

## 6. STABILIZATOARE DE TENSIUNE CONTINUĂ

### 6.1. Generalități

#### a) Principii de realizare a stabilizatoarelor liniare de tensiune continuă

Stabilizatoarele liniare de tensiune continuă (SLTC) sunt circuitele electronice liniare care furnizează la ieșire o tensiune continuă cu nivel cvasiconstant, pentru variații precizate ale tensiunii de alimentare, curentului prin sarcină și temperaturii mediului ambiant. Tranzistoarele din structură funcționează în regiunea activă din planul caracteristicilor statice de ieșire. În regim normal de funcționare, variațiile tensiunii de alimentare, curentului prin sarcină și temperaturii mediului ambiant sunt lente și suficient de mici, conducând la stabilirea unui regim variabil de semnal mic și de frecvențe joase pentru dispozitivele active.

Stabilizatoarele liniare de tensiune continuă sunt realizate după principiul sistemelor de urmărire care, în esență, conțin o conexiune cu reacție negativă. În SLTC, o parte din tensiunea de ieșire este adusă prin circuitul de reacție (coeficient de transfer  $\beta$ ), la intrarea configurației, unde este comparată cu o tensiune de referință (fig. 6.1.1). În regim de lucru neperturbat, pentru care se obține nivelul prescris al tensiunii de ieșire ( $U_O$ ), eroarea sistemului este

$$\varepsilon_0 = U_{\text{ref}} - \beta \cdot U_O . \quad (6.1.1)$$

O variație  $\Delta U_O$  a tensiunii de ieșire va conduce la apariția unei erori

$$\varepsilon = U_{\text{ref}} - \beta \cdot (U_O + \Delta U_O) = \varepsilon_0 - \beta \cdot \Delta U_O , \quad (6.1.2)$$

care face ca dispozitivele active să-și modifice punctul de funcționare până când eroarea  $\varepsilon$  revine la valoarea  $\varepsilon_0$  și, respectiv, tensiunea de ieșire revine la nivelul  $U_O$ .

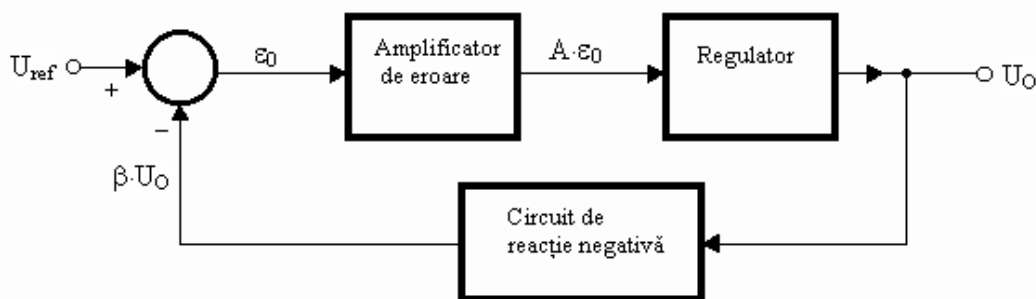


Fig. 6.1.1. Schema bloc a SLTC

În aceste circuite, TB sunt utilizate ca regulatoare care controlează permanent nivelul tensiunii de ieșire, pentru realizarea operației de comparare și ca amplificatoare ale erorii. După cum regulatorul este conectat în paralel sau în serie cu rezistența de sarcină, se obțin două configurații: *SLTC cu regulator derivație*, respectiv *SLTC cu regulator serie*.

În general, calitatea unui SLTC este apreciată prin aceiași indicatori de performanță ca și stabilizatoarele cu diode Zener: coeficientul de stabilizare ( $S_0$ ), rezistența de ieșire ( $R_0$ ) și coeficientul de temperatură ( $K_T$ ); sunt de dorit valori cât mai mari ale coeficientului  $S_0$  și valori cât mai mici ale parametrilor  $R_0$  și  $K_T$ . Tensiunea la ieșire scade la creșterea curentului prin sarcină, cu atât mai mult, cu cât rezistența de ieșire a circuitului este mai ridicată.

Pentru protejarea regulatorului serie la supracurent, majoritatea SLTC sunt prevăzute cu circuite de limitare a curentului de ieșire; limitarea poate fi simplă sau cu întoarcerea curentului; în al doilea caz, în regim de scurtcircuit, se produce și o reducere a puterii disipate pe regulator.

## b) Stabilizatoare liniare monolitice de tensiune continuă

Stabilizatoarele liniare de tensiune continuă sub forma circuitelor integrate monolitice (SMT) au apărut din necesitatea realizării unor stabilizatoare de dimensiuni cât mai mici, destinate alimentării locale a unor subansambluri electronice. Familia SMT cuprinde o diversitate mare de tipuri, iar aceste circuite integrate au un domeniu larg de aplicații. Stabilizatoarele monolitice de tensiune continuă (circuite analogice liniare), sunt realizate și funcționează după principiul stabilizatoarelor liniare de tensiune continuă cu regulator serie și amplificator de eroare.

O clasificare a SMT se poate realiza după numărul ieșirilor (circuite cu o ieșire sau cu două ieșiri), posibilitatea reglării tensiunii de ieșire (STM de uz general, STM de tensiune fixă), polaritatea tensiunii de ieșire (stabilizatoare de tensiune pozitivă, respectiv negativă), mărimea puterii furnizate în sarcină (sau puterea disipată intern), precizia tensiunii furnizate la ieșire în cazul modificării condițiilor de funcționare etc.

### 6.2. Stabilizatoare monolitice de tensiune fixă

Stabilizatoarele monolitice de tensiune fixă (SMTF) au fost concepute, fiecare în parte, pentru o tensiune stabilizată nominală și un curent maxim de ieșire bine determinate. Aceasta a permis realizarea circuitelor în capsule standard de tranzistoare, cu trei terminale, ieftine. Dacă sunt utilizate pentru valoarea nominală a tensiunii de ieșire, SMTF nu necesită elemente de circuit externe, cu excepția unui condensator tampon de ieșire; dacă se adaugă componente discrete pasive și/sau active, se extind posibilitățile de utilizare ale circuitului.

SMTF de putere mică pot fi folosite, direct, pentru alimentarea individuală atât a circuitelor cu consum mic, cât și a acelor cu consum mare (prin adăugarea unui tranzistor de putere extern). De asemenea, pot fi folosite pentru stabilizarea tensiunii de alimentare aferente unei părți dintr-un circuit, înlocuind astfel o diodă Zener de putere și asigurând performanțe superioare de stabilizare. SMTF de putere mare se folosesc, în majoritatea cazurilor, pentru alimentarea individuală a pachetelor de cartele electronice.

*Structura internă a unui SMTF* conține toate blocurile funcționale ale unui stabilizator liniar de tensiune continuă cu regulator serie și amplificator de eroare (AE). Schema bloc a unui SMTF pozitivă, din familia LM 78XX, este prezentată în fig. 6.2.1.

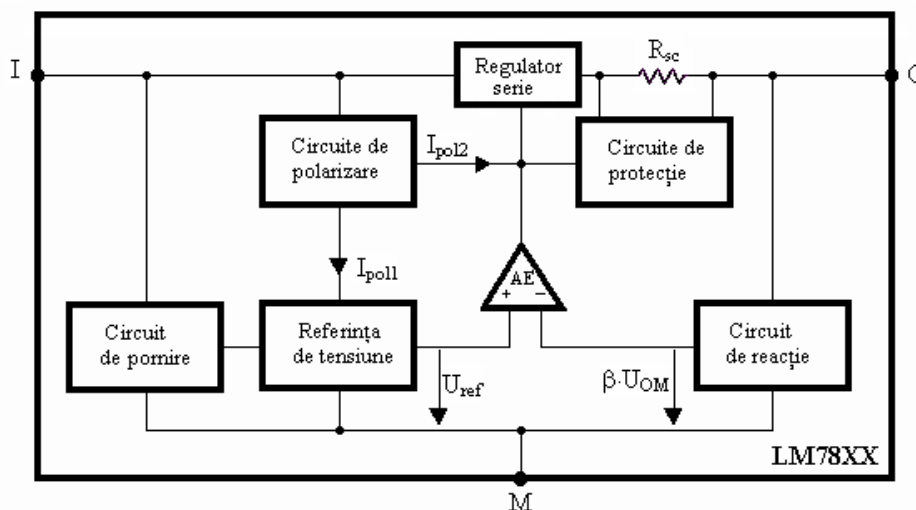


Fig. 6.2.1. Schema bloc a unui SMTF pozitivă, din familia LM 78XX

Regulatorul serie este realizat sub forma unui tranzistor NPN de putere (o configurație Darlington normală); conexiunea CC a tranzistorului asigură o valoare redusă pentru rezistența de ieșire a stabilizatorului. Sursa de tensiune de referință (realizată cu diode Zener sau ca o referință de

tensiune) este blocul funcțional cel mai important, întrucât calitatea unui SMT depinde de performanțele acestui bloc. Circuitul de reacție negativă se realizează sub forma unui divizor rezistiv. Amplificatorul de eroare (AE) compară cele două tensiuni de la intrările sale ( $U_{ref}$  și  $U_I$ ), amplifică diferența acestora și comandă starea de conducție a regulatorului serie, forțând tensiunea de ieșire să rămână constantă. Circuitul de polarizare conține sursele de curent care alimentează blocurile funcționale ale stabilizatorului. Circuitul de pornire inițializează stabilizatorul monolitic, fără să-i influențeze regimul normal de funcționare.

Pentru o funcționare nedistructivă și la performanțele prevăzute de foile de catalog, se impune respectarea valorilor parametrilor care descriu *încărcarea maximă a stabilizatorului*, date prin: valorile maxime ale tensiunii de intrare, puterii disipate și temperaturii ambiante de funcționare.

Parametrii care descriu *funcționarea propriu-zisă a circuitului* sunt: domeniul tensiunii de intrare, valoarea nominală a tensiunii stabilizate de ieșire, valoarea minimă a diferenței dintre tensiunea de intrare și cea de ieșire, curentul maxim de ieșire etc.

Pentru aprecierea preciziei de control a nivelului tensiunii de ieșire la acțiunea unor factori perturbatori, se utilizează următorii parametri: stabilizarea de intrare (sau de linie),  $K_U$ , stabilizarea de sarcină,  $K_L$ , coeficientul de temperatură al tensiunii de ieșire,  $K_T$ .

### a) Aplicații tipice.

Utilizarea SMTF în aplicații care necesită alimentare la tensiunea nominală de ieșire  $U_{OM}$  a circuitului, iar consumul nu depășește valoarea maximă a curentului de ieșire  $I_{0max}$  este extrem de simplă. Fie un SMTF de tensiune pozitivă; terminalul de intrare (I) se conectează la borna pozitivă a sursei de tensiune redresată, tensiunea stabilizată fiind obținută între terminalul de ieșire (O) și cel de-al treilea terminal (M), conectat la borna negativă a sursei de alimentare. Dacă SMTF se plasează la distanță de blocul redresor - filtru, se va conecta la intrare un condensator  $C_1$  (tipic,  $C_1 = 0,1 \mu F$ ). Compensarea internă a caracteristicilor de frecvență permite funcționarea SMTF cu sau fără condensator de ieșire; uneori, se conectează un condensator  $C_2$  (ordinul  $\mu F$ ) la ieșirea stabilizatorului pentru îmbunătățirea regimului tranzitoriu și reducerea impedanței de ieșire la frecvențe înalte.

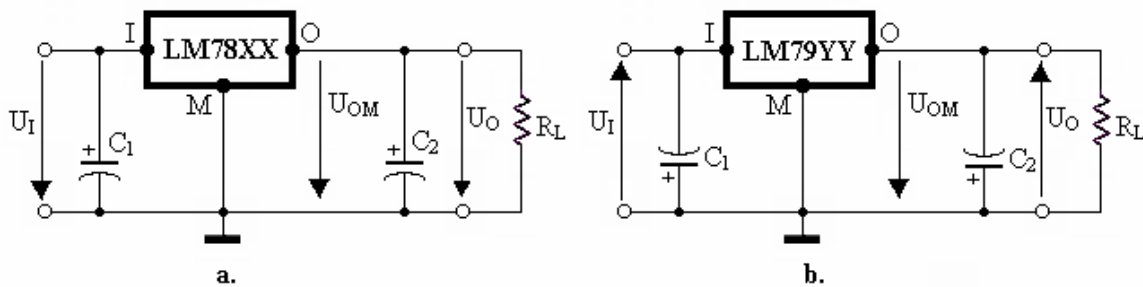


Fig. 6.2.2. Utilizarea standard a SMTF de tensiune pozitivă și negativă

În fig. 6.2.2, sunt prezentate scheme de stabilizoare de tensiune continuă pozitivă (a) și negativă (b), bazate pe folosirea standard a SMTF, pentru aplicații cu  $U_O = U_{OM}$ . Prin adăugarea unor elemente de circuit pasive și/sau active, este posibil să se utilizeze SMTF pentru tensiuni de ieșire, de intrare sau curenți de ieșire mai mari decât valorile nominale ale circuitului.

### b) Extinderea domeniului tensiunii de ieșire

Pentru creșterea tensiunii de ieșire cu o cantitate  $\Delta U_O$  ( $\Delta U_O < 2V$ ) peste valoarea nominală  $U_{OM}$ , este suficient să se însereze, cu terminalul M al SMTF, un rezistor cu rezistență de valoare mică (maxim  $200\Omega$ ),

$$R_Q = \Delta U_O / I_Q, \quad (6.2.1)$$

unde  $I_Q$  este curentul consumat în gol de circuit, care se scurge prin terminalul M (valoarea tipică, 1-10 mA). Pentru stabilizatorul de tensiune pozitivă din fig. 6.2.3, tensiunea de ieșire este

$$U_O = U_{OM} + I_Q \cdot R_Q \quad (6.2.2)$$

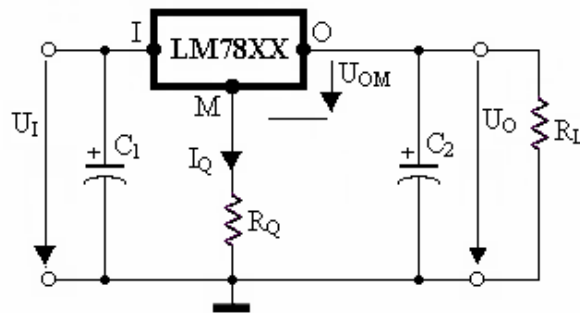


Fig. 6.2.3. Stabilizator cu  $U_O > U_{OM}$  și  $\Delta U_O < 2V$

Pentru creșteri mai importante ale tensiunii de ieșire ( $\Delta U_O > 2V$ ), este preferabil să se adopte pentru  $R_Q$  o valoare scăzută ( $R_Q \leq 150\Omega$ ) și să se adauge, la curentul  $I_Q$ , un curent constant  $I_R$  obținut din tensiunea stabilizată  $U_{OM}$ , ca în fig. 6.2.4. Dacă  $R_Q$  este rezistența unui semireglabil, se poate obține o tensiune de ieșire reglabilă. Cu un astfel de circuit, se obține tensiunea de ieșire

$$U_O = R_Q \cdot I_Q + (1 + R_Q / R_R) \cdot U_{OM} \quad (6.2.3)$$

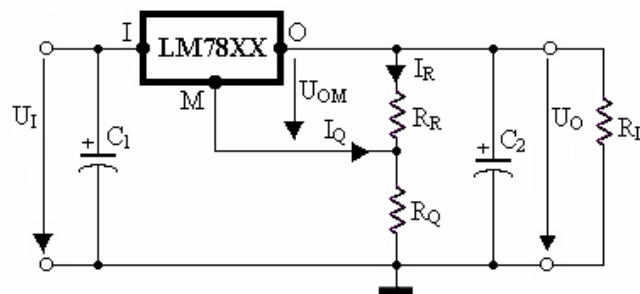


Fig. 6.2.4. Stabilizator cu  $U_O > U_{OM}$  și  $\Delta U_O > 2V$

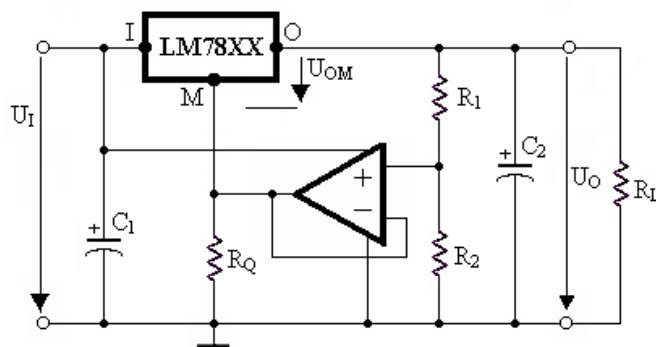


Fig. 6.2.5. Schemă pentru creșterea nivelului tensiunii stabilizate

Dacă nivelul tensiunii stabilizate nu trebuie să se modifice cu mai mult de 3%, se recomandă utilizarea circuitului din fig. 6.2.5, care folosește un repetor de tensiune realizat cu amplificator operațional. Considerând AO ideal, tensiunea de ieșire a repetorului este

$$U_{O,AO} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_O. \quad (6.2.4)$$

Observând că

$$U_{O,AO} + U_{OM} = U_O, \quad (6.2.5)$$

se obține tensiunea de ieșire a montajului:

$$U_O = (1 + R_2 / R_1) \cdot U_{OM}. \quad (6.2.6)$$

Conectarea rezistorului  $R_Q$  la ieșirea amplificatorului operațional limitează curentul de ieșire al acestuia la mai puțin de  $\pm 2\text{mA}$ . Curentul prin rezistorii  $R_1$  și  $R_2$  poate fi ales la o valoare nesemnificativă, în comparație cu  $I_{Omax}$ .

### c) Extinderea domeniului curentului de ieșire

Pentru creșterea curentului furnizat la ieșirea unui SMTF peste valoarea maximă  $I_{Omax}$ , fixată intern prin circuitul de limitare, există două posibilități: fie se conectează în paralel mai multe SMTF, fie sunt folosite tranzistoare externe de putere.

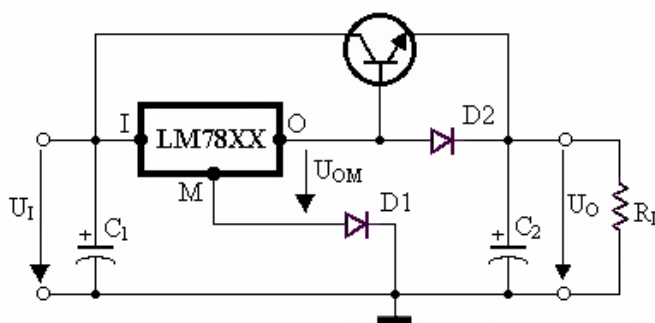


Fig. 6.2.6. Stabilizator cu  $U_O = U_{OM}$  și  $I_O > I_{Omax}$

În fig. 6.2.6, este prezentată utilizarea unui TB tip NPN pentru extinderea domeniului valorilor curentului de ieșire; curentul de bază al tranzistorului este furnizat de SMTF. Dioda  $D_1$  este introdusă pentru compensarea căderii de tensiune pe joncțiunea bază - emitor a tranzistorului. Dioda se plasează pe radiatorul tranzistorului, pentru a evita variația tensiunii de ieșire  $U_O$  cu temperatura și obținerea unei caracteristici de transfer  $U_O = f(U_1)$  crescătoare cu  $U_1$ . Conexiunea CC a tranzistorului îmbunătățește valoarea stabilizării de sarcină. Stabilizatorul poate fi protejat la suprasarcină prin conectarea diodei  $D_2$  (la fel ca și  $D_1$ , se conectează pe radiatorul tranzistorului).

----- \* -----