

Amplificatorul Operațional Hybrid 741

— Platformă educațională —



Modul analiză
Analiza circuitelor

Alimentare $\pm 5V \dots \pm 15V$ c.c.
Alimentare sursa tensiune

Puncte de test pe fiecare bloc
Puncte de măsură semnale

Testare în Lucrări de Laborator
Performanțe circuit

Conectivitate
Lab-Test

Clienților noștri pasionați

Încercăm prin această Colecție de produse să satisfacem cerințele d-voastră plecând de la dorința noastră de a materializa orice idee utilă, valoroasă și imediat aplicabilă.

Fiecare proiect din această colecție a fost selectat cu grijă din multimea de idei, pentru a îmbunătăți modalitatea de înțelegere rapidă a circuitelor electronice, a fost îndelung testat și am abordat o prezentare pe înțelesul tuturor.

Încă de la începuturi, noi cei de la EPSICOM ne-am propus cele mai înalte obiective posibile în căutarea excelenței și mai mult decât atât, am pus un accent important pe formarea profesional vocațională a noii generații ce va continua activitatea, adică voi.

S-a născut astfel ideea dezvoltării acestor platforme, am depus toată energia, creativitatea pentru a sprijini noua generație de specialiști. Permanent am considerat că drumul spre cunoaștere trebuie străbătut îmbinând teoria cu practica imediată pentru aprofundarea și înțelegerea deplină a noțiunilor.

Am testat sute de scheme, zeci de versiuni care să aducă bucuria cunoașterii.

Aceasta este generația de produse educaționale care aduce multe noutăți și completează zonele identificate de noi ca fiind esențiale în aprofundarea cunoștințelor teoretice.

Sperăm că vă vor plăcea la fel de mult precum nouă. Utilizați-le cu înțelepciune și bucurați-vă !

Jan Gîlcescu,
Manager EPSICOM

Introducere	2	Generatorul de curent constant tip Widlar.....	10
Ce sunt amplificatoarele operaționale	2	Amplificatorul diferențial	11
Important de știut.....	3	Generatorul de curent de polarizare	11
Noțiuni introductive	4	Etajul de ieșire	12
Ce sunt Amplificatoarele Operaționale- AO ?.....	4	Analiza circuitului 741	13
Caracteristici.....	4	Analiza circuitului de intrare	13
Cum funcționează ?	4	Teste utile pentru inițiere	14
Platforma Hybrid 741	5	Răspundeți la întrebări.....	14
Din ce este compus acest circuit ?	5	Lucrări de laborator	15
Recapitularea elementelor din circuit	6	Tema Nr.1 -	
Componentele pasive.....	6	Vizualizarea distorsiunilor introduse de AO;	
Rezistorul	6	Măsurarea tensiunilor de saturație.....	15
Condensatorul.....	6	Tema Nr.2 –	
Componente active	8	Determinarea parametrului SR - Slew Rate	17
Tranzistorul	8	Exerciții	19
Tipuri de circuite utilizate în Amplificatorul Operațional	9	Ce urmează?	20
Oglinda de curent	9	Bibliografie	20

Introducere

Prezentare

Amplificatorul operațional este prietenul nostru de mai bine de 50 de ani.

Ne-a însoțit în toate călătoriile noastre în fascinanta lume a electronicii analogice. A făcut istorie și este utilizat încă în industrie.

Este faimos și studiat în continuare de milioane de studenți, pasionați de electronică, entuziaști și profesioniști, în școli și universități din întreaga lume.

Ne-am întrebat ce am putea face pentru o înțelegere deplină a acestui "personaj". Așa a apărut ideea de a îmbina teoria cu practica autentică, studiul "anatomic" al circuitului.

Pe zona de aplicații am dezvoltat un set de scheme, fundamentale, care vor completa studiul.

EPSICOM Design

Echipa de proiectare-dezvoltare

Conectare pe fiecare port

Conectivitate

Modulul Hybrid 741, asemenea versiunii integrate, permite acum conectarea în circuite electronice specifice aplicațiilor Amplificatoarelor Operaționale și sunt acum mai ușor de studiat decât oricând.

Totul este deja pregătit

Modul AO cu componente discrete

Indiferent că sunteți profesionist sau începător, analiza semnalelor în diverse puncte de măsură pe modulele oscilatoare va crea o emoție deosebită și va incita la noi decoperiri.

$\pm 5V_{cc}$... $\pm 15V_{cc}$

Alimentare

Hybrid 741 se numără printre puținele platforme pe care studiul se poate face la diverse tensiuni de alimentare astfel încât se poate observa variația parametrilor de funcționare.

Documentație

Suport de laborator

Se cuplează modulul în suport și este gata de lucru. Avem la dispoziție pentru studiu mai multe scheme de aplicație precum și pinii de măsură pe elementele de circuit.

Important de știut

De ce studiem aceste circuite ?

Este un circuit care a făcut istorie în industria electronică. A fost realizat pentru prima dată în 1967, este utilizat masiv în electronică și se fabrică în cantități de câteva sute de milioane de bucăți, anual.

Soluțiile tehnice alese în proiectarea acestor circuite sunt fascinante, adevărate lecții de profesionalism.

De ce în această variantă ?

Lucrăm adesea cu circuite integrate cărora nu le înțelegem cu adevărat funcționarea.

Varianta realizată cu componente discrete, adică cu tranzistoare și rezistențe, chiar după schema originală, ne oferă posibilitatea poate în premieră, de a măsura caracteristicile electrice ale fiecărui bloc component direct „în chipul integratului”, pe pini de test.

Este cu adevărat o provocare, nu-i așa ?

Și nu în cele din urmă: cunoașterea și înțelegerea acestui circuit operațional ajută fundamental la inițierea în proiectare a circuitelor electronice iar conectarea în diverse scheme ne va dezvălui utilitatea sa practică.

Specificații



Alimentare

$\pm 4,50 - \pm 15V$ c.c.



Consum

$\sim 150mA$ cu ieșirea deconectată



Dimensiuni modul

266 x 220mm



Greutate

~ 500 g

Completul de lucru conține:



Cutie

1



Modulul Hybrid 741

2



Documentație

3

Noțiuni introductive

Ce sunt Amplificatoarele Operaționale- AO?

Amplificatoarele operaționale AO reprezintă o categorie importantă de circuite analogice cu performanțe deosebite.

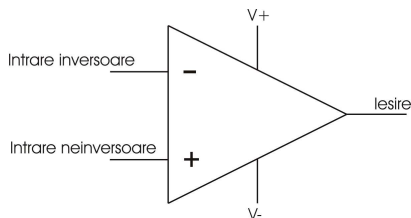


Figura 1 – Simbolul Amplificatorului operațional

Denumirea lor vine din faptul că au fost create și utilizate pentru realizarea unor operații matematice în primele calculatoarele analogice (adunare, scădere, înmulțire, împărțire, integrare, derivare, ...). Primele tipuri de AO erau realizate cu componente discrete, respectiv tranzistoare, diode, rezistențe și condensatoare însă tehnologia circuitelor integrate a condus la variantele actuale de AO care au performanțe spectaculoase.

AO au calitatea de a furniza la ieșire o tensiune proporțională cu diferența potențialelor celor două intrări ale sale (-) și (+), primul etaj numindu-se chiar ... *amplificator diferențial*.

Caracteristici

Notațiile folosite au următoarele semnificații:

- Tensiunea de alimentare: +Vcc și -Vcc valori uzuale în intervalul 5V până la 18V
- Impedanța de intrare: cca. 2 MΩ
- Impedanța de ieșire: cca. 75Ω
- Amplificare în tensiune: 200.000 la frecvențe joase
- Curent maxim la ieșire: 20mA
- Sarcină la ieșire: mai mare de 2KΩ
- Offset intrare: între 2mV și 6mV
- Viteza de răspuns (Slew rate): 0.5V/microsecundă

Cum funcționează ?

Simplu: amplificatorul primește semnalul de la intrarea +, scade semnalul de la intrarea - și apoi înmulțește rezultatul cu un factor numit câștig (de ordinul 105).

Trebuie reținut faptul că amplificatoarele operaționale:

- sunt amplificatoare de curent continuu, ceea ce permite amplificarea pe un domeniu larg de frecvențe,
- au alimentare diferențială (Vcc+ și Vcc-) ceea ce permite procesarea semnalelor pozitive și negative,

AO pot avea conexiuni suplimentare pentru:

- corectarea tensiunii de offset, adică diferența de tensiune diferențială necesară între intrările amplificatorului operațional pentru a produce tensiune zero la ieșire,
- liniarizarea semnalului de ieșire prin compensarea răspunsului în frecvență.

Din ce este compus acest circuit ?

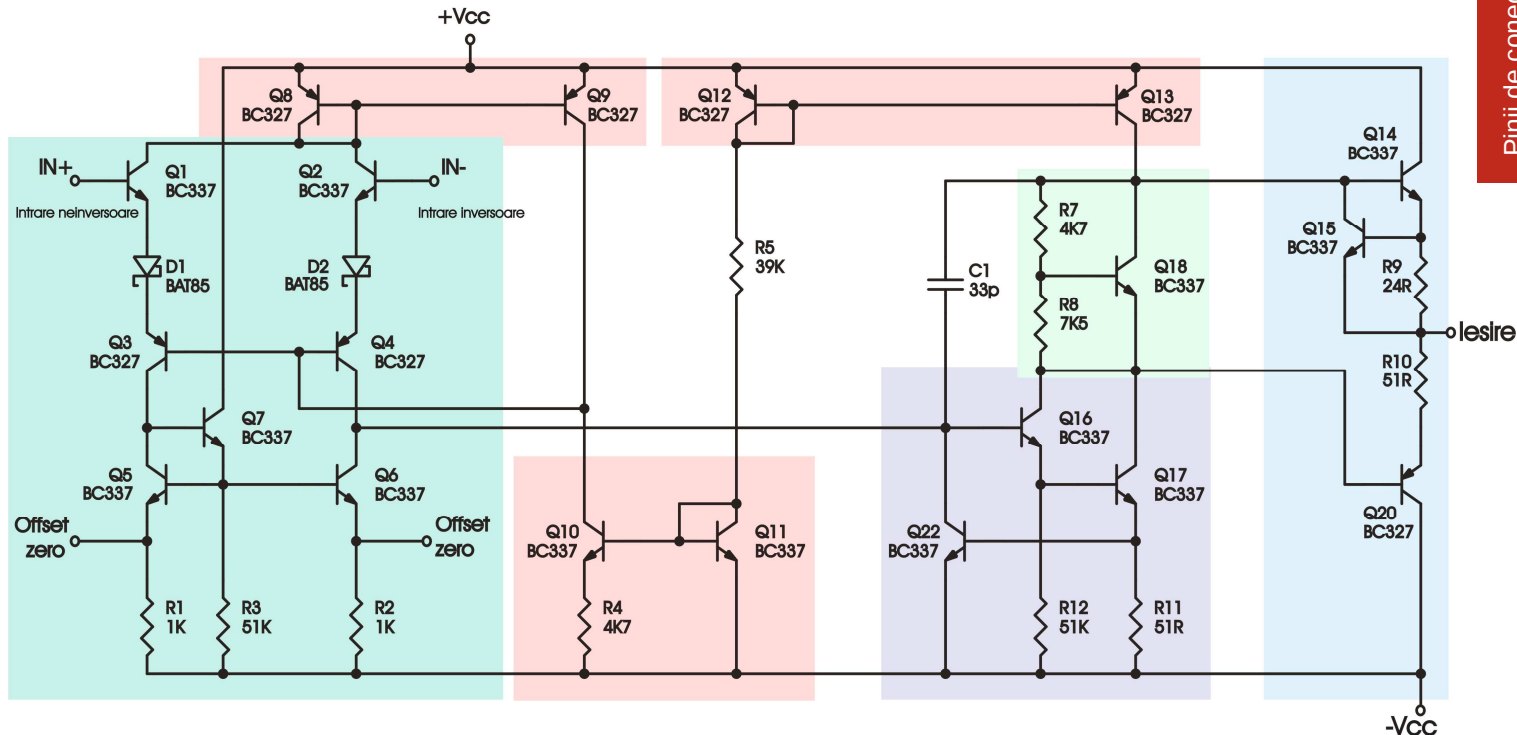


Figura 2 – Schema electrică a circuitului Hybrid 741

Circuitul este relativ simplu, compus dintr-un număr redus de doar câteva blocuri funcționale:

- Un amplificator diferențial de intrare,
- O sursă activă de curent (Q5 și Q6),
- Două oglinzi de curent realizate cu tranzistoare PNP
- O oglindă de curent Widlar realizată cu tranzistoare NPN,
- Un etaj driver, de reglare a câștigului, amplificării
- Un etaj de reglare a polarizării și
- Etajul final, cu circuit de limitare a curentului de ieșire

Recapitulare asupra componentelor din circuit

Rezistorul

Rezistorul electric este o componentă electrică iar ca element de circuit proprietatea principală este rezistența electrică.

Valoarea rezistenței electrice se calculează cu ajutorul legii lui Ohm, este raportul dintre tensiunea electrică U aplicată la bornele rezistorului și intensitatea curentului I care circulă prin rezistor; această valoare exprimă proprietatea unui conductor electric de a se opune trecerii curentului electric prin el:

$$R = \frac{U}{I}$$

Caracteristica tensiune-curent este liniară, adică tensiunea la bornele rezistorului variază proporțional cu variația curentului prin rezistor.

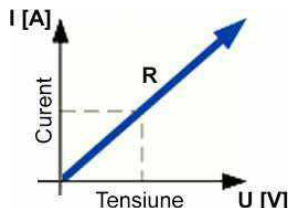


Figura 3 – Caracteristica tensiune-curent

Unitatea de măsură a rezistenței electrice în sistemul internațional este ohm-ul (Ω)

I - intensitatea curentului prin rezistor, măsurată în amperi (A);

U - tensiunea aplicată pe terminalele rezistorului, măsurată în volți (V);

R - rezistență electrică a rezistorului, măsurată în ohmi (Ω);

Condensatorul

Prin construcție, un condensator este format din două plăci conductoare poziționate paralel, numite armături, care sunt separate electric printr-un material dielectric (aer, hârtie cerată, mică, ceramică, plastic). Materialele dielectrice își modifică starea electrică sub acțiunea câmpurilor electrice și apare efectul de polarizare sub acțiunea câmpului electric.

Putem acum să definim condensatorul: este o componentă care are „capacitatea” de a stoca energie sub formă de sarcini electrice care produc o diferență de potențial (tensiune statică) pe armăturile sale, asemenea unei mici baterii reîncărcabile. Cele două armături sunt încărcate cu o sarcină electrică egală, dar de semn opus.

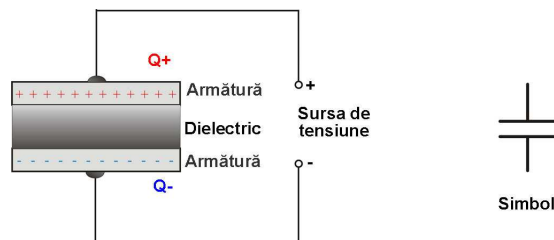


Figura 4 – Condensatorul electric

Cum se realizează aceasta ?

Astfel, dacă aplicăm o tensiune electrică la bornele condensatorului, acesta acumulează o cantitate de sarcini electrice (Q) proporțională cu tensiunea aplicată (U) și capacitatea condensatorului (C) conform relației:

$$Q = CU$$

Pe măsura formării câmpului electric datorită aplicării tensiunii, electronii liberi se vor aduna la terminalul negativ fiind luați de la terminalul pozitiv. Această diferență de sarcină se traduce prin apariția unui stoc de energie electrică în capacitor și reprezintă sarcina potențială a electronilor dintre cele două armături. Cu cât diferența numerică a electronilor dintre cele două armături este mai mare cu atât mai mare este fluxul câmpului electric și stocul de energie din capacitor (condensator).

Energia câmpului electric din capacitor (condensator) este :

$$E = \frac{CU^2}{2}$$

Energia stocată într-un capacitor depinde de tensiunea dintre armături.

Abilitatea capacitivelor de a stoca energie în funcție de tensiune se traduce printr-o tendință de menținere a tensiunii la un nivel constant. Cu alte cuvinte condensatoarele tind să se opună variației căderii de tensiune, folosind curent de la sau generând curent spre sursa de variație a tensiunii, în opoziție cu variația.

Pentru a stoca mai multă energie într-un capacitor, trebuie mărită valoarea tensiunii la bornele sale cu alte cuvinte se majorează numărul electronilor pe armătura negativă și se diminuează numărul acestora pe armătura pozitivă.

Prin eliberarea energiei dintr-un capacitor, valoarea tensiunii la bornele sale scade odată cu câmpul electric, numărul electronilor pe armătura negativă scade prin deplasarea lor

spre armătura pozitivă dând naștere unui curent în aceea direcție.

Unitatea de măsură, în sistemul internațional, pentru capacitatea electrică este faradul (notat F).

Capacitatea unui condensator plan se calculează cu formula:

$$C = \varepsilon \frac{S}{d}$$

S - suprafața dintre cele două plăci conductoare care alcătuiesc condensatorul. Cu cât suprafața este mai mare cu atât este mai mare capacitatea.

d - distanța, d între cele două plăci, cu cât distanța este mai mică, cu atât capacitatea este mai mare.

ε - constanta dielectrică - tipul de material care separă cele două plăci numite „dielectric”, cu cât este mai mare permitivitatea dielectricului cu atât capacitatea este mai mare.

Dielectricul oferă următoarele avantaje:

- Constanta dielectrică este proprietatea materialului dielectric și variază de la un material la altul crescând capacitatea cu un factor de k .

Permitivitatea dielectricului crește valoarea capacității.

Dielectricul crește tensiunea de funcționare maximă comparativ cu aerul.

Tranzistorul

Deși există mai multe tipuri de tranzistoare, vom face doar o descriere sumară numai a tranzistoarelor bipolare cu care sunt realizate circuitele noastre, punând un accent mai mare pe funcționarea lor decât asupra fizicii semiconductorului.

Tranzistorul bipolar este un dispozitiv electronic, ce funcționează ca un regulator de curent comandat de un curent mic, de control.

Este realizat dintr-un „sandwich” cu trei straturi de materiale semiconductoare dopate, adică impurificate, separate prin

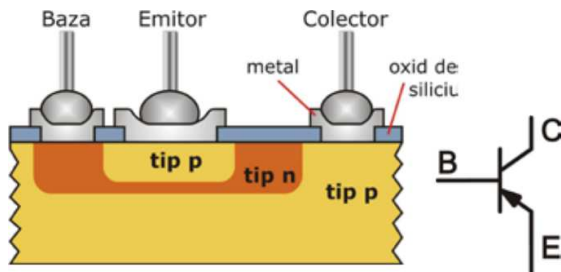


Figura 5a – Structura și simbolul tranzistorului bipolar tip pnp

două joncțiuni pn formate între cele două regiuni semiconductoare învecinate. Tranzistorul poate fi echivalat cu două diode: una polarizată direct (BE) și cealaltă polarizată invers în raport cu tensiunea de alimentare, după cum vom vedea mai departe.

Regiunea bazei este mai subțire și mai slab dopată în comparație cu regiunea emitorului (puternic dopată) și cu regiunea colectorului (dopată moderat).

În funcție de tipul de tranzistor (nnp sau pnp), curentul de bază trece de la bază către emitor sau de la emitor către bază astfel că săgeata simbolului indică întotdeauna direcția fluxului de electroni.

Avem așadar joncțiunea bază-emitor între bază și emitor și joncțiunea bază-colector între bază și colector. Fiecare strat care formează tranzistorul este conectat la câte un terminal al capsulei, adică vom avea 3 terminale denumite Emitor, Bază, Colector.

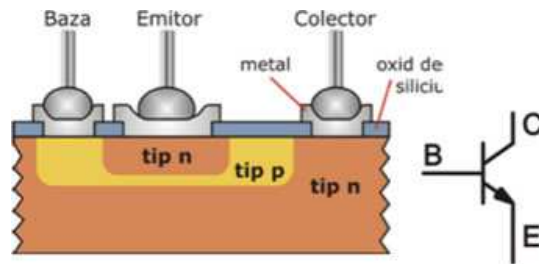


Figura 5b – Structura și simbolul tranzistorului bipolar tip npn

Cum funcționează tranzistorul?

Joncțiunea BE este polarizată direct ($V_{BE} > 0$ la npn și $V_{BE} < 0$ la pnp), având tensiune de deschidere de 0.6 V iar joncțiunea BC este polarizată invers ($V_{BC} < 0$ la npn și $V_{BC} > 0$ la pnp).

Analizând figura de mai sus, observăm ca pentru a permite deschiderea circuitului colector-emitor trebuie să aplicăm o tensiune de deschidere de aproximativ 0.6 V între bază și emitor.

Datorită polarizării directe a joncțiunii BE, în conducție și unilaterial, curentul prin joncțiune este dominat de fluxul de purtători majoritari caracteristici emitorului injectați în bază.

Întrucât stratul bazei este foarte subțire, cea mai mare parte a fluxului de purtători ajunge prin difuzie la joncțiunea BC unde câmpul existent în regiunea de barieră permite trecerea electronilor în regiunea de colector, determinând un curent important prin joncțiunea BC, chiar dacă aceasta este polarizată invers. Tensiunea de 0.6 V aplicată pe joncțiunea BE, numită și tensiune de prag pentru bariera de potențial, permite trecerea unui curent de bază prin joncțiunea BE și în consecință trecerea curentului între colector și emitor.

De la acest nivel de tensiune aplicată pe bază putem controla curentul între colector și emitor, prin curentul injectat în bază.

Rezumând, cu un curent mic injectat în baza tranzistorului bipolar, peste o tensiune de 0.6 V, se pot controla curenți mari în circuitul emitor-colector care se comportă ca o rezistență variabilă **TRANSfer reZISTOR**.

Să începem să lucrăm acum cu aceste componente.

Tipuri de circuite utilizate în Amplificatorul Operațional

Oglinda de curent

Dintr-o structură de tip tranzistor se poate obține o structură de tip diodă dacă se șuntează joncțiunea bază-colector.

Conectând această structură cu un tranzistor identic cu primul așa cum se arată în Figura 8 se obține o **oglină de curent**, adică prin tranzistorul conectat va trece un curent identic cu cel din primul tranzistor, curentul este „ogndit”.

Dacă joncțiunea diodei este polarizată direct atunci joncțiunea emitor-bază a tranzistorului va fi polarizată tot direct, cu aceeași tensiune:

$$u_{eb} = u_d$$

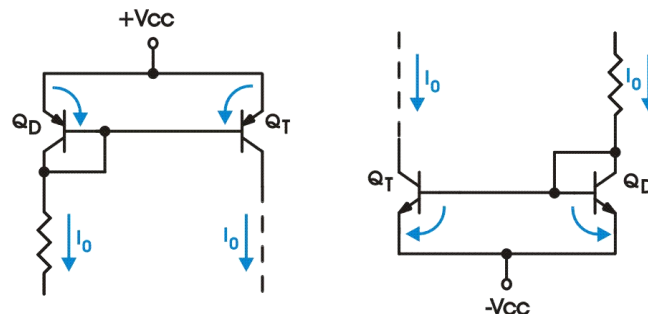


Figura 6 – Schema de principiu pentru oglinda de curent

Deoarece și tensiunile pe cele două joncțiuni sunt identice, cei doi curenți de bază sunt egali între ei, atunci curentul i_d prin dioda polarizată direct și curentul de emitor IE al tranzistorului pot fi foarte bine aproximați cu relația:

$$i_d = IE$$

Pentru un factor de amplificare foarte mare al tranzistorului, se poate neglija curentul său de bază și rezultă în final că:

$$I_c = IE, \text{ adică } I_c = i_d$$

Concluzie:

Curentul de colector al tranzistorului este oglinda curentului prin dioda realizată din structura de tranzistor. Valoarea curentului prin diodă se stabilește prin polarizarea directă a ei printr-o rezistență:

$$I_0 = \frac{2V_{cc} - u_d}{R}$$

Pentru $2V_{cc} \gg u_d$ valoarea curentului va depinde doar de mărimi constante. Aceste structuri le întâlnim în schema noastră, realizate cu componentele Q5, Q6, R1 și R2, a doua realizată cu componentele Q7, Q8, R2 și R3 în blocul de intrare și ultima realizată cu componentele Q14, Q15, R11 și R12 în blocul circuitului basculant.

Generatorul de curent constant tip Widlar

Sursa de curent Widlar este realizată cu tranzistoarele Q10, Q11 și rezistorul R4.

Este un circuit similar cu oglinda de curent clasică, cu două tranzistoare, care conține în plus un rezistor de limitare a curentului pe emitor, numai pentru tranzistorul de ieșire.

În acest fel sursa de curent este capabilă să genereze curenți de mică intensitate. Circuitul rezultat se numește oglindă de curent sau referință Widlar.

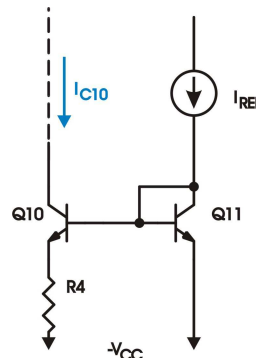


Figura 7 – Schema de principiu a oglinzii de curent

Curentul de ieșire al sursei Widlar este curentul de referință diminuat la o valoare determinată de valoarea rezistorului R4.

Doar o mică parte a curentului de referință trece prin colectorul Q10, iar acest curent de referință influențează etajul de intrare și este utilizat de buclele de comandă a modului comun.

Tranzistorul Q11 este polarizat de i_{ref} , iar tensiunea generată de acesta este folosită pentru polarizarea tranzistorului Q10 care are o rezistență R4 în emitor.

Astfel:

$$V_{BE11} - V_{BE10} = I_{C10} \times R_4$$

Amplificatorul diferențial

Amplificatorul diferențial este un circuit analogic cu două intrări și o ieșire. Una dintre intrări este numită intrare inversoare, inversează semnalul la ieșire iar cealaltă intrare este numită neinversoare, amplifică semnalul la ieșire, este în fază, neinversat. Avantajul folosirii acestui tip de amplificator este că putem aplica tensiuni electrice simultan pe cele două intrări, obținând la ieșire o tensiune proporțională cu „diferența” dintre cele două tensiuni de intrare de la U_1 și U_2 .

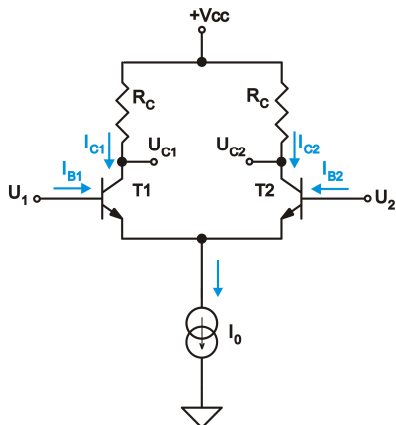


Figura 8 – Schema de principiu a amplificatorului diferențial

Este elementul esențial al unui amplificator operațional. Principiul de funcționare al amplificatorului diferențial poate fi înțeles pe baza schemei din Figura 10. Tranzistorii T1 și T2 trebuie să fie foarte bine împerecheați astfel încât să aibă parametri identici. U_1 și U_2 sunt tensiunile de intrare aplicate între cele două baze și masă, iar U_{c1} și U_{c2} sunt tensiunile de ieșire de pe cei doi

colectori. Între emitorii comuni ai tranzistorilor și masă este conectată o sursă de curent constant ceea ce va face ca suma celor doi curenți de emitor să fie constantă.

Întrucât factorii de amplificare ai tranzistorilor sunt foarte mari, curenții de bază pot fi neglijăți, suma celor doi curenți de colector este constantă

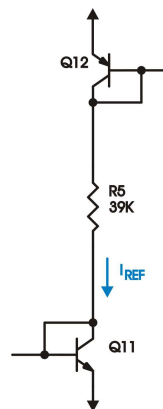
$$I_{c1} + I_{c2} = \text{const.}$$

Aceasta înseamnă că o variație a unuia dintre cei doi curenți într-un sens va fi imediat compensată de variația celuilalt curent cu aceeași cantitate dar în sens opus:

$$\Delta I_{c1} = - \Delta I_{c2}$$

Deoarece rezistențele din colectoriile tranzistorilor și variațiile curenților de colector sunt identice, variațiile potențialelor colectorilor vor fi și ele identice dar complementare. În cazul precedent U_{c1} se va micșora și U_{c2} va crește (să ne amintim de caracterul inversor al tranzistorului).

Generatorul de curent de polarizare



Curentul de polarizare de intrare (input bias current) este curentul continuu ce trebuie aplicat la intrările amplificatorului pentru ca primul etaj să funcționeze corect.

Acesta este media curenților de intrare și se calculează astfel:

- curentul de polarizare de referință al circuitului 741, I_{REF} , este generat de tranzistoarele Q_{11} și Q_{12} conectate ca diode, colectorul conectat la bază și rezistența R_5 .

$$I_{ref} = \frac{V_{CC+} - V_{EB12} - V_{EB11} - (V_{CC-})}{R_5}$$

Figura 9 – Circuitul de polarizare

Analiza circuitului 741

Referința curentului de polarizare, etajul de intrare, polarizarea intrării și curentul de offset, tensiunea de compensare offset, regimul de lucru în mod intrare, etajul secundar, etajul de ieșire. Pentru analiza în curent continuu a unui circuit operational, bornele de intrare sunt conectate la masă. Ca rezultat, ar trebui să observăm că tensiunea la ieșire devine zero volți (0V). Cu toate acestea, deoarece amplificatorul operațional are câștig foarte mare, tensiunea de ieșire este aproape de + VCC sau -VCC.

Pentru a rezolva această problemă în analiza în curent continuu, se va presupune că amplificatorul operațional este conectat într-o buclă de reacție negativă care stabilizează tensiunea de ieșire la zero volți.

Analiza circuitului de intrare

Având toate elementele necesare, putem calcula acum curenții prin tranzistoarele etajului de intrare.

În figura 11 observăm că:

$$I_{C1} = I_{C2} = I$$

Pentru un factor de amplificare mare al tranzistoarelor Q3 și Q4,

$$I_{E3} = I_{E4} = I$$

iar curenții din bazele acestora vor fi egali:

$$I_{B3} = I_{B4} = \frac{I}{\beta}$$

Având un curent egal pe cele două ramuri ale oglinzii de curent format din Q8 și Q9 și un β mare, curenții de bază ai tranzistoarelor Q3 și Q4 pot fi neglijăți, astfel că:

$$I_{C10} = 2I$$

Din calculul rezultat în analiza Generatorului de curent constant tip Widlar, pentru curentul $I_{C10}=19\mu A$, va rezulta:

$$I_{C1} = I_{C2} = I_{C3} = I_{C4} = 9,5 \mu A$$

$$I_{C7} = I_{E7} \approx \frac{2I}{\beta} + \frac{V_{BE6} + IR_2}{R_3}$$

$$\text{Unde: } V_{BE6} = V_T \ln \frac{I}{I_s}$$

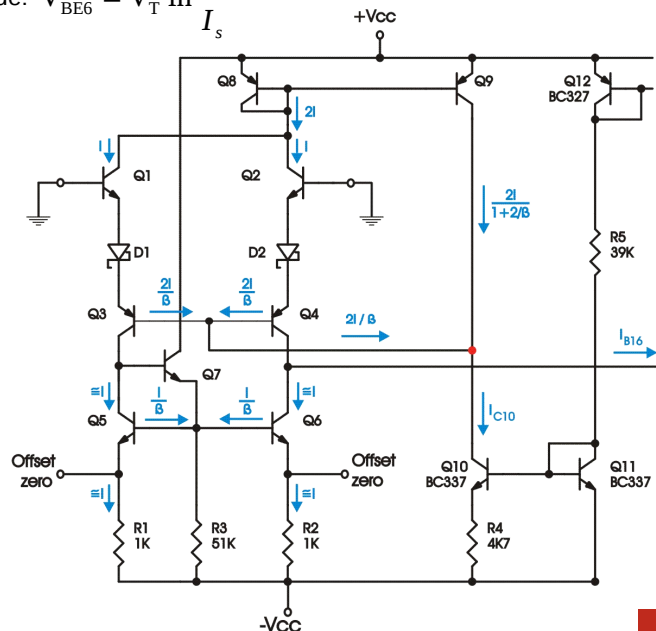


Figura 11 – Schema electrică a circuitului de intrare

Teste utile pentru inițiere

1. Scurtcircuitați terminalele bază și emitor ale tranzistorului Q7. Ce modificări apar în funcționarea modului ?
2. Măsurați valorile rezistoarelor R1 și R2 pe un circuit integrat LM741. Măsurarea se face cu un ohmmetru conectat între pinul -VCC și pinii de compensare Offset , fără ca circuitul să fie alimentat. Cât de apropiate sunt valorile în raport cu valoarea nominală de 1 k Ω din schema de catalog ?
3. Măsurați tensiunea pe cele două borne offset ale unui circuit integrat LM741 și comparați-le cu aceleași măsurători pe modulul Hybrid 741. Utilizând valorile rezistențelor R1 și R2 măsurate anterior, calculați curentul de polarizare în amplificatorul diferențial. Încercați să reglați tensiunea modului comun pentru a vedea dacă se modifică curentul de polarizare.
4. Încercați să modificați valoarea rezistorului R5. Ce impact are asupra performanței ? Dar asupra curentului de alimentare ?
5. Ce se întâmplă cu curentul de alimentare dacă creșteți tensiunea generată de Q18 prin creșterea valorii rezistorului R8 ?
6. Ce se întâmplă dacă scădeți tensiunea generată de Q18 sau scurtcircuitați colectorul și emitorul tranzistorului Q18 ?
7. Scurtcircuitați baza și emitorul tranzistorului Q16. Ce se întâmplă?

Răspundeți la întrebări

1. Explicați fenomenul de saturație la un amplificator operațional.
2. Care este cauza intrării în saturație a amplificatorului operațional?
3. Care este efectul intrării în saturație a amplificatorului operațional, asupra formei de undă a tensiunii de ieșire, dacă tensiunea de intrare este sinusoidală și are o amplitudine mai mare decât câțiva milivolți?
4. Care este cauza apariției distorsiunilor în cazul în care amplificatorul operațional funcționează în regim variabil de semnal mare?
5. Un amplificator operațional funcționează în regim variabil de semnal mare. Cum pot fi evitate distorsiunile în cazul în care acesta are un parametru **SR**=0,5[volți/microsecundă], dacă tensiunea de la ieșire necesită o variație maximă $\Delta v_o=10[V]$.

Lucrări de laborator

Tema Nr. 1

Vizualizarea distorsiunilor introduse de amplificatorul operațional; Măsurarea tensiunilor de saturație.

Pentru vizualizarea distorsiunilor introduse de către amplificatorul operațional, se vor parcurge etapele enumerate mai jos, în ordinea specificată.

1. Se verifică dacă sursa de alimentare este decuplată (ledul **ON** de pe panoul frontal al aparatului trebuie să fie stins);
- dacă sursa de alimentare nu este decuplată, atunci se va apăsa butonul de pe panoul frontal în poziția Off pentru decuplarea acesteia (se observă stingerea ledului **ON**).
2. Se reglează generatorul de semnal pentru tensiune sinusoidală de amplitudine $V_i=1V$ și frecvența $f=1KHz$.
3. Se pregătește osciloscopul și sonda de măsură cu masa sondei conectată la masa circuitului.
5. Se verifică circuitul;
4. Se cuplează sursa de alimentare la montaj, prin apăsarea

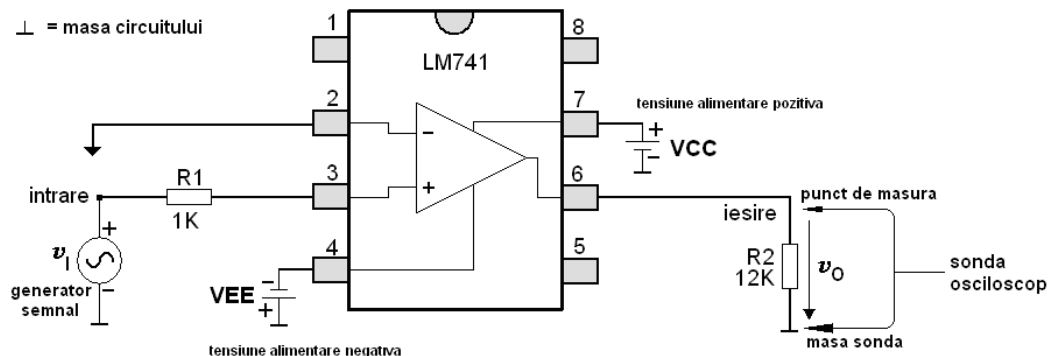


Figura 12 – Schema electrică a conexiunii amplificator neinversor

- butonului de pe panoul frontal al acesteia (ledul **ON** de pe panoul frontal al aparatului se aprinde);
5. Se realizează circuitul din figura de mai jos, care utilizează un amplificator operațional Hybrid 741 (sau $\mu A741$), furnizat sub forma unui circuit pe o capsulă de 8 pini:
 - pinul **2** al circuitului se va conecta la masa circuitului prin intermediul unui fir de conexiune;
 - la pinul **3** se conectează rezistorul **R1** care are valoarea de $1K\Omega$;
 - firul de semnal al cablului conectat la generatorul de semnal se conectează la terminalul liber al rezistorului **R1**, iar firul de masă al cablului de la generatorul de semnal se va conecta la masa montajului;
 - la pinul **6** se conectează rezistorul **R2** care are valoarea de $12K\Omega$; celălalt terminal al rezistorului **R2** se va conecta la masa circuitului.
 6. Se verifică circuitul;
 7. Se cuplează sursa de alimentare la montaj, prin apăsarea butonului de pe panoul frontal al acesteia (ledul **ON** de pe panoul frontal al aparatului se aprinde);
 8. Se vizualizează pe ecranul osciloscopului tensiunea la ieșire v_o , prin intermediul sondei de măsură aplicate în circuit conform indicației din figură la terminalul superior al rezistorului **R2**.
 - Se va observa că datorită limitării tensiunii v_o la cele 2 valori posibile, care reprezintă tensiunile de saturație ale amplificatorului operațional, forma de undă a tensiunii v_o va rezulta distorsionată (modificată față de forma de undă a tensiunii de intrare v_i ; v_i este sinusoidală, iar v_o rezultă dreptunghiulară).
 - Trebuie subliniat faptul că amplificatorul nu trebuie să distorsioneze formele de undă ale semnalelor aplicate la intrarea/intrările sale.
 9. Se vizualizează pe ecranul osciloscopului, se măsoară valoarea tensiunii de saturație pozitivă V_{SAT+} , respectiv valoarea tensiunii de saturație negativă V_{SAT-} , în modul următor:
 - Se pune sonda osciloscopului pe punctul de masă (în acest moment, pe ecran se va vedea o linie continuă) și se fixează nivelul de **0** volți pe mijlocul ecranului acționând corespunzător potențiometrul **Y-POS1**;
 - Se pune sonda osciloscopului pe punctul pinul 6; în acest moment, pe ecran apare afișată forma de undă dreptunghiulară a tensiunii de ieșire v_o ;
 - Valoarea tensiunii V_{SAT+} se va determina astfel: se măsoară pe ecranul osciloscopului intervalul dintre valoarea maximă a tensiunii de ieșire și nivelul de **0** volți; valoarea astfel măsurată reprezintă valoarea V_{SAT+} ;
 - Valoarea tensiunii V_{SAT-} se va determina astfel: se măsoară pe ecranul osciloscopului intervalul dintre valoarea minimă a tensiunii de ieșire și nivelul de **0** volți; valoarea astfel măsurată reprezintă valoarea $|V_{SAT-}|$;
 - Rezultatele obținute se vor completa în Tabelul 1.
 10. Se decuplează sursa de alimentare prin apăsarea butonului de pe panoul frontal al acesteia (ledul **ON** de pe panoul frontal al aparatului se stinge).

Tema Nr. 2

Determinarea parametrului SR - Slew Rate

Pentru determinarea parametrului Slew Rate al amplificatorului operațional, se vor parcurge etapele enumerate mai jos, în ordinea specificată.

1. Se verifică dacă sursa de alimentare este decuplată (ledul **ON** de pe panoul frontal al aparatului trebuie să fie stins);
- dacă sursa de alimentare nu este decuplată, atunci se va apăsa butonul de pe panoul frontal în poziția Off pentru decuplarea acesteia (se observă stingerea ledului **ON**).
2. Se reglează generatorul de semnal pentru tensiune sinusoidală de amplitudine egală cu valoarea maximă care se poate obține de la generatorul de semnal, dar nu mai mare de 1V și frecvența $f=50\text{KHz}$.
3. Se pregătește osciloscopul și sonda de măsură cu masa sondei conectată la masa circuitului.
4. Se realizează circuitul din figura de mai jos, care utilizează un amplificator operațional Hybrid 741 (sau μA741), furnizat sub forma unui circuit pe o capsulă de 8 pini:

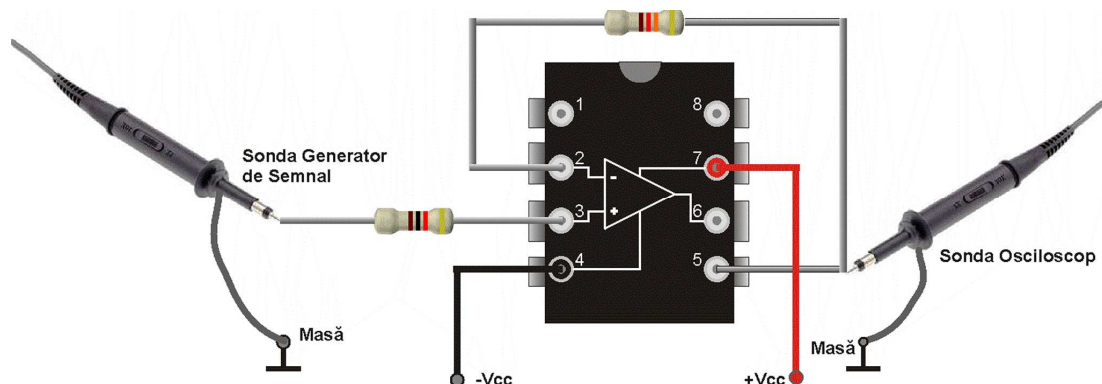
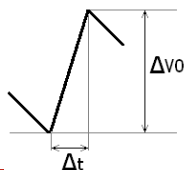


Figura 12 – Schema electrică a amplificatorului – Tema 2

5. Se verifică circuitul;
6. Se cuplează sursa de alimentare la montaj, prin apăsarea butonului de pe panoul frontal al acesteia (ledul **ON** de pe panoul frontal al aparatului se aprinde);
7. Se vizualizează pe ecranul osciloscopului tensiunea ieșirea circuitului v_o , prin intermediul sondei de măsură aplicate în circuit conform indicației din figură, pe pinul 6 al circuitului.
 - Pe forma de undă vizualizată se va observa distorsionarea semnalului de ieșire (nu mai este sinusoidal, tinde spre o formă triunghiulară), datorată vitezei de variație redusă a tensiunii de ieșire a amplificatorului operațional, acesta neputând să genereze la ieșire o tensiune suficient de rapidă astfel încât să urmărească forma de undă ideală a semnalului, care ar trebui să fie sinusoidală;
 - În cazul în care semnalul de ieșire nu este distorsionat, se va crește progresiv frecvența semnalului de intrare până când se va observa distorsionarea formei de undă a tensiunii de ieșire.
8. Pe forma de undă distorsionată, vizualizată pe ecranul osciloscopului, se măsoară pe verticală variația maximă a tensiunii de ieșire, adică valoarea Δv_o . Totodată, se măsoară pe orizontală intervalul de timp în care este realizată variația de tensiune Δv_o , adică valoarea Δt (vezi figura de mai jos pentru identificarea corectă a celor două intervale de variație care trebuie măsurate). Apoi, se calculează cu formula 3 parametrul **SR**, iar rezultatul se va trece în Tabelul 1.



$$SR = \frac{\Delta v_o}{\Delta t} \left[\frac{\text{volt}}{\text{microsecunda}} \right]$$

9. Se calculează frecvența maximă f_{MAX} a amplificatorului operațional cu formula de mai jos, apoi se micșorează de la generatorul de semnal frecvența semnalului de intrare v_i sub valoarea f_{MAX} calculată și se verifică dispariția distorsiunilor. Valoarea calculată pentru frecvența f_{MAX} se trece în tabelul de mai jos.

$$f_{MAX} = \frac{SR}{6,28 \cdot \Delta v_o} [MHz]$$

Tabelul 1

V_{SAT}^+	V_{SAT}	A_{V_AO}	Δv_o	Δt	SR	f_{MAX}

Exerciții

1. Proiectați sursa de curent Widlar pentru a genera un curent $I_{C10} = 10\mu A$ dat fiind faptul că $I_{REF} = 1mA$.

calculați V_{BE11} și V_{BE10} știind că la un curent colector de $1mA$, $V_{BE} = 0.6 V$,

2. Pentru analiza în curent continuu a unui circuit operațional, bornele de intrare sunt conectate la masă.

- Ca rezultat, ar trebui să observăm că tensiunea la ieșire devine zero volți (0V).

- În realitate, deoarece amplificatorul operațional are câștig foarte mare, tensiunea de ieșire este aproape de $+V_{CC}$ sau $-V_{CC}$.

Pentru a rezolva această problemă în analiza în curent continuu, se va presupune că amplificatorul operațional este conectat într-o buclă de reacție negativă care stabilizează tensiunea de ieșire la zero volți. Cum credeți că se poate realiza aceasta ?

Ce urmează?

Ați finalizat călătoria prin lecturarea documentației platformei Hybrid555 Epsicom.

Acum sunteți familiarizați cu termenii, cunoașteți câteva tipuri de aplicații ale timerului 555 utilizate curent în electronică, componentele electronice, rolul și funcționarea lor. Ați aflat cum funcționează aceste circuite utilizate pe scară largă în industrie, automatizări,

Veti înțelege acum cum funcționează temporizatoarele, cum sunt acestea utilizate în aparatura și dispozitivele casnice și le veți aplica cu siguranță mult mai ușor în proiectele voastre viitoare.

Vă invităm să vă alăturați miilor de utilizatori ai produselor firmei Epsicom.

Veți găsi idei noi și tutoriale foarte utile ce pot completa propriile voastre proiecte.

Bine ați venit!

Bibliografie

Laboratorul de Sisteme de Radiocomunicații, Universitatea Politehnică București,
Facultatea de Electronica, Telecomunicatii si Tehnologia Informatiei Iasi,
Facultatea de Electronică, Telecomunicații și Tehnologii Informaționale din Timișoara
Facultatea de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia informației Cluj Napoca
All About Circuits

Proiecte noi

Clase de amplificatoare

Surse de tensiune în comutație

Surse de tensiune liniare

ATENȚIONARE

Toate produsele Epsicom sunt protejate de legea dreptului de autor și tratatul internațional privind drepturile de autor. Prin urmare, acest manual trebuie tratat ca orice alt material copyright. Nici o parte a acestui manual, inclusiv produsul descris în prezentul document, nu trebuie să fie reprodusă, stocată într-un sistem de preluare, tradusă sau transmisă sub orice formă sau prin orice mijloace, fără permisiunea prealabilă scrisă a Epsicom. Ediția manuală PDF poate fi tipărită pentru uz local sau privat, dar nu pentru distribuție. Orice modificare a acestui manual este interzisă.

Epsicom furnizează acest manual tutorial „așa cum este” fără garanție, exprimată sau implicită, incluzând însă garanțiile sau condițiile implicite de comercializare în scop educațional.

Epsicom nu își asumă nicio responsabilitate sau răspundere pentru erorile, omisiunile și inexactitățile care pot apărea în acest manual. În niciun caz, Epsicom, directorii, angajații sau distribuitorii săi nu vor fi răspunzători pentru daune indirecte, specifice, incidentale sau consecințe (inclusiv daune pentru pierderea profitului și informațiilor comerciale, întreruperea afacerii sau orice altă pierdere pecuniară) care rezultă din utilizarea acestui manual sau produs, chiar dacă Epsicom a fost înștiințat cu privire la posibilitatea unor astfel de daune. Epsicom își rezervă dreptul de a schimba informațiile conținute în acest manual în orice moment, fără notificare prealabilă, dacă este necesar.

Produsele Epsicom nu sunt proiectate, fabricate sau destinate utilizării sau revânzării ca echipamente de control, în medii care necesită performanțe în condiții de siguranță, cum ar fi în exploatarea instalațiilor care ar putea duce la daune fizice sau de mediu grave.

Epsicom și furnizorii săi renunță în mod specific la orice garanție expresă sau implicită pentru activitățile cu risc ridicat.

Numele, sigla Epsicom și logo-ul Epsicom sunt mărci înregistrate ale Epsicom.

Toate celelalte mărci comerciale menționate aici sunt proprietatea companiilor respective.

Toate celelalte nume de produse și corporații care apar în acest manual pot sau nu să fie mărci înregistrate sau cu drepturi de autor ale companiilor respective și sunt utilizate numai pentru identificare sau explicație și în beneficiul proprietarilor, fără intenția de a încălca.

Copyright © EPSICOM 2020, All Rights Reserved.

Dacă doriți să aflați mai multe despre produsele noastre,
vizitați site-ul nostru www.epsicom.com

Dacă aveți întrebări, comentarii sau propuneri de afaceri,
nu ezitați să ne contactați la office@epsicom.com