

## Afișarea cifrelor pe 7 segmente (continuare)

Afișarea multiplexată presupune aprinderea succesivă (baleierea) a cifrelor cu viteză mare, astfel încât la un moment dat o singură cifră este aprinsă (consumă curent). Dacă viteza de baleiere este mai mare decât cea de remanență a ochiului, atunci acesta nu va percepe acest lucru și va vedea toate cifrele aprinse. Această frecvență este de 25 Hz. Dacă o singură cifră este aprinsă, atunci nu are sens să folosim decât un decodifactor, la intrarea căruia vom aplica pe rând cifrele de afișat. Distribuția cifrei pe celula corespunzătoare se face prin comutarea pinilor comuni (anodii sau catodii) către  $V_{CC}$  sau către masă. Acest principiu se numește multiplexare și presupune utilizarea unor circuite numite multiplexoare. Schema de principiu este prezentată în figura 4.

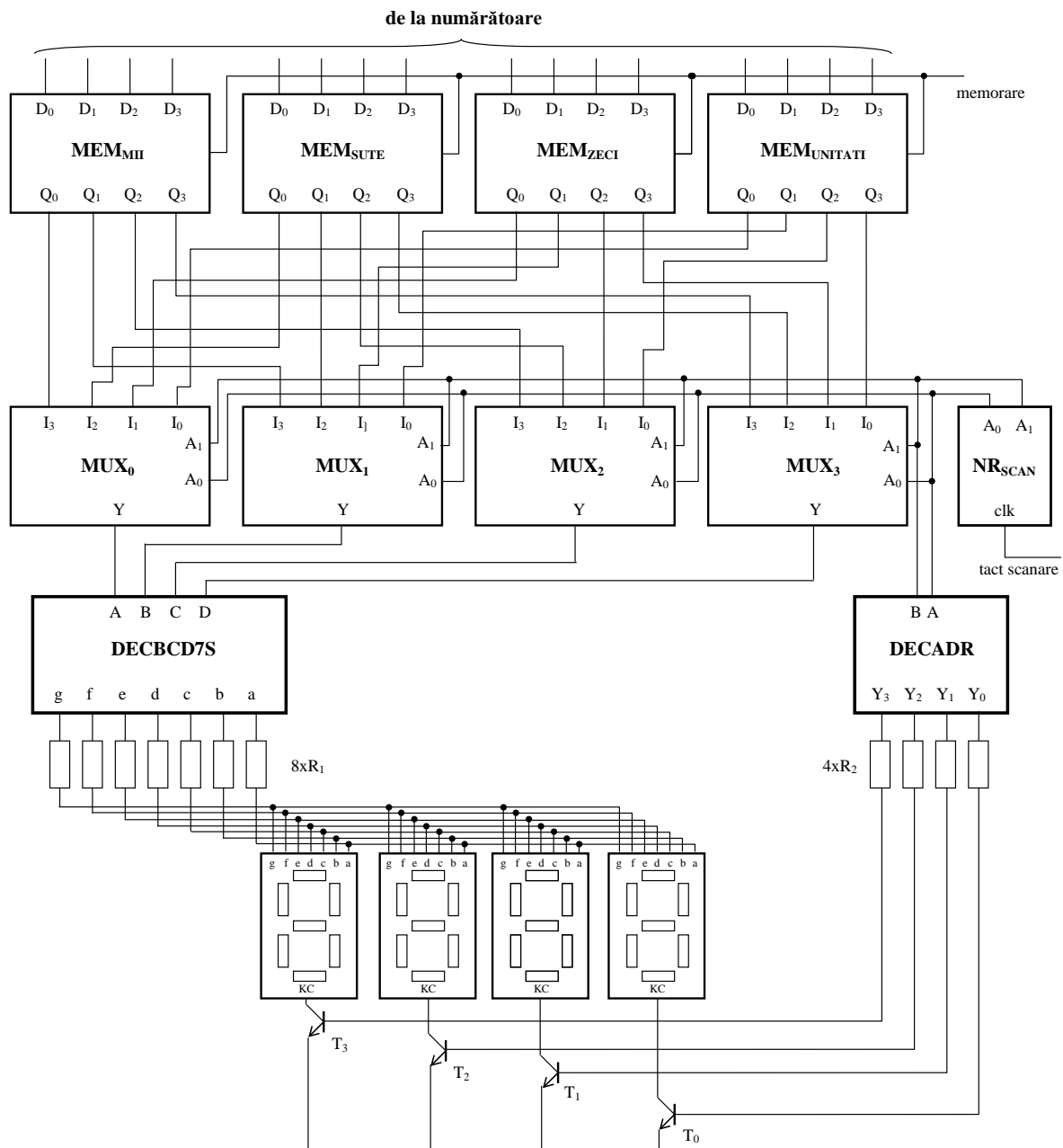


Fig. 4 Afișarea multiplexată cu anod comun

Semnalul provenind de la numărătoarele de impulsuri este de regulă stocat în memorii

până la terminarea următorului ciclu de măsurare. La instrumentele care nu necesită memorare, acestea lipsesc, semnalele provenind direct din numărătoare fiind conectate la intrările multiplexoarelor (MUX). Pentru a putea afișa facil rezultatele (în sistem zecimal), numărarea se face folosind numărătoare BCD, fiecare cifră zecimală a rezultatului fiind codificată BCD pe 4 biți. Multiplexarea constă în aplicarea fiecărei cifre la intrarea decodificatorului BCD-7 segmente. Simultan cu aplicarea cifrei, celula de afișare corespunzătoare trebuie activată. Acest lucru se face prin conectarea anodului sau catodului comun la tensiunea alimentare sau la masă.

Fiecare din cele 4 multiplexoare va multiplexa câte un bit al cifrei de afișat:  $MUX_3$  multiplexează biții cu indexul 3 e la cele 4 cifre,  $MUX_2$  multiplexează biții cu indexul 2,  $MUX_1$  multiplexează biții cu indexul 1, iar  $MUX_0$  multiplexează biții cu indexul 0. Comanda numărătoarelor este asigurată de numărătorul de scanare (NRSCAN). La fiecare impuls de tact (tact scanare) acesta va fi incrementat cu o unitate, furnizând un cuvânt de adresă de 2 biți ( $A_1A_0$ ) către multiplexoare. Pe baza acestuia, multiplexoarele vor direcționa către ieșirea  $Y$  una din intrările  $I_k$  ( $k = 0, 1, 2, 3$ ). Pentru  $A_1=0$  și  $A_0=0$  intrarea  $I_0$  va fi legată la  $Y$ , pentru  $A_1=0$  și  $A_0=1$  intrarea  $I_1$  va fi legată la  $Y$ , pentru  $A_1=1$  și  $A_0=0$  intrarea  $I_2$  va fi legată la  $Y$ , iar pentru  $A_1=1$  și  $A_0=1$  intrarea  $I_3$  va fi legată la  $Y$ . Drept urmare, la intrarea decodificatorului BCD – 7 segmente vom avea succesiv cifra unităților (pentru  $A_1=0$  și  $A_0=0$ ), cifra zecilor (pentru  $A_1=0$  și  $A_0=1$ ), cifra sutelor (pentru  $A_1=1$  și  $A_0=0$ ) și cifra miilor (pentru  $A_1=1$  și  $A_0=1$ ). Simultan adresa  $A_1A_0$  este decodificată de către un decodificator de adresă (DECADR), ieșirile acestuia comandând tranzistoarele  $T_0, T_1, T_2$  și  $T_3$ . În concluzie dacă decodificatorul BCD – 7 segmente primește cifra unităților, tranzistorul  $T_0$  va fi deschis, conectând catodul celulei unităților la masă, restul tranzistoarelor fiind blocate, dacă primește cifra zecilor tranzistorul  $T_1$  va fi deschis, șamd. Perioada tactului de scanare trebuie să fie mai mică decât perioada de remanență a imaginii pe retină, astfel încât ochiul să perceapă o imagine completă cu toate cifrele aprinse. Frecvența minimă este de 25Hz, dar pentru a nu percepe efectul de clipire, se va utiliza o frecvență mai mare de până la 1kHz. Aceasta se preia din lanțul de divizare al frecvenței oscilatorului.

Să vedem cum se calculează rezistențele  $R_1$  și  $R_2$ . Pentru acest lucru considerăm circuitul echivalent din figura 5. Un tranzistor are un factor de amplificare ( $\beta$ ) în curent tipic 100:

$$I_C = \beta \cdot I_B$$

La saturație acesta scade drastic cu circa un ordin de mărime:  $\beta_{sat}=10$ . Tensiunea de saturație CE a unui tranzistor este:

$$U_{CEsat}=0.2V$$

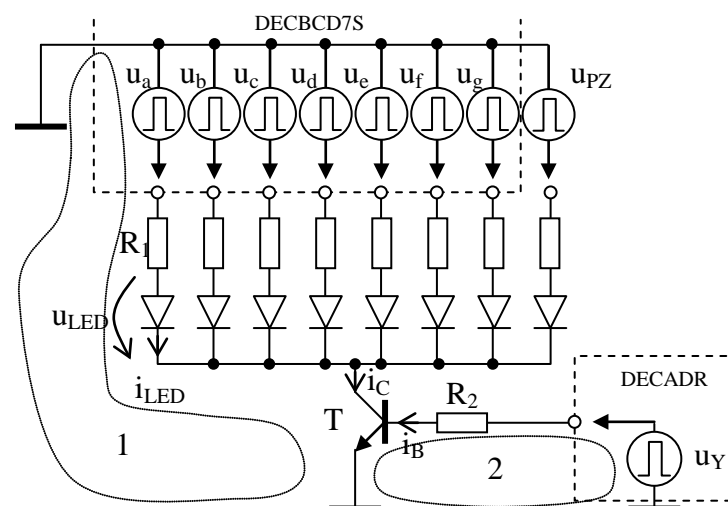


Fig. 5 Schema echivalentă de calcul pentru rezistențele de polarizare (catod comun)

Pentru a aprinde un segment al uneia din cifre tranzistorul  $T$ , care are rol de comutator, trebuie să fie deschis (să conducă la saturație:  $u_Y = 1$  logic), iar capătul de sus al brațului segmentului respectiv trebuie să fie conectat la o tensiune ridicată ( $u_a = 1$  logic), astfel încât să fie asigurat curentul prin LED ( $i_{LED}$ ) și tensiunea pe acesta ( $u_{LED}$ ). Deoarece în cazul afișării multiplexate, la un moment dat, doar o cifră este aprinsă intensitatea luminoasă percepută de ochi va fi valoarea medie pe un ciclu de afișare (adică un sfert din valoarea fixată de curentul  $i_{LED}$  la afișare directă). În concluzie, pentru a obține o iluminare satisfăcătoare trebuie să permitem un curent mai mare prin LED-uri funcție de numărul de cifre:  $i_{LED} = 15 \dots 20$  mA. Pentru cazul de față cu 4 cifre vom impune prin LED un curent de 15 mA. Scriind legea lui Kirckhoff pe ochiul (1):

$$u_a(H) = i_{LED} R_1 + u_{LED} + u_{CEsat}$$

obținem:

$$R_1 = \frac{u_a(H) - u_{LED} - u_{CEsat}}{i_{LED}} = \frac{3.5V - 1.5V - 0.2V}{15mA} = 0.12k\Omega$$

Valoarea  $120\Omega$  este o valoare standardizată.

Pentru calculul lui  $R_2$  vom scrie legea lui Kirckhoff pe ochiul 2:

$$u_Y(H) = i_B R_2 + u_{BEsat}$$

La saturație tensiunea bază emitor ajunge la cca  $0.8V$ , iar curentul de bază depinde de cel de colector prin factorul  $\beta_{sat}$ . Curentul de colector prin tranzistor poate fi la maxim suma curentilor prin toate segmentele și prin punctul zecimal  $i_C = 8 \cdot i_{LED}$ . Înlocuind în relația lui Kirckhoff obținem:

$$R_2 = \frac{u_Y(H) - u_{BEsat}}{\frac{8 \cdot i_{LED}}{\beta_{sat}}} = \frac{3.5V - 0.8V}{12mA} = 0.225k\Omega$$

O valoare standardizată apropiată ca valoare pentru rezistența  $R_2$  este  $220\Omega$ .

Curentul mediu consumat de celula de afișare va fi  $i_{med} = 8 \cdot i_{LED} / 4 = 30mA$ .

Pentru cazul când se utilizează afișarea cu anod comun schema din figura 4 trebuie modificată. Datorită faptului că LED-urile sunt conectate cu anodul comun, comanda se va face pe catodi, ceea ce va duce la inversarea comenzilor (0 logic), dar și a dispozitivului de comandă (tranzistorul). Pentru această configurație schema echivalentă de calcul este modificată ca în figura 6.

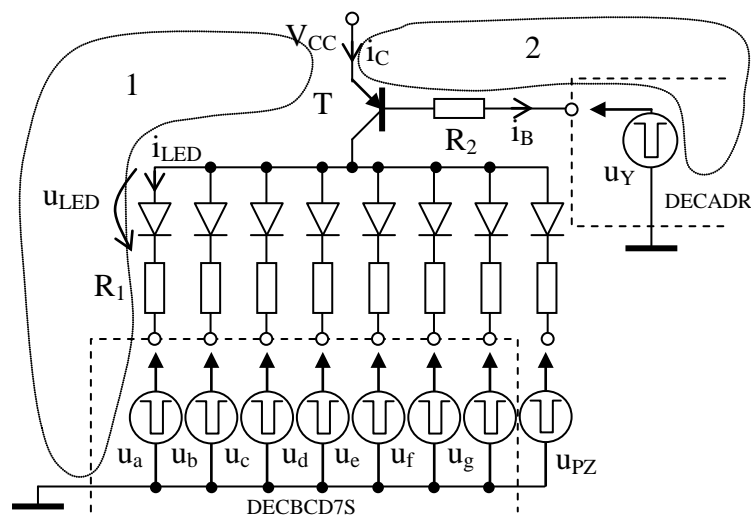


Fig. 6 Schema echivalentă de calcul pentru rezistențele de polarizare (anod comun)

Pentru determinarea valorii celor două rezistențe vom scrie din nou ecuațiile lui Kirckhoff pe cele două ochiuri de rețea:

$$V_{CC} = u_{CEsat} + u_{LED} + i_{LED}R_1 + u_a(L)$$

$$V_{CC} = u_{BEsat} + i_B R_2 + u_Y(L)$$

Înlocuind valorile numerice în cele două relații obținem:

$$R_1 = \frac{V_{CC} - u_{CEsat} - u_{LED} - u_a(L)}{i_{LED}} = \frac{5V - 0.2V - 1.5V - 0.2V}{15mA} = 0.206\Omega$$

$$R_2 = \frac{V_{CC} - u_{BEsat} - u_Y(L)}{\frac{8i_C}{\beta_{sat}}} = \frac{5V - 0.8V - 0.2V}{12mA} = 0.333\Omega$$

Se aleg pentru cele două rezistențe valorile standardizate:  $R_1=220\Omega$  și  $R_2=330\Omega$ .

Tranzistoarele de comandă se aleg astfel încât să poată duce curentul maxim ( $8 \cdot i_{LED}=120mA$ ). Dintre cele uzuale sunt 2N2222 (NPN) și 2N2906 (PNP). Ambele suportă curenți de colector până la 800mA și sunt tranzistoare de comutație.

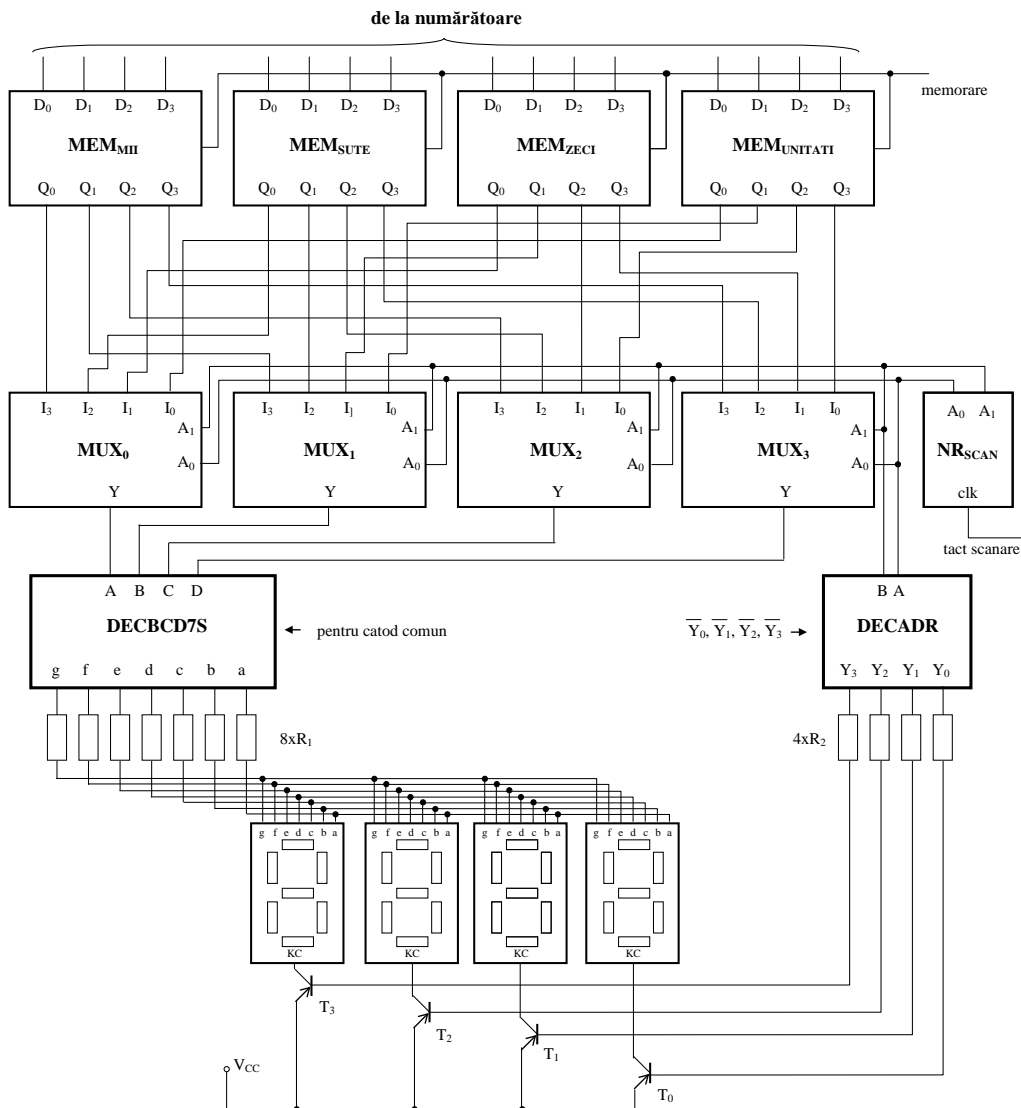


Fig. 5 Afișarea multiplexată cu catod comun