

Лекція 10. Індикаторні прилади оптичної схемотехніки

В основі принципів дії індикаторів лежать різні фізичні явища, такі як низьковольтна катодолюмінесценція, інжекційна і передпробійна електролюмінесценція, випромінювання газового розряду, різні електрооптичні ефекти і т. п. Індикатори розрізняються функціональними можливостями і призначенням, конструктивним і технологічним виконанням.

Літеро-цифрові індикатори призначені для відображення інформації у вигляді цифр, літер і різних символів. Розрізняють наступні види літероцифрових індикаторів: накалильні; газорозрядні; світлодіодні; вакуумні електролюмінесцентні; рідкокристалічні. Накалильні і газорозрядні індикатори в даний час практично не застосовуються. Приведемо деякі інші типи індикаторів, які не увійшли до перерахованих вище типів: накалильні індикатори – лампи; накалильні вакуумні індикатори; накалильні індикатори на флуоресціюючих стеклах; газорозрядні неонові лампи; газові електронно-світлові індикатори; тиратрони тліючого розряду; газорозрядні знакові індикатори; газорозрядні індикаторні панелі; електронно-променеві індикатори; термоіндикатори і т. д.

10.1 Газорозрядні індикатори

Газорозрядним індикатором є газонаповнений діод, численні катооди якого мають форму тих символів, які необхідно висвітлити. Наприклад, цифровий індикатор містить 10 катодів, які мають форму арабських цифр від 0 по 9 включно. Ці катооди-цифри розташовані один перед одним у тому порядку, який наведений на рисунку 10.1. Точка позначає, що діод газонаповнений.

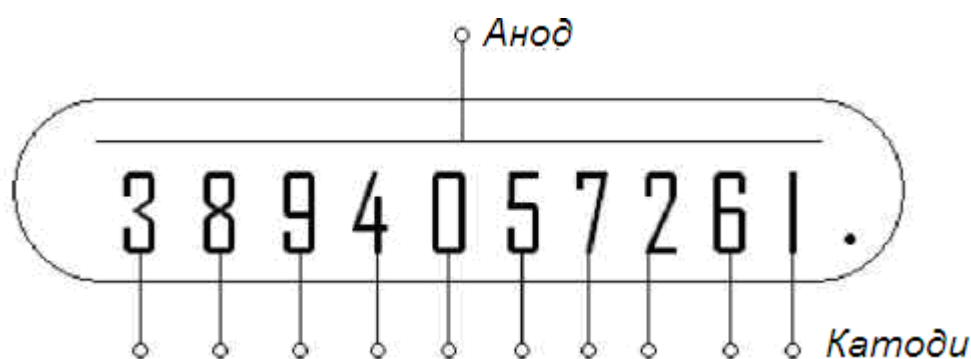


Рисунок 10.1 - Газорозрядний індикатор

Якщо анод підключити до позитивної напруги, а певний катод - до нуля, то між анодом і підключеним катодом починається газовий розряд, тобто іонізація газу.

Електрони прямують до аноду, а іони накопичуються навколо катода, створюючи іонну хмару. У цій хмарі спостерігається рекомбінація електронів з іонами, через що газ світиться. Так висвітлюється та цифра, вивід якої (катод) підключений до нуля.

Недоліком газорозрядних індикаторів є необхідність живлення високою напругою (до сотень вольт). Цей недолік усунений в люмінесцентних індикаторах.

10.2 Люмінесцентні індикатори

З люмінесцентних індикаторів найбільшого розповсюдження набули 7-сегментні (рис. 10.2).

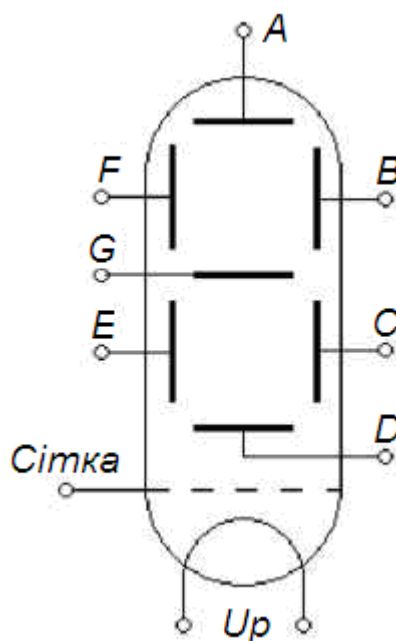


Рисунок 10.2 – Люмінесцентний індикатор

Індикатор є електровакуумним приладом, який містить термокатод прямого розжарення, який живиться напругою U_p , сітку та 7 анодів: A, B, C, D, E, F, G. Аноди покриті люмінофором, який світиться при бомбардуванні його електронами.

При подачі напруги розжарення U_p термокатод розжарюється і випромінює електрони. Якщо сітка знаходиться під високим потенціалом, то вона пропускає електрони до того аноду, який має високий потенціал. Електрони, зіштовхуючись з люмінофором анода, вибивають кванти світла. Люмінофор анода світиться. Тип люмінофора визначає колір світіння. Найчастіше зустрічаються зелений та червоний кольори. подача високого потенціалу на певні аноди здійснюється за допомогою перетворювача кодів.

Сітка призначена для управління випромінюванням. Якщо вона знаходиться під нульовим потенціалом, то не пропускає електрони до анодів, через що не буде світитися жоден анод.

Люмінесцентні індикатори мають ту перевагу над газорозрядними, що живляться досить низькою напругою, яка не перевищує 24 В.

Недоліком є відносно малий термін служби через вихід з ладу термоката, який втрачає емісію або перегорає.

Найбільшого поширення набули світлодіодні і рідкокристалічні індикатори завдяки низькій напрузі і слабким струмам в робочому режимі. Використання подібних індикаторних елементів полегшується завдяки наявності безлічі інтегральних драйверів.

10.3 Світлодіодні напівпровідникові знаковитезуючі індикатори

Одиничний напівпровідниковий знаковитезуючий індикатор – це напівпровідниковий діод, в переході якого в результаті рекомбінації електронів і дірок при їх інжекції в прямому напрямі генерується світлове випромінювання. Принцип їх роботи полягає в тому, що при прямому зсуві потенційний бар'єр р-п переходу знижується і відбувається інжекція електронів в р-область і дірок в п-область. В процесі рекомбінації неосновних носіїв в р-п переході енергія виділяється у вигляді фотонів, тобто процес рекомбінації супроводиться світловим випромінюванням, частота якого пропорційна енергії забороненої зони напівпровідникового матеріалу. Якщо ширина забороненої зони більше 1,8 еВ, то випромінювання бачиме (довжина хвилі менше

700 нм), якщо менше, то випромінювання небачиме і знаходиться в інфрачервоній частині спектру.

Напівпровідникові знаковитезуючі індикатори – це низьковольтні прилади, зручно поєднувані з джерелами живлення і рівнями струмів мікросхем. Вони мініатюрні і дозволяють конструювати пристрої, призначені для відображення інформації різної складності, - від точки, яка світиться, до текстів і графіків. Індикатори володіють малим часом перемикавання - менше 50 нс. Прилади характеризуються відносно високими рівнями робочих струмів і помірними рівнями яскравості.

Основні матеріали, які використовуються для виготовлення світлодіодів – тверді розчини арсеніду і фосфіду галію. Колір видимого свічення: червоний, жовтий, зелений.

Останніми роками перспективним методом здобуття індикаторів з різним кольором свічення вважається нанесення люмінофорного покриття безпосередньо на кристал з інфрачервоним випромінюванням. Така конструкція дозволяє перетворити інтенсивне інфрачервоне випромінювання кристала у видиме світло колірного люмінофора, що істотно розширює можливості практичного вживання цих індикаторів в техніці і побуті.

Кристал одиничного напівпровідникового знаковитезуючого індикатора з керованим кольором свічення має два р-п переходи. Один з них випромінює червоне світло, інший випромінює зелене світло. При включенні одного з р-п переходів діод випромінює червоне або зелене світло, а при включенні обох р-п переходів завдяки оптичній прозорості фосфіду галію можна отримати жовтий або помаранчевий колір свічення залежно від співвідношення струмів через р-п переходи.

Одиничні напівпровідникові знаковитезуючі індикатори володіють досить високою швидкістю, проте для пристроїв відображення, в яких вони зазвичай використовуються, часові параметри не являються критичними.

Багатоселементні напівпровідникові знаковитезуючі індикатори призначені для представлення інформації у вигляді знаків і організованих в один

або декілька розрядів. В даний час випускається декілька сотень типів багатоеlementних напівпровідникових індикаторів, у тому числі знакові, модулі шкали, модулі екрану. Вони розрізняються числом, розмірами і конфігурацією світловилучаючих елементів, кольором свічення, конструктивними рішеннями.

По числу елементів і їх взаємному розташуванню в межах поля одного розряду розрізняють чотири типи знакових індикаторів: семисегментний, дев'яти сегментний, 35-сегментний напівпровідникові знаковосинтезуючі індикатори, п'яти сегментний різних виглядів (рис. 10.3).



Рисунок 10.3 – Типи знакових індикаторів

На робочому полі може одночасно відображатися одне знакомісце (однорозрядний індикатор) або декілька знакомісць (багаторозрядний).

Семисегментні світлодіодні індикатори призначені для відображення інформації у вигляді цифр і включають в свій склад вісім світлодіодів, сім з яких мають форму сегментів, а один, восьмий - крапка (рис. 10.4).

Семисегментні індикатори випускаються двох видів – з об'єднаним анодом або з об'єднаним катодом, для зменшення числа контактних виводів індикатора.

Для активації 5, 7 або 9 -сегментного індикатора при структурі із загальним анодом досить на об'єднаний анод всіх діодів подати позитивну напругу (близько 2 В). На катоди потрібних діодів подається потенціал землі. Вибрані діоди запалюються за рахунок прямого струму, який протікає скрізь них.

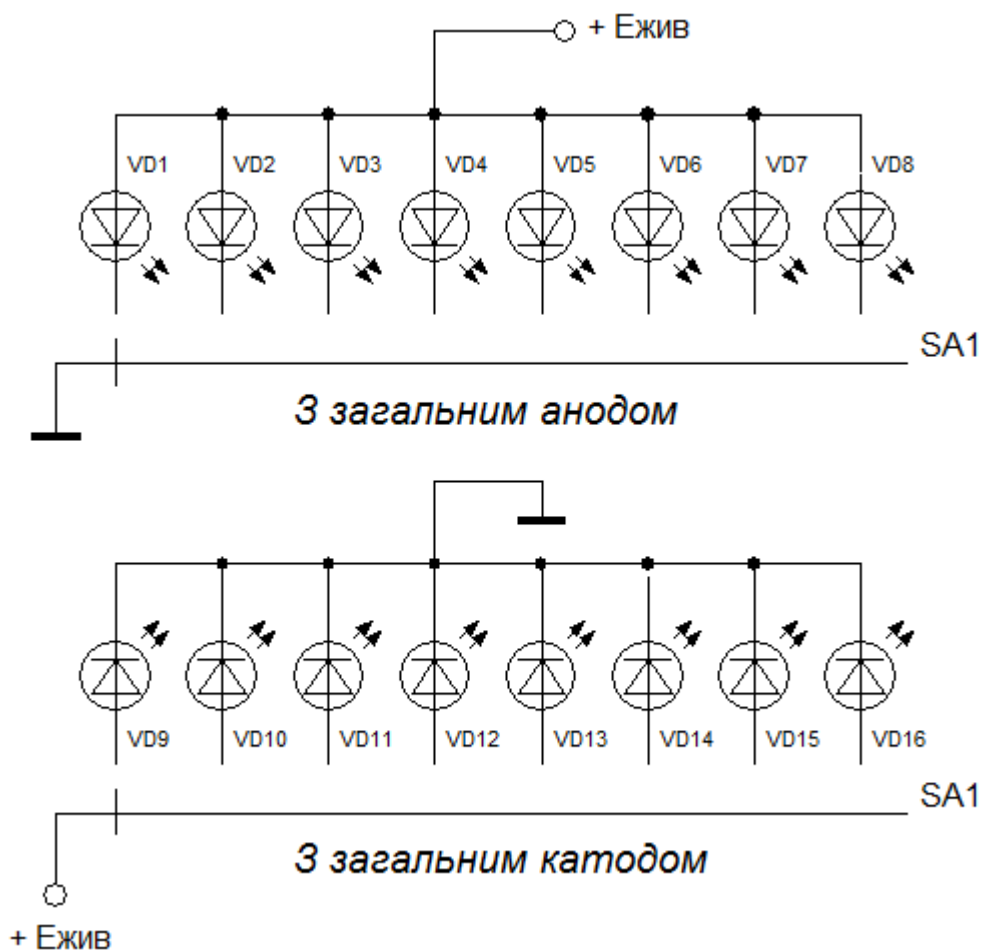


Рисунок 10.4 – Семисегментний світлодіодний індикатор

Катоди невживаних діодів можна підключити до позитивної напруги або залишити непідключеними.

Для структури із загальним катодом на об'єднаний катод подається потенціал землі. На аноди потрібних діодів подається позитивна напруга.

Стилізоване зображення цифр (та деякого набору літер) складають із семи лінійних сегментів, розташованих у вигляді цифри вісім (рис. 10.5). Сегменти індикатора живляться прямою напругою, яку створює перетворювач кодів.

Дев'ятисегментний індикатор дозволяє поліпшити форму цифр і навіть літер за рахунок правильнішого зображення знаків (рис. 10.6)

У 35-сегментному напівпровідниковому знаковосинтезуючому індикаторі світловилучаючі діоди, виконані у вигляді точкових випромінювачів, зібраних у формі матриці 5×7 точок.

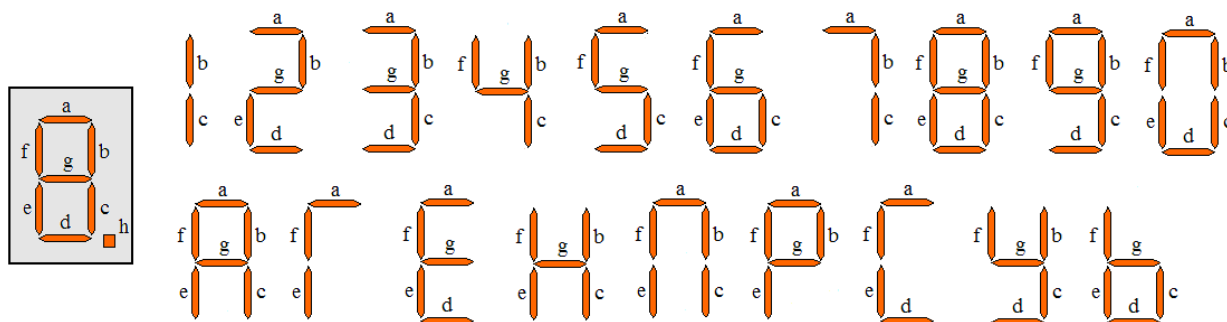


Рисунок 10.5 – Зображення знаків на семисегментному індикаторі



Рисунок 10.6 – Індикація цифр на дев'ятисегментному індикаторі

Важко безпосередньо на вихід індикатора підключити виводи 35 анодів і катодів. Прямий вивід значно збільшує габарити індикатора і знакомісця. Тому такі індикатори організовані за матричною схемою. Світлодіоди включені на пересіченні рядків і стовпців матриці (рис. 10.7).

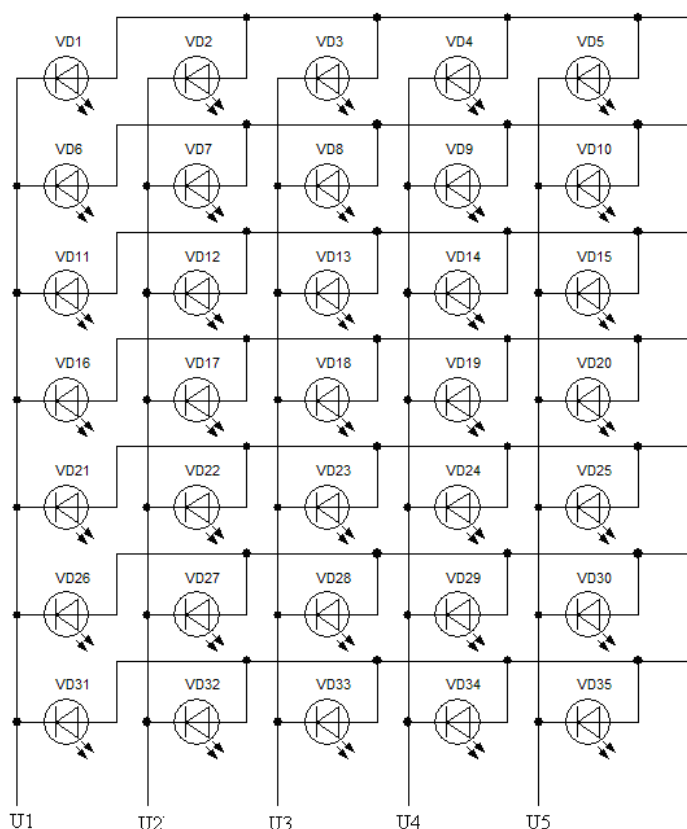


Рисунок 10.7 - Матрична схема організації індикаторів

Для активізації діода (запалення точки) на вхід анодів в потрібному рядку подається позитивна напруга, а стовпець, до якого підключений катод потрібного діода, має бути заземлений. При протіканні прямого струму свічується точка. При цьому можна активізувати потрібні діоди всього стовпця. Для синтезу знаку необхідний послідовний перебір всіх стовпців знакової матриці. Діаграма сигналів на виводах стовпців має вигляд представлений на рисунку 10.8.

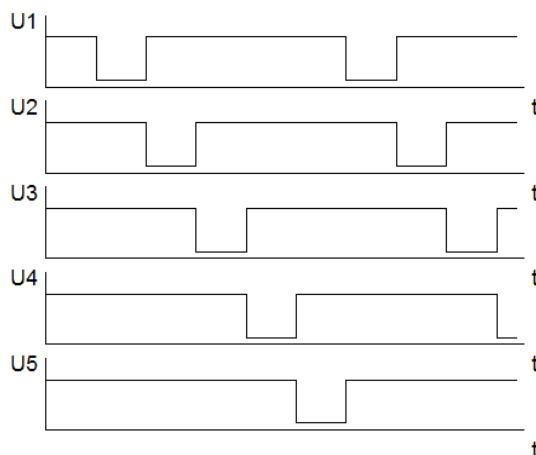


Рисунок 10.8 - Діаграма сигналів на виводах стовпців

При подачі напруги на певні точки матриці отримується зображення цифр, літер або графічних символів (рис. 10.9).

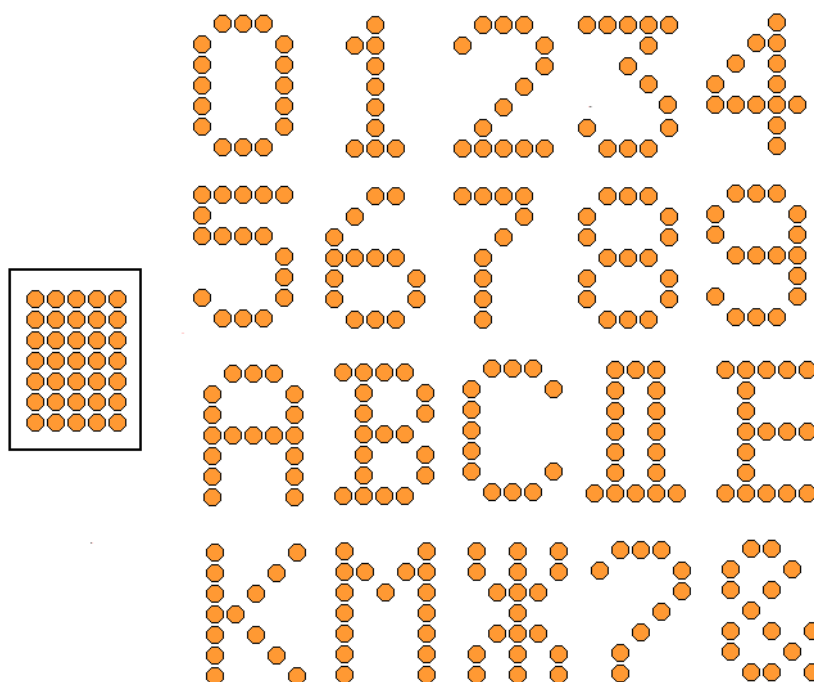


Рисунок 10.9 - Зображення цифр, літер і графічних символів

Окрім відображення цифр, літер і спеціальних знаків, напівпровідникові індикатори використовуються в пристроях індикації включення готовності до роботи, наявності напруги в блоці, нормальної працездатності вузла, аварійної ситуації, досягнення температурного порогу, виконання функціонального завдання і в інших пристроях, добре узгоджується по електричних параметрах з напівпровідниковими приладами і мікросхемами.

Для відображення необхідної інформації використовують перетворювачі кодів. Перетворювачі кодів можуть бути ваговими і не ваговими. Вагові ПК перетворюють інформацію з однієї системи числення в іншу. Основне призначення не вагових – перетворення інформації для її подальшого відображення. Інтегральні мікросхеми перетворювачів кодів випускаються лише для найбільш поширених операцій, серед яких:

- перетворювачі двійкового коду в код управління сегментними індикаторами;
- перетворювачі двійкового або двійково-десятькового коду в код управління шкальними або матричними індикаторами.

Перетворювач двійкового коду в код управління семисегментними світлодіодними індикаторами повинен мати чотири входи, оскільки для кодування десяткових цифр від 0 до 9 вистачає чотири двійкових розряди, і сім виходів, по одинці на кожен сегмент (рис. 10.10).

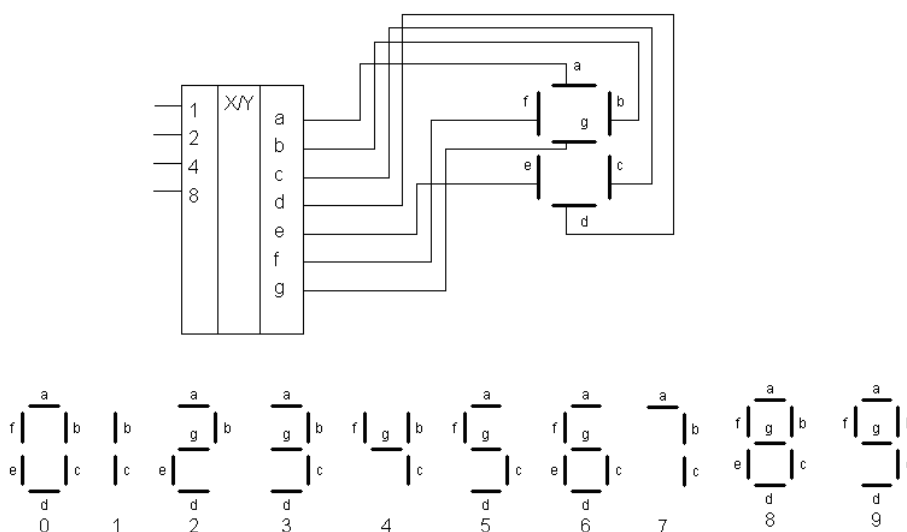


Рисунок 10.10 – Не ваговий перетворювач двійкового коду

З таблиці функціонування перетворювача коду (табл. 10.1) видно, що, наприклад, в цифрі 0 повинні світитися всі сегменти за винятком сегменту g, в цифрі 1 світяться лише два сегменти b і c і т. д. Вагові коефіцієнти двійкових розрядів дорівнюють $(8421)_2$. Нулі проставлені для тих цифр, в яких сегмент не світиться.

Таблиця 10.1 - Таблиця функціонування перетворювача двійкового коду в код управління семисегментними світлодіодними індикаторами

| DEC цифра | Входи | | | | Виходи | | | | | | |
|--------------|-------|---|---|---|--------|---|---|---|---|---|---|
| | A | B | C | D | a | b | c | d | e | f | g |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 3 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 5 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 6 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 7 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 9 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |

Мікросхема 7447PC являє собою перетворювач логічних сигналів з двійкового коду 8-4-2-1 в семисегментний (рис. 10.11). Мікросхема має виходи з відкритим колектором і підвищеною навантаженою здатністю. Призначення виводів представлено в таблиці 10.2. Схема знаходиться в працездатному стані, коли на виводі управління BI/RBO присутній високий рівень.

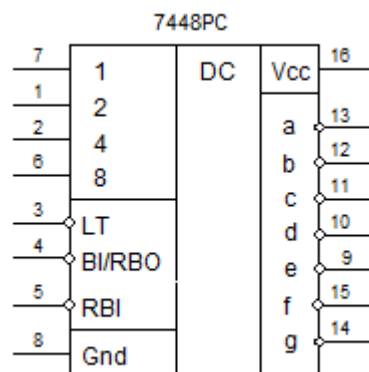


Рисунок 10.11 – Мікросхема 7447PC

Таблиця 10.2 – Призначення виводів мікросхеми 7447РС

| № вивода | Призначення |
|----------|---|
| 1 | Вхід з ваговим значенням розряду (2) |
| 2 | Вхід з ваговим значенням розряду (4) |
| 3 | Вхід контролю індикатора (LT) |
| 4 | Вихід сигналу схеми послідовного погашення (BI/RBO) |
| 5 | Вхід сигналу схеми послідовного погашення (RBI) |
| 6 | Вхід з ваговим значенням розряду (8) |
| 7 | Вхід з ваговим значенням розряду (1) |
| 8 | Загальний (Gnd) |
| 9 | Вихід сегменту (e) |
| 10 | Вихід сегменту (d) |
| 11 | Вихід сегменту (c) |
| 12 | Вихід сегменту (b) |
| 13 | Вихід сегменту (a) |
| 14 | Вихід сегменту (g) |
| 15 | Вихід сегменту (f) |
| 16 | Напруга живлення (+Vcc) |

Для перевірки робоздатності мікросхеми на вивід LT подається низький рівень сигналу. При цьому на усіх виходах з'являється логічний 0.

Схема електрична принципова перетворювача двійкового коду чисел в коди семисегментного індикатора на мікросхемі 7447РС являє собою перетворювач логічних сигналів з двійкового коду 8-4-2-1 в код семисегментного індикатора з загальним анодом (рис. 10.12).

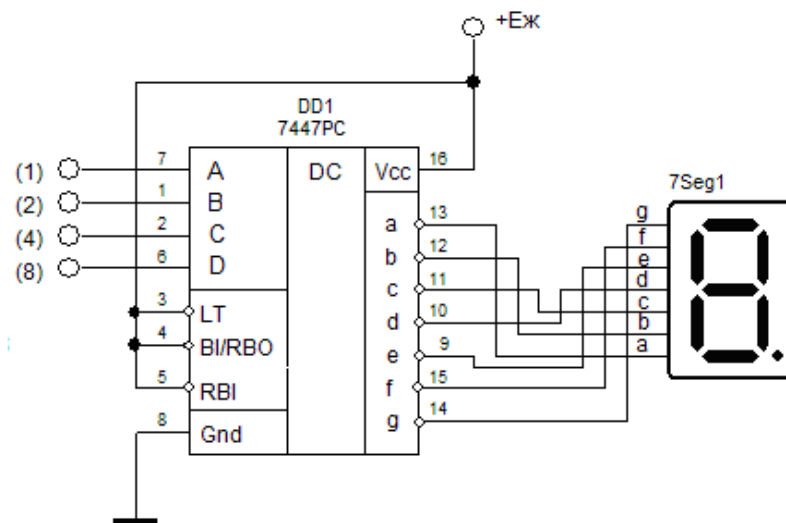


Рисунок 10.12 – Схема перетворення двійкового коду 8-4-2-1 в код семисегментного індикатора на мікросхемі 7447РС

10.4 Рідкокристалічні індикатори

Рідкими кристалами (РК) називають деякі органічні рідини, які складаються зі стрижньових молекул, які здатні розташовуватись паралельними ланцюжками, створюючи упорядковану кристалічну структуру.

Рідкий кристал, в якому немає електричного поля прозорий для світла. Якщо до рідкого кристалу підведене електричне поле напруженістю 2 ... 5 кВ/см, то в кристалі порушується упорядкована орієнтація молекул. Виникає ефект динамічного розсіювання, який супроводжується зниженням прозорості. Цей ефект і використовується для створення індикаторів.

Рідкі кристали називають також анізотропними рідинами, електричні і оптичні властивості яких залежать від напрямку їх спостереження. Щільність РК близька до щільності води і коефіцієнт відношення їх щільності трохи відрізняється від одиниці. Рідкі кристали: діамагнітний матеріал; виштовхуються з магнітного поля; відносяться до діелектриків; питомий опір складає $10^6 \dots 10^{10}$ Ом·см і залежить від наявності і концентрації провідних домішок. Теплопровідність РК в напрямі уздовж молекул відрізняється від теплопровідності в поперечному по відношенню до молекул напрямі.

Унаслідок анізотропії електричних і оптичних властивостей в РК спостерігаються різні електрооптичні ефекти.

Рідкокристалічні індикатори (РКІ) являються пасивними індикаторами, які перетворюють падаюче на них світло.

До переваг РКІ індикаторів слід віднести: малу споживану потужність; низьку робочу напругу і гарну сумісність з КМОН-мікросхемами; зручне конструктивне виконання - плоска форма екрану і обмежена товщина індикатора; можливість ефективної індикації в умовах сильного зовнішнього засвічення; велику довговічність.

Основні недоліки - порівняно низька швидкодія, обмежений кут огляду і необхідність зовнішнього освітлення.

На рисунку 10.13 наведена схема рідкокристалічного індикатора, який працює на віддзеркаленому світлі.

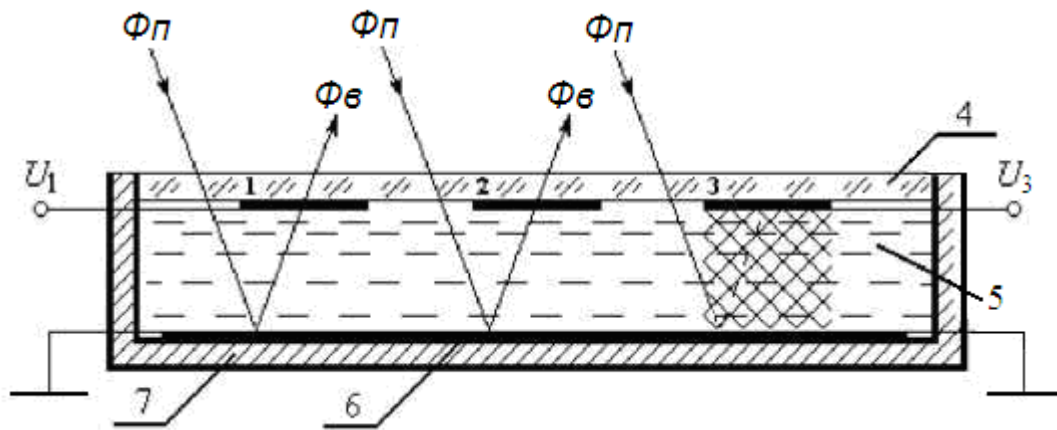


Рисунок 10.13 - Рідкокристалічний індикатор

1, 2, 3 ... - символічні прозорі електроди; 4 - прозоре вікно; 5 - рідкий кристал; 6 - дзеркальний електрод; 7 - резервуар; Фп - падаюче світло; Фв - віддзеркалене світло; U_1 , U_3 - напруги між символічними електродами відповідно 1, 3 та дзеркальним електродом 6. (Напруга електрода 2 не показана).

Символьні прозорі електроди мають необхідну конфігурацію (риска, цифра, буква). За індикатором розташовується джерело світла. Колір і яскравість індикатора визначаються кольором і яскравістю джерела світла.

При нульових напругах електродів $U_1 = 0$ та $U_3 = 0$ під електродами 1 та 3 молекули рідкого кристалу упорядковані, через що кристал прозорий і пропускає як падаюче Фп, так і віддзеркалене Фв світло. Символьні електроди не затемнюються і їх не видно.

Якщо до електроду, наприклад 3, підвести напругу $U_3 > 0$ порядку 15 ... 20 В, то між електродом 3 і дзеркальним електродом 6 виникає електричне поле, яке порушує орієнтацію молекул, роблячи кристал непрозорим. Під електродом 3 кристал не пропускає ні падаюче світло Фп, ні віддзеркалене Фв, через що електрод 3 затемнений і видний у чорному кольорі.

Найбільшого розповсюдження набули 7-сегментні індикатори, які мають конфігурацію показану на рисунку 10.14.

Рідкокристалічний індикатор, який працює у віддзеркаленому світлі (рис. 10.13), не потребує енергії і тому є самим економічним з усіх інших. Недоліком цього індикатора є те, що його не видно в темряві.

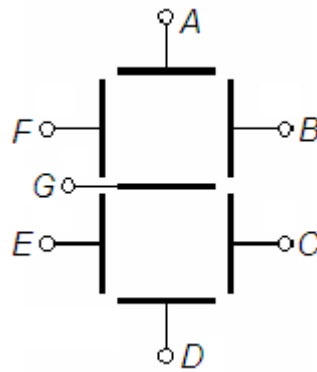


Рисунок 10.14 – Конфігурація РКІ 7-сегментного індикатора

Цього недоліку позбавлені РКІ, в яких замість дзеркального електроду використовується прозорий електрод з підсвічуванням знизу. В решті такий індикатор працює так само, як і розглянутий. Однак, він споживає значну енергію для підсвічування.

Способи управління індикаторними панелями (ІП) на основі РК матеріалів визначаються особливостями їх фізичних властивостей. Переважним виявляється збудження РКІ змінним струмом. В цьому випадку на електроди подаються імпульси напруги прямокутної форми (рис. 10.15 а) однакової полярності, але зрушені по фазі так, що управляюча напруга являється біполярним сигналом, який не має постійної складової (рис. 10.15 б).

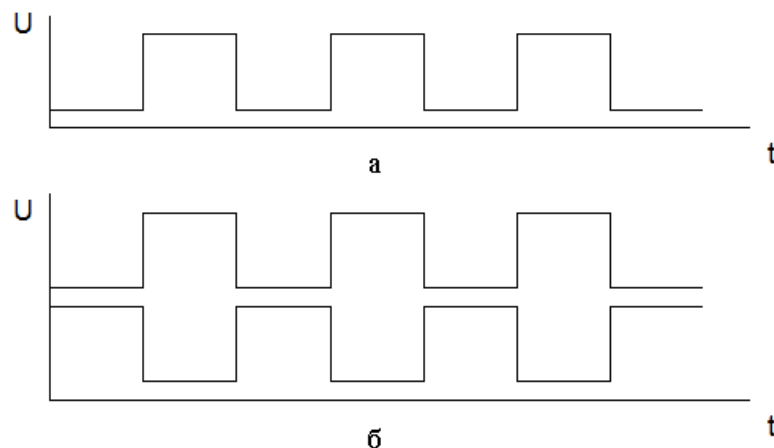


Рисунок 10.15 – Знакозмінна управляюча напруга РКІ: а – імпульси напруги прямокутної форми; б – напруги, зрушені по фазі

Принципова схема збудження РКІ змінним струмом (фазовим методом) приведена на рисунку 10.16.

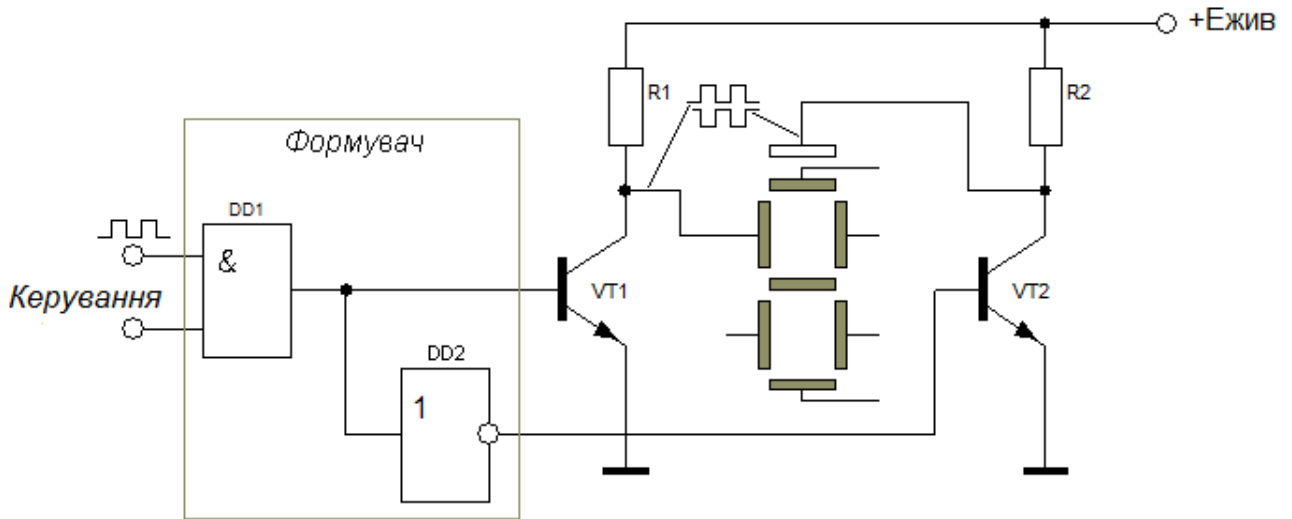


Рисунок 10.16 – Схема збудження РКІ фазовим методом

У схемі передбачається подача на входи транзисторів VT1, VT2 імпульсів напруги з частотою 15...20 Гц, зрушених по фазі відносно один одного на 180° . Залежно від рівня управляючого сигналу на сегмент з виходу формувача подається напруга різних фаз. Сегмент не збуджується при збігу фаз на електродах РКІ, збудження відбувається при різних фазах.

Управління багаторозрядними РКІ може здійснюватися в статичному або динамічному режимі.

Структурна схема управління індикатором в статичному режимі показана на рисунку 10.17.

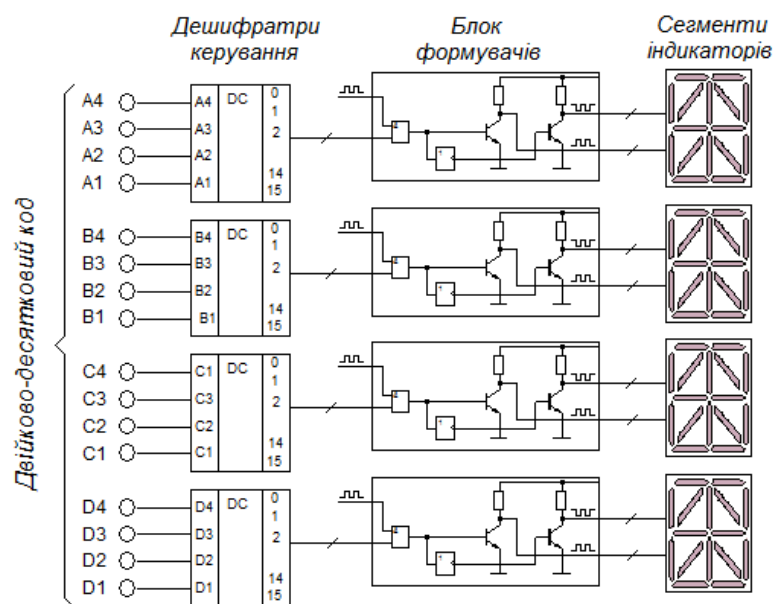


Рисунок 10.17 – Структурна схема з блоком статичної індикації

Кожен сегмент індикатора підключений до блоку формувачів. Кожна кодова комбінація двійково-десятькового коду перетворюється в код індикатора дешифраторами управління, з виходів яких інформація в коді індикатора через ключі блоку формувачів використовується для комутації живлення сегментів індикатора.

Для цього пристрою управління характерне повне використання контрасту сегменту, оскільки час збудження свічення дорівнює тривалості циклу індикації. Недолік схеми - необхідність мати для кожного знакомісця свій дешифратор і формувач для кожного сегменту. Число внутрішньосхемних з'єднань велике, воно дорівнює множенню числа виходів на один цифровий розряд, на число цифрових розрядів.

10.5 Принцип динамічної індикації

Принцип динамічної індикації полягає у почерговому циклічному підключенні кожного індикатора до джерела інформації через загальне коло.

Для відображенні цифрових даних часто одного індикатора є недостатньо. В таких випадках до мікроконтролера підключають декілька індикаторів одночасно. Якщо кількість виводів недостатня для підключення всіх індикаторів, використовують режим динамічної індикації, який полягає в тому, що сигнали управління всіх індикаторів підключаються паралельно до одного з портів мікроконтролера, і з допомогою спільних анодів (або катодів) здійснюється вибір активного індикатора (індикатора на який виводяться дані). Отже при динамічній індикації розряди індикатора працюють не одночасно, а по черзі. Перемикання активних індикаторів проводиться з такою частотою, щоби візуально його не було видно, тобто частота опитування всіх розрядів індикатора повинна бути більшою ніж 50 Гц. Приклад схеми підключення індикаторів в динамічному режимі до мікроконтролера представлено на рисунку 10.18.

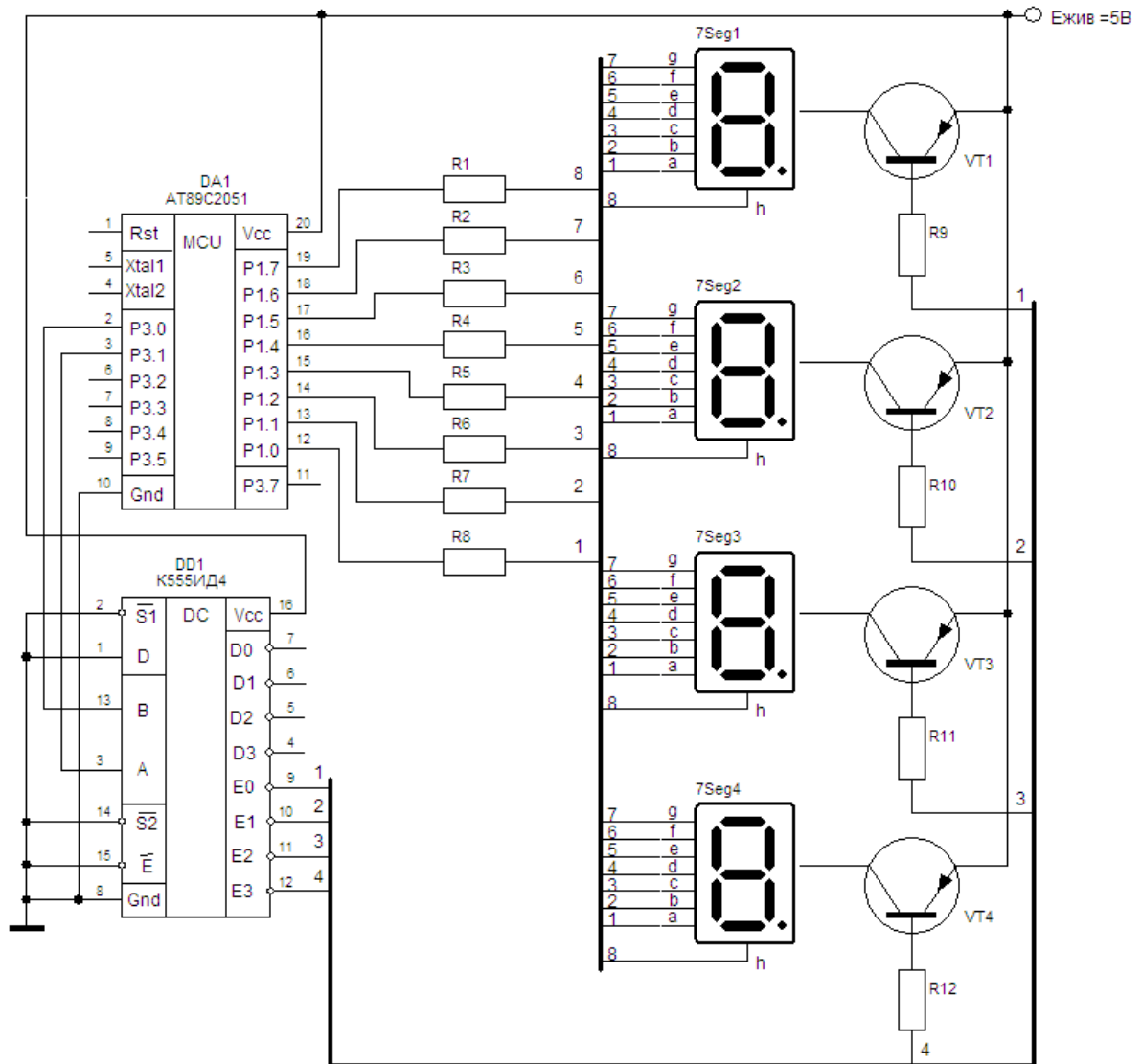


Рисунок 10.18 – Схема підключення індикаторів в динамічному режимі

Блок динамічної індикації на рисунку 10.19 містить n-канальний мультиплексор МХ, який виконаний по схемі $n \times 4$ лінії в 1, дешифратор двійково-десятькового коду в код семисегментного індикатора DC1, блок управління на n-станів, який містить двійковий лічильник СТ і дешифратор DC2.

Лічильник працює в режимі безперервного підрахунку імпульсів. Кожний стан лічильника забезпечує підготовку відповідного індикатора до вилучення інформації від дешифратора DC2 і передачу скрізь мультиплексор МХ на дешифратор DC1 інформації від відповідного джерела.

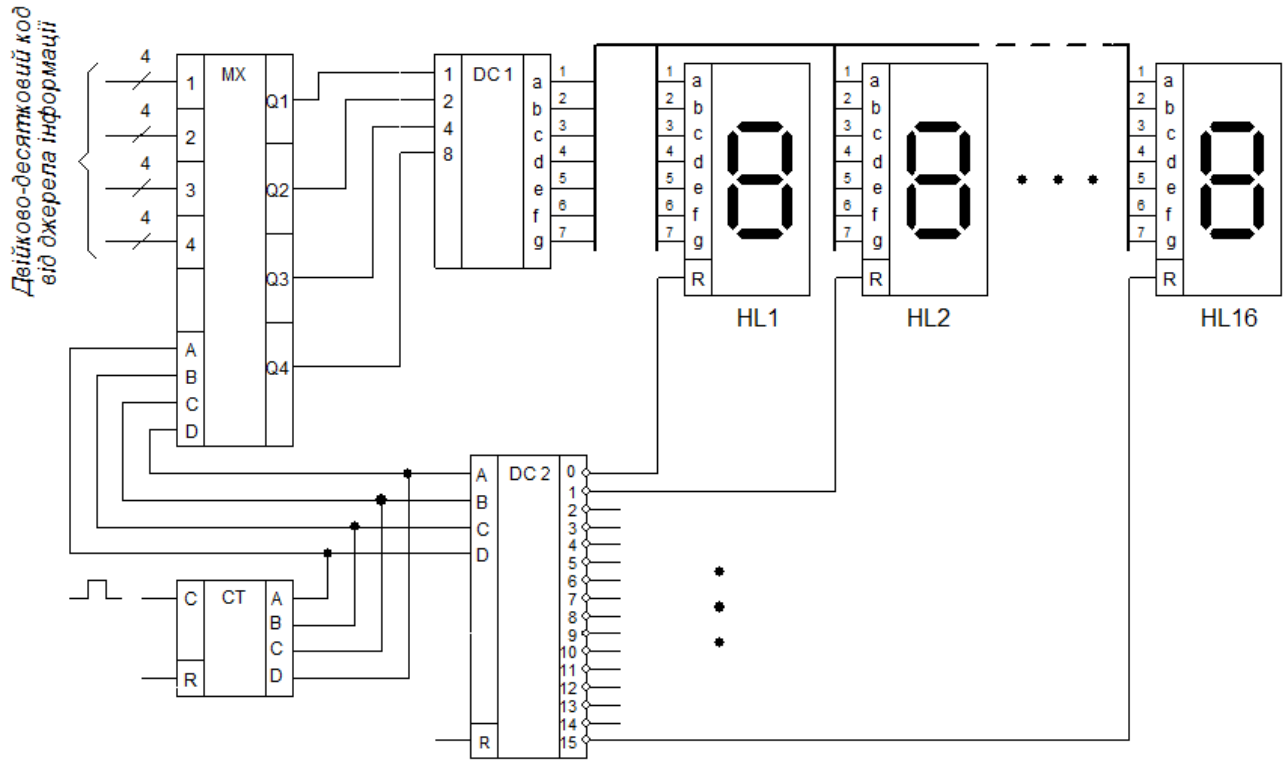


Рисунок 10.18 – Структурна схема блоку динамічної індикації