

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри ЕКТ

_____ Анатолій ОПАНАСЮК
(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)
_____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня «бакалавр»
зі спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
освітньо-професійної програми «Мережеві та інтернет-технології»
на тему:

Відео-комутатор HDMI.

Здобувача групи ТК-01 _____ Кальченка Олексія Володимировича

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник, доцент, к.т.н., доцент, Гриненко Віталій Вікторович

(підпис)

Керівник, начальник відділу адміністрування інформаційних систем, телекомунікацій і захисту інформації ГУ Національної поліції в Сумській області, к.т.н., Печенюк Дмитро Андрійович

(підпис)

Суми – 2024

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет електроніки та інформаційні технології

Кафедра електроніки та комп'ютерної техніки

Напрямок підготовки 172 Телекомунікації та радіотехніка

Освітня програма Мережеві та інтернет-технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою Опанасюк А.С.

« » 2024р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

Кальченко Олексій Володимирович

1. Тема роботи: «Відео-комутатор HDMI.»
затверджена наказом по університету: "13" березня 2024 р. № 0255-VI.
2. Термін здачі студентом завершеної роботи: 12.06.2024.
3. Вихідні дані до роботи: Кількість входів 2, кількість виходів 4,
можливість відображення комутації вхідних сигналів на вихід, наявність
клавіатури та беспроводної клавіатури для зміни схеми комутації.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що належить розробити): 1. Огляд літератури та постановка задачі. 2. Розроблення алгоритму роботи та структурної схеми системи. 3. Розроблення схеми електричної принципової пристрою.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1. Схема алгоритму. 2. Схема електрична структурна. 3. Схема електрична принципова .
6. Дата видачі завдання: 13.03.2024
7. Керівник роботи: Гриненко В.В.
8. Завдання прийняв до виконання: Кальченко О.В.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітки
1	Огляд літератури	02.04.24	
2	Розробка алгоритму роботи системи	15.04.24	
3	Розробка схеми електричної структурної системи	29.04.24	
4	Розробка схеми електричної принципової пристрою	17.05.24	
5	Розробка програмного забезпечення проєктованого електронного пристрою	20.05.24	
6	Оформлення пояснювальної записки	25.05.24	
7	Розробка та оформлення графічної частини	01.06.24	
8	Представлення роботи керівнику і отримання відгуку	09.06.24	
9	Представлення роботи на кафедрі для отримання рецензії	09.06.24	

Студент

_____ О.В. Кальченко
(підпис)

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ В.В. Гриненко
(підпис)

« ____ » _____ 2024 р.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 57 аркушів, 17 рисунків, 8 таблиць, 8 джерел літератури.

Графічна частина роботи містить: схему алгоритму функціонування системи, схему електричну структурну системи, схему електричну принципову пристрою блокчейн-контролера.

Пояснювальна записка містить три розділи: огляд літератури та постановка задачі проектування, розроблення алгоритму роботи та структурної схеми системи, розроблення схеми електричної принципової пристрою.

Перший розділ містить загальну інформацію про пристрої відеокомутації, її призначення, та види, а також постановку завдання на проектування.

Другий розділ присвячений розробленню алгоритму функціонування системи та розроблення схеми електричної структурної системи.

Третій розділ присвячений вибору елементної бази, розробленню схеми електричної принципової перемикача.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	8
1.1 Пристрої відеомутації	8
1.2 Типи відеокомутаторів та його сигналів	10
1.3 Домашні та офісні пристрої відеокомутації	11
1.4 Технологія VGA.....	13
1.5 Технологія HDMI.....	16
1.5.1 Основні технічні характеристики.....	18
1.5.2 Специфікації інтерфейсу	18
1.5.3 Потреба в відео-комутаторах HDMI	20
1.6 Зростання кількості HDMI-сумісних пристроїв у сучасних домашніх системах	20
1.7 Види відео-комутаторів HDMI.....	21
1.7.1 Матричні комутатори	21
1.7.2 Пасивні та активні комутатори.....	24
1.8 Постановка завдання	24
2. РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ТА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ HDMI ПЕРЕМИКАЧ	26
2.1 Розробка алгоритму пристрою	26
2.2 Розроблення структурної схеми пристрою	29
3. РОЗРОБЛЕННЯ ТА РОЗРАХУНКИ ПРИНЦИПОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ ВУЗЛІВ І БЛОКІВ ПРИСТРОЮ.....	31

					ЕлІТ 6.172.00.02.249 ПЗ							
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Відео-комутатор HDMI. Пояснювальна записка			<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>		
<i>Розроб.</i>		Кальченко О.В.								5		
<i>Перевір.</i>		Гриненко В.В.										
<i>Реценз.</i>												
<i>Н. Контр.</i>		Гриненко В.В.										
<i>Затверд.</i>		Опанасюк А.С.			СумДУ, гр. ТК-01							

3.1 Вибір комутатора.....	31
3.2 Розробка блоку мікроконтролера.....	40
3.4 Розробка блоку дистанційного керування	47
3.5 Вибір світлодіода і розрахунок його опору	51
ВИСНОВОК.....	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	57

ВСТУП

У світі сучасної технології, де відео та аудіо контент здобувають все більшу популярність, зростає і потреба в ефективному управлінні цими потоками інформації. Зокрема, з'являється необхідність в зручному та функціональному пристрої для комутації відео-сигналів, який би забезпечував швидкий та безперебійний обмін сигналами між різними джерелами і відображенням.

У цьому контексті, велике значення має відео-комутатор HDMI - пристрій, який дозволяє одночасно підключати до одного відео-виходу кілька пристроїв, таких як приставки до телевізора, DVD-програвачі, ігрові консолі, комп'ютери тощо, і перемикає між ними відповідно до потреб користувача.

У даній роботі ми розглянемо технічні аспекти роботи відео-комутатора, його основні функції та переваги, а також дослідимо можливі застосування цього пристрою в різних сферах, від домашнього розваг та офісного використання до професійних аудіо-відео інсталяцій. Відомості, що надалі приводяться, допоможуть зрозуміти важливість відео-комутаторів HDMI в сучасному світі технологій та їх роль у забезпеченні якісного відтворення відео та аудіо контенту.

					ЕЛІТ 6.172.00.02.249 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		7

1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Пристрої відеомутації

Пристрої відеоконутації є складними багатофункціональними системами, які забезпечують централізоване управління відеосигналами від різних джерел. Вони здатні обробляти як аналогові, так і цифрові відеосигнали, що робить їх універсальними інструментами для широкого спектру завдань. Ці пристрої використовуються в різноманітних сферах, таких як телевізійні студії, відеоконференцзв'язок, кіно та відеовиробництво, спортивні заходи, презентації та інші живі події. Основною особливістю відеоконутаторів є їх здатність плавно і швидко перемикатися між різними відеоджерелами. Це дозволяє забезпечити безперервний потік відео, що особливо важливо під час прямих трансляцій, коли будь-яка затримка або перерва може призвести до втрати аудиторії. Завдяки інтегрованим функціям обробки відео, конутатори можуть здійснювати складні операції, такі як змішування кількох відеопотоків, додавання графічних елементів та застосування відеоефектів, що значно підвищує якість кінцевого продукту.

Дуже важливим аспектом є підтримка високої роздільної здатності, включаючи HD, 4K та навіть 8K, що дозволяє зберігати чіткість і деталізацію зображення. Сучасні конутатори оснащені передовими алгоритмами для обробки відео, що зменшує затримки і покращує якість зображення навіть при складних операціях. Інтеграція з аудіообладнанням є ще однією важливою складовою пристроїв відео конутації. Вони можуть обробляти аудіосигнали разом з відео, забезпечуючи синхронізацію звуку і зображення. Це особливо важливо для телевізійних програм і прямих трансляцій, де якість звуку є критично важливою. Зручність використання є ключовим фактором при проектуванні відеоконутаторів. Багато сучасних моделей мають інтуїтивно

					ЕЛІТ 6.172.00.02.249 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		8

зрозумілий інтерфейс, що дозволяє операторам легко перемикатися між джерелами відео та застосовувати необхідні ефекти. Крім того, підтримка дистанційного керування через мережу дозволяє управляти пристроями з будь-якої точки світу, що особливо актуально в умовах сучасної глобалізації і необхідності дистанційної роботи. З точки зору надійності, пристрої відео комутації розроблені для безперебійної роботи в режимі 24/7, що є важливим для критично важливих додатків, таких як новинні студії або трансляції великих спортивних подій. Вони оснащені резервними джерелами живлення і системами автоматичного перемикання на резервні канали у випадку відмови основного обладнання. Крім основних функцій, пристрої відео комутації часто оснащуються додатковими можливостями, які роблять їх ще більш універсальними і зручними у використанні. Наприклад, деякі моделі мають вбудовані функції запису відео, що дозволяє операторам зберігати потоки в реальному часі для подальшого редагування або архівування. Це може бути корисно для виробничих студій, які потребують зберігання великої кількості матеріалу для майбутніх проєктів.

Інтеграція з різними протоколами керування, такими як MIDI або GPI, дозволяє автоматизувати певні аспекти відеовиробництва. Наприклад, можна налаштувати пристрій на автоматичне переключення камер під час певних подій або сигналів, що спрощує роботу оператора і зменшує ризик помилок. Одним із значних досягнень у розвитку відеокомутаторів є використання штучного інтелекту та машинного навчання для поліпшення якості відео та автоматизації процесів. Системи з підтримкою AI можуть автоматично коригувати баланс білого, експозицію та інші параметри зображення, що дозволяє отримувати більш професійні результати без потреби в ручних налаштуваннях. У сфері безпеки пристрої відео комутації також грають важливу роль. Вони можуть бути інтегровані з системами відеоспостереження для управління кількома камерами, відображення різних кутів огляду і автоматичного перемикання на камеру, що зафіксувала рух або іншу подію.

					ЕЛІТ 6.172.00.02.249 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		9

Це забезпечує більш ефективний моніторинг і контроль над об'єктами, що охороняються. Важливим аспектом є також мобільність. Сучасні компактні та портативні моделі відеокомутаторів дозволяють здійснювати високоякісні відеотрансляції в польових умовах, що особливо актуально для журналістів, спортивних команд і мобільних продакшн-студій.

1.2 Типи відеокомутаторів та його сигналів

Відеокомутатори, відомі також як відеосвітчери, є важливим компонентом у системах відеовиробництва та трансляції. Вони дозволяють перемикає між різними відеоджерелами, застосовувати ефекти переходу та здійснювати інші маніпуляції з відеосигналами. Існує кілька основних типів відеокомутаторів, кожен з яких має свої унікальні властивості та області застосування.

Перший тип відеокомутаторів базується на аналогових сигналах. Такі комутатори працюють з традиційними аналоговими форматами, такими як композитний відеосигнал, S-Video та компонентний відеосигнал. Композитний відеосигнал передає всі відеоінформацію через один кабель, що може призводити до зниження якості через перехресні завади. S-Video розділяє яскравість (Luma) та кольоровість (Chroma) на два окремі сигнали, що покращує якість зображення. Компонентний відеосигнал, у свою чергу, розділяє відеосигнал на три окремі компоненти (Y, Pb, Pr), що забезпечує ще кращу якість та точність кольоропередачі.

Другий тип відеокомутаторів працює з цифровими сигналами. Цифрові відеокомутатори обробляють сигнали у форматах, таких як SDI (Serial Digital Interface), HDMI (High-Definition Multimedia Interface) та DisplayPort. SDI є професійним стандартом для передачі незжатого цифрового відео та аудіо через коаксіальний кабель. Він підтримує різні формати, включаючи SD (Standard Definition), HD (High Definition) та 4K. HDMI використовується

переважно у споживчій електроніці для передачі високоякісного відео та аудіо сигналів через один кабель. DisplayPort є ще одним цифровим стандартом, який підтримує високу роздільну здатність та багатоканальне аудіо, а також забезпечує передачу додаткових даних.

Третій тип відеокомутаторів належить до IP-базованих систем. Ці комутатори використовують мережеві протоколи для передачі відеосигналів через IP-мережі. Вони дозволяють передавати відео у високій якості на великі відстані без втрат якості. Завдяки технології стиснення, такі як H.264 або H.265, можна значно зменшити об'єм даних, що передаються, зберігаючи при цьому високу якість зображення. IP-базовані відеокомутатори є гнучкими та масштабованими рішеннями, які дозволяють легко інтегрувати різні відеоджерела та відтворювальні пристрої у складні системи. Кожен з цих типів відеокомутаторів має свої переваги та недоліки. Аналогові комутатори є менш складними та дешевшими, але не забезпечують такої високої якості зображення, як цифрові. Цифрові комутатори пропонують високу якість та функціональність, але можуть бути дорогими та вимагати більше ресурсів для налаштування та обслуговування. IP-базовані комутатори пропонують найбільшу гнучкість та можливості масштабування, але можуть бути складними в налаштуванні та залежати від якості мережі.

1.3 Домашні та офісні пристрої відеокомутації

Відеокомутатори, призначені для домашнього використання, є невід'ємною частиною сучасних домашніх мультимедійних систем. Вони забезпечують легке і зручне управління різноманітними джерелами відеосигналу, такими як телевізори, ігрові консолі, медіаплеєри та комп'ютери. Основне завдання цих пристроїв полягає у забезпеченні можливості перемикання між різними джерелами відеосигналу без необхідності постійного перепідключення кабелів, що значно спрощує користувацький

досвід. У сучасному домашньому середовищі HDMI) є найбільш поширеним стандартом підключення. HDMI. Сучасні версії HDMI також включають CEC (Consumer Electronics Control), яка дозволяє керувати кількома пристроями за допомогою одного пульта дистанційного керування, що додає додаткового комфорту в управлінні домашньою мультимедійною системою. Відеокомутатори для домашнього використання часто включають технології захисту контенту, такі як HDCP. Воно забезпечує захист цифрового контенту від несанкціонованого копіювання, що є особливо важливим для захисту авторських прав на фільми, телешоу та інші мультимедійні матеріали. Це дозволяє користувачам насолоджуватися високоякісним контентом без побоювань щодо його безпеки. З точки зору дизайну, домашні відеокомутатори зазвичай мають простий і інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, що дозволяє користувачам легко перемикатися між різними джерелами відеосигналу. Це може бути досягнуто за допомогою пульта дистанційного керування або кнопок на самому комутаторі. Такий підхід забезпечує максимальну зручність і простоту використання, що є важливим аспектом для багатьох користувачів, які прагнуть отримати максимально комфортний досвід під час перегляду контенту.

В офісному середовищі відеокомутатори виконують більш складні функції, забезпечуючи ефективне управління відеосигналами в конференц-залах, навчальних аудиторіях, презентаційних приміщеннях та інших професійних просторах. Вони дозволяють підключати різні джерела відео, такі як ноутбуки, настільні комп'ютери, відеоконференц-системи, і передавати сигнал на різні дисплеї або проектори. Головною метою офісних відеокомутаторів є забезпечення максимальної гнучкості і функціональності в управлінні відеосигналами для підтримки різноманітних професійних задач.

В офісних умовах важливою характеристикою відеокомутаторів є їх здатність підтримувати кілька стандартів підключення, що забезпечує сумісність з різними типами обладнання. Наприклад, VGA (Video Graphics

Array) та HDMI є найбільш поширеними стандартами, які використовуються в офісних відеокомутаторах. VGA, будучи аналоговим стандартом передачі відеосигналу, забезпечує базову функціональність для підключення старіших пристроїв, які ще можуть використовуватися в офісних середовищах. HDMI, навпаки, є цифровим стандартом, який підтримує передачу як відео, так і аудіо через один кабель, що забезпечує високу якість зображення та звуку. Офісні відеокомутатори також часто включають функції масштабування (scaling), що дозволяють адаптувати відеосигнал для відповідності роздільній здатності дисплея. Це особливо важливо в офісних умовах, де можуть використовуватися різні типи дисплеїв з різними роздільними здатностями. Можливість масштабування дозволяє забезпечити сумісність між джерелами відео і дисплеями, що використовуються в офісі, забезпечуючи чітке і якісне зображення на всіх пристроях. Однією з ключових технологій, що використовуються в офісних відеокомутаторах, є HDBaseT. HDBaseT дозволяє передавати відео, аудіо, Ethernet, управління і живлення через один кабель категорії Cat5e/6 на відстані до 100 метрів. Це значно спрощує інсталяцію відеосистем в великих конференц-залах та аудиторіях, зменшуючи кількість необхідних кабелів і забезпечуючи високу якість передачі сигналу на великих відстанях. Окрім цього, офісні відеокомутатори часто підтримують можливість мережевого управління, що дозволяє адміністраторам керувати ними віддалено через IP-мережу.

1.4 Технологія VGA

Технологія VGA (Video Graphics Array) є однією з найважливіших в історії комп'ютерної графіки. Розроблена компанією IBM, вона була вперше представлена у 1987 році як частина їхньої лінійки персональних комп'ютерів PS/2. VGA стала стандартом для відеоадаптерів і моніторів, встановлюючи

					ЕЛІТ 6.172.00.02.249 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		13

основу для подальшого розвитку графічних технологій. Вона визначила новий рівень графічних можливостей для персональних комп'ютерів.

Основні параметри цієї технології включають роздільну здатність 640x480 пікселів при 16 кольорах або 320x200 пікселів при 256 кольорах. Вона підтримувала як текстові, так і графічні режими, дозволяючи відобразити текст з роздільною здатністю 80x25 символів на екран або детальні зображення. Окрім розширених графічних можливостей, VGA була важливою і завдяки своїй універсальності та сумісності. VGA-карти могли працювати з різними типами моніторів, від монохромних до кольорових, і підтримували широкий діапазон частот оновлення екрану, що дозволяло налаштовувати якість відображення відповідно до потреб користувача. Завдяки цьому, вона стала домінуючим стандартом у галузі.

Ще однією важливою характеристикою VGA є її апаратна структура. Вона включала відеопам'ять (VRAM), що зберігала зображення, які відображалися на екрані. Це забезпечувало швидке оновлення зображення та ефективне використання ресурсів системи. VGA використовувала 8-бітний ЦАП (Цифро-аналоговий перетворювач), який дозволяв обрати до 256 кольорів з палітри у 262144 кольори. Ця технологія забезпечувала високу точність і якість кольорів на екрані. Однією з причин широкого прийняття VGA стала її здатність до розширення та модернізації. Виробники обладнання могли легко інтегрувати підтримку VGA у свої пристрої, забезпечуючи сумісність з різноманітними програмними продуктами. Це сприяло розвитку індустрії комп'ютерних ігор і графічних застосунків, оскільки розробники програмного забезпечення могли розраховувати на стандартизовану платформу для візуалізації.

VGA також відіграла ключову роль у розвитку інтерфейсів для підключення моніторів. Стандартний 15-контактний роз'єм VGA (рисунок 1.1) став універсальним інтерфейсом для підключення відеопристроїв до комп'ютерів.

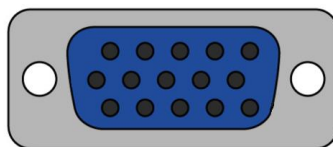


Рисунок 1.1 - Роз'єм VGA

Незважаючи на те, що сучасні технології значно перевершують VGA за своїми можливостями, її вплив на індустрію комп'ютерної графіки не можна переоцінити. Вона заклала фундамент для розвитку більш сучасних стандартів, таких як SVGA (Super VGA), XGA (Extended Graphics Array) і подальших технологій. Вона також визначила принципи побудови графічних адаптерів, які використовуються й досі. Загалом, ця технологія стала революційним кроком вперед у розвитку комп'ютерної графіки, зробивши її доступною для широкого кола користувачів і сприяючи значному прогресу в галузі інформаційних технологій. Крім того, вона мала вбудовані можливості для апаратного прискорення деяких графічних операцій, таких як заповнення кольором, малювання ліній і копіювання блоків пам'яті. Це дозволяло збільшити швидкість рендерингу зображень і покращити загальну продуктивність системи. Значний вплив VGA мав на розвиток графічних інтерфейсів користувача (GUI). Завдяки своїй здатності відображати високоякісні зображення і шрифти, вона сприяла поширенню більш інтуїтивно зрозумілих і візуально привабливих інтерфейсів. Це вплинуло на зручність використання комп'ютерів і сприяло їх поширенню серед некваліфікованих користувачів. З точки зору практичного застосування, технологія досі використовується в багатьох старих системах та в деяких професійних налаштуваннях, де потрібні аналогові з'єднання. Аналогова природа цього інтерфейсу означає, що сигнал може втратити якість через електромагнітні завади та довжину кабелю, що особливо помітно при передачі на великі

відстані. HDMI, однак, став стандартом для сучасних споживчих електронних пристроїв, завдяки своїм перевагам у передачі високоякісного відео та звуку, зручності підключення та підтримці новітніх технологій відображення.

1.5 Технологія HDMI

Рік 2002 вважається роком з'явлення HDMI. Завдяки таким відомим компаніям, як Філіпс, Соні, Хітачі, Тошиба, з'явилася нова технологія. Вона відрізнялася від інших тим, що була повністю цифровою і здатною передавати некомпресовані потоки відео та аудіо. Почалася передача звуку разом із відеосигналом з'єднання DVI. І ще одне перевага - тепер можна було використовувати лише один кабель, який передавав цифрові відеосигнали з великою роздільною здатністю. Це значно спростило життя звичайним користувачам, оскільки тепер звук і зображення високої якості можна було передавати з одного пристрою на інший за допомогою одного кабелю.

Надійний, кабелі доступні вартістю, і, як правило, є правильним вибором для підключення джерел відеосигналу, таких як кабельні та супутникові ресивери, програвачі Blu-ray дисків та IPTV приставки до телевізорів. Але HDMI не завжди був ідеальним вибором, і якщо у вас старе обладнання, він може бути не найкращим рішенням.

Перш ніж з'явилась ця технологія, існували DVI та Компонент. DVI був створений комп'ютерними програмістами, тими самими людьми, які дали світові гнучкі диски та Windows95. Компонентний сигнал був придуманий ентузіастами домашнього кінотеатру, так само, як і ті, хто приніс Betamax та LaserDisc. Не дивно, що жоден із цих кабелів не відповідав потребам споживачів. Кабелі DVI, можливо, були найгіршою ідеєю для HDTV. Роз'єми були як гачки для риболовлі, і їх було неможливо вийняти, не замотавши всі інші кабелі. Контакти ламалися легко, кабелі були надзвичайно непрочними

					ЕЛІТ 6.172.00.02.249 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		16

та дорогими. Щонайменше, вони передавали цифрову інформацію, тому якщо працювали, якість картинки була чудовою.

Компонентні кабелі розбивали сигнал HD на три частини і передавали його по трьох кабелях. Інформація була аналоговою, що означало, що вона піддавалася впливу радіочастотних перешкод та втрати сигналу. Кабелі зазвичай були червоного, зеленого та синього кольорів, що не створювало плутанини, але більшість людей вважала, що сигнал розбивається на компоненти червоного, зеленого та синього, що не відповідало дійсності.

Додайте до всього цього те, що жоден з цих кабелів не передавав звук, що означало ще один паралельний кабель для звуку та можливість затримки між звуком та картинкою. Це було неприйнятно для споживачів.

HDMI розпочався з великої ідеї: один роз'єм, легкий для підключення та відключення, що передавав цифровий аудіо- та відеосигнал. Роз'єм HDMI був розроблений у 2002 році та введений в виробництво у 2003 році. Майже одразу виникли проблеми. Цифровий аудіо- та відеосигнал високої якості можна було копіювати без втрат якості, тому постачальники контенту успішно лобіювали включення HDCP (захист від копіювання цифрового контенту високої пропускну здатності) до стандарту HDMI. HDCP робить більше, ніж просто шифрує сигнал. Це надзвичайно складний набір загальних секретних кодів, параметрів часу та автоматизованих процесів прийняття рішень. Іншими словами, це було безладдям з самого початку.

HDCP працює, зашифровуючи цифровий сигнал таким чином, що він не втрачає якості. Потім він створює секретні паролі, які обмінюються на початку кожної "події", такої як увімкнення або вимкнення чогось, відтворення контенту, зміни каналів, прибирання носа тощо. Кожні кілька секунд - обидва пристрої повинні обмінюватися цими кодами взаємно, або все зупиниться. На той час пристрої просто не могли впоратися з HDCP.

1.5.1 Основні технічні характеристики

Кабелі класифікуються на 5 типів, кожен з яких має свою відповідну літеру(рисунок 1.2):

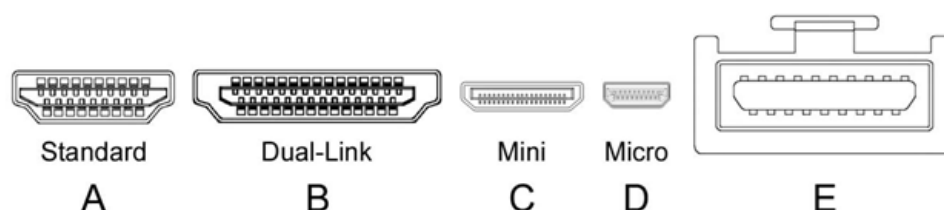


Рисунок 1.2 - Види роз'ємів HDMI

- Тип А - (Повний розмір, Ширина: 13,9 міліметра(мм) ; Висота: 4,45мм) є найпопулярнішим і широко використовується. Ви зможете знайти його в таких пристроях, як відеокарти, ноутбуки, телевізори, консолі та інші.
- Тип В - Для високих роздільних здатностей (таких як 3830x2400 пікселів) але наразі його майже ніде не використовують.
- Тип С (Міні-розмір, Ширина: 10,42 мм ; Висота: 10,42 мм) - вважається зменшеною версією типу А. Зазвичай використовується в компактних пристроях, таких як смартфони, планшети та інші.
- Щодо типу D - (Мікро-розмір, Ширина: 6,4 мм ; Висота: 2,42мм), він є найменшим типом HDMI. Призначений для невеликих гаджетів.
- Тип Е - може знадобитись при підключенні пристрою до автомобільних пристроїв.

1.5.2 Специфікації інтерфейсу

Цифровий сигнал складається з послідовності нулів та одиниць, не маючи проміжних станів, що характерно для аналогового сигналу. При передачі сигналу через HDMI дані кодуються з невеликим запасом, щоб

забезпечити правильне розшифрування сигналу у разі втрати деяких бітів під час передачі. Якщо якість передачі дуже погана і запасу недостатньо, то відбувається втрата "корисного" сигналу, яка може призвести до появи аудіо-і відео-артефактів. У разі перевищення рівня помилок, зображення і звук можуть зникнути повністю.

Перший стандарт HDMI, представлений у кінці 2002 року, дозволяв передавати відео в роздільній здатності 1080p/60 Гц і аудіо в 192 кГц/24 біт. Пропускна здатність каналу обмежувалася 4.95 Гбіт/с. Через два роки з'явилася версія 1.1, яка додала підтримку захисту звуку для програвання DVD-Audio та забезпечила сумісність з DVI за допомогою перехідника.

Оновлення HDMI 1.2 влітку 2005 року принесло підтримку Super Audio CD і уніфікований роз'єм типу А, який підходить для використання в телевізорах і комп'ютерних моніторах. Пізніше у зимі 2005 року було випущено оновлення HDMI 1.2a, яке включало сертифікацію згідно зі стандартом CEC (Consumer Electronics Control) для кабелів і конекторів.

З виходом версії 1.3 HDMI збільшила пропускну здатність каналу вдвічі, що дозволило передавати відео в роздільній здатності 1920x1080 при 120 Гц або 2560x1440 при 60 Гц, а також підтримувати 10/12/16-бітну глибину кольору. Появилися нові аудіокодеки для Blu-Ray і HD DVD, такі як DTS-HD Master Audio і Dolby True HD.

Версія 1.4 HDMI принесла підтримку контенту в 4К при 60 Гц, двонапрямний канал передачі даних для роботи з Ethernet-пристроями та автоматичне поліпшення контенту. У наступних версіях (1.4a, 1.4b) була додана підтримка тривимірного відео.

HDMI 2.0 забезпечив передачу відео в 4К при 60 Гц та покращену підтримку HDR-контенту.

HDMI 2.1 став найбільш масштабним оновленням, дозволяючи передавати відео в роздільній здатності 8К і 10К та підтримувати частоту оновлення 120 Гц для 2К і 4К відео.

					ЕЛІТ 6.172.00.02.249 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		19

1.5.3 Потреба в відео-комутаторах HDMI

Проблема обмеження кількості HDMI-портів на телевізорі або моніторі виникає через зростання кількості пристроїв, які ми хочемо підключити до них. Сучасні розваги, такі як гральні консолі, стрімінгові приставки, Blu-ray програвачі, ноутбуки, комп'ютери, і навіть деякі смартфони, мають виходи для підключення до екранів високої якості.

Однак, зазвичай телевізори і монітори обладнані лише обмеженою кількістю портів, яка може бути недостатньою для задоволення потреб користувача. Це може призвести до необхідності постійного відключення та підключення пристроїв в залежності від того, який пристрій потрібно використовувати в даний момент.

Ця проблема є особливо актуальною в сучасному домашньому кінотеатрі або робочому просторі, де користувачі вимагають максимальної гнучкості в підключенні різних пристроїв. Відсутність достатньої кількості портів може бути досить обмежувальною, змушуючи користувачів шукати альтернативні методи підключення, такі як використання HDMI-розгалужувачів або переключачелів, що призводить до додаткових витрат і складнощів у керуванні.

1.6 Зростання кількості HDMI-сумісних пристроїв у сучасних домашніх системах

Зростання кількості HDMI-сумісних пристроїв у сучасних домашніх системах є відображенням швидкого розвитку технологій розваг та зв'язку. Сучасне споживацьке суспільство має доступ до широкого спектру електронних пристроїв, які можна підключити до телевізорів, моніторів та інших відеопристроїв за допомогою портів цієї технології.

1. Широкий вибір розвагових пристроїв: Від гральних консолей і стрімінгових приставок до Blu-ray програвачів і медіаплеєрів, ринок пристроїв

для розваг став насиченим і різноманітним. Кожен з цих пристроїв зазвичай має цей порт для підключення до екрану.

2. Споживацьке зацікавлення в високій якості зображення: Споживачі все більше вимагають від відеопристроїв високої якості зображення, такої як Full HD або навіть 4K. HDMI забезпечує цифрове з'єднання з підтримкою високих роздільних здатностей, що робить його популярним інтерфейсом для передачі відеосигналу.

3. Зростання використання мультимедійних пристроїв: З сучасними технологіями мультимедіа, такими як стрімінгові платформи, онлайн-ігри та потокове відео, користувачі хочуть мати можливість легко підключати ці пристрої до своїх екранів для насолоди улюбленими розвагами.

4. Зростання домашніх мультимедійних систем: Збільшення інтеграції технологій у домашнє середовище призводить до створення домашніх кінотеатрів та розваг, де кілька пристроїв підключаються до одного екрана через HDMI-порти.

5. Розвиток "розумного" домашнього обладнання: Сучасні розумні пристрої, такі як смарт-телевізори, мультимедійні центри та системи домашнього кінотеатру, також часто використовують цю технологію для підключення до зовнішніх джерел відеосигналу.

1.7 Види відео-комутаторів HDMI

1.7.1 Матричні комутатори

Матричний комутатор - це пристрій, який використовується для перемикання аудіо або відеосигналів між різними джерелами та приймачами (рисунок 1.3). Цей пристрій дозволяє підключати одне або декілька джерел сигналу (наприклад, комп'ютери, камери, пристрої відтворення) до одного або декількох вихідних приймачів і перемикати сигнал між ними за допомогою відповідного управління.

					ЕЛІТ 6.172.00.02.249 ПЗ	Лист
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		21



Рисунок 1.3- Матричний комутатор - Aten VM5404H

Матричні комутатори мають велику кількість входів і виходів, що робить їх ідеальними для складних систем, де потрібно перемикає сигнали між багатьма джерелами та приймачами. Наприклад, в конференц-залах, телевізійних студіях, виставкових залах або домашніх кінотеатрах можуть використовуватися матричні комутатори для керування відео- та аудіосигналами з різних джерел до різних відображувальних або звукових пристроїв. Одна з ключових переваг матричних комутаторів - це можливість гнучкого керування сигналами. Користувач може визначити, який джерело сигналу буде відображено на якому приймачі в будь-який момент часу, що дозволяє налаштовувати конфігурацію системи відповідно до поточних потреб або вимог.

Він складається з ряду однакових комутаційних елементів. У вузлах мережі розташовані ці комутаційні елементи (див. рисунок 1.4), причому в кожному стовпці може бути активований не більше одного з них. Якщо кількість входів (N) не перевищує кількість виходів (M), то комутатор може забезпечити з'єднання кожного входу з принаймні одним виходом; в іншому

випадку комутатор вважається блокуючим, тобто не може забезпечити з'єднання будь-якого входу з одним з виходів. Зазвичай використовуються комутатори з однаковою кількістю входів і виходів ($N*N$). Головний недолік такої схеми - значна кількість комутаційних елементів у квадратній матриці, яка становить N^2 . Для подолання цього обмеження використовуються багаторівневі комутатори.

Матричні комутатори також можуть підтримувати різні типи сигналів, включаючи аналогові та цифрові формати, що додає їм додаткової гнучкості у використанні. Це дозволяє одночасно обробляти та маршрутизувати сигнали високої роздільної здатності. Використання цих комутаторів може значно спростити налаштування складних аудіо-відео систем, оскільки вони зменшують кількість необхідних кабелів та підключень, знижуючи ризик помилок і підвищуючи надійність системи.

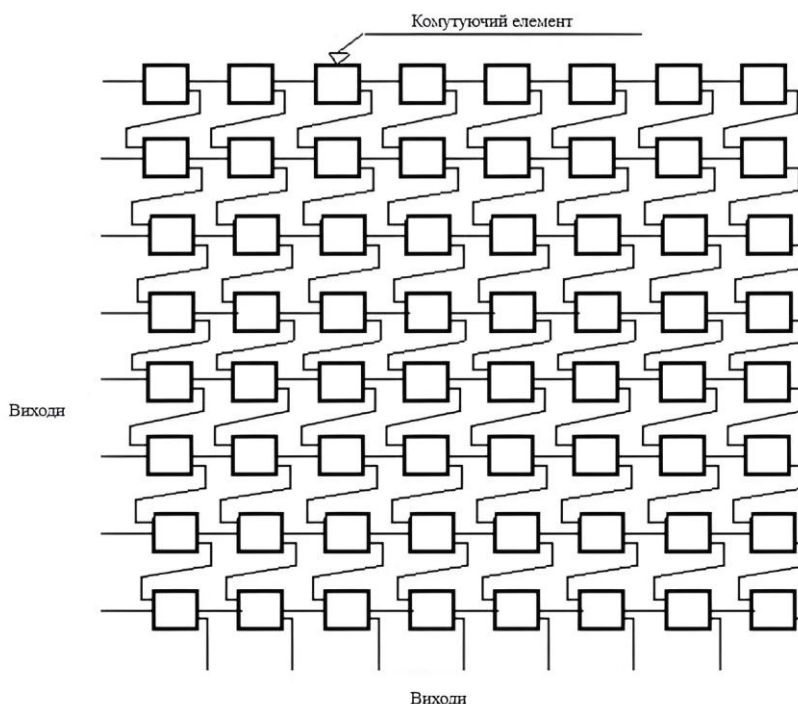


Рисунок 1.4 – Схема матричного комутатора

1.7.2 Пасивні та активні комутатори

Пасивний і активний комутатори - це два типи пристроїв, які використовуються для перемикання сигналів у мережевих системах, але вони відрізняються за своїми характеристиками та функціональністю.

1. Пасивні комутатори:

- Пасивний комутатор не має жодних активних елементів в своїй конструкції, таких як підсилювачі або процесори.
- Вони зазвичай використовуються для простих систем, де потрібне просте перемикання сигналів без зміни або підсилення.
- Пасивні комутатори можуть просто переключати сигнали між різними портами без будь-якого впливу на самі сигнали.

2. Активні комутатори:

- Активний комутатор має активні елементи, такі як підсилювачі або мікропроцесори, щяо дозволяють йому втручатися в сигнали і змінювати їх характеристики.
- Вони зазвичай використовуються у складних мережевих системах, де потрібно підсилення сигналів, їх регенерація або перетворення для забезпечення кращої якості сигналу на виході.
- Активні комутатори здатні керувати сигналами, моніторити їх стан та взаємодіяти з іншими пристроями у мережі.

1.8 Постановка завдання

Розробити відеокомутатор з послідовним перемиканням сигналу, маючи наступні параметри:

Вхідні сигнали – 2 ;

Вихідні сигнали – 4;

Формат відеосигналів –цифровий;

Індикація – окремі, 8 шт;

					ЕЛІТ 6.172.00.02.249 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		24

Кнопки клавіатури – 4 .

Враховати можливість налаштування роботи пристрою як через клавіатуру, так і через пульт дистанційного керування та передати індикацію з'єднання.

					ЕЛІТ 6.172.00.02.249 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		25

2. РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ТА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ HDMI ПЕРЕМИКАЧ

2.1 Розробка алгоритму пристрою

Метою роботи є розробка відеоконвертера з перемикачами (рисунок 2.1). При цьому можна вивести сигнали, на екран одного монітора, по черзі, вибираючи котрий саме буде виводити зображення від різних пристроїв.

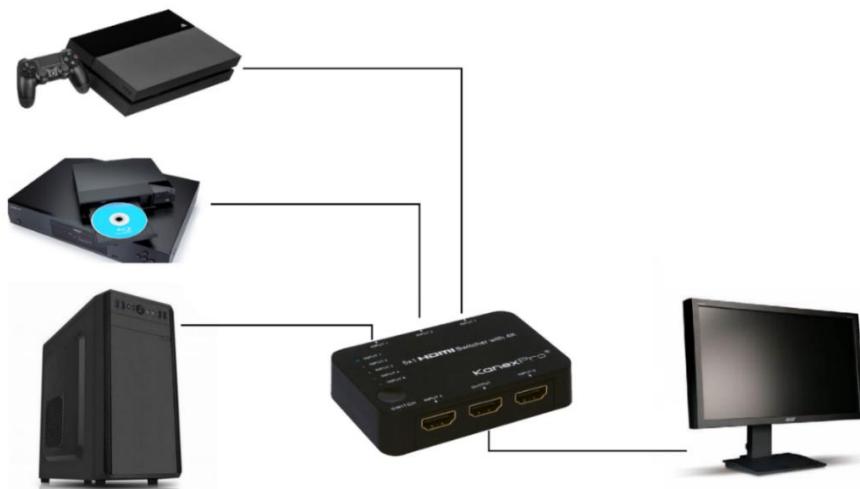


Рисунок 2.1 – Робота відеоконвертера з перемикачем

Користувач вибирає, який пристрій він хоче підключити до телевізора або монітора. Розпізнавання вхідного сигналу: перемикач автоматично розпізнає вхідний сигнал від обраного пристрою. Він може використовувати різні методи розпізнавання, такі як перевірка наявності сигналу або ідентифікація пристрою через HDMI-протокол. Після розпізнавання вхідного сигналу пристрій перемикає вихідний сигнал на обране вхідне джерело. Це дозволяє відображати зображення і звук від обраного пристрою на екрані телевізора або монітора. Алгоритм роботи пристрою зображено на рисунку 2.2.

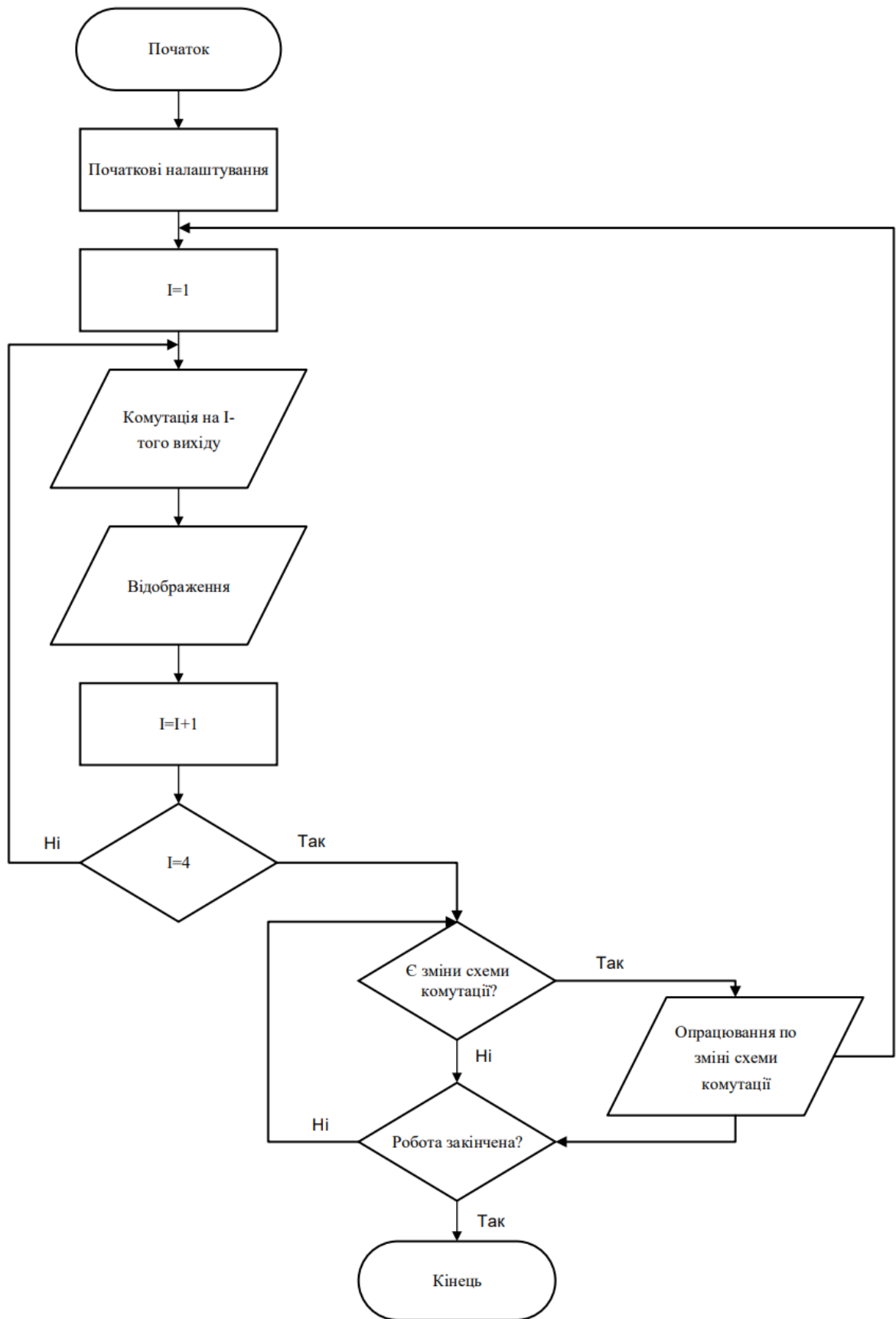


Рисунок 2.2 – Блок схема алгоритму

Це блок-схема, яка зображує алгоритм або процес, виконаний у декілька кроків. Блок-схема складається з кількох типів блоків: початковий (стартовий) блок, процесні блоки, умовні блоки, а також блоки для відображення дій.

1.Початок: Початковий блок, який вказує на старт алгоритму.

2.Початкові налаштування: Виконуються всі необхідні початкові налаштування для початку роботи алгоритму. Це можуть бути конфігурації, ініціалізація змінних або підключення до необхідних ресурсів.

3. $I=1$: Присвоєння значення 1 змінній I. Це початкова установка лічильника, який буде використовуватись у подальшому для ітерацій.

4. Комутація на I-ого виходу: Виконується комутація на певному виході, залежно від значення I.

5. Відображення: Відображення результатів або виконання необхідних дій для візуалізації поточного стану або даних.

6. $I=I+1$: Збільшення значення змінної I на 1. Це крок, який забезпечує поступове перебільшення через всі виходи (від 1 до 4).

7. $I=4?$: Умовний блок, який перевіряє, чи дорівнює значення I числу 4.

- Якщо ні (Ні), повернення до кроку комутації (4).

- Якщо так (Так), перехід до наступної умови.

8. Є зміни в схемі комутації?: Умовний блок, що перевіряє, чи є зміни в схемі комутації.

- Якщо так (Так), відбувається "Опрограмування по зміні схеми комутації".

- Якщо ні (Ні), перевірка, чи робота закінчена.

9. Робота закінчена?: Умовний блок, що перевіряє, чи закінчена робота.

- Якщо ні (Ні), повернення до початку процесу (крок 3).

- Якщо так (Так), кінець алгоритму.

10. Кінець: Кінцевий блок, який вказує на завершення алгоритму.

Ця блок-схема може представляти процес комутації та перевірки змін у комутаційній схемі, з подальшим оновленням при необхідності.

2.2 Розроблення структурної схеми пристрою

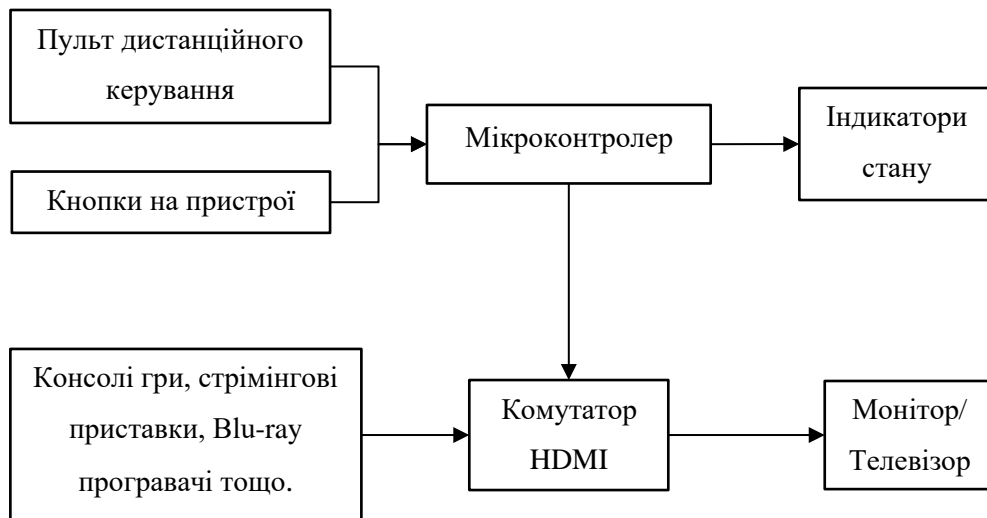


Рисунок 2.3 – Структурна схема HDMI Перемикача

Пульт дистанційного керування дозволяє користувачеві керувати перемикачем дистанційно. Він відправляє інфрачервоні або радіочастотні сигнали до приймача, який передає команди мікроконтролеру. Ці команди можуть включати перемикання між джерелами сигналу, налаштування параметрів тощо. Кнопки на пристрої розташовані безпосередньо на корпусі перемикача і забезпечують ручне керування пристроєм. Вони виконують ті ж функції, що і пульт дистанційного керування, дозволяючи змінювати джерела сигналу та інші налаштування безпосередньо.

Мікроконтролер є центральним блоком управління пристроєм. Він отримує команди від пульта дистанційного керування та кнопок на пристрої і керує роботою комутатора HDMI. Мікроконтролер обробляє вхідні сигнали і забезпечує виконання необхідних дій, таких як перемикання між різними джерелами сигналу.

Індикатори стану (світлодіоди або дисплеї) відображають поточний стан перемикача, такі як активний вхідний сигнал, обраний канал, стан живлення

тощо. Вони отримують інформацію від мікроконтролера і надають візуальний зворотний зв'язок користувачеві.

Комутатор HDMI є основним функціональним блоком, який безпосередньо виконує перемикання між різними джерелами. Він отримує команди від мікроконтролера і змінює активне з'єднання на той пристрій, який обрав користувач.

Консолі гри, стрімінгові приставки, Blu-ray програвачі тощо:

Цей блок представляє собою різні вхідні джерела, які можуть бути підключені до перемикача. Це можуть бути вище зазначені пристрої, які передають відео- та аудіосигнали.

Монітор або телевізор є вихідним пристроєм, до якого передаються відео та аудіосигнали від вибраного джерела через комутатор HDMI. Це забезпечує відображення зображення та відтворення звуку від обраного джерела на екрані.

Опис роботи пристрою:

Користувач взаємодіє з перемикачем за допомогою пульта дистанційного керування або кнопок на пристрої, щоб обрати потрібне джерело сигналу. Відповідні команди надходять до мікроконтролера, який обробляє їх і визначає необхідні дії. Мікроконтролер посиляє сигнали комутаторові для перемикання активного з'єднання на обране джерело сигналу. Комутатор HDMI переключає відео та аудіосигнал від обраного джерела до монітора або телевізора.

Індикатори стану відображають інформацію про поточний стан пристрою, вказуючи, який саме вхідний сигнал активний і інші відповідні параметри.

Користувач може змінювати джерела сигналу або налаштування пристрою в будь-який момент, знову ж таки використовуючи пульт або кнопки.

3. РОЗРОБЛЕННЯ ТА РОЗРАХУНКИ ПРИНЦИПОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ ВУЗЛІВ І БЛОКІВ ПРИСТРОЮ

3.1 Вибір комутатора

Для вибору мікроконтролера потрібно спочатку визначитись з мікросхемою комутатора яке в неї керування, що для неї потрібно.

Тому з цією метою було обрано низькочастотний перемикач розгалуження DVI/HDMI 2:4. – MAX4814E (рисунок 3.1). Це малопотужний двонаправлений перемикач розгалуження для відеоінтерфейсів DVI/HDMI, який дозволяє підключати два джерела сигналу до чотирьох приймачів.

Основні характеристики:

- Кількість каналів: 2 джерела на 4 виходи.
- Підтримка інтерфейсів: Підтримує DVI (Digital Visual Interface) та HDMI (High-Definition Multimedia Interface).
- Пропускна здатність: Підтримує пропускну здатність до 2.25 Гбіт/с, що дозволяє передавати відеосигнал з роздільною здатністю до 1080р.
- Вбудовані функції: Включає вбудовані буфери для покращення якості сигналу та зниження втрат.
- Керування перемиканням: Має можливість керування перемиканням за допомогою простих сигналів керування, що полегшує інтеграцію у різні системи.

Особливості:

- Низьке енергоспоживання: MAX4814E розроблений для малопотужних застосувань, що важливо для портативних та вбудованих систем.
- Висока якість сигналу: Завдяки високій пропускній здатності та вбудованим буферам, забезпечується висока якість передавання відеосигналу без втрат.

- Простота використання: Інтегровані функції та просте керування роблять цей перемикач легким у використанні та інтеграції у різні системи відеозв'язку.

Цей перемикач також часто використовується в тих випадках, коли важлива мінімізація енергоспоживання та необхідність підтримки високоякісного відеосигналу.

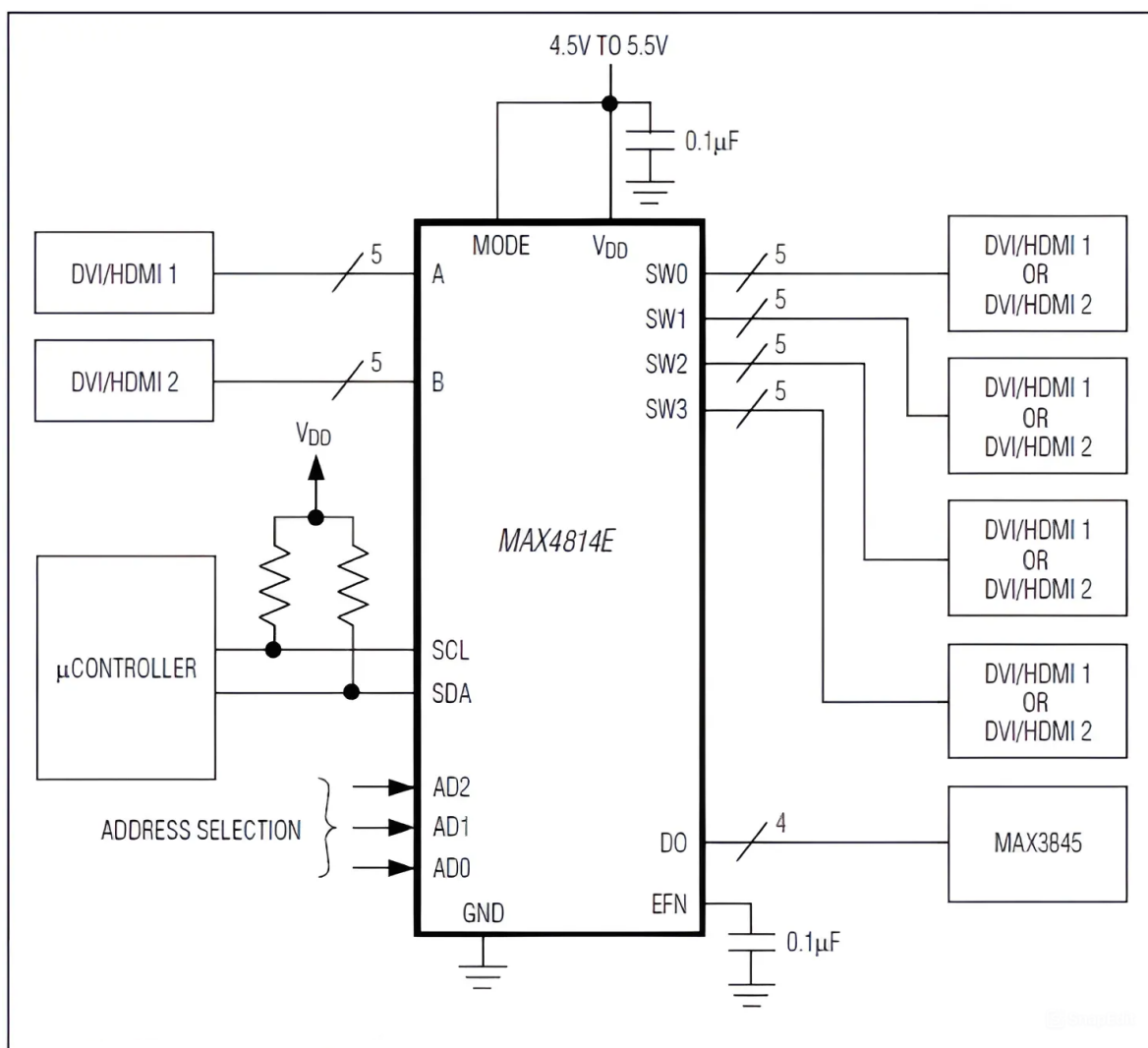


Рисунок 3.1 – Електрична схема відеоконтролера MAX4814E

Представлена схема підключення мікросхеми MAX4814E, яка використовується для комутації сигналів DVI/HDMI.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

Два вхідних джерела відеосигналу підключені до контактів А та В мікросхеми. Ці входи можуть бути вибрані для передачі відеосигналу на різні виходи за допомогою мікросхеми. Живлення (VDD): Подається напруга в діапазоні від 4.5 В до 5.5 В. Для стабілізації та фільтрації шумів використовуються конденсатори ємністю 0.1 μF , підключені між VDD і GND. Контакти комутації (SW0, SW1, SW2, SW3): використовуються для підключення вхідних сигналів до відповідних виходів. Кожен з цих контактів може комутувати сигнал з одного з двох джерел DVI/HDMI. Контакт MODE використовується для вибору режиму роботи мікросхеми. Може бути налаштований на різні режими залежно від потреб.

Шина I²C (SCL і SDA): Підключена до мікроконтролера для управління мікросхемою через серійний інтерфейс I²C. Контакт SCL використовується для тактового сигналу, а SDA — для передачі даних. Адресні контакти (AD0, AD1, AD2): Використовуються для вибору адреси мікросхеми на шині I²C. Комбінації підключення до VDD або GND визначають унікальну адресу. Контакти DO та EFN: Підключені до іншого компонента системи — мікросхеми MAX3845. Вони використовуються для додаткових функцій або контролю.

- Комутатор виконує роль центрального управління і контролює комутацію сигналів через шину I²C. Може налаштовувати та змінювати конфігурацію мікросхеми для комутації сигналів між вхідними і вихідними портами. Шина I²C підключена до контактів SCL (серійний тактовий сигнал) та SDA (серійні дані) мікросхеми MAX4814E.

- Принцип роботи:

Схема дозволяє комутувати сигнали з двох джерел DVI/HDMI (входи А і В) на чотири виходи (SW0, SW1, SW2, SW3). Керування комутацією здійснюється за допомогою мікроконтролера, підключеного до шини I²C. Мікроконтролер надсилає команди на мікросхему, визначаючи, який з вхідних сигналів повинен бути переданий на кожен з виходів.

Комутатор також може використовувати адресні контакти AD0, AD1, AD2 для визначення унікальної адреси мікросхеми на шині I²C, що дозволяє використовувати декілька таких мікросхем у складніших системах з багатьма джерелами і виходами сигналів.

Ця схема може використовуватися в різних пристроях, де потрібна комутація відеосигналів, наприклад:

- Відео комутатори для презентаційних систем;
- Системи домашніх кінотеатрів для перемикачів між різними джерелами відео;
- Професійне відеообладнання для студійного використання.

Загалом, така схема дозволяє створити гнучку і ефективну систему комутації відеосигналів з можливістю дистанційного керування через I²C, що значно спрощує процес налаштування та управління відеопотоками.

Далі наведено технічний опис електронного комутатора MAX4814E.

Таблиця 3.1 - Технічний опис - MAX4814E

Вивід	Назва	Функція
1, 16, 24, 25, 33, 48, 56, 57	GND	Земля. Потрібно з'єднати всі виводи GND разом.
2, 15, 34	N.C.	Внутрішньо під'єднано. Залишити N.C. непід'єднаним.
3	A[0]	Перемикач A I/O 0. A[0] має опір 3Ω (типовий) для перемикачів живлення 5В або розрядки.
4	A[1]	Перемикач A I/O 1. A[1] має опір 12Ω (типовий) для перемикачів даних.
5	A[2]	Перемикач A I/O 2. A[2] має опір 12Ω (типовий) для перемикачів даних.

Продовження таблиці 3.1.

Вивід	Назва	Функція
6	A[3]	Перемикач А I/O 3. А[3] має опір 12Ω (типовий) для перемикання даних.
7	A[4]	Перемикач А I/O 4. А[4] має опір 3Ω (типовий) для перемикання живлення 5В або розрядки.
8, 9, 17, 32, 40, 41, 49, 64	VDD	Вхід напруги живлення. Підключіть VDD до джерела живлення +5В. З'єднати VDD з GND через конденсатор 0,1μF. Потрібно підключити всі виводи VDD разом.
8, 9, 17, 32, 40, 41, 49, 64	VDD	Вхід напруги живлення. Підключіть VDD до джерела живлення +5В. З'єднати VDD з GND через конденсатор 0,1μF. Потрібно підключити всі виводи VDD разом.
10	B[0]	Перемикач В I/O 0. В[0] має опір 3Ω (типовий) для перемикання живлення 5В або розрядки.
11	B[1]	Перемикач В I/O 1. В[1] має опір 12Ω (типовий) для перемикання даних.
12	B[2]	Перемикач В I/O 2. В[2] має опір 12Ω (типовий) для перемикання даних.
13	B[3]	Перемикач В I/O 3. В[3] має опір 12Ω (типовий) для перемикання даних.
14	B[4]	Перемикач В I/O 4. В[4] має опір 3Ω (типовий) для перемикання живлення 5В або розрядки.
18	MODE	Вхід вибору режиму. Підключіть MODE до VDD (MODE = 1) для вибору I ² C режиму керування. Підключіть MODE до GND (MODE = 0) для вибору режиму прямого керування.
19	SDA	Введення/виведення серійних даних I ² C.
20	SCL	Введення серійного годинникового сигналу I ² C.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

Продовження таблиці 3.1.

Вивід	Назва	Функція
21	AD0	Програмований адресний біт I ² C. AD[0] встановлює адресу I ² C пристрою. Користувач може вибирати адресний біт пристрою, LSB, LSB+1, MSB
22	AD1	Програмований адресний біт I ² C. AD[1] встановлює адресу I ² C пристрою.
23	AD2	Програмований адресний біт I ² C. AD[2] встановлює адресу I ² C пристрою.
26	SW3[4]	Перемикач 3 I/O 4.
27	SW3[3]	Перемикач 3 I/O 3.
28	SW3[2]	Перемикач 3 I/O 2.
29	SW3[1]	Перемикач 3 I/O 1.
30	SW3[0]	Перемикач 3 I/O 0.
31, 50	EFN	Захист від електростатичного розряду. Конденсатор між EFN і GND забезпечує додатковий шлях для розряду енергії ESD.
35	SW2[4]	Перемикач 2 I/O 4.
36	SW2[3]	Перемикач 2 I/O 3.
37	SW2[2]	Перемикач 2 I/O 2.
38	SW2[1]	Перемикач 2 I/O 1.
39	SW2[0]	Перемикач 2 I/O 0.
42	SW1[4]	Перемикач 1 I/O 4.
43	SW1[3]	Перемикач 1 I/O 3.
44	SW1[2]	Перемикач 1 I/O 2.
45	SW1[1]	Перемикач 1 I/O 1.
46	SW1[0]	Перемикач 1 I/O 0.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

Продовження таблиці 3.1.

Вивід	Назва	Функція
47	N.C.	Немає підключення. Не під'єднано внутрішньо.
51	SW0[4]	Перемикач 0 I/O 4.
52	SW0[3]	Перемикач 0 I/O 3.
53	SW0[2]	Перемикач 0 I/O 2.
54	SW0[1]	Перемикач 0 I/O 1.
55	SW0[0]	Перемикач 0 I/O 0.
58	DA0/D O0	Введення/виведення біт прямого керування. У режимі 0, DA0/DO0 встановлено як вхід, DA0, для керування перемиканням. У режимі 1, DA0/DO0 встановлено як вихід, DO0.
59	DA1/D O1	Введення/виведення біт прямого керування. У режимі 0, DA1/DO1 встановлено як вхід, DA1, для керування перемиканням. У режимі 1, DA1/DO1 встановлено як вихід, DO1.
60	DA2/D O2	Введення/виведення біт прямого керування. У режимі 0 DA2/DO2 встановлено як вхід, DA2, для керування перемиканням. У режимі 1 DA2/DO2 встановлено як вихід, DO2.
61	DB0/D O3	Введення/виведення біт прямого керування. У режимі 0 DB0/DO3 встановлено як вхід, DB0, для керування перемиканням. У режимі 1 DB0/DO3 встановлено як вихід, DO3.
62	DB1	Введення/виведення біт прямого керування. У режимі 0 DB1 встановлено як вхід. У режимі 1 DB1 має високий опір.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

Таблиця 3.4 – Таблиця з'єднань

З'єднання				Операція	
DB1	DB0	DA1	DA0		
0	0	0	0	А до SW0	В – Високий імпеданс
0	0	0	1	А до SW1	В До SW0
0	0	1	0	А до SW2	В До SW0
0	0	1	1	А до SW3	В До SW0
0	1	0	0	А до SW0	В До SW1
0	1	0	1	А до SW1	В – Високий імпеданс
0	1	1	0	А до SW2	В До SW1
0	1	1	1	А до SW3	В До SW1
1	0	0	0	А до SW0	В До SW2
1	0	0	1	А до SW1	В До SW2
1	0	1	0	А до SW2	В – Високий імпеданс
1	0	1	1	А до SW3	В До SW2
1	1	0	0	А до SW0	В До SW3
1	1	0	1	А до SW1	В До SW3
1	1	1	0	А до SW2	В До SW3
1	1	1	1	А до SW3	В – Високий імпеданс

Для встановлення комутації необхідно взяти 6 входів з нашого контролера, позначення на рисунку 3.2

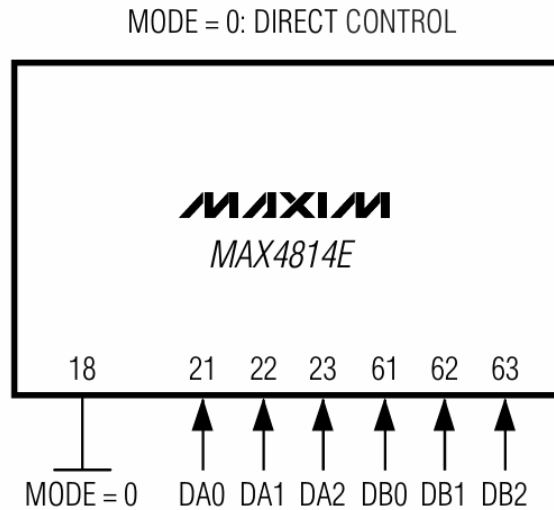


Рисунок 3.2 - чіп MAX4814E компанії Maxim Integrated

Піни 18, 21, 22, 23, 61, 62, і 63 позначені відповідно до їх функцій: MODE, DA0, DA1, DA2, DB0, DB1, DB2. У режимі MODE = 0, пристрій керується безпосередньо через ці піни.

3.2 Розробка блоку мікроконтролера

Для функціонування схеми необхідний пристрій, що виконує наступні завдання: керування відеосигнальним комутатором, управління клавіатурою та індикатором, а також прийом налаштувань від дистанційного керування. Для цього був обраний AT89C51IC2 удосконалений 8-розрядний мікроконтролер з Flash пам'яттю розміром 32 Кілобайт, зображений на рисунку 3.3. Цей мікроконтролер був обраний через його універсальність та можливості розширення. Він має вбудовані функції, які дозволяють легко інтегрувати його з різними компонентами схеми.

Крім того, AT89C51IC2 підтримує роботу з багатьма видами периферійних пристроїв, що забезпечує додаткову гнучкість у налаштуванні та модернізації схеми в майбутньому.

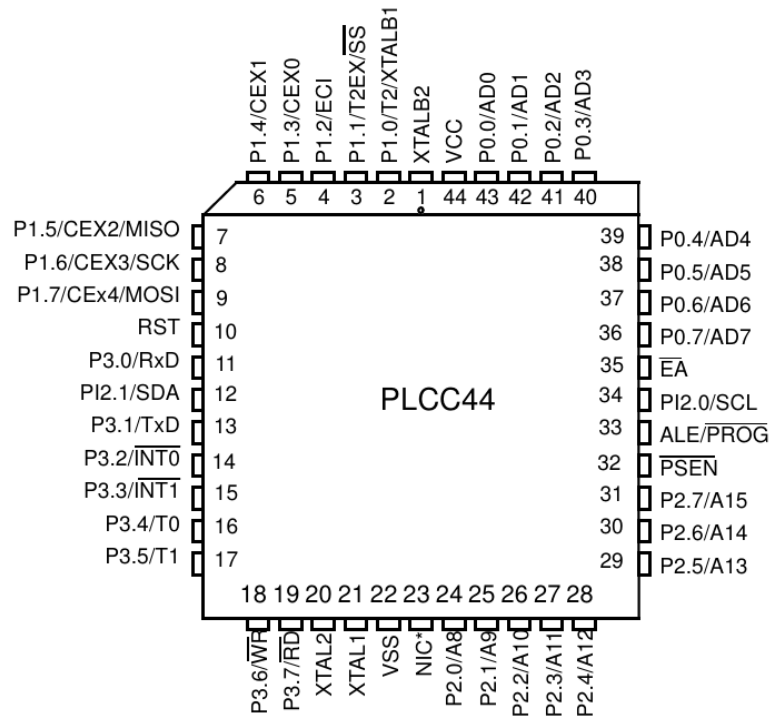


Рисунок 3.3 – Схема виводів мікроконтролера у корпусі PLCC44

Це типовий план виводів для мікроконтролерів сімейства 8051, де вказані функції кожного з контактів. Основні виводи включають:

- Порти вводу/виводу (P0, P1, P2, P3);
- Виводи живлення (VCC, VSS);
- Виводи для підключення кварцового резонатора (XTAL1, XTAL2);
- Виводи керування (EA, ALE, PSEN);
- Вхід для скидання (RESET);
- Виводи для аналогових входів (AD0-AD7) та керування (CEX0-CEX4).

Мікроконтролер AT89C51IC2 є сучасним представником родини 8-бітних мікроконтролерів на базі архітектури 8051 від компанії Atmel, яка зараз є частиною Microchip Technology. Цей мікроконтролер призначений для широкого спектру вбудованих систем і вирізняється високою продуктивністю та багатим набором функцій. Основою його роботи є 8-бітний процесор, який

може функціонувати з тактовою частотою до 60 МГц, забезпечуючи достатню швидкість обробки даних для багатьох застосувань.

Однією з ключових особливостей AT89C51AC3 є наявність великого обсягу Flash-пам'яті для зберігання програмного коду, що робить його придатним для складних завдань і тривалого використання. Вбудована RAM забезпечує достатній обсяг пам'яті для оперативної роботи з даними, а додаткові регістри спеціальних функцій (SFR) спрощують роботу з периферійними пристроями. Мікроконтролер оснащений різноманітними периферійними модулями, що включають таймери, порти введення/виведення, аналогово-цифровий перетворювач (АЦП), послідовні інтерфейси та контролер переривань. Це дозволяє йому ефективно взаємодіяти з зовнішніми пристроями та датчиками, забезпечуючи гнучкість і розширюваність у різних застосуваннях. AT89C51IC2 також підтримує роботу з кількома шинними інтерфейсами, такими як SPI та I²C, що розширює його можливості інтеграції з іншими компонентами вбудованих систем. Завдяки підтримці широкого діапазону робочих напруг і енергозберігаючих режимів, цей мікроконтролер є енергоефективним рішенням, придатним для використання в пристроях з обмеженим енергоспоживанням.

Програмування AT89C51IC2 здійснюється мовами асемблера або високорівневими мовами, такими як C, що полегшує розробку і налагодження програмного забезпечення. Виробник надає широкий спектр інструментів для розробки, включаючи програматори, налагоджувачі та інтегровані середовища розробки (IDE), що спрощує процес розробки та тестування програмного забезпечення. Завдяки своїм технічним характеристикам та універсальності, він знаходить застосування в різноманітних вбудованих системах, від промислових контролерів до побутової електроніки. Його функціональні можливості та гнучкість роблять його популярним вибором серед розробників, які потребують надійного і ефективного мікроконтролера

для своїх проектів. При розробці основна увага була приділена мінімізації електромагнітних випромінювань.

Позначення мікроконтролера наведені на рисунку 3.4. та в таблиці 3.5

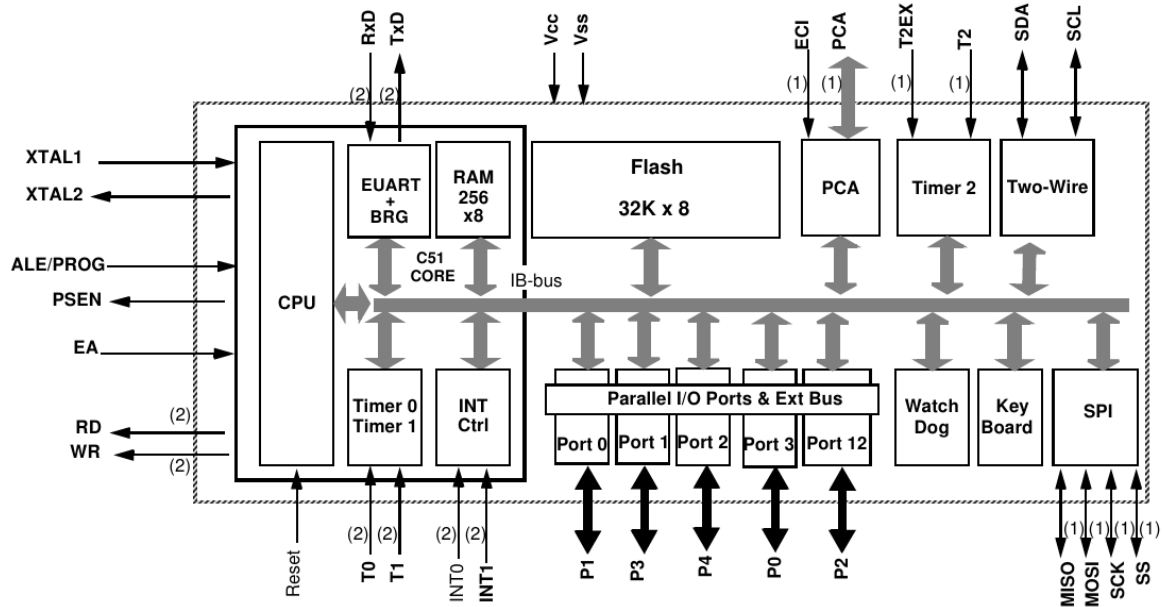


Рисунок 3.4 – Архітектура мультиплексора AT89C51IC2

Зображена функціональна схема мікроконтролера (таблиця 3.5). Вона ілюструє основні блоки та зв'язки між ними всередині нього.

Таблиця. 3.5 – Позначення мікроконтролера

Позначення	Призначення
CPU (C51 CORE)	Центральний процесорний блок, який виконує всі основні обчислення та керує роботою інших блоків.
RAM (256 x 8)	Оперативна пам'ять для тимчасового зберігання даних під час виконання програм

Продовження таблиці 3.5.

Позначення	Призначення
Flash (32К x 8):	Вбудована флеш-пам'ять для зберігання програмного коду.
Паралельні Входи/Виходи (I/O)	8-бітові порти для паралельного введення/виведення даних.
Timer 0 і Timer 1, Timer 2.	Таймери для вимірювання часу або створення часових інтервалів.
SPI (Serial Peripheral Interface)	Інтерфейс для високошвидкісного серійного обміну даними з периферійними пристроями. MISO, MOSI, SCK, SS: Виводи для передачі та прийому даних через SPI.
UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter)	RXD (Receive Data): Вхід для прийому серійних даних. TXD (Transmit Data): Вихід для передачі серійних даних.
INT (Interrupt Control)	INT0, INT1: Входи для зовнішніх переривань, які можуть зупинити виконання програми та переключити процесор на обробку важливих подій.
PCA (Programmable Counter Array)	Програмований масив лічильників для обробки сигналів, що вимагають точної синхронізації.
Watchdog Timer	Таймер, що забезпечує автоматичне перезавантаження мікроконтролера у випадку збою.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

Продовження таблиці 3.5.

Позначення	Призначення
Two-Wire Interface (I2C)	SDA, SCL: Виводи для підключення до шини I2C, яка дозволяє підключення декількох пристроїв з використанням лише двох проводів.
Key Board Interface	Інтерфейс для підключення клавіатури або подібних пристроїв.
XTAL1, XTAL2	Виводи для підключення зовнішнього кварцового резонатора, що визначає тактову частоту мікроконтролера.
ALE/PROG, PSEN, EA	Виводи для управління адресним стробом, вибором програми і зовнішнього доступу до пам'яті.
Vcc, Vss	Живлення мікроконтролера: Vcc (позитивне живлення) і Vss (земля).
RD, WR	Виводи для читання і запису даних при використанні зовнішньої пам'яті.
Reset	Вивід для скидання мікроконтролера до початкового стану.

Таблиця 3.6 - Основні характеристики мікроконтролера

Позначення	Значення
CPU:Ядро	MCS-51
CPU:F, МГц	0Т 0 ДО 60
Пам'ять: Flash, Кбайт	32
Пам'ять:RAM, Кбайт	1,25
I/O (макс.), шт.	32

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

ЕЛІТ 6.172.00.02.249 ПЗ

Лист

45

Продовження таблиці 3.6.

Позначення	Значення
Таймери: 16-біт, шт.	3
Таймери: RTC	-
Інтерфейси: UART, шт.	1
Інтерфейси: SPI, шт.	1
Інтерфейси: I2C	1
V_{CC}, B	Від 2.7 до 5.5
I_{CC}, mA	8
$T_A, ^\circ C$	Від -40 до 85
Корпус	LQFP-44 PLCC-44

Опис функцій виводів контролера в нашій схемі наведено в таблиці 3.7

Таблиця 3.7 - Конфігурація контактів

Вихід	Функція
P3.2	Керування сигналом по першого виходу
P3.3	Керування сигналом по другому виходу
P3.4	Керування сигналом по третьому виходу
P3.5	Керування сигналом по четвертому виходу
PI2.0, PI2.1, PI2.2, PI2.3	Інтерфейс SPI для підключення беспроводної клавіатури
P0.0, P0.1, P0.2, P0.3, P0.4, P0.5, P0.6, P0.7.	Керування індикацією
P2.0, P2.1, P2.2, P2.3, P2.4, P2.5.	Керування комутатором

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

ЕЛІТ 6.172.00.02.249 ПЗ

Лист

46

3.4 Розробка блоку дистанційного керування

Для прийому сигналів з пульта дистанційного керування з інтерфейсом підключення *SPI*, наша схема повинна містити в собі радіомодуль, тому було обрано модуль NRF24L01 від бренду AI-Thinker, котрий зображений на рисунку 3.4.

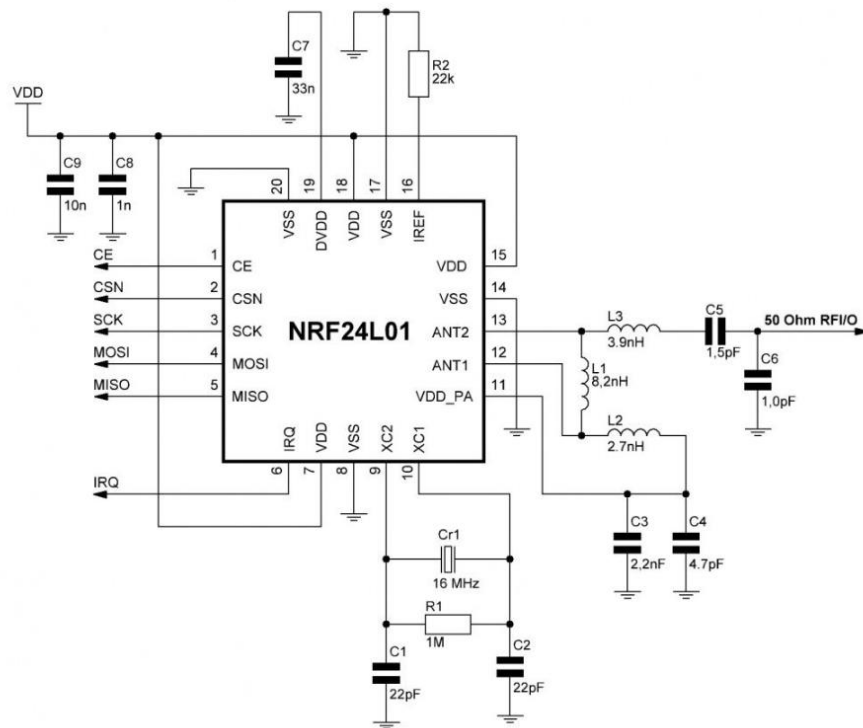


Рисунок 3.4 – Електрична схема nRF24L01

Чіп взаємодіє з мікроконтролером через 4-провідну шину *SPI*. Окрім цього, використовуються ще дві лінії: вхідна лінія *CE*, яка при високому сигналі переводить чіп з режиму очікування в режим прийому або передачі, та вихідна лінія *IRQ*, яка встановлює низький рівень при прийомі пакету даних або завершенні передачі. Максимальна швидкість передачі цифрових даних по радіоефіру становить 2 Мбіт/с. Можна встановити знижену швидкість 1

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

Мбіт/с, що покращує якість зв'язку, а також доступна низька швидкість 250 кбіт/с для сумісності з іншими версіями чіпів.

Для підключення приймача до плати, знадобиться з'єднання виводів модуля з відповідними пінами на платі (рисунок 3.5).

- 1) Входи живлення VCC і AVCC мікроконтролера підключені до джерела живлення з напругою від 3.6 до 5.0 Вольт
- 2) Виходи GND мікроконтролера з'єднані із загальним проводом (землею).

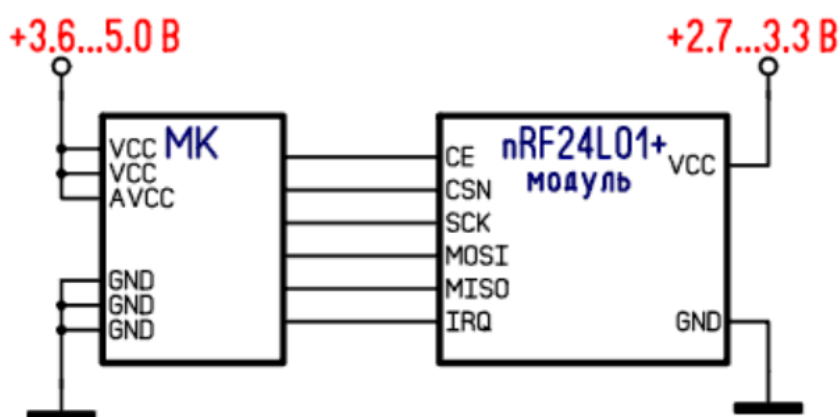


Рисунок 3.5 – Схема з'єднання приймача на основі nRF24L01 до мікроконтролера

Підключення між мікроконтролером і модулем:

- CE (Chip Enable) — управляє активністю модуля nRF24L01+;
- CSN (Chip Select Not) — вибір підключення модуля по SPI;
- SCK (Serial Clock) — серійний годинник, передає сигнал синхронізації для SPI;
- MOSI (Master Out Slave In) — дані від мікроконтролера до модуля;
- MISO (Master In Slave Out) — дані від модуля до мікроконтролера;
- IRQ (Interrupt Request) — сигнал переривання, який може використовуватися модулем для інформування мікроконтролера про події.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

Керувати мікроконтролером будемо типовим пультом дистанційного керування який зображено на рисунку 3.6



Рисунок 3.6 – Типовий пульт дистанційного керування

Нижче (рисунок 3.7), наведена принципова електрична схема кнопкового пульта управління.

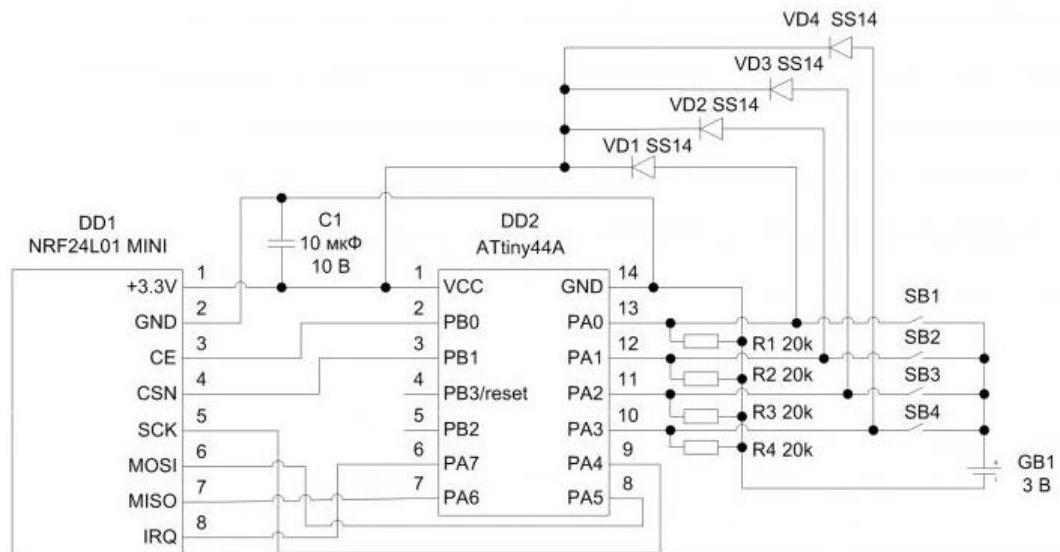


Рисунок 3.7 - Принципова електрична схема кнопкового пульта управління

Принцип роботи такий. При натисканні будь-якої з кнопок SB1 ... SB4, напруга від батарейки подається на відповідний порт вводу-виводу контролера

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

PA0 ... PA3. Одночасно напруга проходить через один з діодів VD1...VD4 до входів живлення контролера DD2 та приймопередавача DD1. Після запуску контролер визначає натиснуту кнопку і передає її код в ефір за допомогою приймопередавача DD1 через інтерфейс SPI на частоті 2,4 ГГц. Щоб пристрій працював, у контролер потрібно завантажити програму. Роз'єм для програмування на платі не передбачений, тому програмування здійснюється через інтерфейс SPI з тимчасовим програмувальним роз'ємом, припаяним методом навісного монтажу до встановлення приймопередавача DD1.

Схема має мікроконтролер сімейства AVR - ATtiny44A (рисунок 3.8) тому додамо до опису і його.

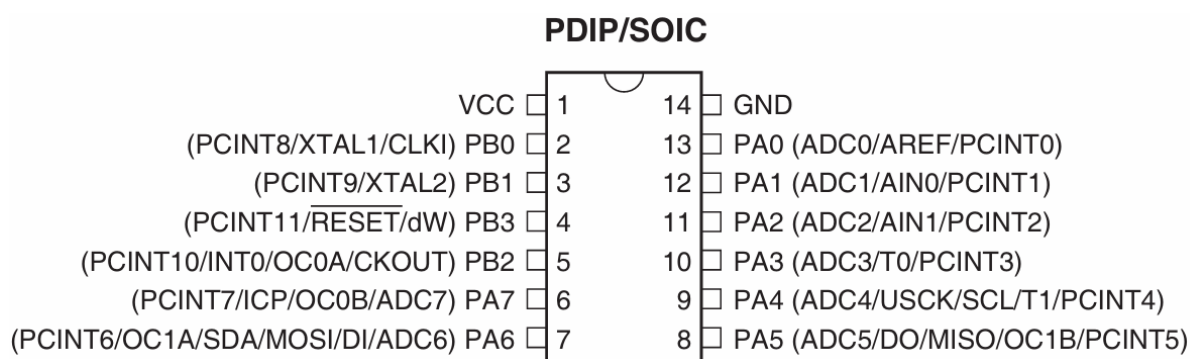


Рисунок 3.8 - Мікроконтролер ATtiny44A

Зображення показує конфігурацію виводів мікроконтролера.

- Корпус має 14 виводів.
- Кожен вивід описаний у вигляді набору функцій, які можуть бути налаштовані для цього виводу. Наприклад, PB0 може працювати як PCINT8, XTAL1 або CLKI.

ATtiny44A – це 8-бітний мікроконтролер з родини AVR, розроблений компанією Microchip Technology. Він відомий своєю компактністю, енергоефективністю та багатофункціональністю, що робить його ідеальним для різних вбудованих додатків. Основні характеристики:

- Архітектура AVR RISC, яка забезпечує високу швидкість виконання команд.
- Тактова частота працює до 20 МГц з зовнішнім тактовим генератором і до 8 МГц з внутрішнім RC-осцилятором.
- Флеш-пам'ять: 4 КВ для зберігання програм.
- SRAM: 256 байтів для тимчасових даних.
- EEPROM: 256 байтів для зберігання конфігураційних даних, які залишаються навіть після вимкнення живлення.
- Підтримує кілька режимів збереження енергії (Sleep Modes), що знижують споживання під час простою або при меншому навантаженні.
- Працює в діапазоні напруг від 1.8V до 5.5V.
- Цифрові I/O: До 12 програмованих виводів, які можуть бути налаштовані як входи або виходи.
- Аналогові входи: Вбудований 10-бітний ADC з можливістю підключення до 8 каналів.
- Інтерфейси зв'язку: SPI, I2C (TWI), UART, що забезпечують комунікацію з іншими мікроконтролерами та периферійними пристроями.
- Периферійні пристрої: Таймери/лічильники, Аналоговий компаратор, Watchdog Timer.

3.5 Вибір світлодіода і розрахунок його опору

Індикація для відображення входу, підключення вхідного сигналу на вихід, використовує окремі світлодіоди (рисунок 3.9). Було обрано діод JH-503DR3D34.

Вивід анода (+) розташований з лівого боку (позначений символом "ANODE").

					<i>ЕЛІТ 6.172.00.02.249 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		51

Вивід катода (-) розташований з правого боку (позначений символом "CATHODE"). Для індикації в схемі повністю використовуємо входи P0.

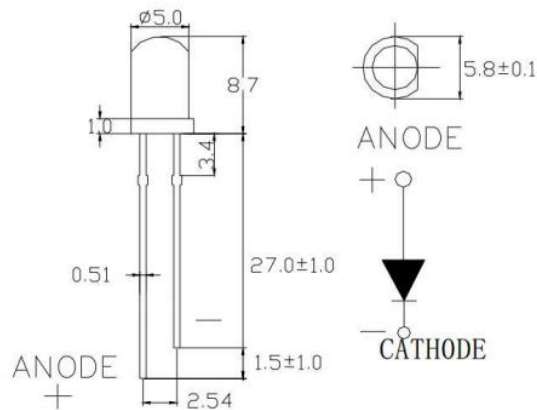


Рисунок 3.9 – Світлодіод JH-503DR3D34

Основні характеристики:

- Висока яскравість;
- Кут огляду: 60 градусів;
- Колір лінзи: Червоний дифузний;
- Відповідає вимогам RoHS.

Таблиця 3.8 - Електричні та оптичні характеристики при $T_a=25^{\circ}\text{C}$

Параметр	Символ	Мін.	Тип.	Макс.	Одиниця	Умови тестування
Пряма напруга	VF	1.9	2.1	2.3	В	IF=20mA
Світлова інтенсивність	Iv	1000	1500	2000	мкд	IF=20mA
Домінантна довжина хвилі	Wld	620	622.5	625	нм	IF=20mA
Зворотний струм	IR	0		1	мкА	VR=5В
Кут огляду	2θ1/2		60		градуси	IF=20mA

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

ЕЛІТ 6.172.00.02.249 ПЗ

Лист

52

Продовження таблиці 3.8.

Параметр	Символ	Мін.	Тип.	Макс.	Одиниця	Умови тестування
Рекомендований прямий струм	IF(rec)		20		мА	

Цей світлодіод, виготовлений компанією Guangzhou Juhong Optoelectronics Co., Ltd, являє собою високоякісний компонент з діаметром 5 мм, призначений для генерації червоного світла. Він має високу яскравість і широкий кут огляду в 60 градусів, що робить його придатним для різноманітних застосувань, включаючи індикатори та підсвічування. Матеріал, з якого виготовлено світлодіод, це InGaN (індій-галій-нітрид), а червона дифузна епоксидна лінза забезпечує ефективне розсіювання світла. Світлодіод відповідає стандартам RoHS, що означає, що він не містить шкідливих речовин.

Діод має такі електричні характеристики, як пряма напруга від 1.9 до 2.3 В при струмі 20 мА і світлову інтенсивність від 1000 до 2000 мкд. Домінантна довжина хвилі світла, що випромінюється, становить близько 622.5 нм, що є характерним для червоного світла. Цей компонент здатний працювати в широкому діапазоні температур, від -25°C до +85°C, і може зберігатися при температурах від -35°C до +105°C. Крім того, він може витримувати електростатичні розряди до 1000 В, що забезпечує додатковий захист під час роботи. Для забезпечення довговічності і надійності світлодіода передбачені різні тести на вплив температурних циклів, високої вологості, високих і низьких температур, а також на здатність до пайки. Особлива увага приділяється умовам зберігання, щоб уникнути вбирання вологи, яка може пошкодити світлодіод під час пайки. Він також передбачає заходи обережності щодо статичної електрики, щоб уникнути пошкодження.

Щоб розрахувати опір резистора для світлодіода, потрібно знати наступні параметри:

					ЕЛІТ 6.172.00.02.249 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		53

- Напруга живлення (V_s).
- Пряма напруга світлодіода (V_f).
- Робочий струм світлодіода (I_f).

Тому використаємо графік типових електрооптичних характеристик з опису цього елемента (рисунок 3.10).

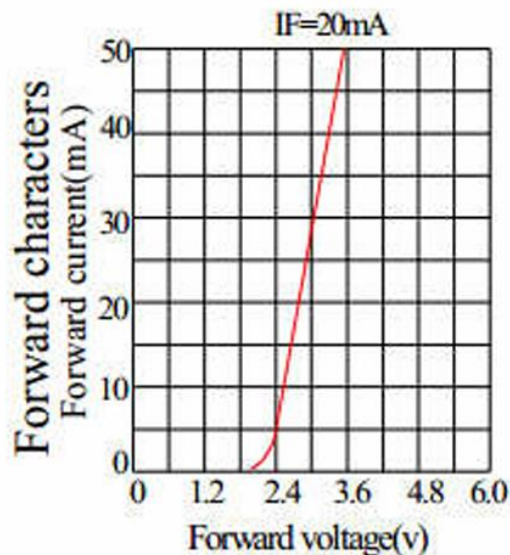


Рисунок 3.10 - Вольт-амперна характеристика світлодіода

Графік демонструє залежність між прямою напругою (Forward voltage, вольти) і прямим струмом (Forward current, міліампер) для світлодіода.

- По осі “x” відкладена пряма напруга (Forward voltage, V).
- По осі “y” відкладений прямий струм (Forward current, mA).

Графік показує, що при підвищенні прямої напруги збільшується прямий струм. Лінія на графіку є майже вертикальною при досягненні певного порогу напруги, що свідчить про те, що світлодіод починає проводити струм. На ньому також вказано, що значення прямого струму $I_f = 20$ mA.

Формула для розрахунку опору резистора виглядає так:

$$R = \frac{V_s - V_f}{I_f}$$

Згідно зі специфікацією для світлодіода JH-503DR3D34:

- Пряма напруга (V_f) = 2.1 В (середнє значення)
- Робочий струм (I_f) = 20 мА (або 0.02 А)

Припустимо, що напруга живлення (V_s) = 5 В

$$R = \frac{5\text{В} - 2.1\text{В}}{0,02\text{А}}$$

$$R = \frac{2.9\text{В}}{0,02\text{А}}$$

$$R = 145 \text{ Ом}$$

Отже, для живлення цього світлодіода від джерела напругою 5 В необхідний резистор опором 145 Ом. Найближче стандартне значення резистора буде 150 Ом, яке можна використати для зручності.

					ЕЛІТ 6.172.00.02.249 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		55

ВИСНОВОК

У цій роботі було проведено детальний аналіз різних джерел інформації, що слугувало основою для подальшої розробки HDMI перемикача. Ми також надали детальний опис ключових мікросхем, які були використані в процесі створення пристрою.

Метою нашого проекту було розробити відеосигнальний комутатор, з можливістю дистанційного керування, яке забезпечується безпроводним пультом, а також з можливістю керування через клавіатуру.

Крім того, пристрій оснащений індикацією стану, що дозволяє користувачеві легко розуміти, який сигнал активний в даний момент. Ці функції забезпечують зручність використання і розширюють можливості управління перемикачем, роблячи його більш універсальним та зручним в експлуатації.

					ЕЛІТ 6.172.00.02.249 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		56

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Шарапова, О. Д. "Інформатика та комп'ютерна техніка". Навчально-методичний посібник. Київ: КНЕУ, 2012.
2. "HDMI: Що це таке і як використовувати", Monitor4ik. , URL: <https://monitor4ik.com/stati/hdmi/>
3. "Що таке порт HDMI: Важлива інформація про кабель HDMI", Vention Ukraine, URL: <https://vention.com.ua/shcho-take-port-hdmi-vazhlyva-informatsiia-pro-kabel-hdmi/>
4. "GAOTek Fiber Ports Modular Uplink Switch - Good Price Spot Network Switch", GAOTek, URL: <https://gaotek.com/uk/product/gaotek-fiber-ports-modular-uplink-switch-good-price-spot-network-switch/>
5. "CD4013B Dual D Flip-Flop", Texas Instruments, URL: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/cd4013b.pdf>
6. "Arduino Nano Pinout and Specifications", AIO Photoz, URL: <https://www.aiophotoz.com/photos/arduino-nano-pinout-i2c-arduino-nano-guide-pinout-specifications.html>
7. "IR Receiver Sensor KY-022", Joy-IT Sensor Kit, URL: <https://sensorkit.joy-it.net/en/sensors/ky-022>
8. "ATtiny24A/44A/84A Data Sheet". Microchip Technology, URL: <https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/ATtiny24A-44A-84A-DataSheet-DS40002269A.pdf>.