

CORRECTION DU MP22 : AMPLIFICATION DE SIGNAUX.

Vendredi 6 avril 2018

Présenté par Pierre CORNELLI – Appréciation : B
Samuel Boury¹, Alexandre Alles²

Préparation à l'Agrégation de Physique option Physique 2017-2018, Ecole Normale Supérieure de Lyon

Remarque préliminaire : Les éléments de correction qui sont donnés à l'oral et dans cette fiche correctrice portent sur le montage qui a été présenté, et uniquement sur celui-ci. Le choix du contenu du montage et la façon dont il a été présenté sont deux choses différentes. Par ailleurs, il n'y a pas de plan parfait pré-établi ; nous vous donnons uniquement des références et des pistes de réflexion pour qu'ensuite vous fassiez vos propres choix.

Rapport du jury

2017 L'amplificateur opérationnel (AO) permet l'étude de systèmes d'amplification dans le contexte de l'instrumentation, dont l'étude peut être envisagée dans ce montage. Ce dernier comporte néanmoins de nombreux circuits internes de compensation, résultant en des limitations techniques qu'il faut connaître ; ainsi si l'étude de circuits à AO pour l'amplification de signaux peut être abordée dans ce montage, d'autres circuits simples à base de transistor(s) peuvent être également envisagés. D'autre part, de nombreux aspects des amplificateurs sont éludés, comme la distorsion, les impédances caractéristiques et le rendement.

2007-2016 Mêmes remarques, sauf pour l'AO (non idéal pour ce montage).

Quelques commentaires généraux

Le montage présenté comportait les éléments incontournables : transistor bipolaire, tracé des caractéristiques, dérive en température, discussion sur la distorsion et l'adaptation d'impédance, montage émetteur commun, push-pull (qui était prévu à la fin du montage mais n'a pas été présenté faute de temps). Le montage étant peu apprécié des candidats vous pouvez obtenir une très bonne note en traitant bien le transistor bipolaire, les caractéristiques et le montage émetteur commun.

Vous pouvez néanmoins adapter davantage le propos. Il s'agit d'un montage, placez-vous de ce point de vue : le technicien que vous avez en face de vous veut savoir comment utiliser un transistor et comment l'intégrer dans un circuit, pas comment y circulent les électrons (même si vous devez le savoir pour les questions). Concernant le transistor bipolaire, vous devez essentiellement expliquer qu'il s'agit d'un tripôle actif, amplificateur avec un gain β et préciser la relation $i_C = \beta i_B$.

Malheureusement, le montage ne présentait aucune mesure vraiment "propre" : les valeurs prises étaient souvent approximatives ou mal mesurées, et ensuite mal notées (nombreuses erreurs de chiffres significatifs, d'arrondis, d'incertitudes ...). La plupart des expériences n'appellent pas des mesures précises (tracé de

1. samuel.boury@ens-lyon.fr

2. alexandre.alles@ens-lyon.fr

caractéristiques, distorsion, dérive en température ...) mais vous pouvez au moins faire une caractérisation rigoureuse du gain et des impédances d'entrée et de sortie sur le montage émetteur commun. De façon générale, le jury attend au moins une mesure et un calcul d'incertitudes menés soigneusement du début à la fin, ce qui manquait dans le montage présenté.

Sur la forme, c'est très bien de ne pas commencer le montage par "bonjour, je vais vous présenter le montage 22 ..." mais ne terminez pas votre présentation par "voilà, c'était le montage 22 ..." ! Faites attention aux tournures employées en évitant notamment d'avoir recours aux "on voit ...", "si vous avez...", "on est bien polarisé", etc. L'ordinateur était de dos : même avec le vidéo projecteur il est préférable d'orienter l'écran vers le jury.

Sur la leçon elle-même

1 Introduction (1 min)

L'expérience du micro branché sur le haut-parleur permet une bonne problématisation du montage. Attention cependant car il y a aussi un problème d'adaptation d'impédance entre le micro et le haut-parleur (que l'on traite aussi par les montages amplificateurs). Le diapason n'est pas le plus démonstratif car on l'entend déjà très bien, vous pouvez taper un peu sur le micro à la place.

2 Transistor bipolaire (14 min)

L'essentiel était là mais le traitement expérimental n'était pas optimal. Cette partie est importante puisqu'elle permet de présenter le dispositif amplificateur (le transistor) et de le caractériser. Le tracé du faisceau de caractéristiques peut être automatisé sur LatisPro via la carte d'acquisition comme cela a été présenté.

Précisez clairement sur des schémas les différentes grandeurs que vous regardez et mettez-les en lien avec le faisceau de caractéristiques tracé pour montrer que vous comprenez ce que vous êtes en train de faire. Vous pouvez alors introduire le gain β du transistor et expliquer à quoi il correspond. Mentionnez aussi explicitement les différents pôles du transistor : base, collecteur, émetteur.

Une tentative de démonstration de l'influence de la dérive thermique a été proposée, sans être concluante. Elle n'est pas non plus motivée. Une idée pour l'intégrer au montage est de regarder l'amplification d'un petit signal alternatif directement par le transistor et de le chauffer avec le sèche-cheveux en regardant en mode XY à l'oscilloscope $i_C = f(V_{CE})$: la dérive du gain avec la température est alors bien visible et vous pouvez expliquer qu'on l'empêche grâce à une résistance placée entre l'émetteur et la masse. Le dispositif peut alors être construit et, toujours en chauffant, vous illustrez la meilleure stabilité du gain vis-à-vis de la hausse de température. Une lampe peut aussi être intégrée dans le dispositif pour un effet plus visuel (l'augmentation du gain provoquera un éclaircissement plus important).

3 Amplification en tension (25 min)

Le montage émetteur commun a été présenté. Vous devez être plus clair pour traiter la question de la polarisation du montage : qu'est-ce que cela signifie ? comment fait-on en pratique ? Imaginez que l'on vous donne un transistor : comment réaliseriez-vous un montage avec ?

La mesure des coefficients h_{11} et h_{22} n'est pas très pertinent, d'autant qu'elle n'est pas aisée. Si vous en avez vraiment besoin pour effectuer des calculs, il vaut mieux le faire en préparation.

L'intérêt de ce montage est surtout de pouvoir le caractériser : il faut une mesure soignée du gain et des impédances d'entrée et de sortie car ce sont les grandeurs que l'on regarde pour intégrer un tel dispositif dans une chaîne d'amplification.

L'effet de la distorsion a été abordé d'abord à l'œil sur le signal, puis par une transformée de Fourier. En regardant un signal ayant une forte distorsion on peut voir très clairement des harmoniques peupler le spectre.

4 Push-pull (et conclusion) (1 min)

Le montage push-pull n'a malheureusement pas été traité dans le temps imparti. Il permet de traiter le cas de l'amplification en intensité, de discuter de l'adaptation d'impédance et de montrer que des transistors PNP peuvent aussi être utilisés. Vous pouvez utiliser le boîtier de la collection ou monter le push-pull vous même, la deuxième option étant à mon avis la meilleure. Si vous le montez il faut prendre les transistors BD235 et BD236. Dans ce cas, vous pouvez rajouter des petites lampes sur chaque branche du montage pour visualiser le passage du courant à basse fréquence, puis vous intéresser à la correction de la distorsion.

Quelques questions posées

De quoi est fait un transistor ?

Il s'agit d'un assemblage de trois semi-conducteurs dopés P, N et P ou N, P et N dans le cas du transistor bipolaire. Les dopages sont similaires à ceux des diodes et représentent des excès ou des défauts de charges.

Quel est l'effet de la dérive thermique ?

On observe une augmentation du gain et un décalage du seuil dans la courbe $i_C = f(V_{CE})$. Évitez surtout de dire, dès que vous avez un problème expérimental, qu'il s'agit de la dérive thermique ...

Que veut dire "polariser le montage" ?

C'est trouver son point de fonctionnement en fixant les paramètres libres (intensités, tensions) de façon à avoir un comportement optimal. En pratique, pour polariser un montage de type émetteur commun le plus simple est d'ajuster une ou deux valeurs de résistances à l'aide de potentiomètres.

À quoi servent les capacités dans le montage émetteur commun ?

Elles servent à filtrer les composantes continues (non amplifiées) et à éliminer le bruit. Elles ne sont pas nécessaires si vous amplifiez simplement un signal sinusoïdal sans composante continue, mais le résultat sera meilleur avec.

Peut-on réaliser un montage émetteur commun avec un transistor PNP ?

Presque. Bien sûr, si on remplace un transistor NPN par un PNP le montage ne fonctionnera pas. Vous avez deux solutions simples : soit réaliser le montage symétrique en collecteur commun, soit conserver le montage et placer la charge à l'émetteur et non plus au collecteur (ça revient à peu près au même).

On veut donner une valeur particulière à V_{CE} ?

On veut que cette tension soit petite, de l'ordre de 0.5V.

Et dans le cas d'un PNP ?

Le fonctionnement est identique, seulement la tension sera négative.

Éléments de bibliographie

1. DUFFAIT. *Expériences d'électronique à l'agrégation de sciences physique*. Bréal, 2010.
2. LILEN, TOURET. *Répertoire mondial des transistors*. Dunod, 1997.
3. MALVINO, BATES. *Principes d'électronique*. Dunod, 2016.