
6GEI415 – Méthode de conception en électronique

Laboratoire #2

Laboratoire d'observation: l'émetteur commun

1. Objectifs

- Se familiariser avec la configuration d'émetteur commun
- Se familiariser avec les techniques de caractérisation des amplificateurs

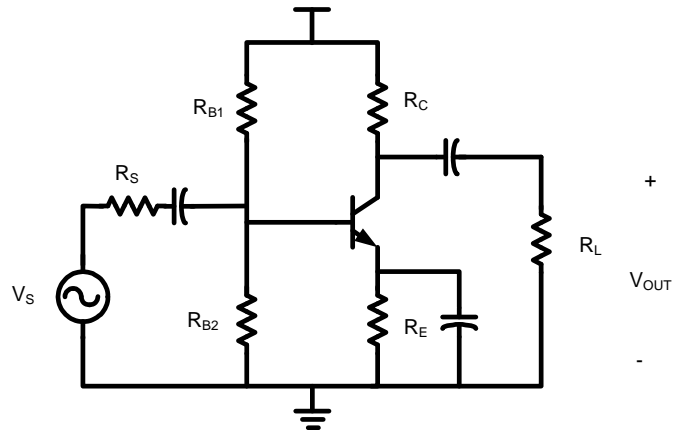
2. Méthodologie

Dans ce laboratoire, l'étudiant aura à construire des circuits d'émetteur commun et d'ajuster ses paramètres afin de bien comprendre le rôle des composantes. Il sera question d'examiner le comportement des condensateurs et des résistances sur la résistance en entrée, la résistance à la sortie ainsi que le gain de l'amplificateur. Il sera aussi question d'examiner le comportement de l'émetteur commun comportant une résistance à l'émetteur avec et sans condensateur de « bypass ».

3. Théorie

a) Configuration émetteur commun

Sous sa forme la plus commune, le circuit de l'émetteur commun ressemble à la figure suivante :



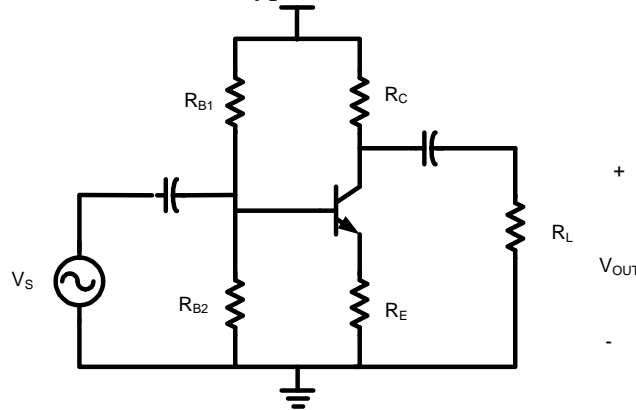
Les résistances R_{B1} et R_{B2} servent à déterminer la tension à la base de l'amplificateur et ainsi, assurer la conduction du transistor. La résistance R_C joue 2 rôles : elle détermine la tension DC à V_C pour être en région action en tout temps et détermine aussi le gain. La résistance R_E , tant qu'à elle, réduit l'impact des variations des composantes. En effet, si R_{B1}/R_{B2} variaient pour faire augmenter V_B , ça pourrait faire augmenter I_B . En augmentant I_B , I_E augmente et V_E augmente. Lorsque V_E augmente, V_{BE} reste stable même si R_{B1}/R_{B2} ont fait augmenter V_B . De la même manière, si le β du transistor augmentait, il y aurait danger que le transistor tombe en saturation puisque I_C et I_E augmenteraient. Par contre, puisque V_E augmenterait en même temps, l'effet de l'augmentation du β est limité. Il est à noter que R_E donne une marge de sécurité supplémentaire mais ne peut pas assurer le bon fonctionnement en tout temps.

Il y a 3 condensateurs dans une configuration émetteur commun classique. Le condensateur en entrée et celui à la sortie forment chacun un filtre passe haut. L'idée est d'isoler le niveau DC entre chaque amplificateur, ou entre l'amplificateur et le monde extérieur. Les valeurs de C devraient être choisies pour laisser passer toutes les fréquences d'intérêt avec un minimum de perte sans toutefois exagérer. Par exemple, il serait possible de mettre 100F partout, mais ce n'est pas une situation réaliste puisque ces composantes viennent avec un coût. En même temps, il ne faudrait pas non plus que la fréquence de coupure du filtre soit exactement égale à la fréquence d'intérêt : rappelons que la fréquence de coupure correspond à un gain de 0.707 et qu'il y a un filtre à l'entrée et à la sortie. Pour se donner une marge de sécurité, il serait possible de calculer un filtre avec une fréquence de coupure qui est 10 fois plus petite que la fréquence d'intérêt.

Le condensateur à l'émetteur sert à outrepasser la résistance R_E lorsqu'on applique un signal. En effet, la variation de V_{BE} n'est peut être pas souhaitable en DC puisqu'on aimerait que le transistor reste en région active. Par contre, lorsqu'on applique un signal à amplifier, la variation de ce v_{be} est souhaitable, puisque c'est le signal à être amplifié. Pour conserver cette variation à haute fréquence, il faudrait choisir C_E qui limiterait les oscillations sur V_E . Un bon point de départ pourrait être de choisir C_E qui limiterait les oscillations de V_E à 1/10 du signal à amplifier. Des ajustements pourront être apportés par la suite.

b) Configuration émetteur commun sans bypass

Le circuit de l'émetteur commun sans bypass ressemble à ceci :



En fait, c'est le même circuit que l'émetteur commun à l'exception qu'il ne possède plus de condensateur à l'émetteur. Cette configuration a la caractéristique intéressante qu'elle possède un gain qui ne dépend pas du β , ni des autres paramètres petit signal. En effet, le gain de cet amplificateur ne dépend que du ratio R_C/R_E . Cette caractéristique souhaitable est obtenue au détriment du gain.

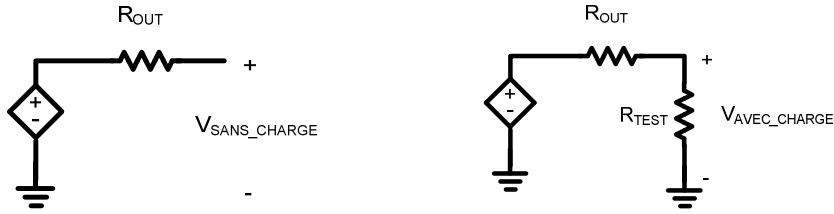
c) Mesure du gain, de R_{IN} et de R_{OUT}

Lors de la conception d'un amplificateur, le concepteur doit aussi le caractériser. Il doit mesurer certains paramètres clef qui sont, dans ce cas-ci, le gain la résistance en entrée et la résistance à la sortie.

Pour mesurer le gain, il est possible de procéder de 2 façons : en analyse temporelle ou en analyse fréquentielle. En analyse temporelle, on injecte un signal sinusoïdale en entrée et on observe l'amplitude à la sortie. Le ratio de l'amplitude des oscillations détermine le gain. La deuxième approche est d'utiliser l'analyse AC du logiciel Altium. Cette fonction permet de voir comment le gain varie en fonction de la fréquence en entrée.

La résistance en entrée peut être mesurée en injectant un signal et en observant le courant tiré. Le ratio entre l'amplitude de l'oscillation du voltage en entrée et l'amplitude de l'oscillation du courant en entrée permet de déterminer la valeur de la résistance en entrée.

Pour observer la résistance en sortie, on procède normalement par une méthode moins directe puisque l'injection d'une tension à la sortie d'un système n'est pas toujours souhaitable. Cette technique se base sur le fait que la charge à la sortie d'un amplificateur baissera la tension de sortie. L'amplitude de cette chute de tension dépendra de la valeur de la résistance de sortie ainsi que de la résistance à la charge.



Pour ce faire, l'approche est de mesurer l'amplitude du signal de sortie lorsqu'il n'y a aucune charge (V_{SANS_CHARGE}). Par la suite, il faudrait placer une charge R_{TEST} (10K, par exemple) et mesurer l'amplitude du signal à la sortie (V_{AVEC_CHARGE}). Le calcul pour la résistance de sortie se ferait comme suit :

$$V_{AVEC_CHARGE} = V_{SANS_CHARGE} \frac{R_{TEST}}{R_{TEST} + R_{OUT}}$$

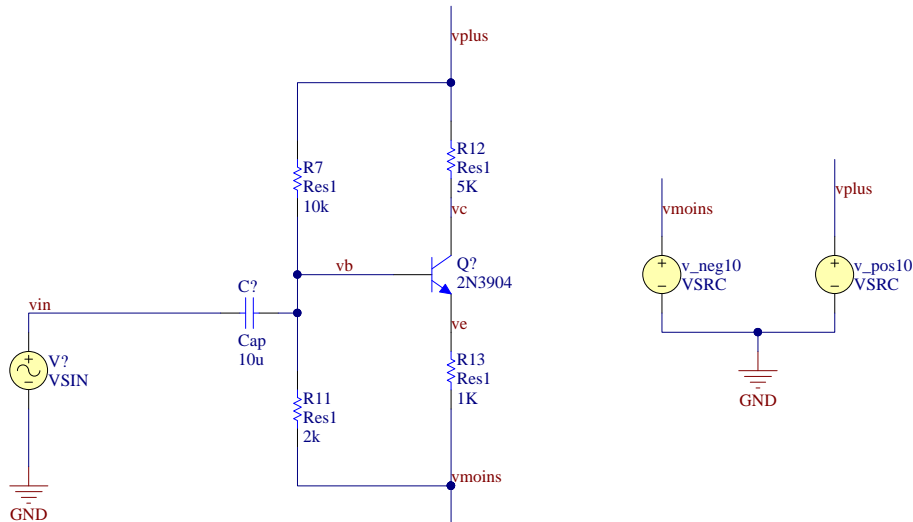
Sachant que toutes les valeurs sont connues à l'exception de R_{OUT} , il faudrait simplement l'isoler :

$$R_{OUT} = R_{TEST} \left(\frac{V_{SANS_CHARGE}}{V_{AVEC_CHARGE}} - 1 \right)$$

4. Travail

a) Travail guidé

Commencez par analyser le circuit suivant



Avec les formules dérivées en classe, trouvez sa valeur de gain, de R_{IN} et de R_{OUT} théorique. Utilisez une valeur de $\beta=130$.

Dessinez le circuit dans Altium. Les alimentations sont à $\pm 10\text{V}$ et la source sinusoïdale devrait être d'amplitude 100mV et avoir une fréquence de 10kHz . Le condensateur utilisé ici a une taille qui est plus grande que nécessaire. Ceci permet au moins d'effectuer des tests.

Effectuez une simulation et examinez la tension à la source ainsi que le courant dans le condensateur de $10\mu\text{F}$. Divisez l'amplitude des deux pour vous donner une valeur de R_{IN} .

Quelle est cette valeur ?

Le condensateur et la résistance R_{IN} forment un filtre passe haut. Dimensionnez votre condensateur pour que la fréquence de coupure soit 10 fois plus faible que votre fréquence d'intérêt. Souvenez-vous que le signal en entrée à être amplifié est un signal de 10kHz .

Quelle est la valeur du condensateur ?

Effectuez une simulation afin de voir si l'amplitude du signal à la base est à peu près de 100mV d'amplitude (200mV crête à crête).

Nous allons maintenant déterminer la valeur du condensateur à la sortie. Commencez par mesurer l'amplitude à la sortie sans avoir de charge. Notez cette valeur. Par la suite, ajoutez un condensateur de $10\mu\text{F}$ (trop gros) ainsi qu'une résistance de charge de votre choix (remarquez que 10k fait très bien). Notez bien l'amplitude à la sortie. Utilisez l'équation dérivée plus haut pour trouver votre R_{OUT} .

Quelle est cette valeur ?

Déterminez à présent le condensateur requis pour la sortie. Quelle est cette valeur ?

Remplacez votre résistance de charge par une résistance de 100k et refaite une simulation pour vous assurer que votre amplitude de sortie est encore la même.

Finalement, pour démontrer la robustesse aux variations de température, effectuez une simulation avec variation de température allant de -40 à $+40$ par pas de 10 .

Regardez le signal à la sortie pour confirmer que le signal ne change pas beaucoup même si la température varie considérablement.

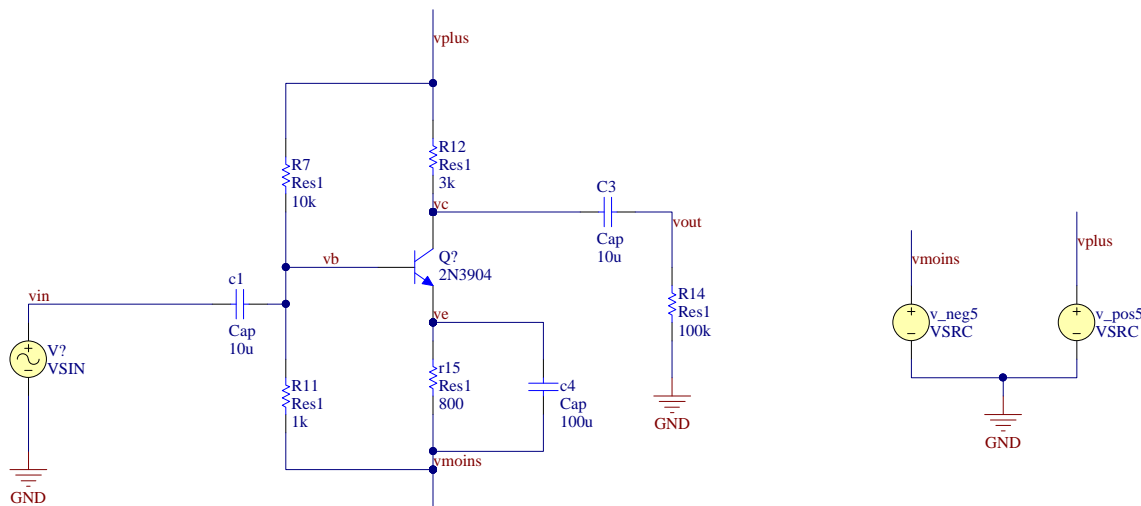
À partir du circuit précédent, enlevez la résistance à l'émetteur. Ajustez les résistances afin d'obtenir un gain semblable au circuit de la section. En enlevant la résistance à l'émetteur, le gain devrait augmenter considérablement ET le signal en sortie pourrait être moins "sinusoïdal". Pour régler le problème DE LINÉARITÉ, réduisez la taille du signal en entrée pour que ce soit 10mV d'amplitude. Pour réduire le gain, il serait possible de

réduire R_C et/ou réduire le courant I_B . Vous pouvez faire des analyses paramétriques afin d'obtenir le résultat souhaité.

Effectuez maintenant une analyse de variation de température et comparez les signaux à la sortie.

b) Reprise du travail avec un autre circuit

Analysez ce circuit théoriquement pour obtenir son gain, sa résistance en entrée ainsi que sa résistance à la sortie.



Redimensionnez les condensateurs pour accommoder un signal de 50KHz de 10mV d'amplitude en entrée. Quelles sont ces valeurs ?

Comparez les valeurs de gains obtenus aux gains calculés. C'est normal d'avoir une différence, puisque les paramètres (β et V_{BE}) ne sont pas exactement les mêmes que ceux utilisés.

Mesurez les valeurs de R_{IN} et de R_{OUT} .

Effectuez une analyse de température pour vous assurer que le système est robuste.

À partir du circuit précédent, enlevez la résistance à l'émetteur ainsi que le condensateur associé. Ajustez les résistances afin d'obtenir un gain semblable au circuit de la section b).

Effectuez maintenant une analyse de variation de température et comparez les signaux à la sortie.

5. À remettre à la fin du laboratoire

Partie 1:

- Les valeurs de gain, R_{IN} et R_{OUT} mesurés
- Les valeurs de C_{IN} et de C_{OUT} déterminés
- Les valeurs de R_{B1} , R_{B2} et R_C

Partie 2:

- Les valeurs de gain, R_{IN} et R_{OUT} mesurés
- Les valeurs de C_{IN} , C_{OUT} et C_E déterminés
- Les valeurs de R_{B1} , R_{B2} et R_C

6. Barème

Feuille de réponse à remettre immédiatement	30%
Rapport de laboratoire	70%