

Lucrarea 11.

APLICAȚII ALE COMPARATOARELOR

1. Detectoare de vârf

Dectoarele de vârf sunt circuite electronice specializate, care îndeplinesc rolul de a extrage din semnalul aplicat la intrare valoarea extremă (maxim sau minim) și de a o memora până la apariția unei valori mai mari (mai mici) decât cea memorată anterior, când se memorează noua valoare.

Deoarece există maxime de tensiune pozitivă și maxime de tensiune negativă (în valoare absolută) circuitele detectoare de varf se împart în detectoare de vârf pentru semnal pozitiv, numite și detectoare de maxim și detectoare de vârf pentru semnal negativ numite detectoare de minim.

Din punct de vedere al alcătuirii, modul de funcționare sugerează existența unui bloc cu funcție de memorare a tensiunii, în general realizat cu ajutorul unui condensator de bună calitate, și a unui comparator care decide dacă valoarea curentă a semnalului de intrare este mai mare decât valoarea memorată anterior, doar în acest caz comandând memorarea noii valori.

2. Funcționarea detectorului de maxim.

În Fig. 1. este prezentată schema de principiu pentru un detector de vârf de tensiune pozitivă realizat cu ajutorul unui comparator integrat βM 339.

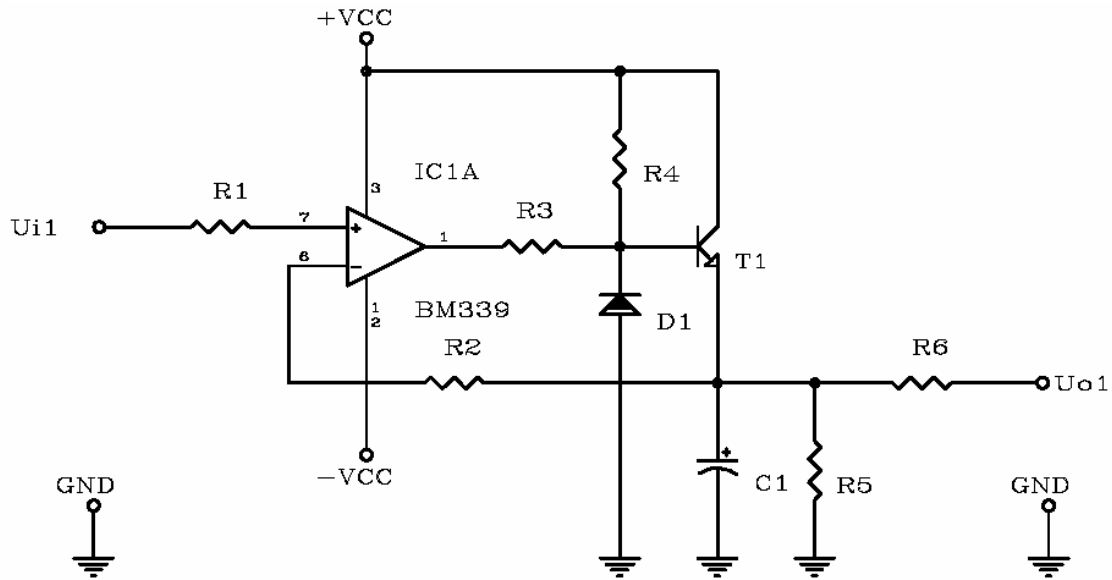


Fig. 1

Trebuie precizat încă de la început că în principiu detectoarele de vârf realizate cu comparatoare de tipul $\beta M339$ nu necesită alimentare diferențială. S-a ales totuși acest tip de alimentare ca măsură suplimentară de protecție împotriva conectării incorecte a surselor de alimentare sau a surselor de semnal (de intrare).

Semnalul de intrare este aplicat pe intrarea neinversoare a comparatorului, prin rezistorul R_1 . Valoarea de maxim anterior, memorată sub forma tensiunii de la bornele condensatorului C_1 este aplicată pe intrarea inversoare a comparatorului, prin rezistorul R_2 . Dacă tensiunea de intrare U_{i1} este mai mare decât tensiunea de la bornele condensatorului C_1 , tranzistorul de ieșire al comparatorului se blochează și ca urmare rezistorul R_4 va injecta în baza tranzistorului T_1 un curent de valoare

$$1. I_B = \frac{V_{CC} (U_{BE} + U_C)}{R_3} ;$$

În emitorul tranzistorului T_1 apare curentul:

$$2. I_E = I_B (\beta + 1) .$$

Curentul încarcă condensatorul C_1 până când tensiunea la bornele sale devine egală cu tensiunea de intrare U_i . În acest moment tranzistorul din ieșirea comparatorului se saturează (la aproximativ $-10V$) și absoarbe în întregime curentul de bază al tranzistorului T_1 . Grupul format din R_3 și D_1 protejază tranzistorul T_1 împotriva tensiunilor negative mari care ar apărea în acest caz în baza sa.

Ca urmare T_1 se blochează și rămâne blocat cât timp nu apare la intrare o tensiune U_i care să îndeplinească condiția de blocare a tranzistorului de ieșire al comparatorului, $U_i > U_{C1}$.

Semnalul de ieșire trebuie cules de la bornele condensatorului C_1 cu ajutorul unui etaj cu impedanță mare de intrare pentru a nu descarca sarcina acumulată în condensator.

Rezistorul R_6 conectat în serie cu ieșirea protejează tranzistorul T_1 împotriva scurtcircuitării ieșirii la masă.

Principalul dezavantaj al acestui montaj este datorat deschiderii în polarizare inversă (străpungerii) jonctiunii B-E a tranzistorului T_1 la valori de tensiune de ordinul a 4...8 V, ceea ce limitează valoarea maximă a tensiunilor ce se pot memora.

3. Funcționarea detectorului de minim.

În fig. 2. se prezintă schema de principiu a unui detector de maxim pentru semnal negativ (detector de minim).

Dacă tensiunea de intrare este mai pozitivă decât tensiunea de la bornele condensatorului C_2 , tranzistorul de ieșire al comparatorului este blocat și condensatorul C_2 memorează tensiunea anterioară. Tensiunea la bornele lui C_2 este afectată doar în mică măsură de curentul ce curge prin rezistorul R_8 , datorită valorii mari a rezistorului: $R_8 > 1M\Omega$.

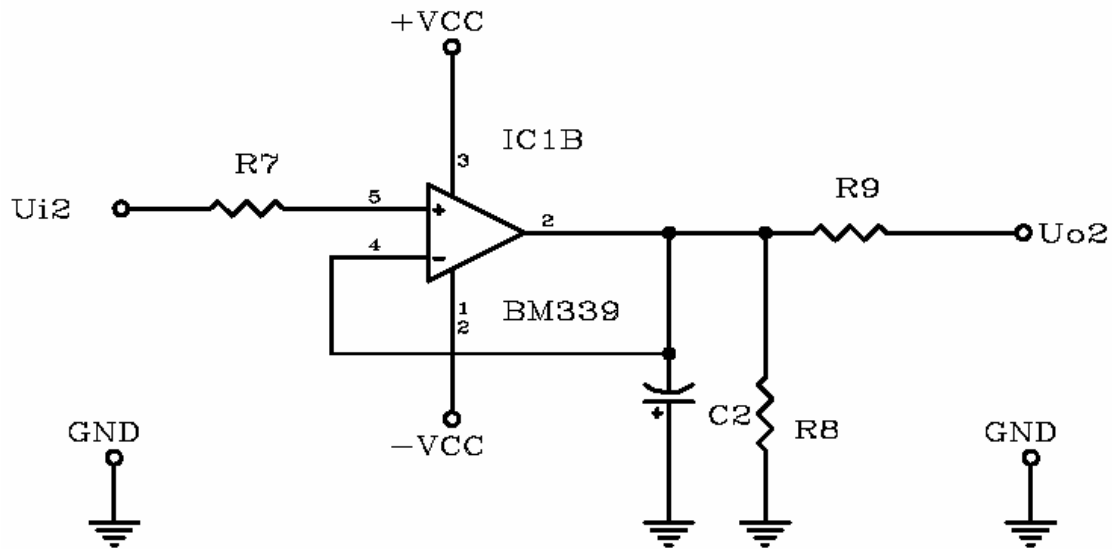


Fig. 2

Atunci când tensiunea de intrare este mai negativă decât tensiunea de la bornele condensatorului, tranzistorul de ieșire al comparatorului se deschide, absorbind curent din condensator și deci C_2 se "încarcă cu tensiune negativă". În momentul în care armătura negativă a lui C_2 devine mai negativă decât semnalul de intrare, tranzistorul de ieșire al comparatorului se blochează, schema trecând în regim de memorare.

Rezistorul R_2 are rol de protecție a ieșirii integratului împotriva scurtcircuitării la $+V_{CC}$ sau la masă.

Și în cazul acestui montaj durata și acuratețea memorării depind esențial de valoarea impedanței de intrare în etajul care citește valoarea tensiunii condensatorului C_2 .

Din această cauză în cele mai multe aplicații la ieșirea detectoarelor de vârf, fie ele de maxim sau de minim, se cuplează un etaj separator (*buffer*) realizat de regulă cu un amplificator operațional de precizie, în structură repetor neinversor, care asigură impedanța mare de intrare și permite cuplarea la ieșire a sarcinilor pentru un interval larg de impedanțe de intrare.

4. Comparator multinivel

În unele aplicații este necesară precizarea sub o formă "prietenosă" a informației cu privire la mărimea unei tensiuni. O metodă de a realiza acest deziderat este utilizarea unui afișor sub forma unei barete de L.E.D-uri (*bar-graph*). În funcție de numărul de L.E.D-uri aprinse se poate deduce ușor mărimea semnalului de intrare. Suplimentar, L.E.D-urile care indică diferite informații globale pot avea culori diferite, de exemplu verde pentru nivel normal, galben pentru limita maximă admisă și roșu pentru nivel prea mare al semnalului de intrare.

Fig. 3 prezintă schema electrică a unui astfel de dispozitiv de afișare.

Se utilizează patru L.E.D-uri comandate de ieșirile celor patru comparatoare care compun circuitul integrat $\beta M339$.

Semnalul de intrare se aplică prin rezistorul R_{10} simultan pe intrările inversoare ale tuturor celor patru comparatoare.

Pe intrările neinversoare se aplică tensiunile de referință U_{ref1} , U_{ref2} , U_{ref3} respectiv U_{ref4} , obținute cu ajutorul divizorului în scară format cu rezistoarele R_{11} , R_{12} , R_{13} , R_{14} și R_{15} .

Rezistoarele R_{16} , R_{17} , R_{18} și R_{19} au rolul de rezistențe de balast, ele limitând curentul prin L.E.D-uri la valoarea dorită.

Fiecare din cele patru operatoare compară tensiunea de intrare cu referința de tensiune aplicată pe propria intrare neinversoare. Dacă tensiunea de intrare este mai mare decât tensiunea de referință tranzistorul de ieșire al comparatorului este saturat și ca urmare se închide circuitul $+V_{CC}$, rezistența de balast, L.E.D în conducție, tranzistor de ieșire saturat, și L.E.D-ul se aprinde.

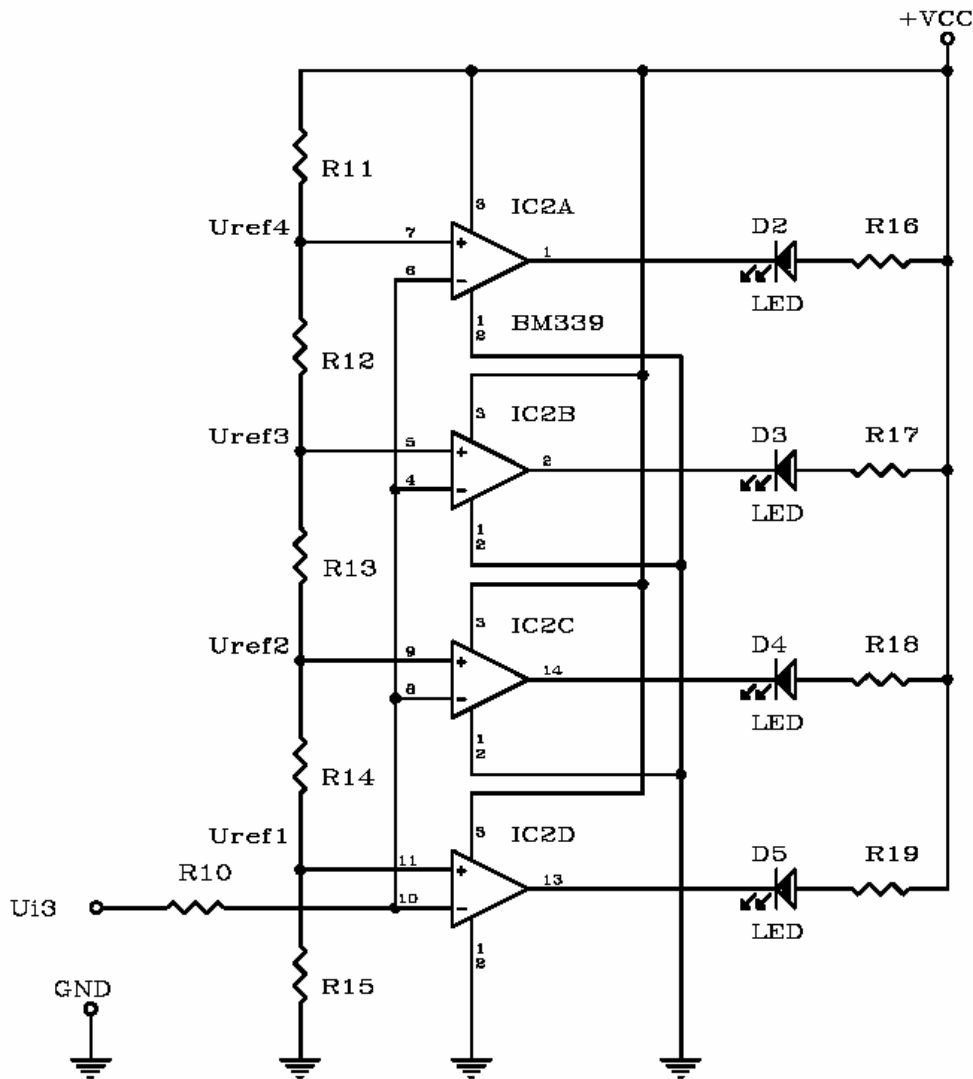


Fig. 3

Schema din Fig. 3 poate fi teoretic extinsă pentru orice număr de L.E.D.-uri. Din punct de vedere practic însă, dacă numărul de L.E.D.-uri pe canal este foarte mare și mai ales dacă este necesară multiplicarea schemei

pentru mai multe canale de afișare simultană, este preferabil de utilizat o structură de schemă cu multiplexare a ieșirilor.

Datorită structurii logice a schemei, L.E.D.-ul n va fi aprins doar dacă toate cele n-1 L.E.D.-uri anterioare sunt aprinse.

5. Relații de proiectare pentru comparatorului multinivel

Valorile tensiunilor de referință se obțin cu relațiile:

$$U_{ref1} = V_{CC} \frac{R_{15}}{R_{11} + R_{12} + R_{13} + R_{14} + R_{15}};$$

$$U_{ref2} = V_{CC} \frac{R_{14} + R_{15}}{R_{11} + R_{12} + R_{13} + R_{14} + R_{15}};$$

.....

$$U_{ref4} = V_{CC} \frac{R_{12} + R_{13} + R_{14} + R_{15}}{R_{11} + R_{12} + R_{13} + R_{14} + R_{15}};$$

Pentru calculul rezistențelor de balast se pleacă de la condiția :

$$I_{ref} \leq \min(I_{o\max}, I_{F\max}), \text{ unde}$$

I_{LED} este curentul de lucru ales pentru L.E.D.-uri,

$I_{o\max}$ este curentul maxim suportat de ieșirea comparatoarelor alese (16 mA pentru $\beta M339$) și

$I_{F\max}$ este curentul maxim în sens direct prin L.E.D. (50 MA PENTRU MDE1531...3). După stabilirea valorii I_{LED} , rezistențele de balast se calculează cu formula:

$$R_{16} = \frac{V_{CC} (U_F + U_{CEsat})}{I_{LED}}; \text{ în care}$$

U_F este căderea de tensiune în sens direct pe L.E.D. (~1.6... 1,7 V în funcție de curentul ales) iar U_{CEsat} este tensiunea de saturație a tranzistorului de ieșire al comparatorului folosit (0,5 V la 4 mA pentru $\beta M339$).

În cazul în care se dorește o caracteristică neliniară pentru afișor (de exemplu logaritmică) se vor calcula tensiunile de referință corespunzător acestei legi de variație, după cum se observă din graficul prezentat în Fig. 4:

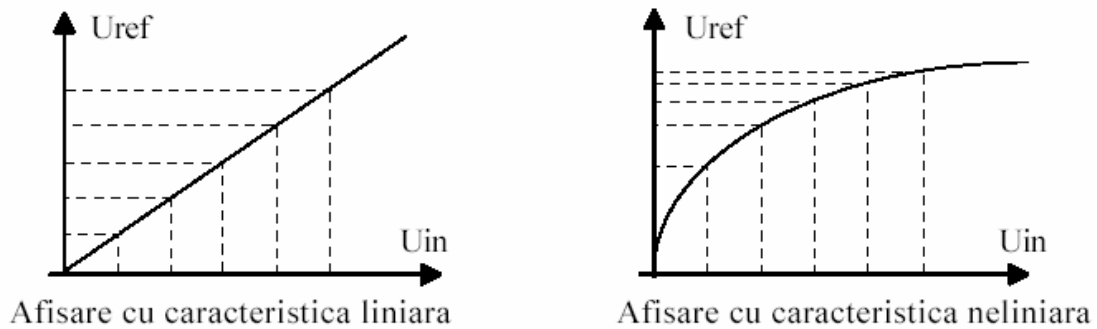


Fig. 4

6. Modularea factorului de umplere

O gamă foarte largă de aplicații folosește modularea factorului de umplere (uneori se folosește notația P.W.M., inițialele de la **P**ulse **W**idth **M**odulation) pentru modularea puterii injectate într-un consumator, pentru a-i schimba caracteristica de funcționare. Dintre aceste aplicații enumerăm controlul turației motoarelor de curent continuu sau alternativ asincrone, controlul intensității de iluminare a becurilor cu incandescență, controlul temperaturii la cuptoarele electrice ș.a.

În Fig. 5 este prezentat un montaj care permite generarea a două semnale complementare cu factor de umplere variabil, comanda factorului de umplere fiind realizată prin intermediul unei tensiuni continue, U_{i3} .

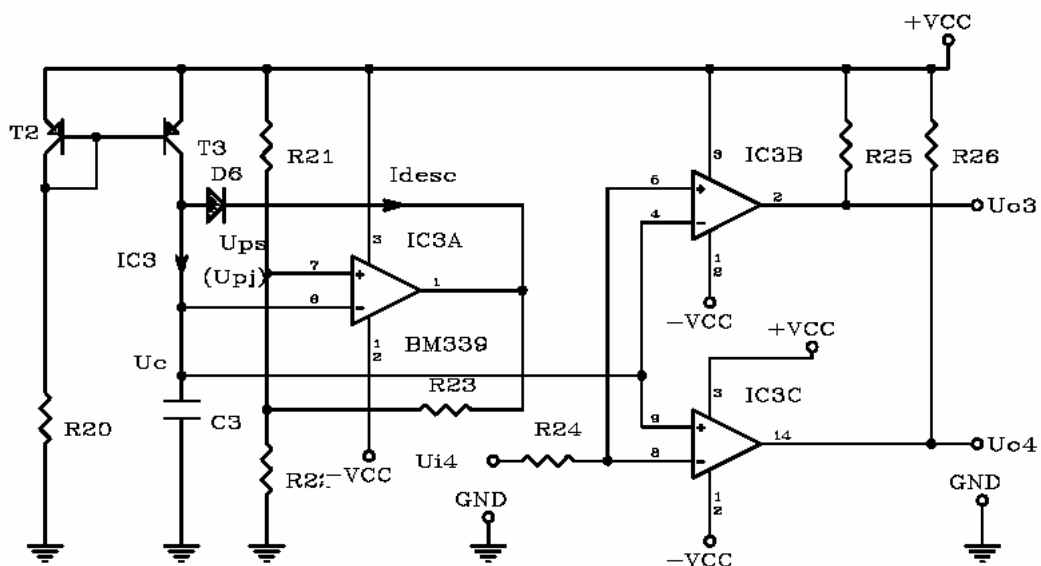


Fig. 5

7. Funcționarea modulatorului PWM:

Schema este compusă dintr-un generator de Tensiune Liniar Variabilă (TLV), cu frecvență fixă, al cărui semnal de ieșire este comparat cu tensiunea de comandă cu ajutorul a două comparatoare, unul neinvertor și unul invertor. Se obțin la ieșirile celor două comparatoare două semnale cu frecvența semnalului TLV și factorul de umplere proporțional, respectiv invers proporțional cu tensiunea de comandă.

Generatorul TLV folosește un generator de curent constant de tip oglindă, format din tranzistoarele T_2 și T_3 , pentru a încărca liniar condensatorul C_3 . Rezistorul R_{20} generează curentul de referință, de valoare

$$I_{R_{20}} = \frac{V_{CC} - U_{BE}}{R_{20}};$$

Dacă T_2 se presupune identic cu T_3 atunci $I_{CT3} = I_{R_{20}}$, indiferent de tensiunea la bornele condensatorului C_3 .

Tensiunea este comparată cu tensiunile U_{pj} respectiv U_{ps} de comparatorul IC3A, în montaj de comparator invertor cu histerezis. Dacă $U_{C3} < U_{ps}$, dar $U_{C3} > U_{pj}$, tranzistorul de ieșire al comparatorului este blocat și ca urmare I_{C3} încarcă condensatorul, tensiunea crescând liniar la bornele sale.

Atunci când depășește U_{ps} tranzistorul de ieșire al comparatorului se deschide și conduce către V_{CC} prin dioda D_6 atât curentul acumulat în condensator cât și curentul de colector la tranzistorului T_3 . Această stare se păstrează până când C_3 se descarcă îndeplinindu-se relația $U_{C3} < U_{pj}$. Drept urmare se produce bascularea ieșirii comparatorului, blocarea tranzistorului său de ieșire și reînceperea ciclului de încărcare a lui C_3 .

Din schemă se observă că singurele rezistențe de limitare a curentului de descărcare a condensatorului C_3 sunt rezistențele dinamice ale diodei D_6 și tranzistorului de ieșire al comparatorului, amândouă deschise. Din această cauză frontul de descărcare al condensatorului C_3 este foarte abrupt.

Tensiunea liniar variabilă de la bornele lui C_3 este "intersectată" cu tensiunea de comandă U_{i3} cu ajutorul comparatoarelor IC3B și IC3C, punctele de intersecție generând fronturile semnalelor de ieșire.

În Fig. 6 este prezentat grafic acest principiu de funcționare

Tensiunea liniar variabilă de la bornele lui C_3 este "intersectată" cu tensiunea de comandă U_{i3} cu ajutorul comparatoarelor IC3B și IC3C, punctele de intersecție generând fronturile semnalelor de ieșire.

În Fig. 6 este prezentat grafic acest principiu de funcționare

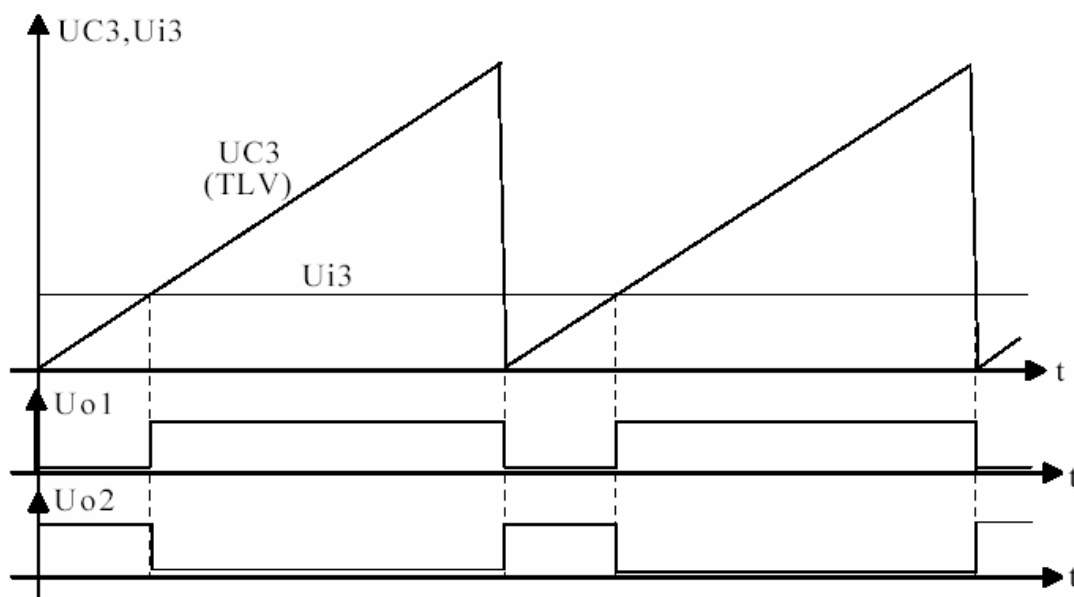


Fig. 6

Rezistențele R_{21} , R_{22} și R_{23} determină valorile U_{ps} și U_{pj} și prin acestea amplitudinea semnalului TLV. Amplitudinea TLV determină la rândul său sensibilitatea montajului față de tensiunea de comandă U_{i3} , unei amplitudini mari corespunzându-i sensibilitate scăzută și reciproc, la amplitudine mică a TLV corespunzându-i sensibilitate mare.

Trebuie remarcat că montajul prezintă sensibilitate la tensiunea de comandă doar când aceasta se află cuprinsă între valoarea minimă și valoarea maximă a rampelor TLV, în afara acestui interval modificarea tensiunii de comandă ne determinând modificări ale factorului de umplere.

Rezistoarele R_{25} și R_{26} sunt rezistoare de sarcină, ieșirile lui $\beta M339$ fiind de tipul colector în gol.

8. Modul de lucru

1. Se identifică pe placa de circuit imprimat montajul din Fig. 1 (detector de vârf de tensiune pozitivă și se notează pe schemă valorile componentelor folosite. Se alimentează montajul de la o sursă diferențială de ± 10 V.

Alimentarea incorectă sau aplicarea de tensiuni cu polaritate incorectă la intrare poate duce la arderea circuitelor integrate !!!

2. Se aplică la intrarea U_{i1} tensiune sinusoidală cu amplitudinea maximă de $8V_{VV}$. Se modifică nivelul semnalului de intrare și se verifică funcționarea schemei, citind tensiunea de la ieșire cu ajutorul osciloscopului.
3. Se aplică la intrare tensiune continuă de +4V și apoi se deconectează intrarea și se urmărește scăderea tensiunii de la ieșire ca urmare a descărcării condensatorului C_1 pe rezistența de sarcină reprezentată de intrarea osciloscopului ($Z_{in} = 1 \text{ M}\Omega$) în paralel cu R_4 .
4. Se identifică pe placa de circuit imprimat montajul din Fig. 2 (detector de vârf de tensiune negativă) și se notează pe schemă valorile componentelor folosite. Se aplică la intrarea U_{i2} tensiune sinusoidală cu amplitudinea de max. $8V_{VV}$. Se modifică nivelul semnalului de intrare și se verifică funcționarea schemei, citind tensiunea de la ieșire cu ajutorul osciloscopului.
5. Se aplică la intrarea U_{i2} o tensiune continuă de - 4 V, apoi se deconectează intrarea și se urmărește scăderea tensiunii de la ieșire ca urmare a descărcării condensatorului C_2 pe rezistența de sarcină reprezentată de intrarea osciloscopului ($Z_{in} = 1 \text{ M}\Omega$) în paralel cu rezistența de $1 \text{ M}\Omega$ din placă.
6. Se identifică pe placa de circuit imprimat montajul din Fig. 3 (comparator multinivel) și se notează pe schemă valorile componentelor folosite. Se aplică la intrarea U_{i3} o tensiune continuă reglabilă. Se crește U_{i3} de la 0V la +8V urmărind cu atenție starea L.E.D-urilor indicatoare și notând tensiunile de intrare la care se produc schimbări în starea afișorului.
7. Se măsoară tensiunile U_{ref1} , U_{ref2} , U_{ref3} și U_{ref4} și se compară cu tensiunile măsurate la punctul 6.
8. Se va calcula o rețea de rezistențe care să determine o lege de afișare pătratică în intervalul 0...10V.
9. Se notează pe schemă valorile componentelor folosite în montajul din Fig. 5 și se aplică la intrarea U_{i3} , față de masă, o tensiune continuă reglabilă în intervalul 0... +5V
10. Se vizualizează cu osciloscopul pe canalul A (se va folosi un osciloscop cu minim 2 spoturi) forma de undă a semnalului și apoi păstrând sincronizarea pe A se vizualizează sincron pe canalul B tensiunile de prag U_{pj} și U_{ps} .

11. Se desenează oscilogramele de la punctul 10.
12. Păstrând sincronizarea cu pe canalul A se vizualizează pe canalul B formele de undă ale ieșirilor U_{o3} și U_{o4} pentru diferite valori ale tensiunii de intrare U_{i3} . Se desenează oscilogramele pentru cel puțin două valori ale tensiunii de intrare.