

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 ПРИЗВИЩЕ)

_____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «магістр»

зі спеціальності 171 «Електроніка»

освітньо-професійної програми «Електронні системи»

на тему:

**Електронна система дистанційного управління
світлодіодною матрицею**

Здобувача групи ЕС.м-31 Садовничого Сергія Олександровича

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

(підпис)

_____ Сергій Садовничий
(Ім'я та ПРИЗВИЩЕ)

Керівник,
асистент, доктор філософії Марина ШЕВЧЕНКО

(підпис)

Консультант з техніко-економічної частини,
доцент, к.е.н., доцент Олександр МАЦЕНКО

(підпис)

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет _____ електроніки та інформаційних технологій
Кафедра _____ електроніки і комп'ютерної техніки
Напрямок підготовки _____ 171 «Електроніка»
Освітня програма _____ Електронні системи

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою _____ Опанасюк А. С.

« ____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу магістра

1. Тема роботи _____

затверджена наказом по університету «01» жовтня 2024 р. № 1003-VI.

2. Термін здачі студентом завершеної роботи _____

3. Вихідні дані до роботи _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що належить розробити) 1) Огляд літератури та поставлення задачі роботи. 2) Науково-дослідна частина. 3) Розробка електронної системи з використанням отриманих результатів дослідження. 4) Техніко-економічна частина.

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

1) Схема електрична структурна. 2) Схема алгоритму. 3) Схема електрична функціональна. 4) Схема електрична принципова.

6. Консультанти з кваліфікаційної роботи

Розділи	Консультанти	Завдання видав	Завдання прийняв
Техніко-економічна частина	Маценко О. М.		

7. Дата видачі завдання _____

8. Керівник роботи _____

9. Завдання прийняв до виконання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломного проекту	Термін виконання етапів роботи	Примітки
1	Огляд літератури та постановка завдання проектування	04.11.24 – 09.11.24	
2	Науково-дослідна частина	10.11.24 – 15.11.24	
3	Розробка алгоритму функціонування та структурної схеми електронної системи	16.11.24 – 20.11.24	
4	Розробка функціональної схеми електронної системи	21.11.24 – 24.12.24	
5	Розробка схеми електричної принципової електронної системи	25.12.24 – 02.12.24	
6	Техніко-економічна частина	03.12.24 – 05.12.24	
8	Оформлення пояснювальної записки	06.12.24 – 08.12.24	
9	Оформлення графічного матеріалу	09.12.24 – 13.12.24	
10	Представлення роботи керівнику і отримання відгуку	14.12.24	
11	Представлення роботи кафедрі для отримання рецензії	16.12.24	

Студент _____

Керівник роботи _____

«___» _____ 2024 р.

РЕФЕРАТ

Робота містить: 54 сторінки, 32 рисунка, 8 таблиць, 13 джерел літератури.

Об'єктом дослідження роботи є система дистанційного керування світлодіодною матрицею

Мета роботи полягає в розробці та дослідженні системи для дистанційного керування світлодіодною матрицею.

В ході виконання роботи було розглянуто типи та особливості світлодіодних матриць. За основу було взято мікроконтролер Atmega328 та драйвер MAX7219. Було розроблено структурну, функціональну та принципову схеми. Також було розроблено програмне забезпечення для дистанційного керування рекламно-інформаційним табло.

Ключові слова: мікроконтролер, Bluetooth, дистанційне управління, світлодіодна матриця, друкована плата.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Розділ 1 Огляд літератури та постановка завдання.....	5
1.1 Особливості світлодіодних матриць.....	5
1.2 Обмін інформацією за допомогою Bluetooth.....	10
1.3 Архітектура Bluetooth.....	12
1.4 Огляд мікроконтролерних систем.....	16
1.5 Постановка завдання.....	17
Розділ 2 Наукова частина.....	19
2.1 Дослідження світлотехнічних параметрів світлодіодів.....	19
2.2 Дослідження і розрахунки динамічного діапазону приймача Bluetooth.....	23
2.3 Огляд та розрахунок характеристик випромінювання антени Bluetooth.....	26
Розділ 3 Розробка алгоритму і схем системи дистанційного управління світлодіодною матрицею.....	31
3.1 Розробка алгоритму проектованої системи.....	31
3.2 Розробка структурної схеми проектованої системи.....	33
3.3 Розробка електричної функціональної схеми проектованої системи..	35
3.4 Огляд обраних компонентів для проектованої системи.....	38
3.5 Розробка принципової електричної схеми керованої системи.....	42
Розділ 4 Економічна частина.....	47
4.1 Розрахунок повної собівартості проектованої системи.....	47
4.2 Ціноутворення проектованої системи.....	50
Висновки.....	52
Список літератури.....	54

					ЕлІТ 8.171.00.05.510 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Електронна система дистанційного управління світлодіодною матрицею					
Розроб.		Садовничий С.О						Літ.	Арк.	Акрюшів
Перевір.		Шевченко М.С.						3	54	
Реценз.								СумДУ, ЕС.М-31		
Н. Контр.		Гапич В.М.								
Затверд.		Опанасюк А.С.								

ВСТУП

Використання комп'ютерних технологій для вирішення повсякденних завдань стало загально визнаною нормою. Ми часто не помічаємо малих комп'ютерів у навколишніх речах – не в сенсі ноутбуків, а мікроконтролерів. Вони стали невід'ємною частиною нашого життя, забезпечуючи функціонування різних приладів, таких як автомобілі, холодильники, маршрутизатори та інші повсякденні пристрої. Їхня роль у сучасних технологічних рішеннях є надзвичайно важливою.

Щорічно продається понад чотири мільярди таких систем, що слугують «мозком» різноманітних інтелектуальних приладів – від розумних таймерів для приготування їжі до систем керування літаком. Більшість цих продажів припадає на доступні мікроконтролери, які інтегруються у спеціалізовані електронні системи, як-от смарт-карти. Відмінність мікроконтролерів від мікропроцесорів полягає у тому, що вони об'єднують на одному чипі центральний процесор, пам'ять і пристрої введення/виведення, створюючи таким чином єдину інтегровану обчислювальну систему.

Світлодіодні матриці, які часто застосовують у промисловості, мають широкий спектр використання: від світлофорів до побутових освітлювальних приладів. Їх популярність пояснюється високою надійністю, ефективністю перетворення електроенергії у світло, потужністю та низькою вартістю, що робить їх перспективними джерелами освітлення.

У процесі виконання цієї магістерської роботи було розроблено систему для дистанційного керування світлодіодною матрицею.

					ЕЛІТ 8.171.00.05.510 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Особливості світлодіодних матриць

Світлодіоди (LED - Light Emitting Diodes) були вперше відкриті у 1907 році англійським дослідником Генрі Джозефом Раундом, коли він спостерігав електролюмінесценцію в карбіді кремнію. Проте перші робочі червоні світлодіоди, що знайшли практичне застосування, були створені лише у 1960-х роках ученим Ніком Холоняком. У 1970-80-х роках технології LED швидко розвивалися, з'являлися зелені, жовті та сині світлодіоди. З часом ці пристрої стали об'єднувати у масиви або матриці, що дозволило створювати великі екрани та системи відображення інформації, які ми бачимо сьогодні в рекламних табло, транспортних знаках тощо.

Світлодіод (LED - Light Emitting Diode) — це напівпровідниковий електронний компонент, що випромінює світло коли через нього проходить електричний струм. Він є особливим типом діода, який перетворює електричну енергію безпосередньо на світлову. Основні елементи будови світлодіода:

Напівпровідниковий кристал, центральна частина світлодіода якого складається з напівпровідникового матеріалу, зазвичай сплавів галію (Ga), арсену (As) або фосфору (P). Напівпровідниковий кристал має два шари: р-шар (з надлишком дірок) та n-шар (з надлишком електронів). Світло виникає внаслідок рекомбінації електронів та дірок на межі цих шарів — р-n переході.

У верхній частині світлодіода часто розміщується прозора лінза або купол, яка фокусує світло та збільшує його інтенсивність. Форма та розмір лінзи впливають на кут розсіювання світла.

Корпус світлодіода виконує роль оптичного об'єктива для спрямування світлового випромінювання та захисту напівпровідникового кристала. Корпус світлодіода виготовляється з епоксидної смоли або пластику, що має високі прозорість і стійкість до температурних змін.

Світлодіод має два електроди — катод (негативний вивід) і анод (позитивний вивід), які з'єднують його з джерелом живлення. Катод зазвичай коротший та має специфічну форму для легшого розпізнавання, тоді як анод є довшим.

Відбивач світлодіодів розташований під кристалом і спрямовує світло у верхню частину світлодіода, підвищуючи його яскравість і спрямованість.

					ЕЛІТ 8.171.00.05.510 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

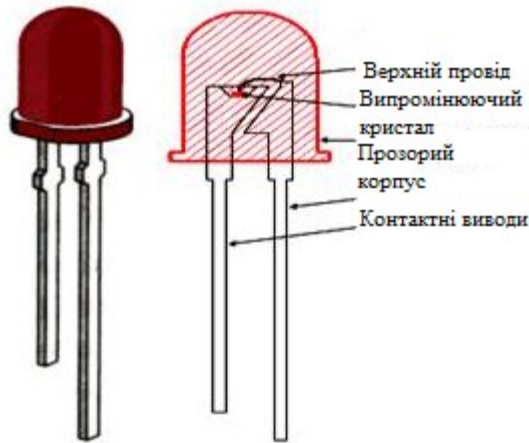


Рисунок 1.1.1 – Приклад світлодіода та його структура

Принцип роботи світлодіода полягає в тому, що коли струм проходить через світлодіод, електрони з n-шару переміщуються до р-шару, де рекомбінуються з дірками. Під час цієї рекомбінації надлишкова енергія виділяється у вигляді фотонів світла. Колір випромінювання залежить від матеріалу напівпровідника та визначається шириною забороненої зони (енергетичним проміжком) напівпровідника.

Слід відзначити, що навіть у досконалому р-n переході не всі інжектвані неосновні носії беруть участь у рекомбінації з випромінюванням фотонів. У практично однакових світлодіодах наявність дефектів та дислокацій у напівпровіднику може спричиняти безвипромінювальну рекомбінацію, що впливає на рівень корисного світлового випромінювання. Через це світлодіоди сортують за інтенсивністю випромінювання та іншими характеристиками для кожної партії. Розмір кристала для світлодіодів зазвичай варіюється від 0,18 до 1 мм.

Світлодіоди прості у виробництві, економічні в експлуатації і мають тривалий термін служби, що робить їх ідеальними для широкого використання в освітленні та індикації.

					<i>ЕЛІТ 8.171.00.05.510 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		6

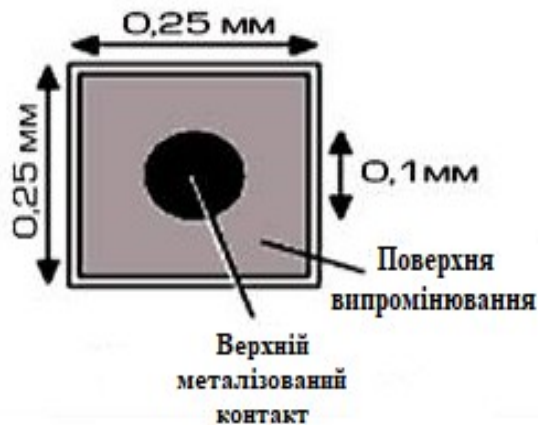


Рисунок 1.1.2 - Кристал AlInGaP

Механічна будова світлодіода впливає на просторову діаграму спрямованості та розподіл світлового потоку. Вузька спрямованість променя дозволяє досягти більшої інтенсивності світла вздовж осі, однак обмежує кут огляду.

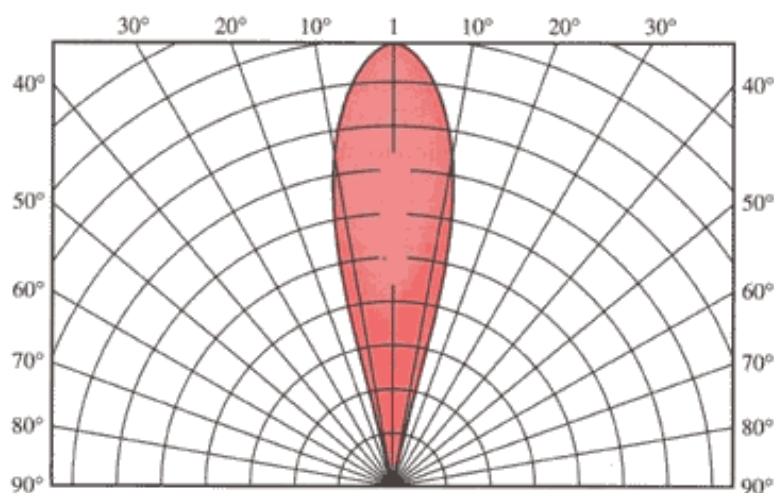


Рисунок 1.1.3 - Вузька діаграма спрямованості

Відомий 7-сегментний індикатор насправді має вісім сегментів, оскільки містить також десяткову точку. Алфавітно-цифрові індикатори з 14 та 16 сегментами надають економічне рішення для відображення цифр від 0 до 9 та 26 літер латинського алфавіту. Різниця між ними полягає в тому, що у 16-сегментного індикатора верхній і нижній сегменти розділені навпіл, що покращує відображення деяких літер. Світлодіодна матриця розміром 5x7 є ще більш універсальною, дозволяючи показувати літери латинського алфавіту як у верхньому, так і нижньому регістрі, а також різні символи.

					ЕЛІТ 8.171.00.05.510 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		7

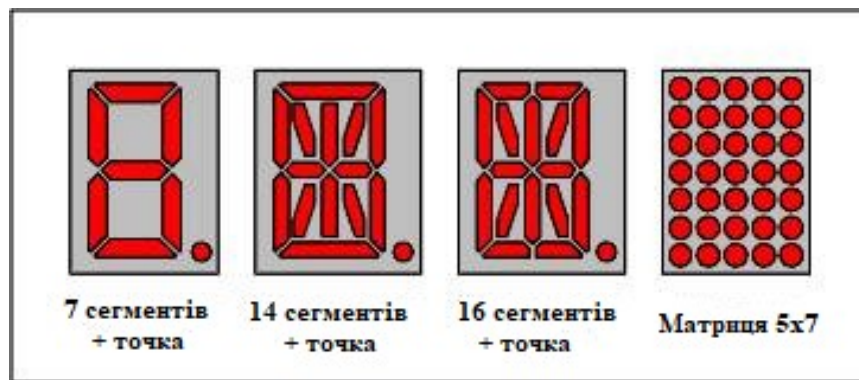


Рисунок 1.1.4 – Приклад сегментних індикаторів та матриці

Доволі багато буквено-цифрових та цифрових індикаторів мають гібридну конструкцію, яка об'єднує кілька світлодіодних елементів що знаходяться в тому ж корпусі. Сегменти формуються не самим кристалом, а за допомогою відбивача та світловодів, що забезпечує рівномірне світлове покриття. У менших дисплеях для кожного сегмента використовується один кристал, тоді як у більших для досягнення однорідної яскравості часто використовують два або більше кристалів на сегмент.

При виготовленні кристали закріплюються на рамці або друкованій платі, після чого з'єднуються з зовнішніми контактами за допомогою провідників. Для монтажу використовують струмопровідну пасту, адже підкладка виступає одним із двох контактів діода. Внутрішня схема індикатора зазвичай об'єднує катоди або аноди кристалів, що зменшує кількість зовнішніх контактів. Таким чином, індикатори поділяються на типи із загальним анодом і загальним катодом.

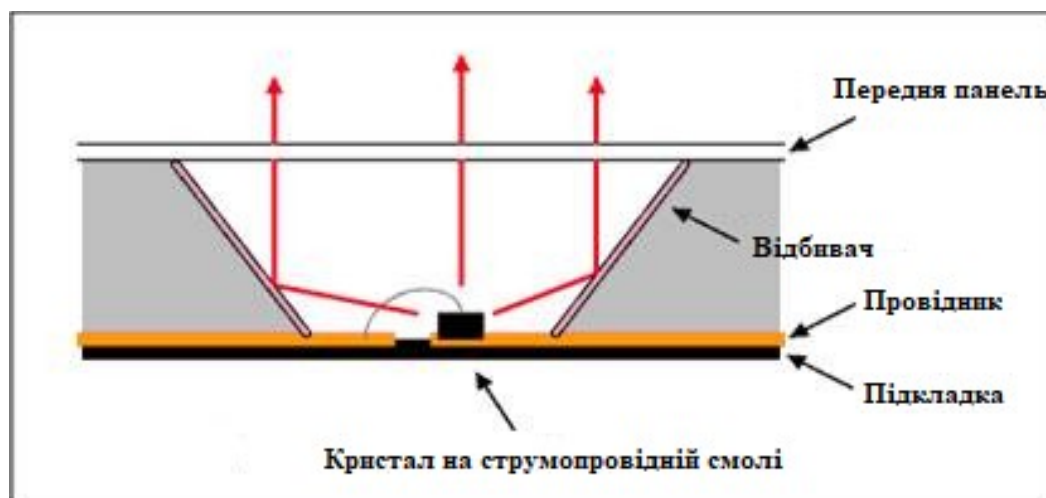


Рисунок 1.1.5 – Монтаж кристала

Кристал монтується на посріблену сталеву рамку, що забезпечує ефективне відведення тепла та відображення світла. Світловідбиваючий канал для кожного сегмента формує своєрідну трубку, заповнену епоксидною смолою, яка додає міцності конструкції та захищає від зовнішніх факторів. Більш економічний варіант передбачає використання друкованої підкладки замість рамки. У такому випадку цей підхід часто використовується для багаторозрядних дисплеїв, але епоксидна смола не використовується, що знижує вартість, проте сприяє швидкій деградації через забруднення.

Електричні властивості світлодіодів схожі на інші напівпровідникові діоди. Пряма напруга світлодіода зменшується із підвищенням температури навколишнього середовища. Як і для всіх напівпровідникових компонентів, номінальні показники світлодіодів слід знижувати при роботі на високих температурах.

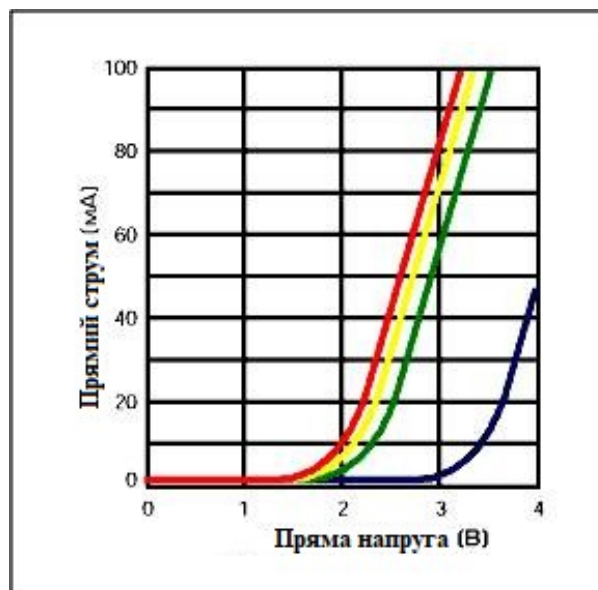


Рисунок 1.1.6 – Залежність напруги індикатора від струма та кольора

Для керування світлодіодами сегментів індикатора можна використовувати окремі резистори або здійснювати контроль через прямий струм. Цей метод отримав назву статичного управління, оскільки світлодіоди отримують постійний струм. Він підходить для невеликої кількості світлодіодів, наприклад, для трьох семи-сегментних цифр. Високоекономічні світлодіоди можна живити струмом до 2 мА, який можна отримати з вихідних портів мікроконтролера.

					ЕЛІТ 8.171.00.05.510 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		9

Проте, якщо потрібно керувати великою кількістю сегментів, статичний метод стає менш економічним, оскільки вимагає одного драйвера на кожен світлодіод. На відміну від цього, імпульсне управління дозволяє зменшити кількість з'єднань, використовуючи стробування обмеженої кількості сегментів (зазвичай лише одну цифру) з високою частотою, завдяки чому око сприймає зображення як безперервне. Однак цей метод вимагає більшого струму для компенсації робочого циклу. Ефективність світлодіода зазвичай зростає при підвищенні прямого струму, якщо температура PN переходу залишається сталою.

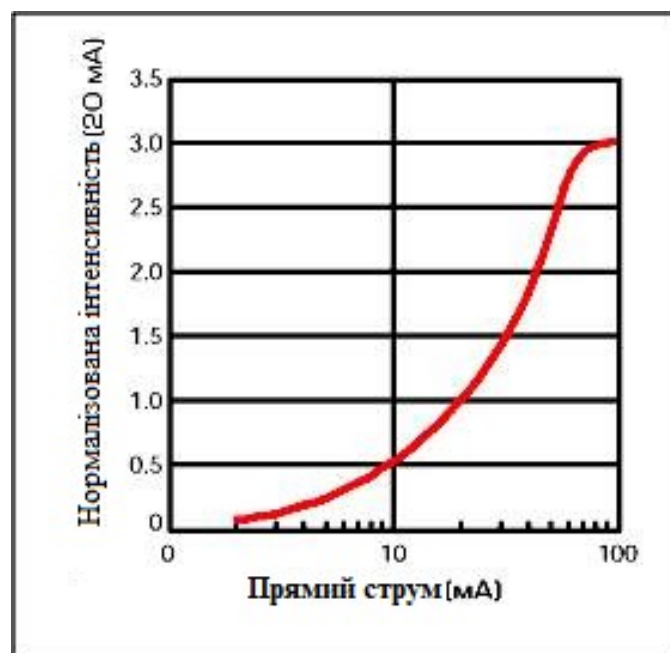


Рисунок 1.1.7 – Залежність виходу світла від струму

1.2 Обмін інформацією за допомогою Bluetooth

Bluetooth був розроблений у 1994 році компанією Ericsson в рамках проекту, що мав на меті створення бездротового стандарту для обміну даними між мобільними пристроями. Назва "Bluetooth" походить від данського короля Харальда "Синьозубого" (Bluetooth), який об'єднав Данію і Норвегію, що відображає ідею об'єднання різних пристроїв. Перший стандарт Bluetooth (Bluetooth 1.0) був представлений в 1999 році. Після цього стандарт постійно вдосконалювався, з'являлися нові версії з покращеннями швидкості передачі даних, дальності дії та енергоспоживання.

					ЕЛІТ 8.171.00.05.510 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		10

Основні характеристики

Дальність дії: Bluetooth має кілька класів, які визначають дальність:

Клас 1: до 100 метрів

Клас 2: до 10 метрів

Клас 3: до 1 метра

Максимальна швидкість передачі даних варіюється в залежності від версії:

Bluetooth 4.0: до 25 Мбіт/с

Bluetooth 5.0: до 50 Мбіт/с



Рисунок 1.2.1 – Bluetooth схема

Енергоспоживання: Bluetooth Low Energy (BLE) дозволяє знижувати споживану потужність, що робить технологію ідеальною для мобільних та портативних систем.

Bluetooth підтримує підключення багатьох пристроїв одночасно (до 7 активних з'єднань) через профілі, які визначають специфікації для певних типів пристроїв. Bluetooth використовує шифрування та аутентифікацію для захисту даних під час передачі.

Позбавляє від необхідності використовувати кабелі для підключення пристроїв. Використовується в багатьох пристроях, від смартфонів до автомобілів. Простий процес налаштування та підключення пристроїв. Особливо в Bluetooth Low Energy, що дозволяє подовжити термін служби батарей у портативних пристроях.

Сфери застосування: Смартфони, планшети, ноутбуки. Безпроводні навушники, колонки, автомобільні аудіосистеми, фітнес-трекери, медичні датчики.

Bluetooth досі розростається новими технологіями для покращення

					ЕЛІТ 8.171.00.05.510 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		11

зручності та ефективності в різних сферах життя.

1.3 Архітектура Bluetooth

Система обладнаний приймачем і радіопередавачем, які функціонують у частотному діапазоні 2,4 ГГц. Цей діапазон у багатьох країнах відведений для використання в промисловій, науковій та медичній сферах, і не потребує ліцензування, що робить пристрої більш універсальними. Щоб передавати дані використовують радіоканали з дискретною частотною модуляцією, із сталою частотою каналу $F-2402+k$ (МГц), де k змінюється від 0 до 78. Позитивна девіація частоти відповідає одиниці, а нуль - негативній. Передавачі можуть мати три класи потужності з максимальною потужністю 1, 2,5 і 100 мВт, з можливістю регулювання потужності для збереження енергії.

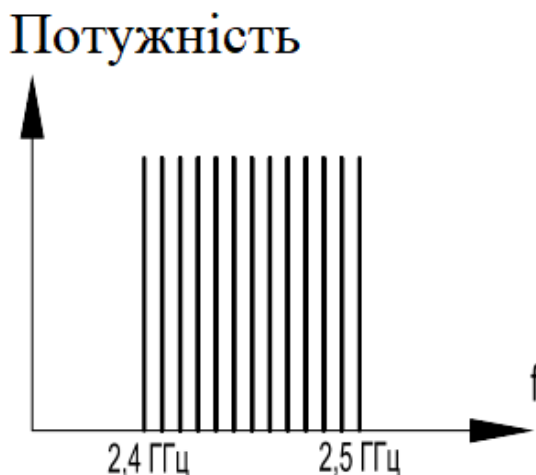


Рисунок 1.3.1 – Діапазон частот для технології Bluetooth

Щоб ефективно вирішувати проблеми, пов'язані з інтерференцією та загасанням сигналу, радіоінтерфейс потребує оптимізації. Для зменшення впливу інтерференції використовуються такі рішення:

технологія швидкого стрибка між робочими частотами (до 1600 перемикачів на секунду) в поєднанні з короткими пакетами, що дозволяє втрачати лише невелику частину інформації у разі втрати пакета;

схема випередженої корекції помилок (FEC);

автоматична ретрансляція, що забезпечує повторну передачу пакетів при передачі даних;

надійна схема кодування мови, що базується на дельта-модуляції зі змінною крутизною, без повторних передач

					ЕЛІТ 8.171.00.05.510 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Передача сигналу реалізується шляхом перескоку від першого радіоканалу до другого, це дозволяє зменшити вплив інтерференції. У фізичному каналі зв'язку проявляється у вигляді певної псевдовипадкової послідовності радіоканалів. Група пристроїв, які використовують один канал, формує пікомережу, що може об'єднувати від 2 до 8 пристроїв. У кожній пікомережі є один основний пристрій і до семи активних підлеглих. Окрім того, в зоні дії ведучого системи можуть бути «припарковані» підлеглі пристрої, які знають послідовність перескоків і синхронізуються з ведучим, але не можуть обмінюватися даними, поки ведучий не надасть їм доступ.

У кожній пікомережі є тільки один ведучий пристрій, але ведені пристрої можуть бути частиною кількох пікомереж, користуючись технологією поділу часу (частина часу вони працюють в одній мережі, а частина - в іншій). Крім того, ведучий пристрій однієї пікомережі може виконувати роль веденого в іншій. Ці мережі не синхронізовані між собою, кожна з них має свій унікальний канал, що складається з послідовності частот.

Канал поділяється на тайм-слоти тривалістю 625 мкс, які нумеруються в циклі до 227. Кожен слот відповідає певній частоті в послідовності перескоків (1600 перескоків на секунду). Послідовність частот визначається адресою ведучого системи. Передача даних відбувається пакетами, які можуть займати від одного до п'яти тайм-слотів. Якщо пакет великий, він передається на одній частоті, але облік слотів продовжується, тому після завершення передачі пакета наступна частота буде відповідати наступному номеру слота, що може призвести до пропуску кількох перескоків. Головний і ведені пристрої по черзі здійснюють передачу: в парних слотах передає головний пристрій, а в непарних - відповідний ведений пристрій.

Крім семи активних підлеглих вузлів, один головний вузол може підтримувати до 255 так званих сплячих вузлів. Це пристрої, переведені головним вузлом в режим зниженого енергоспоживання, що допомагає подовжити термін їх служби. У такому режимі вузли можуть відповідати лише на запити активації або на сигнальні команди від головного вузла. Існує також два додаткових режиму енергозбереження: призупинений та аналіз.

Таке проектування головного і підлеглого вузлів є простим і економічним у реалізації, що було метою розробників. В результаті підлеглі вузли працюють в основному мовчазно, виконуючи тільки команди головного вузла. Основою

					ЕЛІТ 8.171.00.05.510 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		13

підмереж є централізована система з тимчасовим ущільненням, де головний вузол контролює часові інтервали і розподіляє черговість передачі даних підлеглими вузлами. Зв'язок існує лише між головним і підлеглими вузлами, без прямого зв'язку між підлеглими.

Основною функцією механізму безпеки Bluetooth є можливість вибору стану системи: «Видимий» або «Невидимий» (включно з режимами "Discoverable" і "non-discoverable"), що ілюструється на прикладі смартфона.



Рисунок 1.3.2 – Режим Bluetooth

Bluetooth-адреса є унікальним 48-бітним ідентифікатором, де перші три байти визначають виробника системи за стандартами IEEE, а останні три байти можуть вільно присвоюватися самим виробником. Наприклад, Bluetooth-адреса телефону Sony Ericsson P900 може мати шістнадцятковий вигляд 00:0A:D9:EB:66:C7, де перші три байти (00:0A:D9) закріплені за компанією Sony Ericsson через IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). Це означає, що всі моделі P900 мають однакові перші три байти адреси Bluetooth. Останні три байти (EB:66:C7) визначаються виробником і мають бути унікальними для кожного системи серії P900, проте це не завжди дотримується.

Якщо виробник відомий, кількість можливих Bluetooth-адрес

					<i>ЕЛІТ 8.171.00.05.510 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		14

обмежується 16 777 216. Дослідження показали, що деякі виробники, зокрема Sony Ericsson, часто присвоюють передбачувані діапазони адрес своїм моделям. Наприклад, більшість моделей P900 мають адреси, що починаються з 00:0A:D9:E, що залишає лише п'ять невідомих знаків, зменшуючи потенційні варіанти з понад 16 мільйонів до 1 048 576. Також четвертий байт для моделей SE P900 зазвичай знаходиться в діапазоні E7-EE, що зменшує загальну кількість можливих адрес до 524 288. Отже, при пошуку однієї адреси протягом 6 секунд, повне сканування займе близько 36 днів, що є значним скороченням часу в порівнянні з 1165 днями, необхідними для повного сканування адрес Sony Ericsson. Проте, 36 днів все ще є занадто довгим терміном для хакерів. Станом на сьогодні, не існує централізованої бази адрес для всіх моделей, деякі з телефонів Nokia, наприклад, мають практично випадкові Bluetooth-адреси, в той час як у деяких моделях P900 виявлено однакові адреси, такі як 11:11:11:50:11:11.

Скоротити час на повне сканування адрес Bluetooth можна не лише за рахунок уточнення діапазону адрес, а й завдяки підвищенню швидкості сканування. Остання версія програми RedFang (v.2.5) дозволяє використовувати кілька USB Bluetooth-адаптерів для пошуку.

Мікроконтролер (МК) – це мікросхема, що виконує функцію керування електронними пристроями. Зазвичай МК об'єднує можливості процесора та периферійних елементів і може містити як оперативну, так і постійну пам'ять. Він представляє собою однокристальний комп'ютер, здатний виконувати прості завдання.

					<i>ЕЛІТ 8.171.00.05.510 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		15



Рисунок 1.3.3 – Bluetooth аунтефікація

1.4 Огляд мікроконтролерних систем

Використання одного чіпа замість багатьох, як у традиційних процесорах для ПК, значно зменшує габарити, споживання енергії та вартість систем, заснованих на МК. Мікроконтролери є важливими компонентами вбудованих систем і використовуються в багатьох сучасних пристроях, таких як мобільні телефони та пральні машини.

Серед різноманіття сучасних мікроконтролерів, які доступні споживачам, можна виділити кілька основних категорій:

- 8-розрядні вбудовані МК;
- 16- та 32-розрядні МК;
- Цифрові сигнальні процесори.

Промисловість пропонує широкий асортимент вбудованих мікроконтролерів, які мають всі необхідні ресурси (пам'ять, елементи введення-виведення тощо) на одному чіпі з процесорним ядром. Після подачі живлення та тактових імпульсів, МК активується, що дозволяє почати з ним працювати. МК оснащені численними допоміжними пристроями, що полегшує їх інтеграцію в системи з мінімальною кількістю додаткових компонентів.

Структура таких МК включає:

					ЕЛІТ 8.171.00.05.510 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- Систему початкового запуску (Reset);
- Генератор тактових сигналів;
- Центральний процесор;
- Пам'ять для зберігання програм (E(E)PROM) та інтерфейси;
- Пристрої введення/виведення;
- Таймери для відстеження циклів виконання команд.

Більш складні вбудовані мікроконтролери можуть мати додаткові функції, такі як:

- Вбудовані засоби моніторингу та налагодження;
- Внутрішнє програмування пам'яті;
- Обробка переривань;
- Аналогові вводи/виводи;
- Синхронний та асинхронний послідовний ввід/вивід;
- Паралельний ввід/вивід, включаючи комп'ютерні інтерфейси;
- Можливість підключення зовнішньої пам'яті.

Ці можливості значно розширюють функціональність МК і спрощують розробку систем на їх основі. Деякі мікроконтролери (зокрема 16- і 32-бітні) використовують зовнішню пам'ять, яка може включати як програмну (ROM), так і дану пам'ять (RAM), що необхідна для конкретних завдань. Вони часто застосовуються в системах з високими вимогами до обсягу пам'яті та невеликою кількістю підключених систем. Типовим прикладом може слугувати контролер жорсткого диска (HDD), що має буферну пам'ять для ефективного зберігання та обробки великих обсягів даних. Завдяки зовнішній пам'яті такі мікроконтролери можуть працювати швидше, ніж їх вбудовані аналоги.

Цифрові сигнальні процесори (DSP) є новою категорією процесорів, призначених для обробки поточних даних від аналогових систем і формування реакцій у реальному часі.

1.5 Постановка завдання

На основі аналізу технічної літератури про світлодіодні матриці та мікроконтролерні системи їх управління необхідно розробити структурну, функціональну та принципову електричну схему.

Розроблена система має мати такі функціональні можливості:

- Універсальність за рахунок впровадження програмно-керованої логіки;

					ЕЛІТ 8.171.00.05.510 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

-Легкість модернізації через оновлення програмного забезпечення основних функцій.

Технічні вимоги повинні відповідати наступним критеріям:

- кількість діодів у матриці ≥ 64 ;
- обсяг оперативної пам'яті ≥ 2 КБ;
- наявність блоку для дистанційного керування;
- обсяг постійної пам'яті даних ≥ 1 КБ;
- цифрове регулювання яскравості.

РОЗДІЛ 2 НАУКОВА ЧАСТИНА.

2.1 Дослідження світлотехнічних параметрів світлодіодів

					ЕЛІТ 8.171.00.05.510 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		18

Важливими виробниками потужних світлодіодних джерел світла вважаються такі компанії, як Cree Lighting, Nichia, Lumileds Lighting, Epistar, Osram (частково використовує кристали, виготовлені компаніями Lumileds і Cree), а також Seoul Semiconductor і Edixeon, які також часто базуються на кристалах Cree. Розуміння виробника кристала кожного окремого світлодіода, крім його базових технічних характеристик, є надзвичайно корисним під час вибору відповідного джерела світла для конкретного проєкту.

Необхідність отримання такої інформації з'являється особливо при розробці нових конструкцій світлодіодних систем. Ці пристрої, як правило, враховують можливість експлуатації кристалів за високих щільностей струму, а також надають прогноз стійкості параметрів світлодіодів при змінній температурі навколишнього середовища.

У межах цього дослідження були оцінені певні параметри світлодіодів різних виробників. Для цього було створено спеціальний пристрій, здатний послідовно активувати світлодіоди та регулювати рівень струму, що подається на кожен світлодіод. Дослідження охоплювало світлодіоди двох виробників — Edixeon та Luxeon. Зокрема, у випадку Edixeon був протестований світлодіод серії K, а для Luxeon було обрано модель серії Rebel. Обидва світлодіоди були вмонтовані на алюмінієвих підкладках, що забезпечує краще тепловідведення під час роботи.

У світлотехнічній лабораторії проводили вимірювання світлової сили цих світлодіодів за різних значень струму (0,35А, 0,7А та 1А) і з різними кутами випромінювання. Важливо зазначити, що результати тестувань порівнювалися без використання вторинної оптики, оскільки оптичні елементи для світлодіодів одного виробника не підходять для світлодіодів іншого. На основі отриманих результатів були побудовані світлові криві для освітлювальних приладів, виготовлених із досліджуваних світлодіодів.

Це дослідження дозволяє краще зрозуміти, як окремі параметри світлодіодів впливають на світлові характеристики систем і як можна оптимізувати їх роботу для специфічних умов.

					<i>ЕЛІТ 8.171.00.05.510 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		19

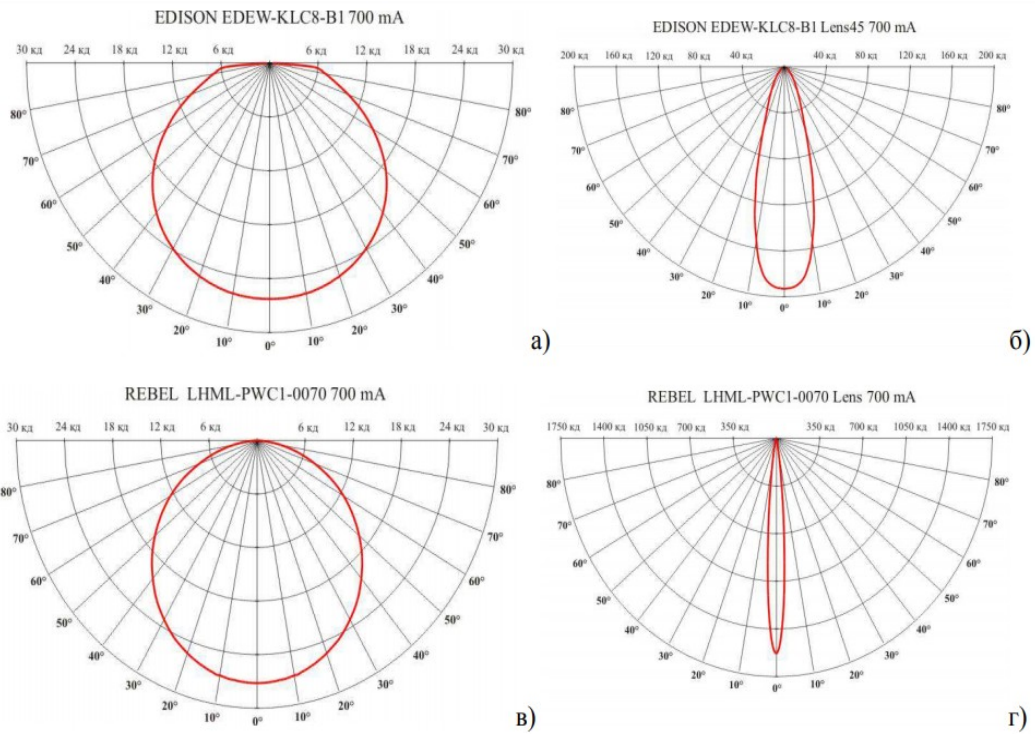


Рисунок 2.2.1 - Дослідження світлодіоду компанії Edixeon який не має вторинної оптики

- (а) Застосування лінзи 45°
- (б) Світлодіод компанії Luxeon без вторинної оптики
- (в) Застосування лінзи
- (г) Підключення на 0,7А.

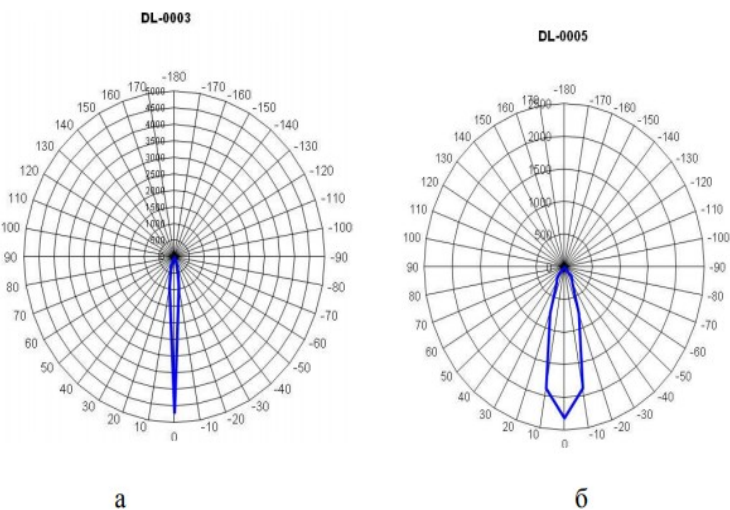


Рисунок 2.2.2 - Крива сили світла DL-0003 і DL-0005 - 12

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

Для кожного значення струму (0,35 А; 0,7 А; 1 А) за допомогою приладу «Люксметр» було проведено вимірювання освітленості площини, що перпендикулярна до осьової лінії випромінювання світлодіода з кутом випромінювання 140°. Відстані від світлодіода до площини були такими: 0,3 м; 0,6 м; 0,9 м; 1,2 м та 1,5 м. Для кожного значення струму отримані результати були перераховані у відсотковому співвідношенні до максимального значення, яке було досягнуто при відстані 0,3 м.

Результати дослідження показали, що для обох світлодіодів при всіх значеннях струму на відстані 0,6 м щільність світлового потоку знизилася до 20-30% від максимального значення. Подальше збільшення відстані продемонструвало поступове зниження щільності світлового потоку з 20-30% на відстані 0,6 м до 6-8% на відстані 1,5 м для світлодіодів серії К компанії Edixeon. Однак у світлодіодів серії Rebel від Luxeon, при збільшенні відстані з 0,6 м до 0,9 м, спостерігався різкий спад щільності світлового потоку з 20-25% до 8-10% від максимального рівня.

Температура підкладки світлодіодів була виміряна за допомогою термопар з підключеним електронним вольтметром UT70A при струмах 0,7 А та 1 А. Виявлено, що стабільна температура підкладки встановлюється за 30-40 хвилин. При струмі 0,7 А температура підкладки світлодіода серії Rebel становила 39°C, тоді як для світлодіодів серії К — 36°C. За струму 1 А температура підкладки світлодіода Rebel зростала до 45°C, а для серії К — до 41°C.

Переваги напівпровідникових джерел світла на системному рівні залежать від сфери застосування. Наприклад, в аварійному освітленні світлодіоди часто порівнюють із компактними люмінесцентними лампами, де світловіддача обох джерел практично однакова. Однак світлодіоди мають значно вищий ККД при живленні від акумуляторної батареї, що подовжує час роботи без підзарядки та зменшує потребу у великих батареях, знижуючи вартість.

При серійному виробництві напівпровідниковий світильник може стати економічно конкурентоспроможним з люмінесцентними лампами, забезпечуючи при цьому ресурс в 2-3 рази більший. Проте для загального освітлення, де потрібен високий світловий потік, світлодіоди поступаються в економічній доцільності лінійним люмінесцентним, енергозберігаючим і металогалогенним лампам

					<i>ЕЛІТ 8.171.00.05.510 ПЗ</i>	Арк.
						21
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		

Світлодіодні технології мають ряд переваг, що роблять їх економічно вигідними та унікальними порівняно з іншими джерелами світла. Деякі ключові аспекти, які підвищують їх ефективність, включають:

Світлодіодні світильники забезпечують вищий корисний світловий потік порівняно з люмінесцентними та енергозберігаючими лампами. Завдяки цьому для досягнення однакової освітленості потрібен менший повний світловий потік, що знижує енергоспоживання LED-світильників. Це не лише економить електроенергію, а й знижує теплові втрати, що може бути важливим для об'єктів з високими вимогами до температурного режиму.

Світлодіоди мають низький рівень ультрафіолетового (УФ) випромінювання, що робить їх оптимальним варіантом для освітлення об'єктів, чутливих до впливу світла, таких як твори мистецтва, фотографії, музейні експонати. Для порівняння, люмінесцентні лампи, навіть із захисними покриттями, мають значно вищий рівень УФ-випромінювання, що може спричинити знебарвлення та інші пошкодження.

Широкий вибір світлодіодів із різною колірною температурою (від 3000 К до 10 000 К) дозволяє гнучко підбирати відтінки білого світла. Це важливо для створення комфортного освітлення в різних приміщеннях – від теплих, м'яких відтінків для житлових кімнат до холодних для офісів і виробничих приміщень.

Компактні розміри світлодіодів та різноманітність вторинної оптики дають можливість створювати світильники з оптимізованими світлотехнічними характеристиками. Це забезпечує високу ефективність освітлення та дозволяє знизити ризик засліплення, що підвищує комфорт для очей і знижує навантаження на зір.

Компактність та довговічність LED-світильників дозволяють використовувати їх у місцях, де монтаж інших типів освітлення є складним або навіть неможливим. Такі світильники відзначаються високою стійкістю до вібрацій, що важливо для створення антивандальних конструкцій, особливо в громадських місцях та місцях з високою прохідністю.

Світлодіоди живляться від низьковольтних джерел постійної напруги через драйвери із вбудованим захистом від короткого замикання, що підвищує їхню електробезпеку. Це робить LED-світильники придатними для використання в умовах підвищеної пожежо- та вибухонебезпеки, а також у приміщеннях із високим ризиком ураження електричним струмом.

Установки для холодильних камер та складів із температурами нижче -

					ЕЛІТ 8.171.00.05.510 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

18°C також можуть використовувати світлодіоди, оскільки вони стійкі до холоду та вологості. Це забезпечує надійне освітлення при низьких температурах, що важливо для збереження товарів та продукції.

Однак важливо враховувати, що ці переваги можливі лише за умов оптимального теплового балансу світлодіодів, оскільки перегрів призводить до швидкої деградації світлового потоку, змін у кольоровій гамі та скорочення терміну служби світлодіодів. Крім того, результати досліджень показують, що різні виробники LED мають різну якість продукції, тому перед вибором світлодіодних джерел світла необхідно провести аналіз технічних характеристик і випробувань, щоб обрати найбільш відповідні для конкретних умов застосування.

2.2 Дослідження і розрахунки динамічного діапазону приймача Bluetooth

Верхню межу динамічного діапазону можна визначити, орієнтуючись на рівень інтермодуляційних спотворень третього порядку. Це можливо за умови, що на вхід подаються два сигнали з частотами, що відповідають двом сусіднім каналам.

Зокрема, два сигнали з частотами $f_0 + f$ і $f_0 + 2f$ створюють продукт інтермодуляційних спотворень третього порядку PIM3 у розглянутому радіоканалі на частоті f_0 . Рівень потужності цього продукту PIM3 залежить як від потужності вхідного інтерферуючого сигналу P_{in} , так і від нелінійного параметра всього приймача – точки перетину третього порядку IP3, і визначається наступним чином:

$$PIM3 = 3P_{in} - 2IP3 \text{ [дБ]} \quad (2.2.1)$$

Динамічний діапазон, вільний від спотворень, визначається на основі того, що лінійні та нелінійні спотворення в однаковій мірі впливають на роботу демодулятора, погіршуючи якість детектування сигналу. Таким чином, щоб забезпечити ймовірність помилки BER не більше 0,1%, як це було встановлено при розрахунку чутливості, рівень потужності прийнятого сигналу повинен перевищувати рівень шумів на 3 дБ (що відповідає граничній чутливості приймача, позначеній як $P_{мін}$). У цьому випадку було визначено, що IP3 складає -16 дБм відповідно до виразу (2), за умови, що інтермодуляційний продукт третього порядку PIM3 дорівнює чутливості приймача, а два інтерферуючих сигнали мають потужність 0 дБм і знаходяться на відстані 1 м

					ЕЛІТ 8.171.00.05.510 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		23

Якщо поєднати значення $IP3 = -16$ дБм із чутливістю приймача $P_{\min} = -70$ дБм і врахувати вирази (1) та (2), отримуємо, що для забезпечення оптимальної роботи приймача Bluetooth його динамічний діапазон, вільний від спотворень (SFDR), повинен мати наступне значення:

$$SFDR = 2/3 (IP3 - (P_{\min} + 3 \text{ дБ})) = 50 \text{ дБ} \quad (2.2.2)$$

Передавальний блок має відносно просту конструкцію. Двійкова модуляція GFSK реалізована методом прямої частотної модуляції на ЧМ-гетеродині, що дозволяє уникнути додаткових фазових перетворень для підвищення частоти. Модулюючий сигнал проходить через гаусовий фільтр, що забезпечує ширину спектра в 1 МГц, як це вимагається для FM-систем, які працюють у частотному діапазоні ISM на 2,45 ГГц. Застосування гаусового обгинача модуляції знижує вимоги до лінійності вихідного каскаду передавача, що дозволяє використовувати економічні підсилювачі класу С.

Типова потужність радіосигналу для Bluetooth становить близько 0 дБм, але можливо застосування потужності до 20 дБм. Для потужностей, що перевищують 0 дБм, використовується система регулювання потужності по замкнутому контуру для стабільного рівня сигналу.

Раніше антени для таких пристроїв мали дві основні конфігурації: зворотну антену F-типу і плоску антену. Перевернута F-антена має одну відкриту і одну заземлену сторону, що дозволяє зменшити розміри антени, проте відкрита сторона чутлива до впливу заземлюючого електрода, що вимагає ретельного проектування розташування компонентів поблизу антени.

Плоска антена, у свою чергу, демонструє високу чутливість і спрямованість, що не є оптимальним для Bluetooth, де бажана всеспрямованість сигналу. Нова конструкція антени, розроблена компанією Hitachi Metals, об'єднує переваги зворотної F-антени, зокрема має заземлюючі електроди з обох сторін та центральний конусоподібний електрод. Нова конфігурація E-Type Electrode дозволяє подальше зменшення розмірів антени, при цьому мінімально впливаючи на прилеглі заземлені компоненти. Завдяки мініатюризації антени зменшується її залежність від параметрів корпусу.

Аналіз різних конструкцій антен для Bluetooth дозволяє виділити основні параметри, необхідні для антенної специфікації, на основі яких можна ефективно проектувати стільникові телефони та інші пристрої з подібними антенами.

Технічна задача для антени Bluetooth:

					ЕЛІТ 8.171.00.05.510 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- робоча смуга частот: 2400–2500 МГц;
- середнє посилення: -3 dBi;
- вхідний опір: 50 Ом;
- VSWR: 3 або менше.

Для проектування антенної системи необхідно:

виконати розрахунок узгоджувальної структури між входом фільтра та точкою живлення мікросмужкової антени;

оптимізувати конструкцію заземлення (яку інколи називають противагою), тобто розробити найефективніше заповнення внутрішньої поверхні корпусу телефону провідними матеріалами. Наразі це часто досягається шляхом нанесення на певні ділянки корпусу спеціальної електропровідної фарби.

Основною метою проектування антени є досягнення потрібної діаграми спрямованості (ДС) та забезпечення оптимального узгодження в заданому робочому діапазоні частот.

Анени є ключовими елементами всіх радіозв'язкових систем, де вільний простір використовується як середовище для передачі сигналів. Вони необхідні для підключення передавача або приймача до навколишнього середовища через інтерфейс, і мають низку важливих характеристик, серед яких найбільш значущі – коефіцієнт підсилення, діаграма спрямованості випромінювання, ширина робочого діапазону та поляризація.

Сучасне проектування антен для мобільних телефонів ґрунтується на комп'ютерному моделюванні електромагнітних процесів. Для моделювання використовуються початкові дані, отримані завдяки попереднім розрахункам та евристичним оцінкам.

					<i>ЕЛІТ 8.171.00.05.510 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		25

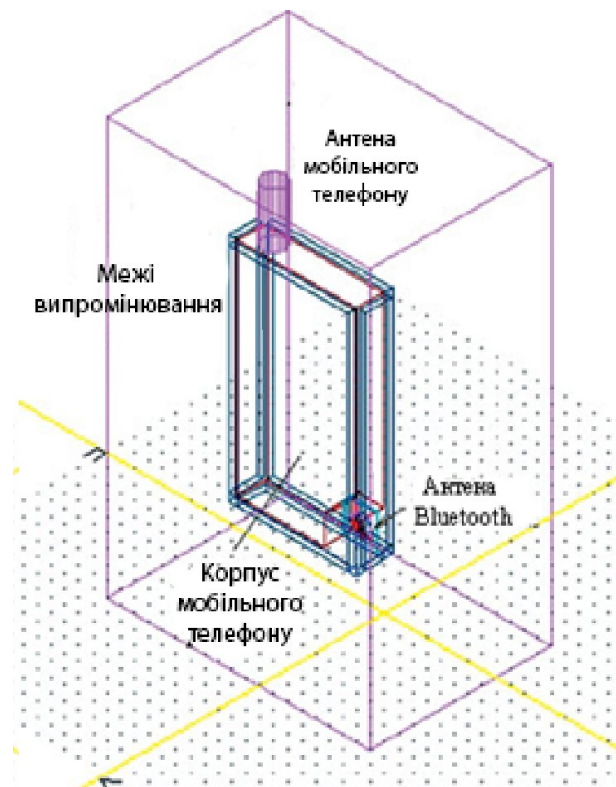


Рисунок 2.2.3 – Антенa Bluetooth на схемі смартфона

2.3 Огляд та розрахунок характеристик випромінювання антени Bluetooth

У таблиці 2.3.1 представлені результати моделювання антени в корпусі з використанням точних геометричних розмірів конкретної конструкції. Потужність номінальна генератора на вході (порту) дорівнює 1 Вт. З таблиці видно, що параметри розрахованої конструкції значно відрізняються від параметрів узгодження. Тому проведемо аналіз причин цих відмінностей.

Таблиця 2.3.1 Потужність антени, її спрямованість, посилення та магнітуда

(F) Частот а	(P _{випр}) Випромінювана потужність	(D) Спрямованість	(G) Підсиленн я	(S11) Розрахунок на NFSS	20 logS ₁₁
2	0,07	3,47	-7,8	0,96	-0,5
2,2	0,15	2,87	-5,4	0,92	-1
2,4	0,3	2,5	-2,7	0,83	-2
2,6	0,47	2,6	-0,6	0,73	-3
2,8	0,08	2,8	-8,3	0,96	-0,4
3	0,02	3,8	-12,3	0,99	-0,2

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ЕЛІТ 8.171.00.05.510 ПЗ

Арк.

26

Основна відмінність між розрахунковою і реальною конструкцією полягає у характеристиках підкладки. У розрахунках, наведені в таблиці дані відповідають ідеалізованим умовам, за яких передбачається відсутність втрат у керамічній підкладці. У таких умовах можна встановити взаємозв'язок між параметрами, зазначеними у таблиці.

Потужність випромінювання визначається за допомогою програмного забезпечення HFSS, яке аналізує параметри вздовж усього контуру випромінювання. Загальна потужність, що проходить через стінки, які визначають межі далекого поля, підсумовується для отримання підсумкового значення $P_{\text{випр}}$.

За умови, що підкладка та провідники не мають втрат, уся потужність, яка надходить до антени, буде випромінена. Іншими словами, випромінювана потужність $P_{\text{випр}}$ дорівнює потужності антени $P_{\text{ант}}$. Ця випромінювана потужність залежить, у свою чергу, від рівня узгодженості в системі, оскільки неузгодженість між антеною та джерелом живлення може призвести до відбиття частини енергії, що вплине на ефективність випромінювання."

Такий підхід дозволяє більш повно охарактеризувати вплив узгодження на випромінювання антени, забезпечуючи максимальну передачу енергії при належному узгодженні.

$$P_{\text{випр}} = P_{\text{ант}} = P_{\text{ном}} (1 \sqrt{\sqrt{S_{11}}} \sqrt{V^2}) \quad (2.1)$$

Де $P_{\text{ном}}$ – номінальна потужність генератора. В розрахунку на NFSS вона дорівнює 1Вт. На частоті 2ГГц маємо

$$P_{\text{ант}} = 1 (1 \sqrt{\sqrt{0,96}} \sqrt{V^2}) = 0,07 \text{ W} \quad (2.2)$$

Що відповідає отриманим розрахунковим шляхом значенням $P_{\text{випр}}$ в таблиці.

Експериментальні дані свідчать про те, що посилення антени є значно вищим, навіть коли узгоджувальні ланцюги не підключені. Цікаво, що наявність втрат у керамічній підкладці може поліпшувати узгодження антени та покращувати характеристики компактних антенно-обладнань. Це особливо помітно в порівнянні зі звичайними антенами, розміри яких близькі до довжини хвилі. Дослідження вказують на те, що оптимізація матеріалів та конструкції антени може суттєво впливати на її ефективність. Збільшивши втрати до $\text{tg} = 0,1$, одержуємо залежність узгодження, що на рис. 2.3.2.

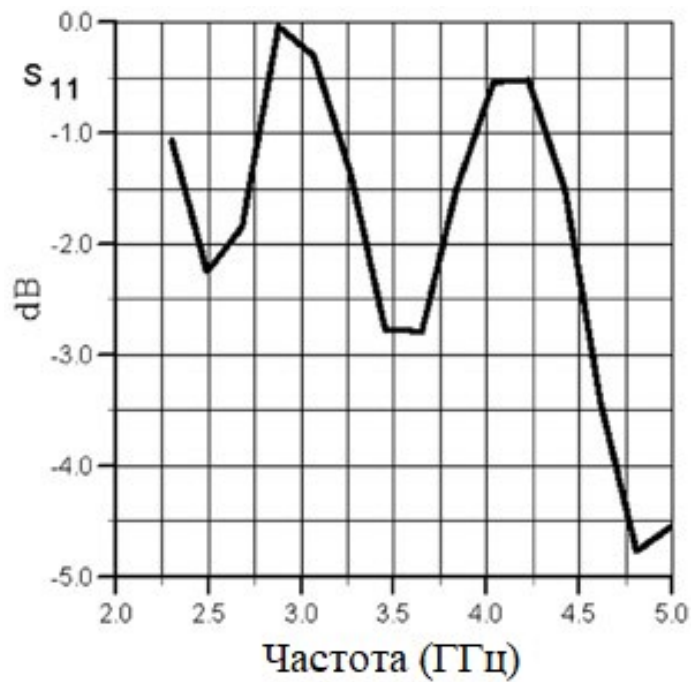


Рисунок 2.3.1 - Частотна діаграма антени Bluetooth з керамічними характеристиками без втрат

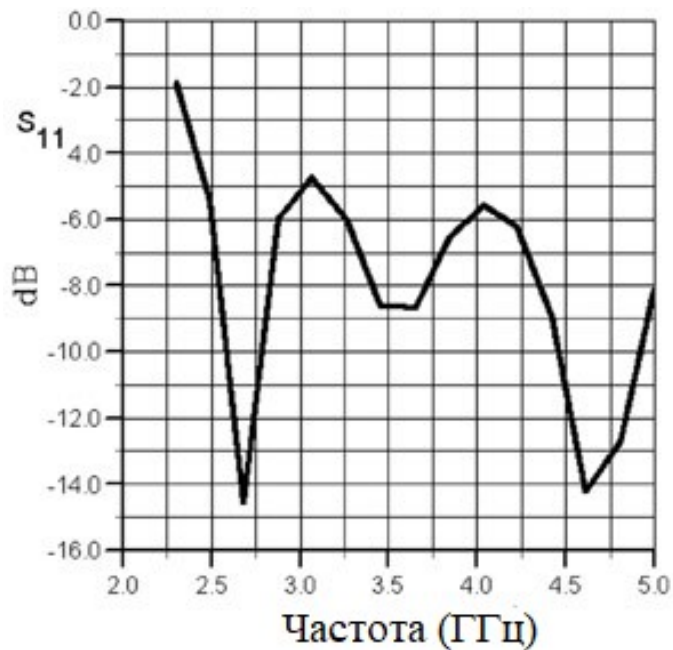


Рисунок 2.3.2 - Параметри антени Bluetooth при керамічних параметрах з частотою 2ГГц

Один із ключових викликів, з якими стикаються розробники Bluetooth-антен, полягає в забезпеченні всеспрямованого випромінювання. Це необхідно для уникнення спотворень сигналів під час випадкових поворотів антен, що може вплинути на передачу даних між пристроями.

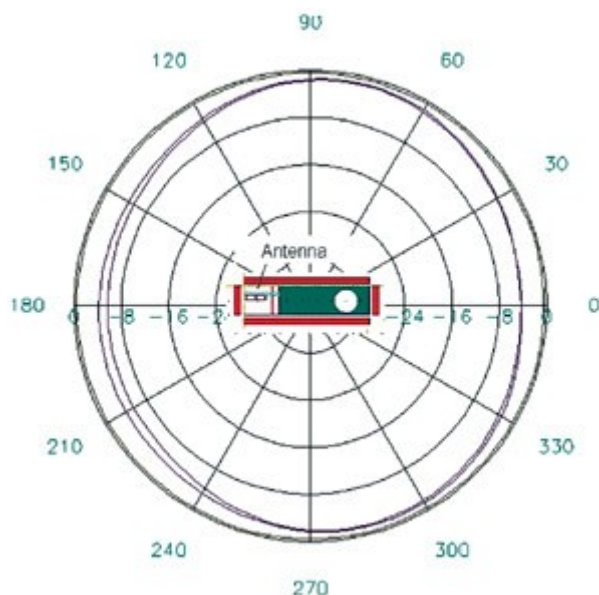


Рисунок 2.3.3 - Азимутна діаграма спрямованості стільникового телефону з антеною системи Bluetooth

Розрахунки свідчать, що вплив тіла користувача на діаграму спрямованості невеликої антени є значно меншим, ніж на спрямованість основної антени мобільного телефону. Антену можна налаштовувати експериментально за критеріями узгодження та діаграми спрямованості. На рисунку 2.3.4 представлена виміряна частотна характеристика параметра S_{11} , нанесена на діаграму Сміта.

Описується система Bluetooth у мобільному телефоні, де особливість роботи антени полягає в її розміщенні у металізованому корпусі з великою противагою. Для розрахунку струмів, що індуються антеною на поверхні корпусу, потрібне застосування 3D-програми аналізу, наприклад HFSS. Моделювання антени разом з іншими елементами корпусу є важливою частиною процесу проєктування антени та корпусу телефону.

Особливості процесу моделювання продемонстровано на прикладі patch-антени YSE-5207 від компанії Yosowo, яка поєднує прямокутну металеву пластину та мікрополоскову лінію на керамічній підкладці зі складною діелектричною структурою. Результати аналізу представлені у вигляді частотних характеристик коефіцієнта відбиття, струмів на корпусі, ближнього поля та діаграми спрямованості.

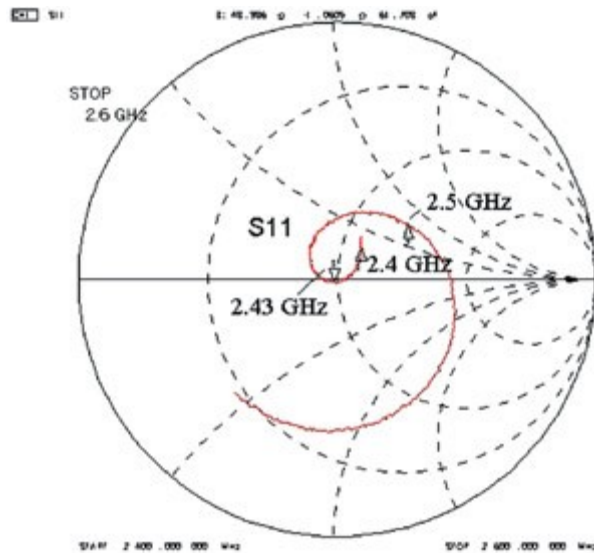


Рисунок 2.3.4 – Вхідний опір антени, що виміряли за допомогою аналізатора ланцюгів

Ці експериментальні виміри виконані на вимірнику ланцюгів HP8632.

Експериментальне вимір зсуву резонансної частоти антеною системи при екранування антени екраном показало, що догляд резонансної частоти при внесенні антени в корпус склав 50 МГц.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ДИСТАНЦІЙНОГО УПРАВЛІННЯ СВІТЛОДІОДНОЮ МАТРИЦЕЮ

3.1 Розробка алгоритму проектованої системи

Робота системи ґрунтується на визначеному наборі правил, які створюють необхідні умови для виконання технічного процесу. Після активації системи користувачем автоматично завантажуються та відображаються останні збережені дані. У цей час відбувається ініціалізація Bluetooth-модуля, що дає змогу підключати дистанційні пристрої керування до системи.

Користувач може змінювати інформацію на дисплеї та працювати з функціоналом Android-додатку. У разі втрати з'єднання або вимкнення керуючої системи, вона автоматично показує останні збережені дані та налаштування.

Такий алгоритм забезпечує зручність та надійність роботи з системою, дозволяючи користувачам продовжувати роботу навіть за відсутності зв'язку з головним керуючим пристроєм.

					ЕЛІТ 8.171.00.05.510 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		31

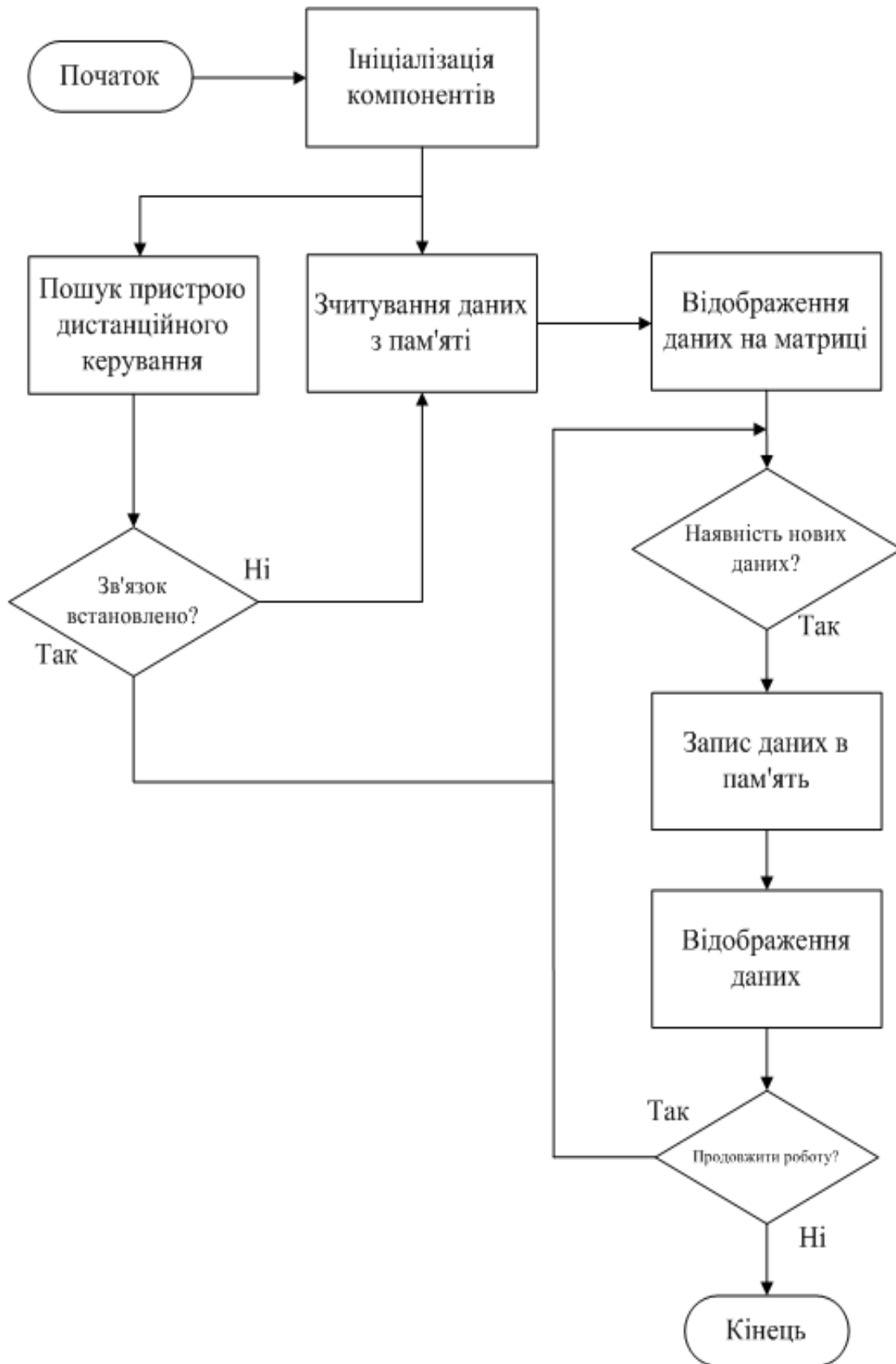


Рисунок 3.1.1 – Схема алгоритму роботи проектованої системи

3.2 Розробка структурної схеми проектованої системи

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

Для створення керуючої частини системи використовується мікроконтролер, який виконує роль перетворювача вхідних сигналів і обчислювального модуля. Залежно від отриманих по Bluetooth сигналів, мікроконтролер надсилає команди на блоки світлодіодної матриці для відображення потрібної інформації.

Після підключення блоку дистанційного керування він проходить етап ініціалізації, під час якого відбувається підключення пристроїв введення (наприклад, смартфона). Мікроконтролер обробляє отриману інформацію і передає її на світлодіодні панелі. Залежно від налаштувань програмного забезпечення користувач може регулювати швидкість зміни інформації, яскравість світлодіодів та вибирати різні режими роботи.

При передачі даних між мікроконтролером і контролером матриці, старі дані з внутрішнього зсувного регістра виводяться через вихід MISO. Вихід MISO одного дисплея підключений до входу MOSI наступного, тоді як лінії SCK всіх дисплеїв об'єднані з виходом SCK мікроконтролера.

Щоб вивести зображення на дисплей необхідно застосувати контролер матриці $N = 64 \times Nm$ байтів, де Nm кількість матриць що має дисплей. Ми використовуватимо 4 матриці.

Система матиме такі блоки:

- АЛП – Арифметико-логічний пристрій
- ПЗП – Постійний запам'ятовуючий пристрій
- ОЗП – Оперативний запам'ятовуючий пристрій
- Блок дистанційного керування(Bluetooth)
- Блоки світлодіодної матриці (1.1- 1.4)
- USB Інтерфейс
- Блок індикації

Структурна схема системи зображена на рисунку 3.2.1

					<i>ЕЛІТ 8.171.00.05.510 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		33

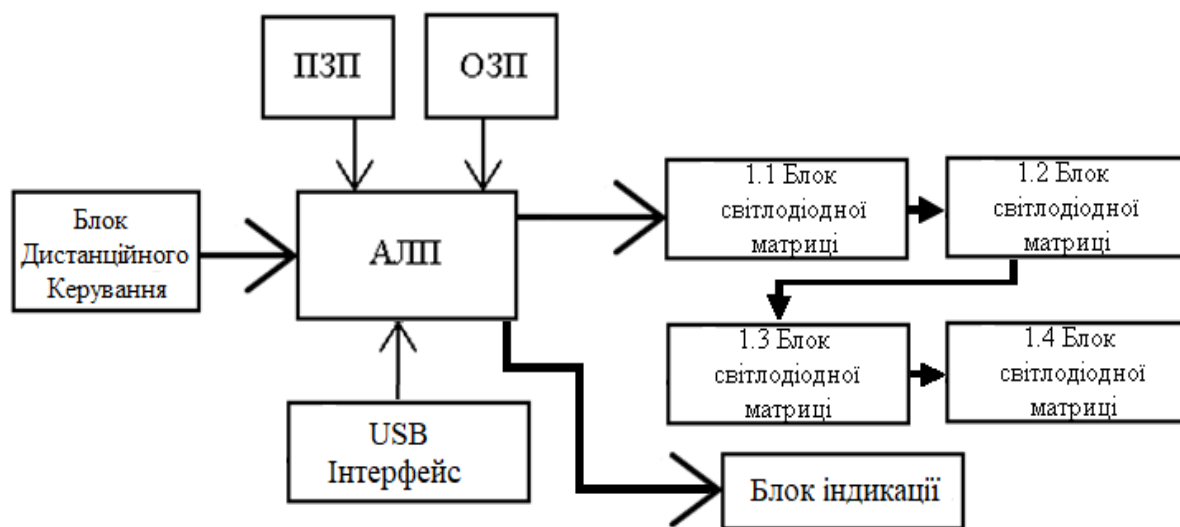


Рисунок 3.2.1 – Структурна схема проектованої сиситеми

ПЗП використовується для зберігання програм та постійних команд, таких як константи. Для довготривалого збереження інформації застосовується енергонезалежна пам'ять EEPROM, обсяг якої варіюється від 64 байт до 4 КБ. Вона підтримує до 100 тисяч циклів запису, що робить її ідеальною для зберігання констант, ключів, проміжних даних та іншої інформації, яка не змінюється часто. Завантаження даних у EEPROM здійснюється через інтерфейс SPI та за допомогою програматора. Такий підхід забезпечує високу надійність при довготривалому зберіганні інформації, особливо для критично важливих даних.

АЛП, або арифметико-логічний пристрій, виконує обчислення і логічні операції над даними. Він оперує в основному над регістрами загального призначення, які також слугують для тимчасового зберігання проміжних результатів обчислень. Завдяки цьому, АЛП дозволяє швидко обробляти числа та операції, що робить його важливим компонентом у виконанні завдань на рівні апаратного забезпечення. Розширення його можливостей може включати додаткові функції, такі як операції з плаваючою комою.

ОЗП (оперативна пам'ять) призначена для зберігання даних масивів та стеку. Внутрішня статична оперативна пам'ять (SRAM) забезпечує тимчасове зберігання даних, потрібних для виконання поточних операцій. Обсяг такої пам'яті може становити від 64 байт до 4 КБ, в залежності від конкретного мікроконтролера. Запис даних у ОЗП можливий необмежену кількість разів, однак при відсутності живлення дані втрачаються. Існують моделі

мікроконтролерів, які підтримують підключення зовнішньої оперативної пам'яті, що значно розширює обсяг доступної пам'яті для програмування складніших задач.

Блок дистанційного керування (Bluetooth) забезпечує передачу інформації від системи управління до мікроконтролера. Цей модуль має вбудовану антену, яка підтримує надійний зв'язок, а спеціальні налаштування каналу забезпечують стабільність в роботі систем. Таке рішення є зручним для реалізації бездротового управління, особливо у випадках, коли потрібен швидкий та стабільний обмін даними поміж різних компонентів системи.

Блоки світлодіодної матриці(1.1-1.4) – набір світлодіодних матриць, які об'єднані в табло послідовним зв'язком.

Блок індикації – набір світлодіодів, що виконують роль індикації роботи інших блоків.

3.3 Розробка електричної функціональної схеми проектованої системи

Функціональна схема являє собою графічне представлення, що ілюструє та пояснює процеси, які відбуваються у певних компонентах системи. Приділимо увагу драйверу світлодіодної матриці. Цей драйвер спеціально розроблений для керування семисегментними світлодіодними індикаторами, забезпечуючи зручне і ефективне відображення інформації. Використання такого драйвера в електронних системах на основі мікроконтролера суттєво спрощує процес виведення даних на індикатори, що робить його особливо корисним у побутових електронних системах. В результаті відпадає потреба в реалізації динамічної індикації, що знижує навантаження на процесор і спрощує код програми, оптимізуючи роботу системи.

Керування драйвером відбувається через інтерфейс SPI, для роботи якого необхідно виділити всього три лінії введення/виведення на мікроконтролері, з максимальною частотою тактування до 10 МГц. Такий підхід забезпечує стабільність передачі даних і зменшує складність апаратного забезпечення. Драйвер підтримує не лише керування семисегментними індикаторами, але також може застосовуватися для керування світлодіодною матрицею, що дозволяє реалізовувати різноманітні варіанти відображення інформації залежно від потреб конкретної системи.

До драйвера можна підключити до восьми індикаторів із загальним

					ЕЛІТ 8.171.00.05.510 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

катодом. Контакти DIN, CLK та CS забезпечують передачу даних через інтерфейс SPI, а контакт ISET, до якого під'єднується резистор, регулює максимальний струм через сегменти індикатора, що покращує стійкість та довговічність системи. Також, контакт DOUT дозволяє здійснювати каскадне підключення кількох драйверів, під'єднуючи його до входу DIN наступного драйвера. Це забезпечує можливість розширення системи, дозволяючи виводити інформацію на декілька індикаторів одночасно та забезпечувати багатofункціональність системи.

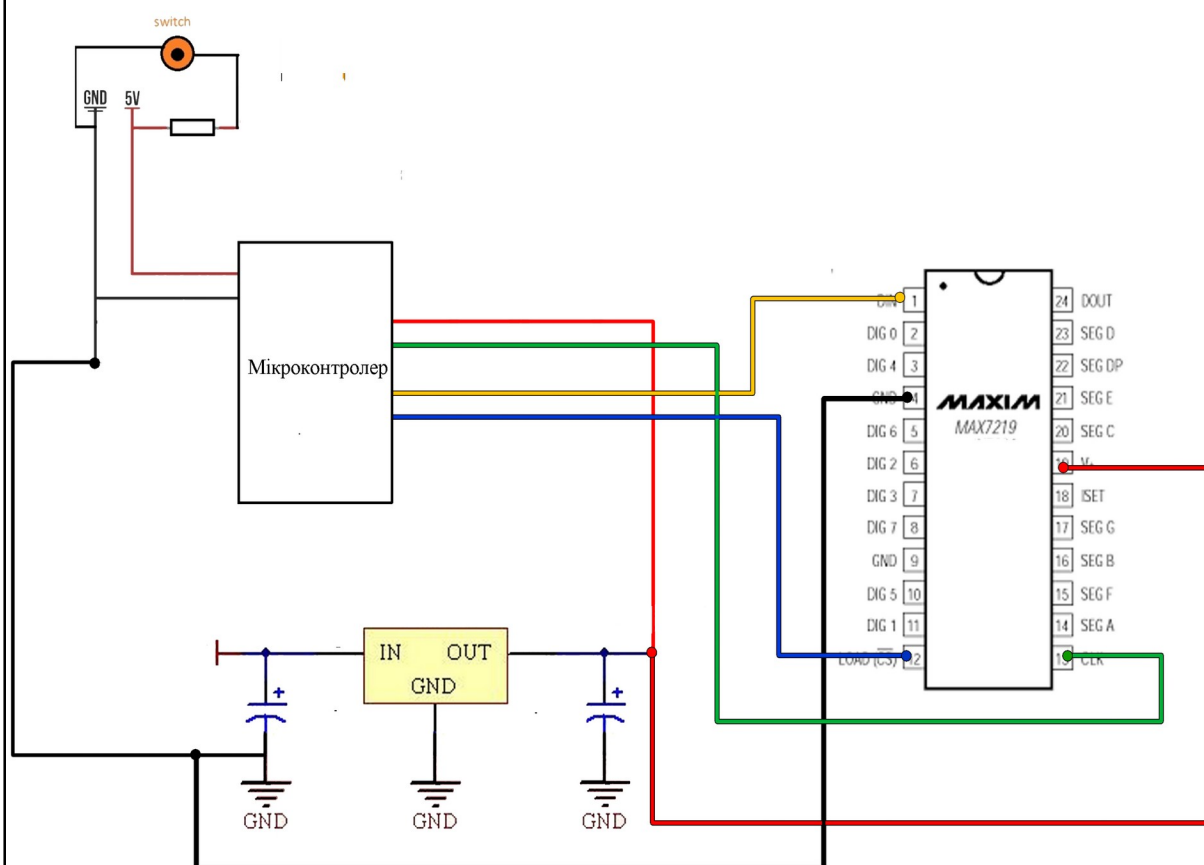


Рисунок 3.3.1 - Функціональна схема підключення MAX7219

Bluetooth є одним із найбільш використовуваних протоколів для бездротового зв'язку на коротких відстанях, що призначений для персональних електронних систем. За допомогою цього протоколу працюють різноманітні засоби введення та управління, а також аудіопристрої, забезпечуючи надійне з'єднання між гаджетами. Bluetooth застосовується у широкому спектрі девайсів, від навушників до контролерів розумного дому, полегшуючи передачу даних і забезпечуючи зручний обмін інформацією між пристроями.

Bluetooth відзначається стійкістю до завад і простотою використання, що

вигідно відрізняє його від інших бездротових протоколів. У порівнянні з Wi-Fi, Bluetooth має значно нижче енергоспоживання, що робить його ідеальним для девайсів, які працюють від автономних джерел живлення, як-от фітнес-браслети та інші компактні гаджети. Завдяки цьому Bluetooth залишається ефективним варіантом для систем, де важливо мінімізувати енерговитрати, забезпечуючи тривалу роботу.

Модуль HC-06 призначений для роботи лише в режимі slave, що означає його здатність приймати з'єднання, але не ініціювати його. Цей модуль має налаштування, які можна змінювати за допомогою AT-команд, включно з паролем та швидкістю передачі даних. Використовуючи HC-06, користувачі можуть дистанційно моніторити стан датчиків і змінювати параметри, що є зручним для безперервного управління системами.

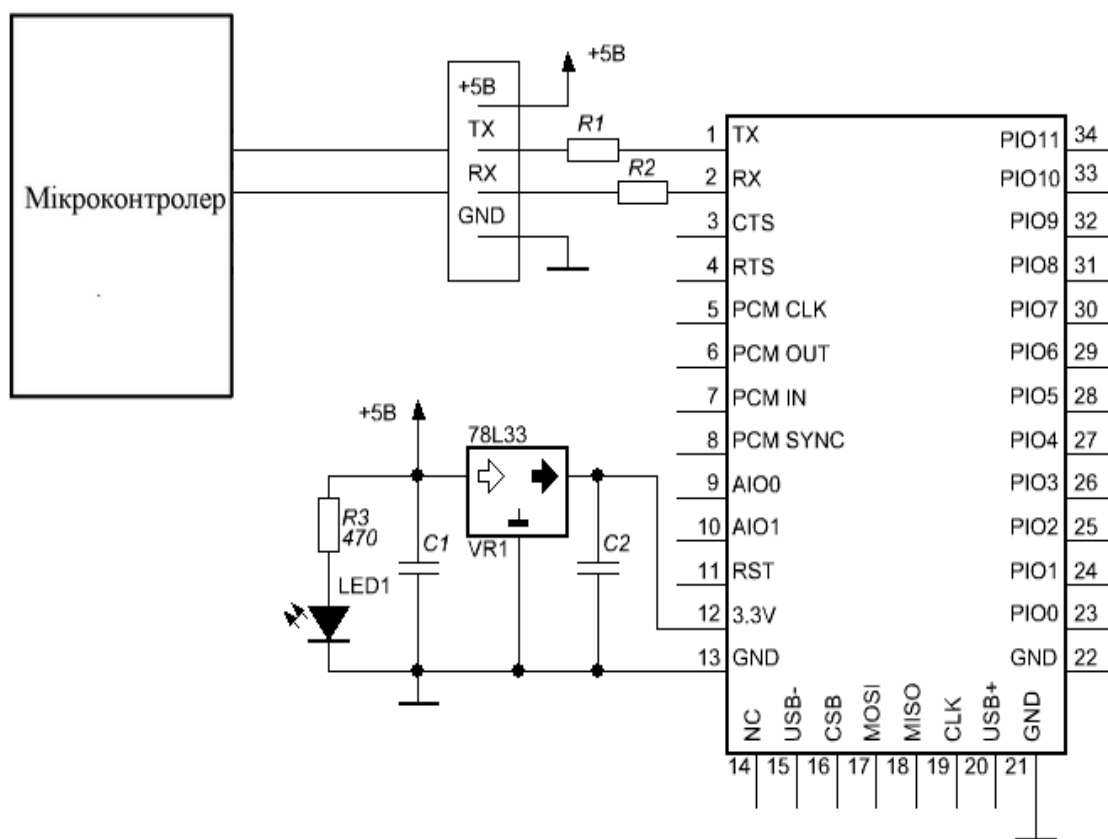


Рисунок 3.3.2 - Огляд функціональної схеми для підключення модулю HC-06

3.4 Огляд обраних компонентів для проектованої системи

Для керування світлодіодною матрицею були використані популярні мікросхеми драйверів MAX7219. MAX7219 – це компактні драйвери для світлодіодних індикаторів із загальним катодом і послідовним інтерфейсом вводу/виводу, які забезпечують зручне з'єднання з мікропроцесором для керування 7-сегментними цифровими LED індикаторами до 8 розрядів, графічними дисплеями або 64 окремими світлодіодами. Вбудований у мікросхему BCD-декодер коду В, ланцюги скануючого мультиплексування, драйвери сегментів і розрядів, а також статична RAM (8x8) дозволяють зберігати дані для кожного розряду.

Для живлення сегментів світлодіодів необхідно підключити один зовнішній резистор. Простий трипровідний послідовний інтерфейс сумісний із більшістю популярних мікропроцесорів. Кожен розряд індикатора має окрему адресу, що дозволяє оновлювати вміст окремо, без потреби переписування всього індикатора. MAX7219 також дозволяє користувачеві обирати режим декодування для кожного розряду (декодування коду В або без декодування).

Система має режим відключення (споживання струму – 150 мкА), функції аналогового і цифрового регулювання яскравості, можливість обмеження сканування від 1 до 8 сегментів, а також тестовий режим, який примусово вмикає всі світлодіодні сегменти.



Рисунок 3.4.1- Зображення драйвера MAX 7219

Таблиця 3.4.1 – Огляд технічних характеристик MAX 7219

Параметри					Значення	
					ЕЛІТ 8.171.00.05.510 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		Арк. 38

Напруга живлення	4.0 – 5.5В
Мінімальний струм без індикації	150мкА
Частота оновлення зображення на дисплеї	500-1300Гц
Струм одного сегмента індикатора	30-45мА
Тип корпусу	DIP24
Швидкість наростання струму в сегменті	10 – 50 мА/мкс

Для зменшення завад від блоку живлення було встановлено керамічний конденсатор. Використано керамічний дисковий конденсатор з ємністю 0,1 мкФ і номінальною напругою 35 В. Зовнішній вигляд конденсатора надано на рисунку 3.4.2, а технічні характеристики в таблиці 3.4.2.

Таблиця 3.4.2 – Огляд технічних характеристик керамічного конденсатора

Параметри	Значення
Номінальна напруга роботи	35В
Номінальна ємність	0.1мкФ
Допустимі відхилення від ємності	5%
Максимальна робоча температура	85°C
Максимально допустимий опір	0.3 Ом
Маса	0.19г



Рисунок 3.4.2 - Зовнішній вигляд конденсатора 0.1мкФ

Технічні характеристики резистора представлені в таблиці 3.4.3. Зображення діода МЛТ-0,25 наведено на рисунку 3.4.3

Таблиця 3.4.3 – Огляд технічних характеристик резистора МЛТ-0,25

					ЕЛІТ 8.171.00.05.510 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		39

Параметр	Значення
Номінальна потужність	0,25Вт
Допустимі відхилення	±5
Діапазон температур	-60... +70 °С
Мінімальна експлуатація	30000 годин



Рисунок 3.4.3– Зовнішній вигляд резистора МЛТ-0,25

Основним компонентом моєї роботи є мікроконтролер. Для реалізації проекту було обрано мікроконтролер Atmega 328P від компанії Atmel. Його зовнішній вигляд представлено на рисунку 3.4.4, а технічні характеристики наведено в таблиці 3.4.4. Ця модель належить до популярної серії AVR, яка добре зарекомендувала себе в різних сферах застосування.



Рисунок 3.4.4 – Зображення мікроконтролера Atmega 328P

Таблиця 3.4.4 – Огляд параметрів Atmega 328P

Параметр	Значення
ОЗП	2 КБ
Постійна пам'ять даних	1 КБ

					ЕЛІТ 8.171.00.05.510 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		40

Напруга живлення	1.8 – 5.5В
Флеш пам'ять	32 Кб
Тактова частота роботи	16МГц
Аналогові входи	6
Цифрові входи/виходи	14 (6 ШИМ)

Bluetooth HC-06 виконує роль дистанційного керування. Це приймач-передавач з антеною, на підкладці, інтерфейс RS232, побудований на чіпі BC417 компанії Cambridge Silicon Radio.

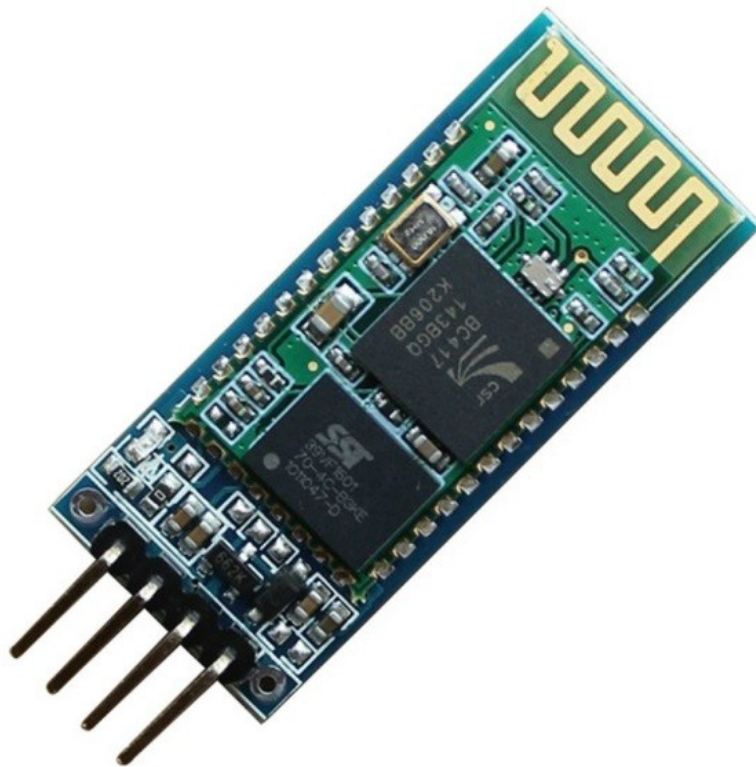
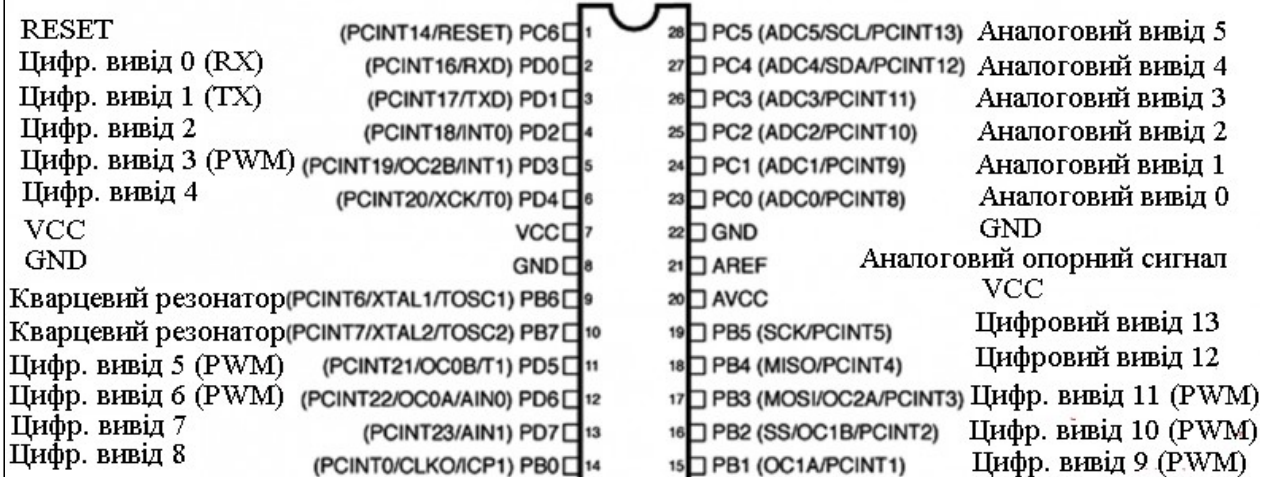


Рисунок 3.4.5 - Зображення модулю HC-06

Таблиця 3.4.5 – Огляд параметрів Atmega 328P

Параметр	Значення
Частота:	2.4ГГц
Чутливість приймача	-80дБ



Напруга живлення	3,6 – 6 В;
Флеш пам'ять	1 МБ
Робочий температурний діапазон	-25 – +75°C
Розміри	27 × 13 × 2 мм
Можливі швидкості передачі даних:	1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200, 230400 бод

3.5 Розробка принципової електричної схеми керованої системи

Принципова електрична схема є графічним конструкторським документом, що детально описує функціонування системи та відображає електричні зв'язки між компонентами. У додатках подано принципову схему підключення всіх елементів.

Для виконання поставленого завдання та демонстрації функціональних можливостей світлодіодної матриці й Bluetooth було обрано мікроконтролер Atmega328P. Цей мікроконтролер має достатню кількість виводів для підключення всього необхідного обладнання. Його випускає відома компанія Atmel. На рисунку 3.5.1 представлено даташит даного пристрою. Даташит є офіційним документом виробника електронних компонентів, що містить детальну технічну інформацію про пристрій.

Рисунок 3.5.1 – Призначення виводів Atmega328P

Електроживлення забезпечується через 7 і 8 порти. Робоча напруга

					ЕЛІТ 8.171.00.05.510 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		42

варіюється від 1,8 до 5,5 В. У пристрої інтегрований аналого-цифровий перетворювач (АЦП), який функціонує через порти 20 і 22 (живлення), а також 23-28 (підключення). Розрядність АЦП становить 10 біт, що дозволяє отримувати значення в діапазоні від 0 до 1023. Додатковою перевагою мікроконтролера є можливість портів 23-28 працювати як у цифровому, так і в аналоговому режимі.

Згідно з класифікацією виробника, такі моделі належать до серії PicoPower, що робить вибір моделі з маркуванням "P" більш доцільним.

Ця модель мікроконтролера стала популярною завдяки широкому використанню на платформі Arduino. Завдяки популярності Arduino з'являються нові моделі, такі як UNO, NANO та інші.

На рисунку 3.5.2 подано принципову схему підключення мікроконтролера Atmega328P.

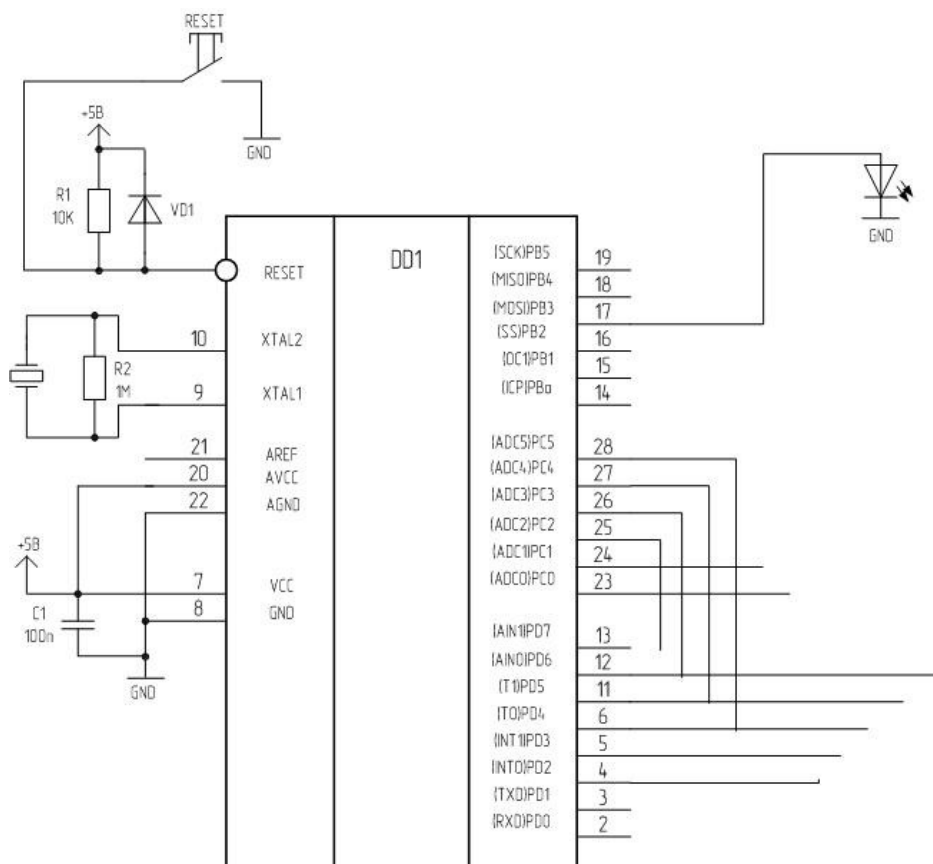


Рисунок 3.5.2 – Принципова схема підключення Atmega328P

Розглянемо схему підключення драйвера для світлодіодної матриці MAX7219. Дані передаються до драйвера у вигляді пакетів, які складаються з двох байтів: перший байт вказує адресу регістра для звернення, а другий

містить дані, які необхідно записати в цей регістр.

Загалом драйвер має 14 регістрів, через які виконується його управління. При зазначенні адреси старші біти напівбайта не враховуються.

Регістр Decode Mode дозволяє налаштувати режим декодування даних для кожного індикатора. Наприклад, 0-й біт регістра відповідає 0-му індикатору, 1-й біт – 1-му індикатору тощо. Якщо значення біта дорівнює 0, режим декодування вимкнений, а якщо 1 – увімкнений.

Коли режим декодування вимкнений, стан сегментів індикатора визначається значеннями бітів у регістрах Digit X (де X – номер індикатора). Якщо біт дорівнює 0, сегмент вимкнений, а якщо 1 – увімкнений. Для відображення певного символу на індикаторі необхідно правильно налаштувати біти в регістрі Digit X.

Режим декодування спрощує процес виведення символів на індикатори, наприклад, для відображення цифри 1, треба просто записати в регістр Digit X число 1. Нижче в таблиці наведено відповідність відображуваних символів від значення регістра Digit X, для режиму з декодуванням даних і без нього.

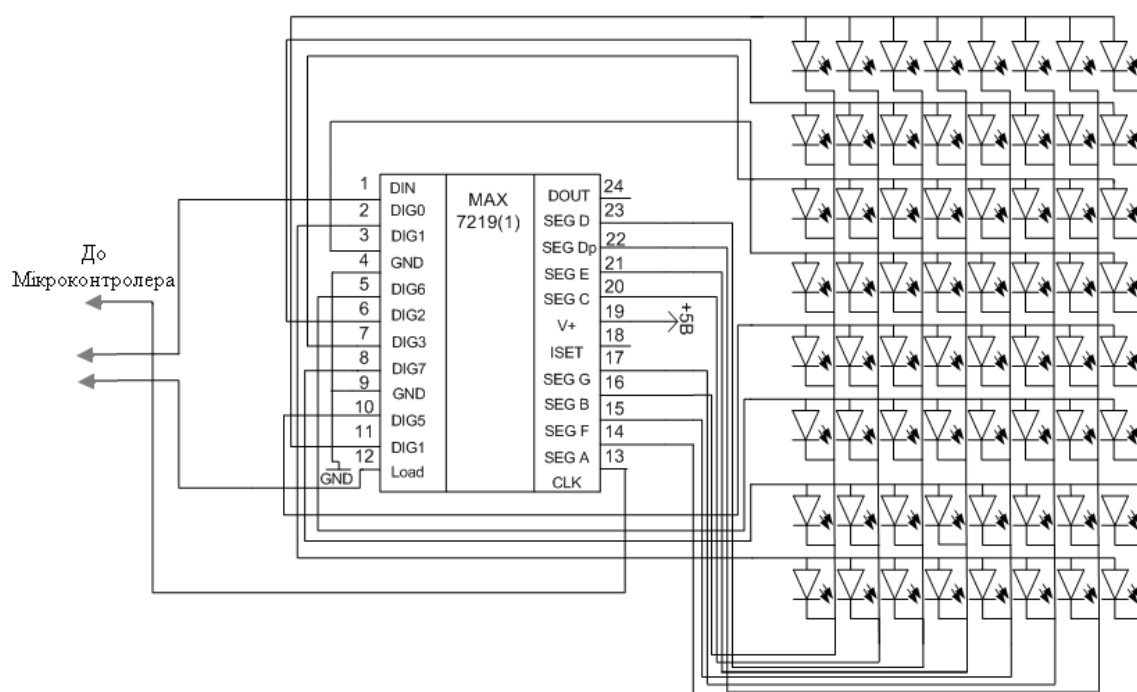


Рисунок 3.5.3 – Принципова схема підключення MAX7219 до світлодіодної матриці

Розглянемо принципову схему підключення модулю дистанційного керування Bluetooth. Даний модуль працює на частоті від 2,40 ГГц до 2,48 ГГц і підтримує специфікацію bluetooth версії 2.1 + EDR: знижене споживання енергії, підвищений рівень захисту даних і легке з'єднання Bluetooth-пристроїв. Стійкий прийом з модулем гарантований в межах 10 метрів.

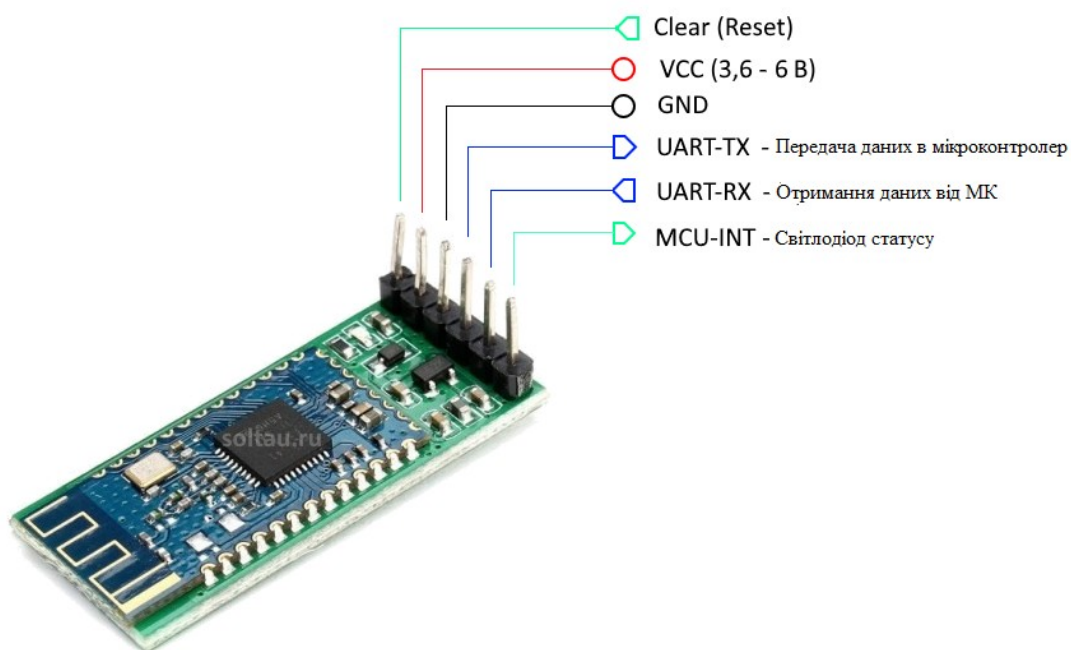


Рисунок 3.5.4 – Призначення виводів HC-06

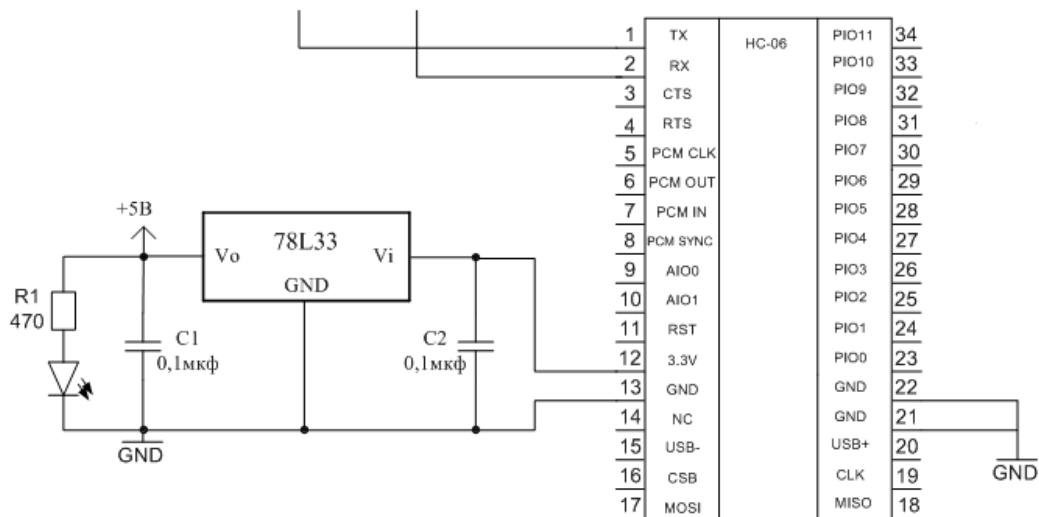


Рисунок 3.5.5 – Зображення принципової схеми підключення HC-06

РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Розрахунок повної собівартості проектованої системи

Собівартість продукції представляє собою грошову оцінку поточних витрат підприємства, пов'язаних із її виготовленням та реалізацією. Витрати, що стосуються лише виробництва, формують виробничу (заводську) собівартість, тоді як витрати на виробництво та збут утворюють повну собівартість. Процес визначення собівартості продукції за статтями витрат називається калькуляцією.

Витрати, пов'язані з виготовленням і реалізацією продукту «Система дистанційного управління рекламно-інформаційним табло», класифікуються за такими статтями:

- матеріали та комплектуючі;
- основна заробітна плата;
- додаткова заробітна плата;
- соціальні відрахування із заробітної плати;

оренда машинного часу або витрати на утримання та експлуатацію обладнання;

загальновиробничі витрати;

адміністративні витрати;

витрати на збут продукції.

Витрати на матеріали та комплектуючі визначаються на основі даних про необхідні матеріали, сировину, комплектуючі вироби та кооперацію на одиницю продукції (див. таблицю 4.1).

Основна заробітна плата (Z_o) обчислюється за такою формулою:

$$Z_o = \sum_{i=1}^1 TC \cdot Ч, \quad (4.1)$$

$TC = 50$ грн./година – тариф робітника;

$Ч = 10$ – витрачений час робітника для виробництва й налагодження пристрою;

$n = 1$ – кількість працівників задіяних у виробництві.

Таким чином, використовуючи вираження (4.1),

$$Z_o = \sum_{i=1}^1 50 \cdot 10 = 1 \cdot 50 \cdot 10 = 500 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата. Видаток в межах від 10% до 30% для додаткової заробітної плати від основної:

$$Z_d = Z_o \frac{K_d \%}{100}, \quad (4.2)$$

K_d – відсоток що має додаткова заробітної плата.

Таблиця 4.1 – Видатки на елементну базу системи

Найменування комплектуючих	Ціна, грн.	Кількість, шт.	Сума на виріб, грн.
Мікроконтролер АТmega328	105,00	1	105,00
Драйвер світлодіодного LED індикатора МАХ7219СNG	82,5	4	330,00
Матричний дисплей 1088BS	25,00	4	100,00

					ЕЛІТ 8.171.00.05.510 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		47

Модуль Bluetooth HC-06	225,00	1	225,00
Припій			15,50
Разом:			775,50

Приймаючи $K_d = 10\%$, по формулі (4.2) знаходимо

$$Z_o = 500 \cdot \frac{10\%}{100} = 50 \text{ грн.}$$

Соціальні внески із заробітної плати. Ці внески формуються на основі основної та додаткової заробітної плати відповідно до визначених ставок, зокрема:

на обов'язкове державне пенсійне страхування;

на страхування від нещасних випадків на виробництві;

на обов'язкове соціальне страхування у разі безробіття;

на випадки тимчасової непрацездатності, а також витрати, пов'язані з народженням дитини або організацією поховання.

$$V_{ce} = (Z_o + Z_d) \cdot \frac{36,3\%}{100}. \quad (4.3)$$

Підставляючи у вираження (4.3) значення Z_o й Z_d ,

$$V_{ce} = (500 + 50) \cdot \frac{36,3\%}{100} \approx 200 \text{ грн.}$$

Витрати на обслуговування та експлуатацію обладнання. Передбачається, що обладнання знаходиться на балансі підприємства. Рівень витрат на обслуговування та експлуатацію обладнання (ВОЕ) розраховується як певний відсоток від основної заробітної плати. Цей відсоток визначається на основі даних, отриманих з аналізу повної собівартості продукції:

$$V_{UE} = Z_o \cdot \frac{V_{UE}\%}{100}, \quad (4.4)$$

або з обліком (4.4), приймаючи $V_{UE} = 120\%$, одержуємо

$$V_{UE} = 500 \cdot \frac{120\%}{100} = 600 \text{ грн.}$$

Загальновиробничі витрати — це витрати, які виникають у процесі управління підрозділом (цехом), зокрема на службові відрядження працівників, амортизацію основних засобів загальноцехового призначення тощо. Розрахунок таких витрат (V_z) базується на аналізі повної собівартості продукції. Загальновиробничі витрати зазвичай визначаються у відсотковому співвідношенні до основної заробітної плати в структурі виробничих витрат:

					ЕЛІТ 8.171.00.05.510 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$B_3 = 3_o \cdot \frac{B_3 \%}{100}. \quad (4.5)$$

З обліком $B_3 = 130\%$ із виразу (4.5) отримуємо:

$$P_n = 500 \cdot \frac{130\%}{100} = 650 \text{ грн.}$$

Виробнича собівартість C_v - видаток на розробку системи:

$$C_v = 500 + 50 + 200 + 300 + 600 + 650 \approx 2300 \text{ грн.}$$

Адміністративні витрати. До складу адміністративних витрат входять такі витрати, як: управління виробничими процесами; службові відрядження адміністративного персоналу; забезпечення пожежної безпеки та охорони підприємства; організація підготовки та перепідготовки працівників; транспортування співробітників до місця роботи й назад; сплата відсотків за фінансовими, товарними та комерційними кредитами; компенсація за використання орендованих (лізингових) матеріальних цінностей; оплата послуг банківських установ та інших фінансово-кредитних організацій. Рівень адміністративних витрат визначається на основі аналізу повної собівартості продукції і зазвичай становить 140-200%. Їх розмір обчислюється як відсоток від основної заробітної плати:

$$B_a = 3_o \cdot \frac{B_a \%}{100}. \quad (4.6)$$

Якщо приймати $B_a = 140\%$, з виразу (4.6) одержуємо:

$$B_a = 500 \cdot \frac{140\%}{100} = 700 \text{ грн.}$$

Комерційні витрати (позавиробничі) охоплюють витрати на рекламу та передпродажну підготовку продукції. Орієнтовно їхній обсяг складає 5-10% від виробничої собівартості:

$$B_n = C_v \cdot \frac{B_n \%}{100}. \quad (4.7)$$

Якщо брати середнє $B_n = 5\%$, з вираження (4.7) визначаємо:

$$B_n = 2300 \cdot \frac{5\%}{100} \approx 115 \text{ грн.}$$

Ціла собівартість C вираховується за формулою:

$$C = C_v + B_a + B_n,$$

Маючи $C_v = 2300$ грн., $B_a = 700$ грн. і $B_n = 115$ грн. одержуємо:

$$C = 2300 + 700 + 115 = 3115 \text{ грн.}$$

Собівартість проекрованої системи занесена в таблицю 4.2.

					<i>ЕЛІТ 8.171.00.05.510 ПЗ</i>	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 4.2 – Собівартість проектованої системи

Найменування статей калькуляції	Значення, грн.
1. Основна заробітна плата	500
2. Додаткова заробітна плата	50
3. Відрахування від заробітної плати	200
4. Матеріали й комплектуючі вироби	300
5. Видатки на утримання й експлуатацію	600
6. Загальвиробничі видатки	650
Виробнича собівартість:	2300
7. Адміністративні видатки	700
8. Позавиробничі (комерційні) видатки	115
Повна собівартість:	3115

4.2 Ціноутворення проектованої системи

У ринковій економіці використовуються різні підходи до формування цін, такі як метод "собівартість із додаванням прибутку", орієнтація на досягнення заданого рівня прибутковості, а також врахування попиту. Визначення оптової ціни товару здійснюється за принципом "собівартість плюс прибуток":

$$C_{opt} = C + П, \quad (4.8)$$

C – собівартість продукту;

П – величина прибутку.

Прибуток П розраховується на основі встановленого підприємством нормативу рентабельності R, що характеризує ефективність виробництва продукції:

$$R = \frac{П}{C} \cdot 100\%, \quad (4.9)$$

R оберається в розмірі до 35%.

Опираючись на формули (4.8) і (4.9) оптова ціна системи розраховується:

$$C_{opt} = C + \frac{R \cdot C}{100}, \quad (4.10)$$

Враховуючи ПДВ в розмірі 20%, роздрібна ціна формується:

$$C_{роз} = 1,2 \cdot C_{opt}, \quad (4.11)$$

Використовуючи формули (4.10) і (4.11) де R = 8%, визначаємо оптову ціну

					ЕЛІТ 8.171.00.05.510 ПЗ	Арк. 50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$C_{\text{онт}} = 3115 + \frac{8\% \cdot 3115}{100} \approx 3364 \text{ грн,}$$

Роздрібна ціна вираховується:

$$C_{\text{роз}} = 1,2 \times 3364 \approx 4036 \text{ грн.}$$

Таким чином, проведено орієнтовний аналіз собівартості розробленої системи, а також визначено роздрібну ціну за методом «собівартість плюс прибуток», що дозволяє оцінити економічну доцільність використання продукту. Переваги цього підходу полягають у його простоті та прозорості, адже ціна включає відшкодування витрат на виробництво та забезпечує прибутковість. Однак методика має і недоліки: вона недостатньо враховує ринкові фактори ціноутворення, зокрема попит. Її застосування доцільне, наприклад, за відсутності конкуренції (монополія), обмеженні рентабельності державою, виконанні разових замовлень або створенні унікальної продукції.

Для функціонування системи потрібні додаткові електронні компоненти, які мають бути сумісними за методами кодування і передачі даних, що може незначно вплинути на загальну вартість пристрою. Щоб встановити ціну, яка відповідатиме ринковим умовам, необхідно провести маркетингові дослідження.

Існуючі аналоги зазвичай мають складну конструкцію, високу вартість, а деякі їхні функції залишаються незатребуваними.

Запропонована система дистанційним управлінням світлодіодною матрицею, вартість якої приблизно на 25% нижча, є конкурентоспроможною та економічно вигідною для розробки.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи магістра була створена система дистанційного керування світлодіодною матрицею, яка повністю відповідає технічним вимогам завдання.

У процесі роботи було досліджено різновиди та особливості функціонування світлодіодних матриць, а також технічні характеристики модуля Bluetooth для дистанційного керування. Розроблено алгоритм функціонування проектованої системи та структурну схему системи, електричну принципову схему, електричну функціональну схему, а також програмне забезпечення, яке забезпечує її роботу.

Отримані результати підтверджують успішність розробки системи

					<i>ЕЛІТ 8.171.00.05.510 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		51

дистанційного керування світлодіодною матрицею. У рамках економічного аналізу проведено розрахунок собівартості пристрою, який продемонстрував його рентабельність. Таким чином, проектування, розробка та виготовлення пристрою є доцільними з технічної та економічної точки зору.

Додатково можна зазначити, що розроблена система має потенціал для подальшого вдосконалення та масштабування. Це відкриває можливості для її використання в різноманітних сферах, таких як автоматизація освітлення, інтерактивні дисплеї чи декоративні рішення.

Наукові праці студента

Участь у міжнародній науковій конференції молодих вчених, 22–26 квітня 2024 року

На тему: Генерування рівноважних кодів на основі біноміального арифметичного складання

Шевченко М.С., асистент; Кулик І.А., доцент;

Садовничий С.О., ЕС.м-31, студент

Рівноважні коди $Y[n, k]$ представляють собою клас нероздільних кодів, помилковиявляюча здатність яких полягає у контролі постійного значення числа k двійкових одиниць в n -розрядних кодових комбінаціях. Одним з недоліків рівноважних кодів є складність їх формування, що призводить до суттєвих витрат при практичній реалізації пристроїв або програмного забезпечення генерування кодів. Сучасні методи генерування рівноважних

					ЕЛІТ 8.171.00.05.510 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

кодів будуються на застосуванні двійкових біноміальних чисел X_j , які лежать в основі структури кодів з постійною вагою $Y[n, k]$. Відповідно, спочатку формуються двійкові (n, k) -біноміальні числа $X_j = x_1x_2\dots x_r$, $r < n$, з параметрами n і k згідно систем кодоутворюючих обмежень: $((l = n - k) \wedge (x_r = 0)) \vee ((q = k) \wedge (x_r = 1))$, де l, q – числа двійкових нулів і одиниць відповідно, $j = 1, 2, \dots, k \cdot C_n$. Далі, до останнього розряду x_r двійкового біноміального числа X_j додаються серія одиниць, якщо $x_r = 0$, або нулів, якщо $x_r = 1$, поки загальна кількість розрядів рівноважної комбінації Y_j не буде дорівнювати n . Даний метод характеризується регулярністю й достатньо просто масштабується на інші значення n . Але зі збільшенням кількості розрядів n потребуються все більше і більше апаратно-програмних та часових витрат. Крім того, не має змоги формувати рівноважний код $Y[n, k]$ із заданим кроком, що суттєво обмежує функціональні можливості систем рівноважного кодування. Перспективним напрямом розвитку методу генерування рівноважних кодів із застосуванням біноміальних систем числення є використання біноміального арифметичного складання, коли до одного двійкового біноміального числа X_1 , яке є вихідним, додається інше біноміальне число X_2 , яке є кроком, з метою отримання біноміальної суми $X_3 = X_1 + X_2$, на базі якої формуються наступна генерована рівноважна комбінація $Y_j \in Y[n, k]$.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Матвієнко М.П. Основи електроніки: підручник. Київ: Видавництво Ліра-К, 2019. – 364 с
2. Л. А. Назаренко, А. І. Колесник. Фізика і техніка світлодіодів . Харків: Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова, 2021. - 255 с.
3. О. В. Борисов Ю.І.Якименко. Твердотільна електроніка : підручник . Київ: НТУУ «КПІ», 2020. – 484 с.
4. Tooley M. Electronic Circuits: Fundamentals and Applications. 2019. – 320 p
5. Готра З.Ю., Микитюк З.М. Засоби відображення інформації. Електронні дисплеї: навчальний посібник . Вінниця : ВНТУ, 2020. – 162 с.

					<i>ЕЛІТ 8.171.00.05.510 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		53

6. Програмування мікроконтролерів систем автоматики: конспект лекцій для студентів базового напрямку 050201 “Системна інженерія” / Укл.: А.Г. Павельчак, В.В. Самотий, Ю.В. Яцук – Львів: Львівська політехніка. – 2019. – 143 с.
7. Сидоренко О.В. Технології Bluetooth: підручник. Київ: Техніка, 2021. – 312 с.
8. Бондаренко А.О. Програмування мікроконтролерів AVR: теорія і практика. Київ: Видавничий дім "Наука і Техніка", 2019. – 368 с.
9. Гребенюк С.В. Програмування на Arduino: навчальний посібник. Харків: Видавництво "Промінь", 2020. – 240 с.
10. Іваненко П.М. Світлодіоди та їх застосування: навчальний посібник. Львів: Видавництво "Основа", 2020. – 285 с.
11. Матеріали та програма Міжнарод. наук.-техн. конфер. «Фізика, електроніка, електротехніка» ФЕЕ.:2024: тез. доп., 22-26 квітня, 2024 р. – Суми : СумДУ, 2024. – 34 с.
12. Held, G. *Introduction to Light Emitting Diode Technology and Applications*. Boca Raton: Auerbach Publications, 2019. – 192 p.
13. Smyth, T. *Bluetooth Essentials for Programmers*. New York: Apress, 2019. – 304 p.

Додаток А
Програма розробленої системи дистанційного керування

```
#define WIDTH MATR_NUM*8 //
#define HEIGHT 8 //
Max72xxPanel matrix = Max72xxPanel(10, MATR_NUM, 1);
SoftwareSerial btSerial(BT_TX, BT_RX); // RX, TX
timerMinim scrollTimer(100);
timerMinim eepromTimer(5000);
String runningText = "";
```

					ЕЛІТ 8.171.00.05.510 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		54


```

boolean loadingFlag, fullTextFlag, runningState = true, eepromFlag = false,
autoFlag = true, showText = true;
byte thisSpeed, thisBright, thisMode, thisColor, thisLength;
void setup() {
  //Serial.begin(9600);
  btSerial.begin(9600);
  btSerial.setTimeout(100);
  randomSeed(analogRead(0));
  if (eeprom_read_byte((uint8_t*)1023) != 123) {
    eeprom_write_byte((uint8_t*)1023, 123);
    for (int i = 10; i < 300; i++) eeprom_write_byte((uint8_t*)i, 0);
    eeprom_write_byte((uint8_t*)0, 60);
    eeprom_write_byte((uint8_t*)1, 60);
    eeprom_write_byte((uint8_t*)2, 0);
    eeprom_write_byte((uint8_t*)3, 0);
    eeprom_write_byte((uint8_t*)4, 0);
  }
  thisSpeed = eeprom_read_byte((uint8_t*)0);
  thisBright = eeprom_read_byte((uint8_t*)1);
  thisMode = eeprom_read_byte((uint8_t*)2);
  thisColor = eeprom_read_byte((uint8_t*)3);
  thisLength = eeprom_read_byte((uint8_t*)4);

  for (byte i = 10; i < thisLength + 10; i++) {
runningText += (char)eeprom_read_byte((uint8_t*)i);
  }

  matrix.setIntensity(50);
  for (byte i = 0; i < MATR_NUM; i++) {
    //
    matrix.setRotation(i, 1);
  }
  matrix.fillScreen(LOW);
  matrix.write();
  scrollTimer setInterval(thisSpeed);

```

						Арк.
					ЕЛІТ 8.171.00.05.510 ПЗ	55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

```
}
```

```
void loop() {  
    bluetoothTick(); //  
    if (runningState) fillString(runningText, thisMode);  
    eepromTick();  
    // Наші шрифти  
    const uint8_t fontHEX[][5] PROGMEM = {  
        {0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00}, // 0x20 32  
        {0x00, 0x00, 0x6f, 0x00, 0x00}, // ! 0x21 33  
        {0x00, 0x07, 0x00, 0x07, 0x00}, // " 0x22 34  
        {0x14, 0x7f, 0x14, 0x7f, 0x14}, // # 0x23 35  
        {0x00, 0x07, 0x04, 0x1e, 0x00}, // $ 0x24 36  
        {0x23, 0x13, 0x08, 0x64, 0x62}, // % 0x25 37  
        {0x36, 0x49, 0x56, 0x20, 0x50}, // & 0x26 38  
        {0x00, 0x00, 0x07, 0x00, 0x00}, // ' 0x27 39  
        {0x00, 0x1c, 0x22, 0x41, 0x00}, // ( 0x28 40  
        {0x00, 0x41, 0x22, 0x1c, 0x00}, // ) 0x29 41  
        {0x14, 0x08, 0x3e, 0x08, 0x14}, // * 0x2a 42  
        {0x08, 0x08, 0x3e, 0x08, 0x08}, // + 0x2b 43  
        {0x00, 0x50, 0x30, 0x00, 0x00}, // , 0x2c 44  
        {0x08, 0x08, 0x08, 0x08, 0x08}, // - 0x2d 45  
        {0x00, 0x60, 0x60, 0x00, 0x00}, // . 0x2e 46  
        {0x20, 0x10, 0x08, 0x04, 0x02}, // / 0x2f 47  
        {0x3e, 0x51, 0x49, 0x45, 0x3e}, // 0 0x30 48  
        {0x00, 0x42, 0x7f, 0x40, 0x00}, // 1 0x31 49  
        {0x42, 0x61, 0x51, 0x49, 0x46}, // 2 0x32 50  
        {0x21, 0x41, 0x45, 0x4b, 0x31}, // 3 0x33 51  
        {0x18, 0x14, 0x12, 0x7f, 0x10}, // 4 0x34 52  
        {0x27, 0x45, 0x45, 0x45, 0x39}, // 5 0x35 53  
        {0x3c, 0x4a, 0x49, 0x49, 0x30}, // 6 0x36 54  
        {0x01, 0x71, 0x09, 0x05, 0x03}, // 7 0x37 55  
        {0x36, 0x49, 0x49, 0x49, 0x36}, // 8 0x38 56  
        {0x06, 0x49, 0x49, 0x29, 0x1e}, // 9 0x39 57  
        {0x00, 0x36, 0x36, 0x00, 0x00}, // : 0x3a 58
```

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ЕЛІТ 8.171.00.05.510 ПЗ

Арк.

56

{0x00, 0x56, 0x36, 0x00, 0x00}, // ; 0x3b 59
 {0x08, 0x14, 0x22, 0x41, 0x00}, // < 0x3c 60
 {0x14, 0x14, 0x14, 0x14, 0x14}, // = 0x3d 61
 {0x00, 0x41, 0x22, 0x14, 0x08}, // > 0x3e 62
 {0x02, 0x01, 0x51, 0x09, 0x06}, // ? 0x3f 63
 {0x3e, 0x41, 0x5d, 0x49, 0x4e}, // @ 0x40 64
 {0x7e, 0x09, 0x09, 0x09, 0x7e}, // A 0x41 65
 {0x7f, 0x49, 0x49, 0x49, 0x36}, // B 0x42 66
 {0x3e, 0x41, 0x41, 0x41, 0x22}, // C 0x43 67
 {0x7f, 0x41, 0x41, 0x41, 0x3e}, // D 0x44 68
 {0x7f, 0x49, 0x49, 0x49, 0x41}, // E 0x45 69
 {0x7f, 0x09, 0x09, 0x09, 0x01}, // F 0x46 70
 {0x3e, 0x41, 0x49, 0x49, 0x7a}, // G 0x47 71
 {0x7f, 0x08, 0x08, 0x08, 0x7f}, // H 0x48 72
 {0x00, 0x41, 0x7f, 0x41, 0x00}, // I 0x49 73
 {0x20, 0x40, 0x41, 0x3f, 0x01}, // J 0x4a 74
 {0x7f, 0x08, 0x14, 0x22, 0x41}, // K 0x4b 75
 {0x7f, 0x40, 0x40, 0x40, 0x40}, // L 0x4c 76
 {0x7f, 0x02, 0x0c, 0x02, 0x7f}, // M 0x4d 77
 {0x7f, 0x04, 0x08, 0x10, 0x7f}, // N 0x4e 78
 {0x3e, 0x41, 0x41, 0x41, 0x3e}, // O 0x4f 79
 {0x7f, 0x09, 0x09, 0x09, 0x06}, // P 0x50 80
 {0x3e, 0x41, 0x51, 0x21, 0x5e}, // Q 0x51 81
 {0x7f, 0x09, 0x19, 0x29, 0x46}, // R 0x52 82
 {0x46, 0x49, 0x49, 0x49, 0x31}, // S 0x53 83
 {0x01, 0x01, 0x7f, 0x01, 0x01}, // T 0x54 84
 {0x3f, 0x40, 0x40, 0x40, 0x3f}, // U 0x55 85
 {0x0f, 0x30, 0x40, 0x30, 0x0f}, // V 0x56 86
 {0x3f, 0x40, 0x30, 0x40, 0x3f}, // W 0x57 87
 {0x63, 0x14, 0x08, 0x14, 0x63}, // X 0x58 88
 {0x07, 0x08, 0x70, 0x08, 0x07}, // Y 0x59 89
 {0x61, 0x51, 0x49, 0x45, 0x43}, // Z 0x5a 90
 {0x3c, 0x4a, 0x49, 0x29, 0x1e}, // [0x5b 91
 {0x02, 0x04, 0x08, 0x10, 0x20}, // \ 0x5c 92
 {0x00, 0x41, 0x7f, 0x00, 0x00}, //] 0x5d 93

					<i>ЕЛІТ 8.171.00.05.510 ПЗ</i>	Арк.
						57
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		

{0x04, 0x02, 0x01, 0x02, 0x04}, // ^ 0x5e 94
 {0x40, 0x40, 0x40, 0x40, 0x40}, // _ 0x5f 95
 {0x00, 0x00, 0x03, 0x04, 0x00}, // ` 0x60 96
 {0x20, 0x54, 0x54, 0x54, 0x78}, // a 0x61 97
 {0x7f, 0x48, 0x44, 0x44, 0x38}, // b 0x62 98
 {0x38, 0x44, 0x44, 0x44, 0x20}, // c 0x63 99
 {0x38, 0x44, 0x44, 0x48, 0x7f}, // d 0x64 100
 {0x38, 0x54, 0x54, 0x54, 0x18}, // e 0x65 101
 {0x08, 0x7e, 0x09, 0x01, 0x02}, // f 0x66 102
 {0x0c, 0x52, 0x52, 0x52, 0x3e}, // g 0x67 103
 {0x7f, 0x08, 0x04, 0x04, 0x78}, // h 0x68 104
 {0x00, 0x44, 0x7d, 0x40, 0x00}, // i 0x69 105
 {0x20, 0x40, 0x44, 0x3d, 0x00}, // j 0x6a 106
 {0x00, 0x7f, 0x10, 0x28, 0x44}, // k 0x6b 107
 {0x00, 0x41, 0x7f, 0x40, 0x00}, // l 0x6c 108
 {0x7c, 0x04, 0x18, 0x04, 0x78}, // m 0x6d 109
 {0x7c, 0x08, 0x04, 0x04, 0x78}, // n 0x6e 110
 {0x38, 0x44, 0x44, 0x44, 0x38}, // o 0x6f 111
 {0x7c, 0x14, 0x14, 0x14, 0x08}, // p 0x70 112
 {0x08, 0x14, 0x14, 0x18, 0x7c}, // q 0x71 113
 {0x7c, 0x08, 0x04, 0x04, 0x08}, // r 0x72 114
 {0x48, 0x54, 0x54, 0x54, 0x20}, // s 0x73 115
 {0x04, 0x3f, 0x44, 0x40, 0x20}, // t 0x74 116
 {0x3c, 0x40, 0x40, 0x20, 0x7c}, // u 0x75 117
 {0x1c, 0x20, 0x40, 0x20, 0x1c}, // v 0x76 118
 {0x3c, 0x40, 0x30, 0x40, 0x3c}, // w 0x77 119
 {0x44, 0x28, 0x10, 0x28, 0x44}, // x 0x78 120
 {0x0c, 0x50, 0x50, 0x50, 0x3c}, // y 0x79 121
 {0x44, 0x64, 0x54, 0x4c, 0x44}, // z 0x7a 122
 {0x00, 0x08, 0x36, 0x41, 0x41}, // { 0x7b 123
 {0x00, 0x00, 0x7f, 0x00, 0x00}, // | 0x7c 124
 {0x41, 0x41, 0x36, 0x08, 0x00}, // } 0x7d 125
 {0x04, 0x02, 0x04, 0x08, 0x04}, // ~ 0x7e 126
 {0x7E, 0x11, 0x11, 0x11, 0x7E}, // __A (0xC0).
 {0x7E, 0x49, 0x49, 0x49, 0x33}, // __Б (0xC1)

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

{0x7F, 0x49, 0x49, 0x49, 0x36}, // __В (0xC2).
 {0x7F, 0x01, 0x01, 0x01, 0x03}, // __Г (0xC3).
 {0xE0, 0x51, 0x4F, 0x41, 0xFF}, // __Д (0xC4).
 {0x7F, 0x49, 0x49, 0x49, 0x41}, // __Е (0xC5).
 {0x77, 0x08, 0x7F, 0x08, 0x77}, // __Ж (0xC6).
 {0x41, 0x49, 0x49, 0x49, 0x36}, // __З (0xC7).
 {0x7F, 0x10, 0x08, 0x04, 0x7F}, // __И (0xC8).
 {0x7C, 0x21, 0x12, 0x09, 0x7C}, // __Й (0xC9).
 {0x7F, 0x08, 0x14, 0x22, 0x41}, // __К (0xCA).
 {0x20, 0x41, 0x3F, 0x01, 0x7F}, // __Л (0xCB).
 {0x7F, 0x02, 0x0C, 0x02, 0x7F}, // __М (0xCC).
 {0x7F, 0x08, 0x08, 0x08, 0x7F}, // __Н (0xCD).
 {0x3E, 0x41, 0x41, 0x41, 0x3E}, // __О (0xCE).
 {0x7F, 0x01, 0x01, 0x01, 0x7F}, // __П (0xCF).
 {0x7F, 0x09, 0x09, 0x09, 0x06}, // __Р (0xD0).
 {0x3E, 0x41, 0x41, 0x41, 0x22}, // __С (0xD1).
 {0x01, 0x01, 0x7F, 0x01, 0x01}, // __Т (0xD2).
 {0x47, 0x28, 0x10, 0x08, 0x07}, // __У (0xD3).
 {0x1C, 0x22, 0x7F, 0x22, 0x1C}, // __Ф (0xD4).
 {0x63, 0x14, 0x08, 0x14, 0x63}, // __Х (0xD5).
 {0x7F, 0x40, 0x40, 0x40, 0xFF}, // __Ц (0xD6).
 {0x07, 0x08, 0x08, 0x08, 0x7F}, // __Ч (0xD7).
 {0x7F, 0x40, 0x7F, 0x40, 0x7F}, // __Ш (0xD8).
 {0x7F, 0x40, 0x7F, 0x40, 0xFF}, // __Щ (0xD9).
 {0x01, 0x7F, 0x48, 0x48, 0x30}, // __Ъ (0xDA).
 {0x7F, 0x48, 0x30, 0x00, 0x7F}, // __Ы (0xDB).
 {0x00, 0x7F, 0x48, 0x48, 0x30}, // __Ь (0xDC).
 {0x22, 0x41, 0x49, 0x49, 0x3E}, // __Э (0xDD).
 {0x7F, 0x08, 0x3E, 0x41, 0x3E}, // __Ю (0xDE).
 {0x46, 0x29, 0x19, 0x09, 0x7F}, // __Я (0xDF).
 {0x20, 0x54, 0x54, 0x54, 0x78}, // __а (0xE0).
 {0x3C, 0x4A, 0x4A, 0x49, 0x31}, // __б (0xE1).
 {0x7C, 0x54, 0x54, 0x28, 0x00}, // __в (0xE2).
 {0x7C, 0x04, 0x04, 0x0C, 0x00}, // __г (0xE3).
 {0xE0, 0x54, 0x4C, 0x44, 0xFC}, // __д (0xE4).

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

{0x38, 0x54, 0x54, 0x54, 0x18}, // __е (0xE5).
 {0x6C, 0x10, 0x7C, 0x10, 0x6C}, // __ж (0xE6).
 {0x44, 0x54, 0x54, 0x28, 0x00}, // __з (0xE7).
 {0x7C, 0x20, 0x10, 0x08, 0x7C}, // __и (0xE8).
 {0x78, 0x42, 0x24, 0x12, 0x78}, // __й (0xE9).
 {0x7C, 0x10, 0x28, 0x44, 0x00}, // __к (0xEA).
 {0x20, 0x44, 0x3C, 0x04, 0x7C}, // __л (0xEB).
 {0x7C, 0x08, 0x10, 0x08, 0x7C}, // __м (0xEC).
 {0x7C, 0x10, 0x10, 0x10, 0x7C}, // __н (0xED).
 {0x38, 0x44, 0x44, 0x44, 0x38}, // __о (0xEE).
 {0x7C, 0x04, 0x04, 0x04, 0x7C}, // __п (0xEF).
 {0x7C, 0x14, 0x14, 0x14, 0x08}, // __р (0xF0).
 {0x38, 0x44, 0x44, 0x44, 0x00}, // __с (0xF1).
 {0x04, 0x04, 0x7C, 0x04, 0x04}, // __т (0xF2).
 {0x0C, 0x50, 0x50, 0x50, 0x3C}, // __у (0xF3).
 {0x30, 0x48, 0xFE, 0x48, 0x30}, // __ф (0xF4).
 {0x44, 0x28, 0x10, 0x28, 0x44}, // __х (0xF5).
 {0x7C, 0x40, 0x40, 0x7C, 0xC0}, // __ц (0xF6).
 {0x0C, 0x10, 0x10, 0x10, 0x7C}, // __ч (0xF7).
 {0x7C, 0x40, 0x7C, 0x40, 0x7C}, // __ш (0xF8).
 {0x7C, 0x40, 0x7C, 0x40, 0xFC}, // __щ (0xF9).
 {0x04, 0x7C, 0x50, 0x50, 0x20}, // __ъ (0xFA).
 {0x7C, 0x50, 0x50, 0x20, 0x7C}, // __ы (0xFB).
 {0x7C, 0x50, 0x50, 0x20, 0x00}, // __ь (0xFC).
 {0x28, 0x44, 0x54, 0x54, 0x38}, // __э (0xFD).
 {0x7C, 0x10, 0x38, 0x44, 0x38}, // __ю (0xFE).
 {0x08, 0x54, 0x34, 0x14, 0x7C}, // __я (0xFF).

/*

{0x7e, 0x09, 0x09, 0x09, 0x7e}, // А 192
 {0x7F, 0x49, 0x49, 0x49, 0x71}, // Б
 {0x7f, 0x49, 0x49, 0x49, 0x36}, // В
 {0x7F, 0x01, 0x01, 0x01, 0x01}, // Г
 {0x60, 0x3E, 0x21, 0x3F, 0x60}, // Д
 {0x7f, 0x49, 0x49, 0x49, 0x41}, // Е
 {0x76, 0x08, 0x7E, 0x08, 0x76}, // Ж

						Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ЕЛІТ 8.171.00.05.510 ПЗ	

{0x21, 0x41, 0x45, 0x4b, 0x31}, // З
 {0x7F, 0x20, 0x10, 0x08, 0x7F}, // И
 {0x7E, 0x20, 0x11, 0x08, 0x7E}, // Й
 {0x7f, 0x08, 0x14, 0x22, 0x41}, // К
 {0x70, 0x0E, 0x01, 0x01, 0x7F}, // Л
 {0x7f, 0x02, 0x0c, 0x02, 0x7f}, // М
 {0x7f, 0x08, 0x08, 0x08, 0x7f}, // Н
 {0x3e, 0x41, 0x41, 0x41, 0x3e}, // О
 {0x7F, 0x01, 0x01, 0x01, 0x7F}, // П
 {0x7f, 0x09, 0x09, 0x09, 0x06}, // Р
 {0x3e, 0x41, 0x41, 0x41, 0x22}, // С
 {0x01, 0x01, 0x7f, 0x01, 0x01}, // Т
 {0x07, 0x48, 0x48, 0x48, 0x7F}, // У
 {0x1C, 0x22, 0x7F, 0x22, 0x1C}, // Ф
 {0x63, 0x14, 0x08, 0x14, 0x63}, // Х
 {0x7F, 0x40, 0x40, 0x7F, 0xC0}, // Ц
 {0x07, 0x08, 0x08, 0x08, 0x7F}, // Ч
 {0x7F, 0x40, 0x7F, 0x40, 0x7F}, // Ш
 {0x7F, 0x40, 0x7F, 0x40, 0xFF}, // Щ
 {0x01, 0x7F, 0x48, 0x48, 0x70}, // Ъ
 {0x7F, 0x48, 0x70, 0x00, 0x7F}, // Ы
 {0x00, 0x7F, 0x48, 0x48, 0x70}, // Ь
 {0x22, 0x41, 0x49, 0x49, 0x3E}, // Э
 {0x7F, 0x08, 0x3E, 0x41, 0x3E}, // Ю
 {0x46, 0x29, 0x19, 0x09, 0x7F}, // Я 223
 {0x20, 0x54, 0x54, 0x54, 0x78}, //а 224
 {0x3c, 0x4a, 0x4a, 0x49, 0x31}, //б
 {0x7c, 0x54, 0x54, 0x28, 0x00}, //в
 {0x7c, 0x04, 0x04, 0x04, 0x0c}, //г
 {0xe0, 0x54, 0x4c, 0x44, 0xfc}, //д
 {0x38, 0x54, 0x54, 0x54, 0x18}, //е
 {0x6c, 0x10, 0x7c, 0x10, 0x6c}, //ж
 {0x44, 0x44, 0x54, 0x54, 0x28}, //з
 {0x7c, 0x20, 0x10, 0x08, 0x7c}, //и
 {0x7c, 0x41, 0x22, 0x11, 0x7c}, //й

					ЕЛІТ 8.171.00.05.510 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		61

```

    {0x7c, 0x10, 0x28, 0x44, 0x00}, //к
    {0x20, 0x44, 0x3c, 0x04, 0x7c}, //л
    {0x7c, 0x08, 0x10, 0x08, 0x7c}, //м
    {0x7c, 0x10, 0x10, 0x10, 0x7c}, //н
    {0x38, 0x44, 0x44, 0x44, 0x38}, //о
    {0x7c, 0x04, 0x04, 0x04, 0x7c}, //п
    {0x7c, 0x14, 0x14, 0x14, 0x08}, //р
    {0x38, 0x44, 0x44, 0x44, 0x20}, //с
    {0x04, 0x04, 0x7c, 0x04, 0x04}, //т
    {0x0c, 0x50, 0x50, 0x50, 0x3c}, //у
    {0x30, 0x48, 0xfc, 0x48, 0x30}, //ф
    {0x44, 0x28, 0x10, 0x28, 0x44}, //х
    {0x7c, 0x40, 0x40, 0x40, 0xfc}, //ц
    {0x0c, 0x10, 0x10, 0x10, 0x7c}, //ч
    {0x7c, 0x40, 0x7c, 0x40, 0x7c}, //ш
    {0x7c, 0x40, 0x7c, 0x40, 0xfc}, //щ
    {0x04, 0x7c, 0x50, 0x50, 0x20}, //ъ
    {0x7c, 0x50, 0x50, 0x20, 0x7c}, //ы
    {0x7c, 0x50, 0x50, 0x20, 0x00}, //ь
    {0x28, 0x44, 0x54, 0x54, 0x38}, //э
    {0x7c, 0x10, 0x38, 0x44, 0x38}, //ю
    {0x08, 0x54, 0x34, 0x14, 0x7c}, //я 255

```

*/

};

```

void eepromTick() {
    eepromFlag = false;
    eeprom_update_byte(0, thisSpeed);
    eeprom_update_byte(1, thisBright);
    eeprom_update_byte(2, thisMode);
    eeprom_update_byte(3, thisColor);
    eeprom_update_byte(4, thisLength);

    for (byte i = 10; i < thisLength + 10; i++) {
        eeprom_update_byte(i, runningText[i - 10]);
    }
}

```

					ЕЛІТ 8.171.00.05.510 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		62

}

					<i>ЕЛІТ 8.171.00.05.510 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		63

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Прочие изделия</i>						
A3			DD1	Мікроконтролер Atmega 328P	1	
A3			C1-C2	Конденсатор K10-7B 0,1 мкФ	2	
A3			C3	Конденсатор K10-7B 100 нФ	1	
A3			C4-C5	Конденсатор K10-7B 22 нФ	2	
A3			VD1	Кремнієвий діод КД522	1	
A3			HL1	Світлодіод АЛ307	1	
A3			R1	Резистор МЛТ-0,25 470 Ом	1	
A3			R2	Резистор МЛТ-0,25 10 кОм.	1	
A3			R3	Резистор МЛТ-0,25 1 МОм.	1	
ЕЛП 8.171.00.05.510 ПЗ						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.		Садовничий С.О.			Лит.	Лист
Проб.		Шевченко М.С.				1
Нконтр.		Галич В.М.			Листов	
Утв.		Опанасюк А.С.			2	
Електронна система дистанційного керування світлодіодною матрицею Пояснювальна записка					СумДУ ЕС.М-31	

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Прочие изделия</i>						
A3			DD2-DD5	Драйвер MAX7219	4	
A3			78L33	Стабілізатор напруги KP1158EH3	1	
A3			Модуль Bluetooth	HC-06	1	
A3			ZQ	Кварцовий резонатор РК102	1	
A3			RESET	Тактова кнопка ПКН-3А	1	
A3						
A3						
A3						
ЕЛП 8.171.00.05.510 ПЗ						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.		Садовничий С.О.			Лист	Листов
Проб.		Шевченко М.С.			2	2
Нконтр.		Галич В.М.			СумДУ ЕС.М-31	
Утв.		Опанасюк А.С.				
Електронна система дистанційного керування світлодіодною матрицею						
Пояснювальна записка						