

8.2. DISPOZITIVE FOTOEMIȚĂTOARE

8.2.1 DIODA LUMINISCENTĂ (LED)

LED (Light Emitting Diode) – este o diodă care are proprietatea de a emite lumină atunci când este polarizată direct.

Construcția LED-ului

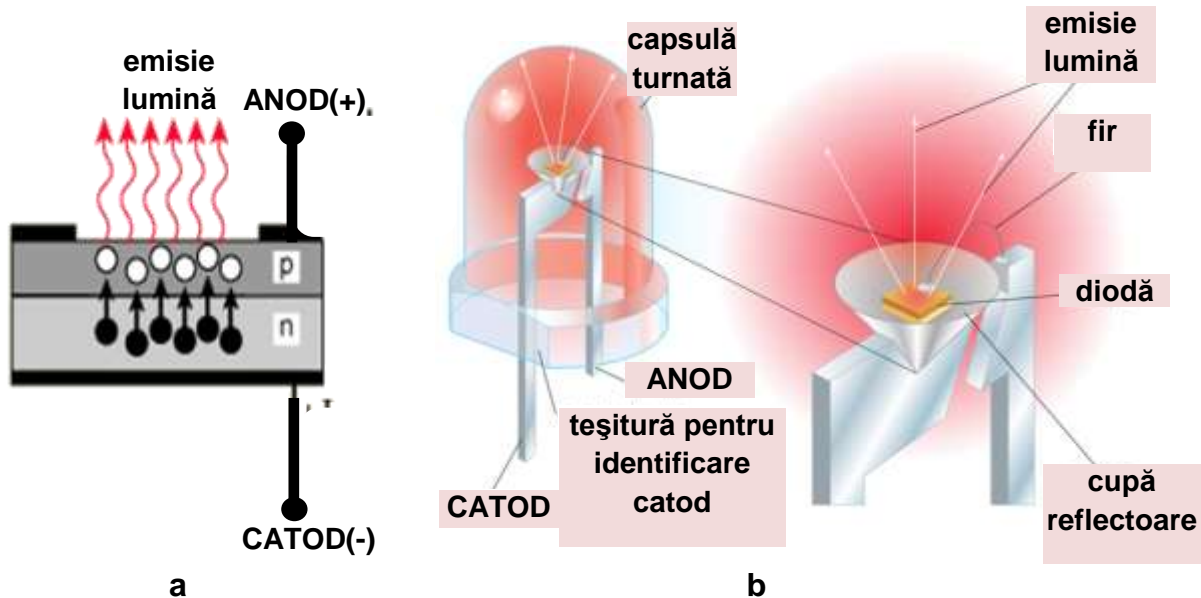


Figura 8.22 Structura constructivă a unui LED

LED-ul este construit dintr-o structură semiconductoare pn cu suprafață foarte mică (figura 8.22 a) care emite lumină. Această structură se realizează din aliaje semiconductoare speciale. La construcția structurii semiconductoare nu se utilizează siliciu sau germaniu deoarece se încălzesc și nu emit bine lumină. Această structură care mai poartă denumirea de **diodă** este amplasată într-o **cupă reflectoare** (figura 8.22 b) și este conectată la terminalele diodei (**ANOD** și **CATOD**). Toate aceste elemente sunt încapsulate. Aceste capsule se realizează din rășini sintetice de diverse culori și sub diverse forme. Culoarea radiației luminoase depinde de aliajul utilizat la realizarea structurii semiconductoare:

- roșu, infraroșu – AlGaAs (Aluminiu – Galiu - Arsen);
- verde – AlGaP (Aluminiu - Galiu - Fosfor);
- roșu-orange, orange, galben, verde – AlGaInP (Aluminiu–Galiu–Indiu-Fosfor);
- roșu, roșu-orange, orange, galben – GaAsP (Galiu - Arsen - Fosfor);
- roșu, galben, verde – GaP (Galiu - Fosfor);
- verde, verde-smarald, albastru – GaN (nitrură de galiu);
- ultraviolet apropiat, albastru-verzui, albastru – InGaN (nitrură indiu-galiu);
- albastru – ZnSe (zinc-seleniu);
- ultraviolet – Diamant (C) (Carbon);
- de la ultraviolet apropiat până la ultraviolet îndepărtat – AlN, AlGaN (nitruri Al, Ga).

Funcționarea LED-ului

Între semiconductorul de tip N și semiconductorul de tip P al diodei LED-ului se formează o joncțiune PN. La frontiere joncțiunii electronii difuzează din partea N în partea P și se recombina cu golurile de aici, iar golurile difuzează din parte P în partea N și se recombina cu electronii de aici. În consecință se formează o **regiune sărăcită de purtători**, în care nu există nici electroni liberi și nici goluri libere, ce formează o barieră care nu mai permite recombinarea electronilor din partea N cu golurile din partea P.

Prin polarizarea directă a joncțiunii PN, bariera creată de regiunea sărăcită de purtători este străpunsă, electronii din partea N sunt atrași către terminalul pozitiv al sursei de alimentare iar golurile din partea P sunt atrase către terminalul negativ al sursei de alimentare. Atât electronii cât și golurile ajung în regiunea sărăcită de purtători unde se recombina și eliberează energie sub formă de căldură și lumină.

La LED-uri, prin construcția acestora, majoritatea combinărilor electron-gol eliberează fotoni sub formă de lumină în spectrul vizibil. Acest proces se numește **electroluminescență**.

Intensitatea radiațiilor luminoase produse de LED sunt direct proporționale cu intensitatea curentului direct prin joncțiunea PN a LED-ului.

Un LED emite lumină într-un anumit domeniu de lungimi de undă (în funcție de aliajul utilizat la construcția diodei LED-ului). Lungimea de undă (λ) este exprimată în nanometri (nm) și încadrează lumina în spectrul vizibil sau invizibil:

$\lambda = 460 \text{ nm}$ – lumină albastră	(400nm – 540 nm)
$\lambda = 540 \text{ nm}$ – lumină verde	(460 nm – 620 nm)
$\lambda = 590 \text{ nm}$ – lumină galbenă	(520 nm – 680 nm)
$\lambda = 660 \text{ nm}$ – lumină roșie	(580 nm – 740 nm)
$\lambda = 940 \text{ nm}$ – radiație invizibilă (infraroșu)	(740 nm – 20.000 nm)

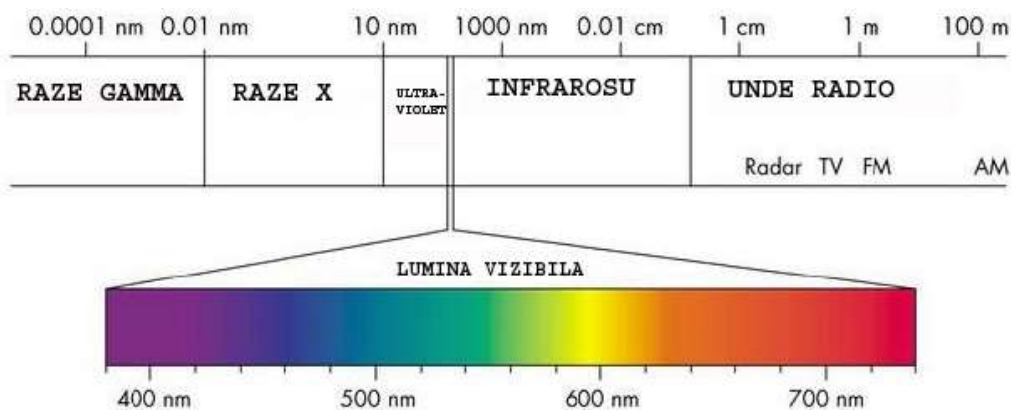


Figura 8.23 Spectrul radiațiilor electromagnetice

Parametrii electrici ai LED-urilor:

- **Curentul direct (I_F)** – reprezintă curentul maxim suportat de LED la polarizare directă. Valoarea maximă a acestui curent este de 50 mA pentru LED-urile ce emit în spectrul vizibil respectiv 100 mA pentru LED-urile ce emit în infraroșu. **În majoritatea cazurilor se alege $I_F = 20$ mA;**
- **Tensiunea directă (V_F)** – reprezintă tensiunea ce trebuie aplicată la bornele LED-ului pentru ca acesta să emită radiații luminoase. Valoarea acestei tensiuni variază între 1,6 V și 4,5 V, în funcție de culoarea luminii emise;

TABELUL 8.2

Culoare LED	TENSIUNE DIRECTĂ		CURENT DIRECT	
	TIPIC	MAXIM	TIPIC	MAXIM
ROȘU	1,6 V	2 V	10 mA	20 mA
VERDE	2,2 V	3 V	10 mA	20 mA
GALBEN	2,2 V	3 V	10 mA	20 mA
ALBASTRU	3,8 V	4,5 V	20 mA	20 mA

- **Tensiunea inversă (V_R)** – reprezintă tensiunea maximă inversă care o poate suporta LED-ul fără a se distruge (tipic 3V – 10V).

Caracteristica statică a LED-ului - $I_F = f(U_F)$

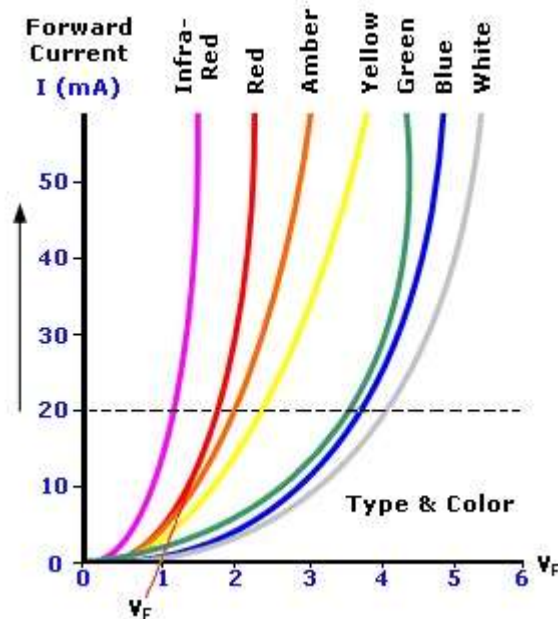


Figura 8.24 Caracteristica statică de ieșire a LED-ului

Identificarea terminalelor și verificarea LED-ului.

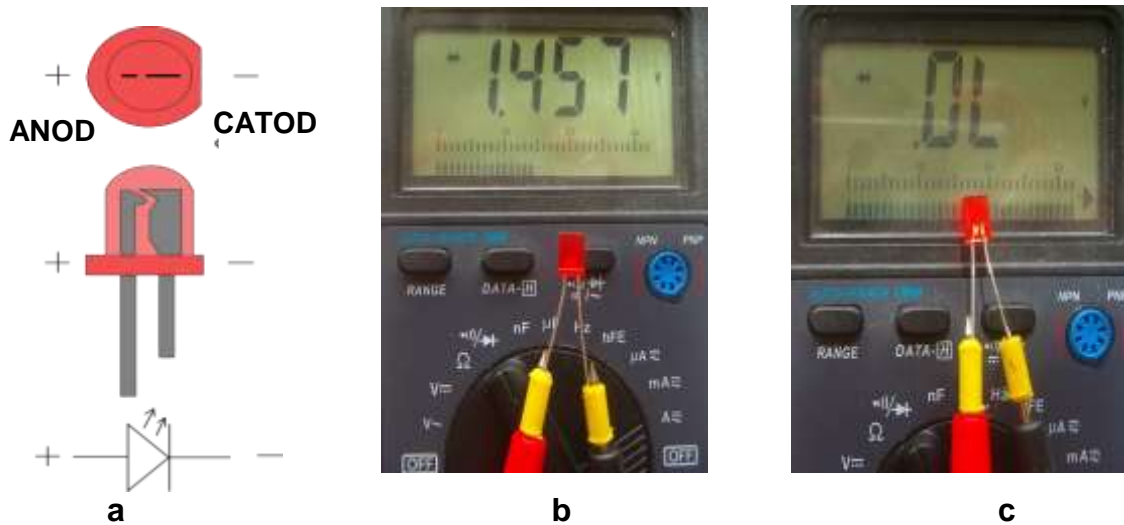





Figura 8.25 Identificarea terminalelor unui LED

Identificarea terminalelor unui LED se face vizual sau prin măsurare cu multimetrul.

La identificarea vizuală (**fig. 8.25 a**) **ANODUL (+)** este terminalul **mai lung** sau **mai subțire**. Dacă capsula este rotundă și prezintă o teșitură, în dreptul teșiturii este **CATODUL (-)** LED-ului.

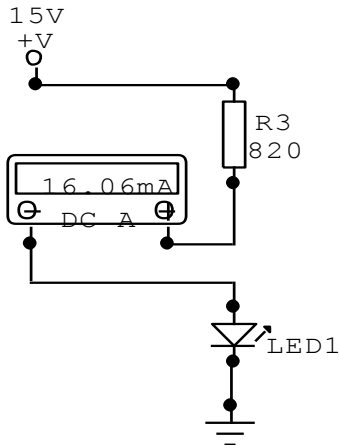
Identificarea terminalelor prin măsurare cu multimetrul se face astfel:

- se fixează comutatorul multimetrul pe poziția  ;
- se activează butonul  iar pe display în stânga-sus trebuie să apară  ;
- se fixează tastele multimetrul la terminalele LED-ului în sensul în care acesta indică tensiune (**fig. 8.25 b**). În această situație, terminalul LED-ului pe care este **tasta + a multimetrului** va fi **ANODUL (+) LED-ului**;
- dacă se schimbă polaritatea tastelor la terminalele LED-ului, multimetrul indică 0 V (**figura 8.25 c**).

Conectarea LED-ului în circuit

Un LED se conectează într-un circuit electric, întotdeauna în serie cu un rezistor care limitează valoarea intensității curentului prin LED.

Calculul rezistenței rezistorului R (conectat în serie cu LED-ul).



Din datele de catalog ale LED-ului rezultă:

$$V_F = 1,7V ; I_F = 20 \text{ mA.}$$

Aleg tensiunea de alimentare $V_{CC} = 15 \text{ V}$ și
curentul prin LED $I_{LED} = 16 \text{ mA}$.

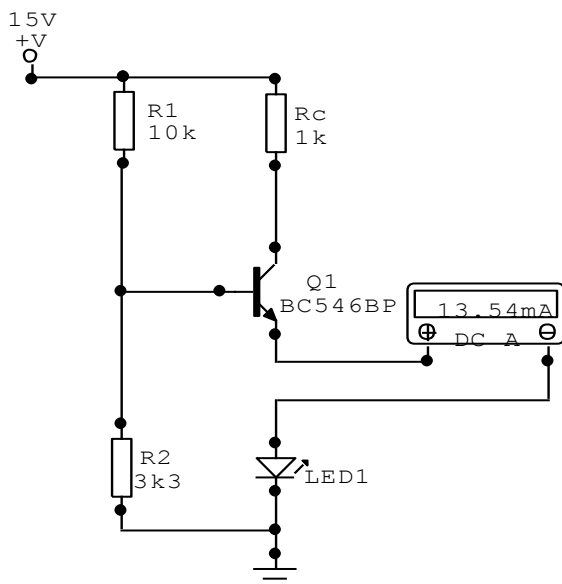
Trebuie să calculez $R1 = ?$

$$R[\Omega] = \frac{V_{CC}[V] - V_{LED}[V]}{I_{LED}[mA]} \cdot 1000 = \frac{15 - 1,7}{16} \cdot 1000 = 831,25$$

Aleg $R1 = 820 \Omega$ (valoare standard).

Figura 8.26 Conectarea unui LED în circuit

Conectarea LED-ului în circuit cu un tranzistor



$$R_C = \frac{V_C - (V_{LED} + V_{CE})}{I_{LED}[mA]} \cdot 1000$$

$$R_C = \frac{15 - (1,7 + 0,02)}{14} \cdot 1000 = 948,5\Omega$$

Aleg $R_C = 1K$

Figura 8.27 Conectarea unui LED în circuit cu un tranzistor

Valoarea intensității curentului din colectorul tranzistorului nu este stabilită numai de valoarea rezistorului R_C ci și de valoarea curentului din baza tranzistorului care depinde de valorile rezistoarelor $R1$ și $R2$ din divizorul de tensiune. Dacă modificăm valorile rezistoarelor $R1$ și $R2$ se modifică și curentul prin tranzistor, implicit prin LED.

8.2.2 CELULA DE AFIŞAJ 7 SEGMENTE CU LED-uri.

Afişajul este format din **7 segmente** (figura 8.28). Fiecare segment de afişaj este un led. Prin combinații ale segmentelor se formează cele zece cifre de la **0** la **9**. Prin polarizarea directă a segmentelor, în diverse combinații, se poate forma orice cifră a sistemului zecimal. Afişajele 7 segmente se construiesc în două variante: cu anodul comun și cu catodul comun și sunt prevăzute cu 10 terminale (figura 8.29)

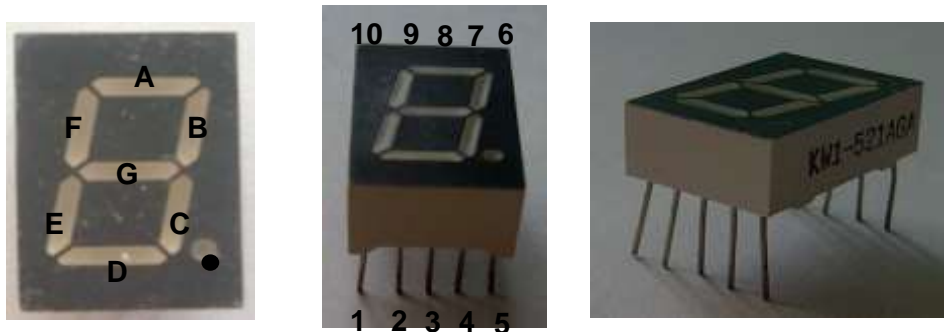


Figura 8.28 Afişaj 7 segmente - aranjarea segmentelor-numerotarea terminalelor

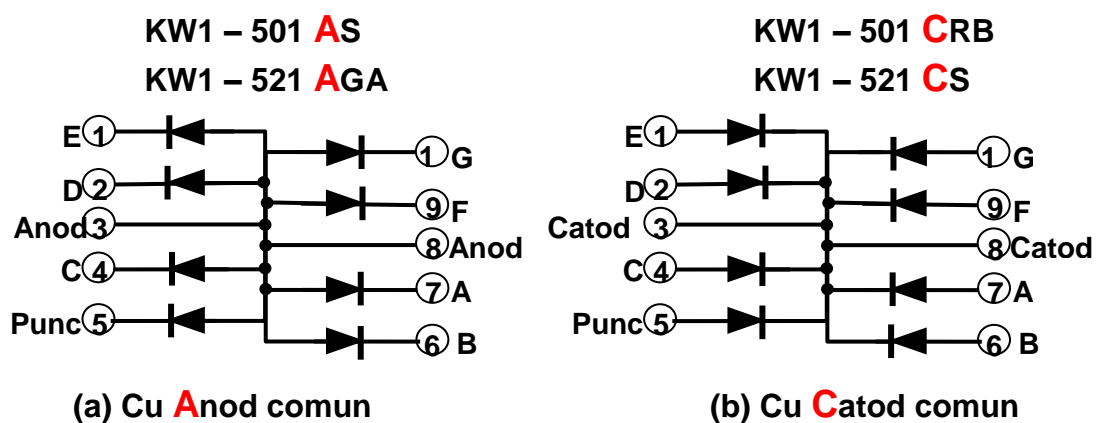


Figura 8.29 Structură afişaj 7 segmente

Pentru activarea unui segment acesta se polarizează direct.

La afişajele cu **Anod** comun, anodul se conectează spre polul pozitiv al sursei (+) iar segmentul care se activează se conectează spre polul negativ al sursei (-).

La afişajele cu **Catod** comun, catodul se conectează spre polul negativ al sursei (-) iar segmentul care se activează se conectează spre polul pozitiv al sursei (+).

Un segment are următorii parametrii electrici:

Tensiunea directă de polarizare $V_f = 1,9 \text{ V} - 2,2 \text{ V}$ (în funcție de culoarea segmentelor)

Curentul direct $I_f = 10 \text{ mA} - 20 \text{ mA}$.




Verificarea afișajului 7 segmente

Verificarea afișajului se poate face cu multimetrul după cum se vede în **figura 8.30**



Figura 8.30 Verificare afișaj 7 segmente

Pentru verificarea afișajului 7 segmente se parcurg următoarele etape:

- se fixează comutatorul multimetrului pe poziția  ;
- se activează butonul  iar pe display în stânga-sus trebuie să apară  ;
- la afișajul cu **anodul comun** (**figura 8.30**), tasta (+) a multimetrului se fixează pe terminalul **3** sau **8** a afișajului (anozi) iar cealaltă tastă(-) se conectează pe rând la celelalte terminale ale afișajului. Pentru fiecare conectare multimetrul trebuie să indice o anumită tensiune (**figura 8.30**), în funcție de tipul afișajului;
- la afișajul cu **catodul comun**, tasta (-) a multimetrului se fixează pe terminalul **3** sau **8** a afișajului (catozi) iar cealaltă tastă(+) se conectează pe rând la celelalte terminale ale afișajului. Pentru fiecare conectare multimetrul trebuie să indice o anumită tensiune (**figura 8.30**), în funcție de tipul afișajului;
- dacă se inversează polaritatea tastelor multimetrul va indica **0V**.

În schemele electronice, afișajul 7 segmente se utilizează împreună cu un decodificator 7 segmente, care este un circuit integrat specializat pentru această funcție (CDB 446, CDB 447, SN7447, etc. – pentru **anod comun** ; CDB 448, MMC4248, SN7448, etc. –pentru **catod comun**).

Conectarea și verificarea afișajului 7 segmente în circuit.

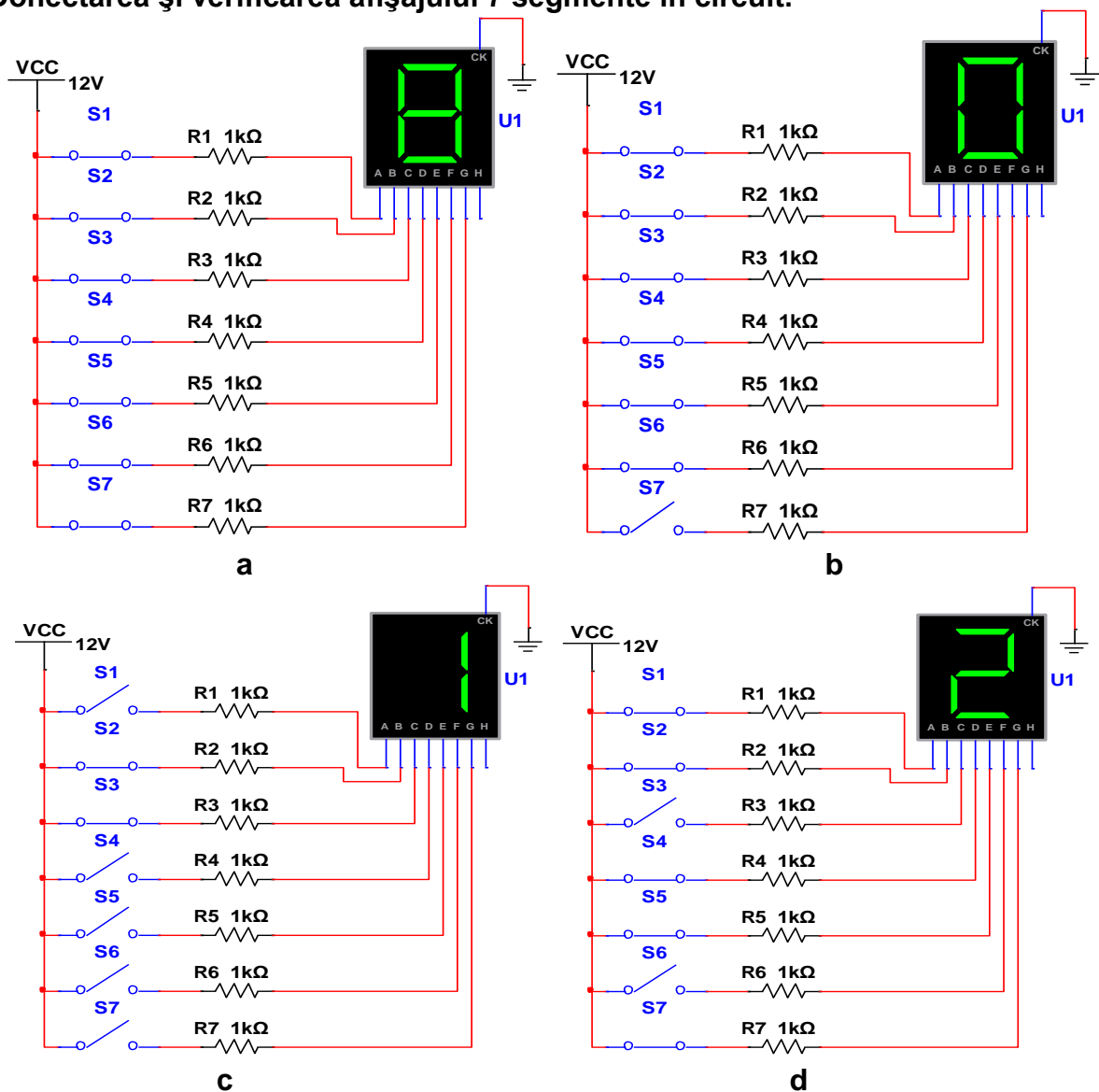


Figura 8.31 Conectarea unui afișaj 7 segmente în circuit

În circuitele din figura 8.31, segmentele afișajului sunt conectate prin intermediul unor rezistențe la întrerupătoarele **S**. Deoarece afișajul este cu catodul comun, catodul se conectează la masa montajului (-) iar întrerupătoarele **S** se conectează la borna (+).

La închiderea unui întreruptor luminează segmentul corespunzător întreruptorului respectiv (S1-A, S2-B, S3-C, S4-D, S5-E, S6-F, S7-G).

În **figura 8.31. a** sunt închise toate întrerupătoarele, luminează toate segmentele care formează cifra **8**.

În **figura 8.31. b** sunt închise toate întrerupătoarele mai puțin întrerupătorul **S7**, luminează toate segmentele mai puțin segmentul **G**, care formează cifra **0**.

În **figura 8.31. c** sunt închise întrerupătoarele **S3** și **S4**, luminează segmentele **B** și **C** care formează cifra **1**.

În **figura 8.31. d** sunt închise întrerupătoarele **S1**, **S2**, **S4**, **S5**, **S7** luminează segmentele **A**, **B**, **D**, **E**, **G** care formează cifra **2**.