

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій

Кафедра телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ

Бакалавр

Освітній рівень

Радіоприймальний пристрій з цифровою фільтрацією

Назва теми

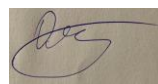
Галузь знань 17 Електроніка та телекомунікації

Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка

Освітня програма «Телекомунікації та радіотехніка»

КПТР.2018001.01.03.ПЗ

Виконав: студент 4 курсу, група ТР-18-1



підпис

О.О. Гур'єв

Ініціали, прізвище

Керівник: д-р техн. наук, проф.



підпис

Ю.М. Бойко

Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:



підпис

Зав. кафедри: д-р техн. наук, доц.

С.К. Підченко

Ініціали, прізвище

__06__ __06__ 2022 р.

Хмельницький, 2022

Хмельницький національний університет

Факультет інформаційних технологій

Кафедра телекомунікації, медійних та інтелектуальних технологій

Освітній рівень перший (бакалаврський)

Галузь знань 17 – Електроніка та телекомунікації

Спеціальність 172 – Телекомунікації та радіотехніка

Освітня-професійна програма Телекомунікації та радіотехніка



ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою ТМІТ

« 01 » 03 2022р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ

Гур'єву Олегу Олександровичу

1 Тема проєкту: Радіоприймальний пристрій з цифровою фільтрацією
керівник проєкту Бойко Юлій Миколайович, д.т.н, професор.

Затверджено наказом ректора по університету від «01» 03. 2022р. № 18.

2 Строк подання студентом проєкту на кафедру: 20.05.2022р.

3 Вихідні дані до проєкту:

- діапазон частот ДХ (довгі хвилі) – 150-405кГц; СХ (середні хвилі) – 525-1605кГц; Ультра короткі хвилі 65-108МГц;
- чутливість: 40 (3) мкВ;
- коефіцієнт модуляції – 0,6;
- передбачити мікропроцесор для керування приймачем, цифрової фільтрації, керуванням додатковими функціями;

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

- 1) Аналітичний огляд літературних джерел та матеріалів по темі роботи.
- 2) Ескізний розрахунок структурної схеми приймального пристрою.
- 3) Розрахунок схеми електричної-принципової приймача.

5 Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень): 1) Схема-електрична структурна (Е1); 2) Схема електрична-принципова (Е3); 2) Креслення плати радіоприймального пристрою з цифровою фільтрацією; 3) Складальне креслення (СК).

6 Консультанти розділів кваліфікаційного проєкту

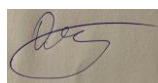
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7 Дата видачі завдання 01.03.2022

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів (розділів) кваліфікаційного проєкту	Термін виконання етапів кваліфікаційного проєкту	Примітка
1	Вступ. Аналітичний огляд літературних джерел та матеріалів по темі роботи	01.03.2022	Вик.
2	Ескізний розрахунок структурної схеми приймального пристрою	01.04.2022	Вик.
3	Розрахунок схеми електричної-принципової приймача	01.05.2022	Вик.
4	Висновки. Презентаційні матеріали за результатами виконання кваліфікаційного проєкту.	20.05.2022	Вик.

Здобувач

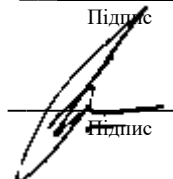


Підпис

О.О. Гур'єв

Ініціали, прізвище

Керівник проєкту



Підпис

Ю.М. Бойко

Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційного проєкту: Радіоприймальний пристрій з цифровою фільтрацією.

Автор роботи: Гур'єв Олег Олександрович

Керівник роботи: д.т.н, проф., Бойко Юлій Миколайович

Пояснювальна записка : 90 сторінок, 15 рисунків, 25 джерел, 3 додатка.

Графічна частина : 4 креслення, 6 презентаційних слайдів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: РАДІОПРИЙМАЧ, МІКРОПРОЦЕСОР, ЦИФРОВА ФІЛЬТРАЦІЯ, СЕЛЕКТИВНІСТЬ

Метою кваліфікаційного проєкту є проектування багатодіапазонного приймача із цифровою фільтрацією та додатковими функціями.

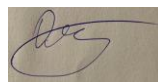
В аналітичному огляді літературних джерел та матеріалів по темі роботи були розглянуті базові рішення по цифровій обробці, проведено огляд схемотехнічних рішень за тематикою кваліфікаційного проєкту.

В другому розділі кваліфікаційного проєкту виконано ескізний розрахунок структурної схеми пристрою. Здійснено вибір прототипу та опис структурної схеми, визначено параметри радіочастотного тракту, наведено обґрунтування вибору блоку цифрової обробки, описано принципи проведення цифрової фільтрації.

У третьому – розрахунковому розділі, виконано розрахунок складових схеми пристрою приймання та оброблення сигналів для сигналів з частотною модуляцією, амплітудною модуляцією, наведено розрахунок складових схеми пристрою приймання та оброблення сигналів для тракту основної вибірності і формування опорних сигналів, описано блок цифрової обробки.

О. О. Гур'єв

(Ініціали, прізвище здобувача)



26.05.2022

(Підпис, дата)

ЗМІСТ

Вступ	6
1 Аналітичний огляд літературних джерел та матеріалів по темі роботи.....	9
1.1 Огляд базових рішень по цифровій обробці сигналів.....	9
1.2 Огляд схемотехнічних рішень за тематикою проекту.....	14
Висновки до 1-го розділу.....	19
2 Ескізний розрахунок структурної схеми приймального пристрою.....	20
2.1 Вибір прототипу та опис структурної схеми.....	20
2.2 Визначення параметрів тракту радіочастоти.....	34
2.3 Обґрунтування блоку для здійснення цифрової фільтрації.....	39
2.4 Вибір елементної бази для блоку цифрової фільтрації.....	41
2.5 Розробка та обґрунтування процедури цифрової фільтрації.....	43
Висновки до 2-го розділу.....	50
3 Розрахунок схеми електричної-принципової приймача	51
3.1 Опис блоку пристрою приймання та оброблення сигналів з частотною модуляцією.....	51
3.2 Розрахунок складових схеми пристрою приймання та оброблення сигналів для сигналів з частотною модуляцією.....	55
3.3 Розрахунок складових схеми пристрою приймання та оброблення сигналів для сигналів з амплітудною модуляцією	59
3.4 Розрахунок складових схеми пристрою приймання та оброблення сигналів для тракту основної вибірності і формування опорних сигналів.....	64
3.5 Опис блоку цифрового оброблення.....	70
Висновок по 3-тньому розділу.....	73
Висновки.....	74

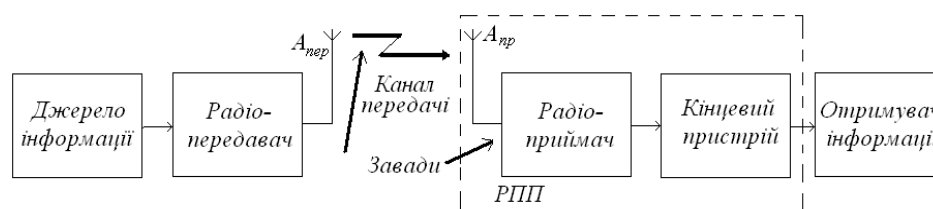
					КПТР.2018001.01.03.ПЗ			
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата	Радіоприймальний пристрій з цифровою фільтрацією Пояснювальна записка	Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив	Гур'єв О.О.						4	
Перевірив	Бойко Ю.М.							
Н. контр.	Бойко Ю.М.					ХНУ, гр. ТР-18-1		
Затв.	Підченко С.К.							

Перелік джерел посилання.....	75
Додаток А. Програма проведення фільтрації (асемблер).....	78
Додаток Б. Програма проведення фільтрації (C++).....	83
Додаток В. Презентаційні матеріали.....	84

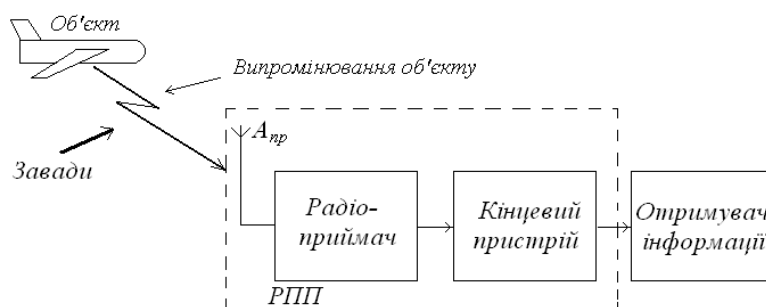
					КПТР.2018001.01.03.ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		5

ВСТУП

Одним з найбільш розповсюджених способів інформаційного обміну є радіозв'язок і радіомовлення, в яких носієм інформації виступають електромагнітні хвилі. Крім того, електромагнітне випромінювання є незмінним супутником будь-якого матеріального об'єкта, температура якого перевищує нульове значення абсолютної шкали температур. Таким чином, у будь-якій системі, призначеної для інформаційного обміну або визначення характеристик фізичних об'єктів за їхнім електромагнітним випромінюванням, є приймання та оброблення сигналів (ПОС), у якій здійснюється відтворення переданого повідомлення або визначення характеристики досліджуваного об'єкта на основі інформації, що міститься в прийнятому електромагнітному коливанні (рис. 1) [1-6]. До складу підсистеми ПОС обов'язково входять такі пристрої, як антена, радіоприймач та кінцевий пристрій [3].



а)



б)

Рисунок 1 – Структура радіоелектронної системи передачі інформації (а) і системи визначення характеристик об'єкта за його електромагнітним випромінюванням (б)

В радіопередавальному пристрої повідомлення (інформація) перетворюється у відповідний йому модулюючий сигнал. Сигнал модулює високочастотне коливання, та з допомогою передавальної антени відбувається перетворення енергії радіосигналу, тобто модульованого високочастотного коливання, в енергію електромагнітного поля. Це поле поширюється в просторі який оточує антену, причому, радіохвиля може розсіюватись, заломлюватись, поглинатись тощо. Частото, радіоприймач (радіолокаційні приймачі) по відбитому від об'єкт спостереження сигналу здійснює визначення характеристик об'єкта за його електромагнітним випромінюванням (системи стеження за часовим положенням імпульсного сигналу, кутомірні системи стеження тощо рис.1 б). Приймальна антена здійснює зворотне перетворення енергії електромагнітного поля високої частоти в енергію електричного коливання. В колі антени утворюється ЕРС радіосигналу, яка буде джерелом вхідного впливу для радіоприймача.

Тепер можна дати таке визначення: пристроєм приймання та оброблення сигналів (радіоприймачем) називається підсистема радіотехнічної системи (РТС), яка забезпечує приймання слабких сигналів в умовах дії завад, перетворення їх в електричні сигнали необхідного рівня і виділення інформації з заданим рівнем ймовірності [7].

В ході виконання кваліфікаційного проекту потрібно здійснити сукупність заходів з метою проектування пристрою приймання та оброблення сигналів із врахуванням зазначених у технічному завдання вимог.

Для розв'язання зазначених заходів потрібно виділити основні етапи проектування:

- потрібно провести формування структурної схеми пристрою та визначити специфіку взаємодії головних її складових у загальній схемі;
- потрібно здійснити заходи щодо розробки схеми електричної-принципової пристрою приймання та оброблення сигналів роблячи акцент на доступну і сучасну елементну базу, врахувати вимоги мінімізації масо-габаритних показників, вимоги ергономічності в експлуатації;

- провести електричні розрахунки погоджених з керівником кваліфікаційного проекту окремих каскадів та елементів схеми, провести опис та вказати на особливості технологічної реалізації окремих блоків підсистем приймача.

- здійснити проектування ПОС з врахуванням стандартів і техніко-економічних вимог.

Висока технологічність пристрою, простота конструкції, дешевина використовуваних матеріалів і елементної бази дозволить випустити конкурентний виріб.

Метою кваліфікаційного проекту є проектування багатодіапазонного приймача із цифровою фільтрацією та додатковими функціями.

					КПТР.2018001.01.03.ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ТА МАТЕРІАЛІВ ПО ТЕМІ РОБОТИ

1.1 Огляд базових рішень по цифровій обробці сигналів

Як зазначено у вступі до кваліфікаційного проекту, головними складовими пристрою приймання та оброблення сигналів [3, 8-10] є антенний пристрій, власне радіоприймач та кінцевий пристрій який здійснює відтворення сигналів.

На поточний момент часу можна констатувати факт досить стрімкого розвитку систем приймання та оброблення сигналів з моменту винайдення (1895 р.) до сучасних реалій. Історія застосування техніки приймання охоплювала періоди активного застосування приймачів детекторного типу які не мали необхідних підсилювально-перетворювальних каскадів. В таких умовах прийнятий високочастотний сигнал шляхом певних перетворень надходив з метою задіяння в роботу телефонів [3]. Особливість таких ПОС полягала у необхідності забезпечення показників чутливості шляхом фіксації рівнів потужності для задовільної роботи телефонів. Безперечний прорив в забезпеченні необхідних показників потужності і чутливості ПОС був пов'язаний із винайденням та широким застосуванням електронної техніки (лампових підсилювачів) які почали виконувати роль потужних підсилювальних каскадів для сигналів які надходили з антенно-фідерного тракту.

По суті детекторний приймач перетворився у ПОС із прямим перетворенням. Важливим етапом розвитку техніки приймання є етап розробки і впровадження радіоприймачів супергетеродинного типу у 1918р.

					КПТР.2018001.01.03.ПЗ			
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Гур'єв О.				Радіоприймальний пристрій з цифровою фільтрацією Аналітичний огляд літературних джерел та матеріалів по темі роботи Пояснювальна записка	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірів	Бойко Ю.М.						9	
Н. контр.	Бойко Ю.М.				ХНУ, гр. ТР-18-1			
Затв.	Підченко С.К.							

Особливість запропонованого у Сполучених Штатах Америки і Франції ПОС супергетеродинного типу, полягала у формування підсилювально-перетворювальних каскадів до блоку оброблення сигналів (детектора). В процесі перетворень над сигналом в такті такого приймача відбувався процес перенесення прийнятого модульованого високочастотного коливання на так звану проміжну частоту таким чином, що форма закону модуляції зберігалась. Тоді слідуючий за трактом перетворення підсилювальний каскад реалізовувався на фіксованій настройці, з фіксованою амплітудно-частотною характеристикою (АЧХ). Таке рішення дозволило підвищити селективність і підсилювальну здатність ПОС на які загалом вже мало впливав рівень сигналу у вхідному пристрої. Підвищення вимог до підсилювально-перетворювальних пристроїв супергетеродину окреслило нові актуальні на той час задачі пов'язані з забезпеченням високих вимог щодо завадостійкості приймачів в умовах різноманітних завад та шумів [11-16].

Розроблена теорія оптимального приймання сигналів дозволила описати концептуальні зміни як каскадів ПОС так і окремих конструкцій підсистем які трансформувались в напрямку підвищення основних показників приймачів при розробці метод оптимального приймання в складних заводських умовах. Такий процес привів до стану, коли обмеження на статистичні показники елементів підсистем приймачів, збільшення кількості таких елементів призводило до неможливості розробки пристроїв із задовільним часом безвідмовної роботи [17-20].

Подальший розвиток техніки приймання пов'язаний із переведенням базових конструкцій які конструювались методом навісного монтажу на конструкції блоків які реалізовувались з використанням інтегральної техніки. Інтегральні та гібридні мікросхеми характеризувались високою надійністю та універсальністю, задовольняли ключові вимоги щодо чутливості і якості оброблення сигналів.

					КПТР.2018001.01.03.ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		10

Досить перспективним напрямком який почав втілюватись у структурі ПОС є напрямок пов'язаний із інтеграцію до складу ПОС блоків цифрового оброблення сигналів.

Використання засобів математичного моделювання дозволяє оптимізувати процес реалізації необхідних алгоритмічних засобів в структурі ПОС. Утворення налагоджувального блока шляхом з'єднання комп'ютера з виходом блоку приймання та оброблення сигналів, дозволяє вибором необхідного алгоритму цифрового оброблення підвищити якість процесу обробки сигналів, здійснити необхідне придушення задових впливів та шумів на корисний інформаційний сигнал та передати споживачу [20].

Враховуючи описану вище концепцію склад блок-схеми які містить блоки для здійснення цифрового оброблення групового сигналу із звадою можна представити рисунком 1.1.



Рисунок 1.1 – Блок-схема здійснення цифрових перетворень аналогового прийнятого сигналу: АЦП – аналогово-цифровий перетворювач; ЦОП – цифровий обчислювальний пристрій; ЦАП – цифрово-аналоговий перетворювач

На вхід схеми на рис. 1 надходить високочастотний сигнал з лінійного тракту приймача який перетворюється у АЦП. У АЦП такий сигнал дискретизується за часом у відповідності до умови $T \ll 1/f_0$ і вимог до точності оброблення сигналів. Час дискретизації T визначається вимогами теореми Шеннона та критерієм Найквісту у відповідності до умови мінімального кроку дискретизації $T \ll 1/2f_0$ [3]. В розрізі завдання на кваліфікаційний проект, важливо зазначити, що післядетекторна обробка визначається кроком який встановлюється на основі максимального значення модулюючої частоти інформаційного сигналу.

Наступний крок по схемі рис. 1 це квантування за рівнем. Утворюється решітчаста функція яка має координати обумовлені миттєвим значенням доданків значень вхідних сигналів і завад прийманню. Далі здійснюється перетворення решітчастих функцій у цифрові двійкові послідовності. Тоді у ЦОП шляхом застосування визначених алгоритмів відбуваються перетворення над двійковими послідовностями. Декодування двійкових послідовностей у ЦАП призначене для отримання оптимізованого обробленого сигналу та представлення його в аналоговій формі.

Проведений огляд літературних джерел дозволяє стверджувати що основні напрямки цифрового оброблення сигналів пов'язані із реалізацією у приймальних пристроях алгоритмів квазіоптимальної і оптимальної фільтрацій, адаптивної селекції сигналів на фоні завад [9, 10].

Аналіз літературних джерел дозволяє провести систематизацію методів цифрової фільтрації за чотирма ознаками: фільтри які здійснюють частотну вибірність; оптимально-квазіоптимальні фільтри; адаптивні фільтри та фільтри які реалізовані на евристичних алгоритмах, рисунок 1.2.

З точки зору розвитку теоретичної бази найбільше впровадження мають фільтри які використовують підходи частотної вибірності. Реалізація таких фільтрів здійснюється на основі ланки елементів фільтрів частотної вибірності.

Впровадження в техніку ПОС цифрових засобів частотної вибірності ґрунтується на наступних засадах:

- розробка прикладного програмного забезпечення з метою визначення як показників якості фільтрів так і їх схемотехнічної реалізації, структурного синтезу та тестування;
- подальше вдосконалення методик проектування фільтрів на основі багат шарових концепцій з реалізацією на погромному рівні;

- пошук нових сучасних концепцій щодо синтезу цифрових фільтрів із частотою вибірністю з покращеними характеристиками;

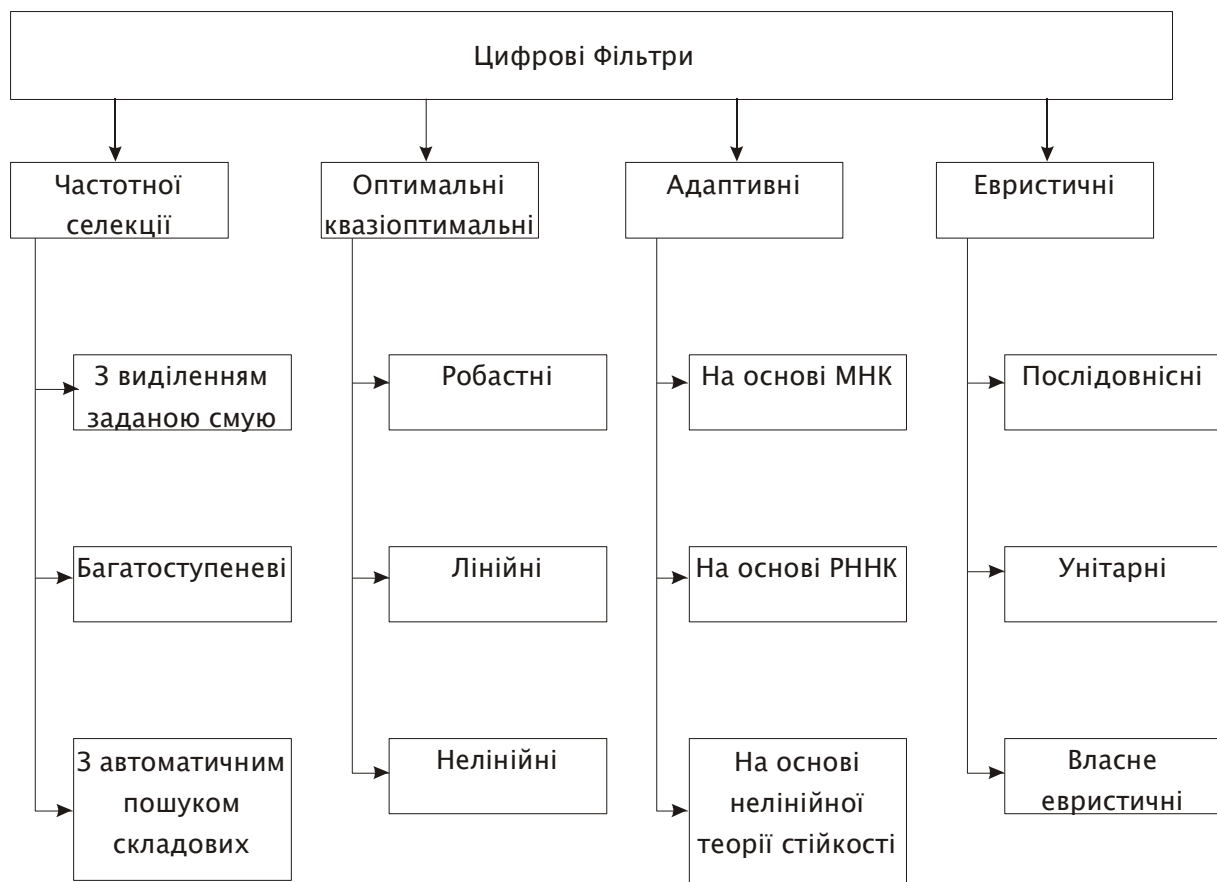


Рисунок 1.2 – Блок-схема концептуальної класифікації методів цифрової фільтрації

Аналіз перспективних напрямків провадження засобів цифрового оброблення сигналів дозволяє встановити, що вирішення низки стандартних та нестандартних задач пов'язаний із пошуком оптимальних схемотехнічних рішень, зокрема на основі швидкісних алгоритмів обробки сигналів за умов наявності завад. В цьому випадку процесу обробки передуює первинне відокремлення швидкісних та сповільнених складових з подальшою їх цифровою обробкою [21]. Сучасні тренди охоплюють напрямки цифрової обробки за реальних часових умов під час багатомірної обробки, фільтрації на основі цифрової сигнальних процесорів (ЦСП) та програмованих логічних інтегральних схем та матриць (ПЛІС-FPGA) [9, 20].

1.2 Огляд схемотехнічних рішень за тематикою проекту

В наш час важко уявити своє життя без звуків. Сидячи за комп'ютером користувач майже завжди сприймає звукове відтворення. Чи то гра, чи музичний супровід хочеться, не заважаючи іншим, з максимальним комфортом насолоджуватись стереофонічним звучанням. В пригоді цьому стануть стерео навушники. Ще більшого комфорту для користувача надає система дистанційної передачі звуку, де відбувається без провідне прослуховування звукового супроводу. Передача може відбуватися при допомозі радіозв'язку [1].

Структурна схема системи радіозв'язку зображена на рисунку 1.3

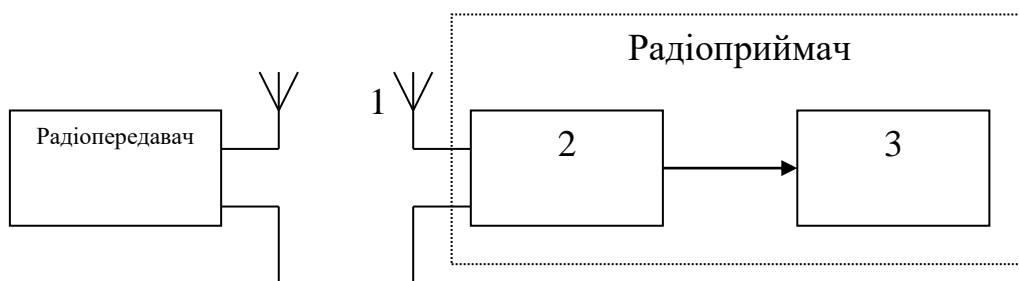


Рисунок 1.3 - Структурна схема системи радіозв'язку.

Радіопередавач [22] випромінює електромагнітні коливання, які вловлюються приймальною антеною 1 радіоприймача. Антена радіоприймача перетворює ці коливання в електричний сигнал. Схема радіоприймача 2 здійснює основну функцію – перетворює електричний сигнал, одержаний від антени, і підсилює його. Це перетворення здійснюється так, щоб забезпечити нормальну роботу кінцевого пристрою 3, який, виконуючи третю основну функцію радіоприймального пристрою, дозволяє виділити з прийнятого сигналу корисну інформацію [3, 19].

Є декілька видів структурних схем радіоприймачів.

Структурна схема радіоприймача прямого підсилення (рисунок 1.4) [3].

Радіомовні приймачі прямого підсилення використовуються для приймання місцевих радіостанцій з амплітудною модуляцією. Такий радіоприймач містить: вхідне коло, підсилювач радіочастоти, детектор, підсилювач звукової частоти і відтворювальний пристрій (динамічну головку гучномовця) [17].

Вхідне коло призначене для виділення корисного сигналу і попереднього послаблення сигналів других радіостанцій. Крім того, вхідне коло здійснює узгодження з ціллю передачі максимальної потужності сигналу з антени на вхід підсилювача радіочастоти. Вхідне коло зазвичай включає в себе коливальний контур, що перестроюється в межах заданого діапазону частот. Після вхідного кола прийнятий сигнал ще слабкий і його потужність не достатня для забезпечення нормальної роботи детектора. Тому його потрібно підсилити. Спочатку підсилення проводиться на радіочастоті.

Підсилювач радіочастоти (ПРЧ) забезпечує підсилення прийнятого сигналу і кінцеву частотну вибірність. Він представляє собою підсилювальний каскад, в вихідному колі якого в якості навантаження ввімкнений коливальний контур, що володіє вибірними властивостями. Вхідний сигнал складає одиниці мікровольт, а для нормальної роботи детектора потрібні одиниці вольт. Звідси слідує, що ПРЧ повинен забезпечувати велике підсилення.

Детектор служить для перетворення модульованих коливань радіочастоти в коливання звукової частоти. В якості детектора частіше всього використовуються напівпровідникові діоди [18].

Підсилювач сигналів звукової частоти (ПЗЧ) підсилює вихідну напругу детектора до рівня, необхідного для нормальної роботи відтворювального пристрою.

Перевагою приймача прямого підсилення являється простота його виготовлення і налагоджування, недоліками – низька чутливість, вибірність

					КПТР.2018001.01.03.ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		15

і погана форма резонансної характеристики. Покращення цих параметрів шляхом збільшення числа підсилювальних каскадів радіочастоти значно

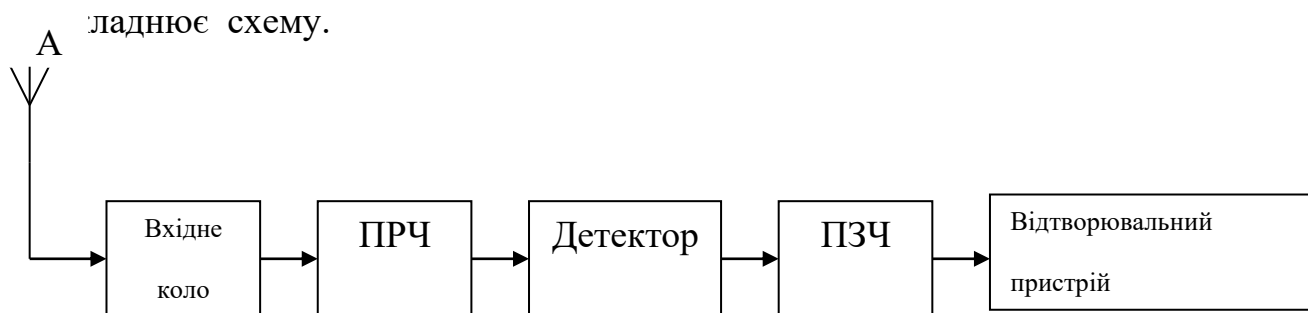


Рисунок 1.4 - Структурна схема радіоприймача прямого підсилення

Особливо низька вибірність радіоприймача на КХ і УКХ діапазонах внаслідок важкості отримання контурів з високою добротністю [3]. Для збільшення чутливості і вибірності в детекторних каскадах використовують позитивний зворотній зв'язок. Такі радіоприймачі називають регенеративними.

Структурна схема супергетеродинного радіоприймача (рисунок 1.5).

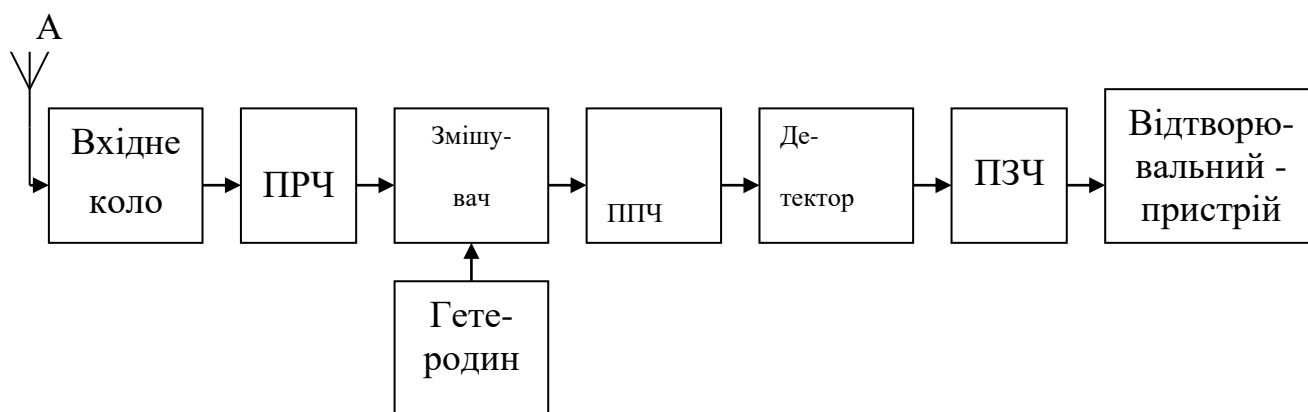


Рисунок 1.5 - Структура супергетеродинного радіоприймача

Принцип супергетеродинного приймання заключається в тому, що прийнятий радіочастотний модульований сигнал перетворюється в модульовані коливання проміжної частоти, зберігаючи при цьому форму і частоту огинаючої модульованого коливання.

Дана структурна схема відрізняється від структурної схеми радіоприймача прямого підсилення наявністю нових каскадів – перетворювача частоти і підсилювача проміжної частоти (ППЧ). Вхідне коло, ПРЧ, детектор і ПЗЧ аналогічні таким же каскадам в схемі радіоприймача прямого підсилення [13-15]. Слід, однак, відмітити, що ПРЧ в супергетеродинних радіоприймачах вводиться, як правило, тільки в радіоприймачах першої і нульової груп складності, як виключення може зустрічатись в радіоприймачах другої групи складності.

Від підсилювача радіочастоти, а якщо він відсутній, то від вхідного кола, сигнал підводиться до перетворювача частоти. Перетворювач частоти складається з змішувача і гетеродина. Процес перетворення проходить в змішувачі [3].

На змішувач одночасно діють два радіочастотних коливання: f_c , що поступає з антени, і f_2 , що поступає від гетеродина. Виникає явище биття, що заключається в тому, що при складанні двох коливань, що небагато відрізняється по частоті, амплітуда результуючого коливання періодично змінюється. Подальше підсилення сигналу проходить в ППЧ, який має фіксовану настройку. Це дозволяє збільшити чутливість і вибірність радіоприймача [11].

Супергетеродинні приймачі володіють високою чутливістю, вибірністю, мають хорошу форму резонансної кривої, дозволяють виконати автоматичне регулювання підсиленням (АРП) і автоматичну підстройку частоти гетеродина. Недоліками цих приймачів являється наявність дзеркальних завад, свисту і завад від радіостанцій, що працюють на частоті, близькій до проміжної. Ремонт і налагоджування супергетеродинних радіоприймачів значно складніше, ніж радіоприймачів прямого підсилення.

Структурна схема супергетеродинного радіоприймача з УКХ ЧМ - мовленням (рисунок 1.6).

					КПТР.2018001.01.03.ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		17

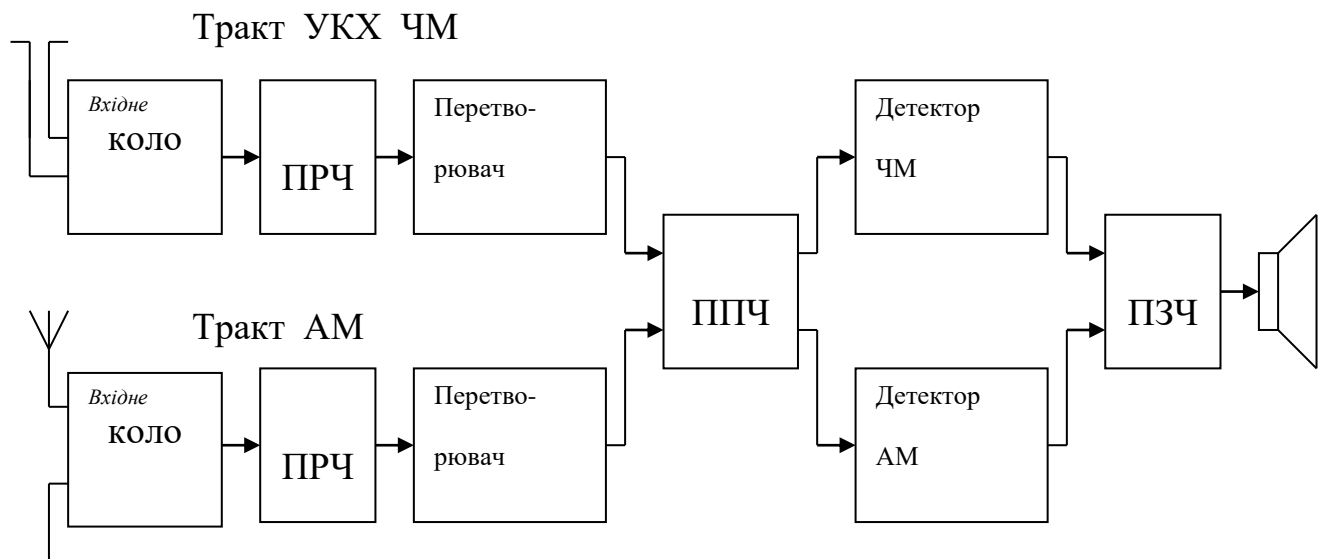


Рисунок 1.6 - Структурна схема супергетеродинного радіоприймача з УКХ ЧМ-мовленням

Радіоприймачі нульової, першої і другої груп складності в обов'язковому порядку повинні забезпечувати прийом мовних УКХ-станцій з частотною модуляцією [10]. Такі радіоприймачі мають два входу і два окремих перетворювача частоти для АМ і ЧМ. Вхідне коло, ПРЧ і перетворювач частоти УКХ діапазону конструктивно виконуються в вигляді окремого уніфікованого блока. Каскади ППЧ і ПЗЧ загальні для АМ і ЧМ-трактів. Слід замітити, що перетворювач частоти АМ-тракту при прийманні радіостанцій УКХ діапазону використовується часто в ролі додаткового каскаду підсилення проміжної частоти. Для детектування ЧМ-сигналів застосовують схеми частотного дискримінатора чи дробового детектора.

Сучасні мікросхеми дозволяють побудувати досить простий радіоприймач. Наприклад мікросхеми КХА058 і К174ХА34 дозволяють побудувати простий УКХ приймач з досить високими технічними характеристиками. Дані мікросхеми містять змішувач, гетеродин, підсилювач проміжної частоти і частотний детектор. Також ці мікросхеми дозволять значно зменшити габарити радіоприймача. Тому їх доцільно використовувати при розробці УКХ приймача [18, 19].

Висновки до 1-го розділу

В першому розділі кваліфікаційного проекту здійснено огляд базових рішень по цифровій обробці сигналів, проведено огляд схемотехнічних рішень за тематикою проекту, розглянуто типові схемотехнічні рішення що проектування тракту діапазонного радіоприймального пристрою. Описані основні схемотехнічні рішення при реалізації приймальних пристроїв за схемою прямого підсилення, супергетеродинного типу, супергетеродинного типу з подвійним перетворенням частоти.

					КПТР.2018001.01.03.ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		19

2 ЕСКІЗНИЙ РОЗРАХУНОК СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ПРИЙМАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ

2.1 Вибір прототипу та опис структурної схеми

На поточний момент часу основною для проектування приймальних пристроїв залишається схема супергетеродинного приймача [3]. Приймачі побудовані за такою схемою відрізняються високою чутливістю і хорошою частотною вибірністю за сусіднім каналом [17]. В свою чергу, приймачі складенні за схемою прямого підсилення для проектування радіоприймальних пристроїв обмежені у практичному застосуванні. Це обумовлено низкою серйозних вад для схем такого типу і зокрема пов'язаних як з низькою вибірністю таких схем так і проблемами які обумовлені здатністю таких схем щодо приймання ослаблених сигналів з радіоканалу. Такі проблеми виникають у випадку переходу на надвисокі частоти, коли різко зменшується як підсилювальна здатність таких схем так і, відповідно, такий параметр як чутливість. Стосовно схеми супергетеродинного типу приймача, потрібно наголосити, що організація приймача за такою конструкцією дозволяє забезпечити як задані показники чутливості - шляхом використання тракту проміжної частоти, а саме n -каскадів підсилювачів проміжної частоти яка фіксується на певному значенні та для різних класів випромінювань і в межах певного класу випромінювання є сталою при перестроюванні, так і необхідних показників вірності відтворення повідомлення.

Як зазначено у [1] вибір структурної схеми приймача доцільно починати з пошуку прототипу серед приймачів, описаних в технічній літературі. Очевидно, що основні вузли прототипу збержуться і в проектованому приймачі. Більшість характеристик приймача визначаються його лінійним

					КПТР.2018001.01.03.ПЗ			
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Гур'єв О.				Радіоприймальний пристрій з цифровою фільтрацією	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Бойко Ю.М.						20	
Н. контр.	Бойко Ю.М.				Ескізний розрахунок структурної схеми приймального пристрою Пояснювальна записка	ХНУ, гр. ТР-18-1		
Затв.								

трактом, під яким розуміють сукупність каскадів, включених послідовно між антенно-фідерним трактом і детектором. У приймачах сигналів з кутовою (частотною або фазовою) модуляцією, що містять обмежувач амплітуди, лінійний тракт закінчується на вході обмежувача. Тому проектування приймача звичайно починають з вибору і обґрунтування структурної схеми лінійного тракту [1].

Слід мати на увазі, що в схемах приймачів широкого застосування знаходять аналогові помножувачі сигналів, з допомогою яких можуть бути реалізовані наступні операції: перетворення частоти, частотне і фазове детектування, синхронне амплітудне детектування, регулювання підсилення тощо. Промисловість випускає аналогові по-множувачі сигналів як у вигляді окремих інтегральних схем (мікросхем), так і в складі спеціалізованих мікросхем (фірми Analog Devices, Burr Braun, Motorola, Philips).

На рис. 2.1 представлено узагальнену обрану схему радіоприймального пристрою з метою проектування [1].

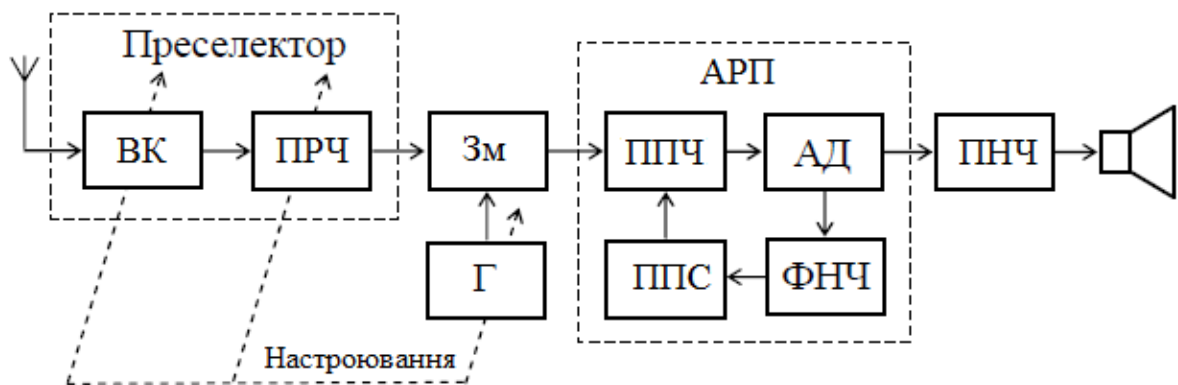


Рисунок 2.1 – Узагальнена структурна схема приймального пристрою (вид випромінювання АЗЕ): ВК – вхідне коло; ПРЧ – підсилювач радіочастоти; Зм – змішувач; Г – гетеродин; ППЧ – підсилювач проміжної частоти; АД – амплітудний детектор; ППС – підсилювач постійного струму; ФНЧ – фільтр низьких частот; ПНЧ – підсилювач низьких частот; АРП – коло автоматичного регулювання підсилення

Загальна схема приймача для приймання сигналів виду F3E подана на рис. 2.2.

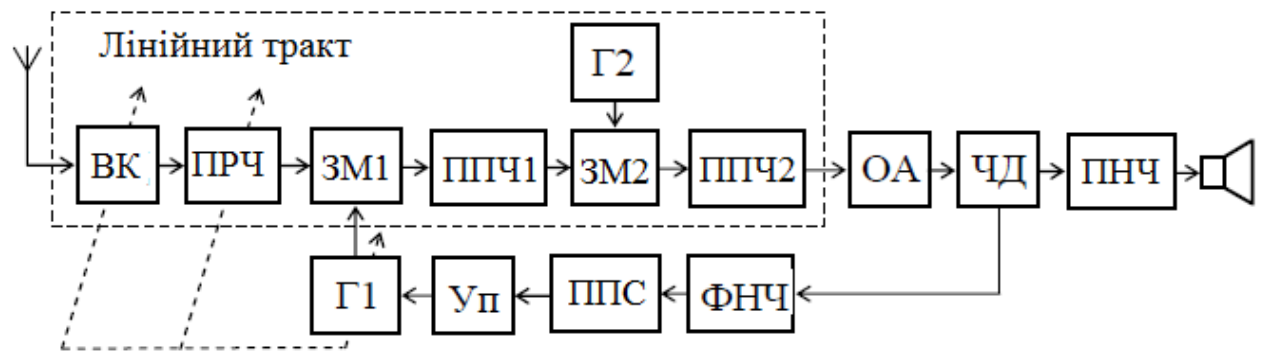


Рисунок 2.2 – Узагальнена структурна схема приймача з частотною модуляцією і подвійним перетворенням за частотою: ОА – обмежувач амплітуди; ЧД – частотний детектор;

Кр – керувальний пристрій; ППС – підсилювач постійного струму; Уп – управник

У схемі приймача прямого підсилення маємо таку картину при збільшенні несучої – розширюється смуга пропускання, падає підсилювальна здатність, ускладнюється селективність. Представлені вище схеми супергетеродинів на відміну від схеми прямого підсилення забезпечують високу селективність по побічним каналам, зокрема сусідньому каналу. В цьому випадку актуальна концепція подвійного перетворення частоти, формування вузької смуги пропускання і резонансної характеристики яка має високе значення коефіцієнту прямокутності.

Потрібно наголосити, що представлені на рис 2.1 та 2.2 схеми характеризуються і значною завадостійкістю. Отже якість відтворення повідомлення значно переважає базовий варіант – схему прямого підсилення.

При проектуванні схеми радіоприймача за схемою супергетеродину неодмінно потрібно і акцентувати увагу на досить істотних недоліках такої конструкції. Основні недоліки обумовлені виникненням в процесі приймання низки побічних каналів які утворюються як продукти нелінійного перетворення сигналів у перетворювачі частоти. Загалом опис таких каналів приймання у відповідності до [3] можна провести так:

Виникнення побічних каналів приймання є наслідком нелінійності процесу перетворювання частоти. В основі перетворювання лежить перемножування сигналу і гетеродину в змішувачі. Як буде показано, в результаті виникають комбінаційні частоти виду:

$$f_{\text{пч}} = |mf_c \pm nf_c|, \quad (2.1)$$

$$f_{\text{пч}} = |nf_c \pm mf_c|, \quad (2.2)$$

де m та n – цілі натуральні числа (номери гармонік, продуктів нелінійного перетворення у змішувачі ПЧ).

Для корисного сигналу здійснюється, як правило, основне перетворювання, якому відповідають умови $m = 1, n = 1$, тобто $f_{\text{пч}} = |f_c - f_c| < f_c$ – “верхнє” перетворення або $f_{\text{пч}} = |f_c - f_c| < f_c$. – “нижнє” перетворення. Тоді у першому випадку частота гетеродину вибирається з умови $f_a > f_c$, а в другому: $f_c > f_c$. Однак, разом з тим, можлива така ситуація, коли, завдяки нелінійності процесу, продукти перетворювання на частотах побічних коливань $f_{\text{пч}}$ також попадатимуть в смугу пропускання ППЧ $f_{\text{пч}} - \frac{1}{2}\Delta F \leq f_{\text{пч}} \leq f_{\text{пч}} + \frac{1}{2}\Delta F$. Дійсно якщо замінити у (2.1) та (2.2) частоту f_c на частоту завади $f_{\text{пч}}$, отримаємо безкінечне число частот $f_{\text{пч}}$. Їх значення не співпадають з частотою корисного сигналу і заважають прийманню корисного сигналу. Знайдемо частоти $f_{\text{пч}}$ для наступних випадків:

1) для $m=0, n=1$ (прямий канал або канал за проміжною частотою):

$$f_{\text{пч}} = f_{\text{пч}}; \quad (2.3)$$

2) для $m=0, n=2,3\dots$ (канали завад, перетворених на власних гармоніках без участі гетеродину):

$$f_{\text{пч}} = f_{\text{пч}}/n; \quad (2.4)$$

					КПТР.2018001.01.03.ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		23

3) для $m=1, n=0$ (дзеркальний або симетричний канал) який відповідно при верхньому та нижньому перетворенні може бути розрахований відповідно:

$$f_{\text{нх}} = f_c + f_{\text{нч}} = f_c + 2f_{\text{нч}}; \quad (2.5)$$

$$f_{\text{нх}} = f_c - f_{\text{нч}} = f_c - 2f_{\text{нч}}; \quad (2.6)$$

4) для $m=2, 3, \dots, n=1$ (канали завад, перетворених в проміжну частоту на гармоніках гетеродину):

$$f_{\text{нх}} = m \cdot f_c + f_{\text{нч}}; \quad (2.7)$$

5) для $m=1, n=2, 3, \dots$ (канали завад, перетворених в проміжну частоту на власних гармоніках):

$$f_{\text{нх}} = \frac{f_c + f_{\text{нч}}}{n}. \quad (2.8)$$

Загальна формула для всіх частот каналів приймання (разом з корисним) буде мати вигляд:

$$f_{\text{нх}} = \frac{m \cdot f_c \pm f_{\text{нч}}}{n}, \quad (2.9)$$

де для корисного каналу слід прийняти $m=1, n=1$; знак “+” – для нижнього перетворення, знак “-” – для верхнього.

Канали виду (2.3) – (2.9) називаються гетеродинними каналами приймання.

З метою забезпечення наочності представимо на рис. 2.3 розташування побічних каналів прийому в частотній області для малих величин $m, n \leq 2$.

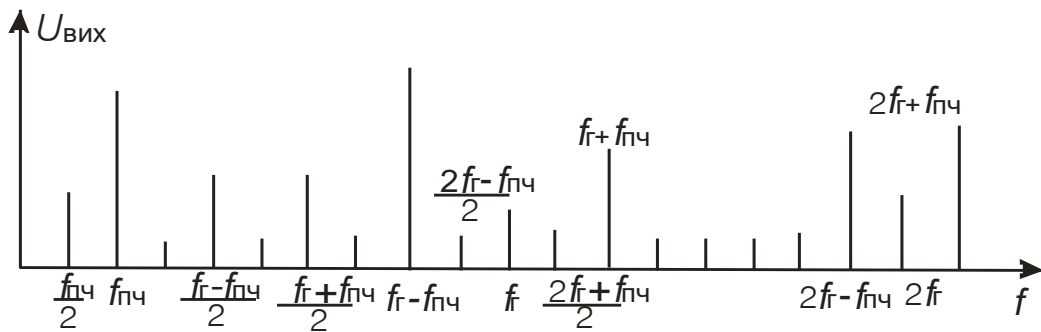


Рисунок 2.3 – Розташування побічних каналів прийому в частотній області

Розглянемо фізичний зміст побічних каналів більш детально на прикладі завади по прямому каналу та дзеркальній, за допомогою резонансної характеристики преселектора (рис. 2.4) [3].

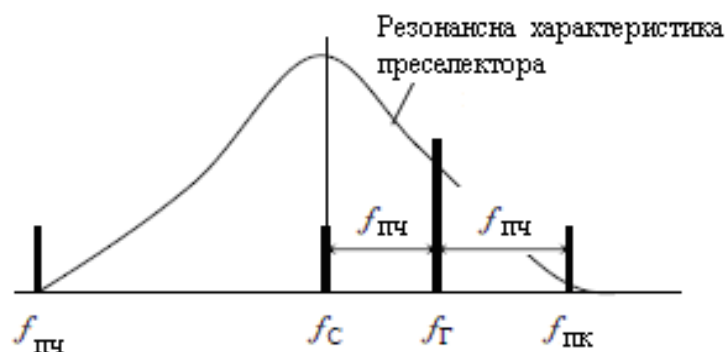


Рисунок 2.4 – Резонансна характеристика преселектора та розташування побічних каналів приймання

Як видно, частота побічного каналу $f_{пк}$ віддалена від частоти радіосигналу, що приймається, на віддалі двох проміжних частот, тобто $f_{пк} - f_c = 2f_{пч}$. Частота $f_{пк}$ віддалена від f_c на віддаль, що й f_c . Тому канал, по якому проникає завада $f_{пк}$ називається дзеркальним, а заваду – дзеркальною $f_{дз}$. Далі (після преселектора) в тракті прийому дзеркальна завада обробляється однаково з корисним сигналом.

Другий побічний канал прийому, по якому можуть потрапляти в тракт приймача завади, виникає на частоті $f_{пч}$, оскільки фільтр включений у вихідне коло змішувача настроєний на $f_{пч}$, змішувач для сигналів, в яких $f_c = f_{пч}$ є прозорим. Тому цю заваду називають завадою прямого проходження. Гетеродинні канали виникають у змішувачі в наслідок його нелінійності.

Боротьба з побічними каналами приймання лежить в основі забезпечення завадостійкості радіоприймачів [13, 20].

В контексті проектування сучасного радіоприймача неодмінно потрібно згадати і за конструкцію приймача у цифровій формі, рис.2.5 [1].

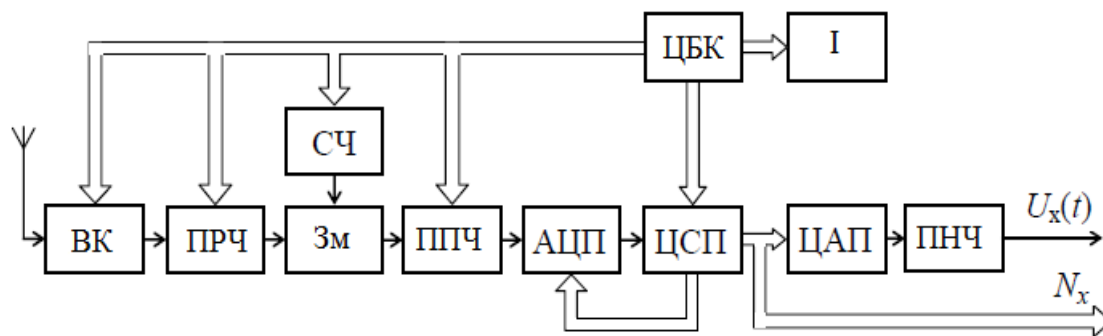


Рисунок 2.5 – Структурна схема приймача у цифровому виконанні: АЦП – аналого-цифровий перетворювач; СЧ – синтезатор частоти; ЦАП – цифро-аналоговий перетворювач; ЦБК – цифровий блок керування; І – індикатор; ЦСП – цифровий сигнальний процесор (DSP)

Для виконання умові ТЗ на кваліфікаційний проект, в процесі проектування планується використати елементи приймача у цифровому виконанні. Зокрема, до складу приймача пропонується введення сигнального процесору для здійснення досліджень щодо програмного формування цифрових фільтрів для післядетекторної обробки. В такій конструкції основним вартісним елементом буде сема сигнальний процесор. Однак, використання такого пристрою дозволить дослідити особливості підвищення завадостійкості приймачів.

Таким чином, узагальнюючи проведений вибір основне призначення складових схеми проектованого приймача наступне:

- вхідний пристрій - є пасивним чотирьохполюсником, призначеним для передачі енергії сигналу з антени до входу підсилювача радіочастоти;
- радіочастотний підсилювач (ПрЧ) – підсилює прийняті сигнали на високій частоті
- перетворювач за частотою (ПЧ) – здійснює перенесення спектру прийнятого сигналу на низьку (відносно низьку) проміжну частоту (містить місцевий генератор Г та змішувач - Зм);

- каскад підсилювача проміжної частоти – здійснює основне підсилення та селекцію сигналу на проміжній частоті;
- демодулятор (детектор) - здійснює виділення закону модуляції параметра вхідного коливання.
- низькочастотний підсилювач (модулюючої частоти) - продетектований сигнал підсилюється підсилювачем модулюючої частоти (ПмЧ), тобто низької частоти, до рівня, необхідного для нормальної роботи кінцевого пристрою [17].
- блок цифрової фільтрації (планується використання сигнального процесору) – необхідний для дослідження впливу структури цифрового фільтру для підвищення завадостійкості і якості отриманні первинного модулюючого сигналу.

Узагальнена схема приймача у відповідності до вимог ТЗ представлена на рис. 2.6.

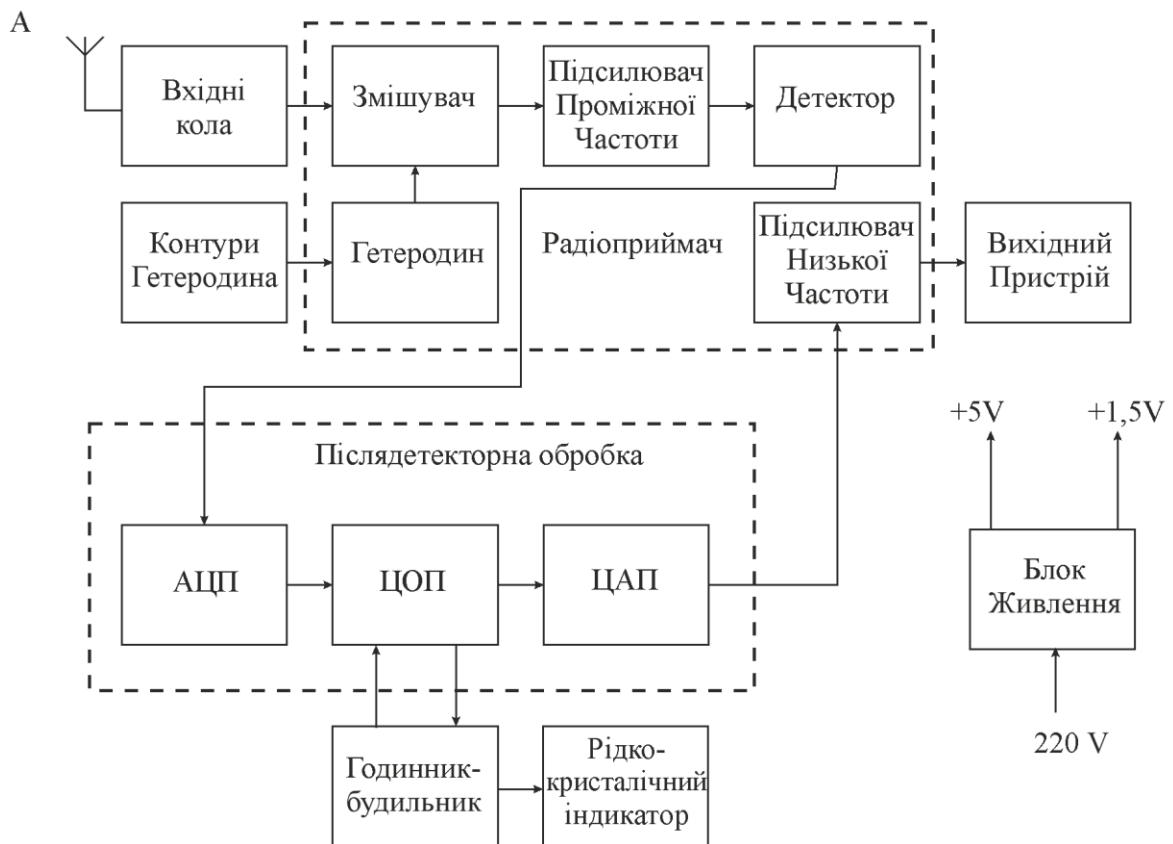


Рисунок 2.6 – Структурна схема радіоприймача з післядетекторною обробкою

2.2.1 Опис методики вибору значення проміжної частоти приймача

У відповідності до рекомендацій викладених у [1] з'ясовуємо, що у простих мовних приймачах звичайно використовують одне перетворення частоти з верхнім настроюванням гетеродина і стандартні значення проміжних частот [2]:

- $f_{\text{пр}} = 465$ кГц при прийомі амплітудно-модульованих (АМ) сигналів в діапазоні частот від 0,1 до 30 МГц;
- $f_{\text{пр}} = 10,7$ МГц при прийомі частотно-модульованих (ЧМ) сигналів в діапазоні частот від 64 до 108 МГц.

У мовних приймачах першого і вищого класів може використовуватись подвійне перетворення частоти з проміжними частотами $f_{\text{пр1}} = 1,84$ МГц, $f_{\text{пр2}} = 465$ кГц при прийомі АМ-сигналів у діапазоні частот від 3 до 30 МГц.

У відповідності до проведеного екскісного проектування приймача мною обраний варіант схеми супергетеродину, рис. 2.6. З'ясуємо концептуальні рекомендації щодо вибору проміжної частоти. При виборі проміжних частот (Пч) професійних приймачів необхідно, щоб ці частоти задовольняли наступним умовам: були поза діапазону робочих частот приймача; дозволяли забезпечити задану вибірність і смугу пропускання приймача; забезпечували нормальну роботу детектора [3]. Слід мати на увазі, що при виборі більш низької проміжної частоти можна одержати більш високе стійке підсилення каскадів ППЧ і за рахунок цього зменшити їх число [4]. Одночасно з цим підвищується частотна вибірності ППЧ за сусіднім каналом, але зменшується вибірність преселектора за “дзеркальним каналом” [5]. При виборі більш високої проміжної частоти збільшується вибірність преселектора за “дзеркальним” каналом прийому і покращується фільтрація напруги проміжної частоти на виході детектора. Однак у цьому випадку погіршується вибірність за сусіднім каналом і зменшується коефіцієнт стійкого підсилення каскадів ППЧ, що призводить до збільшення їх числа.

Таким чином важливо обрати стандартизоване значення Пч для уникнення шкідливого впливу можливого розміщення сусідніх радіостанцій із роботою на цих частотах.

Крім того, вірний вибір Пч потрібний для забезпечення заданої селективності за базовими каналами приймання, а саме описаному вище сусідньому і дзеркальному.

Проміжна частота $f_{\text{пр}}$ радіоприймача повинна задовольняти такі вимоги [3]:

- бути розташована поза діапазоном частот, що приймається радіоприймачем;

- бути як мінімум на порядок вищою верхньої частоти звукового діапазону, тобто, $f_{\text{пр}} > 10 F_{\text{max}}$;

- забезпечити задане ослаблення “дзеркального” каналу;

- забезпечити необхідну смугу пропускання радіоприймача;

- за можливістю бути меншою для забезпечення стійкого підсилення каскадами тракту проміжної частоти (Пч) і використання більш низькочастотних інтегральних мікросхем. У зв’язку з такими вимогами до величини проміжної частоти її розрахунок розбивають на кілька етапів.

Таким чином у відповідності до рекомендацій [] вибирається Пч – 465 кГц.

Важливо також забезпечити необхідну за ТЗ селективність за прямим каналом, який обумовлений можливим прийом каналу від радіостанції з частотою яка дорівнює проміжній для приймача який проектується. Говорять [], що лінійний тракт приймача буде прозорим для такої завади. Для усунення негативного впливу таких каналів застосовуємо в антенному колі радіоприймача спеціального фільтру типу-пробка [7].

2.1.2 Розрахунок числа піддіапазонів приймача

Для вибору меж робочих діапазонів та їх кількості використовуємо вхідні дані:

					КПТР.2018001.01.03.ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		29

- для довгохвильового діапазону частот : $f_{\max} = 405$ кГц ; $f_{\min} = 150$ кГц

- для середньохвильового діапазону частот: $f_{\max} = 1605$ кГц;

$$f_{\min} = 525 \text{ кГц}$$

- для ультракороткохвильового діапазону частот: $f_{\max} = 108$ МГц ; $f_{\min} = 65$ МГц

Здійснюємо вибір коефіцієнту перекриття діапазону частот: $K_{\text{пд}} \leq 3$

Виконуємо перевірочний розрахунок щодо $K_{\text{д}}$:

$$K_{\text{д}} = \frac{f_{\max}}{f_{\min}}, \quad (2.10)$$

У випадку довгохвильового діапазону частот, маємо:

$$K_{\text{д}} = \frac{405}{150} = 2,7.$$

У випадку середньохвильового діапазону частот, маємо:

$$K_{\text{д}} = \frac{1605}{525} = 3,05.$$

У випадку ультракороткохвильового діапазону частот:

$$K_{\text{д}} = \frac{108}{65} = 1,66$$

					КПТР.2018001.01.03.ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		30

Отримаємо: $K_D \leq K_{ПД}$, отже у відповідності до методики викладеної у [1] перерозподіл діапазону частот на піддіапазони виконувати не будемо.

Враховуємо рекомендацію [1], що з метою якісного перекриття діапазону частот під час дії низки дестабілізуючих факторів (температура, дисбаланс живлення тощо) здійснюємо збільшення меж піддіапазонів до 1...3 %. Отже, межі частот перекриття для піддіапазонів частот будуть:

$$\begin{aligned} f^1 \max &= (1,01 \div 1,03) f \max \\ f^1 \min &= (0,97 \div 0,99) f \min \end{aligned} \quad (2.11)$$

Розраховуємо для довгохвильового діапазону:

$$\begin{aligned} f^1 \max &= 1,02 \cdot 405 = 413,1 \text{ КГц} \\ f^1 \min &= 0,98 \cdot 150 = 147 \text{ КГц} \end{aligned}$$

Розраховуємо для середньохвильового діапазону:

$$\begin{aligned} f^1 \max &= 1,02 \cdot 1605 = 1637,1 \text{ КГц} \\ f^1 \min &= 0,98 \cdot 525 = 514,5 \text{ КГц} \end{aligned}$$

Для ультракороткохвильового діапазону:

$$\begin{aligned} f_{\max}^1 &= 1,03 \cdot 108 = 111,2 \text{ МГц} \\ f_{\min}^1 &= 0,97 \cdot 65 = 63,05 \text{ МГц} \end{aligned}$$

Відкориговане значення коефіцієнту перекриття діапазоні частот визначаємо так:

					КПТР.2018001.01.03.ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		31

$$K_{\text{пд}}^1 = \frac{f^1 \text{ max}}{f^1 \text{ min}}.$$

Розраховуємо для довгохвильового діапазону:

$$K_{\text{пд}}^1 = \frac{413,1 \text{ КГц}}{147 \text{ КГц}} = 2,81.$$

Розраховуємо для середньохвильового діапазону:

$$K_{\text{пд}}^1 = \frac{1637,1 \text{ КГц}}{514,5 \text{ КГц}} = 3,13.$$

Розраховуємо для ультракороткохвильового діапазону:

$$K_{\text{пд}}^1 = \frac{111,2}{63,05} = 1,77.$$

2.1.3 Опис блоку перемінного настроювання

Точні дані про коефіцієнт перекриття кожного піддіапазону радіоприймача можна одержати лише після вибору елемента настроювання радіоприймача. Найбільш широке використання у вигляді елемента настроювання в сучасних конструкціях радіоприймачів знаходять варикапи і варикапні матриці. При їх використанні орієнтовну величину ємності варикапа чи матриці можна орієнтовно визначити за таблицею 2.1 [1].

Таблиця 2.1 – Залежність величини ємності варикапа чи матриці від частоти

Мінімальна робоча частота	C_{min} , пФ	C_{max} , пФ
До 300 кГц	12...25	450...500
300...1500 кГц	10...15	250...300
1,5...6 МГц	8...12	150...250
6...30 МГц	6...10	50...150
Понад 30 МГц	3...7	30...50

Тому, залежно від діапазону прийнятих частот спочатку орієнтовно визначають необхідну C_{min} і C_{max} конденсатора настроювання, а потім залежно від кількості перенастроєних контурів вибирають необхідну кількість варикапів чи варикапних матриць. Дані про такі елементи настроювання наведені у таблиці 2.2 [1].

Таблиця 2.2 – Елементи настроювання та їх параметри

Найменування елемента настроювання	C_{min} , пФ	C_{max} , пФ	Напруга керування
Варикапи			
Д902	5	12	$E_{кер} = 0,7...15$ В
КВ 109 А, Б, В, Г	2	22	$E_{кер} = 0,5...15$ В
КВС 111 А, В	18	75	$E_{кер} = 0,2...12$ В
КВ 113А, Б, В, Г	15	110	$E_{кер} = 1...120$ В
КВ 114 А, Б	18	100	$E_{кер} = 1...50$ В
КВ 116 А	12	160	$E_{кер} = 1...10$ В
КВ 117 А, Б	8	50	$E_{кер} = 1...15$ В
КВ 118 А	20	220	$E_{кер} = 1...10$ В
КВ121А, Б	8	50	$E_{кер} = 1...12$ В
КВ 122 А, Б	3	20	$E_{кер} = 1...12$ В
КВ 123 А, Б	8	20	$E_{кер} = 3...15$ В
ВА 163	10	260	$E_{кер} = 1,5...10$ В
ВА 122	30	600	$E_{кер} = 1...30$ В
Варикапні матриці			
КВС 111 А, Б (здвоєна)	18	75	$E_{кер} = 1...15$ В
КВС 120 А, Б (строєна)	25	250	$E_{кер} = 1...15$ В
ВВ 113 (строєна)	10	245	$E_{кер} = 1...30$ В
ВВ413 (строєна)	10...20	345...410	$E_{кер} = 1...30$ В

При виборі варикапа чи варикапної матриці необхідно звернути увагу на можливість їх живлення. Для цього необхідно, щоб максимальна напруга керування при зміні ємності не перевищувала напругу живлення радіоприймача $E_{ж}$, інакше для живлення варикапів треба буде конструювати спеціальну схему перетворювача напруги для реалізації підвищеного її значення.

Для налаштування приймача використаємо, також блоки конденсаторів односекційного та двосекційного типу. Використаємо додаткові конденсатори підстроювання які будуть мати значення ємності від 2 до 3- х і від 10 до 12 пФ з

метою їх використання у вхідному пристрої і контурі гетеродину для середньо- і довгохвильового діапазону.

2.1.4 Визначення смуги пропускання приймача

Проводимо розрахунок смуги пропускання приймача згідно формули [1]:

$$П = 2 \cdot F_{\text{в}} + П_{\text{нс}} . \quad (2.12)$$

де $F_{\text{в}}$ – значення верхньої межі частоти модуляції в спектрі корисного сигналу.

$П_{\text{нс}}$ – частотна відхилення налаштування приймача у відповідності до виразу:

$$П_{\text{нс}} = 2 \cdot \Delta f_{\text{спр}} + 2 \cdot \Delta f_{\text{г}} , \quad (2.13)$$

де $\Delta f_{\text{спр}}$ – неузгодженість спряження налаштування контурів.

$\Delta f_{\text{г}}$ - абсолютне значення частотної нестабільності генератору гетеродину.

Розглядаємо випадок коли забезпечено точне настроювання пристрою приймання та оброблення сигналів і тоді $П_{\text{нс}} = 0$.

$$П = 2 \cdot F_{\text{в}} = 2 \cdot 4000 = 8000 (\text{Гц})$$

2.2 Визначення параметрів тракту радіочастоти

У відповідності до рекомендацій [1] для значень добротності елементів вхідного пристрою отримаємо:

					КПТР.2018001.01.03.ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		34

- у випадку довгохвильового діапазону $Q_{КДХ} = 90 \dots 140 \approx 120$;
- у випадку середньохвильового діапазону $Q_{КСХ} = 110 \dots 160 \approx 140$.

Врахуємо шунтувальну дію вхідного пристрою коефіцієнтом ($\&$), згідно до формули:

$$Q_E = \& \cdot Q_K, \quad (2.14)$$

тут $\&$ – значення шунтувального коефіцієнту який дорівнює 0.5 згідно [1].

Тоді відкоригована добротність в межах діапазонів:

У випадку довгохвильового діапазону буде:

$$Q_E = 0,5 \cdot 120 = 60,$$

У випадку середньохвильового діапазону, буде:

$$Q_E = 0,5 \cdot 140 = 70.$$

У випадку ультракороткохвильового діапазону:

$$Q_E = 0,5 \cdot 100 = 50$$

У відповідності до методики викладеної у [1] здійснюємо розрахунки селективності приймача за дзеркальним каналом для вхідного пристрою який забезпечує приймання на межі діапазону частот:

$$D_E = \left(\frac{f_{\max} + 2f_{np}}{f_{\max}} - \frac{f_{\max}}{f_{\max} + 2f_{np}} \right) \cdot Q_E, \quad (2.15)$$

де f_{np} – значення проміжної частоти.

У випадку довгохвильового діапазону, отримаємо:

$$D_E = \left(\frac{417,1 \cdot 10^3 + 2 \cdot 465 \cdot 10^3}{417,1 \cdot 10^3} - \frac{417,1 \cdot 10^3}{417,1 \cdot 10^3 + 2 \cdot 465 \cdot 10^3} \right) \cdot 60 = 175,2.$$

У випадку середньохвильового діапазону, отримаємо:

$$D_E = \left(\frac{16531 \cdot 10^3 + 2 \cdot 465 \cdot 10^3}{16531 \cdot 10^3} - \frac{16531 \cdot 10^3}{16531 \cdot 10^3 + 2 \cdot 465 \cdot 10^3} \right) \cdot 70 = 64,4.$$

Для ультракороткохвильового діапазона:

$$D_E = \left(\frac{111,2 \cdot 10^6 + 2 \cdot 10,7 \cdot 10^6}{111,2 \cdot 10^6} - \frac{111,2 \cdot 10^6}{111,2 \cdot 10^6 + 2 \cdot 10,7 \cdot 10^6} \right) \cdot 40 = 14,4$$

Аналогічні розрахунки селективності за сусіднім за частотою каналом S_{CK} при розстроюванні $\Delta f = 10$ кГц (ДХ+СХ) $\Delta f = 120$ кГц (УКХ) для максимального значення частоти f_{max} згідно до виразу:

$$S_{CK \max} = \sqrt{1 + X^2 c \max}, \quad (2.16)$$

тут

$$Xc \max = Q_{\text{э}} \cdot \frac{2\Delta f c}{f \max}.$$

					КПТР.2018001.01.03.ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		36

Проводимо обчислення для довгохвильового діапазону:

$$X_{c \max} = 60 \cdot \frac{2 \cdot 10 \cdot 10^3}{413,1 \cdot 10^3} = 2,9.$$

Аналогічно для середньохвильового діапазону:

$$X_{c \max} = 70 \cdot \frac{2 \cdot 10 \cdot 10^3}{1637,1 \cdot 10^3} = 0,86.$$

і для ультракороткохвильового діапазону:

$$X_{c \max} = 50 \left(\frac{2 \cdot 180 \cdot 10^3}{111,2 \cdot 10^6} \right) = 0,1$$

Проводимо розрахунки селективності для мінімального значення частоти робочих діапазонів пристрою приймання та оброблення сигналів згідно до формули:

$$S_{CK \min} = \sqrt{1 + X^2_{c \min}}, \quad (2.17)$$

враховуємо, що:

$$X_{c \min} = Q_{\text{э}} \cdot \frac{2\Delta f_c}{f_{\min}}$$

У випадку довгохвильового діапазону, отримаємо:

					КПТР.2018001.01.03.ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		37

$$X_{c \min} = 60 \cdot \frac{2 \cdot 10 \cdot 10^3}{147 \cdot 10^3} = 8,16.$$

У випадку середньохвильового діапазону, будемо мати:

$$X_{c \min} = 70 \cdot \frac{2 \cdot 10 \cdot 10^3}{514,5 \cdot 10^3} = 2,72.$$

І ультракороткі хвилі:

$$X_{c \min} = 50 \left(\frac{2 \cdot 180 \cdot 10^3}{63,05 \cdot 10^6} \right) = 0,29$$

Обчислюємо селективність за сусіднім каналом приймання [1]:

Довгохвильовий діапазон ($f=\text{макс}$):

$$S_{CK \max} = \sqrt{1 + 2,9^2} = 3,07 \text{ (9,74дБ)}$$

Середньохвильовий діапазон:

$$S_{CK \max} = \sqrt{1 + 0,86^2} = 1,32 \text{ (2,4 дБ)}.$$

Ультракороткі хвилі:

$$S_{CK \max} = \sqrt{1 + 0,16^2} = 1,01 \text{ (1,7дБ)}$$

Аналогічні розрахунки для ($f=\text{мін.}$):

					КПТР.2018001.01.03.ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		38

$$S_{CK \min} = \sqrt{1 + 8,16^2} = 8,22 \text{ (18,3 дБ)}.$$

Середні хвилі:

$$S_{CK \min} = \sqrt{1 + 2,72^2} = 2,9 \text{ (9,24 дБ)}.$$

Ультракороткі хвилі:

$$S_{CK \min} = \sqrt{1 + 0,29^2} = 1,04 \text{ (1,85 дБ)}$$

Для підвищення стабільності частоти резонансних кіл приймача слід приймати такі заходи: температурну стабілізацію контурів шляхом вибору контурних конденсаторів і котушок індуктивності з протилежними за знаком температурними коефіцієнтами; термостатування каскадів і блоків приймача; застосування добротних резонаторів і фільтрів (п'єзоелектричних, електромеханічних і т.п.); стабілізацію напруг, які живлять кола приймача [3]. Враховуємо згідно до [1], що у радіоприймачах довгих (ДХ), середніх (СХ), коротких (КХ) і ультракоротких хвиль (УКХ) вибірні системи вхідного кола і каскадів ПРЧ, як правило, однакові. Вони створюють схему преселектора радіоприймача. При плавному перестроюванні частоти радіоприймача кількість мікросхем ПРЧ рідко перевищує два, інакше створюються додаткові конструктивні незручності при реалізації органа настроювання.

2.3 Обґрунтування блоку для здійснення цифрової фільтрації

На поточний момент часу існує широка номенклатура мікропроцесорів. Такий стан речей обумовлює створює гостро-конкурентне середовище для виробників та спонукає до неодмінного прогресу та апгрейду у їх можливостях та архітектурі [4].

					КПТР.2018001.01.03.ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		39

У відповідності до умов ТЗ до складу радіоприймача, який розробляється в межах кваліфікаційного проекту, має бути введений мікропроцесор який повинен забезпечити цифрову фільтрацію з метою післядетекторної обробки сигналів [23-25].

Короткий дайджест по мікропроцесорам провідних фірм представлено нижче.

Фірма Моторола (Motorola) випускає шістнадцяти і двадцяти чотирьох розрядні мікропроцесори сімейств DSP 560XXX, 561XXX, 563XXX, 566XXX, 568XXX, 960XXX. Основна особливість архітектури спрямована на забезпечення максимальних показників у пропускну здатності і інтенсифікації обмінних операцій із даними. Така специфіка ґрунтується на основі специфічної архітектури із вистроєною периферією і гнучкою системою для введення і виведення даних. Всі ці особливості поряд з мінімізацією енергоспоживання і складності обумовлюють невелику вартість таких систем. Зокрема мікропроцесори DSP 560XXX тактуються частотою у 33-ри МГц, мають продуктивність на рівні 16 MIPS. Наприклад, процедура ШПФ у випадку такої продуктивності для 1024 розрядного слова виконується за майже 3 мс.

Концепція мікропроцесорної техніки фірми Техас Інструментс (Texas Instruments) ґрунтується на виділення двох класів процесорів, а саме процесорів що з фіксованою та нефіксованою («плаваючою» точкою) при проведенні перетворень на д масивом чисел. Тут потрібно виділити номенклатуру яка сформована модельним рядом TMS320.X (10, 20, 50) та модельним рядом TMS320.X (30, 40, 80) із «плаваючою» точкою.

Основні характеристики TMS320C10 – 16 -ти розрядного мікропроцесора: 4к 16-ти розрядних даних слів, мають гарвардську архітектуру, що обумовлює значну гнучкість та швидкодію. Тактова частота сягає 200-т нс. В мікропроцесорі реалізована апаратна конфігурація математичних операцій, використовується вісім шістнадцяти-розрядних портів введення-виведення та переривання.

					КПТР.2018001.01.03.ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		40

Для номенклатури TMS320C2X використаний аналогічний підхід: 64 к слів даних, шістнадцять 16-ти розрядних портів введення та виведення та наявний послідовний порт. Додані можливості щодо фур'є-перетворень та інші команди.

Крім розглянутих мікропроцесорів досить добре себе зарекомендували мікропроцесори фірми Мікрочіп (Microchip), а саме PIC16C711. Тут використана КМОП-структура яка формує восьми-бітний мікроконтролер. На основі RISC архітектури, наявних двох двоспрямованих портів для введення і виведення, функції зовнішнього переривання утворений мікроконтролер із тактовою частотою двадцять мегагерц.

Досить потужньо представлено на ринку мікропроцесорів сімейство розроблене компанією Аналог Дівайсіс (Analog Devices). Для умов ТЗ на виконання кваліфікаційного проекту досить актуальні номенклатури ADSP21XXX і ADSP210XXX [25]. Такі мікросхеми представляють собою одно кристальні шістнадцяти розрядні мікропроцесори які, що досить вдало, мають специфіку для реалізації задач цифрового оброблення сигналів, проведення високошвидкісних обчислень. Номенклатура мікропроцесорів також містить сімейство ADSP210XXX із тридцяти двох розрядних схем застосування яких спрямовано на алгоритмічні задачі сигнального типу для виконання яких потрібно здійснювати операції із «плаваючою» точкою.

2.4 Вибір елементної бази для блоку цифрової фільтрації

Серед широкої номенклатури мікропроцесорів для дослідження впливу структури цифрового фільтру на якість обробки сигналів у випадку після детекторної обробки було обрано мікропроцесор фірми Analog Devices (ADSP-21msp59) [25].

ADSP-21msp59 – представляє досить недорогий, достатньо продуктивний шістнадцяти бітний мікропроцесор.

					КПТР.2018001.01.03.ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		41

До складу пристрою входять двоспрямовані порти, програмований таймер, реалізована концепція зовнішніх та внутрішніх переривань та вбудовані оперативний та постійний запам'ятовуючі пристрої. До складу мікропроцесору входять АЦП та ЦАП. Структурну схему архітектури мікропроцесора зображено на рис. 2.7 [25].

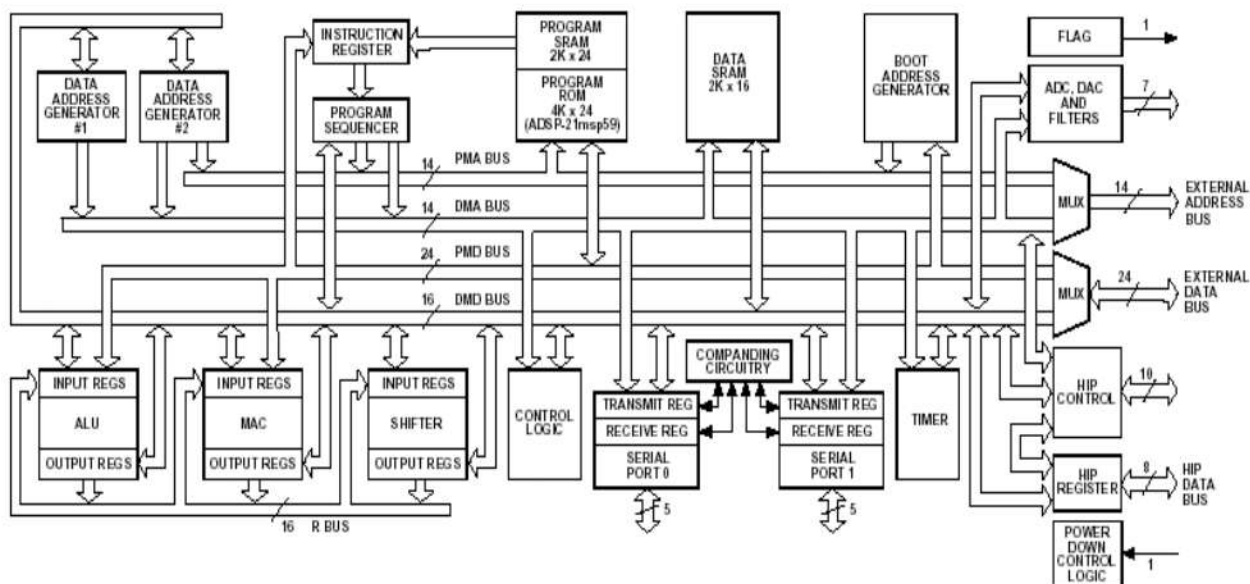


Рисунок 2.7 – Структурна схема ADSP-21msp59: ALU – арифметико-логічний пристрій; MAC – пристрій множення, накопичення та зсування; R – шина результатів; Data address generator – генератор адрес даних; Instruction register – регістр інструкцій; Program sequencer – керування порядком реалізації програм; Program SRAM – програмний ОЗП; Program ROM – програмний ПЗП; Data SRAM – ОЗП даних; Boot address generator – генератор адрес завантаження; Flag – прапорець; ADC, DAC – АЦП і ЦАП; Shifter – пристрій зсуву; Control Logic – пристрій контролю виконання; Serial Port – послідовний порт; Companding circuitry – коло компандування; Timer – лічильник; HIP register – регістр порту підлеглості; HIP control – контроль за портом підлеглості; Power down control logic – контроль за режимом виключення.

Для реалізації вимог ТЗ при проведенні необхідних обчислень під час цифрової фільтрації необхідно забезпечити достатню розрядність шини даних,

наявність АЦП, АЛУ з «плаваючою» точкою. Тому обраний мікропроцесор саме той пристрій який задовольнить викладені вимоги. Він швидкісний, гнучкий, здатний виконувати декілька команд за цикл, забезпечити мінімальний час при виконанні програм з необхідною частотою дискретизації для фільтрації і обробки сигналів у структурі радіоприймача довгих, середніх та ультракоротких хвиль.

Для опису програм використовується компілятор на мові C++, крім того можливі додатки на асемблері з метою прискорення виконання операцій.

2.5 Розробка та обґрунтування процедури цифрової фільтрації

У відповідності до розглянутої у першому розділі кваліфікаційного проекту структури для проведення цифрового оброблення сигналів (рис. 1.1), здійснюється аналого-цифрове перетворення аналогового сигналу (позначений як $x(t)$ у АЦП із певною (обраною) частотою дискретизації [3].

Процедура роботи АЦП пов'язана із вимірюванням вибірових вхідних значень сигналів із використанням двійкової інтерпретації. Такий процес супроводжується здійсненням процедур в паралельному або послідовному виді, а саме дискретизацією і квантуванням. У пристрої мікропроцесора виконується за заданим алгоритмом, процедура цифрової фільтрації (ЦФ), після якої утворюється вихідний сигнал який може піддаватись обробці на ЦАП.

Розглянемо більш детально процеси які супроводжують ЦФ. Представимо отримані відліки сигналів у вигляді двійкового числа:

$$x = \sum_{n=0}^{\infty} \alpha_n 2^{-n}, \quad (2.16)$$

де $\alpha_n \in 0,1$. Причому, у випадку визначеної кількості розрядів можна отримати:

					КПТР.2018001.01.03.ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		43

$$\tilde{x} = \sum_{n=0}^{N-1} \alpha_n 2^{-n} + \beta_N 2^{-N}, \quad (2.17)$$

Відповідно при такій інтерпретації β_N приймає значення α_n та $\alpha_n + 1$ у відповідності до значень у $N+1$ розряді (відповідно “0” чи “1”). Згадаємо, що в процесі квантування можливе виникнення такого явища як – шум квантування. Який загалом, негативно впливає на продуктивність при цифровій фільтрації за рахунок збільшення тривалості часу при багаторозрядній обробці. Таким чином двійкове слово обмежують фіксованою довжиною – чотири, або двадцять чотири розряди.

Представимо математичну модель яка описує процес перетворення при ЦФ наступним чином:

$$y(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau)h(t-\tau)d\tau. \quad (2.18)$$

де $x(t)$ - вхідний сигнал у неперервній формі представлення, вихідний сигнал $y(t)$ який утворено взяттям згортки $x(t)$ з імпульсною характеристикою фільтру - $h(t)$.

Таким чином, у випадку лінійної ЦФ утворюється сума множини вхідних сигналів які перемножуються з певними коефіцієнтами та утворюються відгуки із визначеними результатами суми на певні складові.

Імпульсна характеристики ЦФ представляє собою сигнал у дискретній формі $\{h_k\}$, що утворюється за рахунок реакції фільтру на імпульс у вигляді послідовності $\{1, 0, 0, \dots\}$.

Враховуючи представлене вище, певний сигнал який надходить на такий фільтр і який має відому імпульсну характеристику представимо у виді: $\{x_k\} = (x_0, x_1, x_2, \dots)$. Тоді m -ний вигляд відлікового значення сигналу на виході фільтру можна представити у формі:

$$y_m = x_0 h_m + x_1 h_{m-1} + \dots + x_m h_0 = \sum_{k=0}^m x_k h_{m-k}. \quad (2.19)$$

Таким чином, у відповідності до (2.19) отримаємо форму вихідної послідовності як згортку вхідної плюс імпульсна характеристика ЦФ.

Для практичної інтерпретації формули 2.19 враховуємо, що певні коефіцієнти h_{-1}, h_{-2}, \dots перетворюються у "0", а враховуються додатні – які описуються k -тим індексом:

$$y_m = \sum_{k=0}^{\infty} x_k h_{m-k}, \quad m = 0, 1, 2, \dots \quad (2.20)$$

Дискретну форму гармонійної послідовності на виході ЦФ із врахуванням значень індексів ЦФ - $k \in 0, +1, +2, \dots$ можна представити:

$$y_m = A e^{j(\omega m \Delta + \varphi)} \sum_{k=-\infty}^{\infty} e^{-j\omega n \Delta} h_n, \quad (2.21)$$

де $n = m - k$

Отримаємо вихідний сигнал у вигляді дискретної послідовності яка володіє частотою, що дорівнює частоті вхідного сигналу. Тоді вихідні відліки описуються математичною формою:

$$K(j\omega) = \sum_{n=0}^{\infty} e^{-j\omega n \Delta} h_n, \quad (2.22)$$

що називається коефіцієнтом передачі ЦФ. Основними параметрами тут виступають частота - ω та крок дискретизації - Δ та коефіцієнти ЦФ - $\{h_n\}$.

Математичним апаратом для опису ЦФ є апарат z -перетворень. Такий підхід зручний для проведення розрахунків коефіцієнту передачі ЦФ. Для представлення сигналів у дискретній формі у вигляді z -перетворень враховуємо, що дискретні сигнали $\{x_k\}, \{y_k\}, \{h_k\}$ та їх інтерпретація як z -перетворення має вигляд $X(z), Y(z), H(z)$. В цьому випадку сигнал на виході із врахуванням (2.21), буде мати форму:

$$Y(z) = H(z)X(z) \quad (2.23)$$

З 2.23 отримаємо вид системної функції ЦФ:

					КПТР.2018001.01.03.ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		45

$$H(z) = Y(z) / X(z) = \sum_{k=0}^{\infty} h_k z^{-k}. \quad (2.24)$$

Використаємо для реалізації процедури післядетекторної обробки у приймальному пристрої, реалізації ЦФ у нерекурсивній формі (НФ) (трансверсальній). Тоді алгоритм роботи такого НФ ЦФ математично представимо так:

$$y_i = a_0 x_i + a_1 x_{i-1} + a_2 x_{i-2} + \dots + a_m x_{i-m}, \quad (2.25)$$

де $a_0, a_1, a_2, \dots, a_m$ – сукупність коефіцієнтів ЦФ.

У формулі (2.25) – m – визначає порядок НФ. Тоді можна сформулювати принцип роботи такого фільтру, як процес зваженого підсумовування попередніх відліків сигналу на вході ЦФ із ігноруванням попередніх відліків сигналу на виході. Тому у формі z-перетворення отримаємо:

$$H(z) = a_0 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2} + \dots + a_m z^{-m} = \frac{a_0 z^m + a_1 z^{m-1} + a_2 z^{m-2} + \dots + a_m}{z^m}, \quad (2.26)$$

Таке представлення має дробово-раціональну z-форму із наявним m -кратним полюсом (з умови $z=0$) і m -ну кількість нулів які залежать від коефіцієнтів ЦФ.

На рис. 2.8 представлено алгоритм НФ ЦФ.

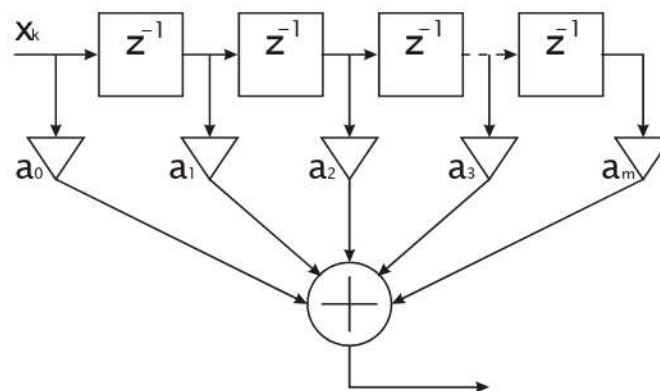


Рисунок 2.8 – Структурна схема НФ: z^{-1} - елементи затримки; Δ - масштабні блоки які застосовуються для проведення добутків відліків з коефіцієнтами; Σ - суматор

Для використання такої конструкції у прийнятному пристрої використовуємо структуру з 8-ми блоків затримки.

Структура алгоритму роботи фільтру можна представити рис. 2.9.

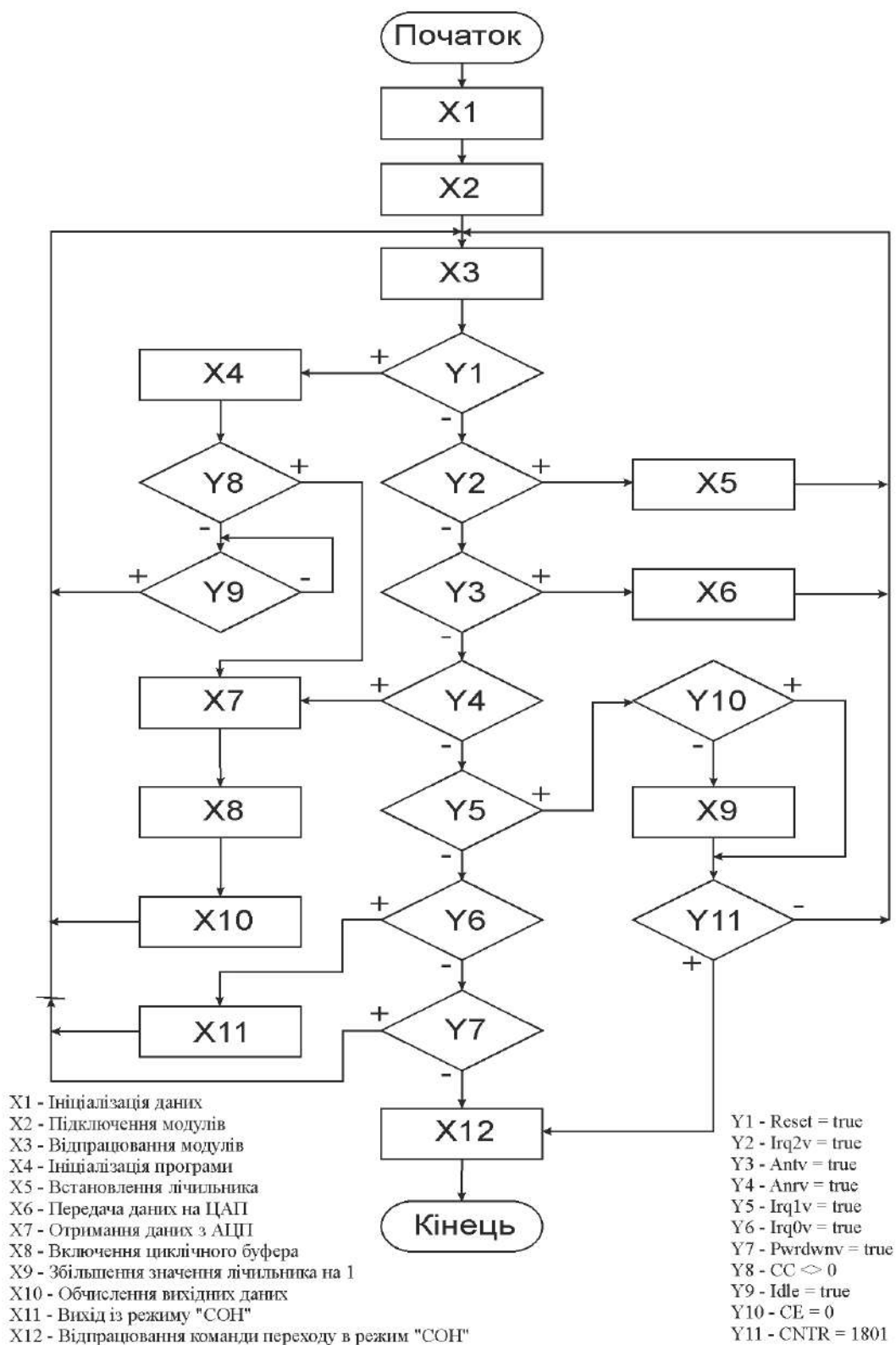


Рисунок 2.9 – Алгоритм роботи фільтру

Програмна реалізація ЦФ виконується на мові асемблер і С++. X – масив для збереження вхідних сигналів та імен – A де розміщено інформацію з значеннями коефіцієнтів фільтру. В процесі роботи здійснюється по елементний добуток X та A та занесення результату у комірку Y , де зосереджуються відліки вихідного сигналу.

Структурна блок-схема процесу роботи ЦФ представлена на рис. 2.10.



Рисунок 2.10 – Алгоритм роботи ЦФ

У відповідності до рис. 2.10 відбувається ініціалізація портів вбудованих АЦП і ЦАП в мікропроцесор. Далі відбувається запуск АЦП. Далі здійснюється процес виконання програми на С++. Після закінчення проведених обчислень відбувається перевірка зовнішніх переривань. За наявності 1-шого переривання відбувається переведення приймача у режим низького енергоспоживання. За 2-гим перериванням здійснюється увімкнення блоку приймача при спрацюванні будильника та задіяння алгоритму ЦФ (додаток-А).

Загальне керування блоком приймача виконується мікросхеми на який реалізовано годинник, будильник і мікросхеми на який реалізовано мікропроцесор. Основна ідея керування полягає в переході приймача з сплячого режиму у активний із ЦФ.

На рис. 2.11 – подано загальну структуру схему пристрою приймання та оброблення сигналів.

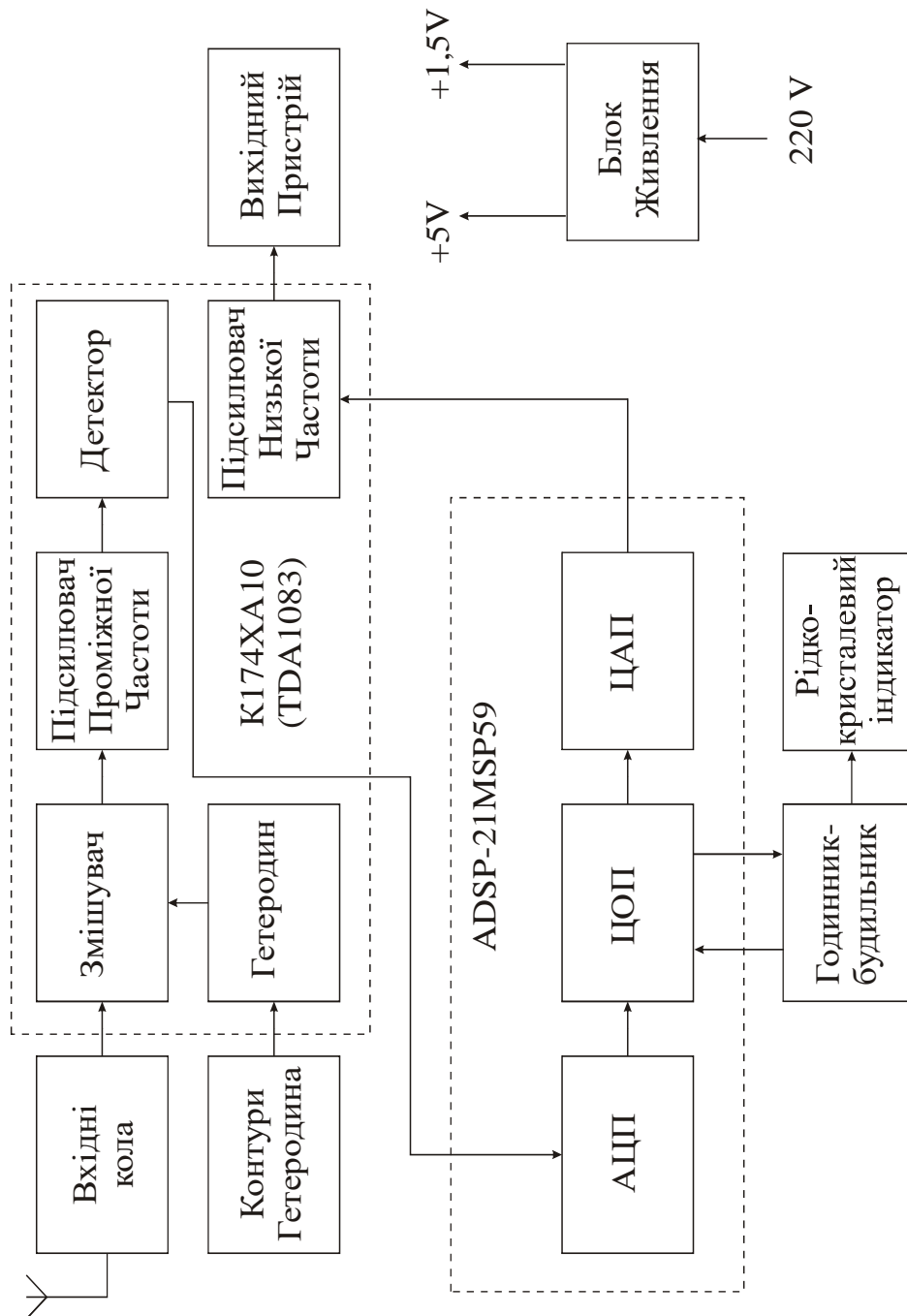


Рисунок 2.11 - Структурна схема ПОС
ЦОП – центральний обчислювальний пристрій

Висновки до 2-го розділу

У другому розділі кваліфікаційного проекту проведено ескізний розрахунок структурної схеми приймального пристрою, на основі обраного прототипу описана структурна схема радіоприймача, сформована структурна схема радіоприймача з післядетекторною обробкою у відповідності до ТЗ, наведено опис методики вибору значення проміжної частоти приймача, приведено розрахунок числа піддіапазонів приймача, описаний блок перемінного настроювання, визначені смуги пропускання приймача у заданих згідно ТЗ діапазонах. Окремими підрозділами висвітлені питання вибору елементної бази для блоку цифрової фільтрації, розробки та обґрунтування процедури цифрової фільтрації яка реалізована у схемі приймача. Підсумком розгляду зазначених питань є сформована структурна схема пристрою приймання та оброблення сигналів із блоком центрального обчислювального пристрою.

					КПТР.2018001.01.03.ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		50

3 РОЗРАХУНОК СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ-ПРИНЦИПОВОЇ ПРИЙМАЧА

3.1 Опис блоку пристрою приймання та оброблення сигналів з частотною модуляцією

У відповідності до вимог ТЗ на кваліфікаційний проект схема приймача містить дві складові у вигляді радіопримального пристрою і схеми цифрової фільтрації. Радіоприймальний пристрій містить канали приймання сигналів амплітудної і частотної модуляції (види випромінювання А1 та F3) [1].

Реалізацію каналу приймання сигналів частотної модуляції будемо здійснювати на основі мікросхеми ТДА-7021 (Філіпс (Philips) (аналог К-174-ХА34)). Схематехнічно мікросхеми містять конструкцію описаної у першому розділі кваліфікаційного проекту супергетеродинну схему з проміжною частотою рівною 70кГц. Такий вибір обумовлений можливістю відмови від котушок у тракті проміжної частоти і перехід на RC-фільтри в активному режимі із забезпечення значного підсилення.

Блок-схема інтегральної мікросхеми ТДА_7021 показана на рис. 3.1.

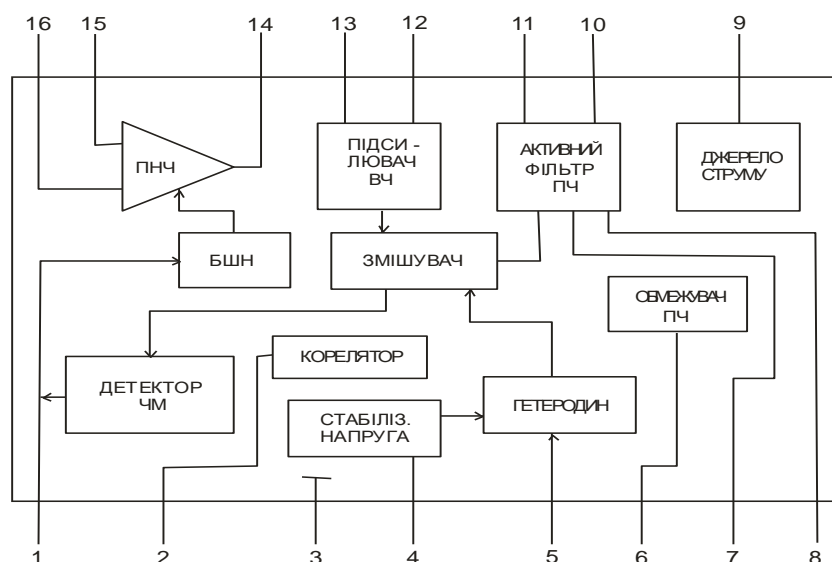


Рисунок 3.1 – Блок-схема мікросхеми ТДА_7021

КПТР.2018001.01.03.ПЗ				
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата
Розробив	Гур'єв О.О.			
Перевірив	Бойко Ю.М.			
Н. контр.	Бойко Ю.М.			
Затв.				
Радіоприймальний пристрій з цифровою фільтрацією Розрахунок схеми електричної-принципової приймача Пояснювальна записка			Літера	Аркуш
			51	Аркушів
ХНУ, гр. ТР-18-1				

На основі мікросхеми реалізовано функції підсилення високочастотного сигналу, зміщування, гетеродинування, тракту основної вибірності на основі підсилювача проміжних частот, детектування частотно-модульованого сигналу та інші.

Тип та форму корпусу мікросхеми представлено на рис. 3.2.

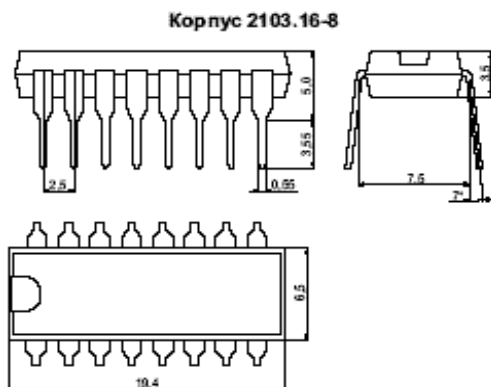


Рисунок 3.2 – Тип корпусу мікросхеми ТДА-7021 (представлений рисунок аналогу на основі К-174-ХА34)

Електричні характеристики та позначення виводів представлено у таблиці 3.1. та 3.2.

Таблиця 3.1 – Електричні параметри мікросхеми (температура н.с $25 \pm 10^\circ\text{C}$; $U_{ж} = 5\text{В}$)

Напруга живлення	2,7...6 В
Номінальна напруга живлення	3 В
Струм споживання	$\leq 10 \text{ мА}$
Частота вхідного ВЧ сигналу	1,5...110 МГц
Вхідна напруга обмеження	$\leq 15 \text{ мкВ}$
Вихідна напруга ЗЧ	$\geq 60 \text{ мВ}$
Коефіцієнт нелінійних викривлень	$\leq 2,5 \%$
Відношення сигнал/шум	$\geq 40 \text{ дБ}$
Коефіцієнт пригнічення складової АМ	$\geq 30 \text{ дБ}$
Найбільша вхідна напруга РЧ	1 мВ
Робочий температурний інтервал	$-25...+70^\circ\text{C}$

Таблиця 3.2 – Позначення виводів мікросхеми ТДА-7021

Номер виводів	Позначення	Описання
1	Filter LF/1	Вивід 1 фільтра низької частоти
2	Filter LF/2	Вивід 2 фільтра низької частоти
3	OV	Загальний вивід
4	U _{CC}	Вивід живлення від джерела напруги
5	GET	Вивід контуру гетеродина
6	DEC 1	Вивід блокування 1
7	Filter 1 IF/1	Вивід 1 фільтра 1 проміжної частоти
8	Filter 1 IF/2	Вивід 2 фільтра 1 проміжної частоти
9	E	Вивід рівня напруженості поля
10	Filter 2 IF/1	Вивід 1 фільтра 2 проміжної частоти
11	Filter 2 IF/2	Вивід 2 фільтра 2 проміжної частоти
12	IN HF	Вхід високої частоти
13	DEC 2	Вивід блокування 2
14	OUT SF	Вихід звукової частоти
15	IN RC	Вхід зворотного зв'язка
16	DEC 3	Вивід блокування 3

Основні характеристики мікросхеми представлено на рис. 3.2 (на основі аналогу). Ці залежності представляють собою зміну у рівні відношення сигнал-шум і коефіцієнту зміни АМ від рівня вхідної напруги, а також зміну рівня коефіцієнту гармонік від вхідної.

Розрахунок основні параметри частотно-модульованого сигналу [1, 23, 24].

1 Розраховуємо індекс модуляції:

$$W_M = \frac{\Delta f_M}{F_B} \quad (3.1)$$

де Δf_M - значення девіації частоти, F_B – максимальна частота у модулюючому сигналі у кГц.

$$W_M = \frac{75 \cdot 10^3}{7 \cdot 10^3} = 10,7$$

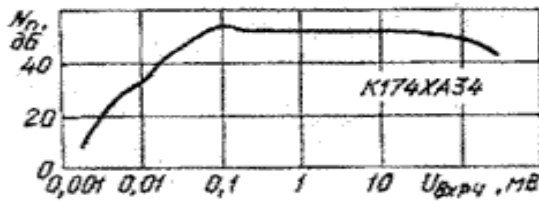


Рис. 4

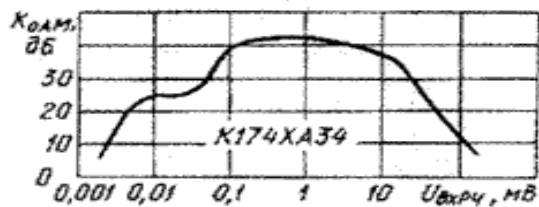


Рис. 5

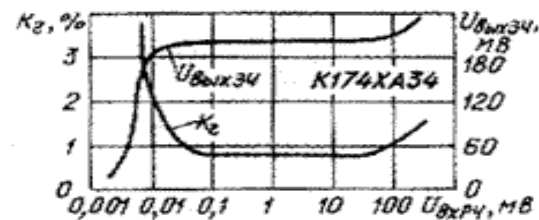


Рис. 6

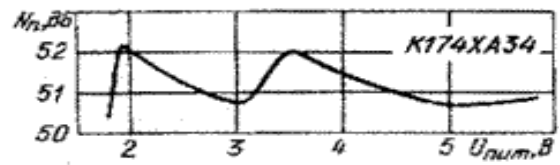


Рис. 7

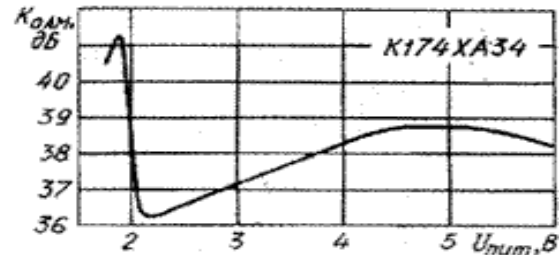


Рис. 8

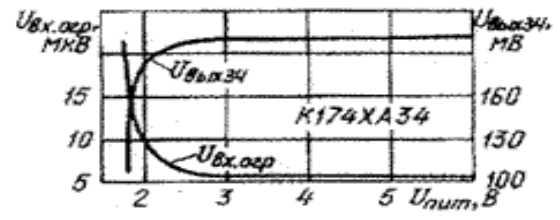


Рис. 9

Рисунок 3.3 – Деякі характерні характеристики мікросхеми в діапазоні частот та напруги живлення

2 Смуга пропускання:

$$2\Delta f_{05} = 2F_B + 2\Delta f_M \quad (3.2)$$

$$2\Delta f_{05} = 2 \cdot 7 \cdot 10^3 + 2 \cdot 75 \cdot 10^3 = 164 \text{ кГц.}$$

3 Усередня частота діапазону налаштування:

$$f_{CP} = \frac{f_{MAX} + f_{MIN}}{2} \quad (3.3)$$

де f_{MAX} – значення максимальної частоти діапазону радіоприймача приймача у МГц; f_{MIN} – значення мінімальної частоти діапазону радіоприймача у МГц;

$$f_{\text{СЕР}} = \frac{90 \cdot 10^6 + 93 \cdot 10^6}{2} = 91,5 \text{ МГц.}$$

4 Розраховується затухання у ВК:

$$D_{\text{ВХ}} = \frac{f_{\text{MAX}} - f_{\text{MIN}}}{f_{\text{СЕР}}} \quad (3.4)$$

$$D_{\text{ВХ}} = \frac{93 \cdot 10^6 - 90 \cdot 10^6}{91,5 \cdot 10^6} = 0,032 \text{ (3дБ)}$$

5 Розраховуємо селективність за дзеркальним каналом:

$$S_E = 20 \lg \left(\frac{1}{d_{\text{ЕКВРОК}}} \cdot \frac{4 f_{\text{ПР}}}{f_{\text{MAX}}} \right) \quad (3.5)$$

де $d_{\text{ЕКВРОК}}$ - значення затухання контуру еквівалентне.

$$S_{\text{ЕКРОК}} = 20 \lg \left(\frac{1}{0,032} \cdot \frac{4 \cdot 8,7 \cdot 10^6}{93 \cdot 10^6} \right) = 20 \lg \cdot 11,56 = 21,25 \text{ дБ.}$$

6 Розраховуємо затухання контуру у випадку навантаження на ПВЧ:

$$D_{\text{ЕКВПРЧ}} = \left(\frac{f_{\text{MAX}} + 2f_{\text{ПР}}}{f_{\text{MAX}}} - \frac{f_{\text{MAX}}}{f_{\text{MAX}} + 2f_{\text{ПР}}} \right) \cdot \frac{1}{S_{\text{ЕКРОК}} (\text{раз})}$$

$$D_{\text{ЕКВПРЧ}} = \left(\frac{93 \cdot 10^6 + 2 \cdot 8,7 \cdot 10^6}{93 \cdot 10^6} - \frac{93 \cdot 10^6}{93 \cdot 10^6 + 2 \cdot 8,7 \cdot 10^6} \right) \cdot \frac{1}{0,875} = (1,19 - 0,84) \cdot 1,15 = 0,4$$

3.2 Розрахунок складових схеми пристрою приймання та оброблення сигналів для сигналів з частотною модуляцією

- Розрахунок вхідного кола УКХ-діапазону [1]:

Реалізацію вхідного кола для сигналів з частотною модуляцією виконуємо без перенастроювання із смугою яка які відповідає смузі частот на УКХ-діапазоні.

					КПТР.2018001.01.03.ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		55

$$L_1 = 0,5 R_A / \pi (f_2 - f_1) \quad (3.6)$$

$$L_2 = L_1 R_{BX} / R_A \quad (3.7)$$

де, L_1 та L_2 – індуктивність вхідного контуру мкГ; R_A – вихідний опір антени, Ом; R_{BX} – вхідний опір наступного каскаду, Ом;

$$L_1 = 0,5 \cdot 75 / 3,14 \cdot (108 \cdot 10^6 - 65 \cdot 10^6) = 0,28 \text{ мкГ};$$

$$L_2 = 0,28 \cdot 10 - 6 \cdot 700 / 75 = 2,6 \text{ мкГ};$$

$$C_{13} = 0,5 / \pi \cdot f \cdot \sqrt{R_A \cdot R_{BX}}; \quad (3.8)$$

$$C_{15} = \frac{C_2}{f_0 / \sqrt{R_{BX} / R_A} (f_2 - f_1) - 1}; \quad (3.9)$$

$$C_{17} = C_{13}.$$

$$C_{13} = 0,5 / 3,14 \cdot 87 \cdot 10^6 \cdot \sqrt{75 \cdot 700} = 39 \text{ пФ};$$

$$C_{15} = \frac{8 \cdot 10^{-12}}{87 \cdot 10^6 / \sqrt{700 / 75} \cdot (108 - 65) - 1} = 100 \text{ пФ};$$

$$C_{17} = C_{13} = 39 \text{ пФ}.$$

тут C – ємності контурів у пФ; $f(0-2)$ – значення мінімальної, середньої і максимальної частот.

- Вибір елемента настройки приймача:

Із врахування значень діапазону частот обираємо як елемент електронного настроювання приймача варикап марки КВ-132 ($C_{\min} = 10$ пФ ; $C_{\max} = 50$ пФ) [1].

Конструктивне оформлення варикапу представлено на рис. 3.4.

					КПТР.2018001.01.03.ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		56

Електричні параметри:

Ємність при $U_{ЗВ} = 1,6 \text{ В}$, $f = 1 - 10 \text{ МГц}$, $\leq 38 \text{ пФ}$;

При $U_{ЗВ} = 2 \text{ В}$, $\leq 26,4 - 39,6 \text{ пФ}$;

Коефіцієнт перекриття по ємності при $U_{ЗВ} = 1,6 - 5 \text{ В}$, ≥ 4

Добротність при $f = 50 \text{ МГц}$, $U_{ЗВ} = 4 \text{ В}$, ≥ 300

Постійний зворотний струм при $U_{ЗВ} = 5 \text{ В}$. не більше $0,05 \text{ мкА}$.

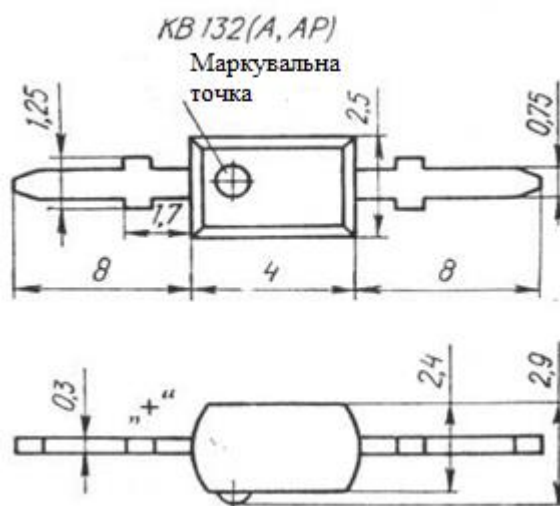


Рисунок 3.4 – Конструктивне оформлення варикапу

Характеристики варикапу в діапазоні частот представлено на рис. 3.5.

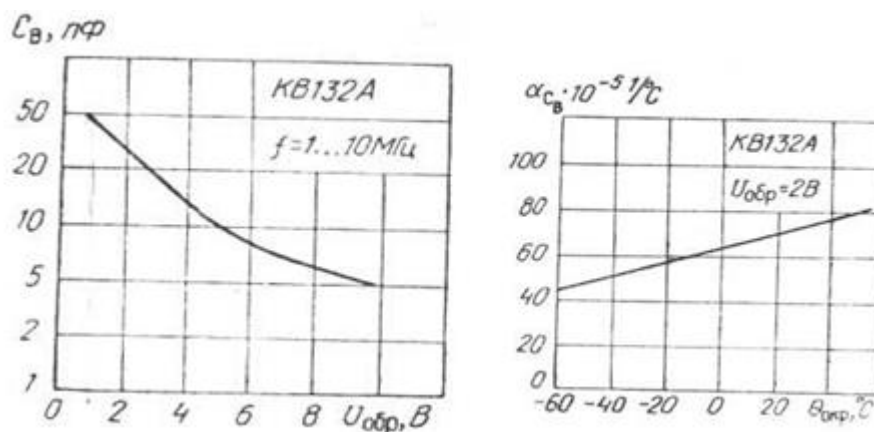


Рисунок 3.5 – Характеристики варикапу в діапазоні частот

Поводимо розрахунок еквівалентної ємності:

$$C_{СХ}^1 = \frac{C_{МАХ} - K^1_{ПД} \cdot C_{МІН}}{K^1_{ПД} - 1} \quad (3.10)$$

$$C^1_{CX} = \frac{50 - 1,71^2 \cdot 10}{1,71^2 - 1} = 10,79 \text{ пФ.}$$

Використовуємо дані [1] та розраховуємо дійсну ємність:

$$C_{CX} = C_M + C_L + C_{ВН}$$

де, C_M – ємність монтажу;

C_L – ємність котушок;

$C_{ВН}$ – ємність, що вноситься.

$$C_{CX} = 5 + 2 + 0 = 7 \text{ пФ.}$$

Значення додаткової ємності:

$$C_{ДОД} = C^1_{CX} - C_{CX}$$

$$C_{ДОД} = 10,79 - 7 = 3,79 \text{ пФ}$$

Значення еквівалентної ємності:

$$C_E = (C_{MIN} + C^1_{CX}) \div (C_{MAX} + C^1_{CX})$$

$$C_E = (10 + 10,79) \div (50 + 10,79) = 20,79 \div 60,79 \text{ пФ}$$

- Розрахунок контуру гетеродину:

Так як гетеродин є частиною мікросхеми ТДА-7021 то визначаємо параметри контуру гетеродину.

Використовуємо вище обґрунтований варіант (КВ-132 А) і визначаємо значення індуктивності яка входить до контуру гетеродину [3]:

$$L_{Гет} = \frac{25300}{f_{СЕР}^2 \cdot C_{СЕР}} \quad (3.11)$$

де, $f_{СЕР}^2$ – середня частота настройки гетеродину;

$C_{СЕР}$ – ємність контуру при налагоджуванні на середню частоту.

Середню частоту гетеродина знаходимо по формулі:

Середня частота та ємність (позначення частот аналогічне як у формулі 3.3):

$$f_{СЕР} = \frac{f_{MAX} + f_{MIN}}{2} + f_{ПР} \quad (3.12)$$

$$f_{СЕР} = \frac{63,05 + 1112}{2} + 10,7 = 97,83 \text{ МГц};$$

$$C_{СЕР} = \frac{C_{MIN} + C_{MAX}}{2} + C_{СХ}$$

$$C_{СЕР} = \frac{10 + 50}{2} + 7 = 37 \text{ пФ};$$

Для ультракоротких хвиль отримаємо:

$$L_{ГЕТ} = \frac{25300}{97,83^2 \cdot 37} = 0,072 \text{ мкГ};$$

3.3 Розрахунок складових схеми пристрою приймання та оброблення сигналів для сигналів з амплітудною модуляцією

Інша частина тракту приймача, яка розрахована на приймання середніх та довгих хвиль з амплітудною модуляцією буде проектуватись на мікросхемі ТДА-1083 (аналог мікросхема К-174ХА10). На рис. 3.6 представлена блок-схема мікросхеми і основні блоки [23, 24].

Мікросхема містить підсилювач радіочастоти (ПРЧ), проміжної (ППЧ) та модулюючої (низької) частоти (ПНЧ). У випадку прийому сигналів випромінювання А1Е сигнал надходить на вхід 6, підсилюється за допомогою високочастотного підсилювача і надходить до перетворювача частоти.

					КПТР.2018001.01.03.ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		59

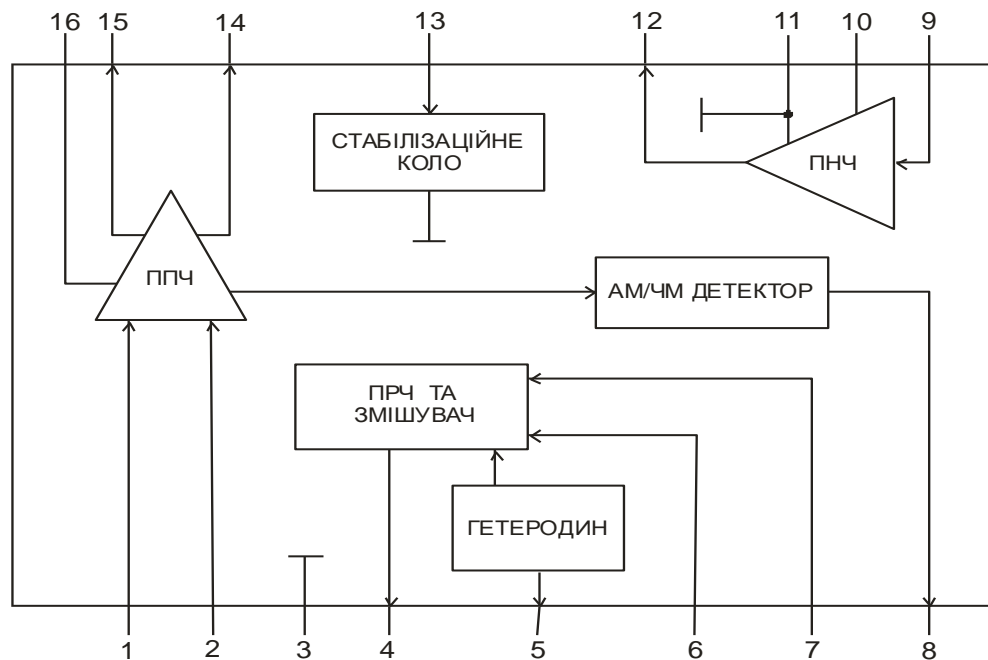


Рисунок 3.7 – Блок-схема мікросхеми ТДА-1083

Сюди ж подаються коливання гетеродина, зовнішній контур якого підключають до виводу 5. З виходу змішувача (вивід 4) перетворений сигнал через зовнішній контур і вхідний п'єзофільтр ПЧ, потрапляє через вивід 2 на ППЧ, що складається з п'яти послідовних гальванічно зв'язаних диференційних підсилювачів на транзисторах і далі на АМ детектор. Після детектування і підсилення сигнал звукової частоти подають з виводу 8 на регулятор гучності і далі через вивід 9 на вхід підсилювача низької частоти. Вихідну напругу знімають з виводу 12. Сигнал автоматичного регулювання підсилення (АРП) всередині мікросхеми потрапляє на підсилювач радіочастоти і підсилювач проміжної частоти. Вихідної потужності мікросхеми достатньо для невеликих радіоприймачів. Для більш потужних радіоприймачів необхідний додатковий каскад підсилення потужності.

Для реалізації ВП використаємо феритовий стрижень магнітної антени.

Розрахунок антенного кола.

Розраховуємо індуктивність контуру для магнітної антени:

$$L = 2,53 \cdot 10^4 (K_{ПД}^2 - 1) / f_{ОМАХ}^2 (C_{КМАХ} - C_{КМИН}). \quad (3.13)$$

У таблиці 3.3 подано параметри мікросхеми.

Таблиця 3.3 – Параметри мікросхеми ТДА-1083

Струм споживання $I_{\text{сп}}$, мА, не більше	16
Вихідна напруга ПНЧ $U_{\text{ПНЧ}}$, В, при $U_{\text{вх}}=25$ мкВ, $f_{\text{вх}}=1$ МГц, $m=30\%$, $f_{\text{мод}}=1$ кГц, не менше	1,55
Вихідна напруга низької частоти АМ тракту $U_{\text{вихНЧ АМ}}$, мВ, при $U_{\text{вх}}=50$ мкВ, $f_{\text{вх}}=1$ МГц, $m=30\%$, $f_{\text{мод}}=1$ кГц, не менше	30
Напруга обмеження ЧМ тракту $U_{\text{обм ЧМ}}$, мкВ, при $f_{\text{вх}}=10,7$ МГц, $\Delta f=\pm 50$ кГц, $f_{\text{мод}}=1$ кГц, не більше	50
Відношення сигнал шум АМ тракту $K_{\text{ш АМ}}$, дБ, при $U_{\text{вх}}=50$ мкВ, $f_{\text{вх}}=1$ МГц, $m=30\%$, $f_{\text{мод}}=1$ кГц, не менше	20
Коефіцієнт гармонік ПНЧ, $K_{\text{Г ПНЧ}}$, %, при $P_{\text{вих}}=0,5$ Вт, не більше	2
Верхня гранична частота ПНЧ $f_{\text{в ПНЧ}}$, кГц, не менше	25
Вхідний опір ПНЧ $R_{\text{вх ПНЧ}}$, кОм, не менше	100
Нижня гранична частота вхідної напруги АМ тракту $f_{\text{н АМ}}$, кГц, не більше	100
Верхня гранична частота вхідного сигналу АМ тракту в режимі перетворення (по рівню 6 дБ), $f_{\text{в АМ}}$, МГц, не менше	12,5
Коефіцієнт гармонік АМ тракту $K_{\text{Г АМ}}$, %, при $U_{\text{вх}}=1$ мВ, $f_{\text{вх}}=1$ МГц, $f_{\text{мод}}=1$ кГц, не більше	5
коефіцієнт ослаблення ам сигналу чм тракту $K_{\text{ос АМ}}$, дБ, не менше	40
відношення сигнал/шум чм тракту $K_{\text{ш ЧМ}}$, дБ, не менше	36
Коефіцієнт гармонік ЧМ тракту $K_{\text{Г ЧМ}}$, %, не більше	3

На рис. 3.8 конструкція корпусу мікросхеми ТДА-1083.

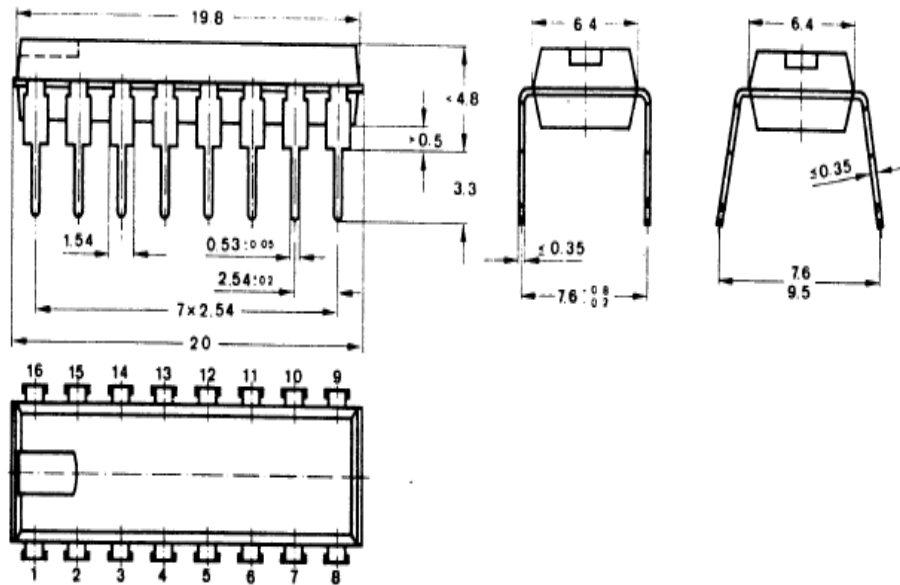


Рисунок 3.8 – Конструкція корпусу мікросхеми

У таблиці 3.4 подано основні експлуатаційні параметри мікросхеми.

Таблиця 3.4 – Основні експлуатаційні параметри мікросхеми ТДА-1083

Напруга джерела живлення $U_{\text{жив}}$, В:	
мінімальна	3
максимальна	12
Максимальна вхідна напруга АМ тракту	
$U_{\text{вх max AM}}$, В, не більше	0,5
Максимальна вхідна напруга ПНЧ (на виводі 9)	
$U_{\text{вх max ПНЧ}}$, мВ, не більше	30
Максимальний вихідний струм ПНЧ (на виводі 12)	
$I_{\text{вих max ПНЧ}}$, А, не більше	0,5
Максимальна вихідна потужність ПНЧ	
$P_{\text{вих max ПНЧ}}$, Вт, при $R_{\text{н}}=10$ Ом, не менше	0,4
Потужність, що розсіюється, $P_{\text{розс}}$, Вт, не більше	1
Максимальний коефіцієнт гармонік $K_{\text{г max}}$, %, при	
$P_{\text{вих}}=0,1$ Вт, не більше	10

Для котушки визначаємо індуктивності та співвідношення між геометричними параметрами:

$$l/d_0=80/8=10.$$

Для довгих хвиль:

$$L=2,53 \cdot 10^4 ((2,86)^2 - 1) / (0,417)^2 (540 - 150) = 18,1644 \cdot 10^4 / 67,82 = 2678,3 \text{ мкГ}$$

Для середніх хвиль:

$$L=2,53 \cdot 10^4 ((3,25)^2 - 1) / (1,653)^2 (540 - 150) = 26,7231 \cdot 10^4 / 1065,77 = 250,74 \text{ мкГ}$$

Кількість витків визначаємо з формули:

$$\omega_K = \sqrt{L / LD\mu_D m_L p_L q_L} \quad (3.14)$$

де, L – індуктивності котушки, мкГ; D – діаметр намотки, см; μ_D – магнітна проникність сердечника; L' – залежний від довжини осердя коефіцієнт; m_L – коефіцієнт, що залежить від відношення довжини намотування до довжини стрижня; p_L – коефіцієнт, що враховує зміщення центру котушки відносно середини стрижня; $q_L = (d_0/D)^2$.

Діаметр:

$$D = 1,1d_0 = 1,1 \cdot 8 = 8,8 \text{ мм}$$

Коефіцієнти [1]:

$$L' = 0,001, m_L = 0,38, p_L = 0,9;$$

$$q_L = \left(\frac{d_0}{D}\right)^2 = \left(\frac{8}{9}\right)^2 = 0,82$$

Тоді для (3.14) отримаємо для середньохвильового та довгохвильового діапазонів:

					КПТР.2018001.01.03.ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		63

$$\omega_K = \sqrt{250,74/0,001 \cdot 0,9 \cdot 63 \cdot 0,38 \cdot 0,9 \cdot 0,82} = 126 \text{ витків};$$

$$\omega_K = \sqrt{26783/0,001 \cdot 0,9 \cdot 63 \cdot 0,38 \cdot 0,9 \cdot 0,82} = 410 \text{ витків};$$

Індуктивність зв'язку:

$$L_{зв} = (d_{EP} - d)R_{BX} / 2\pi f_{OMIN} k^2 \quad (3.15)$$

Аналогічно, для довгохвильового та середньохвильового діапазону із врахуванням вхідного опору першого каскаду та згасання еквівалентного ($k=0,8-0,9$ [1]), отримуємо:

$$L_{зв} = (0,04 - 0,01)1000 / 6,28 \cdot 0,15(0,8)^2 = 50 \text{ мкГ};$$

$$L_{зв} = (0,04 - 0,01)1000 / 6,28 \cdot 0,5 \cdot (0,8)^2 = 15 \text{ мкГ}.$$

3.4 Розрахунок складових схеми пристрою приймання та оброблення сигналів для тракту основної вибірності і формування опорних сигналів

Розрахунок фільтру зосередженої вибірності.

В навантаження преселектору і перетворювачі частото розміщуємо п'єзо-фільтр. Зосереджуємо увагу на номенклатурі таких фільтрів на проміжну частоту 465 кГц із 4-ма поділами смуги пропускання, а саме 12,5кГц, 9,5кГц, 8,5 кГц, 5,8кГц. Обираємо п'єзоелектричний фільтр типу ФПП-025. Параметри такого фільтра заносимо в таблицю 3.5 [23, 24].

Визначаємо конструктивні показники для організації зв'язку фільтра і перетворювача частоти.

Фактор зв'язку:

$$A_{зв} = \frac{(5 + \beta)}{(5 - \beta)}, \quad (3.16)$$

$$\beta = \frac{2f_{np}d}{\Pi}.$$

$$d=0,001 \text{ [1]}$$

					КПТР.2018001.01.03.ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		64

$$\beta = \frac{2 \cdot 465 \cdot 10^3 \cdot 0,01}{9,5 \cdot 10^3} = 0,98$$

Таблиця 3.5 – Параметри п'єзоелектричного фільтру

Середня частота смуги пропускання, кГц	465±2
Ширина смуги пропускання на рівні 6 дБ, кГц	9,5 ^{-1,5} _{+2,0}
<u>Селективність при розстройці</u> на ± 9 кГц, дБ, не менше	30
Затухання в смузі пропускання, дБ, менше	9,5
Нерівномірність в смузі пропускання, дБ, менше	2,0
Номінальне значення вхідного і вихідного навантаження, кОм	2,0

$$A_{зв} = \frac{(5 + \beta)}{(5 - \beta)} = \frac{(5 + 0,98)}{(5 - 0,98)} = 1,49.$$

Вибір каскаду підсилювача низької частоти.

Визначаємо підсилення:

$$K = \frac{U_{ВИХ}}{U_{ВХ}} \quad (3.17)$$

Вихідна напруга підсилювача через опір навантаження:

$$U_{ВИХ} = \sqrt{P_{ВИХ} \cdot R_H} \quad (3.18)$$

Отримаємо із врахуванням заданої у ТЗ вихідної потужності:

$$U_{ВИХ} = \sqrt{1 \cdot 10} = 3,2 \text{ В}$$

$$K = \frac{3,2}{80 \cdot 10^{-3}} = 40.$$

Вибираємо для нашого кваліфікаційного проекту мікросхему К-174_УН4А, рис. 3.9.

К174УН4А має наступні характеристики:

Електричні параметри:

Номинальна напруга живлення, $U_{н,ж,ном}$, В ----- 9 В

Струм споживання, $I_{сп}$, мА при $U_{ном} = 9$ В, не боліє ----- 10 мА

Коефіцієнт підсилення по напрузі, K_U , при $U_{вх} = 100$ мВ, $U_{ном} = 9$ В ---- 4 - 40

Вихідна потужність, $P_{вих}$, Вт, при $U_{ном} = 9$ В, $R_H = 4$ Ом не менше ----- 1 Вт

Коефіцієнт гармонік, K_g , % при $U_{ном} = 9$ В, $R_H = 4$ Ом -----4

Вхідний опір, $R_{вх}$, ком, при $U_{ном} = 9$ В -----10 кОм

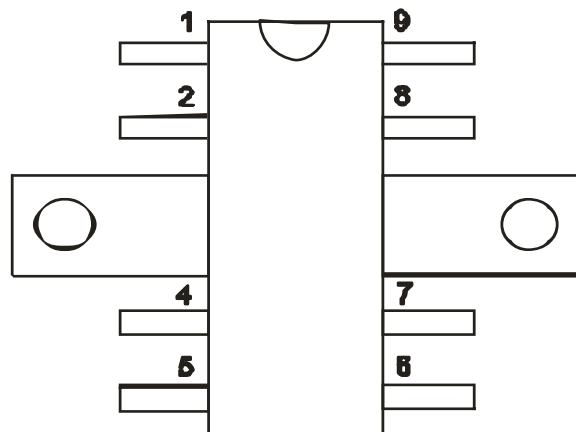


Рисунок 3.9 – Цоколювання корпусу мікросхеми ПНЧ

Вибір мікросхеми синтезатора частоти.

На рисунку 3.10 представлено блок-схеми синтезатора частоти. Основне призначення синтезатора частоти полягає у перестройці приймача на потрібну частоту в програмному виді. Загалом, синтезатор використовується для створення опорного сигналу у перетворювачі частоти, демодуляторі. Використаємо в проекті синтезатор ADF 4110, загальний вигляд мікросхеми якого подано на рис. 3.11.

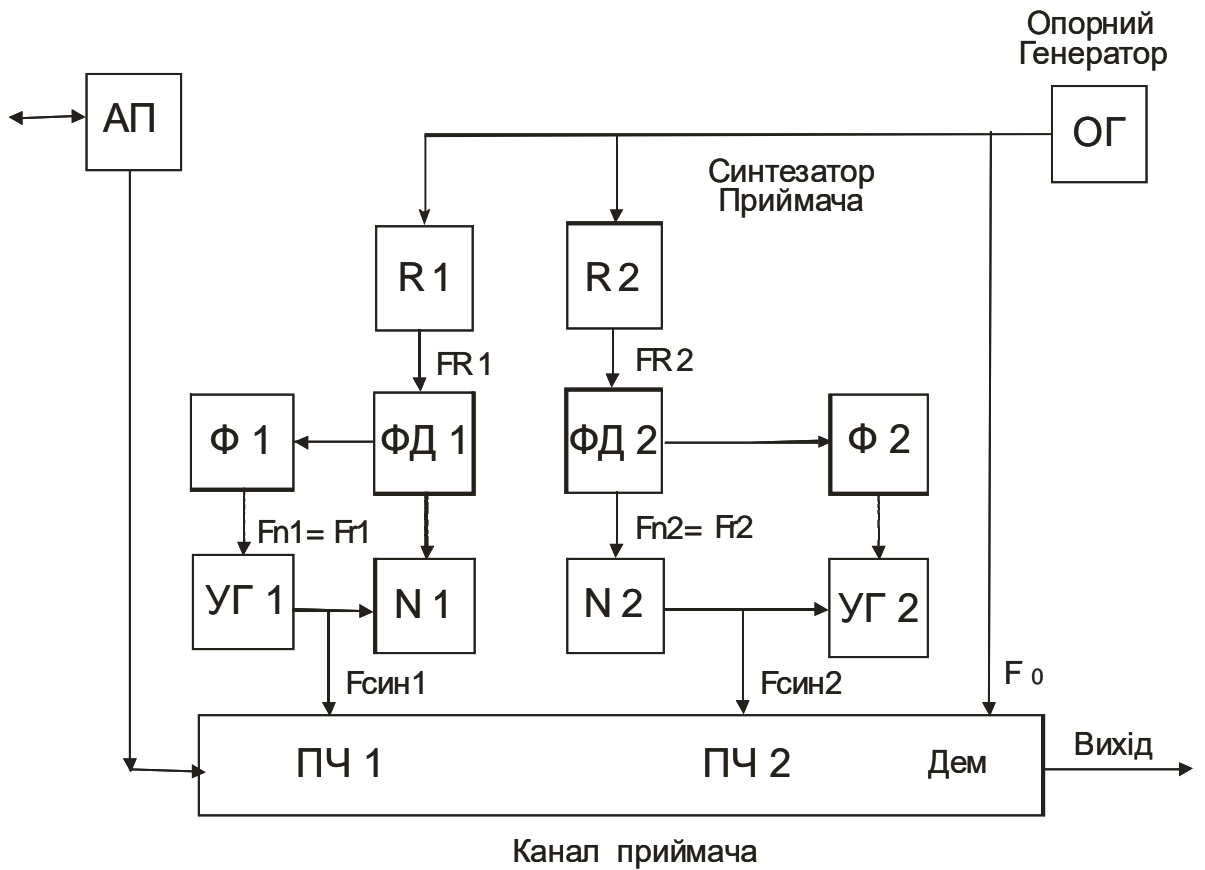


Рисунок 3.10 – Блок-схема синтезатора непрямого синтезу частоти

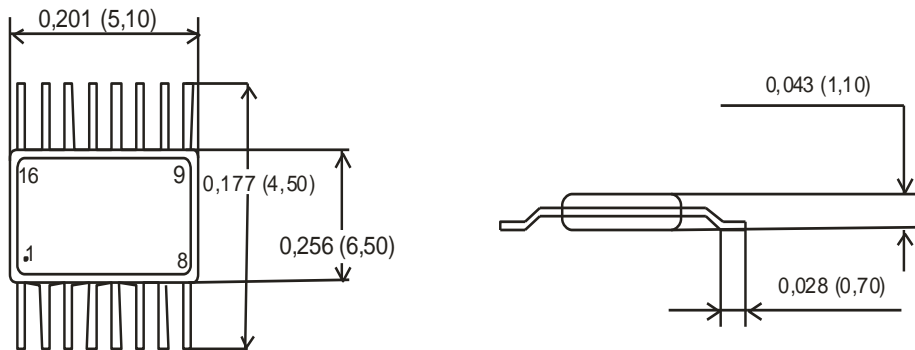


Рисунок 3.11 - Загальний вигляд мікросхеми синтезатору

Основні параметри синтезаторів частоти Analog Devices систематизовано у таблиці 3.6.

До складу схеми на рис. 3.10 входять фазові детектори які є частиною кіл фазового автоматичного підстроювання частоти (ФАП). Така система поряд з програмованими подільниками застосовується для синтезу частоти (коефіцієнти поділу N та R) [3].

Вхідний сигнал синтезатора:

$$f_{\text{СИН.}} = f_{\text{R}}N = f_{\text{O}}N/R \quad (3.20)$$

де f_0 – опорна частота.

Мікросхема синтезатору ADF_4110 містить конструкцію поділу у вигляді «Integer – N» і містить подільники сукупність подільників (A, B, P та P+1).

Формула для розрахунку коефіцієнту поділу:

$$N_I = PB + A = (P + 1) A + P (B - A); \quad (3.21)$$

де відповідними літерами позначено коефіцієнти поділу дільників частоти.

Схема з'єднання і мікропроцесора представлена на рис. 3.12.

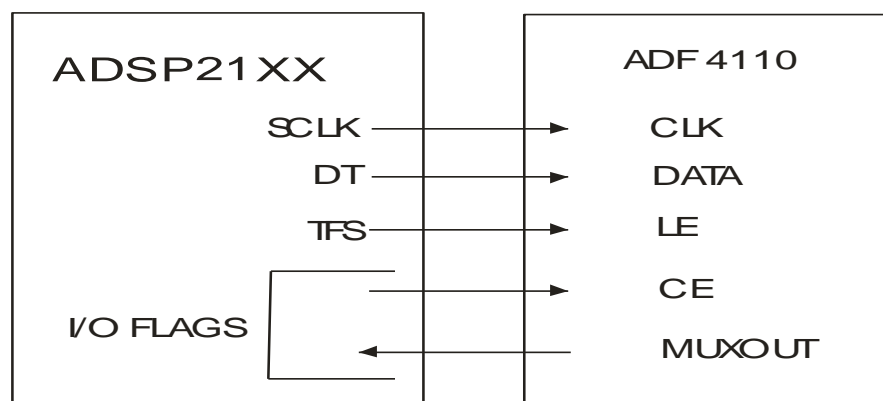


Рисунок 3.12 – Схема утворення зв'язку між синтезатором і мікропроцесором

На рис. 3.13 цоколівка корпусу мікросхеми обраної для синтезатора.

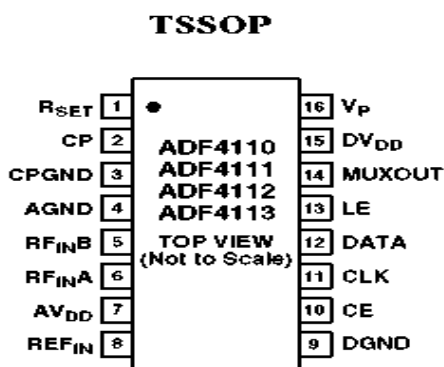


Рисунок 3.13 – Позначення виводів корпусу мікросхеми ADF_4110

Інші блоки схеми електричної-принципової.

Для відображення інформації було обрано індикатор АЛС 333А, це одно розрядні цифро – літерні індикатори з висотою цифри 11 мм та з 7 сегментів.

Схема індикатора представлена на рис. 3.14.

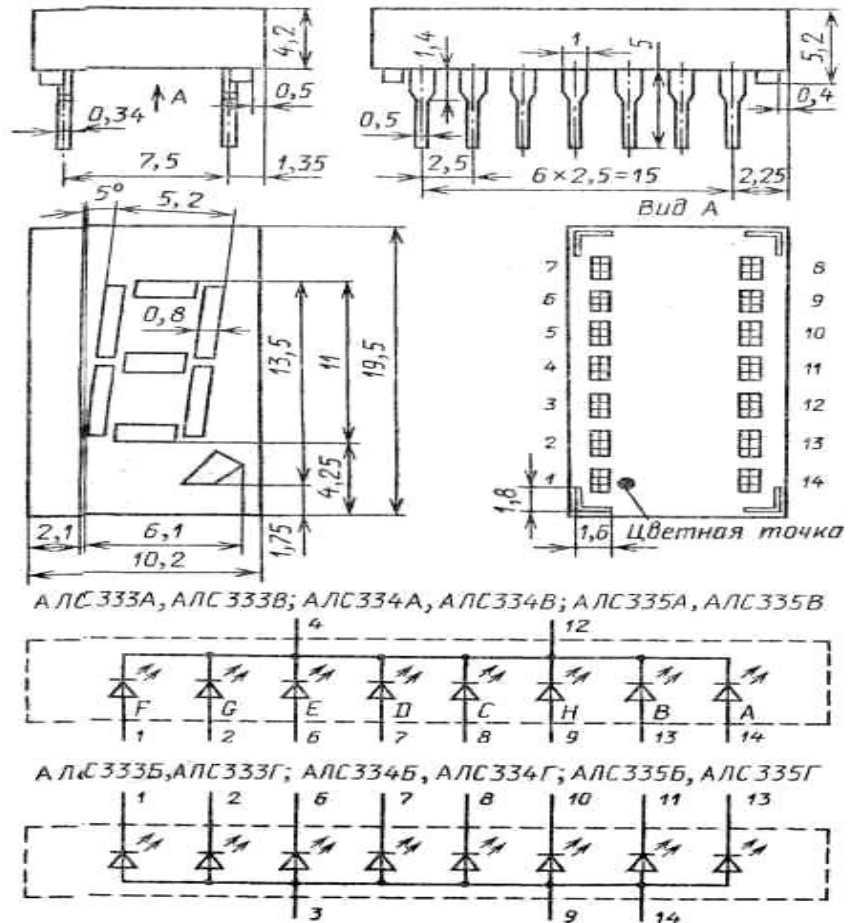


Рисунок 3.14 – Схема індикатору

На рис. 3.15 представлено схему здійснення динамічної індикації.

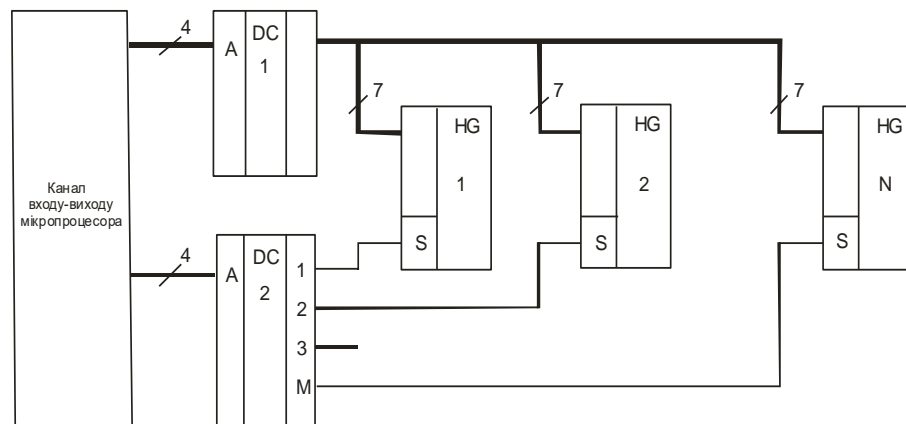


Рисунок 3.15 – Схема реалізації динамічної індикації

Для комутації будемо використовувати К1, К2 – реле РЕС 60, та мікросхема К561КТ3.

За допомогою реле реалізуємо процес перемикання на різні діапазони хвиль. Схемна реалізація реле РЕС-60.

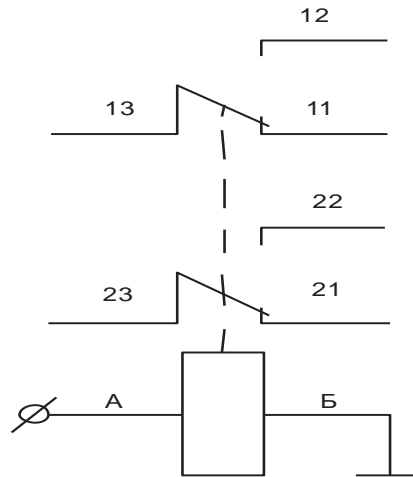


Рисунок 3.16 – Схема комутації за допомогою реле

3.5 Опис блоку цифрового оброблення

Для реалізації низки як основних так і додаткових функцій реалізованих згідно ТЗ на кваліфікаційний проект до складу пристрою приймання та оброблення сигналів включено недорогий мікропроцесор ADSP_21MSP59 [25]. Крім виконання власне цифрової фільтрації описаної вище в пояснювальній записці, в функції мікропроцесора входить керування роботою приймача, керування годинником, керування будильником. На рис. 3.17 подано загальний вид мікросхеми мікропроцесора.

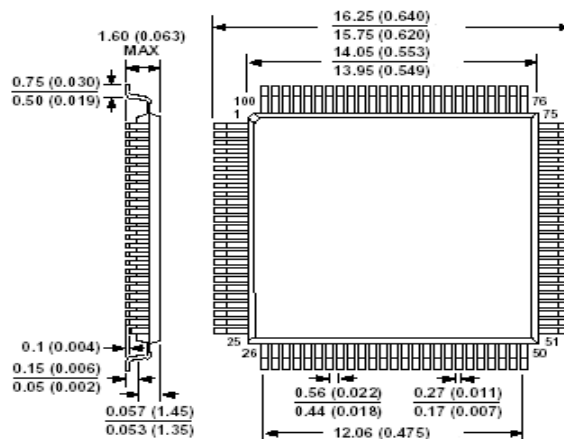


Рисунок 3.17 – Вигляд мікросхеми ADSP_21MSP59

Далі опишемо основні функції та виведення мікросхеми мікропроцесору.

Функції:

- Тривалість одного циклу при частоті 13 МГц – 38 нс (26 MIPS);
- Програмування здійснюється на асемблері і на C/C++;
- Наявність 16-розрядних сігма-дельта АЦП і ЦАП;
- Незалежні АЛП, помножувач з накопиченням та пристрій барабанного зсуву;
- Потужність споживання в режимі сну не більше 1мВт;
- Вбудовані ОЗП (2000x24 біт+2000x16 біт) і ПЗП (4000x24біт)

Основні параметри виводів:

D0—D23 – виводи вхідних/вихідних даних для пам'яті програм і пам'яті даних.

A0—A13 – виводи виходу адресації пам'яті програм і даних.

HD0—HD7 – виводи даних порту підлеглості.

PMS – вивід вибору зовнішньої пам'яті програм.

DMS – вивід вибору зовнішньої пам'яті даних.

BMS – вивід вибору пам'яті завантаження.

RD – вивід вмикання зчитування з зовнішньої пам'яті.

WR – вивід вмикання запису в зовнішню пам'ять.

HA0—HA2 – виводи адреси керуючих елементів.

Схема підключення мікропроцесора представлена на рис. 3.18.

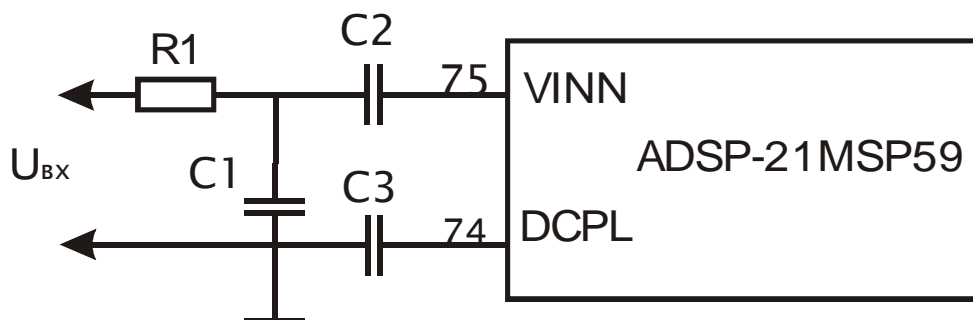


Рисунок 3.18 – Схема підключення мікропроцесора

Схема підключення мікропроцесора до підсилювача низької частоти представлена на рис. 3.19.

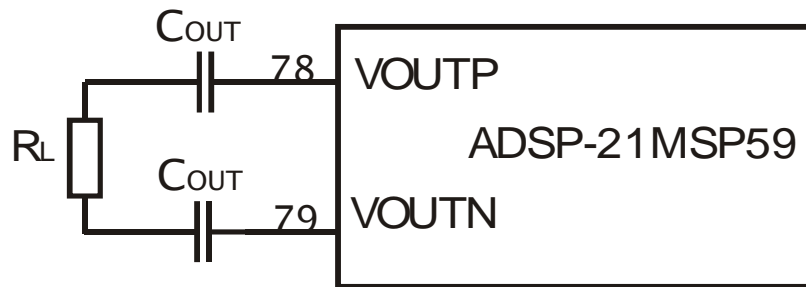


Рисунок 3.19 – Схема підключення виходу ЦАП до підсилювача низьких частот

Розраховані значення параметрів елементів:

$$C2 = \frac{1}{2\pi f_1 R_{IN}}$$

$$C_{16} = C_{35} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 25 \cdot 200 \cdot 10^3} \approx 0,1 \text{ мкФ.}$$

Обрали конденсатор 3300 пФ.

$$R1 = \frac{1}{2\pi f_2 C1}$$

$$R1 \leq 2,2 \text{ кОм}$$

$$f_2 > 20 \text{ кГц} < 40 \text{ кГц}$$

$$C1 = \frac{1}{2\pi f_2 R1}$$

$$C_{38} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 25 \cdot 10^3 \cdot 2,2 \cdot 10^3} \approx 1,5 \text{ нФ.}$$

$$C_{OUT} = \frac{1}{(60\pi)R_L}$$

$$C_{48} = C_{53} = \frac{1}{60 \cdot 3,14 \cdot 100 \cdot 10^3} \approx 0,068 \text{ мкФ.}$$

На рис. 3.20 представлено схему включення мікропроцесора як джерела застabilізованої напруги.

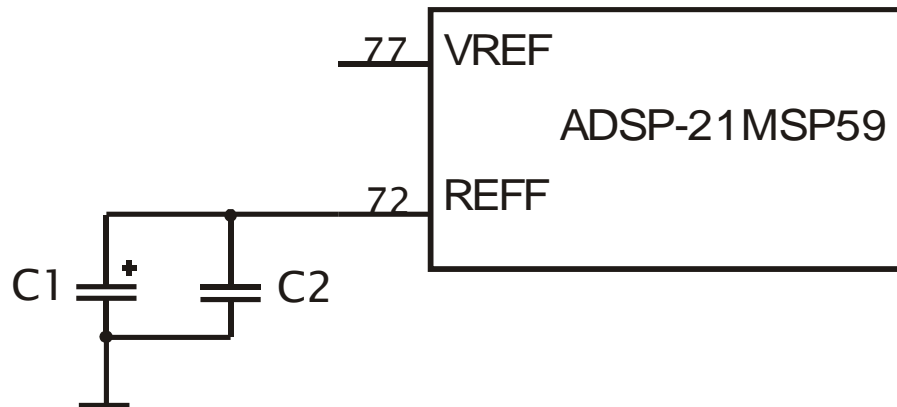


Рисунок 3.20 – Схема підключення мікропроцесора як буферу застабілізованої напруги

Конденсатор C1 повинен мати ємність до 10 мкФ, а C2 до 0,1 мкФ.

Висновки по 3-тьому розділу

У третьому розділі кваліфікаційного проекту проведено електричні розрахунки блоку пристрою приймання та оброблення сигналів. Проведено вибір та обґрунтування мікросхем для реалізації діапазонного радіоприймача, проведено вибір мікропроцесору для керування роботою приймача, здійснення програмованої цифрової фільтрації, керуванням додатковими функціями пристрою.

ВИСНОВКИ

В ході кваліфікаційного проектування спроектовано багатодіапазонний радіоприймальний пристрій з післядетекторною цифровою фільтрацією. В ході проектування проведено огляд базових рішень при проектування радіоприймальних пристрій, проведено ескізний розрахунок приймача, спроектовано схему структуру та електричну принципову. Для реалізації функцій цифрової фільтрації та інших додаткових функцій до складу пристрою введений мікропроцесорний блок, описано елементи керування та індикації. У розрахунковому розділі проведено вибір елементної бази пристрою, розрахунок елементів схеми принципової пристрою, дані рекомендації по його налаштуванню та стикуванню з цифровою частиною, здійснено алгоритмізацію процесу цифрової фільтрації.

					КПТР.2018001.01.03.ПЗ	Арк.
Вип.	Аркуш	№ Докум.	Підпис	Дата		74

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1 Бойко Ю.М. Приймання та оброблення сигналів : методичні вказівки до виконання курсового проекту для студентів напрямів підготовки “Радіотехніка” та “Телекомунікації” / Ю. М. Бойко, Д. А. Макаришкін. – Хмельницький : ХНУ, 2015. – 151 с. Режим доступу: https://msn.khnu.km.ua/pluginfile.php/321531/mod_resource/content/2/TITUL.pdf ; https://msn.khnu.km.ua/pluginfile.php/297599/mod_resource/content/3/PPOSmetoda%20BOIKO%20%D0%9F%D0%A0%D0%90%D0%92%D0%9A%D0%90%20%20%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80.1-53.pdf (дата звернення: 25.04.2022).

2 Бойко Ю.М. Приймання та оброблення сигналів. Конспект лекцій /Ю.М. Бойко – Хмельницький : ХНУ, 2007 – 100с.

3 Шинкарук О.М. Приймання та оброблення сигналів: навч. посібник для ВНЗ /О.М. Шинкарук, В.І. Правда, Ю.М. Бойко. – Хмельницький: ХНУ, 2013. – 365 с.

4 Основи побудови пристроїв приймання та обробки сигналів [Текст] : навч. посіб. / Нац. авіац. ун-т ; [уклад.: Журавльов Ю. М., Моргун О. А., Пепа, Ю. В.]. - Київ : НАУ, 2017. - 279 с

5 Бойко Ю.М. Приймання та оброблення сигналів : методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності “Телекомунікації та радіотехніка” / Ю. М. Бойко. – Хмельницький : ХНУ, 2017. – 39 с. Режим доступу: https://msn.khnu.km.ua/pluginfile.php/174269/mod_resource/content/3/PPOSmetoda%20BOIKO%20MOD.pdf (дата звернення: 25.04.2022).

6 Методичні вказівки щодо виконання курсової роботи з дисципліни «Засоби приймання і оброблення інформації» [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 125 «Кібербезпека», спеціалізації «Системи технічного захисту інформації»/КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: В.П.СМИРНОВ – Електронні текстові дані (1 файл: 2,23 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 75 с.

					КПТР.2018001.01.03.ПЗ	Арк.
						75
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

7 Приймання та оброблення сигналів [Текст] : практикум : навч. посіб. для студентів ВНЗ / [Лега Ю. Г. та ін.] ; за ред. д-ра техн. наук В. В. Палагіна ; Черкас. держ. технол. ун-т. - Черкаси : ЧДТУ, 2015. - 255 с.

8 Пристрої приймання та обробки сигналів [Текст] : навчальний посібник / Ю. М. Журавльов, А. О. Пеньков. - Київ : НАУ-друк, 2009. - 200 с.: рис. - Бібліогр.: с. 199.

9 Бойко Ю.М. Науково-прикладні питання забезпечення роздільної здатності і ефективності обробки сигналів у радіотехнічних та телекомунікаційних системах за наявності завад : монографія / Ю. М. Бойко, О. М. Шинкарук, Л. В. Карпова, І. І. Чесановський. – Хмельницький : ХНУ, 2019. – 218 с.

10 Шинкарук О.М. Основи функціонування багатоканальних систем передачі інформації. навч. посібник для ВНЗ /О.М. Шинкарук, Ю.М. Бойко, І.І. Чесановський. – Х.: ХНУ, 2011. – 231 с.

11 Полупроводниковые приемно-усилительные устройства: Справ. радіолюбителя /Р.М. Терещук, К.М. Терещук, С.А. Седов. – 4-е изд., стер. – Киев: Наук. думка, 1988. – 800 с.

12 Modellierung von Transistoren in CMOS/BiCMOS-Technologie zum Entwurf von rauscharmen Verstärkern [Text] : Diss. / U. Basaran ; Universität Stuttgart zur Erlangung der Würde. Fak. Informatik, Elektrotechnik und Informationstechnik. - Stuttgart : [б.в.], 2007. - 131 S.

13 Радиоприемные устройства : учеб. пособ. для радиотех. спец. вузов / Под ред. А. П. Жуковського. – М. Высшая школа, 1989. – 342 с.

14 Чистяков Н. И. Радиоприемные устройства / Н. И. Чистяков, В. М. Сифоров : учеб. для вузов – М. : Связь, 1974. – 402 с.

15 Палшков В. В. Радиоприемные устройства : учеб. пособие / В. В. Палшков. – М. : Радио и связь, 1984. – 392 с.

16 Сифоров В. И. Радиоприемные устройства / В. И. Сифоров. – М. : Сов. радио, 1974. – 777 с.

					КПТР.2018001.01.03.ПЗ	Арк.
						76
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

17 Богданович В. М. Радиоприемные устройства / В. М. Богданович, Н. И. Окулич. – Минск : Вышэйшая школа, 1991. – 428 с.

18 Проектирование радиоприемных устройств / С. М. Клич, А. С. Кривенко, Г. Н. Носикова ; под ред. А. П. Сиверса. – М. : Сов. радио, 1976. – 486 с.

19 Белкин М. К. Справочник по учебному проектированию приемно-усилительных устройств / М. К. Белкин. – К. : Вища школа, 1988. – 316 с.

20 Бойко Ю. М. Теоретичні аспекти підвищення завадостійкості й ефективності обробки сигналів в радіотехнічних пристроях та засобах телекомунікаційних систем за наявності завад : монографія / Ю. М. Бойко, В. А. Дружинін, С. В. Толюпа. - Київ : Логос, 2018. - 227 с.

21 Бойко Ю. М. Цифрові пристрої : конспект лекцій / О. М. Шинкарук, В. Р. Любчик, Ю. М. Бойко. – Хмельницький : ХНУ, 2014. – 113 с.

22 Федосєєв А. Г. Пристрої генерування і формування сигналів. – Хмельницький : ХНУ, 2006. – 222 с.

23 Новаченко И. В. Микросхемы для бытовой радиоаппаратуры. Дополнение первое : справочник / И. В. Новаченко, А. В. Юровский. – М. : Радио и связь, 1990. – 176 с.

24 Терещук Р. М. Полупроводниковые приемно-усилительные устройства : справ. радиолобителя / Р. М. Терещук, К. М. Терещук, С. А. Седов. – К. : Наукова думка, 1988. – 800 с.

25 Документація на мікропроцесор ADSP21MSP59 і синтезатор частоти ADF4110 з офіційного сайту Analog Devices. Режим доступу: <http://www.analog.com> (дата звернення: 25.04.2022).

					КПТР.2018001.01.03.ПЗ	Арк.
						77
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

ДодатокА

(ДОВІДКОВИЙ)

Програма проведення фільтрації (асемблер)

File Name : fir_fr16.asm
Module Name : Finite Impulse response filter
Function Name : __fir

Description : This function performs FIR filter operation on given input.
Operands : R0- Address of input vector, R1-Address of output vector,
: R2- Number of input elements
: Filter structure is on stack.

Prototype:

```
void fir(const fract16 x[],fract16 y[],int n,fir_state_fr16 *s);
```

x[] - input array
y[] - output array
n - number of input samples(even)
s - Structure of type fir_state_fr16:
{
 fract16 *h, // filter coefficients
 fract16 *d, // start of delay line
 int k, // no. of coefficients
} fir_state_fr16;

Registers used :

R0, R1, R2, R3, R3

I0 -> Address of delay line (used for updating the delay line)
I1 -> Address of delay line (used for fetching the delay line data)
I2 -> Address of filter coeff. h0, h1 , ... , hn-1
I3 -> Address of output array y[]

P0 -> Address of input array x[]
P1, P2

Computation Time:

Total execution time for Number of Samples= Ni & number of coefficients = Nc :

Kernal Cycle Count : $(N_i/2)\{4 + ((N_c/2-1)*2)\}$
 Initialization : 36 + 5

For $N_i=256$ & $N_c=8$ Total execution time = 1321 cycles

FIR filter code size : 146 bytes

FIR filter core size : 44 bytes

Modified on 21.3.2001 for moving variable declaration to C and removing unnecessary MNOPs.

```
*****
*****/
```

```
/* Input buffer(in) , Output buffer(out), Delay line Buffer(delay) and filter
coefficient
```

```
buffer(h) are all aligned to 4 byte(word) boundary. The size of the delay line
buffer
```

```
and coefficient buffer has to be 1 word more than the actual size if the
number of
```

```
filter coeff. is odd.
```

```
*/
```

```
.section program;
```

```
.global __fir;
```

```
.align 8;
```

```
__fir :
```

```
P0=[SP+12]; // Address of the filter structure
```

```
nop;nop;nop;
```

```
P1=[P0++]; // Address of the filter coefficient
```

```
array
```

```
P2=[P0++]; // Address of the delay line
```

```
R3=[P0++]; // Number of filter coefficients
```

```
B3=R1; //Output buffer initialized as
```

```
circular buffer
```

```
I2=P1; // Initialize I2 to the start of the
```

```
filter coeff. array
```

```

        B2=P1;                // Filter coeff. array initialized
as a circular buffer
        I0=P2;                // start of the delay line write pointer
        B0=P2;                // Delay line buffer is initialized
as a circular buffer
        I1=P2;                // start of the delay line read pointer
        B1=P2;                // Delay line buffer is initialized
as a circular buffer

        I3=R1;
        P1=R2;
        P2=R3;

        R2=R2+R2;
        CC=BITTST(R3,0);    //Check if the number of filter taps is
odd
        R3=R3+R3;            //As the filter coeff. are of fract16 (2
bytes)
        L2=R3;                //Initialize the filter coeff.
length register
        P0=R0;                // Address of the input array

        IF !CC JUMP FIR_CONTINUE (BP);
        R3+=2;                //Make the filter taps even

        L2=R3;
        nop;nop;nop;
        I2-=2;                // Location where zero has to be padded to coeff.
        R0=0;
        W[I2++]=R0.L;        //Set the last filter coeff. as zero to
                                //force the number of filter taps
even

FIR_CONTINUE:
        L0=R3;                // Set the length of the delay line buffer
        L1=R3;                // Set the length of the delay line buffer
        L3=R2;

        P2+=-1;                //Nc-1 (Number of filter
coefficients - 1)
        nop;nop;nop;
        I3-=4;                //Adjust the output pointer to the last
location

```

```

/*****
*****/

NOP ; // Align the instruction
I0+=4 || R2.H=W[I2--]; //Adjust the delay write pointer
to X-n //and
coeff read pointer to h-n
n+1 R2.H=W[I2++] || R1=[I0];//Fetch hn-1. Fetch X-n and X-
R0=[P0++]; // Fetch X0 and X1

LSETUP(E_FIR_START,E_FIR_END) LC0=P1>>1;
//Loop 1 to Ni/2
E_FIR_START:
R1=PACK(R1.H,R0.H) || [I0++]=R0 || R2.L=W[I2++];
//Store
X1 into the lower half of R1.

//Update the delay line.

//Fetch h0 into lower half of R2

LSETUP(E_MAC_ST,E_MAC_END)LC1=P2>>1;//Loop 1 to Nc/2 - 1
A1=R2.L*R1.L, A0=R2.H*R1.H || R2.H=W[I2++] ||
[I3++]=R3;

//A1=h0*X1, A0=hn-1*X-n+1.

//Fetch h1 into upper half of R2.

//Store
the output.

E_MAC_ST: // The 3 lines of code below can performed in parallel
A1+=R0.L*R2.H,A0+=R0.L*R2.L || R2.L=W[I2++] ||
R0=[I1--];

//A1+=R0.L*R2.H,A0+=R0.L*R2.L;
//R2.L=W[I2++];
//A1+=X0*h1, A0+=X0*h0
//R0=[I1--]; //Fetch filter
coeff. h2 into the lower

```

```

of R2. Fetch X-1 and X-2 into the                                     //half

    //upper and lower half of R0 (for the

time in this loop)                                               //first

E_MAC_END:                A1+=R0.H*R2.L,A0+=R0.H*R2.H || R2.H=W[I2++] ;
    //A1+=X-1*h2, A0+=X-1*h1

    //Fetch h3 into the upper half of R2.

the first time in this loop)                                     //(for

E_FIR_END:                R3.H=(A1+=R0.L*R2.H),R3.L=(A0+=R0.L*R2.L) ||
R0=[P0++] || R1=[I0];
                                                                    //A1+=X-n+2*hn-1,
A0+=X-n+2*hn+2
                                                                    //Fetch the next pair of
inputs (X2 and X3) into lower
                                                                    //and upper half of R0.
Fetch X-n+2 and X-n+3 into R1

                                                                    [I3++]=R3;                //Store the final filtered output.

/*****
*****/
    L0=0;                // Clear the circular buffer initialization
    L1=0;
    L2=0;
    L3=0;
    RTS;

__fir.end:

```

Додаток Б

(довідковий)

Програма проведення фільтрації (C++)

File Name : fir_test.c

Description : This module tests the fir function.

*****/

/* Includes */

#include "mds_def.h"

#include "filter.h"

#include "fir_coeff.h"

#include "fir_input.h"

/* Constants */

#define DELAY_SIZE BASE_TAPLENGTH

fract16 delay[DELAY_SIZE];

fract16 OUT[BUFFER_SIZE];

void main()

{

int i,

nsamples,

tapLength;

fir_state_fr16 s;

nsamples = BUFFER_SIZE;

tapLength = BASE_TAPLENGTH ;

fir_init(s, h, delay, tapLength);

_fir(IN, OUT, nsamples, &s);

}

КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ

Радіоприймальний пристрій з цифровою фільтрацією

ГУР'ЄВ ОЛЕГ ОЛЕКСАНДРОВИЧ

*Кафедра телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій,
гр. ТР-18-1*

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Спеціальність: 172 – «Телекомунікації та радіотехніка»

Керівник роботи: д.т.н., професор Бойко Ю.М.

- 1) Провести аналіз літературних джерел щодо принципів побудови тракту радіоприймача, принципів цифрової фільтрації і обробки сигналів;
- 2) Провести ескізний розрахунок схеми структурної радіоприймача;
- 3) Провести розрахунок схеми-електричної принципової радіоприймача;
- 4) Провести вибір та обґрунтування тракту цифрової фільтрації, вибір мікропроцесора, математичний опис цифрового фільтра, розробку алгоритму роботи блоку цифрової обробки, електричний розрахунок схеми радіоприймача;
- 5) Розробити схему електрично-структурну та електричну принципову радіоприймального пристрою.

– Діапазон частот – Довгі хвилі : $f_{\max} = 405$ кГц ; $f_{\min} = 150$ кГц

Середні хвилі: $f_{\max} = 1605$ кГц ; $f_{\min} = 525$ кГц; Ультра короткі хвилі:

$f_{\max} = 108$ МГц ; $f_{\min} = 65$ МГц

– Чутливість – 40 (3) мкВ;

– Вибірність за сусіднім каналом - 75 дБ;

– Вибірність за дзеркальни каналом - 30 (70) дБ;

– Вибірність за прямим каналом - 40 (65) дБ;

– Коефіцієнт модуляції - 0,6

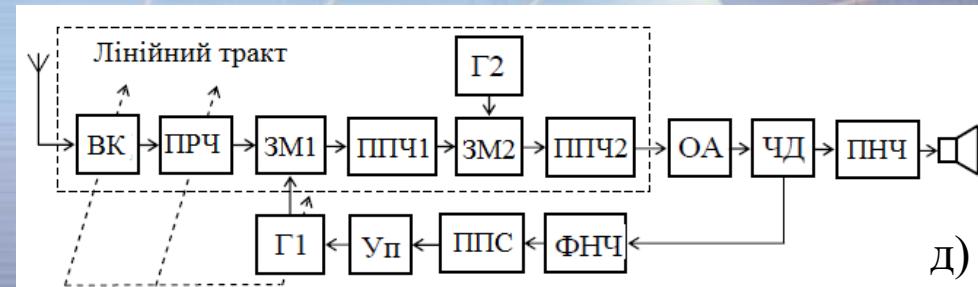
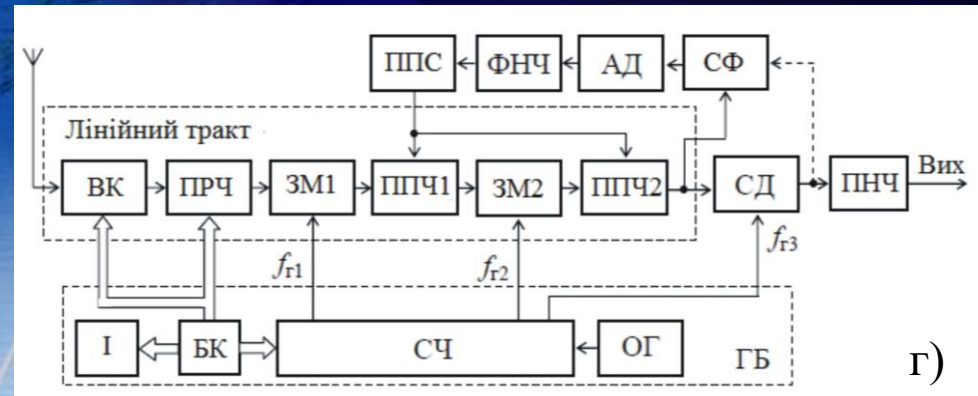
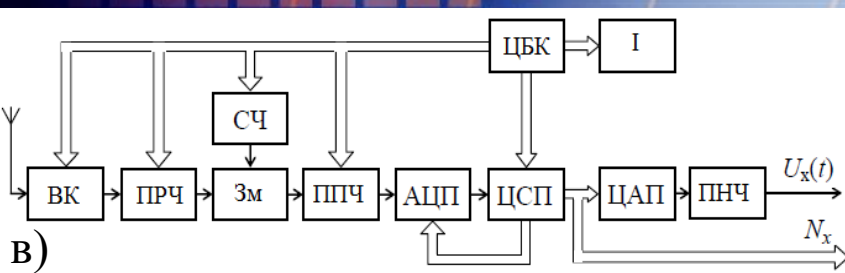
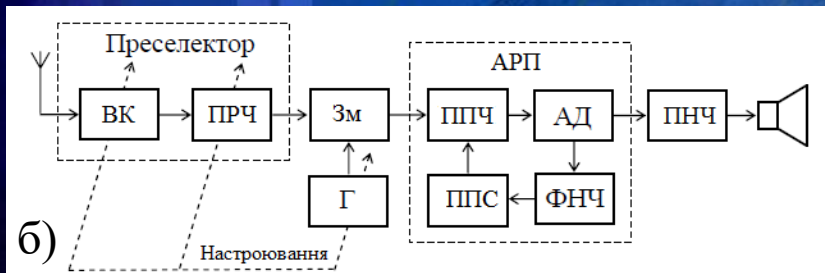
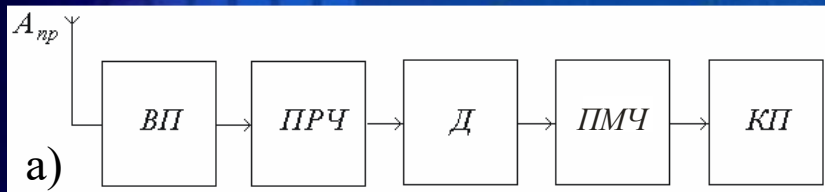
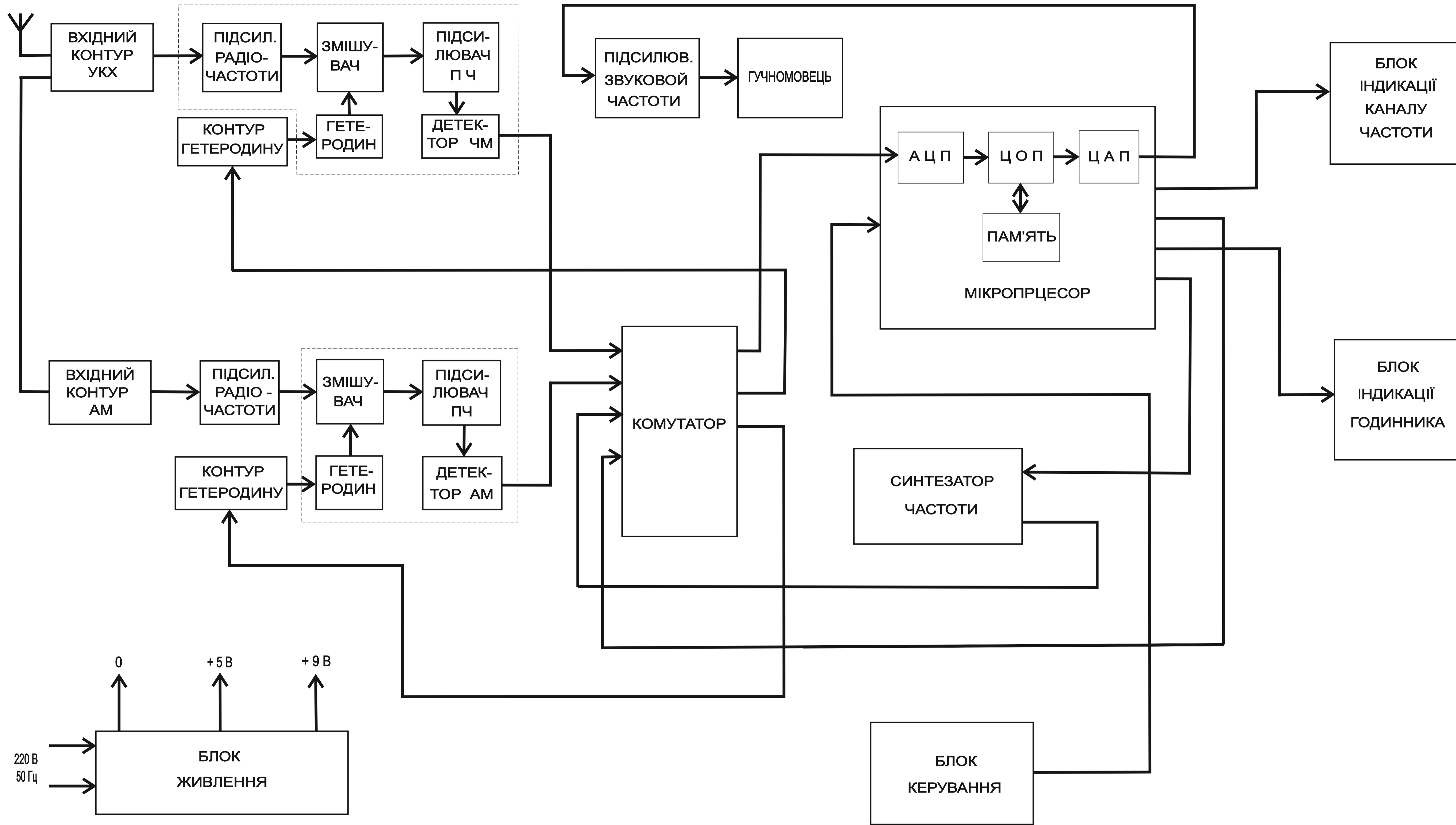
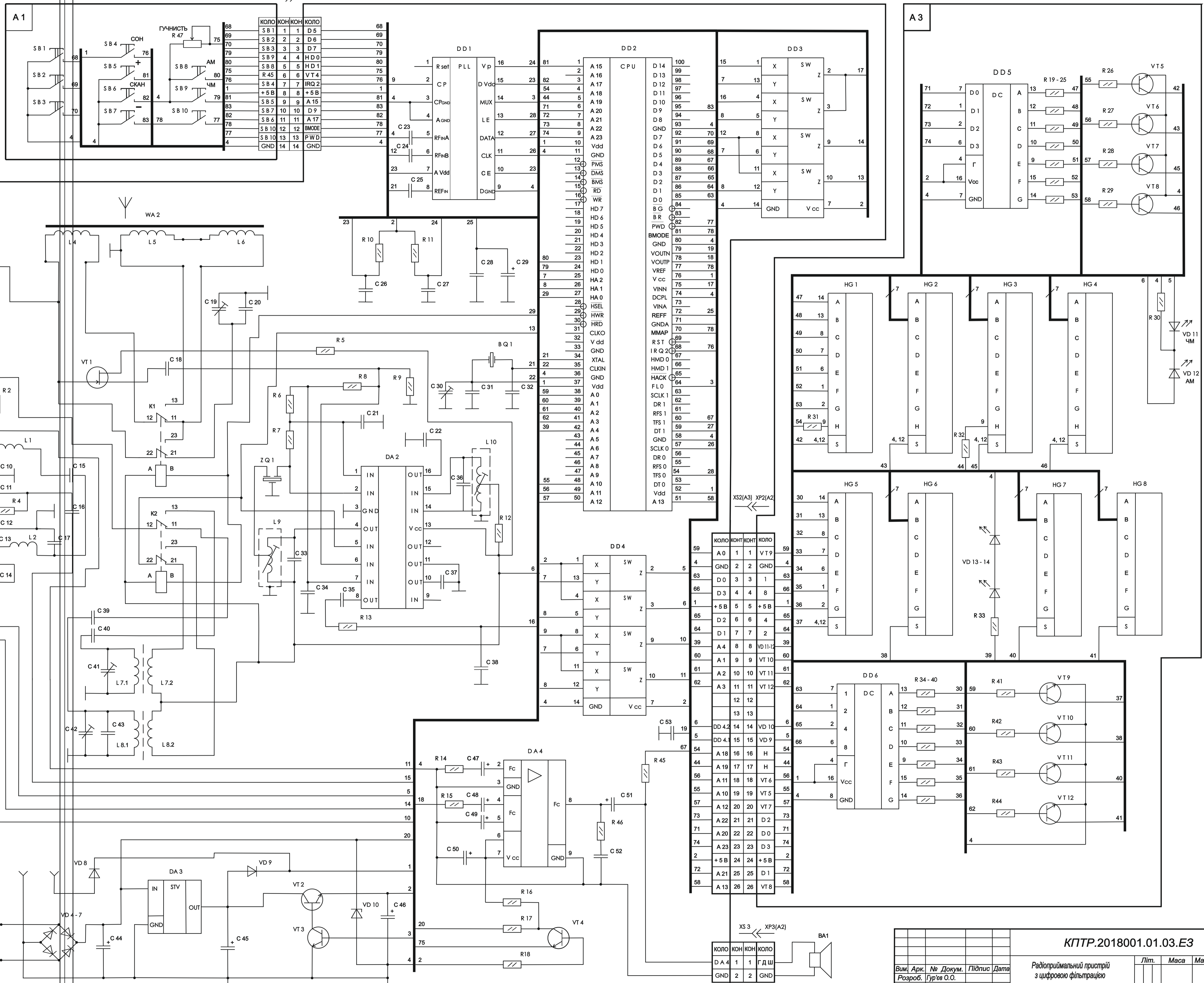


Рисунок 1 – Структурні схеми радіоприймальних пристроїв: а - прямого підсилення; б - супергетеродинного типу; в – цифрового приймача; г – супергетеродинного з подвійним перетворенням частоти та односмуговою модуляцією; супергетеродинного приймача з частотною модуляцією; ВК (ВП) – вхідний пристрій; ПРЧ – підсилювач радіочастоти; ЗМ – змішувач; ППЧ – підсилювач проміжної частоти; Д – детектор (демодулятор); Г – гетеродин; СЧ – синтезатор частоти; ЧД – частотний детектор; ППС – підсилювач постійного струму; Уп – управник; ФНЧ – фільтр низьких частот; ОГ – опорний генератор; БК – блок керування; АРП – коло автоматичного регулювання підсилення



				КПТР.2018001.01.03.Е1		
Вим. Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	Радіоприймальний пристрій з цифровою фільтрацією СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА СТРУКТУРНА		
Розроб.	Гур'єв О.О.					
Перевір.	Бойко Ю.М.					
Т.контр.						
				Лім.	Маса	Масшт.
				Аркуш 1	Аркуше 1	
				ХНУ ір. ТР-18-1		

XP1(A2) XP2(A1)



A2

A1

A3

КОЛО	КОН	КОН	КОЛО
A0	1	1	V T 9
GND	2	2	GND
D0	3	3	1
D3	4	4	8
+5B	5	5	+5B
D2	6	6	4
D1	7	7	2
A4	8	8	VD 11-12
A1	9	9	VT 10
A2	10	10	VT 11
A3	11	11	VT 12
12	12		
13	13		
DD 4.2	14	14	VD 10
DD 4.1	15	15	VD 9
A 18	16	16	H
A 19	17	17	H
A 11	18	18	VT 6
A 10	19	19	VT 5
A 12	20	20	VT 7
A 22	21	21	D 2
A 20	22	22	D 0
A 23	23	23	D 3
+5B	24	24	+5B
A 21	25	25	D 1
A 13	26	26	VT 8

КОЛО	КОН	КОН	КОЛО
D A 4	1	1	Г Д Ш
GND	2	2	GND

КІТТР.2018001.01.03.Е3

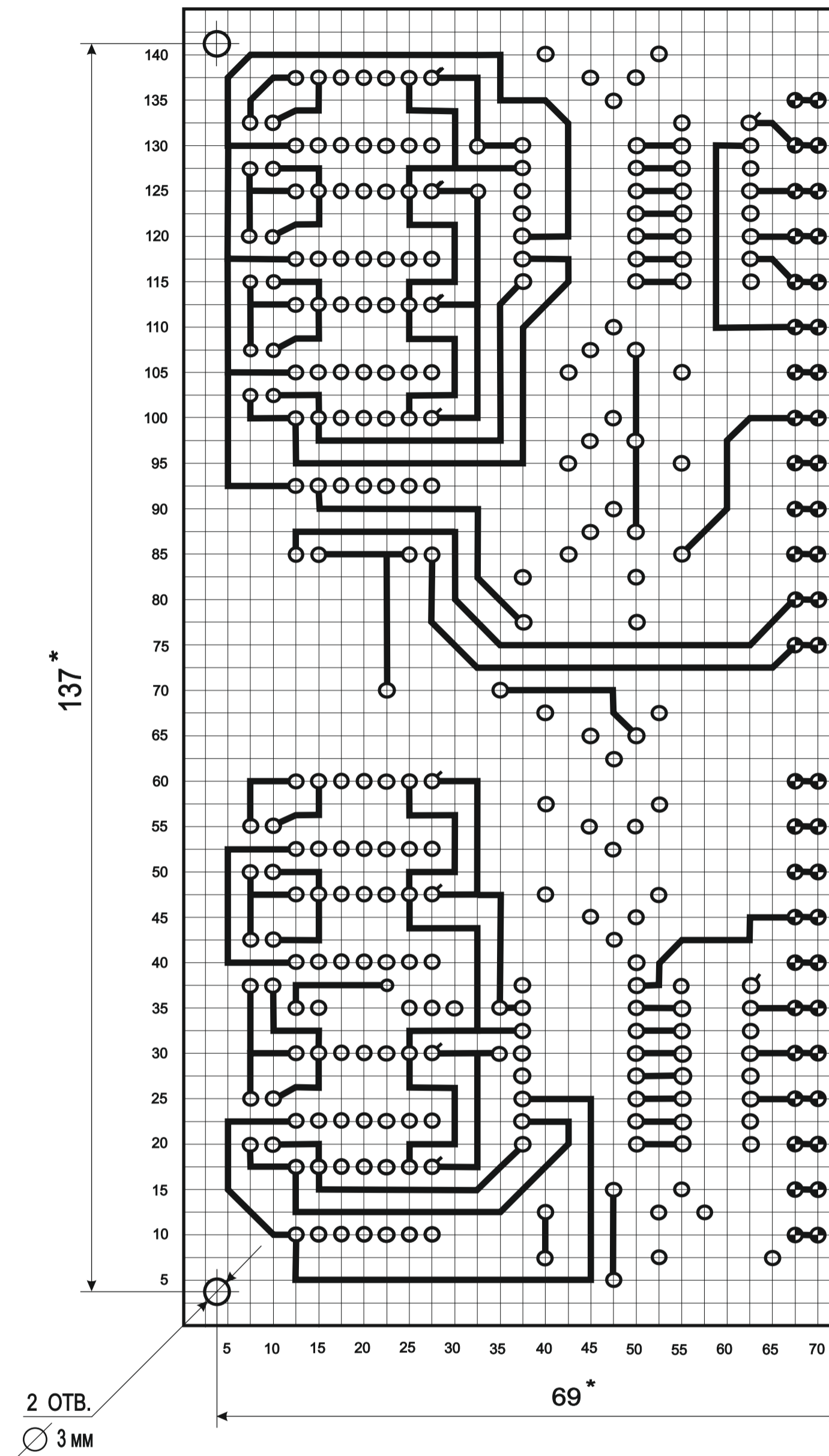
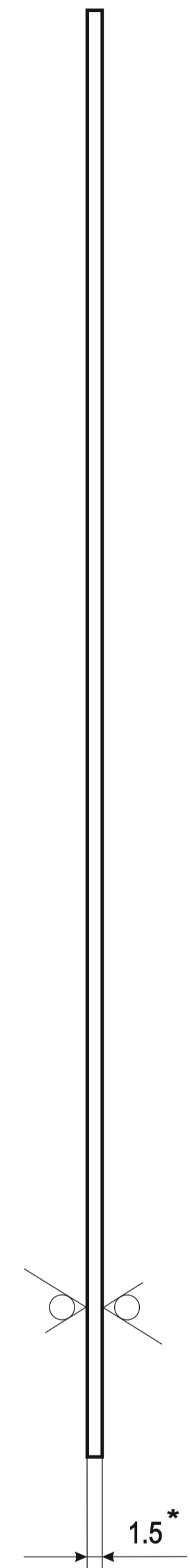
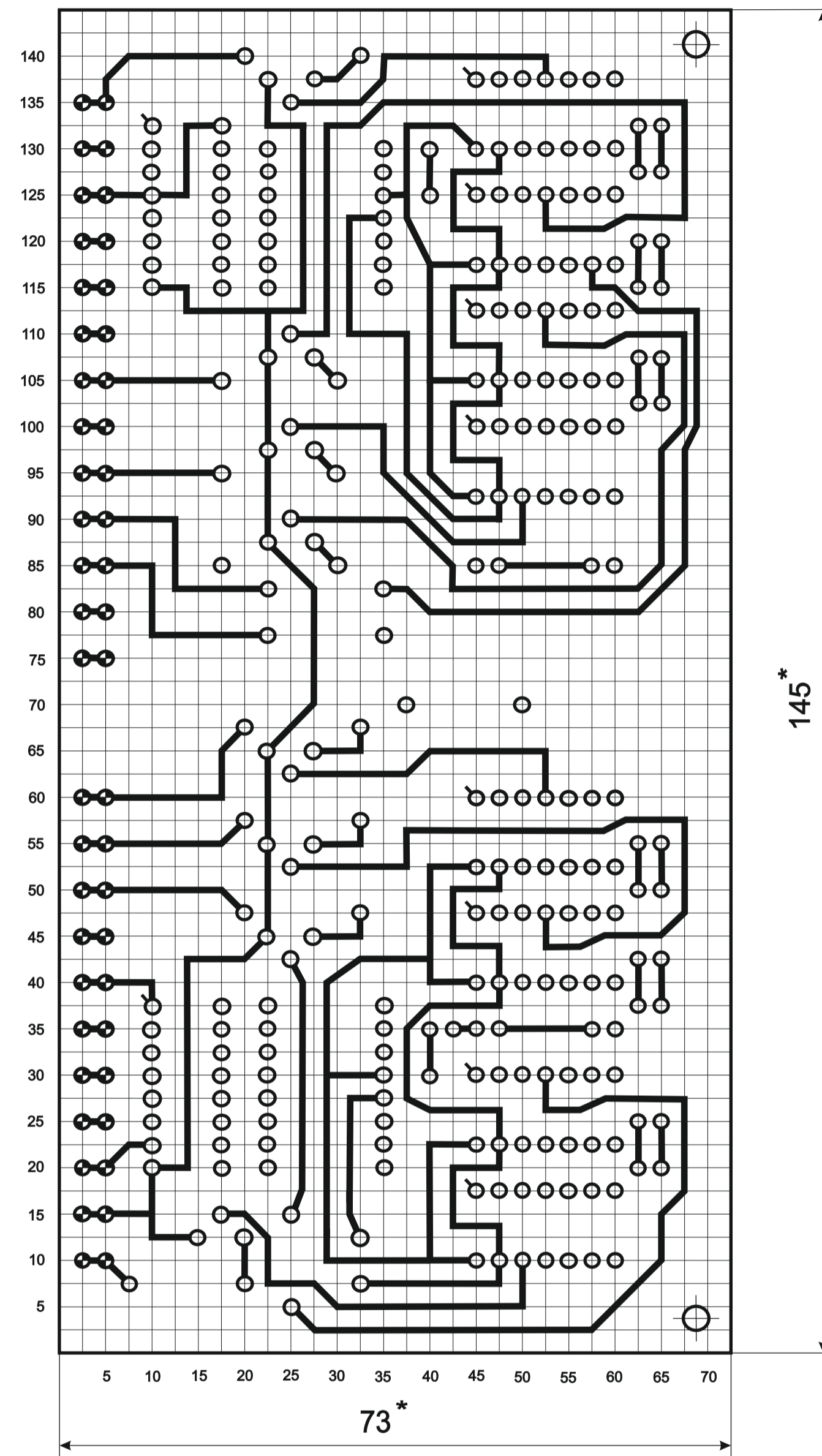
Радіоприймальний пристрій з цифровою фільтрацією
СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА

Вим. Арх.	№ Докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Гур'єв О.О.		
Перевір.	Бойко Ю.М.		
Т.контр.			
Н.контр.	Бойко Ю.М.		
Затвер.			

Лім.	Маса	Масшт.
Аркуш 1	Аркуше 1	

ХНУ гр. ТР - 18 - 1

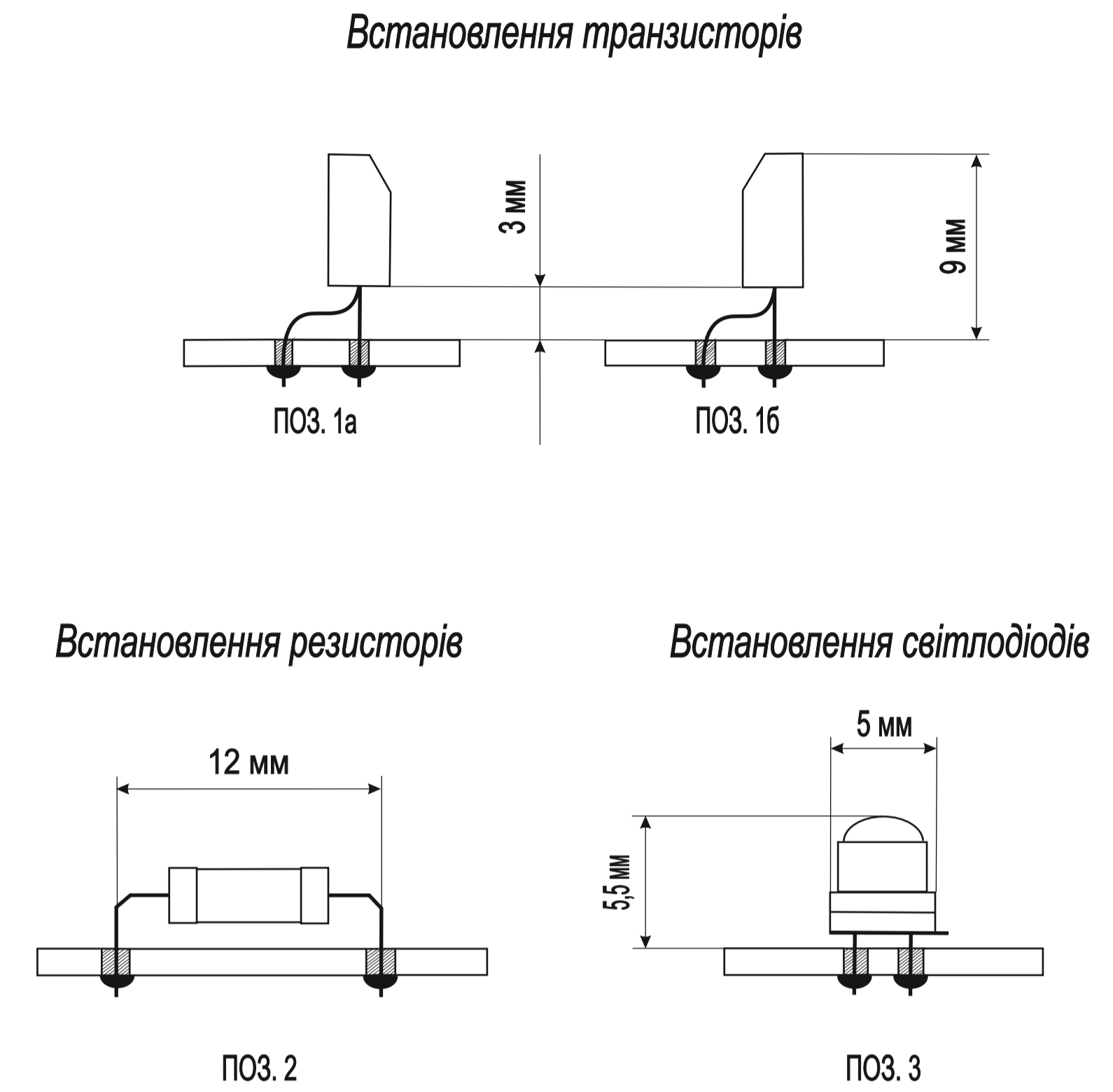
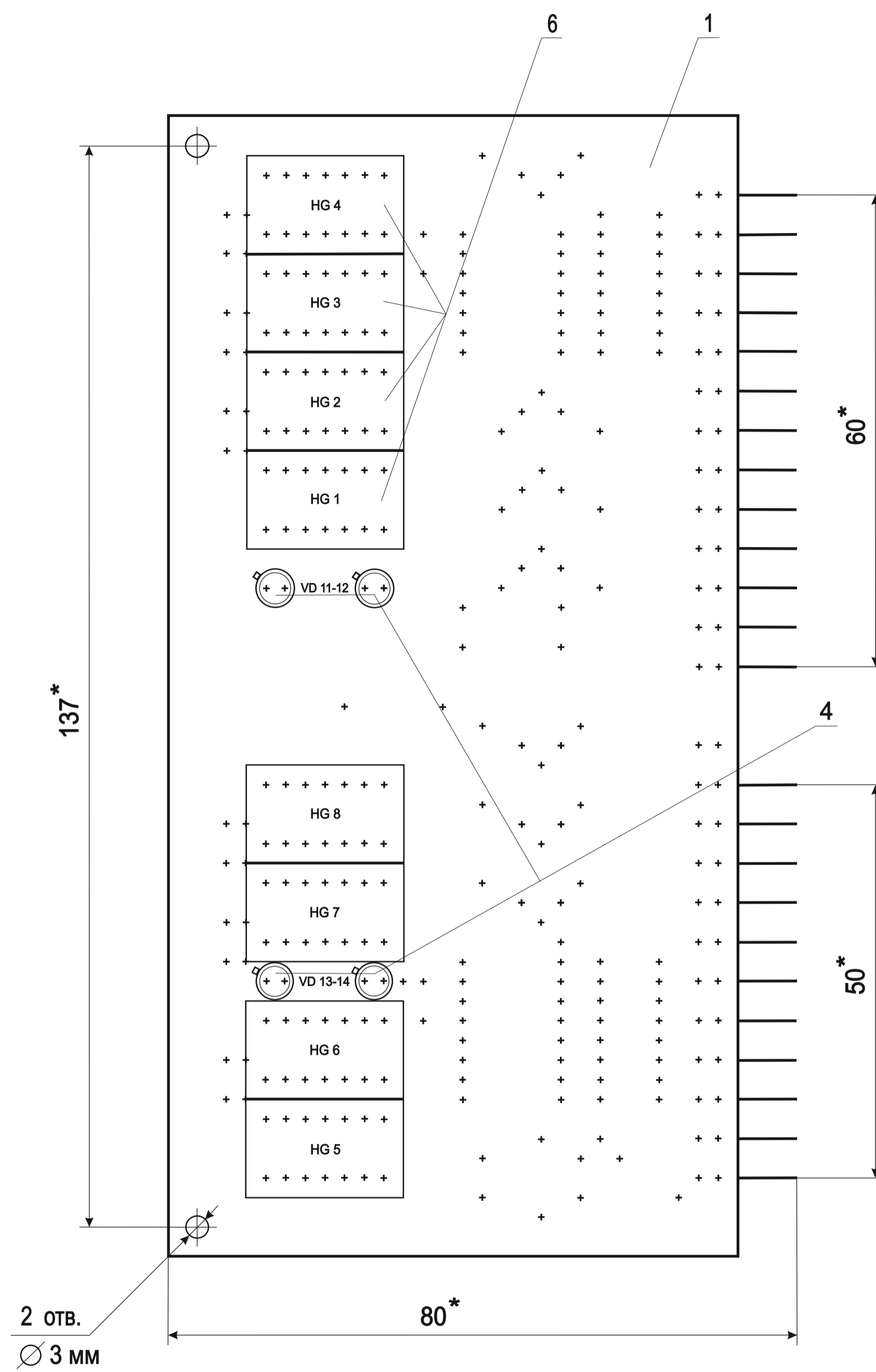
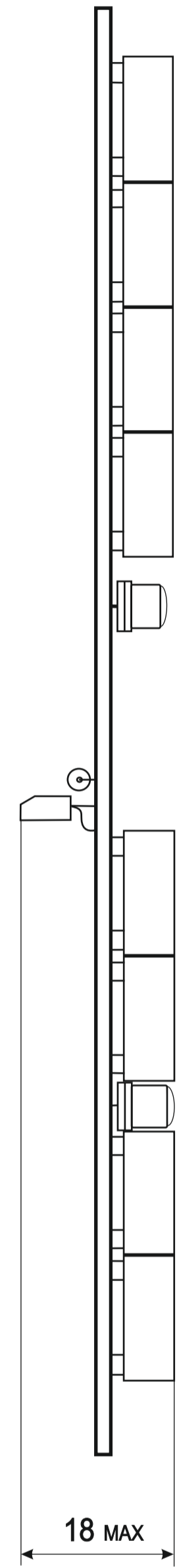
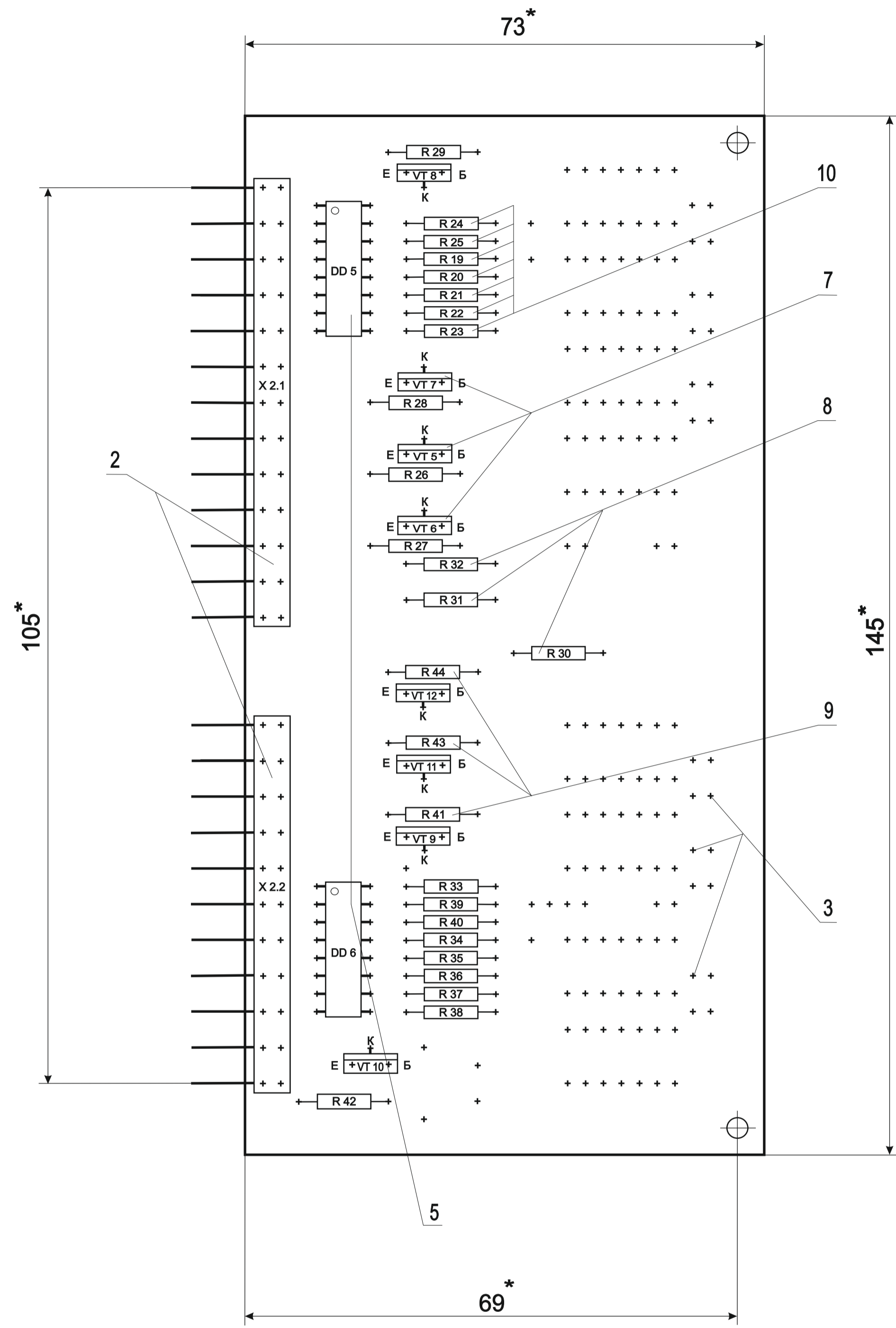
Rz 40 (✓)



- 1.* Розміри для довідок.
2. Плату виготовити хіміко - гальванічним методом.
3. Плата повинна відповідати ДСТ 4.077.000.
4. Крок координатної сітки 2.5 мм.
5. Мінімальна ширина провідників 1 мм.
6. Мінімальна відстань між провідниками 1 мм, в вузьких місцях 0.8 мм на довжині 10 мм.
7. Граничне відхилення між центрами контактних майданчиків 0,2 мм.
8. Маркувати фарбою ТНПФ ТУ 29-02-359-70 шрифтом 3 по НО. 010.007. Зі сторони встановлення елементів.
9. Інші технічні вимоги по ДСТ 4.410.070.

ПОЗНАЧЕННЯ ОТВ.	ДІАМЕТР ОТВ. , ММ	ДІАМЕТР КОНТАКТНОЇ ПЛОЩАДКИ	КІЛЬКІСТЬ ОТВ.
	0,8 ^{+0,1}	1,6 MIN	262
	1,0 ^{+0,1}	2,0 MIN	48

КПТР.2818001.01.03				Лім.	Маса	Масшт.
Вим. Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Гур'єв О.О.				0,07 кг	2 : 1
Перевір.	Бойко Ю.М.					
Т.контр.				Аркуш 1	Аркуше 1	
Н.контр.	Бойко Ю.М.					
Затвер.						
Склад текстоліт				ХНУ г. ПР - 18 - 1		
СФ - 2 - 1,5 ДСТ 10316 - 78						



- 1.* Розміри для довідок.
- 2. Встановлення елементів проводити з шагом координатної сітки 2.5 мм по ДСТ4.010.030 елементи VT8, VT9, VT11, VT12 встановити по варіанту поз.1а, VT 5, VT 6, VT7, VT10 встановити по варіанту поз.1б, елементи R19 - R44 встановити по варіанту поз.2, VD 11...VD 14 встановити по варіанту поз.3, встановлення мікросхем DD5, DD6, та індикаторів HG1...8 по ДСТ4.010.030 - 81.
- 3. Припій ПОС 61 ДСТ 21930 - 76.
- 4. Позначення елементів відповідають схемі електричній принциповій КПРТ.2818001.01.03. Е3.
- 5. Маркувати фарбою ТНПФ ТУ 29-02-359-70, шрифт 3 по НО.010.07.
- 6. Технічні вимоги до об'єма монтажу по НО.010.001.
- 7. Інші технічні вимоги по ДСТ 4 ГО.000.045.

КПРТ.2818001.01.03.СК				Літ.	Маса	Масшт.
Вим. Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Гур'єв О.О.				0,07 кг	2 : 1
Перевір.	Бойко Ю.М.					
Т.контр.				Аркуш 1	Аркуше 1	
Н.контр.	Бойко Ю.М.			ХНУ ір. ТР - 18 - 1		
Затвер.						

Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітка
	Гучномовець		
BA1	0,25 ГДШ - 10		
	Кварцовий резонатор		
BQ1	PKMD - 13 МГц		
	Конденсатори		
C1,C31	KM 6 - 10 нФ ± 10% ОЖО.460.161 ТУ		
C2...C6,C18 Г21 Г34	KM-1-H90 - 0,01 мкФ ± 10% ОЖО.460.061 ТУ		
C3,C15,C23 Г43	KM-6-M750 - 100 нФ ± 10% ОЖО.461.061 ТУ		
C7,C10,C16	KM-6-H50 - 0,1 мкФ ± 10% ОЖО.461.061 ТУ		
C26...C28 Г35 Г52	KM-6-H50 - 0,1 мкФ ± 10% ОЖО.461.061 ТУ		
C8,C38	KM-6-H30 - 1500 нФ ± 10% ОЖО.461.061 ТУ		
C9,C11,C40	KM-6-П33 - 300 нФ ± 10% ОЖО.461.061 ТУ		
C12,C14	KM- 6-M1500 - 3300 нФ ± 10% ОЖО.461.061 ТУ		
C13,C17,C24 Г25	KM-6 39 нФ± 10% ОЖО.460.161 ТУ		
C19	KPK-1 - 2 / 7 нФ ± 10% ОЖО.401.008 ТУ		
C20,C32	KM-6 27 нФ ± 10% ОЖО.460.161 ТУ		
C22,C37,C46	K50-16-1-16В - 50 мкФ ОЖО.461.031 ТУ		
C29,C47,C49	K50-16-1-16В - 10 мкФ ОЖО.461.031 ТУ		
C30,C41,C42	KPK-1 - 5 / 20 нФ ± 10% ОЖО.460.008 ТУ		
C33,C36	KM-6-П33 - 390 нФ ± 10% ОЖО.461.061 ТУ		
C39	KM-6-M75 - 150 нФ ± 10% ОЖО.460.161 ТУ		
C44	K50-35-1-16В - 2200 ОЖО.464.031 ТУ		

КІПТР.2018001.01.03.ІІЕ

Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата
Розроб.		Гур'єв О.О.		
Перевір.		Бойко Ю.М.		
Н. Контр.		Бойко Ю.М.		
Затверд.				

Радіоприймальний пристрій з
цифровою фільтрацією
Перелік елементів

Літ.	Арк.	Аркушів
	1	4

ХНУ, гр. ТР - 18-1

Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітка
C45,C50	K50-35-1-16B - 470 мкФ ОЖО.464.214 ТУ	.	
C48	K50-6-1-16B - 1 мкФ ОЖО.461.214 ТУ		
C51	K50-35-1-16B - 100 мкФ ОЖО.464.214 ТУ		
C53	KM-6-H90 - 0,068 мкФ ± 10% ОЖО.461.061 ТУ		
<u>Мікросхеми</u>			
DA1	K 174 XA 34 БКО.373.298 - ТУ2		
DA2	K 174 XA 10 БКО.364.248 - ТУ1		
DA3	KP 142 EH 5 A БКО.348.634 - 02ТУ		
DA4	K 174 УН 4 БКО.348.260 - 02ТУ1		
DD1	ADF 4110		
DD2	ADSP - 21 MSP 59		
DD3,DD4	K 561 КТ 3 А БКО.356.252 - 02ТУ		
DD5,DD6	K 514 ИД 1 БКО.378.434 - ТУ2		
<u>Індикатори</u>			
HG1...8	АЛС 333 А		
<u>Реле</u>			
K1,K2	PEC 60		
<u>Котушки індуктивності</u>			
L1	0,28 мкГ		
L2	2,6 мкГ		
L3	0,072 мкГ		
L4	250,74 мкГ		
L5,L6	2678,3 мкГ		
КІІТР.2018001.01.03.ІІЕ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис
			Дата
			Арк.
			2

Рецензія
опонента на бакалаврський кваліфікаційний проект виконаний за темою
«Радіоприймальний пристрій з цифровою фільтрацією»
студента гр. ТР-18-1 Гур'єва О.О.

Кваліфікаційний проект студента Гур'єва Олега Олександровича присвячений проектуванню радіоприймача з цифровою фільтрацією та додатковими функціями на мікропроцесорі.

В ході виконання кваліфікаційного проекту проведений аналіз літературних джерел по темі бакалаврського кваліфікаційного проектування. По результатам аналізу вибраний блок цифрової обробки та керування на мікропроцесорі ADSP – 21MSP59. Здійснено вибір та ескізне обґрунтування та розрахунок структурної схеми приймача, доведено переваги обраного варіанту цифрової фільтрації. Приймальний блок який розроблявся на відміну від аналогів має покращені можливості, що відображається в збільшені функцій керування і цифрової індикації, а мікропроцесорне керування дозволяє автоматично керувати приладом. Саму важну роль приладу, який розробляється в кваліфікаційному проекті, відображає цифрова обробка низькочастотного сигналу (його цифрова фільтрація).

В розрахунковому розділі кваліфікаційного проекту здійснено розрахунок блоку радіоприймача, блоку цифрової фільтрації, розроблено алгоритм блоку цифрової обробки, програмне забезпечення, та здійснено опис блоку керування.

Використання у розробленому пристрої додаткових функцій та цифрової фільтрації вигідно відрізняє його серед аналогів.

В цілому кваліфікаційний проект виконаний на високому технічному рівні, його тематика та зміст безпосередньо охоплює вимоги бакалаврського стандарту для спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» щодо набуття фахової кваліфікації, а студент Гур'єв О.О. заслуговує на оцінку **відмінно**.

Опонент: к.т.н., доцент
кафедри фізики та електротехніки



Олександр ЄРЬОМЕНКО

**Відгук на кваліфікаційний проект виконаний за темою
«Радіоприймальний пристрій з цифровою фільтрацією»
студента гр. ТР-18-1 Гур'єва О.О.**

У кваліфікаційному проекті студента Гур'єва проведено проектування радіоприймального пристрою з додатковими функціями на мікропроцесорі. Під час виконання кваліфікаційного проекту студент Гур'єв провів аналітичний огляд літературних джерел де встановила особливості побудови та проектування приймальних пристроїв які реалізовано за різними структурними схемами, були визначені основні вимоги до радіоприймачів, розглянуто принципи підвищення чутливості та селективності трактів приймальних пристроїв, розглянуто особливості цифрової фільтрації. На підставі аналізу отриманих даних, було проведено ескізний розрахунок приймача та розраховано структурну схему радіоприймального пристрою, проведено електричні розрахунки каскадів радіоприймального пристрою.

В якості елементної бази для побудови блоку цифрового оброблення та керування додатковими функціями приймача використано цифровий мікропроцесор типу ADSP – 21MSP59. До структури радіоприймального пристрою входять також тракти для приймання сигналів ДХ, СХ та УКХ які реалізовано на мікросхемах TDA-7021 і TDA-1083.

Приймач реалізовано за супергетеродинною схемою з проведенням післядетекторної цифрової фільтрації на основі трансверсального фільтру. Цифровий блок здійснює цифрову фільтрацію сигналу, а також здійснювати керування пристроєм в цілому. В пристрої реалізовано додаткові функції годинника, будильника. Суть керування пристроєм полягає в можливості переходу стану пристрою із активного в пасивний і навпаки, тобто стан коли блок радіоприймача працює і мікропроцесор здійснює цифрову обробку сигналу

В цілому під час роботи над кваліфікаційним проектом студент Гур'єв О.О. проявила себе як грамотний спеціаліст в галузі телекомунікацій, показав вміння та навички і набуті компетентності в розрахунках, в складанні конструкторської документації на плату, складальне креслення плати пристрою, розробку схеми електричної-принципової пристрою.

Кваліфікаційний проект виконано на високому технічному рівні, він відповідає вимогам щодо фахових компетенцій викладених у стандарті бакалавра 172 «Телекомунікації та радіотехніка», а студент Гур'єв О.О. заслуговує оцінки **«відмінно»**.

д.т.н, професор



Юлій БОЙКО

Завідувачу кафедри телекомунікацій,
медійних та інтелектуальних технологій ХНУ
Підченку Сергію Костянтиновичу
здобувача вищої освіти, студента Гур'єва Олега
Олександровича, факультету інформаційних
технологій, 4-го курсу, група ТР-18-1

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 (а). 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 мого кваліфікаційного проекту виконаного за темою «Радіоприймальний пристрій з цифровою фільтрацією» 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.

30.05.2022

дата



підпис

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальное совпадение с одним документом 1.0%

Словари проверки: en_US, ru_RU, ua_UA. Ошибок в документах: 10%

ID: 104230 Название: Радіоприймальний пристрій з цифровою фільтрацією Добавлено в БД: 2022-05-30 Авторы: Гур'єв Олег Олександрович Руководители: Бойко Юлій Миколайович Консультанты: Опоненты:	Документ		Суммарное совпадение по Базе Данных	
	Символы	Лексемы	Символы	Лексемы
	50092	763	1828 (4%)	28 (4%)

Источник плагиата

ID	Описание	Наличие плагиата в документе	
		Символы	Лексемы

Имя пользователя:
Kafedra TMIT KhNU

ID проверки:
1011386487

Дата проверки:
30.05.2022 21:33:16 EEST

Тип проверки:
Doc vs Internet

Дата отчета:
30.05.2022 21:38:26 EEST

ID пользователя:
100005657

Название файла: Гур_ев_TP_18

Количество страниц: 78 Количество слов: 10151 Количество символов: 75783 Размер файла: 3.69 MB ID файла: 1011270318

Обнаружены модификации текста (могут влиять на процент совпадений)

12.9% Совпадения

Наибольшее совпадение: 6.8% с Интернет-источником (https://msn.khnu.km.ua/pluginfile.php/297599/mod_resource/c...)

12.9% Источники из Интернета

217

Страница 80

Поиск совпадений с Библиотекой не производился

0% Цитат

Не найдено ни одной цитаты

Не найдено ни одной ссылки

0% Исключений

Нет исключенных источников

РІШЕННЯ КАФЕДРИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ, МЕДІЙНИХ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

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

Назва: Радіоприймальний пристрій з цифровою фільтрацією

Автор: ур'єв Олег Олександрович

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.	відповідає
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	-
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 розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження (є власні терміни, визначення тощо), складають 12,9 % та мають посилання на приведений список літературних джерел.

«30» травня 2022 р.

Науковий керівник



Бойко Ю.М.

Завідувач кафедрою ТМІТ

Підченко С.К.