**Lucrarea nr. 5**

**Studiul prin simulare SPICE a circuitelor în care AO este alimentat cu o singură tensiune și a circuitelor neliniare**

# **L5A. Alimentarea AO cu o singură tensiune**

# **Scopul lucrării**

În urma efectuării lucrării de laborator se învaţă despre circuite realizate cu AO alimentat cu o singură tensiune:

* amplificatoare de tensiune alternativă;
* circuite de condiționare a semnalului.

# **Consideraţii teoretice**

Alimentarea AO cu o singură tensiune, denumită și alimentare cu tensiune simplă, se realizează cu ajutorul unei singure baterii/surse de c.c., plusul sursei legându-se la borna de alimentare pozitivă a AO (V+) iar borna minus a sursei la borna de alimentare negativă a AO (V-).

Există două categorii de circuite la care AO se alimentează cu o singură tensiune:

1. **Circuite de curent continuu** - cele mai importante fiind *circuitele de condiționare a semnalului* cules de la traductoare, înainte de a fi aplicate convertoarelor analog-numerice.
2. **Circuite de curent alternativ** - cele mai importante fiind *amplificatoarele de tensiune alternativă* (inversoare și neinversoare).

**Circuite de curent alternativ** – **Amplificatoare de tensiune alternativă**

Punctul de masă nu se mai obţine în punctul median a două surse de alimentare şi de aceea trebuie făcut un artificiu prin care să se obţină o referinţă comună de masă. Artificiul constă în aplicarea unei tensiuni egale cu 1/2 din cea de alimentare (*VCC*/2) pe intrarea neinversoare a AO și realizarea unui repetor de tensiune pe schema echivalentă de curent continuu a amplificatorului pentru *VCC*/2.

Pentru a se realiza condiția de repetor de tensiune în c.c., amplificatoarele de tensiune alternativă în care AO este alimentat cu o singură tensiune, vor conține condensatoare în calea semnalului. Cele două tipuri de amplificatoare de tensiune alternativă, corespunzătoare celor două conexiuni de bază ale AO se prezintă în **tabelul 1.**

**Tabelul 1.** *Configurațiile inversoare și neinversoare de amplificatoare de tensiune alternativă*

|  |  |
| --- | --- |
| **Configurația inversoare** | **Configurația neinversoare** |
| **Fig. 1.** *Schema de principiu a configurației inversoare de amplificator de tensiune alternativă* | **Fig. 2.** *Schema de principiu a configurației neinversoare de amplificator de tensiune alternativă* |
| **Fig. 3.** *Schema echivalentă de c.c. valabilă atât pentru configurația inversoare cât și pentru cea neinversoare de amplificator de tensiune alternativă* |  |
| **Fig. 4.** *Schema echivalentă de c.a. a configurației inversoare de amplificator de tensiune alternativă* | **Fig. 5.** *Schema echivalentă de c.a. a configurației inversoare de amplificator de tensiune alternativă* |
|  |  |

**Circuite de curent continuu – Circuite de condiționare a semnalului**

În cadrul noţiunii de condiţionare a semnalului se includ operaţiile de prelucrare realizate asupra semnalului achiziţionat, înainte să se efectueze conversia analog numerică propriu-zisă. Circuitele de condiţionare a semnalelor realizează adaptarea între senzorul de la intrare şi convertorul analog numeric (CAN).

Pentru a obține performanțe optime, intervalul de ieșire al traductorului trebuie să corespundă cu intervalul de intrare al CAN. Când domeniile sunt necorespunzătoare, fie tensiunea de ieșire a traductorului nu se încadrează în intervalul de intrare al CAN, pierzându-se astfel date de la senzor, fie tensiunea de ieșire a traductorului nu umple intervalul de intrare al CAN, pierzându-se astfel precizia CAN.

De obicei, relația dintre semnalul obținut de la traductor și cel de la ieșirea circuitului de condiționare nu corespunde primei bisectoare, deci nu este o simplă amplificare. Caracteristica de transfer a circuitului corespunde unei drepte cu ecuația generală:

(6)

unde *y* reprezintă tensiunea de ieșire, *x* este tensiunea de intrare, *m* este o constantă adimensională și reprezintă *panta dreptei*, iar *b* este o constantă cu dimensiune de tensiune și reprezintă *intersecția cu ordonata*.

În funcție de semnul constantelor *m* și *b* rezultă următoarele 4 cazuri:

1. *m*>0, *b*>0
2. *m*>0, *b*<0
3. *m*<0, *b*>0
4. *m*<0, *b*<0

Realizări posibile ale celor 4 cazuri se prezintă în **tabelul 2.**

**Tabelul 2.** *Circuite de condiționare a semnalului*

|  |  |
| --- | --- |
| Cazul 1: ***m*>0, *b*>0** | |
| **Fig. 6.** *Circuitul care implementează cazul* 1 |  |
| Cazul 2: ***m*>0, *b*>0** | |
| **Fig. 7.** *Circuitul care implementează cazul* 2    **Fig. 8.** *Circuitul din cazul* 2 *după aplicarea echivalării Thévenin* |  |
| Cazul 3: ***m*<0, *b*>0** | |
| **Fig. 9.** *Circuitul care implementează cazul* 3 |  |
| Cazul 4: ***m*<0, *b*<0** | |
| **Fig. 10.** *Circuitul care implementează cazul* 4 |  |

# **Desfăşurarea lucrării L5A**

## **Amplificatorul inversor de tensiune alternativă**

Să se deseneze cu ajutorul programului *Capture CIS Lite* amplificatorul inversor de tensiune alternativă din fig. 11 și să se determine:

* potențialele la terminalele AO;
* frecvențele la -3dB pentru diferite valori ale condensatoarelor de cuplaj C1 și C2;
* valoarea frecvenței de dimensionare a condensatoarelor, f\*;
* determinarea rezistenței de intrare în funcție de frecvență.



**Fig. 11.** *Schema amplificatorului inversor de tensiune alternativă*

## **Determinarea potențialelor la terminalele AO**

* Se face o analiză în frecvență de tipul *AC Sweep/Noise* cu parametrii din fig. 11.
* Potențialele la terminalele AO se citesc activând butonul  - *Enable Bias Voltage Display*. Valorile se trec în **tabelul 3**.

**Tabelul 3.** *Potențialele din noduri la amplificatoarelor de tensiune alternativă*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Amplificatorul inversor** | | | **Amplificatorul neinversor** | | |
| *VP* [V] | *VN* [V] | *VO* [V] | *VP* [V] | *VN* [V] | *VO* [V] |
|  |  |  |  |  |  |

## **Determinarea frecvențelor la -3dB pentru diferite valori ale condensatoarelor de cuplaj C1 și C2**

* Se face o analiză în frecvență de tipul *AC Sweep/Noise* cu parametrii din fig. 11;
* Se reprezintă grafic DB(V(out))-DB(V(in))
* Se activează cursoarele, se află maximul și cursorul **Y1** se deplasează la dreapta până la frecvența la care în fereastra *Probe Cursor* se citește maximul -3dB. Frecvența corespunzătoare este *fH* – frecvența limită superioară la -3dB;
* Apoi ținând tasta *Shift* apăsată, se deplasează cursorul **Y2** și se poziționează la stânga curbei tot la maxim -3dB. Frecvența corespunzătoare este *fL* – frecvența limită inferioară la -3dB
* Perechile de valori de frecvențe se trec în **tabelul 4**.
* Pentru ultimul set de valori ale condensatoarelor se aduc în lucrare răspunsul în frecvență al circuitului și fereastra *Probe Cursor*.

*(aici se pune răspunsul în frecvență al circuitului pentru C1=C2=1uF)*

*(aici se pune fereastra Probe Cursor cu valorile frecvențelor fL și fH)*

**Tabelul 4.** *Frecvențele la -3dB pentru diferite valori ale condensatoarelor C*1 *și C*2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *C*1=*C*2 | 1nF | 10nF | 100nF | 1uF |
| *fL* [Hz] |  |  |  |  |
| *fH* [kHz] |  |  |  |  |

## **Determinarea frecvenței de dimensionare a condensatoarelor, f\***

* Se utilizează mărimea *fL* de la ultimul set de valori ale condensatoarelor;
* Pentru a se asigura valoarea lui *fL*, teoria amplificatoarelor de tensiune alternativă la care AO este alimentat cu o singură tensiune, precizeză că, în cazul a 2 condensatoare

(16)

* Valoarea calculată se trece în **tabelul 5**.
* Se determină valorile lui *C*1 și *C*2 pe baza relațiilor de dimensionare (17) și se trec în **tabelul 5**:

(17a)

(17b)

## **Determinarea rezistenței de intrare în funcție de frecvență**

* Se face o analiză în frecvență de tipul *AC Sweep/Noise* cu parametrii din fig. 11;
* Se reprezintă grafic V(in)/I(R1)
* Valoarea lui *Ri* din bandă se trece în **tabelul 5**.

*(aici se pune răspunsul în frecvență al Ri)*

**Tabelul 5.**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *f\** [Hz]  (rel. 16) | *C*1,*calc* [μF]  (rel. 17a) | *C*2,*calc* [μF]  (rel. 17b) | *C*1*, C*2 [μF]  (schemă) | *Ri* [kΩ]  (grafic) |
|  |  |  |  |  |

## **Amplificatorul neinversor de tensiune alternativă**

Să se deseneze cu ajutorul programului *Capture CIS Lite* amplificatorul neinversor de tensiune alternativă din fig. 12 și să se determine:

* potențialele la terminalele AO;
* frecvențele la -3dB pentru valorile condensatoarelor *C*1, *C*2 și *C*3 de pe desen;
* valoarea frecvenței de dimensionare a condensatoarelor, *f\**;
* determinarea rezistenței de intrare în funcție de frecvență.



**Fig. 12.** *Schema amplificatorului neinversor de tensiune alternativă*

## **Determinarea potențialelor la terminalele AO**

* Se face o analiză în frecvență de tipul *AC Sweep/Noise* cu parametrii din fig. 12.
* Potențialele la terminalele AO se citesc activând butonul  - *Enable Bias Voltage Display*.
* Valorile de pe desen se trec în **tabelul 3** și se compară cu cele de la amplificatorul inversor.

## **Determinarea frecvențelor la -3dB**

* Se face o analiză în frecvență de tipul *AC Sweep/Noise* cu parametrii din fig. 12;
* Se reprezintă grafic DB(V(out))-DB(V(in))
* Se activează cursoarele, se află maximul și cursorul **Y1** se deplasează la dreapta până la frecvența la care în fereastra *Probe Cursor* se citește o valoare egală cu ”maximul -3dB”. Frecvența corespunzătoare este *fH* – frecvența limită superioară la -3dB;
* Apoi ținând tasta *Shift* apăsată, se deplasează cursorul **Y2** și se poziționează la stânga curbei tot la ”maxim -3dB”. Frecvența corespunzătoare este *fL* – frecvența limită inferioară la -3dB.
* Valorile frecvențelor la -3dB se trec în **tabelul 6**.

*(aici se pune răspunsul în frecvență al circuitului)*

*(aici se pune ferestrele Probe Cursor cu valorile frecvențelor fL și fH)*

**Tabelul 6.** *Frecvențele la -3dB pentru diferite valori ale condensatoarelor C*1*, C*2 *și C*3

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *C*1=*C*2=*C*3 | 1nF | 10nF | 100nF | 1uF |
| *fL* [Hz] |  |  |  |  |
| *fH* [kHz] |  |  |  |  |

## **Determinarea frecvenței de dimensionare a condensatoarelor, f\***

* Se utilizează mărimea lui *fL* impusă prin proiectare;
* Pentru a se asigura valoarea lui *fL*, teoria amplificatoarelor de tensiune alternativă la care AO este alimentat cu o singură tensiune, precizeză că, în cazul a 3 condensatoare

(18)

* Valoarea calculată se trece în **tabelul 7**.
* Se determină valorile lui *C*1, *C*2 și *C*3 pe baza relațiilor de dimensionare (19) și se trec în **tabelul 7**

(19a)

(19b)

(19c)

## **Determinarea rezistenței de intrare în funcție de frecvență**

* Se face o analiză în frecvență de tipul *AC Sweep/Noise* cu parametrii din fig. L10-2;
* Se reprezintă grafic V(in)/I(C3)
* Valoarea lui *Ri* din bandă se trece în **tabelul 7**

**Tabelul 7.**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *f\** [Hz]  (rel. 18) | *C*1,*calc* [μF]  (rel. 19a) | *C*2,*calc* [μF]  (rel. 19b) | *C*3,*calc* [μF]  (rel. 19c) | *C*1, *C*2, *C*3 [μF]  (schemă) | *Ri* [kΩ]  (grafic) |
|  |  |  |  |  |  |

**OBSERVAȚIE IMPORTANTĂ:** amplificatorul neinversor de tensiune alternativă nu mai beneficiază de o valoare foarte mare a rezistenței de intrare așa cum am văzut că are configurația neinversoare. Montajul din fig. 13 elimină în bună măsură acest dezavantaj.



**Fig. 13.** *Amplificator neincersor de tensiune alternativă cu valoare mărită a rezistenței de intrare*

* Determinați în acest caz *Ri* în banda audio, efectuând o analiză de c.a. și reprezentați grafic V(in)/I(C3)

*Ri* = ..........

## **Circuit de condiționare a semnalului**

Să se dimensioneze elementele unui circuit de condiționare a semnalului, alimentat la 5V, care translatează domeniul de variație 0...3V în domeniul de variație 1...4V. Se va utiliza un AO de tipul Rail-to-Rail, având codul TLV2221. Denumirea partului în *Capture* este **TLV2221/3\_1/TI**.

unde

Ne aflăm în cazul 1

și rezultă

De obicei se alege

Făcând înlocuirile , rezultă

Înlocuind , rezultă

* Alegeți rezistențe din domeniul 1k…100k (seria E24) care satisfac relațiile de mai sus marcate cu galben și simulați circuitul din fig. 14,
* efectuți o analiză de c.c. de tipul *DC Sweep*, în care la *Voltage source*, la *Name* puneți VI, *Start Value*=0, *End Value*=3 și *Increment*=10m.



**Fig. 14.** *Circuit de condiționare a semnalului*

* Răspunsul circuitului la analiza de c.c. se aduce în documentul *Word* împreună cu fereatra *Probe Cursor*, un cusor fiind la VI=0V iar celălalt la VI=3V. Valorile găsite se trec în **tabelul 8**.

*(aici se pune răspunsul circuitului pentru analiza DC Swwp)*

*(aici se pune fereastra Probe Cursor cu valorile limită ale VO)*

Dacă rezistențele s-au dimensionat corect, se constată îndeplinirea condițiilor din enunțul problemei, adică pentru , se obține .

**Tabelul 8.**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| VI [V] | 0 | 3 |
| VO [V] |  |  |

**Anexa 1**

**Seria E24** (toleranță 5%)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1.0 | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.5 | 1.6 | 1.8 | 2.0 | 2.2 | 2.4 | 2.7 | 3.0 |
| 3.3 | 3.6 | 3.9 | 4.3 | 4.7 | 5.1 | 5.6 | 6.2 | 6.8 | 7.5 | 8.2 | 9.1 |

# **L5B. Circuite neliniare realizate cu AO**

# **Scopul lucrării**

Se studiază circuitele neliniare, realizate cu AO și/sau circuite specializate, determinându-se:

* caracteristica de transfer a circuitului de logaritmare realizat cu AO;
* formele de undă ale redresoarelor de precizie realizate cu AO;
* timpii de răspuns la comparatoare realizate cu AO și circuite specializate.

# **Desfăşurarea lucrării L5B**

## **Circuitul de logaritmare**

Să se deseneze cu ajutorul programului *Capture CIS Lite* circuitul de logaritmare din fig. 1 și să se determine:

* Caracteristica de transfer;
* Valorile tensiunii de ieșire pentru valori date ale tensiunii de intrare;
* Valorile curentului de colector prin tranzistor pentru valori date ale tensiunii de intrare
* Valorile tensiunii B-C pentru valori date ale tensiunii de intrare.



**Fig. 1.** *Schema circuitului de logaritmare*

## **Caracteristica de transfer**

* Se face o analiză de c.c de tipul *DC Sweep* cu parametrii din fig. L10-1.

*(aici se pune caracteristica de transfer)*

## **Valorile tensiunii de ieșire**

* Se determină folosind un marker de tensiune și se completează **tabelul 1**.

## **Valorile curentului de colector prin tranzistor**

* Se determină folosind un marker de curent și se completează **tabelul 1**.

*(aici se pune răspunsul curentului de colector)*

## **Valorile tensiunii B-C**

* Se determină folosind un marker diferențial (sonda + în bază iar sonda – în colector) și se completează **Tabelul L10-1**.

*(aici se pune răspunsul tensiunii B-C)*

**Tabelul 1.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *VI* [V] | -10 | -5 | -1 | 0 | 0,01 | 0,1 | 1 | 10 |
| *VO* [V] |  |  |  |  |  |  |  |  |
| *IC* [mA] |  |  |  |  |  |  |  |  |
| *VBC* [mV] |  |  |  |  |  |  |  |  |

Observații: În domeniul tensiunilor negative de la intrare, tranzistorul funcționează în regim inversat (emitorul are rol de colector iar colectorul rol de emitor).

## **Redresorul de precizie neinversor saturat**

Să se deseneze cu ajutorul programului *Capture CIS Lite* redresorul de precizie neinversor din fig. 2 și să se determine:

* Formele de undă pentru semnal de intrare cu amplitudine < 0,7V și frecvență 50Hz;
* Formele de undă pentru semnal de intrare cu amplitudine > 0,7V și frecvență 50Hz;
* Formele de undă pentru semnal de intrare cu amplitudine > 0,7V și frecvență 5kHz;
* Valoarea medie a tensiunii redresate la cele 2 frecvențe.



**Fig. 2.** *Schema redresorului de precizie neinversor*

## **Formele de undă pentru semnal de intrare cu amplitudine < 0,7V și frecvență 50Hz**

* Se face o analiză în timp de tipul *Time Domain (Transient)* cu parametrii din fig. 2 pentru o amplitudine a semnalului de intrare de 0,2V și f=50Hz.

*(aici se pune răspunsul în timp la amplitudine <0,7V, f=50Hz)*

## **Formele de undă pentru semnal de intrare cu amplitudine > 0,7V și frecvență 50Hz**

* Se face o analiză în timp de tipul *Time Domain (Transient)* cu parametrii din fig. 2 pentru o amplitudine a semnalului de intrare de 5V și f=50Hz;
* Se folosesc 3 markeri de tensiune pentru a vizualiza tensiunea de intrare, cea de la ieșirea circuitului și cea de la ieșirea AO

*(aici se pune răspunsul în timp la amplitudine >0,7V, f=50Hz)*

## **Formele de undă pentru semnal de intrare cu amplitudine > 0,7V și frecvență 5kHz**

* Se face o analiză în timp de tipul *Time Domain (Transient)* cu parametrii din fig. 2 pentru o amplitudine a semnalului de intrare de 5V și f=5kHz;
* Se folosesc 3 markeri de tensiune pentru a vizualiza tensiunea de intrare, cea de la ieșirea circuitului și cea de la ieșirea AO

*(aici se pune răspunsul în timp la amplitudine >0,7V, f=5kHz)*

## **Determinarea valorii medii redresate la 50Hz și 5kHz**

* Se face o analiză în timp de tipul *Time Domain (Transient)* cu parametrii din paranteză de pe fig. 2 pentru o amplitudine a semnalului de intrare de 5V și f=50Hz, apoi f=5kHz;
* Valorile tensiunii medii redresate pentru cele 2 frecvențe se trec în **tabelul 2**.

**Tabelul 2.**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *f* [Hz] | 50 | 5000 |
| *VO,med* [V] |  |  |

## **Redresorul de precizie inversor nesaturat**

Să se deseneze cu ajutorul programului *Capture CIS Lite* redresorul de precizie neinversor din fig. 3 și să se determine:

* Formele de undă pentru semnal de intrare cu amplitudine > 0,7V și frecvență 50Hz;
* Formele de undă pentru semnal de intrare cu amplitudine > 0,7V și frecvență 5kHz;
* Valoarea medie a tensiunii redresate la cele 2 frecvențe.



**Fig. 3.** *Schema redresorului de precizie inversor*

## **Formele de undă pentru semnal de intrare cu amplitudine > 0,7V și frecvență 50Hz**

* Se face o analiză în timp de tipul *Time Domain (Transient)* cu parametrii din fig. 3 pentru o amplitudine a semnalului de intrare de 2V și f=50Hz;
* Se folosesc 3 markeri de tensiune pentru a vizualiza tensiunea de intrare, cea de la ieșirea circuitului și cea de la ieșirea AO

*(aici se pune răspunsul în timp la amplitudine >0,7V, f=50Hz)*

## **Formele de undă pentru semnal de intrare cu amplitudine > 0,7V și frecvență 5kHz**

* Se face o analiză în timp de tipul *Time Domain (Transient)* cu parametrii din fig. 3 pentru o amplitudine a semnalului de intrare de 2V și f=5kHz;
* Se folosesc 3 markeri de tensiune pentru a vizualiza tensiunea de intrare, cea de la ieșirea circuitului și cea de la ieșirea AO

*(aici se pune răspunsul în timp la amplitudine >0,7V, f=5kHz)*

## **Determinarea valorii medii redresate la 50Hz și 5kHz**

* Se face o analiză în timp de tipul *Time Domain (Transient)* cu parametrii din paranteză de pe fig. 3 pentru o amplitudine a semnalului de intrare de 2V și f=50Hz, apoi f=5kHz;
* Valorile tensiunii medii redresate pentru cele 2 frecvențe se trec în **tabelul 3**.

**Tabelul 3.**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *f* [Hz] | 50 | 5000 |
| *VO,med* [V] |  |  |

## **Comparatoare**

Să se deseneze cu ajutorul programului *Capture CIS Lite* circuitele din fig. L10-4 și să se determine:

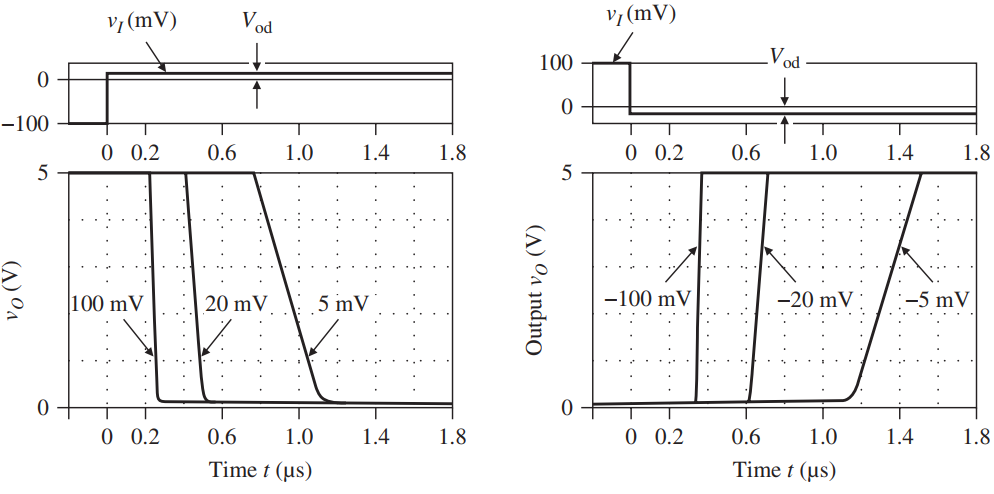
* Comparație între timpii de comutare la un comparator realizat cu AO de tipul LM741 și la un comparator circuit specializat de tipul LM339;
* Timpii de comutare la LM339 pentru diferite valori ale tensiunii de overdrive și tranziție H🡪L;
* Timpii de comutare la LM339 pentru diferite valori ale tensiunii de overdrive și tranziție L🡪H.



**Fig. 4.** *Comparatoare realizate cu circuitul specializat (LM339) și cu AO (LM741)*

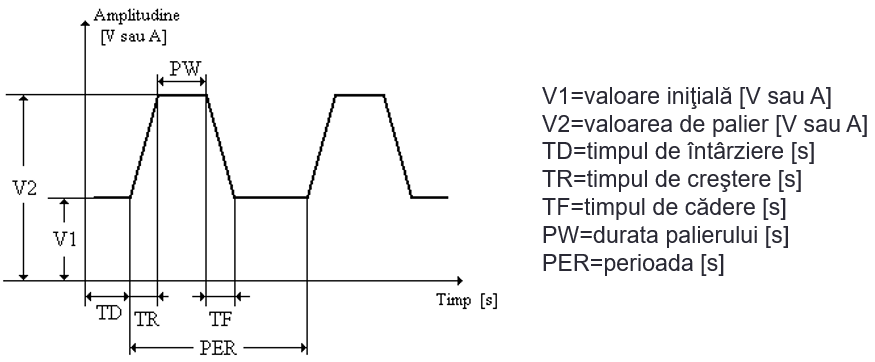
**Tensiunea de overdrive**

Foile de catalog pentru circuitul LM339 indică trei valori ale tensiunii de overdrive pentru care se determină timpul de răspuns al comparatorului: ±5mV, ±20mV și ±100mV (fig. 5).



**Fig. 5.** *Timpii de răspuns la circuitul LM339 pentru diferite valori ale tensiunii de overdrive și tranziții H🡪L, respectiv L🡪H la ieșirea comparatorului*

**Funcția impuls – PULSE** (fig. 6)



**Fig. 6.** *Parametrii funcției impuls - PULSE*

## **Comparație între timpii de comutare la un comparator realizat cu AO de tipul LM741 și la un comparator circuit specializat de tipul LM339**

* Se face o analiză în timp ce tipul *Time Domain (Transient)* cu parametrii din fig. 4;
* Se reprezintă grafic V(out1) și V(out2) folosind markeri de tensiune;
* Se notează în **tabelul 4** timpii de comutare la comparatorul realizat cu LM741;

**Tabelul 4.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Tipul CI | LM339 | | | | | | LM741 | |
| Tranziția | H→L | | | L→H | | | H→L | L→H |
| *Vod* [mV] | 5 | 20 | 100 | -5 | -20 | -100 | 100 | -100 |
| *t* [us] |  |  |  |  |  |  |  |  |

* După ce s-au pus markerii ca pe fig. 4, semnalul V(in) se înlocuiește cu V(in)\*10 pentru a fi mai vizibil;
* Se fac curbele mai groase și se aduc în documentul *Word*;
* Înainte de a trece la pasul următor, se deschide fereastra *Edit Simulation Profile*, clic pe tabul *Probe Window* și la *Show* (stânga jos) se bifează la *Last Plot*.

*(aici se pune răspunsul în timp pentru cele 2 comparatoare)*

## **Timpii de comutare la LM339 pentru diferite valori ale tensiunii de overdrive și tranziție H🡪L**

* Se modifică parametrii analizei în timp conform cu fig. 4;
* Parametrul V2 al sursei impuls V2 se modifică conform valorilor din **tabelul 4**, considerând pe rând valorile de 5mV, 20mV și 100mV, se măsoară timpul de răspuns pentru LM339 și valorile de timp se trec în **tabelul 4**;
* Se aduce în Word răspunsul pentru *Vod*=5mV

*(aici se pune răspunsul în timp pentru Vod=5mV)*

## **Timpii de comutare la LM339 pentru diferite valori ale tensiunii de overdrive și tranziție L🡪H**

* Se modifică parametrii analizei în timp conform cu fig. 4;
* Parametrul V1 al sursei impuls V2 se modifică conform valorilor din **tabelul 4**, considerând pe rând valorile de -5mV, -20mV și -100mV, se măsoară timpul de răspuns pentru LM339 și valorile de timp se trec în **tabelul 4**.
* Se aduce în Word răspunsul pentru *Vod*=-5mV

*(aici se pune răspunsul în timp pentru Vod=-5mV)*