

# Compensarea în frecvență a amplificatoarelor operaționale

## 1 Obiectivul laboratorului

Laboratorul își propune studiul metodelor de compensare externe în frecvență utilizate pentru obținerea de amplificatoare operaționale stabile. În cadrul laboratorului va fi realizat și testat un circuit de amplificare folosind circuitul integrat LM 301. Pentru circuitul propus vor fi testate compensarea Miller (un singur pol), compensarea "cu pol dublu" și compensarea feed-forward.

### 1.1 Criterii de evaluare a stabilității

**Marginea de modul :**  $T_M = |T(f_{-180})|$

**Marginea de fază :**  $\varphi_M = 180^\circ + \varphi(f_{0dB})$

Pentru ca un circuit să fie stabil este necesar ca marginea de fază  $\varphi_M > 0$  respectiv marginea de modul  $T_M < 1$  echivalent cu  $(T_M)^{dB} < 0$ .

## 2 Probleme pregătitoare

### 2.1 Stabilitate ([stabilitate\\_LM301\\*.asc](#))

- măsurăți câștigul în buclă deschisă ( $a_0$ ), frecvența la câștig unitar ( $f_{0dB}$ ), frecvența la care defazajul este de  $-180^\circ$  ( $f_{-180^\circ}$ ), marginea de fază ( $\varphi_M$ ) și marginea de modul ( $T_M$ ) pentru un amplificator realizat cu LM301 necompensat în frecvență;

	$a_0$	$f_{0dB}$	$f_{-180^\circ}$	$\varphi_M$	$T_M$
LM301					

- vizualizați răspunsul la treaptă al amplificatorului necompensat;
- interpretați rezultatele.

### 2.2 Compensare Miller ([compensare\\_Miller\\_LM301\\*.asc](#))

- calculați valoarea minimă a capacității Miller folosind formula din foaia de catalog pentru un amplificator neinvertor configurație repetor ( $R_1 = 100 \cdot R_2$ );
- înlocuiți valoarea capacității Miller calculată cu cea mai apropiată valoare disponibilă la laborator și măsurați marginea de fază și marginea de modul ( $T_M$ );
- repețiți măsurătorile pentru două valori adiacente de condensator (dacă există) și centralizați rezultatele într-un tabel;

LM301	$C_{M1} = \dots$	$C_{M2} = \dots$	$C_{M3} = \dots$
$\varphi_M [^\circ]$			
$T_M [dB]$			

- vizualizați răspunsul la treaptă pentru fiecare valoare de condensator și măsurați Slew-Rate-ul ( $SR^+$  și  $SR^-$ );

LM301	$C_{M1} = \dots$	$C_{M2} = \dots$	$C_{M3} = \dots$
$SR^+ [V/\mu s]$			
$SR^- [V/\mu s]$			

- interpretați rezultatele.

## 2.3 Compensare cu pol dublu ([compensare\\_pol\\_dublu\\_LM301\\*.asc](#))

- calculați valoarea minimă a capacităților de compensare folosind formulele din foaia de catalog pentru un amplificator neinversor configurație repetor ( $R_1 = 100 \cdot R_2$ );
- înlocuiți valoarea capacităților de compensare cu cea mai apropiată valoare disponibilă la laborator și măsurați marginea de fază și marginea de modul ( $T_M$ );
- repetați măsurătorile pentru două valori adiacente de condensatoare (dacă există) și centralizați rezultatele într-un tabel;

LM301	$C_{11} = \dots C_{21} = \dots$	$C_{12} = \dots C_{22} = \dots$	$C_{13} = \dots C_{23} = \dots$
$\varphi_M [^\circ]$			
$T_M [dB]$			

- vizualizați răspunsul la treaptă pentru fiecare valoare de condensator și măsurați Slew-Rate-ul ( $SR^+$  și  $SR^-$ );

LM301	$C_{11} = \dots C_{21} = \dots$	$C_{12} = \dots C_{22} = \dots$	$C_{13} = C_{23} = \dots$
$SR^+ [V/\mu s]$			
$SR^- [V/\mu s]$			

- interpretați rezultatele.

## 2.4 Compensare feed-forward ([compensare\\_feed-forward\\_LM301.asc](#))

- calculați valoarea capacității de compensare folosind formula din foaia de catalog pentru un amplificator inversor cu câștig unitar ( $R_1 = R_2$ );
- înlocuiți valoarea capacității calculate cu cea mai apropiată valoare disponibilă la laborator și măsurați Slew-Rate-ul ( $SR^+$  și  $SR^-$ );
- repetați măsurătorile pentru două valori adiacente de condensator (dacă există) și centralizați rezultatele într-un tabel;

LM301	$C_{21} = \dots$	$C_{22} = \dots$	$C_{23} = \dots$
$SR^+ [V/\mu s]$			
$SR^- [V/\mu s]$			

- interpretați rezultatele.

### 3 Mersul lucrării

#### Observații:

- pentru realizarea circuitelor de test va fi folosit circuitul integrat LM 301 deja prezent pe placa de test și componentele pasive din sertare. Circuitul integrat nu se va scoate din placa de test. La terminarea laboratorului sunteți rugați să puneți componentele pasive folosite înapoi în sertare (pe valori).
- circuitele vor fi realizate în ordinea cerută în laborator și trecerea la următorul circuit nu se va face până nu se realizează toate cerințele aferente circuitului curent. Înainte de realizarea următorului circuit este obligatorie oprirea alimentării precum și verificarea conexiunilor înainte de pornirea acestuia, astfel se va evita distrugerea componentelor.
- realizarea circuitelor se va face cât mai compact și îngrijit. Pentru realizarea conexiunilor dintre componente sunteți rugați să folosiți terminalele componentelor în detrimentul firelor suplimentare, astfel se va obține reducerea timpului de realizare și timpul de depanare.

În Figura 1 avem configurația pinilor pentru circuitul integrat LM 301. Alimentarea circuitului integrat se va face prin intermediul **firului roșu** (+5V) și a **firului alb** (-5V) conectate la pinul 7 (+5V) respectiv pinul 4 (-5V).

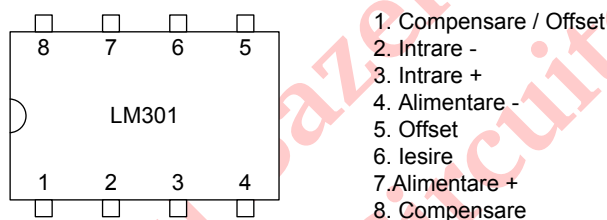


Figura 1: Configurația pinilor pentru CI LM 301

#### 3.1 Compensarea Miller

Pentru analiza în frecvență, se va realiza circuitul din Figura 2.

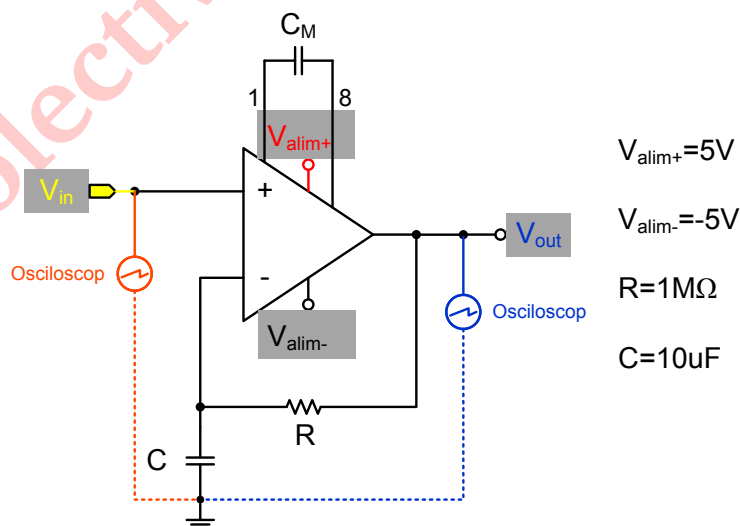


Figura 2: Circuit pentru ridicarea caracteristicii de modul și fază

- folosind valorile capacităților Miller de la problemele pregătitoare și utilizând funcția Network Analyzer, ridicați caracteristicile de frecvență a circuitului;

**Observație:** setările pentru vizualizarea caracteristicilor de frecvență vor fi:  $f_{start} = 100Hz$ ,  $f_{stop} = 10MHz$ ,  $Amplitude = 20mV$ ,  $Steps = 1000$ ,  $Max - Gain = 1000$ .

- pentru fiecare experiment măsurați  $f_{0dB}$ , calculați  $\varphi_M$  și folosind funcția Export salvați caracteristicile obținute;

**Observație:** pentru salvarea rezultatelor din meniul File se va selecta funcția Export. În fereastra apărută se va selecta tab-ul Image unde din dropdown-ul Source se va alege Network Analyzer iar din dropdown-ul Type se va alege Portable Network Graphics (PNG). Capturile astfel obținute se vor salva în directorul Temp de pe drive-ul C.

- în raportul de laborator completați tabelul cu valorile  $f_{0dB}$  și  $\varphi_M$  obținute și includeți în locurile marcate capturile salvate în directorul Temp.

**Pentru analiza în domeniul timp**, se va realiza circuitul din Figura 3. Semnalul dreptunghiular de la intrare se va aplica de la generatorul de semnal, **firul galben**, având amplitudinea  $500mV$ , factorul de umplere 50% iar frecvența astfel aleasă încât să se vadă și amortizarea pe semnalul dreptunghiular.

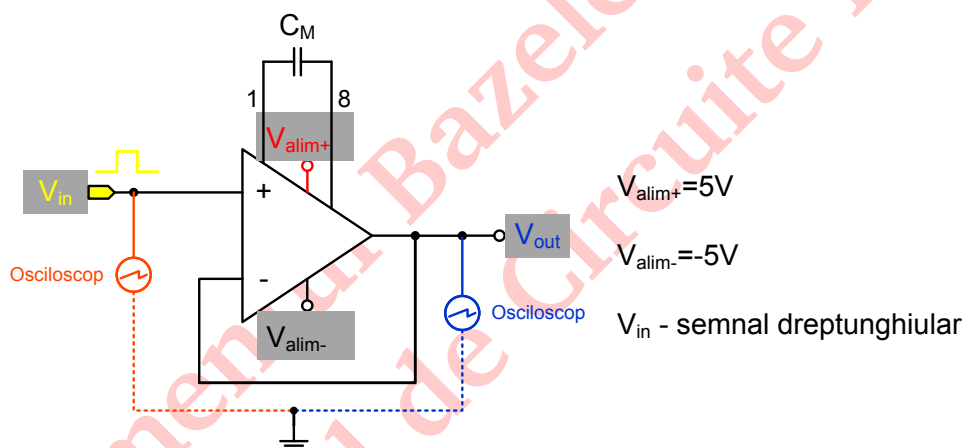


Figura 3: Circuit pentru analiza în timp

- pentru fiecare valoare a capacității Miller, folosind funcția Scope, vizualizați răspunsul în timp a circuitului;
- pentru fiecare experiment în parte măsurați  $SR^+$  și  $SR^-$  și folosind funcția Export salvați rezultatele obținute;
- în raportul de laborator completați tabelul cu valorile  $SR^+$  și  $SR^-$  și includeți în locurile marcate capturile obținute.

**Observație:** înainte de salvarea raportului sub format pdf verificați vizibilitatea detaliilor de pe capturile incluse (valorile de pe axe, valorile din fereastra de măsurare, setările pentru Oscilloscop,...) precum și data respectiv ora la care a fost realizată captura. În cazul în care nu se disting bine aceste valori refaceți captura de ecran.