UPMC – master SESI – UE AMS-IP

TP 1. Etude et conception manuelle d'une cellule d'inverseur en mode courant pour un oscillateur en anneau

Dimitri Galayko et Marie-Minerve Louërat

16 décembre 2011

1 Introduction

Durant ce TP, nous allons utiliser l'environnement de conception suivant :

- technologie CMOS0.35, avec les modèles de transistor MOS pour ELDO;

- modèles quadratiques du transitor MOS pour les calculs manuels;

– simulateur ELDO sous linux :

(Consultez : /users/outil/ipcairo/stage/2011/DOCS/README.eldo).

Pour démarrer le TP, vous utiliserez les fichiers contenant les netlists des circuits relatifs aux exercices :

/users/outil/ipcairo/stage/2011/AMS-IP/TP1/*

Vous devrez rendre un compte rendu écrit de ce TP pour la séance suivante. Les sections notées (option) sont à étudier si le temps le permet.

2 Oscillateurs LC

Cette partie fait référence directe à la partie 2 du TD : Oscillateurs LC. Le fichier inverseur.cir contient la netlist d'un inverseur CMOS (ouvrez ce fichier et dessinez la netlist correspondante). Il contient deux ports (in out) et nécessite la présence d'un noeud global VDD polarisé à la tension 3.3V (la tension d'alimentation de la technologie 0.35μ m). Ce fichier doit être inclus dans la netlist du circuit fonctionnel (testbench, oscillateur, etc...). Ce souscircuit a un seul paramètre K qui donne le nombre d'inverseurs de tailles identiques branchés en parallèle (en fait chacun des transistors peut avoir K transistors de tailles identiques en parallèle). Les largeurs/longueurs des transistors sont données par : $L_p = L_n = 1\mu$, $W_p = 2$, $W_n = 2\mu$, M = K.

M : c'est un paramètre standard du modèle BSIM3 ELDO donnant le nombre de transistors en parallèle.

2.1 Résistance (conductance) négative

Le fichier exo2.1.cir contient la netlist d'une résistance négative qui est vue entre la masse et le noeud A ou B. Ouvrez le fichier et dessinez la netlist avec le nom des ports.

En appliquant une tension de test entre la masse et le noeud A, afficher la caractéristique courant-tension, et donner la valeur absolue maximale de la conductance négative. Indiquez également la plage de tension du point A pour laquelle la conductance est négative.

2.2 Comparaison théorie/pratique

Il a été indiqué en TD que la conductance négative est donnée par la formule suivante :

$$G = -(gm_n + gm_P)^2 / (gds_n + gds_p).$$

$$\tag{1}$$

Fixez la tension de test à la valeur correspondant à |G| maximale et pour ce point identifiez les paramètres de la formule 1, de sorte à pouvoir calculer G. Comparez la valeur calculée avec la valeur mesurée.

Note. Pour mesurer un paramètre de transistor sous Eldo, aidez-vous du fichier "exo2.2.cir.acompleter" et utlisez les commandes de mesure de gm ou gds :

 $\operatorname{print} \operatorname{gm}(\operatorname{cnom} \operatorname{de transistor}) \operatorname{gds}(\operatorname{cnom} \operatorname{de transistor})$

<nom de transistor> = le "chemin compet hiérarchique" vers le transistor, par ex., X1.MP (cf. exemple dans le fichier exo2.2.cir.acompleter").

2.3 Oscillateur LC : architecture 1

Maintenant, on raccorde un résonateur LC parallèle réaliste, i.e., avec pertes, à cette résistance négative, avec pour but d'obtenir un oscillateur. Nous proposons les valeurs suivantes pour les éléments RLC :

 $R=1\Omega$,

C=1nF,

L=100 nH

La résistance R représente les pertes dans l'inductance, elle est donc branchée en série avec elle. Pour compenser les pertes à l'aide d'une résistance négative branchée en série, il faut que cette dernière ait une valeur absolue maximale de 100 Ohms (calculé en TD). Réfléchissez à la possibilité de réaliser l'oscillateur à l'aide de la conductance négative que vous avez caractérisée dans la partie 2.1. Pour appuyer votre conclusion, effectuez une simulation d'oscillateur avec cette conductance à l'aide du fichier "exo2.3.cir.acompleter". Prenez 2000 ns pour le temps de simulation. Si nécessaire, modifiez les paramètres de l'inverseur (K) pour rendre possible les oscillations.

2.4 On veut augmenter la fréquence...

Pour augmenter la fréquence, il faut diminuer les valeurs de L et de C. En supposant que R ne change pas, diminuez L et C par 10, et refaites la simulation avec la configuration qui était oscillante avec les anciennes valeurs.

Commentaire : la formule obtenue en TD montre que la valeur absolue maximale de la résistance négative permettant au circuit d'osciller est donnée par la formule :

$$R_{neg} = \frac{L}{CR}.$$
(2)

Ainsi, dans le cadre du modèle de calcul utilisé, le circuit devrait se mettre à osciller, cependant, à la fréquence 10 fois plus grande. Pourtant, avec une valeur de la résistance négative proche de 100 Ω , le circuit n'oscille pas, comme montre l'expérience de modélisation. Pour rendre le circuit oscillant, il faut augmenter K de sorte à diminuer davantage la valeur de la résistance négative. A votre avis, quel phénomène, négligé dans l'analyse présentée en TD, invalide les résultats de cette dernière?

2.5 Oscillateur LC différentiel (option)

En vous inspirant des netlists qui vous sont fournies, dessinez la netlist de d'oscillateur différentiel, comme proposé en TD et écrivez vous même la netist pour la simulation.

Avec la valeur de la résistance négative utilisée pour le circuit précédent, le circuit n'oscille pas. Les raisons ont été présentées en TD. Modifier les paramètres du circuit pour rendre possibles les oscillations.

3 Oscillateur en anneau à base d'inverseur en mode courant

Pour cette partie, vous utiliserez le fichier inverseur_mode_courant.cir qui définit un sous-circuit d'inverseur en mode courant étudié en cours 2. Ce souscircuit n'est pas paramétrable. Pour un fonctionnement correct, il nécessite les tensions de polarisation suivantes :

Vdd=3.3 V Vbiasp=0 Vbiasn=0.7494 V Ouvrez le ficher et d

Ouvrez le ficher et dessinez la netlist correspondante avec le nom des ports.

3.1 Etude de l'étage d'inverseur mode courant

Créez une netlist de circuit de test permettant de faire les mesures suivantes (à l'aide du fichier exo3.1.cir.acompleter) :

– Tension en mode commun qu'aura ce circuit dans le contexte d'oscillateur en anneau,

– Gain DC en mode commun,

– Gain différentiel.

En régime de mode commun, identifiez les gm et gds de tous les transistors. Calculez les valeurs théoriques des gains en mode commun (mc) et en mode différentiel (md) à l'aide des formules données en cours; comparez avec les valeurs simulées.

3.2 Test élémentaire d'oscillateur

A l'aide du fichier "exo3.2.cir.acompleter" écrivez un fichier ELDO réalisant un oscillateur à partir du sous-circuit défini dans le fichier inverseur_mode_courant.cir.

Simulez l'oscillateur et visualisez les formes d'ondes de sortie d'un inverseur, la tension de drain du miroir de courant et les courants dans les deux transistors.

Que pouvez vous dire sur la linéarité de l'oscillateur?

3.3 Influence du courant. (option)

Mesurez le courant DC dans le transistor (en mode commun). Dans le fichier inverseur_mode_courant.cir, remplacez le par une source de courant de la même valeur. Faites plusieurs simulations en modifiant le courant de -20% à +20% de la valeur nominale, avec un pas de 2%, et mesurez à chaque fois la fréquence des oscillations.

Trancez la courbe f(Iss). Estimez le paramètre

$$\frac{\partial f_{osc}/f_{osc}}{\partial I_{ss}/I_{ss}} \tag{3}$$

Pour réaliser ces mesures d'une manière automatique, utiliser les commandes .extract et meas de Eldo, aussi bien que la fonction xthres (cf. le manuel d'eldo pour plus de détails).