

TD IP-AMS

Dimitri Galayko

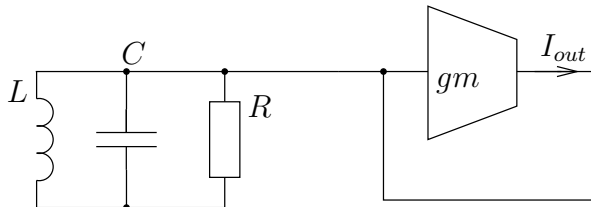


FIG. 1 –

1 Introduction

Ce TD porte sur les cours "Oscillateurs", "Inverseur en mode courant" et "Bruit dans les oscillateurs".

2 Oscillateurs LC

1. Comment, en s'inspirant du schéma de principe de la fig. 1 réalise-t-on un oscillateur à partir de deux transconductances CMOS (inverseurs), une inductance non-idéale et une capacité? Une suggestion est donnée par le schéma de la fig. 2, et son analyse est le but de l'exercice. On connaît la valeur de l'inductance L , sa résistance série r_L , la valeur de la capacité.

– Pourquoi le montage de la fig. 1 nécessite un réseau LC parallèle et non série?

– Comment et pourquoi faut-il polariser le circuit (la polarisation n'est pas montrée! le circuit assemblé tel quel ne fonctionnera pas...)?

– Pour les valeurs ci-dessous, calculez les dimensions des transistors P et N en technologie CMOS035, en utilisant le modèle quadratique. Vous négligez les capacités intrinsèques des transistors (car elles sont bien plus faibles que C) et la conductance de sortie g_{ds} de l'étage connecté au résonateur.

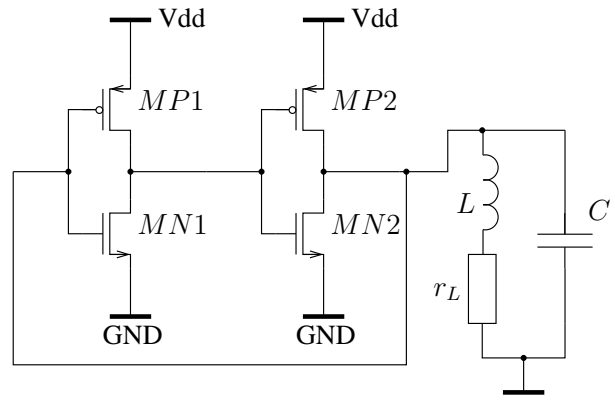


FIG. 2 –

2. Proposez un montage permettant de générer la polarisation.

3. Pour ne pas avoir besoin d'une source de polarisation, on utilise un montage différentiel. Ce n'est qu'une variation du schéma précédent : plutôt que de connecter le résonateur LC entre un terminal de la transconductance et la masse, on le connecte entre les sorties des transconductances (les seuls noeuds autres que GND et Vdd présents dans le circuit). La polarisation n'est plus nécessaire, cependant, pour assurer les oscillations, il faut recalculer les dimensions des transistors.

– pourquoi les dimensions de transistors calculées pour le cas précédent ne sont plus suffisantes pour mettre le système en oscillation?

– Donnez les nouvelles dimensions de transistors.

Valeurs numériques :

$$L = 1nH$$

$$C = 10pF$$

$$r_L = 1\Omega$$

Pour la technologie AMS035 :

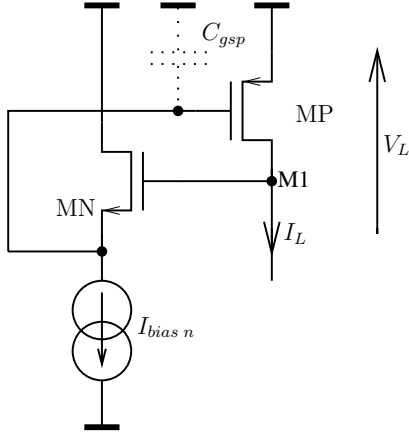


FIG. 3 –

$$\begin{aligned}\mu_n &= 4.035 \cdot 10^{-2} mV^{-1} s^{-1}, \\ \mu_p &= 1.296 \cdot 10^{-2} mV^{-1} s^{-1}, \\ t_{ox} &= 7.70e - 9m\end{aligned}$$

3 Réalisation de la charge pour la logique en mode courant

3.1 Transistor pMOS en régime ohmique

Pour la technologie AMS035, trouvez la conductance maximale pour un courant de $100 \mu A$ et tension drain-source nominale de $0.4 V$, la tension d'alimentation étant de $3.3 V$. Jugez de la linéarité du transistor dans ce point de fonctionnement.

3.2 Transistor pMOS en régime de saturation

Le circuit de la fig. 3 présente une réalisation alternative d'une charge active. Ce circuit réalise, en réalité, une diode quadratique, mais dont le seuil est contrôlé par le suiveur réalisé par $I_{bias\ n}$ et le transistor MN. Le seuil de la diode peut être de V_{th} jusqu'à zéro : la dernière configuration est particulièrement intéressante, car permet d'avoir une caractéristique I-V de la charge de type $I_L = \alpha V_L^2$.

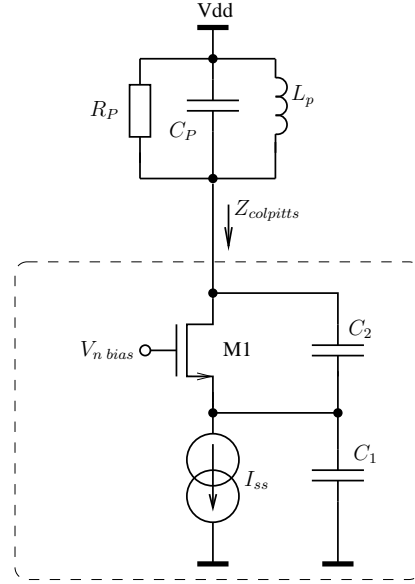


FIG. 4 – Oscilateur de Colpitts

1) Exprimez la caractéristique statique I-V de la charge via les paramètres des transistors ($V_{th\ n}$, $(W/L)_n$, $V_{th\ p}$, $(W/L)_p$, $I_{bias\ n}$).

2) Montrez, que si on prend en compte la capacité grille-source du transistor MP, l'impédance de la charge est inductive, i.e., de type LR_L série. Pour cela, vous analyserez le schéma équivalent petit signal, en représentant les transistors par leurs transconductances idéales.

4 Oscillateur de Colpitts

L'oscillateur de Colpitts a pour avantage d'utiliser une seule transconductance négative, contrairement à l'oscillateur LC classique nécessitant une transconductance positive. L'oscillateur de Colpitts peut donc être fait avec un seul transistor, fig. 4.

Cet oscillateur peut être vu comme un réseau électrique composé de deux dipôles : l'un est le réseau RLC réel, l'autre est le dipôle actif réalisé à l'aide des éléments M1, C_1 et C_2 . Le transistor M1 est polarisé en régime de saturation par les sources I_{ss} et $V_{bias\ n}$. Ces deux dipôles sont montés en série. Pour que le

6 Bibliographie

Behzad Razavi, Design of Analog CMOS Integrated Circuits, McGRAW-HILL International Edition

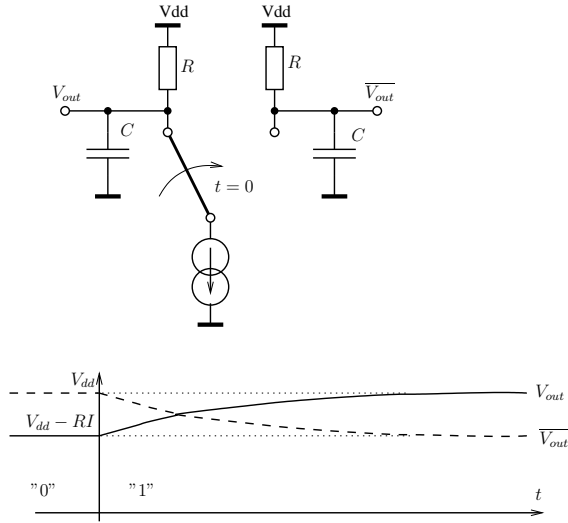


FIG. 5 –

circuit oscille, il faut qu'à une fréquence (celle d'oscillations) l'impédance du circuit soit nulle.

1) Démontrez que l'impédance $Z_{colpitts}$ (fig. 4) a la partie réelle négative, i.e., est capable de compenser les pertes dans la résistance R_P du résonateur RLC.

2) Donnez l'équation permettant de trouver les pôles de ce réseau (et donc, permettant de trouver la fréquence d'oscillation).

Lors de vos analyses, vous modéliserez le transistor comme une transconductance idéale g_m , en négligeant la conductance de sortie g_{ds} .

Une analyse alternative de ce réseau est donnée chez Razavi : il arrive à la même équation (que vous devez obtenir dans la question 2), et il indique les simplifications permettant de la résoudre.

5 Bruit dans les oscillateurs

1. Soit un oscillateur en anneau réalisé à partir de N étages d'inverseurs en mode courant (fig. 5). En supposant que le switch commute d'une manière instantanée lorsque la tension d'entrée traverse le seuil (i.e., change de signe), calculez l'ISF de cet oscillateur.

2. Calculez l'ISF d'oscillateur LC idéal.