

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ АЕРОНАВІГАЦІЇ,  
ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ  
КАФЕДРА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ТА РАДІОЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ**

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач кафедри

Роман ОДАРЧЕНКО  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2022 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

**ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТР**

**Тема:** «Цифрова інформаційна система масового обслуговування»

**Виконавець:** \_\_\_\_\_ Сергій ТРОХИМЕНКО  
(підпис)

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Анатолій ТАРАНЕНКО  
(підпис)

**Консультанти з окремих розділів пояснювальної записки:**

**Консультант розділу «Охорона праці»** \_\_\_\_\_ Батир ХАЛМУРАДОВ  
(підпис)

**Консультант розділу «Охорона навколишнього середовища»**  
\_\_\_\_\_ Євгеній БОВСУНОВСЬКИЙ  
(підпис)

**Нормоконтролер:** \_\_\_\_\_ Денис БАХТІЯРОВ  
(підпис)

**Київ 2022**

# НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет аеронавігації, електроніки та телекомунікацій

Кафедра телекомунікаційних та радіоелектронних систем

Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітньо-професійна програма «Телекомунікаційні системи та мережі»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Роман ОДАРЧЕНКО

“ ” 2022 р.

## ЗАВДАННЯ

### на виконання кваліфікаційної роботи

Трохименка Сергія Сергійовича

(прізвище, ім'я, по батькові випускника в родовому відмінку)

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Цифрова інформаційна система масового обслуговування»

затверджена наказом ректора від «07» вересня 2022 р. №1321/ст

2. Термін виконання роботи: з 05.09.2022 р. по 30.11.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи: Опис методів керування інформаційним табло.

Програма керування пристроєм через протокол передачі I2C.

4. Зміст пояснювальної записки: Проектування моделі пристрою керування. Передача даних у мережі інформаційних табло. Реалізація пристрою керування. Охорона праці.

Охорона навколишнього середовища. Висновки. Список використаних джерел.

Додаток А. Додаток Б. Додаток В.

5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: Структурна схема мережі інформаційних табло. Підключення компонентів до контролера.

Використання протоколів передачі даних I2C, UART, SPI. Створення символу кирилиці на прикладі літери “Ш”. Блок-схема алгоритму роботи меню пристрою.

## 6. Календарний план-графік

№ пор.	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1	Розробити деталізований зміст розділів кваліфікаційної роботи	05.09.2022- 06.09.2022	Виконано
2	Вступ	07.09.2022- 10.09.2022	Виконано
3	Проектування моделі пристрою керування	12.09.2022- 05.10.2022	Виконано
4	Передача даних у мережі інформаційних табло	06.10.2022- 15.10.2022	Виконано
5	Реалізація пристрою керування	16.10.2022- 31.10.2022	Виконано
6	Охорона праці	01.11.2022- 05.11.2022	Виконано
7	Охорона навколишнього середовища	06.11.2022- 10.11.2022	Виконано
8	Усунення недоліків та захист кваліфікаційної роботи	11.11.2022- 30.11.2022	Виконано

## 7. Консультанти з окремих розділів

Розділ	Консультант (посада, П.І.Б.)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	к.м.н., проф. Батир ХАЛМУРАДОВ		
Охорона навколишнього середовища	к.т.н., доц. Євгеній БОВСУНОВСЬКИЙ		

8. Дата видачі завдання: "22" серпня 2022 р.

Керівник кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_  
(підпис керівника)

Анатолій ТАРАНЕНКО  
(П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_  
(підпис випускника)

Сергій ТРОХИМЕНКО  
(П.І.Б.)

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота «Цифрова інформаційна система масового обслуговування» містить 74 сторінок, 28 рисунків, 3 таблиці, 20 використаних джерел.

Ключові слова: платформа Arduino, інформаційне табло, пристрій керування, протокол передачі даних, контрольна сума, світлодіодний дисплей.

Об'єкт дослідження – пристрій керування мережею інформаційних табло.

Предмет дослідження – методи управління мережею інформаційних табло, що включає матричну клавіатуру для введення інформації, LCD-дисплей для інформування оператора.

Мета кваліфікаційної роботи – створення системи інформування, що відобразить інформацію про номер та маршрут руху громадського транспорту, що складається з світлодіодних дисплеїв та керується за допомогою платформи Arduino.

Метод дослідження – у процесі дослідження проводився підбір компонентів пристрою управління, розробка програмного забезпечення мовою програмування платформи Arduino, що забезпечує взаємодію пристрою управління та інформаційних мереж табло.

Матеріали кваліфікаційної роботи рекомендується використовувати при розробках систем інформування громадян.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ .....	8
ВСТУП .....	9
РОЗДІЛ 1. ПРОЕКТУВАННЯ МОДЕЛІ ПРИСТРОЮ КЕРУВАННЯ.....	11
1.1. Світлодіодний матричний дисплей.....	12
1.1.1. Переваги та недоліки світлодіодних дисплеїв.....	12
1.1.2. Класифікація світлодіодних екранів.....	13
1.1.3. Принцип дії світлодіодної матриці.....	15
1.1.4. Інформаційне табло.....	16
1.1.5. Управління інформаційним табло.....	17
1.3. Компоненти пристрою керування.....	18
1.3.1. Вибір мікроконтролера.....	18
1.3.2. Програмування платформи Arduino.....	22
1.3.3. LCD-дисплей.....	22
1.3.4. Матрична клавіатура.....	25
1.3.5. Структурна схема пристрою керування.....	26
РОЗДІЛ 2. ПЕРЕДАЧА ДАНИХ У МЕРЕЖІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТАБЛО.....	29
2.1. Види інтерфейсу даних.....	29
2.1.1. Послідовний протокол передачі даних I2C.....	30
2.2. Забезпечення цілісності даних.....	32
РОЗДІЛ 3. РЕАЛІЗАЦІЯ ПРИСТРОЮ КЕРУВАННЯ.....	36
3.1. Створення символів кирилиці.....	36
3.2. Меню користувача.....	37
3.3. Підготовка та передача даних.....	39
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	44
4.1. Ураження електричним струмом.....	44
4.2. Висвітлення інформаційних табло.....	45

4.3. Спотворення інформації при передачі даних.....	49
4.4. Інформування користувача.....	50
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	53
5.1. Забруднення навколишнього середовища.....	54
5.2. Вплив об'єкта дослідження на довкілля.....	56
5.3. Заходи щодо захисту навколишнього середовища.....	56
ВИСНОВКИ .....	59
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	60
ДОДАТОК А.....	62
ДОДАТОК Б.....	65
ДОДАТОК В.....	70

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

IDE (англ. Integrated Development Environment) – інтегроване середовище розробки;

HDMI (англ. High-Definition Multimedia Interface) – мультимедійний інтерфейс високої роздільної здатності;

LCD-дисплей (англ. Liquid Crystal Display) – рідкокристалічний дисплей;

OLED-дисплей (англ. Organic light-emitted diode) – органічний світлодіод;

TFT-дисплей (Thin-film transistor) – тонкоплівковий транзистор;

SIM (англ. Subscriber Identification Module) – модуль ідентифікації абонента;

SMS (Short Message Service) – послуга коротких повідомлень;

USB (англ. Universal Serial Bus) – універсальна послідовна шина;

Wi-Fi (англ. Wireless Fidelity) – бездротова точність;

АЗС – автомобільна заправна станція;

РК-дисплей – рідкокристалічний дисплей;

ІЧ – інфрачервоний;

НТІ – науково-технічне дослідження;

ОС – операційна система;

МІТ – мережа інформаційних табло;

ПЛІС – програмована логічна інтегральна схема;

ШІМ – широтно-імпульсна модуляція.



## ВСТУП

Одним з критеріїв якості перевезень є зручність інформації, що надається пасажиром, про маршрут і номер автобуса. В даний час більша частина автобусів, трамваїв або поїздів використовує трафарети з інформацією про маршрут. Їх потрібно регулярно міняти, якщо один автобус слідує за кількома маршрутами; за зміни маршруту доводиться виготовляти новий трафарет; у темний час доби в більшості випадків дуже складно побачити маршрут через відсутність підсвічування. Це дуже погіршує сприйняття інформації.

Окремим завданням стоїть завдання перевезення співробітників великих підприємств протяжними територіями. Деякі заводи мають десятки внутрішніх маршрутів, якими перевезення пасажирів здійснюється лише кількома пасажирськими автобусами. Кожен автобус змінює маршрут проходження по кілька разів за зміну, що робить завдання зміни та підготовки великої кількості трафаретів складним.

Однак широке поширення світлодіодних дисплеїв дозволяє створювати різні системи інформування від рядків, що біжать, до знаків і покажчиків. Застосування таких дисплеїв із зручною системою керування дозволило б створити сучасну та зручну як для водіїв, так і для пасажирів інформаційну систему.

Впровадження системи інформування пасажирів (СПІ) забезпечує відображення інформації про маршрут проходження та іншої додаткової інформації для пасажирів.

СПІ складається з передньої та бічної панелі індикації (світлодіодних дисплеїв). Панелі індикації фронтальна та бічна призначені для забезпечення зовнішньої візуальної інформації про маршрут прямування [2].

Також для інформування пасажирів усередині салонів автобусів можуть бути встановлені внутрішні панелі індикації, які надають додаткову інформацію

пасажирам, наприклад, температуру навколишнього середовища, найменування поточної зупинки, зміни в маршруті.

Метою даної роботи є створення системи інформування, що відобразить інформацію про номер та маршрут руху громадського транспорту, що складається з світлодіодних дисплеїв та керується за допомогою платформи Arduino.

Для досягнення мети було поставлено такі завдання:

- забезпечити можливість маніпулювання пристроєм керування за допомогою матричної клавіатури;
- реалізувати функцію інформування користувача за допомогою LCD-дисплея;
- адаптувати шрифт LCD-дисплея для формування україномовного меню користувача;
- реалізувати можливість обміну інформацією між пристроями мережі інформаційних табло з використанням послідовного протоколу передачі даних I2C;
- забезпечити цілісність даних при передачі інформації шляхом введення кількісної характеристики коду в повідомлення, що передаються;
- сформувати зворотний зв'язок між пристроєм керування та мережею інформаційних табло, що дозволяє реалізувати запити для повторної передачі повідомлень.

# РОЗДІЛ 1

## ПРОЕКТУВАННЯ МОДЕЛІ ПРИСТРОЮ КЕРУВАННЯ

Об'єктом дослідження є пристрій керування мережею інформаційних табло пасажирського транспорту, який є багатокомпонентною системою, керованою мікроконтролером, що реалізує замкнене керування мережею інформаційних табло.

Мережа інформаційних табло (МІТ) - це сукупність таких табло, що взаємодіють з пристроєм управління каналами зв'язку.

МІТ складається з передніх і бічних панелей світлодіодної індикації, що забезпечують зовнішню візуалізацію інформації про маршрут транспортування, а також пристрої управління, що реалізує управління мережею, що дозволяє водієві вводити номер маршруту і інформування користувача.

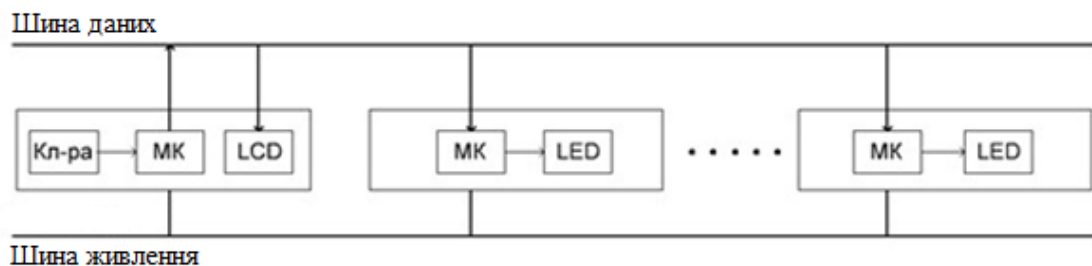


Рис. 1.1. Структурна схема мережі інформаційних табло пасажирського транспорту

На рисунку 1:

- МК – мікроконтролер Arduino Uno;
- LCD – РК-дисплей;
- LED – світлодіодне табло;
- Кл-ра – матрична клавіатура.

Пристрої мережі об'єднані відповідно до шинної топології. Тобто, використовується загальна шина передачі даних, до якої під'єднані всі пристрої. Дані

пристрою управління поширюються по шині в обидві сторони. Інформація надходить на всі пристрої мережі, проте приймає повідомлення лише той ведений пристрій, якому це повідомлення адресовано [3].

## **1.1. Світлодіодний матричний дисплей**

Світлодіодні дисплеї відносно нова технологія. Вважається, що перший телевізор зі світлодіодним екраном було створено у США близько 35 років тому. З того часу нова конструкція поступово почала розвиватися, завойовуючи популярність. Світлодіодний екран – пристрій для відображення та передачі візуальної інформації (дисплей, монітор, телевізор), в якому кожною точкою (пікселем) є один або кілька напівпровідникових світлодіодів [13].

Світлодіодні дисплеї набувають все більшого поширення, а саме, частіше спостерігається їх використання з метою реклами на вулицях великих міст або інформаційних екранів і дорожніх знаків. Зокрема, світлодіодні дисплеї можна використовувати для трансляції спортивних змагань, концертів та парадів, що є особливо актуальним для тематичних закладів. Незважаючи на те, що при найближчому розгляді пікселі можуть бути видно чітко, з відстані вони зливаються і створюють рівномірне, яскраве і контрастне зображення. Експерти розвитку ринку реклами припускають, що з кожним роком частка світлодіодних інформаційних екранів на ринку рекламних технологій зростатиме. Насправді світлодіодні табло поєднують у собі всі основні переваги існуючих візуальних рекламних технологій. Єдиним недоліком є досить висока вартість проти іншими технологіями реклами [14].

### ***1.1.1. Переваги та недоліки світлодіодних дисплеїв***

Світлодіодні екрани можна використовувати як для зовнішньої реклами, так і для внутрішніх відео трансляцій. У першому випадку модуль управління розміщується в особливому блоці, який знаходиться під захистом, що забезпечує високий ступінь пило- та вологозахисту. Світлодіодні дисплеї відрізняються високою

яскравістю. Також вони надійні в експлуатації. Навіть якщо частина екрану буде пошкоджена, її можна буде оперативно замінити, не набуваючи нової конструкції в цілому. Світлодіодні екрани можуть випускатися з різними габаритами, досягаючи по кілька метрів у довжину та ширину [14].

Однак їм також притаманні деякі недоліки, до яких можна віднести:

- низька роздільна здатність екрана;
- великий розмір зерна біля екрана;
- велика вага;
- складність самостійного складання;
- висока вартість [13].

Також, важливим недоліком таких дисплеїв є калібрування. В даний час калібрування більшості або навіть всіх дисплеїв є проблемою, оскільки її повинен виконувати виробник, який володіє спеціальним обладнанням і необхідною підготовкою. Оскільки світлодіодні дисплеї потребують періодичного повторного калібрування, то витрати на їхнє техобслуговування є важливим фактором, який слід враховувати [15].

### ***1.1.2. Класифікація світлодіодних екранів***

Світлодіодні екрани за принципом побудови класифікуються на два типи – матричні та кластерні [13].

У кластерних екранах кожен піксель містить від трьох до кількох десятків світлодіодів, що об'єднані в окремому конструктивному елементі, який називається кластером. Кластери, що утворюють інформаційне поле екрана, закріплені за допомогою гвинтів на лицьовій поверхні екрана. Від кожного кластера відходить джгут проводів, що підключається за допомогою електричного роз'єму, до відповідної схеми управління (плати).

У матричних світлодіодних екранах кластери і плата об'єднані в матрицю, тобто на керуючій платі змонтовані і світлодіоди, і комутуюча електроніка, які залиті герметизуючим компаундом. Залежно від розміру та роздільної здатності екрану,

кількість світлодіодів в одному пікселі може коливатися від трьох до кількох десятків. А розподіл кількості світлодіодів за кольорами в пікселі змінюється від типу світлодіодів, що застосовуються в інтересах дотримання балансу білого.

Матричні екрани є більш актуальними в даний час та поступово витісняють кластерні.

Світлодіодне табло складається із світлодіодів. Світлодіод – напівпровідниковий прилад, що трансформує електричний струм у видиме світіння. Світлодіод складається з напівпровідникового кристала на підкладці, корпусу з контактними висновками та оптичної системи. Безпосередньо випромінювання світла походить від кристала, колір видимого випромінювання залежить від його матеріалу та різних добавок. Як правило, в корпусі світлодіода знаходиться один кристал, але при необхідності підвищення потужності світлодіода або для випромінювання різних кольорів можливе встановлення кількох кристалів.



Рис. 1.2. Зовнішній вигляд світлодіоду

У світлодіоді, на відміну від лампи розжарювання чи люмінесцентної лампи, електричний струм трансформується у видиме світло. Теоретично таке перетворення можливе без про " паразитних " втрат електроенергії на нагрівання. Це пов'язано з тим, що при коректно спроектованому тепловідводі світлодіод нагрівається дуже слабо. Світлодіод випромінює світло у вузькому спектрі, що особливо цінно стосовно дизайнерського освітлення. Ультрафіолетові та інфрачервоні випромінювання, як правило, відсутні. Світлодіод механічно міцний і надійний, його термін експлуатації в системі освітлення теоретично може досягати ста тисяч годин, що приблизно в сто разів більше за середній термін експлуатації звичайної лампи. Однак термін служби

світлодіода може бути різним і безпосередньо залежить від типу світлодіода, сили струму, що подається на нього, охолодження кристала світлодіода, складу і якості кристала, компонування елементів і складання в цілому [16].

### 1.1.3. Принцип дії світлодіодної матриці

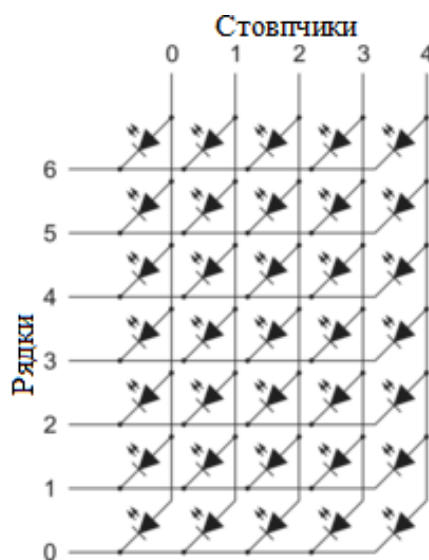


Рис. 1.3. Схема світлодіодної матриці

Як показано на схемі, чотири висновки матриці поєднуються з анодами світлодіодів, і ще чотири – з катодами. Таким чином, щоб запалити певний світлодіод, один з анодів з'єднується з плюсом живлення, а один з катодів - з мінусом. Особливість пристрою і те, що інші катода мають бути відключені або фізично, або з допомогою високого опору. Якщо буде перевищено максимальну напругу зворотного струму, прикладену до світлодіоду, то з светодиода вийде з ладу. Щоб створити ілюзію анімації, було вирішено перемикає кожні 40 мілісекунд живлення з катода на анод.

Управління матрицею даного типу пов'язане з низкою істотних обмежень:

1. Число входів мікроконтролера. У випадку з матрицею розмірністю 4x4 буде задіяно 8 виходів.

2. Сумарний поріг потужності. У Arduino Uno поріг потужності складає 200 мА, отже, максимальна кількість запалених світлодіодів – 20 [17].

Тому для керування світлодіодними матрицями, як правило, використовуються зсувні регістри.

Зсувний регістр є кільцевою буфер. Для даної роботи було обрано зсувний регістр 74HC595, принцип роботи якого буде розглянутий у розділі, присвяченому вибору компонентів.

#### ***1.1.4. Інформаційне табло***

Інформаційне табло – це універсальний інформаційний носій, який виготовляється на основі світлодіодних матриць.



Рис. 1.4. Зовнішній вигляд інформаційного табло

Існують такі різновиди таких табло:

- рядки, що біжать;
- відеотабло;
- курс обміну валют;
- графічний екран;
- текстовий екран;
- годинник, термометри, барометри;
- комплексні автоматичні системи розкладу, прибуття відправлення для вокзалів та аеропортів;
- метеотабло;
- табло для паркування;



- табло для АЗС;
- спортивні табло;
- та інші.

Інформаційні табло пасажирського транспорту призначені для візуального відтворення номерів маршрутів руху пасажирського громадського транспорту, відображення найменувань зупинок, а також можуть бути використані для демонстрації інформації соціального та рекламного змісту [4].

### ***1.1.5. Управління інформаційним табло***

Управління - це процес на об'єкт з метою організації його функціонування за заданими алгоритмами.

Існують різні методи управління інформаційним табло:

- Управління електронним табло за допомогою ПЧ-пульта дистанційного керування.

При використанні цього методу необхідно, щоб відстань від місця керування до місця встановлення табло не перевищувала 5-6 метрів. Перевага даного методу полягає у простоті встановлення та управління табло. Недоліками цього методу є те, що необхідно захищати вікно фотоприймача від впливів прямих сонячних променів та яскравого зовнішнього освітлення, а також періодично очищати його від пилу та бруду.

- Управління інформаційним табло із використанням кабельної лінії зв'язку (кабелю).

Управління табло з використанням кабелю є найнадійнішим методом керування. Пульт управління підключається до табло за допомогою кабелю у вигляді різних інтерфейсів зв'язку. Для зміни значення табло використовується спеціальна програма. Суттєвим недоліком такого способу є складність прокладки кабелю в деяких випадках, що істотно збільшує вартість монтажу табло.

- Керування табло за допомогою протоколів бездротової передачі інформації.

Для реалізації цього методу в табло встановлюється комплект бездротової передачі, що відповідає одному зі стандартів (Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee та ін.). При цьому для управління табло використовується пристрій, що забезпечує роботу програми, що управляє. Недоліками даного методу є вартість, нестабільність рівня потужності сигналу у разі перешкод.

- Керування табло за допомогою мобільного телефону.

При використанні цього методу в табло встановлюється SIM-картка одного зі стільникових операторів. Управління зміною інформації на табло здійснюється за допомогою відправки спеціальних команд у вигляді SMS повідомлень з телефону. Після виконання команди про зміну інформації табло надсилає повідомлення на телефон, що управляє. Це дозволяє керувати табло практично з будь-якого розташування. Істотним недоліком цього методу є вартість обслуговування зв'язку [5].

Як метод управління мережею інформаційних табло, розташованих по периметру пасажирського транспорту, було обрано метод з використанням кабельної лінії зв'язку, оскільки такий метод управління є надійним та дешевим методом.

### **1.3. Компоненти пристрою керування**

#### ***1.3.1. Вибір мікроконтролера***

В даний час існує велика кількість різних платформ для розробки пристроїв керування. Серед них — одноплатні комп'ютери та мікроконтролери.

Для реалізації пристрою управління було зроблено вибір серед наступних платформ:

- Raspberry Pi. Є одним із найпопулярніших представників одноплатних комп'ютерів.



Рис. 1.5. Зовнішній вигляд Raspberry Pi

Такий комп'ютер має у своєму складі процесор, USB порти, вихід HDMI та аудіовиход, а також характеризується великою продуктивністю, різноманітністю мов програмування та наявністю більшого обсягу пам'яті порівняно з мікроконтролерами [6].

- Мікроконтролер Arduino. Arduino - це сімейство програмованих мікроконтролерів для легкого створення засобів автоматичної та робототехніки. Особливостями пристрою є наявність відкритого вихідного коду, що дозволяє створювати будь-якій людині власні бібліотеки, а також широкої номенклатури периферійних пристроїв з невисокою вартістю [7].

- STM 32. Є сімейством 32-х бітних мікроконтролерів, побудованих на базі ядра ARM Cortex. До складу мікроконтролера входять процесор, USB порт, а також кількість входів/виходів для створення проектів з великою кількістю периферійних пристроїв.

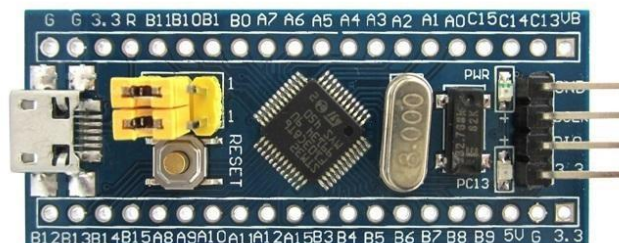


Рис. 1.6. Зовнішній вигляд STM32F103C8T6

- Програмована інтегральна логічна схема (ПЛІС). Є яскравим представником мікросхем, структуру яких можна міняти.



Рис. 1.7. Зовнішній вигляд ПЛІС ALTERA CYCLONE IV EP4CE6E22C8N

ПЛІС складається з набору логічних блоків та матриці програмованих з'єднань між ними. Логічні блоки ПЛІС можуть бути запрограмовані виконання будь-якої функції. Для програмування використовуються програматор та IDE (налагоджувальне середовище), що дозволяють задати бажану структуру цифрового пристрою у вигляді принципової електричної схеми або програми спеціальними мовами опису апаратури:

Verilog, VHDL, AHDL та інші [9].

Для реалізації пристрою управління був обраний мікроконтролер Arduino Uno, тому що він має невисоку вартість платформи, має у відкрите середовище розробки і широку номенклатуру готових бібліотек і периферійних пристроїв з невисокою вартістю. Кількість входів/виходів мікроконтролера є задовільною для реалізації даного проекту, також можливе зменшення кількості входів/виходів, що займаються, за допомогою спеціальних модулів (наприклад, I2C модуль).

Arduino Uno – це пристрій на основі мікроконтролера ATmega328. Зовнішній вигляд платформи представлений на рис. 1.8.



Рис. 1.8. Arduino Uno

До складу платформи Arduino входять:

- 14 цифрових входів/виходів, 6 з яких можна використовувати для реалізації широтно-імпульсної модуляції;
- 6 аналогових входів;
- роз'єм USB;
- роз'єм ICSP (застосовується для внутрішньосхемного програмування);
- роз'єм живлення;
- кнопка перезавантаження мікроконтролера.

Напруга живлення контролера становить від 5 до 12В, необхідні рівні напруги, необхідні для різних елементів платформи, перетворюються внутрішніми стабілізаторами. Arduino Uno також може харчуватися від USB порту комп'ютера, цього достатньо для програмування та налагодження пристрою, що розробляється.

Плата забезпечує постійний струм на лініях введення/виводу до 40 мА, для лінії 3.3 – до 50 мА. Рівень напруги на висновках обмежений 5В. Всі висновки пов'язані з внутрішніми резисторами, що підтягують, номіналом від 20 до 50 кОм.

Аналогові входи (A0 – A5) є аналоговим напруга у вигляді 10-бітного числа (1024 різних значень), його значення також коливається в діапазоні від 0 до 5В [9].

### ***1.3.2. Програмування платформи Arduino***

Програмування мікроконтролера Arduino здійснюється за допомогою спеціального середовища програмування Arduino IDE.

Arduino IDE – це текстовий редактор, призначений для написання програм. Мова програмування пристроїв Arduino базується на C/C++. Програма організується як сукупність блоків, що спрощує тестування програми та виявлення помилок у кодї. Завантаження програм у контролер здійснюється через USB порт комп'ютера.

Arduino має у своєму розпорядженні велику кількість різних бібліотек, які дозволяють спростити процедуру програмування та розширити функціонал програми. Включення бібліотеки до коду програми здійснюється за допомогою оператора `#include`.

Контроль над даними може здійснюватися через монітор порту, вбудований серед програмування [11].

### ***1.3.3. LCD-дисплей***

Асортимент пристроїв виведення інформації для платформи Arduino містить LCD-, OLED- та TFT-дисплеї, що відрізняються кількістю рядків, розміром дисплея, функціоналом та вартістю. Виходячи з собівартості дисплеїв і необхідної кількості рядків для інформування користувача, було вирішено використовувати LCD-дисплей 20x4, який являє собою чотирирядковий буквено-цифровий екран, що містить 20 символів у кожному рядку. Пристрій оснащений жовтим підсвічуванням екрана та чорним кольором символів.



Рис. 1.9. Зовнішній вигляд дисплея

Напруга живлення становить 5В. Пристрій має 8-бітовий паралельний інтерфейс. Опис інтерфейсу дисплея наведено в таблиці 1.1 [12].

Таблиця 1.1

Опис інтерфейсу пристрою

№ висновку	Позначення	Опис
1	VSS	Земля (0В)
2	VCC	Джерело живлення (+5В)
3	VEE	Регулювання контрастності
4	RS	Вибір Інструкція/Дані
5	R/W	Вибір Читання/Запис
6	E	Сигнал дозволу
7	DB0	Лінія даних
8	DB1	Лінія даних
9	DB2	Лінія даних
10	DB3	Лінія даних
11	DB4	Лінія даних
12	DB5	Лінія даних
13	DB6	Лінія даних
14	DB7	Лінія даних
15	LED+	Живлення заднього підсвічування (+5В)
16	LED-	Живлення заднього підсвічування (0В)

На підставі таблиці 1.1 можна дійти невтішного висновку, що підключення дисплея до мікроконтролера займе значну кількість вільних ліній вводу/вивода.

Зважаючи на обмежену кількість цифрових входів/виходів Arduino і те, що в даному проекті крім дисплея до мікроконтролера необхідно підключити матричну клавіатуру, було прийнято рішення використовувати модуль ІІС (I2C) LCD, який

дозволяє підключити екран з паралельним інтерфейсом до мікроконтролера за допомогою послідовного інтерфейсу I2C.

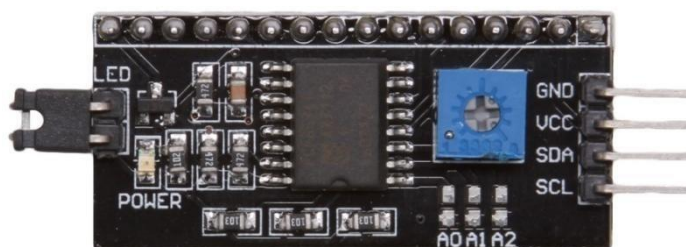


Рис. 1.10. Модуль I2C

Модуль побудований на основі мікросхем PCF8574T. Лінії SDA (послідовна лінія даних) та SCL (сигнал тактових синхроімпульсів) підтягуються до шини живлення за допомогою резисторів, які вбудовані в модуль. На платі передбачені три перемички A0, A1, A2 необхідні зміни адреси пристрою, всього їх 8 варіантів.

A2	A1	A0	адрес
-	-	-	0x20
-	-	+	0x21
-	+	-	0x22
-	+	+	0x23
+	-	-	0x24
+	-	+	0x25
+	+	-	0x26
+	+	+	0x27

Рис. 1.11. Можливі адреси модуля

Також модуль оснащений потенціометром, за допомогою якого можна змінити контрастність LCD-дисплея [13].

Для програмування використовується бібліотека `LyquidCrystal_I2C.h`, що дозволяє використовувати дисплей у системі з мікроконтролером.



### ***1.3.4. Матрична клавіатура***

Номенклатура периферійних пристроїв введення інформації для платформи Arduino включає сенсорні та мембранні клавіатури з різною кількістю кнопок. Для введення інформації в контролер було вирішено використовувати мембранну матричну клавіатуру 4x4, що обумовлено вартістю та наявністю оптимальної кількості кнопок для введення номера маршруту та здійснення переходів у меню користувача.



Рис. 1.12. Зовнішній вигляд клавіатури

Використання такої клавіатури дозволяє зменшити кількість портів Arduino, оскільки кнопки групуються в матрицю, що складається з певної кількості рядків і стовпців (Рис. 1.13).

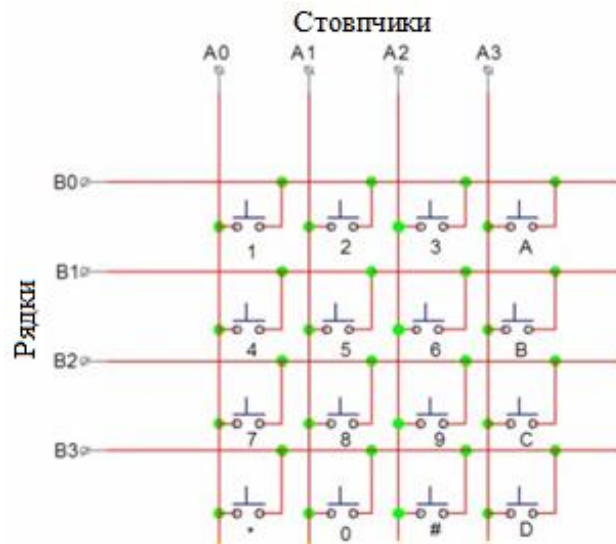


Рис. 1.13. Схема розташування кнопок у матриці

Лінії B0, B1, B2, B3, що відповідають за рядки, є входами системи та підтягнуті до шини живлення, а лінії A0, A1, A2, A3, що відповідають за стовпці, є виходами системи. При розімкнених кнопках у лініях B0-B3 будуть присутні сигнали високого рівня, а при натиснутій кнопці в лінії, до якої кнопка підключена, буде сигнал логічного нуля.

Принцип роботи клавіатури полягає в наступному: на лініях A0-A3 по черзі формується сигнал низького рівня, потім кнопка визначається за наявності сигналу низького рівня в одній з ліній B0-B3. За наявності логічного нуля в лінії A0 можна визначити натиснуту кнопку (1, 4, 7 або \*) за наявністю логічного нуля відповідно до контакту кнопки лінії B0-B3 [14].

Для програмування використовується бібліотека Keypad.h, що дозволяє використовувати клавіатуру разом із Arduino.

### ***1.3.5. Структурна схема пристрою керування***

В результаті підбору елементів системи було вирішено використати такі компоненти:

- платформа Arduino Uno;
- матрична клавіатура 4x4;

- LCD-дисплей 20x4 з адаптером I2C.

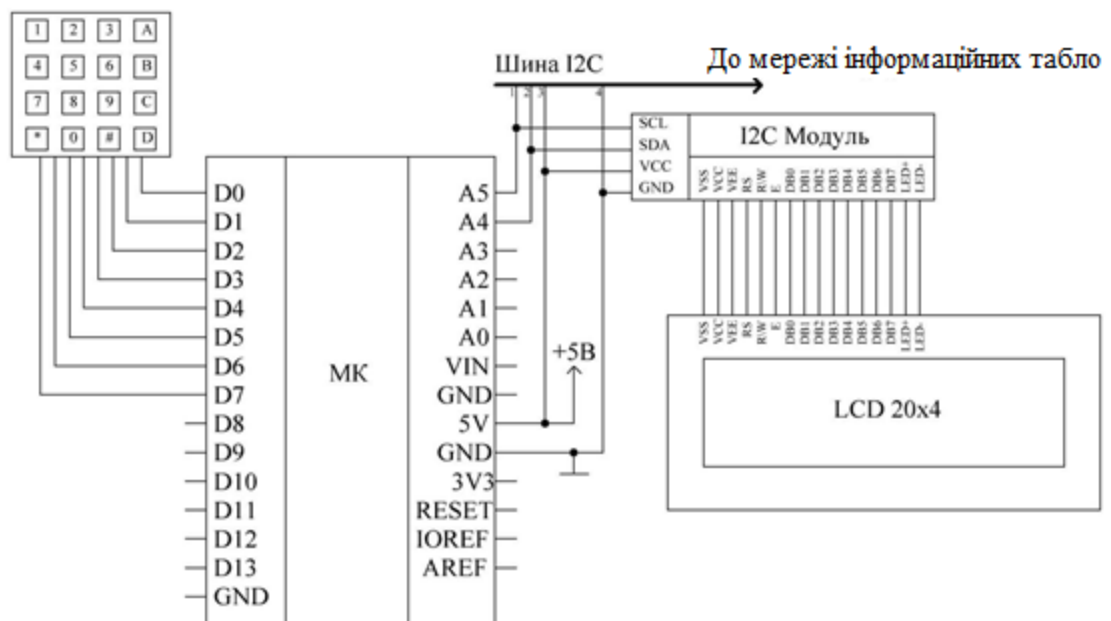


Рис. 1.14. Схема підключення компонентів до контролера

Взаємодія матричної клавіатури та плати Arduino відбувається через цифрові входи/виходи D0-D7.

Підключення LCD-дисплея за допомогою I2C здійснюється так: VCC – вхід живлення (+5В), GND – вихід на «землю», SDA – аналоговий порт A4, SCL – аналоговий порт A5. Також у наявності пристрою є вихід передачі даних мережі інформаційних табло.

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

У цьому розділі було сформовано структурну схему мережі інформаційних табло, визначено функції, обґрунтовано підібрано компоненти та створено структурну схему пристрою управління, розглянуто методи управління інформаційним табло.

На відміну від існуючих технічних рішень, спроектований пристрій управління, заснований на платформі Arduino, що має відкрите середовище розробки, має модульну структуру, що дозволяє користувачеві в процесі експлуатації модифікувати програмно-апаратну частину пристрою.

## РОЗДІЛ 2

### ПЕРЕДАЧА ДАНИХ У МЕРЕЖІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТАБЛО

#### 2.1. Види інтерфейсу даних

Інтерфейси які підтримуються Arduino Uno :

1. SPI ( Serial Peripheral Interface ) – послідовний синхронний стандарт передачі даних у режимі повного дуплексу, призначений для забезпечення простого та недорогого високошвидкісного сполучення мікроконтролерів та периферії. SPI також іноді називають чотирипровідним інтерфейсом. На відміну від стандартного послідовного порту, SPI є синхронним інтерфейсом, в якому будь-яка передача синхронізована із загальним тактовим сигналом, що генерується провідним пристроєм (процесором). Приймаюча (відома) периферія синхронізує отримання бітової послідовності тактовим сигналом. До одного послідовного інтерфейсу периферійного провідного пристрою-мікросхеми може приєднуватися кілька мікросхем [7].

2. UART ( Universal Asynchronous Receiver-Transmitter ) – універсальний асинхронний приймач – вузол обчислювальних пристроїв, призначений для організації зв'язку з іншими цифровими пристроями. Перетворює дані в послідовний вигляд так, щоб було можливо передати їх по одній фізичній цифровій лінії іншому аналогічному пристрою. Метод перетворення добре стандартизований і широко застосовується в комп'ютерній техніці (особливо у пристроях і системах, що вбудовуються) [8].

3. I2C. Інтерфейс використовує для передачі даних дві двонаправлені лінії зв'язку: SDA ( Serial Data Signal ) – послідовна лінія даних та SCL ( Serial Clock Line ) – сигнал тактових синхроімпульсів. Також є дві лінії живлення, що утворюють шину. Лінії даних підтягуються до шин живлення через резистори [9].

### 2.1.1. Послідовний протокол передачі даних I2C

Для здійснення обміну даними між пристроєм управління та мережею інформаційних табло використовується послідовний протокол обміну даними ІС (I2C – Inter – Integrated Circuits – міжмікросхемне з'єднання). Даний протокол використовує для передачі даних дві двонаправлені лінії зв'язку: SDA – послідовна лінія даних та SCL – сигнал тактових синхроімпульсів. Також є дві лінії живлення, що утворюють шину. Лінії даних підтягуються до шин живлення через резистори.

У мережі з таким протоколом обміну інформації має бути хоча б один провідний пристрій (Master), який ініціалізує передачу даних та генерує сигнали синхронізації. Також у мережі мають бути ведені пристрої (Slave), які виконують певні дії на запит ведучого [15].

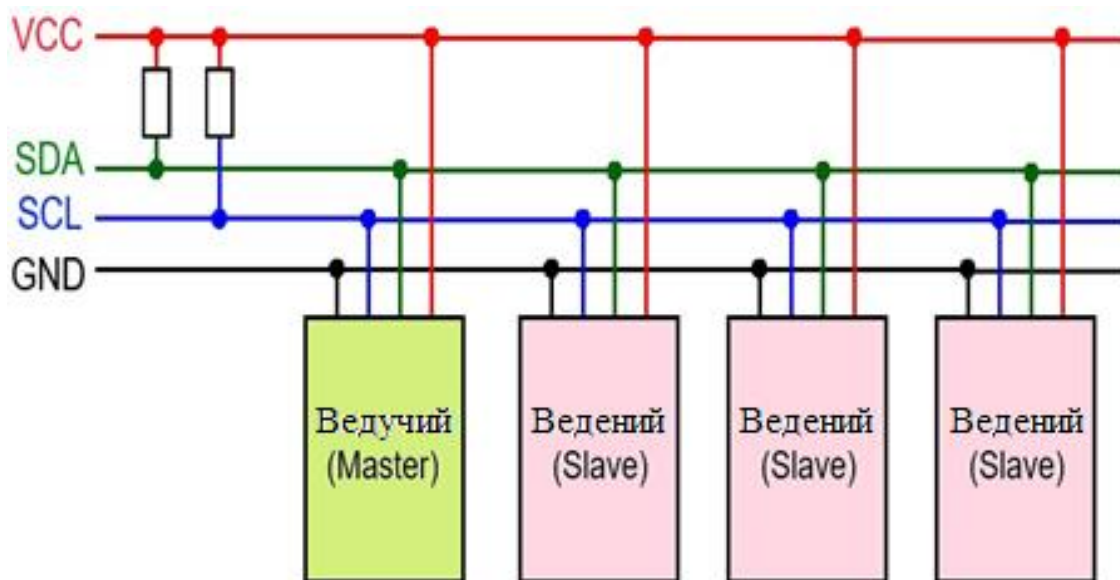


Рис. 2.1. Схема підключення пристроїв для використання протоколу передачі даних I2C

Кожен ведений пристрій має унікальну адресу, за якою ведучий і звертається до нього. Адреси пристроїв вказуються в паспорті або можуть бути визначені програмістом.

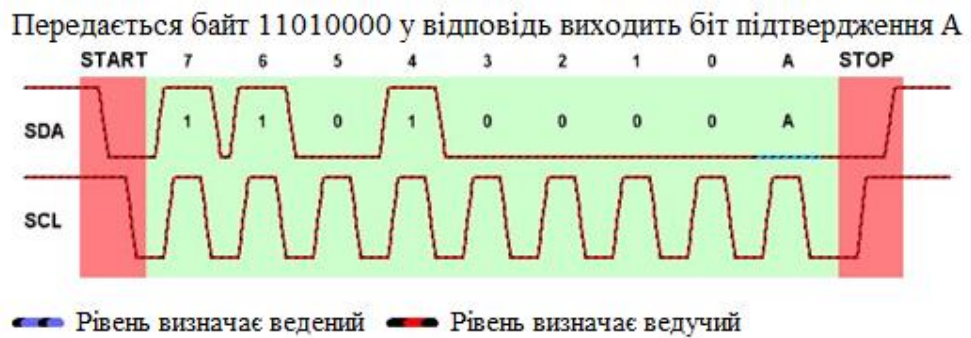


Рис. 2.2. Тимчасова діаграма процедури передачі даних

Процедура обміну починається з того, що провідний пристрій формує стан «старт»: генерує лінії SDA перехід сигналу з високого рівня в низький при високому рівні сигналу на лінії SCL. Цей перехід сприймається всіма пристроями, підключеними до шини, як ознака початку процедури обміну. Процедура обміну завершується тим, що провідний пристрій формує стан «стоп»: перехід сигналу лінії SDA з низького рівня в високий рівень при високому рівні сигналу лінії SCL. Стану "старт" і "стоп" завжди виробляються провідним пристроєм. Вважається, що шина зайнята після фіксації стану "старт". Шина вважається такою, що звільнилася через деякий час після фіксації стану «стоп».

При передачі даних по шині I2C кожен провідний пристрій генерує синхросигнал на лінії SCL. Після формування стану «старт» провідний пристрій переводить сигнал лінії SCL в рівень логічного нуля і виставляє на лінію SDA старший біт першого байта повідомлення. Кількість байт у повідомленні не обмежена. Специфікація шини I2C дозволяє зміни на лінії SDA лише за низького рівня сигналу лінії SCL. Для підтвердження приймачем прийому байта від передавача у специфікації протоколу обміну по шині I2C вводиться спеціальний біт підтвердження, що виставляється на шину SDA, після прийому 8 біт даних.

Передача 8 біт даних від передавача до приймача завершуються додатковим циклом (формуванням 9-го тактового імпульсу лінії SCL), при якому приймач виставляє низький рівень сигналу лінії SDA, як ознака успішного прийому байта. У тому випадку, коли ведений приймач не може підтвердити свою адресу (наприклад,

коли він виконує в даний момент будь-які функції реального часу), лінія даних повинна залишатися у високому стані. Після цього ведучий може видати стан "стоп" для переривання пересилання даних.

Провідний пристрій не має монопольного права на керування переходом лінії SCL зі стану логічного нуля до стану логічної одиниці. У тому випадку, коли веденому компоненту потрібен додатковий час на обробку прийнятого біта, він може утримувати лінію SCL у стані низького рівня до моменту готовності до прийому наступного біта [16].

До однієї шини I2C може бути підключено до 127 пристроїв, зокрема кілька провідних. До шини можна підключати пристрої в процесі роботи, тобто вона підтримує гаряче підключення.

## **2.2. Забезпечення цілісності даних**

При передачі повідомлення від провідного пристрою веденому, можливе внесення спотворень у повідомлення, тому необхідно передбачити методи, за допомогою яких приймач зможе визначити наявність помилок у повідомленні, що передається. У разі виявлення помилок приймач надсилає запит на здійснення повторної передачі повідомлення.

Для виявлення помилок було вирішено використати метод контрольних сум. Передавач підраховує деяке значення, зване контрольною сумою, що є функцією повідомлення, і додає його до кінця повідомлення. Приймач використовує ту ж функцію для підрахунку контрольної суми і порівнює отримане значення зі значенням, що знаходиться в кінці повідомлення.

Циклічний надлишковий код (англ. Cyclic redundancy check, CRC) - алгоритм знаходження контрольної суми, призначений для перевірки цілісності даних. Найбільш популярними є алгоритми CRC, що працюють з багаточленами, що породжують:

- CRC-8 – використовується в пристроях низькошвидкісного зв'язку.



- CRC-16 – використовується в таких інтерфейсах, як USB, ModBus та інших лініях зв'язку.

- CRC-32 – використовується при кодуванні відео та аудіо сигналів з використанням стандарту MPEG-2, при кодуванні растрових зображень у форматі PNG та у багатьох інших випадках.

В основі розрахунку контрольної функції CRC лежить арифметична операція – розподіл. Послідовність біт вихідного повідомлення сприймається як величезне двійкове число, виробляється його цілечисленне розподіл на фіксоване значення, та був залишок від розподілу береться як контрольної суми.

Поліном у загальному вигляді записується як:

$$A_1 \cdot X^n + A_2 \cdot X^{n-1} + \dots + A_{n-1} \cdot X + A_n, \quad (2.1)$$

де коефіцієнти  $A_1 \dots A_n$  приймають значення одиниці або нуля.

Однак у обчислювальній техніці оперувати з поліномами  $N$ -ступеня - незручно та ресурсомістко. Тому поліноми замінюють бінарними послідовностями та обчислюють контрольну суму, оперуючи вже не з поліномами, а з бінарними даними. Будь-якому поліному можна однозначно зіставити бінарну послідовність. Тобто для того, щоб однозначно задати поліном, достатньо записати послідовність з коефіцієнтів  $A_1 \dots A_n$ . Наприклад, що породжує поліном CRC-8 у вигляді бінарної послідовності записуватиметься таким чином:

$$x^8 + x^7 + x^6 + x^4 + x^2 + 1 = 111010101, \quad (2.2)$$

Операцію поділу можна замінити повторенням операцій віднімання, тому розглянемо, як здійснюється віднімання в поліноміальній арифметиці за модулем 2. Поліноміальна арифметика за модулем 2 — це вид арифметики, який відрізняється від звичної, двійкової арифметики з циклічним перенесенням, відсутністю переносів та обчисленням всіх коефіцієнтів .

Віднімання поліномів зводиться до операції «що виключає АБО» з елементами полінома, що мають ту саму ступінь. Отже, ми можемо замінити віднімання поліномів операцією «що виключає або», зі зіставленими ним бінарними послідовностями. Розглянемо це твердження з прикладу віднімання двох поліномів:

$$-\frac{x^4 + x^2 + 1}{x^3 + x^2} = x^4 + x^3 + 1 = 11001 \quad (2.3)$$

$$\oplus \frac{10101}{1100} = 11001 \quad (2.4)$$

З прикладу випливає, що результати операцій збігаються, таким чином твердження вірне.

Використовуючи описану вище можливість заміни полінома на бінарну послідовність, розглянемо приклад підрахунку контрольної суми CRC8.

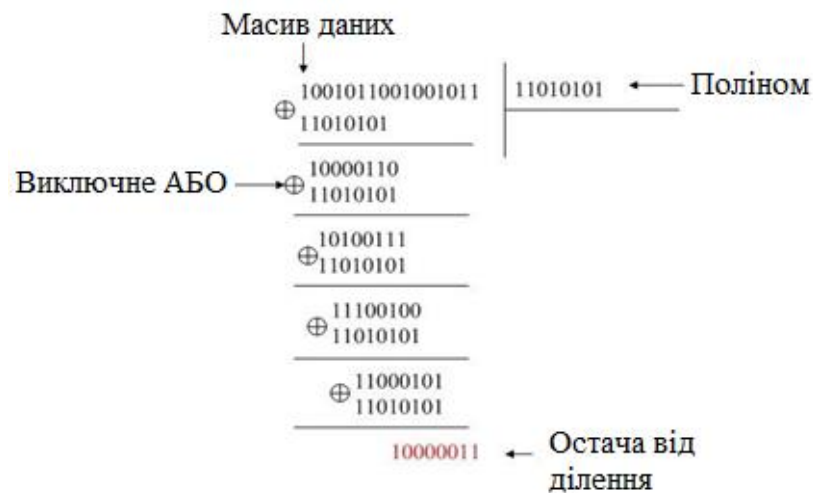


Рис. 2.3. Розрахунок CRC8

На рис. 2.3. показано, що при обчисленні в бінарній послідовності, що породжує, відкидається старший біт, який вказує ступінь полінома.

Особливість розрахунку полягає в тому, що при розрахунку алгоритм працює не з усіма даними, а тільки з невеликою послідовністю бітів (для CRC-8 - з 8-ма бітами), потім, зсуваючись на один біт, знову працює з невеликою послідовністю бітів такий же довжини. Це дозволяє легко обробляти величезні масиви даних, не завантажуючи їх повністю на згадку, що дозволяє економити обчислювальні ресурси мікроконтролера [17].

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

Оскільки система монтується в автобусі, то передбачаються підвищені навантаження компоненти системи через шкідливі фактори навколишнього середовища, такі як: вібрація, пил, волога, широкий діапазон робочих температур, а також високий рівень електромагнітних перешкод; через що ефективність використання бездротових технологій знижується.

Тому для простоти монтування та експлуатації всієї системи було прийнято рішення для передачі даних використовувати багатожильний зносостійкий кабель.

Для забезпечення надійної передачі інформації по кабельній системі було вирішено використовувати протокол передачі даних, здатний не тільки виявляти, а й запобігати втраті та спотворенню інформації.

Як метод управління інформаційним табло було обрано метод з використанням кабельної лінії зв'язку (кабелю), який є надійним та дешевим. Також було визначено протокол передачі у мережі інформаційних табло. Цілісність даних під час передачі здійснюється шляхом розрахунку контрольної суми повідомлення на основі алгоритму CRC-8.

## РОЗДІЛ 3

### РЕАЛІЗАЦІЯ ПРИСТРОЮ КЕРУВАННЯ

Крім завдання управління мережею інформаційних табло, пристрій виконує функцію інформування водія і має інтерфейс користувача. Ця функція реалізується за допомогою LCD-дисплея та матричної клавіатури.

#### 3.1. Створення символів кирилиці

Істотною проблемою, що виникає при використанні такого екрану, є відсутність серед мов кирилиці, що підтримуються. Ця проблема може бути вирішена такими способами:

- Заміна екрану на російський аналог фірми МЕЛТ, який підтримує кирилицю, проте його вартість у рази більша за вартість екрана з Китаю.
- Перепрограмування екрана, що дозволяє замінити в пам'яті символи на інші. Однак відсутність детальних описів внутрішнього пристрою дисплея може спричинити втрату працездатності екрана.
- Додавання до коду мікроконтролера опису символів та їх використання спільно з символами латиниці для створення інтерфейсу російською мовою, що складається з повноцінних слів або їх загальноприйнятих скорочень.

Для вирішення цієї проблеми було вирішено використовувати 3-й спосіб, оскільки такий спосіб вирішення проблеми є найдешевший і не надто складним для реалізації.

Символи були відображені в Microsoft Excel, як це показано на рис. 3.1 на прикладі літери "Ш" розміром 7x5.

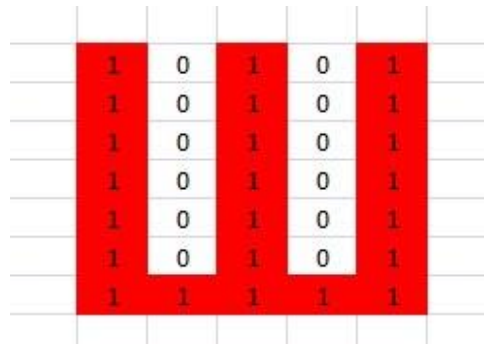


Рис. 3.1. Створення літери “Ш”

Потім змінна, що означає цей символ, була оголошена в коді у вигляді масиву: `uint8_t bukva_sh = {B10101, B10101, B10101, B10101, B10101, B10101, B11111}`, де елемент `B10101` відповідає першому рядку створеного символу в двійковому вигляді.

Також цей символ може бути представлений у шістнадцятковій системі числення:

```
uint8_t bukva_sh = {0x15, 0x15, 0x15, 0x15, 0x15, 0x15, 0x1F}
```

Далі для використання цього символу у пропозиції, спочатку вказується даний символ в конструкції `lcd.createChar()`, яка створює символ у пам'яті екрана, а потім виводиться за допомогою функції `lcd.print()` на екран.

```
lcd.createChar (0, bukva_sh); lcd.print(0).
```

Однак при використанні конструкції `lcd.createChar()` внутрішня пам'ять LCD-дисплея дозволяє використовувати лише 8 символів в одному блоці інформації, що виводиться.

### 3.2. Меню користувача

Робота меню користувача описується алгоритмом, блок-схема якого представлена на рис. 3.2.

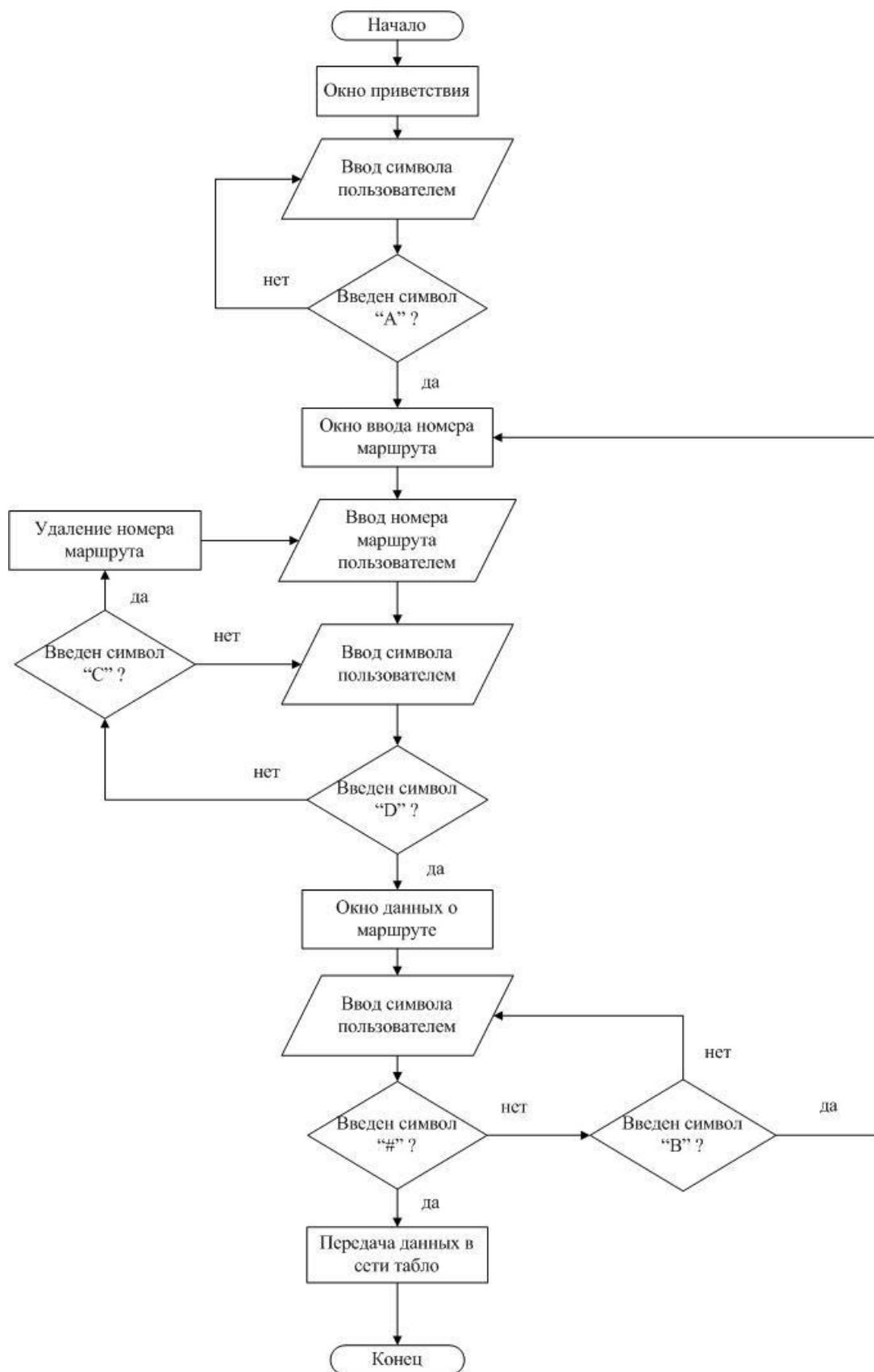


Рис. 3.2. Блок-схема алгоритму роботи меню користувача

Взаємодія пристрою з водієм починається з екрана привітання, потім після натискання кнопки «А» відбувається перехід у наступне контекстне меню, де користувач здійснює вибір маршруту слідування транспорту. На даному етапі можна ввести номер від 0 до 999, однак, при необхідності можна збільшити діапазон чисел, що вводяться. Якщо водій помилився при введенні номера маршруту, він може скинути введений номер натисканням кнопки «С». Після введення номера, натиснувши кнопку «D», відбувається перехід у наступне контекстне меню, де відображаються початкова та кінцева зупинка заданого маршруту. Завдяки наявності інформації, водій може переконатися у правильності обраного маршруту. Якщо ж водій вибрав неправильний маршрут, то він може перейти в попереднє меню, натиснувши кнопку «В», і вибрати номер маршруту заново, інакше після натискання кнопки «#» відбувається надсилання інформації пристроєм виведення.

### 3.3. Підготовка та передача даних

Для здійснення процедури передачі даних пристроєм відображення інформації необхідно її перетворити на вигляд зручний для передачі. Перетворення інформації відбувається відповідно до алфавіту кодування символів, представленого в таблиці.

Таблиця 3.1

Алфавіт кодування символів

Символ	Код символу	Символ	Код символу
А	1	Ч	25
Б	2	Ш	26
У	3	Щ	27
Г	4	Ъ	28
Д	5	Ы	29

Е	6	Ь	30
Ё	7	Е	31
Ж	8	Ю	32
З	9	Я	33
І	10	.	34
Й	11	Пробіл	35
До	12	-	36
Л	13	^	37
М	14	1	38
Н	15	2	39
Про	16	3	40
П	17	4	41
Р	18	5	42
З	19	6	43
Т	20	7	44
У	21	8	45
Ф	22	9	46
Х	23	0	47
Ц	24		

Результатом перетворення є масив, що складається з байтів даних, які несуть у собі інформацію про закодований символ.

Підготовка інформації здійснюється за допомогою спеціальної програми, написаної для Windows. Алгоритм роботи програми, як блок-схеми, представлений на рис. 3.3.



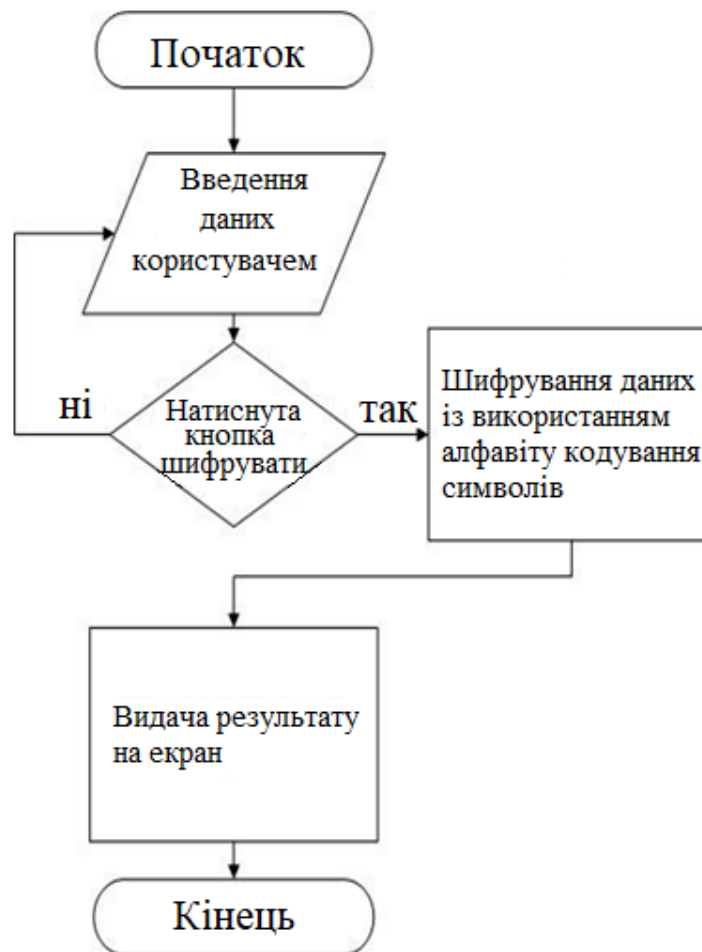


Рис. 3.3. Алгоритм роботи програми

Символ «^» використовуються як роздільник початкової та кінцевої зупинок, оскільки вони виводяться на різних рядках інформаційного табло. Після перетворення отриманий масив додаються код мікроконтролера у вигляді вихідних даних.

Лістинг програми, що описує алгоритм роботи програми, представлений у додатку Б.

Відправлення даних здійснюється після натискання кнопки «#», при цьому відбувається підрахунок контрольної суми CRC-8, значення якої додається в масив даних, що відправляються. Після прийняття даних приймач також розраховує контрольну суму та порівнює її з прийнятим значенням. Якщо ці значення не збігаються, то керований пристрій запитує повторну передачу даних. Запити від приймача продовжуватимуться до моменту, коли значення контрольних сум не

співпадуть. У разі відхилень у роботі пристрою можна перезавантажити після натискання кнопки «\*».

Описаний код реалізації алгоритму роботи пристрою представлено у додатку В.



Рис. 3.4. Зовнішній вигляд спроектованого пристрою

### ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

У цьому розділі були розроблені:

- російський шрифт для LCD-дисплея з формування російськомовного меню користувача;
- архітектура інтерфейсу користувача;
- алфавіт кодування символів;

- Windows-додаток для підготовки даних до передачі в мережі інформаційних табло на основі алфавіту кодування.

Також було реалізовано взаємодію пристрою управління та мережі інформаційних табло з використанням зворотного зв'язку для здійснення запитів на повторну передачу даних.

## РОЗДІЛ 4

### ОХОРОНА ПРАЦІ

Метою даної роботи є створення системи інформування, що відображатиме інформацію про номер і маршрут руху громадського транспорту, що складається з світлодіодних дисплеїв і керується за допомогою платформи Arduino.

#### **4.1. Ураження електричним струмом**

При експлуатації пристрою можливе ураження електричним струмом при контакті зі світлодіодними матрицями. небезпечний і шкідливий вплив на людей електричного струму, електричної дуги та електромагнітних полів проявляється у вигляді електротравм. Ступінь небезпечного та шкідливого впливу на людину електричного струму, електричної дуги та електромагнітних полів залежить від:

1. Роду та величини напруги та струму.
2. Частота електричного струму.
3. Шляхи струму через тіло людини.
4. Тривалість впливу на організм людини.

При несправності будь-яких компонентів корпус пристрою може бути під струмом, що може призвести до електричних травм або електричних ударів. Оскільки всі струмопровідні частини матриць та інших приладів, що використовуються, ізолювані, то випадковий дотик до струмоведучих частин виключено. У цьому пристрої було реалізовано підключення всіх компонентів пристрою до мінусової клеми акумулятора автомобіля для запобігання ураженням струмом при несправності.

Причинами погіршення ізоляційних властивостей кабелів:

1. Локальні нагрівання контактних з'єднань. Тепло, поширюючись металевую жилою, нагріває матеріал покриття, знижуючи його ізоляційні властивості. Це відноситься і до сполучних коробок, і до місць підключення провідників до

автоматичних вимикачів ялин, нульових шин. Також зменшенню ізоляційних властивостей сприяє перегрів корпусів, обвуглювання їх після коротких замикань.

3. Вологість. Утворення конденсату призводить до появи крапельок води між виводами електрообладнання, що знаходяться під різними електричними потенціалами. Вода у чистому вигляді електричний струм не проводить. Але, потрапляючи на бруд і пил, що покриває корпуси електроприладів, вона розчиняє речовини, що знаходяться в ній, стаючи провідником електричного струму. Відбувається коротке замикання.

4. Монтажні роботи Другий пік проблем зустрічається вже в експлуатації, через кілька років після монтажу. Окремим видом виділяються пошкодження, пов'язані з неправильною експлуатацією електроприладів та електропроводки.

## **4.2. Висвітлення інформаційних табло**

Вибір зовнішніх освітлювальних приладів ґрунтується на їх цільовому призначенні, кліматичних особливостях освітлюваної місцевості, негативному впливі навколишнього середовища. Очевидно, що освітлення вулиць значно відрізняється від внутрішнього за технічними характеристиками, конструкцією та принципом монтажу приладів, але параметри, за якими оцінюють якість освітлення, в цілому залишаються ті ж. Ми говоримо про: світловіддачу (потужності світлового потоку), кольоропередачу (що впливає на сприйняття людським оком реальних кольорів освітлюваних предметів), колірну температуру (тепле або холодне світло) та термін експлуатації, що особливо важливо, враховуючи ускладнений доступ до джерела світла через звичайну віддаленість його розміщення.

За призначенням вуличне освітлення поділяють на:

1. Висвітлення міста: тротуарів, проїжджої частини, площ, прибудинкових територій, спортивних та будівельних об'єктів, громадських установ. Кожне місце вимагає особливої яскравості та потужності освітлення.

2. Локальне освітлення рекламних носіїв та інформаційних табло, включаючи дорожні знаки.

3. Спрямоване декоративне підсвічування архітектурних пам'яток.

Для спрямованого освітлення використовують рефлекторні світильники, прожектори, точкові джерела світла, а для розсіяного - світильники з розсіювачами, що забезпечують рівномірне освітлення тротуарів, зупинок міського транспорту, паркових доріжок та інших зон, в яких важливо не засліплювати, але створювати достатню видимість для безпечного.

При організації вуличного освітлення важливо забезпечити світловий потік необхідної яскравості та потужності з мінімальним енергоспоживанням, простим доглядом та тривалим терміном експлуатації. Оптимальним варіантом, що задовольняє базові вимоги до вуличного освітлення, є світлодіодні світильники з високою ефективністю та економним споживанням електроенергії. Світлодіод демонструє відмінну продуктивність при перетворенні електроенергії на світло, яка в перспективі обіцяє бути ще більшою, що можна стверджувати на підставі лабораторних досліджень.

Ще одна причина високого ККД – спрямованість світлового потоку. При потребі у розсіяному висвітленні в одному приладі використовують кілька різноспрямованих діодів з рефлекторами, що дозволяють рівномірно розподілити світло. До всіх безперечних переваг потрібно додати той факт, що, порівняно з люмінесцентними та газорозрядними лампами, світловий потік від діодних джерел повільніше деградує в процесі експлуатації, отже його заявлені характеристики зберігаються.

Основними недоліками світлодіодних ламп є:

1. Неприємний спектр свічення. За свідченням психологів, понад 80% респондентів негативно відгукуються щодо застосування таких світильників удома.

2. Світлодіоди дають дуже спрямоване світло. Вам може знадобитися більше таких ламп для звичного освітлення.

3. Для стабільної та довговічної роботи цих світильників потрібно застосовувати дуже дорогі джерела живлення та системи охолодження. Без цих пристроїв світлодіоди швидко деградують. Джерела живлення використовуються імпульсні.

У цій роботі було обрано матриці з діодами червоного кольору, але при введенні в експлуатацію рекомендується використовувати світлодіоди з теплою температурою кольору. Варто відзначити, що використання ультрафіолетових світлодіодів з люмінесцентним напленням може знизити шкідливий вплив на людський зір, порівняно з червоними світлодіодами одного спектру.

Також рекомендується перед введенням в експлуатацію використовувати люксметр-калориметр, люксметр та яскравомір для перевірки кольору та яскравості світлодіодів.

Люксметри призначені для вимірювання освітленості, що створюється природним світлом та різними джерелами штучного освітлення, які можуть бути розташовані довільно щодо вимірювальної головки люксметра.

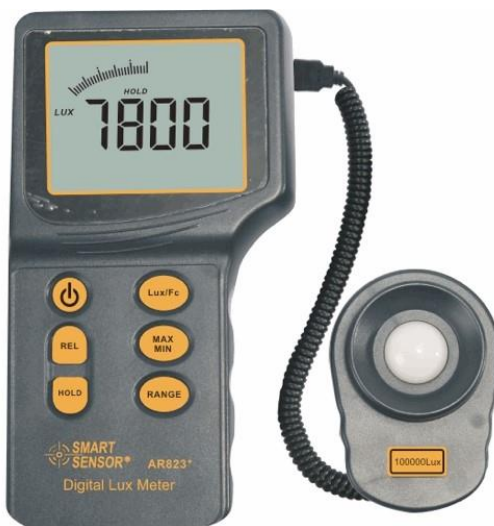


Рис. 4.1. Зовнішній вигляд люксметра

Яскравоміри – компактні легкі прилади для вимірювання яскравості джерел світла або поверхонь, що відбивають (рис. 4.2).



Рис. 4.2. Зовнішній вигляд яскравоміра

Люксметр-колориметр – це прилад, що вимірює кольоровість, колірні відмінності, корельовану колірну температуру та освітленість джерел світла.



Рис. 4.3. Зовнішній вигляд люксметра-калориметра

Завдяки джерелу живлення діоди світять дуже яскраво, що сприяє кращому сприйняттю інформації, але знижує термін експлуатації пристрою. Також слід



враховувати коефіцієнт пульсації джерела живлення та, при введенні в експлуатацію, коефіцієнт пульсації бортової мережі автобусів.

Облік цього коефіцієнта знизить шкідливий вплив на людський зір та покращить сприйняття інформації, що виводиться на табло.

### **4.3. Спотворення інформації при передачі даних**

Основними причинами спотворення сигналу є перешкоди сторонніх каналів зв'язку, зумовлені роботою інших пристроїв. Захист інформації від спотворень забезпечується груповим методом, зокрема, додаванням кількісної характеристики коду. Як характеристику використовується контрольна сума, що розраховується за алгоритмом розрахунку CRC-8. Приймач на основі прийнятої та розрахованої величини контрольної суми прийнятої комбінації надсилає передачу запит на повторну передачу інформації. Передача даних здійснюється доти, доки приймач не видасть сигнал про правильне прийняття інформації.

Для досягнення максимального ступеня впевненості було проведено тестування пристрою під впливом перешкод.

Спотворення інформації може також відбуватися через несправність внутрішньої пам'яті мікроконтролера, що зберігає інформацію про номер і маршрут прямування громадського транспорту. Тому у майбутньому підвищення надійності роботи пристрою передбачається використовувати у складі мікроконтролера карту пам'яті, що містить інформацію про маршрути руху транспорту. Використання картки дозволить діагностувати несправність внутрішньої пам'яті мікроконтролера шляхом порівняння даних. При виникненні розбіжностей пристрій сигналізуватиме про необхідність проведення ремонтні роботи.

Встановлення карти пам'яті в мікроконтролер здійснюється за допомогою спеціального модуля, зовнішній вигляд якого представлений на рис. 4.4.

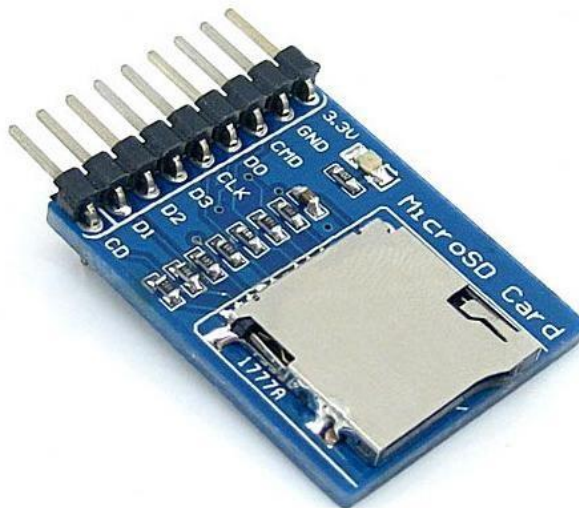


Рис. 4.4. Зовнішній вигляд модуля карток пам'яті

#### 4.4. Інформування користувача

Інформування користувача здійснюється за допомогою LCD-дисплея з LED-підсвічуванням. Зручність сприйняття інформації водієм є одним із важливих критеріїв зручності експлуатації пристрою користувачем.

Зручність сприйняття інформації користувачем залежить від характеристик дисплея, якими є колір та яскравість підсвічування, контрастність дисплея.

Колір підсвічування дисплея та режим відображення символів залежить від типів використовуваних поляризаторів та рідких кристалів. Можливість підсвічування дисплея визначається наявністю або відсутністю відбивача на задній стінці скла.

Існують такі кольори підсвічування:

- жовто-зелений;
- червоний;
- синій;
- білий;
- зелений;
- бурштиновий.

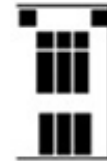
За потреби користувач може змінити поточний колір підсвічування дисплея шляхом заміни кольорового фільтра.

Відображення символів може здійснюватися в одному з двох режимів (рис. 4.5):

- "позитивне" зображення – темні символи на світлому фоні;
- "негативне" зображення – світлі символи на темному тлі.



Позитивне зображення



Негативне зображення

Рис. 4.5. Режими відображення символів

У цій роботі використовується дисплей із жовто-зеленим кольором підсвічування з напівпрозорим відбивачем у задній частині скла. Такий дисплей відображає символи в режимі "позитивного" зображення та забезпечує хорошу читаність за будь-яких умов освітлення. При поганому освітленні використовується підсвічування, а при хорошій освітленості підсвічування може бути вимкнене, що також сприятиме зниженню електроспоживання пристроєм. Відключення підсвічування здійснюється шляхом усунення перемички на модулі I2C.

Регулювання інших характеристик екрану, таких як контрастність та яскравість, може здійснюватися за допомогою потенціометра та ШІМ відповідно.

Зміна контрастності в даному пристрої здійснюється шляхом використання потенціометра з опором рівним 10 кОм, що знаходиться на I2C модулі і дозволяє обмежити струм, що протікає через світлодіоди [19]. Істотним недоліком даного способу є те, що при необхідності зміни контрастності дисплея, а також відключення або увімкнення підсвічування потрібне розбирання корпусу пристрою.

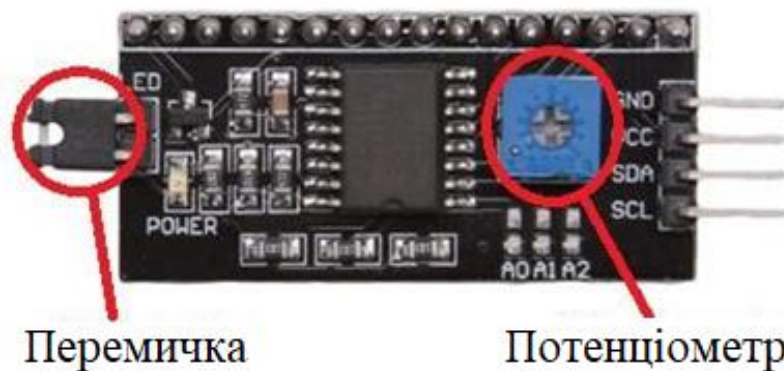


Рис. 4.6. Потенціометр регулювання контрастності дисплея на I2C модулі

У майбутньому для зручнішого використання заднього підсвічування дисплея при різному ступені освітленості передбачається використовувати фоторезистор і ШІМ регулювання. Відповідно до поточного значення опору фоторезистора мікроконтролер буде встановлювати необхідну яскравість підсвічування дисплея, використовуючи ШІМ регулювання, яке здійснюється за допомогою спеціальної функції середовища розробника: `analogWrite (pin, val)`,

де `pin` - номер виведення мікроконтролера, що генерує ШІМ сигнали, `val` - коефіцієнт заповнення ШІМ. Так як розрядність ШІМ Arduino дорівнює 8, то діапазон зміни `val` від 0 до 255, що відповідає коефіцієнту заповнення від 0 до 100 %.

При цьому Arduino забезпечує частоту ШІМ рівну 490 Гц [20].

Регулювання яскравості підсвічування дисплея потрібно приділяти пильну увагу, оскільки при зниженні яскравості екрана частота мерехтіння світлодіодів перевищує 80 Гц. Таке мерехтіння зорво людським оком не фіксується, проте воно безперервно дратує нервові закінчення, викликаючи головний біль та втому в очах. Однак частота мерехтіння світлодіодів, що забезпечується ШІМ мікроконтролера, не впливає на здоров'я людини, оскільки перевищує 300 Гц [21].

## РОЗДІЛ 5

### ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Стан довкілля в Україні викликає занепокоєння, оскільки є результатом економічних помилок та екологічних розрахунків, оскільки неможливе самоочищення природного середовища, відбувається деградація та знищення запасів природних ресурсів.

У зв'язку з цим сформульовані основні шляхи виходу України з важкої екологічної кризи:

- розробка комплексних програм з охорони навколишнього середовища на основі моніторингових спостережень;
- збільшення витрат на охорону природи та прискорення темпів будівництва природоохоронних об'єктів;
- заборона відступу від проектів, що завдають шкоди навколишньому середовищу.

В основному, джерелами забруднення навколишнього середовища є технологічні процеси та недосконале очищення відходів від цих процесів, основним завданням є розробка безвідходних або маловідходних технологій, використання сучасних транспортних засобів, впровадження організаційних заходів з екологічної безпеки, таких як плата за викиди в атмосферу та гідросферу, продаж квот на викиди у навколишнє середовище, раціональне розміщення підприємств з урахуванням густини населення та інше.

На сучасному етапі при масовому використанні моніторів і комп'ютерів треба враховувати їх вплив на навколишнє середовище на всіх стадіях: при виготовленні, експлуатації та після закінчення терміну служби. Сьогодні діють екологічні стандарти, що визначають вимоги до виробництва та матеріалів, що використовуються у конструкції приладів. Вони не повинні містити фреонів, хлоридів, бромідів.

У стандартах ТСО закладено обмеження щодо кадмію у світлочутливому шарі екрану дисплея і ртуті в батарейках. Апарати, тара та документація мають проходити нетоксичну переробку після використання.

Робота на ПК типу IBM PC/AT не надає шкідливого впливу на довкілля. Після закінчення терміну служби повністю підлягає вторинній переробці, а також апарати, тара, документація повинні допускати нетоксичну переробку після використання.

Офіс специфіки роботи крім відпрацьованих моніторів має відходи люмінесцентних ламп, побутові відходи та відходи паперу. Відпрацьовані люмінесцентні лампи складають у відведених місцях і спрямовують на спеціалізовану переробку від ртуті. Папір подрібнюють та відправляють на утилізацію. Побутові відходи комунальних служб вивозять на полігон.

### **5.1. Забруднення навколишнього середовища**

Під забрудненням навколишнього середовища слід розуміти зміну властивостей середовища (хімічних, механічних, фізичних, біологічних та пов'язаних з ними інформаційних), що відбуваються в результаті природних або штучних процесів і призводять до погіршення функцій середовища по відношенню до будь-якої біологічної, або технологічного об'єкта. Найчастіше ці зміни виражаються у несприятливій формі забруднення.

Сьогоднішній день, важко уявити без комп'ютерів, телевізорів та іншої електронної техніки.

Інформаційні та телекомунікаційні технології, включивши в себе екологію як гуманні основи розвитку, перетворилися на ідею інформаційного суспільства, стали способом життя людства, запорукою нового циклу розвитку цивілізації та планети.

Інформаційні технології сьогодні є більш екологічними, ніж більшість інших видів активної людської діяльності, проте їх ще не можна назвати справді екологічними. Скажімо, ефективність інформаційних мереж безпосередньо залежить від кількості користувачів, тобто кількості комп'ютерів, включених у мережу. Для

виготовлення одного звичайного персонального комп'ютера потрібно від 15 до 19 тон матеріалів. Це можна порівняти з 25 тонами, необхідними для виробництва автомобіля. На кожен комп'ютер, що функціонує (використовується в середньому протягом 4 років) припадає 1,5 вироблених комп'ютера. А близько третини комп'ютерів ніколи не буває взагалі через швидкість, з якої вони втрачають технологічну актуальність. Це означає, що ресурси, що витрачаються, дійсно наближаються до рівня автомобіля.

Електронні пристрої містять дуже токсичні сполуки, які, потрапляючи в довкілля, створюють серйозну небезпеку для життя людей. Так, наприклад, 22% ртуті, що добувається щорічно в усьому світі, йде саме на потреби електронної промисловості і, зокрема, міститься в мобільних телефонах. Кадмій, який є канцерогеном, використовується практично у всіх напівпровідникових пристроях. Свинець, особливо токсичний для нервової системи, міститься в акумуляторах та екранах моніторів. У міру розкладання захисних покриттів з електронних пристроїв у довкілля виділяється діоксин та інші високотоксичні сполуки.

Занепокоєння громадськості проблемами екології, а також нові, жорсткіші закони щодо захисту навколишнього середовища змушують великих виробників обладнання створювати мережі зі збору, що вийшли з обігу техніку та заводи з її утилізації. Крім того, у конструкції обладнання максимально збільшується частка матеріалів, придатних для переробки. Розміри мережі з утилізації "електронного брухту" залежать від регіону та місцевого законодавства.

Вся оргтехніка включає як органічні складові (пластик різних видів, матеріали на основі полівінілхлориду, фенолформальдегіду), так і майже повний набір металів.

Згідно з довідковими даними та на підставі лабораторних хімічних аналізів у таблиці 6.1 наведено усереднені дані про вміст різних металів та матеріалів у персональному комп'ютері.

Отже, звичайний комп'ютер містить цінні метали, такі як золото, срібло, алюміній, мідь, так і небезпечні, такі як кадмій, свинець, цинк, нікель, тому при

списанні та утилізації обладнання керівнику необхідно керуватися і законодавством в галузі охорони навколишнього середовища.

## **5.2. Вплив об'єкта дослідження на довкілля**

В результаті виконання роботи було розроблено пристрій, що базується на платформі Arduino Uno. Даний пристрій не виділяє забруднень, здатних нашкодити гідросфері або атмосфері, оскільки він працює на електриці.

Потенційне забруднення навколишнього середовища пов'язане лише з літосферою, якій може бути заподіяна шкода при неправильній утилізації складових частин пристрою.

Проте обсяг виробництва пристрою прямо пропорційно залежить рівня енергетики. Розвиток енергетичної сфери істотно впливає на навколишнє середовище, оскільки є джерелом забруднення гідросфери, атмосфери і літосфери, а також надр земної поверхні, через споживання викопних ресурсів.

## **5.3. Заходи щодо захисту навколишнього середовища**

Основними джерелами забруднення довкілля є відходи, що утворюються після закінчення терміну служби пристрою керування.

Відходи - це залишки продуктів або додатковий продукт, що утворюються в процесі або після завершення певної діяльності і не використовуються в безпосередньому зв'язку з цією діяльністю [22].

Види відходів:

- відходи виробництва (залишки сировини, матеріалів, виробів і напівфабрикатів, а також інших продуктів і речовин, що утворилися в ході виробничого процесу, виконання низки послуг або вироблення енергії, бракована продукція, матеріали, що втратили свої колишні властивості);



- відходи споживання (залишки предметів чи речей, які втратили свої основні вихідні властивості внаслідок використання чи зносу);
- Відходи споживання, що утворюються населення, є твердими побутовими відходами;
- Інертні відходи (відходи від упаковки зі скла, металу, паперу, дерева, шкіри, тканин);
- Небезпечні відходи. Існують такі види відходів залежно від ступеня токсичності: надзвичайно небезпечні (I), високотоксичні (II), помірно небезпечні (III) та малонебезпечні (IV). Токсичність відходів визначається вмістом небезпечних речовин, що призводять до самозаймання, реактивних речовин, канцерогенів тощо.

Елементи пристрою керування після закінчення терміну експлуатації відносяться до твердих побутових відходів та повинні бути утилізовані належним чином у відповідних місцях утилізації відходів.

Відходами є такі компоненти пристрою:

- LCD-дисплей (ПК-дисплей);
- Матрична клавіатура;
- Платформа Arduino Uno;
- Пластмасовий корпус.

У цій роботі використовується ПК-дисплей з LED-підсвічуванням, що складається з елементів (поляризаційний фільтр, скляна підкладка, електроди, рідкі кристали та колірний фільтр), що не містять токсичних речовин. Такий екран не становить небезпеки для здоров'я і життя людей і навколишнього середовища, на відміну від дисплея, що містить ртуть, з CCFL-підсвічуванням, що вимагає обережного звернення, через наявність ртуті в складі люмінесцентних ламп, і спеціальних заходів з утилізації.



Рис. 5.1. Зовнішній вигляд РК-дисплея з підсвічуванням CCFL

Після закінчення терміну служби дисплей підлягає утилізації в обслуговуючій організації відповідно до норм, правил та способів, що діють у місці утилізації [23].

Утилізація полімерних відходів регламентується стандартом [24]. Відповідно до цього стандарту, пластмасовий корпус та матрична клавіатура пристрою управління після закінчення терміну служби слід відправляти на переробку.

Платформа Arduino UNO може бути утилізована у відповідних місцях утилізації електронних пристроїв, оскільки платформа не містить у своєму складі токсичних матеріалів. При утилізації необхідно відсортувати металеві складові частини за видами металу і видалити з них неметалеві складові, а потім піддати механічній обробці (рубка, різання).

## ВИСНОВКИ

У процесі виконання випускної кваліфікаційної роботи було спроектовано пристрій управління мережею інформаційних табло, що розташовані по периметру пасажирського транспорту, на базі платформи Arduino Uno. У процесі проектування було проведено обґрунтований підбір основних елементів пристрою. Складено пристрій керування.

Було розглянуто основні методи управління інформаційним табло. За результатами дослідження обрано метод керування з використанням кабельної лінії зв'язку. Основними частинами роботи стали розробка інтерфейсу користувача і забезпечення цілісності даних при передачі інформації в мережі, так як дані схильні до впливу зовнішніх перешкод при передачі.

Провели тестові випробування зібраного пристрою управління в лабораторії. В даний час пристрій готовий до введення в дослідну експлуатацію.

Завдяки відкритості платформи Arduino та наявності модульної структури пристрою керування, у майбутньому можлива модернізація програмного забезпечення та апаратної частини пристрою з метою підвищення рівнів надійності функціонування та зручності експлуатації користувачем, а також здійснення оперативного повідомлення пасажирів про виникнення надзвичайних та позаштатних ситуацій.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бройдо В.Л., Ільїна О. П. Обчислювальні системи, мережі та телекомунікації: Підручник для вузів. 4-те вид. - СПб.: Пітер, 2011. - 560 с.: Іл.
2. Raspberry Pi [Електронний ресурс] / Вікіпедія – вільна енциклопедія – [https://ua.wikipedia.org/wiki/Raspberry\\_Pi](https://ua.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi)
3. STM32 [Електронний ресурс] / Вікіпедія – вільна енциклопедія – <https://ua.wikipedia.org/wiki/STM32>
4. Arduino Uno [Електронний ресурс] / Вікіпедія – вільна енциклопедія – <http://wiki.amperka.ru/продукти:arduino-uno>
5. ПЛІС [Електронний ресурс] / Вікіпедія – вільна енциклопедія – <https://ua.wikipedia.org/wiki/ПЛІС>
6. Serial Peripheral Interface [Електронний ресурс] / Вікіпедія – вільна енциклопедія – [https://ua.wikipedia.org/wiki/Serial\\_Peripheral\\_Interface](https://ua.wikipedia.org/wiki/Serial_Peripheral_Interface)
7. Універсальний асинхронний приймач [Електронний ресурс] / Вікіпедія – [https://ua.wikipedia.org/wiki/Універсальний\\_асинхронний\\_приймач](https://ua.wikipedia.org/wiki/Універсальний_асинхронний_приймач)
8. I2C [Електронний ресурс] / Вікіпедія – вільна енциклопедія – <https://ua.wikipedia.org/wiki/I2C>
9. Бібліотека Wire [Електронний ресурс] / Ардуїно в Україні – <https://doc.arduino.ua/ru/prog/Wire>
10. Бібліотека Arduino\_I2C\_connect [Електронний ресурс] / Магазин [iarduino.ru](http://iarduino.ru) – <http://iarduino.ru/file/254.html>
11. Інформаційне табло. Як вибрати інформаційне табло [Електронний ресурс] / Компанія ТД Таймер – <http://www.tdtimer.ru/info/articles/informatsionnoe-tablo.htm>
12. Світлодіодний графічний екран [Електронний ресурс] / Вікіпедія – вільна енциклопедія – [https://ua.wikipedia.org/wiki/Світлодіодний\\_графічний\\_екран](https://ua.wikipedia.org/wiki/Світлодіодний_графічний_екран)

13. Переваги та недоліки світлодіодних екранів з малим кроком пікселя [Електронний ресурс] / Mitsubishi Electric US Visual & Imaging
14. Світлодіод, історія розвитку, цікаві факти, перспективи [Електронний ресурс] / Магазин Svetlix - [http://svetlix.ru/articles/about\\_led](http://svetlix.ru/articles/about_led)
15. LED матриця 8x8 та регістри 74НС164 [Електронний ресурс] / Популярная робототехніка – <http://www.poprobot.ru/home/ledmatrica8x8iregistry74hc164>
16. Зсувний регістр 74НС595 та семисегментний індикатор [Електронний ресурс] / Практична електроніка – <http://hardelectronics.ru/74hc595.html>
17. Як застосувати у своїх виробках "рекламні" LED-матриці індикатор [Електронний ресурс]. – <https://www.drive2.com/c/3047751/>
18. Бібліотека DMD2 [Електронний ресурс] / GitHub , Inc. – <https://github.com/freetronics/DMD2>
19. Циклічний надлишковий код [Електронний ресурс] / Вікіпедія – вільна енциклопедія – [https://ua.wikipedia.org/wiki/Циклічний\\_надлишковий\\_код](https://ua.wikipedia.org/wiki/Циклічний_надлишковий_код)
20. A simple CRC8 for Arduino [Електронний ресурс] / Leonardomiliani – <http://www.leonardomiliani.com/en/2013/un-semplce-crc8-perarduino/>

## ДОДАТОК А

Таблиця 1

### Порівняльна характеристика інтерфейсів передачі

SPI	Переваги
	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Повнодуплексна передача даних за замовчуванням.</li><li>2. Вища пропускна здатність порівняно з I<sup>2</sup>C.</li><li>3. Можливість довільного вибору довжини пакета, довжина пакета не обмежена вісьмома бітами.</li><li>4. Простота апаратної реалізації (нижчі вимоги до енергоспоживання порівняно з I<sup>2</sup>C; веденим пристроям не потрібна унікальна адреса, на відміну від такого інтерфейсу, як I<sup>2</sup>C).</li><li>5. Використовується лише чотири висновки, що набагато менше, ніж для паралельних інтерфейсів.</li><li>6. Однонаправлений характер сигналів дозволяє при необхідності легко організувати гальванічну розв'язку між провідним та веденими пристроями.</li><li>7. Максимальна тактова частота обмежена лише швидкістю пристроїв, що у обміні даними.</li></ol>
	Недоліки
	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Необхідно більше висновків, ніж інтерфейсу I<sup>2</sup>C.</li><li>2. Пристрій не може керувати потоком даних.</li><li>3. Немає підтвердження прийому даних з боку керованого пристрою.</li><li>4. Немає визначеного стандартом протоколу виявлення помилок.</li><li>5. Відсутність офіційного стандарту, що унеможливило сертифікацію пристроїв.</li></ol>

SPI	<p>6. По дальності передачі інтерфейс SPI поступається такому стандарту, як UART.</p> <p>7. Наявність безлічі варіантів реалізації інтерфейсу.</p> <p>8. Відсутність підтримки гарячого підключення пристроїв.</p>
UART	Переваги
	<p>1. за один крок передається одночасно група бітів; дані передаються та приймаються у зручній формі (всередині процесора використовуються паралельна передача).</p>
	Недоліки
	<p>1. біти по дротах можуть приходити одночасно;</p> <p>2. потрібне використання додаткових засобів для отримання неспотворених повідомлень (обмеження максимальної швидкості передачі).</p>
I2C	Переваги
	<p>1. необхідний лише один мікроконтролер для управління набором пристроїв;</p> <p>2. використовується лише два провідники для підключення багатьох пристроїв;</p> <p>3. можлива одночасна робота кількох провідних (master) пристроїв, підключених до однієї шини I<sup>2</sup>C;</p> <p>4. стандарт передбачає «гаряче» підключення та відключення пристроїв у процесі роботи системи;</p> <p>5. вбудований мікросхеми фільтр пригнічує сплески, забезпечуючи цілісність даних.</p>

I2C	Недоліки
	<ol style="list-style-type: none"><li data-bbox="363 300 1011 338">1. обмеження на ємність лінії – 400 пФ;</li><li data-bbox="363 360 1511 663">2. незважаючи на простоту протоколу, програмування контролера I<sup>2</sup>C утруднене через велику кількість можливих позаштатних ситуацій на шині. З цієї причини більшість систем використовують I<sup>2</sup>C з єдиним провідним (Master) пристроєм, і поширені драйвери підтримують тільки монопольний режим обміну I<sup>2</sup>C;</li><li data-bbox="363 685 1511 792">3. складність локалізації несправності, якщо один із підключених пристроїв помилково встановлює на шині стан низького рівня.</li></ol>



## ДОДАТОК Б

Лістинг файлу шрифту

```
# include < inttypes.h >
# ifdef __AVR__
# include < avr / pgmspace.h >
# elif defined (ESP8266)
# include < pgmspace.h >
# else
# define PROGMEM
# endif
# ifndef SYSTEM5x7_H
# define SYSTEM5x7_H
# define SYSTEM5x7_WIDTH 5
# define SYSTEM5x7_HEIGHT 7
#define SystemFont5x7 System5x7

static const uint8_t System5x7[] PROGMEM = {
0x0, 0x0, // size of zero indicates fixed width font, actual length is width * height
0x05, // width
0x07, // height
0x20, // first char
0x60 // char count

// Fixed width; char width table not used !!!!

// font data
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, // (space)
```

0x7f, 0x49, 0x49, 0x49, 0x31, // !  
0x7f, 0x01, 0x01, 0x01, 0x01, //  
0x60, 0x3F, 0x21, 0x3F, 0x60, // # = Д  
0x77, 0x08, 0x7F, 0x08, 0x77 , // \$ = Ж  
0x49, 0x49, 0x49, 0x49, 0x 36, //% = З  
0x7f, 0x01, 0x01, 0x01, 0x 01, // &=Г  
0x7f, 0x20, 0x10, 0x08, 0x7 f, // '=I  
0x7E, 0x20, 0x11, 0x08, 0x7 E, // (=   
0x40, 0x3E, 0x01, 0x01, 0x7F, //) = Л  
0x7F, 0x01, 0x01, 0x01, 0x7F , // \* = П  
0x0E, 0x11, 0x7F, 0x11, 0x0E, // += Ф  
0x3F, 0x20, 0x20, 0x3F, 0x60 , // ,= Ц  
0x08, 0x08, 0x08, 0x08, 0x08, // -  
0x00, 0x60, 0x60, 0x00, 0x00, //.  
0x1F, 0x10, 0x1F, 0x50, 0x7F, // Щ  
0x3E, 0x51, 0x49, 0x45, 0x3E, // 0  
0x00, 0x42, 0x7F, 0x40, 0x00, // 1  
0x42, 0x61, 0x51, 0x49, 0x46, // 2  
0x21, 0x41, 0x45, 0x4B, 0x31, // 3  
0x18, 0x14, 0x12, 0x7F, 0x10, // 4  
0x27, 0x45, 0x45, 0x45, 0x39, // 5  
0x3C, 0x4A, 0x49, 0x49, 0x30, // 6  
0x01, 0x71, 0x09, 0x05, 0x03, // 7  
0x36, 0x49, 0x49, 0x49, 0x36, // 8  
0x06, 0x49, 0x49, 0x29, 0x1E // 9  
0x00, 0x36, 0x36, 0x00, 0x00, //  
0x00, 0x56, 0x36, 0x00, 0x00, // ;  
0x00, 0x08, 0x14, 0x22, 0x41, // <  
0x14, 0x14, 0x14, 0x14, 0x14, //

0x41, 0x22, 0x14, 0x08, 0x00, // >  
0x02, 0x01, 0x51, 0x09, 0x06, // ?  
0x32, 0x49, 0x79, 0x41, 0x3E,  
0x7E, 0x11, 0x11, 0x11, 0x7E, // A  
0x7F, 0x49, 0x49, 0x49, 0x36, // B  
0x3E, 0x41, 0x41, 0x41, 0x22, // C  
0x22, 0x41, 0x49, 0x49, 0x3E, // D = E  
0x7F, 0x49, 0x49, 0x49, 0x41, // E  
0x7F, 0x08, 0x7F, 0x41, 0x7F, // F = Ю  
0x42, 0x25, 0x15, 0x0D, 0x7F, // G = Я  
0x7F, 0x08, 0x08, 0x08, 0x7F, // H  
0x00, 0x41, 0x7F, 0x41, 0x00, // I  
0x7F, 0x44, 0x38, 0x00, 0x7F, // J = Ы  
0x7F, 0x08, 0x14, 0x22, 0x41, // K  
0x01, 0x7F, 0x44, 0x44, 0x38, // L = Ъ  
0x7F, 0x02, 0x04, 0x02, 0x7F, // M  
0x7D, 0x54, 0x55, 0x54, 0x44, // N = E  
0x3E, 0x41, 0x41, 0x41, 0x3E, // O  
0x7F, 0x09, 0x09, 0x09, 0x06, // P  
0x7F, 0x45, 0x45, 0x45, 0x39, // Q = Б  
0x07, 0x08, 0x08, 0x08, 0x7F, // R = Ч  
0x7F, 0x40, 0x7F, 0x40, 0x7F, // S = Ш  
0x01, 0x01, 0x7F, 0x01, 0x01, // T  
0x3F, 0x40, 0x40, 0x40, 0x3F, // U  
0x1F, 0x20, 0x40, 0x20, 0x1F, // V  
0x7F, 0x20, 0x18, 0x20, 0x7F, // W  
0x63, 0x14, 0x08, 0x14, 0x63, // X  
0x4F, 0x48, 0x48, 0x48, 0x7F, // Y = Y  
0x61, 0x51, 0x49, 0x45, 0x43, // Z

0x00, 0x00, 0x7F, 0x41, 0x41, // [  
0x02, 0x04, 0x08, 0x10, 0x20, // "\"  
0x41, 0x41, 0x7F, 0x00, 0x00, // ]  
0x04, 0x02, 0x01, 0x02, 0x04, // ^  
0x40, 0x40, 0x40, 0x40, 0x40, // \_  
0x00, 0x01, 0x02, 0x04, 0x00, //  
0x20, 0x54, 0x54, 0x54, 0x78, // a  
0x7F, 0x48, 0x44, 0x44, 0x38, // b  
0x38, 0x44, 0x44, 0x44, 0x20, // c  
0x38, 0x44, 0x44, 0x48, 0x7F, // d  
0x38, 0x54, 0x54, 0x54, 0x18, // e  
0x08, 0x7E, 0x09, 0x01, 0x02, // f  
0x08, 0x14, 0x54, 0x54, 0x3C, // g  
0x7F, 0x08, 0x04, 0x04, 0x78, // h  
0x00, 0x44, 0x7D, 0x40, 0x00, // i  
0x20, 0x40, 0x44, 0x3D, 0x00, // j  
0x00, 0x7F, 0x10, 0x28, 0x44, // k  
0x00, 0x41, 0x7F, 0x40, 0x00, // l  
0x7C, 0x04, 0x18, 0x04, 0x78, // m  
0x7C, 0x08, 0x04, 0x04, 0x78, // n  
0x38, 0x44, 0x44, 0x44, 0x38, // o  
0x7C, 0x14, 0x14, 0x14, 0x08, // p  
0x08, 0x14, 0x14, 0x18, 0x7C, // q  
0x7C, 0x08, 0x04, 0x04, 0x08, // r  
0x48, 0x54, 0x54, 0x54, 0x20, // s  
0x04, 0x3F, 0x44, 0x40, 0x20, // t  
0x3C, 0x40, 0x40, 0x20, 0x7C, // u  
0x1C, 0x20, 0x40, 0x20, 0x1C, // v  
0x3C, 0x40, 0x30, 0x40, 0x3C, // w

```
0x44, 0x28, 0x10, 0x28, 0x44, // x
0x0C, 0x50, 0x50, 0x50, 0x3C, // y
0x44, 0x64, 0x54, 0x4C, 0x44, // z
0x00, 0x08, 0x36, 0x41, 0x00, // {
0x00, 0x00, 0x7F, 0x00, 0x00, // |
0x00, 0x41, 0x36, 0x08, 0x00, // }
0x08, 0x08, 0x2A, 0x1C, 0x08, // ->
0x08, 0x1C, 0x2A, 0x08, 0x08, // <-
0x00, 0x00, 0x5F, 0x00, 0x00 // !
};
# endif
```

## ДОДАТОК В

Лістинг програми управління світлодіодними матрицями

```
#include <iarduino_I2C_connect.h>
#include <DMD2.h>
#include <fonts/SystemFont5x7.h>
#include <fonts/Arial_Black_16.h>

SoftDMD dmd(1,1);
DMD_TextBox box( dmd);// DMD controls the entire display
iarduino_I2C_connect I2C2;// оголошуємо змінну для роботи з бібліотекою
iarduino_I2C_connect byte REG_Massive [ 100]; // оголошуємо масив, дані
якого будуть доступні для читання/запису по шині I2C
String str; int c; byte a , b ; void
setup(){ dmd.setBrightness(255);
dmd.begin();
Wire.begin ( 0x 01 ) ;
I2C2.begin( REG_Massive );// ініціюємо можливість читання/запису даних по
шині I2C, масив, що вказується
}
void loop()
{
if (int(REG_Massive[2]) == 1){
a=REG_Massive[100];
REG_Massive[100]=0; dmd.clearScreen();
str = DS (REG_Massive); c=0;
b = CRC8 ( REG_Massive, 100); if (a
== b)
```

```

{
REG_Massive[99]=0;
REG_Massive[2]=0;

while (int(REG_Massive[2]) == 0){ scroll(str);}
} else
{REG_Massive[99]=1;} str=String();
}
}

byte CRC8(byte *data, byte len)// функція підрахунку контрольної суми
{ byte crc = 0x00; while (len--) { byte
extract = * data ++;
    for (byte tempI = 8; tempI; tempI--) { byte sum =
(crc^extract) & 0x01; crc >>= 1; if (sum) {crc^=0x8C;
}
extract >>= 1;
}
}
return crc;
}

void scroll(String str)
{
int f = str.indexOf('^'); if (f > 12) {

    if (str.length()-f<12){ // низ стат dmd.clearScreen();
dmd.selectFont(SystemFont5x7);
dmd.drawString(c,8,str.substring(f+1));

```

```

    for (int i=0;i<=f*3;i++) {dmd.selectFont(SystemFont5x7);
dmd.drawString(ci,0,str.substring(0,f)); delay(100); }} else
    { for (int i=0; i<=3*max(f,str.length()-f); i++) // верх + низ
{ dmd.selectFont( SystemFont5x7); dmd.drawString(ci,0,str.substring(0,f));
dmd.drawString(ci,8,str.substring(f+1)); delay(100);
}
}
} else
{dmd.selectFont(SystemFont5x7);
dmd.drawString(c,0,str.substring(0,f)); if (str.length()-
f<12){ // низ стат dmd.selectFont(SystemFont5x7);
dmd.drawString(c,8,str.substring(f+1));
}
else // низ біг
{dmd.clearScreen();
for (int i=0; i<=3*(str.length()-f); i++)
{ dmd.selectFont( SystemFont5x7);
dmd.drawString(ci,8,str.substring(f+1));
delay(100);
}
}
} } int line(int x) { int y;
if (x <= 9) { y = 22;
}
if (x <=99 && x>=9){ y=32;
}
if (x<=999 && x>=99)
{y=32; } return y;
}

```



```

String DS ( byte massive [100]) // функція дешифрування даних
{String str;
for (int i=3; i <= 99; i++){
c=int(massive[i]); switch (c) { case 1:
    str = str + 'A'; break; case 2:
    str= str+'!'; break;// Б case 3:
    str = str + 'B'; break; case 4:
    str = str + '&'; break;// Г case 5:
    str = str + '#'; break;// Д case 6:
    str = str + 'E'; break; case 7:
    str = str + 'N'; break;// E case 8:
    str = str + '$'; break;// Ж case 9:
    str = str + '%'; break;// З case 10:
    str = str + ""'; break ;// I case 11:
    str = str + '('; break; // Й case 12:
    str = str + 'K'; break; case 13:
    str=str + ')'; break ;// Л case 14:
    str = str + 'M'; break; case 15:
    str = str + 'H'; break; case 16:
    str = str + 'O'; break; case 17:
    str = str + '*'; break;// П case 18:
    str = str + 'P'; break; case 19:
    str = str + 'C'; break; case 20:
    str = str + 'T'; break; case 21:
    str = str + 'Y'; break;// У case 22:
    str = str + '+'; break; // Ф case 23:
    str = str + 'X'; break; case 24:
    str = str + ','; break;// Ц case 25:
    str = str + 'R'; break;// Ч case 26:

```

```
str = str + 'S'; break; // III case 27:
str = str + '/'; break; // III case 28:
str = str + 'b'; break; case 29:
str = str + 'J'; break;// BI case 30:
str = str + 'L'; break; // Ъ case 31:
str = str + 'D'; break;// E case 32:
str = str + 'F'; break; // IO case 33:
str = str + 'G'; break;// I case 34:
str = str + '.'; break; case 35:
str = str + "; break; case 36:
str = str + '-'; break; case 37:
str = str + '1'; break; case 38:
str = str + '2'; break; case 39:
str = str + '^'; break; default: break;
}
}
return str ;
}
```