

Simulateur PSpice

Table des matières

1	<u>INTRODUCTION</u>	3
2	<u>PRESENTATION DE PSPICE</u>	3
<u>2.1</u>	<u>Généralités</u>	3
<u>2.2</u>	<u>Editeur de schémas Schematics</u>	3
<u>2.3</u>	<u>Simulateur PSpice A/D</u>	3
<u>2.4</u>	<u>Module de visualisation PROBE</u>	4
3	<u>EDITION DE SCHEMAS</u>	4
<u>3.1</u>	<u>Introduction</u>	4
<u>3.2</u>	<u>Librairies à dispositions</u>	4
<u>3.3</u>	<u>Dessin (capture) d'un élément</u>	4
<u>3.4</u>	<u>Rotation d'un élément</u>	5
<u>3.5</u>	<u>Retourner un élément</u>	5
<u>3.6</u>	<u>Dessin d'un fil</u>	5
<u>3.7</u>	<u>Modification des valeurs des éléments</u>	5
<u>3.8</u>	<u>Paramètres des résistances</u>	5
<u>3.9</u>	<u>Paramètres des capacités et des inductances</u>	5
<u>3.10</u>	<u>Paramètres des MOS</u>	6
<u>3.11</u>	<u>Paramètres des transistors pnp</u>	6
<u>3.12</u>	<u>Paramètres de la source de tension sinusoïdale VSIN</u>	6
<u>3.13</u>	<u>Paramètres de la source de tension impulsionnelle VPULSE</u>	7
<u>3.14</u>	<u>Paramètres de la source digitale FILESTIM</u>	8
<u>3.15</u>	<u>Sources d'alimentation</u>	9
<u>3.16</u>	<u>Attribution de noms aux signaux</u>	9
4	<u>PREPARATION DE LA SIMULATION</u>	9
<u>4.1</u>	<u>Introduction</u>	9
<u>4.2</u>	<u>Choix du type de simulation</u>	10
<u>4.3</u>	<u>Analyse AC</u>	11
<u>4.4</u>	<u>Analyse DC</u>	12
<u>4.5</u>	<u>Analyse paramétrique</u>	13
<u>4.6</u>	<u>Analyse en température</u>	13
<u>4.7</u>	<u>Analyse en transitoire</u>	13
<u>4.8</u>	<u>Analyse selon Monte-Carlo</u>	14
<u>4.9</u>	<u>Options</u>	15
<u>4.10</u>	<u>Fichiers utilisés par l'éditeur de schéma</u>	15
<u>4.11</u>	<u>Librairies utilisées par l'éditeur de schéma</u>	16
<u>4.12</u>	<u>Circuits mixtes</u>	16
5	<u>SIMULATION</u>	17
<u>5.1</u>	<u>Lancement de la simulation</u>	17
<u>5.2</u>	<u>Problèmes de convergence</u>	17
<u>5.3</u>	<u>Fichiers utilisés par le simulateur</u>	17
<u>5.4</u>	<u>Librairies utilisées par le simulateur</u>	19

6	<u>MODULE D’AFFICHAGE DES RESULTATS PROBE</u>	19
<u>6.1</u>	<u>Affichage des résultats</u>	19
<u>6.2</u>	<u>Affichage automatique</u>	20
<u>6.3</u>	<u>Modification des axes</u>	20
<u>6.4</u>	<u>Utilitaires d’interprétation des résultats</u>	20
<u>6.5</u>	<u>Liste ASCII des résultats</u>	20
<u>6.6</u>	<u>Exportation des courbes</u>	20
<u>6.7</u>	<u>Ouverture d’un autre graphique</u>	21
<u>6.8</u>	<u>Mesures</u>	21
<u>6.9</u>	<u>Affichage en axes logarithmiques</u>	21
<u>6.10</u>	<u>FFT</u>	21

1 INTRODUCTION

Le but de ce résumé est de présenter les principales fonctions du simulateur *PSpice*. Après une brève description générale, on trouvera une description de l'éditeur de schéma, quelques indications sur la préparation de la simulation, une description de la simulation et de l'affichage des résultats.

Pour ce qui suit, on suppose que le lecteur est familiarisé avec les principales commandes de WINDOWS comme **Ouvrir... Copier... Coller...** etc... ces commandes ne seront pas passées en revue.

2 PRESENTATION DE PSPICE

2.1 Généralités

Le logiciel *PSpice* de MicroSim Corporation, racheté par ORCAD, puis par Cadence est une version PC du simulateur SPICE. Ce simulateur peut être considéré comme le premier historiquement et l'un des principaux simulateurs analogiques. Par rapport à son ancêtre SPICE qui est uniquement un simulateur, *PSpice* comprend un éditeur de schéma et un module d'affichage des résultats qui rendent le logiciel plus agréable pour l'utilisateur.

Le logiciel PSPICE comprend les modules suivants:

- Les éditeurs de schéma *Capture* et *Schematics*
- Le simulateur *PSpice A/D*
- Le module d'affichage *PROBE*
- Différents utilitaires qui ne seront pas traités dans le cadre de ce cours

Dans ce qui suit, on se limitera à décrire l'éditeur de schéma *Schematics*

Une session de travail avec PSPICE se déroule schématiquement de la façon suivante :

- Dessin du schéma correspondant au circuit à simuler à l'aide de *Schematics*
- Simulation avec *PSpice A/D*
- Visualisation et impression des résultats avec *PROBE*

2.2 Editeur de schémas Schematics

Ce module permet les opérations suivantes :

- Dessin et mise en page du schéma électrique
- Test des connexions électriques
- Génération d'un fichier ASCII décrivant le circuit électrique dans un format compatible avec le simulateur

2.3 Simulateur PSpice A/D

Ce module permet de simuler le fonctionnement du circuit et d'analyser son comportement suivant différents modes d'analyse. Le résultat de l'analyse est enregistré dans un fichier de format compatible avec le module de visualisation *PROBE*.

2.4 Module de visualisation PROBE

Ce module permet de visualiser et d'imprimer les résultats calculés par *PSpice A/D*. Différentes fonctions (échelles logarithmiques, zoom, curseurs, analyse spectrale ...) facilitent l'interprétation des résultats.

3 EDITION DE SCHEMAS

3.1 Introduction

Dans ce paragraphe, on décrira les opérations à effectuer pour éditer un schéma et le paramétrer en vue de la simulation.

Remarque :

Seules les principales commandes seront décrites ici. Pour plus de détails, le lecteur voudra bien se référer au volume intitulé « *The Design Center, Schematic Capture User's Guide* » de MicroSim Corporation.

3.2 Librairies à dispositions

Pour dessiner le schéma et pour établir le fichier de transfert avec le simulateur (fichier appelé *netlist*), l'éditeur de schéma travaille avec différentes librairies. Dans ces librairies, on trouve, sous forme codée, le symbole de l'élément à dessiner, ses interconnexions et ses paramètres.

Dans le cadre de ce cours, les librairies suivantes sont à disposition:

eval.slb	éléments de base (R, L, C, diodes et transistors, AO, etc...)
digital.slb	éléments CMOS numériques
source.slb	sources (tension, courant en DC, sinus...)

Remarque :

Ces librairies peuvent être modifiées par l'utilisateur en utilisant l'éditeur de schéma, ceci en vue de définir un nouvel élément par exemple ou pour changer certains paramètres. Pour plus de détails, le lecteur voudra bien se référer au volume intitulé « *The Design Center, Schematic Capture User's Guide* » de MicroSim Corporation

3.3 Dessin (capture) d'un élément

Pour dessiner un élément :

- aller dans le menu : **Draw** -> **Get new part...** -> **Browse...** -> sélectionner une librairie et un élément (raccourci clavier : **ctrl G**)
- cliquer à, éventuellement aux, endroits où l'on désire positionner l'élément
- cliquer sur le bouton de droite de la souris pour quitter l'élément

3.4 *Rotation d'un élément*

Pour effectuer une rotation de 90° sur un élément :

- sélectionner l'élément en cliquant dessus
- aller dans le menu : **Edit** -> **Rotate** (raccourci clavier : **ctrl R**)

3.5 *Retourner un élément*

Pour retourner un élément (effet miroir) :

- sélectionner l'élément en cliquant dessus
- aller dans le menu : **Edit** -> **Flip** (raccourci clavier : **ctrl F**)

3.6 *Dessin d'un fil*

Pour dessiner un fil :

- aller dans le menu : **Draw** -> **Wire** (raccourci clavier : **ctrl W**)
- cliquer à chaque coude du fil
- double-cliquer à la fin du fil

3.7 *Modification des valeurs des éléments*

Pour définir les valeurs des éléments:

- double-cliquer sur l'élément, une fenêtre volante apparaît
- entrer les valeurs

une autre possibilité consiste à :

- double-cliquer sur la valeur par défaut de l'élément, une fenêtre volante apparaît
- modifier la valeur par défaut

3.8 *Paramètres des résistances*

Les résistances sont définies par les paramètres suivants :

- **value** = qui définit la valeur de la résistance
- **TC** = qui définit le coefficient thermique de la résistance (optionnel)

3.9 *Paramètres des capacités et des inductances*

Les capacités et les inductances sont définies par les paramètres suivants :

- **value** = qui définit la valeur de l'élément
- **IC** = qui définit le courant initial dans l'élément lors d'analyses transitoires (optionnel)

3.10 Paramètres des MOS

Les MOS sont définis par la technologie employée. L'utilisateur ne peut modifier que la largeur (W) et la longueur (L) de ces éléments:

- **L =** définit la longueur du canal du MOS
- **W =** définit la largeur du canal du MOS

3.11 Paramètres des transistors pnp

Les transistors pnp sont définis par la technologie employée. L'utilisateur ne peut modifier que la surface de ces éléments par rapport au transistor pnp de base :

- **A =** définit la surface (valeur 1 par défaut)

3.12 Paramètres de la source de tension sinusoïdale VSIN

Lors de l'édition des paramètres de la source de tension sinusoïdale, la fenêtre suivante apparaît :

Name	Value
DC	=

DC=
AC=
VOFF=
VAMPL=
FREQ=
TD=0
DF=0
PHASE=0

Include Non-changeable Attributes
 Include System-defined Attributes

Buttons: Save Attr, Change Display, Delete, OK, Cancel

La définition de ces paramètres est la suivante :

- **DC =** définit la valeur de la tension lors d'une analyse en continu
- **AC =** définit la valeur de la tension lors d'une analyse en alternatif (incrémental)

Les paramètres suivants concernent l'analyse en transitoire

- **VOFF =** définit la tension de décalage (offset)
- **VAMPL =** définit l'amplitude crête de la tension
- **FREQ =** définit la valeur de la fréquence
- **TD =** définit le délai avant l'enclenchement de la source par rapport à l'instant initial $t = 0$
- **DF =** facteur d'amortissement
- **PHASE =** déphasage

3.13 Paramètres de la source de tension impulsionnelle VPULSE

Lors de l'édition des paramètres de la source de tension impulsionnelle, la fenêtre suivante apparaît :

Name	Value
DC	

DC=
AC=
V1=
V2=
TD=
TR=
TF=
PW=

Include Non-changeable Attributes
 Include System-defined Attributes

La définition de ces paramètres est la suivante :

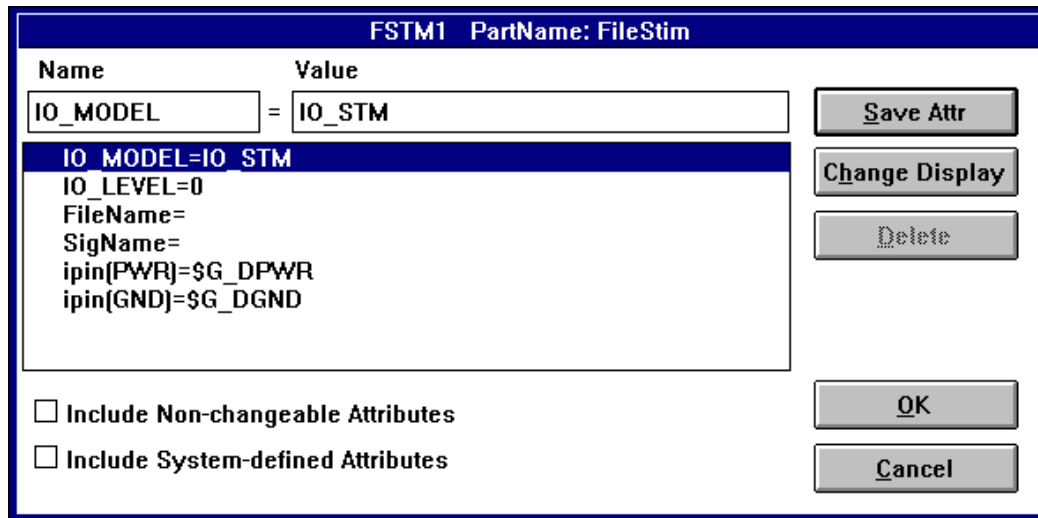
- **DC =** définit la valeur de la tension lors d'une analyse en continu
- **AC =** définit la valeur de la tension lors d'une analyse en alternatif (incrémental)

Les paramètres suivants concernent l'analyse en transitoire

- **V1 =** définit la tension initiale
- **V2 =** définit la tension de l'impulsion
- **TD =** définit le délai avant l'enclenchement de la source par rapport à l'instant initial $t = 0$
- **TR =** temps de montée du signal
- **TF =** temps de descente du signal
- **PW =** durée de l'impulsion
- **PER =** période du signal

3.14 Paramètres de la source digitale FILESTIM

Cette source de tension est utile pour générer des signaux logiques selon une séquence prédéfinie. Lors de l'ouverture de *FILESTIM*, la fenêtre suivante apparaît :



avec :

- **File Name** = qui indique sous quel nom se trouve le fichier ASCII correspondant à la séquence digitale désirée
- **SigName** = qui correspond au nom du signal (doit figurer dans le fichier ASCII)

Les valeurs logiques des signaux admises sont :

0 et 1	pour les états logiques
X	pour l'état indéterminé
R	pour la transition 0 à 1
F	pour la transition 1 à 0
Z	pour l'état haute impédance

Exemple :

On souhaite générer un signal de remise à zéro et une horloge avec les contraintes suivantes :

- l'horloge a une période de 2 ms
- l'impulsion de remise à zéro dure 1ms
- l'horloge est à zéro pendant 4 ms après l'instant initial
- l'horloge se nomme **clk** (SigName)
- l'impulsion de remise à zéro se nomme **reset** (SigName)
- les signaux seront enregistrés dans le fichier **test.tst**

Pour appliquer ces signaux au circuit il faut :

- connecter deux sources **FILESTIM** au circuit
- définir ensuite, pour ces deux sources, le nom du fichier (**test.tst** dans cet exemple)
- définir le nom (**SigName**) de chacun des signaux (**clk** et **reset**) pour chacune de ces sources
- écrire à l'aide d'un éditeur de texte, en format ASCII, le fichier **test.tst**

Le fichier **test.tst** doit avoir le format suivant :

clk, reset			
0ms	0	1	
1ms	0	0	
4ms	1	0	
5ms	0	0	
6ms	1	0	
7ms	0	0	

Remarques :
ne pas mettre d'espace ou return avant le début du fichier
mettre une ligne vide avant les données
séparer les valeurs par des tabulateurs

temps

Etat de « clk »

Etat de « reset »

3.15 Sources d'alimentation

Lors du dessin du schéma, ne pas oublier la source de tension d'alimentation. La borne *Vpwr* est une aide pour le dessin mais elle n'est pas connectée par défaut à une source continue. Cette tâche incombe à l'utilisateur.

3.16 Attribution de noms aux signaux

Afin de faciliter l'examen des résultats, il est conseillé d'attribuer un nom aux signaux que l'on désire observer (*Uout*, *Uin*, *Uc-r* par exemple). Pour attribuer un nom à un fil, il faut :

- double-cliquer sur le fil
- entrer le nom du signal dans la fenêtre volante

Remarque :

Un nom de signal ne doit évidemment être utilisé que pour un seul et même fil.

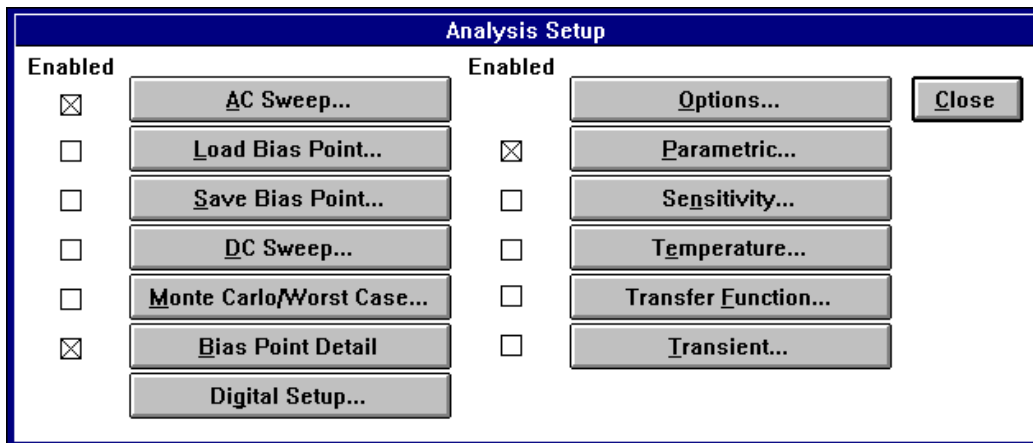
4 PREPARATION DE LA SIMULATION

4.1 Introduction

Dans *PSpice* tous les paramètres de simulation sont définis à partir de l'éditeur de schéma. En effet, le simulateur n'accepte que des instructions sous forme d'un fichier ASCII et l'utilisateur ne peut pas, en cours de simulation, modifier les paramètres d'analyse sans modifier ce fichier avec l'éditeur de schéma ou à l'aide d'un éditeur de texte (le BLOC-NOTE de Windows par exemple). Cette façon de procéder peut s'avérer peu pratique à l'usage puisqu'il faut revenir dans l'éditeur de schéma à chaque fois que l'on désire modifier les paramètres d'analyse ou utiliser un éditeur de texte. Par contre, en réalisant les modifications dans l'éditeur de schéma, la description de l'analyse se trouve automatiquement sauvegardée avec le schéma. D'autres simulateurs, comme *SMASH* par exemple, permettent de modifier les paramètres d'analyse en cours de simulation.

4.2 *Choix du type de simulation*

Les principaux types d'analyse possible sont illustrés ci-dessous, ils sont sélectionnés par le menu **Analysis -> Setup**.



Les plus fréquemment utilisés sont :

AC sweep...	analyse en fréquence (incrémental)
DC sweep...	analyse en continu
Parametric...	analyse en fonction d'un paramètre
Temperature...	analyse en température
Transient...	analyse transitoire
Monte Carlo ...	analyse statistique
Options...	permet de modifier les paramètres du simulateur

La définition des paramètres de l'analyse se fait en cliquant sur le bouton concerné.

Ne pas oublier de valider l'analyse en cochant la case **Enabled**

4.3 Analyse AC

Ce type d'analyse permet une analyse en fonction de la fréquence en régime sinusoïdal incrémental. La fenêtre de définition se présente ainsi :

The screenshot shows the 'AC Sweep and Noise Analysis' dialog box. It is divided into three sections: 'AC Sweep Type' with radio buttons for Linear, Octave, and Decade (selected); 'Sweep Parameters' with input fields for Pts/Decade (10), Start Freq. (10), and End Freq. (1.00K); and 'Noise Analysis' with a checkbox for Noise Enabled (unchecked) and three empty input fields for Output Voltage, I/V Source, and Interval. OK and Cancel buttons are at the bottom.

avec :

- **AC Sweep Type** qui définit le type d'analyse (logarithmique ou linéaire)
- **Sweep Parameters** définit la fréquence de départ et d'arrivée ainsi que le nombre de points d'analyse
- **Noise Analysis** permet une analyse du bruit du circuit

4.4 Analyse DC

Ce type d'analyse permet une analyse en fonction d'une grandeur continue. La fenêtre de définition se présente ainsi :

The image shows a dialog box titled "DC Sweep". It is divided into two main sections. The first section, "Swept Var. Type", contains five radio button options: "Voltage Source" (which is selected), "Temperature", "Current Source", "Model Parameter", and "Global Parameter". The second section, "Sweep Type", contains four radio button options: "Linear" (which is selected), "Octave", "Decade", and "Value List". To the right of these sections are several input fields: "Name:", "Model Type:", "Model Name:", "Param. Name:", "Start Value:", "End Value:", "Increment:", and "Values:". At the bottom of the dialog, there are three buttons: "Nested Sweep...", "OK", and "Cancel".

avec :

- **Swept Var. Type** qui définit le type de variable continue à employer
- **Sweep Type** qui définit le type d'analyse (logarithmique, linéaire ou par série de valeurs)
- **Name** nom de la variable (V1 par exemple)
Attention, ne pas mettre un nom de signal car ce dernier n'est pas le nom d'une variable
- **Start, End Value et Incr.** définissent les valeurs de départ, d'arrivée et l'incrément

4.5 Analyse paramétrique

Ce type d'analyse permet une analyse en fonction d'un paramètre (valeur d'une résistance par exemple). La fenêtre de définition se présente et s'utilise de la même manière que celle de l'analyse DC.

4.6 Analyse en température

Ce type d'analyse permet de définir la température ambiante. Par défaut elle est fixée à 27 °C.

4.7 Analyse en transitoire

Ce type d'analyse permet une simulation au cours du temps. La fenêtre de définition se présente ainsi :

The image shows a 'Transient' analysis dialog box. It is divided into two main sections. The top section, 'Transient Analysis', contains four input fields: 'Print Step' (20ns), 'Final Time' (1000ns), 'No-Print Delay' (empty), and 'Step Ceiling' (empty). Below these are two checkboxes: 'Detailed Bias Pt.' and 'Use Init. Conditions', both of which are unchecked. The bottom section, 'Fourier Analysis', contains a checkbox for 'Enable Fourier' (unchecked) and three input fields: 'Center Frequency', 'Number of harmonics', and 'Output Vars.', all of which are empty. At the bottom of the dialog are 'OK' and 'Cancel' buttons.

avec :

Print Step

qui définit le pas d'affichage de l'analyse. Ce paramètre n'a pas d'influence sur le pas utilisé par le simulateur lors du calcul.

Final Time

définit la durée d'analyse

Use Ini. Conditions

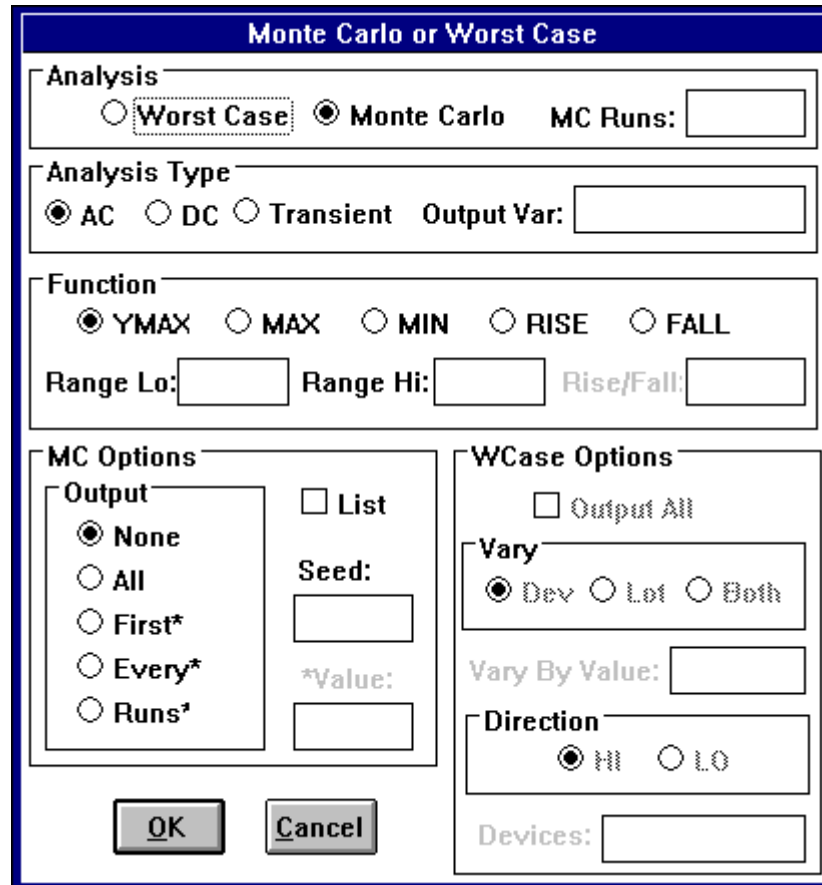
valide l'utilisation des valeurs initiales définies pour les éléments résistifs et capacitifs

Fourier Analysis

permet une analyse de Fourier

4.8 Analyse selon Monte-Carlo

Il s'agit d'une analyse statistique qui peut s'appliquer aux différents modes de simulation décrits ci-dessus. Lors de cette analyse, le simulateur fait varier, de façon aléatoire, les paramètres selon la définition faite dans le modèle de l'élément. Ce type d'analyse permet de tester la sensibilité du circuit face à la dispersion des éléments. La fenêtre volante se présente de la façon suivante :



avec :

- Analysis** qui définit le type d'analyse (worst case ou Monte-Carlo)
- MC Runs** définit le nombre d'analyse à effectuer. Pour que le résultat soit statistiquement significatif, choisir un nombre au moins supérieur à 10
- Analyse Type** définit sur quelle analyse sera effectuée l'analyse statistique
- Output Var** définit le signal de sortie. V(out) par exemple
- MC Options Output** sélectionne le nombre d'analyse qui pourra être affiché. En général, on choisira **All**.

4.9 Options

Cette fonction permet de définir les paramètres utilisés par le simulateur. Plus précisément, ceci permet de varier la précision de calcul et les nombres d'itérations effectuées par le simulateur. En principe, ces valeurs sont définies par défaut et devraient convenir. En cas de problème de convergence, on peut modifier ces paramètres de la façon suivante :

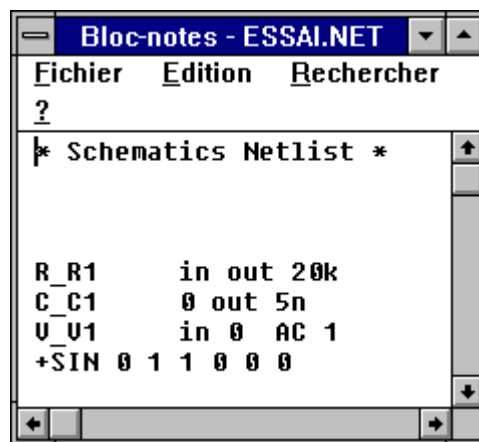
RELTOL	0.01	<i>modifie la tolérance relative</i>
PIVTOL	1000 f	<i>modifie la tolérance du pivot</i>
VNTOL	100 µV	<i>modifie la tolérance sur les tensions</i>
ABSTOL	1 nA	<i>modifie la tolérance sur les courants</i>
ITL4	100	<i>modifie le nombre maximum d'itérations</i>

Remarque :

Il est préférable de ne pas changer tous ces paramètres en même temps.

4.10 Fichiers utilisés par l'éditeur de schéma

- L'éditeur de schéma enregistre la configuration du circuit dans un fichier qui présente l'extension **.sch** par défaut.
- Après test des connexions électriques, il génère la *netlist* qui est un fichier ASCII contenant la description du circuit (extension **.net** par défaut). On peut vérifier la bonne interconnexion du circuit en examinant ce fichier à l'aide de **Analyse -> Examine Netlist**. On ouvre automatiquement le bloc-notes de WINDOWS qui se présente alors de la façon suivante :



- Lors du lancement de la simulation, l'éditeur de schéma génère le fichier de commande du simulateur (extension **.cir** par défaut). Ce fichier se présente également sous forme ASCII et peut, en cas de problème, être modifié en entrant à la main les différentes commandes *PSpice*. Un exemple de fichier de commande est illustré ci-dessous :

```
* D:\MSIMEV60\ESSAI.SCH
* Schematics Version 6.0 - January 1994
* Tue Aug 23 10:23:43 1994

** Analysis setup **
.ac DEC 10 10 1.00MEG
```

```
* From [SCHEMATICS NETLIST] section of msim.ini:
.lib C:\PSPICE\LIB\ALP2.LIB
.lib C:\PSPICE\LIB\filtres.lib

.INC "ESSAI.net"
.INC "ESSAI.als"

.probe

.END
```

- L'éditeur de schéma génère en outre un fichier ASCII contenant les noms des noeuds du circuit (extension **.als** par défaut). Ce fichier se présente sous la forme suivante:

```
* Schematics Aliases *

.ALIASES
R_R1          R1(1=in 2=out )
C_C1          C1(1=0 2=out )
V_V1          V1(+=in -=0 )
-             _(out=out)
-             _(in=in)
.ENDALIASES
```

4.11 Librairies utilisées par l'éditeur de schéma

Pour décrire un circuit, l'éditeur de schéma a besoin du dessin du symbole, des paramètres et des connexions des éléments. Ces informations sont enregistrées dans un fichier de librairie (extension **.slb** par défaut). Ce fichier est modifiable par l'utilisateur en utilisant la commande **File -> Edit Library** puis **File -> Open -> nom de fichier**. Plusieurs librairies peuvent être définies en fonction des besoins de l'utilisateur: dans le cadre de ce cours, on utilise les librairies suivantes:

- **eval.slb** éléments de base (R, L, C, diodes et transistors, AO, etc...)
- **digital.slb** éléments CMOS numériques
- **source.slb** sources (tension, courant en DC, sinus...)

4.12 Circuits mixtes

Le simulateur *PSpice* permet de simuler des circuits qui comportent une partie analogique et une partie numérique. Le modèle numérique des circuits est un modèle à 6 états dans lequel on prend en compte les deux états logiques, les temps de montée et de descente, l'état indéterminé et l'état à haute impédance (cf. paragraphe 4.13).

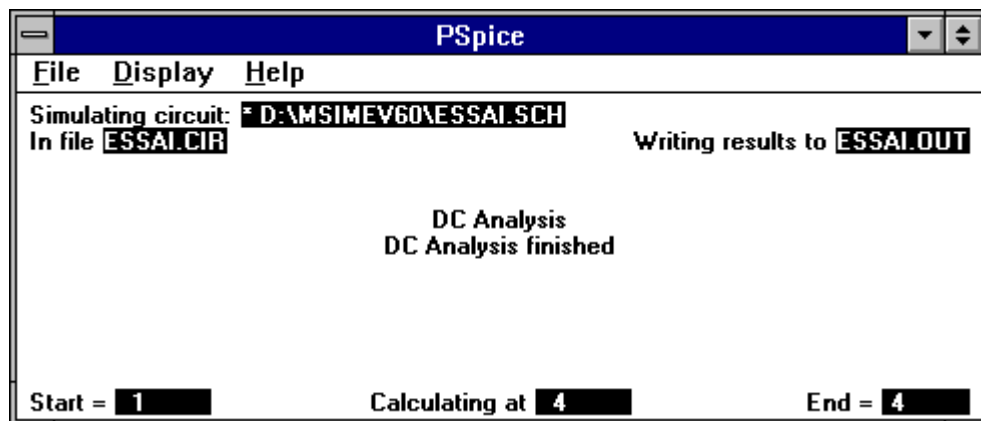
Remarque :

Le passage analogique-digital ou inversement, compte comme un élément dans le calcul du nombre d'éléments du circuit. Par exemple si l'on veut simuler un inverseur sur lequel on entre une tension et dont la sortie est connectée à une résistance, les éléments utilisés seront : la résistance, la source de tension, l'inverseur, le convertisseur A/D à l'entrée de l'inverseur et le convertisseur D/A à la sortie de l'inverseur.

5 SIMULATION

5.1 Lancement de la simulation

La simulation se lance avec **Analyse -> Simulate** (raccourci clavier : **F11**). Le simulateur affiche l'opération en cours dans une fenêtre semblable à celle ci-dessous :



Lorsque la simulation est terminée, le programme lance automatiquement l'affichage. Le lancement automatique de *PROBE* peut être désactivé à l'aide du menu **Analysis -> Probe Setup...**

5.2 Problèmes de convergence

Le simulateur calcule les grandeurs du circuit à l'aide d'une méthode itérative. Dans certains cas, le simulateur signale qu'il rencontre des difficultés pendant la simulation. Il s'agit presque toujours de la procédure itérative qui ne converge pas. Pour remédier à ce genre de problème, il faut:

- Eviter des flancs trop raides sur les sources impulsionnelles
- Eventuellement modifier les paramètres de simulation (cf. paragraphe 5.9) avec **Analysis -> Setup -> Options...**

5.3 Fichiers utilisés par le simulateur

- En plus des fichiers décrits dans le paragraphe 5.10, le simulateur génère un fichier ASCII contenant la description des opérations effectuées (extension **.out** par défaut). L'examen de ce fichier peut s'avérer utile en cas de problème, on y trouve, entre autre, les différentes bibliothèques utilisées, la description du circuit et des modèles employés. Ce fichier peut être examiné à l'aide de **Analyse -> Examine Output** et se présente de la façon suivante :

```
**** 08/23/94 10:23:46 ***** Evaluation PSpice (Jan 1994)
*****

* D:\MSIMEV60\ESSAI.SCH

****      CIRCUIT DESCRIPTION
```

```
*****
***
* Schematics Version 6.0 - January 1994
* Tue Aug 23 10:23:43 1994
** Analysis setup **
.ac DEC 10 10 1.00MEG

* From [SCHEMATICS NETLIST] section of msim.ini:
.lib C:\PSPICE\LIB\ALP2.LIB
.lib C:\PSPICE\LIB\filtres.lib

.INC "ESSAI.net"

**** INCLUDING ESSAI.net ****
* Schematics Netlist *

R_R1      in out 20k
C_C1      0 out 5n
V_V1      in 0 AC 1
+SIN 0 1 1 0 0 0

**** RESUMING ESSAI.CIR ****
.INC "ESSAI.als"

**** INCLUDING ESSAI.als ****
* Schematics Aliases *

.ALIASES
R_R1      R1(1=in 2=out )
C_C1      C1(1=0 2=out )
V_V1      V1(+=in -=0 )
_        _(out=out)
_        _(in=in)
.ENDALIASES

**** RESUMING ESSAI.CIR ****

.probe

.END

**** 08/23/94 10:23:46 ***** Evaluation PSpice (Jan 1994)
*****

* D:\MSIMEV60\ESSAI.SCH

****      SMALL SIGNAL BIAS SOLUTION      TEMPERATURE =
27.000 DEG C

*****
****

      NODE      VOLTAGE      NODE      VOLTAGE      NODE      VOLTAGE      NODE
VOLTAGE

( in)      0.0000 ( out)      0.0000
```

```
VOLTAGE SOURCE CURRENTS
NAME          CURRENT

V_V1          0.000E+00

TOTAL POWER DISSIPATION  0.00E+00  WATTS

JOB CONCLUDED

TOTAL JOB TIME          .49
```

- Le simulateur génère également le fichier utilisé par le module d'affichage (extension **.dat** par défaut)

5.4 Librairies utilisées par le simulateur

Pour simuler le fonctionnement d'un circuit, le simulateur a besoin d'un modèle associé à chaque élément. Ce modèle est enregistré dans un fichier de librairie (extension **.lib** par défaut). Ce fichier ASCII est modifiable par l'utilisateur en utilisant un éditeur de texte. Plusieurs librairies peuvent être définies en fonction des besoins de l'utilisateur: dans le cadre de ce cours, on utilise les librairies suivantes:

- **eval.lib** *contient les modèles des éléments de base*
- **digital.lib** *contient le modèle de quelques circuits numériques*

Un exemple de modèle du NMOS est donné ci-dessous :

```
*NMOS array
```

```
.model NMOSa nmos LEVEL=3 Vto=0.58 dev 10mV Xj=0.15e-6 Nss=4.95e10 Cj=195e-6
Theta=3.3e-2
+ Cjsw=500e-12 Cgso=268e-12 Mjsw=0.29 Uexp=.125 Rsh=50 Tox=400e-10 Ld=0.15e-6
+ Nfs=0.99e10 Delta=1.4 Eta=0.138 Kf=1.13E-23 Cgdo=268e-12 Pb=0.8 Utra=0
+ Uo=620 dev 1% Nsub=8e16 Js=2e-5 Vmax=5.1e4 Kappa=0.4 Af=0 Mj=0.29 Ucrit=6.2e4
Neff=4
```

Pour plus de détails sur les paramètres utilisés, le lecteur voudra bien se référer au manuel intitulé « *The Design Center, Circuit Analysis Reference Manual* » de MicroSim Corporation et à « *Semiconductor Device Modeling with Spice* » de P. Antognetti et G. Massobrio.

6 MODULE D'AFFICHAGE DES RESULTATS PROBE

6.1 Affichage des résultats

Après simulation, le module d'affichage *PROBE* est automatiquement activé. Pour choisir le signal à visualiser :

- Utiliser le menu **Trace -> Add...**
- une fenêtre contenant le nom des signaux à disposition s'affiche
- cliquer sur le ou les signaux à afficher

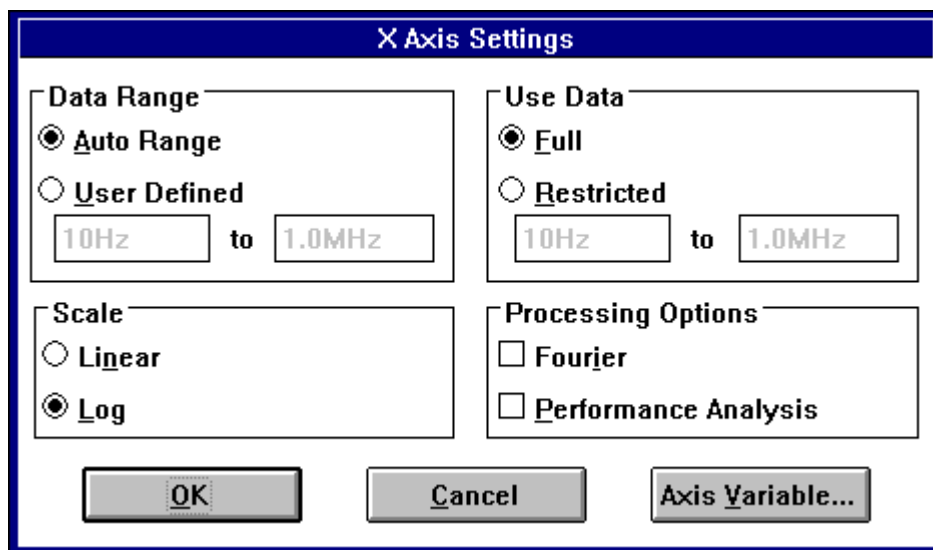
6.2 Affichage automatique

Il est possible d'afficher automatiquement le ou les signaux désirés. Pour ce faire il faut :

- définir dans l'éditeur de schéma les points à mesurer (tension, courant...) à l'aide du menu **Markers...**
- dans l'éditeur de schéma activer l'affichage automatique des résultats en utilisant **Analysis -> Probe Setup...**

6.3 Modification des axes

Le menu **Plot** du module d'affichage permet de modifier les paramètres (domaines, linéaire, logarithmique...) des axes. La figure ci-dessous illustre la fenêtre volante qui concerne l'axe x:



6.4 Utilitaires d'interprétation des résultats

Le menu **Tools...** permet d'accéder à différents utilitaires :

- **Labels...** permet d'ajouter du texte et des graphiques
- **Cursors...** permet de mesurer les valeurs affichées. Sélectionner un curseur en utilisant les boutons droite et gauche de la souris
- **Options...** valider **Mark Data Points** afin de visualiser les points calculés par le simulateur

6.5 Liste ASCII des résultats

Il est possible d'obtenir une liste ASCII (extension **.txt**) des résultats calculés par le simulateur. Pour ce faire :

- Dans l'éditeur de schéma, sélectionner le menu **Analysis -> Probe Setup...**
- Valider l'option **Text Data File Format (CSDF)**

6.6 Exportation des courbes

L'impression du résultat de la simulation est possible sous PROBE en utilisant les commandes habituelles sous WINDOWS. Cependant, le résultat n'est souvent pas satisfaisant lorsqu'il s'agit d'inclure le résultat de simulation dans un document. La meilleure façon de procéder est

d'exporter le résultat dans une application WINDOWS (EXCEL ou WORD) et d'intégrer le graphique obtenu dans le document.

Pour exporter des valeurs :

- dans PROBE, sélectionner un signal en cliquant dessus
- copier ce signal dans le presse-papiers de WINDOWS (**ctrl C**)
- dans EXCEL (par exemple), coller le contenu du presse-papiers

Cette méthode permet également de comparer les résultats de simulation avec les mesures relevées sous EXCEL.

6.7 Ouverture d'un autre graphique


Lorsque l'on souhaite afficher des tensions et des courants, il est mal pratique de les afficher sur le même graphique.

Pour ouvrir un autre graphique :

- utiliser le menu **Plot -> Add Plot to Window**
- procéder ensuite de la même manière qu'au paragraphe 7.1


6.8 Mesures

Pour mesurer les valeurs simulées :


- activer le menu " curseurs " **View -> Toolbars... cocher la case Cursors**
- dans le menu « curseurs » activer . Deux curseurs apparaissent ainsi qu'une fenêtre d'affichage du résultat de mesure (**Probe cursor**)
- sélectionner un signal en cliquant sur la marque précédant le nom de ce dernier (le clic à droite ou à gauche permet de sélectionner l'un des deux curseur)
- déplacer le curseur en maintenant enfoncé le bouton droit ou gauche de la souris

6.9 Affichage en axes logarithmiques

Pour changer basculer la représentation de l'axe X de linéaire en logarithmique et inversement :

- cliquer sur 

Pour changer basculer la représentation de l'axe Y de linéaire en logarithmique et inversement :

- cliquer sur 

Note: les graphiques sélectionnés ne doivent pas contenir des valeurs négatives ou nulles pour permettre un affichage de type logarithmique

6.10 FFT

Pour effectuer une analyse de Fourier (spectre en fréquence) d'un signal transitoire, cliquer sur

