ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет програмування та комп'ютерних і телекомунікаційних систем

Кафедра телекомунікацій та радіотехніки

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Перший (Бакалаврський)
Освітній рівень

Галузь знань 17 Електроніка та телекомунікації
Шифр і назва спеціальності

Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка
Шифр і назва спеціальності

на тему Пристрій приймання та оброблення сигналів з мікроконтролерним керуванням

К.Р.Т.Р.172.002.ПЗ

Виконав: студент 4 курсу, група ТР-17-1 _____ О.М. Бабій
підпис Ініціали, прізвище

Керівник: д-р техн. наук, проф. _____ Ю.М. Бойко
підпис Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. кафедри: д-р техн. наук, проф. _____ Ю.М. Бойко
підпис Ініціали, прізвище

_____ _____2021 р.

Хмельницький 2021

Хмельницький національний університет

Факультет *програмування та комп'ютерних і телекомунікаційних систем*
Кафедра *телекомунікації та радіотехніки*
Освітній рівень *перший (бакалаврський)*
Галузь знань *17 – Електроніка та телекомунікації*
Спеціальність *172 – Телекомунікації та радіотехніка*
Освітня-професійна програма *Телекомунікації та радіотехніка*

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедрою_____
_____
«____»_____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ

Бабію Олегу Миколайовичу

1 Тема роботи: Пристрій приймання та оброблення сигналів з мікроконтролерним керуванням.
Керівник роботи Бойко Юлій Миколайович, д.т.н, професор.
Затверджено наказом по університету від « » р. №.
2 Строк подання студентом роботи на кафедру: _____2021р.
3 Вихідні дані (характеристика об'єкта, умов дослідження та ін.)

1. Діапазон частот приймання: fmax-fmin (МГц)	0,525-1,607 100-108
2.Тип приймача:	переносний
3.Чутливість приймача, (мкВ):	80 4
4.Вибірність за сусіднім каналом (дБ) ск:	55
5.Вибірність за дзеркальним каналом (дБ) дк:	54 60
6.Вибірність по прямому каналу (дБ) пк:	36 60
7.Коефіцієнт модуляції:	0,6
8.Смуга відтворюваних звукових частот:	Fн-Fв (Гц): 40-4000 12500
9.Номінальна вихідна потужність при коефіцієнті гармонік не більше 4%:	Рвих = 5 Вт
10. Опір антени (фідера)	RA=75 Ом
11. Ефективність дії АРП (дБ):	5-55

4. Перелік схем:
Схема електрична структурна пристрою приймання та оброблення сигналів з мікроконтролерним керуванням.
Схема електрична принципова пристрою приймання та оброблення сигналів з мікроконтролерним керуванням.

Завдання отримав_____
Науковий керівник_____

ЗМІСТ

Список умовних скорочень……4
Вступ……5
1. Попередня розрахункова частина……6
1.1. Аналіз запропонованої теми……6
1.2. Розробка структурної схеми……7
1.3. Визначення числа піддіапазонів, розрахунок наскрізної смуги пропускання15
1.4. Вибір структури перших каскадів преселектора…..……..17
1.5. Обгрунтування значення проміжної частоти……..……20
1.6. Визначення селективної системи тракту проміжної частоти…….……24
1.7. Вибір електронних приладів……..……..27
1.8. Розподіл посилення між трактами пристрою…..……...28
1.9. Оцінка динамічного діапазону пристрою……..……30
1.10. Вибір тракту посилення низьких частот…..……33
1.11 Вибір регулювань пристрою……..……34
2. Розрахунок каскадів пристрою……..……40
2.1. Розрахунок вхідного кола……...……..40
2.2. Опис приймального тракту, виконаного на мікросхемах…..……44
2.3. Розрахунок низькочастотного підсилювача……..……47
2.4. Розрахунок синтезатора частоти……...……..…..49
2.5. Розробка схеми керування приймачем та додатковими функціями…..…...…57
2.6. Розрахунок цифрового фільтру……..……...…59
Загальні висновки……..……..…65
Список літературних посилань……...……66
Додаток А. Сітка частот СХ та УКХ діапазонів……..……68
Додаток Б. Коефіцієнти цифрового фільтру……..……..72
Додаток В. Перелік елементів……..……..…74
Додаток Г. Схема електрична структурна……...……78
Додаток Д. Схема електрична принципова……..……79

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АГ – автогенератор;

АМ – амплітудна модуляція;

АРП – автоматичне регулювання посилення;

АПЧ – автоматичне підстроювання частоти;

АЧХ – амплітудно-частотна характеристика;

АЦП – аналого-цифровий перетворювач;

БУ– блок управління;

ВК – вхідне коло;

ГКН– генератор, керований напругою;

ДД – динамічний діапазон

ДзК – дзеркальний канал;

ДЧ – дільник частоти;

ЗМ – змішувач (частот);

РПП – радіоприймальний пристрій;

СНРіК – система настройки, регулювань і контролю;

ЧМ – частотна модуляція;

СЧ – синтезатор частоти;

ПЧ – проміжна частота;

ПЗ – програмне забезпечення;

ПЗП–пристрій для постійного запам’ятовування;

ПП– полоса пропускання

ПРЧ – підсилювач радіочастоти;

ПНЧ – низькочастотний підсилювач;

ППЧ – підсилювач проміжної частоти;

ТРЧ – тракт радіочастоти (преселектор);

ПРЧ – підсилювач радіочастоти;

ФНЧ – фільтр нижніх частот;

ЦАП – цифроаналоговий перетворювач;

ВСТУП

Проектується пристрій приймання сигналів з цифровою обробкою у середньохвильовому та ультрахвильовому2 діапазонах.

Виходячи з аналізу технічного завдання, пристрій є переносним радіомовним, з амплітудною модуляцією у середньохвильовому та частотною модуляцією у ультрахвильовому2 діапазонах, з живленням від акумулятора. Прийом сигналу у середньохвильовому діапазоні здійснюється на магнітну антену, а у ультрахвильовому2 діапазоні на штиркову телескопічну антену.

Відповідно до вимог ТЗ до параметрів пристрою приймання сигналів з цифровою обробкою, проектуємий приймач відноситься до вищої групи складності.

Працюючи над проектом, потрібно досягти наступної мети:
систематизувати і розширити теоретично-практичні знання, одночасно при вирішенні цих задач все більш покладатися на свої знання та досвід, широко використовуючи технічну літературу.

Знання, отримані на лекціях, повинні закріпитися при виконанні цієї роботи в області проектування і аналізу роботи приймальних пристроїв.
У процесі роботи були набуті знання, без яких неможливе якісне інженерне мислення.

При цьому значно поліпшилось засвоєння технічного матеріалу.

На етапах вивчення дисципліни були отримані неабиякі теоретичні знання, які поглибились та закріпились у процесі виконання запропонованої роботи.

Перед фахівцями з телекомунікації та радіотехніки у майбутній практичній роботі будуть ставитись складні інженерні задачі, які потрібно буде вирішувати самостійно.

Виконана робота стала заключним етапом підготовки, і має на меті підготувати до складної інженерної праці.

У ході її виконання повинна бути досягнута мета, поставлена у технічному завданні, та виконані всі конкретні поставлені завдання.

Розділ 1

ПОПЕРЕДНЯ РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз запропонованої теми

Згідно вихідним даним проектуємий приймальний пристрій з цифровою обробкою працюватиме у середньохвильовому (СХ) та ультрахвильовому2 (УКХ2) діапазонах.

Рішення, які приймаються під час роботи над ТЗ, дуже сильно залежать від призначення цього пристрою.

Для забезпечення найкращих параметрів з існуючих схем зупиняємось на супергетеродинній. Це дає змогу розділити частотну селекцію та спектр обробляємої інформації, що досягається перенесенням спектру у другий, більш придатний для обробки частотний діапазон.

Аналізуючи викладені у ТЗ данні, порівнюючи їх із стандартами на аналогічну техніку, діючими на даний час, де приймачі розподіляються на кілька груп, зокрема чотири, приходимо до висновку, що проектуємий пристрій приймання з цифровою обробкою належить до 0 (вищої) групи складності.

При аналізі ТЗ вибираємо також тип антени.

Найбільш придатним у нашому випадку вбачається використати штиркову антену (телескопічну) у діапазоні УКХ2 та магнітну антену (внутрішню) для середньохвильового.

Так як проектуємий приймач є переносним, в якості живлення використовуємо акумулятор, параметри якого будуть задані після електричного розрахунку каскадів.

В структурі пристрою необхідно також використати цифрове оброблення інформації (післядетекторне).

Також потрібен мікроконтролер, так як пристрій приймання з цифровою обробкою належить до вищої категорії складності, із складною технічною структурою і багатьма додатковими функціями.

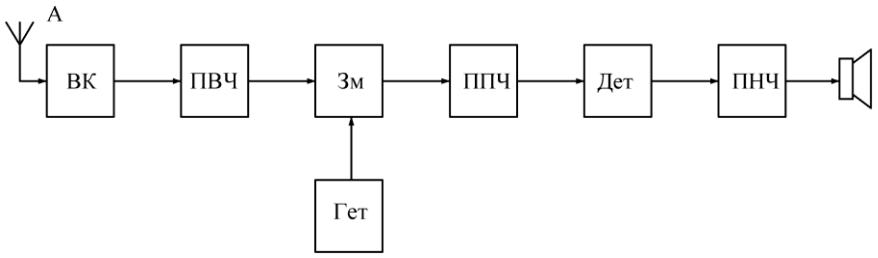
1.2 Розробка структурної схеми

На основі результатів аналізу ТЗ вибираємо структурну схему радіоприймача, це супергетеродинна схема з однократним перетворенням частоти.

Крім того приходимо до висновку о необхідності використання для забезпечення всіх вимог ТЗ системи ЦОС.

Рисунок 1.2.1

Стандартна структурна схема радіомовного приймального пристрою



А- антена; ВК-вхідні кола; Зм- змішувач; Гет- гетеродин;
ППЧ- підсилювач проміжної частоті; Дет- детектор; ПНЧ- підсилювач низької частоти.

Однак радіоприймальним пристроям, зібраним за класичною схемою на аналогових дискретних підсилюючих елементах, притаманні багато недоліків, починаючи зі значних габаритних розмірів і маси і кінчаючи
складністю в налаштуванні і управлінні, складністю з реалізацією заданих параметрів, малою швидкодією, необхідністю при модернізації значно змінювати електричну схему.

Стрімкий розвиток ультрасучасних технологій, поява великих інтегральних схем, розвиток і вдосконалення елементної бази дає можливість застосувати в проектованому радіоприймачу з мікроконтролерним управлінням усі ці розробки.

Що дасть можливість позбутися від усіх недоліків, властивих аналоговим схемам, поліпшити закладені в них технічні дані, технологічність і реалізувати нові можливості.

Використовуючи цифрову обробку в проектованому радіоприймачу з мікроконтролерним управлінням, ми отримуємо значне поліпшення всіх параметрів і додаткові функції в порівнянні з зібраними за класичною схемою:

- підвищення точності обробки інформації, що надходить;
- застосування високоінтегрованих схем;
- підвищується технологічність при виробництві;
- виготовлення апаратури з недосяжними раніше параметрами;
- зниження габаритів, маси і фінансових витрат у виробництві;
- застосування автоматизованих засобів;
- висока пристосованість в роботі;
- розробка універсальних пристроїв

і десятки інших переваг.

Обробка сигналів з мікроконтролерним управлінням має свою специфіку.

Здавалося б, елементи електричної схеми пристрою повинні відповідати параметрам, які повинні лежати в вузькому кордоні допусків, і в той же час досягається допомога в розробці цих самих елементів, призначених для виготовлення пристроїв з використанням цифрової бази.

У сучасній апаратурі, до якої висуваються набагато більш жорсткі вимоги до параметрів, обслуговування та зручність у керуванні і контролі пристроєм в роботі, часто важко або практично неможливо здійснити реалізацію всіх цих вимог за допомогою аналогової бази.

Щоб вирішити ці проблеми, відмовимося від морально застарілої аналогової системи і використаємо цифрові методи обробки прийнятої інформації в проектованому радіоприймачу з мікроконтролерним управлінням.

У цьому випадку робота з спотвореною перешкодами інформацією, що передається, відбувається за допомогою цифрової обробки з застосуванням великих інтегральних схем.

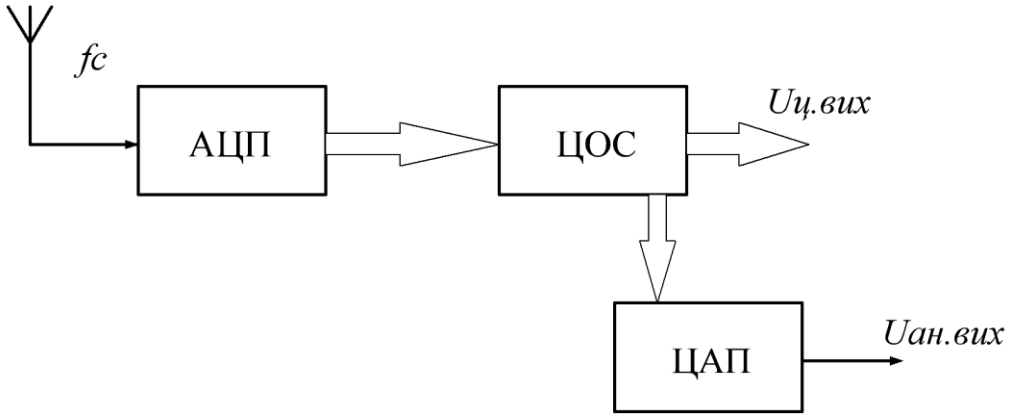
Інформація на вхід пристрою поступає в аналоговому вигляді. У проектованому пристрої для подальшої роботи з нею необхідно передбачити перетворювач для подання інформації в цифровому вигляді.

Теоретично, встановивши перетворювач на вході пристрою і подавши на нього вхідний сигнал, можна було б значно спростити електричну схему пристрою.

Підключивши до перетворювача ЦОС, реалізували б всі задані функції, в тому числі АРП, АПЧ і багато інших.

Рисунок 1.2.2

Безпосереднє підключення АЦП до антени



АЦП- аналого-цифровий перетворювач; ЦОС- цифрова обробка сигналів;

ЦАП- цифро-аналоговий перетворювач.

Однак досвід розробки аналогічної радіоелектронної приймальної апаратури свідчить, що така схема не забезпечить всі задані параметри. Це обумовлюється тим, що напруга на вході пристрою на кілька порядків нижча необхідної для стабільної роботи перетворювача

$$EA_0 \ll U_{вхАЦП} \quad (1.2.1)$$

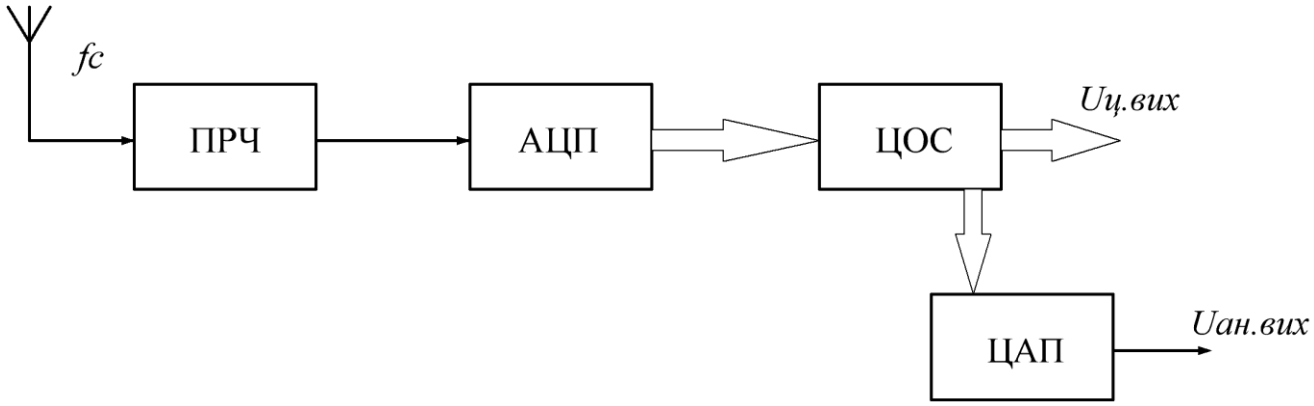
де ЕАо - чутливість проектуємого пристрою;

Uвх.АЦП - робоча напруга перетворювача.

Щоб узгодити вхідну напругу з робочою напругою перетворювача, на його вході потрібно передбачити підсилювач:

Рисунок 1.2.3

Підключення підсилювача між АЦП та антеною



АЦП- аналого-цифровий перетворювач; ЦОС- цифрова обробка сигналів;
ПРЧ- підсилювач радіочастоти; ЦАП- цифро-аналоговий перетворювач.

Крім того, ще одним фактором, що виключає установку перетворювача на вході пристрою, є великий коефіцієнт шуму перетворювача. Який набагато вище, ніж в інших блоках системи.

$$Uc / Uш.АСП = 6,02 \cdot nразр + 1,76(ДБ) \quad (1.2.2)$$

де - $Uc / Uш.АСП$ відношення «сигнал/шум» перетворювача;

$nразр$ - число розрядів перетворювача.

Це пов'язано з тим, що коефіцієнт шуму пристрою визначає каскад, встановлений на вході.

Всі разом вони визначають загальні шуми пристрою. Чим їх більше, тим більше шуми.

Загальне посилення по потужності:

$$Nпрм.общ = N1 + \frac{N2-1}{Kp1} + \frac{N3-1}{Kp1Kp2} + \cdots + \frac{Nn-1}{Kp1Kp2 \cdots Kp(n-1)} \quad (1.2.3)$$

де $Kp1, Kp2, \ldots Kpn$ – коефіцієнт посилення *1, 2, …*n каскаду радіоприймача

У зв'язку з цим для досягнення заданого в технічному завданні рівня шумів перед перетворювачем повинен бути встановлений малошумний каскад, що володіє великим посиленням. Крім того, для можливості застосування перетворювача необхідно значне посилення напруги інформаційного потоку, що надходить на вхід перетворювача для нейтралізації шуму квантування.

Таким чином установки одного підсилювача на вході перетворювача недостатньо. Частота вхідного сигналу повинна відповідати робочій частоті аналого-цифрового перетворювача. Це досягається застосуванням перетворювача частоти.

Схема пристрою прийому і обробки сигналів з мікроконтролерним управлінням приведена на рис.1.2.4:

Аналогова частина приймального тракту призначена для приведення різних частот в діапазоні настройки радіоприймача до деякої постійної проміжної частоті *fпч* і реалізації на цій частоті попередньої вибірковості і основного посилення, що забезпечують нормальну роботу АЦП. Умови нормальної роботи АЦП припускають, що радіосигнали на вході АЦП мають вирівняний динамічний діапазон, заданий співвідношення «сигнал/шум», постійну частоту і обмежені по спектру.

АЦП являє собою лінійну частину приймача (щодо радіосигналів).

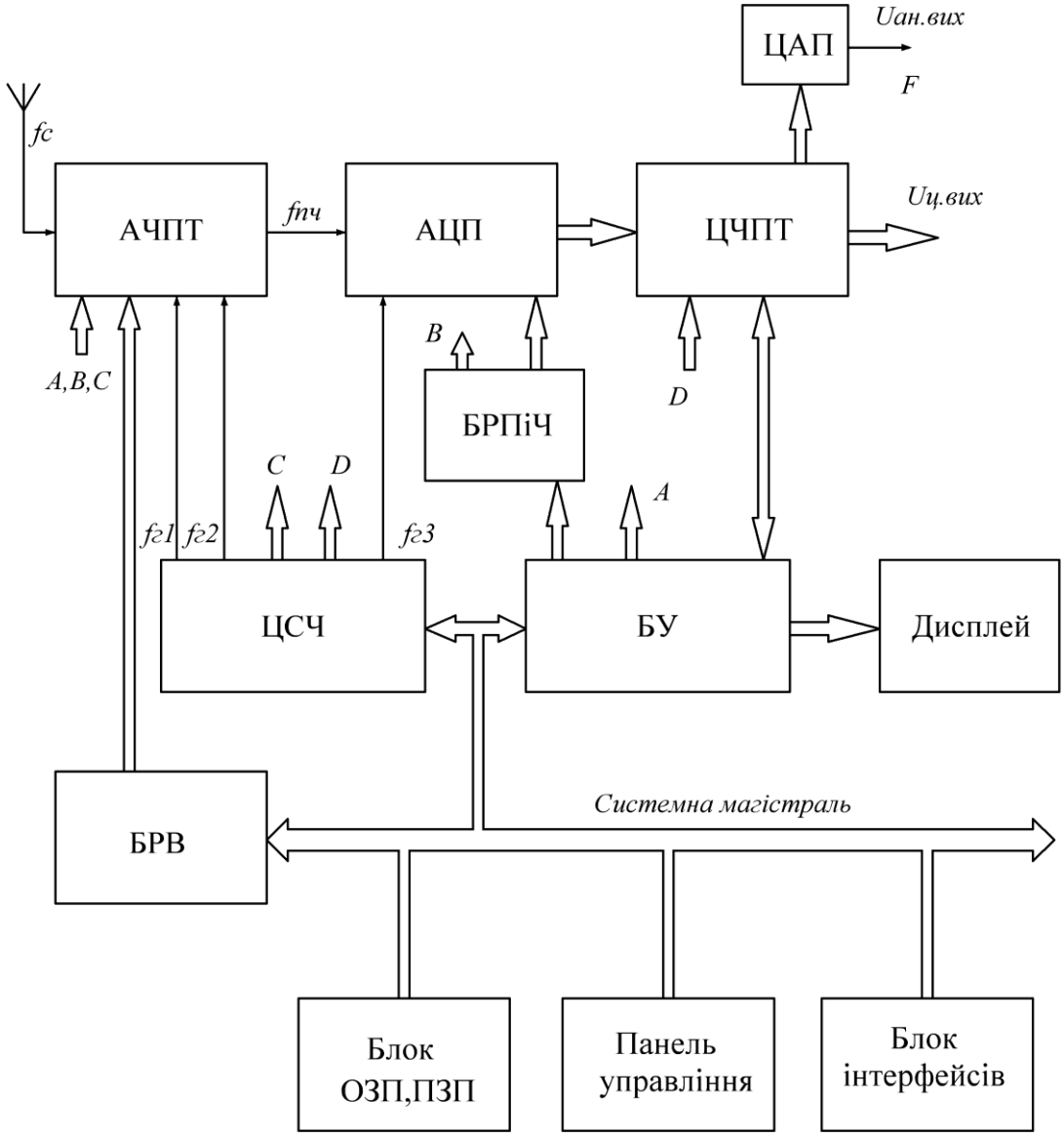
З виходу аналогової частини приймального тракту сигнал на fПЧ надходить на АЦП. На постійній fпч з заданим номіналом інформація може бути відносно легко оцифрована. Для цього в АЦП відбувається дискретизація і квантування інформації.

Після оцифровки вибірки радіосигналу з АЦП подаються по шині в цифрову частину приймального тракту.

Цифрова частина приймального тракту служить для селекції сигналів, демодуляції аналогових і дискретних повідомлень, а при прийомі дискретних повідомлень ще й тактової синхронізації, декодування і циклової синхронізації. Крім того, в цифровій частині приймального тракту може здійснюватися і ряд інших операцій, наприклад, оцінка параметрів сигналів, складання сигналів при рознесеному прийомі, придушення або компенсація зосереджених по спектру і імпульсних перешкод і т.д. Як правило, цифрова частина приймального тракту включає блок цифрової обробки, цифровий сигнальний процесор або програмовану логічну інтегральну схему. У цифровій частині приймального тракту відбувається обробка сигналів в реальному часі.

Рисунок 1.2.4

Схема пристрою прийома та обробки сигналу



Після демодуляції прийнята інформація з цифрового виходу (Uц.вих) надходить на цифрову кінцеву апаратуру. При прийомі аналогових сигналів цифрові значення відліків демодулюючих сигналів потрапляють в послідовно включені ЦАП та фільтр нижніх частот, де перетворюються в аналоговий сигнал і надходять на вихід (Uан.вих) в аналогову кінцеву апаратуру.

Проектуємий ППіОС з мікроконтролерним управлінням містить і ряд допоміжних блоків: блок керування на процесорі, цифровий синтезатор частот, блок регулювання посилення і чутливості, блок регулювання вибірковості БРВ,

панель управління, блок інтерфейсів, блок оперативних і постійних запам'ятовуючих пристроїв, дисплей і багато інших пристроїв і блоків.

Цифровий синтезатор частот забезпечує перебудову нашого проектуємого ППіОС з мікроконтролерним управлінням по частоті, впливаючи на аналогову частину приймального тракту. При зміні частоти настройки необхідно змінити і характеристики цифрової обробки сигналів. В цьому випадку вихідний сигнал з цифрового синтезатора частоти повинен впливати і на цифрову частину приймального тракту. Перебудова радіоприймального пристрою буде виконуватися автоматично, відповідно до деякого алгоритму, що передбачає знаходження оптимальної робочої частоти шляхом зондування радіолінії при узгодженої перебудові передавача і приймача.

Блок регулювання посилення і чутливості, змінюючи посилення аналогової частини приймального тракту і чутливість приймача, виробляє адаптацію радіоприймального пристрою до умов прийому. Як в аналогових, так і в цифрових пристроях кінцевою метою регулювання посилення і чутливості є підтримка найкращого в заданому сенсі якості прийому в умовах мінливої електромагнітної обстановки. В аналогових радіоприймальних пристроях ця мета досягається захистом від перевантажень каскадів тракту, що передують демодулятору, і забезпеченням оптимального режиму роботи демодулятора.

У проектованому пристрої захист від перевантажень каскадів аналогової частини приймального тракту зберігає своє значення. Але поряд з цим тут необхідно мати таку напругу коливання на вході аналого-цифрового перетворювача і такі значення відліків в вузлах цифрової частини приймального тракту, при яких відносний рівень шумів квантування і округлення мінімальний. Блок регулювання вибірковості змінює амплітудно-частотну характеристику приймального тракту проектуємого радіоприймального пристрою при зміні видів сигналів і при зміні обстановки на тлі помех. Основне регулювання вибірковості виконується в цифровій частині приймального тракту завдяки простоті зміни параметрів ЦОС. При зміні рівня перешкод по сусідньому каналу і незмінному рівні сигналу для забезпечення максимальної помехоустойчівості часто звужують

смугу пропускання, щоб виключити потрапляння на вхід ділянок спектра з малим відношенням «сигнал/шум». Правда, при цьому трохи збільшуються спотворення сигналу за рахунок звуження його спектра. Зміна частотних характеристик приймального тракту проектованого пристрою при зміні виду сигналу або швидкості передачі повідомлень блоку регулювання вибірковості відбувається під впливом керуючих сигналів з панелі управління або блоку інтерфейсів радіоприймача. Це може здійснюватися автоматично за програмою.

Структура всіх блоків нашого проектуємого радіоприймача з мікроконтролерним управлінням залежить від того, на радіочастоті або проміжній частоті проводиться дискретизація і квантування коливань в приймальному тракті.

Як наслідок:

а) робота аналого-цифрового перетворювача на радіочастоті забезпечує більш повну реалізацію переваг цифрової обробки сигналів і дозволяє виключити зі складу проектованого радіоприймальних пристроїв синтезатор частоти.

Однак при цьому перебудовуємий преселектор повинен мати вузьку смугу пропускання і високу прямокутність амплітудно-частотної характеристики, а тракт радіочастоти - достатній коефіцієнт підсилення;

б) при дискретизації і квантуванні на проміжній частоті структура значної частини тракту проміжної частоти та вимоги до синтезатора частоти мало чим відрізняються у цифрових і аналогових приймачів. Це ускладнює адаптацію і організацію багатоканального прийому, але полегшує досягнення необхідного коефіцієнта посилення аналогової частини приймального тракту і дозволяє при високій прямокутності амплітудно-частотної характеристики довести ширину смуги пропускання посилення аналогової частини приймального тракту до мінімально необхідної для проходження всіх видів радіосигналів. В результаті знижуються вимоги до частоти дискретизації і розрядності аналого-цифрового перетворювача, що значно полегшує його реалізацію і цифрову обробку сигналів.

1.3 Визначення числа піддіапазонів та розрахунок наскрізної смуги пропускання приймача

Повинен дотримуватися компроміс для суперечливих вимог при обробці інформації, що приймається у потрібному діапазоні. Проектуємий пристрій з цифровою обробкою має послабити вплив небажаних перешкод на всіх побічних каналах, в тому числі і на дзеркальному. Для цієї мети в схемі пристрою повинна бути присутня система ВК (обов'язково резонансна), яка дає можливість налаштуватися на цей діапазон.

У діапазонах, якими відповідно до запропонованої теми має володіти пристрій, по загальноприйнятій практиці розбивка на піддіапазони не практикується. Проведемо аналіз, чи стосується це правило для даного пристрою.

Коефіцієнт перекриття необхідного діапазону

$$K_n = f_{max} / f_{min} \qquad (1.3.1)$$

де f_{max} і f_{min} - задані в ТЗ на даний пристрій з цифровою обробкою.

Для середньоволнового мовного діапазону:

$$K_{n(сх)} = 1.607 / 0.525 = 3 \qquad (1.3.2)$$

Для ультракоротковолнового2 мовного діапазону:

$$K_{n(укх)} = 108 / 100 = 1,08 \qquad (1.3.3)$$

Піддіапазонна розбивка потрібна, якщо Kn> 3 ... 3.5. В нашому випадку в ній немає необхідності, тому як і прийнято в аналогічній апаратурі, притримаємося цього варіанту. Тепер можна приступати до подальших обчислень.

Тракт (лінійний) пристрою з цифровою обробкою нічим не відрізняється від звичайного аналогового пристрою. Частотна область його АЧХ від приймальної частини до детекторної ми розуміємо як смугу пропускання за умови збереження працездатності пристрою. Це має на увазі, що сигнальні спотворення і параметри залишаються в допуску. Так як фільтри мають різні параметри, самий вузькосмуговий визначає ПП. ПП пристрою з цифровою обробкою залежить від декількох параметрів: ширини спектра ΔFc, зміщення Δfд (доплерівського). Крім

того, в окремих випадках необхідний запас. Він визначається різними контурними похибками при налаштуванні, а також частотною нестабільністю застосованих в пристрої генераторів.

$$П = \Delta Fc + 2 \times \Delta fд + \Delta f_{зап} \quad (1.3.4)$$

З огляду на все вищевикладене, зробимо розрахунок.

Факторами, що впливають на спектральну ширину інформації, що надходить, є вид інформації, який тип модуляції використовується, а також нелінійно-частотними спотвореннями.

У середньоволновому мовному діапазоні:

$$\Delta F_{c(сх)} = 2 \times f_{max(сх)} = 2 \times 4000 = 8000(Гц) \quad (1.3.5)$$

У ультракороткохвильовому2 мовному діапазоні для визначення ПП застосуємо:

$$П = 2F_{max}(1 + M_{чм} + \sqrt{M_{чм}}) \quad (1.3.6)$$

де $Fmax$ задано в ТЗ на даний пристрій з цифровою обробкою.

Mчм - індекс модуляції, який визначається наступним чином:

$$M_{чм} = \Delta fд / f_{max} = 75 \cdot 10^3 / 12.5 \cdot 10^3 = 6 \quad (1.3.7)$$

де $\Delta f_д$ -девіація частоти для УКХ2 (FM) - 75кГц

У діапазоні ультракоротких хвиль2 ширина спектру становить

$$\Delta F_{c(укх)} = 2 \times f_{max(укх)}(1 + m_{чм} + \sqrt{m_{чм}}) = 2 \times 12500 \times (1 + 6 + \sqrt{6}) = 236000(Гц) \quad (1.3.8)$$

Розширення ПП пристрою (викликане доплерівським частотним зсувом), залежить від джерела передачі інформації і пристрою для його прийому.

Проектований пристрій належить до радіомовних, тому

розширення ПП за рахунок доплерівського частотного зсуву не враховують

$$\Delta fд = 0 \quad (1.3.9)$$

Так як в процесі експлуатації допускається прийом з пошуком і підстроюванням, то запас по смузі можна не передбачати, тобто

$$П = \Delta Fc \quad (1.3.10)$$

На підставі розрахунків наскрізна смуга пристрою з цифровою обробкою у середньохвільовому діапазоні становить $П_{СХ}$ = 8000 Гц, та $П_{укх}$ = 236000 Гц.

1.4 Вибір структури перших каскадів преселектора і числа перетворень частоти

Пристроєм, що відповідає за досягнення необхідної вибірковості, головним чином по каналах дзеркального і прямого проходження одержуваної інформації, є преселектор.

Для визначення параметрів, що розраховуються в даному розділі, потрібно врахувати ряд суперечливих вимог, для яких повинен дотримуватися компроміс:

- кількаразове послаблення перешкод (задане) на цих каналах;
- параметри контурів тракту ПЧ, які можливо досягти при сучасних технологіях для досягнення потрібної вибірковості по СК.

Потрібно відповідально підходити до визначення значень ПЧ в пристрої з цифровою обробкою і звернути увагу на такі моменти:

ПЧ повинна мати таке значення, яке не потрапляє в зону робочих частот, а також в зону, де поруч знаходяться джерела великої потужності необхідного нам сигналу.

Крім того, необхідно щоб величина ПЧ п'ятикратно або навіть десятикратно перевищувала верхню модуляційну, що забезпечує достатню фільтрацію ПЧ.

Потрібно розуміти, що чим вона нижче, тим на кожен каскад ППЧ припадає більш стабільне посилення. Це дозволяє також домогтися необхідної вибірковості по СК. Відпадає необхідність враховувати паразитні ємнісні елементи.Також значно знижується $К_ш$.

Зовсім іншу картину ми бачимо при більш високому значенні ПЧ. Це призводить до збільшення відносної розстройки, яка дозволяє поліпшити вибірковість по ДзК. Також посилюється заглушення гетеродинного паразитного випромінювання. Відбувається більш якісна фільтрація ЧП.

В пристроях з цифровою обробкою в середньохвильовому та ультрахвильовому2 діапазонах вибірні системи на вході пристрою і каскадів ПРЧ зазвичай однотипні.В купі вони є преселектором.

Розрахунок почнемо із знаходження затухання сигналу *δес* (еквівалентного):

$$\delta_{ec} = q\delta_0 \qquad (1.4.1)$$

де: *q* - зворотній параметр шунтувальному коефіцієнту;

δ_0 - контурне затухання;

Для вибору значень *δ0* і *q* скористаємось таблицею 1.4.1

Таблиця 1.4.1

Орієнтовні значення δ_0 і *q*

Параметр		*СХ*	*УКХ*
q	*Мікросхема ПРЧ з першим каскадом на польовому транзисторі*	*1,1...1,2*	*1,3...1,4*
	Мікросхема ПРЧ з першим каскадом на біполярному транзисторі	*1,8...2,0*	*2,5...3,0*
		0,015...0,02	*0,006...0,008*

Для середньохвильового діапазону

$$\delta_{ec(cx)} = 1{,}2 \times 0{,}015 = 0{,}018 \qquad (1.4.2)$$

Для ультрахвильового2 діапазону

$$\delta_{ec(укх)} = 1{,}4 \times 0{,}006 = 0{,}0084 \qquad (1.4.3)$$

Беручи до уваги задану по ТЗ вибірність радіоприймача за "дзеркальним" каналом, визначимось з кількістю контурів, орієнтуючись також на стандартне

затухання сигналу дзеркальної частоти, що забезпечується простим одиночним перестроюваним паралельним контуром і приблизно дорівнює 19... 26 дБ.

Одиночний стандартний контур забезпечує затухання на ДзК каналі, що лежить в межах 22... 26 дБ. Виходячи з цього, маємо змогу визначити преселекторну кількість контурів n_c:

$$n_c \geq \frac{S_{дк}(\text{дБ})}{S_к(\text{дБ})} \tag{1.4.4}$$

Для середньохвильового діапазону:

$$n_{c(\text{укх})} = \frac{54}{25} = 2{,}16 \tag{1.4.5}$$

Для ультрахвильового2 діапазону:

$$n_{c(\text{укх})} = \frac{60}{25} = 2{,}4 \tag{1.4.6}$$

Так як результат обчислень може бути дрібним, округлюємо його до цілого числа у більшу сторону. Тепер є можливість знайти послаблення сигналу на краях діапазону пристрою:

$$M_{прес} = \left[\sqrt{1 + (П / \delta_{ec} f_{c\,min})^2} \right]^{n_c} \tag{1.4.7}$$

де *fc min* –задана в ТЗ.

Для середньохвильового діапазону:

$$M_{прес(\text{сх})} = \left[\sqrt{1 + (8 \cdot 10^3 / 0{,}018 \cdot 515 \cdot 10^3)^2} \right]^3 = 2{,}2 \tag{1.4.8}$$

Для ультрахвильового2 діапазону:

$$M_{прес(\text{укх})} = \left[\sqrt{1 + (236 \cdot 10^3 / 0{,}0084 \cdot 100 \cdot 10^6)^2} \right]^3 = 1{,}024 \tag{1,4.9}$$

1.5 Обгрунтування вибору проміжної частоти

Правильний вибір fпч пристрою з цифровою обробкою ускладнюється тим, що стикаються численні взаємовиключні умови, що впливають на досягнення параметрів, заданих в ТЗ.

При виборі fпч необхідно закласти таке частотне значення, щоб воно не знаходилося в діапазоні потужних джерел інформації. Це необхідно для виключення можливості проникнення перешкод по ПЧ каналу. У радіодіапазоні потужні джерела інформації працюють в таких частотних межах:

в середньохвильовому діапазоні від 526,5 кГц до 1606,5 кГц;

в довгохвильовому діапазоні від 150 кГц до 408 кГц.

Виходячи з цих критеріїв визначаємо межі знаходження fпч середньоволнового тракту нашого пристрою:

$$f\text{пч} < 140 \text{ кГц}; \ 430 \text{ кГц} < f\text{пч} < 480 \text{ кГц}; \ f\text{пч} > 1\,600 \text{ кГц} \qquad (1.5.1)$$

Наступна вимога стосується необхідної вибірковості по СК.

Потрібно розуміті, що чим нижча fпч, тим на кожен каскад ППЧ припадає більш стабільне посилення. Це дозволяє також добитися необхідної вибірковісті по СК. Відпадає необхідність враховувати паразитні ємнісні елементі.Також значно знижується Кш.

Суперечність полягає в тому, що для досягнення необхідної вибірковості по СК смуга пропускання повинна прагнути до мінімальної, з іншого боку, щоб уникнути небажаної зміни модулюючого сигналу, смугу пропускання необхідно збільшити. Використовуємо ці протиріччя для подальшого розрахунку.

Смуга пропускання, яку необхідно досягти, визначається параметрами контурів (виборчих), які в свою чергу залежать від добротності контуру $Q_к$ (конструктивної) і його величини настроювальної частоти. Слід взяти до уваги, що в подальших розрахунках ми будемо виходити з еквівалентної, а не конструктивної добротності.

$$Q_e = pQ_к \qquad (1.5.2)$$

де p = (0,4 ÷ 0,7) - шунтуючий коефіцієнт.

Виходячи з цього оцінюємо мінімальну ПЧ:

$$f_{пч} < П \times Q_e \quad (1.5.3)$$

де fпч.min- мінімальна ПЧ;

Qe- добротність контуру ПЧ (еквівалентна)

$$Qe_{(сх)} = 0,7 \times 85 = 59,5 \quad (1.5.4)$$

Δfо - обумовлена по спектру смуга сигналу (приймається). Виходимо з того, що для СХ ≈ 8 ÷ 10кГц, для УКХ2 ≈ 236кГц.

Також беремо до уваги, що добротність контурів (конструктивна) лежить в межах 25-80 на низьких ПЧ і в межах 85-190 на більш високих ПЧ.

Зробимо необхідні розрахунки.

Для середньоволнового діапазону приймемо Qк = 85, р = 0,7, П = 8000 з розрахунку (1.3.5)

Визначимо добротність контуру ПЧ (еквівалентну)

Тоді за формулою (1.5.3)

$$fпч < 8000 \times 59.5 = 476000(Гц) \quad (1.5.5)$$

Fпч не повинна перевищувати 476 кГц.

Для ультракоротковолнового2 діапазону приймемо Qк = 100, р = 0,6, П = 236000 з розрахунку (1.3.8)

Визначимо добротність контуру ПЧ (еквівалентну)

$$Q_e = 0,6 \times 100 = 60 \quad (1.5.6)$$

Тоді за формулою (1.5.3)

$$f_{пч} < 236000 \times 60 = 14160000(Гц) \quad (1.5.7)$$

або 14,16 МГц, тобто Fпч не повинна перевищувати 14,16мГц.

Наступною умовою при виборі значення ПЧ є вимоги забезпечення вибірковості по ДзК, для чого ПЧ повинна вибиратися з максимальних значень. Необхідна вибірковість забезпечується преселекторм і відповідно максимальну частоту (ПЧ) оцінюємо за такою формулою:

$$f_{пч} > F0 \times \frac{\sqrt[n]{\delta_{дк}}}{4Q_e} \quad (1.5.8)$$

де *F*о- задане в ТЗ максимальне значення діапазону прийнятих сигналів;

δдк - задане в ТЗ послаблення по дзеркальному каналу, дБ;

Qе- добротність контуру (еквівалентна) ВК і контуру ПРЧ.

Звідки випливає, що збільшення ƒпч призводить до значної вибірковості по дзеркальному каналу.

Зробимо необхідні розрахунки.

Для середньхвильового діапазону

δзкз = 54 дБ (задано в технічному завданні);

F0 = 0,525 1,607 кГц (задано в технічному завданні);

Qк = 40 - контурна добротність (конструктивна) УРЧ і преселектора

p = 0.6 - шунтуючий коефіцієнт

Визначимо добротність контурів (еквівалентну) ВК і ПРЧ

$$Q_e = p \times Q_к = 0{,}6 \times 40 = 24 \qquad (1.5.9)$$

З огляду на попередні розрахунки, що для забезпечення заданих параметрів преселектор повинен мати мінімум три контури, по формулі (1.5.8) визначаємо:

$$f_{пч} > 1607000 \times \frac{\sqrt[3]{54}}{4 \times 24} = 63275(Гц) \qquad (1.5.10)$$

*ƒ*пч не повинна бути менше значення 63,275 кГц

Для ультракороткохвильового2 діапазону

δзкз = 60 дБ (задано в технічному завданні);

F0 = 100-108 мГц (задано в технічному завданні);

Qк = 90 - контурна добротність (конструктивна) УРЧ і преселектора

p = 0.6 - шунтуючий коефіцієнт

Визначимо добротність контурів (еквівалентну) ВК і ПРЧ

$$Q_e = p \times Q_к = 0.6 \times 90 = 54 \qquad (1.5.11)$$

З огляду на попередні розрахунки, що для забезпечення заданих параметрів преселектор повинен мати мінімум три контури, по формулі (1.5.8) визначаємо:

$$f_{пч} > 108 \cdot 10^6 \times \frac{\sqrt[3]{60}}{4 \times 54} = 1.955 \cdot 10^6(Гц) \qquad (1.5.12)$$

fпч не повинна бути менше значення 1,955 мГц

Останньою умовою вибору ПЧ є відповідність її значень стандартам.

Таким чином виходячи з розрахунків 63,275 кГц <fпч <476 кГц і стандартів для средньохвильового діапазону оптимальним рішенням є fпч = 465 кГц.

Виходячи з розрахунків 1,955 МГц <fпч <14,16 МГц і стандартів для ультракороткохвильового діапазону оптимальним рішенням є fпч = 10,7 МГц

1.6 Визначення селективної системи тракту проміжної частоти

Після вибору ПЧ наступним кроком буде знаходження способу отримання необхідної вибірковості.

Розглянемо, які застосовуються технічні рішення.

У найпростішому випадку застосовується селекція, яку розподіляють покаскадно. В цьому випадку необхідні слабовибіркові каскади ППЧ. Більш затребуваним є використання ФСС, який в більшості випадків встановлюється після змішувача.

Однак не зважаючи на велику кількість позитивних моментів, таких як наприклад надійність і простота у виробництві, їм притаманні і недоліки. Головний недолік для проектованого портативного пристрою з цифровою обробкою- це великі габарити.

Головні критерії, за якими вибирають фільтр ПЧ, це робоча частота, необхідна вибірковість по СК, смузі пропускання і ослаблення за її межами.
І не в останню чергу маса і габарити, що особливо актуально для переносного радіоприймача.

В даний час все частіше застосовують п'єзоелектричні фільтри. Їм притаманні набагато менші габарити, вони мають підвищену стабільність.

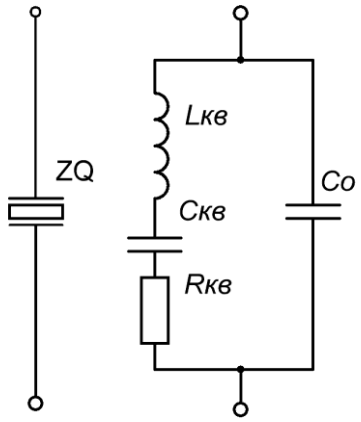
У той же час за допомогою кварцових фільтрів, що мають меншу стабільність, можна отримати смугу пропускання аж до десятків герц. Крім того, вони значно дешевше у виробництві, в результаті чого вони і застосовуються в масовій апаратурі найчастіше.

Щоб долучити усі наявні параметри фільтра потрібне його узгодження з навантаженням.

Проблемою в цьому випадку є мале загасання, і вирішується вона включенням перед ним контуру (резонансного), який є також трансформатором, що погоджує опори фільтра і попереднього каскаду.

Рисунок 1.6.1

Еквівалентна схема пьезофільтра



Так як проектований пристрій з цифровою обробкою виконано на інтегральних схемах, в тому числі і ППЧ, доцільно усі каскади виконати широкосмуговими. Така схема підключення найбільш часто використовується в сучасній апаратурі. У цьому випадку сам фільтр необхідно встановити на вході ППЧ.

Знайдемо послаблення по СК, яке в змозі забезпечити ВК:

$$Q_{ск} = \sqrt{1 + \left(2\Delta f / Qe \right)^2} \qquad (1.6.1)$$

Для середньоволнового діапазону:

$$Q_{ск} = \sqrt{1 + (8 / 24)^2} = 1.06 \qquad (1.6.2)$$

де Δf = 8 кГц (із формули 1.3.5);

Qe=24 (із формули 1.5.9)

Висловимо вибірковість по СК в децибелах:

$$Q_{ск}(дБ) = 20 lg\, Q_{ск} = 20 lg\, 1,06 = 0,5(дБ) \qquad (1.6.3)$$

Для ультракороткохвильового діапазону2:

$$Q_{скукх} = \sqrt{1 + (236 / 54)^2} = 4,48 \qquad (1.6.4)$$

де Δf = 236 кГц (із формули 1.3.8);

Qe=54 (із формули 1.5. 11)

Висловимо вибірковість по СК в децибелах:

$$Q_{скукх}(дБ) = 20 lg\, Q_{скукх} = 20 lg\, 4,48 = 13(дБ) \qquad (1.6.5)$$

В результаті ми отримали дані, що дозволяють обчислити послаблення по СК каскадів ПЧ.

Для середньоволнового діапазону:

$$Q_{ск.тпч} = Q_{ск} - Q_{вк} = 55 - 0,5 = 54,5 \quad (1.6.6)$$

де $Q_{ск}$=55 (задано в ТЗ);

$Q_{вк}$=0,5 (із формули 1.6.3)

Для ультракороткохвильового діапазону2:

$$Q_{ск.тпч.укх} = Q_{ск} - Q_{вк.укх} = 55 - 13 = 42 \quad (1.6.7)$$

де $Q_{ск}$=55 (задано в ТЗ);

$Q_{вк}$=13 (із формули 1.6.5)

Обрані нами пьезофільтри здійснюють вибірковість по СК до 60 дБ.

Це дає можливість використовувати один пьезофільтр для середньоволнового діапазону і використовувати один пьезофільтр для ультракороткохвильового діапазона2.

1.7 Вибір радіоелектронних приладів

Розробка будь-якого радіоприймального пристрою з заданими параметрами, починається з визначення його структури. Величезну роль при розробці грає доступна елементна база.

В даний час це, природно, компоненти передових в галузі компаній, таких як Analog Devices, RFMicrodevices, Mini-Circuits, Burr Braun, Motorola, Philips та багатьох інших. Крім досягнення високих параметрів приймального тракту необхідно грамотно вирішити задачу стикування лінійного і цифрового приймачів.

Найкращим варіантом вважаю використати в аналоговому тракті мікросхему PML002A виробництва компанії STMicroelectronics.

В якості мікросхеми для синтезатора частоти усім параметрам відповідає MC145170 фірми Motorola, що керує ГКН-ом на базі мікросхеми POS-100 фірми

В якості підсилювального елемента ПНЧ обрана мікросхема TBA810AS, вироблена фірмою Hitachi. Яка відповідає всім заданим параметрам.

Для керування синтезатором частоти використовуємо мікроконтролер PD5488A фірми STMicroelectronics, за допомогою якого відбувається реалізація *N* каналів на вході радіоприймального пристрою. Цей же мікроконтролер керує аналого-цифровим та цифро-аналоговим пристроями.

Всі необхідні команди подаються з клавіатурної матриці, підключеної до мікроконтролера PD5471A. Блок запам’ятовуючих пристроїв на мікросхемі PD8051A підключено також до цього контролера.

Візуально проконтролювати здійснення всіх операцій можна на дисплеї MXK802, яким керує мікроконтролер PD5471A.

1.8 Розподіл посилення між трактами приймача

Параметри, необхідні для подальшого розрахунку- це чутливість в середньохвильовому діапазоні Еа.сх = 80 мкв, задана в ТЗ, і чутливість в ультракоротковолновому2 діапазоні Еа.укх = 4 мкв, також закладена в ТЗ. Крім того, необхідно визначити вхідну напругу детектора.

При цьому бралися до уваги умови роботи, яка модуляція використовується в пристрої, аналіз різних схем, що застосовуються в радіомовній апаратурі.

З довідкових даних на мікросхему ТВА810AS напруга на її вході становить Uвх.пнч = 0,1 В. Це дає можливість знайти вхідну напругу детектора.

$$U_{ВХ.Д} = \frac{U_{ВХ.УЗЧ}}{K_{Д} m} = \frac{0,1}{0,5 \cdot 0,6} = 0.33(В) \quad (1.8.1)$$

де m = 0,6 - коефіцієнт модуляції, заданий в ТЗ.

Тепер у нас є всі параметри для визначення коефіцієнта посилення високочастотного тракту.

Для ультракоротковолнового2 діапазону:

$$Ктрч = \frac{(1,5-2)U_{ВХ.Д}}{E_{А}\sqrt{2}} = \frac{1,5 \cdot 0,33}{4 \cdot 10^{-6}\sqrt{2}} = 87,5 \cdot 10^{3} \quad (1.8.2)$$

де ЕА.сх = 4 мкВ- чутливість пристрою в ультракоротковолновому2 діапазоні (задана в ТЗ).

Uвх. д = 0,67В-напруга на вході детектора (із формули 1.8.1).

Розрахуємо коефіцієнт підсилення, враховуючи посилення кожного каскаду:

$$Ктрч.укх_1 = Квк \cdot Кпрч \cdot Кпч \cdot Кппч_1 \cdot Кппч_2 = 0,5 \cdot 10 \cdot 15 \cdot 15 \cdot 10 \cdot 10 = 110250 \quad (1.8.3)$$

Умова Ктрч.укх1=110250>Ктрч.сх=87500 виконується, отже в ультрахвильовому2 тракті крім ПВЧ и ЗМ потрібні три каскади ППЧ.

Для середньоволнового діапазону (з використанням магнітної антени):

$$Ктрч.сх = \frac{1,5 \cdot U_{ВХ.Д}}{E_{А}\sqrt{2}} = \frac{1,5 \cdot 0,67}{80 \cdot 10^{-6}\sqrt{2}} = 4,38 \cdot 10^{3} \quad (1.8.4)$$

де ЕА.сх = 80 мкВ- чутливість пристрою в середньохвильовому діапазоні (задана в ТЗ).

Uвх. д = 0,33В-напруга на вході детектора (із формули 1.8.1).

Розрахуємо коефіцієнт посилення, враховуючи посилення кожного каскаду:

$$K_{трч.сх1} = K_{вк} \cdot K_{прч} \cdot K_{пч} \cdot K_{ппч1} \cdot K_{ппч2} = 0{,}5 \cdot 15 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 = 7500 \quad (1.8.5)$$

Умова Ктрч.сх1=7500> Ктрч.сх=4380 виконується, отже в середньохвильовому тракті крім ПВЧ и СМ потрібні два каскади ППЧ.

Таблиця 1.8.1

Значення коефіцієнтів посилення

Каскад	*Коефіцієнт посилення по напрузі*
Вхідний ланцюг при зовнішній антені:	
с одним контуром	*0,3...0,5*
с двома контурами	*0,15...0,2*
ПРЧ за схемою з загальним емітером:	
На СХ	*15...20*
На УКХ	*5...10*
Перетворювач частоти	*10...15*
Аперіодичний каскад ППЧ	*10...15*
Каскад ППЧ з одиночним контуром	*15...20*
Каскад ППЧ з двуконтурним фильтром	*10...15*

1.9 Аналіз динамічного діапазону

Якби в проектованому ППіОС з мікроконтролерним управлінням були відсутні попередні каскади посилення, ДД залежав би тільки від аналого-цифрового перетворювача. Але так як вони заплановані, то ДД визначається попередніми каскадами, від яких залежить мінімальна необхідна для оцифрування амплітуда сигналу.

ДД залежить від декількох факторів. Його нижня межа визначається шумами проектованого пристрою з мікроконтролерним управлінням, а верхня граничними параметрами його складових частин. Докладний аналіз ДД вимагає при проектуванні враховувати значну кількість параметрів і не завжди доцільний.

Тому вважаю за можливе при аналізі ДД використовувати спрощені методи. АХ входящих в пристрій каскадів можна представити таким чином:

$$P_{вих} = K_1 P_{вх} + K_2 P_{вх}^2 + ... + K_n P_{вх}^n \qquad (1.9.1)$$

Де К1, К2 .... Кn описують спотворення, що вносяться кожним блоком.

Під час налаштування радіоприймача на два джерела інформації, робочому і близько розташованій до нього перешкоди, на виході разом з ними ми бачимо їх гармоніки. Величина яких безпосередньо залежить від нелінійних характеристик застосованих в пристрої каскадів.

Таким чином ДД можна охарактеризувати як ослаблення перешкод по відношенню до створивших їх сигналам.

ДД виражається в децибелах і визначається наступним чином:

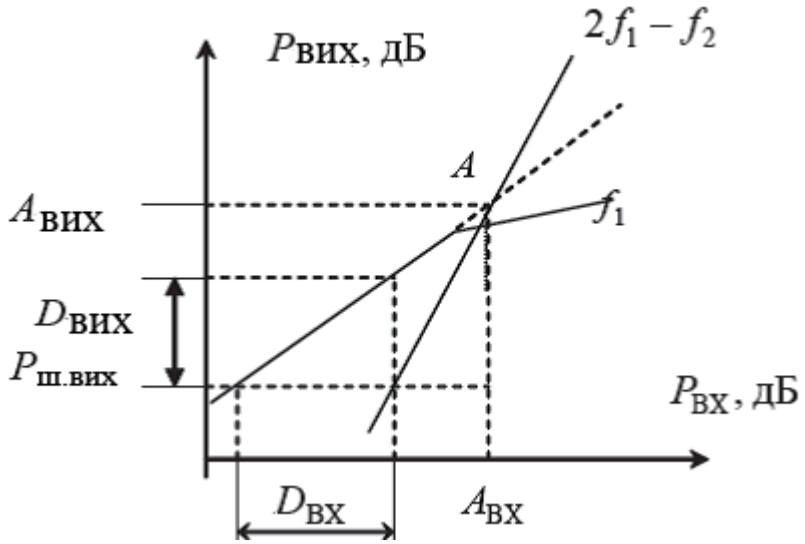
$$D = \frac{2}{3}(A_{вх} - P_{ш.вх}) \qquad (1.9.2)$$

де Авх-потужність корисного сигналу на вході приймача, за якої потужність комбінаційної складової третього порядку дорівнює потужності корисного сигналу на лінійному продовженні амплітудної характеристики приймача

Наведемо графік, на якому видно, як співвідносяться вхідні і вихідні потужності:

Рисунок 1.9.1

Залежність вихідної потужності корисного сигналу і комбінаційної складової третього порядку від рівня корисного сигналу при двосигнальному методі дослідження



Для подальших дій необхідно визначити потужність перешкод на антенному вході проектованого пристрою:

$$P_{ш.вх} = -174(дБ) + 10lg\,П + 10lg\,N \qquad (1.9.3)$$

де-174(дБм) - потужність шуму при нормальній температурі у смузі 1Гц,
П - відношення смуги пропускання приймача до смуги 1Гц,
КШ - коефіцієнт шуму приймача.

Наступним кроком звіряємося з таблицею 1.9.1.

Звідки беремо значення Авих для кожного каскаду.

Підставляємо в формулу:

$$A_{вх} = A_{вих} - G \qquad (1.9.4)$$

На закінчення використовуємо формулу (1.9.2).

Таблиця 1.9.1

Тип каскаду	*Рвих (дБ)*
ПРЧ на транзисторі	*5...10*
Змішувач на транзисторі	*0...5*
Змішувач на польовому транзисторі	*18...20*
Кільцевий змішувач на діодах	*15...20*
Балансний змішувач на польових транзисторах	*40*

Проведемо оцінку ДД.

Для розрахунку ДД немає необхідності проводити аналіз кожного каскаду. ДД всього пристрою визначається каскадом з мінімальним ДД, в нашому випадку це змішувач.

Для середньохвильового діапазону:

G=10дБ із таблиці 1.8.1; Авих=20дБ із табл. 1.9.1; N=10дБ.

$$A_{вх} = A_{вих} - G = 20 - 10 = 10(дБ)$$

$$P_{ш.вх} = -174(дБ) + 10lg\,П + 10lg\,N = -174 + 39 + 10 = -125(дБ)$$

$$D = \frac{2}{3}(A_{вх} - P_{ш.вх}) = \frac{2}{3}(10 + 125) = 90(дБ)$$

Для ультракороткохвильового діапазону:

G=15дБ із таблиці 1.8.1; Авих=20дБ із таблиці 1.9.1; N=10дБ.

$$A_{вх} = A_{вих} - G = 20 - 15 = 5(дБ)$$

$$P_{ш.вх} = -174(дБ) + 10lg\,П + 10lg\,N = -174 + 53 + 10 = -111(дБ)$$

$$D = \frac{2}{3}(A_{вх} - P_{ш.вх}) = \frac{2}{3}(5 + 111) = 77(дБ)$$

При необхідності ДД може бути скоригований за допомогою автоматичного регулювання посилення.

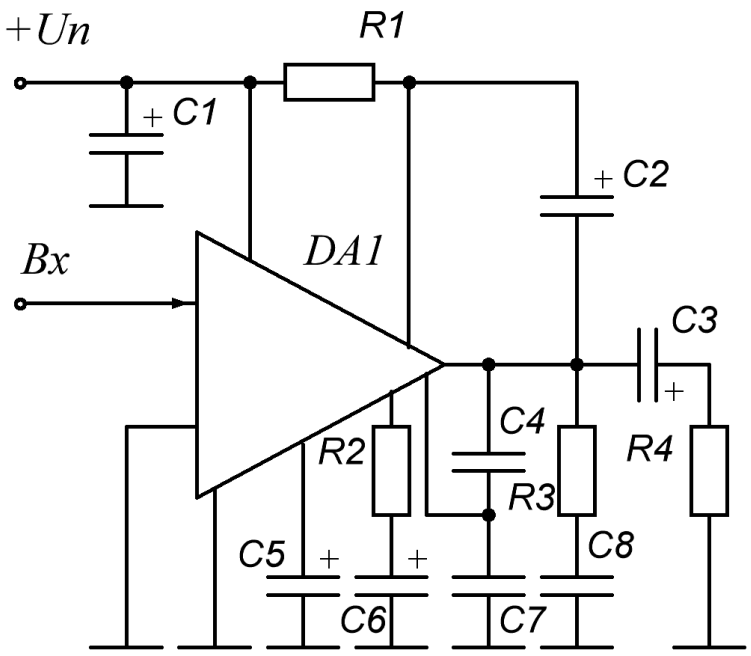
1.10 Вибір тракту посилення низьких частот

Вибираємо схему, що посилює низькочастотні коливання в зоні чутності людського вуха. У якості підсилювального елемента, який може забезпечити вимоги ТЗ по вихідний потужності і звуковому діапазоні, вибираємо мікросхему TBA810AS, вироблену фірмою Hitachi.

Так як немає особливих передумов і додаткових вимог до характеристик, обмежень до використання і схеми підключення, вважаю за можливе вибрати стандартну.

Рисунок 1.10.1

Стандартна схема ПНЧ



Динамічна головка пристрою з цифровою обробкою повинна забезпечувати Рвих = 5 Вт в звуковому діапазоні до 12,5 кГц. Для узгодження з обраною мікросхемою її опір має становити 4 Ом.

Вибір даної мікросхеми передбачає використання в якості джерела живлення батареї з напругою 12 В. До вибору такого рішення схиляє і турбота про споживача. Після повного розрядження акумулятора в дорозі або на відпочинку, є можливість підключити проектований переносний пристрій до акумулятора автомобіля без додаткових перетворювачів.

1.11 Вибір регулювань приймача

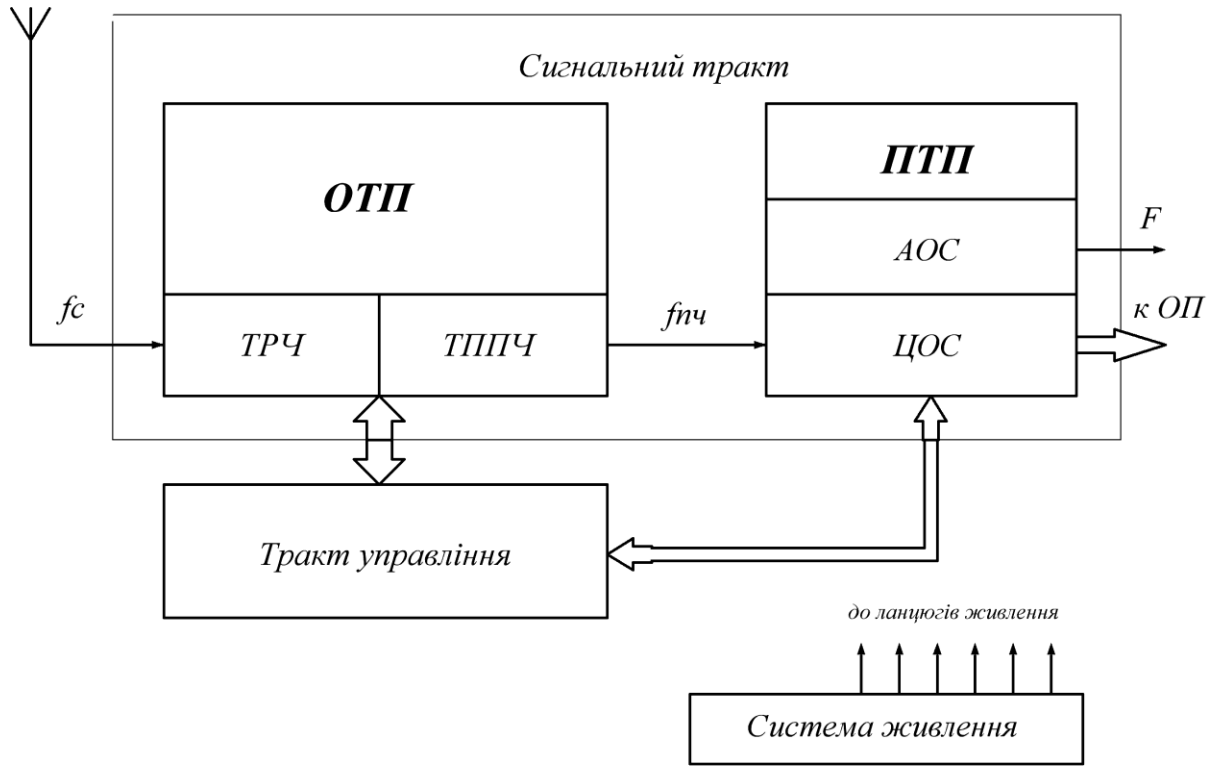
Зі збільшенням відсотка використаних в сучасній радіоелектроніці мікросхем, на перший план висуваються вимоги щодо забезпечення управління цими пристроями, одночасно не погіршуючи їх електричні параметри.

Керуюча система складається з органів, призначених для реалізації всіх управлінських функцій, і безпосередньо самого блоку, що забезпечує ці функції.

У проектованому пристрої з цифровою обробкою схемі управління відводиться значне місце і її можна розглядати як самостійний тракт, який разом з сигнальним і складають структурну схему нашого виробу.

Рисунок 1.11.1

Спрощена блок-схема проектуємого пристрою з цифровою обробкою



Виходячи з теорії прийому сигналів, ОТП і ПТП разом являють собою сигнальний тракт.

Керуючий блок є повністю автономним з алгоритмами дії, запропонованими теорією управління, представляючи собою одночасно систему управління і тракт управління.

З розвитком мікроелектронної бази і значного зростання функцій, покладених на блок управління проектованого пристрою з цифровою обробкою, в геометричній прогресії зростає його складність. Можна сказати, що не в рази, а на порядок має бути вище швидкодія пристрою в порівнянні з трактами проходження прийнятої інформації. У той час як інформація проходить по каналах її обробки, блоку управління необхідно перебудувати роботу пристрою з цифровою обробкою при змінах параметрів сигналу, що приймається, викликаними численними факторами.

Система управління проектованого пристрою з цифровою обробкою контролює численні дані, що приходять на неї, миттєво реагує і вносить зміни в налаштування пристрою для досягнення і утримання на необхідному рівні заданих параметрів.

Тому можна з упевненістю стверджувати, що блок управління, який є її основою, один з основних за значимістю та виконуваних функцій у проектуємому пристрої.

Управління блоком здійснимо за допомогою клавіатури. Для зручності споживачів замість кнопкового управління можна буде передбачити сенсорне.

Крім управління блоком потрібно ще володіти всією інформацією про параметри і атрибути нашого пристрою. Вона буде відображатися на дисплеї, який розмістимо на передній панелі пристрою з цифровою обробкою поруч із клавіатурою.

Створення такої складної у виробництві схеми управління стало можливим після розробки і застосування у виробництві сучасної радіоелектронної апаратури великих інтегральних схем.

Рисунок 1.11.2

Система управління

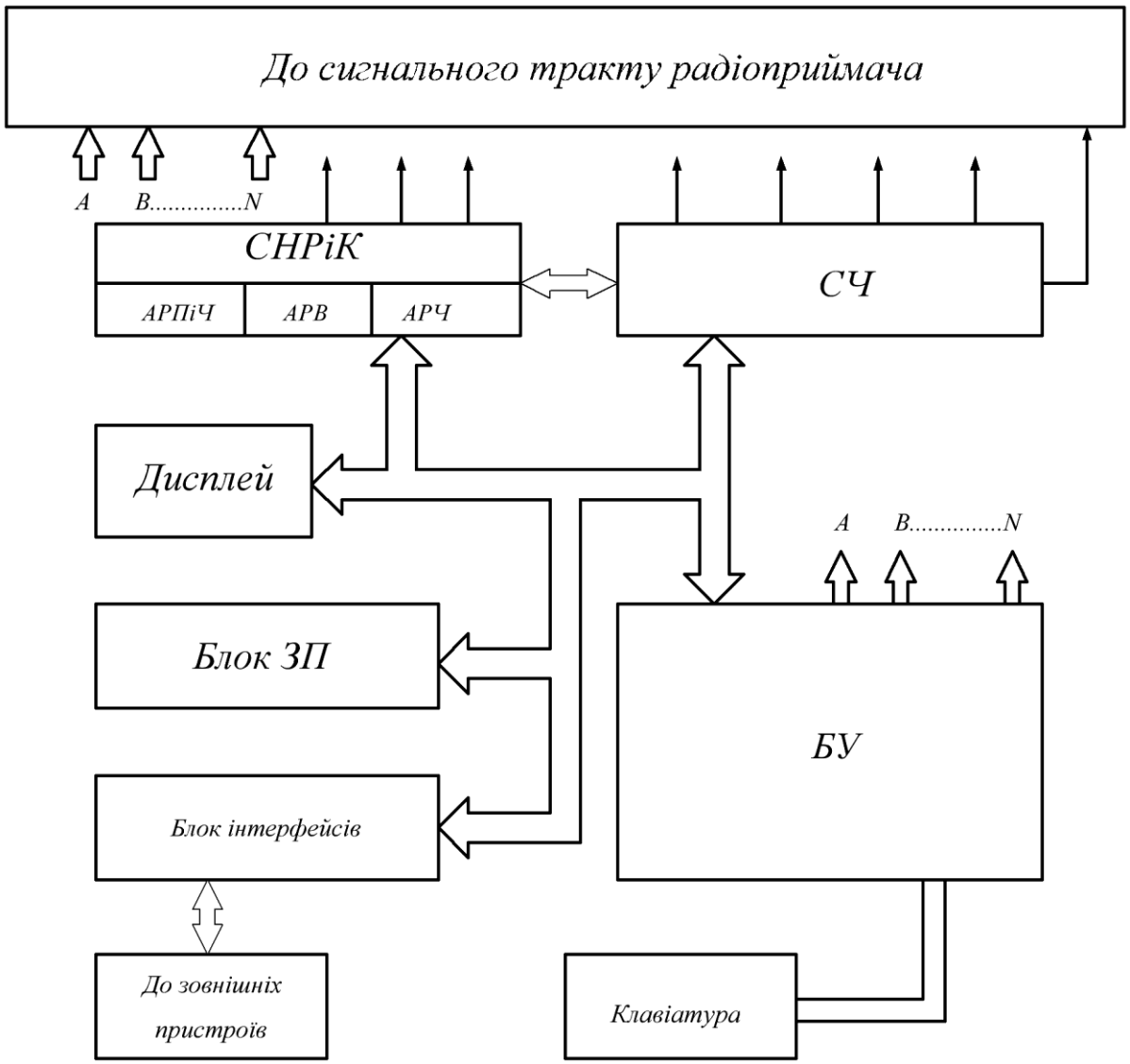


Схема управління складається з блоку управління (БУ), синтезатора частот (СЧ), систем настройки, регулювань і контролю (СНРіК), тастатури (клавіатури), блоку запам'ятовуючих пристроїв (ПЗП і ОЗП), блоку інтерфейсів, пристрою відображення (дисплея).

У схему проектованого пристрою входить також мікропроцесорна система, що виконує численні завдання.

До них відносяться управління пристроєм на основі його автоматизації всіх процесів. Програма, закладена в процесорі, дозволяє контролювати параметри блоків і здійснювати їх комутацію.

Мікропроцесор здійснює центральне управління, тобто йому доступні практично всі параметри проектованого приймача для контролю і регулювання.

Впровадження мікропроцесорного управління дозволяє в більшості випадків при модернізації пристрою не міняти електричну схему, досить тільки перепрограмувати програму.

Мікропроцесор здійснює безліч завдань, в тому числі не очевидні для споживача.

Перелічимо основні, які будуть реалізуватися в проектованому виробі:

- за допомогою сенсорного управління на передній панелі радіоприймача виставити необхідну частоту прийнятої інформації і діапазон, в якому цей сигнал приймається;
- здійснювати перебудову синтезатора частоти для налаштування на потрібну станцію;
- регулювання ПП пристрою;
- відображення необхідних даних на дисплеї;
- відкладання в пам'ять заданих частот;
- пошук радіостанцій в різних режимах;
- керування живленням пристрою;
- плавна і дискретна настройки на джерело інформації;
- управління антеною в середньохвильовому діапазоні;
- зміна гучності.

Тобто в проектованому пристрої буде здійснюватися за допомогою мікропроцесора близько двадцяти операцій з управління їм. На відміну від звичайного приймача, що має безліч органів управління, робота з проектованим

пристроєм з цифровою обробкою виглядає інтуїтивно просто зі зрозумілим інтерфейсом.

Досліджуємо пристрій системи настройки, регулювань і контролю (СНРіК).

Для зручності всі дані зведемо в таблицю 1.11.1:

Таблиця 1.11.1

Система настройки, регулювань і контролю

СНРіК						*Підсистеми*			
АРПіЧ		*АРВ*		*АРЧ*		*Стеження за настройкой та регулюванням*	*Безшумна настройка*	*Вилучення ДВІ*	*Контролю*
АР посил.	*АР чутлив.*	*Настройка*	*Підстройка*	*Настройка*	*Підстройка*				
УТ ОТП		*Вибірк. ОТП*		*СЧ і ОТП*					

СНРіК складається:

- з системи автоматичного регулювання посилення і чутливості (АРПіЧ);
- системи автоматичного регулювання виборності (АРВ);
- системи автоматичного регулювання частоти (АРЧ);
- підсистеми стеження за налаштуванням і регулюванням;
- підсистеми безшумної настройки;
- підсистеми вилучення ДВІ (додаткових видів інформації) з сигналу;
- підсистеми контролю та ін.

У проектируємому ППіОС з мікроконтролерним управлінням відсутні ручні регулювання, система є автоматичною, перебудовуючи при роботі всі параметри і зв'язку.

При виборі способу налаштування пристрою необхідно піддати аналізу переваги і недоліки існуючих на даний момент технічних рішень.

Електромеханічним системам, широко використовуваним до теперішнього часу в радіоелектронної промисловості, притаманні багато недоліків, з якими при існуючому рівні розвитку мікроелектроніки миритися не можна.

Застосування механічних контактів на сучасному етапі виглядає анахронізмом з їх великими габаритами, недостатньою надійністю і значною ємністю між контактами виконавчих пристроїв, що використовуються для управління.

Тенденція розвитку сучасних технологій, застосування у виробництві великих інтегральних схем та інших радіоелектронних компонентів дозволяє при проектуванні ППіОС з мікроконтролерним управлінням відмовитися від цих застарілих архаїчних систем.

Зупинимо свій вибір на сучасних електронних приладах, яким не притаманні всі недоліки електромеханічних систем, що використовуються для управління радіоприймача.

Регулювання проектуємого ППіОС з мікроконтролерним управлінням- це цілеспрямований вплив на всі його компоненти для підтримки заданих умов прийнятої інформації.

У робочому процесі контролюються і змінюються задані частотні параметри, проводиться автоматичне регулювання посилення, підстроювання частоти, регулювання вибірковості, точна настройка на джерело інформації і багато інших необхідних змін. При цьому до регулювань пред'являється ряд вимог, висока швидкість обробки повинна поєднуватися з іншими вимогами, зокрема не приводити до відхилення інших параметрів.

Розділ 2

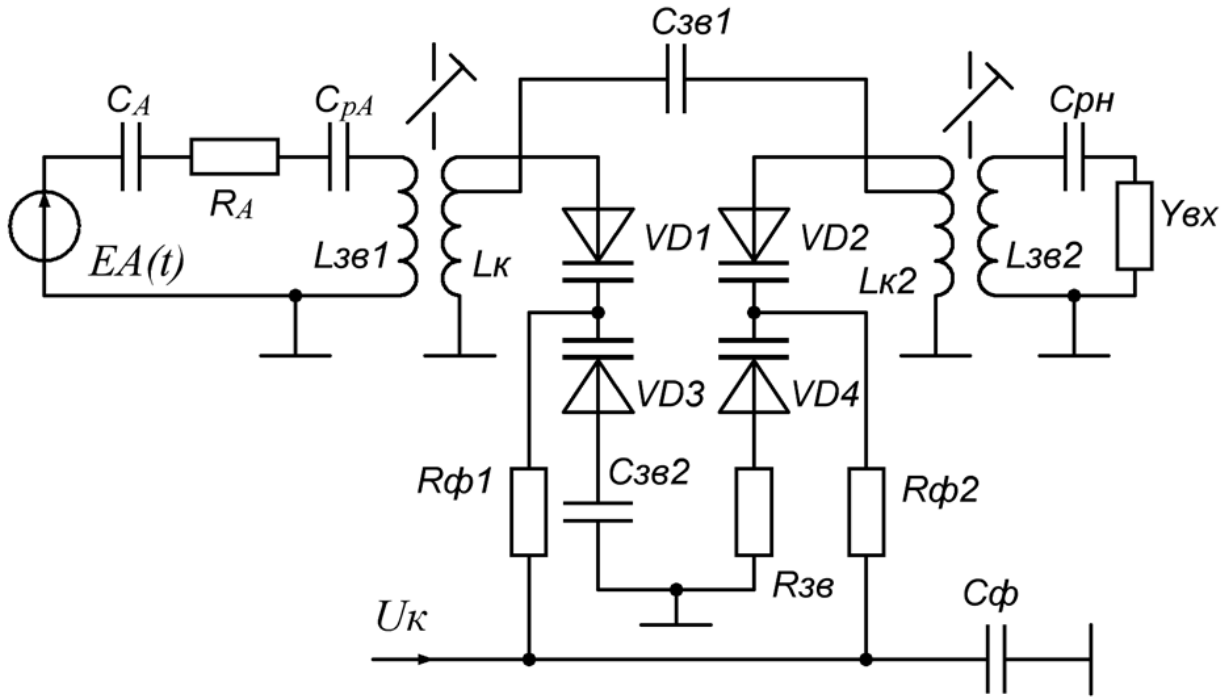
Розрахунок каскадів пристрою приймання та оброблення сигналів

2.1 Розрахунок вхідного кола

Так як параметри пристрою приймання та оброблення сигналів відповідають вимогам до апаратури вищого класу, застосуємо двоконтурні кола. Зв'зок з антенофідерним трактом та ПВЧ трансформаторний. Настройка на вибрану частоту буде здійснюватися варикапними матрицями.

Рисунок 2.1.1

Схема вхідного кола



Вибираємо параметри елементів (таб. 2.1), необхідні для подальшого розрахунку.

Використовуючи ці параметри, знайдемо контурну повну ємність:

$$C_{повн} = C_L + C_{Пср} + C_M = 3 + 5 + 4 = 12(пФ) \qquad (2.1.1)$$

Тоді мінімальна еквівалентна контурна ємність складає:

$$C_{e.min} = C_{к\,min} + C_{повн} = 10 + 12 = 22(пФ) \qquad (2.1.2)$$

Коефіцієнт перекриття УКХ2 Кд=1,08 (із ф.1.3.3)

Тепер у нас є усі данні для знаходження ємності, що відповідає

максимальному значенню настройки контуру:

$$C_{к.мас} = (C_{к.мін} + C_{повн}) Кд^2 - C_{повн} = (10 + 12) 1{,}08^2 - 12 = 15 (пФ) \quad (2.1.3)$$

Таблиця 2.1.1

Параметри LC контурів та котушок індуктивності

Діапазон частот	Власне затухання контуру (d)	Сталий коефіцієнт	Мінімальна ємність контура (Ск.мін)	Середня ємність конденсатора (Сп.ср)	Ємність монтажу (См)	Мінімальна індуктивність	Паразитна ємність котушки (Ск)	Добротність котушки
СХ	0,01... 0,015	1,1...1,3	12...25	6...11	5...10	15...5	10...5	100... 160
УКХ	0,004... 0,006	1,2...1,5	2...5	1...3	1...3	0,5...0,05	2...1	100... 200

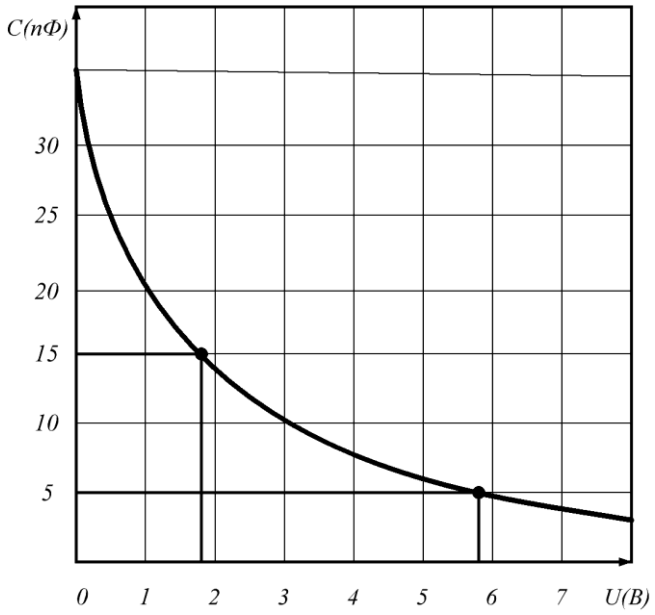
Проблемою використання варикапів є нелінійність їх характеристик. Зменшимо її, використовуючи встрічнопослідовне включення. Щоб не здійснювати підбір за параметрами, замість варикапів застосуємо варикапну матрицю, в якій варикапи визначально мають однакові параметри. В цьому випадку взаємно компенсуються парні гармонійні складові напруги.

З огляду на вищесказане і на підставі отриманих розрахунковим шляхом значень, зупиняємо вибір на KV1410F фірми TOKO.

З графіку залежності ємності варикапної матриці від напруги (рис.11) знайдемо мінімальну та максимальну напруги, необхідні для забезпечення потрібного діапазону змін ємності.

Рисунок 2.1.2

Залежність ємності варикапної матриці від напруги



Діапазон напруг лежить від 1,8В до 5,8В.

Знаходимо контурну індуктивність:

$$L_к = 1/(2\pi f_{c.mac})^2 C_{e.min} = 1/(2 \cdot 3{,}14 \cdot 108 \cdot 10^6)^2 \cdot 22 \cdot 10^{-12} = 0{,}0988(мкГн) \quad (2.1.4)$$

Розраховане значення відповідає умовам

$$L_к = 0.0988 \geq L_{min} = 0.05 \quad (2.1.5)$$

де *Lmin* - вибране табличне значення мінімально допустимої індуктивності контуру.

Визначаємо еквівалентне контурне затухання, використовуючи табличні параметри контуру:

$$d_e = q \cdot d = 1{,}4 \cdot 0{,}005 = 0{,}007 \quad (2.1.6)$$

Розрахуємо величину зв'язку першого контуру з штирковою антеною. Визначимо коефіцієнт подовження:

$$K_{под} = \sqrt{\frac{H \cdot K_д^2 - 1}{K_д^2 (H - 1)}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}08^2 - 1}{1{,}08^2 (2 - 1)}} = 1{,}1 \quad (2.1.7)$$

де Кд=1,08 із ф. 1.3.3; Н=2.

Винайдемо індуктивність котушки, яка зв'язує вхідне коло з штирковою антеною:

$$L_{зв1} = \frac{K_{под}^{2}}{(2\pi f_{c.min})^2 C_A} = \frac{1.1^2}{(6.28 \cdot 10^8)^2 \cdot 50 \cdot 10^{-12}} = 6.14 \cdot 10^{-2} (мкГн) \quad (2.1.8)$$

Міждуконтурний опір зв'язку визначаємо на частоті, рівновіддаленої від кінців діапазону:

$$X_{ср} = \frac{\omega_{ср} L_к}{Q_e} = \frac{6,28 \cdot 104 \cdot 10^6 \cdot 9,88 \cdot 10^{-8}}{100} = 0,65(Ом) \quad (2.1.9)$$

Зв’язковий конденсатор має ємність:

$$C_{св} = \frac{2}{\omega_{ср} X_{ср}} = \frac{2}{6,28 \cdot 104 \cdot 10^6 \cdot 0,65} = 4711(пФ) \quad (2.1.10)$$

Вибираємо найближче стандартне значення Сс=4,7н.

Розраховуємо частоту, на якій резонує антенне коло:

$$f_A = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{зв1} C_A}} = \frac{1}{6,28\sqrt{6,14 \cdot 10^{-8} \cdot 50 \cdot 10^{-12}}} = 91,94(мГц) \quad (2.1.11)$$

Допустима перестройка антенного контуру забезпечується обчисленим нижче коефіцієнтом зв’язку:

$$K_{звп} = \sqrt{\frac{(f_{min}^2 - f_A^2)(f_{max}^2 - f_A^2) d_e}{f_A^2 (f_{max}^2 - f_{min}^2)}} = \sqrt{\frac{(100^2 - 91,94^2)(108^2 - 91,94^2) \cdot 0,007}{91.94^2 (108^2 - 100^2)}} = 4.97 \cdot 10^{-2}$$

Визначимо на максимальній частоті діапазону вибірність по дзерк.альному каналу:

$$S_{едзк}(дБ) = 20Lg\sqrt{1 + \frac{1}{d_e^2}\left(\frac{f_{дзк}}{f_{max}} - \frac{f_{max}}{f_{дзк}}\right)^2} = 20Lg\sqrt{1 + \frac{1}{0.007^2}\left(\frac{129,4}{108} - \frac{108}{129,4}\right)^2} = 34,4(дБ) \quad (2.1.13)$$

Визначимо на максимальній частоті діапазону вибірність по прямому каналу:

$$S_{епк}(дБ) = 20Lg\sqrt{1 + \frac{1}{d_e^2}\left(\frac{f_{пк}}{f_{max}} - \frac{f_{max}}{f_{пк}}\right)^2} = 20Lg\sqrt{1 + \frac{1}{0.007^2}\left(\frac{10,7}{108} - \frac{108}{10,7}\right)^2} = 63,1(дБ) \quad (2.1.14)$$

2.2 Опис приймального тракту, виконаного на мікросхемах

Приймальний тракт приладу прийому сигналів з цифровою обробкою зібраний на мікросхемі PML002A виробництва компанії STMicroelectronics.

Для забезпечення найкращих параметрів з існуючих схем зупиняємось на супергетеродинній. Це дає змогу розділити частотну селекцію та спектр обробляємої інформації, що досягається перенесенням спектру у другий, більш придатний для обробки частотний діапазон.

Прийом сигналу у середньохвильовому діапазоні здійснюється на магнітну антену, а у ультрахвильовому2 діапазоні на штиркову телескопічну антену

Магнітна ж антена є спрямованою і, тому має просторову вибірковість, що дозволяє, повертаючи її, послабити рівень перешкод, що надходять до антени з інших напрямків, і вибрати положення, що відповідне максимуму корисного сигналу.

У стаціонарних радіоприймачах вищого класу передбачений автоматичний поворот магнітної антени для кращого налаштування на джерело сигналу. Так як згідно з технічним завданням проектований пристрій є переносним, немає небхідності надмірно ускладнювати схему.

Навантаженням вхідного ланцюга в середньохвильовому і ультракороткохвильовому діапазонах служать польові транзистори. Далі сигнали посилюються підсилювачем високої частоти і надходять на змішувач. Виходячи з розрахунків у розділі 1.5 та стандартів для середньохвильового діапазону оптимальним рішенням є fпч =465кГц, для ультракороткохвильового fпч = 10,7 мГц.

В середньохвильовому діапазоні в ППЧ використовуємо фільтр на 465 кГц, в ультракороткохвильовому фільтр на 10,7 мГц.

Перебудова по діапазону здійснюється синтезатором частоти на мікросхемі MC145170 фірми Motorola, що керує ГКН-ом на базі мікросхеми POS-100 фірми STMicroelectronics.

Аналогова частина приймального тракту призначена для приведення різних частот в діапазоні настройки радіоприймача до деякої постійної проміжної частоті $f_{ПЧ}$ і реалізації на цій частоті попередньої вибірковості і основного посилення, що забезпечують нормальну роботу АЦП. Умови нормальної роботи АЦП припускають, що радіосигнали на вході АЦП, виконаному на мікросхемі PM4008A виробництва компанії STMicroelectronics, мають вирівняний динамічний діапазон, заданий співвідношення «сигнал/шум», постійну частоту і обмежені по спектру.

АЦП являє собою лінійну частину приймача (щодо радіосигналів).

З виходу аналогової частини приймального тракту сигнал на $f_{ПЧ}$ надходить на АЦП. На постійній $f_{ПЧ}$ з заданим номіналом інформація може бути відносно легко оцифрована. Для цього в аналого-цифровому перетворювачі відбувається дискретизація і квантування інформації.

Після оцифровки вибірки радіосигналу з АЦП подаються по шині в цифрову частину приймального тракту.

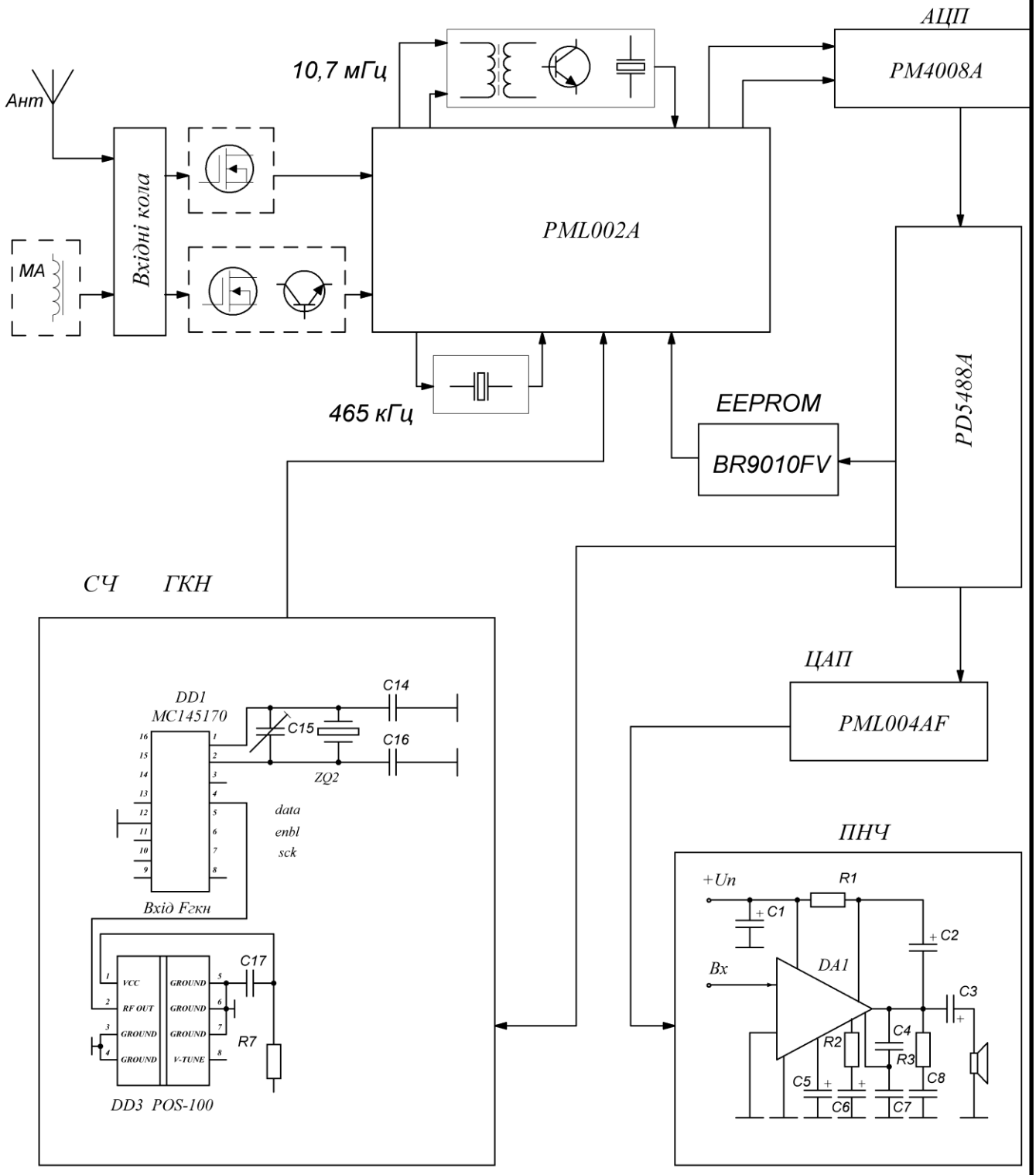
Після демодуляції прийнята інформація з цифрового виходу надходить на цифрову кінцеву апаратуру. При прийомі аналогових сигналів цифрові значення відліків демодулюючих сигналів потрапляють в послідовно включені цифро-аналоговий перетворювач або фільтр нижніх частот, де перетворюються в аналоговий сигнал і надходять на вихід в аналогову кінцеву апаратуру, тобто підсилювач низької частоти.

В якості підсилювального елемента ПНЧ обрана мікросхема TBA810AS, вироблена фірмою Hitachi. Яка відповідає всім заданим параметрам.

Структурна схема приймального тракту приведена на рисунку 2.2.1.

Рисунок 2.2.1

Блок-схема приймального тракту



2.3 Розрахунок підсилювача низької частоти

Вибір гучномовця виконуємо виходячи з класу ПНЧ. Так як проектований пристрій належить до вищого класу, відповідно всі його каскади, в тому числі і ПНЧ, повинні відповідати цим вимогам.

При виборі гучномовця враховуємо, що смуга відтворюваних їм чутних людським вухом звуків повинна бути не тільки не вужчою заданої в ТЗ, але і перекривати її з запасом.

Основоположним моментом при визначенні потужності гучномовця потрібно орієнтуватися на властиві йому нелінійні спотворення. Які зростають до 6 ... 12%, якщо не вибрати гучномовець мінімум з подвійним запасом. У нашому випадку, так як ПНЧ відноситься до вищого класу, запас повинен бути п'ятиразовим.

Світовими лідерами у виробництві висококласної звуковідтворювальної апаратури є такі фірми, як Vifa, Eton, Morrel, Seas, Visaton, Fostex, Scan-Speak, Peerless і багато інших.

Беручи до уваги перераховані вище міркування, а також навантажувальний опір, звертаємо увагу на динаміки Monacor SPX-30M, Auris Allegro 502, Pioneer TS-134.

Так як їх електричні параметри практично ідентичні, орієнтуємося на масогабаритні показники. Що життєво важливо при проектуванні портативних пристроїв. Вибираємо гучномовець Auris Allegro 502 з номінальною потужністю 35 Вт, діапазоном 30 ... 20000 Гц, опором 4 Ом.

Після визначення типу гучномовця приступаємо до розробки схеми ПНЧ.

В сучасних високоякісних звуковідтворювальних пристроях не застосовуються однотактні ПМ через властивого їм низького ККД. Зупинимо вибір на двотактній схемі.

Не дивлячись на багаті переваги використання трансформаторів в таких конструкціях, змушені зупинити свій вибір на безтрансформаторній схемі. Пов'язано це зі значними масогабаритними показниками, неприпустимими в переносний апаратурі. Проведемо електричний розрахунок.

В першу чергу потрібно визначитися з напругою живлення:

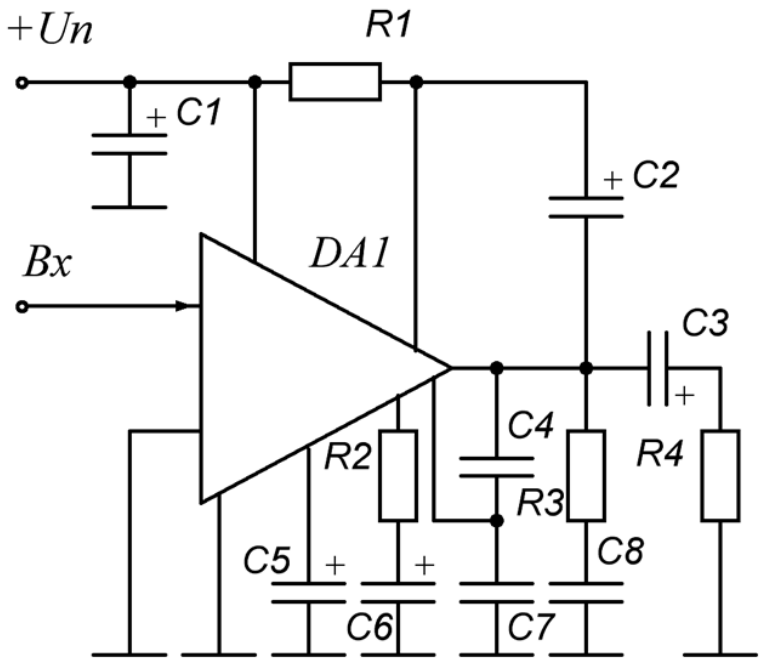
$$E = 2(\sqrt{1,5...2 \cdot P_{вих} R_н} + U_{зал}) = 2(\sqrt{1,5 \cdot 5 \cdot 4} + 1) = 12,96(В) \quad (2.3.1)$$

де Uзал- залежна від типу мікросхеми і вихідної потужності напруга.

У попередньому розрахунку в якості підсилювального елемента ПНЧ обрана мікросхема TBA810AS, вироблена фірмою Hitachi. Яка відповідає всім заданим параметрам.Так як немає особливих передумов и додаткових вимог до характеристик, обмежень до використання і схеми підключення, вважаю за можливе вибрати стандартну.

Рисунок 2.3.1

Стандартна схема ПНЧ



Визначаємо коефіцієнт посилення ПНЧ:

$$K_р(дБ) = 10 lg \frac{P_{вих}}{P_{вх.ПНЧ}} \quad (2.3.2)$$

де $$P_{вх.ПЗЧ} = \frac{U_{вх.ПНЧ}{}^2}{2R_{вх.ПНЧ}} = \frac{0,1^2}{2 \cdot 30000} = 0,67 \cdot 10^{-7}(Вт) \quad (2.3.3)$$

Підставляючи значення Рвх.пнч в формулу (2.3.2), отримаємо

$$K_р(дБ) = 10 lg \frac{P_{вих}}{P_{вх.ПНЧ}} = 10 lg \frac{5}{10^{-7}} = 78,7(дБ) \quad (2.3.4)$$

2.4 Розрахунок синтезатора частоти

Збудником ми маємо на увазі пристрій, необхідний для формування коливань із заданими частотами і необхідною модуляцією.

В даному випадку застосовуємо збудник з використанням синтезатора частот, в якому з частоти єдиного високостатбільного кварцового генератора формується сітка частот з малим кроком дискретності і чистим спектром. Від синтезатора отримаємо опорну частоту $F_{ср}$, змішуючи з якою, коливання дискретної множини частот можна перенести в заданий діапазон. Основними компонентами такого збудника є: синтезатор частот, модулятор або формувач виду роботи і тракт перетворення.

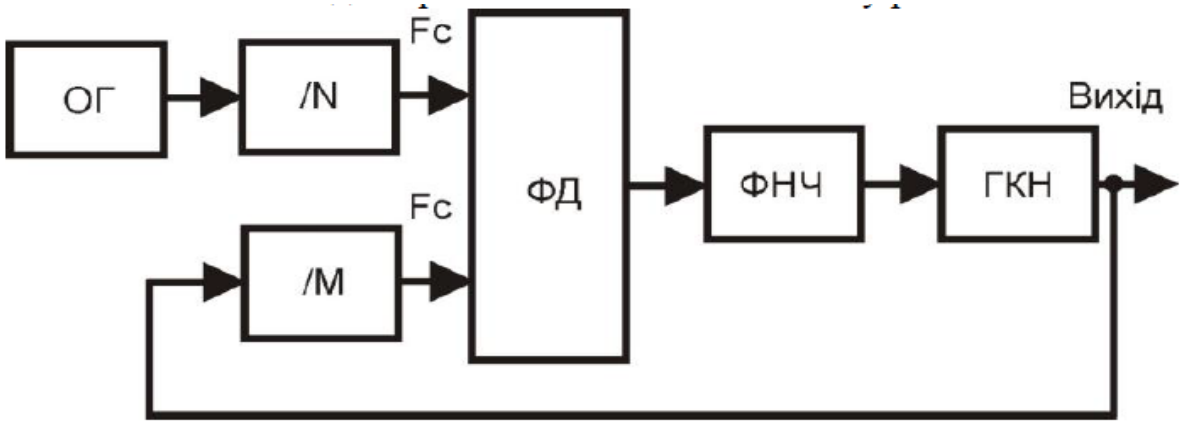
Рисунок 2.4.1

Структурна схема збудника з частотною модуляцією коливань

де КАГ – опорний кварцовий автогенератор; СЧ – синтезатор сітки частот; КФ – керований фазообертач.

Розглянемо непрямий аналоговий синтез

Рисунок 2.4.2



де ОГ - опорний генератор; /N - подільник частоти; /M - подільник частоти; ФД - фазовий детектор; ФНЧ - фільтр низьких частот; ГКН - генератор керований напругою

Цей метод синтезу використовує принцип порівняння частоти і фази вихідного сигналу, що формується ГКН, з сигналом опорного генератора. Помилку виявляє ФД, працюючий на частоті порівняння $F_{ср}$. Ця частота утворюється шляхом ділення частоти опорного генератора ОГ на N.

Частота вихідного сигналу спочатку ділиться на M, а потім порівнюється з частотою $F_{ср}$. При відхиленні частоти на виході ФД з'являється напруга, яка впливає на ГКН і змінює його вихідну частоту до зникнення відхилення. Оскільки подільники частоти мають цілочисельні коефіцієнти ділення, крок сітки такого синтезатора визначає частота порівняння.

Виконаємо ГКН у вигляді автогенератора, в коливальний контур якого включений варікап з метою електричного підстроювання і частотної перебудови. Частотні коливання ГКНа fгкн діляться в М раз, а fог еталонного генератора може бути поділена в N раз, причому M>N.

У режимі синхронізації частоти виконується рівність.

$$F_{гкн}/M = f_{ог}/N = f_{ср} \qquad (2.4.1)$$

На fcp, званої частотою порівняння, відбувається порівняння частот і фаз двох коливань в дискримінаторі. У разі рівного розподілу частот режим синхронізації зберігається. Якщо ж є відмінність в частотах двох порівнюваних коливань, то на виході дискримінатора виникає сигнал помилки, який на фільтрі нижніх частот створює керуючу напругу, що підводиться до варикапів ГКНа. В результаті частота

змінюється таким чином, щоб було відновлено рівність, і сигнал помилки зникає.

Коефіцієнт розподілу М частоти ГКНа істотно вище коефіцієнта ділення N частоти еталонного генератора. Тому висока частота fгкн стабілізується низькою частотою.

В якості еталонного застосуємо кварцовий генератор.

У синтезаторах частот дільник частоти на N виконують на елементах з керованим коефіцієнтом ділення - дільниках зі змінним коефіцієнтом ділення (ДПКД). Для того щоб змінити вихідну частоту, потрібно встановити інший

коефіцієнт ділення. Коли коефіцієнт ділення ДПДК дорівнює М, частота коливань ГКНа.

$$F_{гкн} = M \cdot f_{ср} \quad (2.4.2)$$

Якщо коефіцієнт ділення М + 1, то частоти на обох входах дискриминатора вже не рівні

$$\frac{f_{гкн}}{M+1} \neq f_{ср} \quad (2.4.3)$$

В результаті виробляється сигнал помилки, який підлаштовує ГКН таким чином, щоб відновилося рівність

$$\frac{f^{1}_{гкн}}{M+1} = f_{ср} \quad (2.4.4)$$

Нова частота ГКНа визначається як

$$f''_{гкн} = M \times f_{ср} + f_{ср} = f_{гкн} + f_{ср}. \quad (2.4.5)$$

Таким чином, знову встановлюється режим синхронізації, але вже при новій вихідний частоті синтезатора. Крок перебудови, отже, дорівнює частоті порівняння.

Приймаємо крок перебудови $n_{сх}$=9кГц для середньохвильового діапазону, і $n_{укх}$=25 кГц для ультракороткохвильового діапазону.

Тобто частота порівняння $f_{пр.сх}$=9кГц для середньохвильового діапазону, і $f_{пр.укх}$=25 кГц для ультракороткохвильового діапазону.

Так як коефіцієнти розподілу цілі числа, приймаємо дільник частоти для опорного генератора для середньохвильового діапазону $N_{сх}$ = 50 (при цьому частота опорного генератора становить 450 кГц), і для ультракороткохвильового діапазону $N_{укх}$ = 18.

Дільник частоти для першого каналу середньохвильового діапазону $M_{сх}$ =58, частота першого каналу

$$f_{1.сх} = f_{пр} \cdot M_1 = 9 \cdot 58 = 522 \text{ (кГц)} \quad (2.4.6)$$

Дільник частоти для першого каналу ультракороткохвильового діапазону $M_{укх}$ =4000, частота першого каналу

$$f_{1.укх} = f_{пр} \cdot M_1 = 25 \cdot 4000 = 100000 \text{ (кГц)} \quad (2.4.7)$$

Складаємо сітку частот для всього діапазону і зводимо в таблицю (Додаток А).

Частота коливань в автогенераторі визначається резонансом коливальної системи. Застосуємо в резонансній системі нелінійну ємність (варікап), що змінюється при подачі на нього моделюючої напруги, що призводить і до зміни резонансної частоти.

Електричні схеми частотних модуляторів відрізняються головним чином способом зв'язку варикапа з резонатором автогенератора.

Виберемо схему з ємнісним зв'язком

У випадку частотної модуляції спектр радіосигналу

$$\Delta F_{чм}=2\cdot F_{м}\cdot(1+M_{чм}) \quad (2.4.8)$$

де частота модулюючого сигналу

$$F_{м}=\Delta f/M_{чм}=5\ кГц \quad (2.4.9)$$

Δf= 10 кГц (девіація частоти)

$M_{чм}$= 2 (індекс маніпуляції)

Таким чином

$$\Delta F_{чм}=2\cdot5\cdot(1+2)=30\ (кГц) \quad (2.4.10)$$

Що менше кроку перебудови каналів n=37,5 кГц.

У відповідності до технічного завдання та керуючись рекомендаціями та використовуючи ресурси мережі Internet, здійснюємо вибір типу частотного синтезатора.

Основними вимогами до СЧє:

- відносна частотна нестабільність;

-робочий частотний діапазон;

- робоча температура.

Задовольняє дані умови кварцований СЧ MC145170 фірми Motorola.

Вибраний СЧ має фазову частотну автопідстройку. Для керування ним необхідно використати мікроконтролер, за допомогою якого відбувається реалізація *N* каналів на вході радіоприймального пристрою.

Вибираємо мікроконтролер фірми RD5488A.

Распіновка виводів СЧ MC145170 і його блок-схема приведені нижче.

Рисунок 2.4.3

Распіновка виводів СЧ MC145170

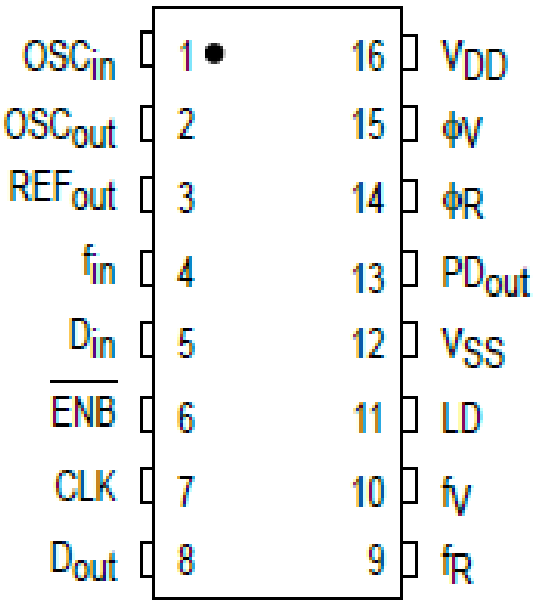
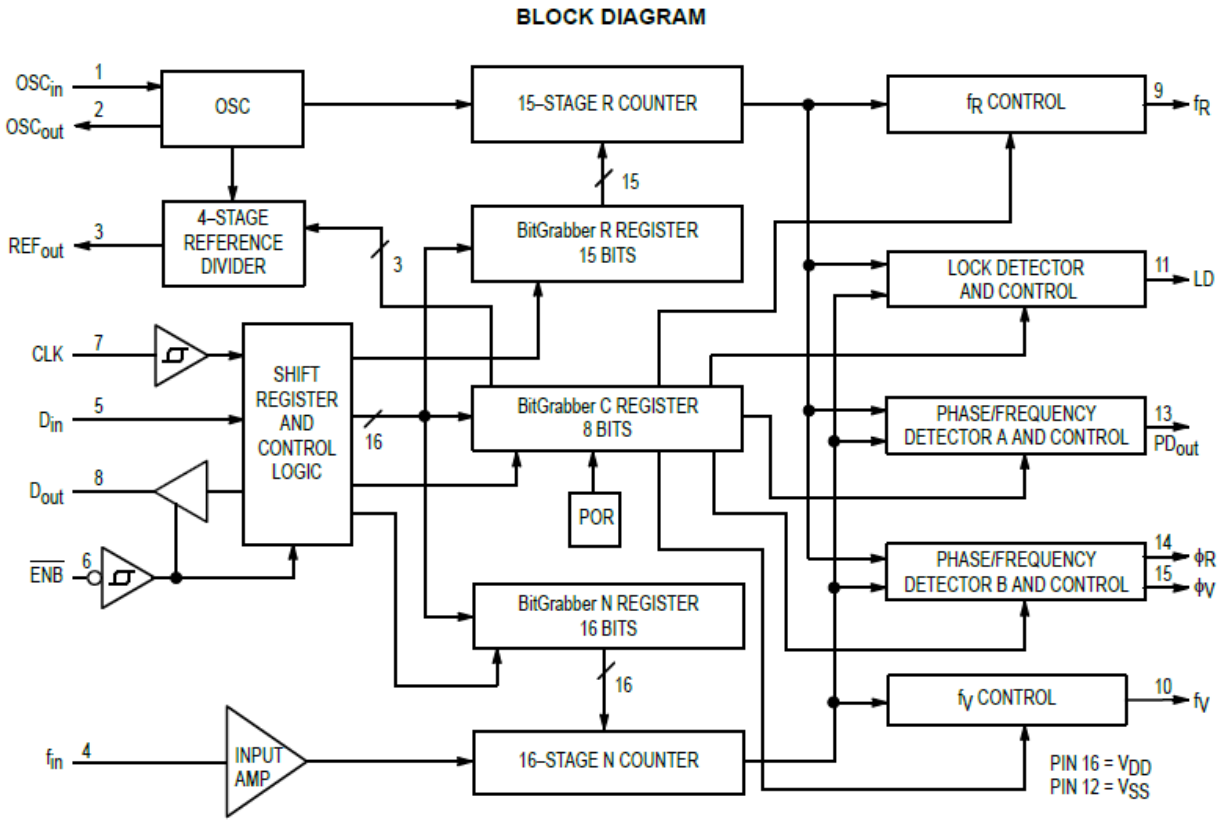


Рисунок 2.4.4

Структурна схема СЧ MC145170



Сигнал з виходу ГКН надходить через "Вхід Fгкн" на вивід 4 мікросхеми DD1. Тут він порівнюється з еталонною частотою, одержуваної від вбудованого генератора на кварцовому резонаторі ZQ2. Сигнали помилки з фазових детекторів мікросхеми подаються на ФНЧ, зібраний на елементах R1-R6, C1-C3, і далі через "Вихід Uупр" - на елементи управління частотою Г.КН. Тобто замикається петля ФАПЧ.

СЧ MC145170 має вбудований опорний генератор. Кварц з резонансною частотою 3 мГц підключається до його висновків 1 і 2.

Управляється синтезатор MC145170 мікроконтролером DD2 PD5488A по трьох дротах з виходів PB4, PB5 і PB7. З виходу PB7 (висновок 8) надходить сигнал синхронізації "sck", з виходу PB5 {висновок 6) - сигнал даних "data", з виходу PB4 (висновок 5) - сигнал дозволу заміни старих даних на новоприйняті "enbl"

Структурна схема мікроконтролера PD5488A наведена на рисунку 2.4.5.

Рисунок 2.4.5

Структурна схема мікроконтролера PD5488A

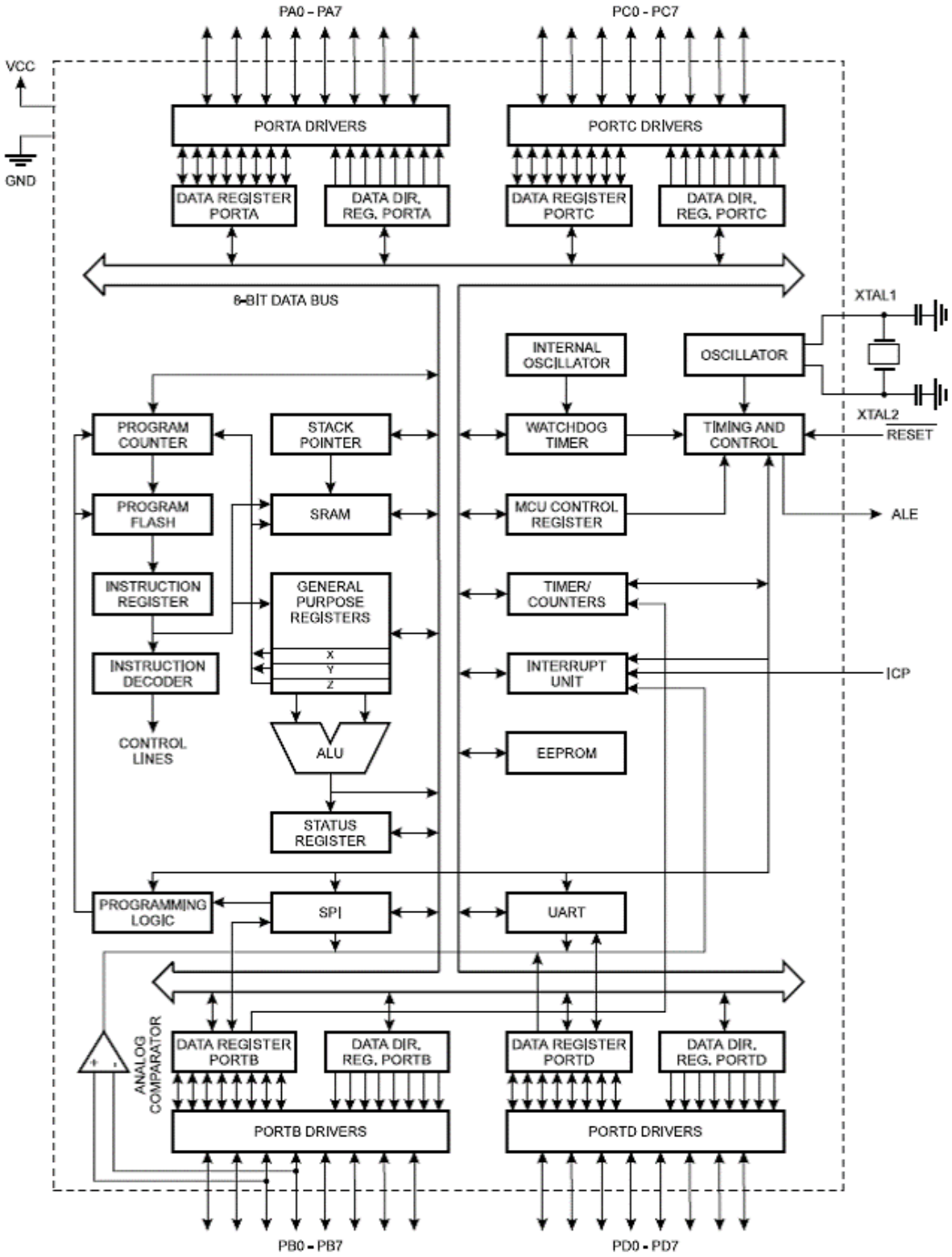
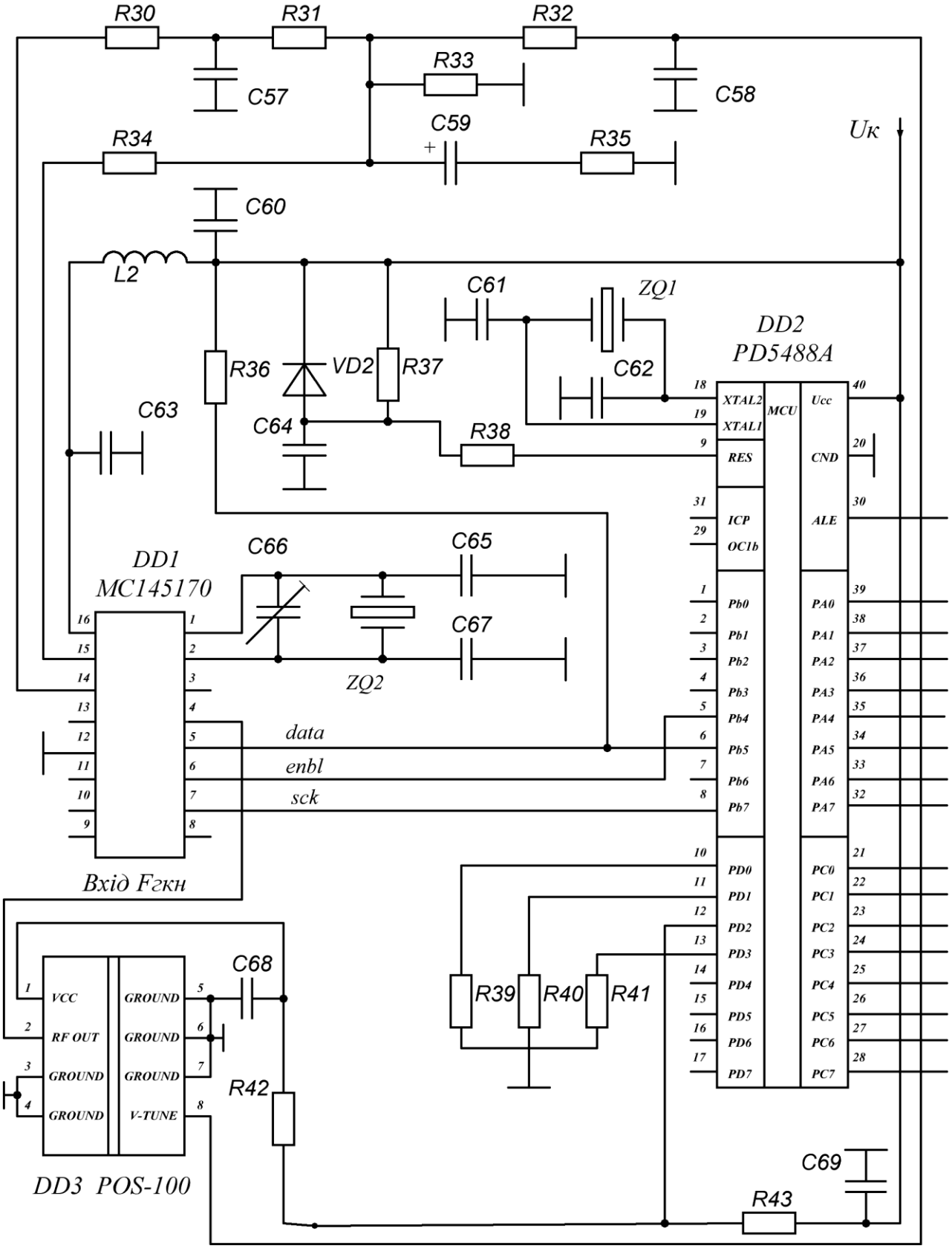


Рисунок 2.4.6

Схема синтезатора частоти



2.5 Розробка схеми керування приймачем та додатковими функціями

Зі збільшенням відсотка використовуваних в сучасній радіоелектроніці мікросхем, на перший план висуваються вимоги щодо забезпечення управління цими пристроями, одночасно не погіршуючи їх електричні параметри.

Керуюча система складається з органів, призначених для реалізації всіх управлінських функцій, і безпосередньо самого блоку, що забезпечує ці функції.

У проектованому пристрої з цифровою обробкою схемі управління відводиться значне місце і її можна розглядати як самостійний тракт, який разом з сигнальним і складають структурну схему нашого виробу.

Для керування синтезатором частоти використовуємо мікроконтролер PD5488A, за допомогою якого відбувається реалізація N каналів на вході радіоприймального пристрою.

Цей же мікроконтролер керує аналого-цифровим та цифро-аналоговим пристроями.

Всі необхідні команди подаються з клавіатурної матриці, підключеної до мікроконтролера PD5471A.

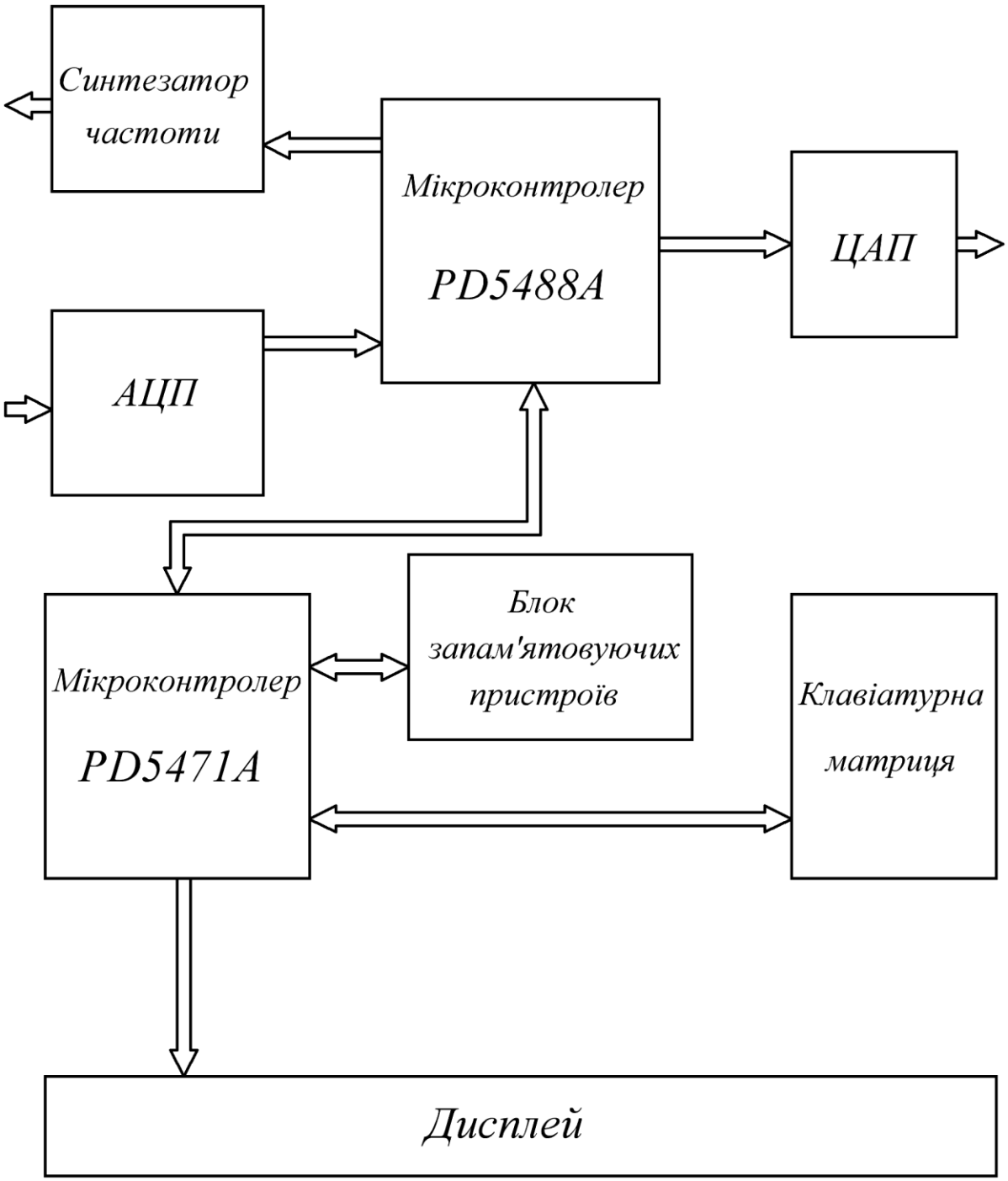
Блок запам’ятовуючих пристроїв підключено також до цього контролера.

Візуально проконтролювати здійснення всіх операцій можна на дисплеї MXK802, яким керує мікроконтролер PD5471A.

Спрощена блок-схема пристрою приведена на рис. 2.5.1

Рисунок 2.5.1

Схема керування приймачем та додатковими функціями

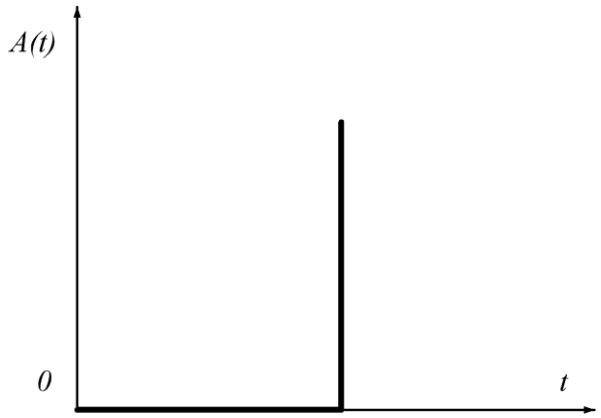


2.6 Розрахунок цифрового фільтру

Під цифровим фільтром (ЦФ) в загальному випадку ми маємо на увазі систему, що перетворює один сигнал у цифрофій формі в інший. Для ФНЧ має забезпечуватися відсутність спотворень вхідного сигналу в області частот від нуля до деякої заданої частоти, і ефективне придушення частот, які перевищують граничну частоту. Ідеальний ФНЧ пропускає тільки низькочастотні составляющі. Його характеристика загасання має вигляд, наведений на рисунку 2.6.1.

Рисунок 2.6.1

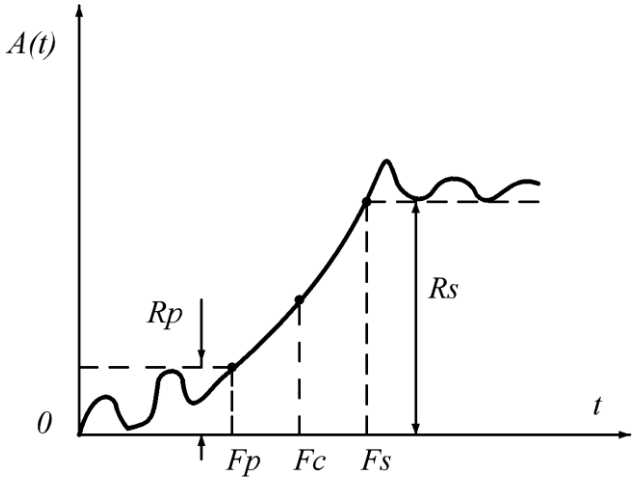
Частотні характеристики затухання ідеального ФНЧ



На відміну від ідеальних в реальному випадку перехід від частоти пропускання до частоті затримання відбувається плавно: рисунок 2.6.2.

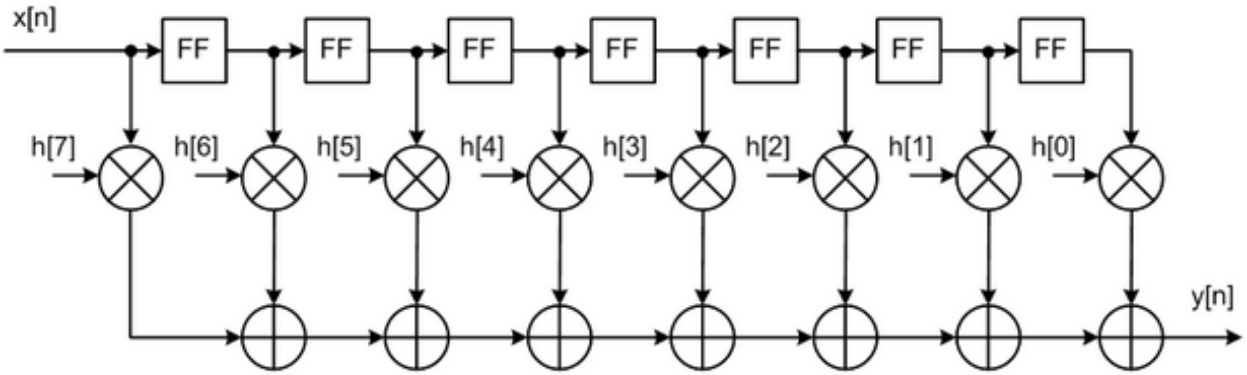
Рисунок 2.6.2

Частотні характеристики затухання реального ФНЧ



На рисунку 2.6.3 приведена реалізація ЦФ в загальному вигляді:

Рисунок 2.6.3



Під розрахунком ЦФ ми розуміємо пошук коефіцієнтів за значеннями його частотної характеристики.

На першому етапі проектування ЦФ знаходимо компромісні рішення для реалізації необхідних параметрів нашого виробу.

При цьому, щоб досягти необхідні значення деяких величин, виникає необхідність погіршувати інші параметри.

Головним фактором, який визначає частотну характеристику, є розрядність коефіцієнтів.

Логічні операції, за допомогою яких реалізується ЦФ, нечисленні. Основним вузлом у його реалізації виступає DSP.

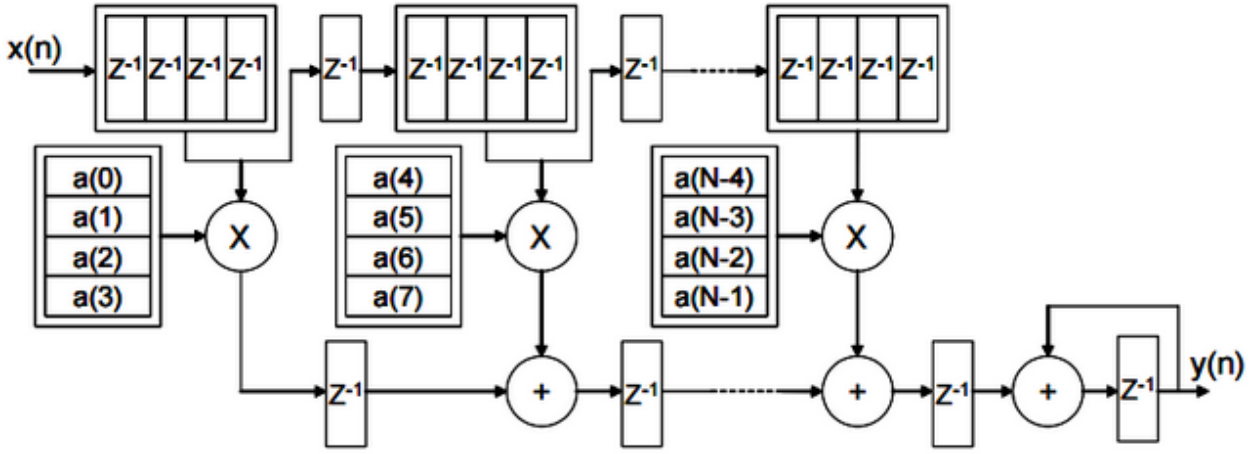
DSP здійснює всі математичні операції-перемноження вхідних відліків з коефіцієнтами фільтрів, затримку вхідного сигналу, розрахунок суми даних тощо.

В зв’язку з тим, що у схемі сучасних вузлів DSP міститься попередній суматор, усі операції, навіть підсумовування можна робити всередині цього вузла. Крім DSP блоку, ЦФ повинен мати пам'ять, де повинні зберігатися коефіцієнти.

На рис. 2.6.4 приведена реалізація ЦФ:

Рисунок 2.6.4

Структурна схема ЦФ



Для подальших розрахунків необхідно обчислити також частоту дискретизації. На практиці рекомендується вибирати оптимальне значення

$$f_д / f_c = 4; \quad (2.6.1)$$

Звідки

$$f_д = 4 f_c = 4 \times 12{,}5 = 50 \text{ (кГц)} \quad (2.6.2)$$

Необхідно зрозуміти, скільки є ресурсів кристала для реалізації подібного фільтра. Мікросхема має 240 DSP блоків. Отже, на обраної мікросхемі можлива реалізація шести фільтрів з довжиною N = 80.

Припустимо, що для досягнення параметрів фільтра вистачить N = 80 = 64 + 16 коефіцієнтів. Проведемо розрахунок ЦФ, який повинен мати такі параметри:

частота дискретизації fд = 50 кГц;

частота зрізу fpass = 12,5 кГц;

fstop = fpass / п = 12,5 / 0,89 = 14 (кГц);

де Кп коефіцієнт прямокутності;

Придушення в смузі пропускання Apass <0.5 дБ;

Придушення в смузі загасання Astop> 60 дБ.

Для подальших розрахунків скористаємося додатком MATLAB. Для запуску засобу створення і аналізу ЦФ запустимо FDATooL.

Внесемо в потрібні поля параметри фільтра, враховуючи, що порядок N задається на 1 менше, ніж справжній порядок фільтра.

Рисунок 2.6.5

АЧХ

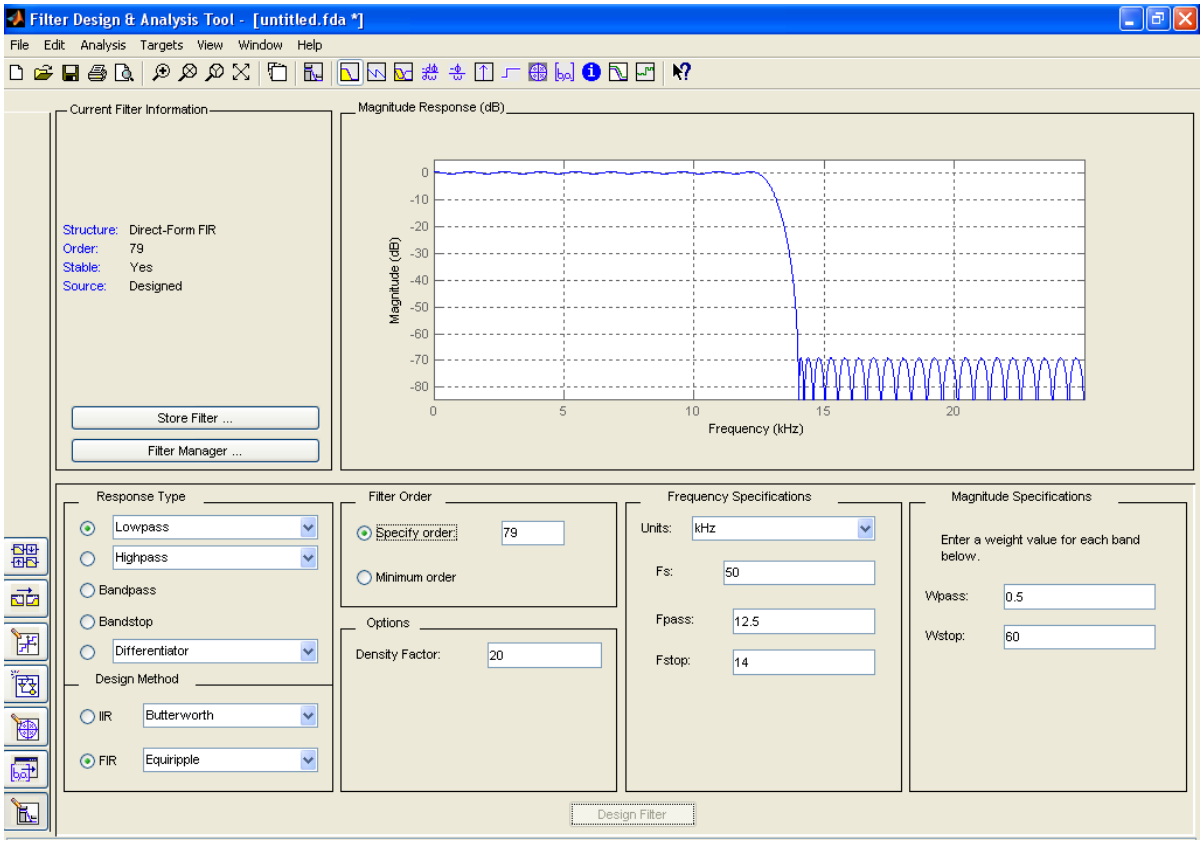


Рисунок 2.6.6

ФЧХ

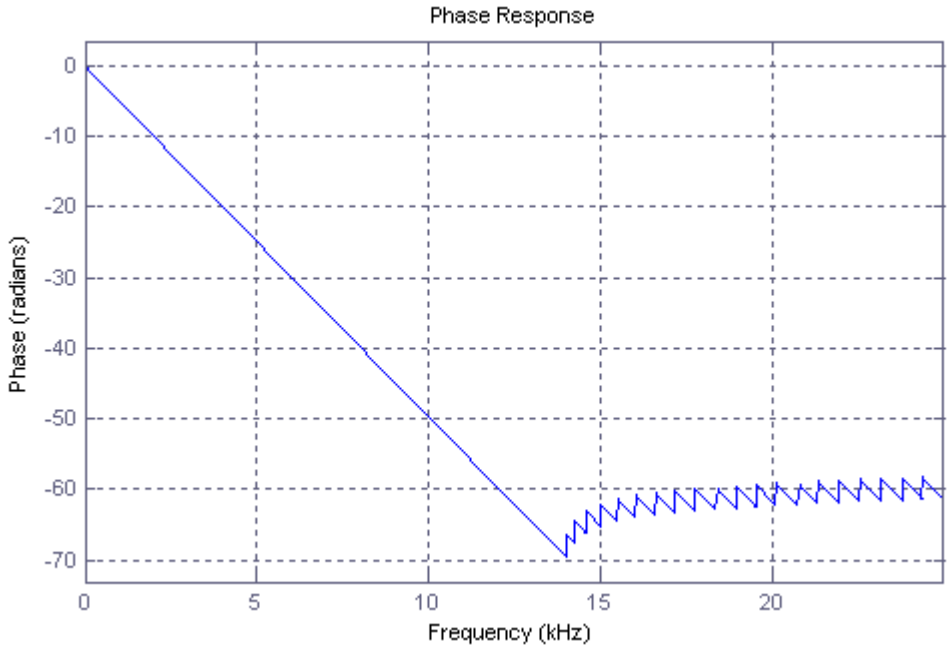


Рисунок 2.6.7

Імпульсна характеристика

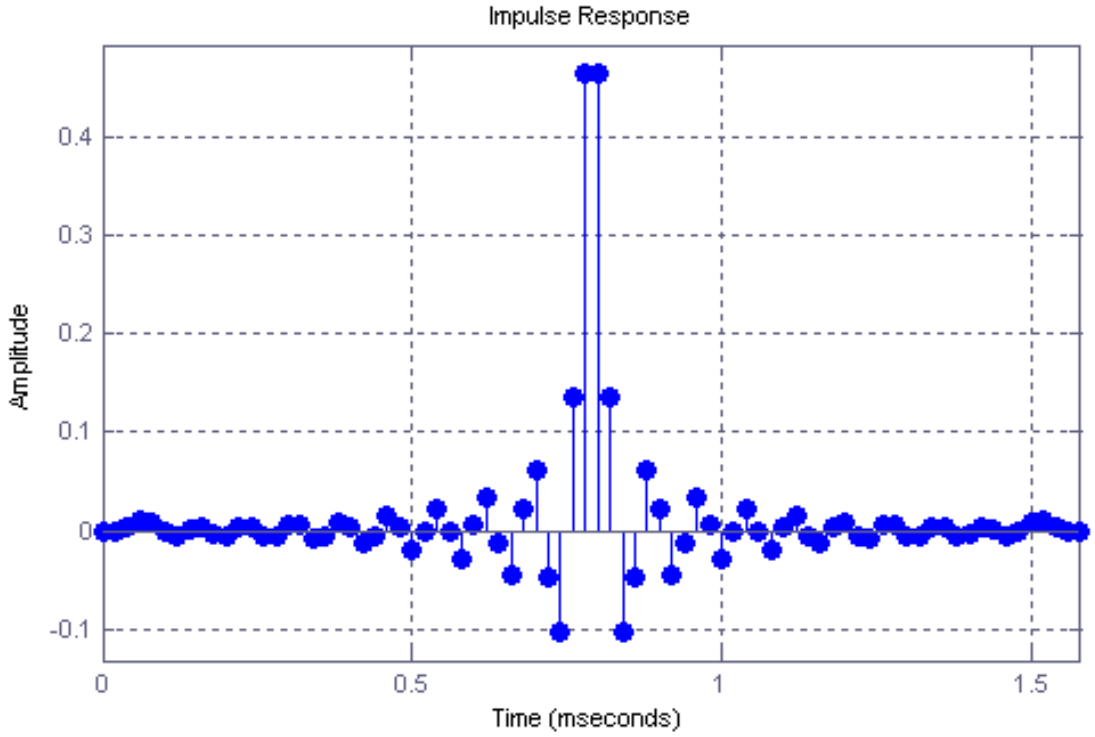


Рисунок 2.6.8

Перехідна характеристика

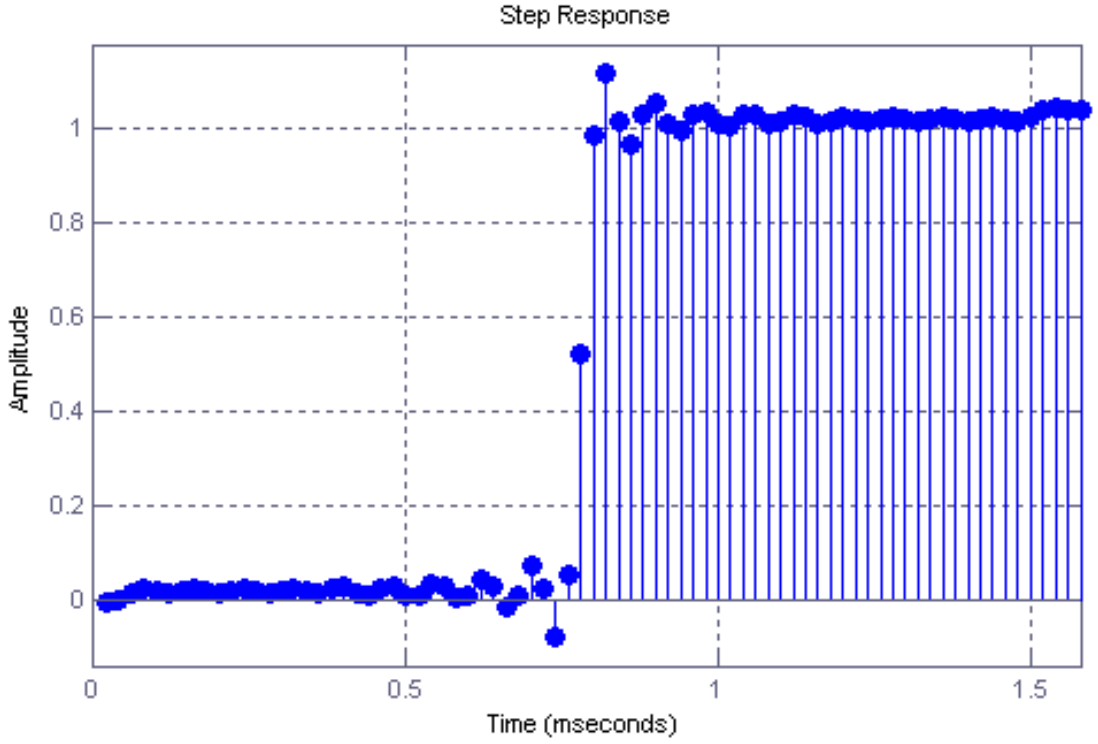
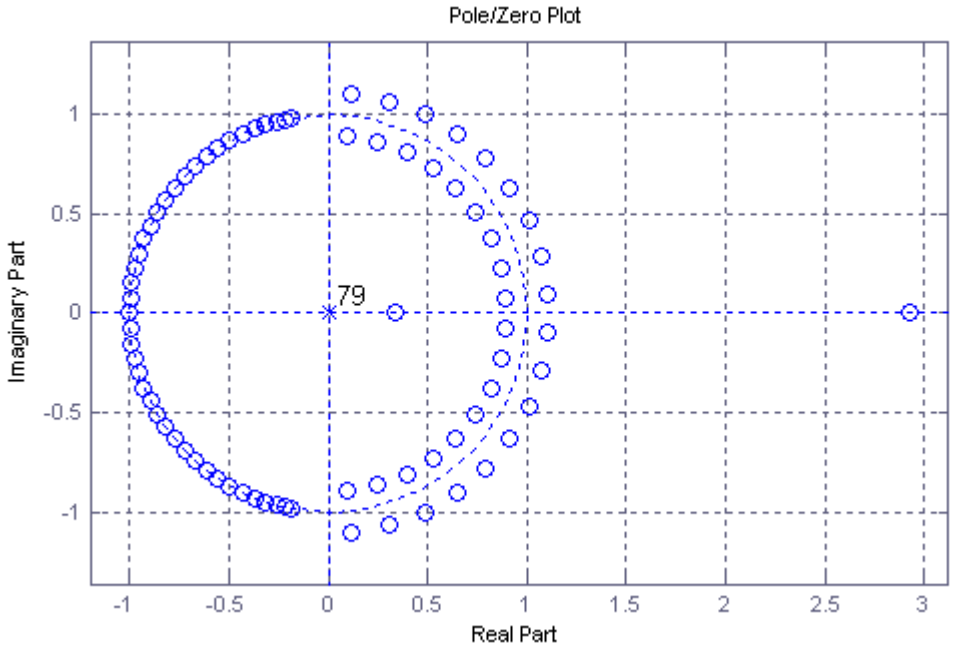


Рисунок 2.6.9

Карта нулів і полюсів



Збережемо коефіцієнти проектованого ЦФ: (Додаток Б)

Для використання файлу як заголовочного для проектів на мові C / C ++ збережемо його за допомогою «Export to C Header File»:

```
/*
 * Filter Design and Analysis Tool - Generated Filter Coefficients - C Source
 *  Generated by MATLAB - Signal Processing Toolbox
 */
/* General type conversion for MATLAB generated C-code  */
#include "tmwtypes.h"
/*
 * Expected path to tmwtypes.h
 * C:\MATLAB6p5\extern\include\tmwtypes.h
 */
/* Warning - Filter coefficients were truncated to fit specified data type.
 *   The resulting response may not match generated theoretical response.
 *   Use the Filter Design & Analysis Tool to design accurate fixed-point
 *   filter coefficients. */
const int BL = 80;
const real32_T B[80] = {
  -0.001014873735,-0.0004024710506, 0.005062480457,0.0113100009, 0.008807345293,
  -0.001197781647,-0.004728774074, 0.001991757192, 0.004649361596, -0.00248557888,
  -0.004704024177, 0.003370426362, 0.004939562175,-0.004491717089,-0.005171949975,
   0.005892459303, 0.005329089705,-0.007588518318,-0.005324119236, 0.009609979577,
   0.005056429189,  -0.0120140845,-0.004426199943,  0.01486791018, 0.003307748353,
   -0.01826383546,-0.001513923053,  0.02236917615,-0.001241697464, -0.02749708109,
   0.005449106917,  0.03427388519, -0.01209697779, -0.04414379597,  0.02359013073,
    0.06120282412, -0.04780060053,  -0.1027907133,   0.1345988065,   0.4643528759,
     0.4643528759,   0.1345988065,  -0.1027907133, -0.04780060053,  0.06120282412,
    0.02359013073, -0.04414379597, -0.01209697779,  0.03427388519, 0.005449106917,
   -0.02749708109,-0.001241697464,  0.02236917615,-0.001513923053, -0.01826383546,
   0.003307748353,  0.01486791018,-0.004426199943,  -0.0120140845, 0.005056429189,
   0.009609979577,-0.005324119236,-0.007588518318, 0.005329089705, 0.005892459303,
  -0.005171949975,-0.004491717089, 0.004939562175, 0.003370426362,-0.004704024177,
   -0.00248557888, 0.004649361596, 0.001991757192,-0.004728774074,-0.001197781647,
   0.008807345293, 0.0113100009, 0.005062480457,-0.0004024710506,-0.001014873735};
```

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Результатом бакалаврської кваліфікаційної роботи стала розробка пристрою приймання сигналів з цифровою обробкою у середньохвильовому та ультрахвильовому2 діапазонах.

Виходячи з аналізу ТЗ, пристрій є переносним радіомовним, з АМ у середньохвильовому та ЧМ у ультрахвильовому2 діапазонах, з живленням від акумулятора. Прийом сигналу у середньохвильовому діапазоні здійснюється на магнітну антену, а у ультрахвильовому2 діапазоні на штиркову телескопічну антену.

Відповідно до вимог ТЗ до параметрів пристрою приймання сигналів з цифровою обробкою, проектуємий радіоприймач відноситься до вищої групи складності.

У процесі роботи над проектом була досягнута наступна мета:
систематизувались і розширились теоретично-практичні знання, одночасно при вирішенні цих задач довелось все більш покладатися на свої знання та досвід, широко використовуючи технічну літературу.
Знання, отримані на лекціях, закріпилися при виконанні цієї роботи в області проектування і аналізу роботи приймальних пристроїв.

У процесі роботи були набуті знання, без яких неможливе якісне інженерне мислення. При цьому значно поліпшилось засвоєння технічного матеріалу.

На етапах вивчення дисципліни були отримані неабиякі теоретичні знання, які поглибились та закріпились у процесі виконання запропонованої роботи.

Перед фахівцями з телекомунікації та радіотехніки у майбутній практичній роботі будуть ставитись складні інженерні задачі, які потрібно буде вирішувати самостійно.

Виконана бакалаврська кваліфікаційна робота стала заключним етапом підготовки, і має на меті підготувати до складної інженерної праці.

У ході її виконання досягнута мета, поставлена у технічному завданні, та виконані всі конкретні поставлені завдання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бойко Ю.М., Макаришкін Д.А. Приймання та оброблення сигналів
2. Буханцов А.Д. Проектирование приёмного устройства по технологи SDR. М.: НИУ БелГУ, 2017. -78 с.
3. Curtin M., O Bien P. PLL for HF receivers and Transmitters. Part 1-3. Analog Dialog, Volume 33, 2019. -45 p.
4. Васильев О.А. Расчёт, проектирование и реализация широкополосного приёмника. М.: Гранит, 2020. -120 с.
5. Ерёменко В.Т. Радиопрёмные устройства. М.: Орловский государственный университет им. И.С.Тургенева, 2018. -161 с.
6. Кийко В.П. Проектирование радиоприёмных устройств на базе аналоговых блоков. М.: Издательство Уральского университета, 2014. -122 с.
7. Smith S.W. The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing. San-Diego, 2013. -650 p.
8. Коровин А.Н. Методические указания к курсовому проектированию по дисциплине радиоприёмные устройства. М.: МИ ВлГУ, 2019. -131 с.
9. Marcos Crego Garcia Calculation of radio electrical coverage in Medium-Wave Frequencies 2019. -312p
10. Никитин Н.П. Проектирование устройств обработки и приёма сигналов. М.: Издательство Уральского университета, 2015. -114 с.
11. Charles Razzell System Noise-Figure Analysis for Modern Radio Receivers, 2020. -37p
12. Плаксиенко В.С. Устройства приёма и обработки сигналов. М.: Учебная литература, 2014. -376 с.
13. Салабай А.В. Эскизное проектирование радиоприёмных устройств. М.: ОНАЗ имени А.С.Попова, 2012.-80 с.
14. Смирнов В.П. Засоби приймання і оброблення інформації. М: КПІ ім. Ігоря Сікорського. 2019. - 75 с.

15. S. C. Gupta. Land Mobile Radio Systems - A Tutorial Exposition Southern Illinois University Carbondale.2020. -164 p.
16. Титов Д.А. Цифровая обработка сигналов. М.: ОмГТУ, 2013. -116 с.
17. Miomir Filipovic. Radio Receivers, 2020.-78 p.
18. Ишмуратов Р.А. Методы и устройства цифровой обработки сигналов. М.: Казанский государственный энергетический университет, 2020. -21 с.
19. Brad Brannon. Basics of Designing a Digital Radio Receiver. 2020. -156p.
20. Чукаев М.В. Проектирование радиоприёмных устройств супергетеродинного типа. М.: ПКГХ, 2020. -44 с.
21. Хоменко Ж.М. Приймання та оброблення сигналів. М.: Житомирський державний технологічний університет, 2019. -174 с.
22.. Аржанов В.А. Устройства приёма и обработки сигналов в упражнениях и задачах. М.: ОмГТУ, 2018. -220 с.
23. Ильинков В.А. Проектирование широкодиапазонного синтезатора частот. М.: Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, 2013. -47 с.
24. Никитин Ю.Н. Новый радиочастотный синтезатор частот. М.: Компоненты и технологии, 2019. -17 с.
25. Коберниченко В.Г. Расчёт и проектирование цифровых фильтров. М.: Издательство Уральского университета, 2015. -67 с.
26. Александрова К.К. Электрические чертежи и схемы /К.К. Александров, Е.Г. Кузьмина - М.: Энергоиздат, 1990. - 200 с.
27. http://www.analog.com/en/rfif-components/pll-synthesizersvcos/products/
28. http://www.radioradar.netdatasheet_searchMC1MC145170-1_Motorola.html
29. https://www.analog.com/ru/index.html Analog Devices
30. https://olnisa.ru/blog/burr-brown-oficzialnyi-sait/ Burr brown
31. https://www.st.com/content/st_com/en.html STMscroelectronics. inc
32. https://www.analog.com/en/technical-articles/basics-designing-digital-radio-receiver.html Brad Brannon "Basics of Designing a Digital Radio Receiver

Додаток А.1

Сітка частот середньохвильового діапазону

№	Fк	N	№	Fк	N	№	Fк	N	№	Fк	N	№	Fк	N
1	522	58	31	792	88	61	1062	118	91	1332	148
2	531	59	32	801	89	62	1071	119	92	1341	149
3	540	60	33	810	90	63	1080	120	93	1350	150
4	549	61	34	819	91	64	1089	121	94	1359	151
5	558	62	35	828	92	65	1098	122	95	1368	152
6	567	63	36	837	93	66	1107	123	96	1377	153
7	576	64	37	846	94	67	1116	124	97	1386	154
8	585	65	38	855	95	68	1125	125	98	1395	155
9	594	66	39	864	96	69	1134	126	99	1404	156
10	603	67	40	873	97	70	1143	127	100	1413	157
11	612	68	41	882	98	71	1152	128	101	1422	158
12	621	69	42	891	99	72	1161	129	102	1431	159
13	630	70	43	900	100	73	1170	130	103	1440	160
14	639	71	44	909	101	74	1179	131	104	1449	161
15	648	72	45	918	102	75	1188	132	105	1458	162
16	657	73	46	927	103	76	1197	133	106	1467	163
17	666	74	47	936	104	77	1206	134	107	1476	164
18	675	75	48	945	105	78	1215	135	108	1485	165
19	684	76	49	954	106	79	1224	136	109	1494	166
20	693	77	50	963	107	80	1233	137	110	1503	167
21	702	78	51	972	108	81	1242	138	111	1512	168
22	711	79	52	981	109	82	1251	139	112	1521	169
23	720	80	53	990	110	83	1260	140	113	1530	170
24	729	81	54	999	111	84	1269	141	114	1539	171
25	738	82	55	1008	112	85	1278	142	115	1548	172
26	747	83	56	1017	113	86	1287	143	116	1557	173
27	756	84	57	1026	114	87	1296	144	117	1566	174
28	765	85	58	1035	115	88	1305	145	118	1575	175
29	774	86	59	1044	116	89	1314	146	119	1584	176
30	783	87	60	1053	117	90	1323	147	120	1593	177

Додаток А.2

Сітка частот ультракороткохвильового діапазону

№	Fк	N	№	Fк	N	№	Fк	N	№	Fк	N	№	Fк	N
1	100000	4000	31	100750	4030	61	101500	4060	91	102250	4090	121	102250	4090
2	100025	4001	32	100775	4031	62	101525	4061	92	102275	4091	122	102275	4091
3	100050	4002	33	100800	4032	63	101550	4062	93	102300	4092	123	102300	4092
4	100075	4003	34	100825	4033	64	101575	4063	94	102325	4093	124	102325	4093
5	100100	4004	35	100850	4034	65	101600	4064	95	102350	4094	125	102350	4094
6	100125	4005	36	100875	4035	66	101625	4065	96	102375	4095	126	102375	4095
7	100150	4006	37	100900	4036	67	101650	4066	97	102400	4096	127	102400	4096
8	100175	4007	38	100925	4037	68	101675	4067	98	102425	4097	128	102425	4097
9	100200	4008	39	100950	4038	69	101700	4068	99	102450	4098	129	102450	4098
10	100225	4009	40	100975	4039	70	101725	4069	100	102475	4099	130	102475	4099
11	100250	4010	41	101000	4040	71	101750	4070	101	102500	4100	131	102500	4100
12	100275	4011	42	101025	4041	72	101775	4071	102	102525	4101	132	102525	4101
13	100300	4012	43	101050	4042	73	101800	4072	103	102550	4102	133	102550	4102
14	100325	4013	44	101075	4043	74	101825	4073	104	102575	4103	134	102575	4103
15	100350	4014	45	101100	4044	75	101850	4074	105	102600	4104	135	102600	4104
16	100375	4015	46	101125	4045	76	101875	4075	106	102625	4105	136	102625	4105
17	100400	4016	47	101150	4046	77	101900	4076	107	102650	4106	137	102650	4106
18	100425	4017	48	101175	4047	78	101925	4077	108	102675	4107	138	102675	4107
19	100450	4018	49	101200	4048	79	101950	4078	109	102700	4108	139	102700	4108
20	100475	4019	50	101225	4049	80	101975	4079	110	102725	4109	140	102725	4109
21	100500	4020	51	101250	4050	81	102000	4080	111	102750	4110	141	102750	4110
22	100525	4021	52	101275	4051	82	102025	4081	112	102775	4111	142	102775	4111
23	100550	4022	53	101300	4052	83	102050	4082	113	102800	4112	143	102800	4112
24	100575	4023	54	101325	4053	84	102075	4083	114	102825	4113	144	102825	4113
25	100600	4024	55	101350	4054	85	102100	4084	115	102850	4114	145	102850	4114
26	100625	4025	56	101375	4055	86	102125	4085	116	102875	4115	146	102875	4115
27	100650	4026	57	101400	4056	87	102150	4086	117	102900	4116	147	102900	4116
28	100675	4027	58	101425	4057	88	102175	4087	118	102925	4117	148	102925	4117
29	100700	4028	59	101450	4058	89	102200	4088	119	102950	4118	149	102950	4118
30	100725	4029	60	101475	4059	90	102225	4089	120	102975	4119	150	102975	4119

N	Fк	№	N	Fк	№	N	Fк	№	N	Fк	№	N	Fк
4240	106000	241	4210	105250	211	4180	104500	181	4150	103750	151	4120	103000
4241	106025	242	4211	105275	212	4181	104525	182	4151	103775	152	4121	103025
4242	106050	243	4212	105300	213	4182	104550	183	4152	103800	153	4122	103050
4243	106075	244	4213	105325	214	4183	104575	184	4153	103825	154	4123	103075
4244	106100	245	4214	105350	215	4184	104600	185	4154	103850	155	4124	103100
4245	106125	246	4215	105375	216	4185	104625	186	4155	103875	156	4125	103125
4246	106150	247	4216	105400	217	4186	104650	187	4156	103900	157	4126	103150
4247	106175	248	4217	105425	218	4187	104675	188	4157	103925	158	4127	103175
4248	106200	249	4218	105450	219	4188	104700	189	4158	103950	159	4128	103200
4249	106225	250	4219	105475	220	4189	104725	190	4159	103975	160	4129	103225
4250	106250	251	4220	105500	221	4190	104750	191	4160	104000	161	4130	103250
4251	106275	252	4221	105525	222	4191	104775	192	4161	104025	162	4131	103275
4252	106300	253	4222	105550	223	4192	104800	193	4162	104050	163	4132	103300
4253	106325	254	4223	105575	224	4193	104825	194	4163	104075	164	4133	103325
4254	106350	255	4224	105600	225	4194	104850	195	4164	104100	165	4134	103350
4255	106375	256	4225	105625	226	4195	104875	196	4165	104125	166	4135	103375
4256	106400	257	4226	105650	227	4196	104900	197	4166	104150	167	4136	103400
4257	106425	258	4227	105675	228	4197	104925	198	4167	104175	168	4137	103425
4258	106450	259	4228	105700	229	4198	104950	199	4168	104200	169	4138	103450
4259	106475	260	4229	105725	230	4199	104975	200	4169	104225	170	4139	103475
4260	106500	261	4230	105750	231	4200	105000	201	4170	104250	171	4140	103500
4261	106525	262	4231	105775	232	4201	105025	202	4171	104275	172	4141	103525
4262	106550	263	4232	105800	233	4202	105050	203	4172	104300	173	4142	103550
4263	106575	264	4233	105825	234	4203	105075	204	4173	104325	174	4143	103575
4264	106600	265	4234	105850	235	4204	105100	205	4174	104350	175	4144	103600
4265	106625	266	4235	105875	236	4205	105125	206	4175	104375	176	4145	103625
4266	106650	267	4236	105900	237	4206	105150	207	4176	104400	177	4146	103650
4267	106675	268	4237	105925	238	4207	105175	208	4177	104425	178	4147	103675
4268	106700	269	4238	105950	239	4208	105200	209	4178	104450	179	4148	103700
4269	106725	270	4239	105975	240	4209	105225	210	4179	104475	180	4149	103725

N	Fк	№		N	Fк	№
4300	107500	301		4270	106750	271
4301	107525	302		4271	106775	272
4302	107550	303		4272	106800	273
4303	107575	304		4273	106825	274
4304	107600	305		4274	106850	275
4305	107625	306		4275	106875	276
4306	107650	307		4276	106900	277
4307	107675	308		4277	106925	278
4308	107700	309		4278	106950	279
4309	107725	310		4279	106975	280
4310	107750	311		4280	107000	281
4311	107775	312		4281	107025	282
4312	107800	313		4282	107050	283
4313	107825	314		4283	107075	284
4314	107850	315		4284	107100	285
4315	107875	316		4285	107125	286
4316	107900	317		4286	107150	287
4317	107925	318		4287	107175	288
4318	107950	319		4288	107200	289
4319	107975	320		4289	107225	290
4320	108000	321		4290	107250	291
				4291	107275	292
				4292	107300	293
				4293	107325	294
				4294	107350	295
				4295	107375	296
				4296	107400	297
				4297	107425	298
				4298	107450	299
				4299	107475	300

Додаток Б

Коефіцієнти цифрового фільтру

```
%
% Generated by MATLAB(R) 7.5 and the Signal Processing Toolbox 6.8.
%
% Generated on: 25-Mar-2021 00:33:22
%
% Coefficient Format: Decimal

% Discrete-Time FIR Filter (real)
% -------------------------------
% Filter Structure  : Direct-Form FIR
% Filter Length     : 80
% Stable            : Yes
% Linear Phase      : Yes (Type 2)

Numerator:
-0.0010148736780085921
-0.0004024710567350890 1
 0.0050624804362087248
 0.0113100007399453 59
 0.0088073456049557776
-0.0011977815950615994
-0.0047287741500927202
 0.0019917572988079552
 0.0046493613905351158
-0.0024855789373618691
-0.0047040242674966821
 0.0033704262960562881
 0.0049395620138011622
-0.0044917171755442286
-0.0051719498650098332
 0.0058924592745159717
 0.0053290896631811831
-0.0075885185015207215
-0.0053241192574029284
 0.0096099796920690594
 0.0050564290683738225
-0.012014084158869041
-0.0044262000054163851
 0.014867910321677776
 0.0033077483442417567
-0.018263834687860168
-0.0015139230520053882
 0.022369175655746455
-0.0012416974899593387
-0.027497080810770701
 0.0054491069245797327
 0.034273884779745634
-0.012096977759757318
-0.044143796306638741
 0.023590131642106767
 0.061202823259300536
-0.047800598881449739
-0.10279071369314 71
 0.13459881153126574
 0.46435287185536178
```

 0.46435287185536178
 0.13459881153126574
-0.1027907136931471
-0.047800598881449739
 0.061202823259300536
 0.023590131642106767
-0.044143796306638741
-0.012096977759757318
 0.034273884779745634
 0.0054491069245797327
-0.027497080810770701
-0.0012416974899593387
 0.022369175655746455
-0.0015139230520053882
-0.018263834687860168
 0.0033077483442417567
 0.014867910321677776
-0.0044262000054163851
-0.012014084158869041
 0.0050564290683738225
 0.0096099796920690594
-0.0053241192574029284
-0.0075885185015207215
 0.0053290896631811831
 0.0058924592745159717
-0.0051719498650098332
-0.0044917171755442286
 0.0049395620138011622
 0.0033704262960562881
-0.0047040242674966821
-0.0024855789373618691
 0.0046493613905351158
 0.0019917572988079552
-0.0047287741500927202
-0.0011977815950615994
 0.0088073456049557776
 0.011310000739945359
 0.0050624804362087248
-0.00040247105673508901
-0.0010148736780085921

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				Гучномовці		
			BA1	*Auris Allegro 502 4 Ом*	*1*	
				Мікросхеми		
			DA1	*PML002A*	*1*	
			DA2	*TBA810AS*	*1*	
			DD1	*MC145170*	*1*	
			DD2	*POS-100*	*1*	
			DD3	*PD5488A*	*1*	
			DD4	*PM4008A*	*1*	
			DD5	*PML004AF*	*1*	
			DD6	*PD5471A*	*1*	
			DS1	*BR9010FV*	*1*	
			DS2	*PD8051A*	*1*	
				Конденсатори		
			C1	*RD15NPO -50-100 пФ*	*1*	
			C2	*RD15NPO -50-51 пФ*	*1*	
			C3	*RD15NPO -50-4700 пФ*	*1*	
			C4	*RD15NPO -50-0,022мкФ*	*1*	
			C5	*RD15NPO -50-2200 пФ*	*1*	
			C6	*RD15NPO -50-100 пФ*	*1*	
			C7	*RD15NPO -50-2200 пФ*	*1*	
			C8	*RD15NPO -50-0,047мкФ*	*1*	
			C9	*RD15NPO -50-51 пФ*	*1*	
			C10	*RD15NPO -50-4700 пФ*	*1*	
			C11…C14	*RD15NPO -50-0,022мкФ*	*3*	
			C15	*RD15NPO -50-0,01мкФ*	*1*	
			C16…C21	*RD15NPO -50-0,033мкФ*	*6*	
			C22	*RD15NPO -50-2700 пФ*	*1*	

					КПТР.2017002.01.02.ПЗ		
Змн.	*Арк.*	*№ докум.*	*Підпис*	*Дата*			
Розробив		*Бабій О.М.*			*Пристрій приймання та оброблення сигналів Перелік елементів*	*Літ.*	*Арк.* 1 / *Акрушів* 4
Перевірив		*Бойко Ю.М..*					
Реценз						*ХНУ.ТР-17-1*	
Н.Контр.							
Затвердж.							

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
			C23…C24	RD15NPO -50-0,022мкФ	2	
			C25…C28	RD15NPO -50-2200 пФ	4	
			C29	RD15NPO -50-27 пФ	1	
			C30…C31	RD15NPO -50-6800 пФ	2	
			C32	CD110-50-100 мкФ	1	
			C33	CD110-50-200 мкФ	1	
			C34	CD110-50-1000 мкФ	1	
			C35	RD15NPO -50-510 пФ	1	
			C36	CD110-50-100 мкФ	1	
			C37	CD110-50-500 мкФ	1	
			C38	RD15NPO -50-2700 пФ	1	
			C39	RD15NPO -50-0,1мкФ	1	
			C40	RD15NPO -50-0,01мкФ	1	
			C41	RD15NPO -50-0,047мкФ	1	
			C42	RD15NPO -50-6800 пФ	1	
			C43	RD15NPO -50-3300 пФ	1	
			C44	RD15NPO -50-0,047мкФ	1	
			C45…C46	RD15NPO -50-5600 пФ	2	
			C47	RD15NPO -50-0,01мкФ	1	
			C48	RD15NPO -50-0,047мкФ	1	
			C49	RD15NPO -50-0,01мкФ	1	
			C50	RD15NPO -50-1мкФ	1	
			C51	RD15NPO -50-220 пФ	1	
			C52	RD15NPO -50-0,047мкФ	1	
			C53…C56	RD15NPO -50-0,01мкФ	4	
			C57…C58	RD15NPO -50-0,047мкФ	2	
			C59	CD110-50-22 мкФ	1	
			C60	RD15NPO -50-0,1мкФ	1	
			C61…C62	RD15NPO -50-27 пФ	2	
			C63…C64	RD15NPO -50-0,01мкФ	2	
			C65	RD15NPO -50-27 пФ	1	
			C66	TZY2R200A001-5-20пФ	1	
			C67	RD15NPO -50-27 пФ	1	
			C68…C69	RD15NPO -50-0,047мкФ	2	
			C70	RD15NPO -50-1мкФ	1	
			C71…C73	RD15NPO -50-0,01мкФ	3	

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				Дісплей		
			H1	*MXK8002A*	*1*	
				Резистори		
			R1	*CRL 0603jw-0,125-470Ом*	*1*	
			R2	*CRL 0603jw-0,125-10кОм*	*1*	
			R3	*CRL 0603jw-0,125-100кОм*	*1*	
			R4	*CRL 0603jw-0,125-10кОм*	*1*	
			R5	*CRL 0603jw-0,125-47кОм*	*1*	
			R6	*CRL 0603jw-0,125-22кОм*	*1*	
			R7	*CRL 0603jw-0,125-47Ом*	*1*	
			R8	*CRL 0603jw-0,125-220 Ом*	*1*	
			R9	*CRL 0603jw-0,125-5,6кОм*	*1*	
			R10	*CRL 0603jw-0,125-10кОм*	*1*	
			R11	*CRL 0603jw-0,125-5,6кОм*	*1*	
			R12	*CRL 0603jw-0,125-10кОм*	*1*	
			R13…R14	*CRL 0603jw-0,125-680 Ом*	*2*	
			R15	*CRL 0603jw-0,125-100 Ом*	*1*	
			R16	*CRL 0603jw-0,125-56 Ом*	*1*	
			R17	*CRL 0603jw-0,125-510 Ом*	*1*	
			R18	*CRL 0603jw-0,125-470 Ом*	*1*	
			R19…R20	*CRL 0603jw-0,125-10кОм*	*2*	
			R21	*CRL 0603jw-0,125-100кОм*	*1*	
			R22	*CRL 0603jw-0,125-10кОм*	*1*	
			R23	*CRL 0603jw-0,125-22кОм*	*1*	
			R24…R25	*CRL 0603jw-0,125-1кОм*	*2*	
			R26	*CRL 0603jw-0,125-13кОм*	*1*	
			R27	*CRL 0603jw-0,125-43кОм*	*1*	
			R28	*CRL 0603jw-0,125-56кОм*	*1*	
			R29	*CRL 0603jw-0,125-5.6кОм*	*1*	
			R30	*CRL 0603jw-0,125-27кОм*	*1*	
			R31	*CRL 0603jw-0,125-7.5кОм*	*1*	
			R32	*CRL 0603jw-0,125-220кОм*	*1*	
			R33	*CRL 0603jw-0,125-1мОм*	*1*	
			R34…R37	*CRL 0603jw-0,125-10кОм*	*4*	
			R38	*CRL 0603jw-0,125-330 Ом*	*1*	

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
			R39…R41	CRL 0603jw-0,125-10кОм	3	
			R42	CRL 0603jw-0,125-330 Ом	1	
			R43	CRL 0603jw-0,125-10кОм	1	
			R44…R54	CRL 0603jw-0,125-510 Ом	11	
			R55…R59	CRL 0603jw-0,125-100 Ом	5	
			R60	CRL 0603jw-0,125-43кОм	1	
			R61	CRL 0603jw-0,125-47кОм	1	
			R62	CRL 0603jw-0,125-150кОм	1	
			R63	CRL 0603jw-0,125-47кОм	1	
			R64…R100	CRL 0603jw-0,125-100 Ом	37	
				Діоди		
			VD1…VD2	KV1410A	2	
			VD3…VD6	SVC253F	4	
			VD7	KV1410A	1	
			VD8	1N4148	1	
			VD9	502GD	1	
				Транзистори		
			VT1	MPF102	1	
			VT2	2N3569	1	
			VT3	MPF102	1	
				Кварцові резонатори		
			ZQ1	CFE1432MA 10,7 мГц	1	
			ZQ2	CFW202U 465 кГц	1	
			ZQ3…ZQ4	SMC49U-3мГц	2	

Ант

МА

Вхідні кола

PML002A

10,7 мГц

ПРЧ УКХ

ЗМ

ППЧ 10,7 мГц

ПРЧ СХ

ЗМ

ППЧ 465 кГц

465 кГц

EEPROM

BR9010FV

АЦП

PM4008A

ЦАП

PML004AF

ПНЧ

+Un

R1

C1

C2

Вх

DA TBA810AS

C3

C4

R2

R3

C5

C6

C7

C8

Дісплей

MXK8002

СЧ ГКН

C

C

C

ZQ

DD

MC145170

Вхід Fгкн

VCC

RF OUT

GROUND

GROUND

GROUND

GROUND

GROUND

GROUND

GROUND

V-TUNE

C

R

DD POS-100

PD5488A

Клавіатура

PD5471A

Блок запам'ятовуючих пристроїв

Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КПТР.2017002.01.02.Е3		
Розробив		Бабій О.М.			Пристрій приймання та оброблення сигналів з цифровою обробкою Схема електрична структурна	Літ.	Арк. / Аркушів
Перевірив		Бойко.Ю.М.					
Реценз.						ХНУ.ТР-17-1	
Н.Контр.							
Затвердж							

WA C1 C2 R1 L1 L2 C3 VD1 VD2 L3 C4 L4 C5 L5 R5 R6 VT1 R7 R8 C7 R2 C6 R3 R4 C8
C10 R18 C9 L8 L10 L11 VD4 VD5 L12 C11 L13 L9 VD3 R19 R20 C14 R21 R22
L6 R24 C12 C13 L7 VT2 C15 VT3 R23 C16 C17 C18 C19 C20
C21 L15 C22 R11 C26 C23 R13 C30 C24 R14 C31 C25 L16
C27 C28 L14 C29 R9 VD6 R10 VD7 R12
+Un C32 R15 C33 DA2 TBA810AS Bx C34 C35 R16 R17 BA1 C36 C37 C38 C39
DA1 PML002A
АЦП DD4 PM4008A ЦАП DD5 PML004AF
C40 C41 C42 C43 C44 R28 R29 C45 C46 C47 R30 ZQ2
C48 C49 R27 C50 C51 C52
ZQ1 C53 C54 R25 R26 C55 C56
DS1 BR9010FV
H1 MXK8002
R30 R31 R32 C57 R33 C58 R34 C59 R35 C60 Uк
L17 R36 VD8 R37 C61 ZQ3 C62 C63 C64 R38 DD3 PD5488A
DD1 MC145170 C66 C65 C67 ZQ4 data enbl sck Вхід Fгкн
DD2 POS-100 VCC RF OUT GROUND GROUND GROUND GROUND GROUND GROUND GROUND V-TUNE C68 R42 R39 R40 R41 C69 R43
R45 R46 R47 R48 R51 R52 R53 R44 R49 R50 R54 VD9 C70 S1 S2 S3 S4 S5 S6 S7 S8 S9 S10 S11 S12 S13 S14 S15 S16 S17 S18 S19 S20 R55 R56 R57 R58 R59
R60 R61 C71 R62 C72 R63 R64 R65 R66 R67 R68 R69 R70 R71 R72 R73 R74 R75
DD6 PD5471A
R76 R77 R78 R79 R80 R81 R82 R83 R84 R85 R86 R87 R88 R89 R90 R91 R92 R93 R94 R95 R96 R97 R98 R99 R100
DS2 PD8051A C73

					КПТР.2017002.01.02.Е3	
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
Розробив		Бабій О.М.			Пристрій приймання та оброблення сигналів з цифровою обробкою Схема електрична принципова	Літ. / Арк. / Аркушів
Перевірив		Бойко.Ю.М.				
Реценз.						ХНУ.ТР-17-1
Н.Контр.						
Затвердж.						

Відгук на кваліфікаційну роботу виконану за темою «Пристрій приймання та оброблення сигналів з мікроконтролерним керуванням» студента гр. ТР-17-1 Бабія О.М.

У кваліфікаційному проєкті студента Бабія О.М. розглядаються питання проєктування пристрою приймання та оброблення сигналів з мікроконтролерним керуванням. В ході виконання кваліфікаційного проєкту студент Бабій О.М. виконав наступне: провів аналіз запропонованої теми у відповідності до технічного завдання, розробив структурну схему приймача, здійснив обґрунтування вибору проміжної частоти, вибір структури перших каскадів преселектору, здійснив обґрунтування та вибір підсилювально-перетворювальних каскадів приймача, засобів контролю та регулювання.

Із врахування результатів ескізного проєктування приймального пристрою, у розрахунковому розділі, проведено розрахунок вхідних кіл приймального пристрою, вибір та проєктування схеми приймача на мікросхемах, розрахунок синтезатора сітки частот, низькочастотного тракту приймача. Окремим пунктом описано принципи керування приймачем та додатковими функціями. Для керування синтезатором частоти використано мікроконтролер PD5488A. Окремо проведений розрахунок цифрового фільтру.

В структурі приймального пристрою використано цифрову обробку сигналів. Особливість розробленого приймача, із врахуванням цифрової частини приймального тракту, полягає у підвищенні селективної здатності, демодуляції аналогових і дискретних повідомлень, а при прийомі дискретних повідомлень ще й тактової синхронізації, декодування і циклової синхронізації. Крім того, в цифровій частині приймального тракту здійснюється і низка інших операцій, таких як, оцінка параметрів сигналів, складання сигналів при рознесеному прийомі, подавлення і компенсація зосереджених по спектру і імпульсних завад.

В цілому під час роботи над кваліфікаційним проєктом студент Бабій О.М. проявив себе як грамотний спеціаліст в галузі телекомунікацій, показав вміння та навички і набуті компетентності в розрахунках, в складанні документації, використанні при проєктуванні приймального пристрою сучасної елементної бази, конструктивних та схемотехнічних рішень які підвищили ефективність приймання та оброблення сигналів.

Кваліфікаційний проєкт виконано на високому технічному рівні, він має безперечну актуальність в області сучасних телекомунікацій, а студент Бабій О.М. заслуговує оцінки «***відмінно***».

Професор кафедри телекомунікацій та радіотехніки **Бойко Ю.М.**

Рецензія
опонента на бакалаврську кваліфікаційну роботу виконану за темою «Пристрій приймання та оброблення сигналів з мікроконтролерним керуванням» студента гр. ТР-17-1 Бабія О.М.

В кваліфікаціному проєкті студента Бабія О.М. проведено проєктування Пристрою приймання та оброблення сигналів з мікроконтролерним керуванням. В результаті аналізу схемотехнічних рішень, згідно до умов технічного завдання на проєктування, була спроєктована структурна схема приймального пристрою. Проєктований приймальний пристрій забезпечує приймання сигналів та їх цифрову обробку і працюватиме у середньохвильовому (СХ) та ультрахвильовому (УКХ2) діапазонах. В якості базової схеми обрана схема супергетеродинного приймача з використання штиркової та магнітної антени. Крім того, проєктований приймач з мікроконтролерним керуванням містить і ряд допоміжних функцій та боків: блок керування на процесорі, цифровий синтезатор частот, блок регулювання посилення і чутливості, блок регулювання вибірковості, панель управління, блок інтерфейсів, блок оперативних і постійних запам'ятовуючих пристроїв, дисплей і багато інших пристроїв і блоків які вигідно відрізняють поданий до рецензування проєкт від типових рішень.

Можна виділити і конструктивні рішення які було втілено при проєктуванні приймального пристрою, а саме за допомогою сенсорного управління на передній панелі радіоприймача можна виставити необхідну частоту прийнятої інформації і діапазон, в якому цей сигнал приймається, за допомогою мікропроцесорного керування здійснюється перебудова синтезатора частоти для налаштування на потрібну станцію, відображення необхідних даних на дисплеї, плавна і дискретна настройки на джерело інформації, управління антеною в середньохвильовому діапазоні, керування живленням пристрою, відкладання в пам'ять заданих частот, зміна гучності.

Для керування синтезатором частоти використано мікроконтролер PD5488A, за допомогою якого відбувається реалізація *N* каналів на вході радіоприймального пристрою. Цей же мікроконтролер керує аналого-цифровим та цифро-аналоговим пристроями. Всі необхідні команди подаються з клавіатурної матриці, підключеної до мікроконтролера PD5471A. Блок запам’ятовуючих пристроїв підключено також до цього контролера. Візуально проконтролювати здійснення всіх операцій можна на дисплеї MXK802, яким керує мікроконтролер PD5471A.

В цілому проєкт «Пристрій приймання та оброблення сигналів з мікроконтролерним керуванням» виконано на високому технічному рівні, він має безперечну актуальність в області сучасних технологій телекомунікацій, а студентка Бабій О.М. заслуговує оцінки «***відмінно***».

Опонент: к.т.н., доцент
кафедри фізики та електротехніки **О.І. Єрьоменко**

Завідувачу кафедри телекомунікацій
та радіотехніки
д.т.н., професору Бойку Ю.М.
здобувача вищої освіти
Бабія О.М.
ФПКТС, гр. ТР-17-1

ЗАЯВА

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

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

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

20 травня 2021 р.
дата

підпис

РІШЕННЯ **КАФЕДРИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ ТА РАДІОТЕХНІКИ**

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: *Проєктування пристрою приймання та оброблення сигналів з мікроконтролерним керуванням*

Автор: *Бабій Олег Миколайович*

Спеціальність: *172 Телекомунікації та радіотехніка*

Науковий керівник: *д.т.н., професор Бойко Юлій Миколайович*

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту.	-
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи	відповідає
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	-
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	-
5	Інше:	-

Підтвердження: Виявленні запозичення не є плагіатом так як розміщенні в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження (є власні терміни, визначення тощо), складають 16% та мають посилання на приведений список літературних джерел.

«06» червня 2021 р.

Науковий керівник _____ Бойко Ю.М.

Завідувач кафедрою ТР _____ Бойко Ю.М.

UNICHECK

Ім'я користувача:
Kafedra telekom_radiotechniki

ID перевірки:
1008195022

Дата перевірки:
06.06.2021 12:18:38 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet

Дата звіту:
06.06.2021 12:19:59 EEST

ID користувача:
100005656

Назва документа: БАБІЙ О.М. ТР-17-1

Кількість сторінок: 202 Кількість слів: 16795 Кількість символів: 91417 Розмір файлу: 4.82 MB ID файлу: 1008271452

16%
Схожість

Найбільша схожість: 4.25% з Інтернет-джерелом (https://pure.uva.nl/ws/files/16171369/Thesis.pdf)

16% Джерела з Інтернету | 1000 ..... Сторінка 204

Пошук збігів з Бібліотекою не проводився

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0%
Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

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

Замінені символи | 177