



LTSPICE

Version 2.17

Carlos Valente
Technicien

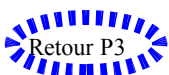
IUT DU LIMOUSIN
Département Génie Électrique et Informatique Industrielle
19100 Brive-la-Gaillarde France.





Table des matières

INTRODUCTION.....	<u>6</u>
VISITE GUIDÉE.....	<u>6</u>
PRÉSENTATION DE LTSPICE.....	<u>6</u>
CONTENU DU TUTORIEL.....	<u>7</u>
MON PREMIER SCHÉMA.	<u>7</u>
OUVRIR UNE FEUILLE.....	<u>7</u>
PLACER DES COMPOSANTS.....	<u>7</u>
MODIFIER LES PROPRIÉTÉS.....	<u>8</u>
QUELQUES FONCTIONNALITÉS D'ÉDITION.....	<u>8</u>
PLACER ET CONFIGURER UNE SOURCE	<u>8</u>
ENREGISTRER LE SCHÉMA.....	<u>9</u>
GÉNÉRALITÉS SUR LES SOURCES.....	<u>9</u>
PREMIÈRES SIMULATIONS.....	<u>10</u>
APERÇU DES DIFFÉRENTES ANALYSES.....	<u>10</u>
ANALYSE DC OP (DC - OPERATING POINT).....	<u>10</u>
ANALYSE DC TRANSFER.	<u>11</u>
ANALYSE DC SWEEP.....	<u>11</u>
ANALYSE TRANSIENT.....	<u>11</u>
ANALYSE AC.....	<u>12</u>
ANALYSE AC.....	<u>13</u>
VISUALISATION D'UN AUTRE POINT DU MONTAGE.....	<u>13</u>





UTILISATION DE L'EXISTANT.....	14
LES SYMBOLES.....	14
LES EXEMPLES.....	14
CONFIGURATION SYMBOLES.....	15
CRÉATION D'UN SYMBOLE.....	16
LE SYMBOLE.....	16
CRÉER DES BIBLIOTHÈQUES.....	16
AJOUT D'ENTRÉES/SORTIES AU SYMBOLES.....	17
ENREGISTRER LE SYMBOLE.....	17
UTILISER LE NOUVEAU SYMBOLE.....	17
LES SYMBOLES HIÉRARCHISÉS	18
PASSER DES PARAMÈTRES À VOS SOUS-SCHÉMAS.....	18
LES MODÈLES SPICE.....	20
QUE SONT LES MODÈLES SPICE ?.....	20
CONVERTIR UN SCHÉMA EN FICHIER SPICE UTILISABLE PAR UN SYMBOLE.....	20
UTILISER UN MODÈLE SPICE.....	21
SIMULATION DES CIRCUITS LOGIQUES.....	23
CRÉATION D'UN BUS.....	23
LES DIRECTIVES SPICE.....	24
.PARAM.....	24
.STEP.....	24
UTILISER LA DIRECTIVE .MEAS.....	25
UTILISER LA DIRECTIVE .FUNC.....	25
EXEMPLE D'UTILISATION DES DIRECTIVES.....	26
COEFFICIENT DE QUALITÉ D'UNE SELF.....	27
ASTUCE.....	27
TRANSFORMÉE DE FOURIER (FFT).....	28
PRÉSENTATION DES RÉSULTATS.....	29
MESURES & CURSEURS VISUALISATION DES RÉSULTATS.....	29
MESURE DE PUISSANCE INSTANTANÉE DANS UN COMPOSANT.....	29
TRACER UNE TENSION DIFFÉRENTIELLE.....	29
TRACER UNE EXPRESSION MATHÉMATIQUE.....	29
CHANGER LES ÉCHELLES.....	29
CRÉER UN NOUVEAUX REPÈRES.....	30
CHANGER L'AXE DES X.....	30
SAUVEGARDER VOS COURBES.....	30



EXEMPLE: CRÉATION DU CIRCUIT LM311.....31

LE SYMBOLE.....32

LES PROPRIÉTÉS.....32

SCHÉMATIQUE.....32

SIMULATION.....33

ANNEXES.....34

LIENS UTILES.....34

UNITÉS SI (SYSTÈME INTERNATIONAL).....34

LISTES DES FONCTIONS.....34

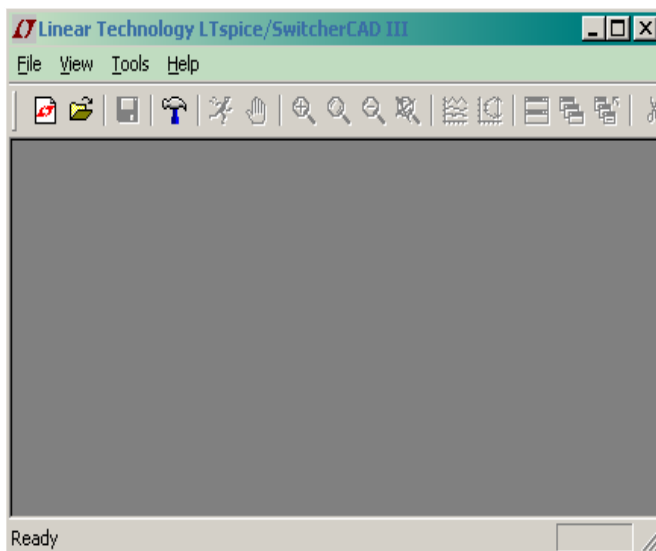
GEII BRIVE – IUT DU LIMOUSIN
PÔLE UNIVERSITAIRE DE BRIVE (PUB).....35

Introduction

Ce tutoriel se veut une simple introduction au logiciel LTSPICE. Le logiciel fourni gratuitement par Linear Technologie ne comporte aucune limitation d'utilisation et permet d'utiliser toutes les fonctionnalités de SPICE .

Visite guidée.

Présentation de LTspice



Ltspice est donc un logiciel gratuit que l'on peut télécharger depuis le site de Linear Technologie¹.

L'installation est des plus simple. Il suffit de double cliquer sur l'archive auto-extractible et de répondre aux questions. Une icône SWCAD III est placée sur votre bureau. Lancez le programme et la fenêtre ci-dessous apparaît.

Cette fenêtre principale donne accès à toutes les fonctionnalités de Ltspice. Comme dans la plupart des logiciels modernes les ressources sont accessibles de différentes façons à travers des menus, des icônes et des touches de raccourci clavier. Nous ne présenterons pas les différents moyens de réaliser une tâche. Nous nous contenterons de présenter la plus pratique, c'est à dire celle que nous connaissons.

1 - <http://www.linear.com>


Contenu du tutoriel

Dans ce tutoriel vous découvrirez comment réaliser un schéma très simple. Pourquoi pas un filtre passe bas ? Nous évoluerons vers le filtre passe haut pour terminer par un magnifique passe bande. Nous verrons également, chemin faisant, l'utilisation d'un modèle SPICE¹.

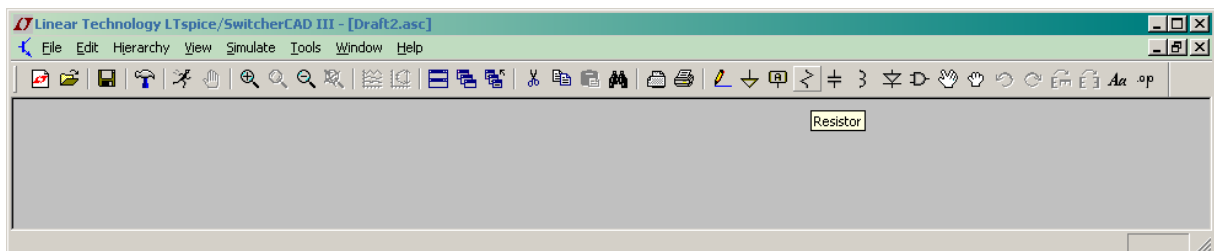
Ces exemples très simples seront matière à utiliser les différentes fonctionnalités de Ltspice. Nous passerons en revue l'édition de schéma, la sauvegarde de nos travaux. Nous utiliserons les symboles hiérarchisés, intégrerons des modèles Spice et serons en mesure de passer des paramètres à ces modèles. Nous verrons également comment visualiser les résultats et définir des fonctions

Enfin bref, à la fin de ce tutoriel vous devriez., vous serez, en mesure de réaliser vos propres simulations.

Mon premier schéma.

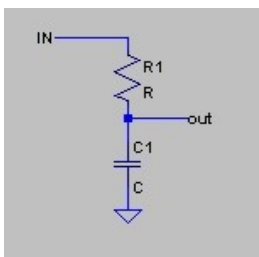
Ouvrir une feuille 

Cliquez sur cette icône dans Ltspice. Une nouvelle fenêtre d'édition apparaît.



Vous pouvez remarquer qu'un grand nombre d'icônes sont devenues actives.

Placer des composants



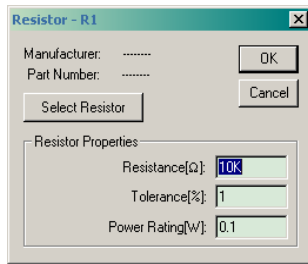
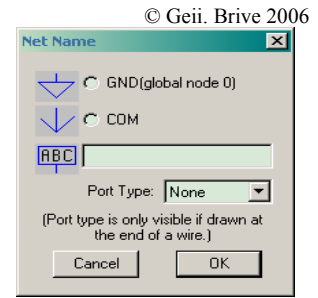
Nous allons maintenant rentrer notre premier schéma.

Une résistance, une capacité. Vous allez cliquer sur l'icône correspondante dans la barre d'outils pour réaliser le schéma ci contre. Un clic sur le crayon et vous tracez vos fils de connexions.

A l'icône  savoir : Un clic gauche sur l'icône fait apparaître le fantôme du composant que vous validez sur votre fenêtre d'édition par un nouveau clic gauche. Continuez à cliquer gauche autant de fois que de composants désirés.

¹ SPICE : Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis

Pour terminer l'opération clic droit. Ce mode opératoire est valable pour tracer les fils. Nommer des connexions Pour fonctionner le simulateur doit impérativement utiliser un symbole de masse. Les autres fils sont automatiquement numérotés Nxxx mais il est préférable de nommer certains fils pour des commodités de visualisations. Utilisez l'icône de la barre d'outils. Une nouvelle fenêtre apparaît Dans le champ ABC vous pouvez entrer un nom pour votre connexion et choisir un type¹. Les types GND et COM sont prédéfinis. Si vous commencez un nom par \$G_{string} alors le nom est global à toute votre hiérarchie schématique.



Modifier les propriétés

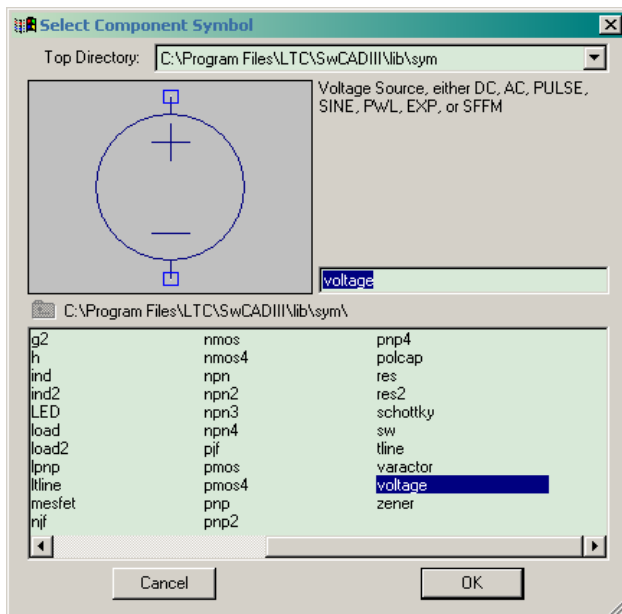
Placez vous au dessus de l'objet que vous souhaitez modifier et cliquez droit. Une boite de dialogue apparaît vous permettant de configurer votre schéma. Ci-contre nous pouvons configurer la résistance. Un bouton² permet de choisir parmi une liste de résistances mais vous pouvez entrer directement une valeur.

Quelques fonctionnalités d'édition

- Supprimer un élément : touche clavier **Suppr**, un ciseau apparaît à l'écran. Un clic sur l'objet et il est effacé.
- Supprimer un ensemble: entourer l'ensemble avec le ciseau
- Annuler une opération: touche clavier F9
- Déplacer des objets : les petites mains. Cliquez sur l'objet ou entourez l'ensemble.



Placer et configurer une source



Pour pouvoir simuler un circuit vous devez ajouter au moins une source. Pour ajouter un générateur on procède comme pour un composant classique. On ouvre le sélecteur de composant en cliquant sur l'icône .

On ajoute une source nommée Voltage Placez la source et raccordez la au montage. Éditez les propriétés de la source en cliquant droit sur le symbole puis sur **'advanced'**¹³

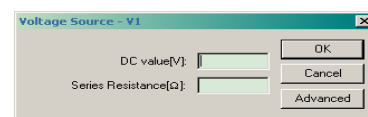


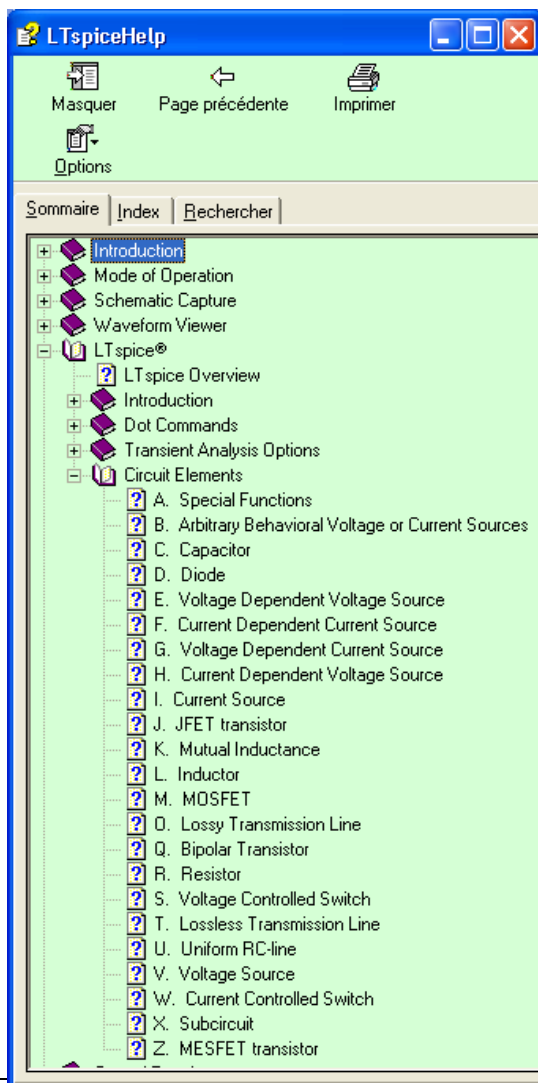
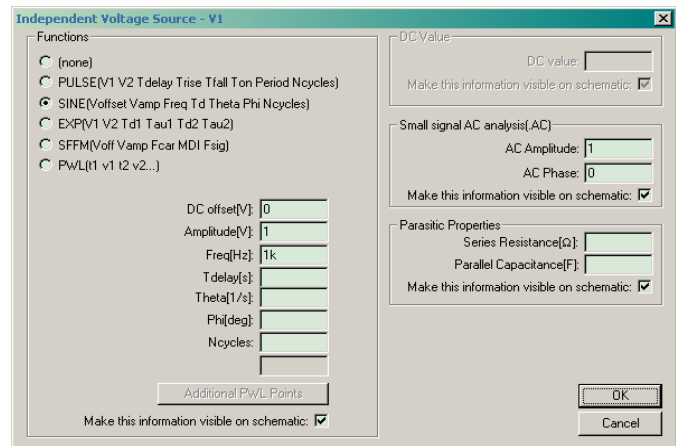
Illustration 1: Source de tension
 1 Entrée, sortie, bidirectionnelle.
 2 Select Resistor
 3 Avancées dans la langue de Molière.

Il est important de remarquer que la source que nous avons choisi peut être utilisée pour différentes simulations en fonction des paramètres qu'on lui donne. Pour la simulation AC que nous allons réaliser sur ce montage, il faudra renseigner les paramètres « small signal AC analysis ¹ »

Ac amplitude = 1v Ac phase = 0

Enregistrer le schéma

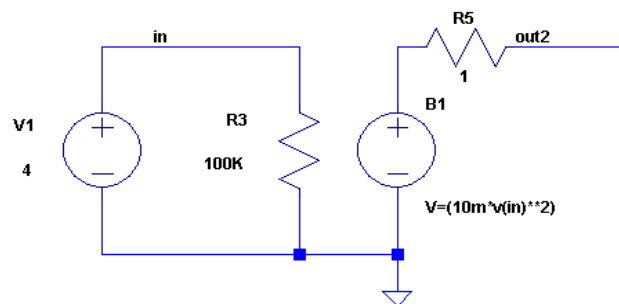
Pensez à sauvegardez votre fichier quelque part sur votre espace de stockage. Pensez à classer vous fichiers pour une meilleure organisation. Ex: Créez une arborescence : **Filtre** et sauvegardez dans ce répertoire filtre votre schéma sous le nom **filtre_pbas²**



Généralités sur les sources.

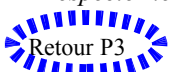
Le tableau ci contre vous donne les éléments connus de Spice. Dans la liste des sources il est à noter les éléments de Type B (Bi et Bv) qui permettent de définir des signaux complexes.

Ces sources remplacent avantageusement les source E, F, G et H.



1Ce qui traduit donne : Analyse petit signal.

2Respectez les noms des répertoires et des fichiers pour pouvoir suivre plus aisément le tutoriel.



Premières simulations

Aperçu des différentes analyses.

Lorsque vous lancez une simulation. La fenêtre de configuration d'analyses s'ouvre. (l'illustration 2).

Différents onglets correspondent à différents types d'analyses.

Analyse DC OP (DC - Operating Point)

Cette analyse définit le point de polarisation du montage en continu. Une fenêtre s'ouvre et donne les courants et tensions en chaque nœud du circuit. La variation de la valeur d'un élément permet de tracer des courbes en fonction de cette valeur¹. Les capacités sont vues comme des circuits ouverts et les inductances comme des courts-circuits. C'est une analyse statique

Analyse DC transfer.

C'est une analyse petit signal autour du point de polarisation. Cette analyse donne les impédances d'entrée et de sortie de votre montage ainsi que la fonction de transfert petit signal. Le circuit est donc linéaire autour du point de polarisation. (Une faible variation de la source autour du point de polarisation)

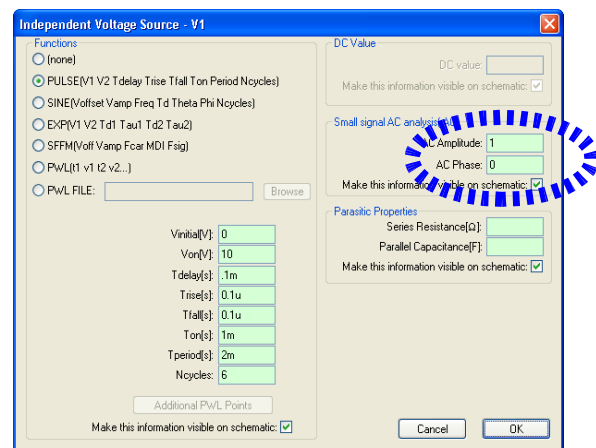
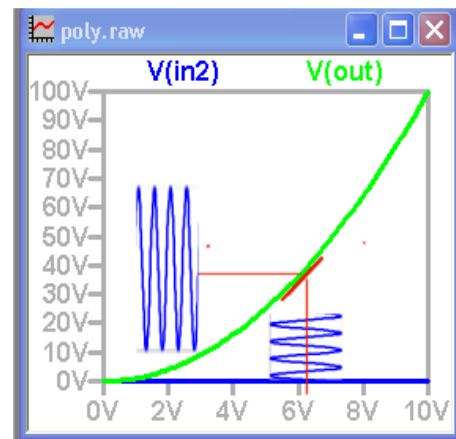
Analyse DC sweep

Réalise une simulation DCOP pour chaque valeur de source. La source varie suivant un pas que vous aurez déterminé. C'est une analyse statique

Analyse transient

Analyse non linéaire temporelle, on trace les signaux en fonction du temps. Analyse AC

Analyse fréquentielle petit signal après linéarisation du circuit autour de son point de polarisation. Il est nécessaire de définir la valeur petit signal de la source en faisant apparaître la fenêtre de configuration de la source par un clic droit de la souris sur celle-ci.



¹ Add trace dans la fenêtre graphique qui apparaît et sélectionner les nœuds à visualiser.

Analyse AC

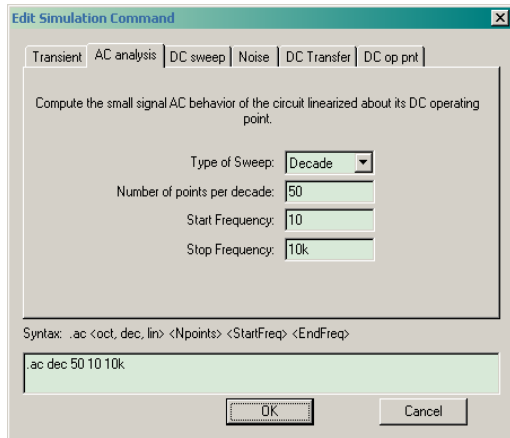
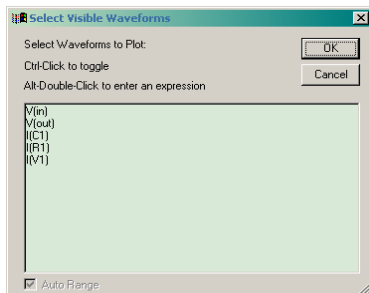
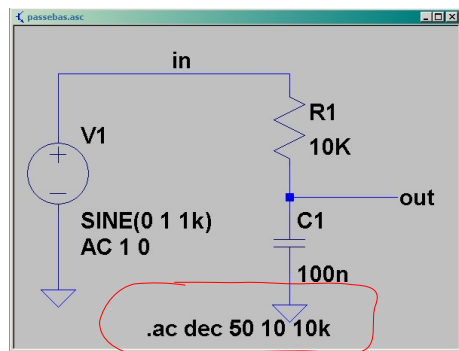


Illustration 2: Définition du type d'analyse

comme dans l'illustration 2 et validez.

Remarquez en passant que les informations d'analyses sont entrées comme une directive Spice directement sur le schéma. Un clic droit sur cette ligne et vous pouvez modifier vos paramètres.



Visualisation d'un autre point du montage

Pour visualiser un autre point du montage il suffit de déplacer le curseur sur un fil pour visualiser un potentiel et un composant pour avoir une image du courant²



Une fenêtre de visualisation des courbes vous demande de choisir les signaux que vous souhaitez visualiser. Choisissez V(out). Vous pourrez par la suite choisir de visualiser n'importe quel point du montage.

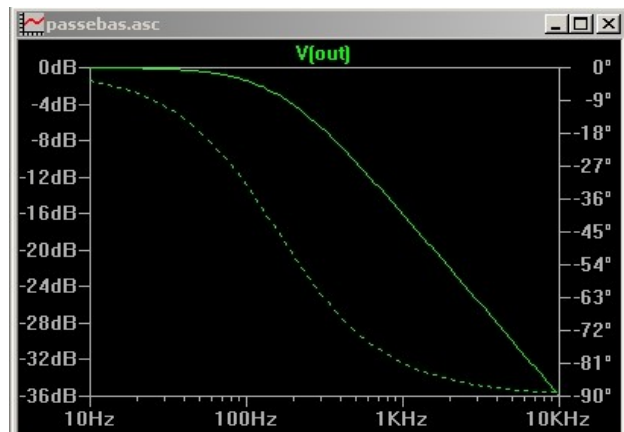
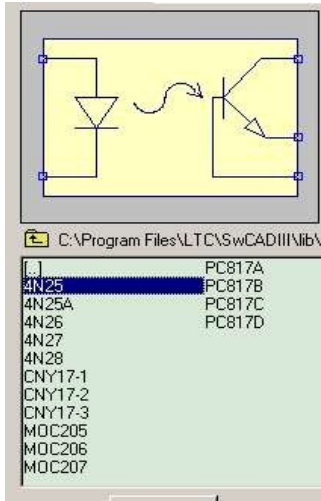


Illustration 3: Résultat de la simulation

¹Petit bonhomme qui court

²Le curseur change d'aspect. Sonde pour une tension et pince ampère métrique pour un courant.

Utilisation de l'existant

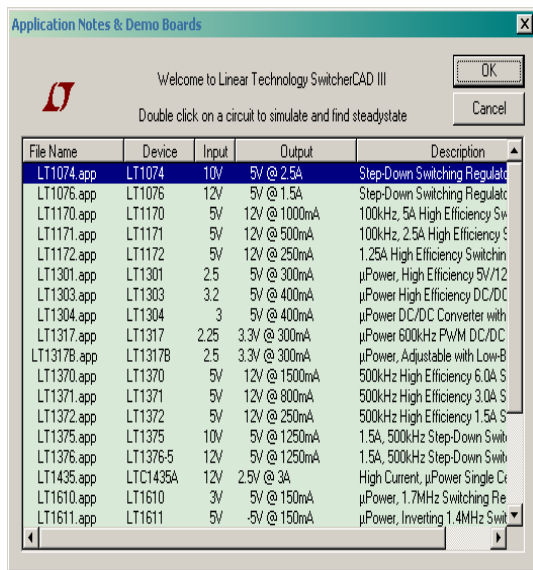
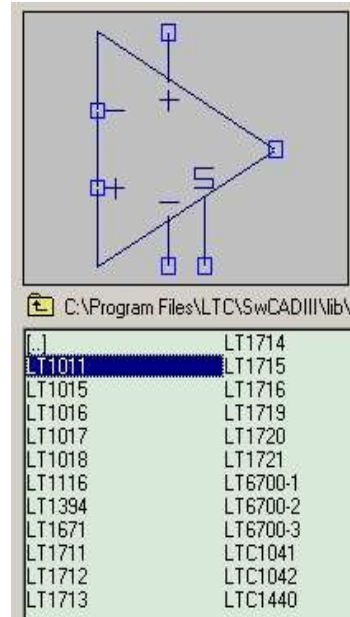


Les symboles

Avant de nous lancer dans la création de symboles il est nécessaire de signaler que de nombreuses représentations existent dans Ltpice ainsi qu'un grand nombre d'exemples.

Évidemment les composants sont ceux de Linear technologie mais nous verrons qu'il est très facile de s'approprier ces symboles et de les

configurer pour notre propre compte. De plus, un grand nombre de contributions existent sur Internet. En particulier un groupe de travail sur Yahoo (Voir Annexe)



Les exemples

De nombreux exemples sont présents dans le répertoire :

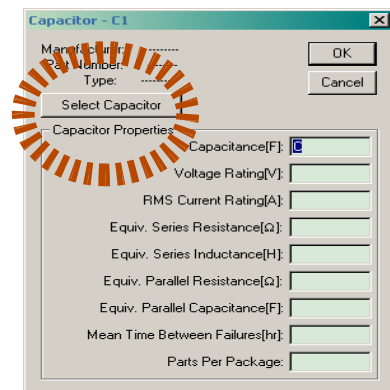
"C:\Program Files\LTC\SwCADIII\examples"

Certains de ces exemples sont automatiques et ne nécessitent aucune configuration.

Ouvrez: File > Demo SMPS Circuits

Configuration symboles

Certains symboles sont paramétrés. Un bouton de leur fenêtre de propriétés permet de choisir parmi une liste de composants.



Création d'un Symbole

Il est fort probable qu'un jour vous souhaitiez simuler un circuit qui ne se trouve pas dans les bibliothèques. Comment faire alors ?

Vous devrez créer un symbole et lui associer une description comportementale.

Le symbole

Créer un symbole est chose facile sous ltspice. Nous allons réaliser un symbole complet sachant qu'il est possible d'ouvrir un symbole existant de le modifier et de le sauvegarder sous un autre nom.

Créer des bibliothèques.

Vous pouvez installer tous vos nouveaux symboles dans les bibliothèques existantes mais il serait souhaitable de les placer dans des répertoires personnalisés. Nous allons donc créer trois répertoires. Ma_lib¹ dans :

"C:\Program Files\LTSpice\Sw\CADIII\lib\sym\Ma_lib"

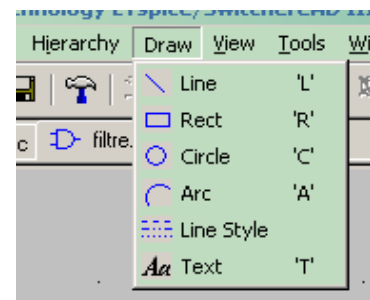
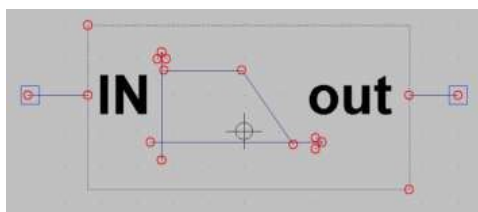
"C:\Program Files\LTSpice\Sw\CADIII\lib\sub\Ma_lib"

"C:\Program Files\LTSpice\Sw\CADIII\lib\sch\Ma_lib"

vous pouvez bien entendu en créer autant que vous le désirez.

Pour notre exemple nous allons créer une boîte avec une entrée et une sortie qui représentera notre filtre RC du début. Ouvrez une fenêtre d'édition de symboles².

En utilisant les outils du menu Draw dessinez un symbole représentant votre filtre (Voir *Illustration4*.)



Faites Edit> Attributes>Edit Attributes. Si on laisse vide les champs on définit le symbole comme un composant hiérarchique dont le modèle de comportement est un schéma.

¹Attention ! Les bibliothèques ne seront visibles que lors du futur lancement de ltspice.

² Menu : File > New symbol

Ajout d'entrées/sorties aux symboles.

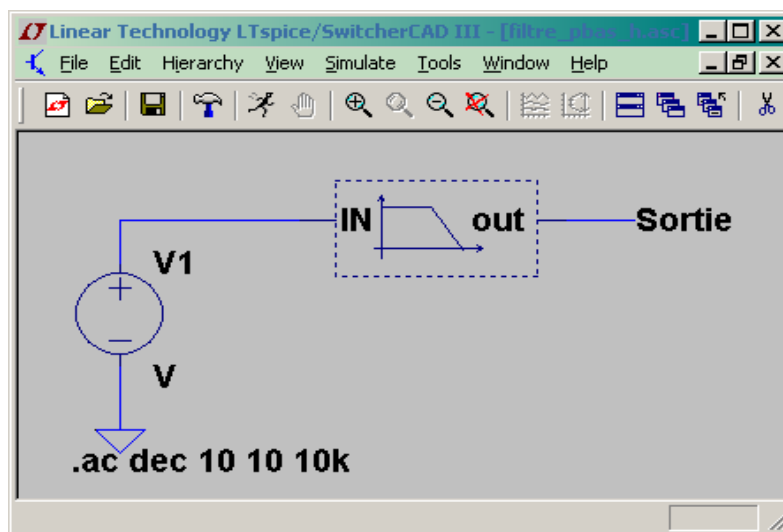
Utilisez la touche [P]¹ du clavier. Une fenêtre apparaît. Renseignez-la puis validez. Placez le fantôme à l'endroit désiré. Un clic droit sur la broche pour modifier les attributs. Nommez l'entrée IN et la sortie OUT.

Enregistrer le symbole.

File > Save As et choisissez la bibliothèque Ma_lib et appelez le Bloc_pbas²
"C:\Program Files\LTC\SwCADIII\lib\sym\Ma_lib"

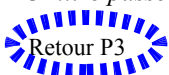
Utiliser le nouveau symbole

Créez un nouveau schéma. Appelez le Filtre_pbas_h³ et placez sur la feuille votre symbole Bloc_pbas. Placez également un générateur de tension (voir illustration 1). Vous devez obtenir un schéma ressemblant à celui-ci.



Enregistrez votre schéma dans un répertoire nommé **simul_hierarchique**
Lancez la simulation et configurez (voir Illustration 2)
le simulateur vous signale que vous n'avez pas entré de modèle ou schéma.

1. Menu Edit > Add Pin/port
2. Bloc Passe Bas
3. Filtre passe bas hiérarchique

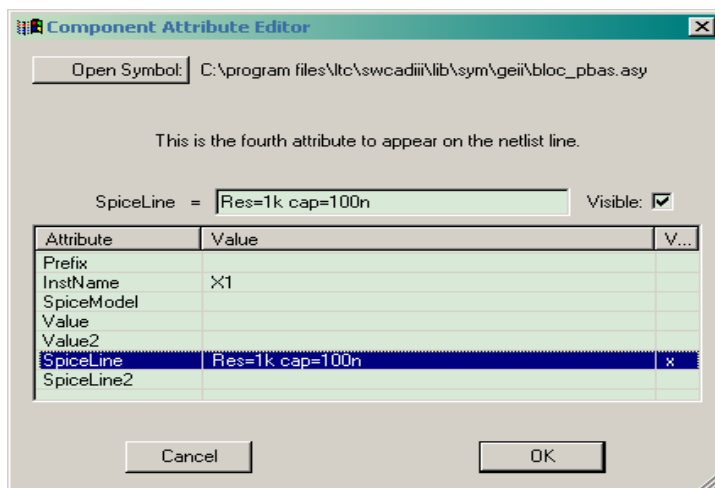


Les symboles hiérarchisés

Un symbole, en lui même n'est qu'une simple représentation graphique. Pour qu'il ait un comportement vous devez lui associer, soit un fichier Spice, soit un autre schéma qui sera composé d'éléments connus de Spice. Ce modèle comportemental, dans le cas d'un schéma, devra être enregistré dans le même répertoire que votre projet à simuler.

Nous allons donc attribuer à notre symbole le fichier Filtre_pbas que nous avons réalisé plus haut. Enregistrement dans le même répertoire « **simul_hierarchique** » avec le même nom que le symbole auquel il sera associé.¹

Attention le symbole et le fichier de description doivent porter le même nom. Et se trouver dans le même répertoire !

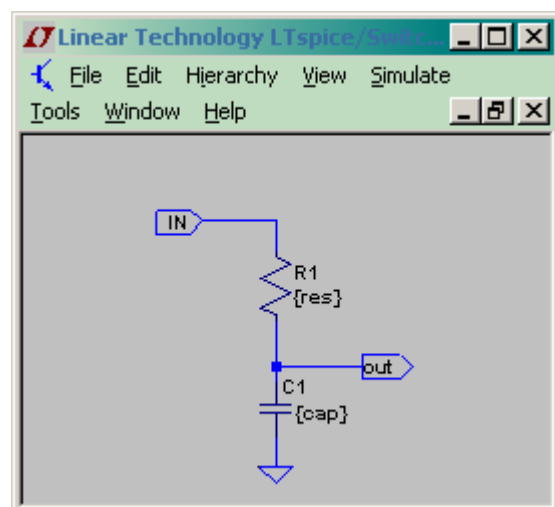


Passer des paramètres à vos sous-schémas.

Un symbole peut être utilisé plusieurs fois dans votre application avec un comportement différent. Par exemple deux filtres passe bas ayant une fréquence de coupure différente.

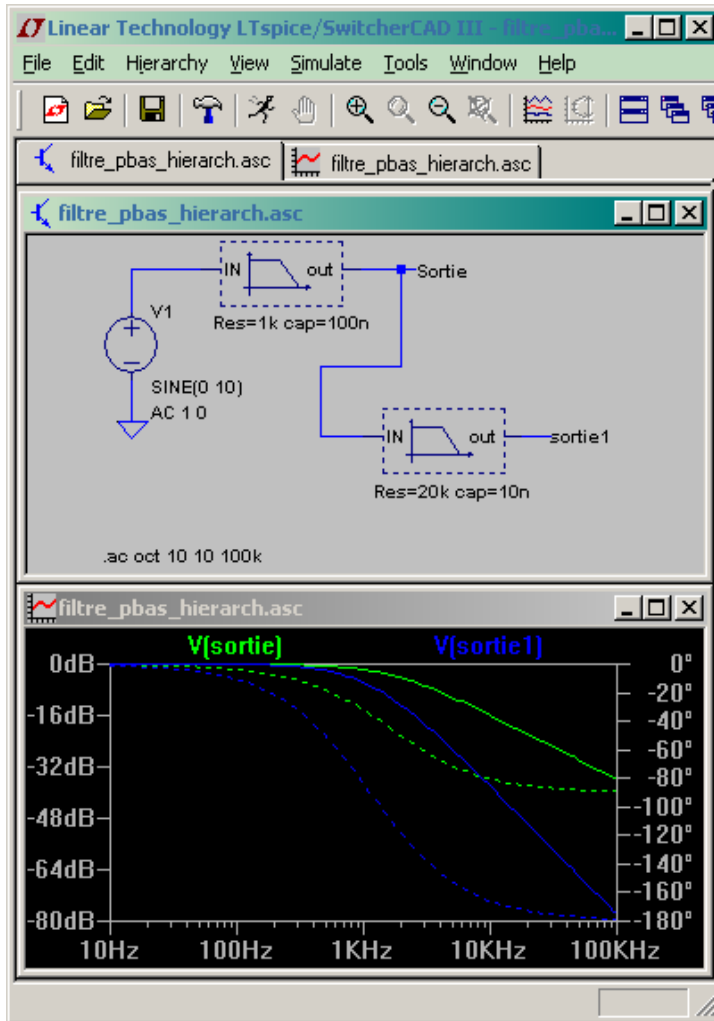
Il faut donc passer le couple R et C au sous-schéma. Cette opération est réalisée en mettant dans la valeur de R et C un paramètre noté {res} pour R et {cap} C. Dans les propriétés du symbole ajouter la valeur des variables dans le champ Spiceline²

Il est possible d'utiliser des fonctions pour calculer la valeur des éléments. (Voir directives)



¹ bloc_pbas.asc

²Par exemple : Res=10k cap=100n



En passant des paramètres différents aux symboles nous pouvons visualiser deux comportements pour une même représentation. Cette méthode est à utiliser pour éviter de dessiner dans un schéma un sous ensemble qui se répète **n** fois.

Visualisez les sorties.

On peut également donner les valeurs des éléments avec des formules
Par exemple en choisissant F_0 , la fréquence de coupure des filtres. On sait:

$$F_0 = 1 / (2 * \pi * Res * Cap)$$

donc

$$Cap = 1 / (2 * \pi * Res * F_0)$$

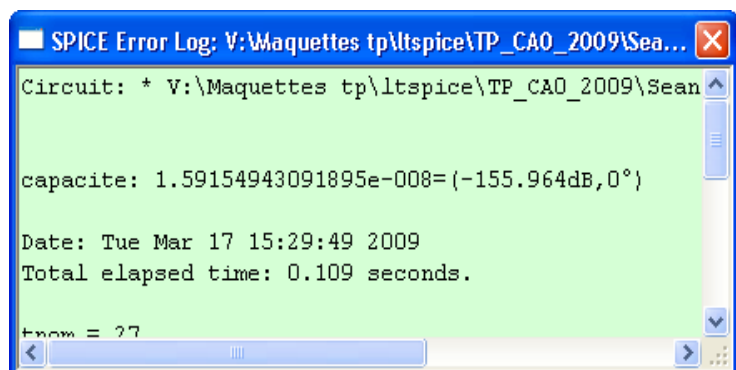
en conséquence la valeur de **Cap** est : $\{ 1 / (2 * \pi * Res * F_0) \}$
Fixez la valeur de F_0 avec la directive : **.param $F_0 = 2k$**

Si on décide de fixer la fréquence il sera intéressant de connaître la valeur de la capacité. Pour faire afficher la valeur de la capacité nous utiliserons la directive **.MEASURE**.

.MEAS capacite param $\{ 1 / (2 * \pi * res * F_0) \}$ donne directement la valeur de la formule dans le fichiers error log. (View > Spice error log. - Ce n'est pas une erreur!)

Exemple :

.MEAS capacité param {cap} si vous avez utilisé la directive .param pour définir cap



Les modèles Spice.

Que sont les modèles Spice ?

Ce qu'il faut bien comprendre c'est que les symboles que vous placez sur la feuille d' édition ne sont que des représentations graphiques. Ces symboles ont pour fonction de représenter des composants physiques et de permettre une lecture aisée des schémas. Pour qu'un logiciel puisse simuler leur fonctionnement il faut leur adjoindre un fichier de comportement. Les composants élémentaires tels les résistances, capacités, bobines, sources,..., ont des comportements généralement connus des simulateurs. Ces composants élémentaires permettent de décrire des composants plus complexes. Ce peut être sous la forme schématique ou de fichiers texte appelés **fichiers Spice**. On peut dans Ltspice créer des fichiers spice de vos schémas.

Lorsque vous créez un symbole ou que vous souhaitez simuler un composant qui n'est pas connu de Ltspice il est bien évident que vous devez renseigner le logiciel sur l'endroit où se trouvent les fichiers comportementaux. La description du chemin menant à vos bibliothèques sera réalisée par la directive **.lib [chemin/ fichier]¹**.

convertir un schéma en fichier Spice utilisable par un symbole.

Avec la méthode des schémas nous ne pouvons utiliser notre symbole que pour des filtres ayant la même topologie.

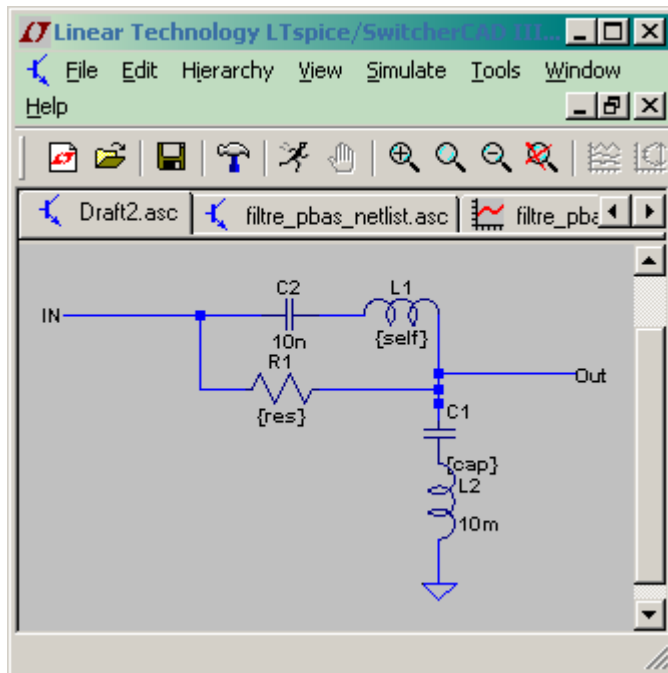


Illustration 7: Exemple d'architecture de filtre.

Une autre solution consiste à convertir notre schéma en fichier Spice et à l'assigner ensuite au symbole. Cela est très facile avec Ltspice. Vous dessinez le schéma dans Ltspice et vous visualisez la Netlist au moyen du menu View > Spice Netlist. Les valeurs paramétrables sont entrées entre crochets.

Netlist du fichier ci-contre

```
R1 IN Out {res}2
C1 Out P001 {cap}
L1 N001 Out {self}
L2 P001 0 10m
C2 IN N001 10n
.backanno
.end
```

Copiez ces lignes dans un fichier spice_geii dans le répertoire

sub/geii de l'arborescence de Ltspice (voir page-13)

¹ Attention vous devez renseigner l'extension du fichier. (sous Windows pensez à faire afficher les extensions)

² Les valeurs entre crochets sont comprises comme des paramètres.

Ajouter les lignes .subckt .params et .ends.

Notre modèle porte le nom de filtregeii2. Il faut à présent dire au simulateur d'utiliser ce modèle.

Utiliser un modèle Spice¹.

Vous pouvez vous procurer les modèles Spice des composants directement sur le site web des Fabricants. Pour les utiliser, procédez comme pour l'exemple page 8.

Pour cela éditez les propriétés du symbole filtre avec un clic droit. Dans le champ **spicemodel** entrez la **lettre X²**.

```

.ends filtregeii1
|
* ===== filtre de test =====
* IN(R1//c2L1)OUT(C1L2)GND

.subckt filtregeii2 IN OUT
R1 IN Out {res}
C1 Out P001 {cap}
L1 N001 Out {self}
L2 P001 0 10m
C2 IN N001 10n
.backanno
.params res=10K cap=100n self=1m
.ends filtregeii2
    
```

Illustration 8: Modèle Spice généré.

Dans le champ **spicemodel** entrez le nom de votre sous circuit. Ici filtregeii2 Puis dans le champ **spiceline** entrez les paramètres Res=10k cap=10n self=10m .Validez

A savoir.

Si vous avez créé un schéma hiérarchique en visualisant la netlist du schéma comportemental de votre bloc vous avez directement la **netlist** sans avoir besoin de modifier le fichier..

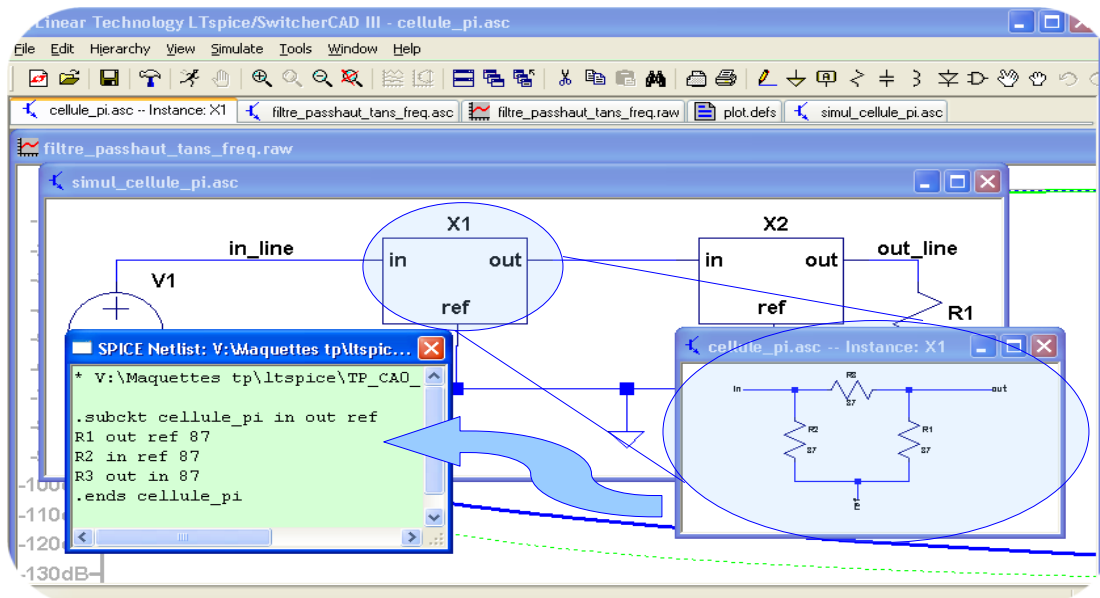
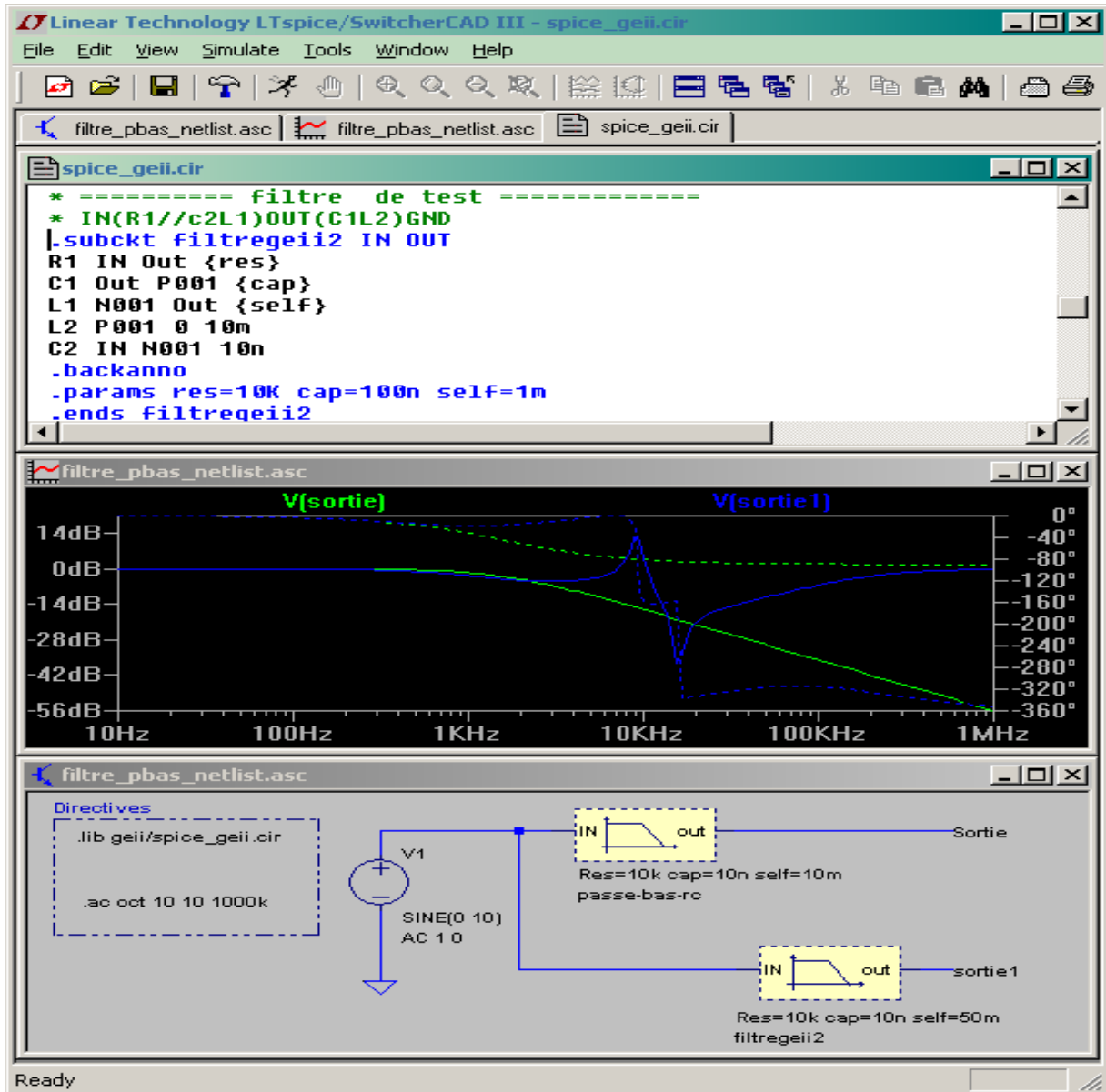


Illustration 9: Netlist dans un schéma hiérarchique

1 SPICE : Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis
 2 Permet de signaler à Ltspice l'utilisation du modèle et non d'un schéma.

Remarquez que les symboles sont à présent colorés. De plus dans notre exemple la même représentation graphique sert à présent à simuler deux modèles différents.

Pensez à ajouter la directive .lib ou .include qui renseignent sur la bibliothèque utilisée.



The screenshot shows the LTspice interface with three main windows:

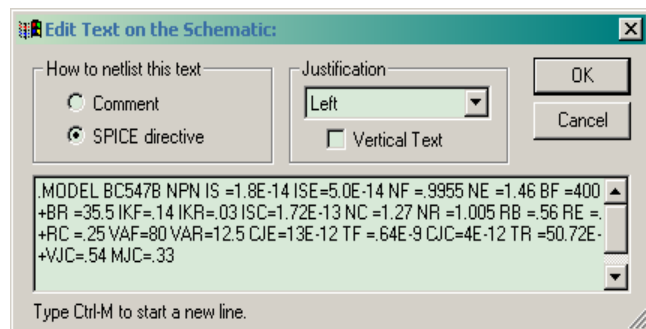
- spice_geii.cir:** Contains the following netlist:


```

      * ===== filtre de test =====
      * IN(R1//c2L1)OUT(C1L2)GND
      [.subckt filtregeii2 IN OUT
      R1 IN Out {res}
      C1 Out P001 {cap}
      L1 N001 Out {self}
      L2 P001 0 10m
      C2 IN N001 10n
      .backanno
      .params res=10K cap=100n self=1m
      .ends filtregeii2
      
```
- filtre_pbas_netlist.asc:** Displays a Bode plot. The left y-axis shows magnitude in dB (from -56dB to 14dB), and the right y-axis shows phase in degrees (from 0° to -360°). The x-axis is frequency in Hz (log scale from 10Hz to 1MHz). Two traces are shown: a solid green line for V(sortie) and a solid blue line for V(sortie1). Dashed lines represent the asymptotic approximations.
- filtre_pbas_netlist.asc:** Shows the schematic diagram. It includes a sine wave source V1 (SINE(0 10) AC 10), a resistor R1 (10k), a capacitor C1 (10n), and two filter models: 'passe-bas-rc' and 'filtregeii2'.

Astuce

On peut inclure les modèles directement sur la feuille d'édition. Cela permet de faire des essais et évite de renseigner la directive .lib. Lorsque votre modèle fonctionne il est fortement conseillé de le placer dans un fichier. Vous évitez ainsi d'encombrer la feuille d'édition.



The 'Edit Text on the Schematic' dialog box is shown with the following settings:

- How to netlist this text: SPICE directive
- Justification: Left
- Vertical Text:

The text area contains the following model definition:

```

MODEL BC547B NPN IS =1.8E-14 ISE=5.0E-14 NF =.9955 NE =1.46 BF =400
+BR =35.5 IKF=.14 IKR=.03 ISC=1.72E-13 NC =1.27 NR =1.005 RB =.56 RE =.
+RC =.25 VAF=80 VAR=12.5 CJE=13E-12 TF =.64E-9 CJC=4E-12 TR =50.72E-
+VJC= .54 MJC=.33
  
```

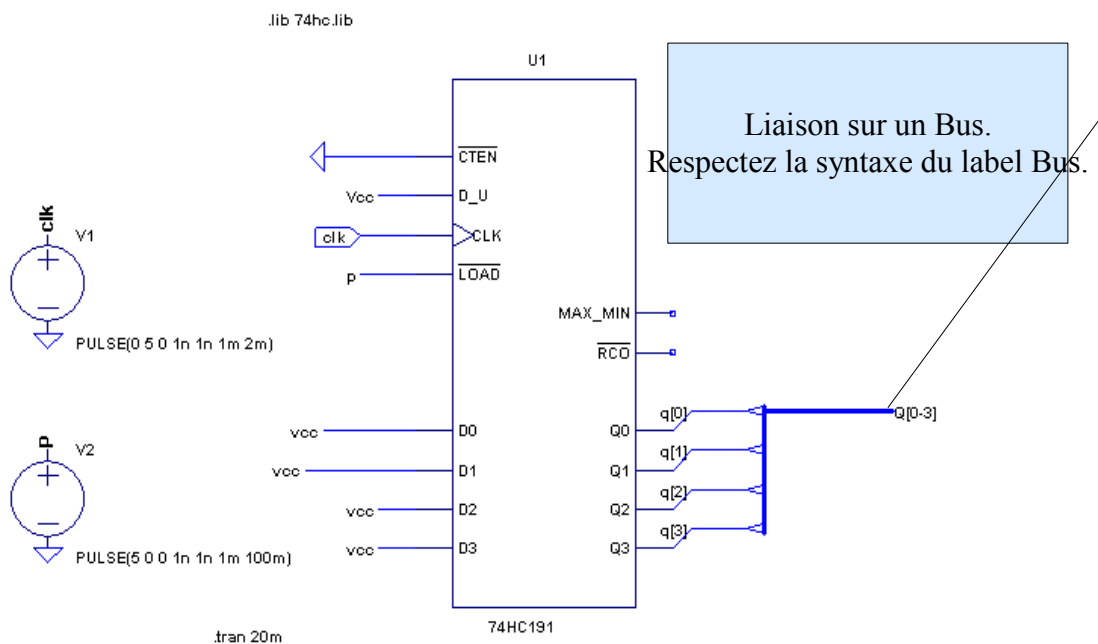
Simulation des circuits logiques

Vous pouvez récupérer dans le groupe de travail de Yahoo les bibliothèques 74HC qui vous permettront de simuler des circuits logiques. Cette ressource comprend les modèles mais aussi les représentations schématisques. Placez les bibliothèques dans l'arborescence LTSPICE. N'oubliez pas de spécifier le nom de la bibliothèque sur votre schéma par la directive .lib ou .include.

Pour la visualisation des signaux vous devrez utiliser un composant Dview sinon le système interprète les signaux comme analogiques et non numériques. Pensez à ajouter la directive .lib dview.lib

Création d'un Bus.

Il peut être intéressant pour une question de simplification schématique de définir un Bus. La syntaxe du label Bus est : Nom_bus[0-n] Pour se raccorder à un bus il faut utiliser un composant Tap (Menu : Edit > Place Bus Tap). On peut utiliser les Bus lors de la création d'un symbole hiérarchique.



Les directives Spice

Nous avons vu que l'on pouvait placer des commandes qui donnent au simulateur un certain nombre d'informations. Les directives **.lib**, **.include** font parti de ces commandes, elles renseignent le système sur l'emplacement de certains fichiers. D'autres directives existent nous allons nous intéresser à certaines d'entre elles.

.param

Cette directive permet de définir un paramètre que vous pourrez utiliser ensuite dans le schéma. La syntaxe est simple.

.param freq=10 Cette directive définit un paramètre freq et lui affecte la valeur 10. Vous pouvez utiliser cette variable pour des symboles en l'entourant des crochets. **{freq}** Nous avons déjà vu cette syntaxe à la page 17.

On peut définir des tableaux synchronisé. Explication :

On veut simuler un montage pour différents couple de résistance et de capacité.

[(R1,C1);(R2,C2).....(Rn ,Cn)]

On commence par définir le nombre de simulation

.step param N list 1 2 3 4 4 simulation pour chaque valeur de N

Puis on définit les tableaux

.param resistance= table(N, 1,10k , 2,20k , 3,40k , 4,100k)

.param capacite= table(N, 1,10n , 2,15n , 3,22n , 4,1u)

Le système va donc faire 4 simulations avec les 4 couples RC

.step

Cette directive permet de renouveler une simulation autant de fois que désirée. Elle comporte des variantes.

.step param Freq' LIST 5k 10k 15K Cet exemple impose trois simulations à des fréquences différentes. On peut ajouter d'autres valeurs à la suite (*Voir: Exemple de directives Params et Step*)

.step param Freq 5k 10k 2K Ici le paramètre list a disparu nous obtiendrons des simulations pour une fréquence comprise entre 5Khz et 10Khz par pas de 2Khz.

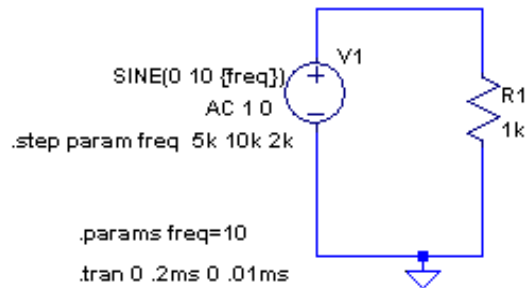
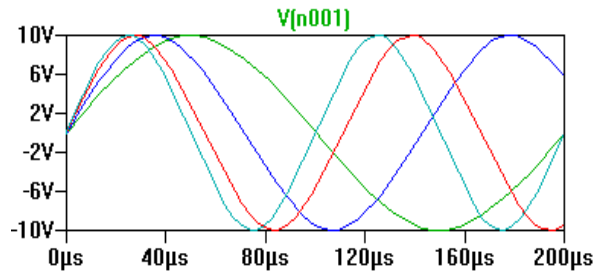


Illustration 11: Exemple de directives Params et Step

1 La casse n'est pas importante. Freq =freq.

Utiliser la directive .meas.

La directive .meas permet d'effectuer des opérations sur le tableau de résultats de la simulation. Les résultats se retrouvent dans le fichiers spice errorlogs *view> spice errorlogs*

Ex: *.measure vmax max mag(V(out))* donne la valeur du maximum de la tension au nœud **out**.

Il est possible de sauvegarder ces commandes dans un fichier que l'on pourra exécuter à volonté avec : *File > execute .MEAS script¹*.

La directive **.Meas** permet d'afficher la bande passante d'un filtre par exemple (*Voir Documentation Ltspice.: résultat dans le fichier error.log*) ou le temps de montée d'un signal.

Utiliser la directive .func

Cette directive permet de définir une fonction. On peut ensuite utiliser cette fonction dans le calcul des éléments. **Exemple: calcul de cap1 avec la fonction cap_cal(x,y)**

*.func cap_cal(x,y) { 1/(2*x*y*F0)}*

.param cap1 = {cap_cal(pi,res)}

```

RLCP.meas
;Fichier de mesure à lancer avec la commande File > execute .meas
;
;Bande passante
.measure vmax max mag(V(out))
.measure Flow when mag(V(out))=vmax/sqrt(2)
.measure Fhigh when mag(V(out))=vmax/sqrt(2) fall=1
.measure bw param Fhigh-Flow
.measure bw_d param 10*((Fhigh-Flow)/20)

;Autre méthode
; Trouve le Max de v(out)
.MEAS AC tmp max mag(V(out))
; donne la valeur pour vmax/racine de 2
;BW passe Bas
.MEAS AC B_p_passebas trig mag(V(out))=tmp/sqrt(2) rise=1
;BW passe Haut
.MEAS AC B_p_passeHaut targ mag(V(out))=tmp/sqrt(2) fall=last
;BW passe bande
.MEAS AC B_p_passebas trig mag(V(out))=tmp/sqrt(2) rise=1
+ targ mag(V(out))=tmp/sqrt(2) fall=last
    
```

```

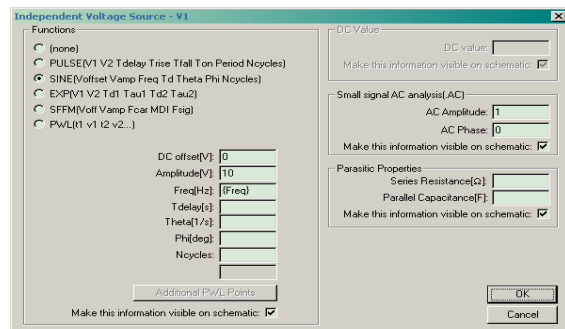
plot.defs
* File: C:\Program Files\LTC\SwCADIII\plot.
*
* Define parameters and functions that you
* data plots in this file with .param and .
.func TD(x)=-ph(x)/(360*Frequency)
    
```

Ces fonctions peuvent être sauvegardées dans le fichier **Plot.defs** (Plots settings > Edit Plot.defs) Puis utilisées pour tracer des courbes. Dans l'exemple de gauche **TD(v(out))** tracera dans la fenêtre graphique le retard en fonction de la fréquence . (Faire Add trace et donner **TD(v(out))**).

Exemple d'utilisation des directives

Voici un exemple d'utilisation des directives

Dans l'exemple Illustration 13 nous avons configuré une source de tension sinusoïdale en renseignant son champ fréquence par la variable {freq} Nous insérons ensuite une directive **.params** pour définir la variable **Freq** et la directive **.step** pour demander des simulations comprises entre 5Khz et 10Khz par pas de 2Khz.



¹ Penser à sélectionner la fenêtre de trace le fichier n'est actif que sur cette fenêtre.

Présentation des résultats

La présentation des résultats est très performante dans Ltspice. Reportez vous à l'exemple du LM 311 Page Erreur : source de la référence non trouvée

Mesures & curseurs Visualisation des résultats.

Vous pouvez visualiser en direct toutes les valeurs du graphique en déplaçant simplement votre souris sur les courbes. Relevez les valeurs en bas de l'écran. **Un clic sur le nom** du signal affecte immédiatement un curseur à la courbe.

Vous pouvez placer deux curseurs en cliquant droit sur le nom de la courbe et en choisissant 2 curseurs. La nouvelle fenêtre qui apparaît vous donne les différentes valeurs en X, Y, et différence (X,Y) vous obtenez également la pente $(X_2 - X_1) / (Y_2 - Y_1)$.

On peut également faire des mesures entre deux courbes (ex : retard) en plaçant le curseur 1 sur un signal et le 2 sur l'autre.

Dans une simulation multiple on peut passer le curseur sur les différentes courbes en utilisant les flèches du clavier. *Un clic droit sur le curseur donne les informations des paramètres de l'analyse.*

Mesure de puissance instantanée dans un composant.

Très facile. Appuyez la touche Alt et cliquez gauche avec la souris sur le composant désiré. (*Attention pas en analyse AC !*)

Tracer une tension différentielle

Il est possible de tracer des signaux en ayant une autre référence que la masse. Cliquez en un point du circuit puis déplacez la sonde vers l'autre point en maintenant le bouton de la souris appuyé. On peut changer la référence cliquant droit sur un fil et choisissez « Mark référence » (Un curseur noir apparaît et reste actif jusqu'à une nouvelle simulation.

Tracer une expression mathématique

Menu Plot settings >Add traces. Sélectionnez vos signaux et ajoutez les opérateurs mathématiques. La fonction est composée dans le bas de la boîte de dialogue. Validez.

Exs: $d(V(out))$ trace la dérivée de la tension du nœud Out. $V(Ur_1)*I(R1)$ trace la puissance dans R1. Une liste des fonctions les plus courantes est disponible en Annexe. (Page-28)

Changer les échelles

Changer l'échelle d'un axe est simple. Déplacez vous sur un axe et une mini règle apparaît. Cliquez gauche. Une fenêtre de configuration s'ouvre. Rentrez vos limites et validez. (Fonction utile pour comparer deux courbes)

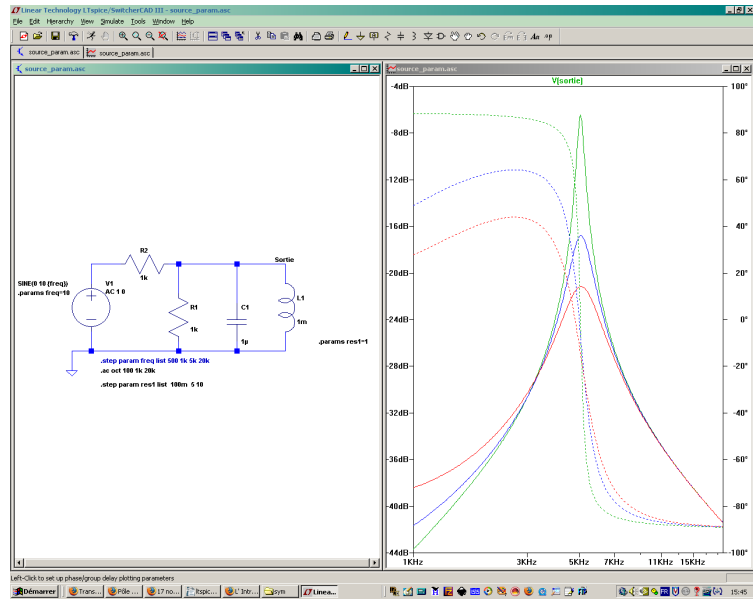
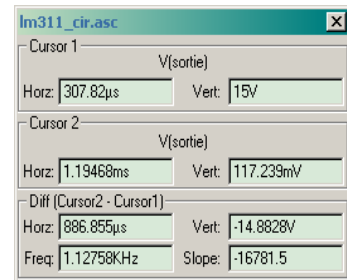


Illustration 14: Utiliser les curseurs



Créer un nouveaux repères

Clic droit sur la fenêtre de graphiques et dans le menu choisissez « Add plot planes ».

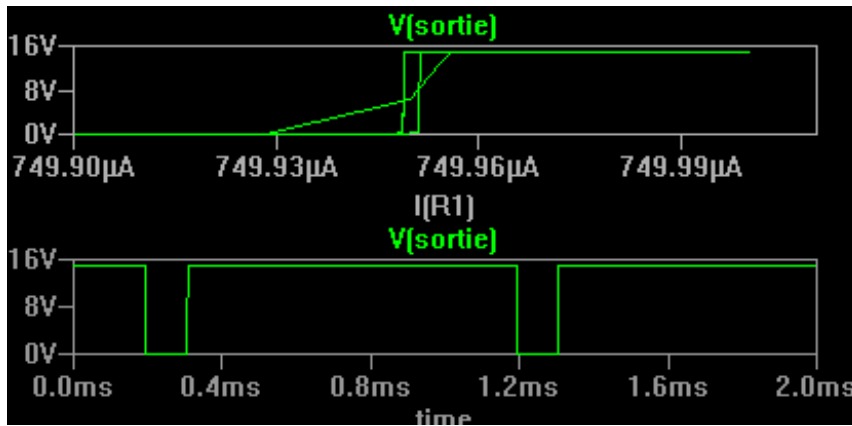


Illustration 15: Changement axe des X

Désynchronisez les axes horizontaux.

Par défaut, tout nouveau graphique adopte comme unité en abscisse l'unité du premier graphique.

On peut désynchroniser les axes en cliquant droit sur la fenêtre de graphiques et en décochant « Desyn. Horiz. Axes ». Il est à présent possible de tracer n'importe quel signal,

tension ou courant, en fonction d'un autre.

Changer l'axe des X.

En simulation temporelle vous pouvez tracer n'importe quelle tension ou courant en fonction d'un autre. Procédez comme pour changer l'échelle des axes.(voir 23) mais au lieu de changer les valeurs modifiez le nom de l'axe. Vous obtenez sur le bord gauche du bas de la fenêtre le nom d'un noeud en déplaçant la souris sur un point du circuit.

Par exemple $I(R1)$ (voir - Illustration 15: Changement axe des X)

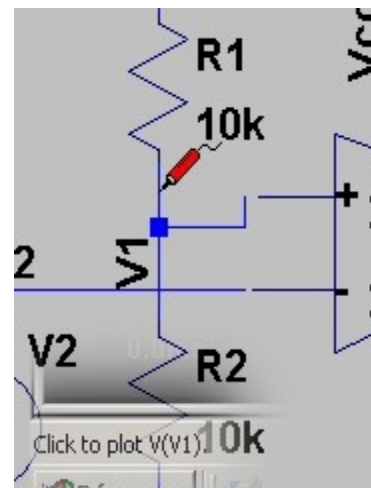


Illustration 16: Sonde de tension

Sauvegarder vos courbes

Activez la fenêtre des traces. Menu Plot settings > Save plot settings

A écrire ...

Exemples

Création du circuit LM311.

Nous allons dans cet exemple utiliser un Comparateur LM311. Qui ne se trouve pas dans les bibliothèques Ltspice.

Le symbole

Tout d'abord nous allons construire une représentation graphique du LM311 et l'enregistrer dans une de nos bibliothèques. Notez lors de la création, les numéros des nœuds. Ils vous serviront pour la correspondance au modèle.

Les propriétés

Chaque élément dans Spice à une lettre de référence V (source de tension) I: courant R: résistance ... Vous trouverez la liste des éléments dans l'aide.

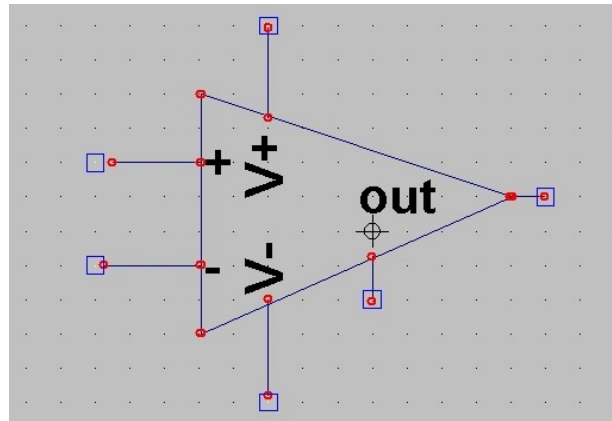


Illustration 17: Symbole créé dans Ltspice

X désigne un composant faisant référence à un modèle spice **Subcircuit** Si vous renseignez l'attribut **Modelfile** dans l'éditeur de symbole avec le nom de votre fichier de modèles, alors vous aurez la liste des modèles disponibles dans le fichier qui apparaît sous forme de liste lors de l'utilisation du symbole (voir la diode en exemple).



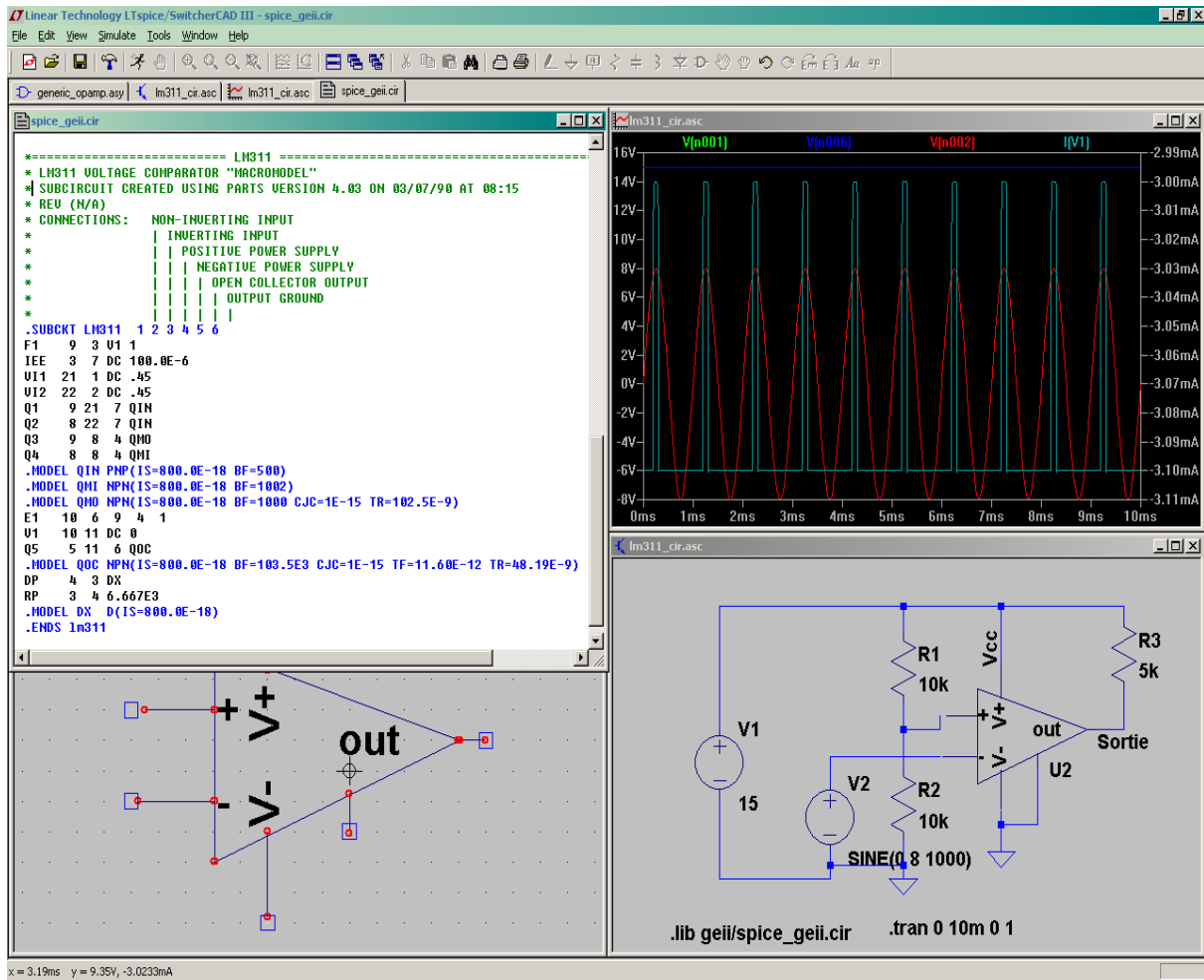
Remarque importante: Si vous ne renseignez pas le champ **préfix** le modèle utilisé sera par défaut un schéma portant le même nom que votre symbole

Donnez la propriété X au **préfixe** et LM311 au champ **Value**.

Ajoutez la propriété <Instance Name> **Edit Attributes>attribut window** pour que votre symbole soit numéroté automatiquement . Puis enregistrez votre œuvre.

Schématique

Ouvrez un nouveau schéma et réalisez le montage suivant. Placez le LM311, un pont diviseur sur l'entrée +, un générateur sur l'entrée moins et un autre pour l'alimentation du circuit. Configurez V2 en sinusoïdale freq:100 hz 8volts et V1 en tension fixe 15 Volts. Entrez la directive Spice .lib pour donner le chemin de la bibliothèque.




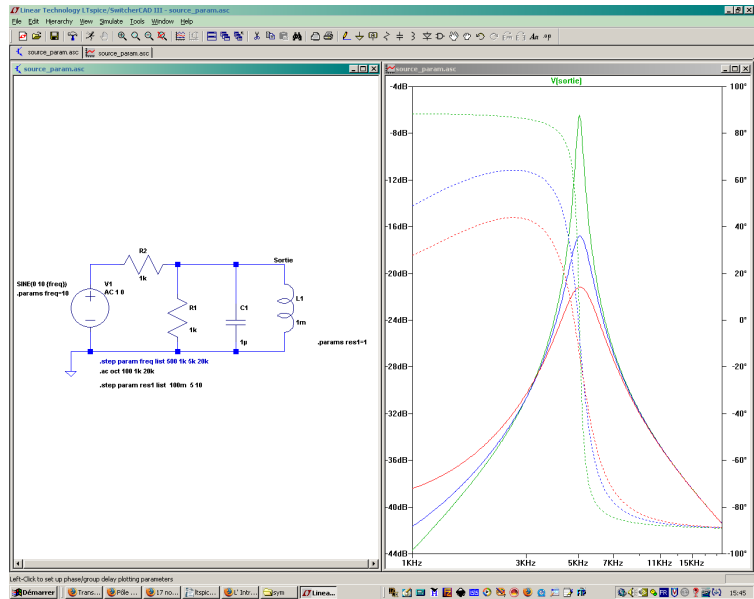
Simulation

Lancez la simulation et visualisez vos résultats. (Voir - Mesures & curseurs Visualisation des résultats.)

Utilisation des directives .step

On peut utiliser les directives .step pour réaliser toutes sortes de simulations où il est nécessaire de faire varier un paramètre entre chaque simulation. Ci-contre on réalise une simulation pour trois valeurs différentes de Res¹.

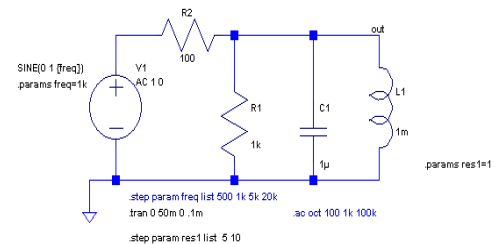
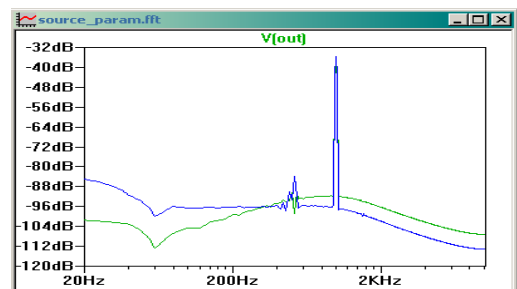
Vous pouvez ensuite choisir de ne visualiser qu'une seule courbe avec la fonction **select**  Select Steps **steps**.



Transformée de Fourier (FFT)

Ltspice peut réaliser une transformée de Fourier et visualiser le spectre du signal sur un noeud. Dans la fenêtre de visualisation des traces cliquez sur le bouton droit de la souris. Choisissez FFT.

Une nouvelle fenêtre apparaît vous demandant le signal à visualiser. Dans notre exemple nous avons configuré la source pour délivrer un signal sinusoïdale Utilisez les curseurs² pour mesurer la raie et vérifier que la fréquence de la source est de 1kHz.



1 Résistance série de la self. (10⁻³ ohm par défaut)
 2 (Voir Illustration 14: Utiliser les curseurs)

Annexes

Liens Utiles

Nom du liens	Mots clefs
Site de Linear Technologie	Ltspice,Models, ...
Notice en Anglais.	http://ltspice.linear.com/software/scad3.pdf
National semiconducteur	LM311 spice
Groupe Ltspice	Nécessite un enregistrement

Tableau 1: Liens utiles

Unités SI (Système International)

Attention M correspond à milli et non à Méga.

Suffixe	Exposant
T	1e12
G	1e9
Meg	1e6
K	1e3
M ou m	1e-3
u ou μ	1e-6
n	1e-9
p	1e-12
f	1e-15

Listes des fonctions

Voici une liste restreinte des fonctions utilisables dans LTSPICE.

- - pour ajouter ou soustraire
- * pour multiplier deux valeurs
- ** pour élever en exposant (**2 = au carré)
- Time, Pi, Frequency ..

Nom	Fonction
abs(x)	Valeur absolue
Cos(x), sin(x), tan(x),	Fonctions trigonométriques
acos(x), asin(x), atan(x)
acosh(x), asinh(x), atanh(x)
exp(x), log(x), ln(x), log10(x)	fonctions logarithmiques
sqrt(x)	Carré
D(signal)	Dérivée de signal

Tableau 2: Fonctions mathématiques La suite dans l'aide Ltspice.



GEII BRIVE – IUT du LIMOUSIN
Pôle Universitaire de Brive (PUB)

Département Génie Électrique et Informatique Industrielle de Brive
7 rue Jules Vallès 19100 Brive
[Http://www.brive.unilim.fr](http://www.brive.unilim.fr)

