

Лекція 30

“ЦИФРОВІ ОПТИЧНІ ІНДИКАТОРИ”

Мета лекції: вивчення основ побудови цифрових оптичних індикаторів, їх схем включення, переваг та недоліків.

План лекції:

1. Двійкові індикатори на світлодіодах.
2. Цифрові індикатори. Принцип побудови.
 - 2.1 Вакуумні люмінісцентні індикатори.
 - 2.2 Вакуумні електролюмінісцентні індикатори.
 - 2.3 Вакуумні розжарені індикатори.
 - 2.4 Газорозрядні індикатори.
 - 2.5 Рідиннокристалічні індикатори.
3. Декадні індикатори та їх управління.
 - 3.1 Семисегментні індикатори та їх дешифратори.
 - 3.2 Схема статичної індикації.
 - 3.3 Мультиплексні індикатори (динамічна індикація)

Контрольно – навчальний тест до лекції 30

30.1 Двійкові індикатори на світлодіодах.

У напівпровідникових світлодіодах при протіканні через них прямого струму відбувається інжекція неосновних носіїв заряду в базову область діодної структури. Процес рекомбінації цих носіїв у базовій області і у р-n переході супроводжується переходом їх на більш низький енергетичний рівень із випромінюванням кванта світла. Ширина забороненої зони визначає кольори світіння індикатора (червоний, жовтий, зелений і жовтогарячий).

Для забезпечення гарної видимості при денному світлі необхідно, щоб струм, що протікає через світлодіод, мав величину $5 \div 20$ мА. Струм порядку 15 мА можна одержати за допомогою стандартного ТТЛ- елемента при високій напрузі на виході, якщо, як показано на рис. 30.1, світлодіод підключити безпосередньо на вихід. Звичайно, рівень напруги при цьому знижується й уже не придатний для подальшої обробки в логічних інтегральних схем (ІС). На рис. 30.2 показане керування світлодіодом при низькому рівні напруги на виході. У цьому режимі необхідно вводити резистор для встановлення необхідної величини струму. Існують світлодіоди з вбудованими обмежувачами струму (наприклад, типу RLC201 фірми Litronix).

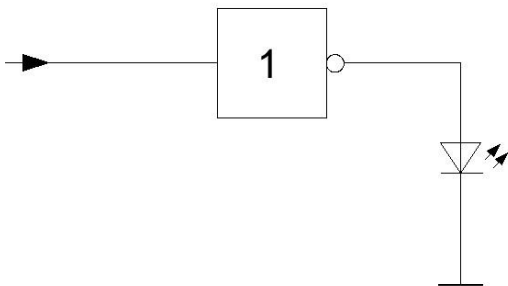


Рис. 30.1. Керування світлодіодом при високому рівні ТТЛ ІС.

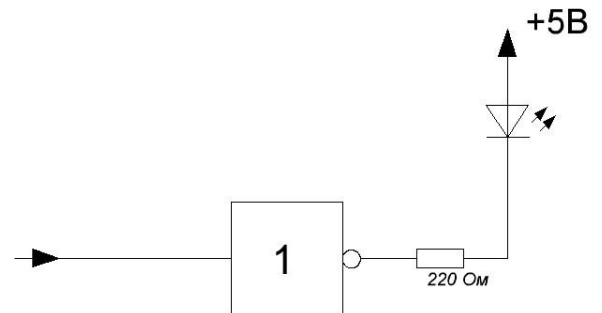


Рис. 30.2. Керування світлодіодом при низькому рівні ТТЛ ІС.

Інша можливість керування світлодіодом полягає в застосуванні спеціальних елементів керування з виходом. Модель DM 8859 фірми National містить шість формувачів, вихідні струми яких можуть регулюватися одночасно за допомогою додаткового виводу. Цим досягається можливість зміни струму діода, наприклад залежно від освітленості навколишнього середовища.

30.2 Цифрові індикатори. Принцип побудови.

30.2.1 Вакуумні люмінесцентні індикатори.(ВЛІ)

Конструктивно ВЛІ являють собою вакуумний тріод, що містить прямонакальний катод, сітку й кілька анодів, покритих люмінофором і розташованих в одній площині. Аноди можуть мати різну форму і розміри. При подачі напруги розжарення катод випускає електрони, які під дією полів сітки й анодів спрямовуються до анодів. Люмінофор анодів починає світитися синьо-зеленими кольорами при анодній напрузі $20 \div 30$ В. Щоб підвищити контрастність, доцільно накривати ВЛІ нейтральними світлофільтрами. Змінюючи світлофільтри, можна отримати світіння кольорів від синього до

червоного. Яскравість кольорів виявляється достатньою, якщо яскравість вихідного світіння становить не менш 1000 кд/м^2 .

Нитку розжарення ВЛІ живлять змінним струмом синусоїдальної або прямокутної форми, що надходить із обмотки трансформатора із середньою точкою, підключеної до загальної точки схеми (рис.30.3). Допускається живлення нитки розжарення й від джерела постійного струму.

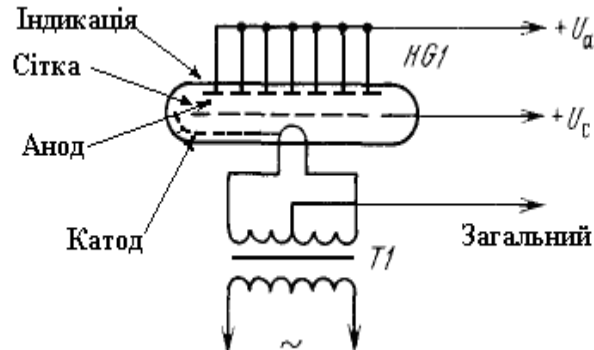


Рис. 30.3 Схема підключення ланцюгів розжарення ВЛІ

Анодні й сіткові кола частіше всього живляться від джерела імпульсної напруги. Щоб не було помітно блимання при різних кутах огляду, частота проходження імпульсів повинна бути не менше 40 Гц (найменша частота залежить і від кута огляду індикатора). Щільність q імпульсів визначають зі співвідношення

$$q \leq q_{\max} = \left(\frac{U_{an}}{30} \right)^{2,5}, \quad (30.1)$$

де U_a - амплітуда імпульсної напруги на аноді, В.

Як правило, на анод і сітку ВЛІ подають однакові напруги. Якщо анодна напруга буде більше сіткового, то підвищиться яскравість світіння ВЛІ, тому що прискорювальна напруга буде діяти на електрони не тільки на ділянці катод - сітка, але й на ділянці сітка - анод.

Індикатори цього типу мають високу яскравість і довговічність, невелику споживну потужність, добре з'єднуються з мікросхемами на МОН структурах.

30.2.2 Вакуумні електролюмінесцентні індикатори.

Принцип дії ґрунтується на тому, що аноди у вигляді металізованих сегментів, покриті люмінофором, світяться при попаданні на них потоку електронів.

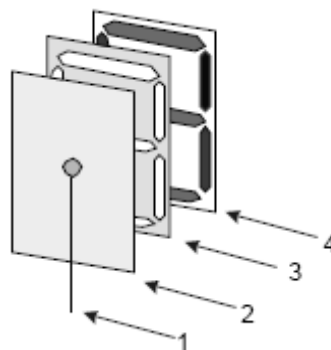


Рис. 30.4 Схема побудови вакуумного електролюмінесцентного індикатора.

До складу такого індикатора (рис. 30.4) входять:

- 1- катод для створення термоелектронної емісії;
- 2- прискорювальна сітка;
- 3- маска;
- 4- аноди.

Катод створює електронний потік, що прискорюється сіткою і через маску попадає на ті аноди, до яких підведена напруга й викликає світіння люмінофора. Маска являє собою металеву фольгу із прорізами по конфігурації анодів і призначена для більш чіткої конфігурації цифр.

Переваги: найбільша яскравість світіння із всіх типів індикаторів, порівняно низькі напруги живлення.

Недоліки: великий струм споживання.

30.2.3 Вакуумні розжарені індикатори.

Вакуумні розжарені індикатори називають електровакуумні прилади в середині яких на ізолюваній основі підвішені декілька самостійно керованих ниток накалювання з товщиною спіралі близько 60 мкм. Їх виготовляють зі спеціального вольфрамового сплаву. Один вивід від всіх ниток розжарювання робиться загальним, а інший використовується при комутації, здійснюваної через спеціальну схему керування. Температурний режим експлуатації вакуумних розжарюваних індикаторів не перевищує $+1250^{\circ}\text{C}$.

Зображення цифри або літери складається (синтезується) з відрізків прямих ниток накалювання; тому від числа сегментів в індикаторі залежить алфавіт відображуваних знаків. Для забезпечення однакової яскравості перетину сегменти повинні мати рівну довжину.

Знакові розжарювані індикатори мають такі переваги: висококонтрасне, вільне від перешкод зображення цифр і знаків зі змінюваною у широких межах яскравістю; невелика робоча напруга розжарення (близько 3,15-7В); широкий кут огляду не менше 120° ; більша довговічність.

Недоліки: великий струм споживання, виділення тепла при роботі, виникають відблиски від круглого скляного балона.

30.2.4 Газорозрядні індикатори.

Газорозрядні індикатори (ГРІ) застосовуються дуже широко через такі переваги, як висока яскравість, мала споживана потужність, висока швидкодія. Але значні робочі напруги не дозволяють ГРІ безпосередньо під'єднувати до цифрових мікросхем ТТЛ.

Промисловість випускає ГРІ різних конструкцій: однорозрядні буквенно-цифрові, багаторозрядні цифрові, цифро-аналогові, шкальні і матричні. Широко поширені також індикаторні тиратрони.

У газорозрядних індикаторах використовується випромінювання газового розряду. У якості наповнювача газорозрядного проміжку використовуються або чисті інертні гази, або їхні суміші. Розрізняють основні види газового розряду: темний, тліючий, дуговий. Усі газорозрядні індикатори працюють в режимі тліючого розряду з холодним катодом.

У скляному балоні приладу, заповненому сумішшю інертних газів (99% Na, 0,5% Ar і 0,5% He) при тиску, приблизно рівному 6000 Па, розташовані на різних рівнях кілька плоских катодів, виконаних у формі цифр чи відповідних знаків з тонкого ніхромового дроту. Для цифрових індикаторів катоди мають форму десяти арабських цифр (від 0 до 9) (рис. 30.5).

Анод приладу складається з двох розташованих на різних рівнях і електрично з'єднаних між собою тонких дротяних сіток. Один з анодів розташований над катодами, а інший – між катодами, розбитими на дві групи. Катоди розташовуються стійкою, у глибину один за іншим. При подаванні робочої напруги на анод і один з індикаторних катодів між ними виникає розряд. Вид світіння тліючого розряду має форму катода.

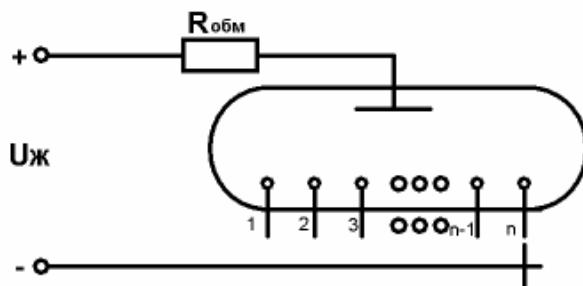


Рис. 30.5– Типова схема включення газорозрядного індикатора.

Для обмеження струму розряду і стабілізації його величини послідовно з розрядним проміжком включають резистор.

Практично всі ГРІ являють собою газорозрядні діоди. При збільшенні різниці потенціалів на діодному проміжку до 200...250 В струм через нього різко зростає, а газ починає світитися.

В однорозрядних ГРІ кожен катод являє собою певним чином задану геометричну деталь (цифри, літери). Крім цифр і літер катоди можуть мати форму знаків «+», «-» і т.д. У багаторозрядних і матричних ГРІ електродна частина утворюється двома металевими решітками. Катодні сегменти в багаторозрядних індикаторах розташовуються групами, утворюючи знакомісця, напроти кожного знакомісця знаходиться анод. Цифрові ГРІ через ключі на транзисторах типу п-р-п можна приєднати до дешифратора.

30.2.5 Рідиннокристалічні індикатори.

Рідкими кристалами називають матеріал у вигляді довгих ланцюгів з дуже високою рухливістю. У звичайному стані рідинно кристалічна речовина має упорядковану структуру і певне відбиття сонячних променів. При подачі напруги ця речовина деформується через іони, які виникають, відповідно змінюється і відбиття променів.

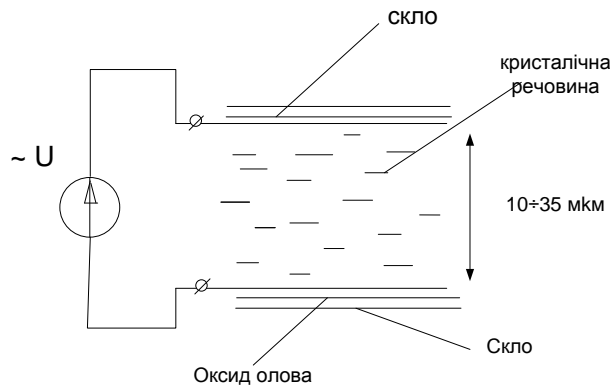


Рис. 30.2.5 Внутрішня будова рідинно – кристалічного індикатора.

Напруга живлення таких індикаторів $E_{жк} = 4 \div 30$ В. Частота генераторів які використовуються, $f = 2 \div 200$ Гц. Для недопущення руйнації із-за гальванічного ефекту кристалу застосовують імпульсне знакозмінне живлення. Час зміни стану такого індикатора $50 \div 200$ мс. Струм живлення складає $5 \div 500$ мкА. Термін служби $20 \div 30$ тис. год. Температурний діапазон $0 \div +50$ °С.

Переваги: економічність, мала напруга живлення, над малий струм споживання.

Недолік: погана спостережливість, відповідно до цього є два типи індикаторів на просвічення і відбиття.

30.3 Декадні індикатори та їх управління.

30.3.1 Семисегментні індикатори та їх дешифратори.

Для виводу чисел необхідні декадні індикатори. Щоб реалізувати цю можливість, необхідно, виходячи із двійково-десятькової форми подання чисел, записати кожен десяткову цифру в коді «1 з 10». Для цього необхідно запалювати один з 10 розташованих один за одним катодів у газорозрядній трубці, причому катоди вигинаються у формі десяткових цифр. Недоліком цього способу є необхідність високої напруги живлення (~ 200 В).

Доцільніше так розташувати світлодіод и на площині щоб з них можна було утворювати всі десяткові цифри. Найбільше поширені 7-сегментні індикатори. При цьому застосовують сім балкових сегментів від *a* до *g*, які розташовані так, як показано на рис.30.7

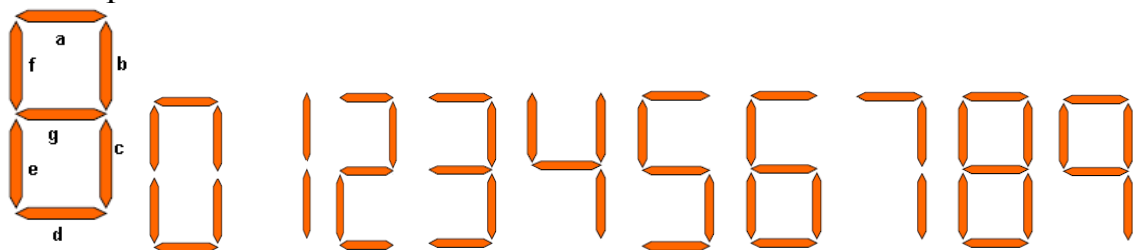


Рис.30.7 7-сегментний індикатор.

Якщо світяться всі сегменти, виходить цифра 8. Якщо світяться сегменти *b* і *c*, то утвориться одиниця. Інші цифри також представлені на рис.30.7. Закон функціонування 7-сегментного дешифратора ілюструється таблицею 30.1 істинності. Читаючи таблицю з ліва на право, можна, визначити, які сегменти

повинні світитися для різних десяткових цифр. Відповідно до рис.30.7 для цифри 5, наприклад, це сегменти a,c,d,f й g.

Таблиця 30.1 Перетворення двійково – десятинного коду в семисегментний.

Зображення десятькового числа	Двійково - десят ковий код (вхід)				7-сегментний код (вихід)						
	2^3	2^2	2^1	2^0	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

7-сегментні дешифратори випускаються у вигляді інтегральних схем. Модель SN 74247 має виходи з вільним колектором. Вона підходить для керування індикаторним блоком із загальним анодом рис.30.8 Щоб забезпечити бажані струми діодів, необхідно сім зовнішніх резисторів. Для деяких застосувань бажано керувати яскравістю індикатора за допомогою електронних схем. Найпростіша можливість здійснення такого керування полягає в періодичному включенні й вимиканні індикатора при змінюваній щільності імпульсів керування. Тому більшість 7-сегментних дешифраторів мають вхід бланкування, за допомогою якого всі вихідні транзистори закриваються.

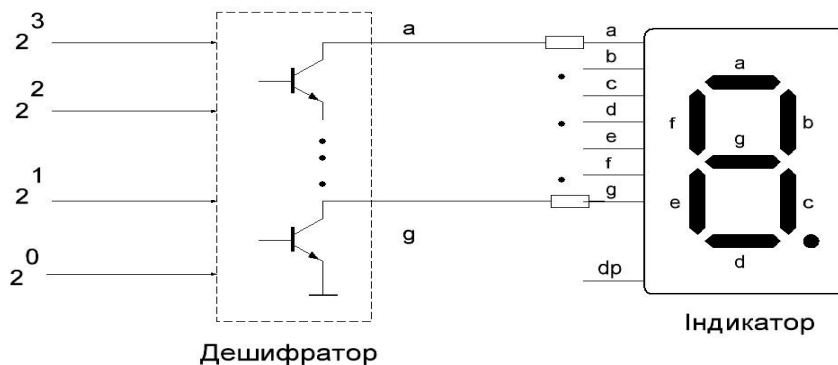


Рис.30.8 З'єднання дешифратора з 7- сегментним індикатором із загальним анодом.

7-сегментні дешифратори випускаються разом із блоком індикації у вигляді інтегральних схем. При цьому, як правило, у них вбудовується буферна пам'ять для зберігання вхідних змінних (наприклад, TIL Texas Instruments). Вхідні дані записуються, якщо на стробуючий вхід подано низький рівень сигналу. Подавши на нього високий рівень, забезпечують їхнє зберігання.

30.3.2 Схеми статичної індикації.

На рис. 30.9 зображена схема статичної індикації результату вимірювання тривалості імпульсу T_y , що надходить із автомата управління АУ.

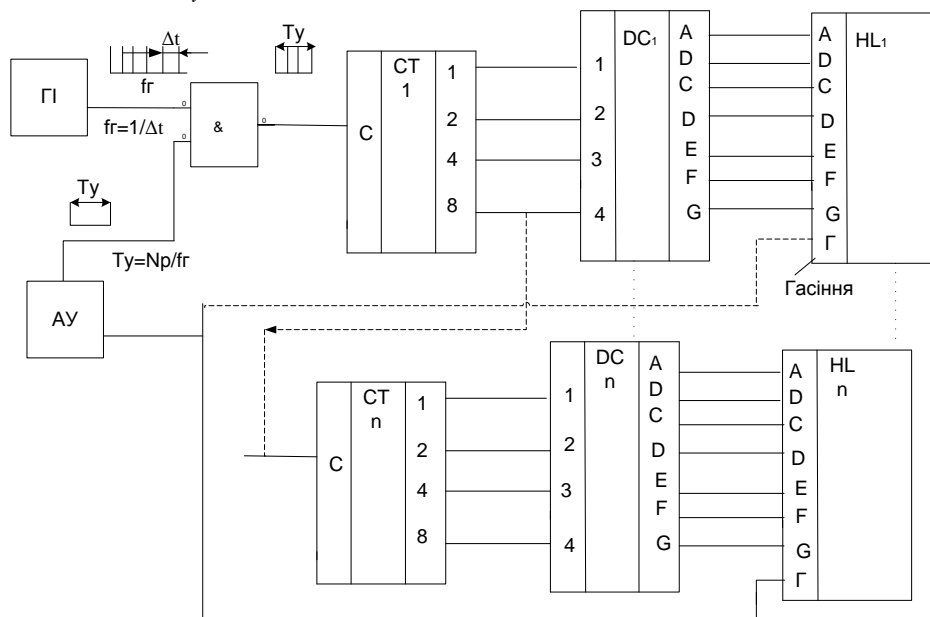


Рис 30.9 Схеми статичної індикації.

Принцип дії наведеної схеми статичної індикації полягає в тому, що генератор імпульсів (ГІ) генерує імпульси з частотою $f_r = \frac{1}{\Delta t}$, які надходять на логічний елемент ("Г"), кількість імпульсів що проходять далі визначається часом $T_y = \frac{N_p}{f_r}$.

Імпульси підраховуються лічильником імпульсів ($CT_1 \div CT_n$) та перетворюються в двійковий код що надходить на дешифратори ($DC_1 \div DC_n$). Кожний дешифратор формує 7-розрядний код відповідно до табл.30.1, який керує 7-сегментним індикатором на якому утворюється зображення.

30.3 Мультиплексні індикатори(динамічна індикація)

Багаторозрядні індикатори, що працюють за вищеповисаним способом, мають той недолік, що для кожного десяткового індикатора необхідно мати свій дешифратор і дуже складні з'єднання. Тому такі індикатори примушують функціонувати, послідовно, а не паралельно. Використовуючи матричне об'єднання окремих сегментів і мультиплексний режим, можна істотно скоротити число з'єднувальних проводів.

Багаторозрядні 7-сегментні індикатори.

Щоб побудувати паралельний 8-розрядний 7-сегментний індикатор, у кожному розряді якого аноди сегментів включені паралельно, необхідна загальна анодна шина для підведення напруги живлення й 8 х 7 катодних шин, які управляються вісьма двійково-десятковими 7-сегментними дешифраторами. Таким чином, усього потрібно 57 з'єднувальних провідників.

При використанні мультиплексування, навпаки, сім виводів катодів a, b, ..., g окремих розрядів з'єднують паралельно.

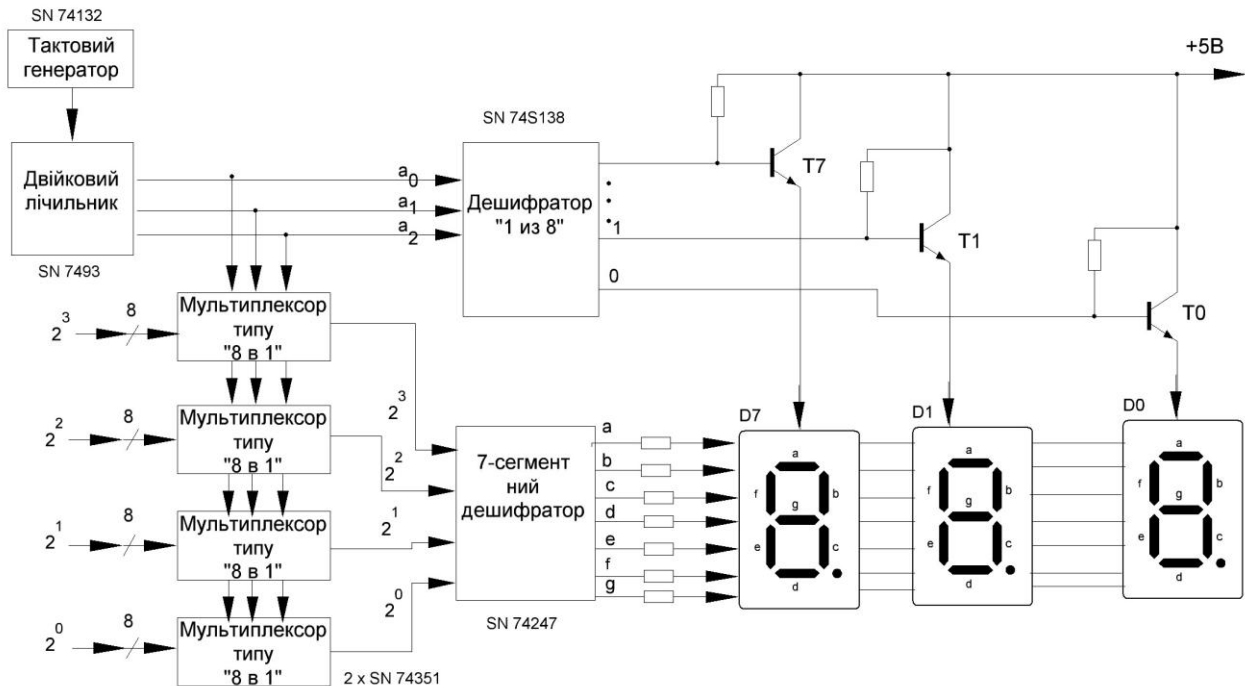


Рис.30.10. Приклад мультиплексного керування вісьма 7-сегментними індикаторами.

Щоб не всі індикатори світилися одночасно, при виборі першого розряду через вісім ключових елементів T7÷T0 в анодних колах напруга живлення +5В подається тільки на один з восьми розрядів. Ця матрична організація ілюструється рис.30.10. Як видно, при такому способі необхідні лише $8 + 7 = 15$ з'єднувальних провідників і один дешифратор.

Коли перемикання між вісьма розрядами відбувається досить швидко, у спостерігача створюється враження, що всі розряди світяться одночасно.

Циклічне перемикання створюється за допомогою тактового генератора, двійкового лічильника імпульсів, дешифратора типу «1 з 8». Двійкове число з виходу лічильника одночасно діє на чотири мультиплексора які під'єднують один із 8 вхідних двійково – десятичних чисел на вхід 7-сегментного дешифратора. У такий спосіб на дешифратор подається та двійково-десятькова комбінація, що відповідає шуканому розряду. Тому що кожен розряд включений тільки протягом одного з восьми періодів тактового сигналу, необхідно так вибрати резистор на виході дешифратора, щоб струми сегментів були у вісім разів більшими обраної середньої величини.

Матриця точок.

Коли крім десяткових цифр потрібно представляти повний алфавіт, поділу на сім сегментів недостатньо. Для такої *алфавітно-цифрової* індикації використовується як правило, матриця точок 5 x 7 (рис 30.11). Керування нею, як і багаторозрядним 7- сегментним індикатором, відбувається послідовно, наприклад построчно. Для цього за допомогою лічильника й дешифратора типу «1 з 8» анодна напруга подається послідовно на виводи рядків r_i ; для включення в рядку шуканого світлодіода відповідний вивід стовпця c_i через резистор під'єднується до нульової точки. Для показаної, як приклад, на рис.30.12 букви К у першому рядку повинні вибиратися стовпці c_1 і c_5 , у другий- c_1 і c_4 і т.д.

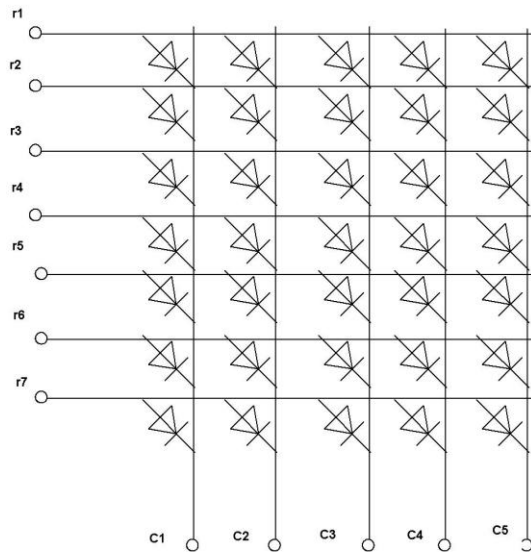


Рис 30.11. Побудова матриці точок 5 x 7 на світлодіодах.

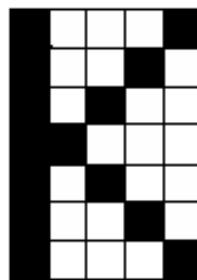


Рис. 30.12. Символічне подання матриці.

Ці коди стовпця найкраще формувати за допомогою пристрою постійної пам'яті (ППП), які виготовляються в якості *знакогенератора* й програмуються за допомогою маски (фотошаблону). ППП фірми Monolithic Memory, наприклад, містять коди для всіх 128ASCII¹⁾ символів. Візуально погано помітні спеціальні знаки замінюються іншими символами, наприклад відібраними буквами грецького алфавіту. Обрані номери рядків $i=1, \dots, 7$ кодуються у двійковій системі за допомогою адресних розрядів a_0, a_1, a_2 . Для прикладу нижче наведена частина таблиці істинності ППП для символу К у позитивній логіці. При цьому нуль відповідає низькому рівню сигналу й, отже, вибірці стовпця.

Схемотехнічна реалізація керування описаним знакогенератором представлена на рис.30.13. Для побудови багаторозрядних індикаторів можна, наприклад підключити паралельно відповідні рядки всіх розрядів і застосувати порозрядне керування стовпцями окремих знакогенераторів. Економічніше, однак, використати один загальний для всіх розрядів генератор у мультиплексном режимі й для кожного розряду код стовпця записувати у буферну пам'ять по рядках.

Частини таблиці істинності ППП знакогенератора для подання знака К

Номер рядка	ASCII-"К"							i			Код стовпця				
	a ₉	a ₈	a ₇	a ₆	a ₅	a ₄	a ₃	a ₂	a ₁	a ₁	c ₁	c ₂	c ₃	c ₄	c ₅
1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0
2	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1
3	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1
4	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1
5	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1
6	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1
7	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0

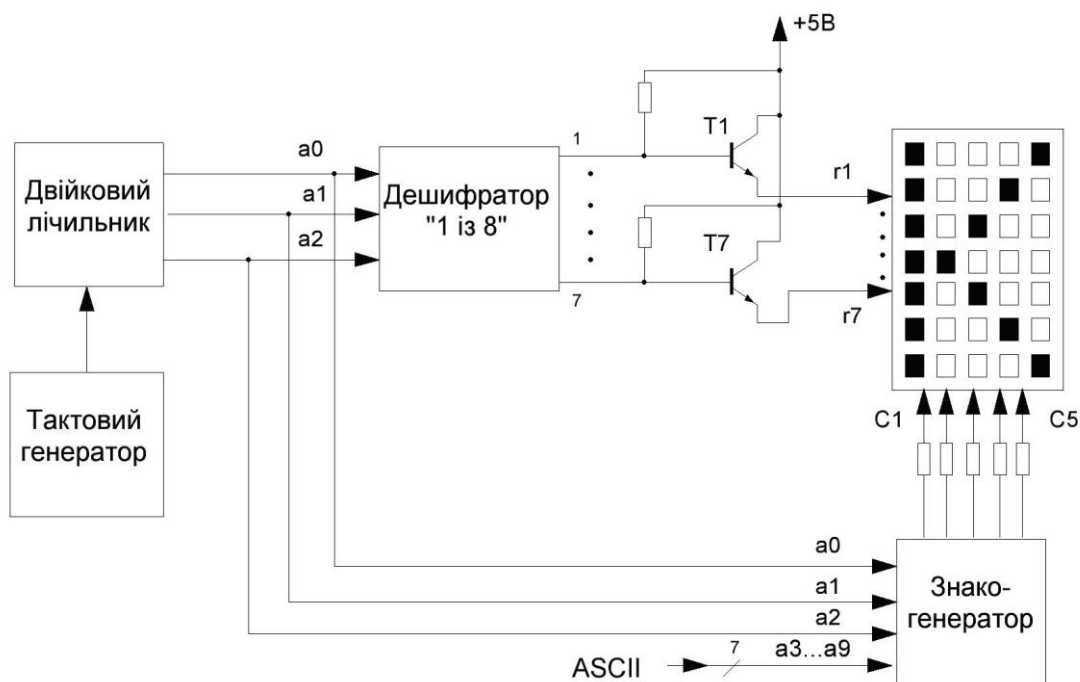


Рис.30.13. Схема для управління матрицею 5 x 7 точок.

Варто враховувати, що деякі ІС цього типу, наприклад 4- розрядний матричний індикатор HDSP-2000 фірми Hewlett-Packard, мають додаткову перевагу: вони містять вбудовану буферну пам'ять у вигляді регістра зсуву. Передача знакових кодів при цьому здійснюється по одній шині даних. Випускаються наступні знакогенератори: MCM 66700....66790 (фірма **Motorola**).

Контрольно – навчальний тест до лекції 30

Питання 30.1.

Який струм повинен протікати через світлодіод для забезпечення гарної видимості?

Вибір правильної відповіді:

- 1- $5 \div 20$ мА.
- 2- $1 \div 5$ мА.
- 3- $4 \div 20$ А.

Питання 30.2.

Що визначає кольори світіння індикатора на світлодіодах?

Вибір правильної відповіді:

- 1- величина струму.
- 2- ширина забороненої зони.
- 3- величина напруги.

Питання 30.3.

В якому випадку керування світлодіодом через ТТЛ, потрібно включення резистора для встановлення необхідної величини струму?

Вибір правильної відповіді:

- 1- при керуванні світлодіодом по високому рівні ТТЛ ІС.
- 2- при керуванні світлодіодом по низькому рівні ТТЛ ІС.

Питання 30.4.

Що являє собою вакуумно люмінесцентний індикатор (ВЛІ)?

Вибір правильної відповіді:

- 1- тріод.
- 2- пентод.
- 3- тетрод.

Питання 30.5.

Які складові входять до вакуумно електролюмінісцентного індикатора?

Вибір правильної відповіді:

- 1- вакуумний тріод.
- 2- катод, прискорювальна сітка, маска аноди.
- 3- 7- сегментний індикатор.

Питання 30.6.

Де відображається інформація в вакуумно люмінесцентному індикаторі (ВЛІ)?

Вибір правильної відповіді:

- 1- катод.
- 2- анод.
- 3- сітка.

Питання 30.7.

Як утворюється зображення в знакосинтезуючих вакуумно розжарювальних індикаторах?

Вибір правильної відповіді:

- 1- за допомогою сітки
- 2- з відрізків прямих ниток накалювання.
- 3- за допомогою газового розряду.

Питання 30.8.

Що використовується в якості відображення інформації в газорозрядних індикаторах (ГРІ)?

Вибір правильної відповіді:

- 1- катод.
- 2- анод виконаний в якості букв, цифр, знаків.
- 3- сітка.

Питання 30.9.

Яку форму світіння має тліючий розряд в ? газорозрядних індикаторах (ГРІ)

Вибір правильної відповіді:

- 1- Аноду.
- 2- Катоду.
3. Сітки.
4. Маски.

Питання 30.10.

Яка напруга живлення в рідиннокристалічних індикаторах?

Вибір правильної відповіді:

- 1- 4÷30В.
- 2- 30÷40В.
- 3- 5÷40мВ.

Питання 30.11.

Які сегменти повинні світитися в 7-сегментному індикаторі для відображення: «5»?

Вибір правильної відповіді:

1. afgecd.
2. afgcd.
3. abcd.

Питання 30.12.

Недоліки схеми статичної індикації?

Вибір правильної відповіді:

- 1- велика кількість декад лічильників імпульсів.
- 2- складна схема управління.
- 3- велика кількість дешифраторів

Питання 30.13.

В чому полягає принцип функціонування мультиплексного індикатора?

Вибір правильної відповіді:

- 1- почерговій подачі вхідних кодів мимо дешифраторів на певний індикатор..
- 2- почерговій подачі двійково - десятичних кодів (4 розряди) на вхід єдиного дешифратора і одночасній подачі напруги живлення відповідного індикатора.

Питання 30.14.

Як формується зображення в матричних індикаторах?

Вибір правильної відповіді:

- 1- загорання окремих сегментів.
- 2- поданням напруги на відповіді виводи рядків і стовпців.
- 3- за допомогою сітки.