Introducere in programul PSpice

Programul PSpice este un program de simulare a circuitelor analogice. Programul are o parte de desenare a schemei, numita Capture CIS si o parte de analiza a circuitului (motorul de calcul - engine). Legatura dintre cele doua parti este asigurata de un "parser" (analizor de lexica), care transforma desenul in forma matriciala a ecuatiilor de circuit bazate pe teorema tensiunilor de noduri (TTN). Inainte de a incepe simularea propriu-zisa, trebuie configurate optiunile de simulare, numite in PSpice "Simulation Profile", ce contine analizele de circuit propuse si optiunile pentru aceste analize. Partea finala a programului este cea de afisare grafica sau tabelara a rezultatelor.

Se deschide din familia de programe Orcad programul **Capture CIS** pentru desenarea schemei. Pentru a crea un proiect nou se deschide "File", "New", "Project". In fereastra care apare:

New Project		<u> </u>
Name Create a New Project Using Image: Second Stream Image: Second Stream	Tip for New Create a n Mixed A/D new projec or copied f template.	OK Cancel Help v Users ew Analog or project. The ct may be blank from an existing
Location	_	Browse

Se denumeste proiectul (nume de fisier, conform standardului Windows), se bifeaza Analog or Mixed A/D (celelalte optiuni sunt pentru realizarea unui cablaj PCB sau doar desenare de schema "schematic"). Analog or Mixed A/D permite legatura intre programul de desenare si cel de simulare a schemei. La locatie "Location" este de preferat sa se creeze un folder (director) separat de cel in care se gaseste instalat programul, de preferinta folderul "student_grupa_xxxx".

lame	OK
rest	Cancel
Create a New Project Using	Help
 PC Board Wizard Programmable Logic Wizard Schematic 	Tip for New Users Create a new Analog or Mixed A/D project. The new project may be blank or copied from an existing template.
ocation E:\orcad	Browse

Urmatoarea fereastra da posibilitatea alegerii intre a crea un proiect gol (blank project) sau mostenit dintr-un proiect mai vechi. Se va selecta prima optiune (adica blank project).:

Create PSpice Project		23
Create based upon an existing project		OK
hierarchical.opj	-	Browse
 Create a blank project 		Cancel
		Help

Acum proiectul este creat si se poate desena schema.

In partea dreapta avem butoanele necesare desenarii schemei. Se remarca simbolurile:





- permite introducerea de fire de legatura dintre componente

- permite introducerea simbolului de masa

Componentele sunt organizate in biblioteci de componente grupate pe tipuri de componente.

lace Part		
Part		ОК
J.		Cancel
Part List:		Add Library
		Remove Library
		Part Search
	Graphic	Help
Libraries: Design Cache	Normal Orivert Packaging	

La prima utilizare a programului se introduc pe rand bibliotecile necesare, prin apasarea butonului "Add Library", sau daca se cunoaste numele componentei se cauta apasand "Part Search".

- **Elemente pasive**: R, L, C: se adauga biblioteca "analog" din care se pot selecta componentele dorite. Componentele pasive din aceasta biblioteca sunt ideale si nu tin cont de variatia cu temperatura sau tensiunea aplicata pe ele.

Componenta se poate roti apasand litera R cand componenta este activata sau dand click pe ea, din meniul corespunzator valorii componentei respective.

Componentele au o valoare implicita (ex. R=1k), modificarea valorii se poate efectua dand click pe valoarea componentei respective.

Part:		— [OK
Pant List:			Cancel
GPOLY			Add Library
H HPOLY K Linear			Remove Library
R_Linear L OPAMP			Part Search
R_var S T		-	Help
libraries: ANALOG Design Cache	Graphic Normal Convert		R?
	Packaging Parts per Pkg: 1 Part:		₩/

Similar se plaseaza pe foaia de desen toate componentele pasive.

-Semiconductoare:

Diode semiconductoare: se selecteaza biblioteca "diode" si spre exemplu o dioda de joasa frecventa, utilizata in redresare 1N4001

Tranzistoare bipolare: sunt mai multe biblioteci, functie de firma producatoare. Spre exemplu se poate selecta biblioteca "ebipolar" si tranzistoarele BC107(A,B,C)-BC109 pentru npn, sau BC177(A,B,C)-BC179 pentru pnp. Sunt tranzistoare de mica putere, semnal mic. Pentru puteri mai mari se poate selecta din biblioteca PWRBJT tranzistorul 2N3055 de tip npn.





Plasarea masei (GND): In PSpice masa (GND) este putin ascunsa, mai greu de gasit. Pentru a plasa corect masa, avand in vedere ca masei i se atribuie automat numerotarea de nod 0 se procedeaza astfel:

Din butoanele din partea dreapta se selecteaza butonul GND:

	-	
		Cancel
\$D_HI/SOURCE \$D_LO/SOURCE		Add Library
U/SOUNCE		Remove Library
.ibraries:		Help
Design Cache SOURCE	Name:	
.ibraries: Design Cache SOURCE	Name	Help

Se selecteaza biblioteca SOURCE si componenta 0/SOURCE.

Simbolul desenat trebuie sa arate asa: . Orice alt simbol de GND da erori la crearea netlistului (lista de noduri utilizata pentru simulare).

-**Amplificatoare operationale**: AO din familia 741 se pot gasi in bibliotecile NAT_SEMI OPAMP (de la National Semiconductors), LM741/OPAMP; AD741/OPAMP de la Analog Devices in biblioteca OPAMP.



Surse independente de tensiune

Exista mai multe tipuri de surse de tensiune, functie de tipul analizei dorite a fi efectuate: 1. **Sursa de curent continuu** (engl. DC = direct current), in PSpice este notata cu VDC. Se apeleaza cu butonul de componente din biblioteca SOURCE.



Valoarea implicita este zero, aceasta valoare se poate modifica facand click pe valoarea sursei. Plusul sursei este indicat in simbol. Este utilizata ca sursa de alimentare a circuitului sau la circuite de curent continuu.

2. **Sursa de tensiune de semnal mic**. In analiza de semnal mic a unui circuit se presupune ca sursa de intrare este sinusoidala si are o amplitudine suficient de mica incat circuitul sa poata fi aproximat ca fiind liniar. Valoarea implicita este 1, pentru usurinta determinarii functiilor de transfer sau a amplificarii unui circuit. Valoarea de 1V atribuita implicit, nu are semnificatia de 1Volt, ci de valoare egala cu 1 (simbolic). Denumirea sursei este VAC, valoarea de c.a. este 1 si se poate impune si o valoare de c.c. (offset sau valoare de mod comun). Se selecteaza tot din butonul de componente, biblioteca SOURCE.

Analiza de semnal mic este o analiza in domeniul frecventa, care da functia de transfer a circuitului, castigul si defazajul dintre intrare si iesire, prin baleierea frecventelor intr-un interval specificat (vom reveni).



3. **Surse pentru analiza tranzitorie in domeniul timp**. Analiza tranzitorie in domeniul timp integreaza in domeniul timp ecuatiile diferentiale ce caracterizeaza circuitul. Rezultatele sunt forme de unda ce rezulta din excitarea circuitului la diverse surse de tensiune sau curent exprimate tot in domeniul timp.

-VPULSE - genereaza o forma de unda aproximativ dreptunghiulara cu urmatorii parametri:

V1, V2 cele doua nivele de tensiune intre care oscileaza forma de unda dreptunghiulara TD - timpul de intarziere fata de momentul 0, de la care porneste forma de unda

TR, TF - timpii de crestere si descrestere pe flancurile formei dreptunghiulare (ideal =0, real nu poate fi zero pentru ca ar avea derivata infinita.

PW - pulse width (latimea pulsului) sau factorul de umplere, durata cat semnalul este in starea logica "1", adica V2

PER - perioada semnalului



Forma de unda pentru o sursa cu V1=0, V2=1, TD=100u, TR=TF=20uS, PW=2.48mS, PER=5mS



VSIN - genereaza o tensiune cu forma de unda sinusoidala. Impreuna cu analiza tranzitorie permite vizualizarea si calcularea distorsiunilor armonice pentru un amplificator de semnal.



Parametri:

VOFF - offsetul, componenta de curent continuu VAMPL - amplitudinea sinusoidei FREQ - frecventa sinusoidei Exemplu pentru VAMPL=10mV si f=1kHz.



VPWL - forma de unda definita prin puncte, liniarizata pe portiuni. Permite definirea unor forme de unda diverse, de ex. forma triunghiulara.



Pentru sursele de curent tipurile de surse sunt aceleasi ca la sursele de tensiune, avanda aceiasi parametri, numai ca in loc sa se masoare in Volti sau submultipli se masoara in Amperi sau submultipli.

Tipurile principale de analiza in PSpice:

-**Bias Point** - punctul de polarizare sau PSF. Este analiza de curent continuu a circuitului, care stabileste curentii prin circuit si punctul de polarizare al tranzistorului bipolar sau MOS. Dupa calculul PSF programul stabileste principalii parametri ai transitorului pentru analiza de semnal mic: g_m , r_{π} , β_{DC} , si β_{AC} , r_o , etc. Acesti parametri se gaesc sub forma de tabel in fisierul de iesire, Output File. Analiza se face la o temperatura specificata, de regula 27°C (300K).

-**DC Sweep** - Este o analiza de curent continuu, repetatat functie de variatia unui parametru. Acest parametru poate fi temperatura (ne arata cum variaza PSF cu temperatura), un parametru din modelul tranzistorului (de ex. B - ne arata modificarea PSF la modificarea β), tensiunea de alimentare, etc.

-AC Sweep - este o analiza de semnal mic pe modelul liniarizat al tranzistoarelor, repetata pe intervalul de frecvente specificat. Se poate determina caracteristica amplificare-frecventa, impedantele de intrare si iesire functie de frecventa, etc.

- **Transient** - este analiza tranzitorie in domeniul timp. Programul rezolva ecuatiile diferentiale neliniare ce caracterizeaza circuitul, utilizand modelele neliniare ale tranzistoarelor. Raspunsul este o forma de unda reprezentata grafic, functie de timp. Pe baza rezultatului calculat, utilizand transformata FFT se pot determina distorsiunile semnalului de iesire la excitatie sinusoidala la intrarea amplificatorului. Aceasta analiza se utilizeaza cand semnalul de intrare este mare si dispozitivele semiconductoare (diode, tranzistoare) nu pot fi liniarizate.

Aplicatii:

Polarizarea tranzistorului bipolar

Ne propunem realizarea unui circuit de polarizare cu divizor de tensiune in baza tranzistorului, pentru un curent de polarizare $I_c=2mA$. Se alege caderea de tensiune pe rezistenta de emitor de 2V care asigura o variatie cu temperatura a curentului de colector de aproximativ 10% la o variatie de 100°C. Schema rezultanta este prezentata in figura:



Se va efectua mai intai o analiza de curent continuu pentru determinarea PSF.

Din bara de meniuri se selecteaza PSpice, New simulation Profile. Apare urmatoarea fereastra:

New Simulation	×
Name:	Create
Ji Inherit From:	Cancel
none	
Root Schematic: SCHEMATIC1	

La nume se denumeste profilul de simulare (care salveaza setarile de simulare). Numele poate fi acelasi cu cel al proiectului, ex. test.

Inherit From = Mostenit din alt proiect, se lasa optiunea none.:

Name:	
test	Lreate
nherit From:	Cancel
none 💌	
Boot Schematic: SCHEMATIC1	

Se apasa Create.

Apare urmatoarea fereastra:

Time Domain (Transient)	Run to time: 1000ns seconds (TSTOP) Start saving data after: 0 seconds
General Settings Monte Carlo/Worst Case Parametric Sweep Temperature (Sweep) Save Bias Point Load Bias Point	Maximum step size: seconds

Se selecteaza succesiv:

Analysis Type: Bias Point

In schema se selecteaza butonul de marcare a curentului continuu, ce va afisa toti curentii de curent continuu din circuit, deoarece marimea de interes este curentul de colector:

I. Functie de valorile curentilor afisati se poate aprecia daca tranzistorul este in RAN. Se verifica daca calculele de proiectare corespund in limita aproximatiilor cu valorile afisate.



Variatia PSF cu temperatura:

Se selecteaza din nou PSpice, Edit Simulation Profile, apoi la Analysis Type: DC Sweep. Aceasta este o analiza parametrica, repetata in raport cu variatiile temperaturii. Se completeaza datele conform figurii de mai jos, temperatura este in grade Celsius:

Analysis type:	- Sween variable
DC Sweep	C Voltage source Name:
Dptions:	C Current source Model type:
Secondary Sweep	C Model parameter Model name:
Monte Carlo/Worst Case	1• I emperature Parameter name:
Temperature (Sweep)	Sweep type
Save Bias Point	C Linear Start value: -25
	C Logarithmic Decade End value: 125
	Increment: 5
	○ Value list
	C Value list

Se selecteaza de data asta markerul de curent $\widehat{}$, care se plaseaza in terminalul de colector al tranzistorului. Dupa efectuarea analizei obtinem variatia curentului de colector functie de temperatura:



Se poate determina variatia procentuala a curentului cu temperatura:

$$\frac{\Delta I_c}{\Delta T} = \frac{2,2mA - 2mA}{95 - 0} = 2,1 \cdot 10^{-6} \, mA \,/\,^{\circ}C$$
$$\frac{\Delta I_c}{I_c \,\Delta T} \cdot 100^{\circ}C \cdot 100\% = \frac{2,1 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 10^{-3}} \cdot 10^4 = 10,5\%$$

Deci aproape de valoarea estimata de 10%.

Variatia cu factorul de amplificare in curent al TB - β

Se modifica din nou profilul de simulare din PSpice, Edit Simulation Profile, Analysis Type: DCSweep. Se completeaza profilul de simulare conform figurii:

ieneral Analysis Include F Analysis type: DC Sweep	les Libraries Stimulus Options Data Collection Probe Sweep variable C Voltage source Name: C Current source Model tupe: NPN	Window
Primary Sweep Secondary Sweep Monte Carlo/Worst Case	Global parameter Global parameter Model name: BC107A C Temperature Parameter name: BF	
Parametric Sweep Temperature (Sweep) Save Bias Point Load Bias Point	Sweep type C Linear C Logarithmic Decade T Increment: 5	
	C Value list	

Analiza parametrica se face dupa parametrul BF (beta forward) al TB, tipul modelului este tranzistorul npn, numele modelului este tranzistorul ales BC107A. BF variaza intre 100 si 300 cu pasul de 5.



Se observa ca variatia curentului de colector este intre 1,93mA si 2,05mA cu o variatie relativa de $\Delta I/I=0,12/2=0,06$, adica 6%.

Analiza de sensitivitate

Aceasta analiza permite determinarea influentei tolerantelor rezistoarelor asupra variatiei curentului de colector. Pentru a determina curentul in aceasta analiza in PSpice trebuie sa introducem o sursa pilot de tensiune continua, egala cu zero (nu influenteaza ecuatiile de circuit). Sursa V6 din schema realizeaza acest lucru:



In PSpice, Edit Simulation Profile se selecteaza Analysis Type din nou Bias Point, cu caracteristicile prezentate in figura:



Deci se selecteaza Sensitivity Analysis cu variabila de iesire I(V6), adica curentul prin sursa V6 (curentul de colector). Dupa efectuarea analizei, in fisierul de iesire (Output File) se gasesc rezultatele tabelate:

DC SENSITIVITIES OF OUTPUT I (V_V6)

ELEMENT	ELEMENT	ELEMENT	NORMALIZED
NAME	VALUE	SENSITIVITY	SENSITIVITY
		(AMPS/UNIT)	(AMPS/PERCENT)
R R4	1.000E+03	-1.951E-06	-1.951E-05
R R5	1.200E+04	1.747E-07	2.096E-05
R R6	5.100E+04	-4.303E-08	-2.195E-05

Se observa ca valorile sensitivitatii normalizate se invart in jurul valorii de 2e-5A/%. Deci la o variatie de 10% a valorii unei rezistente (toleranta), variatia curentului este de 2e-4A, care raportata la valoarea curentului de colector de 2mA, rezulta o variatie relativa a curentului de aproximativ 10%. Daca se aleg rezistoare cu tolerante de 5% si variatia curentului de colector va fi tot de 5%. Tolerantele au variatii aleatoare si este putin probabil ca abaterile sa se adune cu acelasi semn (cazul cel mai defavorabil), ele se sumeaza de regula statistic, fiind necorelate, erorile se aduna patratic.

Analiza de semnal mic

Se modifica circuitul pentru a realiza un etaj cu sarcina distribuita. Pentru gama dinamica maxima diferenta dintre tensiunea de alimentare de 15V si caderea de tensiune pe rezistenta de emitor V_E , trebuie impartita in doua parti aproximativ egale, adica 15-2=13V, impartit la doi, egal 6,5V. Asta inseamna ca V_{RC} =6,5V, la un curent de 2mA, rezulta





Se adauga la schema elementele de conectare cu sursa de semnal si cu sarcina $R_L=50k$ prin intermediul capacitatilor de cuplaj de 10µF:



Analiza de semnal mic pentru determinarea amplificarii si benzii de frecventa: se selecteaza PSpice, Edit Simulation Menu, Analysis Type: AC Sweep, adica o analiza cu baleierea frecventei in limitele impuse. Se completeaza variatia frecventei de tip

logaritmic (pentru a gasi caracteristica amplitudine frecventa de tip Bode), intre 10Hz si 100MHz cu 50 de puncte pe decada.

eneral Analysis Include File	s Libraries Stimulus Opti	ons Data Collection	Probe Windo
nalysis type:	AC Sweep Type		
AC Sweep/Noise	C Linear	Start Frequency:	10
options:	Contract Logarithmic	End Frequency:	100Meg
General Settings Monte Cado Worst Case	Decade 💌	Points/Decade:	50
Parametric Sweep	Noise Analysis		
Temperature (Sweep)	Enabled Outp	ut Voltage:	-
Load Bias Point	L/V S	ource	
	Inter		-
		1	
	Output File Options		
	☐ Include detailed bia	is point information for n	onlinear
	☐ Include detailed bia controlled sources	is point information for n and semiconductors (.0	onlinear P)
	Include detailed bia controlled sources	is point information for n and semiconductors (.0	onlinear P)
	OK Ca	is point information for n and semiconductors (.0 Incel Apply	onlinear P) Help
une un marker de semn	OK Ca OK Ca al pe rezistenta de sar	is point information for n and semiconductors (.0 incel Apply cina D	onlinear P) Help
une un marker de semn	OK Ca OK Ca al pe rezistenta de sar	is point information for n and semiconductors (.D incel Apply cina D	onlinear P) Help
Ine un marker de semn	OK Ca OK Ca al pe rezistenta de sar	is point information for n and semiconductors (.0 incel Apply cina D	onlinear P) Help

Dupa simulare se obtine rezultatul:



Amplificarea in banda este:

$$A_{v} = \frac{g_{m}(R_{c} \parallel R_{L})}{1 + g_{m}R_{E}} = 3,05$$

Din simulare $A_v=3,04$.

Determinarea impedantei de intrare se realizeaza dupa definitie: Impedanta de intrare este egala cu raportul dintre amplitudinea sursei de semnal de la intrare (tensiune) si curentul care parcurge sursa respectiva de semnal.

Cu aceeasi analiza ca cea anterioara din subprogramul de afisare grafica se selecteaza Trace, Delete All Traces, apoi Add Trace. Din lista care se deschide:

Add Traces		
Simulation Output Variables		Functions or Macros
x		Analog Operators and Functions 💌
Frequency	☑ Analog	
((RB1)	🗖 Digital	+
I(RB2) I(RC)	Voltages	2
I(RE)	🔽 Currents	(@ (ABS())
1(V5)	Power	ARCTAN()
IB(Q1)	□ Noise (V²/Hz)	AVG()
IEQ1)	Alias Names	COS()
IS(Q1) V(0)		D() DB()
V(C1:1) V(C1:2)		ENVMAX(,) ENVMIN(_)
V(C2:1)		EXP()
V(C2:2) V(N01381)		G[] MG()
V(N01434) V(N01494)	74	LOG() LOG10()
V(N02423)	74 Variables listed	M()
Full List		[meo()
Trees Europeine		
Trace Expression. I		
Se selecteaza $V(V/,+)$ (tensiunea la nodi	al 1 a sursei V7)	<u>/ I(V7)</u>
Add Traces	il 1 a sursei V7)	/ I(V7)
Add Traces Simulation Output Variables	al 1 a sursei V7)	/ I(V7)
Add Traces Se selecteaza V(V7,+) (tensiunea la nodu Add Traces Simulation Dutput Variables [*	ul 1 a sursei V7)	/ I(V7) Functions or Macros Analog Operators and Functions ▼
Add Traces Se selecteaza V(V7,+) (tensiunea la nodu Add Traces Simulation Output Variables * Frequency	III a sursei V7)	Functions or Macros
Add Traces Se selecteaza V(V7,+) (tensiunea la nodu Add Traces Simulation Output Variables * Frequency I[C1] I[C2]	III a sursei V7) ✓ Analog	/ I(V7) Functions or Macros Analog Operators and Functions
Add Traces Se selecteaza V(V7,+) (tensiunea la nodu Add Traces Simulation Output Variables * Frequency I[C1] I[C2] I[RB1] I[B2]	III a sursei V7) ✓ Analog ☐ Digital	Functions or Macros
Add Traces Se selecteaza V(V7,+) (tensiunea la nodu Add Traces Simulation Output Variables * Frequency I(C1) I(C2) I(RB1) I(RC2) I(RC1)	III a sursei V7) ✓ Analog ✓ Digital ✓ Voltages	Functions or Macros
Add Traces Se selecteaza V(V7,+) (tensiunea la nodu Add Traces Simulation Output Variables * Frequency I(C1) I(C2) I(RB1) I(RB2) I(RE) I(RE) I(RL)	III a sursei V7) ✓ Analog ✓ Digital ✓ Voltages ✓ Currents	/ I(V7) Functions or Macros Analog Operators and Functions # 0 * +
Add Traces Se selecteaza V(V7,+) (tensiunea la nodita n	III a sursei V7) ✓ Analog ✓ Digital ✓ Voltages ✓ Currents ✓ Power	/ I(V7) Functions or Macros Analog Operators and Functions
Add Traces Simulation Output Variables Frequency I(C1) I(C2) I(RB1) I(RB2) I(RC) I(RL) I(V5) IV7 IB(Q1) I(C01)	III a sursei V7) ✓ Analog ✓ Digital ✓ Voltages ✓ Currents ✓ Power ✓ Noise (V ² /Hz)	Functions or Macros
Add Traces Simulation Output Variables Frequency I(C1) I(RB1) I(RB2) I(RE) I(RE) I(RE) I(RL) I	III a sursei V7) ✓ Analog ✓ Digital ✓ Voltages ✓ Currents ✓ Power ✓ Noise (V ² /H ₂) ✓ Alias Names	<pre>/ I(V7) Functions or Macros Analog Operators and Functions # 0 * +</pre>
Add Traces Se selecteaza V(V7,+) (tensiunea la nodu Add Traces Simulation Output Variables * Frequency I(C1) I(C2) I(RB1) I(RB2) I(RE) I(RL) IV5) IV7 IB(Q1) IS(Q1) V(0)	III a sursei V7) ✓ Analog □ Digital ✓ Voltages ✓ Currents ✓ Power □ Noise (V ² /Hz) ✓ Alias Names □ Subcircuit Nodes	<pre>/ I(V7) Functions or Macros Analog Operators and Functions # () * + / @ ABS() ABS() ABCTAN() ATAN() AVG() AVG() AVG() AVG() COS() D() D() DB()</pre>
Add Traces Se selecteaza V(V/,+) (tensiunea la nodit Add Traces Simulation Output Variables * Frequency I(C2) I(RB1) I(RE) I(RE) I(RE) I(RE) I(RL) IV7 IB[Q1] IC(Q1) IE(Q1) IS[Q1) V(0) V(C1:1) V(C1:2)	III a sursei V7) ✓ Analog ✓ Digital ✓ Voltages ✓ Currents ✓ Power ✓ Noise (V ² /Hz) ✓ Alias Names ✓ Subcircuit Nodes	<pre>/ I(V7) Functions or Macros Analog Operators and Functions # 0 * + / @ ABS() ARCTAN() ATAN() ATAN() AVG() AVG() AVG() COS() D() DB() ENVMAX(,) ENVMAX(,) ENVMIN()</pre>
Se selecteaza V(V7,+) (tensiunea la nodit Add Traces Simulation Output Variables * Frequency I(C1) I(C2) I(RB1) I(RB2) I(RC) I(RL) I(V5) IV7 IB(Q1) IC(Q1) IS(Q1) V(0) V(C1:1) V(C2:1) V(C2:1)	III a sursei V7) ✓ Analog □ Digital ✓ Voltages ✓ Currents ✓ Power □ Noise (V ² /Hz) ✓ Alias Names □ Subcircuit Nodes	<pre>/ I(V7) Functions or Macros Analog Operators and Functions # 0 * + / @ ABS() ABCTAN() ATAN() AVG() AVG() AVG() AVG() COS() D() DB() ENVMAX(,) ENVMIN(,) EXP() CO)</pre>
Se selecteaza V(V/,+) (tensiunea la nodi Add Traces Simulation Output Variables * Frequency I(C1) I(C2) I(RB1) I(RB2) I(RC) I(RE) I(RL) I(V7) IB(Q1) IC(Q1) IE(Q1) IS(Q1) V(I)	III a sursei V7) ✓ Analog Digital ✓ Voltages ✓ Currents ✓ Power Noise (V²/Hz) ✓ Alias Names Subcircuit Nodes	<pre>/ I(V7) Functions or Macros Analog Operators and Functions # 0 * + - / @ ABS() ARCTAN() ATAN() AVG() AVG(), AVG(), COS() D() DB() ENVMAX(,) ENVMIN(,) EXP() G() IMG()</pre>
Se selecteaza V(V/,+) (tensiunea la nodit Add Traces Simulation Output Variables * Frequency I(C1) I(C2) I(RB1) I(RB2) I(RE) I(RL) IV/2 IB(Q1) IS(Q1) V(0) V(12:1) V(02:2) V(N01434) V(N01434)	all 1 a sursei V7) Image: Analog Image: Digital Image: Voltages Image: Voltage	/ I(V7) Functions or Macros Analog Operators and Functions # () * + - / @ ABS() ABS() ARCTAN() AVG() AVG() AVG() AVG() AVG() D() DB() ENVMAX(,) ENVMIN(,) EXP() G() LOG() LOG() LOG(10()
Se selecteaza V(V/,+) (tensiunea la nodi Add Traces Simulation Output Variables * Frequency I(C1) I(C2) I(RB1) I(RB2) I(RC) I(RE) I(RL) I(V7) IB(Q1) ICQ1) IE(Q1) IS(Q1) V(I) V(C1:1) V(C2:2) V(N01381) V(N01434) V(N02423)	IIIIa sursei V7) IIIIIa sursei V7) IIIIIIIIIa sursei V7) IIIIIIIIIIIIIIa sursei V7) IIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIII	<pre>/ I(V7) Functions or Macros Analog Operators and Functions # () * + - / @ ABS() ARCTAN() ATAN() AVG() AVG(), AVG(), COS() D() DB() ENVMAX(,) ENVMIN(,) EXP() G() IMG() LOG() LOG()() M() M()</pre>
Se selecteaza V(V/,+) (tensiunea la nodi Add Traces Simulation Output Variables * Frequency I(C1) I(C2) I(RB1) I(RB2) I(RC) I(RE) I(RC) I(RE) I(RC) I(RE) I(Q1) IC(Q1) IE(Q1) IC(Q1) IE(Q1) V(0) V(C1:1) V(0) V(C2:2) V(N01381) V(N01434) V(N02423) V(N02619)	IIIIa sursei V7) IIIIIa sursei V7) IIIIIIa sursei V7) IIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIII	<pre>/ I(V7) Functions or Macros Analog Operators and Functions # 0 * + / @ ABS() ABS() ABCTAN() ATAN() AVG() AVG() AVG() AVG() AVG() D() DB() ENVMAX(,) ENVMIN(,) EXP() G() LOG() LOG() LOG() LOG() LOG() LOG(10() M() MAX() </pre>
Se selecteaza V(V/,+) (tensiunea la nodit Add Traces Simulation Output Variables * Frequency I(C1) I(C2) I(RB1) I(RB2) I(RC) I(RE) I(RL) I(V7) IB(Q1) ICQ1) ICQ1) ICQ1) V(0) V(C1:1) V(0) V(C2:1) V(N01381) V(N01434) V(N02423) V(N02423) V(N02423)	III a sursei V7) III a sursei V7)	✓ I(V7) Functions or Macros Analog Operators and Functions # () * + · / @ ABS() ARCTAN() ARCTAN() ATAN() AVG() AVG() AVG() D() DB() ENVMAX(.) ENVMIN(.) EXP() G() IMG() LOG() LOG() MAX()

Se apasa OK si se observa graficul afisat.

Impedanta de intrare in banda este:

 $R_{in} = R_1 \parallel R_2 \parallel (r_p + bR_E) \approx R_1 + R_2 = 9,7k\Omega$ Din simulare: R_{in}=9,26kΩ

Impedanta de iesire presupune pasivizarea sursei de semnal de la intrare si inlocuirea rezistentei de sarcina cu o sursa de semnal de test:



Similar cu determinarea rezistentei de intrare trebuie selectat in programul de afisare grafica Trace, Add Trace, si din lista care se deschide in fereastra:

Add Traces				
- Simulation Output Variables		Functions or Macros		
Frequency I(C1) I(C2) I(RB1) I(RB2) I(RC) I(RC) I(RE) I(V5)	 ▲ Analog ➡ Digital ➡ Voltages ➡ Currents 	# 0 * + / @ ABS()		
I/VTEST) IB(Q1) IC(Q1) IE(Q1) IS(Q1) V(0) V(C1:1) V(C2:1) V(C2:2) V(N01381) V(N01434) V(N02423) V(N02619) V(Q1:b)	 ✓ Power ✓ Noise (√²/Hz) ✓ Alias Names ✓ Subcircuit Nodes 67 variables listed 	ARCTAN() ATAN() AVG() AVGX(,) COS() D() DB() ENVMAX(,) ENVMIN(,) EXP() G() LOG() LOG() LOG() M() MAX()		
Full List				
Trace Expression: V(VTEST:+)/ I(V	/TEST]	OK Cancel Help		

V(VTEST:+)/I(VTEST), VTEST fiind sursa care inlocuieste sarcina.



Rezistenta de iesire este aproximativ egala cu $R_C=3,3k\Omega$, din simulare $3,297k\Omega$.

Similar se determina impedantele de intrare si de iesire pentru amplificatoare cu mai multe etaje.

Analiza tranzitorie

Se inlocuieste sursa de semnal de la intrare cu o sursa de semnal sinusoidala VSIN. Pentru a fi in banda vom alege frecventa 10kHz, iar amplitudinea va fi crescuta treptat pana apar distorsiuni. Se incepe cu o amplitudine la intrare de 100mV.



Din PSpice, Edit Simulation Profile, Analysis Type se selecteaza analiza tranzitorie Time Domain. Deoarece frecventa este 10kHz, vom simula pe doua perioade, adica 0,2mS.



Pasul de simulare trebuie sa fie mult mai mic decat perioada semnalului, adica 10μ S. La o amplitudine la intrare de 500mV se obtine la iesire forma de unda:

Daca amplitudinea de intrare creste la 2V forma de unda este distorsionata prin intrarea in saturatie a tranzistorului:



Gama dinamica este de aproximativ 4V la iesire, ceea ce inseamna $V_{oMax}/A_v=1,33$ la



Etajul emitor comun

Se modifica circuitul anterior adaugand o capacitate in paralel cu rezistenta R_E . Se reface **analiza de semnal mic** AC. PSF nu se modifica.



Amplificarea creste, dar gama dinamica scade. Amplificarea are valoarea: $A_{\nu} = -g_m \cdot (R_C \parallel R_L) = -80mS \cdot 3,09k = -247$ Simularea arata valoarea de 233 pentru amplificarea in banda:



Impedanta de intrare se determina conform definitiei.



In banda $R_{in}=2,04k\Omega$ la simulare. Relatia analitica este: $R_{in} = R_1 \parallel R_2 \parallel r_p = 51k \parallel 12k \parallel (206/79,4) = 2,04k\Omega$

BETAAC=206, g_m=79,4mS.

Impedanta de iesire nu se modifica.

Analiza tranzitorie

Deoarece sursa de semnal se aplica direct pe o jonctiune p-n polarizata direct, semnalul maxim la care distorsiunile sunt acceptabile este de aproximativ 10mV. Vom simula pornind de la aceasta valoare.

Se inlocuieste sursa de semnal VAC cu o sursa sinusoidala VSIN cu amplitudinea de 10mV si se va creste treptat aceasta valoare pana apar distorsiuni.

Se repeta pasii de la analiza tranzitorie de la etajul cu sarcina distribuita.

La V_{in} =10mV iesirea arata ca in figura:



Se observa ca semnalul este deja distorsionat datorita dependentei exponentiale curent-tensiune a jonctiunii BE.

La V_{in} =100mV semnalul este puternic distorsionat, atat datorita dependentei exponentiale curent-tensiune a jonctiunii BE, cat si datorita intrarii in saturatie a tranzistorului. La 100mV, datorita amplificarii mari in tensiune, semnalul de iesire este mai mare decat in cazul anterior si tranzistorul se satureaza. In grafic, jos apare saturatia, iar sus intrarea in blocare a tranzistorului.

