APPLICATION n°4 : Analyse de Monte Carlo

L'analyse de Monte Carlo est utilisée principalement pour évaluer le comportement d'un système en fonction des tolérances des composants qui le composent.

Sur un composant donné, il est possible de définir :

- la tolérance du composant et sa distribution (densité de probabilité),
- la tolérance par lot et sa distribution, qui traduisent la dérive de production d'un composant d'un jour à l'autre lors de sa fabrication.

Sur les composants de base (R, L, C, …), il est possible d'utiliser l'attribut TOLERANCE. Dans ce cas, on considère que toutes les tolérances ont la même répartition qui correspond à la répartition par défaut défini dans la fenêtre **Simulation Settings** au niveau de l'option **Use Distribution**. Le simulateur connaît deux distributions **Uniform** et **Gaussian**, mais il est possible de définir sa propre distribution à l'aide de la directive **Distributions**.

Distribution spécifique

Si vous voulez définir une tolérance sur un composant avec une répartition différente des autres tolérances, il faudra remplacer le composant de base (R, L, C) par un composant primaire (Rbreak, Lbreak, Cbreak) de la librairie BREAKOUT.OLB, puis définir le modèle de ce composant (tolérance et répartition) par accès au menu **Edit/Pspice Model...**

Par exemple, après placement d'un composant Rbreak sur le schéma, il faut lui associer son nouveau modèle.

Célectionnez cette résistance sur le schéma, puis accédez au menu Edit/Pspice Model :

🚝 APPL14.lib - OrCAD Model Editor - [Rbreak]	_ 🗆 ×
📳 Eile Edit View Model Plot Tools Window Help	_ B ×
	+ Ľ 🖻
Models List .model Rbreak RES R=1	A
Model Name Type	
Rbreak* RES	-
Ready	NUM ///

Ce modèle définit une résistance dont la tolérance est de 5% avec une loi de probabilité uniforme. Il est sauvegardé dans une librairie portant le même nom que celui du projet (application6.lib) qui est stocké dans le dossier **Model Libraries** du gestionnaire de projet.

Pour d'autres résistances, modifiez l'attribut model par model= Rmod.

Si l'on veut une loi de probabilité gaussienne : **.model Rmod RES(R=1 DEV/GAUSS=5%)** Attention, 5% représente la valeur de σ , ce qui signifie que la résistance est définie à ± 15%.

Autre exemple : .model Rmod RES(R=1 DEV=1% LOT/GAUSS=5%)

Utilisation d'une distribution personnelle : .distribution Distri_perso (-1,0) (0,1) (1,0) .model Rmod RES(R=1 DEV=1% LOT/Distri_perso=5%) Le projet 'application4.OPJ' s'appuie sur un filtre réjecteur à 3 MHz. Le but est de visualiser, sous forme d'histogramme, la répartition de la fréquence de réjection lorsque l'on définit des tolérances de 20% sur les selfs et les capacités. La bande de fréquence à explorer est de 300 kHz à 30 MHz.

Saisie du schéma



<u>Remarque</u>: pour définir les tolérances, cliquez sur le composant dans le schéma, éditez **Edit/Properties** (ou bouton droit de la souris et choisir **Edit Properties**). Remplissez le champ TOLERANCE, puis cliquez sur **Apply**. Si vous voulez faire apparaître la valeur sur le schéma, cliquez sur **Display Properties** et choisissez **Value Only**.

Configuration de l'analyse de Monte Carlo

Plusieurs analyses (runs) peuvent être lancées. Le run n°1 correspond à la simulation du circuit pour toutes les valeurs NOMINALES des composants. Ensuite, pour un run donné et pour chaque composant possédant une tolérance, le logiciel « tire » une valeur aléatoire du composant selon sa distribution et sa tolérance. Lorsque toutes les valeurs sont déterminées, le logiciel effectue une simulation et passe au run suivant.

General Analysis Include Fi	les Libraries Stimulus Options Data Collection Probe Window
Analysis type: AC Sweep/Noise Options: General Settings Monte Carlo/Worst Case Parametric Sweep Temperature (Sweep)	 Monte Carlo ✓ Worst-case/SensitivityOutput variable: V(out) Monte Carlo options Mumber of runs: 2 [1400] Use distribution: Uniform ▼Distributions Bandom number seed: 500 [132767] Save data from All ▼ runs
	Worst-case/Sensitivity options Vary devices that have both DEV and LOT Limit devices to type(s): Save data from each sensitivity run
	More Settings

La configuration pour 2 analyses de Monte Carlo est la suivante :

Function	04
The function is performed on an output variable (for example, V(1)). The result is listed in the output (.OUT) file only.	Cancel
Eind: the minimum value (MIN)	1
Threshold value:	
Evaluate only when the sweep variable is in the range:	
T to T	
- Worst-Case direction	

Analysis type : L'analyse de Monte Carlo s'effectuera sur l'analyse AC Sweep. Options : Sélectionnez l'analyse de Monte Carlo/Worst Case, puis validez (case à cocher).

Cliquez sur Monte Carlo options :

Output variable : Signal étudié par l'analyse de Monte Carlo.

Number of runs : Indiquez 2 itérations pour l'analyse.

Use distribution : Choisir Uniform.

Random number seed : base aléatoire (rien par défaut).

Save data from : Sélectionnez ALL afin que les résultats de toutes les itérations soient visualisables.

Cliquez sur More Settings :

Find : YMAX : Recherche l'écart maximal entre la courbe nominale et la courbe de l'itération n.

MAX : Recherche la valeur maximale sur la courbe pour l'itération n.

MIN : Recherche la valeur minimale sur la courbe pour l'itération n.

- RISE : Recherche la première occurrence supérieure à la valeur RISE/FALL.
- FALL : Recherche la première occurrence inférieure à la valeur RISE/FALL.

Sélectionnez également la case à cocher List model parameter values in the output file for each run, pour connaître les valeurs de chaque composant pour chacun des tirages (voir fichier output).

- Après avoir effectuer les opérations précédentes, définissez le balayage fréquentiel indiqué, puis lancez la simulation.
- Hisualisez les résultats dans Pspice et dans le rapport de simulation.







On effectue, maintenant, une analyse de performance en vous intéressant à la fréquence de réjection de manière à afficher la répartition de cette fréquence.

<u>Attention</u> : Il n'existe pas de « Measurement » permettant de retrouver la coordonnée X d'un point minimum d'une courbe.

Pour créer ce « Measurement », accédez à la fenêtre Trace/Measurements, puis cliquez sur New.

<u>Remarque</u> : Si vous devez générer un « Measurement » pour une simulation particulière, cette fonction doit être créée en locale (**use local file**). En revanche, si ce « Measurement » doit être visible par tous les utilisateurs du logiciel, elle doit être définie de façon globale (**use global file**), donc dans le fichier PSPICE.PRB ou dans un fichier (**other file**) connu et accessible par tous les utilisateurs. <u>Attention</u> : lors d'une mise à jour du logiciel, il se peut que le fichier PSPICE.PRB soit mis à jour. Par conséquent, effectuez une sauvegarde du PSPICE.PRB si vous avez modifié ce fichier.

Dans le cas présent, on procède plus directement pour obtenir la fréquence de réjection. En effet, au sein de la liste des « Measurements », existe 'CenterFrequency' pour un filtre passe bande. Il suffit d'en faire une copie et de modifier le calcul en inversant les pentes positive et négative.

Accédez à la fenêtre **Trace/Measurements**, sélectionnez CenterFrequency et cliquez sur **Copy**. Nommez la nouvelle fonction 'RejectFreq' et créez la en locale (**use local file**).

Copy Goal Function - 'CenterFreq'
New Goal Function name RejectFreq
File to keep Goal Function in
use local file C:\Program Files\OrCAD Demo\Applications\ap
C use global file C:\Program Files\OrCAD Demo\PSpice\COMM
O other file
<u>D</u> K <u>C</u> ancel <u>H</u> elp

Hodifiez les deux dernières lignes (inversion des pentes n et p).

Edit Goal Function		
RejectFreq(1, db_level) = (x1+x2)/2		
#Desc# Find the midpoint between the X values where the trace first *#Desc#* crosses its maximum value minus db_level (Ymax-db_level) with *#Desc#* a positive slope, and then with a negative slope. *#Desc#* (i.e. Find the <db_level> center frequency of a signal.) *</db_level>		
#Arg1# Name of trace to search *#Arg2#* db level down for measurement *		
#ForceDBArg1#		
{ 1 Search forward level(max-db_level,n) !1 Search forward level(max-db_level,p) !2; } }		
This Goal Function is saved in the file:		
C:\Program Files\OrCAD Demo\Applications\appli4-SCHEMATIC1-ac_100run.prb		
<u> </u>		

Pour effectuer l'analyse des performances, sélectionnez l'icône . Accédez au menu **Trace/Add Trace** et sélectionnez **RejectFreq(V(out), 10)** (10 dB en dessous du maximum).



L'affichage des statistiques précise :

- n samples : nombre d'itérations de la simulation analysée,
- n divisions : nombre de divisions de l'intervalle [Xmin, Xmax] utilisées pour réaliser l'histogramme,
- mean : moyenne arithmétique des valeurs prises par la fonction d'évaluation,
- sigma : écart-type des valeurs prises par la fonction d'évaluation,
- minimum : valeur minimale de la fonction d'évaluation,
- 10th %ile : valeur de l'axe X telle que 10% des valeurs prises par la fonction d'évaluation lui soient inférieure,

- median : valeur de l'axe X telle que 50% des valeurs prises par la fonction d'évaluation lui soient inférieure,
- 90th %ile : valeur de l'axe X telle que 90% des valeurs prises par la fonction d'évaluation lui soient inférieure,
- maximum : valeur maximale de la fonction d'évaluation.
- ✓ Visualisez le fichier de résultats et en particulier le tri des données en accédant à View/Output File.

👹 SCHEMATIC1-ac	c_100run - OrCAD PSpice A/D Demo - [appli4-SCHEMATIC1-ac_100run.out (ac 💻	. 🗆 🗙
<u></u> <u>F</u> ile <u>E</u> dit ⊻iew	Simulation Irace Plot Tools Window Help	. B ×
1 🖼 👻 🖾	🖥 🎒 🕌 🛍 🗠 🗠 🔺 % % 🕅 SCHEMATIC1-ac_100run	Л
<u> </u>	□□□▼□□▼2436344111111111111111111111111111111111	
**** SO	RTED DEVIATIONS OF V(OUT) TEMPERATURE = 27.000 DEG C	•
	MONTE CARLO SUMMARY	
*****	*************	
- 31.1	1 dB	
RUN	MINIMUM VALUE	
Pass 17	.0221 at F = 3.0347E+06 (711.17% of Nominal)	
Pass 32	.0191 at F = 2.7998E+06 (613.64% of Nominal)	
Pass 9	.014 at F = 3.0699E+06 (448.75% of Nominal)	, Z
appli4-SCH	appli4-SCHE	
×	Analysis (Watch) Devices /	
For Help, press F1		^- //