

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи магістра

на тему:

«Система керування мережею інформаційних табло на основі Arduino»

Завідуючий кафедри

А. С. Опанасюк

Консультант з економічної частини

О. М. Маценко

Керівник кваліфікаційної роботи
магістра

О. В. Д'яченко

Студент

А. С. Ясько

Суми 2022

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи містить 85 сторінок, 30 рисунків, 8 таблиць, 43 джерела, 1 додаток.

Ключові слова: Arduino, інформаційне табло, пристрій керування, пасажирський транспорт, протокол передачі даних, контрольна сума, інтерфейс користувача.

Мета роботи – створення системи керування на основі мікроконтролера Arduino Uno, що дозволяє водієві пасажирського транспорту керувати мережею інформаційних табло, що розташовані по периметру транспортного засобу.

У роботі проводився підбір компонентів пристрою управління, розробка програмного забезпечення мовою програмування платформи Arduino, що забезпечує взаємодію пристрою управління та інформаційної мережі табло.

В результаті роботи було спроектовано систему керування мережею інформаційних табло на основі Arduino, що включає пристрій керування матричну клавіатуру для введення інформації про номер маршруту, LCD-дисплей для інформування оператора і дозволяє управляти мережею інформаційних табло, розташованих по периметру пасажирського транспортного засобу.

ЗМІСТ

ЗМІСТ	3
ПОЗНАЧЕННЯ ТА СКОРОЧЕННЯ.....	5
ВСТУП.....	6
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ ПРОЕКТУВАННЯ	7
1.1 Огляд літератури	7
1.1.1 Світлодіодний матричний дисплей	12
1.1.2 Класифікація світлодіодних екранів	13
1.1.3 Принцип роботи світлодіодної матриці.....	15
1.2 Постанова завдання проектування	17
2 ОБГРУНТУВАННЯ АЛГОРИТМУ РОБОТИ І СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ	
СИСТЕМА КЕРУВАННЯ МЕРЕЖЕЮ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТАБЛО	18
2.1 Розробка алгоритму пристрою керування.....	18
2.1.1 Реалізація пристрою керування	18
2.1.2 Меню користувача	19
2.1.3 Підготовка та передача даних.....	21
2.2 Розробка структурної та функціональної схеми проектованої системи	24
2.2.1 Проектування структурної схеми.....	24
2.2.2 Вибір інтерфейсу даних.....	25
2.2.3 Передача даних у мережі інформаційних табло	27
2.2.4 Проектування функціональної схеми	30
3 РОЗРОБКА І РОЗРАХУНОК ПРИНЦИПОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ	
ВУЗЛІВ І БЛОКІВ СИСТЕМИ	33
3.1 Вибір елементної бази	33
3.1.1 Вибір мікроконтролера.....	33
3.1.2 Завадостійка передача даних	36

					ЕЛІТ 8.171.00.10.522 ПЗ						
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Система керування мережею інформаційних табло на основі Arduino. Пояснювальна записка			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>	
<i>Розроб.</i>		Ясько А. С.								3	
<i>Перевір.</i>		Д'яченко О. В.									
<i>Н. Контр.</i>		Галич В. М.						СумДУ, ЕСМ-11			
<i>Затвердж.</i>		Опанасюк А. С.									

3.2 Розрахунки та синтез основних електричних вузлів, блоків проекрованої системи	38
3.2.1 Мережа інформаційних табло.....	39
3.2.2 Керування інформаційним табло	39
3.2.3 Компоненти пристрою керування	41
3.2.4 LCD-дисплей	43
3.2.5 Матрична клавіатура.....	45
3.2.6 Спотворення інформації при передачі даних.....	47
3.2.7 Інформування користувача	48
3.2.8 Підбір компонентів системи інформування пасажирів	50
4 НАУКОВО – ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....	55
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	64
5.1 Розрахунок трудомісткості та заробітної плати.....	64
5.2 Розрахунок собівартості проекрованої системи.....	67
5.3 Визначення ціни виробу	70
ВИСНОВОК.....	72
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	73

					ЕЛІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПОЗНАЧЕННЯ ТА СКОРОЧЕННЯ

HDMI (High-Definition Multimedia Interface) – Мультимедійний інтерфейс високої роздільної здатності;

IDE (Integrated Development Environment) - Інтегроване середовище розробки;

LCD-дисплей (Liquid Crystal Display) – Рідкокристалічний дисплей;

OLED-дисплей (Organic light-emitted diode) – Дисплей на органічних світлодіодах;

SIM (Subscriber Identification Module) – Модуль ідентифікації абонента;

SMS (Short Message Service) – Послуга коротких повідомлень;

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

USB (Universal Serial Bus) – Універсальна послідовна шина;

АЗС – Автомобільна заправна станція;

ІЧ – Інфрачервоний;

МІТ – Мережа інформаційних табло;

ОС – Операційна система;

ПЛІС – Програмована логічна інтегральна схема;

РК-дисплей – Рідкокристалічний дисплей;

ШІМ – Широтно-імпульсна модуляція.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

З розвитком економіки все більше зростають вимоги людей до товарів і послуг, які їм надаються. Аналогічна ситуація зі сферою пасажирських перевезень. І це не викликає критику, зважаючи на зростання вартості проїзду та на рівень якості надаваних послуг пасажирських перевезень, який, на даний час, є задовільним.

Одним із критеріїв якості перевезень є рівень інформаційного обслуговування пасажирів [1]. На сьогоднішній день багато пасажирського транспорту міста обладнано трафаретами («картонними» табличками), що містять інформацію про маршрут. Такий підхід до інформування пасажирів має низку недоліків:

- необхідність зміни трафарету при зміні маршруту руху, а також виготовлення нової під час введення нового маршруту прямування;
- ускладнене сприйняття інформації у темний час доби. Однак наявність широкого асортименту світлодіодних матриць [2] дозволяє створювати широку номенклатуру систем інформування, які в сукупності з простою та гнучкою системою управління дозволяють здійснювати своєчасне інформування водія та пасажирів у ході рейсу. Перевага таких систем полягає в якісному відображенні інформації про номер маршруту та маршрут прямування пасажирського транспортного засобу.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ ПРОЕКТУВАННЯ

1.1 Огляд літератури

Електронне світлодіодне обладнання (табло) - пристрій для відображення інформації, зображення на якому формується електронним способом. Табло відносяться до категорії інформаційних засобів та призначені для відображення текстової, цифрової чи графічної інформації [2].

На сьогоднішній день, таке обладнання знаходить застосування у різних сферах життєдіяльності людини. Його широко застосовують в сфері обслуговування, промислової безпеки та різних видів моніторингу. Взяти, наприклад, такі інформаційні табло для будівель автовокзалів, жд-вокзалів та аеропортів, які надають інформацію пасажиром про розклад руху пасажирського транспорту, в тому числі автобусів, поїздів та літаків. Звісно такі табло несуть в собі ще виконання рекламної функції, показуючи пасажиром та відвідувачам інформацію різного комерційного характеру. Варто зазначити ще електронні інформаційні табло, що розміщуються над дорогою чи біля зупинки пасажирського транспорту, табло черги у адміністративних будівлях, лікарнях та комерційних магазинах, звісно спортивні табло (наприклад, на стадіонах і спортзалах) електронні табло біля авто-заправних станцій з вартістю на паливо, електронні годинники з різними додатковими функціями (термометр, гігрометр, метеостанція, які, звісно, можна підключити до системи централізованого керування), різні таймери, метеотабло, табло обміну валют та багато інших.

Табло мають дуже різні характеристики, враховуючи характерні вимоги (габаритні розміри, відстань видимості, колір та яскравість світіння, температура експлуатації, кріплення, керування та ін.) кожної галузі та кліматичні умови регіону, в яких ставиться обладнання [2].

Пасажирський транспорт задовольняє різноманітні потреби населення в пересуванні, відіграє значну роль у житті мешканців міста. Якість пасажирських перевезень впливає на психологічний та фізичний стан людей, продуктивність їх

					ЕЛІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

праці, відпочинок. Виходячи з цього, удосконалення організації пасажирських перевезень має важливе народногосподарське та соціальне значення. Разом з цим, при організації пасажирських перевезень необхідно приділяти значну увагу розробкам, спрямованим на задоволення вимог екологічної безпеки міст з тим, щоб знизити шкідливі викиди автобусів [3].

Надійність і ефективність роботи міського автотранспорту характеризується такою якістю транспортних послуг (сервісного транспортного потоку), при якій постачальники послуг прагнуть забезпечити максимальну відповідність умов транспортного обслуговування і бажань споживачів і потенційних клієнтів. Саме різниця між цими двома умовами максимальної відповідності і є потенційною оцінкою якості транспортної послуги [4].

Найбільш важливі параметри якості послуг [5, 6], стосовно транспортних пасажирських послуг, в тому числі перевезень:

- безпека – вірогідність безвідмовної роботи суспільного транспорту, відсутність ризиків при здійсненні перевізного процесу;
- відповідальність – гарантії точного і безпечного виконання послуг;
- відчутність (рухомий склад, зовнішній вигляд персоналу, моніторинг послуги та ін.);
- доступність – необхідні для споживача послуги графіки роботи рухомого складу, можливість виконання групових і індивідуальних замовлень на послугу і т.п.;
- етика взаємин покупця і постачальника транспортних послуг.
- надійність – переміщення транспортних засобів обов'язково по графіках руху.

Метою даної роботи є створення пристрою керування на основі мікроконтролера Arduino Uno, що дозволяє водієві пасажирського транспорту керувати мережею інформаційних табло, що розташовані по периметру пасажирського транспорту. То ж розглянемо, що таке інформаційне табло пасажирського транспорту.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найголовніше призначення інформаційного екрану походить від його назви – інформування пасажирів, що безпосередньо тягне за собою покращення якості їх обслуговування. В основному, на таких екранах відображається інформація про цей маршрут громадського транспорту - номер, кінцеві зупинки, а також інформація про поточну зупинку. Крім того, можливе розміщення інформації соціального чи рекламного характеру, поточної дати та часу. На додаток, інформаційний екран може бути оснащений голосовим електронним інформатором, і пасажирі сприйматимуть інформацію, що надається, не тільки візуально, а й на слух [7].

Світлові екрани можна використовувати та розміщувати у будь-якому наземному й підземному міському, міжміському пасажирському транспорті – тролейбуси, трамваї, метро, маршрутні таксі, автобуси. Більш того, такі екрани добре себе зарекомендували у заміському громадському транспорті.

Для максимального охоплення аудиторії пасажирів такі табло розміщуються не тільки всередині транспортного засобу, але ще попереду, ззаду і збоку. Останні призначені в основному для пасажирів, які чекають на зупинки громадського транспорту, які бачать номер маршруту. Світлодіодний екран, розташований у салоні автобуса або трамваю, призначений виключно для пасажирів, які знаходяться всередині.

Отже, які переваги інформаційних табло? Я думаю, зі мною ніхто не буде сперечатися, що цей сучасний вид поширення інформації має багато переваг у порівнянні зі звичайними плакатами та інформаційними вивісками. А саме [7]:

- екрани мають сучасний дизайн та привабливий зовнішній вигляд;
- оснащені технічною можливістю надання інформації не лише про маршрут прямування громадського транспорту, а й різноманітних рекламної чи соціальної інформації;
- світлодіодні табло набагато яскравіші, що дозволяє їм бути помітнішими у будь-який час доби та за несприятливих погодних умов. Табло, розміщене у салоні громадського транспорту, викликає у пасажирів почуття комфорту та лояльності до перевізника;

					ЕЛІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- у разі екстреної позаштатної ситуації, на табло можна вивести будь-який текст для інформування про це пасажирів.

Сучасні транспортні інформаційні табло виготовляють із захистом від вібрації, пилу та вологи, що, безсумнівно, також є їхньою перевагою, та подовжує термін служби.

Працюють від струму напругою 12 і 24В, який доступний у звичайній бортовій мережі будь-якого виду міського громадського транспорту. Зазвичай в інформаційних табло є вбудоване джерело резервного живлення для збереження налаштувань екрану, і продовження ходу годинника, у разі непередбаченого відключення основного джерела живлення [7].

Більшість інформаційних табло обладнані пультами керування, що дозволяють максимально швидко регулювати гучність, вибрати вид інформації, що відображається, набрати будь-який текст і швидко вивести його на екран табло, або просто вимкнути екран при необхідності.

Завантаження інформації, що транслюється через інформаційне табло, відбувається за допомогою персонального комп'ютера, за допомогою пульта дистанційного керування, як було сказано вище, через картку пам'яті за будь-якою інформаційною мережею – радіо, інтернет тощо. До речі, введення та відображення тексту можливе різними мовами, в тому числі українською й англійською.

Відображення інформації на табло відбувається як у статичному, так і в динамічному режимі – рядок, що біжить, скролінг, ефекти та анімація.

Шрифт, його висоту і ширину вікна є можливість налаштувати і регулювати в залежності від побажання або необхідності. Крім того, в індивідуальному порядку можна налаштувати швидкість пересування тексту.

Ось тільки невеликий список характеристик, які можна міняти за допомогою пульта дистанційного керування [7]:

- розмір шрифту;
- ширина вікна;
- швидкість пересування тексту;
- яскравість табло;

					ЕЛІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- характеристики виведення на екран дати, часу, температури повітря;
- кількість сторінок рекламного тексту, через яке буде виведена інформація про дату, час, температуру повітря, або наступну зупинку.

Сучасні інформаційні табло виготовляються у різних розмірах та конфігураціях. Бувають монокольорові, двокольорові та повнокольорові. Крім текстової інформації, відображають графіки та відео.

Інформаційне табло – це універсальний інформаційний носій, який виготовляється на основі світлодіодних дисплеїв. Зовнішній вигляд інформаційного табло представлено на рисунку 1.



Рисунок 1 – Зовнішній вигляд інформаційного табло [8]

Існують такі різновиди інформаційних табло:

- відеотабло;
- годинник, термометри, барометри;
- графічний екран;
- комплексні автоматичні системи розкладу, прибуття-відправлення для вокзалів та аеропортів;

- курс обміну валют;
- метеотабло;
- рядки, що біжать;
- спортивні табло;
- табло для АЗС;
- табло для паркування;
- текстовий екран;
- та інші.

Інформаційні табло пасажирського транспорту призначені для візуального відтворення нумерації маршрутів проходження пасажирського громадського транспорту, відображення найменувань зупинок, а також можуть бути використані для демонстрації інформації соціальної та рекламної діяльності [9].

Інформаційні табло можуть мати як один світлодіодний дисплей, так і кілька дисплеїв.

1.1.1 Світлодіодний матричний дисплей

Світлодіодні дисплеї відносно нова технологія. Вважається, що перший телевизор 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, телевизор), в якому кожною точкою (пікселем) є один або кілька напівпровідникових світлодіодів [10].

Світлодіодні дисплеї набувають все більшого поширення, а саме, частіше спостерігається їх використання з метою реклами на вулицях великих міст або інформаційних екранів та 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 та контрастне зображення. Експерти розвитку ринку реклами припускають, що з кожним роком частка світлодіодних

					ЕЛІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інформаційних екранів на ринку рекламних технологій зростатиме. Насправді світлодіодні табло поєднують у собі всі основні переваги існуючих візуальних рекламних технологій. Єдиним їх недоліком є досить висока вартість у порівнянні з іншими технологіями реклами [11].

Світлодіодні екрани можна використовувати як для зовнішньої реклами, так і для внутрішніх відео трансляцій. У першому випадку модуль керування 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 екрана 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 [11].

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 [10].

Також, важливим недоліком таких дисплеїв є калібрування. В даний час калібрування більшості або навіть усіх дисплеїв є проблемою, оскільки їм повинен виконувати виробник, який має спеціальне обладнання та необхідну підготовку. Оскільки світлодіодні дисплеї потребують періодичного повторного калібрування, то витрати на їх технічне обслуговування є важливим фактором, який слід враховувати [12].

1.1.2 Класифікація світлодіодних екранів

Світлодіодні екрани за принципом побудови класифікуються на два типи – матричні та кластерні [10].

У кластерних екранах кожен піксель містить від трьох до декількох десятків світлодіодів, об'єднаних в окремому конструктивному елементі, який називається кластером. Кластери, що утворюють інформаційне поле екрана, закріплені за

					ЕЛІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 та керуюча плата об'єднані в матрицю, тобто на керуючій платі змонтовані і світлодіоди, і електроніка, що комутує, які залиті герметизуючою сполукою. Залежно від розміру та роздільної здатності екрана, 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 і поступово витісняють кластерні.

Світлодіодне табло складається із світлодіодів. Світлодіод – напівпровідниковий прилад, що трансформує електрострум 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. На рисунку 2 представлений зовнішній вигляд світлодіоду.



Рисунок 2 – Зовнішній вигляд світлодіоду [13]

					ЕЛІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

У світлодіоді, на відміну від лампи розжарювання чи люмінесцентної лампи, електричний струм трансформується у видиме світло. Теоретично таке перетворення можливе без «паразитних» втрат електроенергії на нагрівання. Це пов'язано з тим, що при технологічно вірно спроектованому тепловідведенню світлодіод нагрівається дуже слабо. Світлодіод випромінює світло у вузькому спектрі, що є особливо цінне 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 світлодіоду може бути різним і безпосередньо залежить від типу світлодіоду, сили струму, що подається на нього [14].

1.1.3 Принцип роботи світлодіодної матриці

Пристрій та схема матриці розмірністю 5x7 представлено на рисунку 3.

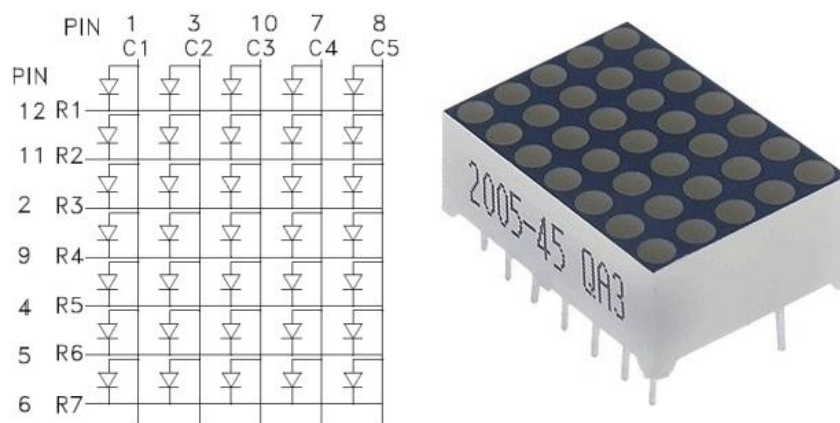


Рисунок 3 – Схема та пристрій світлодіодної матриці [15]

Як показано на схемі, п'ять виводів матриці поєднуються з анодами світлодіодів, і ще сім – з катодами. Таким чином, щоб запалити певний світлодіод, один з анодів з'єднується з плюсом живлення, а один з катодів – з мінусом. Особливістю пристрою є те, що інші катоди повинні бути відключені або фізично, або за допомогою високого опору. Якщо буде перевищено максимальну напругу зворотного струму, що додається до світлодіоду, то світлодіод вийде з ладу. Щоб

створити ілюзію анімації, було вирішено перемикаати кожні 40 мілісекунд живлення з катоду на анод.

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

1. Число входів мікроконтролера. Наприклад, у випадку з матрицею розмірністю 4x4 буде задіяно 8 виходів.

2. Сумарний поріг потужності Arduino Uno має поріг потужності 200 мА, таким чином, максимальна кількість запалених світлодіодів – 20 [16].

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

Зсувний регістр є кільцевим буфером. Зауважу, що для цієї роботи було обрано зсувний регістр 74НС595, принцип роботи якого буде розглянутий у розділі, присвяченому вибору компонентів.

Таким чином, як підсумок варто сказати, що світлодіодне транспортне інформаційне табло з успіхом можна використовувати на будь-якому вигляді громадського транспорту. Вони можуть виступати як суто інформаційний екран, сповіщаючи пасажирів про маршрут прямування громадського транспорту; повідомляти такі важливі дрібниці, як дата, час, температура повітря. Так і виступати як потужний рекламний ресурс, адже охоплення рекламної аудиторії в транспорті просто величезне. А якщо поєднати рядок реклами, що біжить, на інформаційному табло, з аудіо доріжкою, то можна отримати просто неймовірний ефект.

					ЕлІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Постановка завдання проектування

Метою даної роботи є створення пристрою керування на основі мікроконтролера Arduino Uno, що дозволяє водієві пасажирського транспорту керувати мережею інформаційних табло, що розташовані по периметру пасажирського транспорту.

Для досягнення мети було поставлено завдання:

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

					ЕлІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ОБГРУНТУВАННЯ АЛГОРИТМУ РОБОТИ І СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ СИСТЕМА КЕРУВАННЯ МЕРЕЖЕЮ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТАБЛО

2.1 Розробка алгоритму пристрою керування

Об'єктом роботи є пристрій керування мережею інформаційних табло пасажирського транспорту, який є багатокomпонентною системою, керованою мікроконтролером, що реалізує замкнене керування мережею інформаційних табло. У цьому розділі розглянуто пристрій керування мережею інформаційних табло, і проведено вибір методу управління табло і компонентів проектування системи.

2.1.1 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.

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

1) Заміна екрану на аналог від іншого виробника, який підтримує кирилицю, проте його вартість у рази більша за вартість екрана з Китаю.

2) Перепрограмування екрана, що дозволяє замінити в пам'яті символи на інші. Однак відсутність детальних описів внутрішнього пристрою дисплея може спричинити втрату працездатності екрана.

3) Додавання до коду мікроконтролера опису символів та їх використання спільно з символами латиниці для створення інтерфейсу кирилицею, 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.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк. 18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Символи були відображені в Microsoft Excel, як це показано на рисунку 4. Наведено приклад літери «Ш» розміром 7x5.

1	0	1	0	1
1	0	1	0	1
1	0	1	0	1
1	0	1	0	1
1	0	1	0	1
1	0	1	0	1
1	1	1	1	1

Рисунок 4 – 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, представимо цей символ у шістнадцятковій системі числення:

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

Далі, для використання цього символу у виведеній фразі, спочатку вказується цей символ 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).
```

Варто зазначити, що при використанні конструкції *lcd.createChar()* внутрішня пам'ять LCD-дисплея дозволяє використовувати лише вісім символів в одному блоці інформації, що виводиться.

2.1.2 Меню користувача

Розроблений алгоритм роботи меню користувача наведено на рисунку 5.

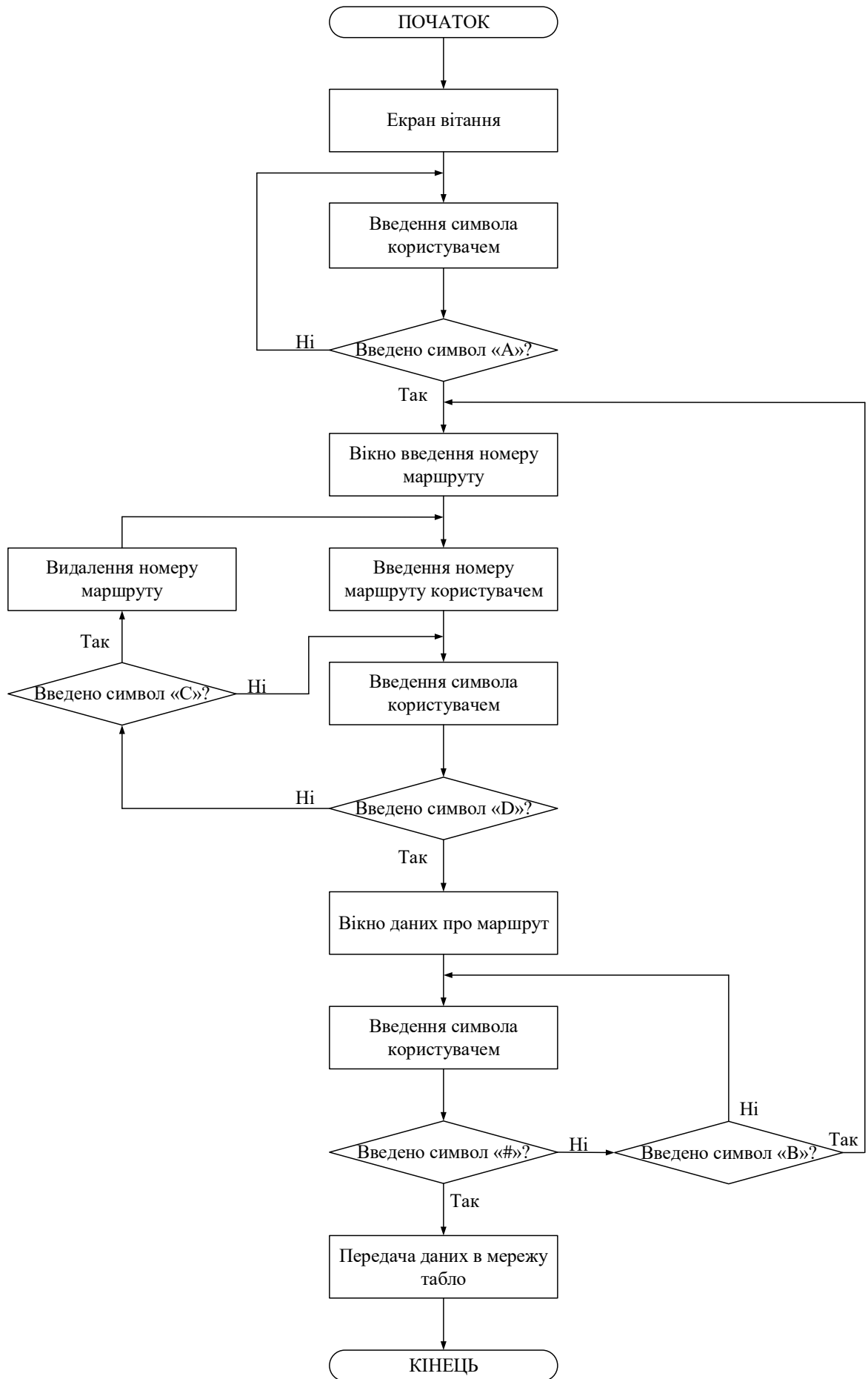


Рисунок 5 – Схема-алгоритм роботи меню користувача

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Взаємодія пристрою з водієм починається з екрана вітання «ЛАСКАВО ПРОСИМО!», потім, після натискання кнопки «А», відбувається перехід у наступне контекстне меню, де користувач здійснює вибір маршруту руху транспорту. Наразі, можна ввести номер від 0 до 999, що цілком достатньо для пасажирського транспорту міста, 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 водій вибрав неправильний маршрут, то він може перейти в попереднє меню, за натисканням кнопки «В», і вибрати номер маршруту заново. Схема кінцевого інтерфейсу з користувачем наведено на рисунку 6.

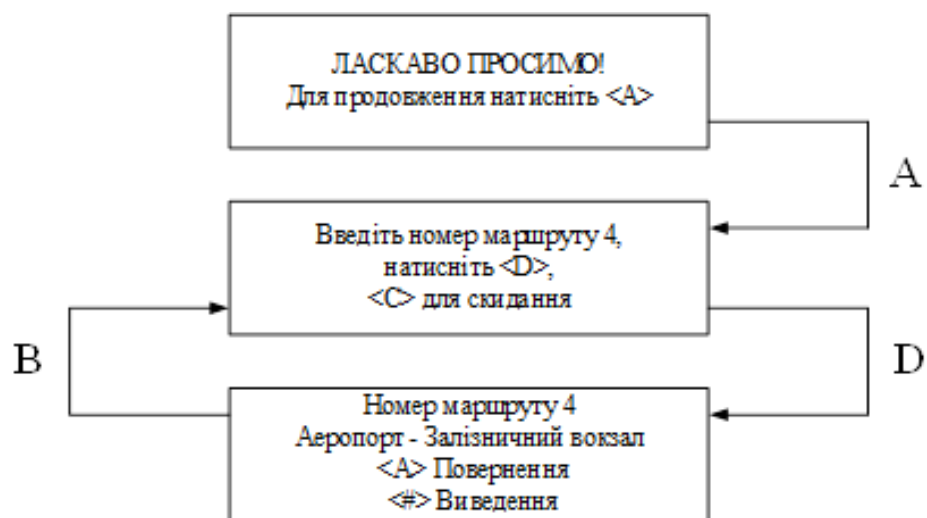


Рисунок 6 – Схема кінцевого інтерфейсу користувача

2.1.3 Підготовка та передача даних

Для здійснення процедури передачі даних пристроєм відображення інформації необхідно її перетворити у вигляд зручний для передачі. Перетворення інформації відбувається відповідно до алфавіту кодування символів, що наведений у таблиці 1.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1 – Алфавіт кодування символів

Символ	Код символу	Символ	Код символу
А	1	Х	24
Б	2	Ц	25
В	3	Ч	26
Г	4	Ш	27
Д	5	Щ	28
Е	6	Ь	29
Є	7	Ю	30
Ж	8	Я	31
З	9	.	32
И	10	Пробіл	33
Ї	11	–	34
Й	12	^	35
К	13	1	36
Л	14	2	37
М	15	3	38
Н	16	4	39
О	17	5	40
П	18	6	41
Р	19	7	42
С	20	8	43
Т	21	9	44
У	22	0	45
Ф	23		

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

Розробимо також алгоритм роботи програми для підготовки інформації.
Блок-схему алгоритму роботи програми наведено на рисунку 7.

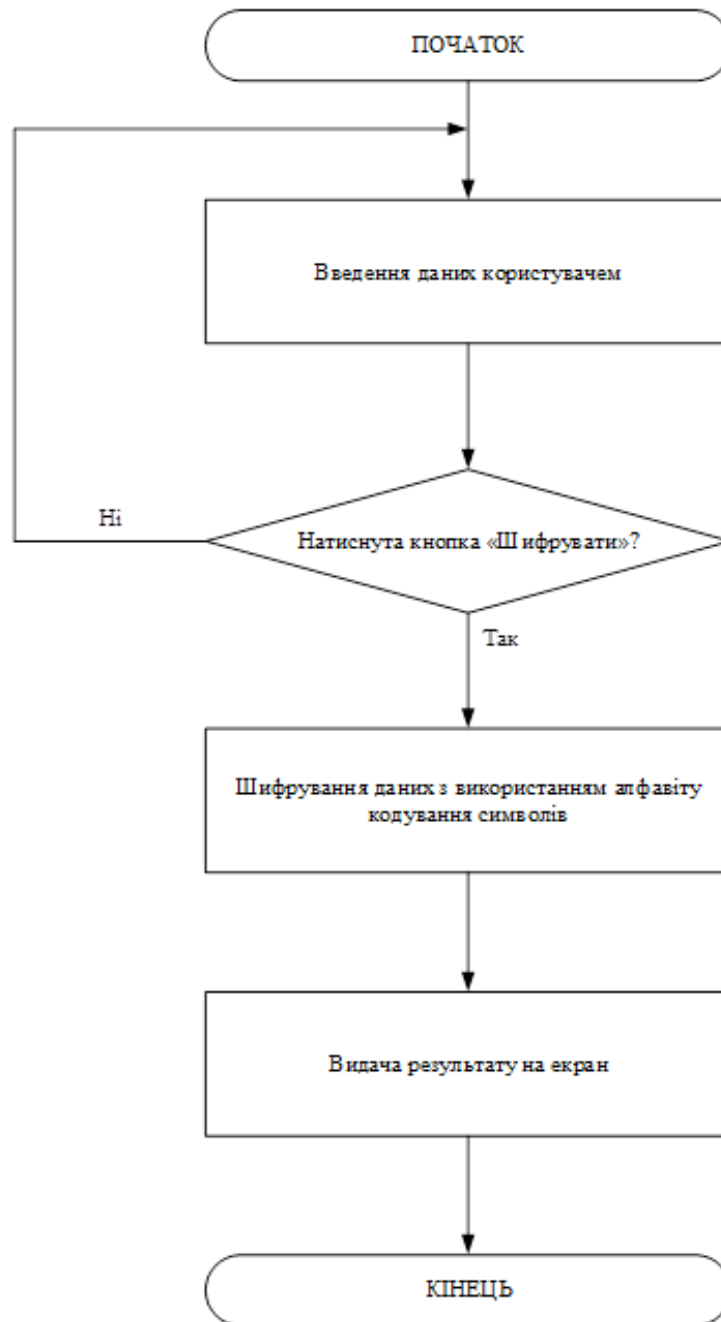


Рисунок 7 – Алгоритм роботи програми

Для розділення початкової та кінцевої зупинок, як роздільник використовуються символ «^», оскільки їх виведення здійснюється на різних рядках інформаційного табло. Після перетворення отриманий масив додаються код мікроконтролера у вигляді вихідних даних.

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, поки значення контрольних сум співпадатимуть. У разі відхилень у роботі пристрою можна перезавантажити після натискання кнопки «*».

Описаний код реалізації алгоритму роботи пристрою наведено у Додатку А.

Таким чином, у цьому розділі було розроблено: шрифт-кирилицю для LCD-дисплея з формуванням меню користувача; архітектура інтерфейсу користувача; алфавіт кодування символів; алгоритм додатку 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.

2.2 Розробка структурної та функціональної схеми проектованої системи

2.2.1 Проектування структурної схеми

В результаті підбору елементів системи було вирішено використати такі компоненти:

- платформа Arduino Uno;
- матрична клавіатура 4x4;
- LCD-дисплей 20x4 з адаптером I2C.

Структурна схема проектованої системи наведена на рисунку 8.

					ЕлІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

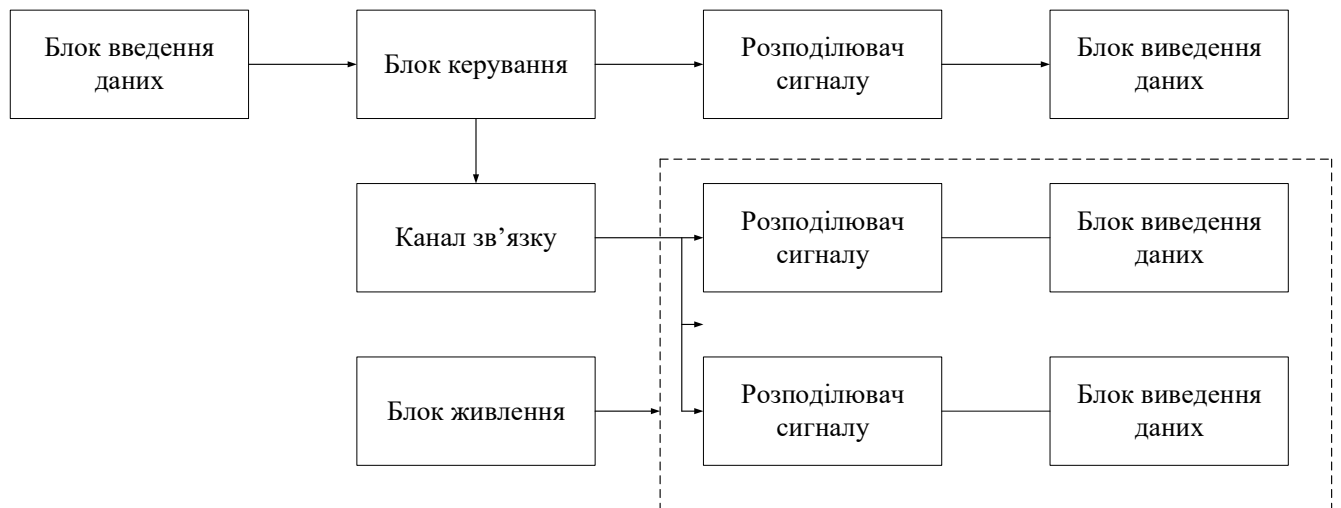


Рисунок 8 – Структурна схема проектованої системи

2.2.2 Вибір інтерфейсу даних

Розглянемо інтерфейси даних, що 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, у якому будь-яка передача синхронізована із загальним тактовим сигналом, що генерується провідним пристроєм (процесором). Приймаюча (відома) периферія синхронізує отримання бітової послідовності з тактовим сигналом. До одного послідовного периферійного інтерфейсу провідного пристрою-мікросхеми може приєднуватися кілька мікросхем [17].

Переваги:

- Повнодуплексна передача даних за замовчуванням.
- Вища пропускна здатність порівняно з I²C.
- Можливість довільного вибору довжини пакета, довжина пакета не обмежена вісьмома бітами.
- Простота апаратної реалізації (нижчі вимоги до енергоспоживання порівняно з I²C; веденим пристроям не потрібна унікальна адреса, на відміну від такого інтерфейсу, як I²C).

- Використовується лише чотири висновки, що набагато менше, ніж для паралельних інтерфейсів.
- Однонаправлений характер сигналів дозволяє при необхідності легко організувати гальванічну розв'язку між провідним та веденими пристроями.
- Максимальна тактова частота обмежена лише швидкодією пристроїв, що у обміні даними.

Недоліки:

- Необхідно більше висновків, ніж інтерфейсу I²C.
- Пристрій не може керувати потоком даних.
- Немає підтвердження прийому даних з боку керованого пристрою.
- Немає визначеного стандартом протоколу виявлення помилок.
- Відсутність офіційного стандарту, що унеможливорює сертифікацію пристроїв.
- По дальності передачі інтерфейс SPI поступається такому стандарту, як UART.
- Наявність безлічі варіантів реалізації інтерфейсу.
- Відсутність підтримки гарячого підключення пристроїв

2. UART (*Universal Asynchronous Receiver-Transmitter*) – універсальний асинхронний приймач – вузол обчислювальних пристроїв, призначений для організації зв'язку з іншими цифровими пристроями. Перетворює дані, що передаються, у 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) [18].

Переваги:

- за один крок передається одночасно група бітів;
- дані передаються та приймаються у зручній формі (всередині процесора використовуються паралельна передача).

Недоліки:

- біти по дротах можуть приходити не одночасно;

					ЕЛІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- потрібне використання додаткових засобів для отримання неспотворених повідомлень (обмеження максимальної швидкості передачі).

3. I²C (*Inter-Integrated Circuit*). 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 живлення. Лінії даних підтягуються до шини живлення через резистори [19].

Переваги:

- необхідний лише один мікроконтролер для управління набором пристроїв;
- використовується лише два провідники для підключення багатьох пристроїв;
- можлива одночасна робота кількох провідних (master) пристроїв, підключених до однієї шини I²C;
- стандарт передбачає «гаряче» підключення та відключення пристроїв у процесі роботи системи;
- вбудований мікросхеми фільтр пригнічує сплески, забезпечуючи цілісність даних.

Недоліки:

- обмеження на ємність лінії – 400 пФ;
- незважаючи на простоту протоколу, програмування контролера I²C утруднене через велику кількість можливих позаштатних ситуацій на шині. Тому більшість систем використовують I²C з єдиним провідним пристроєм (Master), і поширені драйвери підтримують тільки монопольний режим обміну по I²C;
- складність локалізації несправності, якщо один із підключених пристроїв помилково встановлює на шині стан низького рівня.

2.2.3 Передача даних у мережі інформаційних табло

Розглянемо більш детально послідовний протокол передачі даних I²C. Як наведено вище, для здійснення обміну даними між пристроєм управління та мережею інформаційних табло використовується послідовний протокол обміну

					ЕЛІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

даними ІС (I2C – *Inter-Integrated Circuit* – міжмікросхемне з’єднання). Цей 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 підлеглі пристрої (Slave), які виконують певні дії на запит ведучого [19]. Схема підключення пристроїв для використання протоколу передачі даних I²C представлена на рисунку 9.

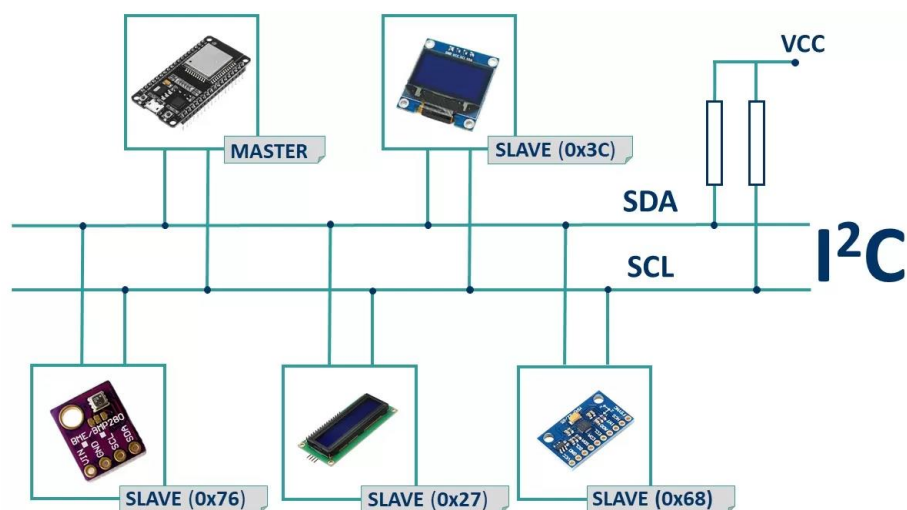


Рисунок 9 – Схема підключення пристроїв для використання протоколу передачі даних I²C [20]

Кожен ведений пристрій має унікальну адресу, за якою ведучий і звертається до нього. Адреси пристроїв вказуються в паспорті або можуть бути визначені програмістом. До однієї шини I²C може бути підключено до 127 пристроїв, зокрема кілька провідних [19]

Структура повідомлення I²C представлено на рисунку 10. Часова діаграма процедури передачі даних за протоколом I²C представлено на рисунку 11.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 байту 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 байту 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 байту. 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 [19].

Як вказувалося раніше, 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.

2.2.4 Проектування функціональної схеми

На основі вищенаведеного, була розроблена функціональна схема проєктованої системи яку зображено на рисунку 12.

Отже, на рисунку 12 зображено:

- МК – платформа Arduino Uno;
- LCD 20×4 – LCD-дисплей.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розділі. 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.

					ЕлІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

3 РОЗРОБКА І РОЗРАХУНОК ПРИНЦИПОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ ВУЗЛІВ І БЛОКІВ СИСТЕМИ

3.1 Вибір елементної бази

3.1.1 Вибір мікроконтролера

На теперішній 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:

1. Raspberry Pi. Є одним із найпопулярніших представників одноплатних комп'ютерів. Зовнішній вигляд такого комп'ютера наведено на рисунку 13.



Рисунок 13 – Зовнішній вигляд Raspberry Pi 2 Model B Desktop [21]

Такий комп'ютер має у своєму складі процесор, USB порти, вихід HDMI та аудіовихід, а також характеризується великою продуктивністю, різноманітністю мов програмування та наявністю більшого обсягу пам'яті порівняно з мікроконтролерами [22].

2. Мікроконтролер Arduino. Arduino – це сімейство програмованих мікроконтролерів для легкого створення засобів автоматики 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 [23].

					ЕЛІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк. 33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. 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 [24].

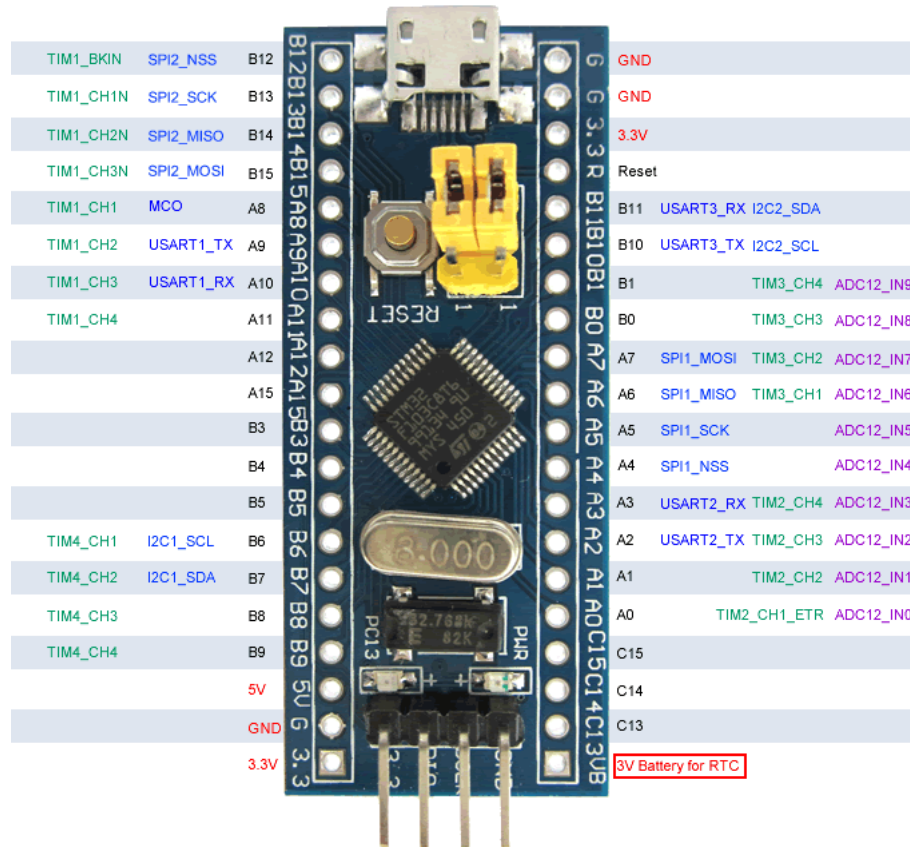


Рисунок 14 – Зовнішній вигляд STM32F103 [25].

4. Програмована інтегральна логічна схема (ПЛІС). Є яскравим представником мікросхем, структуру яких можна міняти. Зовнішній вигляд ПЛІС представлений на рисунку 15.

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 (середовище розробки), що дозволяють задати бажану структуру цифрового пристрою у вигляді принципової електричної схеми або програми спеціальними мовами опису апаратури: Verilog, VHDL, AHDL та інші [26].

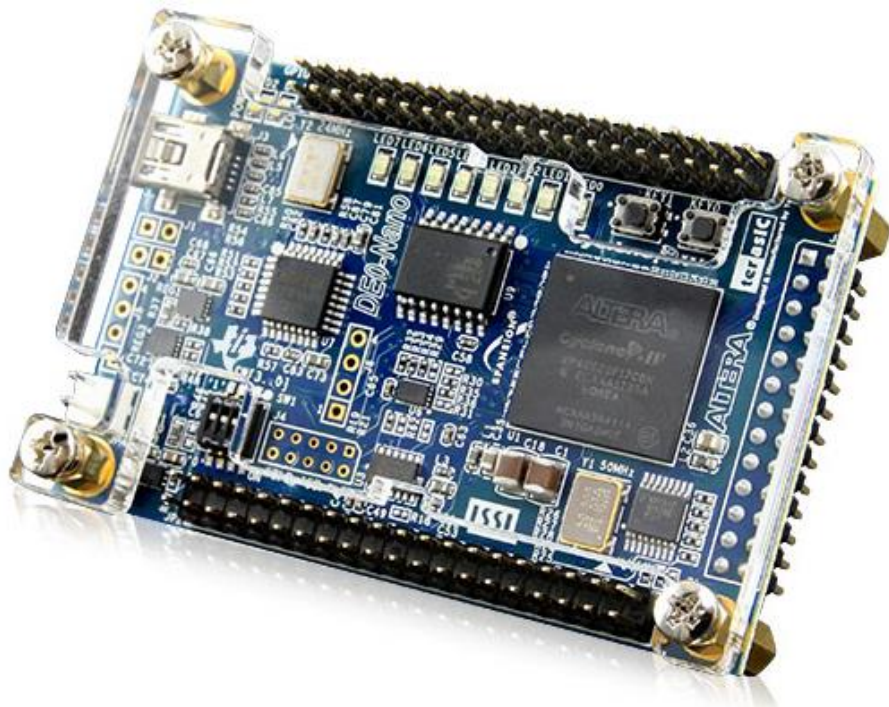


Рисунок 15 – Зовнішній вигляд ПЛІС Altera Cyclone IV EP4CE22 FPGA [27]

Основні характеристики платформ зведено таблицю 2.

Таблиця 2 – Порівняльні характеристики платформ

Характеристики	Raspberry Pi 3B	Arduino Uno	STM32F103C8T6	ПЛІС Altera Cyclone IV EP4CE6E22
Напруга живлення, В	5	5	5	5
Вартість, дол.	145	29	12	105
Кількість входів/виходів	40	14	37	91
Тактова частота	1,2 ГГц	16 МГц	72 МГц	25 МГц
Обсяг ОЗУ	1 Гб	2 Кб	20 Кб	270 Кб
Підтримувані інтерфейси	HDMI, USB, Ethernet, CSI	UART, I2C/ІІС, SPI	CAN, I2C/ІІС, IrDA, USB LIN, SPI, UART/USART,	I2C/ІІС, VGA, PS/2, UART, SPI
Мова програмування	Python	C/C++	C	C/C++

3.1.2 Завадостійка передача 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, яке називається 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 (*Cyclic redundancy check*, CRC) - алгоритм знаходження контрольної суми, призначений для перевірки цілісності даних. Найбільш популярними є алгоритми CRC, які працюють з поліномами, що породжують:

- CRC-8: $x^8+x^7+x^6+x^4+x^2+1$ використовується в пристроях з низькою швидкістю зв'язку.
- CRC-16: $x^{16}+x^{15}+x^2+1$ використовується в таких інтерфейсах, як USB, ModBus та інших лініях зв'язку.
- CRC-32: $x^{32}+x^{26}+x^{23}+x^{22}+x^{16}+x^{12}+x^{11}+x^{10}+x^8+x^7+x^5+x^4+x^2+x+1$ 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 ділення. Послідовність біт вихідного повідомлення сприймається як величезне двійкове число, відбувається його цілочисленне ділення на фіксоване значення, після чого залишок від ділення використовується як контрольна сума.

Поліном у загальному вигляді записується як:

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

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

					ЕЛІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Однак у обчислювальній техніці оперувати з поліномами n-ступеня незручно та ресурсоємно. 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, породжуючий поліном CRC-8 у вигляді бінарної послідовності записуватиметься наступним чином:

$$x^8 + x^7 + x^6 + x^4 + x^2 + 1 = 111010101$$

Операцію ділення 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 «Виключне АБО» з елементами полінома, що мають ту саму ступінь. Отже, ми можемо замінити віднімання поліномів операцією «Виключне АБО», зі зставленими ним бінарними послідовностями. Розглянемо це твердження з прикладу віднімання двох поліномів:

$$- \frac{x^4 + x^2 + 1}{x^3 + x^2} = x^4 + x^3 + 1 = 11001$$

$$\theta \frac{10101}{1100} = 11001$$

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

Використовуючи наведену вище можливість заміни полінома на бінарну послідовність, розглянемо приклад підрахунку контрольної суми CRC8 (Рис. 16).

					ЕЛІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

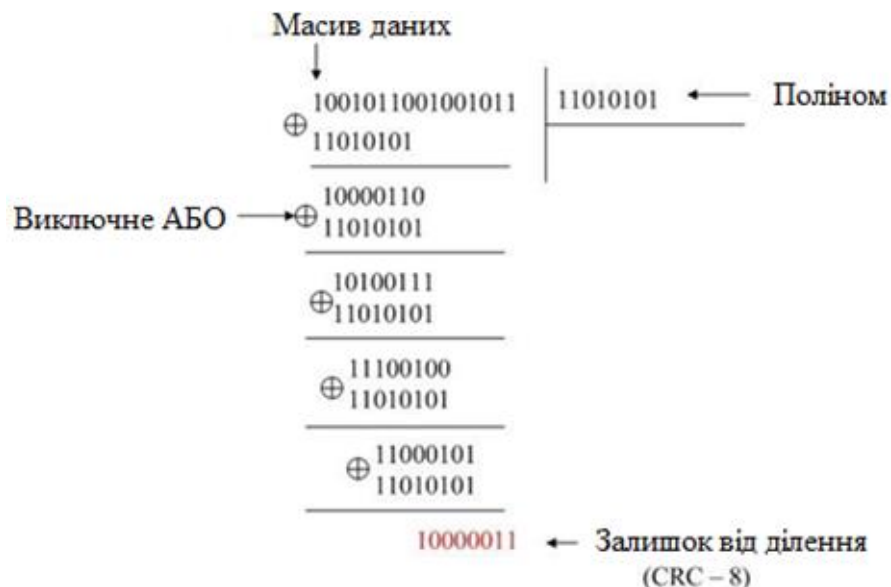


Рисунок 16 – Розрахунок контрольної суми CRC 8

На рисунку 16 показано, що при обчисленні, в породжуючій бінарній послідовності, 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 такої ж довжини. Це дозволяє легко обробляти величезні масиви даних, не завантажуючи їх повністю у пам'ять, що дозволяє економити обчислювальні ресурси мікроконтролера [28].

3.2 Розрахунки та синтез основних електричних вузлів, блоків проектованої системи

Об'єктом дослідження є пристрій керування мережею інформаційних табло пасажирського транспорту, який є багатокомпонентною системою, керованою мікроконтролером, що реалізує замкнене керування мережею інформаційних табло. У цьому підрозділі розглянемо визначення мережі інформаційних табло, і навіть проведено вибір методу управління табло і компонентів проектування системи.

3.2.1 Мережа інформаційних табло

Мережа інформаційних табло (МІТ) – це сукупність таких табло, що взаємодіють з пристроєм керування 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 пасажирського транспорту вводити номер маршруту і, таким чином, проводити інформування користувача. Структурна схема МІТ наведена на рисунку 17.

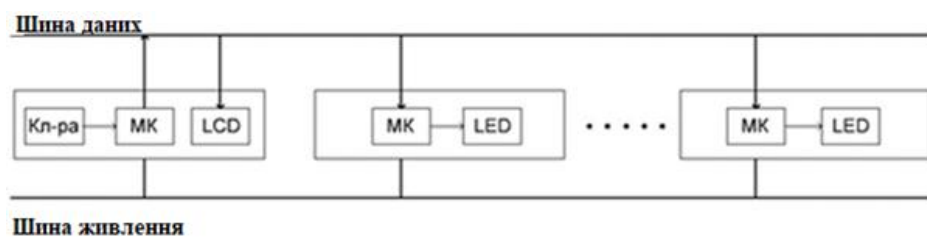


Рисунок 17 – Структурна схема мережі інформаційних табло пасажирського транспорту

На рисунку:

- 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 [29].

3.2.2 Керування інформаційним табло

Керування – це процес впливу на об'єкт із метою організації його функціонування за заданими алгоритмами.

Існують різні методи керування інформаційним табло:

					ЕЛІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– Управління електронним табло за допомогою ІЧ-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.

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. Істотним недоліком такого способу є складність прокладання кабелю в деяких випадках, що суттєво 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 керування. 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.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

3.2.3 Компоненти пристрою керування

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

Розглянемо деякі характеристики платформи Arduino Uno. Це пристрій на основі мікроконтролера ATmega328. Зовнішній вигляд платформи представлений рисунком 18.

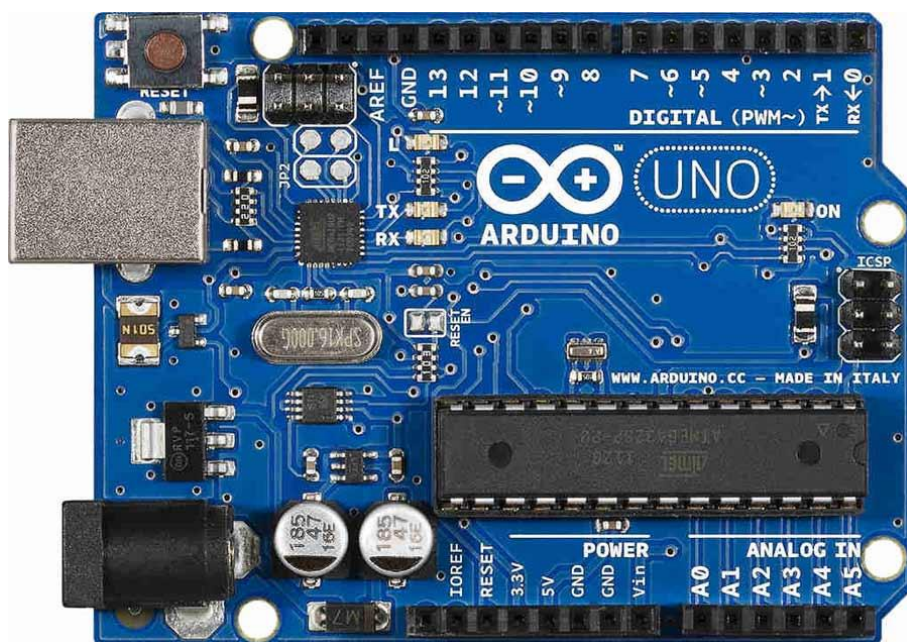


Рисунок 18 – Зовнішній вигляд Arduino Uno [30]

До складу платформи Arduino Uno входять:

- 14 цифрових входів/виходів, 6 з яких можна використовувати для реалізації широтно-імпульсної модуляції;
- 6 аналогових входів;

					ЕЛІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк. 41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- роз’єм USB;
- роз’єм ICSP (застосовується для внутрішньо-схемного 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 житися 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 виходах обмежений 5В. Всі виходи пов’язані з внутрішніми підтягуючими резисторами номіналом від 20 до 50 кОм.

Аналогові входи (A0 – A5) є аналоговим сигналом напруги у вигляді десяти-бітного числа (1024 різних значень), його значення також коливається в діапазоні від 0 до 5В [30].

Програмування мікроконтролера Arduino Uno здійснюється за допомогою спеціального середовища розробки Arduino IDE.

Arduino IDE – це текстовий редактор, який призначений для написання програм. Мова програмування пристроїв Arduino базується на C/C++. Програма організовується 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 в середовище розробки [31].

					ЕлІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2.4 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 та необхідної кількості рядків для інформування користувача, було вирішено використовувати LCD-дисплей 20x4, який є чотирирядковим буквено-цифровим екраном, що містить 20 символів у кожному рядку. Пристрій оснащений жовтим підсвічуванням екрана та чорним кольором символів. Зовнішній вигляд дисплея представлений на рисунку 19.

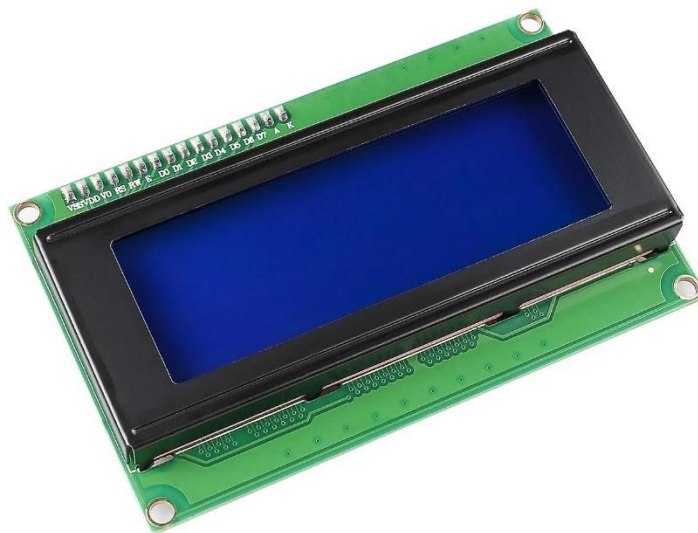


Рисунок 19 – Зовнішній вигляд дисплея [32]

Напруга живлення становить 5В. Пристрій має 8-бітовий паралельний інтерфейс. Опис інтерфейсу дисплея представлений у таблиці 3 [32, 33].

На даних з таблиці 3 можна зробити висновок, що підключення дисплея до мікроконтролера займе значна кількість вільних ліній вводу/виводу.

Зважаючи на обмежену кількість цифрових входів/виходів Arduino і те, що в даному проекті крім дисплея до мікроконтролера необхідно підключити ще матричну клавіатуру, було прийнято рішення використовувати модуль ІС (I²C) LCD, який дозволяє підключити екран з паралельним інтерфейсом до мікроконтролера за допомогою послідовного інтерфейсу I²C, розглянутому раніше.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3 – Опис інтерфейсу пристрою

№ виходу	Позначення	Описання
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)

Зовнішній вигляд модуля I²C представлений на рисунку 20.

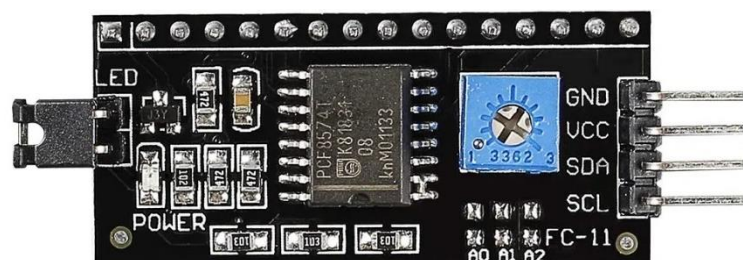


Рисунок 20 – модуль I²C [32]

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 для зміни адреси пристрою, всього їх 8 варіантів, які наведено в таблиці 4.

Таблиця 4 – Можливі адреси модуля I²C

A2	A1	A0	Адреса
0	0	0	0x20
0	0	1	0x21
0	1	0	0x22
0	1	1	0x23
1	0	0	0x24
1	0	1	0x25
1	1	0	0x26
1	1	1	0x27

Також модуль оснащений потенціометром, за допомогою якого можна змінити контрастність LCD-дисплея [33].

Для програмування застосовується бібліотека *LiquidCrystal_I2C.h*, що дозволяє використовувати дисплей у системі з мікроконтролером.

3.2.5 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. Зовнішній вигляд клавіатури представлений рисунку 21.

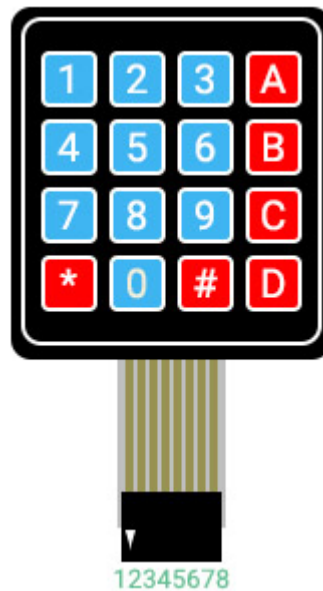


Рисунок 21 – Зовнішній вигляд клавіатури

Використання такої клавіатури дозволяє зменшити кількість займаних портів Arduino, тому що кнопки групуються в матрицю, що складається з певної кількості рядків та стовпців, яка зображена на рисунку 22.

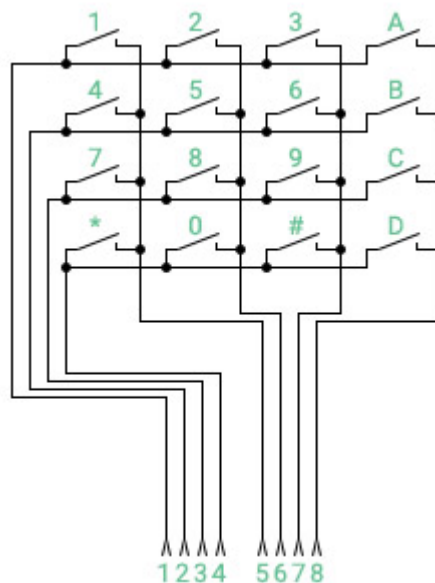


Рисунок 22 – Схема розташування кнопок у матриці

Лінії 1 – 4, що відповідають за рядки, є входами системи та підтягнуті до шини живлення, а лінії 5 – 8, що відповідають за стовпці, є виходами системи. При

розімкнених кнопках у лініях 1 – 4 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 5 – 8 по черзі формується сигнал низького рівня, потім кнопка визначається за наявності сигналу низького рівня в одній з ліній 1 – 4. За наявності логічного нуля в лінії 5 можна визначити натиснуту кнопку («1», «4», «7» або «*») за наявністю логічного нуля відповідно до контакту кнопки лінії 1 – 4 [34].

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

3.2.6 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 до тих пір, поки приймач не видасть сигнал про вірне прийняття інформації.

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

Встановлення карти пам'яті в мікроконтролер здійснюється за допомогою спеціального модуля, зовнішній вигляд якого представлений на рисунку 23.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 23 – Зовнішній вигляд модуля картки пам'яті

3.2.7 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, яка залежить від характеристик дисплея. Такими характеристиками 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. За потреби користувач може змінити поточний колір підсвічування дисплея шляхом заміни кольорового фільтра.

Відображення символів може здійснюватися в одному з двох режимів:

- «Позитивне» зображення – темні символи на світлому фоні (рис. 24а);
- «Негативне» зображення – світлі символи на темному фоні(рис. 24б).



а



б

Рисунок 24 – Режими відображення символів

					ЕЛІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

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 високу 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. Вимкнення підсвічування здійснюється шляхом усунення перемички на I²C модулі (Рисунок 20).

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 10 кОм, що знаходиться на I²C модулі і дозволяє обмежити струм, що протікає через світлодіоди (рис. 20) [32, 33]. Істотним недоліком даного способу є те, що при необхідності зміни контрастності дисплея, а також відключення або увімкнення підсвічування потрібне розбирання корпусу пристрою.

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 [35]. Регулюванню яскравості підсвічування дисплея потрібно приділяти пильну увагу, оскільки при зниженні яскравості екрана частота мерехтіння світлодіодів перевищує 80 Гц. Таке мерехтіння людським оком не фіксується, проте воно безперервно дратує нервові

					ЕЛІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 [36].

3.2.8 Підбір компонентів системи інформування пасажирів

Для реалізації системи інформування пасажирів необхідні наступні компоненти: мікроконтролер, світлодіодні матриці, блок живлення та з'єднувальні проводи.

У цій роботі були використані світлодіодні матриці розмірністю 32x16, з відстанню між діодами 10 мм. Характеристики матриці наведено у таблиці 5.

Таблиця 5 – Характеристики матриці

Роздільна здатність	32x16 (512 пікселів)
Напруга живлення	5 В
Габарити	320x160x14
Споживана потужність	15 Вт
Яскравість	50 кд/м ²

Зовнішній вигляд матриці представлений рисунку 25

До входів матриці можна підключати як контролер, так і іншу таку ж матрицю створюючи екран потрібного розміру. Що дозволяє збільшувати роздільну здатність дисплея шляхом послідовного з'єднання декількох матриць. Аналогічно виходи матриці можуть бути не задіяні або підключені до входів іншої матриці [37].

Управління світлодіодами на матричному світлодіодному табло відбувається за допомогою регістру зсуву 74НС595.

Мікросхема 74НС595 – восьмирозрядний регістру зсуву з послідовним введенням та послідовно-паралельним виводом інформації. Регістр дозволяє керувати 512 світлодіодами світлодіодної матриці, використовуючи лише 7 виходів на контролері.

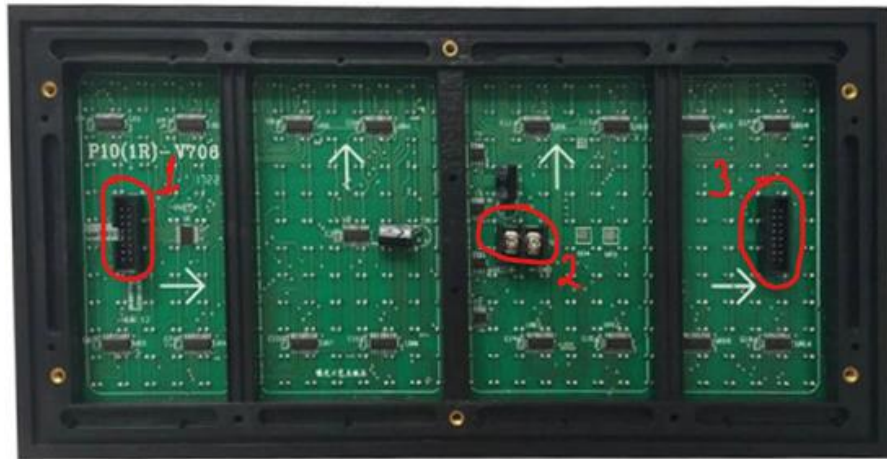


Рисунок 25 – Зовнішній вигляд матриці. 1 – входи матриці, 2 – клеми живлення, 3 – виходи матриці.

Цей регістр може передавати сигнали як паралельно, так і послідовно. Це необхідно при об'єднанні кількох регістрів для отримання 16 і більше виходів. У цьому випадку перші 8 біт сигналу передаються на наступний регістр для паралельного виведення на ньому.

Виходи регістру мають три можливі стани: логічний нуль, логічна одиниця або високоомний (високоімпедансний) стан (коли вихід відключений від схеми). У високоомний стан не може бути переведено окремий вихід, а тільки всі виходи регістру разом. При керуванні світлодіодами, це може бути корисним у разі, при перемиканні керування світлодіодами на інший контролер. Однак на практиці цей стан майже не використовується.

Характеристики регістру зсуву 74НС595:

- випускається як у планарних корпусах, так і у DIP16;
- дешевий;
- для керування використовується 7 виходів мікроконтролера;
- напруга живлення від 2 до 6 В;
- не потребує додаткових компонентів для роботи;
- працює через широкорозповсюджений інтерфейс SPI;
- частота роботи до 100 МГц.

Регістру зсуву 74НС595 складається з:

- 8-бітного регістру зсуву;
- 8-бітного регістру зберігання;
- 8-бітного вихідного регістру.

Графічне позначення регістру зсуву 74НС595 наведено на рисунку 26.

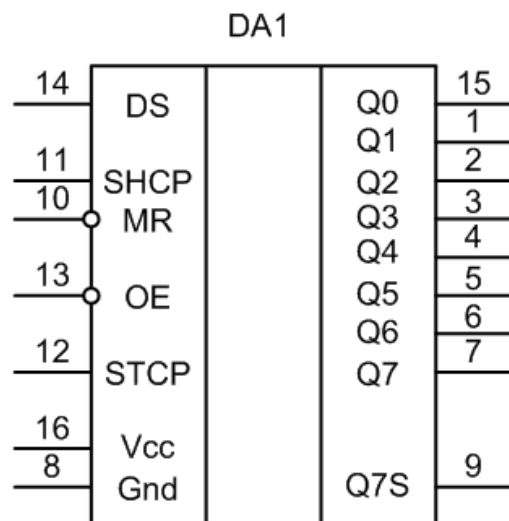


Рисунок 26 – Умовне графічне позначення регістру зсуву 74НС595

Розглянемо входи та виходи зсувного регістру 74НС595:

- GND – земля.
- VCC – живлення 5 вольт.
- DS – вхід даних. Послідовні дані, що подаються на даний вхід, будуть з'являються на 8-ми виходах регістру в паралельній формі.

– OE – вхід, що переводить виходи з високоімпедансного стану в робочий стан. При логічній одиниці на цьому вході виходи 74НС595 будуть відключені від решти схеми.

– MR – скидання регістру. Переведення всіх виходів у стан логічного нуля.

– SHCP – Вхід для тактових імпульсів.

– STCP – вхід записує дані. Для того, щоб дані з'явилися на виходах Q0...Q7, потрібно подати логічну одиницю на вхід STCP. Дані надходять до паралельного регістру, який зберігає їх до наступного імпульсу STCP.

– Виходи 74НС595 Q0...Q7 – виходи, якими керують.

– Q7S – вихід, призначений для послідовного з'єднання регістрів [38].

Часова діаграма, на якій показано рух логічної одиниці на всіх виходах регістра представлена на рисунку 27.

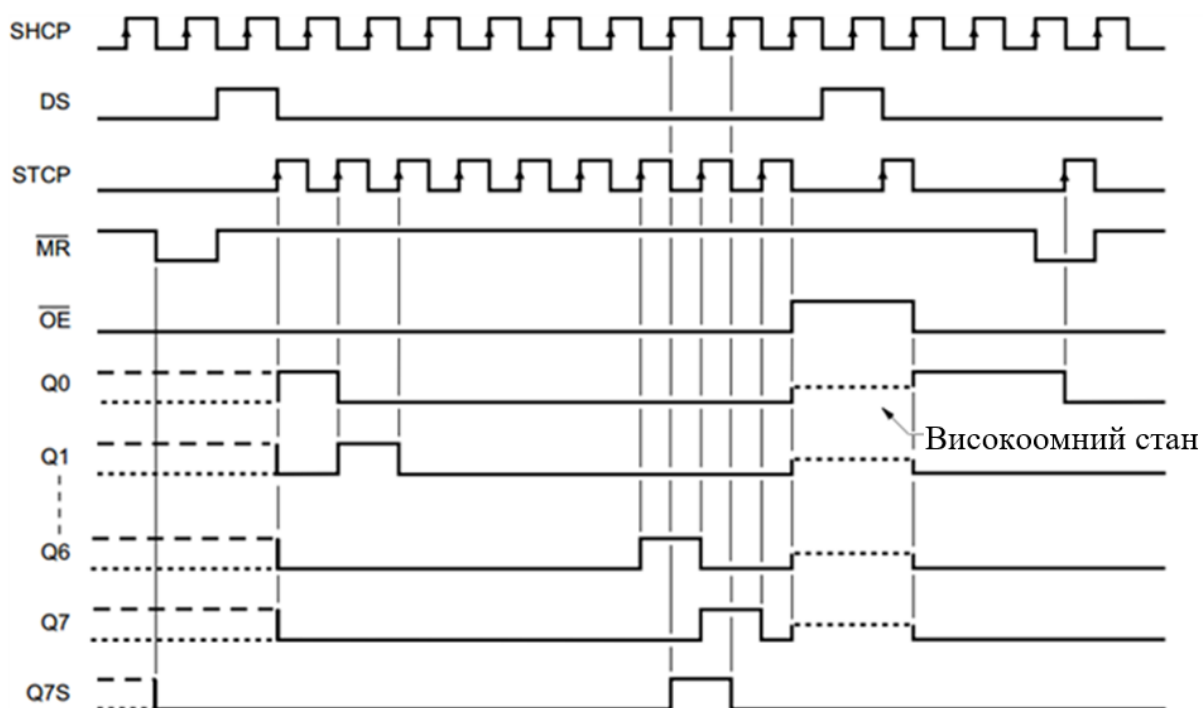


Рисунок 27 – Часова діаграма регістру зсуву 74НС595

Схема підключення світлодіодної матриці до мікроконтролера представлена на рисунку 28.

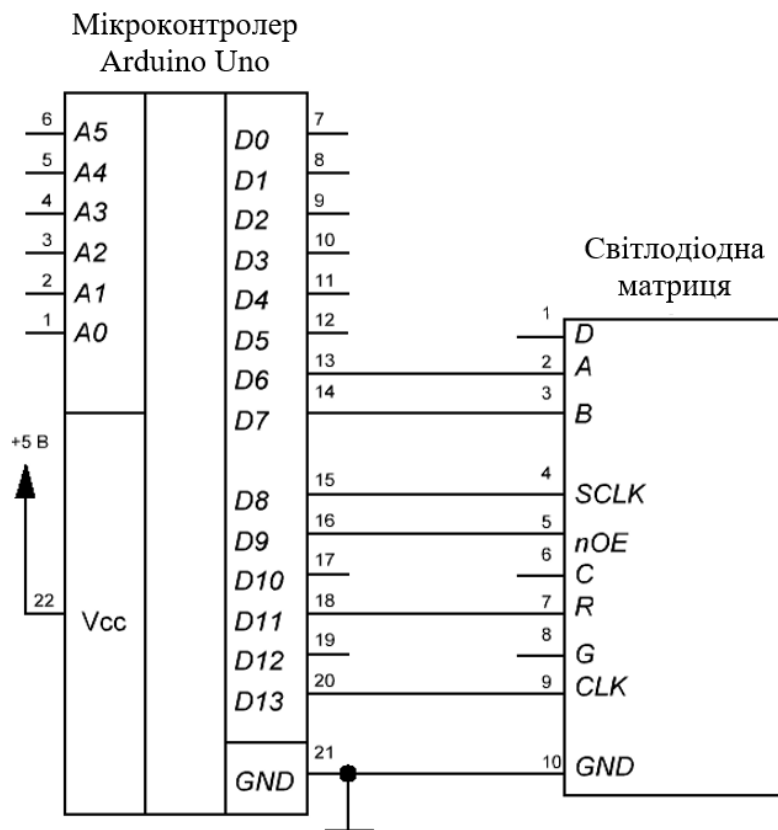


Рисунок 28 – Схема підключення матриці до мікроконтролера Arduino Uno

Входи 2 і 4 (A і B) визначають, які з чотирьох груп світлодіодів екрану працюють у кожний конкретний момент часу. Матриці використовують динамічну індикацію, по черзі перемикаючи 4 групи світлодіодів залежно від логічних рівнів на контактах A і B. На платі ці сигнали приходять на дешифратор, який відкриває 1 із 4 груп Р-канальних польових транзисторів, тим самим подаючи +5В на аноди світлодіодів обраної групи.

Вхід 1 (nOE) - дозволяє роботу матриці (логічний 0 гасить усі матриці в колі).

Входи 8 та 12 (CLK та R) — лінія, по якій передається тактовий імпульс, та лінія даних синхронного послідовного інтерфейсу.

Вхід 10 (SCLK) - здійснює передачу даних по передньому фронту, отриманих регістрами зсуву, на їх виходи. Зсувні регістри підключені до катодів світлодіодів матриці. З цієї причини дані, що передаються, потрібно інвертувати (світлодіод горітиме при логічному нулі) [37].

Для роботи коректної роботи СІП потрібна наявність джерела живлення потужністю 50 Вт. Для цієї мети було обрано джерело живлення NES-50-5.

4 НАУКОВО – ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

При передачі даних лініях зв'язку, використовується контрольна сума – деяке значення, розраховане на основі набору даних з використанням певного алгоритму, що використовується для перевірки цілісності даних при їх передачі або збереженні [39], розрахована за деяким алгоритмом. Алгоритм часто складний, звичайно, він обґрунтований математично, але дуже незручний при дефіциті ресурсів, наприклад при програмуванні мікроконтролерів.

Без контрольної суми, передавати дані небезпечно, так як перешкоди присутні скрізь і завжди, все питання тільки в ймовірності їх виникнення та побічних ефектах, що викликаються ними. Залежно від умов і вибирається алгоритм виявлення помилок та кількість даних у контрольній сумі. Чим складніше алгоритм і більша контрольна сума тим менше не виявлених помилок.

Причина перешкод на фізичному рівні моделі OSI, при передачі даних.

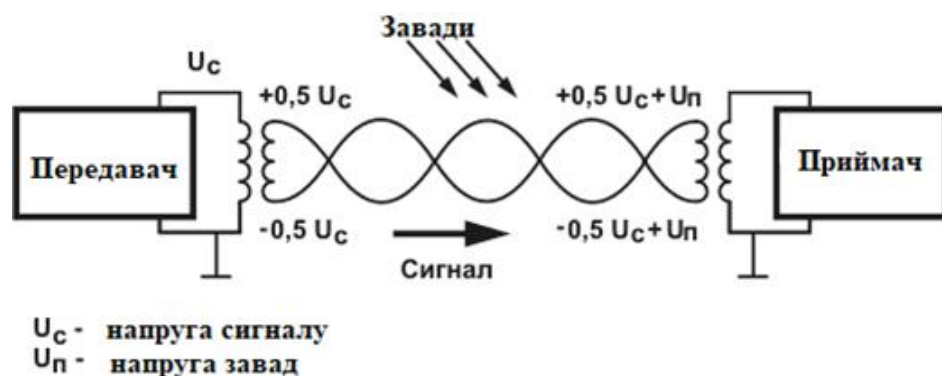


Рисунок 29 – Дія перешкод на фізичному рівні

Розглянемо деякі алгоритми, які можуть підтвердити цілісність даних і будуть відносно прості.

Біт парності (1-бітна контрольна сума)

Звісно, на першому місці знаходиться простий біт парності. При необхідності формується апаратно, найпростіший принцип, і докладно розписаний мережі інтернет, наприклад, у вікіпедії [40]. Однак, є недолік – пропускає подвійні

					ЕЛІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

помилки (і взагалі парне число помилок), коли парність всіх біт не змінюється. Можна використовувати для збору статистики про наявність помилок в потоці даних, що передаються, але цілісність даних не гарантує, хоча і знижує ймовірність пропущеної помилки на 50% (залежить, звичайно, від типу перешкод на лінії, в даному випадку мається на увазі що ймовірність парних і непарних збоїв однакова).

Для включення біта парності, часто і код ніякий не потрібен, просто вказуємо, що UART повинен задіяти біт парності. Типово, просто вказуємо:

```
void setup(){
  Serial.begin(9600,SERIAL_8N1); // за замовчанням, біт парності вимкнено;
  Serial1.begin(38400,SERIAL_8E1); // біт парності ввімкнено
  Serial.println("Hello Computer");
  Serial1.println("Hello Serial 1");
}
```

Часто розробники забувають навіть, що UART має на борту можливість перевірки біта парності. Крім цілісності даних, що передаються, це дозволяє уникнути стійкого зриву синхронізації (наприклад при передачі даних по радіоканалу), коли корисні дані можуть випадково імітувати старт і стоп біти, а замість даних на виході буфера старт і стоп біти у випадковому порядку.

Далі, якщо контролю парності мало, а його зазвичай мало, додається додаткова контрольна сума. Розрахувати контрольну суму, можна як суму раніше переданих байт:

$$CRC = byte(1) + byte(2) + byte(3) + \dots + byte(N)$$

Природньо біти переповнення не враховуємо, результат вкладаємо у виділені під контрольну суму 8 біт. Можна помилитися, якщо при випадковому збої один байт збільшиться на деяке значення, а інший байт зменшиться на те саме значення.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Контрольна сума не зміниться. Проведемо дослідний експеримент із передачею даних. Вихідні дані:

- Блок даних – 8 байт.
- Заповнення псевдовипадковими даними $\text{Random}(\$FF+1)$
- Випадковим чином змінюємо 1 біт у блоці даних операцією XOR зі спеціально підготовленим байтом, у якого один одиничний біт на випадковій позиції.
- Повторюємо попередній пункт 10 разів, при цьому може вийде від 0 до 10 викривлених біт (2 помилки можуть накладатися одна на одну, відновлюючи дані), варіант з без викривлень біт ігноруємо, оскільки це на не цікавить.

Передаємо повідомлення N разів. Ідеальна контрольна сума виявить помилку за кількістю доступної їй інформації про повідомлення, більше інформації, вища ймовірність виявлення пошкодженого повідомлення. Ймовірність пропустити помилку, для 1 біта контрольної суми:

$$P = 1 / 2^1 = 0,5$$

Для 8 біт:

$$P = 1/2^8 = 1:256 = 0,00390625$$

З 256 відправлених повідомлень з помилкою, одна пройде перевірку контрольної суми. Результат передачі даних за допомогою простої тестової програми:

1: 144 (ймовірність проходження помилки)

1: 143

1: 144

1: 145

1: 144

1: 142

1: 143

					ЕЛІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1: 143

1: 142

1: 140

10 мільйонів ітерацій. Загальна кількість помилок 69892.

Результат – 1: 143.078 або умовний ККД = 55% від можливостей «ідеальної» контрольної суми. Така плата за простоту алгоритму та швидкість обробки даних. Загалом, для багатьох застосувань алгоритм працездатний. Використовується одна операція додавання та одна 8-бітова змінна. Немає можливості не коректної реалізації. Тому алгоритм і застосовується в контролерах ADAMS, ICP, у складі протоколу DCON (там додатково може бути включений біт парності, символи тільки ASCII, що також сприяє підвищенню надійності передачі даних й підсумкова надійність дещо вище, оскільки частина помилок виявляється за іншими, додатковими ознаками, які пов'язані з контрольної сумою).

Незважаючи на ймовірність проходження помилки 1:143, ймовірність виявлення помилки краще, ніж 1:256, теоретично неможлива. Якщо потрібна надійність вище, необхідно використовувати контрольну суму з великою кількістю біт. Тобто, проста контрольна сума недостатньо ефективно використовує приблизно 0.75 біта з 8 наявних біт інформації в контрольній сумі.

Для порівняння застосуємо замість суми додавання за модулем два XOR – логічна та бітова операція, що набуває значення «істина» тоді й лише тоді, коли значення «істина» має суто один з її операндів [41]. Це призвело до суттєвого погіршення ситуації – ймовірність виявлення помилки 1:67 або 26% від теоретичної межі. Спрощено, це можна пояснити тим, що виключна диз'юнкція XOR змінює при виникненні помилки ще менше біт у контрольній сумі, ніжче відгук на одиничний викривлення біту, і при повторній помилці більше ймовірність повернення контрольної суми у вихідний стан.

Також можна стверджувати, що контрольна сума з додаванням за модулем два являє собою 8 незалежних контрольних сум з 1 біта. Ймовірність того, що помилка припаде на один із 8 біт дорівнює 1:8, ймовірність подвійного збою 1:64, що ми й спостерігаємо, теоретична величина збіглася з експериментальними даними.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Нам потрібен такий алгоритм, щоб замінював при одиничній помилці максимальну кількість біт у контрольній сумі. Але ми, загалом, обмежені складністю алгоритму і ресурсами в нашому розпорядженні. Не у всіх мікроконтролерах є апаратний блок розрахунку CRC. Однак майже в кожному є блок множення. Тож розрахуємо контрольну суму як добуток послідовності байт, на деяку константу:

$$CRC = CRC + \text{byte} * 211$$

Константа має бути простою, і, в той же час, достатньо великою, для зміни більшого числа біт після кожної операції, цілком підходить, перевіряємо:

Результат:

1: 185
1: 186
1: 185
1: 185
1: 193
1: 188
1: 187
1: 194
1: 190
1: 200

Отримуємо 72% від теоретичної межі, невелике покращення перед простою сумою. Алгоритм у такому вигляді не має сенсу. В даному випадку втрачається важлива інформація з старших 8..16 біт, що відкидаються, а їх необхідно враховувати. Найпростіше змішати функцією XOR з молодшими бітами 1..8. Доведеться застосовувати більш інтенсивну модифікацію контрольної суми, ще й з мінімальними витратами ресурсів.

$$CRC = CRC + \text{byte} * 211$$

$$CRC = CRC \text{ XOR } (CRC \text{ SHR } 8); // \text{ побітно змішуємо; застосовуємо і надалі}$$

					ЕЛІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проміжна CRC для першої дії 16-бітна (після обчислень обрізається до 8 біт) і надалі працюємо як з 8-бітною, якщо у нас 8-бітний мікроконтролер це прискорить обробку даних. Повертаємо старші біти та перемішуємо з молодшими.

Отримуємо:

1: 237
1: 234
1: 241
1: 234
1: 227
1: 238
1: 235
1: 233
1: 231
1: 236

В результаті 91% від теоретичної межі. Вже досить непогано і можна застосовувати.

Якщо ж в мікроконтролері немає блоку множення, можна імітувати множення операцій складання, зміщення та XOR. Суть аналогічна, викривлений біт, поступово «розподіляється» по решті біт контрольної суми.

$CRC := (CRC \text{ shl } 3) + \text{byte};$

$CRC := (CRC \text{ shl } 3) + \text{byte};$

$CRC := (CRC \text{ XOR } (CRC \text{ SHR } 8));$

Отримуємо:

1: 255
1: 257
1: 255
1: 255
1: 254

					ЕлІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1: 255
1: 250
1: 254
1: 256
1: 254

Результат показує середнє значення 254,5 або 99% від теоретичної межі. Операцій використовується більше, але вони всі прості і не застосовується множення.

Якщо для внутрішнього зберігання проміжних значень контрольної суми віддати змінну 16 біт (але передавати по лінії зв'язку будемо лише молодші 8 біт), що не є проблемою навіть для найслабшого мікроконтролера, отримаємо деяке поліпшення роботи алгоритму.

Отримуємо:

1: 260
1: 250
1: 252
1: 258
1: 261
1: 255
1: 254
1: 261
1: 264
1: 262

Отже, 100.6% від теоретичної межі, чудовий результат для такого простого алгоритму з одного рядка:

```
CRC:=CRC + byte*44111; // всі змінні 16-біт
```

Використовується повноцінне 16-бітове множення. Знову ж таки не обійшлося деякого числа – константи 44111 (обрано із загальних міркувань без

					ЕлІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перебору всієї підмножини чисел). Точніше, константу має сенс підбирати, лише визначившись з передбачуваним типом помилок у каналі зв'язку під час передачі.

Такий високий результат пояснюється тим, що 2 цикли множення поспіль повністю перемішують біти, що нам і потрібно. Винятком тут є останній байт повідомлення, особливо його старші біти, вони не повністю замішуються в контрольну суму, але й ймовірність того, що помилка припаде на них невелика, приблизно 4%. Ця особливість практично не виявляється статистично, принаймні на такому наборі тестових даних і помилці обмеженою 10 збійними бітами. Для виключення цієї особливості можна робити N+1 ітерацій, додавши віртуальний байт на додаток до наявних тестовому блоці даних (що ускладнить алгоритм).

Варіант без множення із аналогічним результатом (100.6% від теоретичної межі). Змінна CRC 16-бітна, дані 8-бітні, результат роботи алгоритму – молодші 8 біт знайденої контрольної суми:

$$CRC := (CRC \text{ shl } 2) + CRC + \text{byte};$$
$$CRC := (CRC \text{ shl } 2) + CRC + \text{byte};$$
$$CRC := (CRC \text{ XOR } (CRC \text{ SHR } 8));$$

Варіант без множення більш простий, залишимо мінімум функцій, всього 3 математичні операції:

$$CRC := \text{byte} + CRC;$$
$$CRC := CRC \text{ xor } (CRC \text{ shr } 2);$$

Результат 86% від теоретичної межі. В цьому випадку втрати старших бітів немає, вони повертаються в молодшу частину змінної через функцію XOR.

Невелике поліпшення в деяких випадках дає:

1) Подвійний прохід за оброблюваними даними. Але це з ускладненням алгоритму (слід зазначити зовнішній цикл), ціною подвоєння часу обробки даних.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2) Обробка додаткового, віртуального байту наприкінці даних. При цьому ні ускладнення алгоритму ні часу роботи алгоритму практично немає.

3) Використання змінної зберігання контрольної суми з більшою розрядністю, ніж результуюча контрольна сума і перемішування молодших біт зі старшими.

Результат роботи досліджуваних алгоритмів, від простих та слабких, до складних та якісних наведено на рисунку 30.

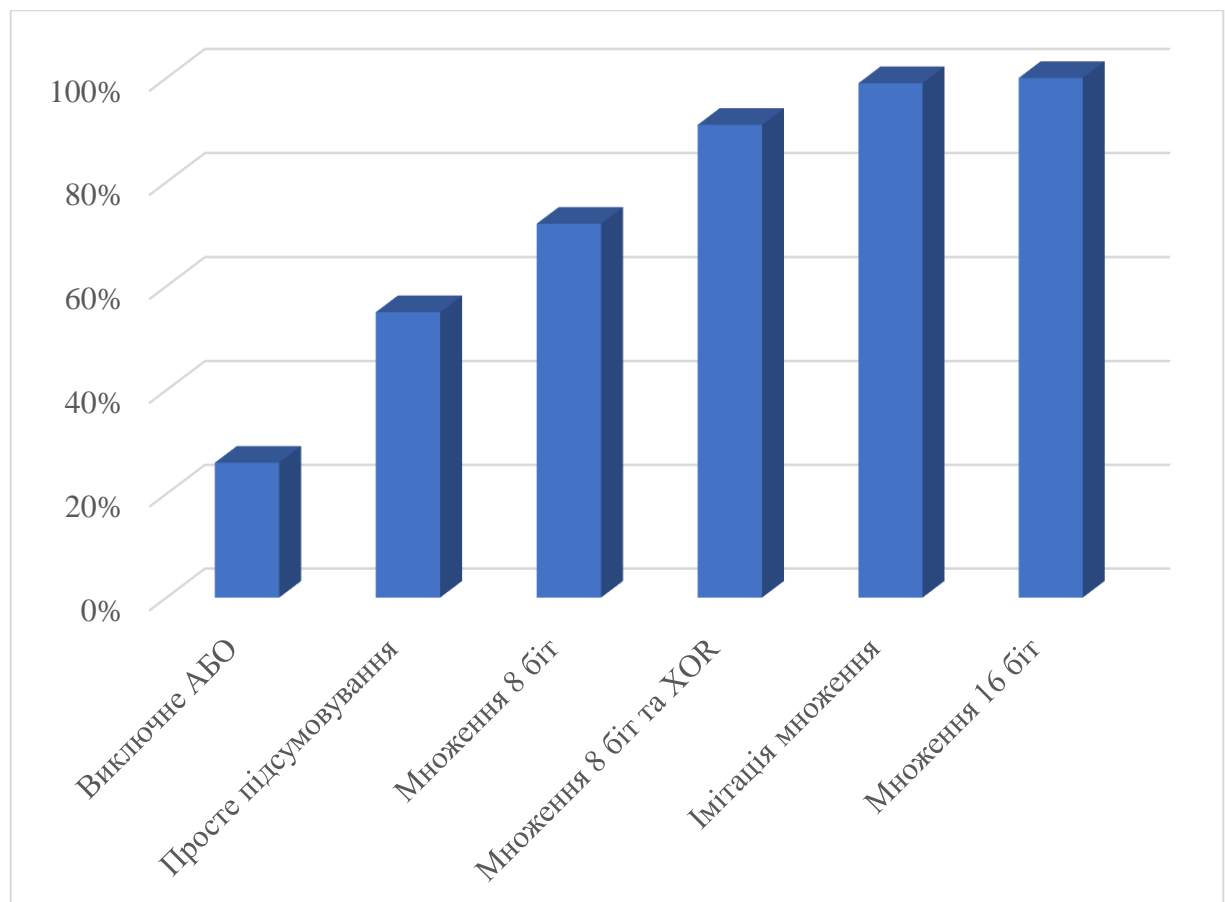


Рисунок 30 – Результат роботи досліджуваних алгоритмів

Далі цікаво було б оптимізувати алгоритм більш реальних даних (не псевдовипадкові числа за стандартним алгоритмом), підібрати більш підходящі магичні числа під ряд завдань і початкових умов, думаю можна ще виграти частки відсотка за якістю роботи алгоритму. Оптимізувати алгоритм за швидкістю, простотою алгоритму, якістю роботи. Для цього потрібні приклади з використанням множення 8, 16, 32 бітних даних, і без множення взагалі.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Розрахунок трудомісткості та заробітної плати

Трудомісткість – характеризує кількість робочого часу, затраченого на виробництво одиниці продукції і визначається діленням затрат праці на обсяг виробництва продукції [42]. Показник трудомісткості відображає пряму залежність між трудовитратами та обсягом виробництва.

Продуктивність праці - це показник, який характеризує її ефективність і відображає співвідношення обсягу продукції та кількості праці, затраченої на її виробництво [42].

Рівень продуктивності праці характеризується показником виробітку, який визначається кількістю продукції, виробленої одним працівником за одиницю часу. Методи визначення виробітку можуть бути різними залежно від того, якими одиницями вимірюється обсяг продукції і затрати праці. Розрізняють натуральний, вартісний та трудовий методи визначення виробітку.

Натуральні – визначаються діленням обсягу продукції що виробили у фізичних одиницях на затрачений на це час в нормо-годинах $V = N / t$, од./год. Цей метод має високу точність, але доцільність його застосування є тоді, коли підприємство займається виробленням однорідної продукції або на окремих робочих ділянках.

У випадку випуску декількох видів продукції, що є подібною, але може відрізнитися певними характеристиками і параметрами то застосовують натуральні вимірювачі продуктивності праці.

Вартісний вимірювач продуктивності праці, в свою чергу, визначається діленням обсягу виробленої продукції на затрати праці (людино-години): $V = Q / Чсп$, грн./чол. Вони дозволяють оцінювати виробництво зовсім різної продукції. Їх недоліком є залежність від цін, іншими словами необґрунтоване підвищення ціни на товар призводить до «фіктивного» росту продуктивності праці [42].

					ЕЛІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Трудові – це ділення об’єму продукції на кількість працівників $V = T / Чр$, год./чол. Ці показники використовують на робочих місцях для оцінки незавершеного виробництва.

Трудомісткість визначається витратами живої праці на виготовлення продукції. Враховується не лише час виконання роботи, але й час перерв, що регламентуються на відпочинок та перерви, зумовлені технологією і організацією виробництва.

Розрізняють такі види трuдомісткості:

- трuдомісткість управління (керівники, фахівці, технічні виконавці).
- трuдомісткість обслуговування (допоміжні робітники);
- технологічна трuдомісткість (основні робітники);
- виробнича трuдомісткість;

Розрахунок трuдомісткості виготовлення проектованої системи наведено в таблиці 6.

Таблиця 6 – Трудомісткість виготовлення проектованої системи

№ п/п	Найменування технологічної операції	Середній розряд роботи	Трудомісткість на один виріб, год	Годинна тарифна ставка, грн.
1	Механічна	3	0,40	47,00
2	Хімічна	3	0,60	45,00
3	Складальна	3	0,25	44,00
4	Монтажна	4	0,75	52,00
5	Регулювальна	5	1,50	67,00

Заробітна плата – це винагорода, яка вимірюється, як правило у грошовому виразі і яку за трудовим договором власник виплачує працівнику за виконану ним роботу [43].

Фонд основної заробітної плати включає нарахування за виконану роботу відповідно до встановлених норм праці (норми часу, вироблення, обслуговування)

					ЕЛІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

по тарифних ставках, відрядних розцінках або посадових окладах (для керівників, фахівців, технічних службовців), включаючи в повному об'ємі внутрішнє сумісництво.

Основна заробітна плата визначається за формулою:

$$Z_o = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i$$

де C_i – годинна тарифна ставка окремого спеціаліста, що задіяний у виробництві пристрою, грн/год;

t_i – витрачений час робітником на виробництво і наладку пристрою, год;

n – кількість працівників, задіяних у виробництві пристрою

Фонд додаткової заробітної плати включає доплати, надбавки до тарифних ставок (окладам) за працю понад встановлену норму в розмірах, передбачених чинним законодавством, премії і винагороди, зокрема за вислугу років, що мають систематичний характер, оплата роботи в наднормовий час, в святкові і вихідні дні (у розмірах, встановлених чинним законодавством) і ін.

Додаткова зарплата Z_d (оплата за відпустку, додаткове виконання завдань) обчислюється за наступною формулою:

Таким чином проведемо розрахунок основної заробітної плати за формулою вказаною вище:

$$Z_o = 47,0 \cdot 0,40 + 45,0 \cdot 0,60 + 44,0 \cdot 0,25 + 52,0 \cdot 0,75 + 67,0 \cdot 1,5 = 196,30 \text{ грн.}$$

Розрахуємо додаткову заробітну плату – вважаємо преміальні доплати у розмірі від 10 до 30 % від основної заробітної плати. Виберемо 30%.

$$Z_d = 196,30 \cdot 0,3 = 58,89 \text{ грн.}$$

					ЕЛІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2 Розрахунок собівартості проектованої системи

Собівартість розробленої системи – це сума витрат на виробництво і реалізацію одиниці продукції. Витрати на виробництво пристрою формують виробничу собівартість, а витрати на виробництво і збут – повну собівартість.

Собівартість – зовнішній показник, тому що від неї залежить прибуток і рентабельність. Розрахунок собівартості може вироблятися декількома способами: калькуляція або укрупнені методи (параметричний, агрегатний, питомих ваг та інше) [43].

Витрати, що пов'язані з виробленням і збутом пристрою групують за наступними статтями [43]:

- Основна заробітна плата.
- Додаткова заробітна плата.
- Відрахування на соціальні заходи.
- Матеріали та комплектуючі.
- Витрати на утримання і експлуатацію устаткування.
- Загальновиробничі витрати.
- Адміністративні витрати.
- Витрати на збут.

Розрахуємо відрахування на соціальні заходи. Вони містять в собі відрахування від суми основної і додаткової зарплати за встановленими ставками [42, 43]:

- на державне страхування від нещасних випадків;
- на обов'язкове державне пенсійне страхування;
- на обов'язкове державне соціальне страхування на випадок безробіття;
- у зв'язку з тимчасовою втратою працездатності і витратами, зумовленими народженням дитини і похованням.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
						67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок проводиться за формулою:

$$H_{ЗП} = (З_о + З_д) \cdot 36,9\%$$

$$H_{ЗП} = (196,30 + 58,89) \cdot 36,9\% = 94,17 \text{ грн.}$$

Стаття «Матеріали та комплектуючі» містить витрати на сировину, основні, допоміжні матеріали, тобто витрати, які розраховуються на одиницю продукції.

Дані для розрахунку вартості комплектуючих наведені в таблиці 7.

Таблиця 7 – Витрати на матеріали та комплектуючі

Найменування	Ціна за од., грн.	Кількість	Сума, грн.
Блок живлення 5В 10А 50Вт	327,60	1	327,60
Матрична мембранна клавіатура 4x4	33,40	1	33,40
Модуль SD-карт	26,00	1	26,00
Arduino UNO R3 з кабелем USB	494,00	1	494,00
I2C модуль для збільшення виводів rcf8574	52,00	1	52,00
Символьний дисплей LCD 2004 жовтий	237,00	1	237,00
З'єднувальні дроти	74,00	1	74,00
Регістр зсуву 74НС595	8,00	1	8,00
Світлодіодна матриця розмірністю 32x16	256,00	4	1024,00
Всього:			2276,00

Витрати на утримання і експлуатацію устаткування складають 120 – 150 % від основної заробітної плати. Виберемо 125% та розрахуємо.

$$З_{УЕ} = З_0 \cdot 125\%,$$

де $З_{УЕ}$ – витрати на утримання та експлуатацію устаткування

$$З_{УЕ} = 3_0 \cdot 125\% = 196,30 \cdot 1,25 = 245,38 \text{ грн.}$$

Загальновиробничі витрати являють собою витрати, пов'язані з управлінням підрозділом, витрати на службові відрядження співробітників підрозділу, амортизаційні відрахування від вартості основних фондів загальноцехового призначення і т.д. Визначаються в розмірі від 130% до 250% від основної зарплати. Вибираємо 175%.

$$В_{ЗВ} = З_0 \cdot 175\%,$$

де $В_{ЗВ}$ – загальновиробничі витрати.

$$В_{ЗВ} = 3_0 \cdot 175\% = 196,30 \cdot 1,75 = 343,53 \text{ грн.}$$

Виходячи з розрахованих статей калькуляції розрахуємо виробничу собівартість пристрою:

$$СБ_{ВІР} = З_{СМ} + З_0 + З_Д + Н_{ЗП} + З_{УЕ} + В_{ЗВ},$$

де $СБ_{ВІР}$ – виробнича собівартість пристрою;

$З_{СМ}$ – витрати на матеріали та комплектуючі.

$$СБ_{ВІР} = 2276,00 + 196,30 + 58,89 + 94,17 + 245,38 + 343,53 = 3214,26 \text{ грн.}$$

Адміністративні витрати визначаються в розмірі 140-200 % від основної зарплати. Візьмемо 175 %:

$$А_В = З_0 \cdot 200\%,$$

де $А_В$ – адміністративні витрати.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$A_B = Z_0 \cdot 200\% = 196,30 \cdot 1,75 = 343,53 \text{ грн.}$$

Витрати на збут. Включають витрати на рекламу та передреалізаційну підготовку пристрою. Орієнтовно ці витрати визначаються в розмірі від 5% до 10% від виробничої собівартості. Вибираємо 7%.

$$V_{ЗБ} = СБ_{Вир} \cdot 7 \%,$$

де $V_{ЗБ}$ – витрати на збут.

$$V_{ЗБ} = СБ_{Пр} \cdot 7 \% = 3214,26 \cdot 0,07 = 225,00 \text{ грн.}$$

Калькуляцію собівартості виробу заносимо в таблицю 8.

Таблиця 8 – Повна собівартість пристрою за статтями калькуляції

№ п/п	Стаття калькуляції	Сума, грн
1	Матеріали та комплектуючі	2276,00
2	Основна заробітна плата	196,30
3	Додаткова заробітна плата	58,89
4	Відрахування на соціальні заходи	94,17
5	Утримання та експлуатація устаткування	245,38
6	Загальновиробничі витрати	343,53
7	Виробнича собівартість	3214,26
8	Витрати на збут	225,00
9	Адміністративні витрати	343,53
10	Повна собівартість пристрою	3782,78

5.3 Визначення ціни виробу

Ціна – це грошовий вираз вартості товару, кількість грошей, що сплачується за одиницю товару або послуги.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Величина прибутку розраховується за формулою:

$$\Pi = CB_{\text{ПР}} \cdot \frac{R}{100}$$

де Π – величина прибутку, грн.

$CB_{\text{ПР}}$ – сумарні витрати на виготовлення і реалізацію продукції, грн.

R – рентабельність продукції, %.

Прибуток визначається з показника рентабельності продукції, приймається в розмірі до 35%. Задаємося рентабельністю 20%.

$$\Pi = 3782,78 \cdot \frac{20}{100} = 756,56 \text{ грн.}$$

Таким чином проведемо розрахунок оптової ціни пристрою визначається:

$$Ц_{\text{ОПТ}} = CB_{\text{ПР}} + \Pi = 3782,78 + 756,56 = 4539,33 \text{ грн.}$$

Вільна відпускна ціна пристрою з урахуванням ПДВ:

$$Ц_{\text{РОЗД}} = Ц_{\text{ОПТ}} \cdot 1,2 = 4539,33 \cdot 1,2 = 5447,20 \text{ грн.},$$

де 20% – податок на додану вартість, %.

Отже для встановлення відповідної норми рентабельності потрібно встановити ціну в 5447,20 грн. за одну систему.

Висновок: в ході роботи, була розрахована собівартість проектованої системи, складена зведена таблиця калькуляції собівартості. Позитивні сторони даної методики полягають у її простоті, комплексній очевидності такої функції ціни як відшкодування витрат на виробництво і забезпечення прибутковості від створення та реалізації пристрою. Недолік даної методики полягає в тому, що вона не враховує ринкові фактори ціноутворення і насамперед попит.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
						71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВОК

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.

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.

					ЕлІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Петровська, С. І. "Принципи оцінювання якості послуги з перевезень пасажирів транспортом загального користування в місті." Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія «Економічні науки» 34 (2019): 86-90.
2. ТОВ «Українські Інфосистеми». Електронні інформаційні табло [Електронний ресурс] / ТОВ «Українські Інфосистеми» – Режим доступу до ресурсу: <https://ukrinfosystems.com.ua/uk/catalogue/electronic-information-board>.
3. Аналіз та обґрунтування методів формування маршрутної мережі пасажирських перевезень у містах / В.В. Біліченко, О.В. Расновський // Матеріали VI міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту» 21–23 жовтня 2013. – 2013.
4. Аналіз показників рівня оцінювання якості пасажирських автоперевезень / Г.Ю. Бурлакова, І.І. Пірч // Матеріали VI міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту» 21–23 жовтня 2013. – 2013.
5. Логістика: громадський пасажирський транспорт / Л.Б. Міротін, І.Е. Ташбаєв, В.Д. Герамі, В.В. Зирянов та ін; за ред. Л.Б. Міротіна. - М.: Екзамен, 2003. - 224 с.
6. Концепція розвитку пасажирських перевезень в м. Вінниця / Ю.А. Буренніков, В. В. Біліченко // Матеріали VI міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту» 21–23 жовтня 2013. – 2013.
7. АЙ-СИТИ. Информационное табло в автобус [Електронний ресурс] / АЙ-СИТИ – Режим доступу до ресурсу: <https://icity.dp.ua/informacionnoe-tablo-v-avtobus>.
8. depositphotos. Стокові векторні зображення [Електронний ресурс] / depositphotos – Режим доступу до ресурсу: <https://ua.depositphotos.com>.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
						73
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Інформаційне табло. Як вибрати інформаційне табло [Електронний ресурс] / Компанія ТД Таймер – режим доступу: <http://www.td-timer.ru/info/articles/informatsionnoe-tablo.htm>

10. Світлодіодний графічний екран [Електронний ресурс] / Вікіпедія вільна енциклопедія – режим доступу: https://ua.wikipedia.org/wiki/Світлодіодний_графічний_екран

11. Світлодіодні дисплеї – нова віха у розвитку рекламного бізнесу [Електронний ресурс] / Компанія ЛайтМедіа – режим доступу: <http://lightmedia.su/partner/svetodiodnye-displei-novaya-veha-v-razvittii-reklamnogobiznesa.html>

12. Переваги та недоліки світлодіодних екранів з малим кроком пікселя [Електронний ресурс] / Mitsubishi Electric US Visual & ImagingSystems – режим доступу: http://www.inavate.ru/site/files/white_papers/direct_view_led_display.pdf

13. Світлодіоди та світлодіодні модулі [Електронний ресурс] / Компанія СЕА – режим доступу: <https://www.sea.com.ua/ua/svetodiodnaya-produktsiya/svetodiody-i-svetodiodnye-moduli/>

14. Світлодіод, історія розвитку, цікаві факти, перспективи [Електронний ресурс] / Магазин Svetlix – режим доступу: http://svetlix.ru/articles/about_led.

15. Ревич, Ю.В. Arduino та матричні індикатори [Електронний ресурс] / Радіоаматор режим доступу: <http://radio-stv.ru/arduino-i-matrichnyie-indikatoryi>.

16. LED матриця 8x8 та регістри 74НС164 [Електронний ресурс] / Популярна робототехніка режим доступу: <http://www.poprobot.ru/home/ledmatrica8x8iregistry74hc164>.

17. Serial Peripheral Interface [Електронний ресурс] / Вікіпедія – вільна енциклопедія – режим доступу: https://ua.wikipedia.org/wiki/Serial_Peripheral_Interface.

18. Універсальний асинхронний приймач [Електронний ресурс] / Вікіпедія - вільна енциклопедія – режим доступу: https://ua.wikipedia.org/wiki/Універсальний_асинхронний_прийомопередатчик.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
						74
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

19. I2C [Електронний ресурс] / Вікіпедія – вільна енциклопедія – режим доступу: <https://ua.wikipedia.org/wiki/I2C>
20. Інтерфейс передачі даних – I2C [Електронний ресурс] / 3DiY (Тридіай) – режим доступу: <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-moduli/interfeys-peredachi-dannykh-i2c/>
21. Single Board Computers [Електронний ресурс] / Amazon.com – режим доступу: <https://www.amazon.com/Raspberry-Pi-Model-Desktop-Linux/dp/B00T2U7R7I>
22. Raspberry Pi [Електронний ресурс] / Вікіпедія – вільна енциклопедія режим доступу: https://ua.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi
23. Arduino Uno [Електроннийресурс] / Вікіпедія – вільна енциклопедія режим доступу: <http://ua.wikipedia.org/wiki/arduino-uno>.
24. STM32 [Електронний ресурс] / Вікіпедія – вільна енциклопедія – режим доступу: <https://ua.wikipedia.org/wiki/STM32>.
25. Корягін, А. STM32. Програмування STM32F103. RTC [Електронний ресурс] / Avislab сайт для палких паяльників – режим доступу: <https://blog.avislab.com/stm32-rtc/>
26. ПЛІС [Електронний ресурс] / Вікіпедія – вільна енциклопедія – режим доступу: <https://ua.wikipedia.org/wiki/ПЛІС>
27. Altera Cyclone IV EP4CE22 FPGA Development Board [Електронний ресурс] / aliexpress.com – режим доступу: <https://aliexpress.com/item/1005003256249476.html>
28. Алгоритм контрольного підсумовування CRC [Електронний ресурс] – режим доступу: http://all-ht.ru/inf/systems/p_0_13.html
29. Комп'ютерні мережі : навчальний посібник / О. С. Городецька, В. А. Гикавий, О. В. Онищук. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 129 с.
30. Короткий опис плати Arduino Uno [Електронний ресурс] / gadgetstyle – режим доступу: <http://nporeklama.ru/elektronnoe-tablo/sposoby-upravleniya-elektronnym-tablom.html>.
31. Середовище розроблення Arduino [Електронний ресурс] / arduino.cc – режим доступу: https://arduino.ru/Arduino_environment.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
						75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

32. Single Board Computers [Електронний ресурс] / Amazon.com – режим доступу: <https://www.amazon.com/SunFounder-Serial-Module-Arduino-Mega2560/dp/B01GPUMP9C>

33. ІІС/І2С модуль-перехідник для LCD-дисплеїв [Електронний ресурс] / robotchip – режим доступу: URL: <https://robotchip.ru/obzor-interfeysnogo-modulya-i2c/>

34. Матрична клавіатура 4x4 для Arduino [Електронний ресурс] / arduino.cc – режим доступу: <http://arduino.ru/forum/programmirovanie/podklyuchenie-matrichnoi-klaviatury-po-i2c>

35. Широтно-імпульсна модуляція в Arduino [Електронний ресурс] / Обладнання Технології Розробки – режим доступу: <http://mypractic.ru/urok-37-shirotno-impulsnaya-modulyaciya-v-arduino.html>

36. ДБН В. 2.5–28–2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення»

37. Модуль світлодіодний LED дисплей [Електронний ресурс] / Дворик – режим доступу: <https://dvorik.kiev.ua/ru/dysplei-led-modul-p10-16kh32-ip65-chervonyi-dip-dlia-vyhotovlennia-bizhuchykh-riadkiv>

38. Регістр зсуву 74НС595 та семисегментний індикатор [Електронний ресурс] / Практична електроніка – режим доступу: <http://hardelectronics.ru/74hc595.html>

39. Контрольна сума [Електронний ресурс] / Вікіпедія – вільна енциклопедія – режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Контрольна_сума

40. Біт_парності [Електронний ресурс] / Вікіпедія – вільна енциклопедія – режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Біт_парності

41. Виключна_диз'юнкція [Електронний ресурс] / Вікіпедія – вільна енциклопедія – режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Виключна_диз'юнкція

42. Бойчик І.М Економіка підприємства: підручник. / І.М.Бойчик. – К.: Кондор -Видавництво, 2016. – 378 с

43. Економіка і бізнес : підручник / за ред. Л. Г. Мельника, О. І. Карінцевої. Суми : Університетська книга, 2021. 316 с.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.522 ПЗ	Арк.
						76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		