

ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЙ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА АВТОМАТИЗАЦІЇ, РОБОТОТЕХНІКИ І МЕХАТРОНІКИ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
бакалавра

на тему: «Розробка лабораторного стенду для дослідження динамічного та
статичного методів індикації на матричному дисплеї»
«Development of a laboratory bench for the study of dynamic and static methods
of indication on a matrix display»

Виконав: студент 2 курсу, групи 2Ас
спеціальності 151 – «Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології»
Сердюк О.С. _____

Керівник _____ к.т.н., доц. Єдинович М.Б.

Рецензент _____

Хмельницький – 2024 рік

ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЙ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА АВТОМАТИЗАЦІЇ, РОБОТОТЕХНІКИ І МЕХАТРОНИКИ

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи бакалавра
на тему: «Розробка лабораторного стенду для дослідження динамічного та
статичного методів індикації на матричному дисплеї»
«Development of a laboratory bench for the study of dynamic and static methods
of indication on a matrix display»

Виконав: студент 2 курсу, групи 2Ас
спеціальності 151 – «Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології»
Сердюк О.С. _____

Керівник _____ к.т.н, доц. Єдинович М.Б.

Рецензент _____

\

	Херсонський національний технічний університет
Факультет	Інженерії та транспорту
Кафедра	Автоматизації, робототехніки і мехатроніки
Освітньо-кваліфікаційний рівень	бакалавр
Спеціальність	151 – «Автоматизація та комп'ютерно- інтегровані технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри автоматизації,
робототехніки і мехатроніки
Дмитрієв Д.О.

«__» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект (роботу) студенту

Сердюк Олександр Сергійович

1. Тема проекту: *Розробка лабораторного стенду для дослідження динамічного та статичного методів індикації на матричному дисплеї*
Development of a laboratory bench for the study of dynamic and static methods of indication on a matrix display

Керівник проекту: *к.т.н. доцент Єдинович М.Б.*

затверджені наказом вищого навчального закладу від « 15 » 01 2024 р. № 21-с

2. Строк подання студентом проекту «10» червня 2024 р.

3. Вихідні дані до проекту: 1. Науково-технічна література. 2. Довідкова література. 3. Інтернет-ресурси.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Види, конструкція дисплеїв і їх управління;

2. Синтез структурної і функціональної схеми стенду;

3. Розробка принципової схеми пристрою;

4. Розрахунок споживаної потужності.

5. Розробка алгоритма.

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

1. Схема структурна; 2. Схема функціональна; 3. Складальне креслення;

4. Схема електрична принципова; 5. Друкована плата; 6. Алгоритм.

6. Дата видачі завдання 28 лютого 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Ознайомлення з літературою по заданій темі дипломного проекту	01.03-13.03.24	
2	Опис існуючих рішень	14.03-22.03.24	
3	Вибір елементної бази, розробка структурної схеми	23.03-31.03.24	
4	Розробка принципової схеми пристрою	01.04-12.04.24	
5	Розробка друкованої плати	13.04-24.05.24	
6	Оформлення ПЗ і плакатів	25.05-09.06.24	

Студент

Сердюк О. С.

Керівник проекту

Єдинович М.Б.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра містить: 52 сторінок, 21 рисунки, 1 таблицю 22 літературних джерела. Графічна частина – 6 аркушів формату А1.

Темою кваліфікаційної роботи бакалавра є розробка лабораторного стенду для дослідження динамічного та статичного методів індикації на матричному дисплеї з використанням мікроконтролера. Застосування мікроконтролера дозволяє програмним шляхом змінювати режим роботи дисплея зі статичного на динамічний з одночасною зміною режимів роботи елементів дисплею.

У кваліфікаційній роботі розглянуто методи індикації, розроблена принципова електрична схема пристрою управління матричним табло на основі мікроконтролера, розроблено друковану плату пристрою та запропоновано алгоритм управління індикацією.

ІНДИКАЦІЯ, СТАТИЧНА ІНДИКАЦІЯ, МАТРИЧНЕ ТАБЛО,
ІНТЕРФЕЙС, МІКРОКОНТРОЛЕР .

					ХНТУ 151.КРБ.24.009 РФ				
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата					
Розроб.	Сердюк О. С...								
Перевір.	Єдинович М.Б.								
Н. Контр.	Єдинович М.Б.								
Затверд.	Дмитрієв Д.О.								
					Реферат		Літ.	Лист	Аркушів
								1	2
							ХНТУ, гр. 2Ас		

ABSTRACT

The bachelor's qualification work contains: 52 pages, 21 figures, 1 table, 22 literary sources. The graphic part is 6 sheets of A1 format.

The topic of the bachelor's thesis is the development of a laboratory bench for the study of dynamic and static methods of indication on a matrix display using a microcontroller. The use of a microcontroller allows you to programmatically change the mode of operation of the display from static to dynamic with a simultaneous change in the operating modes of the display elements.

In the qualification work, the methods of indication are considered, the schematic electrical diagram of the matrix display control device based on the microcontroller is developed, the printed circuit board of the device is developed and the indication control algorithm is proposed.

DYNAMIC INDICATION, STATIC INDICATION, MATRIX DISPLAY, DUTY CYCLE, MICROCONTROLLER.

					<i>XHTY 151.KPMБ.23.006 PΦ</i>	Арк.
						6
Ізм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

1.1 Повне найменування роботи

Розробка лабораторного стенду для дослідження динамічного та статичного методів індикації на матричному дисплеї

2 ПРИЗНАЧЕННЯ І МЕТА СТВОРЕННЯ РОЗРОБКИ

2.1 Призначення розробки

Використання у навчальному процесі студентів ВНЗ.

2.2 Мета створення розробки

Дослідження методів індикації символів на матричному дисплеї з програмним управлінням режимами роботи пристрою.

3 ОСНОВНІ ЕТАПИ РОБОТИ

3.1 Добір, вивчення та узагальнення науково-технічної документації.

3.2 Вибір напрямку дослідження.

3.3 Теоретичний пошук, виконання розрахунків і досліджень принципових питань.

3.4 Розроблення документації.

3.5 Складання висновків за результатами досліджень.

3.6 Підготовлення комплексу звітної документації.

					ХНТУ 151.КРМБ.23.006 РФ	Арк.
						7
Ізм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

	стор.
ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	9
ВСТУП	10
РОЗДІЛ 1. ВИДИ, КОНСТРУКЦІЯ ДИСПЛЕЇВ І ЇХ УПРАВЛІННЯ,	12
1.1 Види дисплеїв	12
1.2 Система управління матричним світлодіодним екраном	20
РОЗДІЛ 2. АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ СТАТИЧНОГО І ДИНАМІЧНОГО СПОСОБІВ ІНДИКАЦІЇ	22
2.1 Статична індикація.	22
2.2 Динамічна індикація	24
2.2.1 Принцип реалізації динамічної індикації	24
2.2.2 Різновиди апаратної реалізації	26
РОЗДІЛ 3. ПРОЕКТУВАННЯ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ ІНДИКАЦІЇ	35
3.1 Синтез структурної схеми	31
3.2 Синтез функціональної схеми	36
3.3 Вибір елементної бази	37
3.4 Розроблення принципової схеми лабораторного стенду	43
3.5 Розроблення алгоритму роботи лабораторного стенду	47
ВИСНОВКИ	49
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	50
ДОДАТОК	53

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

БЖ – блок живлення;

ЕПТ – електронно-променева трубка;

РК – рідкокристалічний;

ШИМ – широтно-імпульсна модуляція;

LED – (Light - emitting diode)

LCD – Liquid Crystal Display,

PDP – plasma display panel;

RISC – reduced instruction set computer

TFT – Thin Film Transistor;

					ХНТУ 151.КРБ.24.009 ПЗ	Арк.
Ізм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

ВСТУП

Вважається, що більше 70% інформації людина сприймає за допомогою зору. Завдяки розвитку електроніки виключно зросли можливості комп'ютерів і засобів зв'язку, а виведення оброблюваної ними інформації на дисплей дало можливість бачити її. Мікроелектроніка внесла також великий вклад в поліпшення якості і в розширення функціональних можливостей дисплеїв. Дисплеї є дуже важливим елементом діалогу людини з машиною, і ця їх роль постійно зростає. [1-7].

Дисплей – вихідний електронний пристрій, призначений для візуального відображення інформації.

Матричний дисплей відрізняється тим, що складається з точок. Запалюючи або гасячи ці точки на екрані можна побудувати будь-яке зображення.

Раніше застосовувалися алфавітно-цифрові дисплеї, які містили набір сегментів з яких можна було будувати букви і цифри, але неможливо було показувати картинки.

Світлодіодні дисплеї.

Сьогодні світлодіоди використовуються дуже широко - у світлофорах, зовнішніх рекламних екранах на вулицях, в іграшках, пультах дистанційного керування, підсвічуванню мобільних пристроїв і так далі. Також їх використовують для створення світлодіодних дисплеїв. Проте світлодіоди не відразу придбали широке застосування. Перші - робили мало світла і були неяскравими. Тільки згодом, завдяки досягненням в розвитку світлових технологій, світлодіоди стали яскравіше і компактніше. Сьогодні їм пророкують прекрасне майбутнє - вони екологічні, економлять енергію, а по яскравості не поступаються неоновим і люмінесцентним лампам.

Світлодіоди LED (Light - emitting diode) - це напівпровідниковий твердотілий прилад, що перетворює енергію електрики у світло. У основі

світлодіода знаходиться напівпровідниковий чіп, прикріплений з одного боку до негативно зарядженого провідника, з іншої - до позитивно зарядженого.

Світлодіодні дисплеї бувають двох типів - кластерні і матричні. Перші складаються з кластерів - осередків з декількома світлодіодами, захищеними спеціальним корпусом від вологи і світла. Один осередок відповідає одному пікселю зображення. Кластерні дисплеї сьогодні використовуються в основному для вуличної реклами, оскільки негода їм не страшна. Кожен кластер кріпиться до своєї плати управління. Матричний дисплей технологічніший - тут кластери і плата управління об'єднані в матрицю. Такі екрани зазвичай використовуються удома, в офісах і інших приміщеннях. В наші дні у сфері світлодизайну перевага найчастіше віддається саме матричним дисплеям.

Сучасний світлодіодний дисплей здатний пропрацювати до ста тисяч годин, не споживаючи багато енергії. Він має високу контрастність, дуже яскравий і не містить небезпечних речовин - ртуті і фосфору. Популярність LED-дисплеїв пояснюється ще і невеликою ціною. Світлодіодні екрани ідеальні для технології Digital Signage і мережі Indoor TV. Завдяки невеликій глибині і зручній модульній конструкції LED- екрани можна використати і в мобільних пристроях зв'язку.

					ХНТУ 151.КРБ.24.009 ПЗ	Арк.
Ізм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

РОЗДІЛ 1. ВИДИ, КОНСТРУКЦІЯ ДИСПЛЕЇВ І ЇХ УПРАВЛІННЯ

1.1. Види дисплеїв

Дисплеї на рідкокристалічних панелях (Liquid Crystal Display, LCD), або РК-дисплеї, засновані на зміні оптичної поляризації відбитого світла під дією електричного поля [1 – 3] (рис. 1.1).

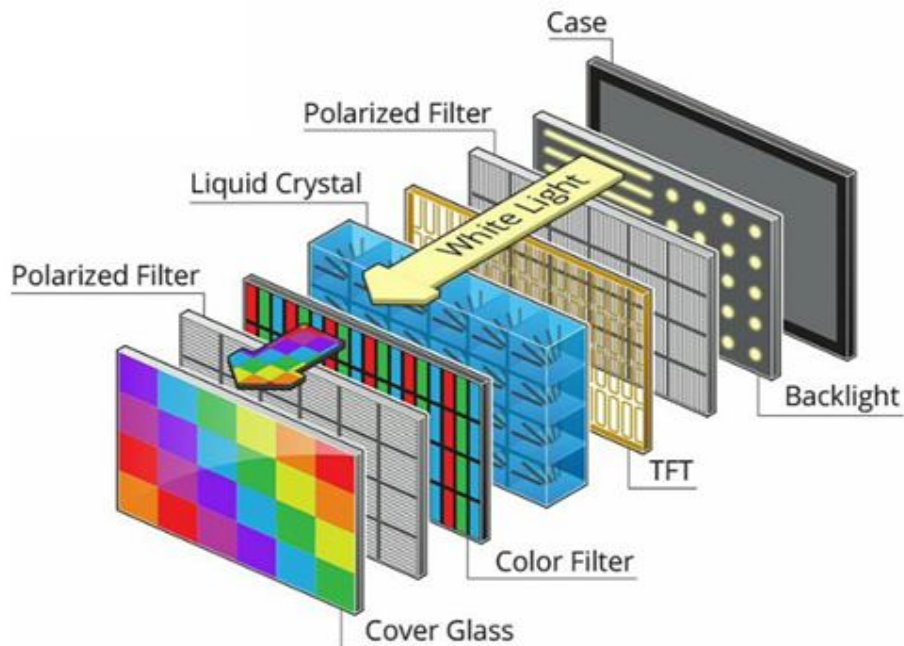


Рисунок 1.1 – Структура LCD дисплея

Шар рідкокристалічної речовини розташований між двома стеклами з поляризаційними ґратами. Рідкокристалічна речовина здатна міняти напрям поляризації світла, що проходить, залежно від стану молекул. За відсутності електричного поля напрям поляризації міняється на 90, а в дисплеях, виготовлених за технологією STN (Super Twisted Nematic), поворот досягає 270. Під дією електричного поля молекули «розпрямляються», і кут повороту зменшується. Таким чином, у поєднанні з поляризаційними ґратами стекл можна управляти прозорістю елементу, змінюючи величину електричного поля. У дисплеях DSTN (Double Super Twisted Nematic) осередку здвоюються, що дозволяє підвищити контрастність зображення. Дисплейна

Ізм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ХНТУ 151.КРБ.24.009 ПЗ

Арк.

12

панель є матрицею осередків, кожна з яких знаходиться на перетині вертикальних і горизонтальних координатних провідників. У пасивній матриці (passive matrix) дисплеїв на рідкі кристали впливають поля самих координатних провідників. Осередкам пасивної матриці властива велика інерційність — близько 300-400 мс (час на «перебудову» структури молекул рідкокристалічної речовини), через що на такі дисплеї погано виводиться динамічне зображення. Спеціально для них застосовується особливий режим відображення покажчика миші — за ним тягнеться шлейф, без якого швидко переміщуваний покажчик візуально втрачається. У активній матриці (active matrix) кожен осередок управляється транзистором, яким, у свою чергу, управляють через координатні шини. У будь-якому разі панелі вимагають підсвічування – або заднього (back light), або бічного (side light) від додаткового (частіше за люмінесцентний) джерела освітлення. Іноді використовують зовнішнє освітлення, при цьому за панеллю розташовується дзеркальна поверхня. Активні матриці забезпечують більш високу контрастність зображення. Кольорові дисплеї мають складніші осередки, що складаються з трьох елементів для управління кожним з базисних кольорів.

Сучасні плоскі TFT LCD – дисплеї є «бутербродом» з двох стекел, між якими розташовані шари рідкокристалічної речовини і матриця тонкоплівкових транзисторів (Thin Film Transistor, TFT). На передньому і задньому стеклах нанесені поляризаційні ґрати зі взаємно перпендикулярним напрямом поляризації. Рідкокристалічний прошарок за відсутності електричного поля повертає кут поляризації світла, що проходить, на 90, завдяки чому «бутерброд» стає прозорим для променів, що проходять. Під дією електричного поля від напруги, що подається транзистором кожного осередку матриці, кут повороту поляризації може бути зменшений до нуля. Чим більше прикладена напруга, тим менше кута повороту і тим менш прозорим буде осередок. Інерційність осередків активної матриці у старих дисплеїв складала 20-30мс – менше, ніж для пасивної, але все одно відчутно.

На сучасних дисплеях інерційність понизили до 12 мс, і на них добре виглядають «живе» відео, динамічні ігри.

У кольорових дисплеях піксель складається з трьох осередків, кожна з яких забезпечена своїм світлофільтром (червоним, зеленим, синім). Управляючи трьома транзисторами пікселя, можна змінювати його колір і яскравість, що, власне, і вимагається від дисплея. Роздільна здатність за кольором у РК-моніторів доки нижче – тільки 6 біт на кожен колірний канал, так що 24-бітовий режим True Color вони можуть тільки емалювати. Розмір пікселя плоского дисплея близький до зерна ЕПТ-моніторів: у дисплея 15" з роздільною здатністю 1024 x 768 – близько 0,3 мм, а у дисплея 18" з роздільною здатністю 1280 x 1024 — близько 0,28 мм. Розмір зображення у РК-дисплеїв 15" більший, ніж у ЕПТ-моніторів 15" (але дещо менше, ніж у 17"). Є дисплеї з дуже дрібними пікселями. З одного боку, це добре — при тому ж розмірі можна виводити більше інформації. З іншого боку, при недостатній гостроті зору дрібні значки і букви меню читатимуться важко. При дрібних пікселях, як правило, дисплей має менший кут огляду і гірше перенесення кольорів.

Матрична організація екрану не дозволяє змінювати роздільну здатність екрану з тією ж легкістю, що у ЕПТ-монітора: збільшити його просто неможливо, а зменшити без втрати якості можна тільки одночасно зі зменшенням розміру зображення. Природня роздільна здатність визначається форматом матриці. У графічному режимі з меншою або більшою роздільною здатністю доступні два варіанти: використання не усієї матриці (чи виведення не усіх пікселів) або масштабування. Масштабування виконується вбудованими засобами монітора, що виконують інтерполяцію кольору кожного пікселя екрану, що, природно, погіршує якість зображення. При роботі з матричним дисплеєм бажано використати графічний режим, що відповідає розміру матриці монітора. Оскільки елементи матриці доволі інерційні, виникають певні складнощі в плані сумісності РК-дисплеїв із звичайними графічними адаптерами, орієнтованими на ЕПТ. Річ у тому, що

					ХНТУ 151.КРБ.24.009 ПЗ	Арк.
Ізм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

час, впродовж якого передається інформація пікселя для ЕПТ, несумірною з часом реакції РК-елементу. Так, навіть при частоті пікселів 50 КГц (а це низька частота) один піксель виводиться за 20 мс, а інерційність найшвидшої активної матриці – 12 нс (у 500 000 разів вище).

У РК-дисплеях управління здійснюється усіма комірками одного рядка одночасно (а не послідовно, як пробігає промінь ЕПТ). Це дозволяє збільшити час, впродовж якого робиться управління комірками. Для підвищення контрастності часто застосовують подвійне сканування: екран розбивається на дві частини, в яких сканування відбувається одночасно. Таким чином, час управління осередком подвоюється.

У будь-якому разі аналогові сигнали RGB від VGA – інтерфейсу безпосередньо використовуватися для управління матрицею не можуть. У РК-дисплеях ці сигнали оцифровуються, отримані значення (для кожного пікселя) зберігаються у буферній пам'яті і звідти вже відрядковий виводиться на матрицю. На жаль, в звичайному VGA-інтерфейсі немає сигналу синхронізації пікселів, так що дисплею доводиться формувати строби для відліків пікселів самостійно, прив'язуючи їх до імпульсів рядкової синхронізації. При цьому, природно, з'являється додаткова похибка (апертурна) оцифрування сигналу і, отже, якість зображення погіршується. У інтерфейсах EVC і DVI - сигнал піксельної синхронізації є присутнім, що дещо полегшує оцифрування. Матрична організація сприяє застосуванню цифрового інтерфейсу зв'язку з графічним адаптером. Проте більшість плоских дисплеїв мають звичайний аналоговий інтерфейс, сумісний з будь-яким (SVGA-адаптером. Дорожчі моделі забезпечуються цифровим інтерфейсом DVI (іноді і DFP). Через інерційність комірок занадто високої частоти розгортки не потрібно - навіть при 60 Гц мерехтіння екрану немає [4].

До переваг РК-дисплеїв (TFT, LCD) відносяться висока яскравість зображення, відсутність геометричних спотворень, чітке фокусування, відсутність мерехтіння екрану (із-за інерційності осередків), мале енергоспоживання (25-40 Вт) і тепловиділення; на додаток вони легше і

займають менше місця [6,7]. Крім того, вони практично нечутливі до зовнішніх електромагнітних полів, від яких плаває, сіпається і спотворюється зображення ЕПТ моніторів. Ряд моделей дозволяє повертати екран на 90 (і, відповідно, міняти місцями координати) — так, що він приймає «портретну» орієнтацію. В той же час TFT дисплеї мають ряд недоліків, обумовлених їх природою, — це, зокрема, низька контрастність зображення, залежність якості зображення від кута спостереження (менший кут нормального сприйняття кольорового зображення), інерційність осередків, неможливість зміни роздільної здатності (окрім як малопривабливою інтерполяцією), можливість відмови комірок (на дисплеї допускається непрацездатність декількох транзисторів). Від зазначених недоліків певною мірою позбавлені IPS, PVA, MVA, OLED [7] дисплеї, проте вони дорожчі, аніж TFT. Фотореалістичність зображень, характерна для сучасних ЕПТ-дисплеїв, для РК-дисплеїв поки що недосяжна.

Робота газоплазмових панелей (plasma display panel (PDP)) заснована на світінні газу під дією електричного поля [6] (рис. 1.2). Ці панелі використовуються у великих плоских телевізорах. У комп'ютерних моніторах їх доки не застосовують із-за великих розмірів пікселів.

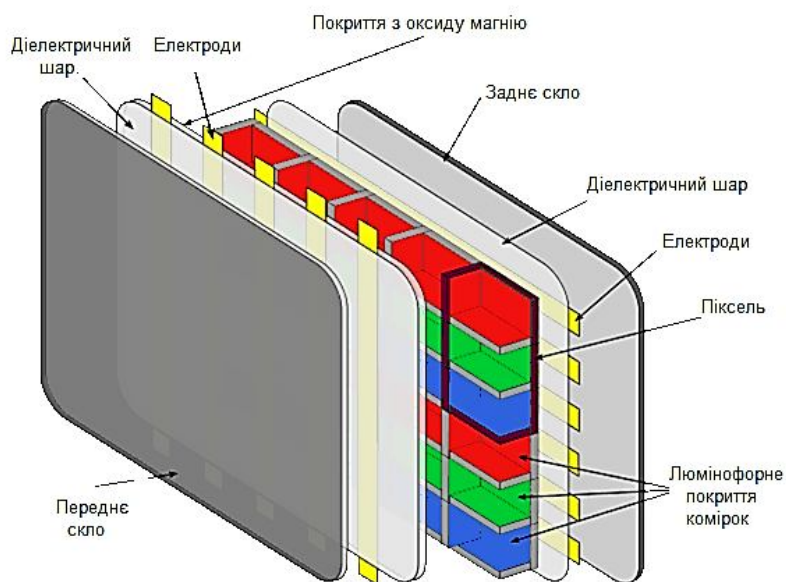


Рисунок 1.2 – Конструкція плазмової панелі

Плазмова панель являє собою матрицю газонаповнених комірок, уміщених між двома паралельними скляними пластинами, всередині яких розташовані прозорі електроди, що утворюють шини сканування, підсвічування та адресації. Розряд у газі відбувається між розрядними електродами (сканування та підсвічування) на лицевому боці екрану і електродом адресації на зворотному боці.

Особливості конструкції:

- субпіксель плазмової панелі має розміри 200 мкм x 200 мкм x 100 мкм;
- передній електрод виготовляється з оксиду індію та олова, оскільки він проводить струм і максимально прозорий;
- при протіканні великих струмів по досить великому плазмовому екрану через опір провідників виникає суттєве падіння напруги, що призводить до спотворень сигналу, у зв'язку з чим додають проміжні провідники з хрому, незважаючи на його непрозорість;
- для створення плазми комірки зазвичай заповнюються газами – неоном або ксеноном (рідше використовується гелій і аргон, або, частіше, їх суміші) з додаванням ртуті.

Робота плазмової панелі складається з трьох етапів:

1. ініціалізація, в ході якої впорядковується положення зарядів середовища та його підготовка до наступного етапу (адресації). При цьому на електроді адресації напруга відсутня, а на електрод сканування відносно електроду підсвічування подається імпульс ініціалізації, що має східчасту форму. На першій сходинці цього імпульсу впорядковується розташування іонізованого газового середовища, на другій — розряд у газі, а на третій — завершення упорядкування.

2. адресація, в ході якої відбувається підготовка пікселя до підсвічування. На шину адресації подається позитивний імпульс (+75 В), а на шину сканування негативний (-75 В). На шині підсвічування напруга встановлюється рівною +150 В.

					ХНТУ 151.КРБ.24.009 ПЗ	Арк.
Ізм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

3. підсвічування, в ході якого на шину сканування подається позитивний, а на шину підсвічування негативний імпульс, рівний 190 В. Сума потенціалів іонів на кожній шині і додаткових імпульсів призводить до перевищення порогового потенціалу і розряду в газовому середовищі. Після розряду відбувається повторний розподіл іонів біля шин сканування і підсвічування. Зміна полярності імпульсів призводить до повторного розряду у плазмі. Таким чином, зміною полярності імпульсів забезпечується багаторазовий розряд комірки.

Один цикл «ініціалізація — адресація — підсвічування» формує одне підполе зображення. Додаючи декілька підполів можна забезпечувати зображення заданої яскравості і контрасту. У стандартному виконанні кожен кадр плазмової панелі формується додаванням восьми підполів.

Таким чином, при підведенні до електродів високочастотної напруги, відбувається іонізація газу або утворення плазми. У плазмі відбувається ємнісний високочастотний розряд, що викликає ультрафіолетове випромінювання, яке спричиняє свічення люмінофора: червоне, зелене або синє. Це свічення, проходячи через передню скляну пластину, потрапляє в око глядача.

PDP-панелі забезпечують кращу якість зображення аніж LCD, яка наближається до ЕПТ. У комп'ютерних моніторах їх доки не застосовують через відносно великий розмір пікселів [4].

Світлодіодні матриці, або матриці LED (Light Emitted Diode — світловипромінюючий діод), здавалося б, могли стати рішенням усіх проблем плоских дисплеїв [6]. Проте світлодіоди мають настільки високу споживану потужність в порівнянні з іншими типами індикаторів, що їх в плоских панелях не застосовують.

Для побудови інформаційних панелей великих розмірів і анімованих графічних екранів можуть бути застосовані світлодіодні матричні індикатори. Матричний індикатор є масивом світлодіодів, об'єднаних в один корпус. Розміри масиву зазвичай складають 4x4, 5x7, 5x8 або 8x8 точок.

Кожна точка може бути сформована одним, двома або трьома світлодіодами різного кольору [8].

По силі випромінюваного світлодіодом світла розрізняють звичайні, понад яскраві і ультра яскраві матричні індикатори.

За кольором світіння світлодіодів, які складають одну точку в матриці, індикатори, відповідно, підрозділяють на одно- дво- і трьох кольорові. Одноколірні і двоколірні індикатори отримують комбінуванням світлодіодів червоним, жовтим або зеленим світінням. Це найбільш дешеві індикатори.

Розробка синього світлодіода дозволила створювати повнокольорові екрани, проте із-за дорогих матеріалів, вживаних при виробництві синіх світлодіодів, вартість трьох кольорових матричних індикаторів перевищує вартість одно і двох кольорових.

Конструкція екрану

Ефективніше компонувати великий матричний екран з окремих сегментів (рис.1.1). Це дозволяє отримати довільну форму або у разі потреби збільшити його розміри.

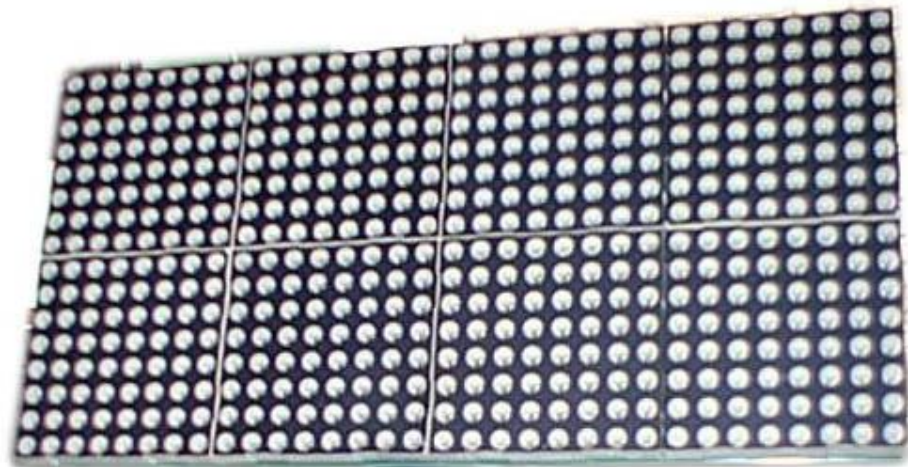


Рисунок 1.3 – Матричний дисплей

Залежно від необхідного числа точок на екрані і їх розміру, для виготовлення можуть застосовуватися матриці різних розмірів. Для прикладу, екран місткістю 128x128 точок зібраний з двох кольорових матричних індикаторів 8x8 із стороною 60 мм, при діаметрі точки 5 мм

компонується з 256 матриць, об'єднаних по 8 штук в 32 однакові сегменти (що складає 1 кв.м.). Розмір екрану в сегментах- 4 завширшки і 8 у висоту. Сегмент є друкованою платою, на одній із сторін якої встановлюються вісім світлодіодних матриць (два ряди по чотири матриці). Із зворотного боку знаходяться елементи, що забезпечують розв'язку сигналів, що управляють, і посилення їх по потужності. Кожна така плата є закінченим електронним пристроєм.

Для дуже великих екранів розмір і інтенсивність світіння точки можна збільшити, якщо використати кластери. Кластери є світлодіодними складками, об'єднаними в один корпус [9]. У відмінності від матриць, усі світлодіоди кластера утворюють один піксель, а для підвищення інтенсивності світіння кожен колір в кластері отримують декількома світлодіодами. Наприклад, в кластері може бути встановлено 4 червоних, 4 зелених і 3 синіх надяскравих світлодіода.

1.2. Система управління матричним світлодіодним екраном.

Драйвери управління індикаторами побудовані на швидкодіючих мікроконтролерах. Увесь екран апаратно відображений в сторінкову організовану відеопам'ять, в максимальній конфігурації до 256 відео сторінок. Шляхом швидкого перемикання відеосторінок може бути отримане анімоване зображення. Цикл відображення відеоінформації полягає в завантаженні відеосторінок із зовнішньої пам'яті і відображенні їх на екрані із заданою швидкістю і в заданій послідовності. Деякі операції по роботі з графікою – такі як ротація і скролінг екранів, інвертування, копіювання сторінок, друк вбудованими шрифтами і т.д. – реалізовані на апаратному рівні. Це дозволяє, в деяких випадках, істотно зменшити навантаження на канал передачі даних.

Система управління екраном може бути побудована 2 способами:

1. Управління перемиканням і завантаженням сторінок здійснює комп'ютер. Зображення заздалегідь готуються до виведення в програмі

					ХНТУ 151.КРБ.24.009 ПЗ	Арк.
Ізм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Matrix Design Studio. Matrix Design Studio надає дизайнерові необхідний набір інструментів для створення і редагування графічних зображень, підготовки і попереднього перегляду сценарію виведення на екрані [9, 10]. Результатом роботи Design Studio є виконуваний скрипт - Run Time Script - який передається модулю управління. Модуль управління – Dot Matrix Control, невелика програма, що завантажується в Tray область-безпосередньо управляє перемиканням і завантаженням сторінок. Виділення модуля управління в окреме завдання зменшує навантаження на комп'ютер і, в принципі, дозволяє використати для управління екраном звичайний офісний комп'ютер. Недоліком подібного принципу побудови системи управління є необхідність виділення окремого комп'ютера і наявність постійного каналу передачі даних з матричним екраном. Перевага-низька вартість програмного модуля управління в порівнянні з апаратним. Ця конфігурація рекомендується для анімованих екранів великих розмірів. Розмір пам'яті, виділений для зберігання екранів обмежений тільки місткістю жорсткого диска комп'ютера.

2. Управління перемиканням і завантаженням сторінок здійснює окремий апаратний модуль. В цьому випадку зображення також заздалегідь готується до виведення в програмі Matrix Design Studio. Проте Run Time Script передається апаратному модулю, який здійснює перемикання і завантажує відеосторінки. Для зберігання відео екранів, у разі автономної реалізації, застосовується енергонезалежна пам'ять даних місткістю 1, 2, 4, 8, 16, 32 або 64 Мбайт. Комп'ютер потрібний тільки на етапі створення зображень і підготовки сценарію виведення. Достоїнство подібного принципу управління - відсутність необхідності в постійному з'єднанні з матричним екраном.

РОЗДІЛ 2. АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ СТАТИЧНОГО І ДИНАМІЧНОГО СПОСОБІВ ІНДИКАЦІЇ

2.1. Статична індикація

Спосіб статичної індикації полягає в постійному підсвічуванні індикатора від одного джерела інформації, тобто кожен з цифрових індикаторів блоку індикації постійно підключений через власний перетворювач коду(дешифратор) до власного джерела інформації(наприклад, лічильнику) [9], рис. 2.1.

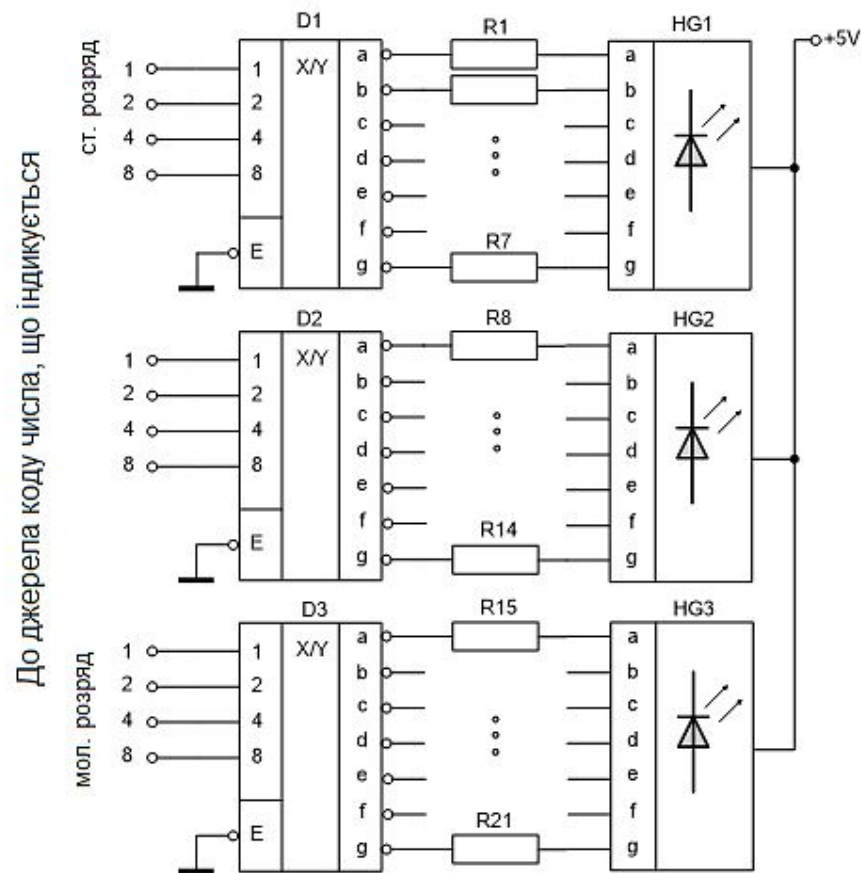


Рисунок 2.1 – Схема пристрою з блоком статичної індикації

При кількості індикаторів більше 4 технічна реалізація режиму статичної індикації стає недоцільною. Це пов'язано зі збільшенням необхідної кількості перетворювачів коду, резисторів і сполучних дротів, а

також значним збільшенням споживаного струму(в основному, індикаторами). Крім того, деякі види індикаторів, наприклад матричні світлодіодні або рідкокристалічні індикатори, зображення графічних символів в яких отримують при поданні імпульсної напруги на впорядковані в стовпці і рядки певні точки матриці, не розраховані на застосування в системах статичної індикації.

Статична індикація алгоритмічно простіше, оскільки не потребує спеціальних методів, властивих динамічній індикації. Кожному окремому пікселю відповідає окремий ключ, і дані, що виводяться на екран, міняються лише при зрушенні символів [11,12].

До переваг статичної індикації можна віднести високу яскравість світіння, відсутність мерехтіння (зокрема, при теле- і фотографуванні), максимальну використання ресурсу світлодіодів.

До недоліків слід віднести великий об'єм устаткування, що збільшує вартість і споживану потужність (на рис. 2.2. зображена схема статичної індикації).

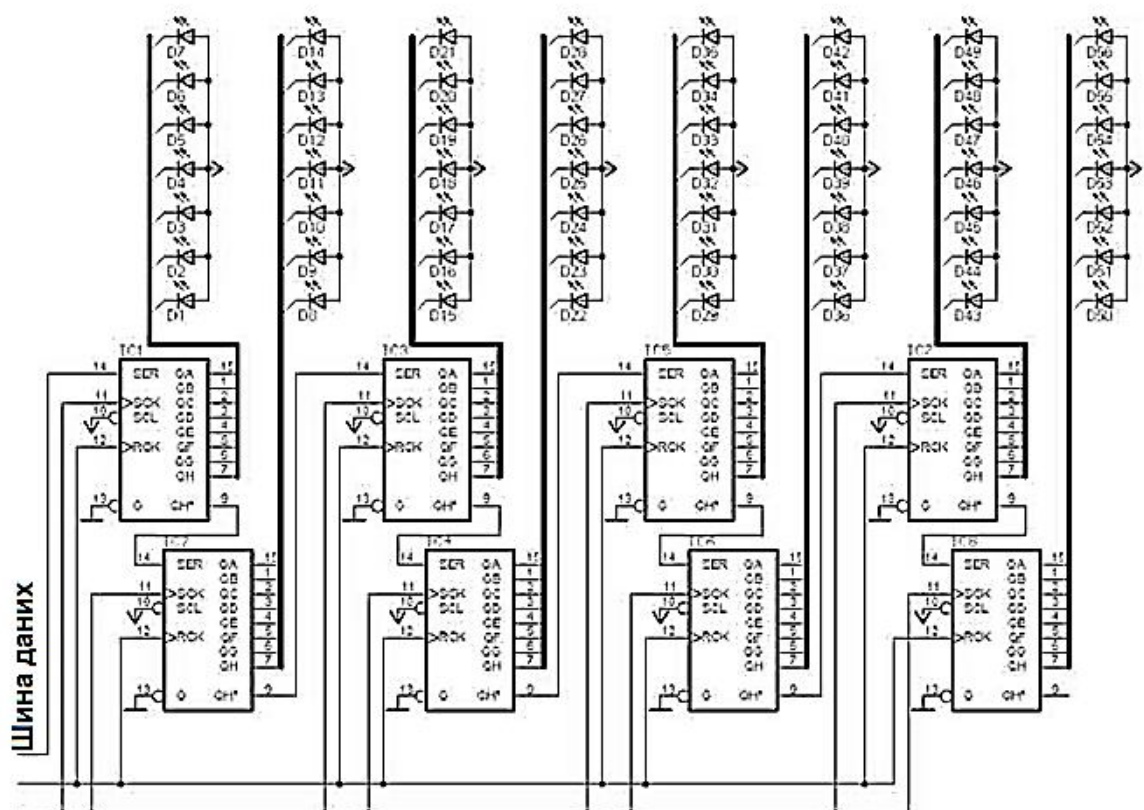


Рисунок 2.2 – Принципова схема статичної індикації

Як видно зі схеми кожен світлодіод матриці підключений до відповідного виходу дешифратора. Відповідно до коду, що надходить на дешифратор із шини даних виходи мікросхеми QA – QH приймають значення 1 або 0, що призводить до вмикання чи вимикання світлодіодів D1 – D7 матриці. Світлодіод світиться доти, доки є сигнал на вмикання.

При використанні статичної індикації символи при початку руху не розтягуються, не стискаються і не нахиляються, як у разі динамічної індикації і починають рухатися усі одночасно. Проте при «чистій» статичній індикації спостерігається поява «тягучок» – поодинокі точки перетворюються на горизонтальні штрихи, а сусідні точки, що світяться, зливаються в одну суцільну лінію.

Щоб відокремити точки один від одного доводиться перед зрушенням символів на короткий час вимикати пікселі усього табло. Це призводить до втрати яскравості, оскільки шпаруватість вже стає більше одиниці. Приміром, якщо час світіння дорівнює часу відключення(шпаруватість 2), то горизонтальні штрихи також дорівнюватимуть половині відстані між пікселями. Нормального вигляду точки набувають лише при шпаруватості близько чотирьох, що нівелює переваги статичного режиму індикації.

Якщо вимагається управляти дисплеєм, що складається з єдиного семисегментного знакомісця, це не викликає жодних проблем – його можна представити, як 8 незалежних світлодіодів. Якщо треба вивести інформації більше, чим єдиний символ, починаються проблеми: 2 знакомісця складають 16 світлодіодів, три - 24 і так далі, тобто вже для трьохрозрядного дисплея може елементарно не вистачити виводів мікроконтролера, не говорячи про 6-и або більше розрядні дисплеї і, тим більше, матричних індикаторів.

2.2. Динамічна індикація

2.2.1 Принцип реалізації динамічної індикації

					ХНТУ 151.КРБ.24.009 ПЗ	Арк.
Ізм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Домовимося для простоти, що всі наші індикатори мають загальний катод.

Вирішення проблеми досить просте: сполучають виводи сегментів усіх індикаторів між собою (рис. 2.3).

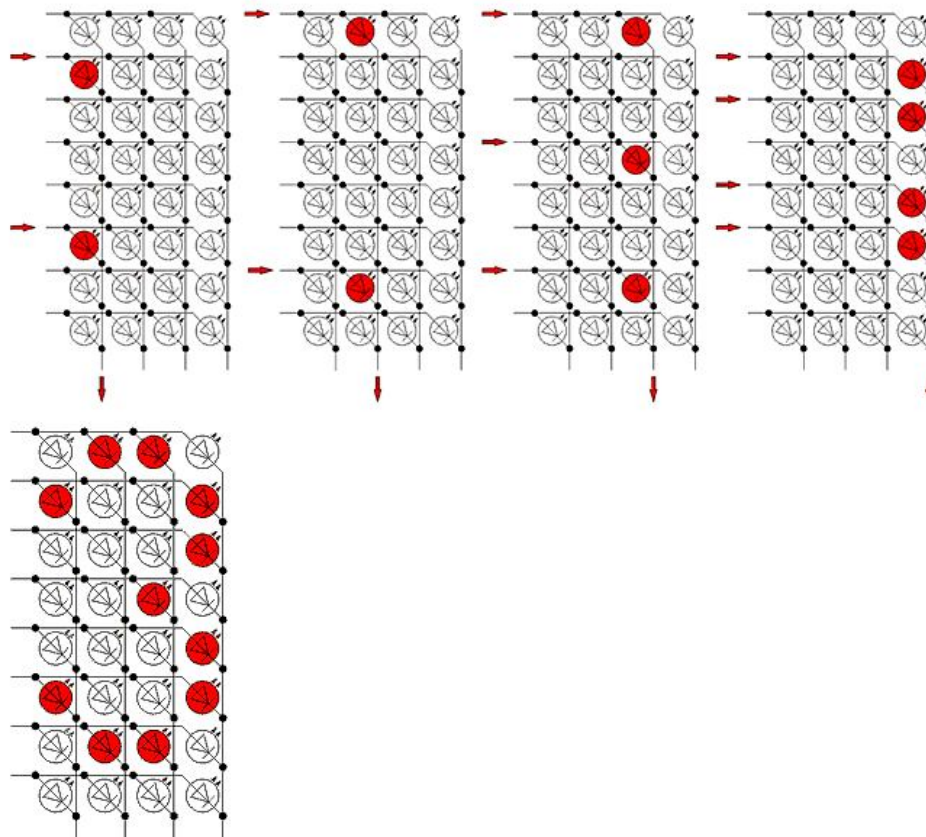


Рисунок 2.3 – Принцип динамічної індикації.

Тепер, якщо треба вивести інформацію в перше знакомісце, слід подати на лінії сегментів потрібні рівні, а загальний вивід першого індикатора з'єднати із загальним проводом схеми. На загальних катодах решти індикаторів мають бути присутніми високі рівні. Очевидно, що потрібні сегменти першого індикатора засвітяться. Для виведення на другий, третій і так далі індикатори слід поступити аналогічно, тобто подаючи на один із загальних катодів логічний нуль.

Щоб увесь дисплей сприймався, як що світиться безперервно, слід перемикаати розряди доволі швидко – частіше 25 разів в секунду. Як бачимо, рівні усіх виводів (яких, до речі, стало істотно менше, ніж при звичайному

підході) безперервно змінюються, тобто мають не статичні рівні, а динамічні, звідси і назва способу індикації - динамічна.

2.2.2 Різновиди апаратної реалізації

Плоскі матриці.

Якщо абстрагуватися від семисегментних індикаторів, то дисплей можна представити у вигляді матриці окремих світлодіодів, аноди яких об'єднані в рядки матриці, а катоди - в стовпці. Власне, саме так воно і є.

Очевидно, що подаючи потрібні рівні на рядки і стовпці матриці, можна запалити будь-який елементарний світлодіод-сегмент (він же піксель - це більше традиційний термін стосовно матричних дисплеїв). Існує декілька різновидів динамічної індикації [12] :

- по рядках;
- по стовпцях;
- посегментний (попиксельно);
- мішаним способом.

Варіант по стовпцях розглянутий вище. Варіант по рядках відрізняється від нього лише тим, що рядки і стовпці нашої матриці міняються місцями. Посегментний спосіб полягає в тому, що у будь-який момент часу тільки на одному рядку і на одному стовпці є присутнім рівень, необхідний для запалення світлодіода. Тобто у будь-який момент часу може світитися лише один світлодіод усієї матриці (на відміну від попередніх варіантів, коли одночасно може світитися цілком увесь рядок або увесь стовпець). Цей спосіб нагадує розгортку телевізора, коли промінь оббігає увесь екран, засвічуючи в потрібних місцях люмінофор. Змішаний варіант, як випливає з самої назви, полягає в тому, що одночасно «активні» рівні можуть бути присутніми відразу на декількох рядках і стовпцях.

Перші два варіанти дуже легко реалізуються, і тому знайшли широке поширення [12-14]. Третій варіант використовується рідше, оскільки вимагає більш високих швидкостей оновлення інформації на рядках і стовпцях, та і

					ХНТУ 151.КРБ.24.009 ПЗ	Арк.
Ізм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

середній струм через сегмент (тобто яскравість сегменту) в цьому випадку істотно нижче, ніж в інших. Останній мішаний спосіб найменш поширений, хоча і має ряд позитивних якостей. Передусім, для цього способу необхідно, щоб в колах рядків і стовпців використовувалися джерела стабільного струму, інакше яскравість сегментів, що світяться, неминуче залежатиме від їх загальної кількості. Та і обчислення комбінацій сигналів на рядках і стовпцях має складний алгоритм.

Багатовимірні матриці [15].

Для створення багатовимірних матриць існує два варіанти рішення.

Перший – це просто збільшити число рядків (чи стовпців) нашої матриці, розглядаючи кожен RGB- світлодіод як 3 незалежних окремих світлодіодів. Великий мінус цього підходу – збільшення в 3 рази числа рядків (чи стовпців). На простому прикладі легко видно, в що це виливається практично: за допомогою двох восьмирозрядних портів мікроконтроллера ми можемо мати монохромну матрицю 8х8 сегментів або кольорову 4х4(додаток А). В другому випадку нічого зрозумілого відобразити практично не можливо.

Другий спосіб - це перейти від «плоскої» матриці сегментів до «багатовимірної» (рис. 2.4).

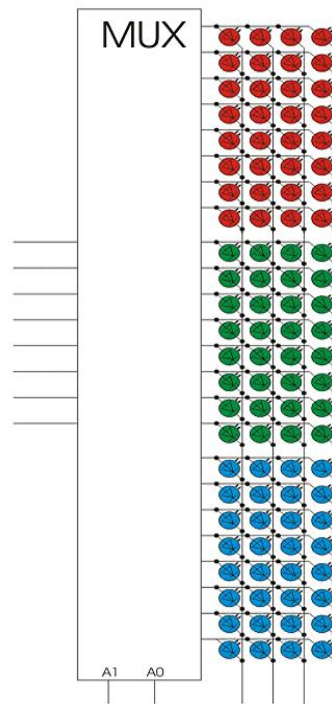


Рисунок 2.4 – Реалізація багатовимірної матриці на мультиплексорі

Якщо сигнал кожного рядка пропустити через мультиплексор 1х3, то систему дисплея з RGB-світлодіодів ми можемо представити як 3 незалежних матриці початкової розмірності : кожна матриця складається зі світлодіодів одного кольору, а сигналами управління мультиплексорами ми вибираємо потрібну матрицю.

Очевидно, що у разі багатовимірної матриці так само потрібно додаткову кількість ліній управління, проте, це число не так велике: на тих же двох портах контролера можливо отримати кольоровий дисплей 7х7.

Способи зменшення розмірності матриць

Якщо число виводів мікроконтролера дуже обмежене, нам доведеться шукати способи зменшити число рядків і стовпців нашої матриці.

Зменшити розмір матриці можна, застосувавши:

- дешифратори або мультиплексори;
- регістри зсуву.

Використовуючи дешифратори/мультиплексори і для рядків і для стовпців, можна добитися зменшення розміру матриці відразу по обох

вимірах, проте в цьому випадку може потрібно використати тільки посегментну динамічну індикацію, з усіма її недоліками. Регістри зсуву можуть допомогти набагато краще за дешифратори. (рис.2.4.)

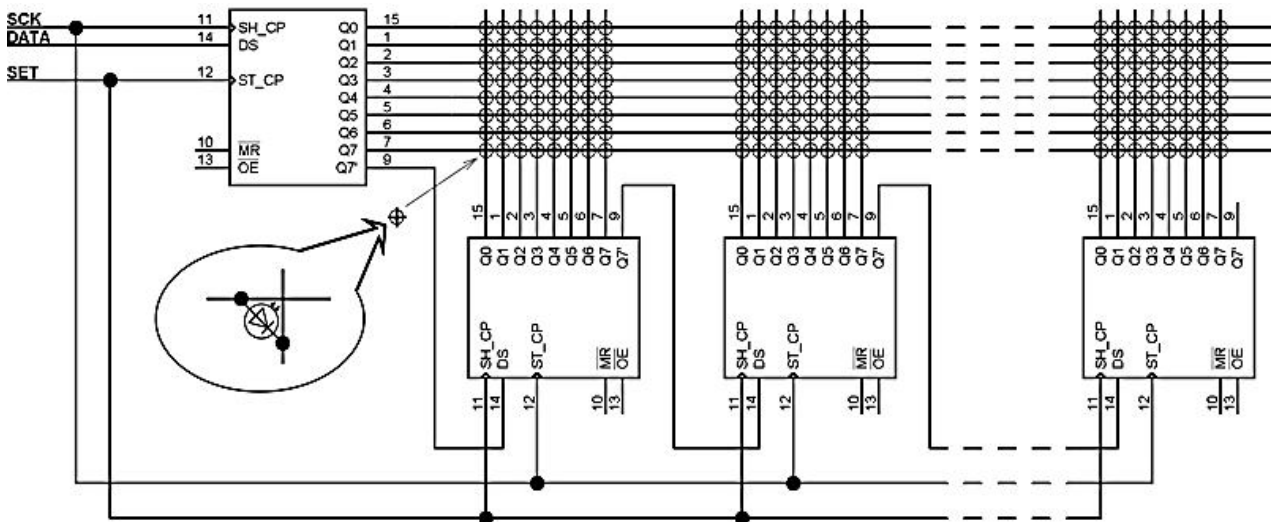


Рисунок 2.4 – Використання регістрів для збільшення розмірів матриці

Будь-яка кількість рядків і стовпців потребує тільки збільшення числа регістрів, а число задіяних ліній управління мікроконтролера залишиться тим самим. Невеликим мінусом цього підходу є те, що у міру зростання числа регістрів в ланцюжку доведеться збільшувати швидкість послідовного виведення інформації в них, що не завжди просто. Так, наприклад, поширені мікроконтролери сімейства AVR, практично не дозволяють перевершити швидкість послідовного виведення в 10 мегабіт/сек. З іншого боку, якщо застосовувати інші контролери, здатні видавати сигнали швидше, можуть початися проблеми іншого порядку: поширення високочастотного тактового сигналу по довгій лінії (а при великому числі регістрів вона неминуче буде такою) відбувається зовсім не так, як низькочастотного, тому знадобляться особливі заходи при розводці друкованої плати і інші речі.

Найпростіший вид індикації – статичний. При її використанні кожен сегмент індикатора постійно знаходиться в одному з двох станів-включений або вимкнений. Її основна гідність в тому, що після виведення інформації, наприклад в зсувний регістр, стан індикатора не зміниться доки не будуть

змінені дані в цих регістрах. Так само оскільки напруга на сегментах є присутньою постійно яскравість індикатора буде максимальною. Окрім цих двох плюсів є також два великі мінуси. По-перше потрібно велике число регістрів (один розряд – одна мікросхема), потрібно багато резисторів – по одному на кожен сегмент. Можна звичайно поставити спеціальні драйвери (наприклад mbi5026), яким резистори не потрібні і виходів і них більше (аж 16 штук), але це здорожує схему. По-друге, усі збірки, в яких від 3 і більше розрядів, йдуть із сполученими сегментами і статично їх використати просто не вийде.

При динамічній індикації сегменти запалюється по черзі. А за рахунок інерції ока здається, що індикатор горить постійно. З її основних плюсів – потрібно значно менше зовнішніх елементів. Основний мінус – для неї необхідно постійно формувати сигнали управління. Частота зміни сегментів вибирається зазвичай не нижче 50Гц. Краще використати частоти не кратні 50, інакше при штучному освітленні може з'явитися мерехтіння. Частота переривань вважається як «К-ть розрядів» х «Частота оновлення». Так для 8 розрядів з частотою 60Гц треба викликати переривання з $F=8 \times 60=480$ Гц.

Є два види такої індикації – порозрядна і посегментна. Перша найбільш відома і популярна, друга краще підходить коли треба велику кількість розрядів (понад 10).

Індикатори зазвичай розташовують в місцях, зручних для перегляду інформації, що відображається на них. Інша цифрова схема може розташовуватися на інших друкованих платах. При збільшенні кількості індикаторів збільшується кількість провідників між платою індикаторів і цифровою платою. Це призводить до певних незручностей розробки конструкції і експлуатації апаратури. Ця ж причина призводить до збільшення її вартості.

Кількість сполучних провідників можна зменшити, якщо індикатори працюватимуть в імпульсному режимі. Людське око має інерційність і якщо змусити індикатори відображати інформацію по черзі з досить великою

швидкістю, то людині здаватиметься, що усі індикатори відображають свою інформацію безперервно. В результаті можна по одних і тих же провідниках по черзі передавати інформацію, що відображається. Зазвичай достатньо частоти оновлення інформації 50 Гц, але бажано збільшити цю частоту до 100 Гц

Принципова схема включення семисегментних світлодіодних індикаторів, приведена на рис.2.6. Ця схема може забезпечити динамічну індикацію видаваної цифрової інформації.

У схемі, приведеній на рис. 2.6, відображаються чотири цифрові розряди. Кожен розряд короткочасно підключається до свого входу комутатора Комм. Генератор служить для завдання швидкості оновлення інформації на індикаторах. Двійковий лічильник послідовно формує чотири стани схеми, а дешифратор через ключі К забезпечує почергове подання живлення на семисегментні індикатори.

В результаті, коли комутатор подає двійково-десятковий код з входу А на входи семисегментного дешифратора, то цей код відображається на індикаторі HL1. Коли комутатор подає на входи семисегментного дешифратора двійково-десятковий код з входу В, то цей код відображається на індикаторі HL2, і так далі, по циклу.

Швидкість оновлення інформації в розглянутій схемі буде в чотири рази менше частоти генератора. Тобто для того, щоб отримати частоту мерехтіння індикаторів 100 Гц, потрібно частоту генератора 400 Гц.

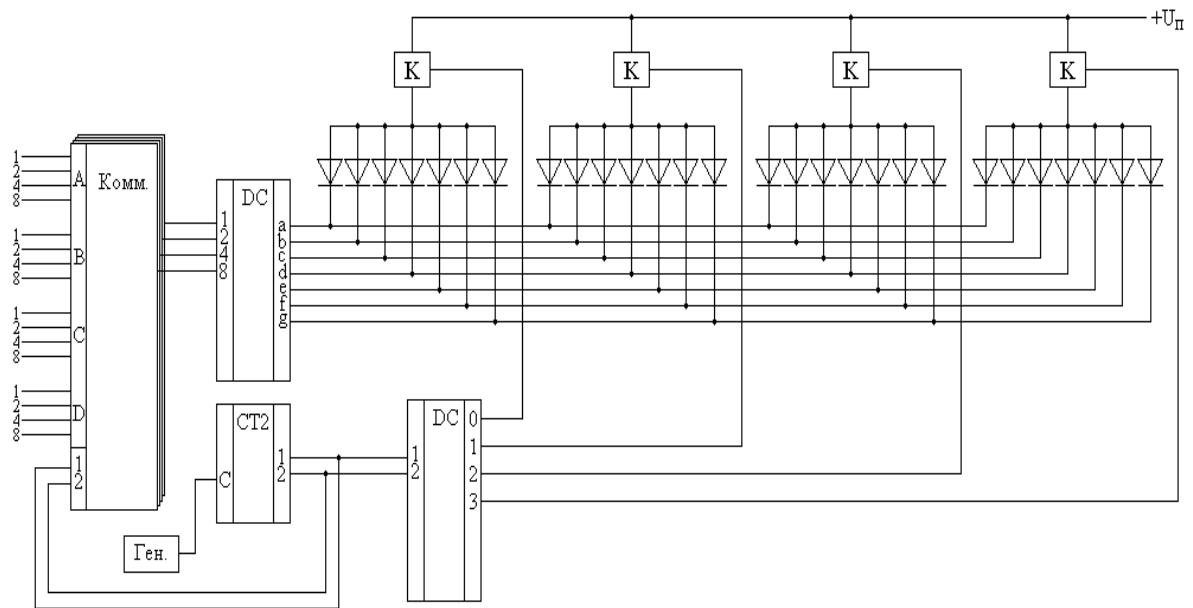


Рисунок 2.6 – Принципова схема динамічної індикації

Зменшення кількості сполучних провідників залежить від варіанту проведення перерізу схеми. Якщо на платі індикації залишаться тільки індикатори, то для їх роботи знадобиться 7 інформаційних сигналів для сегментів і чотири комутуючі сигнали. Всього 11 провідників. У статичній схемі індикації нам знадобилося б $7 \times 4 = 28$ провідників. При реалізації 8-ми розрядного блоку індикації виграш буде ще більше.

Ще більший виграш буде, якщо переріз схеми провести по входах індикаторів. В цьому випадку для чотирирозрядного блоку індикації знадобиться тільки шість сигнальних провідників і два провідники живлення схеми. Проте така точка перерізу схеми динамічної індикації застосовується дуже рідко.

Розрахунок струму, що протікає через кожен сегмент світлодіодного індикатора при його світінні наведений нижче. Для цього використовується еквівалентна схема протікання струму по одному з сегментів індикатора. Ця схема приведена на рис.2.7. Восьмирозрядний ключ – дешифратор – семисегментний – індикатор дешифратор

Для нормальної роботи світлодіода потрібно струм від 3 до 10 мА. Проте при імпульсному режимі роботи яскравість світіння індикатора падає в N разів, де коефіцієнт N дорівнює шпаруватості імпульсів струму, що подаються на цей індикатор [13].

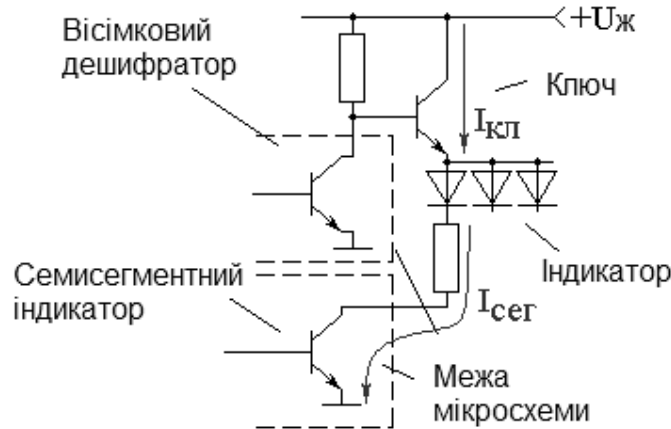


Рисунок 2.7 – Схема протікання струму по одному сегменту індикатора

Для збереження тієї ж яскравості світіння вимагається збільшити величину імпульсного струму, що протікає через сегмент, в N разів. Для восьмирозрядного індикатора коефіцієнт N рівний восьми. Нехай спочатку статичний струм через світлодіод, рівний 3 мА. Тоді для збереження тієї ж яскравості світіння світлодіода у восьмирозрядному індикаторі знадобиться імпульсний струм:

$$I_{сег\ дин} = I_{сег\ стат} \times N = 3\text{ мА} \times 8 = 24\text{ мА}.$$

Такий струм забезпечують тільки деякі серії цифрових мікросхем. Для більшості ж серій мікросхем знадобляться підсилювачі, виконані на транзисторних ключах.

Струм, який протікатиме через ключ, що комутує живлення на окремі розряди восьмирозрядного блоку індикації. Як це видно з схеми, приведеної на рис. 2.7., через ключ може протікати струм будь-якого сегменту індикатора. При відображенні цифри 8 потрібно буде запалити усі сім

сегментів індикатора, означає імпульсний струм, що протікає у цей момент через ключ, можна визначити таким чином:

$$I_{кл} = I_{сег} \times N_{сег} = 24\text{мА} \times 7 = 168\text{мА}.$$

У радіоаматорських схемах часто зустрічаються рішення, де комутуючий струм береться безпосередньо з виходу дешифратора, який не може видати струм більше 20 мА.

Принципова схема отриманого блоку індикації приведена на рис.2.8.

Безумовним достоїнством динамічної індикації є мала кількість сполучних дротів, що робить її незамінною в деяких випадках, таких як робота з матричними індикаторами.

В якості недоліку слід привести наявність великих імпульсних струмів, а оскільки будь-який провідник є антеною, то динамічна індикація служить потужним джерелом перешкод. Ще одним шляхом поширення перешкод є джерело живлення.

Застосування динамічної індикації дозволяє мінімізувати кількість сполучних дротів між цифровим пристроєм і індикатором, але є при цьому потужним джерелом перешкод, тому її застосування в радіоприймальних пристроях небажано.

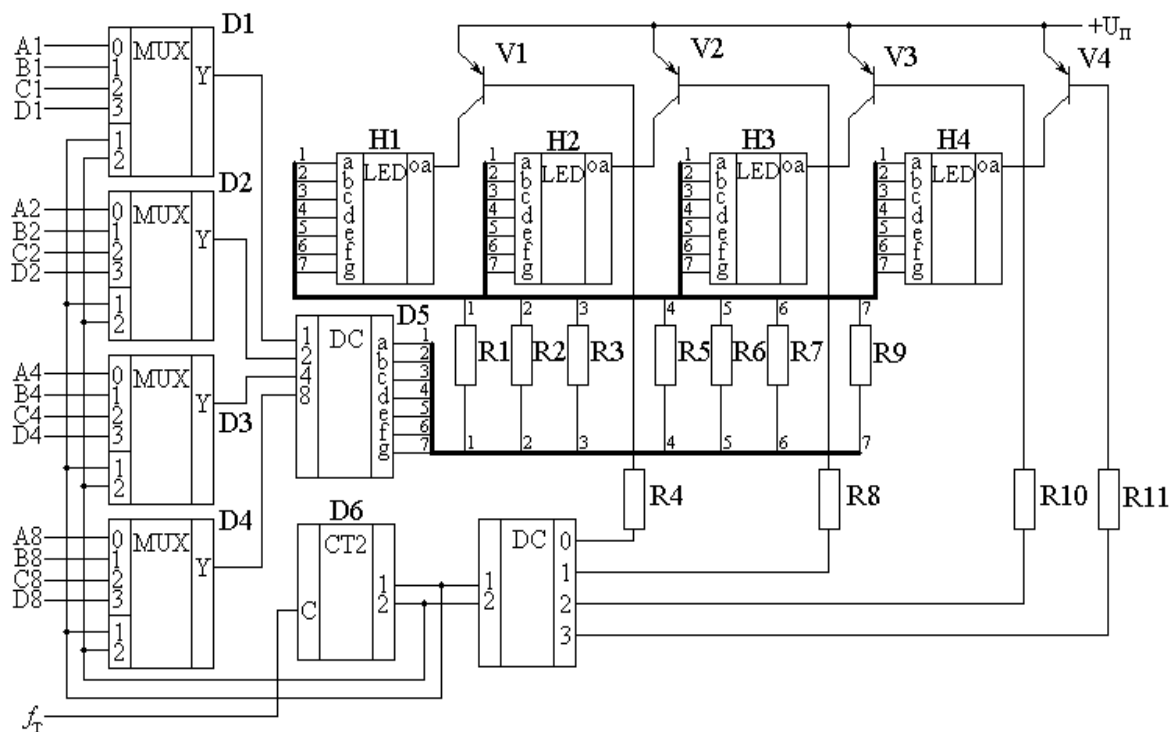


Рисунок 2.8. Принципова схема блоку динамічної індикації.

Якщо з яких-небудь причин, наприклад, необхідність застосування матричних індикаторів, доводиться використати динамічну індикацію, то треба вжити усі заходи по пригніченню перешкод.

В якості заходів по пригніченню перешкод від динамічної індикації можна назвати екранування блоку, сполучного кабелю і плат. Використання мінімальної довжини сполучних дротів, застосування фільтрів по живленню. При екрануванні блоку, можливо, потрібно буде екранувати і самі індикатори. При цьому зазвичай використовується металева сітка. Ця сітка одночасно може збільшити контрастність символів, що відображаються.

РОЗДІЛ 3. ПРОЕКТУВАННЯ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ ІНДИКАЦІЇ

3.1 Синтез структурної схеми

Структурна схема лабораторного стенду для дослідження динамічного і статичного методів індикації зображена на рис. 3.1.

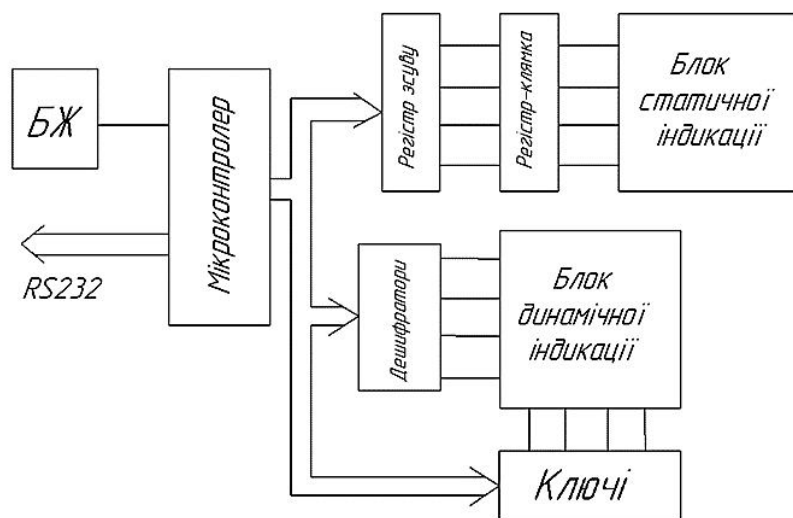


Рисунок 3.1 – Структурна схема лабораторного стенду для дослідження методів індикації

Комплекс складається з трьох частин: мікроконтролер AT90S8515, блок статичної індикації, блок динамічної індикації, усі вони живляться від блоку живлення (БЖ), команди, що управляють, поступають через інтерфейс RS232

RS 232 — стандарт інтерфейсу обміну даними між двома пристроями шляхом послідовної передачі даних(асинхронний зв'язок), знаходить використання в послідовних портах комп'ютерів і інших пристроїв

Мікроконтролер - головна ланка цієї схеми, він управляє матрицями статичної і динамічної індикації за допомогою дешифраторів і ключів.

У разі динамічної індикації за включення рядків світлодіодної матриці відповідає дешифратор, а стовпців - ключі, якими є транзистори.

Блок статичної індикації управляється тільки дешифраторами, оскільки живлення постійне.

3.2. Синтез функціональної схеми

На рис. 3.2 представлена функціональна схема розроблюваного стенду.

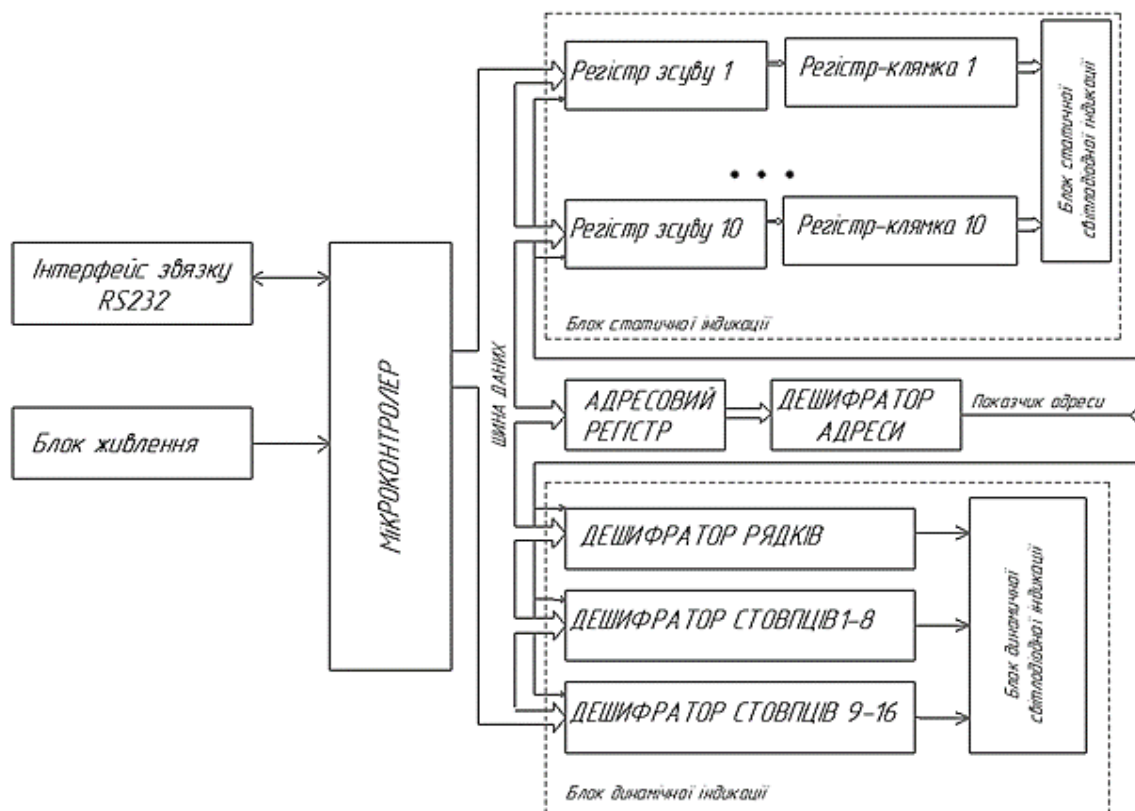


Рисунок 3.2 – Функціональна схема пристрою управління індикацією

В режимі статичної індикації кожен сегмент індикатора постійно знаходиться в одному з двох станів-включений або вимкнений [11]. Її основне достоїнство в тому, що після виведення інформації, наприклад в зсувний регістр, стан індикатора не зміниться доки не будуть змінені дані в цих регістрах. Також оскільки напруга на сегментах є присутньою постійно яскравість індикатора буде максимальною, а індикатори не мерехтять.

При динамічній індикації сегменти запалюється по черзі. А за рахунок інерції ока здається, що індикатор горить постійно. З її основних плюсів – потрібно значно менше зовнішніх елементів. Основний мінус – для неї постійно потрібно використовувати процесор постійно. Частота зміни

сегментів вибирається зазвичай не нижче 50Гц. Краще використати частоти не кратні 50, інакше при штучному освітленні може з'явитися мерехтіння.

3.3. Вибір елементної бази

У основі цього стенду лежить мікроконтролер AT90S8515, який є ланкою, що управляє живленням індикаторами [17].

AT90S8515 - 8-ми розрядний AVR® мікроконтролер з 8 Кбайт Flash пам'яттю з підтримкою внутрісистемного програмування, його виконання у різних корпусах показано на рис.3.3.

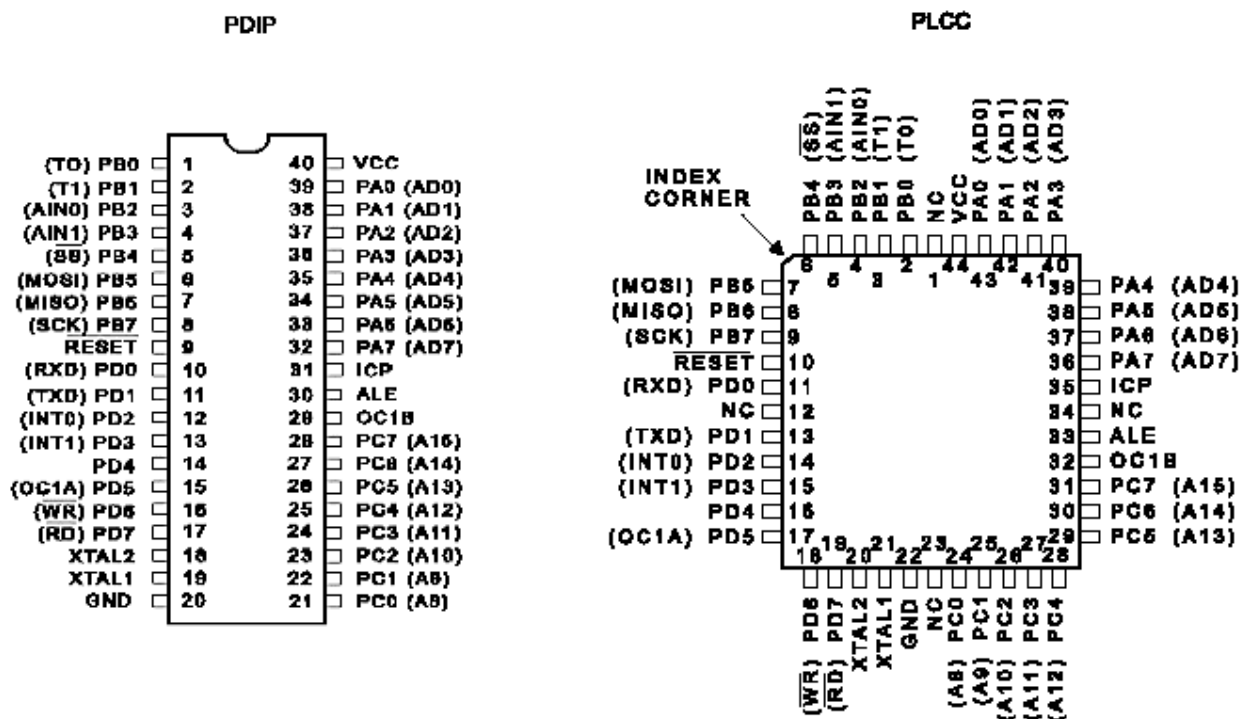


Рисунок 3.3 Мікроконтролер AT90S8515

Відмітні особливості:

- AVR® - висока продуктивність і RISC архітектура з низьким енергоспоживанням;
- 118 потужних інструкцій - більшість з них виконуються за один такт;
- 8 Кбайт Flash - пам'яті з підтримкою внутрісистемного програмування;

- SPI послідовний інтерфейс для завантаження програмного забезпечення;
- Ресурс: 1000 циклів запису/ стирання;
- 512 байт EEPROM;
- Ресурс: 100 000 циклів запису/ стирання;
- 512 байт внутрішньої SRAM;
- 32 x 8 робочих регістрів загального призначення;
- 32 програмовані шини I/O;
- Програмований послідовний UART;
- Напруга VCC : від 2.7В до 6.0 В;
- Частота до 8МГц напруга від 4.0В до 6.0В
- Частота до 4 МГц напруга від 2.7 В до 4.0 В
- Продуктивність до 8 MIPS при 8 МГц
- Один 8-ми розрядний таймер/ лічильник з окремим попереднім дільником частоти
- Один 16-ти розрядний таймер/ лічильник з окремим попереднім дільником частоти з режимами порівняння, захоплення
- Здвоєний ШІМ
- Зовнішні і внутрішні джерела переривання
- Програмований стежачий таймер зі вбудованим тактовим генератором
- Вбудований аналоговий компаратор
- Режимми зниженого енергоспоживання :
 - Спокою(Idle)
 - Відключення(Power Down)
- Програмоване блокування для безпеки програмного забезпечення

Структурна схема контролера наведена на рис. 3.4.

AT90S8515 є 8-ми розрядним CMOS мікроконтролером з низьким рівнем енергоспоживання, заснованим на вдосконаленій AVR RISC архітектурі. Завдяки виконанню високопродуктивних інструкцій за один період тактового сигналу, AT90S8515 досягає продуктивності, що

наближається до рівня 1 MIPS на МГц, забезпечуючи розробникові можливість оптимізувати рівень енергоспоживання відповідно до необхідної обчислювальної продуктивності.

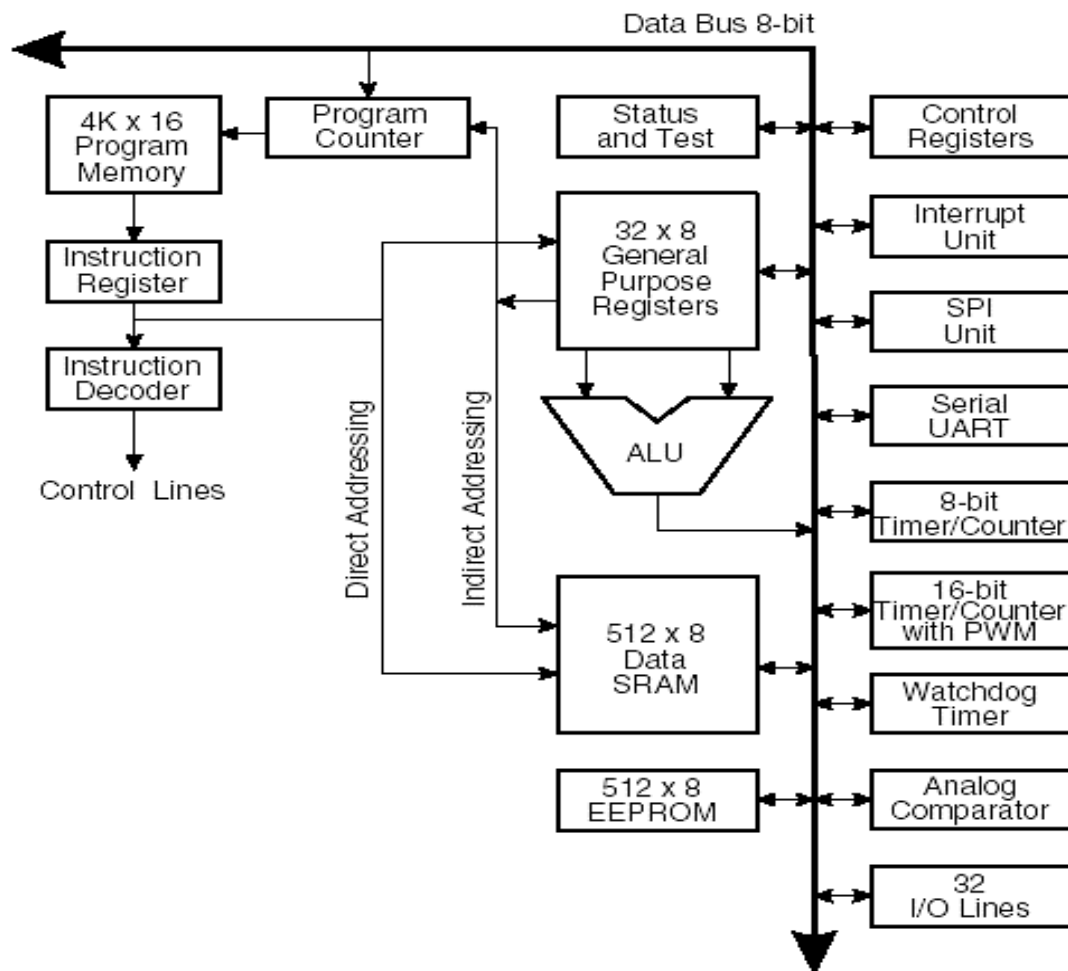


Рисунок 3.4 – Структурна схема AT90S8515

Ядро AVR містить потужний набір інструкцій і 32 регістра загального призначення. Усі 32 регістри безпосередньо підключені до арифметико-логічного пристрою (АЛУ), що забезпечує доступ до двох незалежних регістрів при виконанні однієї інструкції за один такт. В результаті, ця архітектура має більш високу ефективність коду, при підвищенні пропускну здатності, аж до 10 разів, в порівнянні із стандартними мікроконтролерами CISC.

AT90S8515 має: 8 Кбайт Flash - пам'яті з підтримкою внутрісистемного програмування, 512 байт EEPROM, 512 байт SRAM, 32 ліній I/O загального призначення, 32 робітників регістра загального призначення, універсальні таймери/ лічильники з режимами порівняння, внутрішні і зовнішні переривання, програмований UART послідовного типу, програмований сторожовий таймер зі вбудованим тактовим генератором і програмований послідовний порт SPI, а також, два програмно вибраних режиму економії енергоспоживання. Режим очікування «Idle Mode» зупиняє CPU, але дозволяє функціонувати SRAM, таймеру/ лічильникам, SPI порту і системі переривань. Режим економії енергоспоживання «Power Down» зберігає значення регістрів, але зупиняє тактовий генератор, відключаючи усі інші функції мікроконтролера, аж до наступного зовнішнього переривання, або до апаратної ініціалізації.

Пристрій здійснюється із застосуванням технології енергонезалежної пам'яті з високою щільністю розміщення, розробленою в корпорації Atmel. Вбудована Flash - пам'ять з підтримкою внутрісистемного програмування забезпечує можливість перепрограмування програмного коду у складі системи, за допомогою SPI послідовного інтерфейсу, або за допомогою стандартного програматора енергонезалежної пам'яті. Завдяки поєднанню вдосконаленого 8-ми розрядного RISC CPU з Flash - пам'яттю з підтримкою внутрісистемного програмування на одному кристалі вийшов високопродуктивний мікроконтролер AT90S8515, що забезпечує гнучке і економічно- високоефективне рішення для багатьох додатків вбудовуваних систем управління.

AVR AT90S8515 підтримується повним набором програм і пакетів для розробки, включаючи: компілятори C, макроасемблери, відладчики/ симулятори програм, внутрішньосхемні емулятори і набори для макетування.

Для відображення інформації динамічним методом використовуються два матричні дисплеї 8x8 червоного кольору [18] (схема показана на рис.3.5).

Особливості :

					ХНТУ 151.КРБ.24.009 ПЗ	Арк.
Ізм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

- 14,4мм висота матриці;
- розмір точки 3.7мм;
- низький струм включення;
- висока контрастність;

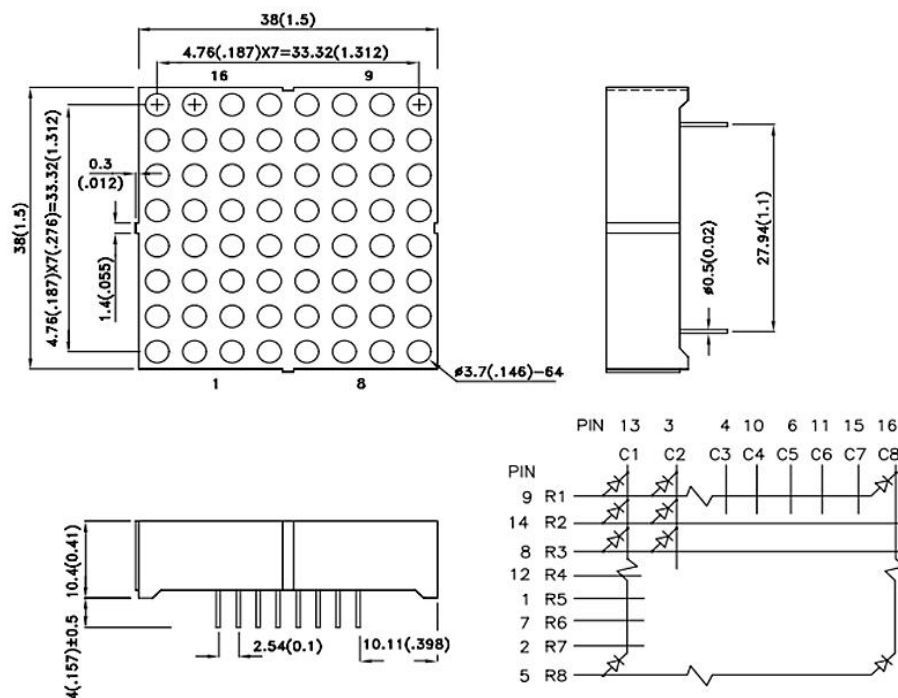


Рисунок 3.5 – Світлодіодна матриця 2088bs 8x8

У таблиці 3.1 наведені основні характеристики матриці 2088bs

Таблиця 3.1 – Характеристики матриці 2088bs

Символ	Параметр	Пристрій	Макс	Одиниці виміру	Умови
$\lambda_{\text{пк}}$	Пікова довжина хвилі	Супер яскраво червоний		nm	$I=20\text{mA}$
λ_D	Домінуюча довжина хвилі	Супер яскраво червоний		nm	$I=20\text{mA}$
$\Delta\lambda_{1/2}$	Половина спектральної лінії	Супер яскраво червоний		nm	$I=20\text{mA}$
C	Ємність	Супер яскраво червоний		pF	$V_f=0\text{V}; f=1\text{MHz}$

Vf	Пряма напруга	Супер яскраво червоний	2.5	V	I=20mA
Ir	Зворотний струм	Супер яскраво червоний	10	uA	Vr=5V

На рис.3.6 наведена спектральна характеристика світлодіодів матриці 2088bs

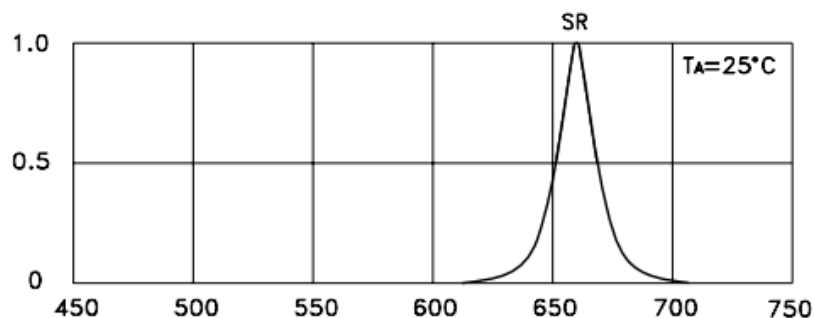


Рисунок 3.6 – Залежність відносної променистої інтенсивності від довжини хвилі.

Для матриці статичної індикації використовуються світлодіоди марки 3R04RD - 0,01cd (рис.3.7).

- Кут світіння – 40;
- Напруга, V - 1.8-2.3;
- Струм, mA – 20;
- Довжина хвилі nm - 666-695;
- Матеріал лінзи - R.D;
- Яскравість, мкд – 10.

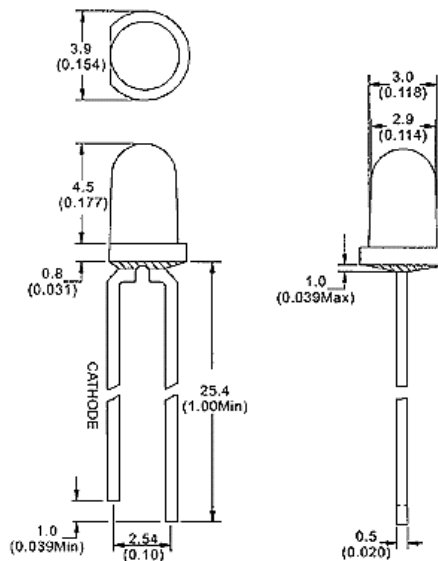


Рисунок 3.7 – Світлодіод 3R04RD

Для управління світлодіодами використовується регістр-заскочка та регістр зсуву SN54HC595 (рис.3.8).

					ХНТУ 151.КРБ.24.009 ПЗ	Арк.
						44
Ізм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

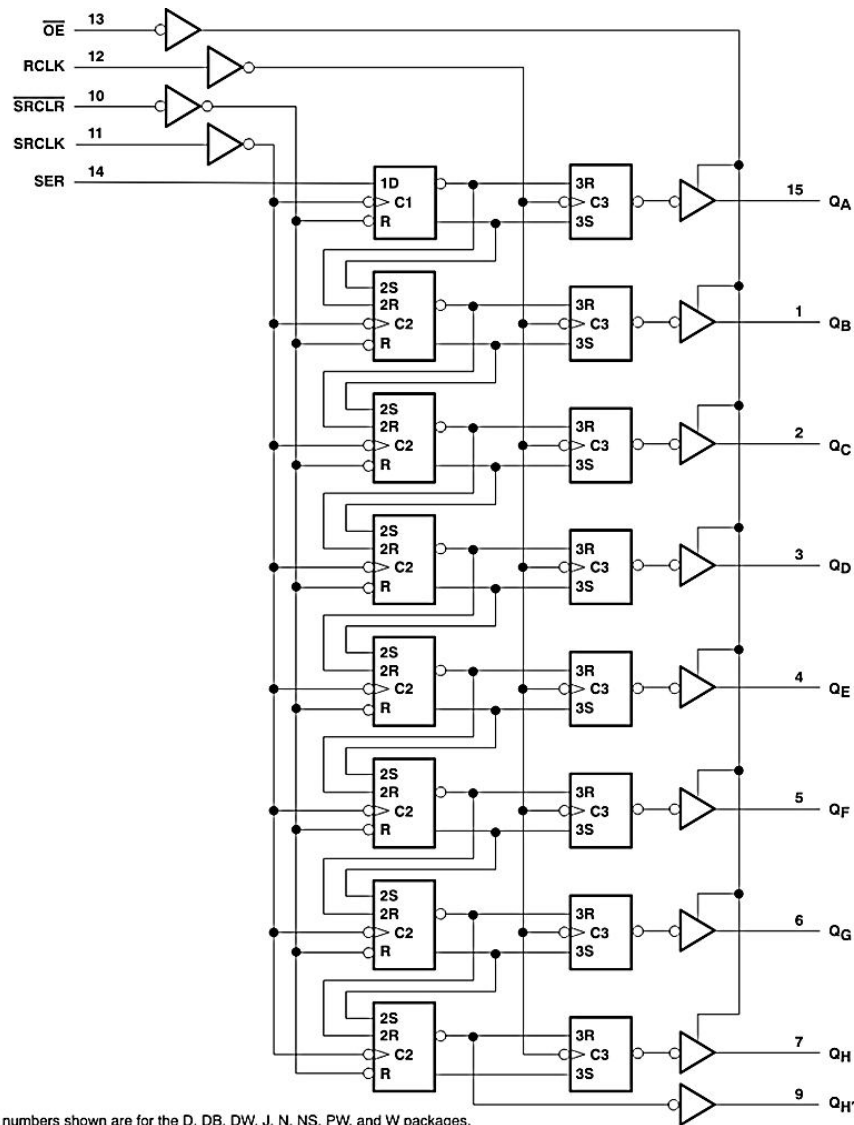


Рисунок 3.8 – Схема SN54HC595

Характеристики:

- 8-розрядний послідовний вхід , паралельний вихід зсуву;
- Ряд робочої напруги 2 V до 6 V;
- Низька споживана потужність: 80 -мА (Макс);
- Затримка $t_{pd} = 13$ нс;
- Низький вхідний струм: 1 мА (Макс);
- Регістр зсуву має пряму логіку.

SN54HC595 містять 8-розрядний послідовний вхід, зовнішній паралельний регістр зсуву, який живить 8-розрядний D-подібний запам'ятовуючий регістр пристрою. Регістр запам'ятовуючого пристрою має

3-режими паралельного виходу. Окремий тактовий генератор забезпечений для обох регістра зсуву і запам'ятовуючого регістру. Регістр зсуву має вхід очистки (SRCLR) - установки в початковий стан, послідовний (SER) вхід, і послідовні виходи для того каскадного з'єднання.

3.4. Розроблення принципової схеми лабораторного стенду

Електрична принципова схема лабораторного стенду представлена на креслені ХНТУ 151.КРБ.24.009 ЕЗ, друкована плата – ХНТУ 151.КРМБ.24.009, складальне креслення – ХНТУ 151.КРМБ.24.009 СК. Уся документація розроблена у середовищі Proteus [19 –21].

Основою пристрою є мікроконтролер AT90S81515 фірми Atmel. Дані для виводу на дисплей поступають через послідовний інтерфейс RS232, указаний на схемі ХТЗ. Дані на мікроконтролер поступаю через входи RxD та TxD.

Дисплеєм статичної індикації керують регістри DD2-DD11. Які з'єднані з контролером через послідовний інтерфейс SPI. Послідовно завантажувані в регістр зсуву біти даних подаються на вхід SIN (Serial Input).

Їхня фіксація в регістрі зсуву проходить по перепаду імпульсного сигналу на вході SRCK із стану логічного «0» в логічну "1". Коли завантаження регістру зсуву закінчена, його стан копіює і запам'ятовує регістр-клямка. На виходи мікросхеми Q0...Q7 стан регістра-заскочки поступить лише при логічному "0" на вході OE(Output Enable). В іншому випадку виходи мікросхеми відключаються і індикатор гасне. Послідовне з'єднання мікросхем SN74HC595D в ланцюжок дозволяє наростити кількість індикаторів. Резистори R60..R64 визначають стан вхідних сигналів при відключенні модуля від мікроконтролерів схеми і служать "навантаженням" ліній управління індикатором.

					ХНТУ 151.КРБ.24.009 ПЗ	Арк.
Ізм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Резистори R10 ... R59, що гасять визначають струм кожного світлодіода при його включенні, який у всякому разі не повинен перевищувати максимально допустимий для виходів мікросхеми SN74HC595D.

Дисплеєм динамічної індикації керує мікроконтролер, який вмикає живлення рядків через транзистори, та живлення стовпців безпосередньо виводами.

Споживана потужність у режимі статичної індикації розраховується для матриці 5x10. Усі резистори в схема повинні мати однакові номінали оскільки матриця дисплея складається з ідентичних світлодіодів.

Опір резистора обчислюється за формулою [13]:

$$R = \frac{U_{\text{ж}} - U_{\text{с}}}{(I \cdot 0.75)(\text{Ом})}$$

де, $U_{\text{ж}}$ - напруга живлення схеми

$U_{\text{с}}$ – спад напруги на світлодіоді

I - струм споживаний світлодіодом

$$R = \frac{5 - 2.03}{0.02 \cdot 0.75} \text{ Ом}$$

Найближче існуюче але більше значення резистора – 203 Ом.

Потужність резистора:

$$P_p = \frac{(U_{\text{ж}} - U_{\text{с}})^2}{R} = \frac{(5 - 2.03)^2}{203} = 0.043 \text{ Вт}$$

Мінімальна потужність резистора - 0,125(Вт).

Потужність P , що виділяється на резисторах матриці 5*10 дорівнює:

$$P = P_p \cdot 5 \cdot 10 = 2.15 \text{ Вт}$$

Споживана потужність одного світлодіода :

$$P_{\text{с}} = U \cdot I = 2.03 \cdot 0.02 = 0.046 \text{ Вт}$$

Споживана потужність матриці :

$$P_{\text{м}} = P_{\text{с}} \cdot A \cdot B = 0.046 \cdot 5 \cdot 10 = 2.3 \text{ Вт}$$

$$P_c = 2 \text{ Вт}$$

Приймаємо потужність, що споживає мікроконтролер [13].

Загальна максимальна споживана потужність стенда якщо увімкнені всі світлодіоди:

Розрахунок споживаної потужності блоком динамічної індикації матриця 8*16 відповідно схемі на рис. 3.9.

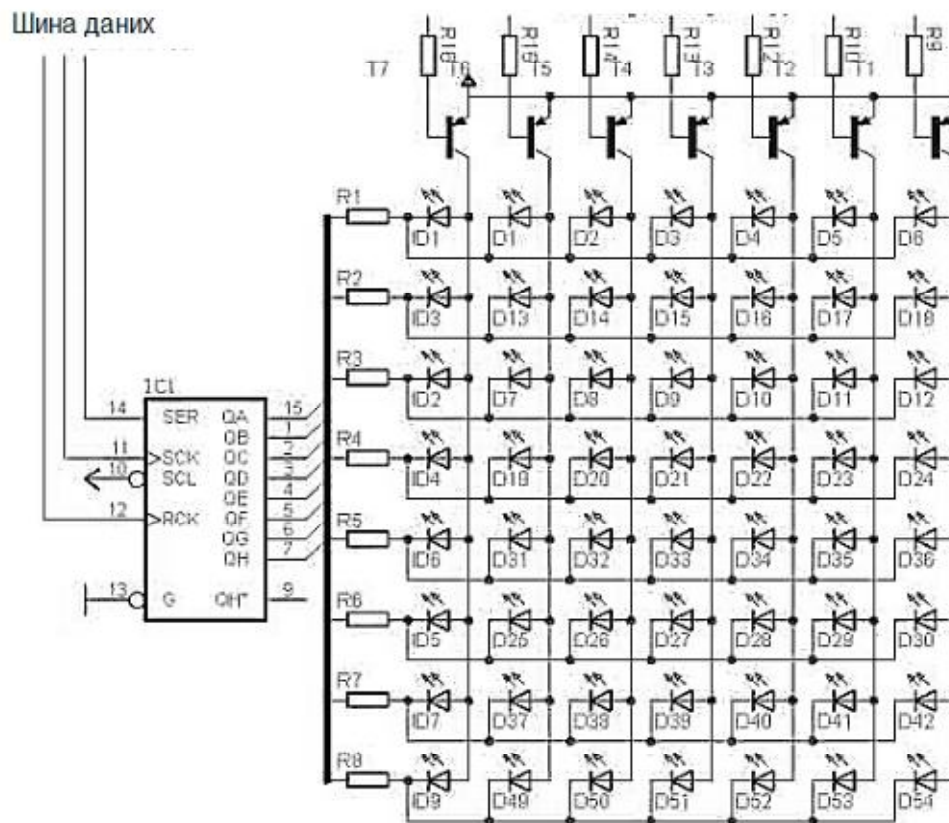


Рисунок 3.9 – Фрагмент схеми динамічної індикації

Оскільки в режимі динамічної індикації в певний момент часу активний тільки один стовпчик, то потужність, що споживається матрицею буде визначатися максимальною потужністю одного рядка, коли світяться усі світлодіоди стовпчика. Оскільки діоди стовчика увімкнені паралельно, то

максимальний споживаний струм $I = 8 * 0.02 = 0.16 \text{ А}$. Тоді опір резистора матиме значення:

$$R = \frac{5 - 2.03}{0.16 * 0.75} = 21.7 \text{ Ом}$$

Найближче існуюче значення опору – 22,1 Ом.

Потужність резистора:

Вибираємо значення потужності резистора 0,5 Вт.

Споживана потужність одного світлодіода:

$$P_c = U * I = 2.03 * 0.02 = 0.0406 \text{ Вт}$$

Споживана потужність одного стовпчика:

Загальна максимальна споживана потужність стенда якщо увімкнені всі світлодіоди стовпчика:

Як показують розрахунки потужність, що споживає схема у режимі динамічної індикації – 2,767 Вт значно менша, аніж у режимі статичної індикації – 6,45 Вт, що обумовлено одночасною роботою тільки одного стовпчика. Перелік елементів та їхні номінали наведені в додатку.

3.5. Розроблення алгоритму роботи лабораторного стенду

Оскільки основна мета поставлена в технічному завданні це дослідження методів індикації символів на матричному дисплеї з програмним управлінням режимами роботи пристрою то алгоритм управління роботою стенду повинен надавати можливість змінювати режими індикації та параметри динамічної і статичної індикації. Це дасть можливість

					ХНТУ 151.КРБ.24.009 ПЗ	Арк.
Ізм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

досліджувати вплив часу перемикавання розрядів в режимі динамічної індикації на стабільність зображення на матричному дисплеї.

На рис. 3.10 представлено алгоритм управління роботою режимів індикації. Програмування контролера виконується в середовищі AVR Studio [22].

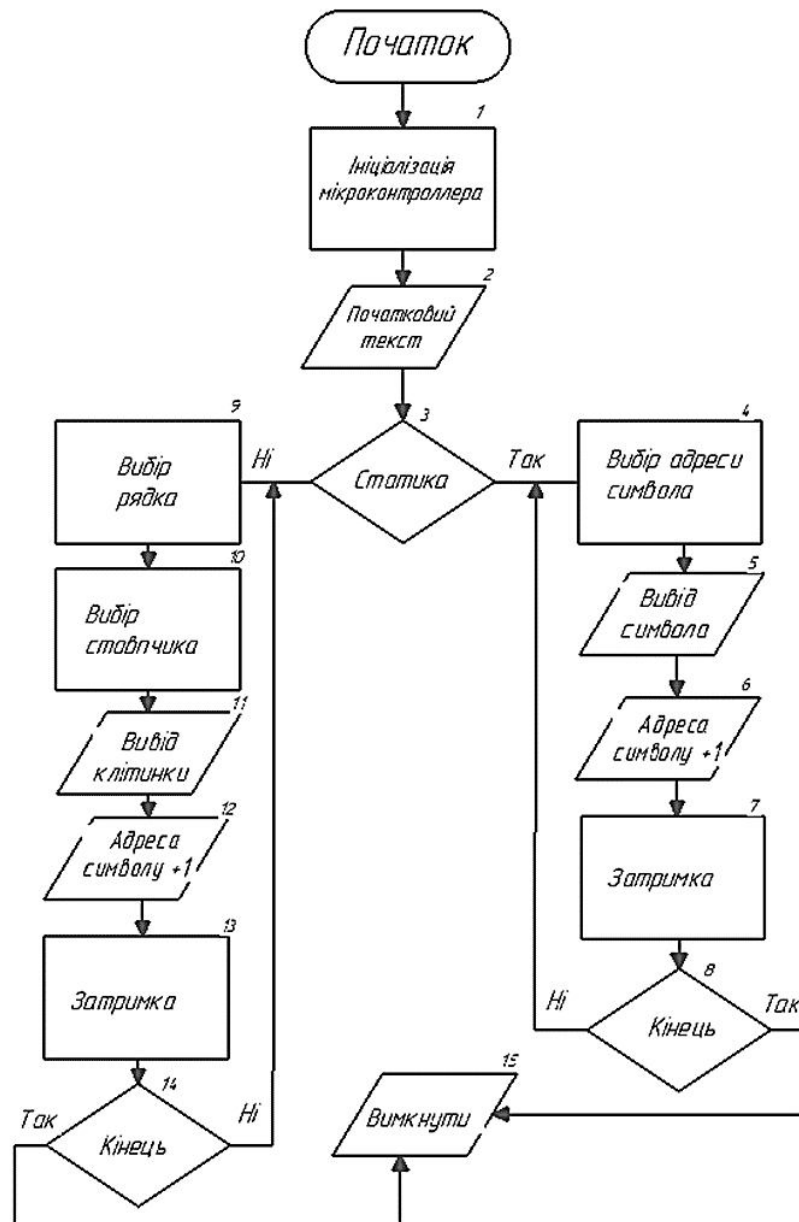


Рисунок 3.10 – Блок-схема алгоритму управління індикацією

ВИСНОВКИ

У рамках кваліфікаційної роботи молодшого бакалавра було спроектовано пристрій для дослідження режимів роботи матричного дисплею на світлодіодах. Лабораторний стенд на основі розробленого пристрою дозволяє під час проведення лабораторних робіт вивчати способи індикації матричних табло а також опановувати навички програмування мікроконтролерів. Стенд можна використовувати при проходженні курсів «Електроніка і мікросхемотехніка» та «Мікропроцесорні системи

У ході роботи було вирішено наступні задачі:

- Досліджено засоби та способи виведення візуальної інформації.
- Розроблено структурні та функціональні схеми лабораторного стенду.
- Проведено розрахунки споживаної потужності в різних режимах роботи матричного індикатора.

					ХНТУ 151.КРБ.24.009 ПЗ	Арк.
Ізм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Іванов В.А., Ткаченко М.М. Дисплеї та індикатори - Київ: "Академія", 2022. - 320 с.
2. Петренко А.С., Сидоренко О.В. Електроніка дисплеїв. - Харків: "НТМТ", 2023. - 256 с.
3. Гриценко М. І. Фізика рідких кристалів / М. І. Гриценко. - К. : Академія. 2012.-272 с.
4. Кожем'яко В. П. Сучасні методи та засоби відображення інформації. Частина І. Дискретні системи відображення інформації / Кожем'яко В. П, Васюра А. С, Дорощенко Г. Д. - Вінниця: ВДТУ, 2002. - 106 с.
5. Рідкокристалічна електроніка : монографія / за ред. проф. Готри З. -Львів : Видавництво "Апріорі", 2010. - 532 с..
6. Готра З.Ю. Засоби відображення інформації. Електронні дисплеї : навчальний посібник /З.Ю. Готра, В.П. Кожем'яко, З. М. Микитюк та ін. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 162 с.
7. Kathleen M. Vaeth. OLED-Display Technology // Infonnation Display, №6. 2003, Р. 12-17.
8. Світло діоди та світлодіодні модулі Компанія СЕА - режим доступу: <https://www.sea.com.ua/ua/svetodiodnaya-produktsiya/svetodiody-i-svetodiodnye-moduli/> (Дата звернення 01.05.24).
9. Готра З.Ю. Технологія електронної техніки / З.Ю. Готра- Львів : Національний університет «Львівська політехніка». 2010. - Т. 2. - 884 с.
10. Петренко А.С., Сидоренко О.В. Електроніка дисплеїв. - Харків: "НТМТ", 2023. - 256 с.
11. Рябенський В.М. Схемотехніка електронних пристроїв та систем: підруч. для студ. виш. навч. закл.: у 6 т. / В. М. Рябенський - Миколаїв : Іліон, 2011 - 2013. - ІЗВК 978-617-534-066-0. Т. 6 : Апаратно-програмні засоби

відображення інформації / В. М. Рябенський, О. О. Ушкаренко. - 2013. - 463 с.

12. Левченко М. П., Смирнов, В. А. Порівняльний аналіз динамічної та статичної індикації на матричних дисплеях // Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи. – 2017. – № 4. – С. 76-82.
13. Гринфилд Дж. Транзисторы и линейные ИС: Руководство по анализу и расчету: Пер. с англ.-М.: Мир, 1992-560 с., ил.
14. Корчак Ю. Оптоелектронна інформатика. Том І. Основні принципи та прилади: навчальний посібник / Корчак Ю. Фургала С. Рихлюк А. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2016. – 406 с.
15. Rosencher E. Optoelectronique / E. Rosencher, B. Vinter. - Paris: Masson, 1998.-725 p.
16. Ревич, Ю.В. Arduino та матричні індикатори режим доступу: <http://radio-stv.ru/arduino-i-matnchnyie-indikatoryi>. (Дата звернення 01.05.24).
17. 8-bit AVR® MCUs URL: <https://www.microchip.com/en-us/products/microcontrollers-and-microprocessors/8-bit-mcus/avr-mcus> (дата звернення 22.03.24).
18. LED матриця 8x8 Режим доступу: <https://arduino.ua/ru/prod274-svetodiodnaya-matrica-2088bs-8h8-krasnaya-60x60mm>. (Дата звернення 01.05.24).
19. Цирульник С.М., Програмування мікроконтролерів AVR: навчальний посібник/ Цирульник С.М., Азаров О.Д., Крупельницький Л.В., Трояновська Т.І. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 111 с.
20. Проектування мікропроцесорних систем:Проектування мікропроцесорних систем на базі AVR-мікроконтролерів: Периферійні модулі AVR-мікроконтролерів: Навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.050201 «Системна інженерія» кафедри

Автоматики та управління у технічних системах / Укл.: А.О.

Новацький- К: НТУУ „КПГ. 2012- 470с.

21. Проектування та аналіз електричних схем в програмному середовищі Proteus VSM. Методичні вказівки до самостійної роботи студентів курсу "Проектування мікропроцесорних систем керування технологічними процесами". Медвідь В.Р., Пісьціо В.П., Тернопіль: ТНТУ, 2018 - 26 с.
22. Програмування мікроконтролерів AVR: [навчальний посібник] / С.М. Цирульник, О.Д. Азаров, Л.В. Крупельницький, Т.І. Трояновська. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 111 с.

					ХНТУ 151.КРБ.24.009 ПЗ	Арк.
Ізм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Поз. позн.	Найменування	Кіл.	Особливості
	<i>Конденсатори</i>		
С1, С2	КХ7R 22пкФ±10% ОЖ0.464.079 ТУ	2	
С4-С8	КХ7R 0,1мкФ ±10% ОЖ0.464.079 ТУ	5	
С9	К50-35 105С 1000 мкФ±10% ОЖ0.464.079 ТУ	1	
С3,С10-С19	КХ7R 0,1мкФ ±10% ОЖ0.464.079 ТУ	11	
	<i>Мікросхеми</i>		
DA1	LM7805	1	
DD1	AT90S8515	1	
DD2-DD11	SN54HC595	10	
DD12	24С32А	1	
	<i>Резистори ОЖ0.467.180 ТУ</i>		
R1	МЛТ-0,125- 1 кОм ± 10%	1	
R2-R9	МЛТ-0,5- 22 Ом ± 10%	8	
R10-R59	МЛТ-0,125- 220 Ом ± 10%	50	
	<i>Транзистори</i>		
VT1-VT8	2SA1121 0,5 А	8	
SW1	Кнопка тактова SWT- 9	1	
VD1-VD4	1N4007	4	
VR1	FNR-05K4 70	1	
ZQ1	Кварц 8 МГц	1	
ХТ6, ХТ7	Матричний дисплей 8х8	2	
ХТ1, ХТ2	Світлодіоди 3R04RD - 0,01сд	25	
ХТ4, ХТ5	Світлодіоди 3R04RD - 0,01сд	25	

					ХНТУ 151КРБ24.009 ГЕЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Сердюк О. С.				Перелік елементів	Лит.	Лист
Перевір.	Єдинович МБ.						1
Реценз.							1
Н. Контр.	Єдинович МБ.						
Утверд.	Дмитрієв Д. О.						