

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 prendrem 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.

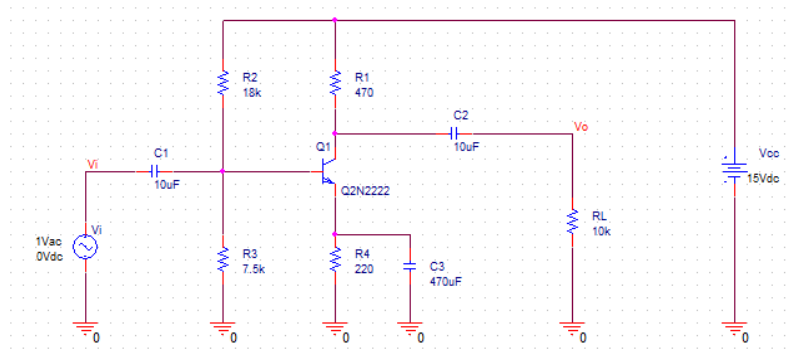


Figura 1

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.

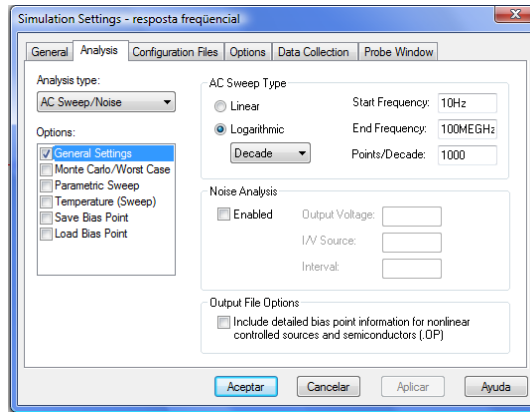


Figura 2

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 V_o/V_i 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.

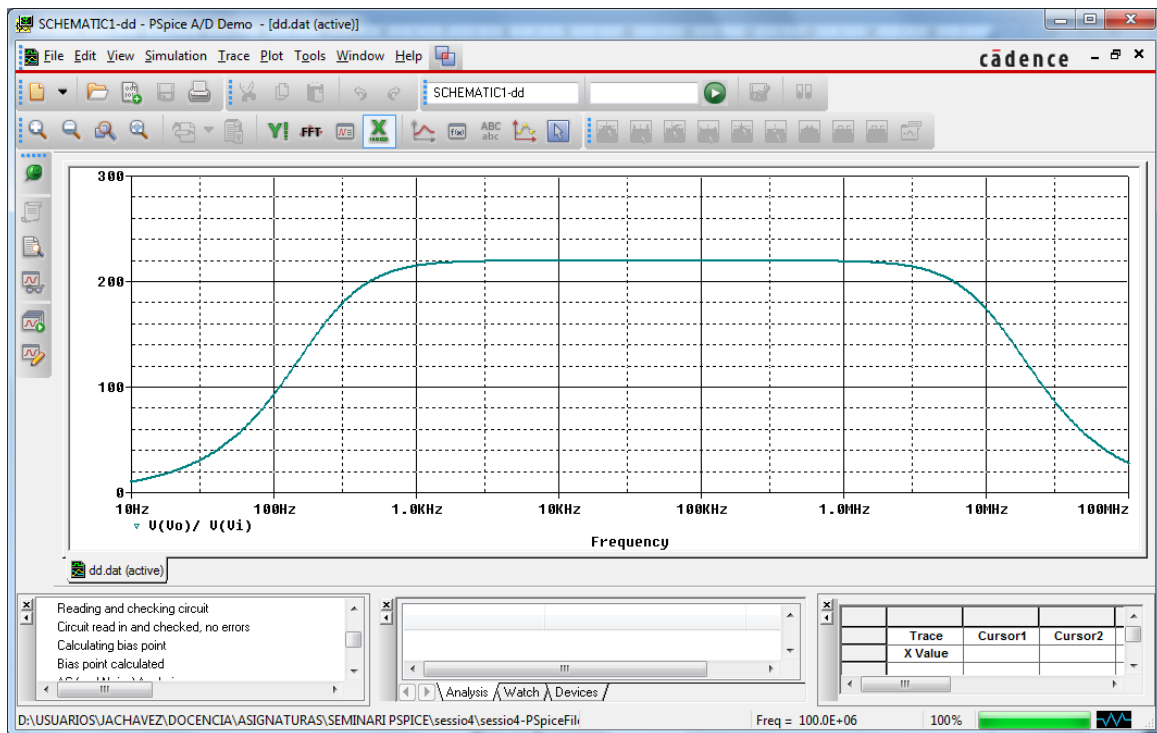




Figura 3

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  permet 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  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**

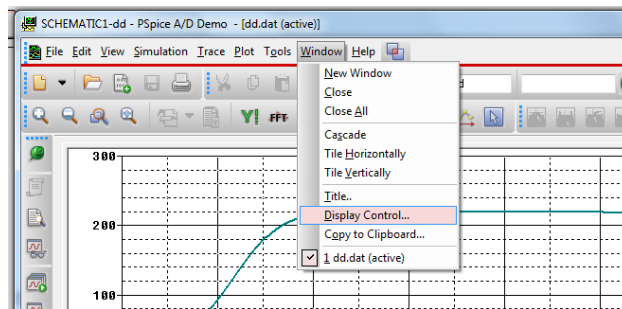


Figura 4

- b. S'obre una nova finestra

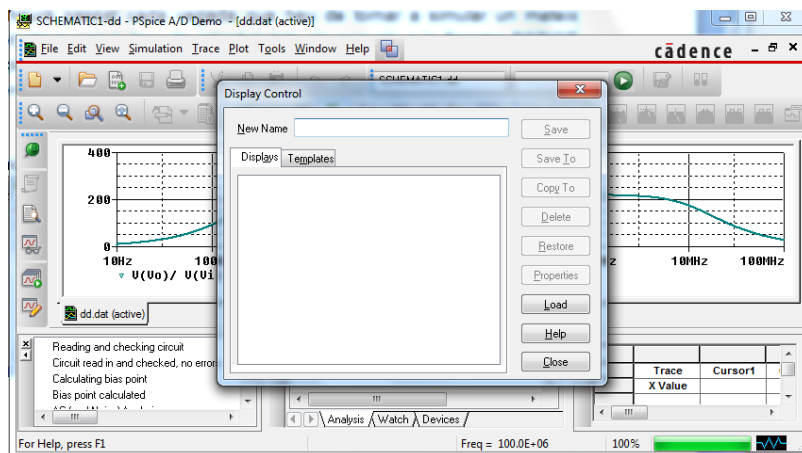


Figura 5

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

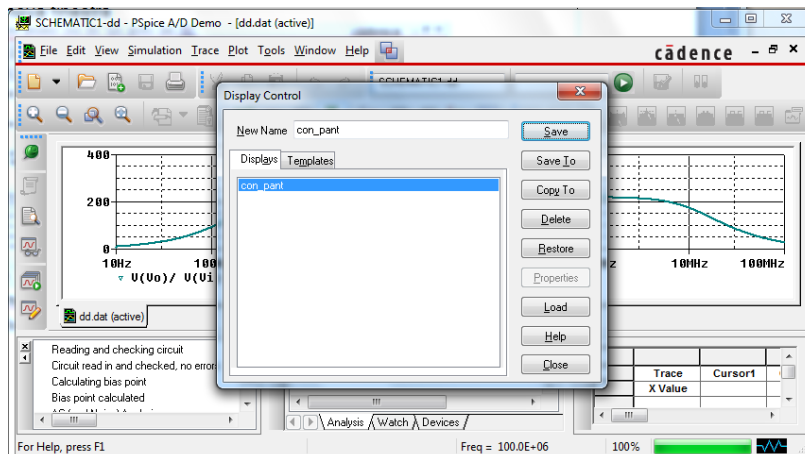


Figura 6

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

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

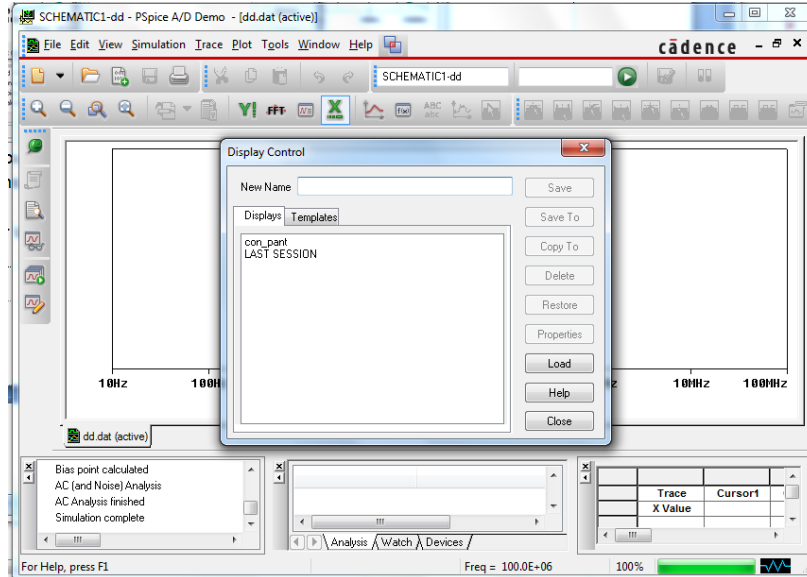


Figura 7

- b. Com es veu tenim dos configuracions que podem guardar. *con_part* 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_part* 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**

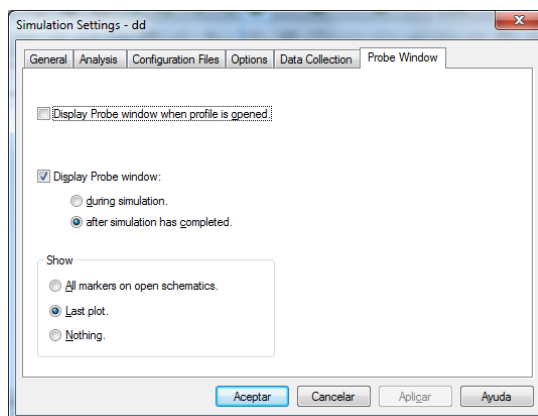


Figura 8

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:

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

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

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

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

Plot > Add Plot to Window

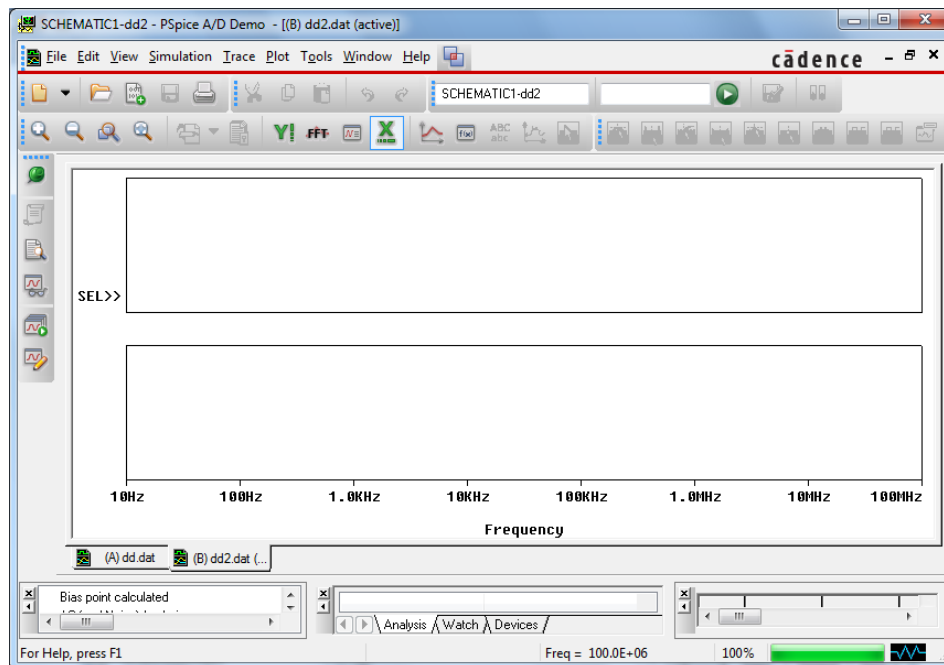


Figura 9

Fixeu-vos que ara tenim dos espais 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 clicar 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.

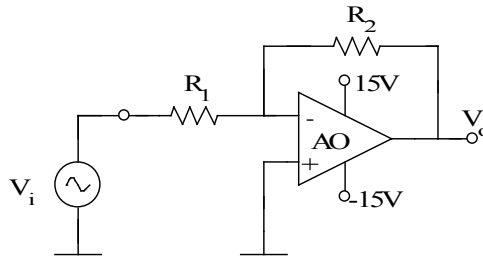


Figura 10

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 R_1 sempre és igual a 100Ω i R_2 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) $R_2 = 100 \text{ M}\Omega$
- b) $R_2 = 10 \text{ M}\Omega$
- c) $R_2 = 1 \text{ M}\Omega$
- d) $R_2 = 100 \text{ k}\Omega$
- e) $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$
- f) $R_2 = 1 \text{ k}\Omega$
- g) $R_2 = 100 \Omega$

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 resultat 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:

1. Després 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:”**.

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

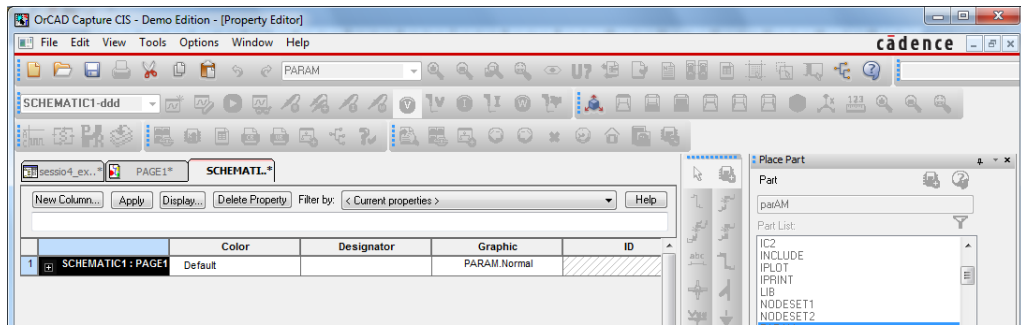


Figura 11

- Feu click sobre **“New Column...”** per crear un paràmetre.

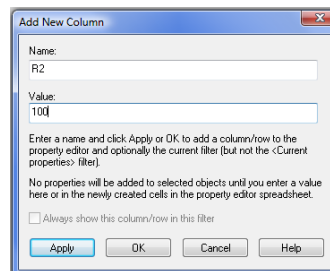


Figura 12

- 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”**. Inmediatament apareixerà una nova columna amb el paràmetre R2.

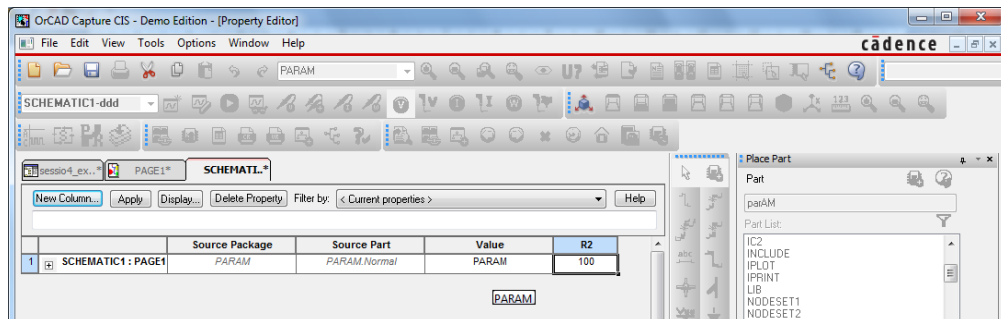


Figura 13

- Si voleu que el paràmetre sigui visible a l’esquemàtic, heu de situar-vos amb el ratolí sobre la cel·la R2, després cliqueu el botó dret i seleccioneu **“Display”** que farà obrir la finestra següent:

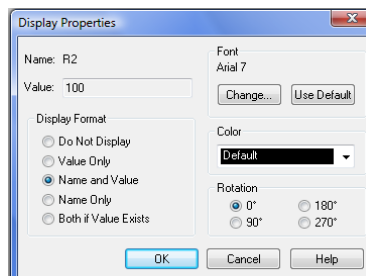


Figura 14

- Seleccioneu **“Name and Value”** i després **“OK”** per validar-ho.
- 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.

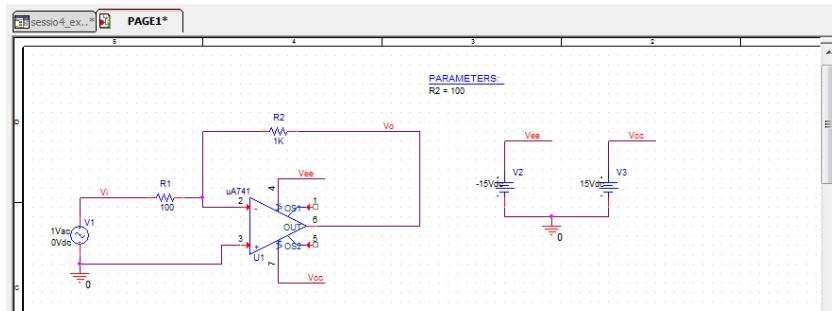


Figura 15

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.

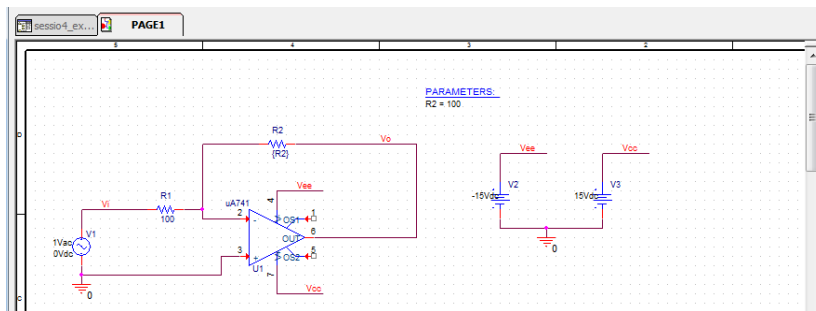


Figura 16

2. 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:

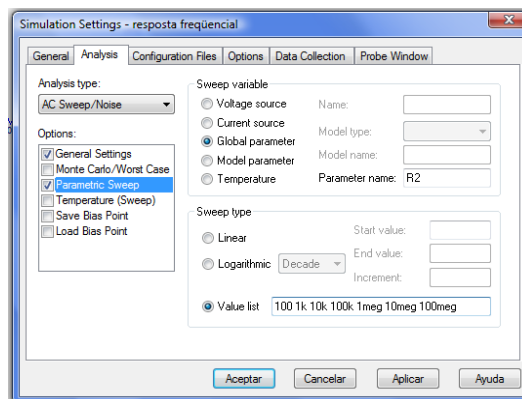


Figura 17

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:

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

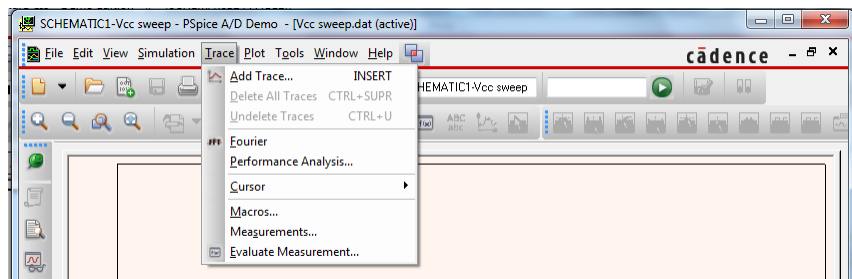


Figura 18

- Selecioneu **OK** a la finestra que sortirà:

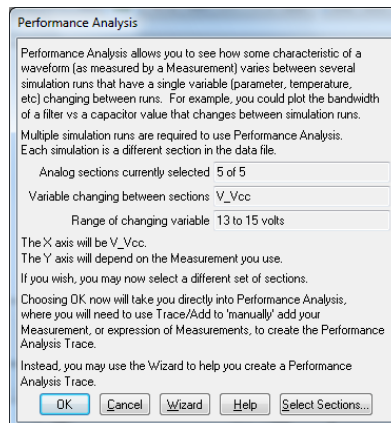


Figura 19

Ara teniu una gràfica amb V_{cc} com a eix horitzontal.

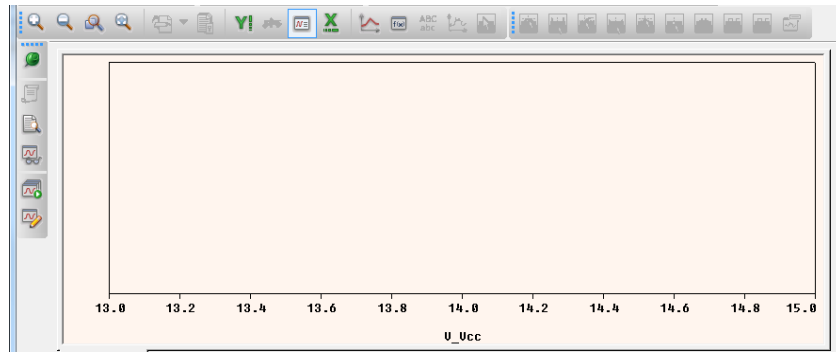


Figura 20

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

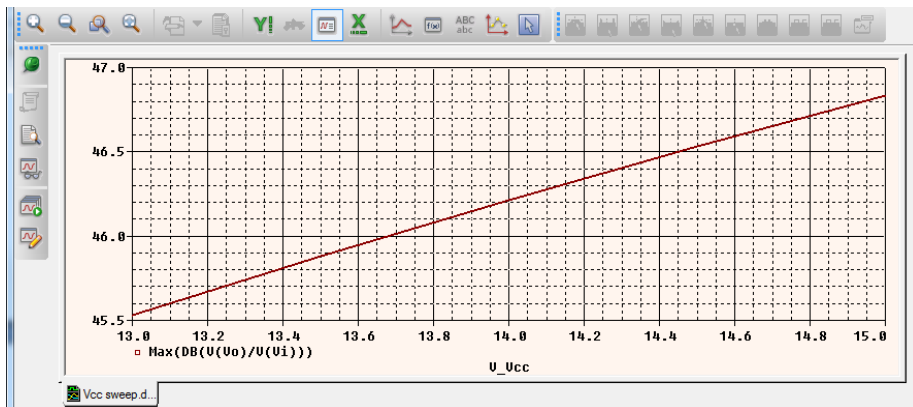


Figura 21

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.

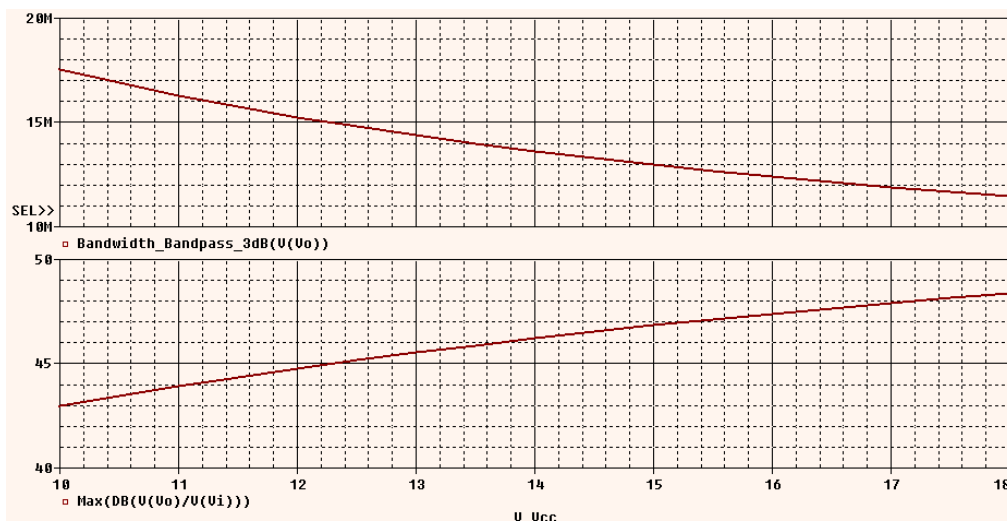


Figura 22

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**

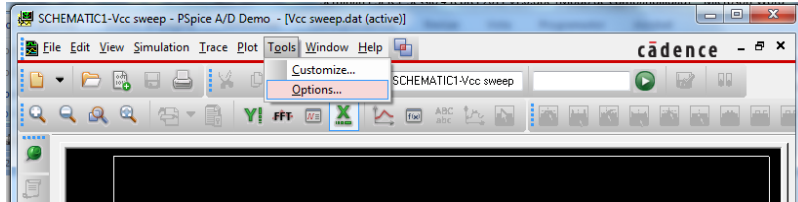


Figura 23

2. Apareixerà una finestra de configuració:

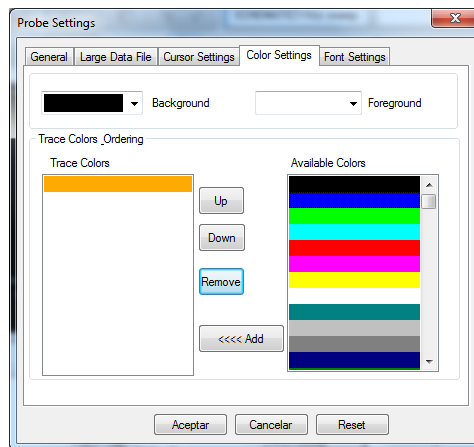


Figura 24

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.

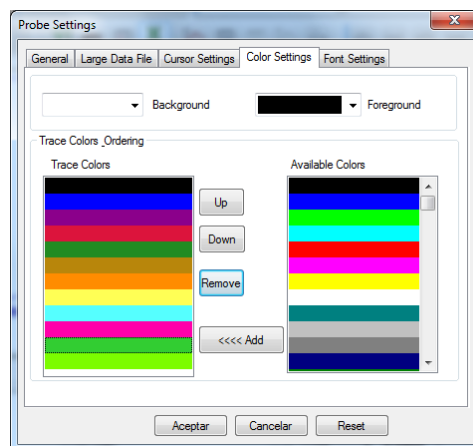


Figura 25