

TP 2. Etude et conception d'un IP AMS : cellule
d'inverseur en mode courant pour un oscillateur en
anneau

Dimitri Galayko et Marie-Minerve Louërat

3 janvier 2012

1 Introduction

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

- l'environnement de conception CAIRO. Consultez la documentation sur le trac wiki :
<https://www-soc.lip6.fr/trac/cairo>
- technologie CMOS0.35
- modèles BSIM3V3 du transistor MOS pour CAIRO et ELDO
- 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/TP2/*`

Vous devrez rendre un compte rendu écrit de ce TP pour le mercredi 18 janvier 2012 sous la forme d'une "data sheet" du générateur. Dans la suite du document sont précisées les informations devant figurer dans le compte rendu écrit.

2 Fichiers à considérer pour le générateur Inverseur en mode courant

Dans cette section sont présentés les fichiers fournis.

2.1 l1_CMLinvertor_v2.cpp

Recopiez le fichier **l1_CMLinvertor_v2.cpp.acompleter** sous **l1_CMLinvertor_v2.cpp**. ce fichier constitue le générateur de l'inverseur en mode courant, dit aussi circuit d'inverseur en mode courant paramétrable. Il faut également **l1_CMLinvertor_v2.h**. Vous devrez identifier et, le cas échéant, compléter les différentes parties de ce fichier. Vous trouverez :

1. Nom du générateur : **L1_CMLinvertor**
2. CAIRO_BEGIN_CREATE : création des structures et paramètres
 - Connecteurs d'entrée et sortie du circuit
 - Net-list : instanciation des devices (soit encore la structure en devices, dite aussi topologie)
 - Connexion des instances (devices)
 - Description du placement relatif des instances (Layout template)
 - Déclaration des noms de paramètres pour le dimensionnement électrique
 - Déclaration des procédures de dimensionnement avec les paramètres associés (entrée et sorties)
3. CAIRO_BEGIN_DSES : dimensionnement électrique
 - Paramètres du circuit : entrées à fixer par le concepteur et sorties fournies par le générateur
 - Dimensionnement de la paire différentielle. **A compléter.**
 - Dimensionnement de la source de courant. **A compléter.**
 - Dimensionnement de la charge active. **A compléter.**
4. CAIRO_BEGIN_LAYOUT : description du routage procédural. Cette fonction est entièrement donnée.

2.2 t_CMLinvertor.cpp

Fichier pour générer un circuit à partir du générateur **L1_CMLinvertor**, de la technologie (350nm) et des spécifications données.

Le lancement de l'exécutable obtenu à partir de ce fichier génère :

- La netlist dimensionnée : **invertor.spi**
- Un fichier pour polariser l'inverseur : **bias_CMLinvertor.cir**
- Un fichier de simulation pour eldo : **simulation_invertor.cir**

- Après conversion du format de masques par la commande :
s2r invertor
les fichiers de masques en technologie 350nm, hiérarchiques, visualisables sous l'éditeur dreal :
dreal -l invertor

2.3 Makefile et environnement

- source `cairo_env_350`
configure l'environnement de CAIRO en technologie 350nm.
- make
compile les fichiers sources, crée l'exécutable et lance l'exécution.

2.4 oscillateur_test.cir

Ce fichier est un fichier d'entrée pour le simulateur eldo, en technologie 350nm, permettant d'instancier la cellule inverseur réalisée dans le contexte d'un oscillateur en anneau, de visualiser les oscillations, le cas échéant, et de mesurer la fréquence.

3 Etude de l'étage d'inverseur mode courant. Création du générateur CMLinvertor

Vous devez **compléter** le fichier `l1_CMLinvertor_v2.cpp` (lire tout le fichier et compléter les lignes indiquées par des ...) et le **compiler** avec la commande appropriée figurant dans le fichier **Makefile**. Vous devrez décrire dans le rapport la liste exhaustive de tous les paramètres considérés.

- **Paramètres du circuit** : entrées à fixer par le concepteur et sorties fournies par le générateur.
- **Dimensionnement de la paire différentielle**. Vous devrez identifier les entrées à fixer par le concepteur et sorties fournies par le générateur. Vous devrez identifier l'**opérateur** approprié au dimensionnement et compléter le fichier en conséquence. Vous devrez comprendre l'algorithme de dimensionnement.
- **Dimensionnement de la source de courant**. Vous devrez identifier les entrées à fixer par le concepteur et sorties fournies par le générateur. Vous devrez identifier l'**opérateur** approprié au dimensionnement et compléter le fichier en conséquence. Vous devrez comprendre l'algorithme de dimensionnement.

- **Dimensionnement de la charge active.** Vous devrez identifier les entrées à fixer par le concepteur et sorties fournies par le générateur. Vous devrez identifier l'**opérateur** approprié au dimensionnement et compléter le fichier en conséquence. Vous devrez comprendre l'algorithme de dimensionnement.
- **Caractérisation du circuit réalisé.** Vous devrez identifier les caractéristiques utiles de l'inverseur utilisé comme brique de base d'un oscillateur en anneau. Vous devrez comprendre les hypothèses (tension de mode commun, consommation du circuit, excursion en tension de l'inverseur, contraintes de dimensionnement pour la résistance de charge) et les conditions requises par le fonctionnement d'un oscillateur en anneau (valeur du gain d'un étage d'inversion).

4 Création et étude d'un circuit inverseur en mode courant - Respect des spécifications

4.1 Création et caractérisation d'un circuit

Une fois le fichier `l1_CMLinvertor_v2.cpp` complété et quand la compilation de donne plus d'erreur, vous devez examiner le fichier : `t_CMLinvertor.cpp`. Ce fichier permet de créer et analyser un circuit.

Vous devrez identifier les **entrées à fixer** par le concepteur et **sorties fournies** par le générateur. Vous devrez identifier l'appel au générateur `L1_CMLinvertor` et le passage et la récupération des paramètres de dimensionnement.

Vous devrez identifier la **génération des masques** selon une contrainte physique (forme du circuit total).

Vous devrez identifier la **génération du fichier de simulation** avec le circuit de polarisation associé, paramétré par la technologie et les dimensions obtenues après l'appel du générateur.

Vous devrez utiliser les commandes appropriées du fichier `Makefile` pour réaliser l'exécutable et le lancer.

Vous devrez comprendre les **sorties fournies** par le générateur et les **comparer** aux **spécifications fournies**. Vous porterez une attention particulière au régime de mode commun, les gm et gds de tous les transistors. Discutez les gains en mode commun (mc) et mode différentiel (md) à l'aide des formules données en cours.

Vous visualiserez le **layout** et indiquerez **la surface** du circuit.

4.2 Test élémentaire de l'inverseur en simulation

Utilisez le fichier ELDO généré pour effectuer la simulation. Analysez et commentez les résultats.

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

5.1 Simulation du circuit réalisé dans le contexte oscillateur

Pour cette partie, vous utiliserez le fichier **oscillateur_test.cir** qui définit un oscillateur à partir du circuit obtenu dans la partie précédente. Vous réaliserez la simulation proposée et analyserez le fichier fourni et les résultats obtenus (graphiques et numériques).

Vous devrez comprendre les sorties fournies par la simulation électrique et les comparer aux spécifications fournies.

5.2 Influence des spécifications

Vous ferez varier le courant (la consommation) du circuit et lancerez le générateur et les simulations associées.

Vous fixerez les longueurs des transistors à leur valeurs minimales et lancerez le générateur et les simulations associées.

Vous analyserez les différences par rapport au premier circuit obtenu.

6 Document à rendre

Vous proposerez une "data sheet" décrivant le générateur de manière synthétique (utilisez des tableaux) et ses utilisations possibles (vous devrez montrer comment l'utiliser et donner des expériences précises et commentées d'utilisation). Devront obligatoirement figurer :

La description du générateur :

1. Nom du générateur : L1_CMIinvertor
2. Description de la topologie électrique (net list) et paramètres
 - Connecteurs d'entrée et sortie du circuit : noms, dans un tableau
 - Schéma de la net-list avec le nom des connecteurs et tous les noms des instances (devices)
 - Tableaux récapitulatifs des instances (devices), leur type, voir Table 2.
 - Description du placement relatif des instances (Layout template) : schéma de placement relatif

TABLE 1 – Devices instanciés dans le circuit

Nom d'instance du Device	Fonctionnalité	Nom du Générateur	Type	Ses constituants
dp_m2n_m2p	Paire différentielle	DP_CC	NMOS	m2n m2p
tr_ss	Source de courant	TR_MOS	NMOS	tr_ss
tr_loadn_loadp	Charge active différentielle	DP_CC	PMOS	tr_loadn tr_loadp

- Tableau donnant, pour chaque procédure de dimensionnement : le nom de la procédure, les paramètres d'entrée et les paramètres de sortie). Voir le modèle donné Table 2.

TABLE 2 – Procédure SIZE : les paramètres de dimensionnement

Paramètres entrée	paramètres sorties	Commentaire
TEMP		température Commun à tous les devices
VDD		tension alimentation
	DELAY	
	V_SS	tension polarisation source de courant
...

3. Dimensionnement électrique

- Au niveau circuit, vous donnerez les paramètres concernés et l'ordre d'appel des devices dans un tableau récapitulatif.
Vous utiliserez le modèle présenté Table 3 .
 - Vous présenterez l'algorithme sous forme de flot (organigramme), faisant apparaître les paramètres et les devices concernés.
4. Caractérisation du circuit : vous donnerez la liste des performantes pertinentes (gain, fréquence des oscillations, ...) et les équations utilisées pour estimer ces performances.
 5. Exécution du générateur : vous donnerez la commande pour lancer le générateur.
 6. Performances obtenues : vous donnerez des exemples d'utilisation avec performances obtenues (technologie, spécifications d'entrées, performances obtenues : consommation, gain, fréquence de fonctionnement

TABLE 3 – Procédure SIZE : les appels aux opérateurs de dimensionnement des dévices (ordonnés)

Devises Régime	opérateur	paramètres entrées	paramètres sortie
dp_m2n_m2p Saturé	OPVS(VEG,VB)	TEMP, VG, VB, VD, VEG IDS, L	W VS = VD(tr_ss)
dp_m2n_m2p Régime ?	ALL(VGS,W,L)	TEMP, W, L,...	GM, GDS, ...
tr_ss Régime ?	W(VEG,L,IDS)	TEMP, ...	W,
tr_loadn_loadp Régime ?	W(VGS,L,IDS)
tr_loadn_loadp Régime ?	GDS(VGS,W,L)

dans le contexte de l'oscillateur en anneau, dessin des masques, surface silicium)