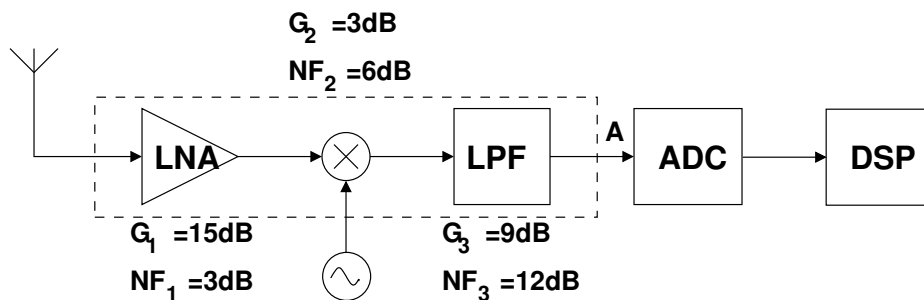


COCAA: COnception de Circuits Analogiques Avancés

Master M2 - SESI, Examen du 24 novembre 2021

Cours: Hassan Aboushady Durée 2h00, documents autorisés: 1 feuille A4.

Exercice I : Récepteur RF.



La figure ci-dessus illustre une chaîne de réception RF. On considère la chaîne de réception RF de la figure. La bande passante de ce système est de 1 MHz. Nous allons considérer les 3 premiers blocs de cette chaîne: l'amplificateur faible bruit (LNA), le mélangeur et le filtre passe-bas (LPF).

Le système nécessite un rapport signal-sur-bruit, SNR, de 7dB pour atteindre le BER désiré.

Question 1-1 : Calculez le plancher de bruit (Noise floor) à l'entrée de ce système.

Question 1-2 : Calculez les facteurs de bruit (Noise factor) F_1 , F_2 et F_3 du LNA, mixeur et LPF.

Question 1-3 : Trouvez une expression pour le facteur de bruit total, F_{tot} .

Question 1-4 : Calculez le facteur de bruit total, F_{tot} , et la figure de bruit (Noise Figure) totale, NF_{tot} .

Question 1-5 : Quelle est la sensibilité à l'entrée (input sensitivity) de ce système.

Question 1-6 : Sachant que la sensibilité, représente la plus petite puissance que l'on peut appliquer à l'entrée du récepteur, calculez la plus petite valeur du signal A à l'entrée du convertisseur analogique-numérique (ADC).

Question 1-7 : Sachant que la puissance maximum du signal à l'entrée du récepteur est estimée à $-21dBm$, calculez la plus grande valeur du signal A à l'entrée du convertisseur analogique-numérique.

Question 1-8 : Calculez la dynamique du convertisseur analogique-numérique en dB.

----- Definitions

- La dynamique d'un convertisseur analogique-numérique est définie comme la différence entre le signal maximum et le signal minimum disponible à l'entrée du convertisseur.

EXERCICE II :

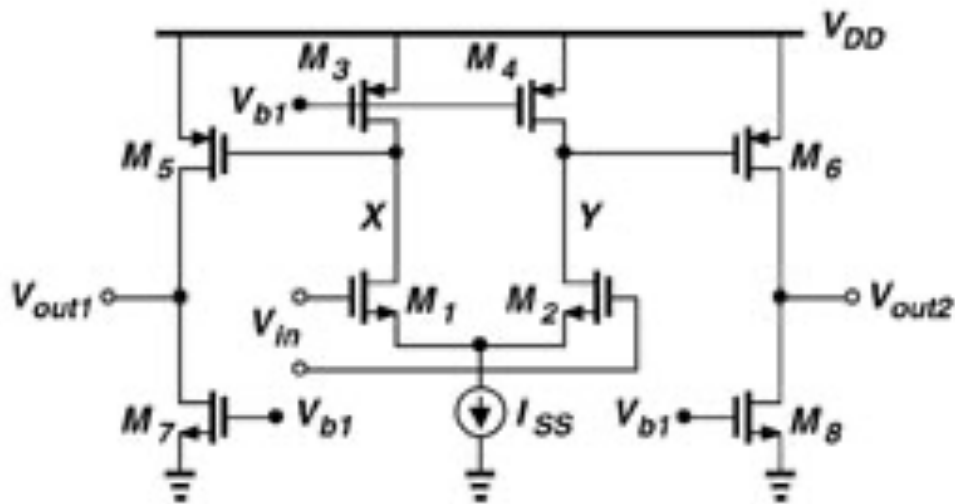


Figure 2

Dans le schéma de la Figure 2. On supposera que tous les transistors fonctionnent dans le régime saturé et qu'ils ont tous la même tension effective de grille, $V_{EG} = V_{GS} - V_{TH} = 0.2 V$. Le courant de polarisation du 1^{er} étage, $I_{SS} = 10\mu A$, et le courant de polarisation du 2^{ème} étage est égal à $100\mu A$. Nous allons supposer que les capacités totales aux nœuds de sorties du 2^{ème} étage sont égales à $C_{out1} = C_{out2} = 1 pF$. La longueur de tous les transistors est égale à $1\mu m$. Les nœuds X, Y, Vout1, Vout2 sont polarisés à $V_{DD}/2$.

- (1) Calculer le gain petit signal de cet amplificateur 2-étages.
- (2) En supposant que les capacités aux nœuds de sortie du 1er étage sont dues aux capacités parasites C_{GS} de M5 et M6, calculer les capacités C_X et C_Y .
- (3) Trouver les fréquences en rad/sec et en Hz des pôles dus aux nœuds Y et V_{out} .
- (4) Cet amplificateur est utilisé dans une boucle de contre-réaction avec un gain unitaire (unity-gain feedback loop), calculer la marge de phase ?
Tracer un diagramme de bode approximatif de ce système (amplitude et phase).
- (5) On rajoute une capacité de compensation $C_c = 0.1 pF$ entre les nœuds Y et V_{out} . Quelle est la nouvelle fréquence des pôles dus aux nœuds Y et V_{out} ? Calculer la marge de phase dans ces conditions ?
Tracer un diagramme de bode approximatif de ce système (amplitude et phase).

-
- Pour vos calculs, utiliser les paramètres de la technologie CMOS données dans le Tableau 2.1.
 - A température ambiante : $4kT = 1.66 \times 10^{-20} V \cdot C$
 - $\epsilon_{ox} = 34.5 \times 10^{-12} F/m$

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 = 0.1
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 = 0.2
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)