

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет інформаційної безпеки та електронних комунікацій
(повне найменування факультету)

Кафедра радіотехніки та телекомунікацій
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістра

(ступінь вищої освіти)

на тему **МЕТОД КОДУВАННЯ АНАЛОГОВОГО ВІДЕОСИГНАЛУ З**
ВИКОРИСТАННЯМ ПОДВІЙНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ

Виконав(ла): студент(ка) 2м курсу, групи БК-912м

Спеціальності _____

172 «Телекомунікації та радіотехніка»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація) _____

«Інформаційні мережі зв'язку»

БАРАНИК Дмитро Сергійович

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник САМОЙЛИК Сергій Сергійович

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

2023 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет Факультет інформаційної безпеки та електронних комунікацій

Кафедра Радіотехніки та телекомунікацій

Ступінь вищої освіти магістр

Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

(код і найменування)

Освітня програма (спеціалізація) Інформаційні мережі зв'язку

(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Т.в.о. завідувача кафедри РТТ

к.ф.-м.н., доц. Сергій САМОЙЛИК

«___» грудня 2023 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

БАРАНИКА Дмитра Сергійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Метод кодування аналогового відеосигналу з використанням подвійного перетворення

керівник проєкту (роботи) САМОЙЛИК Сергій Сергійович, к.ф.-м.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «14» листопада 2023 року №443

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 20 листопада 2023 р.

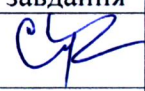
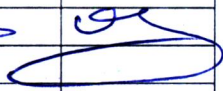
3. Вихідні дані до проєкту (роботи) Структура аналогового відеосигналу, що отримується з камер

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Огляд структури аналогового відеосигналу, огляд існуючих методів шифрування аналогового відео, опис і вибір засобів подвійного перетворення відеосигналу, розробка схеми керування системою подвійного перетворення з передачею відеосигналу засобами радіоканалу, написання програми керуючого мікроконтролеру

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

Презентація роботи в PowerPoint

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-4	САМОЙЛИК С.С., в.о.зав.каф. РТТ,к.ф.-м.н.,доцент		
Нормоконтроль	МОРОЗ Г.В., ст. викладач каф. РТТ		

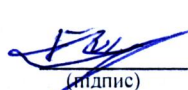
7. Дата видачі завдання «02» вересня 2023 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

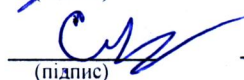
№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Пошук та вивчення наукових джерел	2.9-1.10	
2	Огляд методів шифрування аналогового відео	2.10-14.10	
3	Розробка схеми подвійного перетворення	14.10-24.10	
4	Розробка схеми керування подвійним перетворення відеосигналу	24.10-2.11	
	Написання програмного забезпечення керуючого мікроконтролера		
5	Оформлення пояснювальної записки	2.11-2.12	
6	Перевірка ПЗ на добросовісність	8.12	
7	Створення презентації у Power Point	10.12	
8	Захист	16.12	

Студент

Керівник проєкту (роботи)


(підпис)

Дмитро БАРАНИК
(прізвище та ініціали)


(підпис)

Сергій САМОЙЛИК
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до магістерської роботи: 94 с., 2 табл, 34 рис., 5 дод., 12 джерел.

КАДР, ВІДЕОСИГНАЛ, ПЕРЕДАВАЧ, ПРИЙМАЧ, АЦП, ЦАП, МІКРОКОНТРОЛЕР, ПРОГРАМА.

Мета роботи – розробка методу та апаратного забезпечення для захисту аналогового відеосигналу від перехоплення шляхом використання подвійного перетворення відеосигналу.

Об’єкт дослідження – аналоговий відеосигнал і особливості його оборотного перетворення з метою шифрування при передаванні на відстані.

Предмет дослідження – пристрій кодування аналогового відеосигналу шляхом подвійного перетворення і передавання відео бездротовими засобами.

Здійснено огляд сучасної літератури з питань аналогового кодування відеозображення, існуючих методів шифрування аналогового відео. Запропоновано метод шифрування аналогового відеосигналу за допомогою використання подвійного перетворення. Розроблено схему оцифрування аналогового відеосигналу, схему керування АЦП та передавачем, схему керування приймачем та ЦАП для зворотнього перетворення. Розроблені на основі запропонованого методу шифратор та дешифратор надають можливість захистити від несанкціонованого доступу.

ЗМІСТ

	С.
Скорочення та умовні позначки	7
Вступ.....	8
1 Аналоговий відеосигнал та існуючі способи його захисту від несанкціонованого перегляду	10
1.1 Опис аналогового відеосигналу.....	10
1.2 Бездротове передавання аналогового відеосигналу	20
1.3 Методи захисту аналогового відео від несанкціонованого перегляду	23
2 Методологічні засади подвійного перетворення відеосигналу	30
2.1 Аналогово-цифрове перетворення	30
2.2 Зворотне цифро-аналогове перетворення.....	39
2.3 Вибір засобів реалізації аналогово-цифрового перетворення відеосигналу.....	43
2.4 Вибір засобів реалізації цифро-аналогового перетворення.....	47
3 Розробка пристрою кодування шляхом подвійного перетворення.....	51
3.1 Опис принципів та розробка структури	51
3.2 Вибір основних елементів схеми.....	56
3.2.1 Вибір керуючого мікроконтролера	56
3.2.2 Вибір прийомо-передавача	59
3.3 Розробка схеми пристрою перетворення та цифрової прийомо-передачі	60
4 Розробка програмного забезпечення та тестування пристрою	67
4.1 Програмування схеми цифрового бездротового передавача	67
4.2 Результати тестування	68
Висновки	71
Перелік джерел посилань	72
Додаток А.....	74

Додаток Б	75
Додаток В	76
Додаток Д	80
Додаток Є	91

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

- NTSC – (National Television System Committee) Національний комітет з питань телевізійних систем
- PAL – (Phase Alternating Line) строкова зміна фази
- АЦП – аналогово-цифровий перетворювач
- ТВД – телевізійний датчик

ВСТУП

В даний час аналоговий відеосигнал використовується у двох основних напрямках. Один з них складає телебачення, другий отримав назву прикладного телебачення, під яким розуміється використання телевізійних методів і засобів у народному господарстві, наукових дослідженнях, космічного зв'язку, військовій справі тощо. Слід зазначити, що протягом всієї історії обидва напрями розвивалися в тісній взаємодії між собою. Проте в силу специфіки розв'язуваних завдань вимоги до систем мовного та прикладного телебачення можуть суттєво відрізнятися.

Системи прикладного телебачення за призначенням та принципом побудови поділяються на дві основні групи. До першої групи належать спостережні системи, які називаються також оглядово-пошуковими або інформаційними системами. Вони призначені для спостереження за загальною обстановкою всередині заданого простору, обмеженого полем зору об'єктива, а також візуального або автоматичного пошуку, виявлення та розпізнавання об'єктів, що цікавлять оператора. До другої групи відносяться телевізійні вимірювальні системи (ТІС), що служать для контролю та вимірювання окремих параметрів об'єкта.

Останнім часом для більш швидкого розгортання систем контролю, а також для пересувних робототехнічних та безпілотних систем використовують передавання аналогового відеосигналу бездротовим способом. При бездротовій передачі аналоговий сигнал передається за замовчуванням без якогось захисту, що дає змогу його перехоплення при налаштуванні приймача на частоту передачі і може використовуватись злоумисниками для збору інформації та навіть підміни сигналу.

Захист аналогової бездротової передачі відеосигналу є необхідною умовою для роботи в системах відеоспостереження, контролю виробництва, безпілотних і робототехнічних технологіях. Для збереження якості

зображення з одночасним захистом від несанкціонованого перегляду можна використати перетворення аналогового відеосигналу в цифрову форму з подальшим передаванням та повернення в аналогову форму після отримання приймачем. В роботі розглядається метод побудови подібної системи перетворення з метою захисту аналогового відеосигналу при забезпеченні можливості подальшої роботи з аналоговою кабельною мережею після приймання радіоприймачем.

Методи кодування сигналу від несанкціонованого доступу можна розділити на дві групи: аналогове та цифрове кодування. При цьому в даний час аналогове кодування мало використовується так як вимагає побудови досить складних схемотехнічних рішень. А так само слід враховувати, що отримана аналогова система кодування не матиме гнучкості, і не пристосована до подальшого вдосконалення. Отже в роботі пропонується використати цифрове кодування, що уявляє собою перетворення аналогового сигналу на цифровий, подальше передавання та зворотне перетворення після приймання.

1 АНАЛОГОВИЙ ВІДЕОСИГНАЛ ТА ІСНУЮЧІ СПОСОБИ ЙОГО ЗАХИСТУ ВІД НЕСАНКЦІОНОВАНОГО ПЕРЕГЛЯДУ

1.1 Опис аналогового відеосигналу

На виході перетворювача світло-сигнал (матриці камери) формується відеосигнал. Цей сигнал є функцією часу і пропорційний яскравості переданих елементів зображення. На рисунку 1.1 як приклад наведено фрагмент відеосигналу за час, що дорівнює тривалості активної частини рядка, одержуваний під час розгортки зображення у вигляді вертикальних чорно-білих смуг. Аналізуючи відеосигнал на рисунку 1.1, можна зробити такі висновки:

- сигнал має імпульсний характер;
- сигнал однополярний (яскравість не може бути негативною).

Форма відеосигналу, показаного на рисунку 1.1, отримана в припущенні, що РЕ (розгортка екрану) має точкову апертуру (поперечний переріз РЕ).

Однак апертура реальних РЕ має кінцеві розміри, що призводить до розмиття крутих фронтів відеосигналу та зменшення розмаху цього сигналу від дрібних деталей (деталей, розміри яких співрозмірні з розмірами РЕ, рис. 1.2).

Це пояснюється тим, що миттєве значення відеосигналу пропорційне середній яскравості елементів зображення, що знаходяться всередині апертури РЕ.

При утворенні сигналу від дрібних деталей, що чергуються, його форма стає близькою до синусоїдальної. У разі подальшого зменшення розмірів деталей розмах сигналу від них стає настільки малим, що зображення таких деталей не може бути передано ТВ-системою.

Інформація про яскравість зображення передається тільки під час прямого ходу розгортки. Під час зворотного ходу розгортки у відеосигнал заміщуються імпульси гасіння, що розділяють сигнали в сусідніх рядках і полях.

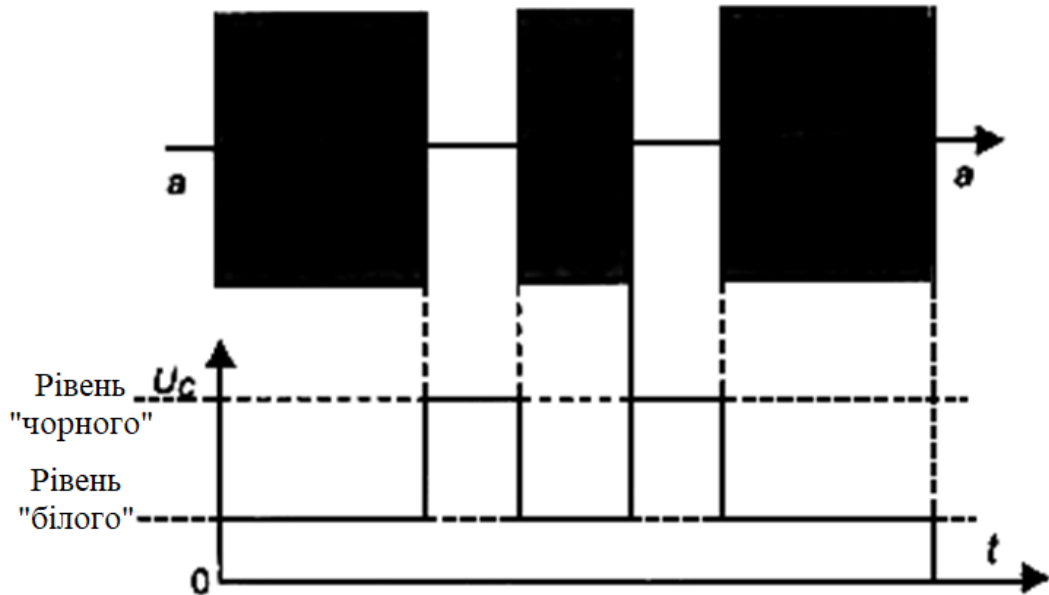


Рисунок 1.1 – Зображення та відеосигнал від нього при розгортці рядка по лінії aa'

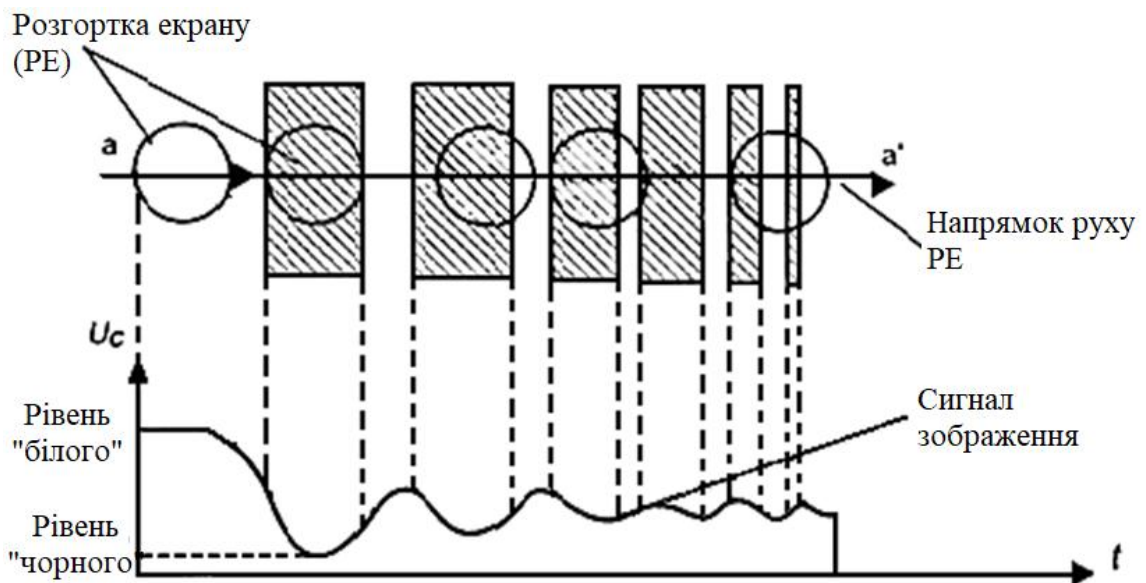


Рисунок 1.2 – Зображення та відеосигнал від нього за кінцевих розмірів РЕ

Повний аналоговий відеосигнал за лінійно-рядкової розгортки складається із сигналу зображення, рядкових і кадрових імпульсів, які гасять і синхронізують рядкові та кадрові імпульси. Він також має містити інформацію про повільну зміну від кадру до кадру середньої яскравості зображення. Методи кодування і відновлення інформації про середню яскравість будуть розглянуті в наступних лекціях.

Сигнал зображення (відеосигнал) являє собою функцію часу, миттєві значення якої пропорційні яскравості відповідних елементів розкладання зображення. Він випромінюється в інтервалах T'_c прямого ходу рядкової розгортки, обмежених по обидва боки рядковими і кадровими імпульсами, що гасять (активна частина рядка). Сигнал зображення може бути позитивним або негативним.

В Європі прийнято негативний тип відеосигналу (рис. 1.3), за якого світлішим елементам зображення відповідає менше значення амплітуди сигналу. Рівень, на якому передаються телевізійні сигнали від найяскравіших елементів прийнято називати "рівнем білого", а від найтемніших – "рівнем чорного".

Вибір негативного типу сигналу зображення зумовлений низкою причин:

- під час збільшення сигналу, перешкоди проявляються у вигляді чорних крапок або смуг, які менш помітні на тлі зображення, ніж яскраві світлі смуги за позитивного типу сигналу;
- оскільки в зображенні зазвичай переважає білий колір, то під час використання негативного типу сигналу середня потужність телевізійного передавача виявляється істотно нижчою за його максимальну потужність;
- за негативного типу сигналу простіше здійснювати автоматичні регулювання посилення і яскравості.

Природно, що амплітуда рядкових і кадрових імпульсів, що гасять, відповідає рівню чорного сигналу зображення. Це дає змогу уникнути

засвічення екрана зворотним променем. Тривалість гасячих імпульсів вибирають дещо більшою за час зворотного ходу. Завдяки цьому від глядача ховаються світлі смуги і спотворення на краях екрана, поява яких зумовлена перехідними процесами під час швидких змін напрямків руху променя з прямого ходу на зворотний і навпаки.

Імпульси синхронізації, що забезпечують роботу рядкових і кадрових розгортальних пристроїв телевізійного приймача, розміщуються на вершинах імпульсів, що гасять, і мають прямокутну форму. Амплітуда імпульсів кадрової та рядкової синхронізації однакова і відповідає рівню "чорніше чорного" (рис. 1.3). В основу селекції покладено відмінність імпульсів рядкової та кадрової синхронізації за тривалістю.

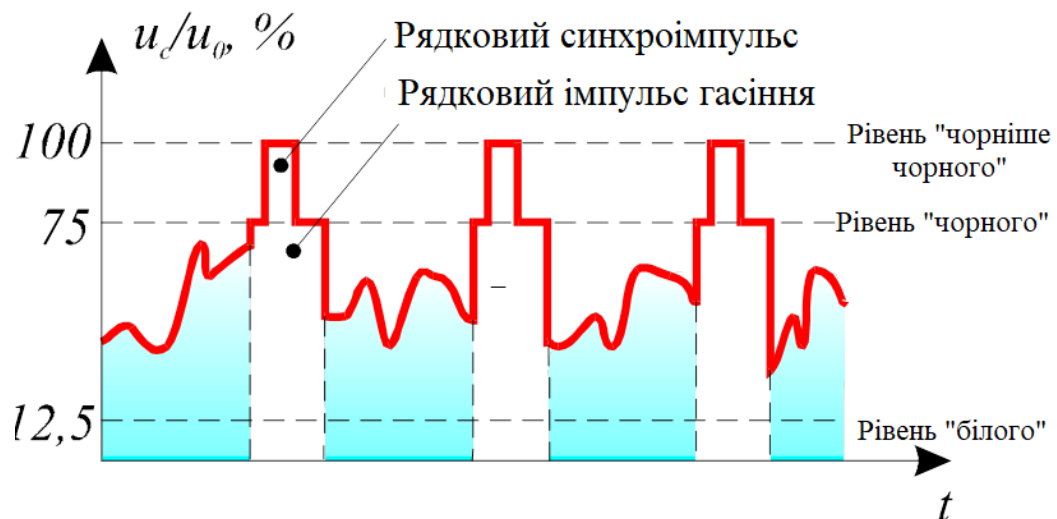


Рисунок 1.3 – Структура відеосигналу

На рисунку 1.4 зображено телевізійний растр за прогресивної розгортки.

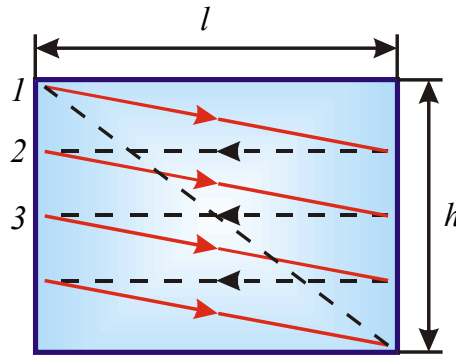


Рисунок 1.4 – Телевізійний растр за прогресивної розгортки

Стандарт телевізійного мовлення для аналогового відеосигналу визначає значення рівня вершин синхроімпульсів (рівень "чорніше за чорне"), а також рівнів "чорного" та "білого" у відсотковому відношенні від амплітуди повного телевізійного сигналу. При цьому максимальне значення визначено для рівня "чорніше за чорне" – 100 %, а рівні "чорного" і "білого" становлять – 75 і 12,5 % відповідно (рис. 1.5).

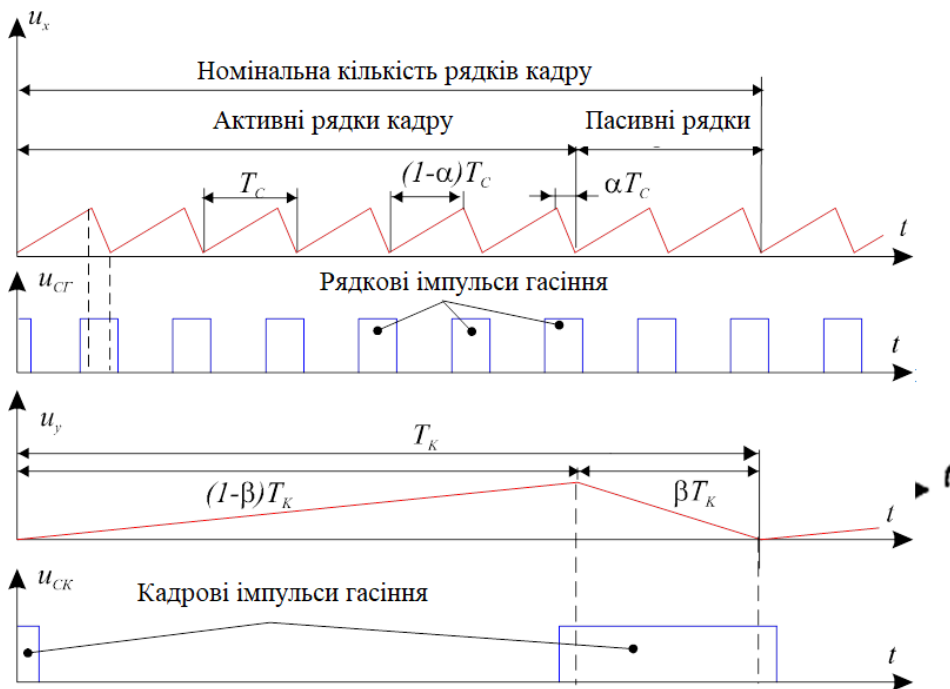


Рисунок 1.5 – Часові графіки напруги прогресивної розгортки та гасячих імпульсів променя

Як зазначалося вище, розгортка зображень являє собою періодичний процес, який у разі прогресивної розгортки характеризується частотою зміни кадрів F_K і частотою рядків f_c . Очевидно, що ці дві частоти за заданого номінального числа рядків $Z_{ном}$ у зображенні пов'язані між собою як:

$$f_c = Z_{ном} F_K. \quad (1.1)$$

Таким чином, вибір частоти f_c визначається значенням частоти F_K . Своєю чергою, частота зміни кадрів F_K повинна задовольняти таким трьом умовам:

- спостережуваний на екрані рух має виглядати злитим;
- мають бути відсутні миготіння зображень, що стомлюють глядача;
- частота зміни кадрів має бути узгоджена з частотою змінної напруги живлення.

Злите сприйняття руху досягається за умови, що зміна кадрів здійснюється з частотою $6 \div 10$ кадрів на секунду. Однак при цьому були б помітні миготіння зображення. Тому частота зміни кадрів має перевищувати критичну частоту. Сучасним кінескопам властива яскравість $L = 100$ кд/м². При цьому критична частота не перевищує значення 46 Гц. Тому частота зміни кадрів може бути обрана при прогресивній розгортці, що дорівнює частоті змінної напруги живлення. Так, у країнах Європи частота кадрів дорівнює $F_K = 50$ Гц, а в США, Канаді та Японії – 60 Гц.

Вибір частоти зміни кадрів багато в чому визначив і вибір кількості рядків у кадрі для різних стандартів телебачення у світі. Дійсно, збільшення частоти F_K за обмежень на смугу пропускання каналу зв'язку змушує знижувати кількість інформації в кадрі, а, отже, зменшувати кількість пікселів у рядку і самих рядків. У зв'язку з цим перевагою європейської системи телебачення є вища роздільна здатність зображення в кадрі, а перевагою американської – вища часова роздільна здатність.

Для відомого значення $Z_{ном} = 625$ у нашій країні частота рядків відповідно до (1.1) дорівнює $F_c = 625 \cdot 50 = 31250$ Гц.

Сигнал $u(t)$, що знімається з виходу передавальної трубки, є функцією часу. Миттєві значення цієї функції в інтервалах прямого ходу рядкової розгортки пропорційні яскравості переданих елементів зображення. Навіть у тому випадку, коли передається нерухоме зображення незмінної освітленості, зміна яскравості як уздовж одного рядка, так і від рядка до рядка має випадковий характер. До того ж у телебаченні, як правило, здійснюється передача зображень, що динамічно змінюються. У зв'язку з цим у загальному випадку сигнал зображення є аперіодичною функцією. Однак, якщо не розглядати його структуру в інтервалі рядків і врахувати дискретність відеосигналу, зумовлену покадровою передачею та рядковою розгорткою з часовими проміжками зворотного ходу, то сигнал, який ми розглядаємо, можна представити як періодичну функцію з частотами повторення рядків f_c і кадрів F_k . Така функція може бути представлена рядом Фур'є, коефіцієнти якого визначатимуть частотний спектр сигналу зображення.

У загальному випадку спектр $s(f)$ сигналу зображення $u(t)$ на виході телевізійної передавальної трубки складається з нескінченного числа складових. Амплітуди даних складових спектра відповідають значенням коефіцієнтів розкладання функції $u(t)$ у ряд Фур'є при гармоніках, розташованих на частотах $F_{m,n} = m \cdot f_c \pm n \cdot F_k$, де $m, n = 0, 1, \dots, \infty$. Отже, сигнал зображення містить гармоніки нульової частоти (за $m = n = 0$), гармоніки кратні частоті рядків (за $n = 0$), кратні частоті кадрів (за $m = 0$) і складові комбінаційних частот (за $m \neq 0$ і $n \neq 0$). Структуру спектра такого сигналу наведено на рисунку 1.6.

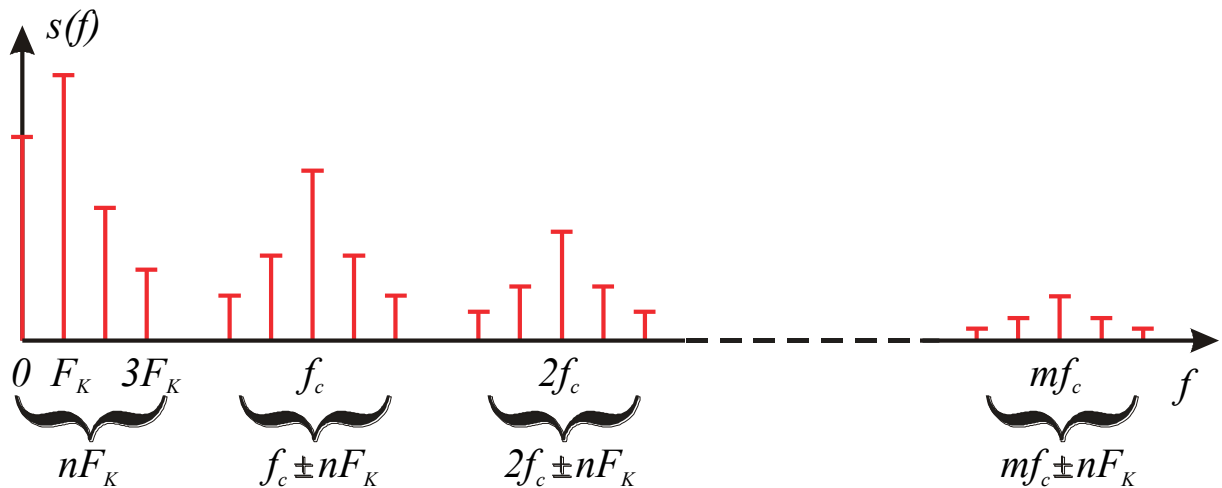


Рисунок 1.6 – Спектр частот аналогового відеосигналу

Зі збільшенням частоти амплітуди спектральних складових сигналу зображення поступово зменшуються, а отже, зменшується і частка енергії, яку вони переносять. Найбільша частка її переноситься низькочастотними складовими, які несуть інформацію про яскравість великих деталей зображення. Спотворення низькочастотних складових під час передачі сигналу призводить до спотворення зображення. Водночас роль високочастотних складових також є помітною. Хоча частка енергії сигналу, яку переносять високочастотні складові, невелика, вони визначають чіткість зображення. Тому для того, щоб вибрати необхідну смугу телевізійного сигналу, необхідно знати допустимі значення нижньої та верхньої граничних частот, а також мати уявлення про величину та вплив постійної складової на якість зображення.

Постійна складова характеризує середню яскравість зображення, що передається, і є справді постійною величиною тільки під час передавання нерухомих зображень. Під час передавання зображень, що змінюються, постійна складова змінюється, але з дуже низькою частотою, що не перевищує кількох герц. Передати сигнал такої низької частоти каналом зв'язку неможливо. Тому в телебаченні для передачі інформації про середню яскравість використовують непрямий метод. Перед подачею сигналу

зображення на приймальну трубку постійну складову сигналу відновлюють і замішують у сигнал зображення за допомогою спеціальних схем фіксації рівня. У зв'язку з цим нижня частота спектра відеосигналу f_n відповідає частоті зміни кадрів, тобто $f_n = F_k$.

Верхня частота відеосигналу f_g відповідає переданню найскладнішого зображення, що містить максимальну кількість дрібних деталей різної яскравості, які ще можна відтворити на екрані перетворювача "сигнал-світло". Таким зображенням є чорно-біле шахове поле, розмір сторони клітинки якого дорівнює товщині рядка растра або діаметру перерізу променя розгортки. Сигнал $u(t)$ такого зображення являє собою послідовність прямокутних імпульсів з періодом проходження $- 2\tau_g$ і тривалістю $- \tau_g$ (таку форму сигналу, за якої період проходження прямокутних імпульсів дорівнює подвійній тривалості самого імпульсу називають меандром). Тривалість τ_g відповідає часу розгортки одного елемента зображення або в даному випадку часу розгортки однієї клітинки шахового поля.

Знаючи формат кадру $l/h = 4/3$, номінальне число рядків $Z_{ном} = 625$ і стандартну частоту кадрів $F_k = 50$ Гц, легко знайти значення τ_g , а, отже, і f_g . Дійсно, загальна кількість клітин шахового поля в одному кадрі становить:

$$n_k = n_c Z_{ном} = \left(\frac{l}{h} Z_{ном} \right) Z_{ном} = \frac{l Z_{ном}^2}{h}. \quad (1.2)$$

При цьому за 1 секунду розгортатиметься $n_0 = n_k F_k$ шахових клітинок, а тривалість розгортки однієї шахової клітинки становитиме $\tau_g = 1/n_0$. Звідси випливає, що верхня гранична частота спектра відеосигналу визначається виразом:

$$f_{\text{г}} = \frac{1}{2\tau_{\text{г}}} = 0,5 \frac{l}{h} Z_{\text{ном}}^2 F_{\text{к}}. \quad (1.3)$$

Підстановка конкретних значень параметрів у (1.3), показує, що значення $f_{\text{г}}$ перевищує 13 МГц. Вираз (1.3) являє собою верхню оцінку граничної частоти відеосигналу. Дійсно, яскравість електронного променя має певну інерційність, і під час відтворення дрібних чорних і білих деталей, що чергуються, діапазон зміни яскравості відтвореного зображення значно менший, ніж у вихідного. У результаті відбувається розмиття різких меж (контурів) на зображенні, зменшення контрасту в дрібних деталях і навіть ліквідація дуже дрібних деталей вихідного зображення. Отже, немає сенсу передавати малорозмірні деталі зображення, які не можуть бути відтворені на екрані телевізійної системи. Це дає змогу знизити величину верхньої граничної частоти $f_{\text{г}}$, визначаючи її за формулою:

$$f_{\text{г}} = 0,5p \frac{l}{h} Z_{\text{ном}}^2 F_{\text{к}}, \quad (1.4)$$

де $p = 0,75 \div 0,85$.

Вираз (2.4) отримано для ідеалізованого випадку розгортки, коли часи зворотного ходу нескінченно малі. Для розгорток зі скінченним часом зворотного ходу $\alpha T_{\text{С}}$ і $\beta T_{\text{К}}$ за умови однакових чіткостей за горизонталлю і вертикаллю верхня частота відеосигналу визначається відповідно до виразу:

$$f_{\text{г}} = 0,5p \frac{l}{h} Z_{\text{ном}}^2 F_{\text{к}} \frac{1-\beta}{1-\alpha}. \quad (1.5)$$

Розрахунок величини $f_{\text{г}}$ за $\alpha = 0,18$ і $\beta = 0,08$ показує, що з урахуванням інерційних властивостей електронного променя і скінченності

часу зворотного ходу верхня гранична частота знижується до 11,7 МГц (часто це значення округлюють до 12 МГц).

1.2 Бездротове передавання аналогового відеосигналу

Оскільки нас цікавить саме захист під час передавання по радіоканалу – розглянемо основні вимоги до побудови передавачів аналогового сигналу.

Номінальна частота кадрів 25, а частота полів 50 за секунду. У цьому частота рядків $f_{СТР} = 25 * 625 = 15\,625$ Гц. Допустима нестабільність частоти рядків не повинна перевищувати $\pm 0,016$ Гц ($f/f < 10^{-6}$).

Для передачі зображення з максимальною чіткістю необхідно передавати діапазон частот сигналу зображення з найвищою частотою F_B 6,5 МГц.

Сигнал зображення є позитивним (рівень сигналу пропорційний освітленості) і однополярний. Його середнє значення залежить від середньої освітленості зображення, що передається, і може повільно змінюватися в часі.

Спектр сигналу має частоти від 0 до 5 Гц і далі від 50 Гц до 6,5 МГц, тобто від постійного струму до середини діапазону декаметрових хвиль.

Радіосигнал зображення утворюється за допомогою амплітудної модуляції несучого каналу зображення повним телевізійним сигналом.

Максимум потужності радіосигналу відповідає синхроімпульсу (CI), а мінімум – рівню білого.

$$f_{ряд} = 1 / f_{ряд} = 1 / 25 * 625 = 64 \text{ мкс}, f_{ЕЛ} = f_{ряд} / (4/3) * 625,$$

$$F_B = 1/2 f_{ЕЛ} = 0,5 * (4/3) * 625 * 25 * 625 = 6,5 \text{ МГц}.$$

Модуляція виявляється негативною. Це забезпечує більш стійку синхронізацію та меншу помітність імпульсних перешкод при прийомі.

У модульованому колюванні повинні бути суворо фіксовані піковий рівень (рівень синхроімпульсів), рівень гасящих імпульсів, який повинен становити $(75 \pm 2,5)\%$ від пікового значення і одночасно повинен бути вищим за рівень чорного на $(0 \dots 4,5)\%$, і рівень білого, що має становити $(12,5 \dots 2,5)\%$ пікового.

При цьому інтервал зміни сигналу зображення від білого до чорного займає лише 55...67% характеристики амплітудної передавача.

Сигнал зображення має різко виражений ступінчасто-імпульсний характер, оскільки предмети на зображеннях, що передаються, мають різкі межі.

Перепади рівнів від білого до чорного можуть відбуватися за час $t_{\min} = 0,05 \dots 0,07$ мкс, відповідний передачі одного елемента рядка. Для економії смуги частот, яку займає канал, у спектрі АМ сигналу пригнічується частина нижньої бічної.

Це дозволяє скоротити смугу частот аналогового відеосигналу до 8 МГц на канал.

Однак несиметрія спектра означає появу поряд з супутньою АМ фазової модуляції (СФМ) для відеочастот вище 0,75 МГц, в тому числі і на частотах піднесучих кольорів.

Як і передавачі з ОБП, СФМ є корисною, скорочуючи спектр сигналу, що передається. Однак, на відміну від ОБП, пред'являються жорсткі вимоги не тільки до АЧХ, але і до ФЧХ результуючого тракту передавача – приймача.

При прийнятій нашій країні у сумісній системі кольорового телебачення СЕКАМ передається чорно-біле зображення $EY = 0,59EG + 0,30ER + 0,11EB$, що утворюється трьома кольоровими складовими: зеленим EG, червоним ER та синім EB.

Відповідні коефіцієнти коригують особливості сприйняття різних кольорів людським оком.

У цьому чорно-білому зображенню відповідає рівність $EG = ER = EB$.

У окремих випадках $EG=ER=EB = 0$ і $EG=ER=EB=1$ – відповідно чорне і біле зображення.

Інформація про колір (сигнали кольору) передається шляхом частотної модуляції на двох піднесучих.

У червоному рядку на частоті 4,40625 МГц, що піднесе, передається ЧМ сигнал, пропорційний різниці сигналів $ER-EY$, а в наступній, синій на піднесучій частоті 4,25000 МГц передається сигнал $EB-EY$, тобто спектри кольоророзносних сигналів розміщуються у верхній частині спектру сигналу зображення.

При передачі кольорового зображення на огинаючу чорного яскраво-білого сигналу додатково накладаються колірні піднесучі, модульовані по частоті різницевиими сигналами кольору.

Відхилення частоти (девіація) від 4,40625 чи 4,25000 МГц залежить від значення кольорорізнiстного сигналу (колір).

Крім того, амплітуди отримуваних ЧС коливань також залежать від сигналу різниці $ER-EY$ або $EB-EY$ (інтенсивність).

Таким чином, передача кольору здійснюється складним сигналом амплітудно-частотної телеграфії з девіацією, яка залежить від миттєвого значення кольоророзносних сигналів.

Сигнал колірної синхронізації з $f=4,40625$ МГц розташований після синхроімпульсу на рівні імпульсу рядків, що гасить.

Під час передачі білої, сірої та чорної смуг, тобто чорно-білого зображення, різницевий сигнал $ER-EY=0$ і частота піднесучої залишається постійною: 4,40625 МГц. При передачі, наприклад, зеленої, червоної та синьої смуг різницевий сигнал $ER-EY$ відповідно дорівнює – $0,59EG$; $0,3ER$ та $0,11EB$, а частота піднесучої приймає значення 4,640; 4,126 та 4,452 МГц. При передачі кольорового зображення огинаюча (результуючий сигнал) власне зображення виходить за рівні гасіння та білого.

Для оцінки лінійних спотворень користуються спеціальними випробувальними сигналами (синус-квадратичним імпульсом, прямокутними

імпульсами різної тривалості та ін), за спотвореннями форми яких і судять про ступінь відповідності характеристик передавача необхідним, і у разі потреби проводять регулювання, корекції та т.п.

Спотворення плоскої вершини прямокутних імпульсів через викиди, коливальні процеси, перекоси і т. д. не повинні перевищувати $\pm(2... 12) \%$, а тривалість фронтів та спадів 0,125 мкс.

Як збудник у передавачі зображення використовують кварцові генератори з подальшим множенням при необхідності. На виході передавача ставиться спеціальний фільтр придушення гармонік, що забезпечує придушення їх до 60 дБ.

При такій передачі по радіоканалу сигнал залишається відкритим (незахищеним) і будь-хто, хто має приймач на частоту передачі може прийняти та продивитися. Отже необхідно використовувати технічні засоби захисту від несанкціонованого перегляду.

1.3 Методи захисту аналогового відео від несанкціонованого перегляду

Оскільки шифрування аналогового відеосигналу до цього використовувалось лише у телебаченні для шифрування кабельних та супутникових каналів – було зроблено аналіз саме цих систем шифрування.

Розібрати відеосигнал і перевернути його догори дном і навиворіт досить просто, але зібрати його знову правильно – це зовсім інша справа.

Найпоширеніший підхід до кодування відео передбачає маніпулювання інформацією в горизонтальному інтервалі. На початку всі кабельні компанії використовували той самий метод – вони придушували імпульс горизонтальної синхронізації, що означало, що приймальна сторона не мала уявлення про початок і кінець кожного рядка відео. Без синхронізаційного імпульсу горизонтальна схема пристрою відображення буде вільно обертатися і швидше за все на екрані горизонтальна лінія буде згинатися

ближче до центру екрана, а не буде розташована непомітно збоку. Це також означає, що пристрій відображення не побачить переданий сигнал кольорової серії в потрібному місці, і кольори також будуть вимкнені.

Кожен метод скремблювання залежить від зміни деяких або всіх керуючих імпульсів, які включені у визначення стандартної форми відеосигналу. Це означає, що найосновнішою операцією будь-якої системи скремблювання/дешифрування є відділення керуючої інформації від інформації зображення. Це не така вже й складна робота, тому що стандарт NTSC був розроблений із строго математичним співвідношенням часу між кожною окремою частиною сигналу. Тому перегляд відеосигналу схожий на читання карти вулиць – якщо ви точно знаєте, де ви знаходитесь, ви автоматично знаєте, де все інше. Або, у випадку зашифрованого відео, саме там, де має бути все інше.

Щоб спотворене скремблюванням відео могли зібрати знову має бути суворий підхід до завдання – майже математичний – розриву відеосигналу на частини.

Хоча більшість часу на рядку аналогового відео присвячено області зображення, саме в області керування виконується справжня робота. Відеосигнал у зоні зображення визначає, що буде відображено на екрані, але елементи в області керування вказують де розмістити зображення та як воно має виглядати.

Горизонтальний синхроімпульс визначає кінець (або, залежно від вашої точки зору, початок) рядка відео. Якщо пристрій відображення цього не бачить, він не знатиме, як відобразити рядок на екрані, і в результаті завершуватиме один рядок і починатиме інший у певній випадковій точці екрана (рис. 1.7).

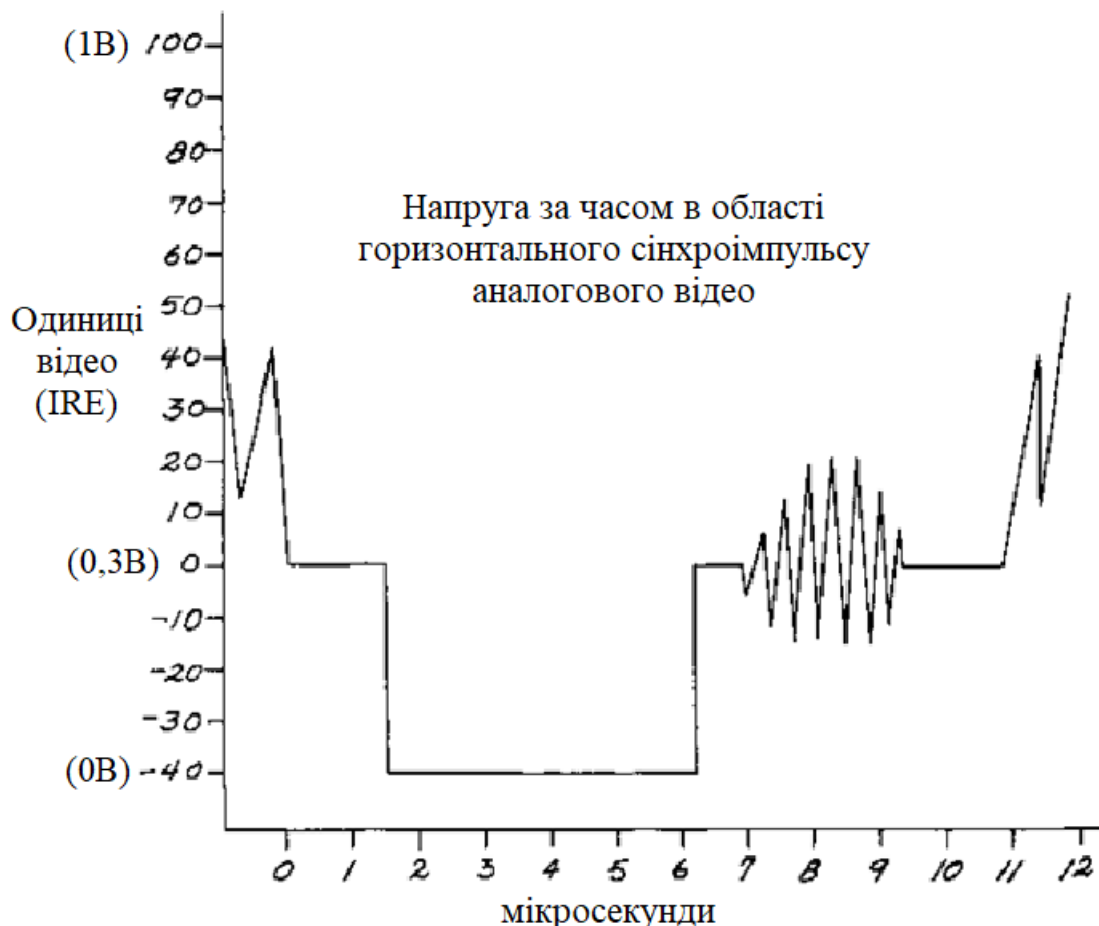


Рисунок 1.7 – Зона контролю рядка аналогового відеосигналу

Горизонтальна схема телевізора використовує отриманий горизонтальний імпульс як інструкцію для переміщення променя назад у ліву частину екрана. Оскільки закодований сигнал має щось інше, крім впізнаваного імпульсу горизонтальної синхронізації, телевізор повертає лінію до лівої сторони екрана щоразу, коли вона досягає правої сторони. Оскільки це не має нічого спільного з сигналом, який він отримує, лінія зазвичай відображається в якомусь випадковому місці на екрані. Частота вільного ходу телевізора близька до горизонтальної частоти мовлення, тому телевізор розпочне новий рядок приблизно з тієї самої точки в рядку мовлення. Це означає, що ви побачите горизонтальний інтервал трансляції на кожному рядку в більш-менш тому самому горизонтальному місці на екрані. Результатом є вигнута лінія вниз по екрану.

Третє, що відбувається на екрані телевізора, це те, що кольори збиваються. Оскільки горизонтальна синхронізація відсутня, схема телевізора не бачить спалах кольорів у потрібному місці, тому немає жодного посилення ні на інтенсивність, ні на колір зображення. Потім телевізор використовує все, що він бачить у місці спалаху кольорів, як еталон для інтенсивності та кольору зображення.

Стара система пригніченої синхронізації була односторонньою угодою. Якщо у вас є пристрій, який може дешифрувати один канал, він зможе декодувати будь-який канал.

Одним із найпопулярніших варіантів є так звана система SSAVI. Це абревіатура від Sync Suppression Active Video Inversion. Це дозволяє відправляти відео в одному з чотирьох варіантів:

- пригнічена горизонтальна синхронізація та нормальне відео (рис. 1.8);
- пригнічена горизонтальна синхронізація та інвертоване відео (рис. 1.9);
- нормальна синхронізація та пригнічене відео (рис. 1.10);
- нормальна синхронізація та нормальне відео (ми можемо забути це).



Рисунок 1.8 – Система SSAVI відео з пригніченою горизонтальною синхронізацією та нормальним відео

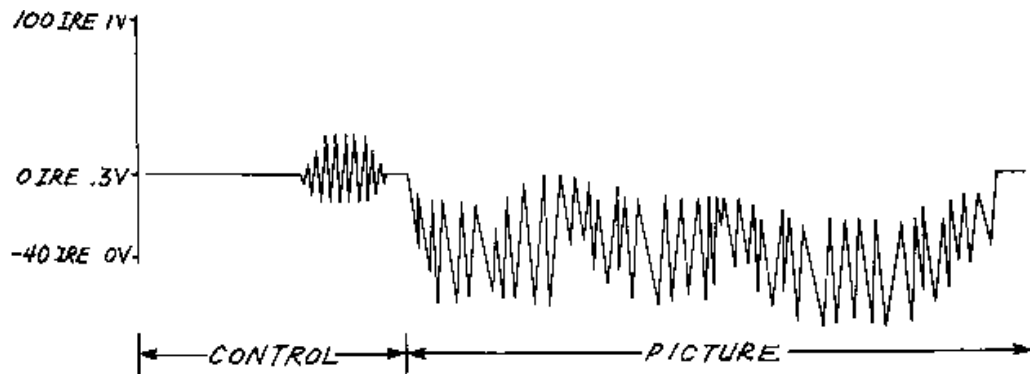


Рисунок 1.9 – Пригнічена горизонтальна синхронізація та інвертоване відео системи SSAVI

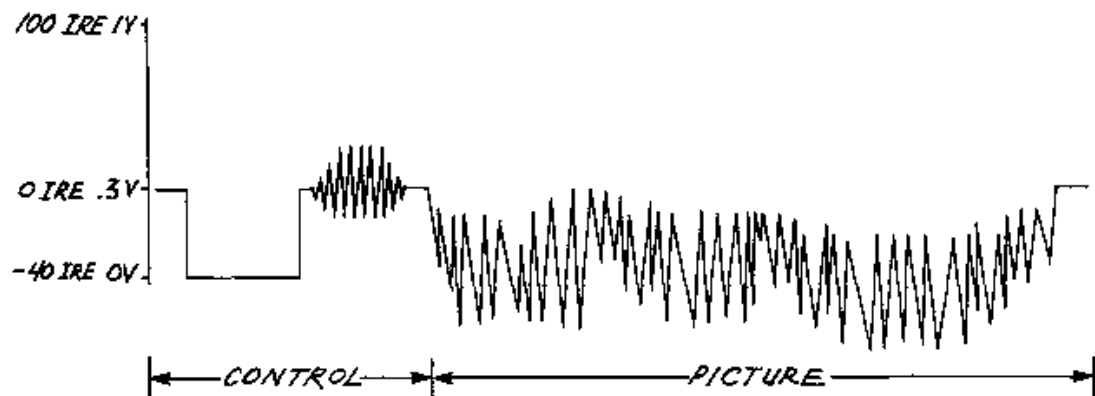


Рисунок 1.10 – Звичайна синхронізація та пригнічене відео

Ключ до відновлення відеосигналу ґрунтується на тому факті, що всі його аспекти пов'язані разом у строгому математичному зв'язку. Якщо ви можете знайти одну частину сигналу, ви можете визначити, де має бути все інше.

Таким чином, загальна картина для дескремблера полягає в тому, щоб розробити схему, яка може ідентифікувати одну частину сигналу, а потім використовувати повторення цього сигналу як еталону для відновлення решти відео. Навіть якщо ідентифікований компонент відео виникає лише один раз у полі (або навіть один раз у кадрі), цього достатньо часто, щоб

контролювати частоту генератора, керованого напругою, або VCO, і зафіксувати ФАПЧ на отриманому відео.

В результаті аналізу існуючих методів шифрування телевізійного (аналогового) сигналу побудовано класифікацію, наведену на рисунку 1.11.

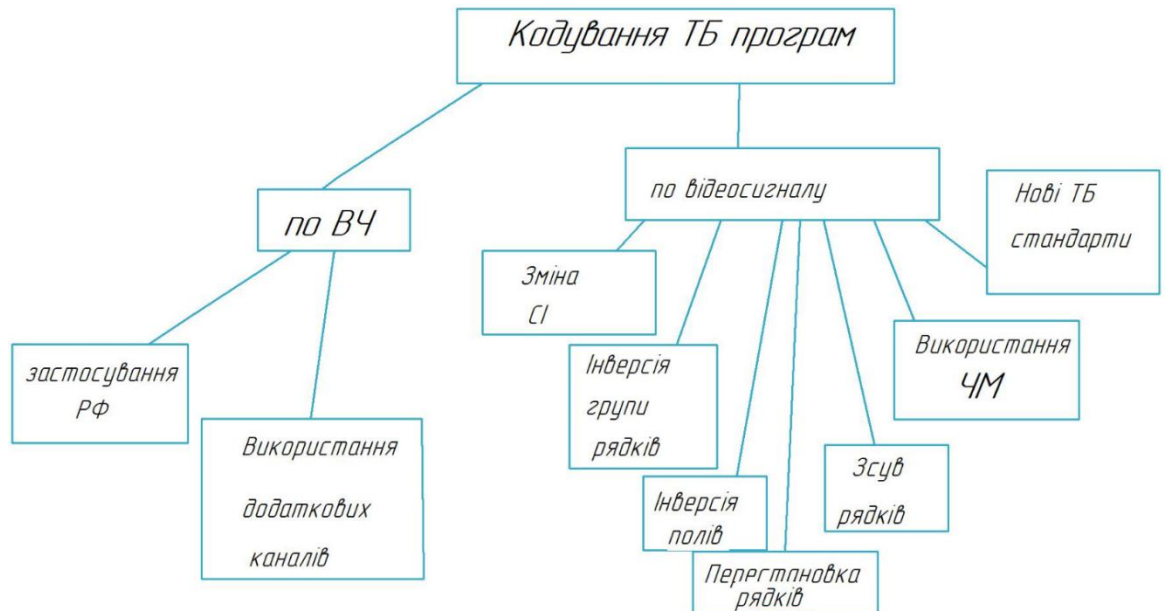


Рисунок 1.11 – Класифікація методів кодування аналогового відеосигналу

Дані методи шифрування можна умовно розділити на дві групи: змінюють параметри телевізійного сигналу високої частоти (ВЧ) чи рівні відеосигналу. Перший передбачає використання режекторних фільтрів для зміни в певному місці спектра радіосигналу зображення. Другий спосіб захисту комерційного каналу використання частот додаткових каналів. До переваг цих двох способів можна віднести те, що до передавачів і приймачів не пред'являється жорстких вимог щодо лінійності їх амплітудних характеристик і сталості параметрів, не потрібні додаткові апаратні доробки. Однак ця простота породжує такі недоліки системи кодування, як порівняльна легкість визначення закону шифрування.

Підсумовуючи, можна сказати, що абсолютно захищених систем адресного кодування немає. Відповідно впливає питання використання нових принципів шифрування аналогового відеосигналу ніж ті що використовувались для шифрування телевізійного сигналу кабельних та супутникових систем. В роботі пропонується використання цифрового кодування для захисту відеосигналу від несанкціонованого перегляду.

2 МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ПОДВІЙНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ВІДЕОСИГНАЛУ

2.1 Аналогово-цифрове перетворення

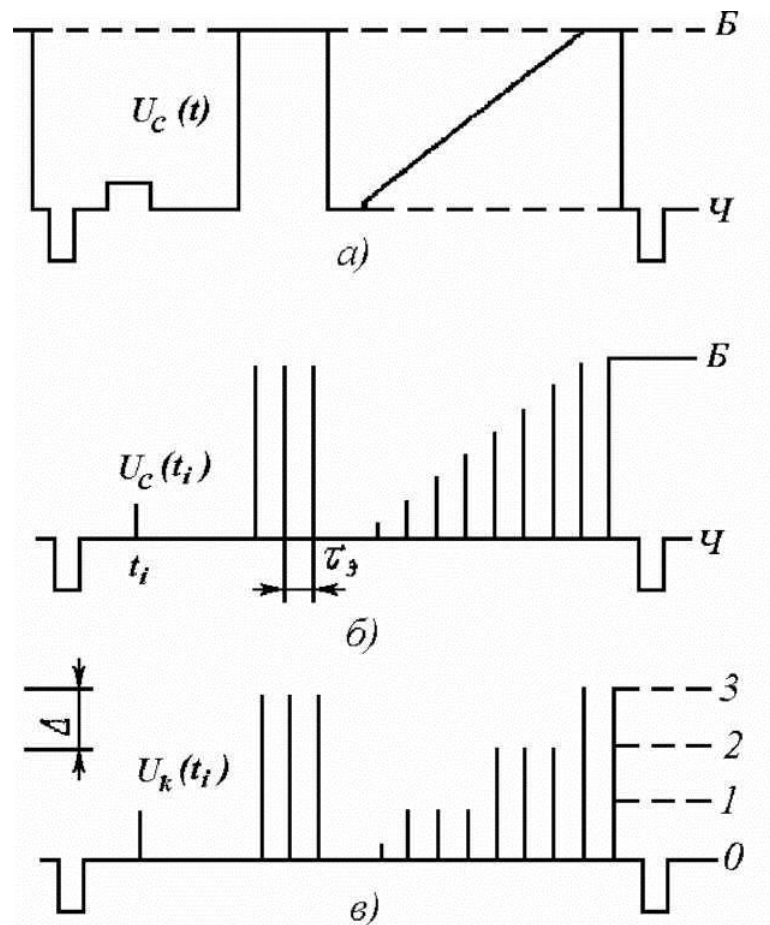
Відеосигнал, як і будь-який інший електричний сигнал, може бути представлений в аналоговій, дискретній або цифровій формі.

Вибір форми представлення відеосигналу залежить від типу ФЕП, використовуваної елементної бази, складності завдання, необхідної швидкодії, обсягу оброблюваної інформації та інших факторів.

На виході камери (телевізійного датчика ТВД) відеосигнал формується, як правило, в аналоговій формі. У ТВД, що використовують прилади із зарядовим зв'язком, відеосигнал представлений у дискретному вигляді. Підсилення відеосигналу здійснюється в аналоговій чи дискретній формі. Що стосується процесу його обробки з метою отримання корисної інформації про об'єкт спостереження, то придатна будь-яка форма подання відеосигналів. В даний час у зв'язку з розвитком мікроелектроніки, мікропроцесорної та обчислювальної техніки перевага все частіше надається цифровим способам обробки сигналів.

Процес дискретизації відеосигналу полягає у заміні аналогового сигналу $U_c(t)$ (рисунок 2.1 а) сукупністю значень цього сигналу $U_c(t_i)$, що йдуть один за одним (рисунок 2.1 б) з інтервалом часу $t_z = t_{i+1} - t_i$, що кожен елемент зображення припадає один відлік відеосигналу. Оскільки $t_e = 1/(2f_v)$, то частота дискретизації удвічі перевищує верхню граничну частоту f_v спектру відеосигналу і, отже, відповідно до теореми Котельникова вихідна аналогова форма сигналу може бути повністю відновлена. Таким чином, при правильному виборі частоти дискретизації втрат інформації відеосигналу, представленому в дискретній формі, не відбувається. Відзначимо, що відлік

значення сигналу здійснюється від рівня чорного (Ч), що відповідає нульовій яскравості зображення.



а – дискретизація аналогового відеосигналу; б – за часом; в – за часом та амплітудою.

Рисунок 2.1 – Дискретизація аналогового відеосигналу за часом, за часом та амплітудою

Дискретизований у часі відеосигнал все ще зберігає суттєві ознаки аналогового сигналу, оскільки кожен відлік може набувати будь-якого значення, а шкала значень відліків сигналу безперервна. Для обробки такого сигналу потрібні аналогові операційні пристрої, проте для їх зберігання можна застосувати дискретний або цифровий пристрій.

Дискретизація відеосигналу за аргументом (тобто в часі) є необхідним, але недостатнім кроком для перетворення їх у цифрову форму. Наступним кроком є дискретизація значень відліків сигналу $U_c(t_i)$. Цей процес називається квантуванням. Квантування функції можливе, якщо її значення укладено в кінцевому інтервалі. У нашому випадку (рис. 2.1) всі можливі значення сигналу зображення розташовані в межах інтервалу від рівня чорного (Ч) до рівня білого (Б). При квантуванні відліків сигналу (див. рис. 2.1, в) його дійсне значення $U_c(t_i)$ замінюється найближчим квантованим значенням:

$$U_k(t_i) = [U_c(t_i)/\Delta + 1/2] \cdot \Delta = n(t_i) \cdot \Delta, \quad (2.1)$$

де Δ – крок квантування;

n – ціле число (0, 1, 2, ...);

а знак $[]$ відповідає операції взяття цілої частини числа.

Число рівнів квантування $m = |U_b - U_c|/\Delta + 1$, де U_b – рівень білого; U_c – рівень чорного. З порівняння осцилограм дискретизованого і квантованого сигналів видно, що при квантуванні в сигнал вноситься помилка ϵ , що дорівнює різниці його істинного і квантованих значень: $\epsilon(t_i) = U_c(t_i) - U_k(t_i)$.

Неважко помітити, що помилка квантування $|\epsilon| \leq \Delta/2$, тобто не перевищує за модулем половини кроку квантування Δ і, отже, може бути зменшена шляхом збільшення числа рівнів квантування. Таким чином, вибір числа рівнів квантування m повинен проводитися з урахуванням спотворень відеосигналу, що виникають при квантуванні.

Перехід до цифрової форми відеосигналу здійснюється на основі виразу (1.20), з якого видно, що кожному квантованому значенню сигналу U_k , відповідає ціле число $0 \leq n \leq m-1$, є цифровим описом відліку сигналу.

Фізичним носієм цифрової інформації зазвичай є цифровий двійковий код на виході аналого-цифрового перетворювача (АЦП), який виробляє дискретизацію (з тактовою частотою), квантування і кодування відеосигналу

(рис. 2.2). Як правило, АЦП працює в синхронному режимі, коли частота дискретизації f_T жорстко (кратно) пов'язана з частотами малої та кадрової розгортки. Якщо при цьому дотримується умова $f_T = 2f_B = 1/\tau_3$, то кожен елемент зображення припадає один відлік цифрового відеосигналу $n(t_i)$.

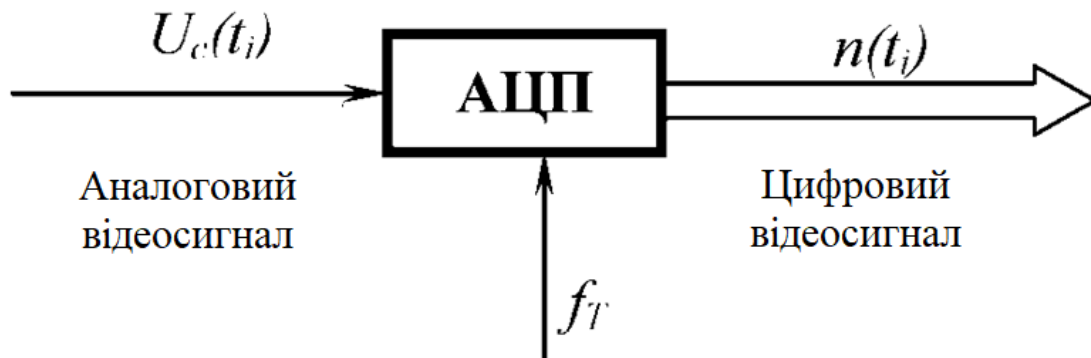


Рисунок 2.2 – Перетворення відеосигналу на цифровий код

$$n(t_i) = U_k(t_i) / \Delta. \quad (2.2)$$

Крім АЦП у складі пристрою попередньої обробки відеосигналу повинні бути представлені додаткові апаратні засоби, що забезпечують умови оптимального узгодження параметрів відеосигналу з параметрами АЦП незалежно від кадру.

Синхронний режим роботи АЦП дозволяє пронумерувати відліки цифрового відеосигналу відповідно до позиційного положення елемента зображення в растрі телевізійному і $n(t_i) = n(i, j)$, де i – номер елемента в рядку; j – номер рядка. Фактично номери i, j є цифровими координатами елемента зображення, які у разі лінійних розгортки пов'язані з часовими та геометричними координатами співвідношеннями (1.11) та (1.12), де:

$$t_x = (i - 1/2) \tau_3. \quad (2.3)$$

Цифрові координати i, j елемента зображення зазвичай представляються у вигляді цифрового двійкового коду, має для даного елемента індивідуальне значення.

Переваги цифрової форми представлення відеосигналу полягають у можливості цифрової обробки сигналу із застосуванням сучасної елементної бази та засобів обчислювальної техніки, кількісної оцінки обсягу інформації, що обробляється. Ефективності алгоритмів обробки, представлення відеосигналу у вигляді двовимірної масиви $p(i,j)$, який однозначно описує властивості вхідного двовимірного зображення $E_{iz}(X,Y)$ і до якого можна застосувати специфічні для двовимірних сигналів (зображень) способи обробки інформації, наприклад двовимірну (просторову) фільтрацію зображень.

Пристаючи до проектування вимірювального блоку необхідно оцінити обсяг і швидкість надходження інформації, що підлягає обробці, з тим, щоб правильно вибрати алгоритм обробки, елементну базу, структуру пристрою та оцінити його швидкодію. Інформаційні характеристики цифрового відеосигналу $p(i,j)$ визначаються його інформаційною ємністю. Інформаційна ємність 1e елемента зображення визначається числом розрядів двійкового коду, яким передається будь-який з рівнів квантування, і обчислюється за формулою $1e = \log_2 m$. Для інформаційної ємності кадру $1X$ маємо $1X = N \log_2 m$, де N – число елементів у кадрі. Одиницею інформаційної ємності біт. Інформаційна швидкість ТВД оцінюється максимальною кількістю інформації (біт), що передається цифровим відеосигналом в одиницю часу: $C = jk N \log_2 m$. У таблиці 2.1 наведено параметри цифрового відеосигналу, обчислені відповідно до стандарту мовлення стандарту. При аналізі даних, включених у таблицю 2.1, слід звернути увагу до величезну інформаційну ємність цифрового відеосигналу, яка набагато більше інформації про об'єкт, що видобувається шляхом обробки відеосигналу, що свідчить про його надмірності.

Таблиця 2.1 – Параметри цифрового відеосигналу

Параметри цифрового відеосигналу	Співвідношення	Значення
Цифрове значення відліку відеосигналу	$n = [U_c/\Delta + 1/2]$	0...63
Номер елемента у рядку	$i = 1 \dots, k z_{акт}$	1...767
Номер рядка у кадрі	$j = 1 \dots, z_{акт}$	1...575
Число рівнів квантування відеосигналу	$m = U_б - U_ч /\Delta + 1$	64
Крок квантування,	$\Delta = U_б - U_ч /(m - 1)$	—
Частота дискретизації, МГц	$f_m = 2 f_б$	14.74
Тривалість елемента розкладання, мкс	$\tau_э = 1/f_m$	0.068
Інформаційна ємність: елемент зображення, біт кадру, біт	$I_э = \log_2 m$ $I_x = N \log_2 m$	6 2.645 10^6
Інформаційна швидкість ТВД, біт/с	$C = f_k N \log_2 m$	66.125 10^6

Істотним для розуміння принципів телевізійних вимірів є також той факт, що інформаційна ємність відеосигналу визначається лише амплітудною (яскравою) інформацією, а координатна інформація як така не передається і представляє елемент структури відеосигналу, обумовленої законом телевізійної розгортки: координата будь-якого елемента наперед відома і не залежить від змісту зображення.

Звідси випливає висновок у тому, що координатна інформація про об'єкт може і має обчислюватися з урахуванням обробки сукупності амплітудних відліків всіх елементів зображення. Нехай необхідно визначити яскравість та координати одиничного точкового (одноеlementного) об'єкта, що перебуває в полі зору ТВД. Припустимо, що шуми в сигналі відсутні, цифровий відлік амплітуди сигналу об'єкта з рівною ймовірністю може

приймати будь-яке значення від 1 до $m-1$ за відсутності сигналу $n = 0$, поява об'єкта в будь-якому з елементів зображення рівноймовірн (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 – Інформаційний коефіцієнт передачі $k_{из}$

Алгоритм роботи вимірювального блоку полягає у послідовному вимірі амплітуди цифрових відліків відеосигналу та виборі такого відліку, для якого $n \neq 0$. Для цього відліку фіксуються значення n, i, j . Кількість вилученої за час кадру з відеосигналу інформації про об'єкт визначається за формулою:

$$I_{об} = \log_2(m-1) + \log_2(kz_{акт}) + \log_2 z_{акт} = \log_2(m-1) + \log_2 N = \log_2[(m-1)N].$$

Для мовного стандарту за $m = 64$ маємо $I_{об} = 24,73$ біт. На рисунку 2.3 вимірювальний блок представлений у вигляді деякого інформаційного фільтра з інформаційним коефіцієнтом передачі, що визначається за формулою $k_{из} = I_{об}/I_k = C_{об}/C$, де $C_{об}$ – інформаційна швидкість вимірювального блоку, причому $C_{об} = f_k I_{об}$. Для розглянутого прикладу $k_{из} = 9,35 \times 10^{-6}$, тобто є малою величиною. Це означає, що ТІС здатна вирішувати набагато складніші завдання, витягуючи з великого обсягу вхідної інформації значно більшу кількість корисної інформації про складні об'єкти або їх сукупність, ніж у наведеному прикладі.

На рисунку 2.4 зображено цифрове зображення об'єкта.

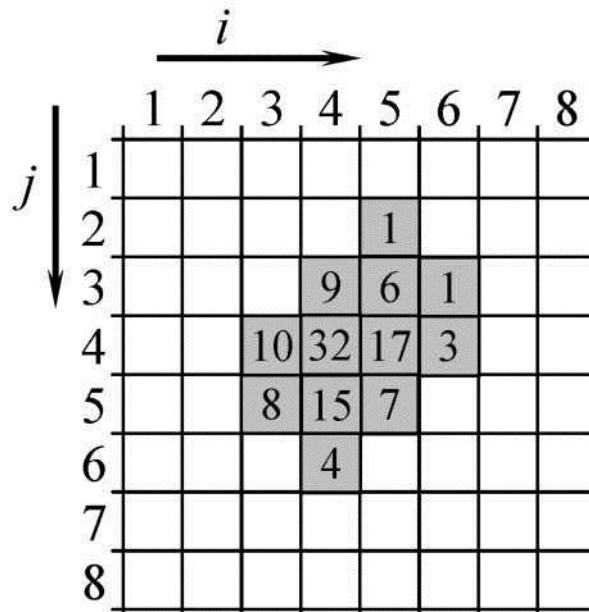


Рисунок 2.4 – Цифрове зображення об'єкта

Пояснимо це з прикладу обчислення цифрових коефіцієнтів «центру тяжіння» об'єкта, які вважатимуться координатами самого i_{Σ} , j_{Σ} об'єкта:

$$i_{\Sigma} = \frac{\sum_{i=1}^{z_{акм}} \sum_{j=1}^{kz_{акм}} [n(i, j)i]}{\sum_{i=1}^{z_{акм}} \sum_{j=1}^{kz_{акм}} n(i, j)}, j_{\Sigma} = \frac{\sum_{i=1}^{z_{акм}} \sum_{j=1}^{kz_{акм}} [n(i, j)j]}{\sum_{i=1}^{z_{акм}} \sum_{j=1}^{kz_{акм}} n(i, j)} \quad (2.4)$$

Під центром тяжіння розуміється центр енергії світлового зображення об'єкта, тому вираз (2.4) справедливо за лінійної ($y=1$) світлової характеристики. Розрахунок координат об'єкта за даними рисунку 2.4 дає наступний результат: $i_{\Sigma} = 4,186$, $j_{\Sigma} = 4,177$, який відрізняється підвищеною (часткою елемента розкладання) точністю відліку координати. Достовірність отриманого результату – предмет особливого розгляду з урахуванням помилок флуктуації, а також помилок дискретизації та квантування. Тут поки що відзначимо, що розподіл яскравості по полю зображення об'єкта дає додаткову інформацію про його розташування і дозволяє збільшити точність

визначення координат порівняно з точковим об'єктом, координати якого визначаються по єдиному відліку відеосигналу з точністю до елемента розкладання.

Варто зазначити, що точковий об'єкт (тобто об'єкт кутовими розмірами якого можна знехтувати за умов спостереження) створює зображення відмінне від точкового. Зображення точкового об'єкта в площині аналізу визначаються виключно ваговою функцією оптичної системи (об'єктива) і, як правило, займає кілька елементів по горизонталі та по вертикалі. Тому координати точкового об'єкта можуть бути обчислені за вказаним вище алгоритмом (2.4) з похибкою, значно меншою за просторовий період елементів.

Основні алгоритми телевізійних вимірів наведено у таблиці 2.2. Алгоритми призначені для вимірювання геометричних, енергетичних та кольорних параметрів протяжного об'єкта, що знаходиться у зору ТВД.

Таблиця 2.2 – Основні алгоритми вимірів по зображенню

Цифровий параметр	Співвідношення
Площа	$S_{\Sigma} = \sum_{j=1}^{z_{акт}} \sum_{i=1}^{kz_{акт}} n'(i, j), \text{ где}$ $n'(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{при } n(i, j) \neq 0, \\ 0 & \text{при } n(i, j) = 0 \end{cases}$
Лінійні розміри по горизонталі	$l_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{kz_{акт}} n'(i),$ $\text{где } n'(i) = \begin{cases} 1 & \text{при } n(i) \neq 0 \\ 0 & \text{при } n(i) = 0 \end{cases}, n(i) = \sum_{j=1}^{z_{акт}} n(i, j)$

Кінець таблиці 2.2

по вертикалі	$h_{\Sigma} = \sum_{j=1}^{z_{акм}} n'(j),$ $\text{где } n'(j) = \begin{cases} 1 & \text{при } n(j) \neq 0 \\ 0 & \text{при } n(j) = 0 \end{cases}, \quad n(j) = \sum_{i=1}^{kz_{акм}} n(i, j)$
Координати	$X_{\Sigma} = i, Y_{\Sigma} = j$
Світловий потік	$\Phi_{\Sigma} = \sum_{j=1}^{z_{акм}} \sum_{i=1}^{kz_{акм}} n(i, j)$
Освітленість	$E_{\Sigma} = \Phi_{\Sigma} / S_{\Sigma} $
Координати кольору у системі.XYZ	$\begin{bmatrix} x_{\Sigma} \\ y_{\Sigma} \\ z_{\Sigma} \end{bmatrix} = \sum_{j=1}^{z_{акм}} \sum_{i=1}^{kz_{акм}} \begin{bmatrix} n_x(i, j) \\ n_y(i, j) \\ n_z(i, j) \end{bmatrix}$

2.2 Зворотне цифро-аналогове перетворення

Для отримання на вході пристрою відображення знову аналогового відеосигналу – необхідно провести зворотне перетворення цифрового вмісту відео у композитний кольоровий відеосигнал. Для цієї задачі використовується цифро-аналоговий перетворювач.

Цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП) – пристрій для перетворення цифрового (зазвичай двійкового) коду на аналоговий сигнал (струм, напруга або заряд).

Принцип роботи ЦАП ґрунтується на використанні різних методів для створення аналогового сигналу на основі цифрових даних. Один із найпоширеніших методів – це використання резистивної сітки.

Резистивна сітка складається з низки резисторів, кожен із яких має певне значення опору. Кожен резистор з'єднаний із певним бітом цифрового сигналу. Коли біт має значення "1", відповідний резистор підключається до джерела напруги, а коли біт має значення "0", відповідний резистор вимикається.

При подачі цифрового сигналу на ЦАП кожен біт послідовно активується або деактивується, що призводить до зміни опору резистивної сітки. Потім крізь резистивну сітку пропускається струм, який створює аналоговий сигнал на виході ЦАП.

Інший спосіб роботи ЦАП – використання сходової схеми. Сходова схема складається з низки резисторів, кожен з яких з'єднаний з певним бітом цифрового сигналу. Коли біт має значення "1", відповідний резистор підключається до джерела напруги, а коли біт має значення "0", відповідний резистор вимикається. На виході ЦАП формується аналоговий сигнал, який є сумою напруг на активних резисторах.

За способом формування вихідної напруги в залежності від цифрового вхідного коду всі ЦАП можна розділити на три групи: з підсумовуванням струмів, з підсумовуванням напруги, з розподілом напруги. При реалізації ЦАП у вигляді ВІС найбільшого поширення набула схема із підсумовуванням струмів. ЦАП із підсумовуванням та розподілом напруг менш технологічні, але досі реалізуються в апаратурі на цифрових та аналогових мікросхемах.

ЦАП, що використовують для формування вихідної напруги підсумовування струмів, діляться на два типи: з використанням зважених резисторів та з використанням багатоланкового ланцюжка резисторів R-2R. Принцип дії ЦАП ґрунтується на тому, що будь-яке двійкове число $X_n \dots X_2 X_1 X_0$ можна подати у вигляді суми ступенів числа 2. Тому для перетворення двійкових чисел в аналогову величину (напруга, струм і т.д.) необхідно кожній одиниці числа поставити у відповідність аналогову

величину зі своєю вагою, що відповідає розряду цієї цифри, а потім провести підсумовування цих величин.

Найбільш загальні типи електронних ЦАП наведені нижче.

Широтно-імпульсний модулятор – найпростіший тип ЦАП. Стабільний джерело струму або напруги періодично включається на час, пропорційне цифровому коду, що перетворюється, далі отримана імпульсна послідовність фільтрується аналоговим фільтром низьких частот. Такий спосіб часто використовується для керування швидкістю електромоторів, а також стає популярним у Hi-Fi (клас апаратури) аудіотехніки.

ЦАП передискретизації, такі як дельта-сигма ЦАП, засновані на щільності імпульсів, що змінюються. Передискретизація дозволяє використовувати ЦАП з меншою розрядністю задля досягнення більшої розрядності підсумкового перетворення; часто дельта-сигма ЦАП будується на основі найпростішого однобітного ЦАП, який є практично лінійним. На ЦАП малої розрядності надходить імпульсний сигнал з модульованою щільністю імпульсів (з постійною тривалістю імпульсу, але зі змінною шпаруватістю), створюваний з використанням негативного зворотного зв'язку. Негативний зворотний зв'язок виступає як фільтр високих частот для шуму квантування. Більшість ЦАП великої розрядності (понад 16 біт) побудовано цьому принципі внаслідок його високої лінійності і низьку вартість. Швидкодія дельта-сигма ЦАП досягає сотні тисяч відліків за секунду, розрядність – до 24 біт. Для генерації сигналу з модульованою щільністю імпульсів може бути використаний простий дельта-сигма модулятор першого порядку або вищого порядку як MASH (Multi stage noise SHaping). Зі збільшенням частоти передискретизації пом'якшуються вимоги до вихідного фільтра низьких частот і покращується придушення шуму квантування.

Зважаючи ЦАП, в якому кожному біту двійкового коду, що перетворюється, відповідає резистор або джерело струму, підключений на загальну точку підсумовування. Сила струму джерела (провідність

резистора) пропорційна ваги біта, якому він відповідає. Таким чином, усі ненульові біти коду підсумовуються з вагою. Зважувальний метод один із найшвидших, але йому властива низька точність через необхідність наявності набору безлічі різних прецизійних джерел або резисторів. З цієї причини зважувальні ЦАП мають розрядність не більше восьми біт.

Ланцюгова R-2R схема є варіацією зважувального ЦАП. У R-2R ЦАП виважені значення створюються у спеціальній схемі, що складається з резисторів із опорами R та 2R. Це дозволяє суттєво покращити точність порівняно зі звичайним ЦАП, що зважує, так як порівняно просто виготовити набір прецизійних елементів з однаковими параметрами. Недоліком методу є нижча швидкість внаслідок паразитної ємності.

Сегментний ЦАП містить по одному джерелу струму чи резистори на кожне можливе значення вихідного сигналу. Так, наприклад, восьмибітний ЦАП цього типу містить 255 сегментів, а 16-бітний – 65535. Теоретично, сегментні ЦАП мають найвищу швидкодію, так як для перетворення достатньо замкнути один ключ, що відповідає вхідному коду.

Гібридні ЦАП використовують комбінацію перерахованих вище способів. Більшість мікросхем ЦАП належить до цього типу; вибір конкретного набору способів є компромісом між швидкодією, точністю та вартістю ЦАП.

Найбільш важливі характеристики ЦАП:

- розрядність, крок квантування (роздільна здатність) та точність перетворення;
- передатна характеристика (ПХ) – залежність вихідного сигналу ЦАП від вхідних даних;
- розрядність (N) – кількість біт у вхідному коді;
- роздільна здатність – це вихідна напруга, що відповідає 1 МЗР. Воно залежить від кількості розрядів та визначає точність перетворення сигналу;
- частота дискретизації (частота Найквіста) – максимальна частота, на якій ЦАП може працювати, видаючи на виході коректний результат.

Відповідно до теореми Котельникова, для коректного відтворення аналогового сигналу з цифрової форми необхідно, щоб частота дискретизації була не меншою за подвійну максимальну частоту в спектрі сигналу;

- повна шкала – діапазон значень вихідного сигналу;
- монотонність – ділянка на ПХ, де нахил постійний. На цій ділянці ЦАП лінійний;
- час встановлення – інтервал часу від моменту зміни вхідного коду до входу вихідного сигналу в заданий діапазон відхилення;
- вихідний викид – це перехідний процес, який виникає під час зміни вхідних даних. Величина викиду залежить від кількості розрядів, що перемикаються;
- похибка усунення нуля – різниця між фактичним та ідеальним вихідним сигналом, коли на вході нуль;
- похибка ПШ – різниця між фактичною вихідною напругою та напругою ПШ;
- похибка посилення – відхилення нахилу ПХ від ідеального;
- диференційна нелінійність – різниця прирощень вихідних сигналів, які відповідають суміжним сусіднім кодам;
- інтегральна нелінійність – максимальне відхилення реальної ПХ від прямої лінії.

2.3 Вибір засобів реалізації аналогово-цифрового перетворення відеосигналу

Провівши аналіз мікросхем АЦП представлених на ринку для здійснення аналогово-цифрового перетворення відеосигналу було обрано мікросхему Macro Silicon MS2107, яка вже має всі необхідні вбудованні модулі для перетворення сигналу, а також може працювати зі звуком, що є перевагою для побудови віддалених систем контролю.

MS2107 – це чіп для збору відео та аудіо: який інтегрує контролер USB 2.0 і модуль прийомопередавача даних, модуль АЦП відео, модуль АЦП аудіо, модуль обробки відео та аудіо. MS2107 може передавати CVBS, S-Video та аудіосигнали на ПК, смартфон і планшет через інтерфейс USB для попереднього перегляду або отримання даних. Вихід MS2107 підтримує режими YUV422 і MJPEG, сумісний із системами Windows, Android і MacOS (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 – Мікросхема MS2107

Особливості MS2107:

- підтримує вхід CVBS і S-Video;
- сумісність із форматом відео NTSC/PAL;
- автоматична ідентифікація джерела вхідного сигналу;
- підтримує 3D декодер;
- вбудований 24-розрядний аудіо АЦП;
- підтримує цифровий аудіо вхід I2C;
- підтримує режими MJPEG і YUV422;
- максимальна вихідна роздільна здатність: 1920*1080 при 30 Гц;
- підтримує налаштовану користувачем роздільну здатність;
- підтримує налаштування яскравості / контрастності / насиченості / відтінку;

- сумісний з режимом USB 1.1;
- USB-відео відповідає специфікації UVC1.0;
- USB аудіовихід 96 кГц моно;
- USB-аудіо відповідає специфікації UAC1.0;
- вбудований пристрій USB 2.0;
- підтримує налаштування дескриптора Windows XP/7/8/10, Android 5.0 або вище, MacOS;
- потрібен зовнішній пасивний кристал 12 МГц;
- PLL на кристалі;
- вбудований LDO 1,2 В і 3,3 В;
- скидання живлення на мікросхемі;
- корпус LQFP-48(7ммх7мм).

На рисунку 2.6 наведено функціональну діаграму мікросхеми MS2107.

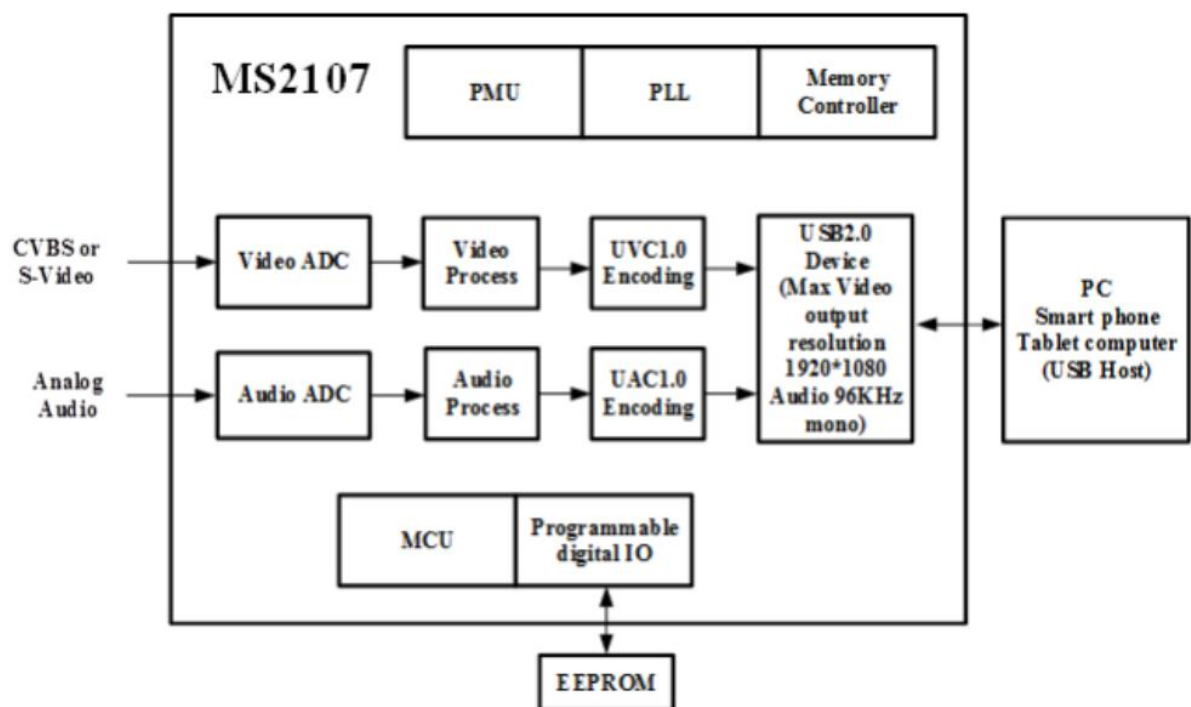


Рисунок 2.6 – Функціональна діаграма мікросхеми MS2107

До переваг MS2107 відноситься його ціна, у роздріб вона в зібраному пристрої перетворення менша за всі інші проаналізовані АЦП по роботі з відеосигналом. Істотним недоліком є те що придбати мікросхему окремо від пристрою перетворення в роздріб неможливо – треба лише замовляти велику партію на заводі виробнику або купляти зібраний пристрій перетворення EasyCAP. Звісно, що в рамках магістерської роботи було обрано другий варіант. На рисунку 2.7 наведено фото пристрою перетворення EasyCAP, а на рисунку 2.8 його схему, яку було отримано шляхом реверс-інжинірінгу.



Рисунок 2.7 – Фотографія друкованої плати пристрою перетворення EasyCAP

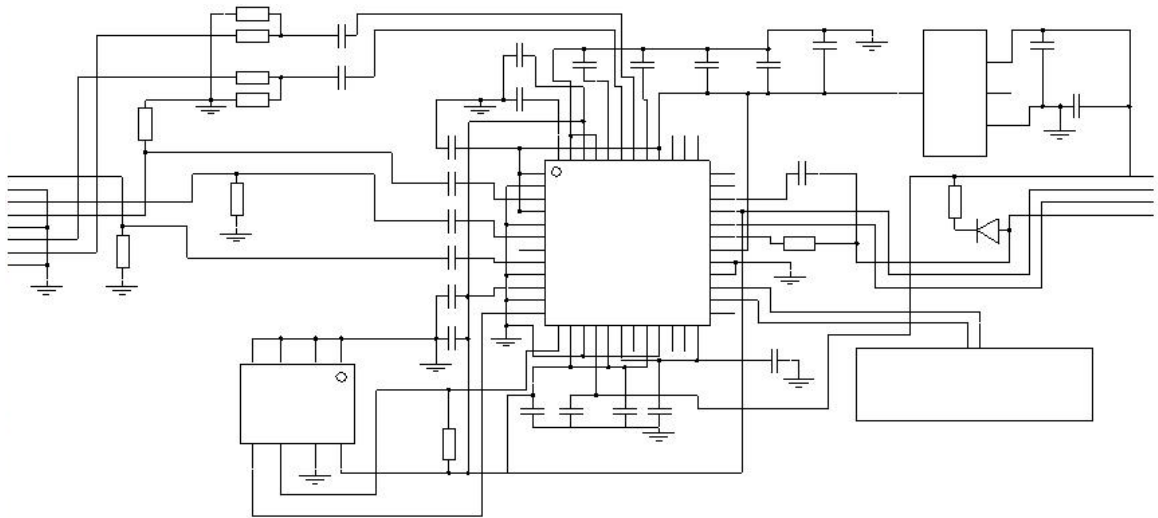


Рисунок 2.8 – Схема пристрою EasyCAP

2.4 Вибір засобів реалізації цифро-аналогового перетворення

Для зворотнього перетворення (цифро-аналогового) було обрано мікросхему Macro Silicon MS9123 знов таки через наявність широкого функціоналу при низькій ціні (рис. 2.9).



Рисунок 2.9 – Мікросхема MS9123

MS9123 – це однокристальне рішення для USB Screen thrower, воно об'єднує контролер і трансивер пристроїв USB2.0, відео ЦАП і процесор

обробки відео та аудіо, воно може відображати або розширювати екран ПК/смартфону/планшетного комп'ютера до пристрою відображення більшого розміру через інтерфейс USB. Він підтримує вихідний інтерфейс CVBS, S-Video.

Особливості MS9123:

- підтримка CVBS&S-відео;
- 720x480: NTSC M/J/433, PAL_M 720x576:PAL N/B/D/G/H/I За замовчуванням 48 кГц/16 біт стерео I2C вихід;
- високошвидкісний USB-пристрій на мікросхемі;
- механізм обробки відео USB;
- USB-аудіо: динамік UAC 48 кГц стерео;
- підтримка Windows XP,10, Andriod5.0 або вище;
- потрібен лише один елемент - кристал 24 МГц;
- вбудований PLL на кристалі;
- скидання живлення на мікросхемі;
- корпус QFN48 (7 мм х 7 мм).

На рисунку 2.10 зображено функціональну діаграму мікросхеми MS9123.

Знов, як і у випадку відео АЦП, недоліком обрано ЦАП є неможливість роздрібної купівлі окремо мікросхеми і відповідно для виконання роботи було придано зібраний пристрій перетворення (рис. 2.11) та проведено його реверс-інжинірінг (рис. 2.12).

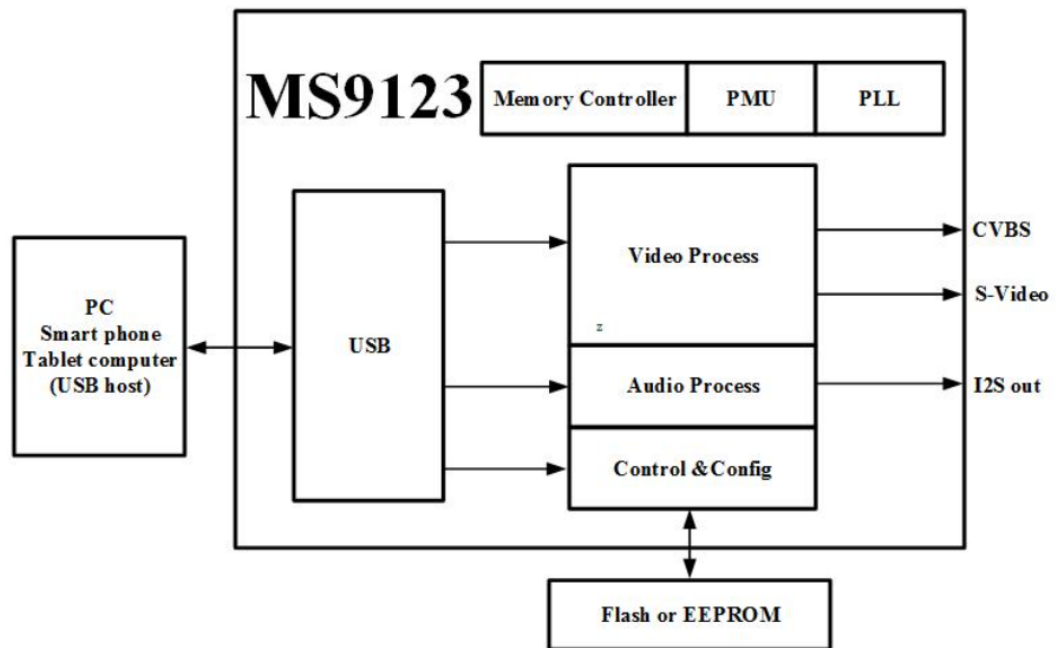


Рисунок 2.10 – Функціональна діаграма мікросхеми MS9123



Рисунок 2.11 – Пристрій відео ЦАП на базі MS9123 (друкована плата)

3 РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ КОДУВАННЯ ШЛЯХОМ ПОДВІЙНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ

3.1 Опис принципів та розробка структури

Для реалізації повноцінного шифрування крім перетворень необхідно робити обробку отриманих цифрових сигналів на мікроконтролері, бо звісно, що використання комп'ютера у якості посередника невелиює можливість використання пристрою у мобільних робототехнічних та безпілотних системах. Розроблена структурна схема наведена на рисунку 3.1.

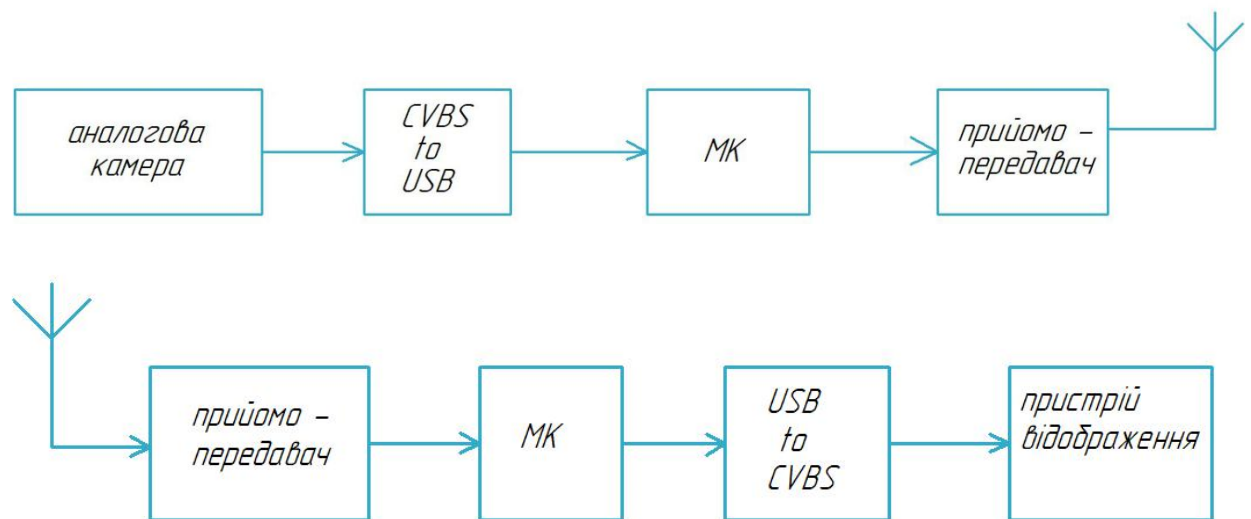


Рисунок 3.1 – Структурна схема пристрою шифрування шляхом подвійного перетворення

Цей дипломний проект в основному базується на цифрову передачу перетвореного аналогового сигналу і відповідно відноситься до сфери цифрових додатків. Використання мікроконтролера C8051F310 для керування бездротовою передачею інформації про зображення через схему високочастотної модуляції. Схема використовує радіочастотну бездротову

передачу, радіочастотний бездротовий прийом, цифрову бездротову передачу, цифровий бездротовий прийом та інші модулі для узгодження загальної схеми.

У цій конструкції використовується модуль трансивера nRF24L01, який забезпечує інтерфейс SPI для легкого підключення до порту мікроконтролера C8051F310. Монолітний бездротовий трансивер nRF24L01 працює на частоті 2400 МГц і програмується та конфігурується через інтерфейс SPI для роботи з дуже низьким споживанням струму. розширений послідовний периферійний інтерфейс для мікроконтролера C8051F310 SPI0. Забезпечує доступ до повнодуплексної синхронної послідовної шини. SPI0 може працювати в якості ведучого або веденого пристрою, використовуючи 4-провідний метод ведучого. Послідовний порт SPI мікроконтролера C8051F310 запрограмований на управління відеосигналом, і в той же час схема РК-дисплея управляється мікроконтролером 89S52; а схеми радіочастотного передавача і радіочастотного приймача використовуються для відображення зображення на пристрої відображення для досягнення моніторингу в режимі реального часу.

Камера перетворює захоплені сигнали зображення у відеосигнали за допомогою внутрішньої схеми перетворення і передає їх на високошвидкісний АЦП. Високошвидкісний АЦП відповідає за перетворення аналогових сигналів напруги, що виходять з камери, у відповідні 8-розрядні дані. Мікроконтролер C8051F310 керує початком і закінченням збору даних високошвидкісним АЦП, а також отримує перетворені 8-розрядні дані. Мікроконтролер є центром всієї системи, який надсилає сигнал даних, отриманий від АЦП, до модуля бездротового передавача для модуляції та передачі після обробки. Клавіатура забезпечує управління бездротовим модулем передавача (рис. 3.2).

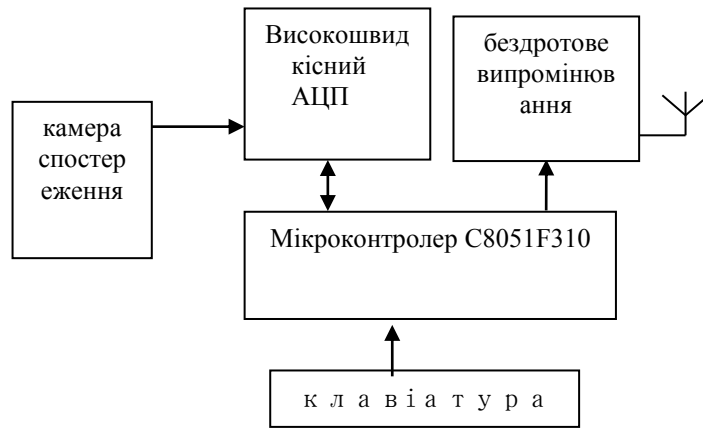


Рисунок 3.2 – Блок-схема бездротової передачі з АЦП

Модуль бездротового приймача демодулює отриманий сигнал, а потім передає демодульований 8-бітний обсяг даних на мікроконтролер C8051F310. Мікроконтролер керує початком і закінченням роботи високошвидкісного модуля бездротового приймача за допомогою інструкцій. Отриманий обсяг даних після арифметичної обробки надсилається на високошвидкісний ЦАП, який перетворює обсяг даних у відповідний аналоговий сигнал, а потім надсилає його на пристрій відображення (рис. 3.3).

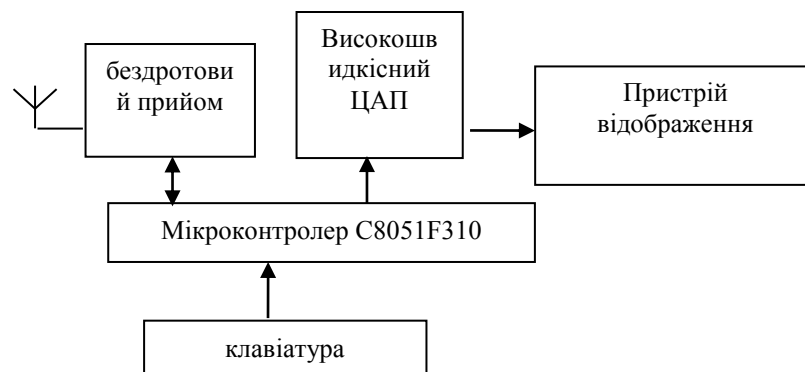


Рисунок 3.3 – Блок-схема ЦАП бездротового приймача

Ця реалізація має високу швидкість обробки, високу функціональність та надійність, високу роздільну здатність у відео. Однак схема через збір інформації, обробку даних, передачу, управління системою та інші частини

композиції, структура апаратної схеми складна, необхідність використання високошвидкісного мікроконтролера та високошвидкісної мікросхеми АЦП та ЦАП, реалізація схеми та налагодження досить складні.

Комбінована цифрова та аналогова бездротова система відеоспостереження. Цей варіант реалізації використовує радіочастотну бездротову передачу, радіочастотний бездротовий прийом, цифрову бездротову передачу, цифровий бездротовий прийом і складається з чотирьох частин. Мікроконтролер C8051F310, після команди з клавіатури для отримання сигналу даних, обробляє і надсилає на модуль бездротового передавача для модуляції та передачі. Клавіатура через мікроконтролер C8051F310 може керувати модулем бездротового передавача nRF2401. Мікроконтролер AT89S52 через клавіатуру виводить на РК-дисплей відповідну керуючу інформацію. Пристрій відображення відеосигналу демодулює отриманий радіочастотний сигнал у відеосигнал і відображає його, таким чином реалізуючи функцію моніторингу (рис. 3.4).

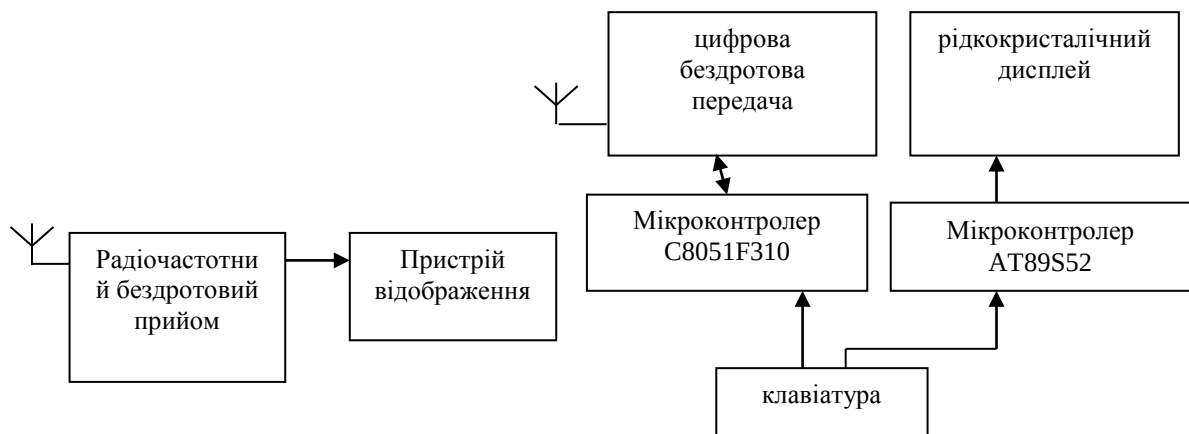


Рисунок 3.4 – Блок-схема радіочастотного бездротового прийому та цифрової бездротової передачі

Камера захоплює сигнал зображення, який перетворюється у відеосигнал через внутрішню схему перетворення і виводиться на схему модуляції. Конструкція схеми модуляції: ємнісний триточковий коливальний

контур генерує синусоїдальний сигнал 56 МГц і здійснює модуляцію АV-сигналу, в результаті чого радіочастотний сигнал, що надходить на радіочастотний підсилювач UPC1651, посилюється і відправляється назовні. Модуль бездротового приймача nRF2401 здійснює демодуляцію прийнятих сигналів, демодульовані дані передаються на мікроконтролер C8051F310, мікроконтролер за допомогою команди керує двигуном камери рульове управління (рис. 3.5).

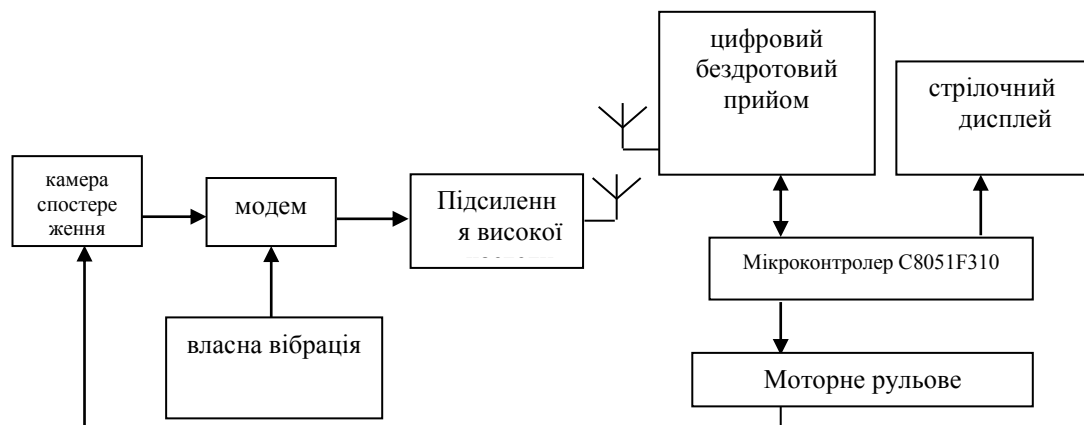


Рисунок 3.5 – Блок-схема радіочастотної бездротової передачі та цифрового бездротового прийому

Ця схема проста, легка в реалізації, має широкий спектр використання, оскільки банки, вугільні шахти та інші охоронні зони можуть легко керувати двигуном камери для виявлення. Енергоспоживання низьке, програмування програмного забезпечення відносно просте, мікросхема nRF24L01 невелика, а вартість всієї системи низька. Використання мікроконтролера для досягнення бездротової системи відеоспостереження, повною мірою використовуючи ресурси мікроконтролера. У той же час використання мікроконтролера C8051F310 та мікросхеми nRF24L01 разом керують, що дуже відповідає нашим дизайнерським ідеям, тому ця конструкція приймає схему 2.

Мікроконтролер C8051F310 на стороні передавача керує початком і закінченням роботи модуля цифрового бездротового передавача за допомогою клавіатури. Мікроконтролер C8051F310 записує керуюче слово і інформацію про дані, які повинні бути передані в модуль передавача nRF24L01 для модуляції і відправки відповідно. В той же час, мікроконтролер AT89S52 відображає відповідну керуючу інформацію на РК-дисплеї після сигналів керування з клавіатури.

На стороні цифрового бездротового приймача, спочатку мікроконтролер C8051F310 на стороні приймача записує керуюче слово в модуль цифрового бездротового приймача nRF2401, а потім він демодулює отримані сигнали і передає демодульовану інформацію мікроконтролеру C8051F310, який керує рульовим керуванням двигуна за допомогою інструкції.

3.2 Вибір основних елементів схеми

3.2.1 Вибір керуючого мікроконтролера

В якості керуючого мікроконтролера було обрано C8051F310

Схеми бездротового передавача і приймача використовують послідовний периферійний інтерфейс SPI мікроконтролера C8051F310 для керування схемами.

Характеристики C8051F310:

- аналогова периферія;
- 10-розрядний АЦП (швидкість конверсії до 200 кбіт/с);
- до 21 зовнішнього одностороннього або диференціального входу;
- VREF можна вибрати із зовнішнього виводу або VDD;
- вбудований датчик температури ($\pm 3^{\circ}\text{C}$);
- два аналогових компаратора;
- програмована зворотна диференціальна напруга та час відгуку;

– конфігурується як джерело переривання або скидання (компаратор 0).

Схема налагодження на кристалі забезпечує повношвидкісне, ненав'язливе внутрішньосистемне налагодження (без емулятора) з підтримкою точок зупину, однокрокового виконання, а також спостереження/модифікації пам'яті та регістрів.

Вища продуктивність порівняно з системами емуляції, що використовують мікросхеми емуляції, цільові емуляційні головки та емуляційні роз'єми.

Високошвидкісне ядро мікроконтролера C8051F310:

- конвеєрна структура інструкцій; 70 відсотків інструкцій мають час виконання від одного до двох тактів тактового генератору;
- швидкість до 25 MIPS (при тактовій частоті 25 МГц).

Пам'ять C8051F310:

- 1280 байт внутрішньої оперативної пам'яті даних (1024+256);
- 16KB FLASH пам'яті.

Цифрові периферійні пристрої C8051F310:

- 29 портів вводу/виводу; всі лінії портів підтримують 5В;
- апаратне розширення послідовних портів UART, SMBus і SPI;
- 4 16-бітних лічильника/таймера загального призначення;
- 16-розрядний програмований масив лічильників/таймерів (PCA) з 5 модулями захоплення/порівняння;
- підхід до годинника реального часу з використанням PCA або таймера та зовнішнього джерела годинника.

Джерело тактової частоти C8051F310:

- внутрішній програмований генератор: 24,5 МГц, точність $\pm 2\%$, підтримує безкристалічний режим роботи UART;
- зовнішній генератор: кварцовий, RC, C або зовнішній генератор.

Мікроконтролер C8051F310 має внутрішній розширений послідовний периферійний інтерфейс (SPI0), який забезпечує доступ до повнодуплексної синхронної послідовної шини.

Тільки провідний пристрій SPI може ініціювати передачу даних. SPI0 переводиться в режим ведучого пристрою встановленням прапорця дозволу ведучого MSTEN на 1. У режимі ведучого, запис байта в регістр даних SPI0 є записом в буфер передачі. Якщо регістр зсуву SPI порожній, байт даних з буфера передачі переноситься в регістр зсуву і починається передача даних. Ведучий пристрій SPI0 негайно послідовно виводить дані на лінію MOSI, забезпечуючи при цьому послідовний такт на SCK. В кінці передачі прапор SPIF встановлюється в логічну 1. Якщо переривання дозволені, запит на переривання генерується при встановленні прапора SPIF. У повнодуплексному режимі, коли провідний пристрій SPI надсилає дані на ведений пристрій по лінії MOSI, адресований ведений пристрій SPI може одночасно надсилати вміст свого зсувного регістра на провідний пристрій по лінії MISO. Таким чином, прапорець SPIF слугує як прапором завершення передачі, так і прапором готовності до прийому даних.

Внутрішні біти визначають частоту виходу SCK, коли модуль SPI0 налаштований на роботу в режимі ведучого. Тактова частота SCK отримується шляхом ділення частоти від системної тактової частоти, і задається наступним рівнянням, де: *SYSCLK* – системна тактова частота, а *SPI0CKR* – 8-бітне значення в регістрі SPI0CKR.

$$f_{SCK} = \frac{SYSCLK}{2 \times (SPI0CKR + 1)},$$

де ($0 \leq SPI0CKR \leq 255$).

Наприклад, якщо *SYSCLK* = 2MHz і *SPI0CKR* = 0x04, то:

$$f_{SCK} = \frac{2000000}{2 \times (4 + 1)},$$

$$f_{SCK} = 2000KHz.$$

3.2.2 Вибір прийомо-передавача

У якості прийомо-передавача було обрано мікросхему NRF24L01 через її невисоку вартість і швидкість передачі даних до 2Мбіт/с.

NRF24L01 – це радіомодуль, який використовується для бездротового зв'язку між пристроями. Він працює на базі безлічі частотних каналів та підтримує двосторонню комунікацію. Завдяки своєму низькому споживанню енергії, високій швидкості передачі даних та дальньому зв'язку, NRF24L01 є популярним вибором для бездротових проектів.

NRF24L01 має вбудований антенний вхід, а також підтримує зовнішні антени для покращення зв'язку на великій відстані. Він працює в діапазоні частот 2,4 ГГц та підтримує комунікацію за допомогою різних протоколів, включаючи SPI (Serial Peripheral Interface).

NRF24L01 може використовуватися для зв'язку між мікроконтролерами, Arduino, Raspberry Pi та іншими електронними пристроями. Він дозволяє передавати дані, команди або сигнали від одного пристрою іншому без необхідності дротів або фізичного підключення.

Для використання NRF24L01 необхідно підключити модуль до мікроконтролера або іншого пристрою через SPI та налаштувати його на відповідний канал та параметри зв'язку. Він підтримує різні режими роботи, включаючи передачі даних, отримання даних, виклик переривань та інші функції.

NRF24L01 забезпечує надійний та швидкий бездротовий зв'язок, що робить його корисним для багатьох проектів, включаючи системи моніторингу, дистанційне керування, бездротові сенсорні мережі та інші програми, де потрібна бездротова передача даних.

Високошвидкісна обробка сигналів, пов'язаних з радіочастотними пакетами, виконується на кристалі в NRF24L01, швидкість передачі даних визначається інтерфейсом SPI, налаштованим в мікроконтролері, дані обробляються на низькій швидкості в мікроконтролері, але відправляються

на високій швидкості в NRF24L01, тому між ними існує тривалий час простою, що сприяє енергоефективності схеми.

Оскільки NRF24L01 працює в режимі ShockBurst™, висока швидкість передачі радіосигналу може бути досягнута і при використанні низькошвидкісного мікроконтролера. У режимі прийому ShockBurst™ виводи збігу адреси (AM) і готовності даних (DR) повідомляють мікроконтролер про отримання пакета, що містить правильну адресу і дані. У режимі передачі ShockBurst™ NRF24L01 автоматично генерує заголовок слова і код контрольної суми CRC, а коли процес передачі завершується, вивід готовності даних повідомляє мікропроцесор про те, що дані були передані. Процес передачі та прийому даних NRF24L01 детально розглядається нижче.

Режим роботи ShockBurst™ гарантує, що як тільки процес передачі даних розпочався, він буде оброблений незалежно від того, високий чи низький рівень на виводах TRX_EN і TX_EN. NRF24L01 може прийняти наступний пакет передачі тільки після того, як попередній пакет був відправлений.

Всі конфігураційні слова надсилаються до NRF24L01 через інтерфейс SPI. спосіб роботи інтерфейсу SPI можна встановити за допомогою команд SPI.

3.3 Розробка схеми пристрою перетворення та цифрової прийомо-передачі

Відповідно до вимог функції проектування системи, визначено, що апаратна схема проектованої системи складається з п'яти модулів, а саме: радіочастотної передачі, радіочастотного прийому, цифрової бездротової передачі, цифрового бездротового прийому та схеми живлення. Конструкція кожного модуля схеми наступна.

Схема цифрового бездротового передавача.

Оскільки мікроконтролер має переваги невеликого розміру, простої конструкції, легкого сприйняття, високої надійності, низької ціни, низького енергоспоживання, потужних функцій управління та гнучких застосувань, цифровий бездротовий передавач та цифровий бездротовий приймач у цій конструкції в основному через послідовну периферійну інтерфейсну шину SPI (послідовний периферійний інтерфейс) мікроконтролера C8051F310 та NRF24L01 Модуль передавача і приймача шини SPI для управління схемою, мікроконтролер серії 52 (AT89S52) в основному відповідає за управління схемою РК-дисплея HY-12864. Апаратна схема показана в Додатку А.

Апаратна схема цифрового бездротового передавача в основному складається з мінімальної системи мікроконтролера C8051F310 і модуля приймача NRF24L01.

Мінімальна система мікроконтролера C8051F310 повинна включати основні модулі: мікроконтролер, кристалічну схему, схему скидання, інтерфейс налагодження C2 і блок живлення.

Мікроконтролер: мікроконтролер C8051F310.

Кристалічна схема: Зовнішня кристалічна схема приводу поділяється на зовнішній кварцовий кристал 24 МГц, зовнішні коливання конденсатора та зовнішні RC коливання. Внутрішній програмований кристал. Ця конструкція використовує внутрішній програмований кристал, який запрограмований програмним забезпеченням для генерації частоти 500 Гц.

Схема скидання: внутрішнє скидання при увімкненні живлення або відкритий вихід стоку VDD монітора. Зовнішнє джерело може ініціювати скидання системи, подаючи на цей вивід низький рівень (щонайменше 10 мкс).

Порт завантаження C2: C8051F310 має 2-провідний інтерфейс налагодження Silicon Labs (C2), який підтримує програмування FLASH, периферійне сканування і внутрішньосистемне налагодження за допомогою пристрою, встановленого в кінцевій прикладній системі. Інтерфейс C2 використовує тактовий сигнал (C2CK) і двонаправлений сигнал даних C2

Мікросхема трансивера: мікросхема трансивера NRF24L01.

Кристалічна схема: Для досягнення рішення з низьким енергоспоживанням і швидким часом запуску кристалічного генератора використовується низькоомне кристалічне навантаження і конденсатори. Кристалічний генератор працює на частоті 16 МГц (після внутрішнього подвоєння частоти для отримання необхідного для схеми значення частоти 2400 МГц), резистор становить 1 МОм, а обидва конденсатори – 15 пФ.

Контур антени. Вихідні виводи ANT1 і ANT2 забезпечують стабільний ВЧ-вихід на антену. Ці два виводи повинні мати шлях постійного струму, підключений до VDD_PA. Імпеданс навантаження між ANT1 і ANT2 повинен бути в діапазоні від 200 до 700 Ом. Менший імпеданс 50 Ом можна отримати за допомогою простої узгоджувальної мережі. Значення кожного параметра в ланцюзі LC π -фільтрації розраховані на основі частоти передачі 2400 МГц, що використовується в схемі. В антенній частині схеми використовується одностороння антена 50 Ом.

Схема модулю приймача NRF24L01 показаний на рисунку 3.7.

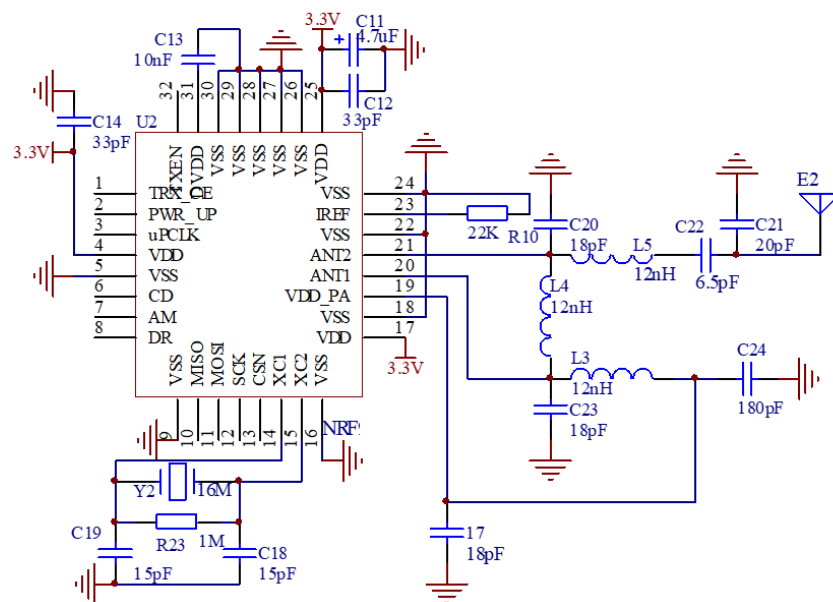


Рисунок 3.7 – Схема модуля прийомопередавача NRF24L01

Мікроконтролер C8051F310 є ядром всієї схеми цифрового передавача, разом з модулем передавача NRF24L01, через порт SPI спочатку подається керуюче слово регістра NRF24L01, і частота передавача NRF24L01 встановлюється на 2400 МГц, а потім дані, які потрібно відправити, подаються в регістр NRF24L01, а висновки PWR_UP, TRX_CE і TX_EN встановлюються в 1, щоб він працював в режимі передачі. NRF24L01 упаковує дані (плюс слово-заголовок і код контрольної суми CRC) і надсилає їх на частоті GFSK 433МГц. NRF24L01 упаковує дані (додаючи слово заголовка і код контрольної суми CRC) і відправляє їх на частоті 2400 МГц GFSK. З'єднання між мікроконтролером C8051F310 і передавальним модулем NRF24L01 показано на апаратній схемі цифрового бездротового передавача на рисунку 3.8.

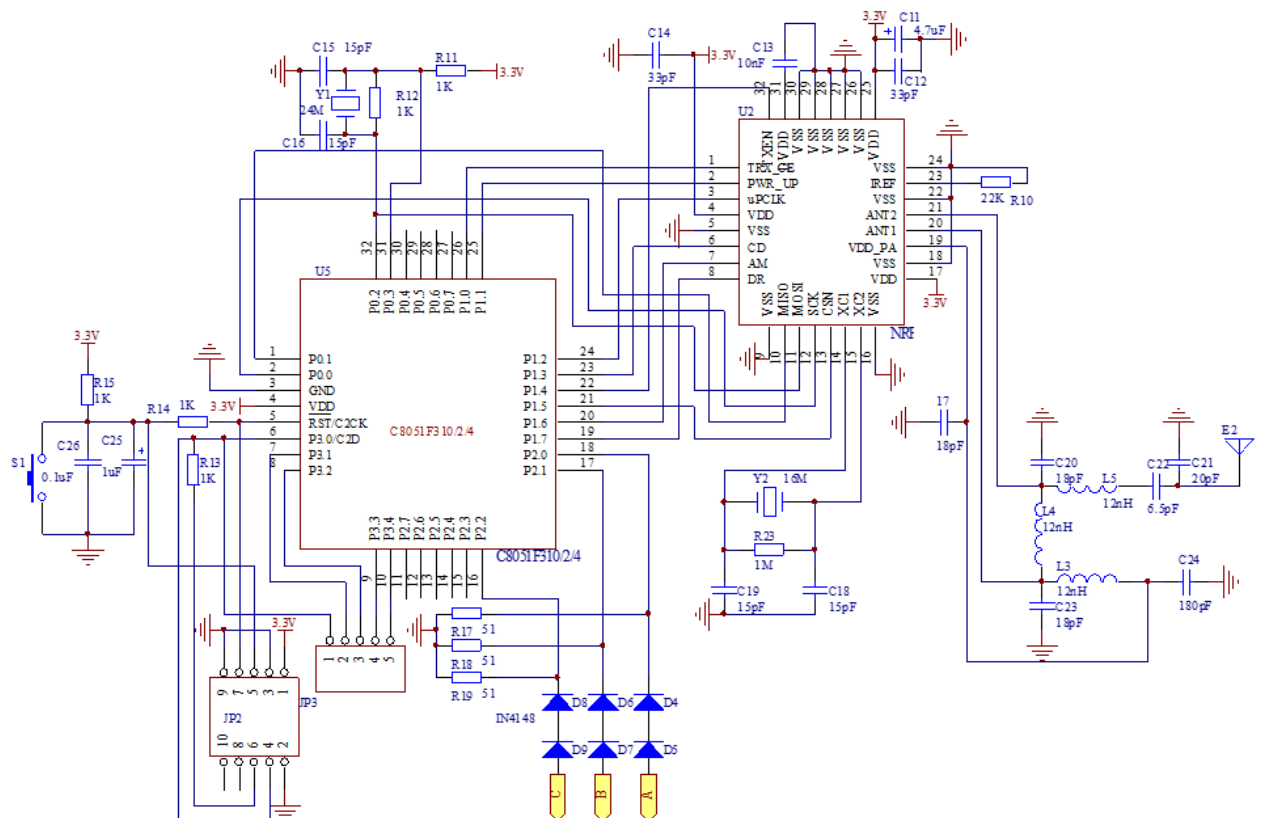


Рисунок 3.8 – Апаратна схема цифрового бездротового передавача

Для керування РК-дисплеєм HY-12864 в основному використовується схема AT89S52.

Використовується рідкокристалічний модуль HY-12864 з вбудованим HD61202.

Драйвер керування РК-дисплеєм HD61202 – це графічний РК-контролер з виходом приводу, він може бути безпосередньо підключений до 8-розрядного мікропроцесора, який може використовуватися з HD61203 для керування РК-екраном в рядках і стовпчиках. HD61202 – це РК-контролер з виходом приводу стовпчика, який може використовуватися разом з лінійним драйвером HD61203 для формування системи керування РК-дисплеєм. система управління.

Мінімальне системне підключення мікроконтролера AT89S52 аналогічне підключенню мікроконтролера C8051F310, а підключення кожного виводу рідкого кристала і мікроконтролера показано на рисунку 3.9.

Клавіші S2 ~ S4 для серії управління приймальним кінцем, при натисканні клавіші S2 на РК-дисплеї відображається вітальний напис S3 і S4 служать для управління двигуном "вліво" і "запуску" роботи.

Схему бездротового прийому наведено у Додатку Б.

Бездротова схема прийому також має мікроконтролер C8051F310 і модуль прийомопередавача NRF24L01, тільки цього разу мікросхема NRF24L01 через програмне забезпечення налаштована на прийом. У прийимальному ланцюзі є дві стрілочні лампи і двигун постійного струму, мікроконтролер C8051F310 через мікросхему NRF24L01 отримує сигнали для програмного управління, виявлення на виходах P2.0 і P2.1 високого і низького рівнів для управління напрямком обертання двигуна постійного струму (двигуни постійного струму є реверсивними, по суті, це комутаційний пристрій, оснащений двигуном змінного струму (AC). Заряджений провідник піддається електромагнітній силі в магнітному полі і формує електромагнітний момент, який штовхає ротор до обертання, $f = B \cdot i \cdot L$).

Одночасно визначте високий і низький рівень на виходах P3.0 і P3.1, щоб стрілочний індикатор увімкнувся і вимкнувся.

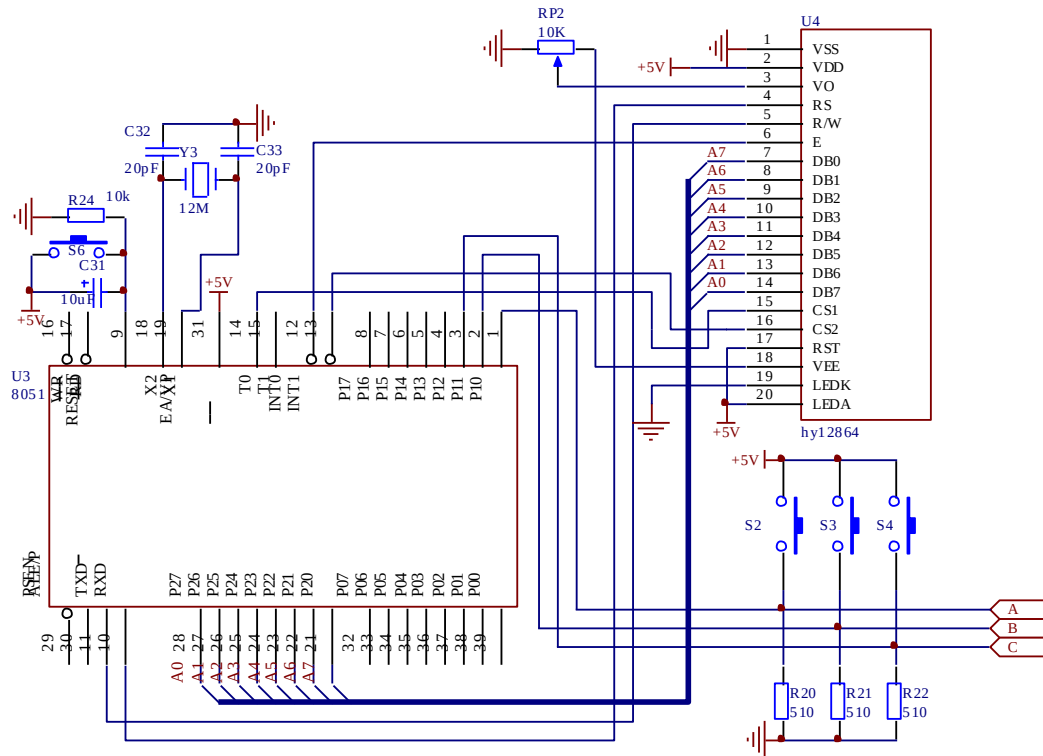


Рисунок 3.9 – Схема інтерфейсу між AT89S52 та РК-дисплеєм

4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ТЕСТУВАННЯ ПРИБОРУ

4.1 Програмування схеми цифрового бездротового передавача

Схема цифрового бездротового передавача управляється двома мікроконтролерами для кожного компонента схеми, мікроконтролер C8051F310 запрограмований в основному для управління модулем передавача NRF24L01 в схемі, а мікроконтролер AT89S52 запрограмований для управління дисплеєм рідкокристалічного індикатора HY-12864.

Відповідно до внутрішніх характеристик мікроконтролера C8051F310 та функції шини SPI, інструкції цього мікроконтролера використовуються для виконання програмування на мові асемблера, і відповідно до конкретної ситуації з клавішею, порти P2.0, P2.1 і P2.2 мікроконтролера призначені для виведення різних високих і низьких рівнів. Коли P2.2 = 1 (натиснута клавіша S4), схема починає працювати; коли P2.0 = 1 (натиснута клавіша S2), NRF24L01 надсилає адресу регістра і дані 0AH; коли P2.1 = 1 (натиснута клавіша S3), NRF24L01 надсилає адресу регістра і дані 04H, тобто, мікроконтролер C8051F310 надсилає адресу і дані до NRF24L01 через інтерфейс SPI відповідно до часової послідовності. Тобто, мікроконтролер C8051F310 відправляє адресу і дані, які потрібно відправити на NRF24L01 через інтерфейс SPI в часовій послідовності, і відправляє їх через NRF24L01. Конкретні ідеї програмування, такі як блок-схема цифрової бездротової передачі, процедура показана в Додатку В.

У бездротовому передавальному ланцюзі мікроконтролер AT89S52 також використовується для управління рідким кристалом HY-12864 за допомогою інструкції. Коли жодна клавіша не натиснута, на РК-дисплеї відображається вітальний напис, а потім відповідно до клавіші, натиснутої на конкретному дизайні програми, натискається інша клавіша, на РК-дисплеї

відображаються різні символи. При натисканні S4, $P1.2 = 1$, на РК-дисплеї відображається "Введіть напрямок", чекаючи, поки спрацює схема інших клавіш (тобто, якщо ця клавіша не буде натиснута, натискання будь-якої іншої клавіші буде недійсним). При натисканні S2, $P1.0=1$, на РК-дисплеї відображається "Right $\rightarrow$ "; при натисканні S3, $P1.1=1$, на РК-дисплеї відображається " $\leftarrow$ Left"; через внутрішню структуру і характеристики РК-модуля, його потрібно відрегулювати відповідно до напрямку РК-модуля. Завдяки внутрішній структурі та характеристикам РК-модуля, необхідно дуже добре розуміти застосування драйвера керування РК-дисплеєм, щоб програмування було дуже простим. Текст програми наведено у Додатку Д.

Схема цифрового приймача порівняно проста порівняно зі схемою передавача, а ідея програмування схожа на схему передавача. В основному NRF24L01 отримує інформацію через програмування порівняння, C8051F310 P2.0, P3.0 одночасно виводить однаковий рівень, тоді як P2.1 і P3.1 виводять, а P3.0 і P2.0 протилежний рівень. Тобто, коли $P2.0 = 1$, $P3.0 = 1$, $P2.1 = 0$, $P3.1 = 0$, щоб відповідні транзистори Q4, Q5, Q11 і Q8 одночасно ввімкнені, Q3, Q6, Q10 і Q7 одночасно вимкнені, двигун зліва, відповідний білий діод блимає 5 разів світлом (тобто, під час $P2.0 = 1$, рівень P3.0 низький від високого до низького протягом 5 разів); коли $P2.0 = 0$, $P3.0 = 0$, $P2.1 = 0$, $P3.0 = 0$, коли $P2.1 = 1$, $P3.1 = 1$, так що відповідні транзистори Q4, Q5, Q11 і Q8 відрізані одночасно, Q3, Q6, Q10 і Q7 одночасно провідні, двигун праворуч, відповідний зелений діод блимає 5 разів, щоб засвітитися (тобто в $P2.1 = 1$ протягом P3.1 рівень змінюється від високого до низького 5 разів). Текст програми наведено в Додатку Є.

4.2 Результати тестування

Після завершення проектування було проведено тестування перетворення відеосигналу з аналогової камери через персональний компютер з подальшим перетворенням оцифрованого сигналу назад в

аналоговий. Через обмеженість часу написання магістерської роботи виготовлення розробленої схеми керування шифратором не проводилось, а розроблені алгоритми тестувались шляхом емуляції на персональному комп'ютері (рис. 4.1, 4.2).

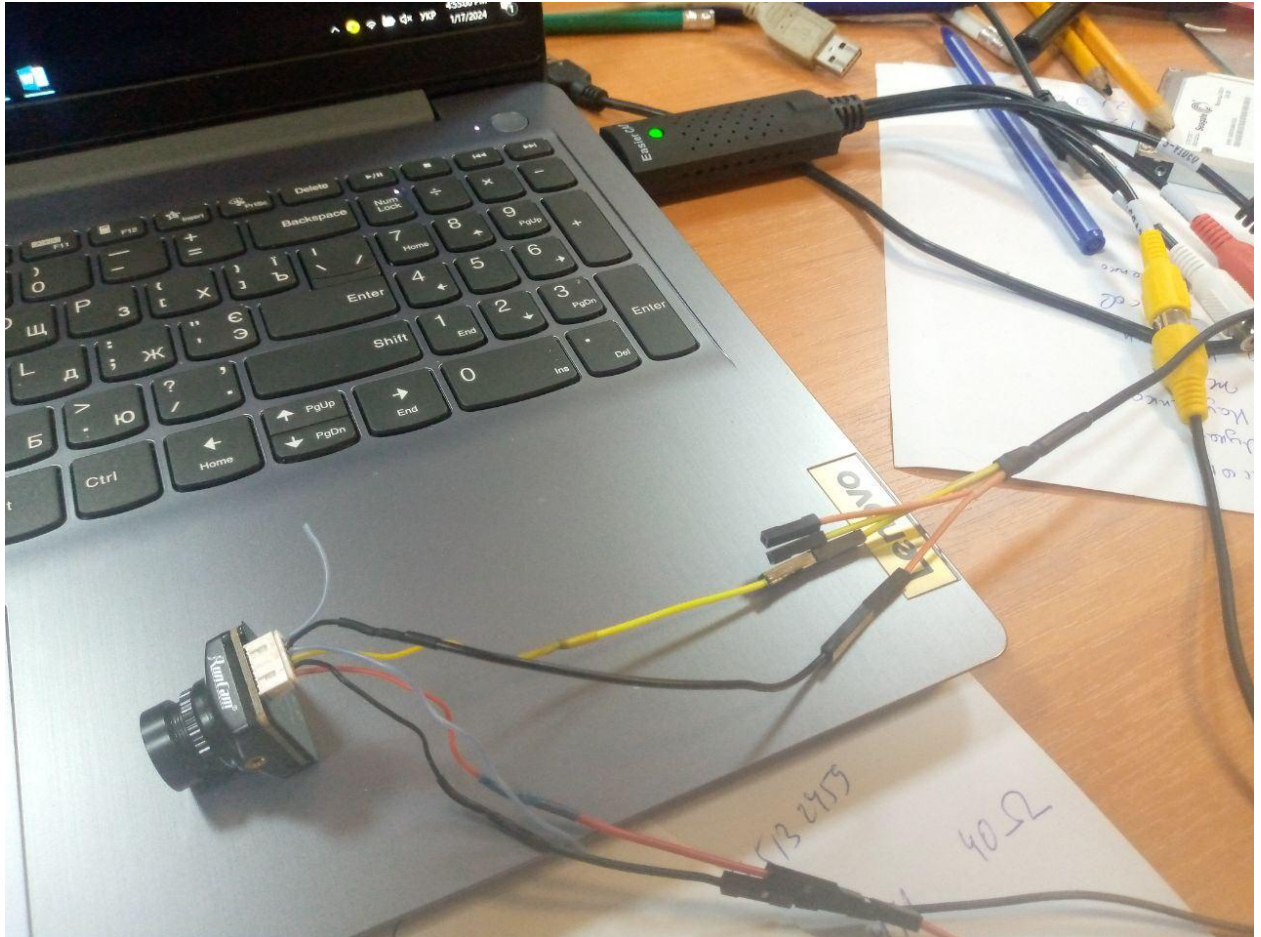


Рисунок 4.1 – Захоплення аналогового відеосигналу та перетворення його в цифрову форму

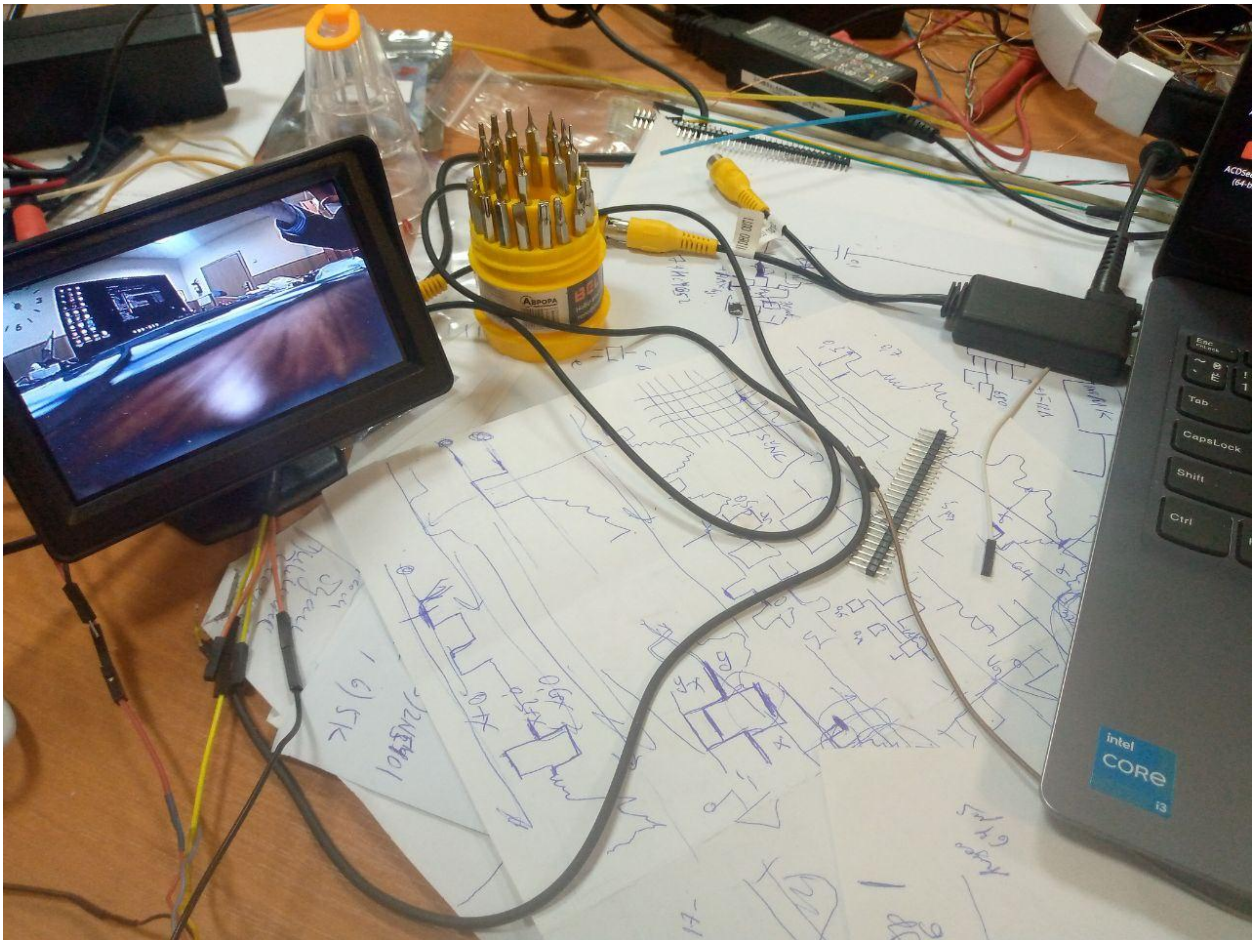


Рисунок 4.2 – Зворотнє перетворення оцифрованого відео у аналоговий відеосигнал

ВИСНОВКИ

У цьому проєкті було проведено розробку методу кодування аналогового відеосигналу шляхом його подвійного перетворення (спочатку з аналогового в цифровий, а потім на приймальній стороні з цифрового в аналоговий). Розробка забезпечить можливість передавати відео з аналогових відеокамер бездротовим способом не остерігаючись перехоплення злоумисниками.

В роботі пояснюється метод проектування системи подвійного перетворення з бездротовою передачею відеосигналу, детально вивчається конструкція системи управління. Система управління є основною частиною системи, тому для проектування передачі та прийому відеосигналів використовується мікросхема NRF24L01, яка з'єднана з мікроконтролером для рульового управління відеопотоком.

Пояснюється метод проектування системи зв'язку, досліджується інтерфейс зв'язку та зв'язок між системою управління та компонентами відеосистеми, а також розробляється програмне забезпечення зв'язку.

Через складність схеми бездротового відеоспостереження, різноманітність методів реалізації, використання широкого спектру, а також через те, що система відеоспостереження є важливою частиною системи охоронних технологій. В даний час застосування таких систем в нашій країні розвивається надзвичайно швидко, конкуренція на ринку жорстка. Зі стрімким розвитком комп'ютерних технологій, вся система рухається в напрямку цифровізації, об'єднання в мережі та інтеграції

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Bagal Nalini and Shivani Pandita, A Review: Real-Time Wireless Audio-Video Transmission, International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, Volume 5, Issue 4, April 2015, – pp. 168-170.
2. Reena Boora and Veepin Kumar, Approaches to improve Video Transmission over Wireless Network in MANET, International Journal of Scientific Research Engineering & Technology, Volume 3, Issue 3, June 2014, – pp. 729-732.
3. Scott Pudlewski, Nan Cen, Zhangyu Guan, and Tommaso Melodia, Video Transmission Over Lossy Wireless Networks: A Cross-Layer Perspective, IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN SIGNAL PROCESSING, VOL. 9, NO. 1, FEBRUARY 2015, – pp. 6-22..
4. Behrang Barekatin, Mohd Aizaini Maarof, Alfonso Ariza Quintana and Alicia Trivino Cabrera “ GREENIE: a novel hybrid routing protocol for efficient video streaming over wireless mesh networks”, New Technologies and Research Trends for Wireless, Mobile and Ubiquitous Multimedia, 2013.
5. Nalini Bagal, Shivani Pandita ,“A Review: Real-Time Wireless Audio-Video Transmission”, IJETAE, vol. 5,issue 4, April 2015.
6. Z. He, Y. Liang, L. Chen, I. Ahmad, and D. Wu, “Power-rate-distortion analysis for wireless video communication under energy constraints,” IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, vol. 15, no. 5, – pp. 645-658, May 2005.
7. P. Iscold, G. A. S. Pereira, and L. A. B. Torres, “Development of a hand-launched small uav for ground reconnaissance,” Aerospace and Electronic Systems, IEEE Transactions on, 2010. – 348 p.
8. Vinod B Durdi, P. T. Kulkarni, and K. L. Sudha ,” Robust Video Transmission over Wireless Networks Using Cross Layer Approach” , Journal of Industrial and Intelligent Information Vol.1, No. 2, June 2013.

9. Chaparro P.A, Alcober J., Monteiro J., Calafate C.T., Cano J.C., Manzonill P. Supporting Scalable video transmission in MANETs through distributed admission control mechanisms Ill8th Euromicro Conference on Parallel, Distributed and Network -based Processing 2010 IEEE DOI 10.1109/PDP.2010.44.

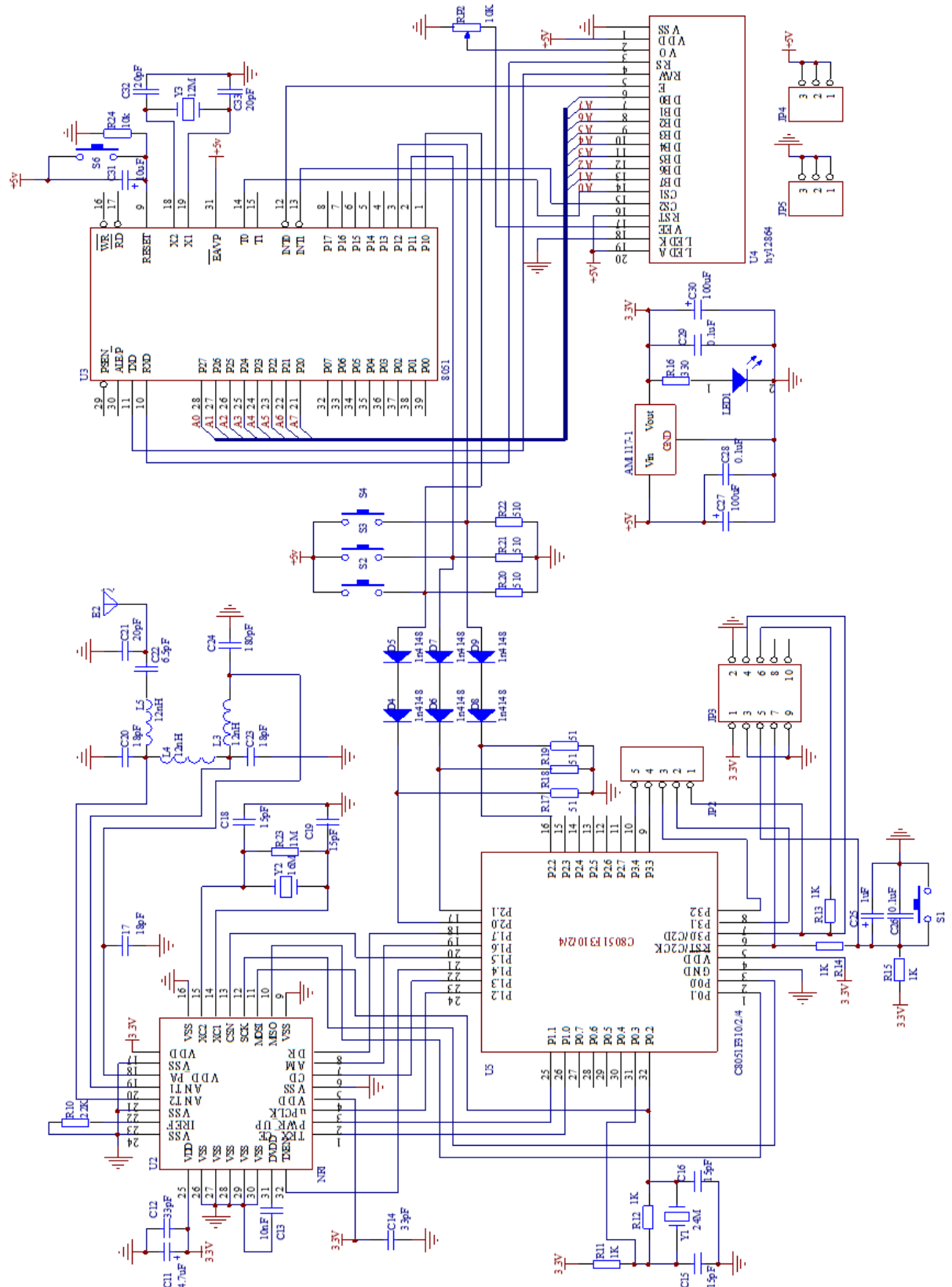
10. Detti A., Loreti P., Blefari-Melazzi N., and Fedi F., “Streaming H.264 scalable video over data distribution service in a wireless environment,” in Proceedings of the IEEE International Symposium on A World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM '10), June 2010.

11. Kalvein Rantelobo, Wirawan G., Hendrantoro A., Affandi, and Hua-An Zhao, “A New Scheme for Evaluating Video Transmission over Broadband Wireless Network “ , Future Wireless Networks and Information Systems, LNEE 143, pp. 335-341, Springerlink.com © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012.

12. Gopikrishnan.R , “An Efficient Real Time Video Multicasting Protocol and WLANs Cross-Layer Optimization in IEEE 802.11N “, IJCSMC, Vol. 3, Issue. 2, February 2014, pp.811-814.

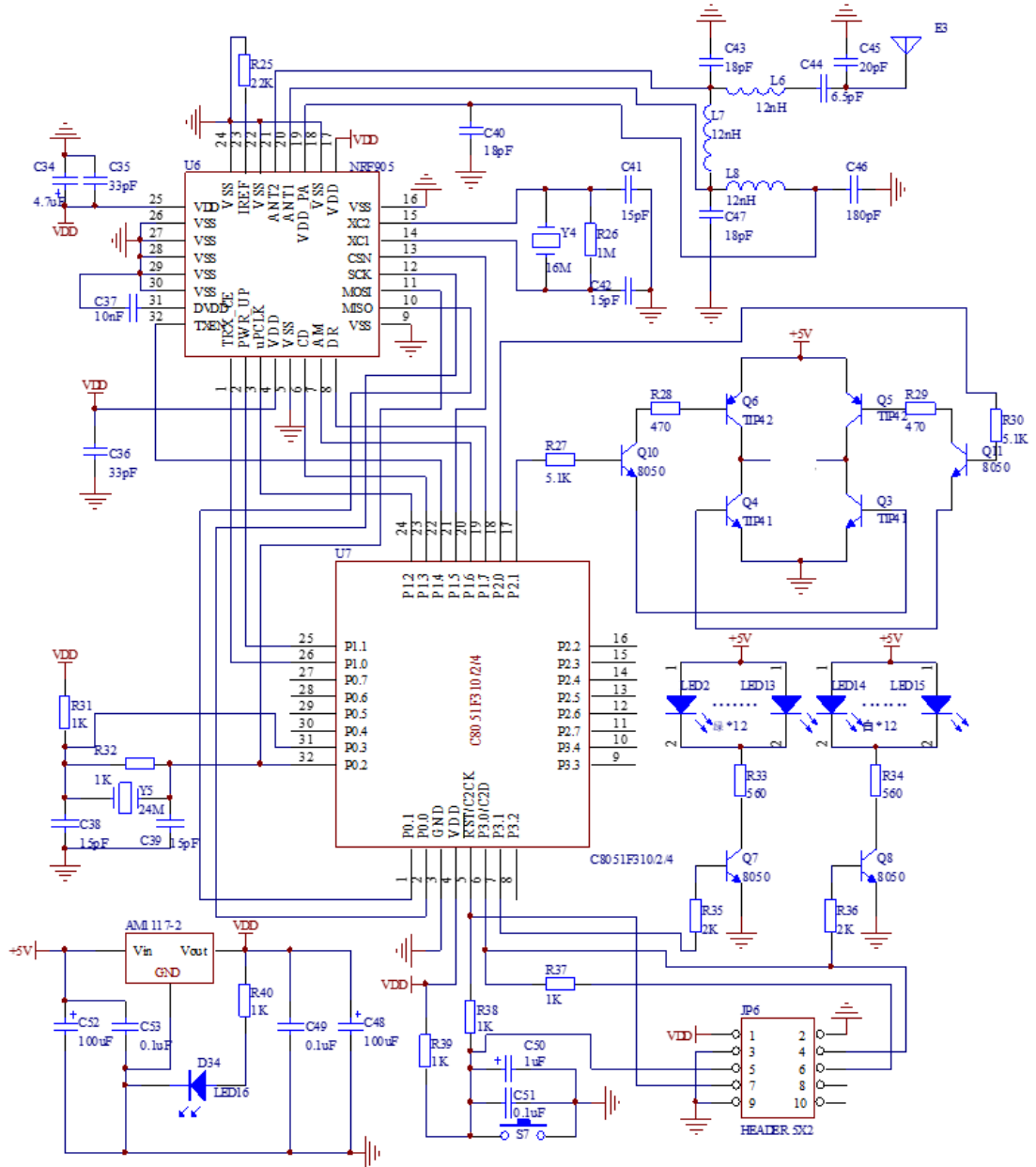
ДОДАТОК А

СХЕМА БЕЗДРОВОТОВОГО ПЕРЕДАВАЧА



ДОДАТОК Б

СХЕМА БЕЗДРОВОГО ПРИЙМАЧА



ДОДАТОК В

ПРОГРАМА ЗАПУСКУ

```

$NOMOD51
$include (C8051f310.inc)
TRX_CE EQU P1.0
PWR_UP EQU P1.1
UPCLK EQU P1.2
CD EQU P1.3
TX_EN EQU P1.4
CSN EQU P1.5
AM EQU P1.6
DR EQU P1.7
CSEG AT 0
ORG 0000H
JMP MAIN
ORG 00b4H
КОД сегмента миготіння
RSEG Blink
використовуючи 0
MAIN: MOV SP,#80H
      ANL PCA0MD, #NOT(040H)
      MOV SPI0CFG,#40H ; Робота у режимі ведучого пристрою
      MOV SPI0CN,#09H ; 4-провідний одинарний ведучий, увімкнути SPI0
      MOV SPI0CKR,#1CH ; 50KHz
      MOV OSC1CN,#0C1H ; 4 частота ділення
      MOV CLKSEL,#00H ; Виберіть внутрішній годинник за допомогою IFCN1,IFCN0, щоб визначити
      кількість дільників частоти.
      MOV XBR0,#02H ; підключення SPI до виводу порту
      MOV XBR1,#40H
      //////////////////////////////////
      ////////////////////////////////// Конфігурація порту вводу/виводу P0 //////////////////////////////////
      //////////////////////////////////
      MOV P0MDIN,#0FFH
      MOV P0MDOUT,#0CDH

```

```

MOV P0SKIP,#00H
//////////
//////P1 конфігурація порту вводу/виводу ////
//////////
MOV P1MDOUT,#33H
MOV P2MDOUT,#0FFH
MOV P2,#00H
    JNB P2.2,$ ; чекати на запуск
    SETB PWR_UP ; режим очікування P1.1
    CLR TRX_CE ; P1.0
    CLR TX_EN ; P1.4
    CLR MODF
    CLR EA
xun1: mov r5,#0bh
    MOV R6,#00H
    MOV DPTR,#TAB
XUN: MOV A,R6
    MOVC A,@A+DPTR
    MOV SPI0DAT,A
    INC R6
    DJNZ R5, XUN
    MOV R6,#00H
ww: jb p2.0,you
    JB P2.1, ZUO
    JMP WW
    JB P2.0,YOU
    JB P2.1, ZUO
    LJMP WW
ZUO: LCALL MM1
    JB P2.0,YOU
    JB P2.1, ZUO
    LJMP WW
MM: LCALL KONG
    JNB DR,$
    RET

```

```

        JNB DR,$
        RET
DIZHI: MOV R5,#05H
        MOV R6,#00H
        MOV DPTR,#TAB2
xun21: mov a,r6
        MOVC A,@A+DPTR
        MOV SPI0DAT,A
        INC R6
        DJNZ R5,XUN21
        MOV R6,#00H
        RET
FASONG: SETB PWR_UP ; P1.1=1 Режим очікування
        CLR TRX_CE ; P1.0=0
        SETB TX_EN ; P1.4=1
        RET
        MOV A, #20H
        MOV SPI0DAT,A
        MOV A, #0AH
        MOV SPI0DAT,A
        RET
        MOV A, #20H
        MOV SPI0DAT,A
        MOV A,#04H
        MOV SPI0DAT,A
        RET
KONG: SETB PWR_UP ; P1.1=1 Режим радіопередачі
        SETB TRX_CE ; P1.0=1
        SETB TX_EN ; P1.4=1
        RET
XIAN: SETB PWR_UP
        CLR TRX_CE
        CLR TX_EN
        RET
KK.    JNB SPIF,$

```

CLR SPIF

JNB TXBMT,\$

RET

tab: db 00h,6ch,0ch,44h,01h,01h,0e7h,0e7h

db 0e7h,0e7h,0e7h,0e7h

tab2: db 22h,0e7h,0e7h,0e7h,0e7h,0e7h

ДОДАТОК Д

ПРОГРАМА КЕРУВАННЯ РІДКОКРИСТАЛІЧНИМ ІНДИКАТОРОМ

```

COM EQU 34H ;Регістр інструкцій
DAT EQU 35H ;Регістр даних
RELIE EQU 36H ;Зберегти початкове значення стовпця китайськими ієрогліфами
CSA EQU P3.4 ;вибір мікросхеми/CSA
CSB EQU P3.3 ;вибір мікросхеми/CSB
RS EQU P3.0 ;Сигнал вибору регістра
RW EQU P3.1 ;Читання/запис сигналу вибору
E EQU P3.2 ;Сигнал дозволу читання/запису
COLUMN EQU 30H ;Регістр адрес стовпців (0-127)
PAGER EQU 31H ;Регістр адреси сторінки D2,D1,D0: адреса сторінки
                ;D7: тіло символу D7=0 для матриці 6X8 точок
                ; D7=1 для матриці 8x8 точок
CODER EQU 32H ;Регістр кодів символів
COUNT EQU 33H ;Лічильник
ZIDI EQU 37H ;шрифт у статусі покажчика позиції таблиці
MOV DPTR,#CCTAB
MOV ZIDI,DPL
MOV ZIGAO, DPH
ZIGAO EQU 38H ;шрифт у таблиці позиційний покажчик високий
HANG EQU 39H ;на позиції сторінки
                Дані до порту P2

ORG 0000H
LJMP MAIN
ORG 0030H
MAIN: MOV SP,#60H
      LCALL INT ;Ініціалізація
      LCALL CLEAR ;Очистити екран
FF: LCALL CSH ;Всі пробіли не відображаються.
      JB P1.2, QING
      AJMP FF
QING: LCALL QING1
      JB P1.0,YOU

```

```

JB P1.1, ZUO
JMP QING
QING1: LCALL CSH4

JB P1.0, YOU
LCALL CSH5
JB P1.1, ZUO
RET
MOV 50H, #04H ;для блимання
LCALL CSH3
ЗАТРИМКА ДЗВІНКУ
DJNZ 50H, S1
LJMP QING
ZUO: MOV 50H, #04H
S2: LCALL CSH2
LCALL CSH3
DJNZ 50H, S2
LJMP QING
CSH: MOV DPTR, #CCTAB2 ;Вивести "Кафедра електронної техніки".
MOV ZIDI, DPL
MOV ZIGAO, DPH
MOV HANG, #00H
MOV DPTR, #CCTAB3 ;Вивести "Class 0201".
MOV ZIDI, DPL
MOV ZIGAO, DPH
MOV HANG, #02H
ДЗВОНИТИ ZI
MOV DPTR, #CCTAB4 ;Yang Li
MOV ZIDI, DPL
MOV ZIGAO, DPH
MOV HANG, #04H
MOV DPTR, #CCTAB5 ;місце для відображення
MOV ZIDI, DPL
MOV ZIGAO, DPH
MOV HANG, #06H

```

RET

затримка в часі

DELAY : MOV R5,#02H

ys12: mov r6,#0a0h

ys2: mov 51h,#0f1h

DJNZ 51H,\$

DJNZ R6,YS2

DJNZ R5,YS12

RET

CSH1: MOV DPTR,#CCTAB2

MOV ZIDI,DPL

MOV ZIGAO, DPH

MOV HANG, #00H

MOV DPTR,#CCTAB3

MOV ZIDI,DPL

MOV ZIGAO, DPH

MOV HANG, #02H

MOV DPTR,#CCTAB4

MOV ZIDI,DPL

MOV ZIGAO, DPH

MOV HANG, #04H

MOV DPTR,#CCTAB6 ;відобразити правий прапорець

MOV ZIDI,DPL

MOV ZIGAO, DPH

MOV HANG, #06H

RET

CSH2: MOV DPTR,#CCTAB2

MOV ZIDI,DPL

MOV ZIGAO, DPH

MOV HANG, #00H

MOV DPTR,#CCTAB3

MOV ZIDI,DPL

MOV ZIGAO, DPH

MOV HANG, #02H

MOV DPTR,#CCTAB4

```

MOV ZIDI,DPL
MOV ZIGAO, DPH
MOV HANG, #04H
MOV DPTR,#CCTAB7 ;відобразити лівий прапорець
MOV ZIDI,DPL
MOV ZIGAO, DPH
MOV HANG, #06H
RET

```

CSH3: MOV DPTR,#CCTAB2

```

MOV ZIDI,DPL
MOV ZIGAO, DPH
MOV HANG, #00H
MOV DPTR,#CCTAB3
MOV ZIDI,DPL
MOV ZIGAO, DPH
MOV HANG, #02H
ДЗВОНИТИ ZI
MOV DPTR,#CCTAB4
MOV ZIDI,DPL
MOV ZIGAO, DPH
MOV HANG, #04H
MOV DPTR,#CCTAB5
MOV ZIDI,DPL
MOV ZIGAO, DPH
MOV HANG, #06H
RET

```

CSH4: MOV DPTR,#CCTAB2

```

MOV ZIDI,DPL
MOV ZIGAO, DPH
MOV HANG, #00H
MOV DPTR,#CCTAB3
MOV ZIDI,DPL
MOV ZIGAO, DPH
MOV HANG, #02H
MOV DPTR,#CCTAB4

```

```

MOV ZIDI,DPL
MOV ZIGAO, DPH
MOV HANG, #04H
MOV DPTR,#CCTAB8 ;Будь ласка, введіть напрямок
MOV ZIDI,DPL
MOV ZIGAO, DPH
MOV HANG, #06H
RET

```

CSH5: MOV DPTR,#CCTAB2

```

MOV ZIDI,DPL
MOV ZIGAO, DPH
MOV HANG, #00H
MOV DPTR,#CCTAB3
MOV ZIDI,DPL
MOV ZIGAO, DPH
MOV HANG, #02H
MOV DPTR,#CCTAB4
MOV ZIDI,DPL
MOV ZIGAO, DPH
MOV HANG, #04H
MOV DPTR,#CCTAB5
MOV ZIDI,DPL
MOV ZIGAO, DPH
MOV HANG, #06H
RET

```

ZI: MOV R7,#00H ;16*16 слів

```

MOV R6,#00H

```

LOOPZ: MOV A,R7

```

MOV DPTR,#TAB2
MOVC A,@A+DPTR
MOV CODER, A
MOV COLUMN,R6
LCALL CCW_PR
INC R7
MOV A, #10H

```

```

ADD A,R6
MOV R6,A
cjne r7,#08h,loopz
RET

```

tab2: db 00h,01h,02h,03h,04h,05h,06h,07h

Підпрограма ініціалізації

INT: MOV COM,#0C0H ;Встановити початковий рядок відображення як перший рядок

```

LCALL RRR0
LCALL LLL0
MOV COM,#3FH ;відкрити налаштування дисплея
LCALL RRR0
LCALL LLL0
RET

```

Підпрограма очищення області оперативної пам'яті (чистий екран)

CLEAR: MOV R2,#00H ;налаштування регістру адреси сторінки

CLEAR1: MOV A,R2

```

    ORL A,#0B8H ; код встановлення адреси сторінки "ог"
    MOV COM,A ;встановлення адреси сторінки
    LCALL RRR0
    LCALL LLL0
    MOV COM,#40H ;Адреса стовпчика встановлюється у "0".
    LCALL RRR0
    LCALL LLL0
    MOV R3,#40H ;очистити одну сторінку 64 байти

```

CLEAR2: MOV DAT,#00H ;Відобразити дані як "0".

```

    LCALL RRR1
    LCALL LLL1
    DJNZ R3,CLEAR2 ;цикл очищення байт сторінки
    INC R2 ;регістр адреси сторінки плюс 1
    CJNE R2,#08H,CLEAR1 ;цикл очищення області оперативної пам'яті, всього вісім сторінок
    RET

```

Запишіть підпрограму з кодом інструкції (праворуч)

RRR0: SETB CSA ;вибір мікросхеми встановлено на "10".

```

CLR CSB
CLR RS ;RS=0

```

SETB RW ;R/W=1

RRR01: MOV P2,#0FFH ;порт P2 встановлено на "1".

SETB E ;E=1

MOV A,P2 ;Зчитати слово стану.

CLR E ;E=0

CLR RW ;RW=0

MOV P2,COM ;Записати код команди

SETB E ;E=1

CLR E ;E=0

RET

Підпрограма запису даних на екран (праворуч)

RRR1: SETB CSA ;вибір мікросхеми встановлено на "10".

CLR CSB

CLR RS ;RS=0

SETB RW ;R/W=1

RRR11: MOV P2,#0FFH ;порт P2 встановлено у "1".

SETB E ;E=1

MOV A,P2 ;Зчитати слово стану.

CLR E ;E=0

SETB RS ;RS=1

CLR RW ;RW=0

MOV P2,DAT ;записати дані

SETB E ;E=1

CLR E ;E=0

RET

Підпрограма зчитування даних дисплея (праворуч)

RRR2: SETB CSA ;вибір мікросхеми встановлено на "10".

CLR CSB

CLR RS ;RS=0

SETB RW ;R/W=1

RRR21: MOV P2,#0FFH ;порт P2 встановлено на "1".

SETB E ;E=1

MOV A,P2 ;Зчитати слово стану.

CLR E ;E=0

SETB RS ;RS=1

MOV P2,#0FFH ;порт P2 встановлено у "1".

SETB E ;E=1

MOV DAT,P2 ;зчитування даних

CLR E ;E=0

RET

Запишіть підпрограму з кодом інструкції (ліворуч)

LLL0: CLR CSA ;вибір мікросхеми встановлено на "01".

SETB CSB

CLR RS ;RS=0

SETB RW ;R/W=1

LLL01: MOV P2,#0FFH ;порт P2 встановлено на "1".

SETB E ;E=1

MOV A,P2 ;Зчитати слово стану.

CLR E ;E=0

CLR RW ;RW=0

MOV P2,COM ;Записати код команди

SETB E ;E=1

CLR E ;E=0

RET

Підпрограма запису даних на екран (ліворуч)

LLL1: CLR CSA ;вибір мікросхеми встановлено на "01".

SETB CSB

CLR RS ;RS=0

SETB RW ;R/W=1

LLL11: MOV P2,#0FFH ;порт P2 встановлено на "1".

SETB E ;E=1

MOV A,P2 ;Зчитати слово стану.

CLR E ;E=0

SETB RS ;RS=1

CLR RW ;RW=0

MOV P2,DAT ;записати дані

SETB E ;E=1

CLR E ;E=0

RET

Підпрограма зчитування даних дисплея (ліворуч)

LLL2: CLR CSA ;вибір мікросхеми встановлено на "01".

SETB CSB

CLR RS ;RS=0

SETB RW ;R/W=1

LLL21: MOV P2,#0FFH ;порт P2 встановлено на "1".

SETB E ;E=1

MOV A,P2 ;Зчитати слово стану.

CLR E ;E=0

SETB RS ;RS=1

MOV P2,#0FFH ;порт P2 встановлено у "1".

SETB E ;E=1

MOV DAT,P2 ;зчитування даних

CLR E ;E=0

RET

;16*16

CCW_PR: MOV DPL,ZIDI ;Визначення першої адреси модуля символьного слова

MOV DPH,ZIGAO

MOV A,CODER ;взяти код

MOV B,#20H ;ширина модуля слова 32 байти

MUL AB ;Код X32

ADD A,DPL ;Перша адреса модуля символьного слова

MOV DPL,A ;= перша адреса бібліотеки словесного режиму + код X32

MOV A,B

ADDC A,DPH

MOV DPH,A

MOV RELIE,COLUMN ;зберегти початкове значення адреси стовпця

MOV CODER,#00H ;Запозичено як міжадресний регістр

MOV A,PAGER ;зчитування регістру адреси сторінки

CCW_1: MOV COUNT,#10H ;лічильник встановлено на 16

CCW_2: ANL A,#07H ;взяти значення адреси сторінки

ORL A,#0B8H ; код команди адреси сторінки "or"

MOV COM,A ;Записати покажчик адреси сторінки

LCALL RRR0

LCALL LLL0

MOV COLUMN,RELIE ;взяти значення адреси стовпця

```

MOV A,COLUMN ;зчитування регістру адреси стовпця
CLR C
SUBB A,#40H ;Адреса стовпчика-64
JC CCW_21 ;<0 для лівої області екрану
MOV COLUMN ,A ;≥0 для правої області відображення екрану
MOV A, PAGER
SETB ACC.4 ;встановити біт прапора області
MOV PAGER,A ; "00" - праворуч, "10" - ліворуч.
LJMP CCW_3
ccw_21: mov a,pager
      SETB ACC.5 ;встановити біт прапора області
      MOV PAGER,A
CCW_3: MOV COM,COLUMN ;встановлюємо адресу стовпчика, якщо більше 80H, для прокрутки потрібно
      мінус 80H
      ORL COM,#40H ; біт прапорця інструкції адреси стовпчика "or"
      MOV A,PAGER ;Оцініть прапорець області, щоб визначити, який контролер встановити.
      ANL A, #30H
      cjne a,#10h,ccw_31
      LCALL LLL0 ;01" - це правильна область
      LJMP CCW_4
CCW_31: LCALL RRR0 ; "10" - ліва зона
CCW_4: MOV A,CODER ;отримати значення міжадресного регістру
      MOVC A,@A+DPTR ;взяти дані в символьному режимі
      MOV DAT,A ;записати дані
      MOV A,PAGER ;прапорець суддівської зони
      ANL A, #30H
      cjne a,#10h,ccw_41
      LCALL LLL1 ;01" - правильна зона.
      LJMP CCW_5
CCW_41: LCALL RRR1 ; "10" для лівої зони
CCW_5: INC CODER ;міжмережева адреса плюс 1
      INC COLUMN ;Адреса стовпчика плюс 1
      MOV A,COLUMN ;перевірка, чи не виходить адреса стовпчика за межі діапазону області
      CLR C
      cjne a,#40h,ccw_6

```

CCW_6: JC CCW_9 ;продовжити, якщо не перевищено

MOV COLUMN,#00H

MOV A,PAGER ;Якщо вона перевищує ліміт, то буде визначено, в якій області.

CCW_61: SETB ACC.4 ;у лівій зоні, потім поверніть у праву зону

CLR ACC.5

MOV PAGER,A

MOV COM,#40H ;Встановлюємо адресу правого стовпчика на "0".

LCALL LLL0

CCW_9: DJNZ COUNT,CCW_4 ;Коли цикл сторінки

MOV A,PAGER ;зчитування регістру адреси сторінки

JB ACC.7,CCW_10 ;судимо прапор завершення D7 біт, "1" - завершено вихід

INC A ;інакше адреса сторінки плюс 1

SETB ACC.7 ;Встановити біт завершення на "1".

ANL A,#0CFH ;прапорець очищення області

MOV PAGER,A

MOV CODER,#10H ;Регістр інтернаціональної адреси встановлено на 16

LJMP CCW_1 ;Велика петля

CCW_10: RET

ДОДАТОК Є

ПРОЦЕДУРИ ПРИЙОМУ

```

$NOMOD51
$include (c8051f310.inc)
TRX_CE EQU P1.0
PWR_UP EQU P1.1
UPCLK EQU P1.2
CD EQU P1.3
TX_EN EQU P1.4
CSN EQU P1.5
AM EQU P1.6
DR EQU P1.7
CSEG AT 0
ORG 0000H
JMP MAIN
ORG 00B4H
КОД сегмента миготіння
RSEG Blink
використовуючи 0
MAIN: MOV SP,#80H
      ANL PCA0MD, #NOT(040H)
      MOV SPI0CFG,#40H
      MOV SPI0CN,#09H
      MOV SPI0CKR,#1CH ; 50KHz
      MOV OSCICN,#0C1H ; частота ділення 4
      MOV CLKSEL,#00H ; Виберіть внутрішній годинник за допомогою IFCN1,IFCN0, щоб
визначити кількість дільників частоти.
      MOV XBR0,#02H ; система не підключена до порту
      MOV XBR1,#40H
      //////////////////////////////////
      //// Конфігурація порту вводу/виводу P0 ////
      //////////////////////////////////
      MOV P0MDIN,#0FFH
      MOV P0MDOUT,#0CDH

```

```

MOV P0SKIP,#00H
//////////
//// Конфігурація портів вводу/виводу P1 ///
//////////
MOV P1MDOUT,#33H
MOV P2MDOUT,#0FFH
MOV P2,#00H
CLR P3.0
CLR P3.1
CLR P2.0
CLR P2.1
SETB PWR_UP ; P1.1=1 режим очікування
CLR TRX_CE ; P1.0=0
CLR TX_EN ; P1.4=0
CLR MODF
CLR EA
xun1: mov r5,#0bh
MOV R6,#00H
MOV DPTR,#TAB
MOV A,R6
MOVC A,@A+DPTR
MOV SPI0DAT,A
INC R6
DJNZ R5, XUN
MOV R6,#00H
JNB CD,$
JNB AM, $
JNB DR,$
MM: LCALL RXPACKET
JMP OK
JIE: SETB PWR_UP ; P1.1=1 Режим прийому радіосигналу
SETB TRX_CE ; p1.0=1
CLR TX_EN ; p1.4=0
RET
RET

```

KONG: SETB PWR_UP

CLR TRX_CE ;Якщо дані готові

CLR TX_EN

LCALL DELAY ;потім переходимо в режим очікування, щоб робота порту SPI

RET

RXPACKET: LCALL XIAJIANG

MOV A,#24H

MOV SPI0DAT,A

ДЗВОНИТИ КК

MOV A, #0AH

MOV SPI0DAT,A

MOV A,SPI0DAT

MOV 70H,A

RET

kk: jnb spif,\$

CLR SPIF

JNB TXBMT,\$

RET

BIJIAO: MOV A,70H

cjne a, #04h, tiaoyou

EE: RET

ZUO: MOV 60H,#05H

MOV 70H,#00H

CLR P3.1

CLR P2.1

ZUO1: SETB P3.0

XX1. CLR P3.0.

SETB P3.0

DJNZ 60H,XX1

CLR P3.0

CLR P2.0

RET

tiaoyou: cjne a, #0ah, ee

MOV 70H,#00H

MOV 60H,#05H

```

        CLR P3.0
        CLR P2.0
TIAOYOU1: SETB P3.1
XX: CLR P3.1
        SETB P3.1
        DJNZ 60H,XX
        CLR P3.1
        CLR P2.1
        JMP EE
DIANZUO: SETB P2.0
        CLR P2.1
        CLR P2.0
        RET
DIANYOU: SETB P2.1
        CLR P2.0
        CLR P2.1
        RET
tab: db 00h,6ch,0ch,44h,01h,01h,0e7h,0e7h
      db 0e7h,0e7h,0e7h,0e7h
delay: mov 7bh,#01fh
dey2:  mov 7ah,#0ffh
dey3:  mov 7ch,#0fh
        DJNZ 7CH,$
        DJNZ 7AH,DEY3
        DJNZ 7BH,DEY2
        RET
        CLR CSN
delay1: mov 7dh,#0fh
        DJNZ 7DH,$
        RET
delay2: mov 67h,#0ffh
ddd1:  mov 68h,#0f3h
        DJNZ 68H,$
        DJNZ 67H,DDD1
        RET

```