

RADIO FM

Simulation avec DXP

AMPLIFICATEUR DIFFÉRENTIEL DE BASE

Introduction :

De nombreuses fonctions sont nécessaires à la réalisation d'un récepteur à modulation de fréquence haute-fidélité. L'une des plus importante est l'amplification en fréquence intermédiaire (ampli FI) car les signaux produits par l'antenne sont très faibles; le récepteur doit fonctionner correctement pour des niveaux de quelques dizaines de microvolts seulement.

Spécifications de l'ampli FI :

- Gain en petits signaux : supérieur à 80dB (amplification supérieure à 10000)
- Gamme de fréquence : gain constant (à 3 dB près) de 20kHz à 120kHz
- Comportement aux niveaux forts :
 - la valeur moyenne du signal de sortie est indépendante du niveau d'entrée et vaut 1,4V environ
 - l'amplitude de la partie variable du signal de sortie est limitée à 1V environ.

L'amplificateur FI est constitué de 4 amplificateurs différentiels à transistors, tous identiques, mis en cascade pour obtenir le gain spécifié. Ce TP traite cet amplificateur différentiel de base ainsi que la mise en cascade de 2 étages identiques.

Conditions :

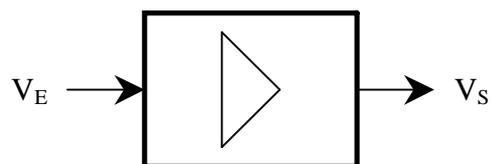
- Étude de la structure différentielle réalisée en cours.
- Travail individuel de 4 heures sur Protel DXP.

Important :

- Consigner tous les schémas, résultats et commentaires dans un fichier Word au fur et à mesure du TP.
- Sauver régulièrement le schéma ou les résultats de simulation avec la commande :  (ou Ctrl S)

1. Spécifications de l'amplificateur différentiel de base

- Tension d'alimentation unique : 3V
 - Gain "petits signaux" supérieur à 20dB
- $$A_D = \frac{dV_S}{dV_E} \quad \text{et} \quad G_D = 20 \times \text{Log}_{10} |A_D|$$



- Impédance d'entrée "petits signaux" : $> 2000 \Omega$
- Impédance de sortie "petits signaux" : $< 50 \Omega$
- Tensions de repos d'entrée et de sortie identiques : $V_{E0} = V_{S0}$

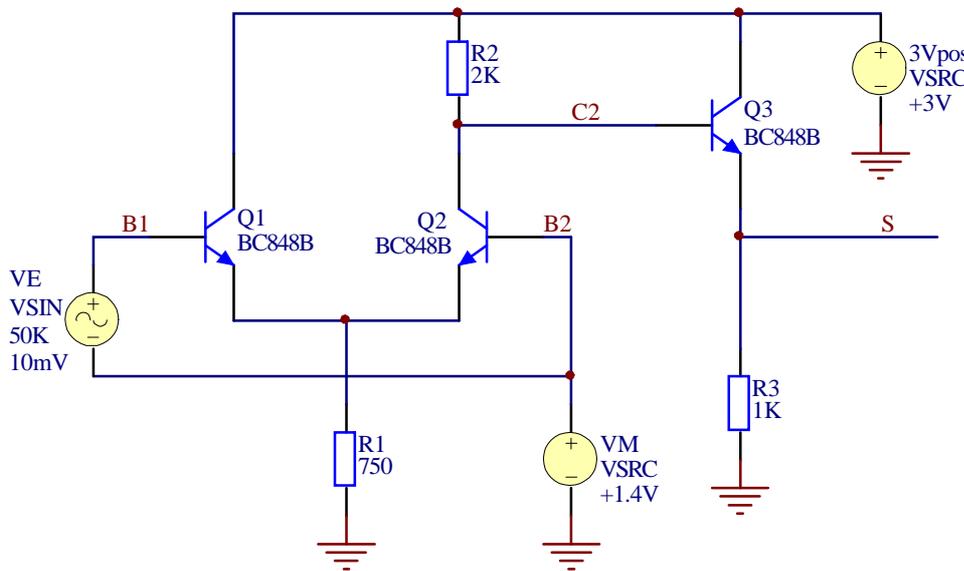
La mise en cascade des étages peut ainsi se passer de condensateurs de liaison : la sortie d'un étage polarise l'entrée du suivant. Cette caractéristique est obligatoire si l'ampli FI doit être intégré sur une seule puce de silicium.

- Niveaux d'écrêtage V_{SL} et V_{SH} tels que : $V_{SL} \approx V_{S0} - 1V$ et $V_{SH} \approx V_{S0} + 1V$
- Niveaux d'entrées extrêmes : $V_{E_MIN} = V_{E0} - 1V$ et $V_{E_MAX} = V_{E0} + 1V$
- Bande passante à $-3dB$: 10kHz à 150kHz

2. Amplificateur différentiel de base

2.1 Dessin du schéma

- Démarrer Protel DXP avec la procédure "simulation" (pages 14 puis 2 de l'aide mémoire)
Utiliser les noms suivants : répertoire : *Radio_FM*, projet : *Ampli_FI*, schéma : *Ampli_diff*
Attention : le chemin du dossier Protel est incorrect page 2 : remplacer par : "**ProtelDXP Projet**".
De même, supprimer la phrase "**Cliquer Init**" à la fin de la 4^o ligne de la page 2.
- Ouvrir le schéma
- Le cas échéant : cliquer sur l'icône  (libraries) ou "View/Workspace Panel/Libraries" si l'onglet "libraries" n'apparaît pas en bas de la fenêtre à gauche (feuille de contrôle).
- Ajouter la librairie Zetex Discrete BJT.Intlib à la liste existante, et le cas échéant, les librairies Simulation Source.Intlib et Miscellaneous Devices. Les autres librairies sont inutiles ici.
- Ajouter les barres d'outils "Mixed Sim" et "Simulation Sources" : View → Toolbars ...
- Dessiner le schéma ci-dessous :



Source VM :

- type "continue"
- VM=1,4V

Source VE :

- Type "Sinus"
- Offset = 0V
- Amplitude = 10mV
- Fréquence = 50kHz

2.2 Point de repos : $V_E = 0V$

- Tracer le graphe de transfert en DC (DC sweep) : $V_S = f(V_M)$ pour V_M comprise entre 0V et 3V par pas de 10mV
- En déduire la valeur particulière V_{M0} de V_M pour laquelle $V_S = V_{M0}$.
- Régler V_M à cette valeur. On respecte ainsi une des spécifications exigées.

2.3 Amplification

Le signal à amplifier est simulé par la source VE.

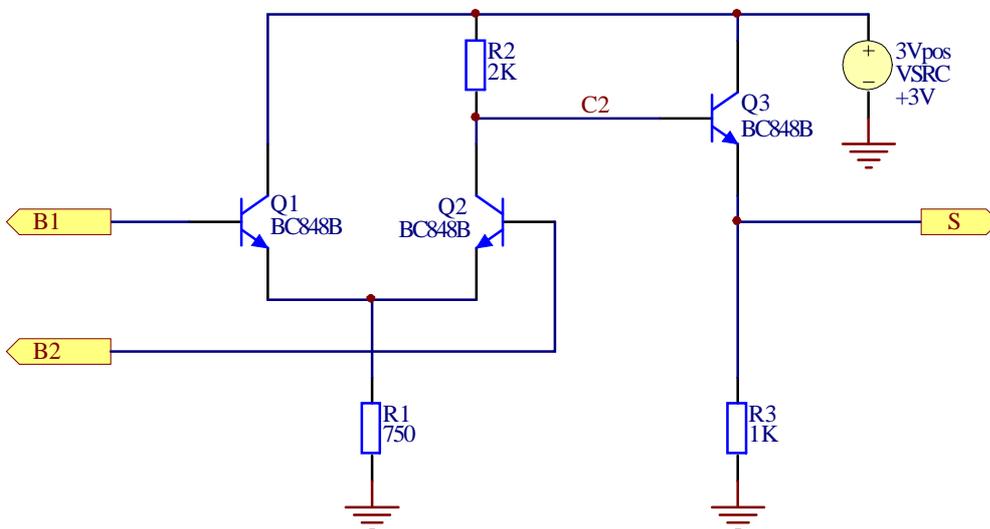
- Tracer les graphes de transfert en DC suivants :
 - V_S , V_{C2} , $V_{C2}-V_S$ dans un 1^{er} "plot"
 - $DER(V_S)$ dans un 2^{ème} "plot"
 en fonction de V_E comprise entre -500mV et +500mV par pas de 1mV
- Que signifie $DER(V_S)$?
- Déduire de ces graphes :
 - Les niveaux d'écrêtage V_{SL} et V_{SH}
 - L'amplification différentielle maximum : $A_D = \frac{dV_S}{dV_E}$ et le gain G_D correspondant.
 - La valeur de repos de V_E pour laquelle l'amplification différentielle est maximum.
 - Montrer que la structure Q3-R3 réalise correctement la fonction "suiveur", à un décalage constant près (ou presque) à évaluer.

2.4 Comportement à un stimuli sinusoïdal

- Sélectionner la simulation en "transitoire" (et désélectionner les autres) et cocher "Use Transient Defaults" (5 périodes et 50 points de calcul par période) et "Enable Fourier" pour obtenir le taux de distorsion.
- Lancer successivement 3 simulations pour des amplitudes respectives de V_E de 1mV, 10mV et 100mV. Relever et consigner dans le fichier Word dans chaque cas :
 - Les chronogrammes $V_E(t)$ et $V_S(t)$
 - Le taux de distorsion de $V_S(t)$
 - L'amplitude du fondamental de $V_S(t)$ pour en déduire l'amplification et le gain avec cette composante.
- Relever les niveaux d'écrêtage de $V_S(t)$
- Commenter ces résultats (amplification et niveaux d'écrêtage) vis à vis des résultats en 2.3 et des spécifications attendues.
- **Important** : sauver une copie des résultats de la dernière simulation : "File/Save Copy as ..."

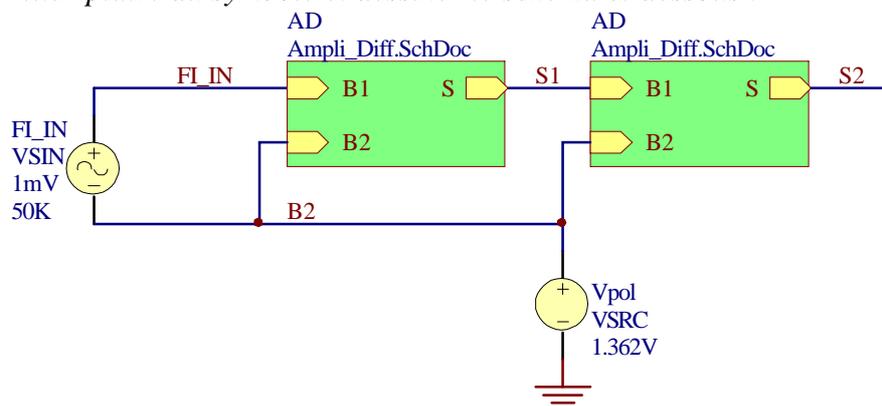
3. Amplificateur FI : mise en cascade de 2 étages

- Sauver une copie du schéma de l'amplificateur différentiel : "File/Save Copy as ...".
- Modifier le schéma "Ampli_diff" comme ci-dessous :



Les bornes d'E/S sont disponibles dans la barre d'outils principale. Chacune doit être correctement configurée : nom, entrée ou sortie, à droite ou à gauche.

- Créer un nouveau schéma : "Project/New/Schematic" et le sauver sous le nom "Ampli_FI_1". Les 2 schémas du projet ("Ampli_diff" et "Ampli_FI_1") doivent apparaître dans le dossier "schematic sheets".
- Placer un symbole du schéma "Ampli_diff" : "Design/Create Symbol from sheet ..." et sélectionner le schéma
- Redimensionner le symbole à une taille convenable et déplacer éventuellement les bornes d'E/S.
- Editer le symbole et modifier le paramètre "Designator" avec "AD" (pour Ampli Différentiel).
- Copier un 2° exemplaire du symbole et dessiner le schéma ci-dessous :



3.1 Paramétrage de la simulation

- Collect Data For : Active Signals
 - Sheet to NetList : Active Project (pour inclure les "sous-schémas").
 - Sim View Setup : Keep last setup
 - Active Signals : FI_IN, B2, S1 et S2
 - "Operating Point" et "AC" de 1Hz à 1MHz par décades
- Créer la "netlist" XSPICE (fichier AMPLI_FI_1.nsx) en cliquant sur l'icône 
- L'éditer et noter comment sont référencés les composants et les équipotentielles des "sous-circuits" pour éviter les conflits (composants de même référence, liaisons électriques involontaires).

3.2 Simulation avec une polarisation nominale

- Simuler le circuit en AC pour $V_{POL} = V_{M0}$
- Noter et commenter les tensions de repos en S1 et S2
- Relever le gain max dans la bande passante et les fréquences de coupure basse et haute.
- Comparer ce gain avec celui d'un étage seul (§2.3).

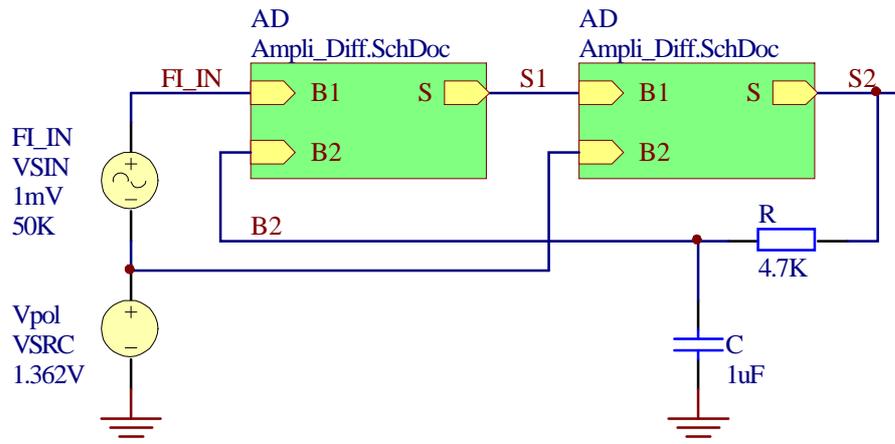
3.3 Simulation avec une polarisation légèrement décalée

Dans le cas réel, il est impossible de produire exactement $V_{POL} = V_{M0}$. On admet une tolérance très raisonnable de 5%.

- Simuler le circuit en AC pour les 2 valeurs de V_{POL} écartées de + et - 5% de la valeur nominale.
- Reporter dans chaque cas les tensions de repos en B2, S1 et S2, le diagramme de Bode et le gain max dans le fichier Word.
- Commenter ces nouveaux résultats quant à la faisabilité de l'ampli FI.

3.4 Polarisation asservie

- Modifier le circuit suivant le schéma ci-dessous :



- Reprendre les 3 points de la question 3.3
- Expliquer qualitativement la raison des améliorations spectaculaires sur le gain max. Quelle est la fonction de la cellule R-C ?
- Les spécifications vis à vis de la bande passante sont-elles respectées ?
- Quel(s) élément(s) sont la cause de la fréquence de coupure basse ?
- Combien d'étages sont nécessaires pour répondre aux spécifications de l'ampli FI complet ?