

PROJET PHYSICIENS – 2^{ième} Semestre

Sujet 4 - Jean Michel Villiot - DIA005
jean-michel.villiot@epfl.ch

REALISATION D'UN AMPLI AUDIO

Directives : (Cahier des charges)

- Ce circuit doit fonctionner dans le domaine des fréquences suivant : 20HZ à 20KHZ.
- L'étude du circuit sera divisée en deux étapes :
 - Etage 1 : un préamplificateur de classe A.
 - Etage 2 : un amplificateur de puissance de classe B.
- Le but est de dimensionner le circuit afin qu'il réponde aux directives, puis de mesurer les différents paramètres du circuits et de les comparer aux valeurs théoriques.
- Une grande attention sera portée sur les commentaires de résultats et mesures.
- Nombre de personne (2 groupes de trois personnes)

Définition du travail :

Concevoir le circuit de l'amplificateur audio selon le schéma bloc suivant :



Analyser théoriquement le fonctionnement de ce circuit et le dimensionner.

Monter le circuit sur plaque d'essai et tester son fonctionnement selon les directives imposées.

Simuler le circuit à l'aide du logiciel Spice de microsim, utilisé au mini-projet du premier semestre.

Comparer les différentes approches (théorique, pratique et simulation) afin d'apporter des commentaires sur le fonctionnement de ce circuit.

Matériels pour réaliser ce circuit.

- Résistances et capacités normalisées (voir étude du montage du mini-projet).
- Transistors npn.

- Transistor Darlington.
- Haut-parleur d'impédance 8 Ohms.

Etude du montage :

Ce circuit doit fonctionner dans le domaine des fréquences suivant : 20HZ à 20KHZ.
Pourquoi ?

0°) Préliminaires

Ce TP demande préparation avant de venir à la séance pratique.

La première partie de ce TP est guidée. Plus vous avancerez dans l'étude plus vous devrez faire preuve d'initiative.

La seconde partie est plus "intuitive". De plus il vous faudra rechercher dans la littérature spécialisée des réponses aux différentes questions.

La troisième partie du TP est une mise en pratique de l'amplificateur audio.

Ne démontez donc pas le premier montage une fois dimensionné !!!

Avant de passer au TP proprement dit, commencez par expliquer "Classe A" et "Classe B".

1°) Etage 1 : le préamplificateur de classe A

1.1 Schéma.

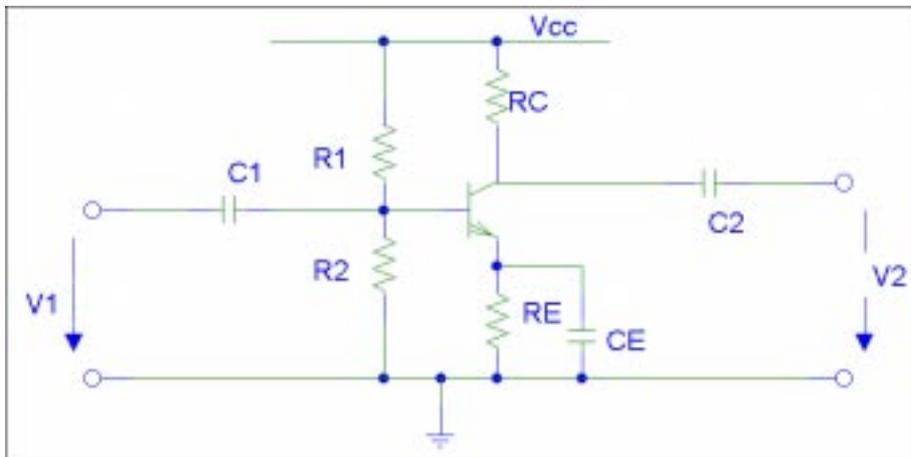


Schéma de l'amplificateur de classe A.

1.2 Données générales.

Il s'agit de dimensionner le circuit de manière à obtenir un gain en tension $A_v = -120$, tout en assurant une dynamique de sortie $D = V_{cmax} - V_{cmin}$ utilisée de manière optimale.

1.3 Etude.

Principe de dimensionnement

a- Trouver une relation théorique entre le gain A_v et le potentiel continu V_{c0} .

- b- Calculer théoriquement V_{cmax} et V_{cmin} en fonction de V_{cc} et du potentiel continu à la base V_{b0} . En déduire la valeur de V_{c0} pour utiliser de manière optimale la dynamique de sortie.
- c- Exprimer alors le gain A_v en fonction de V_{b0} .
- d- Calculer V_{b0} , V_{c0} , V_{e0} .

Polarisation

- e- Pour un courant $I_{c0} = 1\text{mA}$, choisir, par un calcul approprié, les valeurs de R_1 , R_2 , R_c , R_e , dans la série normalisé de façon à approcher au mieux le point de fonctionnement calculé précédemment (On fera l'hypothèse que R_1 est de l'ordre de 100 kOhms).
- f- Réaliser le montage et mesurer le point de fonctionnement réel.

Caractéristique petits signaux

- g- Dessiner le montage équivalent simplifié en théorie des petits signaux (expliquer les approximations ou simplifications).
- h- Calculer la valeur théorique des paramètres petits signaux suivants :
 - impédance d'entrée du montage complet.
 - impédance de sortie.
- i- Trouver une technique simple permettant de mesurer les impédances d'entrée et de sortie d'un dispositif amplificateur.
(Indices : Pour Z_{in} , assimiler l'amplificateur à une charge. Cette charge pouvant être une des impédances d'un montage diviseur de potentiel. Pour Z_{out} , assimiler l'amplificateur à un quadripôle équivalent à une impédance simple. Cette impédance pouvant être une de impédances d'un montage diviseur de potentiel).
- j- Appliquer un signal sinusoïdal de faible amplitude (10mV environ) et de fréquence égale à 10kHz à l'entrée. Mesurer, pour ces petits signaux :
 - le gain en tension A_v ,
 - l'impédance d'entrée,
 - l'impédance de sortie.

Comparer théorie et pratique, commenter.

- k- Augmenter l'amplitude du signal d'entrée et observer le signal de sortie. Conclusions sur la dynamique et la linéarité de l'amplificateur.

Caractéristique de transfert

- l- Visualiser les caractéristiques $V_c = f(V_b)$ et $V_2 = f(V_1)$. Relever sur papier millimétré puis expliquer les résultats obtenus.
- m- Prédéterminer l'expression et la valeur de la fréquence de coupure basse pour la fonction de transfert en tension du circuit. Relever cette dernière dans un diagramme de Bode (phase et amplitude) et en déduire la valeur expérimentale de la fréquence de coupure basse.
- n- La plage de fréquences correspondant à l'utilisation de l'ampli est située entre 20Hz et 20kHz, le dimensionnement est il correcte ? Sinon proposer de nouvelles valeurs de composants pour répondre au mieux aux directives du cahier des charges.

2°) Etage 2 : l'amplificateur de puissance de classe B.

2.1 Schéma.

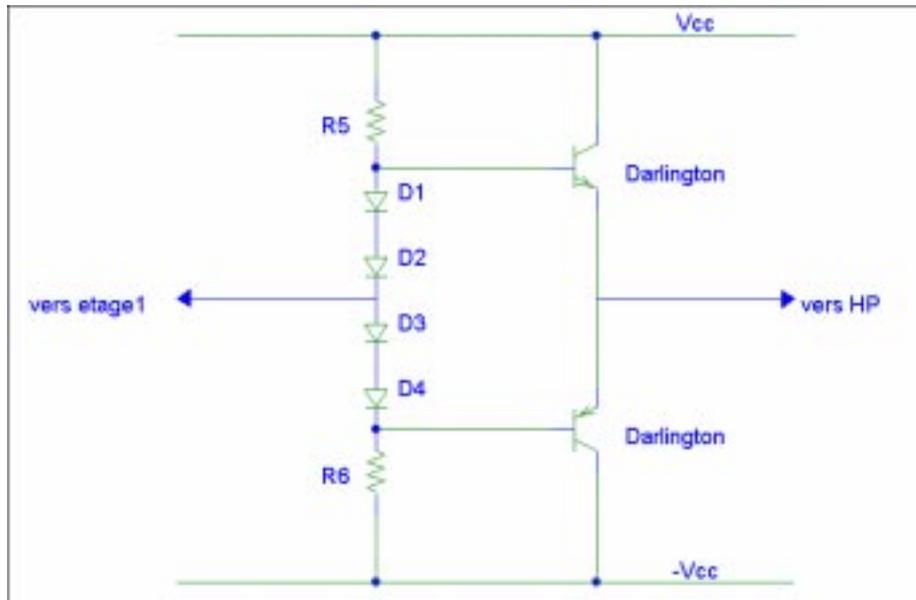


Schéma de l'amplificateur de puissance de classe B.

2.2 Données générales.

Ce montage est un montage dit "Push-Pull". Ce dernier comporte des éléments non-linéaires tels que des diodes et des transistors de type Darlington. L'étude portera dans un premier temps sur le transistor Darlington seul, puis sur son rôle dans l'amplificateur de puissance ci-dessus. Ce dernier possédera un gain en tension $A_v = 1$.

2.3 Etude.

a- Schéma de base du Darlington.

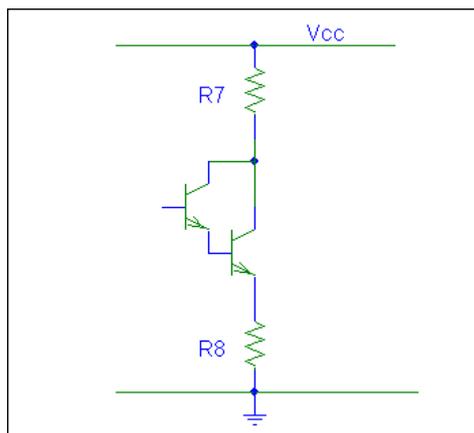


Schéma de base du Darlington

Expliquer intuitivement le fonctionnement du schéma ci-dessus. Rechercher dans la littérature et donner les relations théoriques du Darlington.

b- Schéma de base du "Push-Pull".

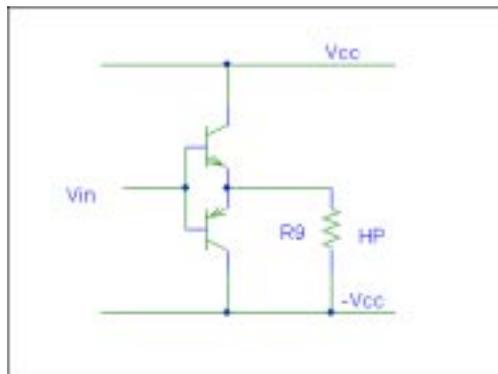


Schéma de base du Push-Pull

Expliquer ce qui se passe lorsque V_{in} est attaqué par une alternance positive. Puis par une alternance négative. Dessiner le sens de passage du courant dans les deux cas.

c- Rechercher dans la littérature et donner les relations théoriques du "Push-Pull" (Z_{in} , Z_{out} , A_v , A_i).

d- Donner graphiquement l'allure de la caractéristique de transfert $V_{in}=f(V_{out})$ du "Push-Pull". Déduire de ce graphe l'utilité des 2 couples de diodes présents dans le schéma de l'amplificateur de puissance. Dessiner sur le même graphe l'allure de la caractéristique de transfert du montage de l'amplificateur de puissance.

e- Dimensionner les éléments de l'amplificateur de puissance.

(Indices :

- Le signal acoustique en entrée de l'amplificateur audio possédera une amplitude maximale de 100mV. Calculer la tension de sortie maximale V_{outmax} de l'ampli. Vérifier que cette valeur est optimisée. Sinon déterminer l'amplitude maximale du signal acoustique que supporte ce montage.

- Cette tension est appliquée à l'entrée du haut-parleur d'impédance 8 Ohms. Déterminer le courant maximum I_{outmax} qui alimente alors dans le haut-parleur.

- Etudier le montage dans le cas d'une alternance positive. Dessiner le schéma pour les éléments intervenants lors d'une alternance positive en remplaçant le Darlington par son schéma de base. Exprimer $V_{out}=f(V_{cc}, U_j, U_{R4}, I_{R4}, I_{b1}=(I_{out}, \beta_1, \beta_2), I_{diodes}=I_{d1}=f(I_{R4}, I_{b1})$. Voir que pour le maximum de l'alternance positive les diodes D1 et D2 sont bloquées et que le courant I_{d1} est nul. En déduire R5 du schéma de l'étage 2.

- Idem pour l'alternance négative.

- Calculer les puissances maximales dissipées par la résistance R5 et R6, par chacun des deux transistors des deux Darlington.

- Calculer la puissance fournie au haut-parleur.

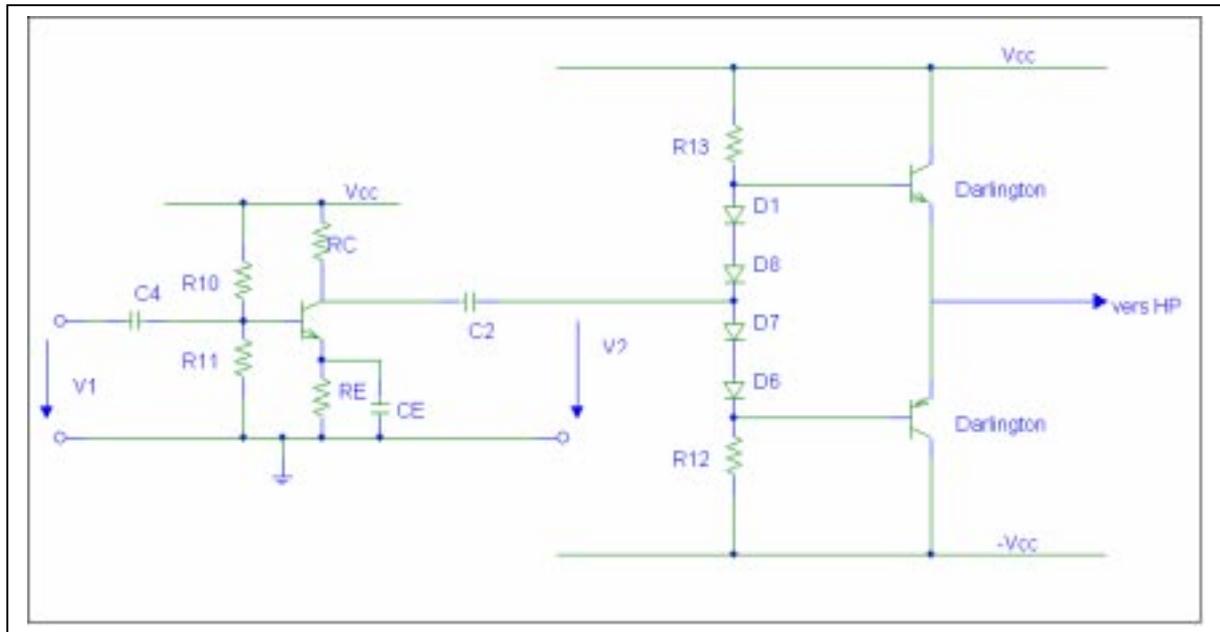
)

f- Réaliser le montage de l'étage 2.

g- Comparer théorie et pratique, commenter.

3°) l'amplificateur Audio.

3.1 Schéma complet.



3.2 Etude.

Assembler les deux étages.

Observer.

Corriger si nécessaire.

Commenter.

3.3 Et après ?

Proposer des améliorations.

4°) Simulation Spice.

Simuler le circuit à l'aide du logiciel Spice de Microsim, utilisé au mini-projet du premier semestre. Employer pour valeurs des composants les valeurs calculées précédemment.

Discuter et commenter les observations

5°) Conclusions.

Comparer les différentes approches (théorique, pratique et simulation) afin d'apporter des commentaires sur le fonctionnement de ce circuit.

6°) Propositions constructives.

Cette partie est réservée à vos critiques, dans le but d'améliorer le sujet de ce TP (Bien sur le contenu n'influencera aucunement le jugement du correcteur).