

**Міністерство освіти і науки України**  
**Запорізький національний університет**  
**Інженерний навчально-науковий інститут ім Ю. М. Потебні**

**Кафедра: Електроніки, інформаційних систем та програмного**  
**забезпечення**

## **Лабораторна робота № 8**

з дисципліни Аналогова та оптосхемотехніка

**Дослідження схем включення**  
**світловипромінювальних діодів.**

Студента (ки)   2   курсу, групи \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Викладач \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Національна шкала \_\_\_\_\_

Кількість балів: \_\_\_\_\_ Оцінка: ECTS \_\_\_\_\_

Мета роботи – вивчення класифікації, основних параметрів і характеристик світлодіодів; дослідження схем включення світлодіодів у вихідних каскадах оптоелектронних схем.

### 8.1 Короткі теоретичні відомості

Світлодіод - це діод, який перетворює електричну енергію на енергію некогерентного світлового випромінювання. Світлодіоди працюють як у діапазоні видимого світла, так і в інфрачервоному та ультрафіолетовому діапазонах.

Частота випромінювання  $\nu$  кванта  $h\nu$  пов'язана з шириною забороненої зони  $\Delta W$  співвідношенням

$$\Delta W = h\nu, \quad (8.1)$$

де  $h$  - стала Планка.

Для випромінювання видимого світла ширина забороненої зони має становити  $1,8 \text{ eV} < \Delta W < 3,2 \text{ eV}$ . Такі властивості мають арсенід галія GaAs, фосфід галію GaP, карбід кремнію SiC та ін.

Умовне позначення та основні схеми включення світлодіода наведені на рисунку 8.1.

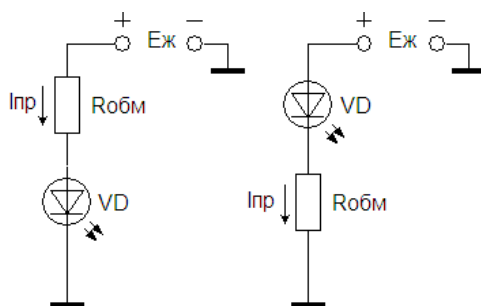


Рисунок 8.1 – Схеми включення світлодіода

Під прямим струмом  $I_{np}$  р-п перехід світлодіода збагачується електронами та дірками. При рекомбінації кожна пара “електрон-дірка” випромінює квант  $h\nu$ , тобто випромінює світло.

Резистор  $R_{обм}$  необхідний для регулювання яскравості світіння і зберігає світлодіод від перегорання. Чим менше опір  $R_{обм}$ , тим більший прямий струм  $I_{np}$ , і тим яскравіше світіння.

Світлодіоди використовують для світлової сигналізації та індикації станів цифрових пристроїв.

Схемотехніка включення світлодіодів повинна задовольняти таким основним вимогам:

- максимальна потужність випромінювання світлодіода;
- глибина модуляції світлового потоку 100%;
- максимальна частота перемикань до 1 ГГц.

На рисунку 8.2 зображені варіанти включення світлодіодів. Схеми передбачають використання не форсованих режимів вмикання світлодіодів за струмом.

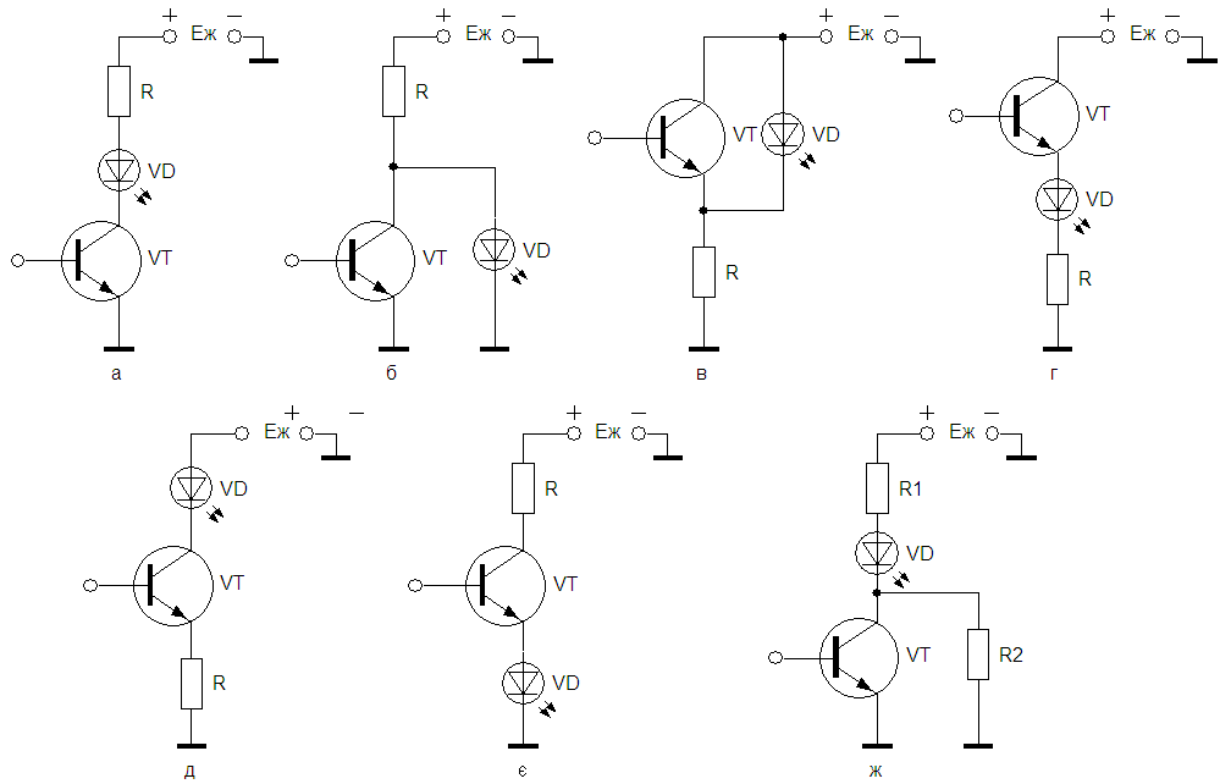


Рисунок 8.2 – Варіанти включення світлодіодів у вихідних каскадах оптоелектронних схем

Опір резистора  $R$  в схемах на рисунках 8.2 а,г,д,е вибирається відповідно до нерівності

$$R \geq \frac{E_{\text{жс}} - U_{\text{КЕ.Н}} - U_{\text{VD}}}{I_{\text{VD}}}, \quad (8.1)$$

де  $E_{\text{жс}}$  – напруга живлення;  $U_{\text{КЕ.Н}}$  – напруга між колектором та емітером насиченого транзистора;  $U_{\text{VD}}$  – прямий спад напруги на світлодіоді;  $I_{\text{VD}}$  – прямий струм через світлодіод.

В схемах на рисунках 8.2 б,в опір резистора  $R$  повинен задовольняти двом нерівностям:

$$\begin{cases} R \geq \frac{E_{\text{жс}} - U_{\text{VD}}}{I_{\text{VD}}} \\ R > \frac{E_{\text{жс}} - U_{\text{КЕ.Н}}}{I_{\text{К.Н}}} \end{cases}, \quad (8.2)$$

де  $I_{\text{К.Н}}$  – колекторний струм насиченого транзистора.

У схемі на рисунку 8.2 а існує зона нечутливості, яка призводить до затримки фронту. Цей недолік усувається резистором  $R_2$  в схемі на рисунку 8.2 ж, опір якого визначається, виходячи із заданого початкового струму світлодіода

$$I_{0\text{VD}} - R_2 = \frac{E - U_{0\text{VD}} - R_1 \cdot I_{0\text{VD}}}{I_{0\text{VD}}},$$

де  $U_{0\text{VD}}$  – напруга на світлодіоді при початковому струмі  $I_{0\text{VD}}$ .

Резистор  $R1$  вибирають з умови (8.1). У цьому випадку ємність випромінювального діода підзаряджається, отже, зменшується час вмикання схеми. Крім того, після закривання транзистора, ємність світлодіода розряджається не через закритий транзистор, як у схемі на рисунку 8.2 а, а через резистор  $R2$ , який має значно менший опір. У результаті істотно зменшується час розряду ємності діода.

При необхідності мати на виході прямий і інверсний світлові потоки використовується схема, зображена на рисунку 8.3.

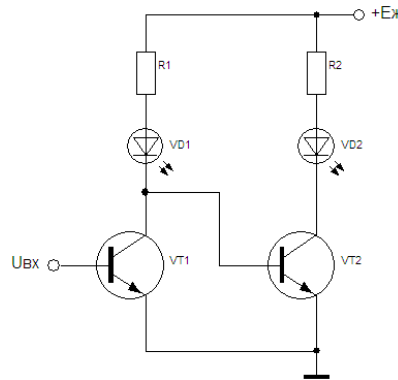


Рисунок 8.3 – Схема з прямим та інверсним оптичними виходами

При подачі на вхід схеми напруги високого рівня транзистор  $VT1$  відкривається. Струм через резистор  $R1$  збільшується, а потенціал колектора зменшується. Транзистор  $VT2$  закривається, струм через  $R2$  зменшується.

При виконанні умови

$$I_{VDnop} R1 + U_{VD1} = E - U_{KE},$$

де  $I_{VDnop} \leq I_{VD1}$  граничне значення струму світлодіода  $VD1$ , світлодіод  $VD1$  засвічується – збуджується прямий оптичний вихід. Світлодіод  $VD2$  не світиться.

Якщо на вхід схеми подана напруга близька до нуля, транзистор  $VT1$  закривається, струм через резистор  $R1$  зменшується. У результаті потенціал колектора підвищується, транзистор  $VT2$  відкривається. Внаслідок цього світлодіод  $VD1$  гаситься, а світлодіод  $VD2$  засвічується. Оптичний сигнал з'являється на інверсному оптичному виході.

Значення опорів резисторів визначаються із системи рівнянь

$$\begin{cases} R1 \geq \frac{E - U_{VD1} - U_{KE.H}}{I_{VD1}} \\ R2 \geq \frac{E - U_{VD2} - U_{KE.H}}{I_{VD2}} \end{cases},$$

де  $U_{VD1}$ ,  $U_{VD2}$  – напруги, при яких починає випромінювати відповідно перший та другий світлодіоди;  $U_{KE.H}$  – напруга насичення транзисторів;  $I_{VD1}$ ,  $I_{VD2}$  – струм відповідно першого і другого світлодіода.

## 8.2 Порядок виконання роботи

1. Зібрати схему для дослідження варіанта схеми включення світлодіода у колекторне коло транзистора (рис. 8.4). У запропонованій схемі застосувати транзистор 2N2222.

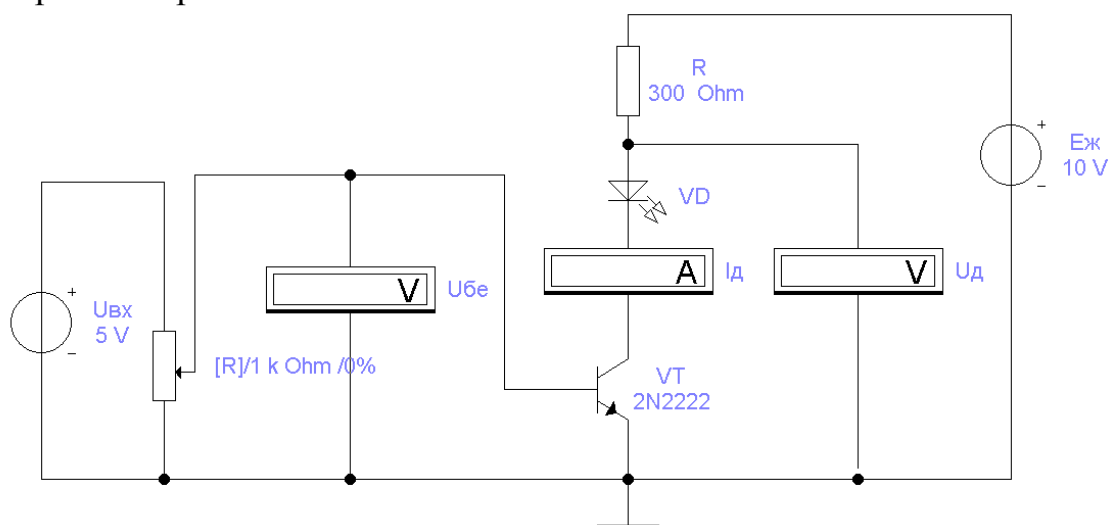


Рисунок 8.4 - Варіант схеми включення світлодіода у колекторне коло транзистора

2. Змінюючи вхідну напругу від 0 до 5 В зняти показання вимірювальних приладів і занести їх у таблицю.

|                     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |
|---------------------|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|
| U <sub>бе</sub> , В | 0 | 0,5 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 |
| I <sub>д</sub> , мА |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |
| U <sub>д</sub> , В  |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |

3. Побудувати графіки залежностей  $I_d = f(U_{бе})$  та  $U_d = f(U_{бе})$ .

4. Зробити аналітичні висновки.

5. Зібрати схему для дослідження варіанта схеми включення світлодіода у коло паралельно транзистору (рис. 8.5). У запропонованій схемі застосувати транзистор 2N2222.

6. Змінюючи вхідну напругу від 0 до 5 В зняти показання вимірювальних приладів і занести їх у таблицю.

|                     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |
|---------------------|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|
| U <sub>бе</sub> , В | 0 | 0,5 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 |
| I <sub>д</sub> , мА |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |
| U <sub>д</sub> , В  |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |   |

7. Побудувати графіки залежностей  $I_d = f(U_{бе})$  та  $U_d = f(U_{бе})$ .

8. Зробити аналітичні висновки.



7. Побудувати графіки залежностей  $I_{\partial 1} = f(U_{бе})$ ,  $U_{\partial 1} = f(U_{бе})$ ,  
 $I_{\partial 2} = f(U_{бе})$ ,  $U_{\partial 2} = f(U_{бе})$ .
8. Зробити аналітичні висновки.

### 8.3 Контрольні питання

1. Дати визначення і пояснити фізичні основи роботи світловипромінювальних діодів.
2. Дати визначення люмінесцентних матеріалів та назвати вимоги до них.
3. Пояснити поняття інжекції та рекомбінації носіїв електричного струму, тунельного струму.
4. Назвати основні параметри і характеристики СД.
5. Які оптоелектронні пристрої створені на основі СД?
7. Перелічити галузі застосування та назвати перспективи розвитку світлодіодної техніки.
8. Схеми включення світлодіодів.

### Література

1. Бойко В. І., Гуржій А. М., Жуйков В. Я. Основи схемотехніки електронних систем: підручник. Київ : Вища шк., 2004. 527 с.
2. Бойко В. І., Зорі А. А. Основи електронних систем : вступ до фаху. Донецьк : ДНТУ, 2002. 207 с.