

TP2: Conception d'un modulateur Sigma-Delta Temps Continu

Hassan Aboushady

CIMAN: Circuits Intégrés Mixtes Analogique Numérique

Master ACSI, Université Paris VI, Pierre & Marie Curie

Email: Hassan.Aboushady@lip6.fr

Abstract—Dans ce TP, nous allons réaliser un modulateur Sigma-Delta Temps-Continu du second ordre. Les intégrateurs temps-continu sont de type Actif-RC. Nous allons utiliser une technologie CMOS 0.35 μm . La simulation au niveau système sera réalisée à l'aide de MATLAB-SIMULINK. La simulation au niveau transistor sera réalisée à l'aide de ELDO. Le dimensionnement des transistors sera réalisé à l'aide de l'outil OCEANE.

Ce TP fait l'objet d'un compte-rendu (2 colonnes) qui devra être chargé à l'adresse <http://www.asim.lip6.fr/~hassan> sous la forme d'un seul fichier au format pdf et au plus tard le 10 janvier 2011. Le compte-rendu doit comprendre des explications pour chacune des réponses. Les figures doivent être mises dans un contexte, expliquées, commentées et avoir une légende.

OBJECTIFS

Nous voulons concevoir un modulateur $\Sigma\Delta$ avec les spécifications suivantes :

- Résolution désirée = 8 bits.
- Bande passante du signal à convertir = 10 Hz à 50 kHz.

I. CONCEPTION AU NIVEAU SYSTÈME

L'architecture choisie :

- Ordre=2.
- Architecture CIFB (Cascade of Integrators FeedBack) avec les gains des intégrateurs, $A_{int1} = A_{int2} = 0.5$, et les coefficients de rebouclage, $a_1 = 1, a_2 = \frac{3}{4}$.
- **Question 1** : Quel OSR doit-on choisir pour satisfaire la résolution désirée ? Le OSR est généralement une valeur en puissance de 2 afin de simplifier le filtre de décimation numérique.
- **Question 2** : Quelle est la fréquence d'échantillonnage, f_s , du modulateur ?
- **Question 3** : Visualisez le modèle "cont2_nrz.mdl" et éditez le fichier "Trace_RC.m". Expliquez les différentes fonctions réalisées par "Trace_RC.m".
- **Question 4** : Utiliser "Trace_RC.m" pour tracer la densité spectrale de puissance du signal de sortie du modulateur $\Sigma\Delta$ (modélisé par "cont2_nrz.mdl") pour un signal d'entrée de 0.5.

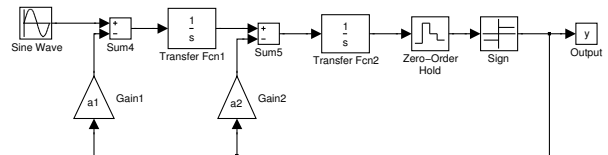


Fig. 1. Modulateur $\Sigma\Delta$ Temps Continu d'ordre 2.

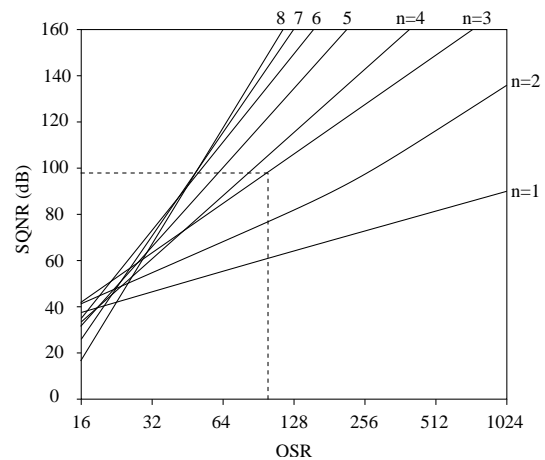


Fig. 2. Le SNR maximum en fonction de l'OSR et de l'ordre n du modulateur.

- **Question 5** : Utiliser "Trace_RC.m" pour tracer le rapport signal sur bruit pour différentes valeurs du signal d'entrée [0.0025 0.025 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9].

II. PRISE EN COMPTE DES NON-IDÉALITÉS DES INTÉGRATEURS RC-ACTIF

- **Question 6** : Déduire la fonction de transfert d'un intégrateur actif-RC en supposant un amplificateur opérationnel idéal.
- **Question 7** : Déduire la fonction de transfert d'un intégrateur actif-RC en supposant un amplificateur opérationnel ayant la fonction de transfert suivante $A_{opamp}(s) = \frac{A_0}{1 + \frac{s}{p_1}}$.
- **Question 8** : créer un nouveau modèle "cont2_nrz_RC.mdl" pour le modulateur $\Sigma\Delta$ prenant en compte la fonction de transfert de l'amplificateur opérationnel.
- **Question 9** : Avec une amplitude du signal d'entrée de 0.5 et un produit Gain-Bande $GBW = 2\pi(5fs)$, utiliser "Trace_RC.m" pour tracer le rapport signal sur bruit

en fonction du gain-DC de l'amplificateur opérationnel, $Ao_{dB}=[10\ 20\ 30\ 40\ 50\ 60]$.

Quel est le gain-DC minimum de l'amplificateur ?

- **Question 10** : Avec une amplitude du signal d'entrée de 0.5 et le gain-DC minimum, utiliser "Trace_RC.m" pour tracer le rapport signal sur bruit en fonction du produit Gain-Bande de l'amplificateur opérationnel, $GBW=2\pi[0.5fs\ fs\ 2fs\ 3fs\ 4fs\ 5fs]$.

Quel est le produit gain-bande minimum de l'amplificateur ?

CONCEPTION AU NIVEAU TRANSISTOR

- **Question 11** : En supposant que le premier intégrateur est la principale source de bruit thermique et en négligeant le bruit thermique de l'amplificateur opérationnel, calculez le rapport signal sur bruit thermique, SNR_{TH} , pour une résistance de charge de $1M\Omega$.

Serait-il possible de satisfaire les spécifications désirées avec cette résistance ?

NB : $4kT = 1.66 \times 10^{-20} VC$.

- **Question 12** : Concevoir un amplificateur opérationnel ayant les spécifications déterminées dans la section II.. Pour cela, utilisez **OCEANE** → **COMDIAC** → **AOPv** → **OTA simple** → **différentiel équilibré** → **type N**. Prenez une Résistance de Charge de $1M\Omega$.
- **Question 13** : Relevez les dimensions (W et L) des 5 transistors qui constituent l'OTA (Operational Transconductance Amplifier) ainsi que les tensions de polarisation des transistors MN5 et MP3-MP4. Quelle est le courant de polarisation de cet OTA ? En déduire sa consommation.
- **Question 14** : Déterminer les valeurs des résistances et capacités d'intégration. Utiliser ces valeurs pour compléter et ensuite simuler les fichiers de simulations ELDO suivants :
- **Question 15** : Simulation AC : "ota_ac.cir" et "int_ac.cir". Mesurer à l'aide Xelga le gain statique et la fréquence de transition de l'OTA et de l'intégrateur.
- **Question 16** : Simulation AC du Bruit : "circuit_noise.cir". Chercher dans "circuit_noise.chi" le bruit totale ramené à l'entrée.
- **Question 17** : Simulation Transitoire : "sd2_real.cir". Mesurer le rapport Signal sur bruit en utilisant la fonction noise_integ sous Xelga : **Page** → **Wave Processor** → **Function** → **Load** → **noise_integ**. Comparer ces résultats avec ceux des simulations sous MATLAB.

A MATLAB-SIMULINK

Copiez le repertoire suivant dans votre compte :

```
~trncomun/ciman/sd_2010_2011/matlab
```

Utilisez une des 3 versions de MATLAB disponibles :

```
VERSION 5.3:
```

```
>ssh rachmaninov
```

```
>/users/soft/matlab/v5.3r11/bin/matlab
```

```
VERSION 6.5:
```

```
>/users/soft/matlab/jan03.v6.5r13/bin/matlab
```

```
-nodesktop
```

```
VERSION 7.1:
```

```
>/users/soft/matlab/oct05.v7.1_r14_sp3/bin/matlab
```

```
-nodesktop
```

B OCEANE

Copier dans votre compte le répertoire suivant :

```
~trncomun/ciman/sd_2010_2011/oceane/
```

Pour lancer OCEANE :

```
>tcsh
```

```
>setenv OCEANE_HOME /users/outil/oceane/
```

```
>/users/outil/oceane/bin/oceane
```

Pour le dimensionnement des transistors :

```
COMDIAC -> COMPOSANTS -> TRANSISTOR MOS
```

C ELDO

Copier dans votre compte le répertoire suivant :

```
~trncomun/ciman/sd_2010_2011/eldo/
```

Pour lancer ELDO

```
>source /users/soft/mentor/AIDE.mentor2008.bash  
ou
```

```
>source /users/soft/mentor/AIDE.mentor2008.csh
```

```
>eldo -gwl cou fichier.cir
```

La documentation :

```
/users/soft/mentor/ams2008.1/i686/docs/pdfdocs/eldo_ur.pdf
```

D COMPTE-RENDU

Pour la rédaction du compte-rendu, il est recommandé d'utiliser les fichiers latex disponibles dans le répertoire suivant :

```
~trncomun/ciman/sd_2010_2011/enonce/
```