

SIMULACIÓ I ANÀLISI DE CIRCUITS MITJANÇANT PSPICE

Sessió 4 Anàlisi AC

Versió 1.1 - Febrer 2011

Juan A. Chávez, Santiago Silvestre, Antoni Turó

Introducció

En aquesta sessió s'aprofundirà en l'ús del simulador PSPICE incidint en les anàlisis en alterna AC.

Resposta freqüencial / AC Sweep

En aquest apartat es veurà com es pot simular el comportament en el domini de la freqüència d'un circuit. Aquest tipus d'anàlisi és molt útil per veure la resposta freqüencial tant en amplitud com en desfasament.

Per començar reprendrem el circuit amplificador basat en un transistor bipolar en emissor comú que ja varem utilitzar en la sessió anterior tal com es presenta en la Figura 1.



Fixeu-vos que hem substituït la font d'entrada sinusoïdal **VSIN** utilitzada en la sessió anterior, per una font alterna **VAC** necessària per al tipus d'anàlisi **AC** que volem realitzar.

Un cop introduït l'esquemàtic, heu de configurar el perfil de la simulació amb:

Pspice > New Simulation Profile,

o bé clickant la icona equivalent 🔟 del menú **Pspice**.

Després de donar nom al perfil, heu de configurar-lo amb una anàlisi del tipus "**AC Sweep/Noise**". En aquest tipus d'anàlisi el que fa el simulador és excitar el circuit amb un senyal d'una determinada freqüència i calcular l'amplitud i el desfasament a la sortida en règim permanent. Això ho repeteix per a varies freqüències. Com a resultat tindrem la resposta del circuit a la banda de freqüències simulades.

Les variables que heu d'especificar, tal com es mostra en la Figura 2, són:

- *Tipus d'escombrat*: indica com s'escolliran les freqüències. En aquest cas heu d'especificar tipus logarítmic (**Logarithmic**).
- *Start Frequency*: és la freqüència inicial, la primera en ser analitzada. Poseu 10 Hz.
- *End Frequency*: és la Freqüència final, la darrera en ser analitzada. Poseu 100 MHz.
- *Points/Decade*: és el número de punts de la simulació en cada dècada. Poseu 100.

eneral Analysis Configuratio	n Files Options Data Co	lection Probe Window	
nalysis type:	AC Sweep Type		
AC Sweep/Noise	Linear	Start Frequency:	10Hz
ptions:	Logarithmic	End Frequency:	100MEGHz
General Settings Monte Carlo/Worst Case	Decade 🔻	Points/Decade:	1000
Parametric Sweep	Noise Analysis		
Save Bias Point	Enabled Ou	tput Voltage:	7
Load Bias Point	1A	Source:	1
	Int	erval:	
	Output File Options		
	Include detailed b controlled source	ias point information for n and semiconductors (.0	onlinear P)

Figura 2

Ara cal executar la simulació i visualitzar els resultats. En tractar-se d'un circuit amplificador, ens interessa veure el guany de tensió entre l'entrada i la sortida en funció de la freqüència. Afegirem la gràfica de l'expressió Vo/Vi tal com es mostra en la Figura 3. Com veieu en aquest cas la finestra PSPICE A/D té el fons blanc, a l'ANNEX I s'explica com aconseguir-ho.





Com que hem configurat un escombrat logarítmic, l'eix horitzontal de freqüències està dividit en dècades. La distància sobre l'eix entre dues freqüències que tenen una relació de 10 és sempre la mateixa. Entre 10 Hz i 100 Hz hi ha una dècada, igual com entre 1 MHz i 10 MHz. La icona erret canviar l'eix horitzontal d'escala logarítmica a escala lineal i viceversa. Proveu el seu funcionament i veureu la raó d'haver triat un escombrat logarítmic.

Els cursors us permeten trobar el guany per a qualsevol freqüència i les icones del menú de zoom 2000 Permeten visualitzar una zona concreta de la gràfica.

Abans de practicar amb l'anàlisi AC us volem mostrar com es pot configurar el simulador per fer alguns passos més ràpidament. Us haureu fixat que cada vegada que torneu a simular un

mateix circuit heu de introduir tots els senyals a la finestra PSPICE A/D fent servir **Add Trace**. Si el nombre de senyals és gran i la repetició de les simulacions alta, aquesta feina pot ser molesta. Ara veurem com podem guardar la configuració dels senyals i recuperar-ho. Explicarem dues estratègies per fer-ho:

La primera estratègia:

- Primer hem de guardar la configuració:
 - a. Anar al menú Display Control





b. S'obre una nova finestra

😸 SCHEMATIC1-dd - PSpice A/D Demo - [dd.dat (active)]	
Eile Edit View Simulation Trace Plot Tools Window Help 🔤	cādence - 🕫
New Name	Save
Displays Templates	Save Io Save I
288	Сору То
	Delete
	Restore
	Properties 2 18112 188112
🕎 - 👼 dd.dat (active)	Load
Reading and checking circuit	Help
Circuit read in and checked, no error Calculating bias point	Close Trace Cursort
Bias point calculated	vices / X Value
For Help, press F1	Freq = 100.0E+06 100%



c. A *New Name* escrivim el nom que volem donar-li a la configuració de pantalla. Desprès salvem amb *Save*.

SCHEMATIC1-dd - PSpice A/D Demo - [dd.dat (active)]	
Eile Edit View Simulation Irace Plot Tools Window Help	cādence - ^æ ×
New Name con_pant	
499 Displays Templates	Save Io
288	Сору То
	Delete
8	Bestore
10HZ 100 ▼ V(Vo)/ V(Vi	Properties Z 1971HZ 1997HZ
🐶 🗃 dd.dat (active)	Load
X Reading and checking given it	Help
Circuit read in and checked, no error	Qlose Trace Cursor1
Calculating bias point	X Value
Blas point calculated	
For Help, press F1	Freq = 100.0E+06 100%

Figura 6

En aquest punt ja tenim guardada la configuració actual i la podrem recuperar en qualsevol moment.

- Com recuperar la configuració desprès d'una execució:
 - a. Anem al menú **Display Control**

1	SCHEMATIC1-dd - PSpice A/D Demo	- [dd.dat (active)]	
	Eile Edit View Simulation Trace	<u>Plot Tools Window H</u> elp	cādence - ª×
i n	🗅 • 🖻 🖪 🖯 🖌	C C SCHEMATIC1-dd	
2	Q Q Q Q 🖓 - 🗟	Y # @ X 🗠 @ ASC 🗠 💽 📷 🔛	
		Display Control	
1	E	New Name Save	
		Displays Templates Save To	
1	W	con_pant LAST SESSION Copy To	
		Delete	
	~	Restore	
		Properties	
	10Hz 100H	Load	z 10MHz 100MHz
ľ		Help	
	dd.dat (active)		
	Bias point calculated	EX A	
	AC Analysis finished Simulation complete		X Value
	· ·	Analysis (Watch) Devices /	4
l	For Help, press F1	Freq = 100.0E+06	100%

Figura 7

b. Com es veu tenim dos configuracions que podem guardar. *con_pant* és la que vam guardar abans i LAST_SESSION és l'última configuració de PSPICE A/D, teniu en compte que aquesta es va canviant contínuament. Escolliu *con_pant* i clickeu *Restore* per fer la recuperació.

La segona estratègia:

- A la finestra principal, Orcad Capture, abans de córrer la simulació feu:
 - a. **Pspice > Edit Simulation Profile**
 - b. Aneu a *Probe Window* i escolliu Show > Last plot

Simulation Settings - dd	_		×
General Analysis Configuration Files Options	Data Collection	Probe Window	
Display Probe window when profile is gpened.			
☑ Display Probe window:			
during simulation.			
In after simulation has completed.			
Show			
All markers on open schematics.			
<u> Last plot. </u>			
Nothing.			
Aceptar	Cancelar	Apli <u>c</u> ar	Ayuda

Figura 8

Amb aquesta opció seleccionada cada vegada que executeu una simulació us posarà l'última configuració que vàreu fer. És el mateix que recuperar manualment la configuració LAST_SESSION.

Noteu que no té sentit fer servir marcadors si després recupereu una configuració de pantalla.

Exercici 1

Volem representar la resposta freqüencial del mòdul i del desfasament del circuit emissor comú. La resposta freqüencial (Diagrama de Bode) d'un circuit no solament inclou l'amplitud o mòdul, com hem fet fins ara, sinó també consta del desfasament. A més a més, el mòdul molts cops s'especifica en dB. Per convertir una tensió o corrent x en dB s'ha de fer:

$$x_{dB} = 20*\log(x)$$
.

En canvi per obtenir el valor en dB d'una potència P s'ha de fer:

$$P_{dB} = 10^* \log (P).$$

Les unitats i els marges de variació del mòdul i el desfasament no són comparables. Per això, els representarem separadament fent:

Plot > Add Plot to Window

👹 sc	HEMAT	TC1-d	d2 - PSpice A/	D Demo - [(B) dd2.d	at (active)]						. • ×
Ei 🔁	le <u>E</u> dit	t <u>V</u> iev	<u>S</u> imulation	<u>T</u> race <u>P</u> lot	T <u>o</u> ols	<u>W</u> indow <u>H</u>	elp 🔄				cādence	9 - 8 ×
	- 1	<u></u>	6 8 8	Y D	Ĉ	50	SCHEMATI	C1-dd2				
Q	Q	Q	a 43 -	R Y	FÊT		10 AB					
0	_											1
, C												
	SE	L>>>										
		-										
N)												
		1 OH	z	100Hz	1	.OKHz	10KHz	100	KHz	1.OMHz	10MHz	100MHz
	1			_			Fr	equency				
		(A) dd	.dat 🔡 (B) d	d2.dat (
× •	Bias po	int calc	ulated	÷	×	Analy	sis (Watch) D	evices /		× • · · · · ·	I	•
For He	elp, pres	ss F1						Freq =	100.0E+06	100%		

Figura 9

Fixeu-vos que ara tenim dos espai diferents per dibuixar els senyals. El que està actiu és el de dalt, se sap per que al costat hi ha escrit **SEL>>**. Si voleu canviar de gràfica activa només heu de clickar a sobre amb el botó esquerra del ratolí.

Ara heu de representar la resposta freqüencial del mòdul i del desfasament del circuit emissor comú en les gràfiques separades. Feu servir la funció **DB()** que equival a 20 log (), és a dir, a unitats en dB i la funció **P()** que permet visualitzar la fase.

Fent ús dels cursors, determineu l'amplada de banda del circuit. S'entén per amplada de banda la diferència entre les freqüències on el guany cau -3 dB respecte el seu valor màxim (freqüència de tall superior menys freqüència de tall inferior).

Exercici 2

Volem demostrar el compromís entre el guany i l'amplada de banda en un circuit amplificador. És a dir, podem tenir més guany sacrificant amplada de banda i, a la inversa amb menys guany poder augmentar l'amplada de banda.

El circuit que utilitzarem és un amplificador inversor realitzat amb un amplificador operacional com es presenta a la Figura 5. El model de l'AO és l'uA741.



Trobeu la resposta freqüencial (Diagrama de Bode) entre 1 Hz i 100 MHz amb l'ajuda del simulador PSPICE dels casos que més endavant es detallen on R₁ sempre és igual a 100 Ω i R₂ varia per obtenir diferents guanys. Especifiqueu en cada cas el guany i la freqüència de tall a -3 dB.

Els casos que s'han d'analitzar són:

- a) $R_2 = 100 M\Omega$
- b) $R_2 = 10 M\Omega$
- c) $R_2 = 1 M\Omega$
- d) $R_2 = 100 k\Omega$
- e) $R_2 = 10 k\Omega$
- f) $R_2 = 1 k\Omega$
- g) R₂= 100 Ω

Recordeu que aquesta simulació s'ha de fer amb una anàlisi de tipus "AC Sweep/Noise".

A la representació gràfica podeu fer servir la funció **DB()** per visualitzar el mòdul en dB. Amb la funció **P()** heu de visualitzar el desfasament. Així mateix, l'eix de freqüències ha de ser logarítmic.

S'ha de fer l'anàlisi per a tots els casos de R_2 . Una possibilitat seria anar canviant el valor de la resistència, fer la simulació, guardar el resultats i després tornar a fer el mateix procés per a cada valor de R_2 .

Per fer que tots els diagrames de Bode surtin en una mateixa gràfica i en una única simulació, heu de fer servir una anàlisi paramètrica. Una anàlisi d'aquest tipus requereix que primer es declari el paràmetre que canvia i després es configuri en el perfil de simulació. Per configurar l'anàlisi paramètrica, heu de seguir els següents passos:

- Desprès d'haver introduït l'esquemàtic del circuit, feu Place > Part o bé clickeu la icona
 del menú Draw.
- 2. Afegiu la llibreria "special.olb".
- 3. Seleccioneu l'element **PARAM**. Aquest element el podeu col·locar en qualsevol lloc de l'esquemàtic i permet definir els paràmetres globals del vostre disseny, tal com es defineixen les variables en un llenguatge de programació. Sortirà un símbol que conté la paraula "PARAMETERS:".

4. Per crear els paràmetres primer heu de fer doble-click sobre "**PARAMETERS:**" i s'obrirà una finestra, veure Figura 11.



Figura 11

5. Feu click sobre "New Column..." per crear un paràmetre.

Add New Column
Name:
R2
Value: 100
Enter a name and click Apply or OK to add a column/row to the property editor and optionally the current filter (but not the <current properties) filter).</current
No properties will be added to selected objects until you enter a value here or in the newly created cells in the property editor spreadsheet.
Always show this column/row in this filter
Apply OK Cancel Help

Figura 12

6. A la casella "**Name**" poseu R2, a la casella "**Value**" doneu-li un valor per defecte, per exemple 100, i valideu amb "**OK**" o "**Apply**". Immediatament apareixerà una nova columna amb el paràmetre R2.

OrCAD Capture CIS - Demo	Edition - [Property Editor]						
File Edit View Tools	Options Window He	lp						cādence 🗕 🖻
🗅 🗁 🖬 📇 🖌 1	0 6 5 C PA	RAM 👻 🤄		> U7 🗐 🕒 🛛			💷 🗟 IQ 🍕 (?
SCHEMATIC1-ddd 👻 🖉	j d d d a	A B B O 1	y O LI O L	· 🔔 🛛 🖻		e e	8 • 🙏 📇	
1. to PA 🕸 🖪	0 8 8 8	a - ? a	L E, C O ;	0664	6			
sessio4_ex* 🛐 PAGE1*	SCHEMATI*				R.	8	Place Part Part	* * A 2
New Column Apply Di	splay] Delete Property	Filter by: < Current properties	>	▼ Help	1.	ليو. قر	parAM	
					1	-	Part List:	Y
	Source Package	Source Part	Value	R2	A pho		IC2	*
1 E SCHEMATIC1 : PAGE1	PARAM	PARAM.Normal	PARAM	100		- Lu	IPLOT	=
			PARAM			- →	IPRINT LIB NODESET1 NODESET2	

Figura 13

7. Si voleu que el paràmetre sigui visible a l'esquemàtic, heu de situar-vos amb el ratolí sobre la cel·la R2, després clickeu el botó dret i seleccioneu "**Display**" que farà obrir la finestra següent:

Display Properties	X
Name: R2	Font Arial 7
Value: 100	Change Use Default
Display Format O Do Not Display Value Only	Color Default
 Name and Value Name Only Both if Value Exists 	Rotation
OK	Cancel Help

Figura 14

- 8. Seleccioneu "Name and Value" i després "OK" per validar-ho.
- 9. Finalment, per a que tots aquests canvis es facin efectius feu click sobre" Apply".

10. Tanqueu la finestra de configuració de "**PARAMETERS:**" i veureu com al símbol apareix el nou paràmetre definit i el seu valor per defecte.



Figura 15

En aquest punt, només heu definit un paràmetre de nom R2. Ara heu de fer-lo servir seguint els següents passos:

1. Heu de canviar el valor numèric de la resistència R2, que és el component que es vol parametritzar, pel text: "**{R2}**". Les claus són necessàries per indicar al programa que R2 és un paràmetre.



Figura 16

 Heu d'editar la configuració del perfil de la simulació seleccionant Pspice > Edit Simulation Profile fent aparèixer la finestra Simulation Settings. A la pestanya Analysis, i un cop configurada la simulació AC, heu d'escollir "Parametric Sweep" a la zona que posa "Options". Completeu la configuració tal com es mostra a la Figura 17:

Simulation Settings - resposta	freqüencial
General Analysis Configurat	ion Files Options Data Collection Probe Window
Analysis type: AC Sweep/Noise Options: Ø General Settings Morite Cado/Word Case Ø Parametric Sweep Save Bas Point Load Bas Point	Sweep variable Name: O Volage source Name: O Lineat source Model typa: Temperature Parameter Temperature Parameter name: Sweep type Start value: Linear End value: Logarithmic Deceder Increment: Increment: Image Value list 100 1k 10k 100k 1meg 10meg 100meg
	Aceptar Cancelar Aplicar Ayuda

Figura 17

3. Seleccioneu "Aceptar".

A partir d'aquest punt, executeu la simulació i la visualització dels resultats com habitualment. En aquest cap es visualitzaran superposades totes les gràfiques corresponents a tots els valors de R_2 .

Fent ús dels cursors, determineu el guany i l'amplada de banda per a cada valor de R_2 i comproveu que el producte del guany per l'amplada de banda és manté constant.

Exercici 3

Suposeu que el circuit de la Figura 1 està alimentat amb una bateria. Volem saber com pot afectar el procés de descàrrega de la bateria a la resposta de l'amplificador. Per fer-ho, us proposem que feu servir l'anàlisi paramètrica.

Es demana:

- a) Crear un nou projecte basat en el vàreu fer a l'exercici 1.
- b) Fer una simulació AC Sweep paramètric entre 1 Hz i 100 MHz. Es variarà la tensió Vcc des de 13 V fins a 15 V amb increments de 0,5 V.
- c) Representeu la relació entrada-sortida, Vo/Vi.
- d) Amplieu la zona central per veure com varia el guany de l'amplificador en funció de *Vcc*. Com afecta a l'ampla de banda a -3 dB?
- e) Podeu fer una gràfica que relacioni Vcc amb el guany seguint els següents passos:
 - 1. Una vegada executada la simulació, escolliu Trace > Performance Analysis



Figura 18

2. Seleccioneu **OK** a la finestra que sortirà:



Figura 19

Ara teniu una gràfica amb Vcc com a eix horitzontal.



Figura 20

3. Feu Add Trace i afegiu Max(DB(V(Vo)/V(Vi)))





Max() permet calcular el màxim i l'hem fet servir per a calcular el màxim de la resposta freqüencial en dB. Així hem aconseguit representar la relació que hi ha entre el guany del circuit i la tensió d'alimentació.

f) A la figura següent es mostra l'evolució de guany amb Vcc i addicionalment s'ha representat la relació de l'ampla de banda a -3dB amb Vcc. En aquest apartat es demana que feu els passos necessaris per obtenir aquesta gràfica.



Fixeu-vos que fent servir les eines de mesura que té el simulador podeu estalviar moltes hores de treball dibuixant gràfiques.

ANNEX I. COM CANVIAR LA CONFIGURACIÓ DE PANTALLA DE Pspice A/D

Com ja sabeu el fons de les gràfiques de simulació és negre per defecte això pot suposar alguns problemes, molèsties si no ens agrada o gastar tinta d'impressora si no tenim cura a l'hora de capturar les gràfiques o d'imprimir-les directament.

En aquest annex us farem cinc cèntims de com acomodar els colors al vostre gust.

1. Aneu al menú Tools > Options





2. Apareixerà una finestra de configuració:

Probe Settings	×
General Large Data File Cursor Settings Colo	r Settings Font Settings
- Background	← Foreground
Trace Colors Ordering	
Trace Colors	Available Colors
Up Down Remove <<<< Add	
Aceptar Car	celar Reset

Figura 24

- 3. Canvieu el color de *Background* per aconseguir un color diferent del fons de la gràfica.
- 4. Canvieu el color de *Foreground* per tenir, entre d'altres coses, un color diferent dels eixos de les gràfiques.
- 5. Per últim és aconsellable afegir més colors en *Trace Colors* ja que aquests colors són els que fa servir per representar les diferents gràfiques. Si només n'hi ha un totes seran del mateix color.

Probe Settings	I In the		×	
General Large Data File	Cursor Settings	Color Settings	Font Settings	
-	Background		✓ Foreground	
Trace Colors Ordering				
Trace Colors		Availa	able Colors	
	Up Down Remove			
		Add	-	
	Aceptar	Cancelar	Reset]

Figura 25