

Examen Final: Circuits Intégrés Mixtes Analogique-Numérique

24 janvier 2006

2ème Partie. Cours: H. Aboushady

Durée 1h15. Tous les documents sont autorisés.

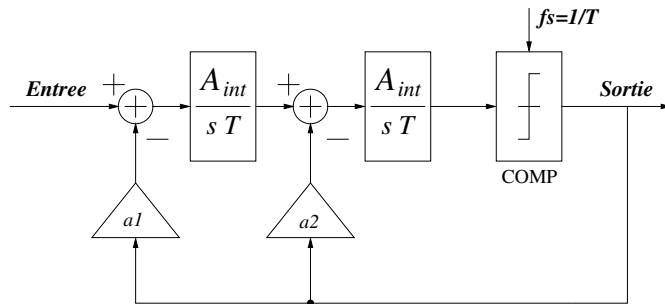


Figure 1:

Nous voulons réaliser un modulateur Sigma-Delta temps-continu (Figure 1) pour un convertisseur analogique numérique ayant les spécifications suivantes:

- Resolution = 8 bits.
- Bande passante du signal = de 10 Hz à 100 kHz.
- Ordre du modulateur = 2.
- Architecture CIFB (Cascade of Integrators Feedback) avec les gains des intégrateurs, $A_{int1} = A_{int2} = 0.5$, et les coefficients de rebouclage, $a_1 = 1, a_2 = \frac{3}{4}$.
- Le rapport de suréchantillonnage, $OSR = 32$.

D'après les simulations au niveau système, ce modulateur atteint un rapport signal sur bruit de quantification ($SNR_Q = 52dB$).

Au niveau circuit faites les suppositions suivantes:

- la tension d'alimentation est de $v_{dd} = 2.0V$.
- les noeuds d'entrée et de sortie sont polarisés à $v_{dd}/2$.
- Tous les transistors ont leurs "Bulk" relié à la "Source", $V_{BS} = 0V$.
- Tous les transistors ont la même longueur, $L = 6\mu m$.
- Nous utilisons une capacité MIM (Metal-Insulator-Metal) avec une densité de $3.0fF/\mu m^2$.
- Nous utilisons une résistance HIPO (HIGHly resistive POly) avec une densité de 1000Ω par carré.
- La puissance du bruit thermique d'une résistance = $4kTRBW$.

Exercice I: Intégrateur RC-Actif

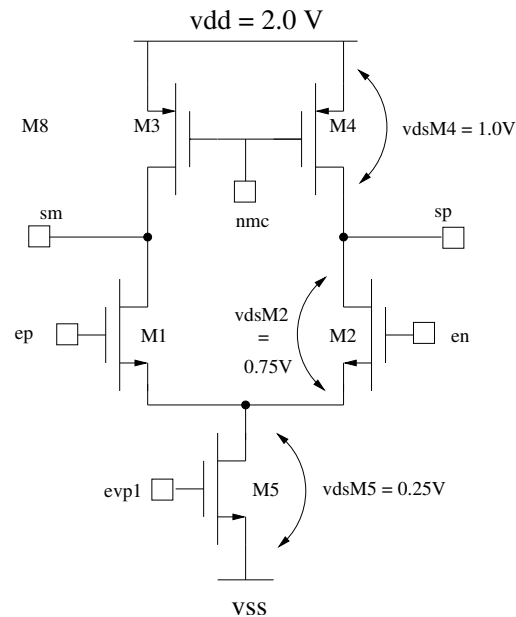


Figure 2:

Si nous réalisons l'intégrateur du modulateur Sigma-Delta avec un intégrateur RC actif:

- (I.1) Quelle est la fréquence de transition, $f_{T_{int}}$ de cet intégrateur.
- (I.2) Pour une résistance, $R = 1M\Omega$, trouver la valeur de la capacité, C .

Pour l'OTA simple illustré dans la figure 2, nous avons:

-le gain statique, $A_0 \approx g_{m_1} R$, où R_{out} est la resistance equivalente aux noeuds de sortie sp et sm .

-la fréquence du pôle dominant, $f_1 \approx \frac{1}{2\pi R_{out} C_{out}}$, où C_{out} est la capacité équivalente au noeuds de sortie sp et sm .

- la fréquence de transition de l'OTA, $f_{T_{OTA}} \approx \frac{g_{m1}}{2\pi C_{out}}$

- (I.3) Si, $f_{T_{OTA}} = 40 * f_{T_{int}}$, quelle est la transconductance g_{m1} et le courant de polarisation de la paire différentiel de l'OTA.
- (I.4) Quel est le gain statique, A_0 , de cet OTA.
- (I.5) A l'aide du tableau, figure 4, trouvez les dimensions des transistors M1-M2, M3-M4 et M5.
- (I.6) Estimer la consommation et la surface de l'intégrateur.
- (I.7) En supposant que le bruit thermique de la résistance est dominant calculer le rapport signal sur bruit thermique, SNR_{TH} , en dB pour une sinusoïde à l'entrée ayant une amplitude de 0.5V. Commenter le résultat obtenu.

Exercice II: Intégrateur mode courant

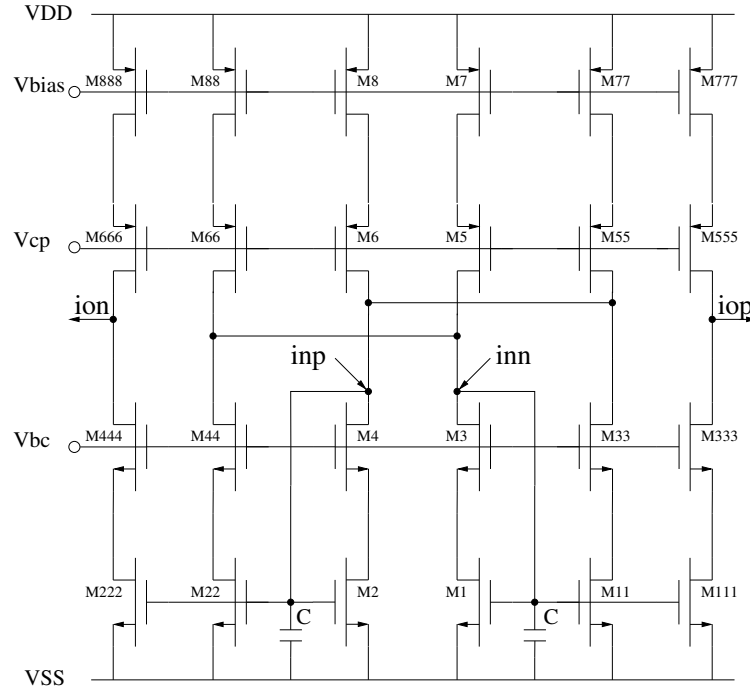


Figure 3:

L'intégrateur mode courant illustré dans la figure 3 possède les caractéristiques suivantes:

- la tension effective de grille du transistor M3, $V_{EG3} = 0.4V$.
- l'indice de modulation de ce circuit $m = 0.6$.

Dans notre modulateur Sigma-Delta nous voulons que le bruit de quantification soit le bruit dominant. Pour cela, nous allons dimensionner ce circuit pour un rapport signal sur bruit thermique ($SNR_{TH} = 60dB$). (NB: Négliger l'effet du bruit en $1/f$).

- (II.1) Calculez la capacité d'intégration, C .
- (II.2) Calculez le courant de polarisation, I_0 .
- (II.3) Calculez les dimensions des transistors M1 et M3 (utiliser le tableau de la figure 4).
- (II.4) Trouvez une estimation de la consommation et la surface de l'intégrateur.
- (II.5) Comparer ce circuit avec la réalisation utilisant l'intégrateur RC-Actif.

Relations utiles:

- La constante de boltzman à température ambiante: $4kT = 1.66 * 10^{-20} VC$.
- $C_{ox} = \frac{\epsilon_{ox}}{t_{ox}}$, la perméabilité de l'oxyde de silicium: $\epsilon_{ox} = 34.5 * 10^{-12} F/m$

Table 2.1 Level 1 SPICE Models for NMOS and PMOS Devices.

NMOS Model			
LEVEL = 1	VTO = 0.7	GAMMA = 0.45	PHI = 0.9
NSUB = 9e+14	LD = 0.08e-6	UO = 350	LAMBDA = 0.025
TOX = 9e-9	PB = 0.9	CJ = 0.56e-3	CJSW = 0.35e-11
MJ = 0.45	MJSW = 0.2	CGDO = 0.4e-9	JS = 1.0e-8
PMOS Model			
LEVEL = 1	VTO = -0.8	GAMMA = 0.4	PHI = 0.8
NSUB = 5e+14	LD = 0.09e-6	UO = 100	LAMBDA = 0.05
TOX = 9e-9	PB = 0.9	CJ = 0.94e-3	CJSW = 0.32e-11
MJ = 0.5	MJSW = 0.3	CGDO = 0.3e-9	JS = 0.5e-8

VTO: threshold voltage with zero V_{SB} (unit: V)

GAMMA: body effect coefficient (unit: $V^{1/2}$)

PHI: $2\Phi_F$ (unit: V)

TOX: gate oxide thickness (unit: m)

NSUB: substrate doping (unit: cm^{-3})

LD: source/drain side diffusion (unit: m)

UO: channel mobility (unit: $cm^2/V/s$)

LAMBDA: channel-length modulation coefficient (unit: V^{-1})

CJ: source/drain bottom-plate junction capacitance per unit area (unit: F/m^2)

CJSW: source/drain sidewall junction capacitance per unit length (unit: F/m)

PB: source/drain junction built-in potential (unit: V)

MJ: exponent in CJ equation (unitless)

MJSW: exponent in CJSW equation (unitless)

CGDO: gate-drain overlap capacitance per unit width (unit: F/m)

CGSO: gate-source overlap capacitance per unit width (unit: F/m)

JS: source/drain leakage current per unit area (unit: A/m^2)

Figure 4: Attention aux unités de la mobilité !