

Colloque Pédagogique National GEII Montpellier 2006

Commission 1 : Comment faire apprendre l'électronique ?

Le logiciel de simulation Spice SwitcherCAD

*Un outil simple et efficace pour
l'apprentissage de l'électronique analogique*

Stéphane POUJOLY



- 1** *Le logiciel SwitcherCAD :
Ses atouts pour l'apprentissage de l'électronique*
- 2** *Un premier exemple en étude & réalisation :
Analyseur de spectre audio*
- 3** *Un second exemple pour l'étude
des boucles à verrouillage de phase*
- 4** *Un outil intéressant pour l'analyse des signaux*
- 5** *Pour aller un peu plus loin :
Utilisation dans l'enseignement des télécoms*

- ▶ **Logiciel en téléchargement gratuit sur le site du constructeur**



<http://www.linear.com>



- ▶ **Aucune limitation du nombre de composants et nœuds associés**

- ▶ **Ajout de composants et bibliothèques supplémentaires possible**

- ▶ **Prise en main très simple pour nos étudiants**

Une séance de 3h (S1 ou S2) permet de balayer les principaux types d'analyses Continue, Harmonique et Temporelle

- ▶ **Fonctionnalités très intéressantes**

- Un bloc « modulate » permet de simuler un VCO sinusoïdal entièrement configurable
- Tracé du diagramme de l'œil avec une simple directive spice (.baudrate)
- Import et Export des fichiers au format WAV

- ▶ **De nombreux exemples didactiques**

Répertoire : C:/Program Files/ LTC/SwCADIII/Examples/Educational

Cours Illustration du fonctionnement d'un montage électronique

TD Outil d'auto vérification dans les TD pour nos étudiants

E&R Vérification du dimensionnement des montages électroniques pour les séances d'études et réalisation

TP Complément pour des séances de travaux pratiques

Projet Échange facile entre l'enseignant et les étudiants pour du tutorat (un seul fichier au format .asc)

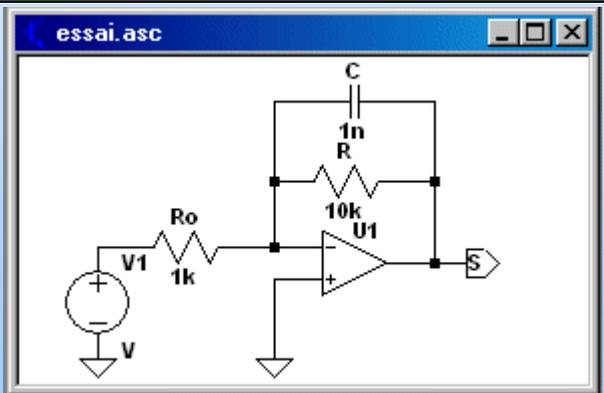
S1 Découverte et prise en main du logiciel
Utilisation des principaux types d'analyse (DC, AC, Transient)

S2 Analyse Paramétrique
Autonomie dans le choix du type d'analyse et dans la configuration
Analyse FFT : première découverte d'un outil d'analyse fréquentielle

S3 Analyse FFT : compléments Analyse Noise

S4 Utilisation Quasi Autonome

1 Premier tour d'horizon



- ▶ Saisir le schéma sur la grille de travail
- ▶ Configurer la(les) source(s) en fonction du type d'analyse
- ▶ Configurer le type d'analyse (DC, AC ou transient)
- ▶ Lancer la simulation et observer le résultat

Edit Simulation Command

Transient | AC Analysis | DC sweep | Noise | DC Transfer | DC op pnt

Perform a non-linear, time-domain simulation.

Stop Time:

Time to Start Saving Data:

Maximum Timestep:

Start external DC supply voltages at 0V:

Stop simulating if steady state is detected:

Don't reset T=0 when steady state is detected:

Step the load current source:

Skip Initial operating point solution:

Syntax: .tran <Tstop> [<option> [<option>] ...]

OK Cancel

Independent Voltage Source - V1

Functions:

- (none)
- PULSE(V1 V2 Tdelay Trise Tfall Ton Period Ncycles)
- SINE(Voffset Vamp Freq Td Theta Phi Ncycles)
- EXP(V1 V2 Td1 Tau1 Td2 Tau2)
- SFFM(Voff Vamp Fcar MDI Fsig)
- PWL(t1 v1 t2 v2...)

Param1:

Param2:

Param3:

Param4:

Param5:

Param6:

Param7:

Param8:

Additional PWL Points

Make this information visible on schematic:

DC Value

DC value:

Make this information visible on schematic:

Small signal AC analysis(.AC)

AC Amplitude:

AC Phase:

Make this information visible on schematic:

Parasitic Properties

Series Resistance[Ω]:

Parallel Capacitance[F]:

Make this information visible on schematic:

OK Cancel

1

*Le logiciel SwitcherCAD :
Ses atouts pour l'apprentissage de l'électronique*

2

***Un premier exemple en étude & réalisation :
Analyseur de spectre audio***

3

*Un second exemple pour l'étude
des boucles à verrouillage de phase*

4

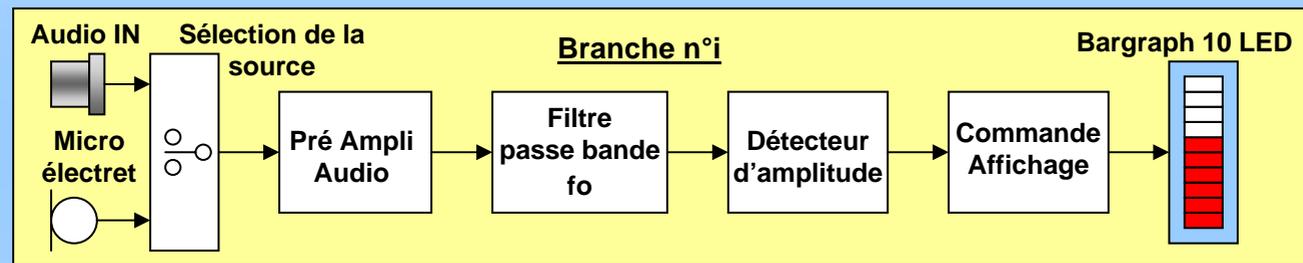
Un outil intéressant pour l'analyse des signaux

5

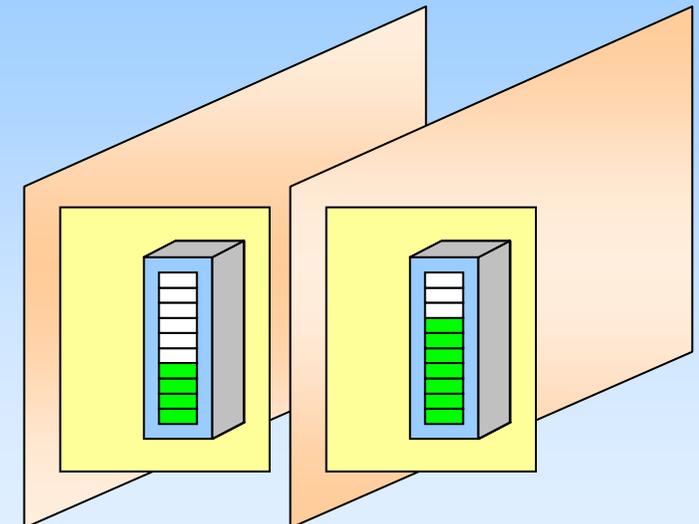
*Pour aller un peu plus loin :
Utilisation dans l'enseignement des télécoms*

Format de la séquence pédagogique

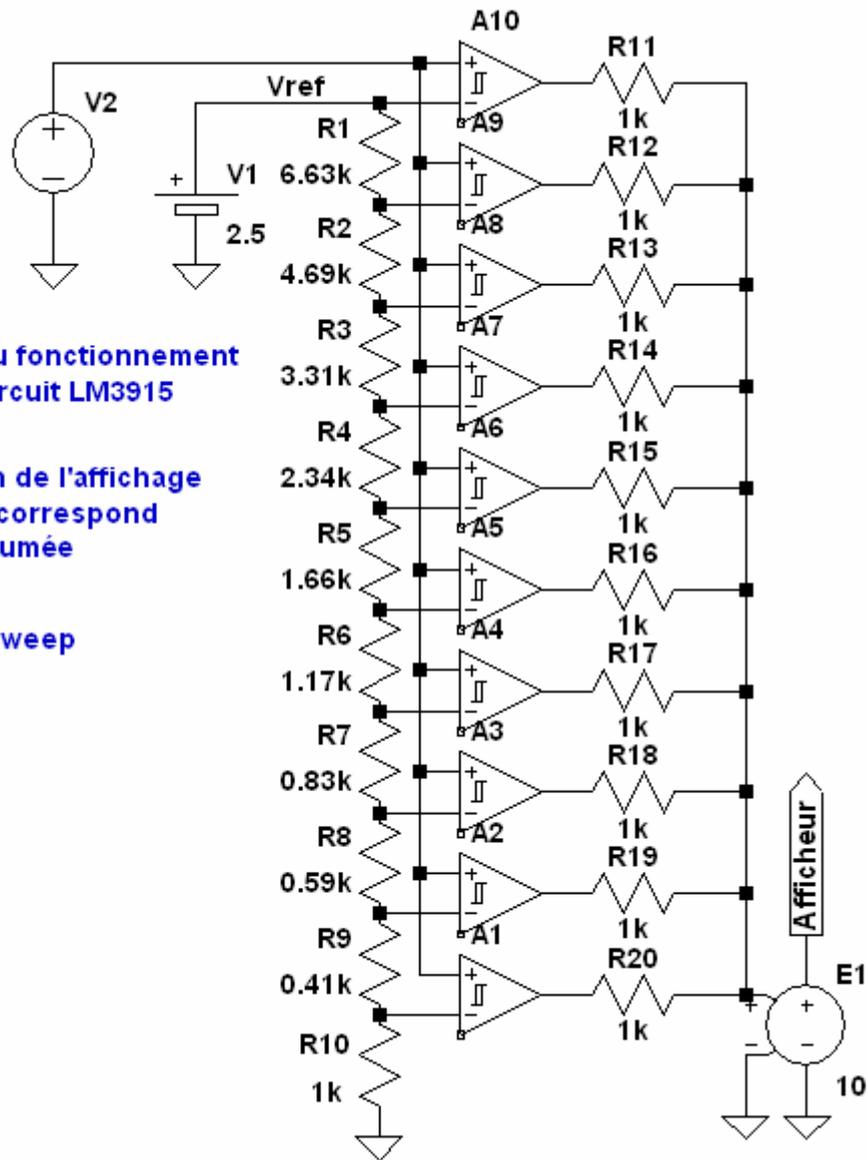
- ▶ Positionnement : milieu du Semestre 2
- ▶ 3 séances de « Bureau d'étude » avec simulation sur PC / Travail à domicile
- ▶ 5 1/2 journée (4h) consécutives pour la réalisation de l'analyseur

Schéma synoptique (pour une branche de l'analyseur)**Travail demandé**

- ▶ Chaque binôme d'étudiants réalise une branche
- ▶ Étude et ou conception des fonctions électroniques
- ▶ Dimensionnement et vérification avec SwitcherCAD
- ▶ Objectif collectif : Réalisation des 10 branches



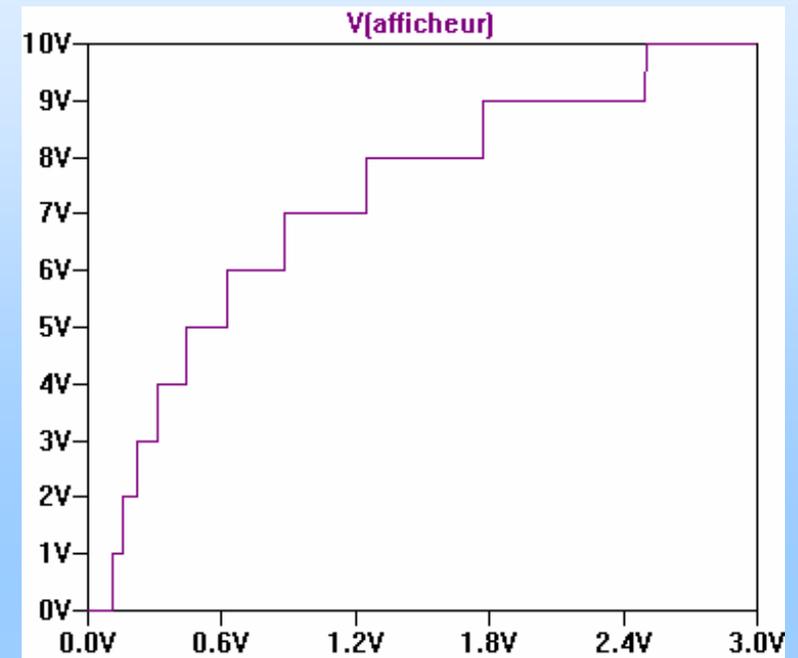
2 Le circuit d'affichage : analyse DC Sweep



Simulation du fonctionnement interne du circuit LM3915

Simplification de l'affichage 1V en sortie correspond à une LED allumée

Analyse DC Sweep
.dc V2 0 3 1m



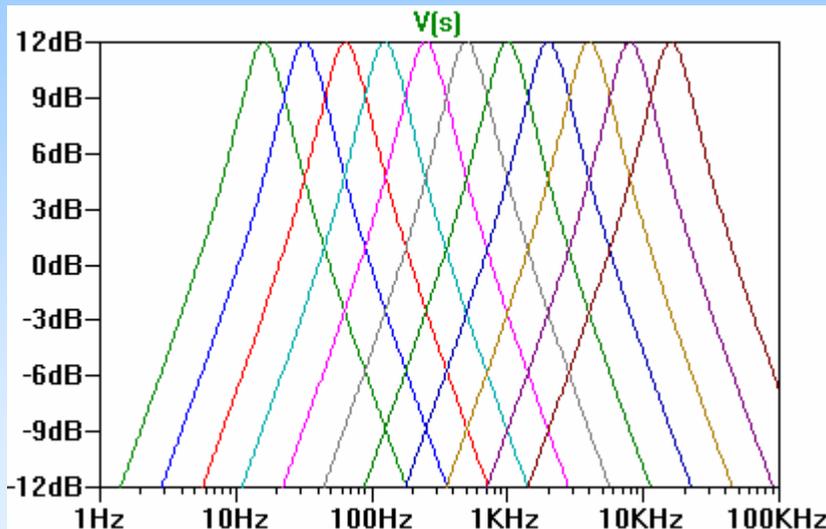
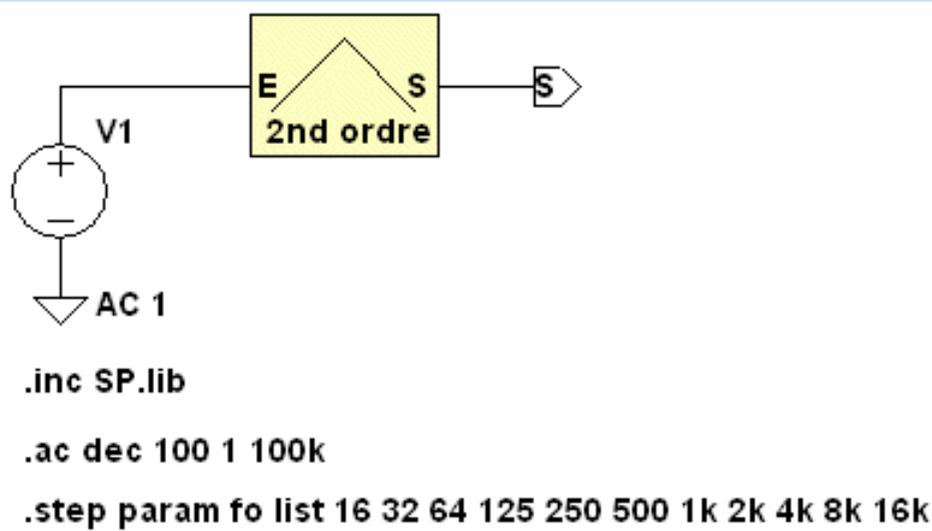
Il n'existe pas de modèle du circuit LM3915 mais une simulation simplifiée est possible

Étude d'une documentation constructeur et exploitation du schéma synoptique interne

2 Le filtre d'analyse : Analyse AC

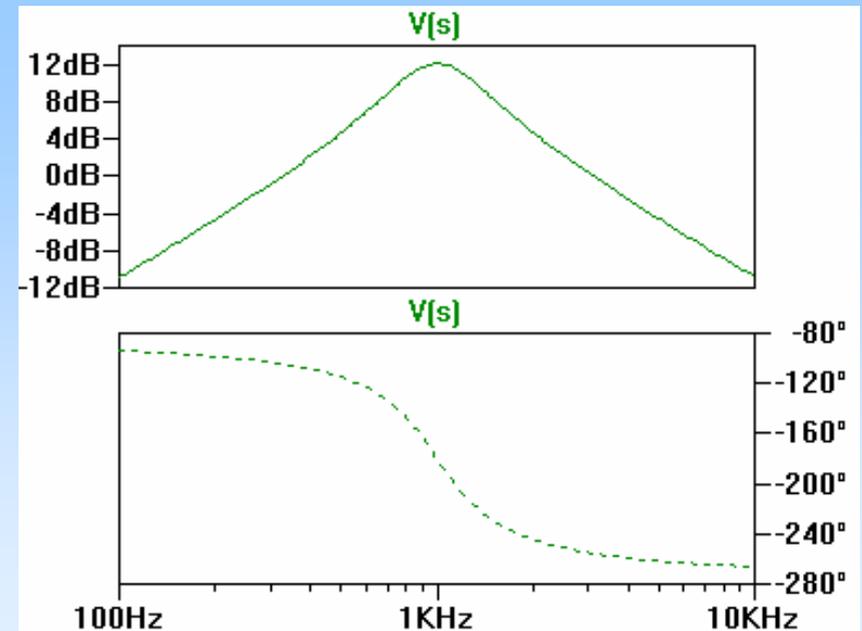
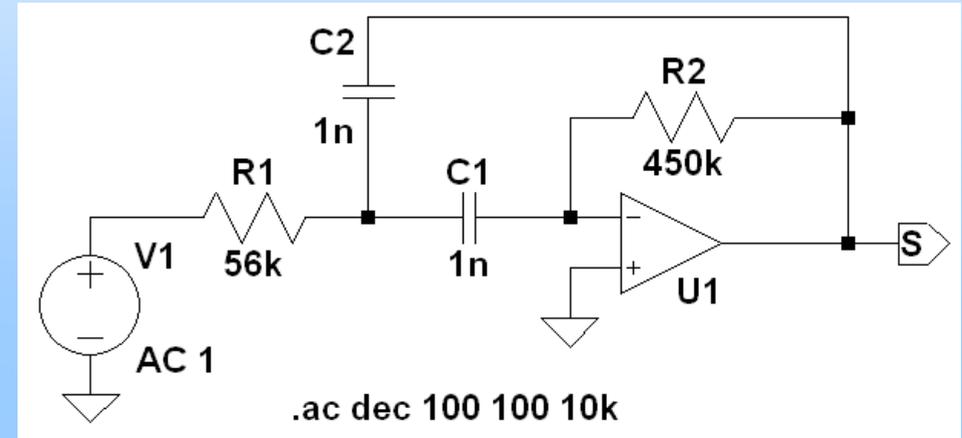
Analyse paramétrique

Mise en évidence du recouvrement des bandes avec $Q = \sqrt{2}$



Analyse AC

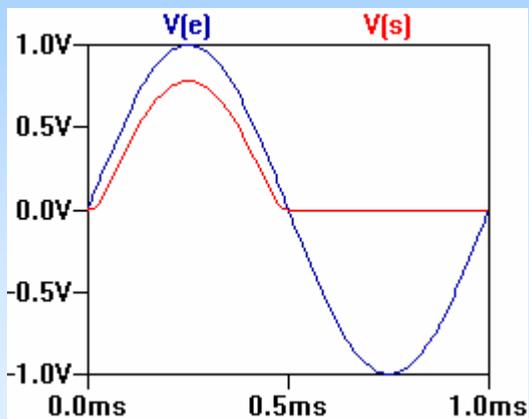
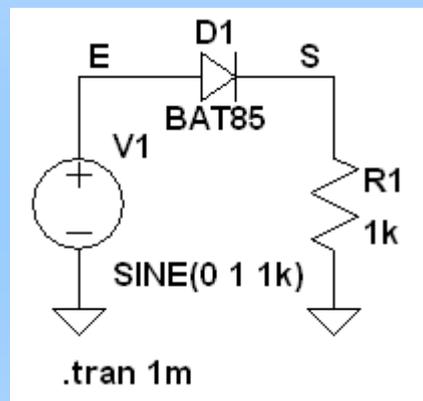
Vérification du dimensionnement du filtre passe bande



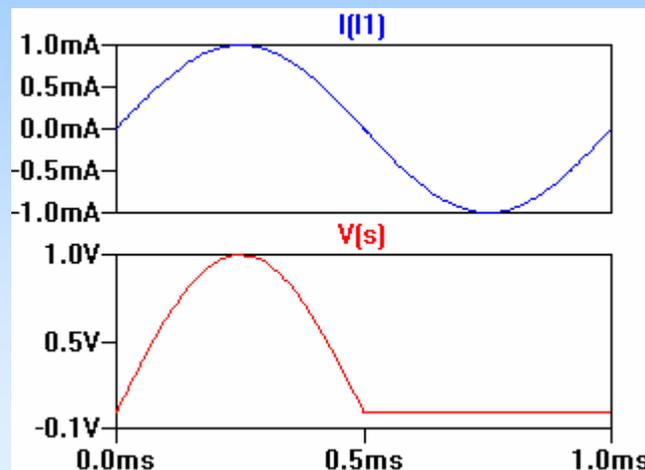
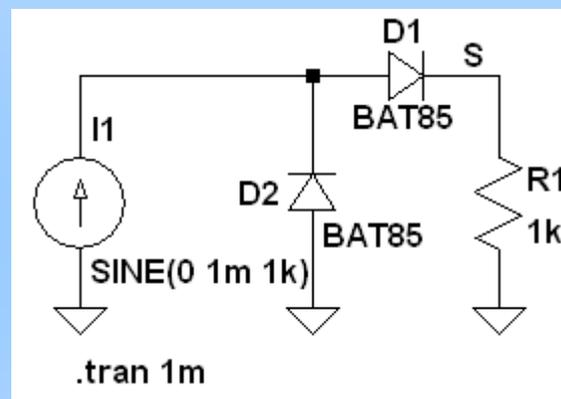
2 Le redresseur sans seuil : Analyse « transient »

Pour amener l'étudiant à comprendre le schéma d'un redresseur sans seuil à ampli op

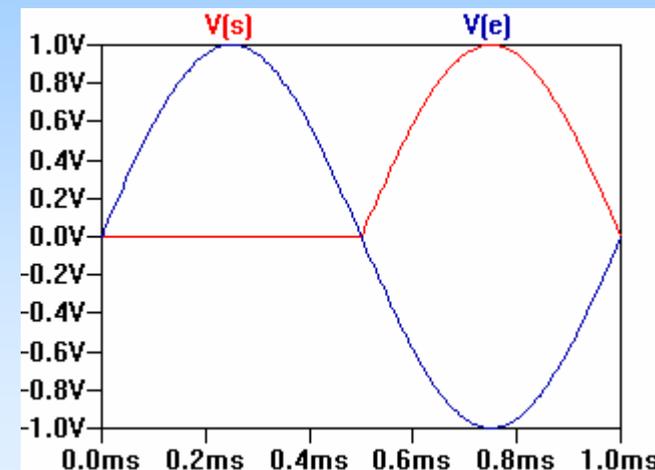
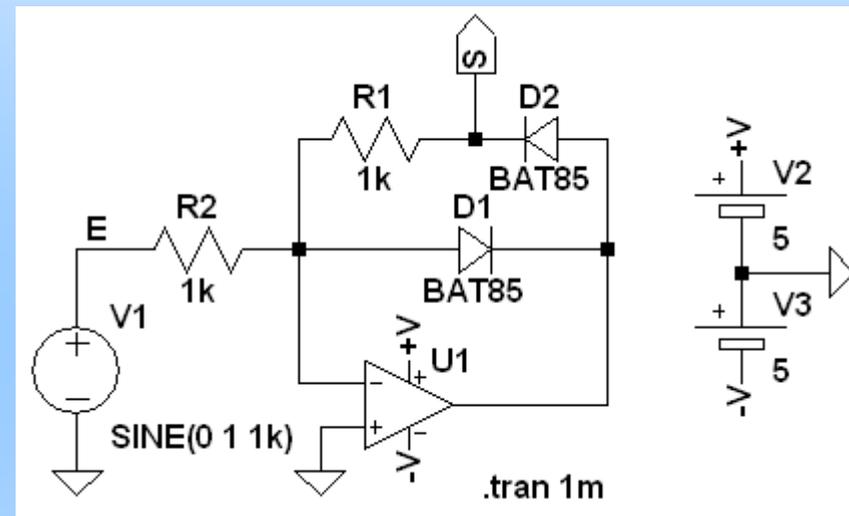
Une version basique :
Mise en évidence de la tension seuil de la diode



Une version améliorée :
On opte pour un générateur de courant de courant



La version finale :
Un générateur de courant = 1 Aop + 1 résistance



1

*Le logiciel SwitcherCAD :
Ses atouts pour l'apprentissage de l'électronique*

2

*Un premier exemple en étude & réalisation :
Analyseur de spectre audio*

3

***Un second exemple pour l'étude
des boucles à verrouillage de phase***

4

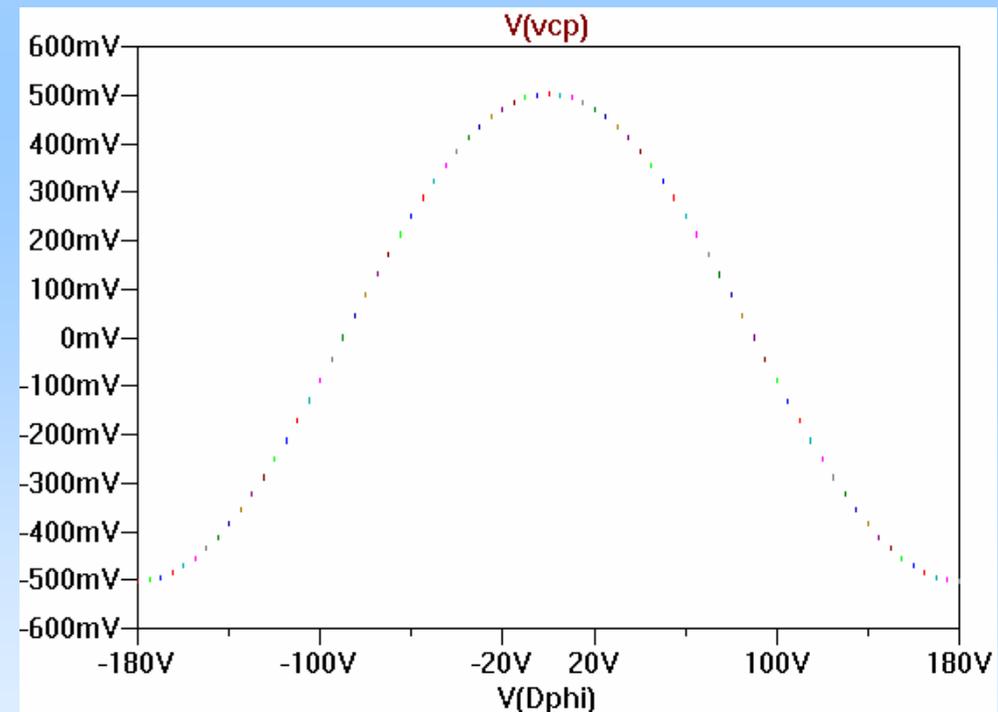
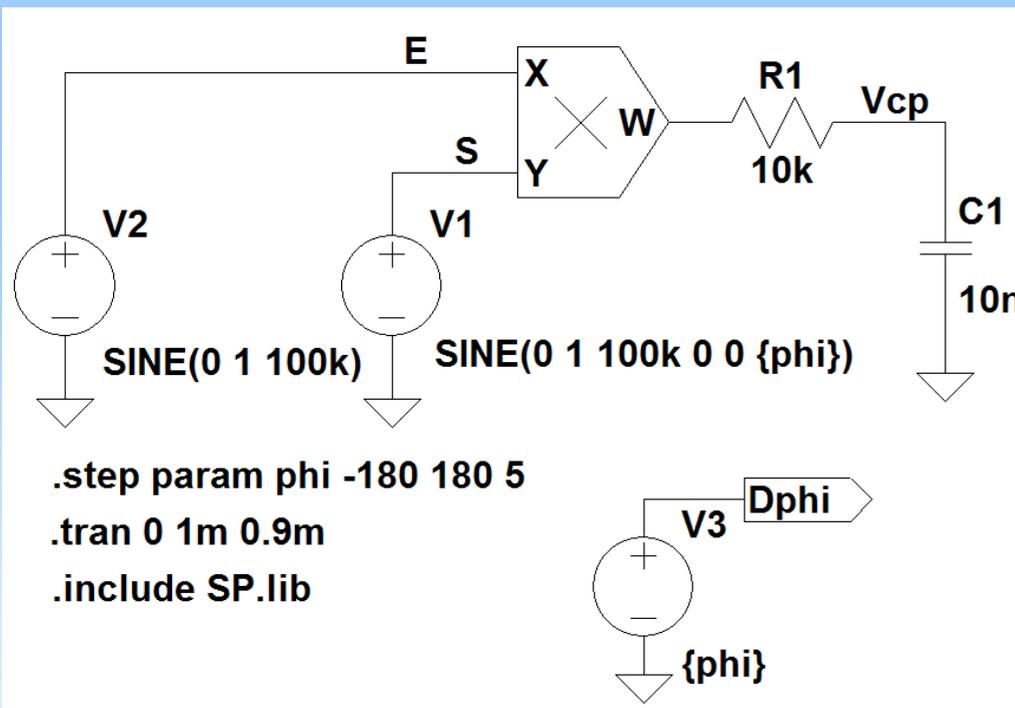
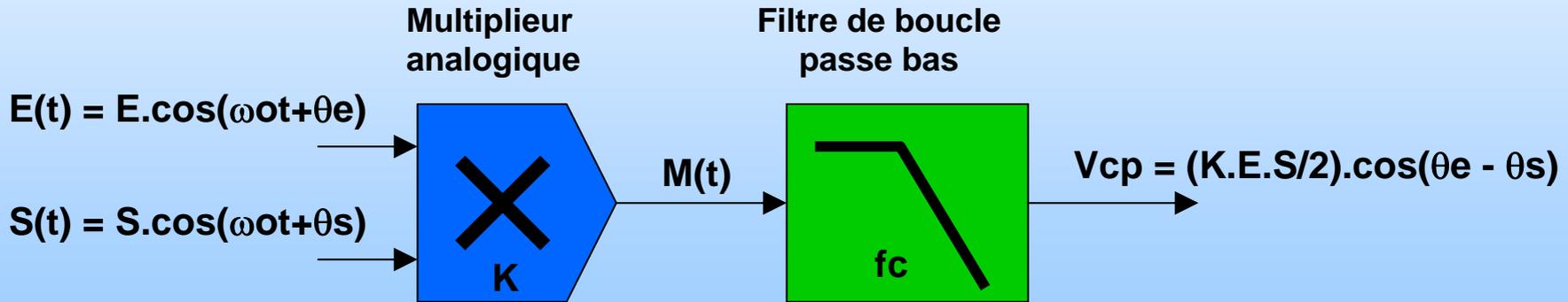
Un outil intéressant pour l'analyse des signaux

5

*Pour aller un peu plus loin :
Utilisation dans l'enseignement des télécoms*

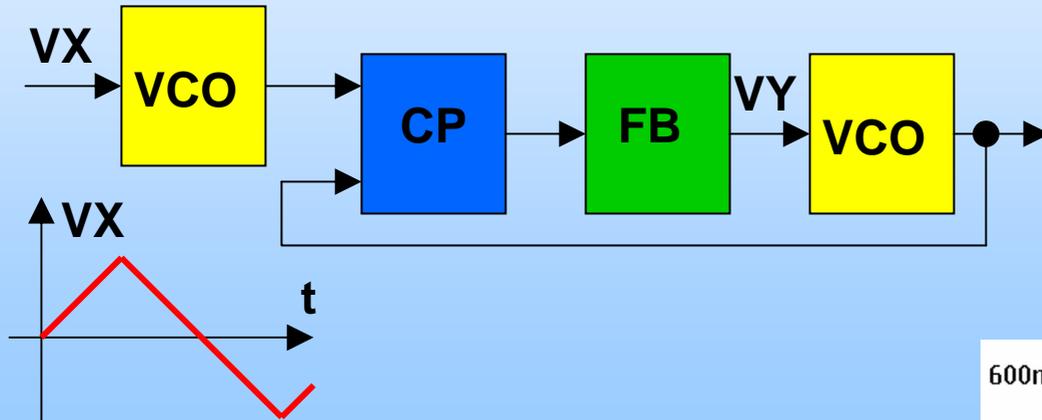
3 Étude d'une boucle à verrouillage de phase

Caractérisation d'un comparateur de phase analogique



3 Étude d'une boucle à verrouillage de phase

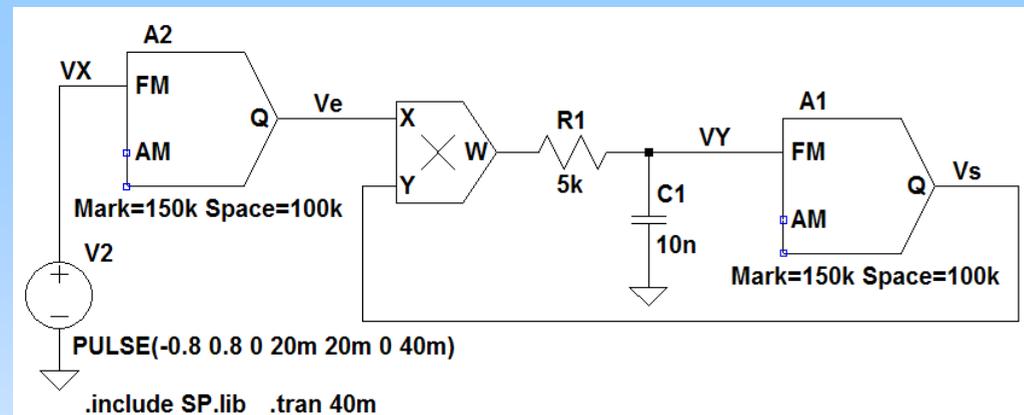
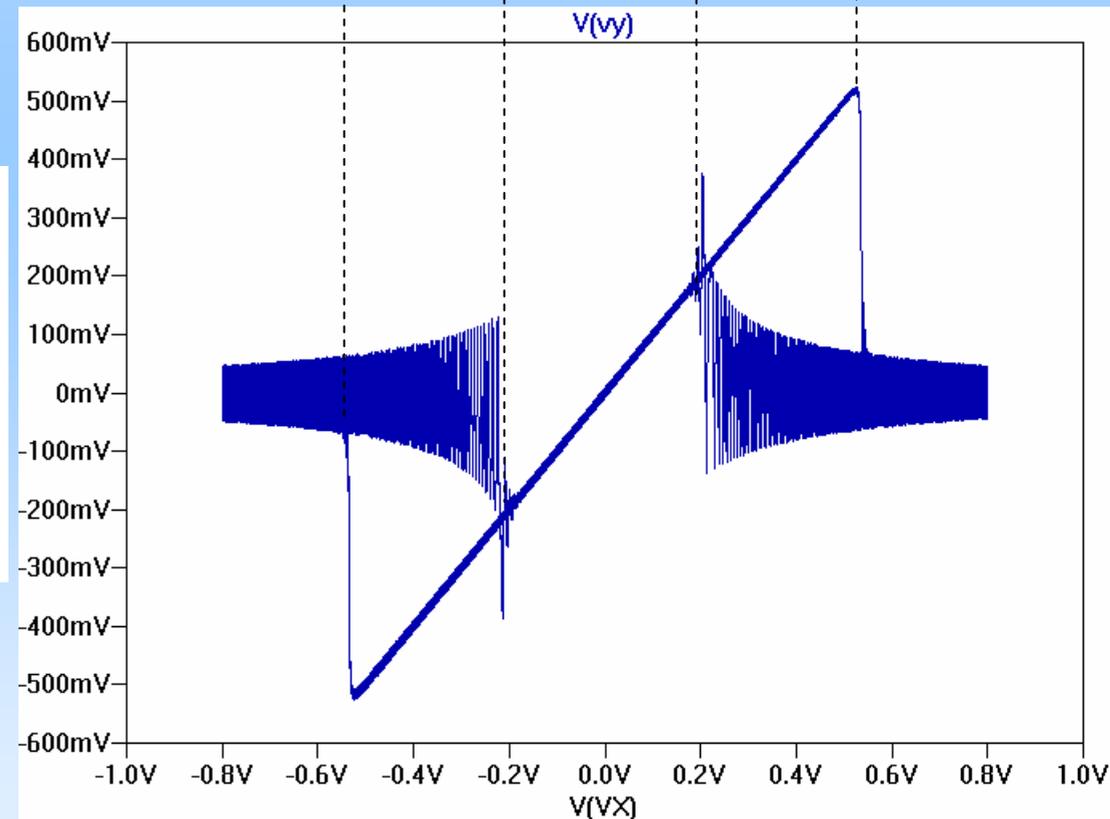
Caractérisation des plages de fonctionnement



Plage de Poursuite (Maintien)

Plage de Capture

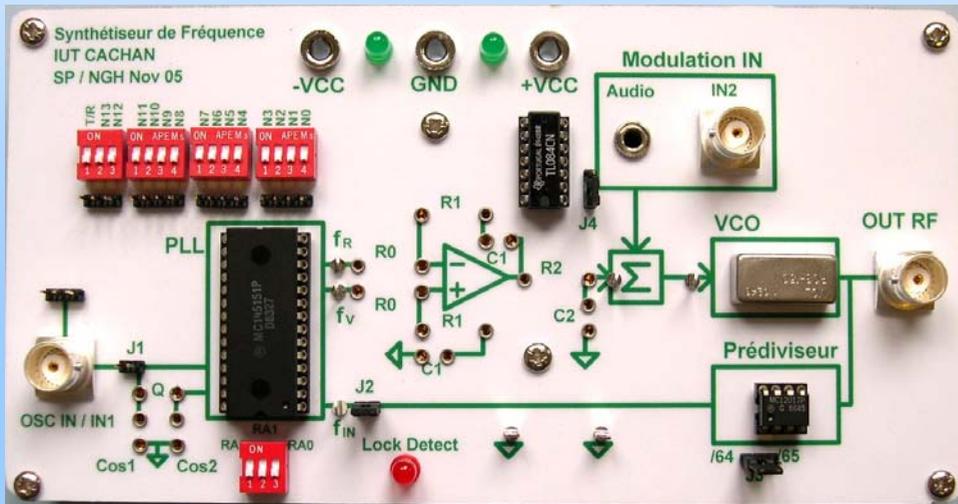
$V(VY)$



3 Étude d'une boucle à verrouillage de phase

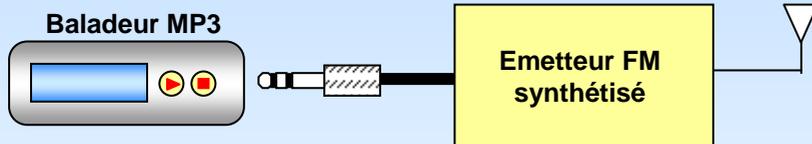
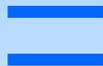
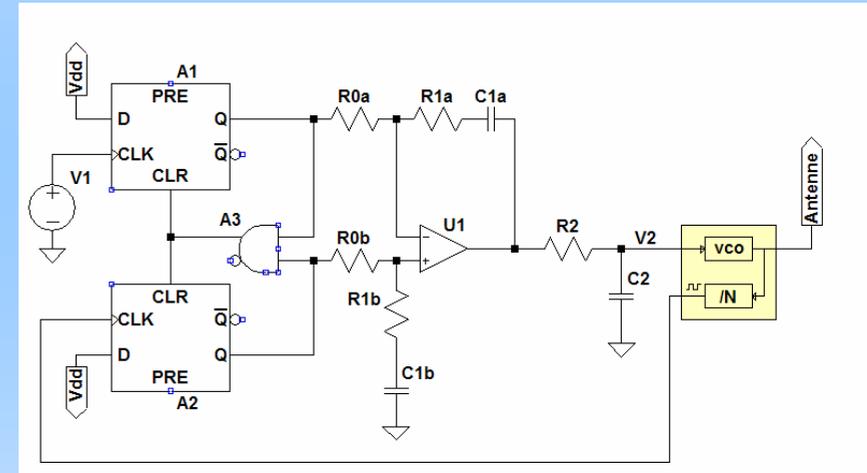
TP Synthèse de Fréquence

Une maquette didactique



SwitcherCAD en complément indispensable pour :

- Illustrer le fonctionnement du CP numérique
- Modéliser et étudier la PLL en boucle ouverte
- Régler le correcteur



Un étudiant heureux !

1 *Le logiciel SwitcherCAD :
Ses atouts pour l'apprentissage de l'électronique*

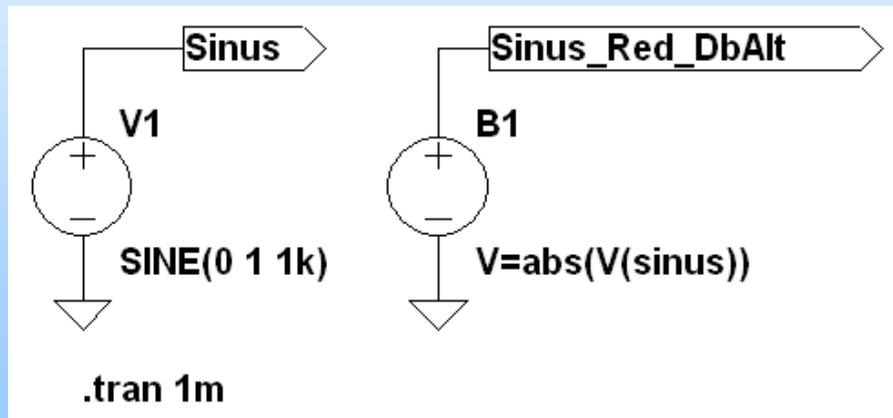
2 *Un premier exemple en étude & réalisation :
Analyseur de spectre audio*

3 *Un second exemple pour l'étude
des boucles à verrouillage de phase*

4 ***Un outil intéressant pour l'analyse des signaux***

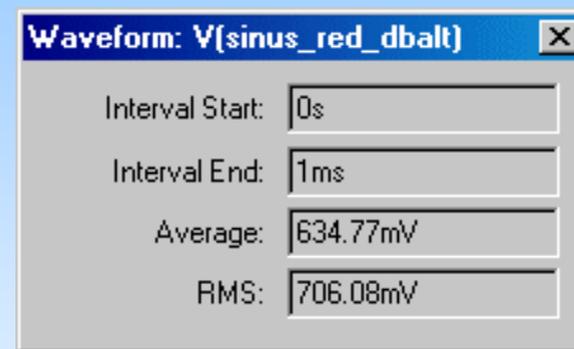
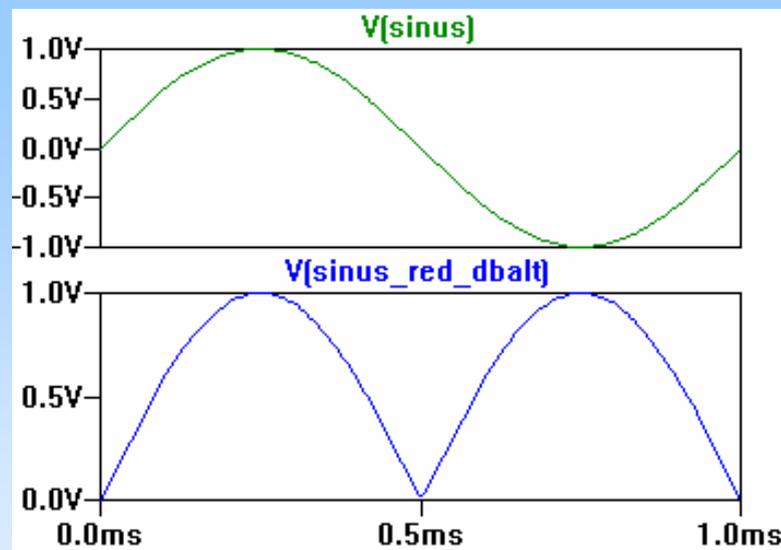
5 *Pour aller un peu plus loin :
Utilisation dans l'enseignement des télécoms*

4 Analyse des Signaux : point de vue temporel



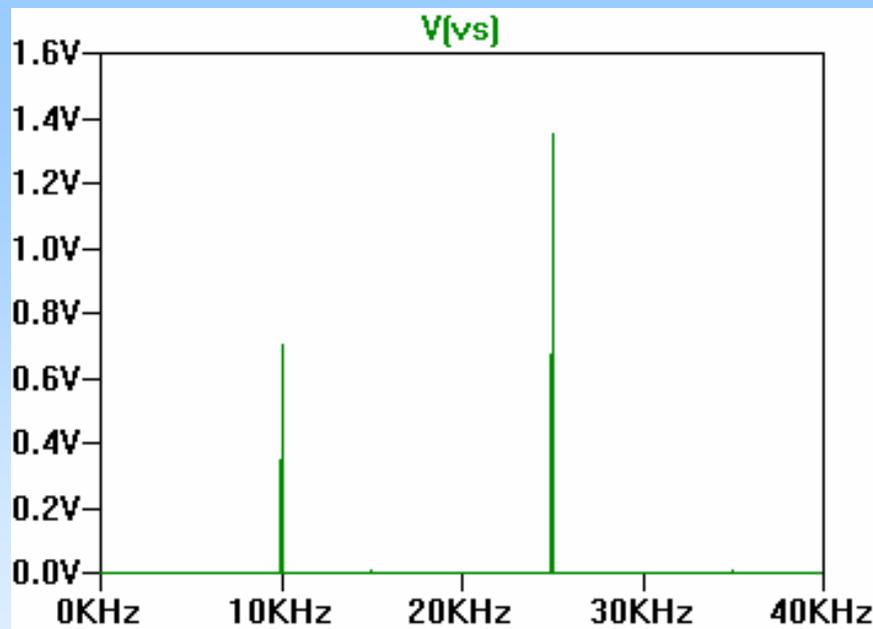
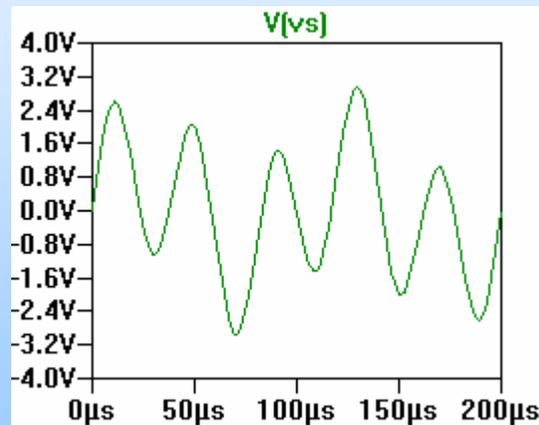
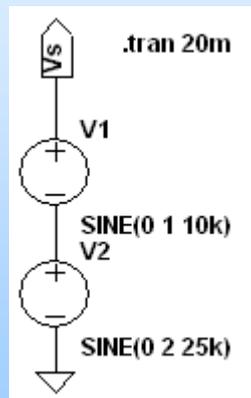
Calcul de valeurs moyenne et efficace :
Directement à partir de la fenêtre graphique

Utilisation d'un « behavioral voltage » :
Il s'agit d'un générateur de tension dont la sortie peut être obtenue en écrivant une équation mathématique.
De très nombreuses fonctions mathématiques sont disponibles.



$$\langle V \rangle = \frac{2U}{\pi} \quad \langle V \rangle = 0,63V$$
$$V_{eff} = \frac{U}{\sqrt{2}} \quad V_{eff} = 0,7V$$

4 Analyse des Signaux : point de vue fréquentiel



Select Waveforms to include in FFT

NOTE: Fourier components are normalized to correspond to the time domain RMS amplitude.

Ctrl-Click to toggle

OK Cancel

$V[vs]$
 $V(n001)$
 $I(V1)$
 $I(V2)$

Number of data point samples in time: 16384

Time range to include

Start Time: 0s Use Extent of Simulation Data
End Time: 20ms Use current zoom Extent
 Specify a time range

Binomial Smoothing done before FFT and windowing

Number of Points: 5

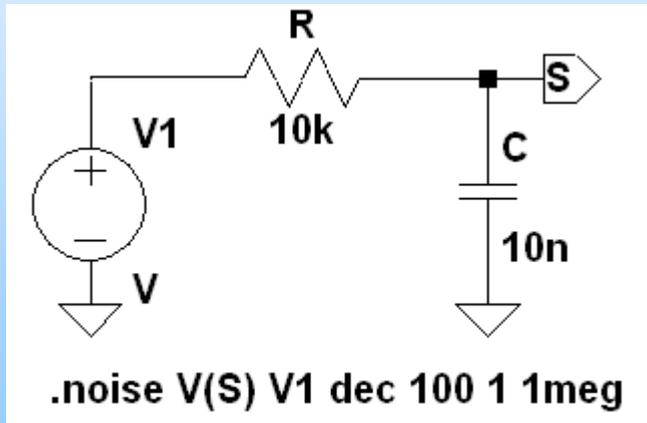
Windowing (All window functions normalized to unit area)

Windowing Function: none
Kaiser-Bessel Parameter Beta: 7

NOTE: The DC component is removed before windowing.

Reset to Default Values

4 Analyse « Noise »



Edit Simulation Command

Transient | AC Analysis | DC sweep | **Noise** | DC Transfer | DC op pnt

Perform a stochastic noise analysis of the circuit linearized about its DC operating point.

Output:

Input:

Type of Sweep:

Number of points per decade:

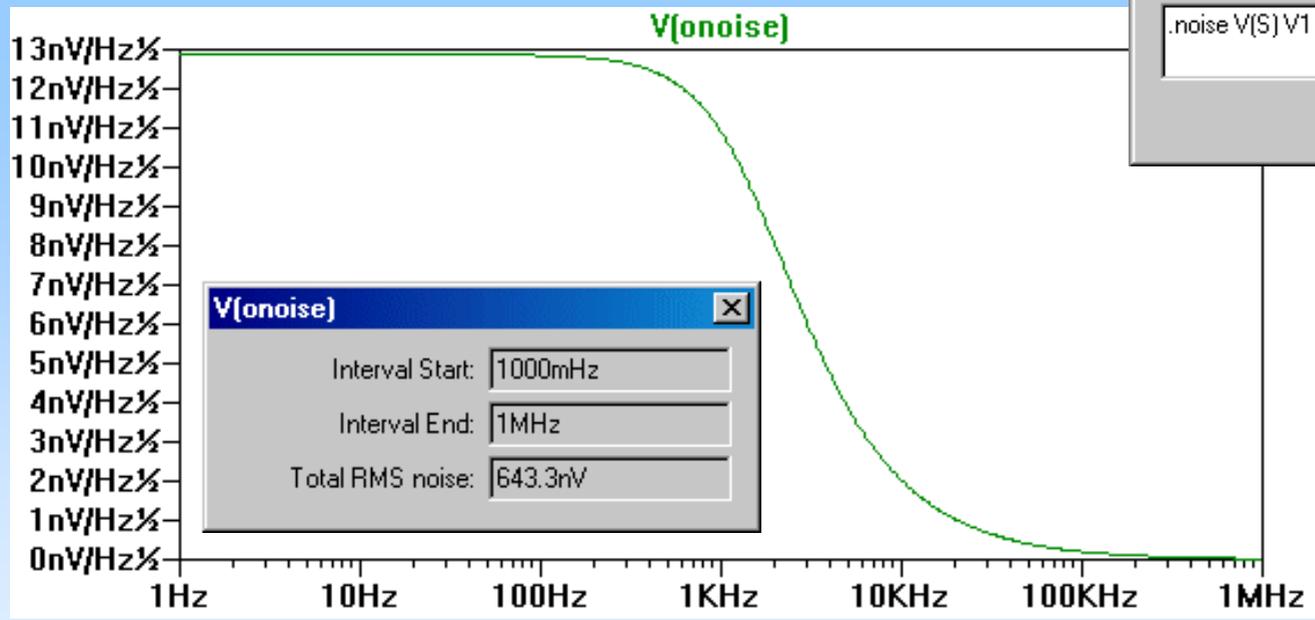
Start Frequency:

Stop Frequency:

Syntax: `.noise V(<out>[,<ref>]) <src> <oct, dec, lin> <Npoints> <StartFreq> <EndFreq>`

`.noise V(S) V1 dec 100 1 1meg`

OK Cancel



$$D_s(f) = \frac{4kTR}{1 + (2\pi RCf)^2}$$

$$\sqrt{4kTR} = 12,8nV / \sqrt{Hz}$$

$$RMSnoise = \sqrt{\frac{kT}{C}} = 643,4nV$$



1

*Le logiciel SwitcherCAD :
Ses atouts pour l'apprentissage de l'électronique*

2

*Un premier exemple en étude & réalisation :
Analyseur de spectre audio*

3

*Un second exemple pour l'étude
des boucles à verrouillage de phase*

4

Un outil intéressant pour l'analyse des signaux

5

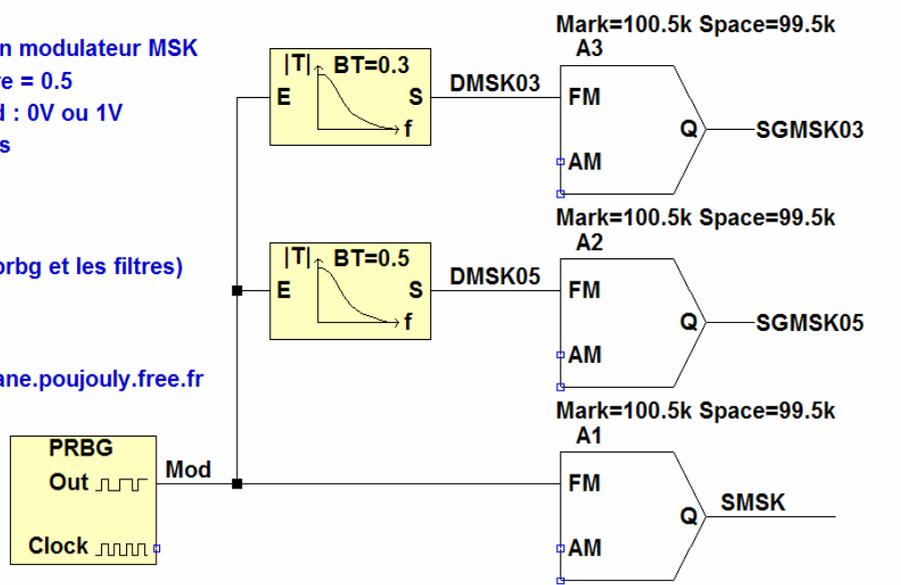
***Pour aller un peu plus loin :
Utilisation dans l'enseignement des télécom***

5 Modulation GMSK / Compromis temps fréquence

VCO Configuration en modulateur MSK
 $x = \Delta F / \text{Débit binaire} = 0.5$
 $\Delta F = 1\text{kHz}$ car Mod : 0V ou 1V
 Débit binaire = 2kbit/s
 Porteuse : 100kHz

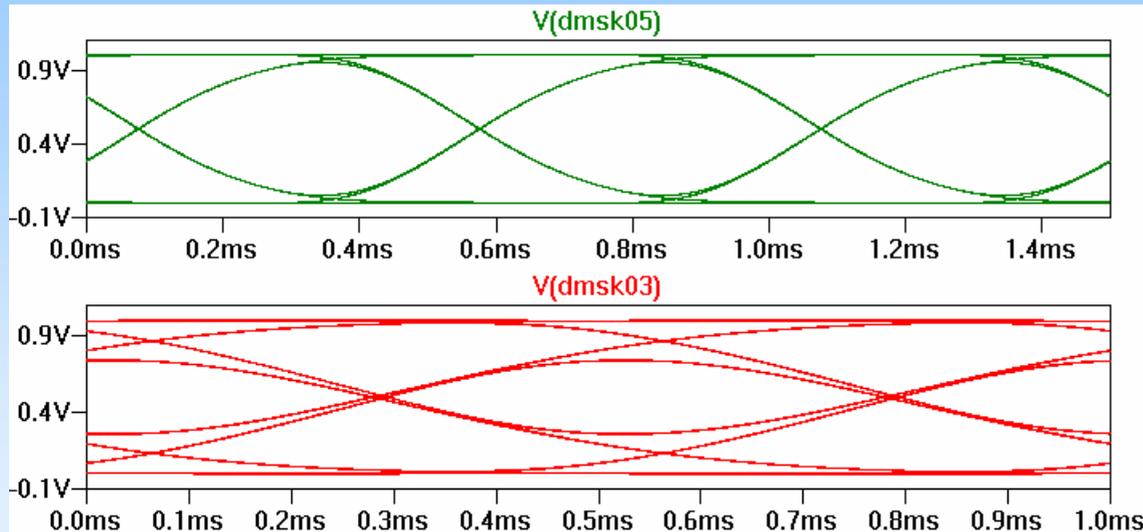
.include SP.lib
 (Pour le générateur prbg et les filtres)
 .tran 100m

Source <http://stephane.poujouly.free.fr>



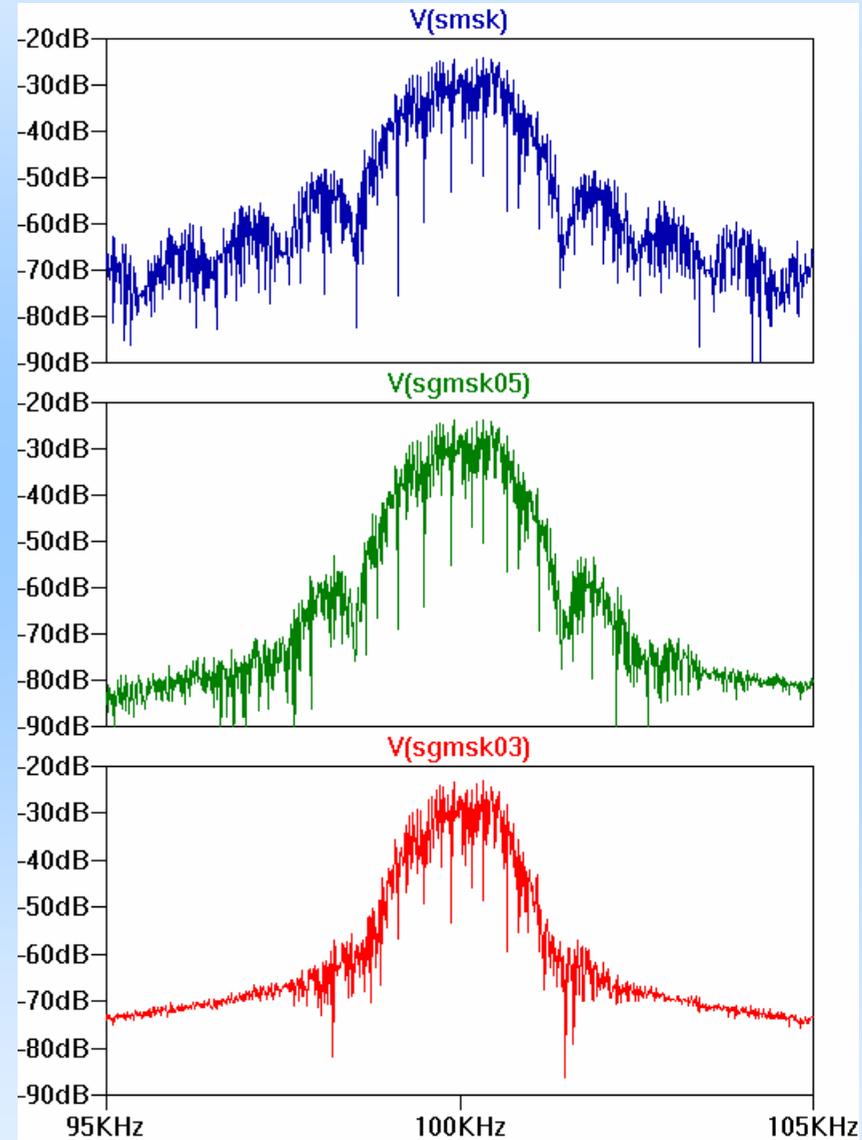
Tracé du diagramme de l'œil :

Une directive spice .baudrate 2k



Analyse FFT :

Influence du filtre gaussien (paramètre BT)



***Il existe encore de nombreuses applications
mais il est temps de conclure***

Indispensable

- ▶ Télécharger le logiciel sur le site du constructeur



<http://www.linear.com>



Pour vous aider

<http://stephane.poujouly.free.fr>

Rubrique Ressources logicielles puis rubrique Simulation Spice SwCAD

- ▶ **Utiliser le tutorial mis à votre disposition**
D'autres documents à venir...
- ▶ **Installer des bibliothèques supplémentaires**
Bibliothèque SP.lib (Bloc fonctionnel etc...)
- ▶ **Utiliser, Copier, Modifier les exemples fournis**

Pour info

- ▶ <http://groups.yahoo.com/group/LTspice>

***Merci pour
votre
attention***