

Examen AMS-IP

Deux heures, documents autorisés

Dimitri Galayko

Janvier 2012

1 Etude de résonateur

1.1 Résonateur actif

Le circuit de la fig. 1 est un résonateur actif.

a) En supposant que vous connaissez tous les paramètres du transistor, donnez la fonction de transfert petit signal du circuit. Pour cela, vous dessinerez le schéma équivalent petit signal du transistor, sans négliger la résistance drain-source (c.a.d., en la considérant r_{ds} finie).

b) Est-ce qu'il est possible de faire de ce circuit un oscillateur en appliquant son entrée sur sa sortie ? Pourquoi ?

1.2 Choix du circuit de compensation

Nous souhaitons maintenant utiliser le dernier circuit pour fabriquer un oscillateur. Pour cela, nous devons utiliser une étage d'amplification qui inverserait le signe de la fonction de transfert du résonateur, en rendant possible des oscillations.

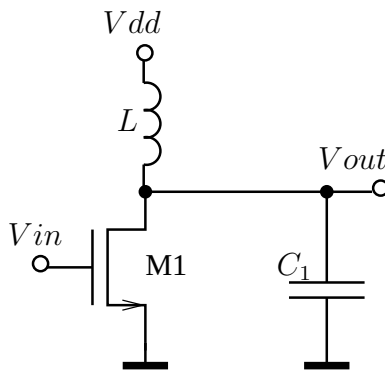


Figure 1:

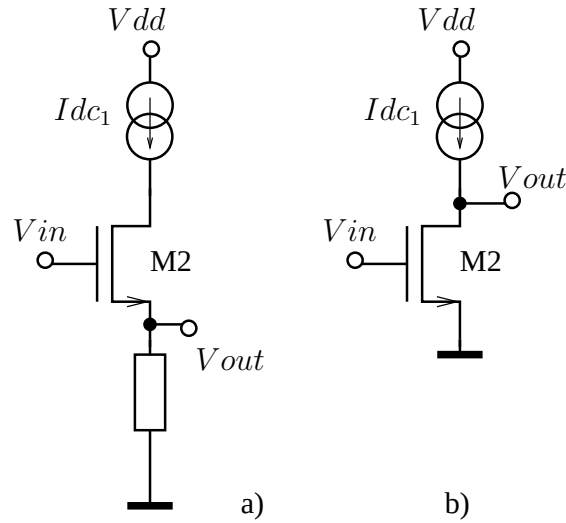


Figure 2:

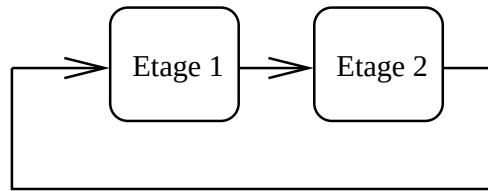


Figure 3:

Lequel des deux circuits donnés fig. 2 choisiriez vous pour cela? Pourquoi?

1.3 Fonction de transfert de la cascade des circuits

Le résonateur de la fig. 1 et le circuit de la fig. 2b) sont connectés en cascade. Donnez la fonction de transfert de la cascade. Pour cela vous devrez d'abord calculer la fonction de transfert du circuit de la fig. 2b. Vous tiendrez compte de la résistance de sortie (r_{ds} de transistor).

1.3.1 Oscillateur

Maintenant, on reboucle la sortie de la cascade de deux circuits vers son entrée (fig. 3).

- En considérant la fonction de transfert en boucle ouverte, montrez que le système rebouclé est un oscillateur.
- Trouvez la fréquence d'oscillation
- Trouvez la condition de démarrage d'oscillation (la condition de gain).

2 Dimensionnement de l'oscillateur et polarisation

Le but de cette partie est de dimensionner les transistors M1 et M2, et de réfléchir sur la polarisation du circuit.

2.1 La condition de gain

Est-ce que la condition de gain que vous avez obtenue est "difficile" à respecter ? Est-ce qu'elle est respectée avec des transistors de taille minimale ($W=0.7\text{ }\mu\text{m}$, $L=0.35\text{ }\mu\text{m}$) ? Aucun calcul n'est nécessaire pour répondre à cette question.

2.2 Polarisation de M1

a) Quelle sont les valeurs DC des tensions suivantes :

- V_{ds} de transistor M1 de l'étage 1 (résonateur),
- V_{gs} du transistor M2 de l'étage 2 ?

Est-ce que ces valeurs risquent de poser problème pour le fonctionnement du transistor M2, compte tenu du fait que la tension d'alimentation est limitée à V_{dd} ?

b) Pour réduire la tension de polarisation de la grille du transistor M2 (par ex., à $V_{dd}/2$), on peut utiliser un diviseur de tension formé de deux diodes quadratiques (fig. 4, trans. M3 et M4). Pour rappel, une diode quadratique est un transistor MOS fonctionnant en régime de saturation, car $V_{gs} = V_{ds}$. En régime de petit signal, une diode quadratique est équivalent à une conductance gm de transistor.

– Comment change le gain (la fonction de transfert) du résonateur (étage 1) ?

– Vu que gm dépend de la taille des transistor et le concepteur a la liberté de choisir sa valeur, a-t-on l'intérêt d'utiliser, pour le diviseur, des gm grands ou petits ?

c) Pour bien fixer la tension de grille du transistor M1, on remplace la source de courant I_{dc1} par une diode quadratique (fig. 4, trans. M5), en souhaitant fixer la valeur DC de V_{ds} à $V_{dd}/2$.

En supposant que le transistor M2 a une taille minimale ($W=0.7\text{ }\mu\text{m}$, $L=0.35\text{ }\mu\text{m}$), la DC V_{gs} de M2 est $V_{dd}/2$, dimensionner le transistor M5 de la diode quadratique de sorte à fixer la tension de drain de M2 (et donc celle de grille de M1) à $V_{dd}/2$.

$$C_{ox} = 3.933 \cdot 10^{-3} \text{ Fm}^{-2} \quad \mu_n = 3.88 \cdot 10^{-2} \text{ mV}^{-1} \text{ s}^{-1}, \quad V_{thn} = 0.5 \text{ V}.$$

2.3 Nouvelle fonction de transfert de l'oscillateur en boucle ouverte

Pour pouvoir polariser le circuit, dans les exercices précédents on a ajouté des diodes quadratiques, qui ont modifié la fonction de transfert en boucle ouverte de l'oscillateur.

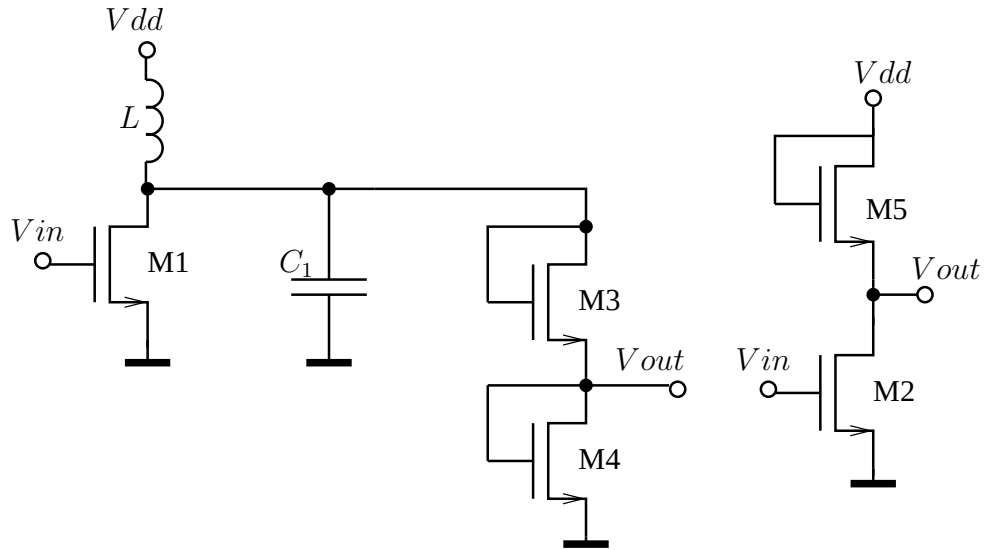


Figure 4:

Recalculez le gain en boucle ouverte de l'oscillateur, et redéfinissez la condition de gain. Pour cela, vous représenterez les diodes quadratiques comme des conductances gm , et vous reanalysez les circuits petit signal des étages. Les deux diodes du pont diviseur (étage 1) sont identiques et ont une conductance gm_3 , la diode remplaçant la source de courant (étage 2) a une conductance gm_5 .