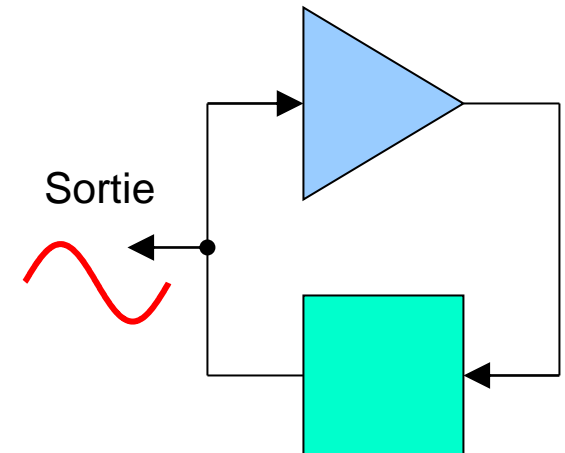
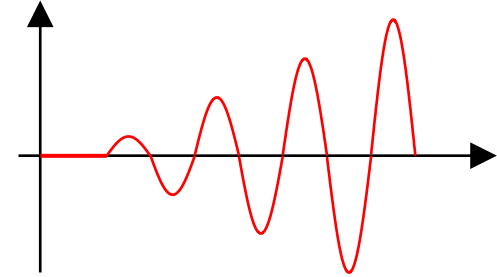


Oscillateurs & VCO

Plan de la présentation

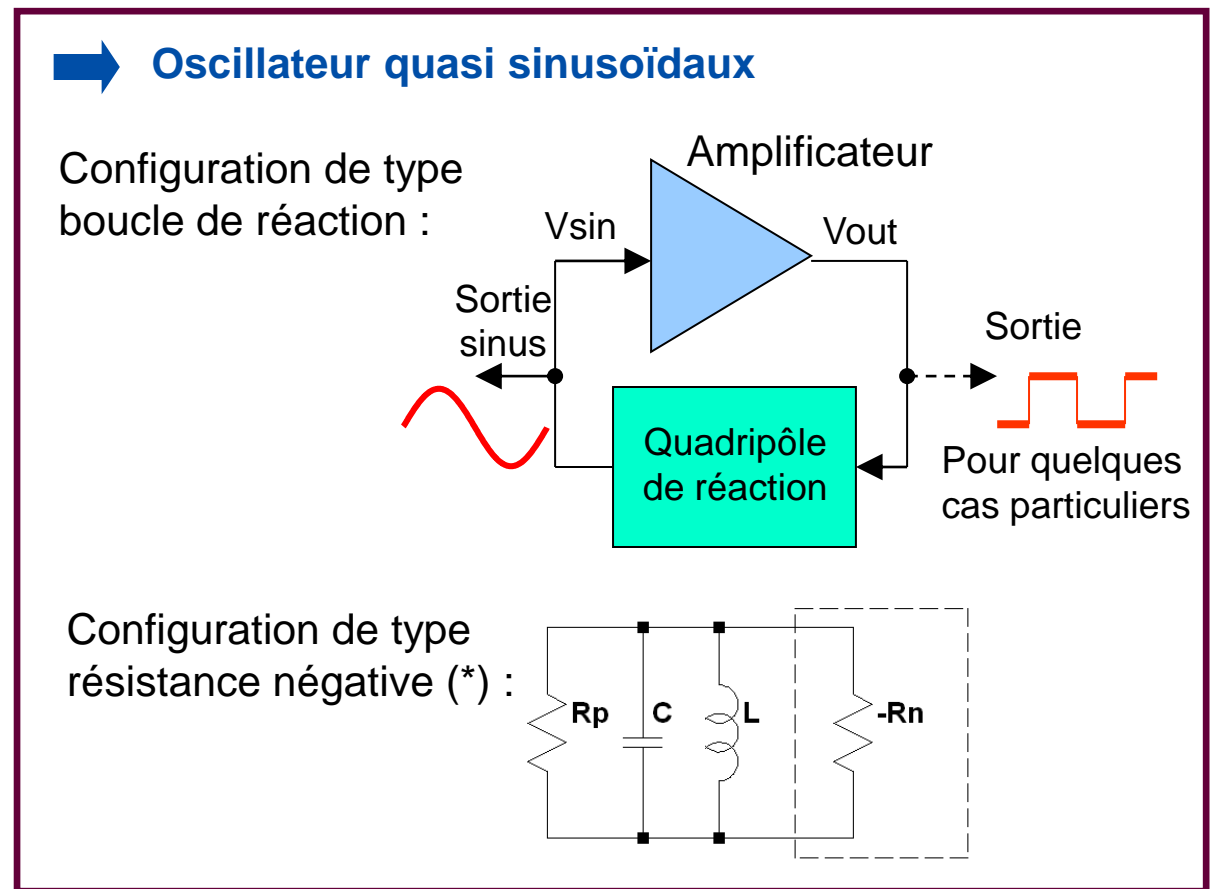
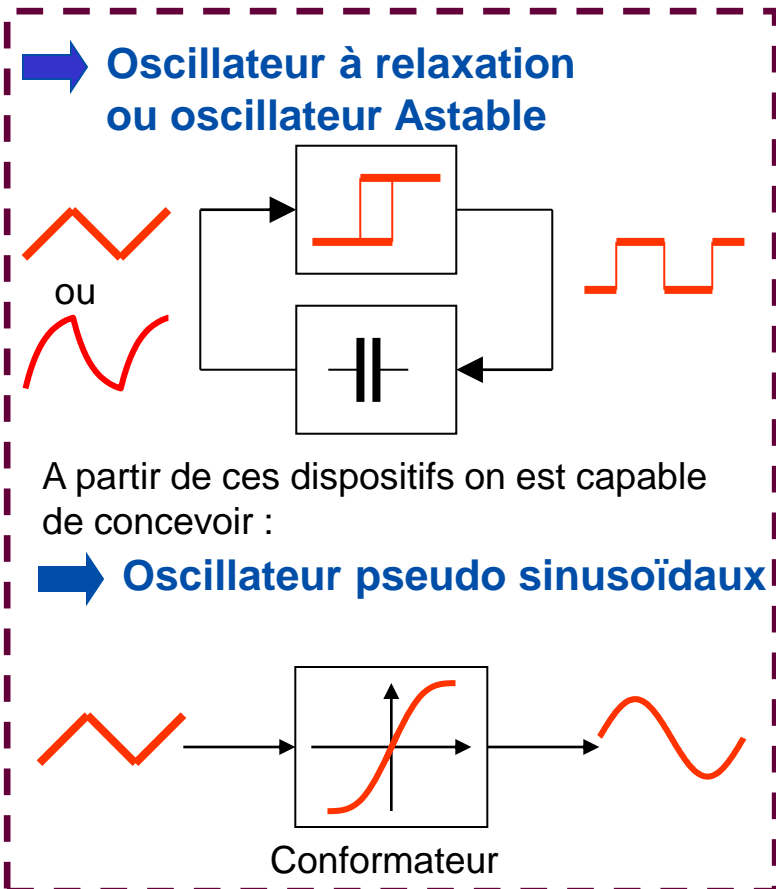
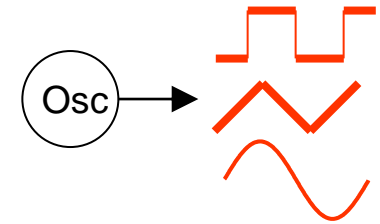
- 1 Les oscillateurs : présentation
- 2 Première approche des oscillateurs à boucle de réaction
- 3 Le critère de Barkhausen
- 4 Etude d'un exemple d'oscillateur à boucle de réaction
- 5 Oscillateur en pi & Oscillateur à quartz
- 6 VCO & Diode Varicap



1 Oscillateurs : présentation

Définition : Un oscillateur est un dispositif électronique générant un signal de sortie de forme d'onde déterminée (amplitude & fréquence).

On distingue principalement 2 types d'oscillateurs en fonction des principes mis en jeu et des formes d'ondes générées

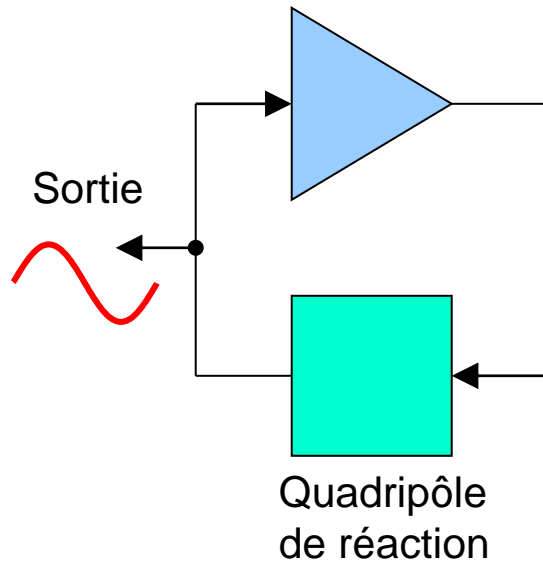


(*) : En réalité, il s'agit d'un cas particulier des oscillateurs à boucle de réaction

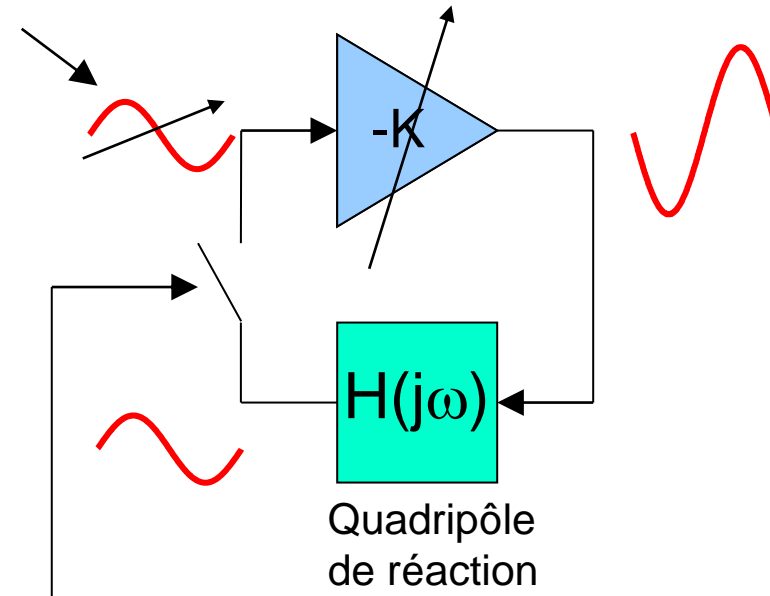
2 Première approche pour un oscillateur à boucle de réaction

On suppose que le dispositif à boucle de réaction oscille...

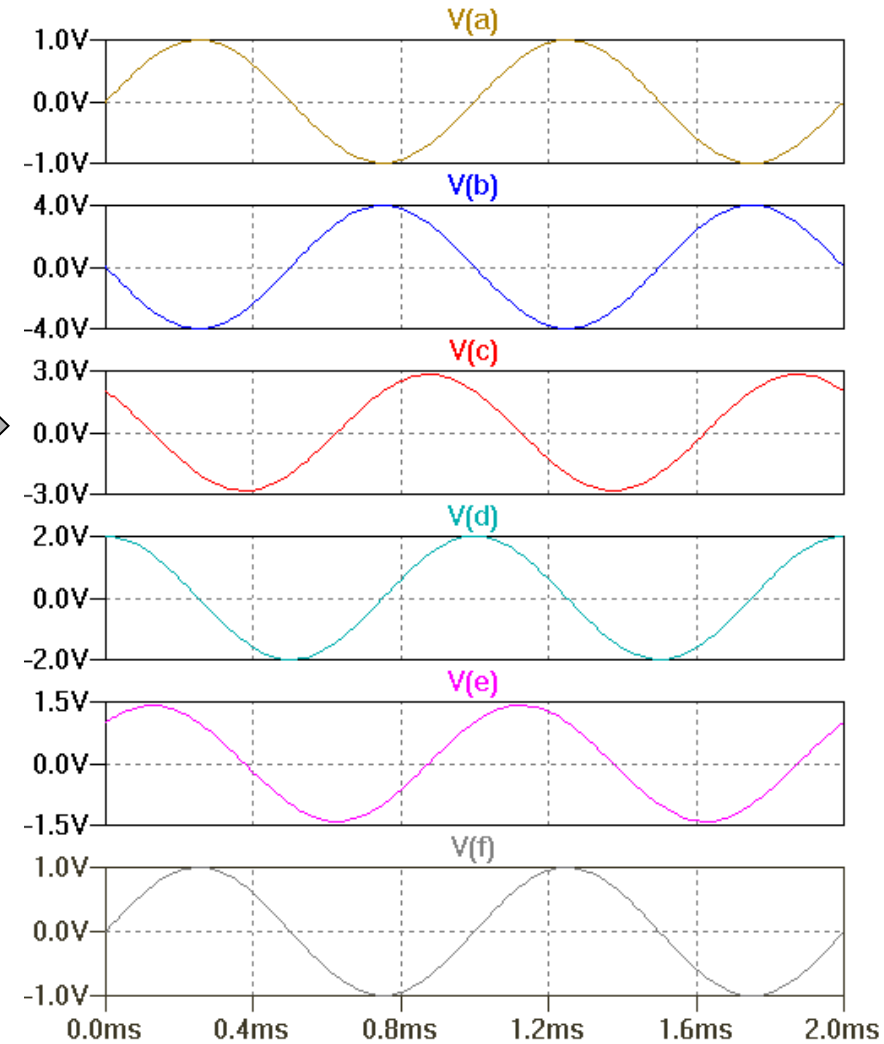
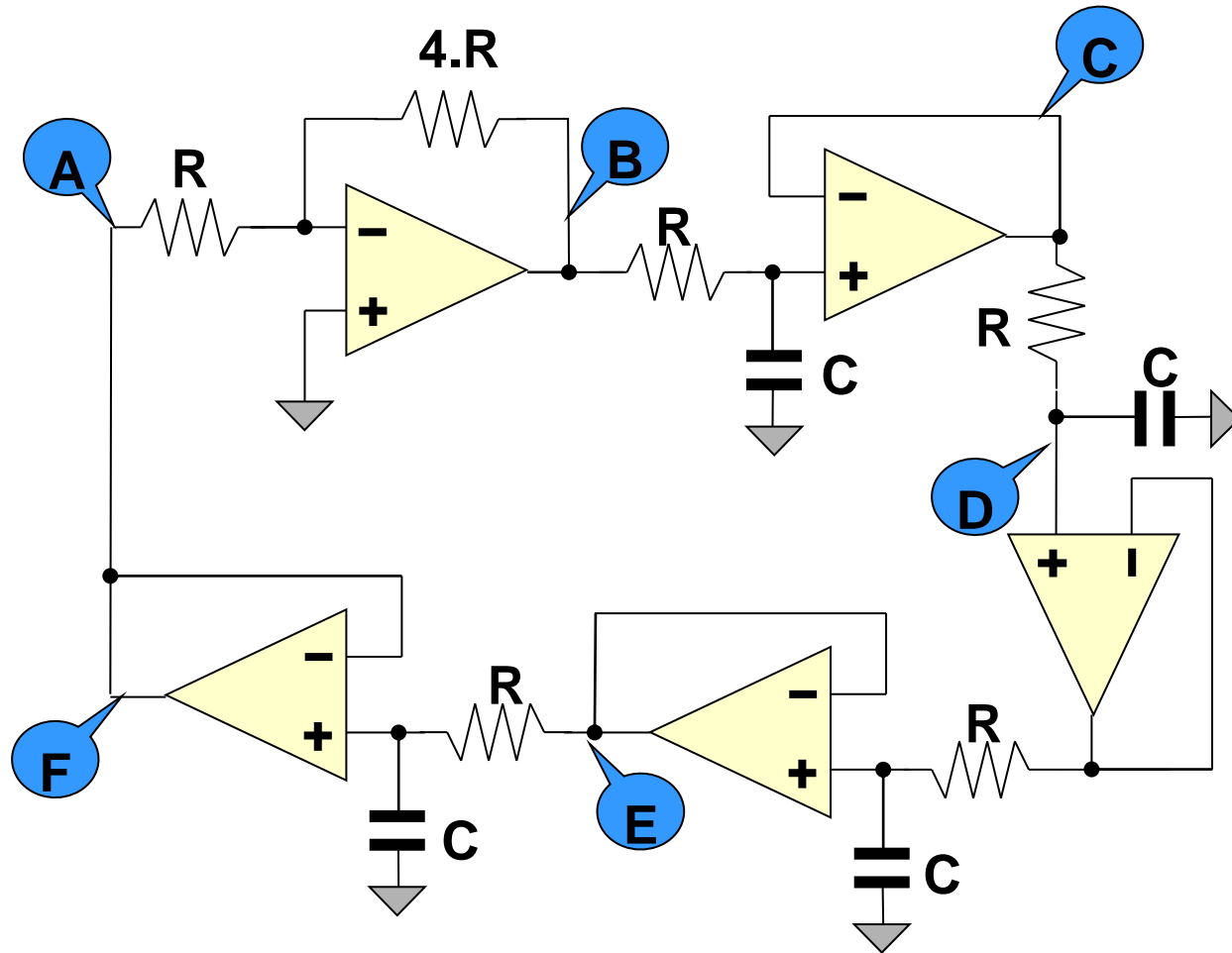
...Vérifions que cette hypothèse est réaliste !



On suppose que l'on est en présence d'un signal sinusoïdal



2 Un oscillateur didactique : une première analyse

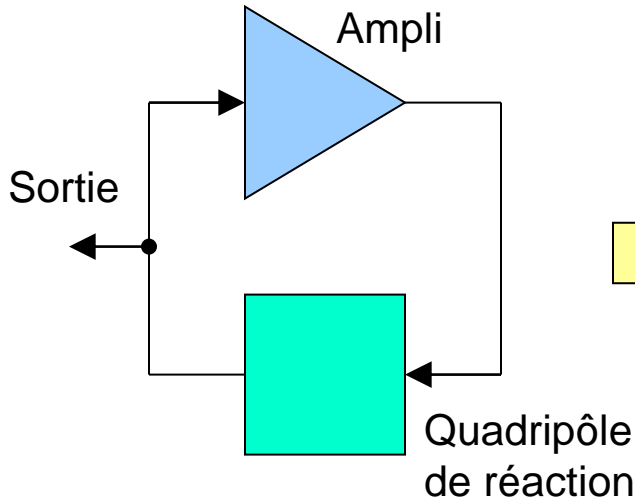


Pour $f = f_c = \frac{1}{2\pi RC}$ chaque cellule RC passe bas
 déphase d'une quantité $\varphi = -\frac{\pi}{4}$ et atténué d'un facteur $\frac{1}{\sqrt{2}}$

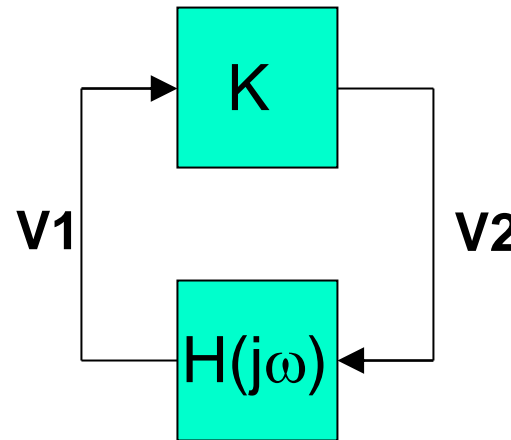
3 Le critère de Barkhausen pour étudier les oscillateurs

Une mise en équation mathématique de l'approche précédente

Structure :



Modèle linéaire :



Mise en équation:

$$V1 = H(j\omega).V2$$

$$V2 = K.V1$$

$$V1 = H(j\omega).K.V1$$

$$K.H(j\omega) = 1$$

(Critère de Barkhausen)

Résolution :

$$|K|. |H(j\omega)| = 1$$

$$\text{Arg}(K) + \text{Arg}(H(j\omega)) = 0$$

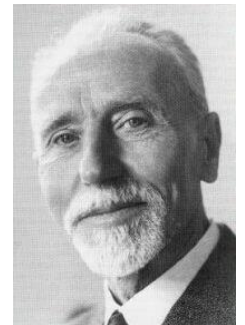
ou

$$\text{Re}[K.H(j\omega)] = 1$$

$$\text{Im}[K.H(j\omega)] = 0$$

ou

Voir TD



Heinrich Georg Barkhausen

2/12/1881 – 20/02/1956

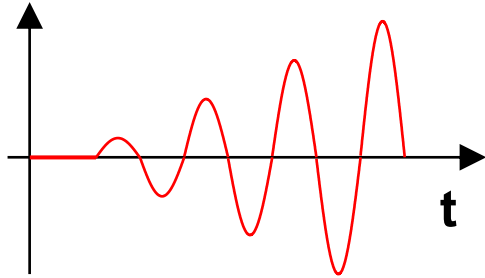
Physicien, électrotechnicien, et psycho-acousticien allemand

Résultat : Détermination de la fréquence d'oscillation
+ Condition sur l'amplification

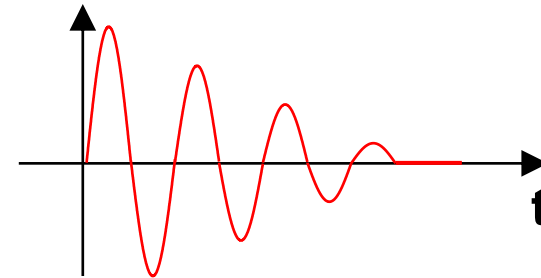
3 Démarrage des oscillations & régime permanent

La condition d'amplification : Démarrage des oscillations

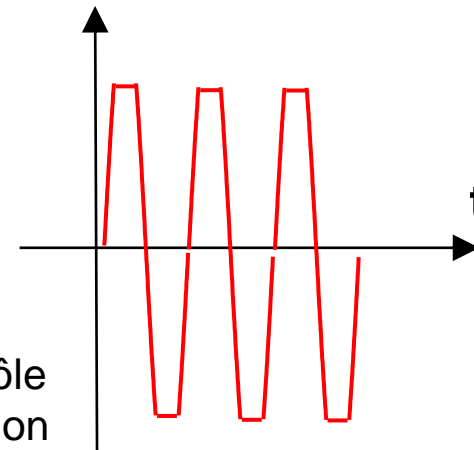
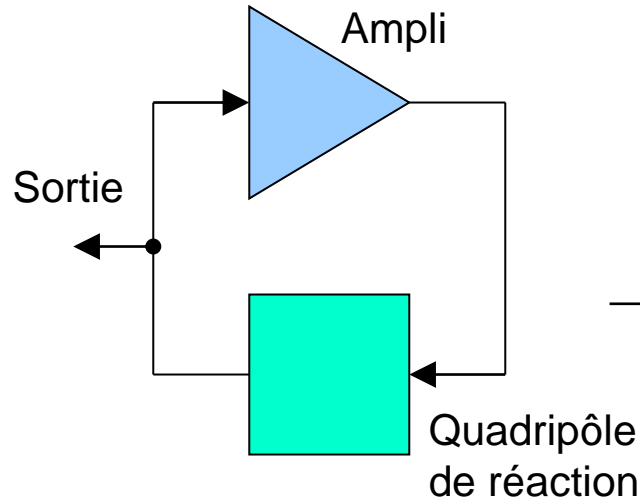
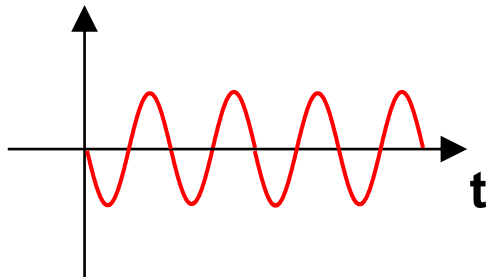
$$|K| \cdot |H(j\omega)| > 1$$



$$|K| \cdot |H(j\omega)| < 1$$

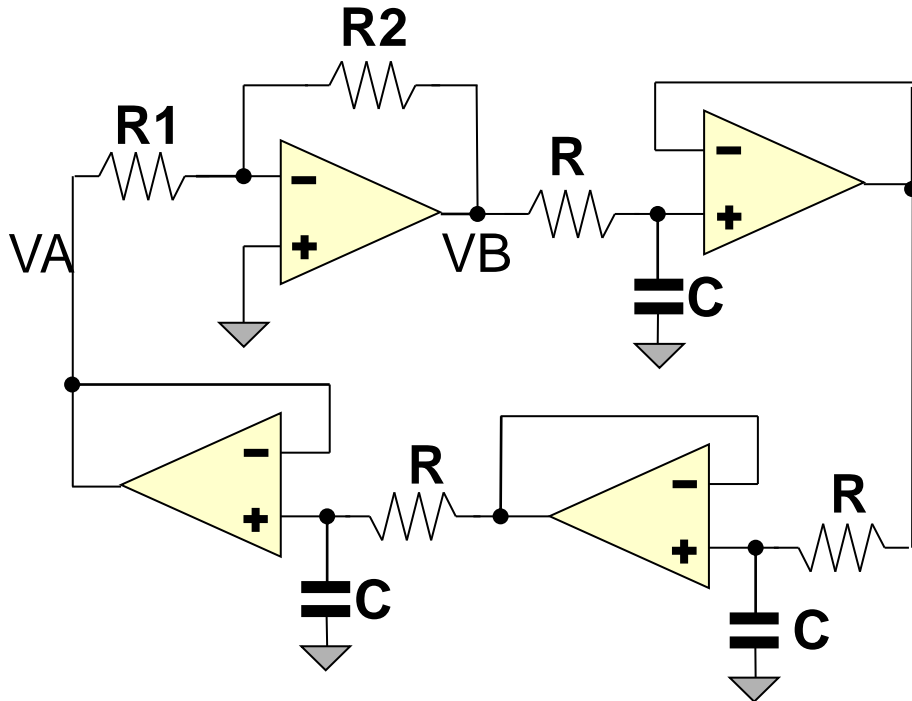


En régime permanent



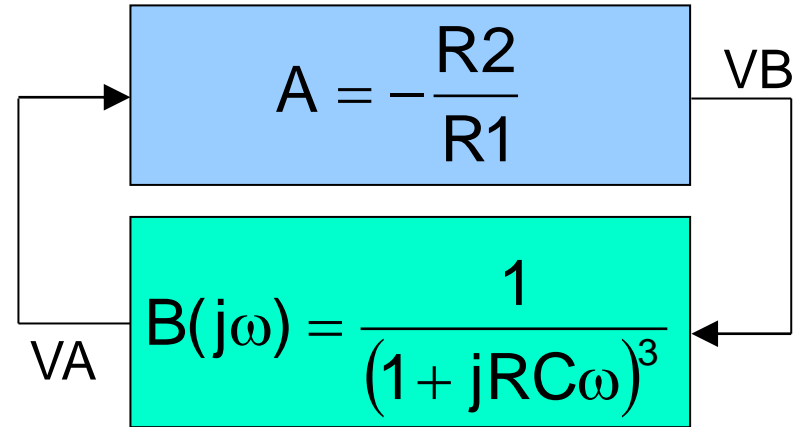
4 Etude d'un exemple simple didactique

Schéma électronique :



Fréquence d'oscillation :

Modélisation



Application de Barkhausen :

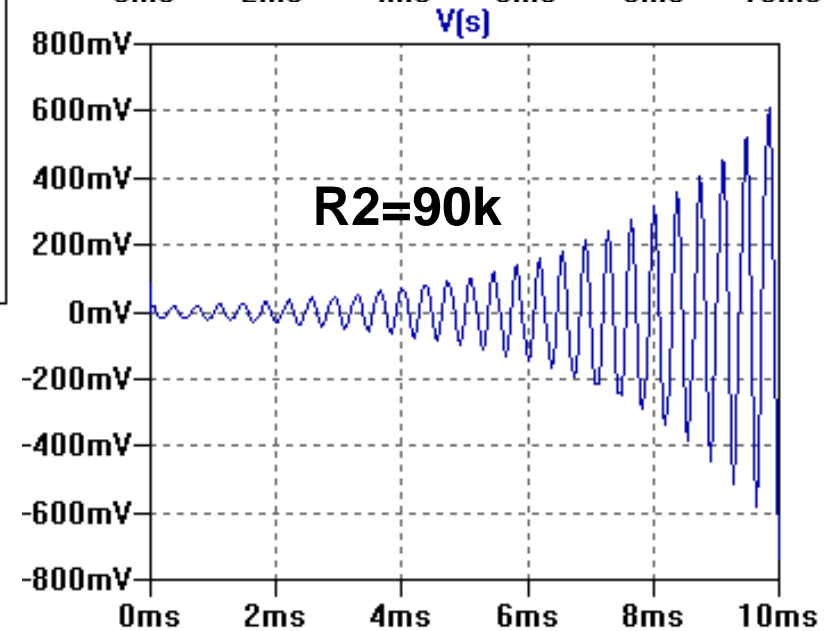
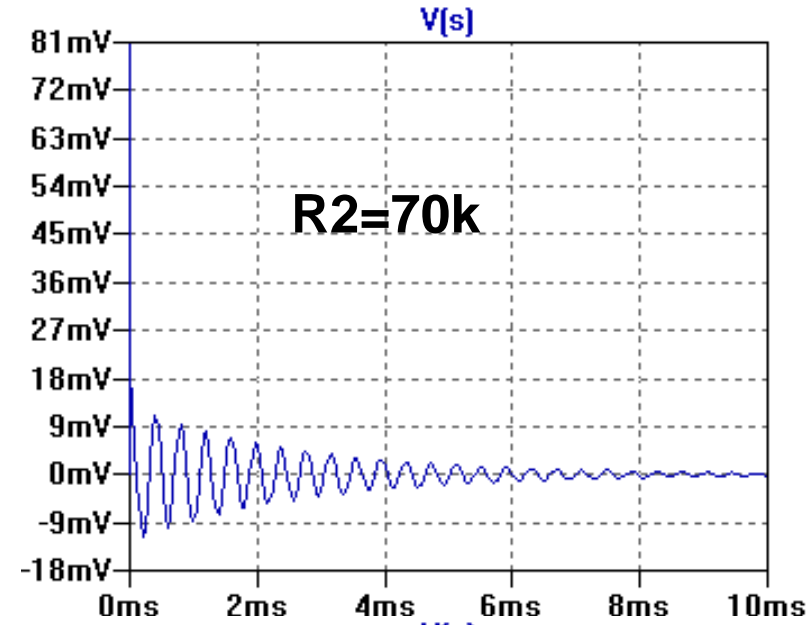
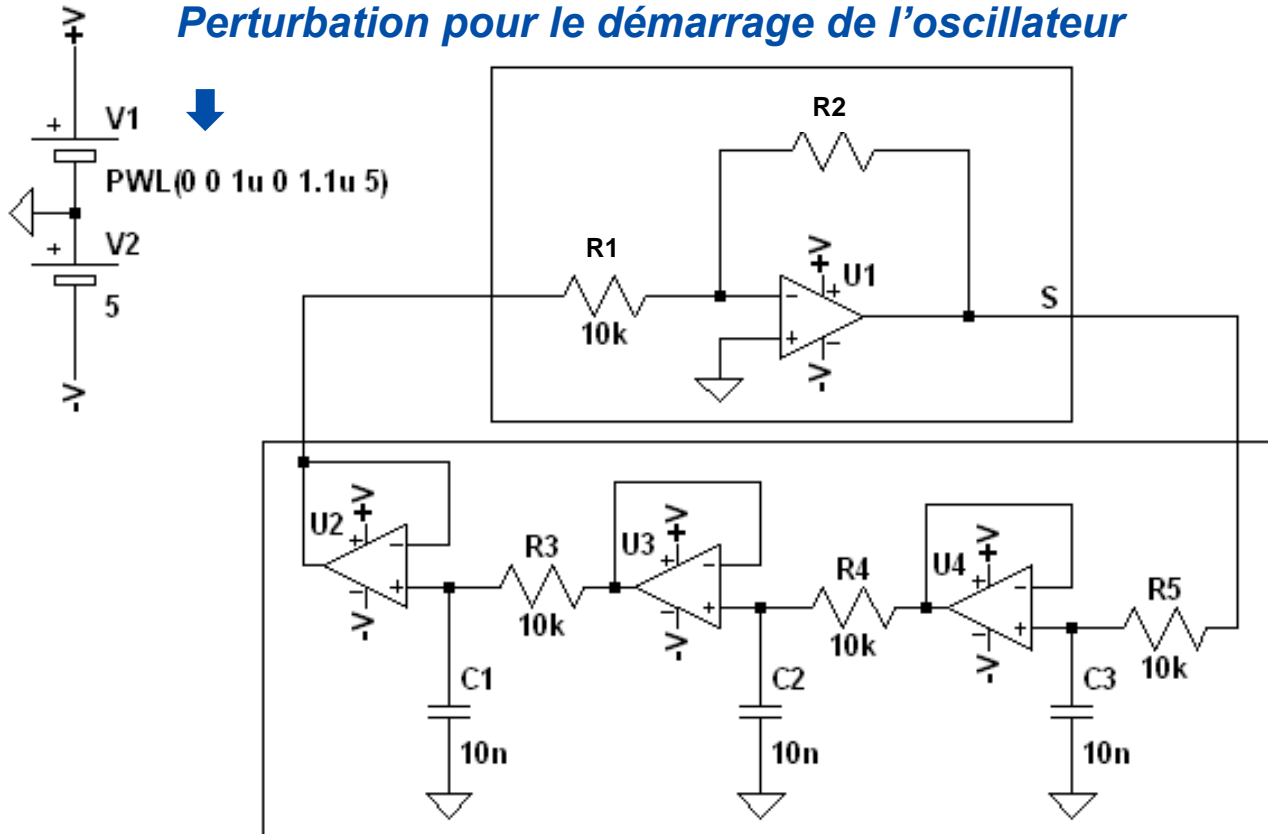
Condition d'oscillation limite :

4 Vérification avec LTSpice

Oscillateur 3 (RC+Suiveur)

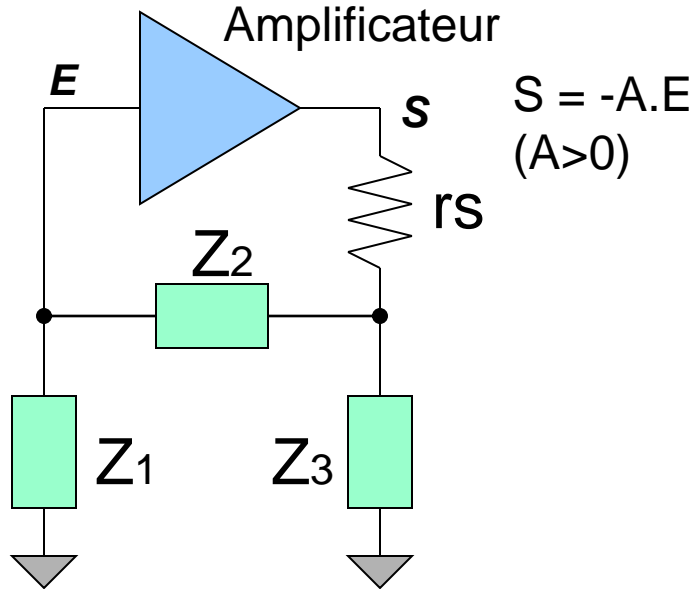
.tran 10m

Perturbation pour le démarrage de l'oscillateur



5 Oscillateur dans une configuration cellule en « pi »

Structure de base :



Cellule en pi avec des éléments réactifs pur:

$$Z_i = jX_i$$

Pour une inductance : $X = L\omega$

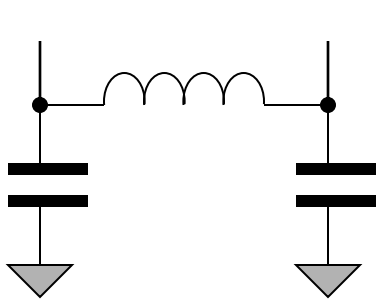
Pour un condensateur : $X = -\frac{1}{C\omega}$

Application du critère de Barkhausen :

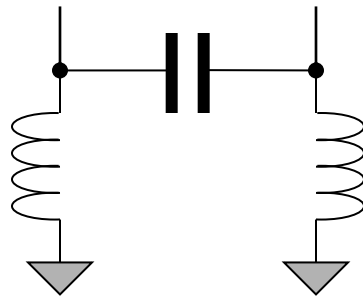
La fréquence des oscillations est alors déterminée par la résolution de l'équation $X_1 + X_2 + X_3 = 0$

La fréquence des oscillations est alors déterminée par la résolution de l'équation $X_1 + X_2 + X_3 = 0$

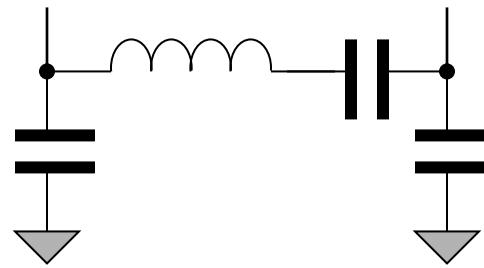
Quelques exemples de cellules en π



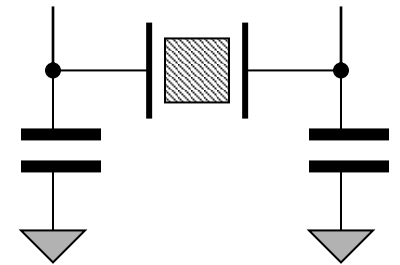
Colpitts



Hartley



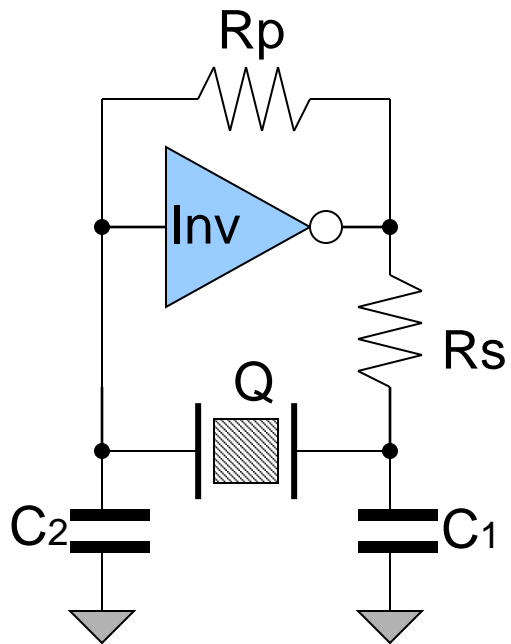
Clapp



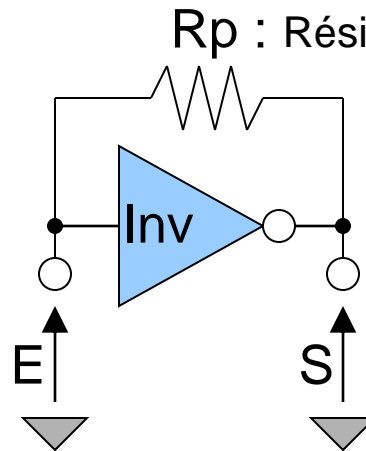
Pierce

5 L'oscillateur de Pierce

Schéma électrique :

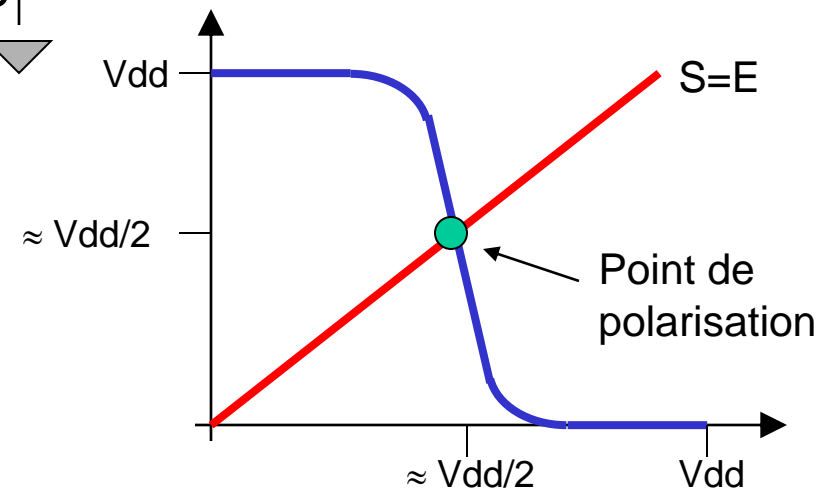


Une porte logique comme amplificateur



Rp : Résistance de polarisation
Valeur typique : $1\text{M}\Omega$

Inv : Inverseur CMOS HCU04



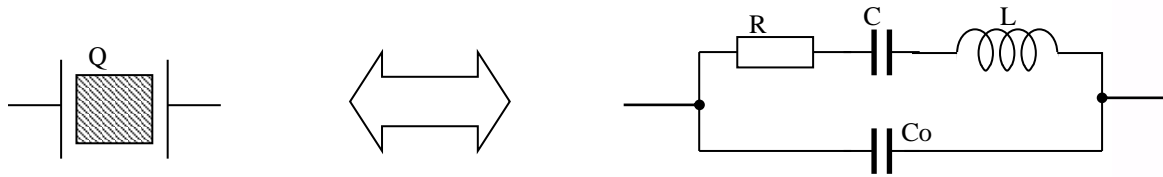
Pente $S = -A.E$
 $A \approx 50 \text{ à } 80$

5 Le quartz

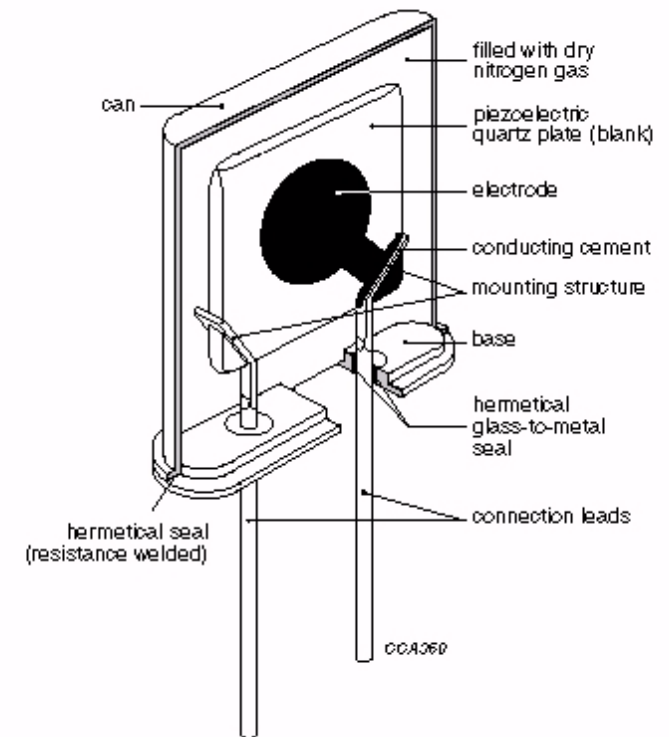
Présentation :

Certains matériaux anisotropes (quartz, tourmaline,...) présentent la propriété de se polariser électriquement lorsqu'on les comprime : cet effet est appelé piézo-électrique. Cet effet est aussi réversible, c'est à dire qu'une lame (ou cristal) d'un tel matériau subi des déformations lorsque l'on applique un champ électrique.

En fixant des électrodes de part et d'autre du cristal, on forme ainsi un résonateur mécanique. L'application d'une tension provoque une excitation mécanique qui entraîne un déplacement de charges et donc la création d'un courant. Ce dipôle peut être modélisé par le schéma équivalent suivant au voisinage de la fréquence de résonance du cristal :



Les éléments R, L et C ne sont que des équivalents électriques au phénomène de résonance mécanique : Il s'agit d'éléments motionnels. La capacité C_0 représente la capacité électrostatique entre les deux électrodes.



5 Mise en équation et tracé

Expression de l'impédance équivalente :

$$Z = \frac{1}{jC_0\omega} \cdot \frac{1 + jQ_s \left(\frac{\omega}{\omega_s} - \frac{\omega_s}{\omega} \right)}{1 + jQ_p \left(\frac{\omega}{\omega_p} - \frac{\omega_p}{\omega} \right)}$$

Pulsation de résonance série :

$$\omega_s = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

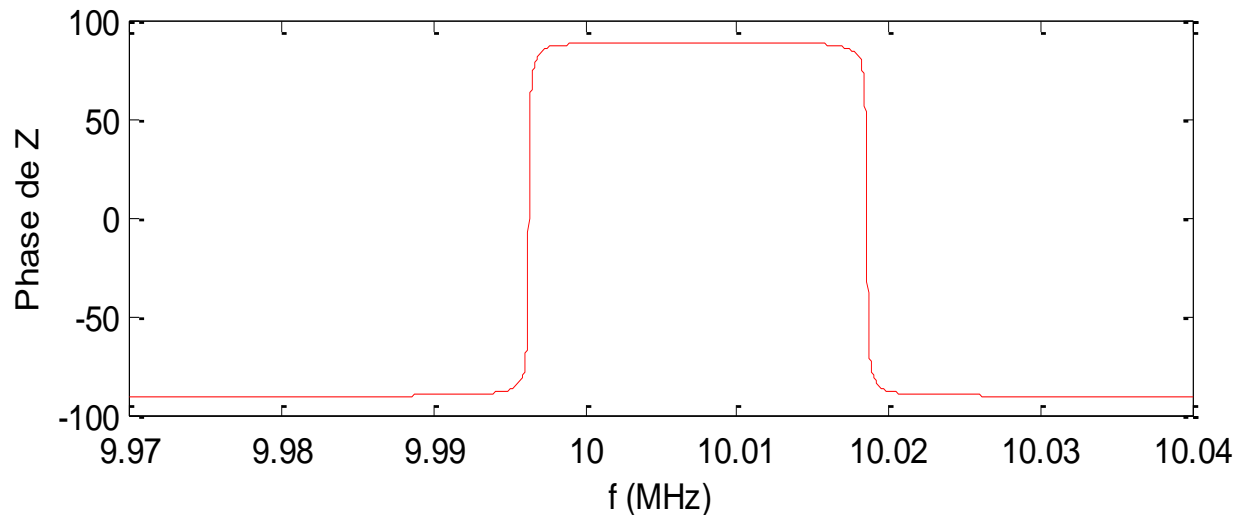
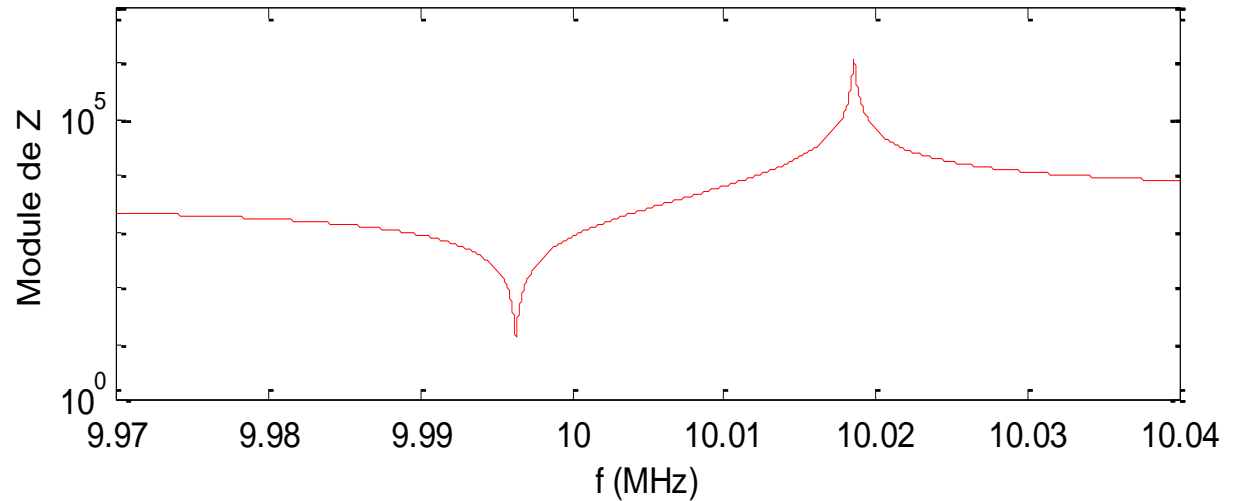
Pulsation de résonance // :

$$\omega_p = \frac{1}{\sqrt{L \cdot \frac{C \cdot C_0}{C + C_0}}}$$

Facteur de qualité série : $Q_s = \frac{L\omega_s}{R}$

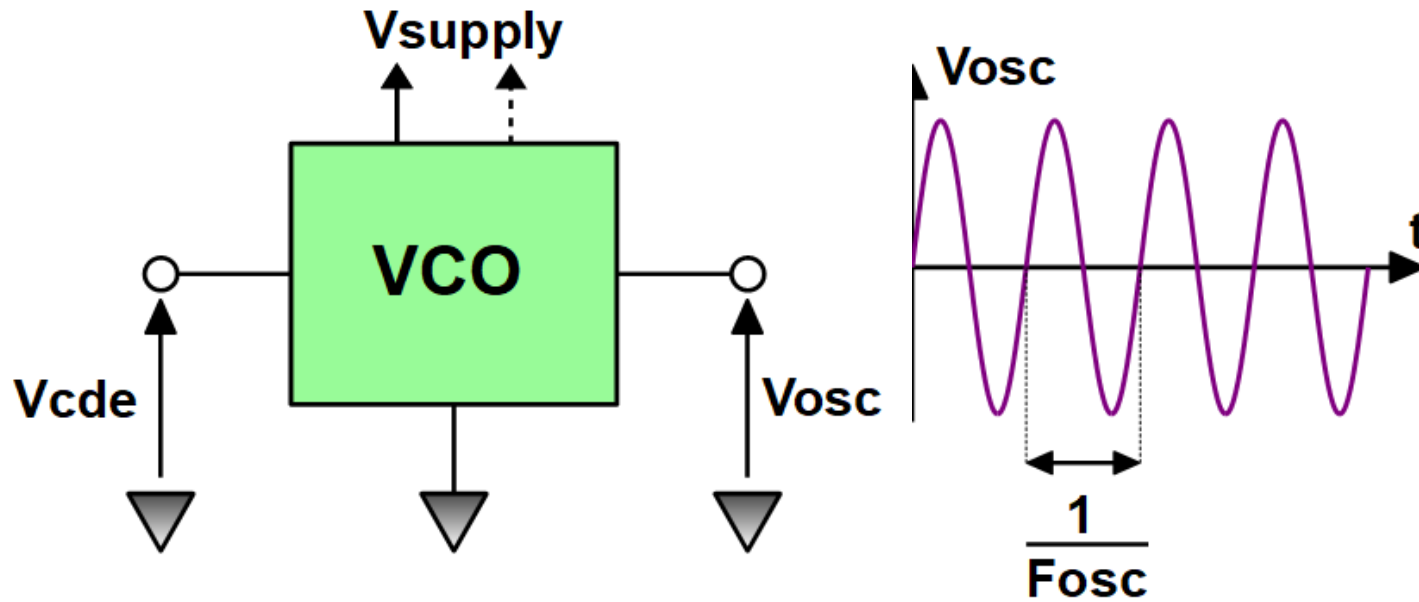
Facteur de qualité // : $Q_p = \frac{L\omega_p}{R}$

Quartz 10MHz : $C_0=3.94\text{pF}$ $C=15.55\text{fF}$ $L=14.444\text{mH}$ $R=13.33\text{ohm}$

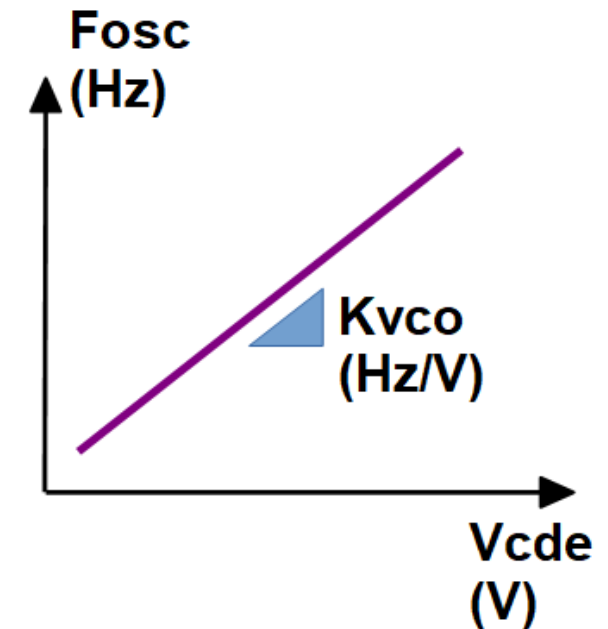


6 La fonction électronique « oscillateur contrôlé en tension »

Principe d'un VCO



Caractéristique de transfert d'un VCO



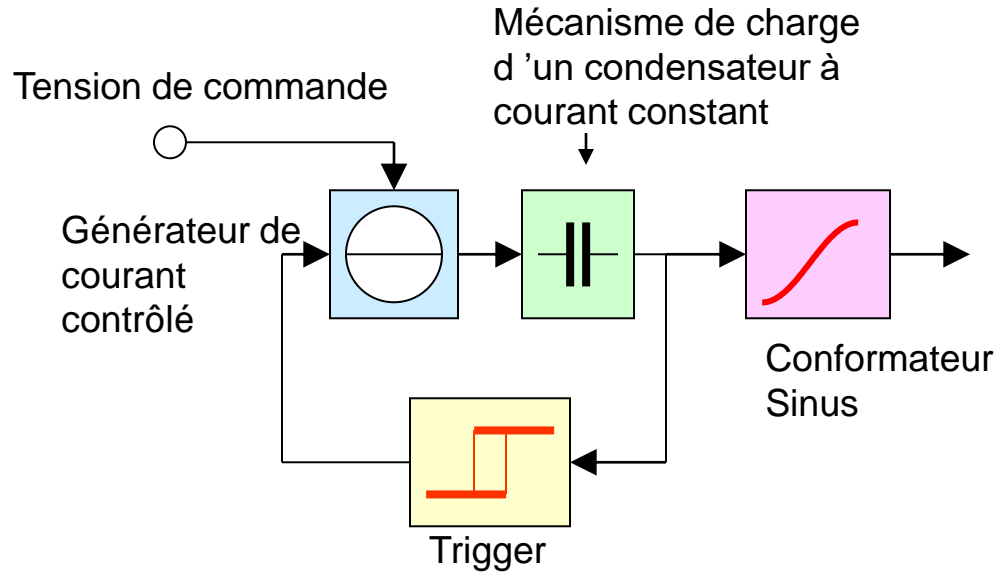
K_{vco} : Gain de conversion du VCO
(Tune Sensitivity)

Application d'un VCO

- Modulation de fréquence
- Boucle à verrouillage de phase (PLL)
- Instrument de musique analogique
- Etc....

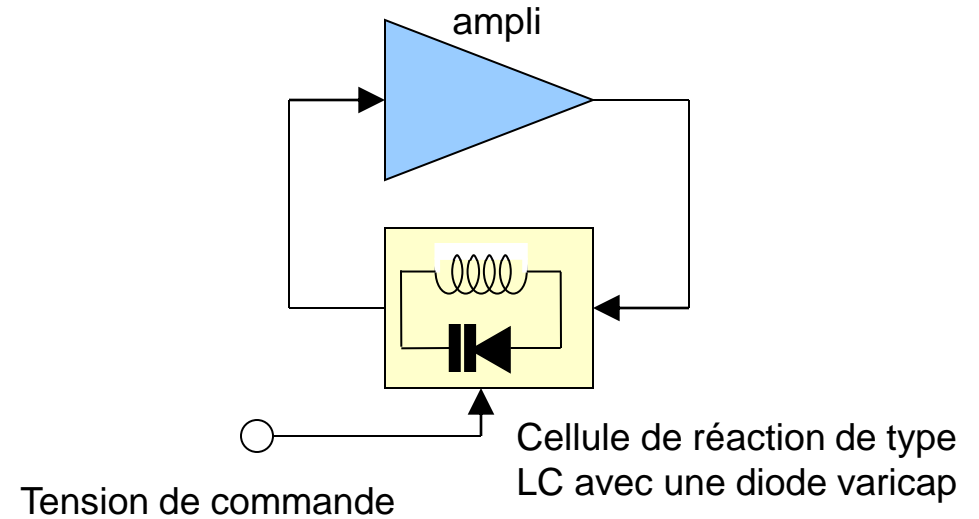
6 Catégorie de VCO

VCO à base d'oscillateur astable



Gamme de fréquence : < 20MHz

VCO dans une configuration oscillateur à boucle de réaction

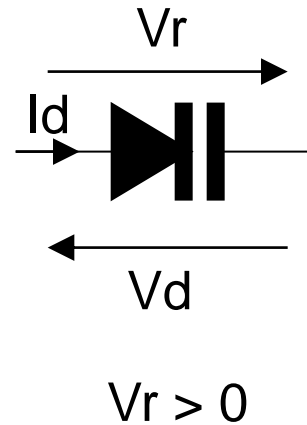


Gamme de fréquence : qq 100kHz à 3 GHz

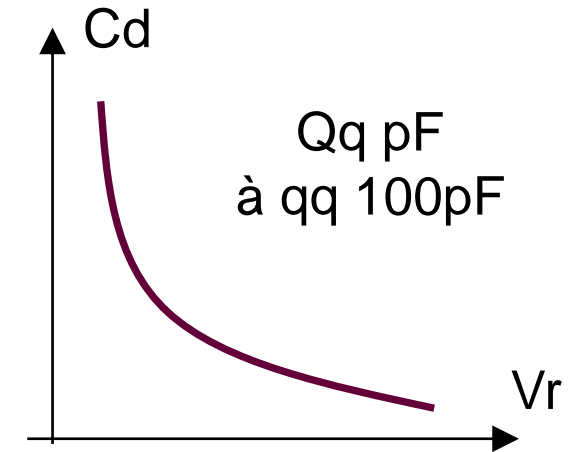
6 Un composant indispensable : La diode Varicap

Principe : Une diode polarisée en inverse présente une zone neutre isolante dont l'épaisseur varie en fonction de la tension inverse appliquée. Cette zone qui se présente comme un diélectrique constitue ainsi une capacité équivalente dont la valeur dépend de la tension inverse

Symbole



Caractéristique simplifiée



Modèle mathématique

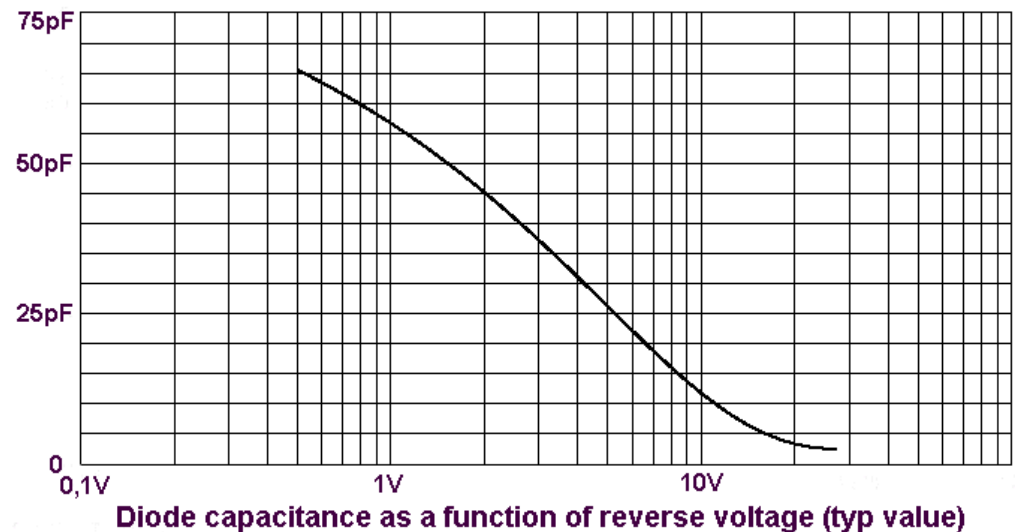
$$C_d = \frac{C_o}{\left(1 + \frac{V_r}{V_o}\right)^\gamma}$$

γ : Facteur de forme (0,5 ou >)

V_o : tension de seuil

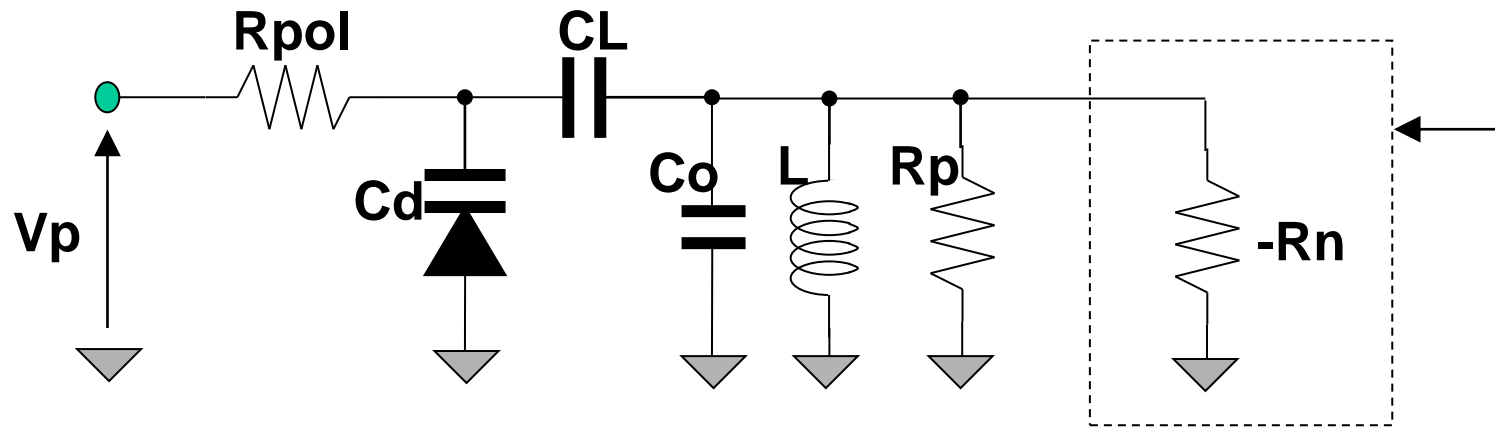
C_o : Capacité de la jonction non polarisée

Ex de caractéristique constructeur (BB113)

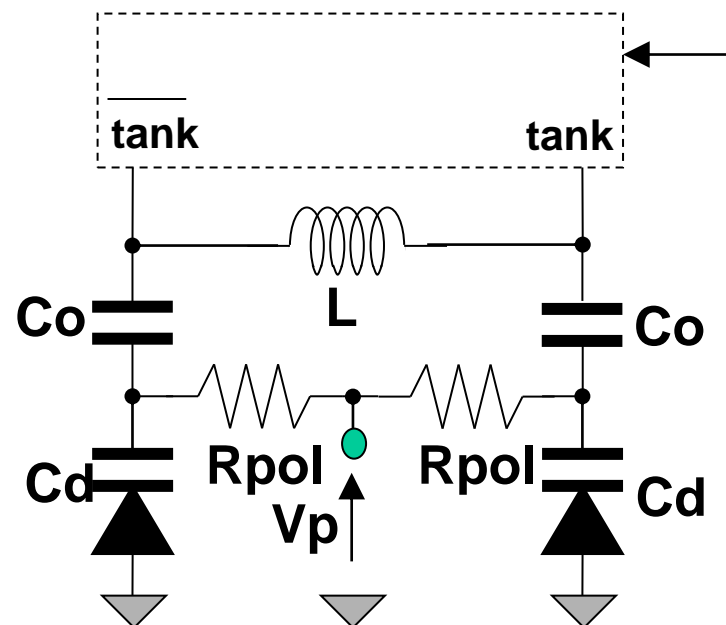


6 Mise en œuvre des diodes varicap

Dans une configuration de type résistance négative :

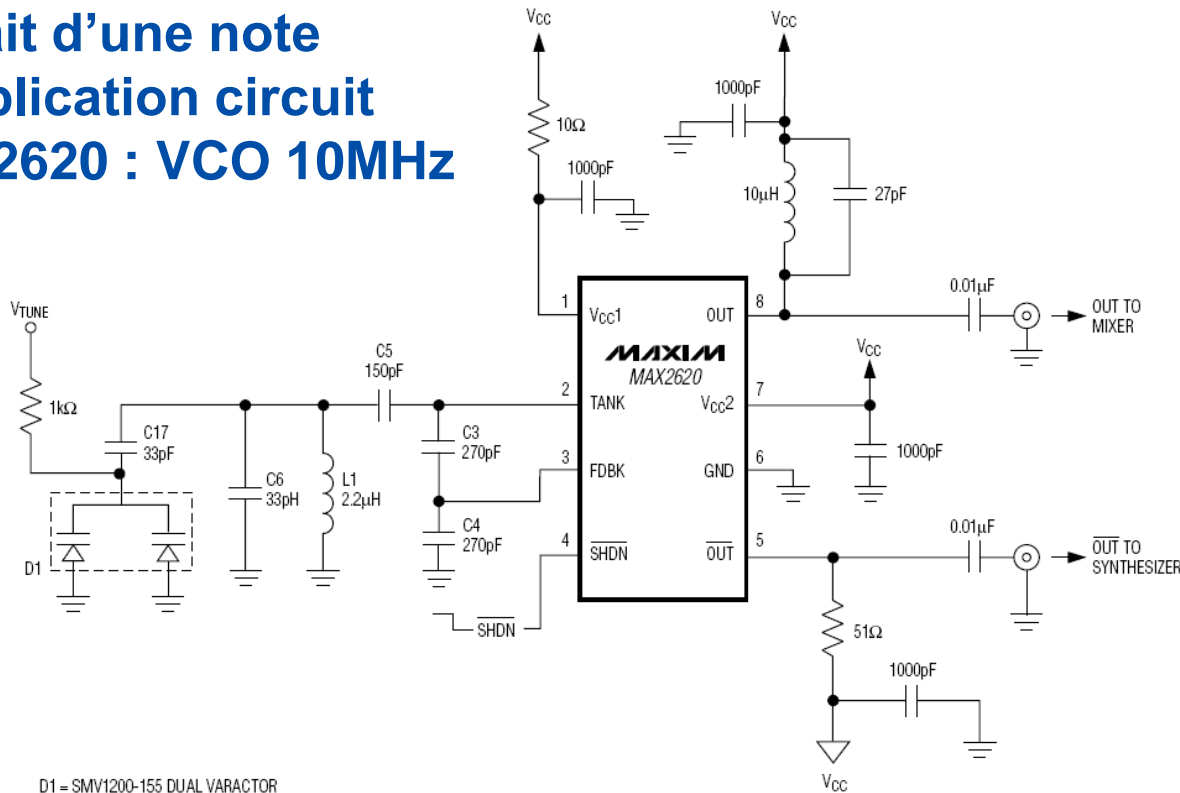


Dans une configuration de type Colpitts :

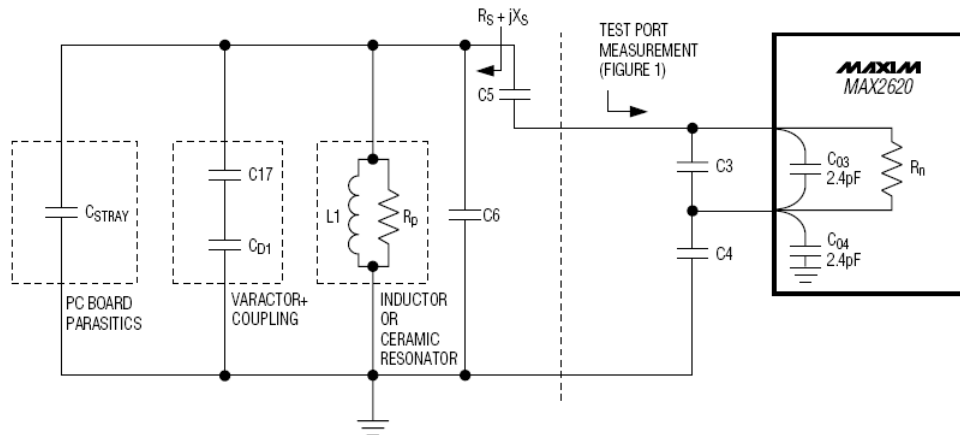


6 Un condensateur équivalent quelque peu complexe !

Extrait d'une note d'application circuit MAX2620 : VCO 10MHz



D1 = SMV1200-155 DUAL VARACTOR



RESONANT TANK MODEL

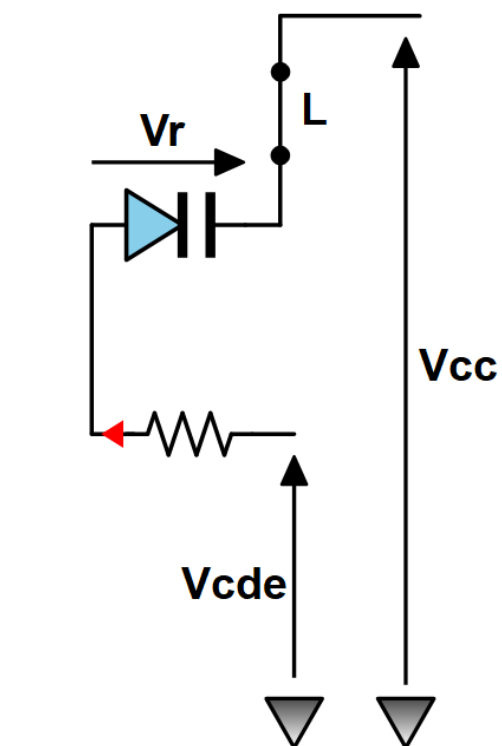
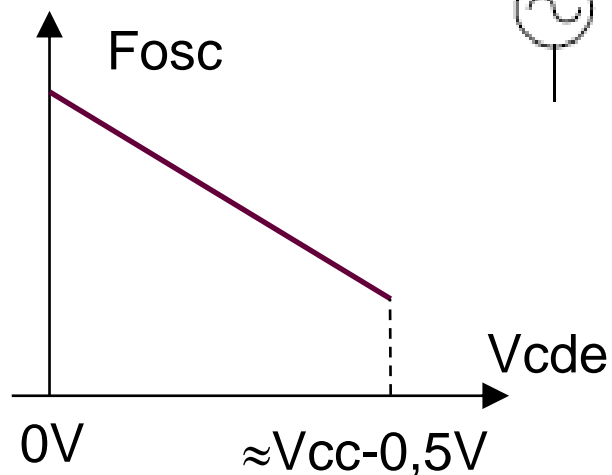
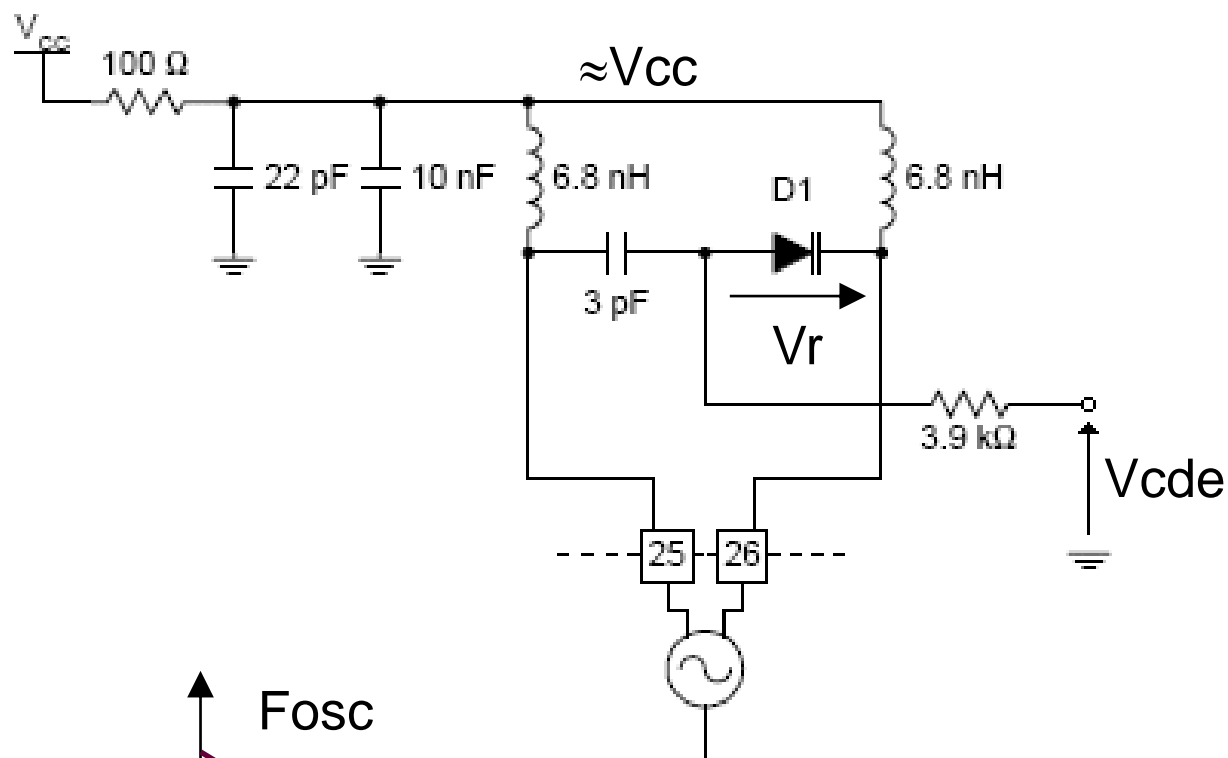
MAX2620 PACKAGE MODEL

$$f_o = \frac{1}{2\pi \sqrt{L1 \left[C_{STRAY} + \frac{C_{17} \times C_{D1}}{C_{17} + C_{D1}} + C_6 + \frac{C_5 \times C_n}{C_5 + C_n} \right]}}$$

$$\text{where } C_n = \frac{(C_3 + C_{03})(C_4 + C_{04})}{C_3 + C_{03} + C_4 + C_{04}}$$

6 Une commande de diode Varicap à partir de 0V

Extrait d'une note d'application circuit RF2917 : 433/868/915MHZ FM/FSK RECEIVER



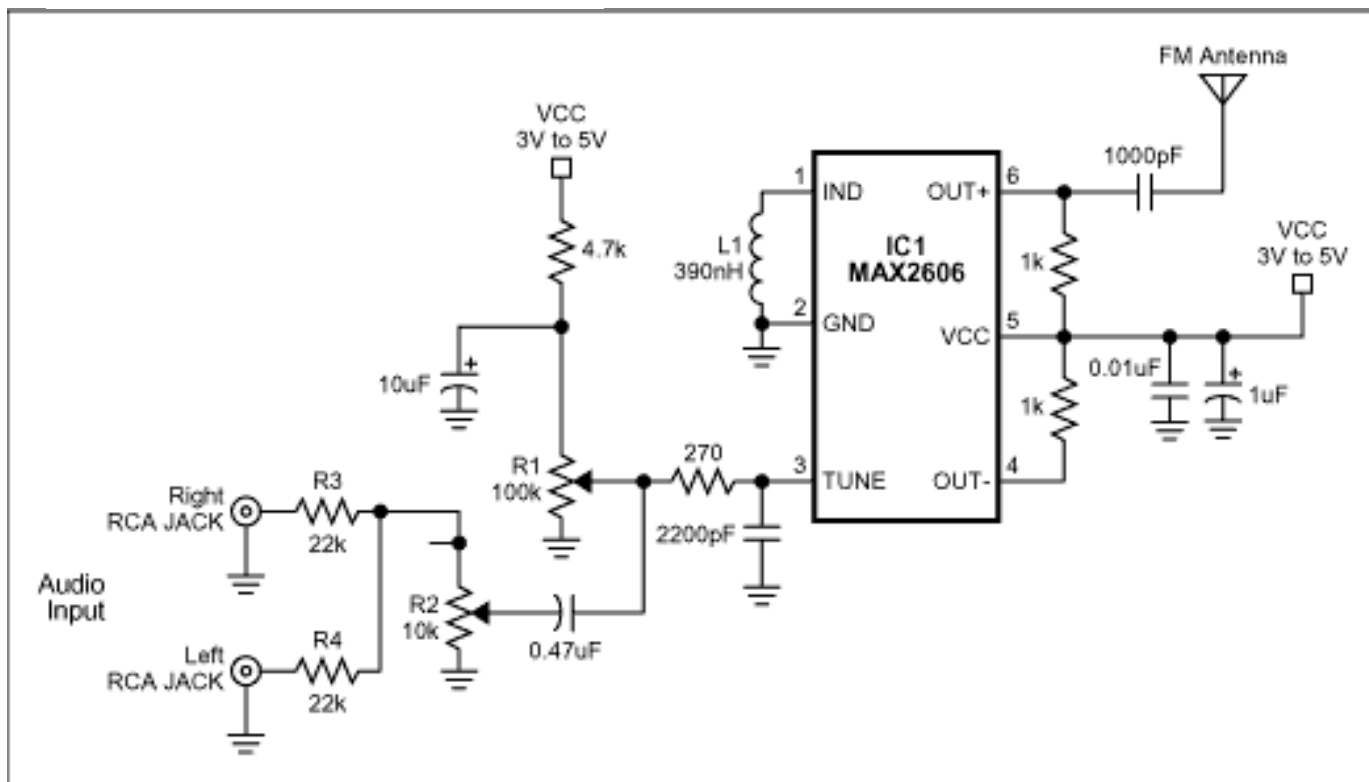
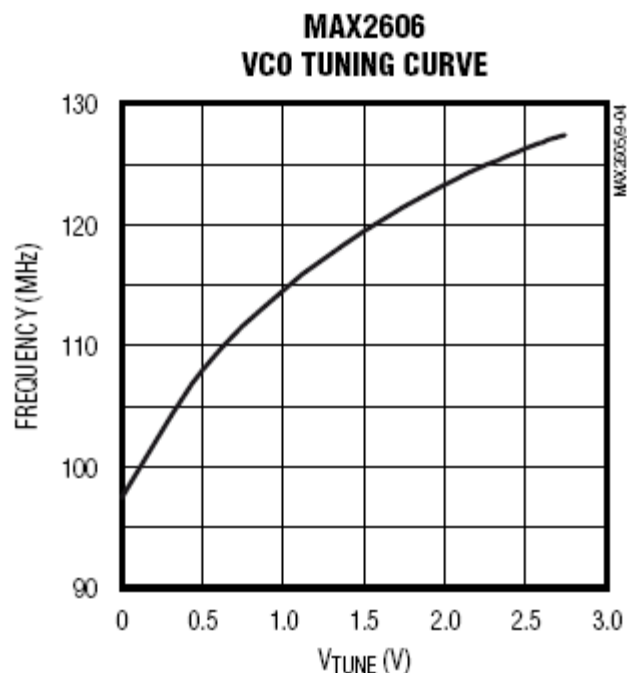
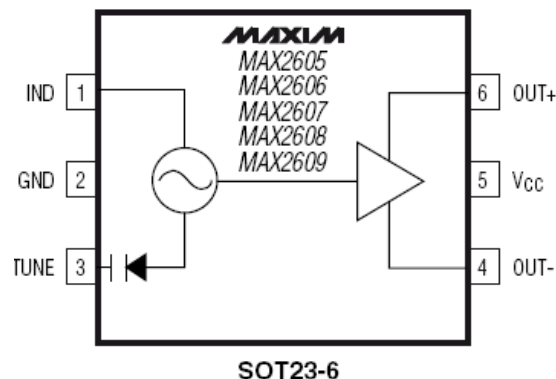
$$V_{cc} = V_r + V_{cde}$$

$$V_r = V_{cc} - V_{cde}$$

6 Un exemple de VCO avec diode Varicap intégrée

Exemple : Le circuit MAX2606 intègre une diode varicap et l'élément actif de l'oscillateur

- ◆ Small Size
- ◆ Integrated Varactor for Tuning
- ◆ Low Phase Noise
- ◆ Wide Application Frequency Range
- ◆ Differential or Single-Ended Outputs
- ◆ Single +2.7V to +5.5V Supply
- ◆ Ultra-Small SOT23-6 Package
- ◆ On-Chip Temperature-Stable Bias
- ◆ Low-Current Operation



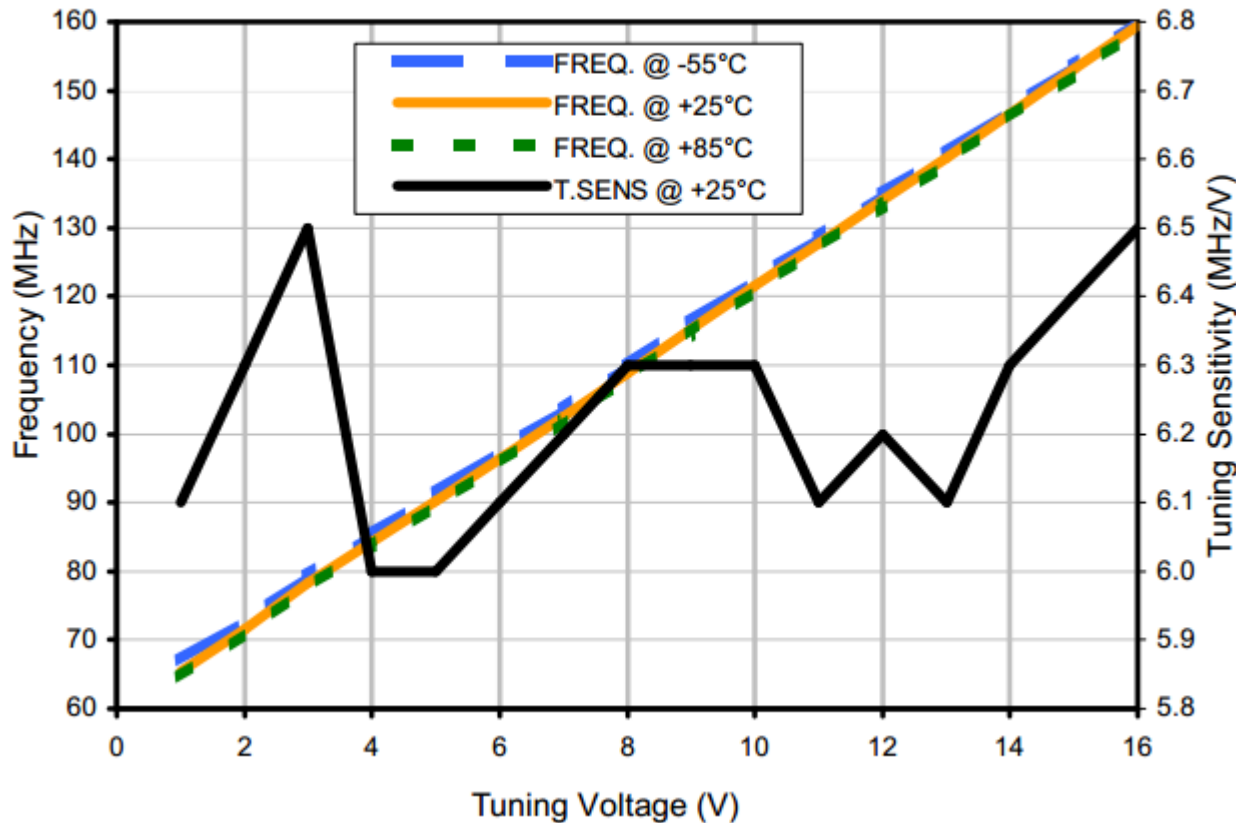
6 Un exemple de VCO totalement intégré

Electrical Specifications

FREQUENCY (MHz)		POWER OUTPUT (dBm)	TUNING VOLTAGE (V)		PHASE NOISE (dBc/Hz) SSB at offset frequencies: Typ.				PULLING pk-pk @ 12 dB (MHz)	PUSHING (MHz/V)	TUNING SENSITIVITY (MHz/V)	HARMONICS (dBc)		3 dB MODULATION BANDWIDTH (MHz)	DC OPERATING POWER	
Min.	Max.	Typ.	Min.	Max.	1 kHz	10 kHz	100 kHz	1 MHz	Typ.	Typ.	Typ.	Typ.	Max.	Typ.	Vcc (volts)	Current (mA) Max.
75	150	+9.5	1	16	-80	-103	-127	-147	0.8	0.3	5.8-6.7	-23	-17	0.1	12	20



Frequency and Tuning Sensitivity



Voltage Controlled Oscillator

POS-150+

Linear Tuning 75 to 150 MHz

Features

- low load pulling, 0.8 MHz typ.
- excellent harmonic suppression, -23 dBc typ.
- hermetically sealed

Applications

- test instruments
- signal generators