплексу вправ для очей, рук та хребта для поліпшення мозкового кровообігу, а також комплексу прийомів психофізіологічного розвантаження.

					СОА 2.039.010 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

У великій мірі життя та здоров'я працівників залежить від них самих. Людський фактор у питаннях безпеки праці відіграє набагато більшу роль, ніж це прийнято вважати. Йому слід приділяти значно більше уваги при здійсненні заходів щодо запобігання виробничому травматизму. Роботодавцям необхідно предметніше працювати з людьми, проводити якісне навчання, інструктажі тощо. Тільки постійна профілактична робота з охорони праці сприятиме запобіганню нещасним випадкам на виробництві допоможе зберегти не одне людське життя.

2.2 Соціальні та психологічні фактори ризику

Соціальний і політичний стан країни формує відповідне суспільство і відносини в ньому. Безпека життєдіяльності впливає на стан суспільства як результат дії відповідних факторів життєдіяльності. Коли ці фактори зумовлюють негативні дії в житті суспільства, то вони виступають в ролі небезпек. Суть небезпек, які можуть бути соціальними, політичними та ін., полягає в тому, що вони відображають, як проблеми безпеки життєдіяльності адаптуються в суспільстві.

Таким чином, фактор небезпеки характеризує стан суспільства, з одного боку, а з іншого, — є змістом причини його переходу в стан з негативними наслідками.

За першим змістом фактор формує можливі шляхи впливу на суспільство (чи його частину). Фактично, це можливість здійснення управління фактором, а через нього — і управлінням суспільства з відповідних мотиваційних позицій.

За другим змістом має місце визначення фактора в ролі небезпеки, що потребує розробки передумов запобігання негативних наслідків.

Соціальні і політичні небезпеки, викликані проблемами життєдіяльності, мають дуже складну природу. Суть цієї природи складає

					СОА 2.039.010 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

накопичення наслідків постійнодіючих, конфліктних, стресових та інших негативних ситуацій. У більшості випадків небезпека виражається у співвідношенні кількості людей, що беруть участь у конфліктах і відокремлені від суспільства відносно чисельності самого суспільства.

Соціальні і політичні небезпеки, викликані проблемами життєдіяльності, мають дуже складну природу. Суть цієї природи складає накопичення наслідків постійнодіючих, конфліктних, стресових та інших негативних ситуацій. У більшості випадків небезпека виражається у співвідношенні кількості людей, що беруть участь у конфліктах і відокремлені від суспільства відносно чисельності самого суспільства.

В цьому разі суть небезпеки має прояви не тільки у визначеному співвідношенні. Небезпека також існує у вигляді причини, яка виникає в разі розподілу суспільства (причини конфлікту).

Види небезпек суспільства (соціальні і політичні небезпеки, що викликані проблемами безпеки життєдіяльності).

1. Наявність конфлікту, що може перейти в негативні для суспільства наслідки в межах проблем безпеки життєдіяльності:

- наявність екологічної деградації середовища;
- загроза деградації продукції сільськогосподарського виробництва (продукції харчування);
- існування деградації самого суспільства;
- наявність (чи можливість) воєнного конфлікту;
- деградація національних відносин та ін.

2. Загроза розподілу суспільство — людина:

- наявність протиріч суспільство — людина;
- наявність протиріч суспільство — натовп;
- існування протиріч суспільство — партія;
- існування протиріч суспільство-система управління та ін.

3. Загроза виникнення конфлікту між окремими групами (колективами) суспільства:

- керівництво — колектив;
- колектив — людина;
- мешканці — мешканці;
- колектив — колектив;
- юрба — юрба.

Визначені види небезпек становлять передумови для комплексної системи їх вивчення: природи, виникнення, існування, дії (на людяну).

2.3 Висновок до розділу 2

При написанні розділу з охорони праці кваліфікаційної роботи бакалавра були розглянуті питання: психофізіологічне розвантаження для працівників з охорони праці та надзвичайні ситуації: соціальні та психологічні фактори ризику з безпеки життєдіяльності, зокрема для мікропроцесорного збудника передавача для низькочастотного діапазону.

					СОА 2.039.010 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Висновки

При виконанні кваліфікаційної роботи проведено етапи проектування мікропроцесорного збудника передавача для низькочастотного діапазону.

Перед початком проектування був проведений порівняльний аналіз існуючих передавачів для низькочастотного діапазону, що підкреслив актуальність цього проекту.

Перший етап проектування включав розробку структурної схеми та створення ЕЗ.

Другий етап передбачав конструювання передавача на основі ЕЗ та розрахунків електричних вузлів електронавощувача. На цьому етапі був обґрунтований вибір елементної бази та проведені розрахунки, щоб задовольнити вимоги щодо надійності.

У розділі з охорони праці було розглянуто і проаналізовано питання, пов'язані з інструкцією з охорони праці на підприємстві та правилами техніки безпеки під час експлуатації проектованого обладнання.

					СОА 2.039.010 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

Список використаних джерел

1. Дунець В.Л., Дедів І.Ю., Хвостівський М.О. Методичні рекомендації з оформлення кваліфікаційних робіт бакалавра за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка». Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021, 72 с.
2. Бузинов Р.А. WAP/GSM: Беспроводные технологии в промышленной автоматике и trace mode. 2005 г.
3. Губський А.І. Цивільна оборона, К: Міністерство освіти, 1996, 216с.
4. Нефедов А.В. Интегральные микросхемы и их зарубежные аналоги.: Справочник. РадиоСофт, 2000.
5. Симметрон-Промсервис: все электронные компоненты. Каталог 9-98.
6. Терещук Р.М. Полупроводниковые приемно-усилительные устройства: Справочник радиолюбителя. К.: Наук. думка, 1989
7. 8-bit Microcontroller with 8k Bytes FLASH ATMEGA. – ATMEL, 1998.
8. Кочан В.В. Коснспект лекцій з дисципліни “Аналогова та цифрова схемотехніка”
9. <http://www.radiotel.info> - Цифрові та аналогові АТС
10. www.connect.ru/newsdetail.asp?id=5593

					СОА 2.039.010 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					СОА 2.039.010 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

Додаток А

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

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

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу бакалавра

на тему:

**«Мікропроцесорний збудник передавача для низькочастотного
діапазону»**

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

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

Тернопіль, 2023

1 НАЗВА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ Й ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

1.1 Назва: “Мікропроцесорний збудник передавача для низькочастотного діапазону”.

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

2 ВИКОНАВЕЦЬ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

2.1. Савіцький Олександр Анатолійович, студент групи РАС-41, кафедри радіотехнічних систем, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

3 МЕТА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

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

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

4 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

4.1. Основні параметри

- | | |
|--|-------------|
| 4.1.1 Робочий діапазон частоти | 136 кГц; |
| 4.1.2 Швидкість передачі даних до | 76,5 біт/с; |
| 4.1.3 Напруга живлення | 3,5,12 В; |
| 4.1.4 Потужність споживання не більше | 1,2 Вт; |
| 4.1.5 Час встановлення робочого режиму не перевищує | 3 с. |
| 4.1.10 Вимоги до умов експлуатації повинні бути: | |
| – Кліматичні умови за ГОСТ 15150-69, УХЛ 4,1; | |
| – Температура навколишнього середовища від +10°C до +35°C | |
| – Відносна вологість повітря 80 % при $t=25^{\circ}\text{C}$ | |

Примітка: габаритні розміри приладу уточнюються в процесі розробки конструкції.

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 приладу;
- електрична принципова схема приладу;
- друкована плата приладу;
- друкований вузол приладу.

6 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Таблиця 6.1 – Стадії та етапи виконання КР

№ етапу	Назва етапу виконання КР	Термін виконання
1	Розробка та затвердження технічного завдання	01.03.2023
2	Аналіз технічного завдання, підбір бібліографічних матеріалів, необхідних для виконання роботи	14.03.2023
3	Розробка структурної схеми приладу	25.03.2023
4	Розробка схеми електричної принципової	10.04.2023
5	Розрахунок основних вузлів у схемі приладу	21.04.2023
6	Вибір компонентної бази приладу	01.05.2023
7	Компоновка друкованого вузла	15.05.2023
8	Створення допоміжної документації	27.05.2023
9	Розділ безпеки життєдіяльності, основи охорони	02.06.2023
10	Нормоконтроль	05.06.2023
11	Перевірка на антиплагіат	06.06.2023
12	Попередній захист роботи	07.06.2023
13	Захист роботи	23.06.2023

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

7 ДОДАТКОВІ УМОВИ ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

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

<i>Поз. познач.</i>	<i>Найменування</i>	<i>Кіл.</i>	<i>Примітка</i>
	<i>Діодний міст</i>		
<i>VD7</i>	<i>КЦ405</i>	<i>1</i>	
<i>VD31</i>	<i>КЦ405</i>	<i>1</i>	
<i>VD32</i>	<i>КЦ405</i>	<i>1</i>	
	<i>Транзистори</i>		
<i>VT1- VT3</i>	<i>КТ809А</i>	<i>3</i>	
<i>VT4- VT6</i>	<i>КТ3102Б</i>	<i>3</i>	
<i>VT7</i>	<i>КТ809А</i>	<i>1</i>	
<i>VT8</i>	<i>КТ809А</i>	<i>1</i>	
<i>VT9</i>	<i>КТ809А</i>	<i>1</i>	
<i>VT10</i>	<i>КТ3102Б</i>	<i>1</i>	
<i>VT11</i>	<i>КТ3102Б</i>	<i>1</i>	
<i>VT12</i>	<i>КТ3102Б</i>	<i>1</i>	
<i>VT13</i>	<i>КТ3102Б</i>	<i>1</i>	
<i>VT14</i>	<i>КТ3102Б</i>	<i>1</i>	
<i>VT15</i>	<i>КТ3102Б</i>	<i>1</i>	
<i>VT16</i>	<i>КТ3102Б</i>	<i>1</i>	
<i>VT17</i>	<i>КТ3102Б</i>	<i>1</i>	
<i>VT18</i>	<i>КТ3102Б</i>	<i>1</i>	
<i>VT19</i>	<i>КТ3102Б</i>	<i>1</i>	
<i>VT20</i>	<i>КТ3102Б</i>	<i>1</i>	
<i>VT21</i>	<i>КТ3102Б</i>	<i>1</i>	
<i>VT22</i>	<i>КТ3102Б</i>	<i>1</i>	
<i>VT23</i>	<i>КТ3102Б</i>	<i>1</i>	
<i>VT24</i>	<i>КТ3102Б</i>	<i>1</i>	
<i>VT25</i>	<i>КТ3102Б</i>	<i>1</i>	
<i>VT26</i>	<i>КТ3102Б</i>	<i>1</i>	
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>
			<i>Дата</i>
			<i>СОА 2.039.010 ПЕЗ</i>
			<i>Арк.</i>
			<i>76</i>

<i>Поз. познач.</i>	<i>Найменування</i>	<i>Кіл.</i>	<i>Примітка</i>
<i>VT27</i>	<i>КТ3102Б</i>	<i>1</i>	
<i>VT28</i>	<i>КТ3102Б</i>	<i>1</i>	
<i>VT29</i>	<i>КТ3102Б</i>	<i>1</i>	
<i>VT30</i>	<i>КТ3102Б</i>	<i>1</i>	
<i>VT31</i>	<i>КТ3102Б</i>	<i>1</i>	
<i>VT32</i>	<i>КТ3102Б</i>	<i>1</i>	
	<i>Перемикач</i>		
<i>S1-S5</i>	<i>КМ-150</i>	<i>5</i>	
	<i>Реле</i>		
<i>КА1-КА16</i>	<i>RES49</i>	<i>16</i>	
	<i>Котушки</i>		
<i>L1</i>		<i>1</i>	
	<i>Світлодіод</i>		
<i>Н1-Н5</i>	<i>АЛ307Б</i>	<i>5</i>	
	<i>Перемикач</i>		
<i>S1-S5</i>	<i>КМ150</i>	<i>5</i>	
	<i>Кварц</i>		
<i>Z1</i>	<i>РК-02МД-ВЕР-4.3кГц</i>	<i>1</i>	
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>
			<i>Дата</i>
			<i>СОА 2.039.010 ПЕЗ</i>
			<i>Арк.</i>
			<i>77</i>

