

Lucrarea 1: Afișaje dinamice

Scopul lucrării: Lucrarea este destinată prezentării principalelor modalități de afișare a informației numerice, cu referințe concrete la un sistem de afișare cu 4 cifre zecimale ce funcționează pe principiul multiplexării în timp (afișaj dinamic).

I. Noțiuni teoretice

I.1. Codul BCD

Așa după cum este cunoscut, sistemele digitale lucrează doar cu două valori numerice: zero și unu. Din acest motiv, din punct de vedere tehnic este preferabil ca sistemul digital să lucreze într-un sistem de numerație cu baza 2 (sistemul binar). Pe de altă parte, utilizatorul (operatorul uman) este obișnuit cu sistemul zecimal. Pentru rezolvarea acestui conflict, prima idee care ne vine în minte ar fi introducerea de circuite codificatoare/decodificatoare care să facă conversia între cele două sisteme. Aceste circuite nu fac altceva decât să complice inutil partea hardware.

O soluție de compromis se pare că s-a obținut prin introducerea codului BCD (**B**inary **C**oded **D**ecimal), acesta folosește toate regulile sistemului de numerație **zecimal** dar scrierea (reprezentarea în sistemul de calcul) se face în **binar**. Cu alte cuvinte, în codul BCD, fiecare cifră zecimală este înlocuită de scrierea sa binară pe 4 biți. Codul BCD s-a dovedit atât de util încât s-au conceput circuite de numărare și circuite aritmetice capabile să lucreze în acest cod.

Pentru a pune în evidență diferențele dintre codul binar natural și codul BCD, în tabelul de mai jos sunt prezentate câteva aspecte semnificative:

	Cod BCD	Cod binar natural
Conversia spre sistemul zecimal	$\overbrace{1001}^9 \overbrace{0011}^3 = 93_{10}$	$1001\ 0011_2 = 1 \times 2^7 + 0 \times 2^6 + 0 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 128 + 16 + 2 + 1 = 147_{10}$
Conversia din sistemul zecimal	$193_{10} = \overbrace{0001}^1 \overbrace{1001}^9 \overbrace{0011}^3_{BCD}$	$193_{10} = 11000010_2$ Rezultatul se obține prin împărțiri succesive la 2 $193:2=96 \text{ rest } 1$ $96:2=48 \text{ rest } 0$ $48:2=24 \text{ rest } 0$ $24:2=12 \text{ rest } 0$ $12:2=6 \text{ rest } 0$ $6:2=3 \text{ rest } 0$ $3:2=1 \text{ rest } 1$ $1:2=0 \text{ rest } 1$

I.2. Afișaje statice

Cea mai întâlnită metodă de afișare a unui număr zecimal constă în aprinderea sau stingerea convenabilă a unor segmente așezate după conturul cifrei 8. Cele 7 segmente pot fi realizate cu orice surse luminoase ce pot fi controlate prin mijloace electrice. Cel mai adesea se întâlnesc afișaje cu LED-uri, cu cristale lichide sau cu descărcări în gaze.

Referitor la afișajele cu LED-uri, pentru a reduce numărul de terminale dintr-o capsulă, acestea sunt fabricate în două variante: cu anod comun (AC), sau cu catod comun (KC). Schema electrică a celor două variante constructive de afișaj cu LED-uri, precum și modul de aranjarea a segmentelor se prezintă în figura 1.

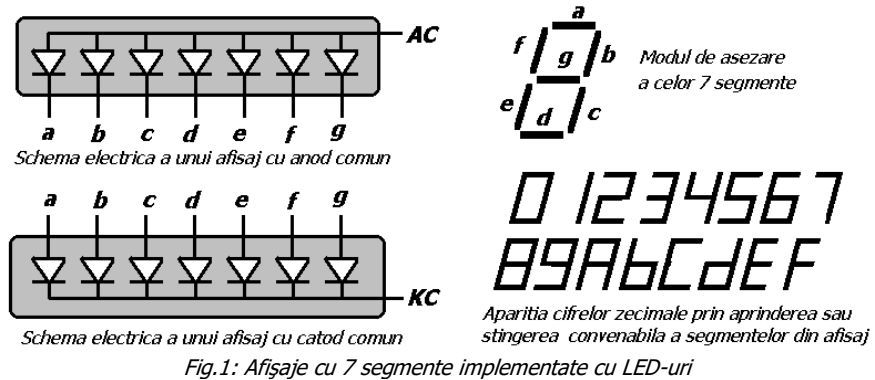


Fig. 1: Afișaje cu 7 segmente implementate cu LED-uri

Comanda afișajelor cu 7 segmente se face cu ajutorul decodificatoarelor BCD - 7 segmente, circuite ce au fost studiate într-o lucrare anterioară. Trebuie precizat că există trei tipuri de decodificatoare BCD - 7 segmente:

- prima categorie afișează toate cifrele hexazecimale așa cum sunt prezentate în figura 1;
- altă categorie afișează doar cifrele zecimale de la 0 la 9, iar pentru restul codurilor mențin afișajul stins;
- ultima categorie afișează corect cifrele zecimale de la 0 la 9 dar, pentru restul codurilor afișează caractere mai ciudate (acest comportament se explică prin faptul că fabricantul s-a folosit de codurile non-BCD pe 4 biți pentru a reduce complexitatea circuitului).

O modalitate de a obține un afișaj cu mai multe cifre, altfel spus cu mai mulți digiți, se arată în figura 2. Se observă că fiecare cifră zecimală are propriul său decodificator BCD-7segmente, iar informația ce trebuie afișată (spre exemplu rezultatul unei măsurători) trebuie să fie în format BCD.

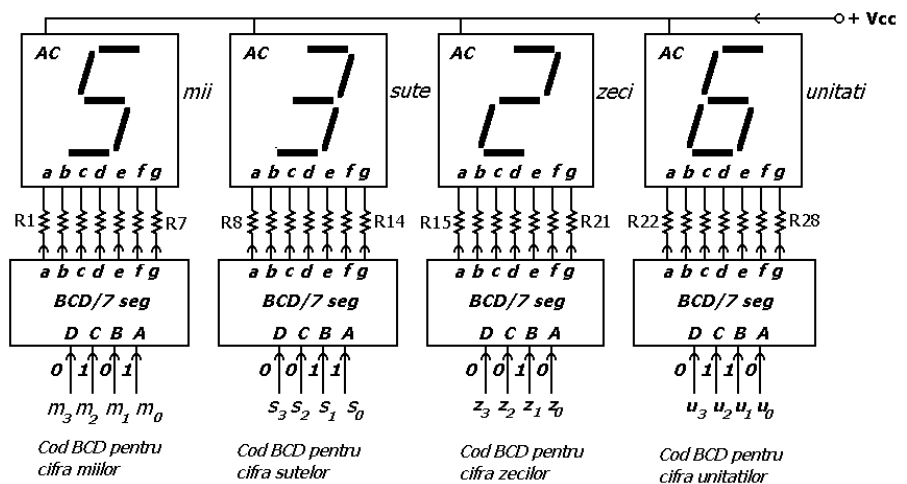


Fig. 2. Schema bloc de principiu a unui afișaj static cu 4 digiți

Observații:

- decodificatoarele BCD-7segmente trebuie să aibă ieșirile active pe zero logic dacă afișajele au anodul comun;
- decodificatoarele BCD-7segmente trebuie să aibă ieșirile active pe unu logic dacă afișajele au catodul comun;
- rezistențele R1 ÷ R28 au rolul de a limita curentul prin LED-uri, fără aceste rezistențe există riscul distrugerii LED-urilor din afișaje;
- acest mod de lucru este neeconomic din punct de vedere al numărului de componente utilizat.

I.3. Afișaje dinamice

Înainte de expunerea principiului de funcționare al afișării dinamice trebuie să facem o precizare legată de comportamentul ochiului uman: **dacă frecvența de stingere/aprindere a unei surse luminoase este peste o anumită limită (denumită valoare critică), ochiul percepe respectiva sursă ca fiind aprinsă în permanență.** În urma studiilor efectuate de specialiști, s-a constatat că această valoare limită este aproximativ 46Hz. În tehnică, din motive de siguranță, se consideră o valoare de 50Hz. Această particularitate a ochiului uman este exploatată de multe sisteme tehnice, cele mai cunoscute fiind cinematografia și televiziunea.

În cazul sistemelor cu afișare dinamică, se procedează astfel:

- cifrele nu mai sunt aprinse toate odată;
- în fiecare moment de timp este aprinsă doar o singură cifră;
- fiecare cifră este menținută aprinsă un interval scurt de timp (câteva milisecunde), același pentru toate cifrele;
- cifrele se aprind pe rând: un interval de timp cifra unităților, următorul interval de timp cifra zecilor și așa mai departe până când se ajunge la ultima cifră din afișaj după care procesul se repetă;
- dacă trecerea de la o cifră la alta se face suficient de repede, ochiul percepe întreg afișajul aprins. Spre exemplu, pentru un afișaj cu 4 digiți, frecvența de trecere de la o cifră la alta trebuie să fie de cel puțin 200Hz (4 cifre \times 50 Hz). Aceasta înseamnă că fiecare cifră este aprinsă un interval de timp egal cu $(1/200)s = 5ms$.

Schema bloc de principiu a unui afișaj dinamic cu 4 digiți se prezintă în figura 3. Facem precizarea că acest mod de lucru este adoptat mai ales pentru sistemele de măsură realizate în structuri integrate.

Funcționare:

- Oscilatorul este folosit pentru generarea unui semnal digital cu frecvența de 200Hz. Acest semnal, denumit semnal de ceas, indică momentele de timp în care trebuie făcută trecerea de la o cifră la alta;
- Semnalul cu frecvența de 200Hz, este preluat de un numărător binar care generează următoarea secvență ciclică de coduri binare pe 2 biți: 00 \rightarrow 01 \rightarrow 10 \rightarrow 11 \rightarrow 00 \rightarrow 01 ..., așa cum se prezintă și în figura 4.
- Fiecare cod binar este menținut neschimbat un interval de timp egal cu o perioadă a semnalului dat de oscilator, în cazul de față 5ms (vezi figura 4).
- Tranzistoarele pnp din figura 3 sunt folosite pe post de comutatoare electronice, ele cuplează sau decuplează anodul comun al digiților la polul pozitiv al tensiunii de alimentare.
- Tranzistoarele lucrează în regim de comutație (regim special în care tranzistorul prezintă doar două stări: tranzistor saturat = contact electric închis, respectiv tranzistor blocat = contact electric deschis).

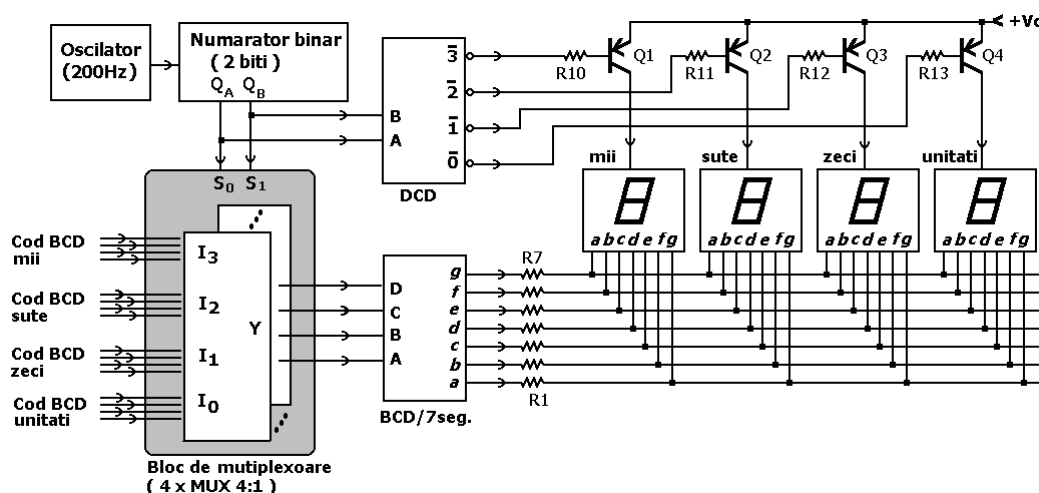


Fig. 3. Schema bloc de principiu a unui afișaj cu 4 digiți folosind multiplexarea în timp

- Pentru modul de conectare al tranzistoarelor din figura 3, blocarea se face prin aplicarea unui unu logic în bază iar saturarea prin aplicarea unui zero logic în bază.
- Deoarece comanda în bază pentru tranzistoare se face de către un DCD cu ieșirile active pe zero logic, rezultă că, în fiecare moment de timp, vom avea doar un singur tranzistor saturat iar restul vor fi blocate. Aceasta înseamnă că numai un singur digit din afișaj este conectat la popul pozitiv al tensiunii de alimentare.

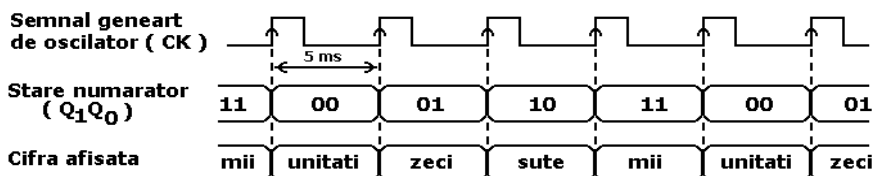


Fig. 4. Succesiunea de afișare a cifrelor zecimale pentru afișajul din figura 3.

- **Continuăm explicarea funcționării schemei din figura 3 considerând că starea număratorului este $Q_1Q_0 = 01$**
- Decodificatorul binar primește pe intrările de selecție codul $BA = 01$, situație în care starea ieșirilor devine: $\bar{0} = 1, \bar{1} = 0, \bar{2} = 1, \bar{3} = 1$. Ținând cont de explicațiile anterioare, această stare a ieșirilor DCD, conduce la saturarea tranzistorului Q_3 și la blocarea celorlalte. Așadar, la polul pozitiv al sursei de alimentare este conectat doar digitul de zeci, deci numai el se poate aprinde, supunem că digitul de zeci este activat.
- Blocul de multiplexoare primește pe intrările de date patru coduri BCD (pentru mii, sute, zeci și unități) și scoate pe ieșirile un singur cod BCD, cel care corespunde digitului activat.
- Trebuie să existe o corespondență între digitul activat și codul BCD selectat de blocul de multiplexoare: este necesar ca digitul de unități să primească codul BCD al unităților, digitul de zeci să primească codul BCD al zecilor și așa mai departe. Acest lucru se obține folosind pentru comanda intrărilor de selecție tot starea Q_1Q_0 a număratorului.
- În exemplul considerat, deoarece am presupus $Q_1Q_0 = 01$, rezultă că $S_1S_0 = 01$, deci codul BCD conectat la intrările I_2 ale multiplexoarelor vor avea cale liberă să ajungă la decodificatorul BCD/7segmente.
- După decodificare, informația despre zeci este aplicată în același timp celor patru afișaje. La prima vedere s-ar părea că informația de zeci va fi afișată pe toate cele patru afișaje. Acest lucru nu se întâmplă deoarece, așa după cum am arătat anterior, numai digitul de zeci are anodul comun conectat la $+V_{cc}$, deci numai acesta se poate aprinde.
- Digitul de zeci este menținut aprins 5ms, atâta timp cât durează o stare a număratorului. La următoarea tranziție pozitivă a semnalului de ceas, starea număratorului se schimbă și devine $Q_1Q_0 = 10$, ceea ce înseamnă că se activează digitul de sute. Așa cum se arată și în figura 4, urmează activarea miilor, a unităților, și procesul se reia.
- Modul de conectare a blocului de multiplexoare este prezentat în figura 5. Se observă că toate multiplexoarele primesc aceeași informație de selecție. Fiecare multiplexor extrage bitul cu aceeași pondere din codul de mii, de sute, de zeci respectiv de unități.
- Afișarea dinamică, denumită uneori și **afișare multiplexată**, prezintă avantajul unui consum energetic mai mic și necesită un singur decodificator BCD-7segmente.
- Rezistențele $R_{10} \div R_{13}$ au rol de protecție a joncțiunii BE a tranzistoarelor, ele trebuie calculate astfel încât să permită intrarea în saturație a tranzistoarelor.
- Rezistențele $R_1 \div R_7$ au rol de limitare a curentului prin LED-urile afișajului.

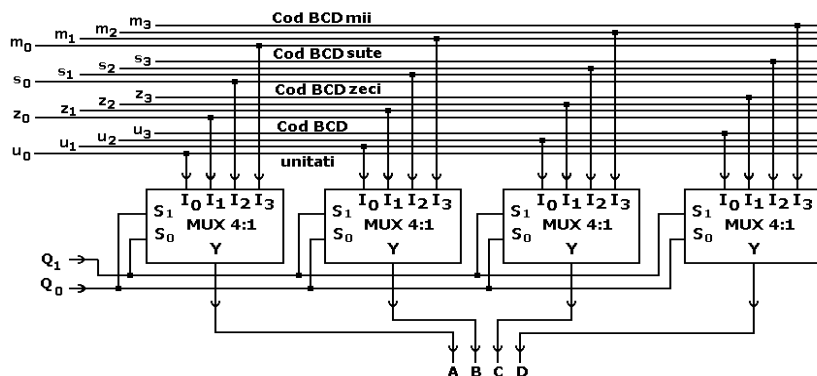


Fig. 5. Schema de conexiuni a blocului de multiplexoare

În final, dacă facem o comparație între numărul de componente necesare afișării statice (figura 3) și numărul de componente necesare afișării dinamice (figurile 4 și 5), se observă un necesar mai mare de componente pentru afișarea dinamică. Din simpla contorizare a numărului de componente se poate trage concluzia greșită că afișarea dinamică este neeconomică. În realitate, complexitatea a 4 decodificatoare BCD-7segmente este mult mai mare decât complexitatea restului de componente ce intervin în afișarea dinamică. Așadar, necesarul de arie dintr-un circuit integrat este mai mic pentru afișarea dinamică decât pentru afișarea statică, în plus mai apare și avantajul unui consum energetic mai redus atunci când discutăm de afișarea dinamică.

II. Prezentarea machetei de laborator – Afisaj dinamic pe 4 biti

Schema machetei de laborator (vezi figura 6), este construită plecând de la schema de principiu din figura 3.

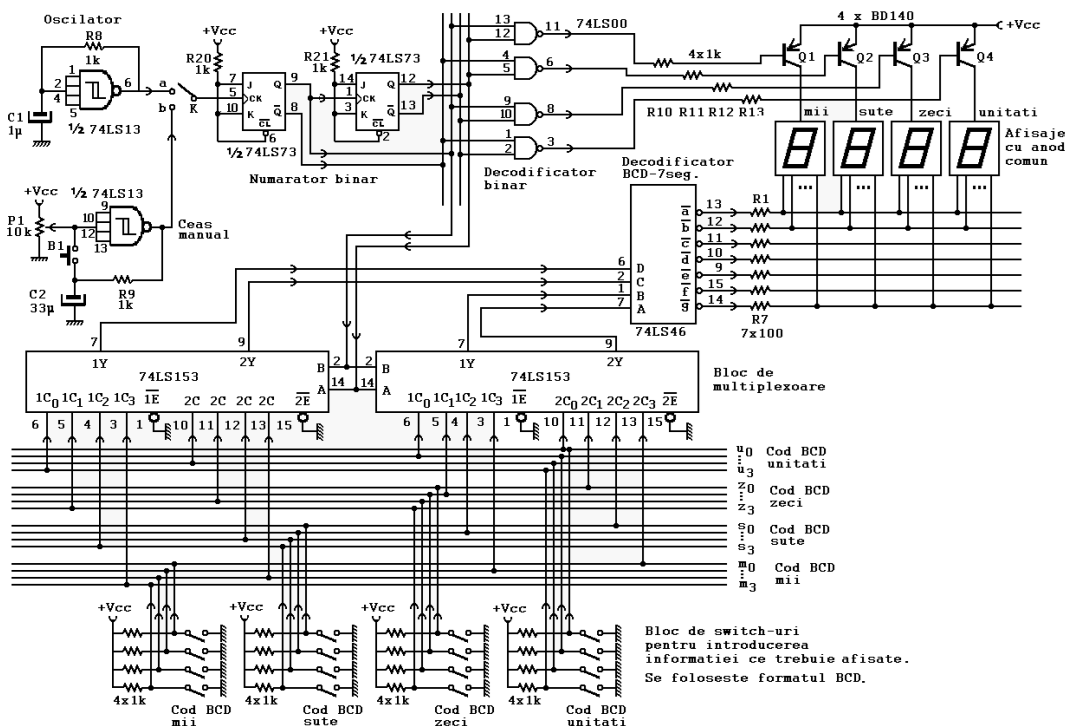


Fig.6. Schema electrică a machetei de laborator reprezentând un afișaj multiplexat cu 4 digiți

III. *Prezentarea schemei folosită pentru simularea afisajului dinamic*

Pentru simularea funcționării unui afișaj dinamic cu 4 cifre, se poate utiliza schema din figura 7. Principalele componente din figura 7 sunt:

- Numărătorul pe 2 biți realizat cu circuitul 7493;
- Decodificatorul binar cu 4 ieșiri active pe zero logic, realizat cu circuitul 7442;
- Blocul de circuite multiplexoare (4 circuite de tip MUX 4:1), relaizate cu două circuite de tip 74153;
- Decodificatorul BCD/& segmente, realizat cu circuitul dedicat 7447;
- 4 afișaje cu anod comun;
- 4 inversoare pentru a schimba nivelul logic activ furnizat de 7442;
- 4 HexPad-uri pentru asigurarea, in format BCD, a informației ce trebuie afișate;

Se observă că, pentru a menține caracterul digital al întregii scheme, nu au fost introduse rezistențe de limitare a curentului și nici tranzistoarele de comandă a anodului comun pentru fiecare afișaj.

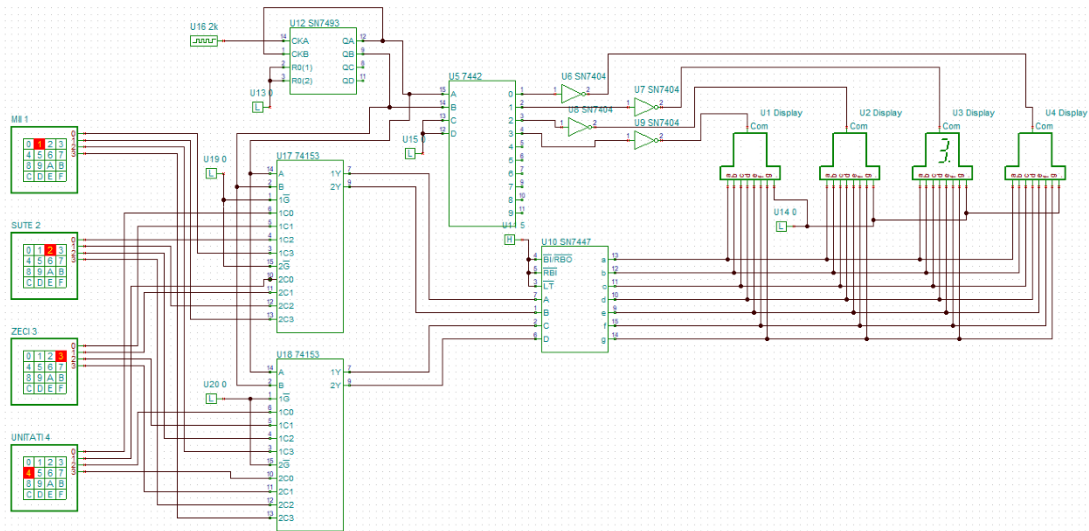


Fig.7. Schema electrică folosită pentru simularea unui afișaj dinamic cu 4 cifre

IV. Desfășurarea lucrării

IV.1. Verificarea modului de înțelegere a funcționării schemelor

A: Referitor la schema din figura 3, răspundeți la următoarele întrebări:

- Ce se întâmplă dacă frecvența oscilatorului este de 400Hz ? Dar dacă este de 150Hz ?
- Ce modificări trebuie făcute în schemă pentru a obține un afișaj cu 6 digiți ?
- Dacă avem la dispoziție un decodificator BCD-7segmente cu ieșiri active pe unu logic și afișaje cu anodul comun, ce modificări trebuie efectuate în schemă pentru a deveni funcțională ?
- Este strict necesară "aprinderea" cifrelor în ordinea: unități, zeci, sute, mii ?
- Are importanță starea inițială de la care pleacă numărătorul ?
- Care este schema pentru un afișaj cu 4 digiți cu catod comun ?
- După verificarea unui montaj electronic s-a constatat că există o eroare de execuție: ieșirea $\overline{2}$ comandă tranzistorul Q3 iar ieșirea $\overline{1}$ comandă tranzistorul Q2. Cum trebuie conectate codurile BCD de la intrarea blocului de multiplexare pentru ca informația de intrare să fie afișată corect ?
- Care este schema logică realizată cu porți NAND ce poate înlocui decodificatorul binar ce comandă baza tranzistoarelor?
- Care este intervalul maxim de timp (în cazul cel mai defavorabil) dintre modificarea informației de intrare și afișarea efectivă a modificării ?
- Care este efectul vizibil dacă se întrerupe legătura dintre ieșirea Q_B a numărătorului și intrarea de selecție B a decodificatorului binar?

B: Referitor la schema electrică a machetei de laborator prezentată în figura 6, răspundeți la următoarele întrebări:

- Care este corespondența dintre schema bloc din figura 3 și schema detaliată din figura 6 ?
- Cum se poate modifica frecvența oscilatorului ?
- Poarta NAND cu caracteristică de transfer de tip trigger Schmitt poate fi înlocuită cu o poartă NAND cu caracteristică normală ? Dar cu un inversor cu caracteristică trigger Schmitt?
- Explicați funcționarea ceasului manual (P1, B1, C2, R9, poarta NAND cu caracteristică de tip trigger Schmitt) ?
- Cum a fost implementat numărătorul binar pe 2 biți ? Ce rol au rezistențele R20 și R21 ?
- Se poate înlocui numărătorul din schema 6 cu un circuit specializat (spre exemplu 7493) fără a modifica restul schemei?
- Care este modul de realizare a decodificatorului binar necesar pentru comanda tranzistoarelor ?
- Se poate înlocui decodificatorul binar cu un registru de deplasare pe 4 biți ?

- Consultați foile de catalog și precizați care sunt particularitățile circuitului 74LS153 ?

IV.2. Simularea unui afișaj dinamic

- Simulați schema din figura 7, folosind TINA (sau un program echivalent);
- Înlocuiți circuitul 7493 cu doi bistabili de tip JK, conectați în mod convenabil;
- Plecând de la schema obținută la subpunctul anterior, înlocuiți circuitul 7442 cu 4 porți NAND cu 2 intrări, conectate în mod convenabil;

IV.1. Reproiectarea afișajului dinamic de la 4 la 6 cifre

- Reproiectați orice componentă este necesară în schema din figura 7 astfel încât să obținem un afișaj dinamic pe 6 cifre;