

Agrégation de Sciences physiques - option physique

correction de montage de physique

Date : vendredi 31 mars 2017

Correcteur : Jason Reneuve - Philippe Odier

Présentation : Jérémy SAUTEL

Montage n° 22 : Amplification.

Plan :

1) Caractéristiques du transistor

Utilisation du tracé "automatique" de l'ensemble du réseau

2) Emmetteur commun

Branchements faits en direct.

Calcul de gain, d'impédance de sortie, de rendement

Mesure de la distorsion

3) push-pull

Remarques générales :

Ce montage contient, à notre avis, l'ensemble des éléments requis par le jury :

- utilisation du transistor et non d'un AO (l'AO est trop « boîte noire » d'après le jury).
- Mesures de gain, d'impédance d'entrée, de rendement.
- Les 3 aspects principaux : caractéristique du transistor, montage amplification de tension, montage adaptateur d'impédance.

Par contre, nous avons noté deux manques principaux :

- comparaison des valeurs mesurées aux valeurs attendues (gain, impédance de sortie). Le tracé d'un schéma équivalent petits signaux (juste avec les 2 paramètres h_{11} et β) aurait été nécessaire dans cette démarche.
- Transition plus logique entre les 3 parties (moins grave que le premier point) :
 - ❖ utilité de l'étude des caractéristiques du transistor pour application au montage émetteur commun (justement pour pouvoir prévoir les grandeurs mesurées)
 - ❖ Nécessité d'une adaptation d'impédance, qui justifie le choix du push-pullIl aurait été plus facile de faire le lien entre les différentes parties en prenant comme ligne directrice le transfert d'un signal depuis un micro vers un haut-parleur.

Remarques de détail, liées aux questions posées :

- Le choix du tracé automatique des caractéristiques est un choix qui plaira au jury, surtout si on sait bien expliquer comment on a généré les rampes, ce qui était son cas. Dommage qu'il y ait eu une petite erreur sur la prise de mesure, où la tension V_{cc} a été mesurée, au lieu de la tension V_{ce} . C'est une erreur classique, qui se repère en voyant des pentes beaucoup trop faibles pour le début des caractéristiques (la montée doit se faire sur moins d'un volt en V_{ce} puisque cet effet est dû au fait que V_{ce} étant trop faible, toute la tension se retrouve aux bornes de la jonction BE, et il ne reste plus assez de tension pour polariser la jonction BC en inverse ($V_{ce}=V_{be}-V_{bc}=0.7-V_{bc}$), donc un flux de porteur « dans le mauvais sens » (électrons venant du collecteur si transistor NPN) vient diminuer le courant par rapport à ce qui est attendu avec l'effet transistor (électrons allant de l'émetteur vers le collecteur). C'est pour cela que cette région est appelée région de *saturation*. Mais puisque V_{be} est de l'ordre de 0.7 V, la région de saturation doit se situer pour V_{ce} entre 0 et 0.7 V environ, pas plus.
- Effet Early : si on en parle, il faut savoir en donner une petite explication. Le jury ne sera probablement expert donc on peut donner une explication en quelques phrases : l'augmentation de V_{ce} conduit à une augmentation de la polarisation inverse de la jonction BC (BE étant polarisé en direct, sa tension ne change pas ou très peu), et donc à un élargissement de la zone de charge d'espace correspondante, ce qui limite les recombinaisons dans la base (celle-ci étant déjà très étroite), et donc le courant I_b . Par ailleurs, si on veut être complet, cet élargissement de la zone de charge d'espace conduit aussi à une augmentation du flux d'électrons allant de l'émetteur vers la base (zone de diffusion moins large donc gradient plus fort). Les deux explications vont dans le sens d'une augmentation de β , qu'on voit à la pente légèrement positive de la caractéristique de sortie dans le région de fonctionnement « classique » (les « plateaux »).
- Effet de température : savoir dire que quand la température augmente, le nombre de porteurs augmente, donc β augmente (et la conductivité intrinsèque du semi-conducteur aussi, à l'inverse d'un métal, où c'est l'agitation thermique des porteurs qui augmente, diminuant donc leur vitesse de déplacement dans le sens imposé par la différence de potentiel, donc dans un métal, la conductivité diminue quand la température augmente).
- La caractéristique d'entrée est-elle tracée à V_{ce} constant ? Non, elle est tracée à V_{cc} constant, mais cela a peu d'importance car les variations de cette caractéristique avec V_{ce} sont aussi liées à l'effet Early, donc de second ordre, très peu visibles. Ceci dit, on aurait pu la tracer à V_{ce} constant, en supprimant la résistance R_c (du coup $V_{ce}=V_{cc}$). Dans ce cas, il faut juste vérifier le courant I_c pour s'assurer qu'il reste dans des limites raisonnables (imposées par le choix de I_b).
- Pourquoi on ne s'intéresse pas à la 4e caractéristique ? Elle est liée à la rétroaction de la sortie (V_{ce}) sur l'entrée (V_{be}) dont l'ordre de grandeur (dV_{be}/dV_{ce}) est de 10^{-4} , donc très faible. On néglige donc cet effet en général (c'est le générateur de tension additionnel dans le schéma équivalent petits signaux) et par suite la caractéristique correspondante

n'est pas très intéressante.

- Expliquer la stabilisation en température par R_e : T augmente $\rightarrow \beta$ augmente $\rightarrow I_c$ augmente \rightarrow la chute de tension aux bornes de R_e augmente $\rightarrow V_{be}$ diminue (puisque le potentiel à la base est fixé par le pont diviseur d'entrée R_1/R_2) $\rightarrow I_b$ diminue $\rightarrow I_c$ diminue $\rightarrow T$ diminue : rétroaction stabilisante.
- Rôle des capas à haute fréquence ? Attention, les limitations dues aux capas externes sont à basse fréquence. En effet, pour les signaux variables, l'idéal est que ces capacités aient une impédance nulle (pour relier directement l'émetteur à la masse dans le cas de la capa C_e , ou pour éviter une chute de tension aux bornes de la capa d'entrée, qui diminuera le gain réel du montage). C'est donc à basse fréquence (haute impédance) que les limitations dues à ces capas vont apparaître. Les limitations du montage à haute fréquence sont au contraire dues aux capas de jonction internes au transistor. On peut en gros expliquer cela par le fait qu'elles sont, elles, en parallèle avec les résistances (par exemple h_{11}) et donc qu'à haute fréquence, leur impédance diminue, donc une plus grande partie de la tension d'entrée, qui doit normalement se retrouver aux bornes de h_{11} , se retrouve aux bornes des résistances externes à l'entrée (R_{th} par exemple) donc la tension « réelle » qui est amplifiée est moindre, diminuant ainsi le gain.
- Le tracé de la réponse fréquentielle du montage émetteur commun est facile à faire. On peut demander à un technicien de le faire avec une dizaine ou une quinzaine de points, pour montrer facilement les limitations à basse et haute fréquence, avec la région plate très large (du kHz, voire moins, selon le choix de la capa C_e , à plusieurs centaines de kHz), ce qui est un des intérêts de ce montage (par rapport à un montage à AO par exemple).
- Attention à ne pas calculer le gain du montage sur un signal très distordu : l'écrêtage du signal dû à cette distorsion va fausser complètement cette mesure : on trouve 10, alors qu'on attend au moins une centaine : ne pas dépasser la vingtaine de mV pour le signal d'entrée si on veut rester dans le domaine linéaire ! C'est bien ensuite de passer au cas avec distorsion et de quantifier les distorsions avec des FFT, mais il faut commencer par le cas linéaire !
- Push-pull : pas de distorsion de recouvrement quand on n'est pas en charge. La distorsion est due à la tension de seuil des jonctions BE, mais si le push-pull ne débite pas, à courant quasi nul, la tension de seuil n'est pas 0.6 V mais beaucoup plus petite : on ne voit donc pas l'effet. \rightarrow Pour montrer la distorsion de recouvrement, il faut absolument débiter sur une charge. On peut même du coup la mesurer, montrer que le décalage est constant : 0.6 à 0.7 V, quelle que soit la tension d'entrée.