



démarrer en électronique

...amplificateur de tension

Eric Bogers (Elektor)

Jusqu'à présent, nous avons utilisé le transistor en commutation et en amplification de courant. Bien entendu, ces deux fonctions sont très importantes en électronique, mais il est vraiment intéressant de pouvoir amplifier des tensions. C'est exactement ce que nous allons réaliser dans cet épisode.

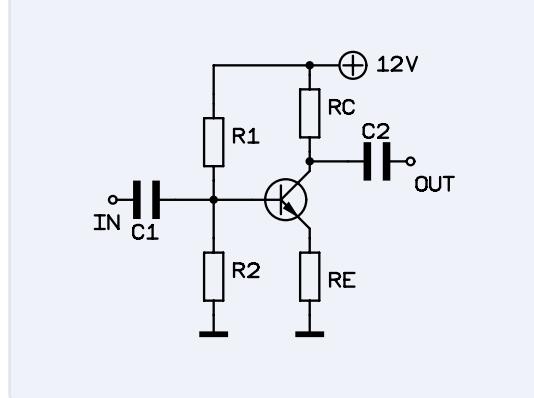


Figure 1. Montage émetteur commun

Mais, avant de nous lancer dans l'étude du montage émetteur, une mise en garde s'impose. Cela concerne l'article du numéro de mai/juin 2023, et en particulier le multivibrateur astable décrit dans la **figure 3** de la page 40. Comme nous l'a écrit Ruedi Schwarzenbach, lecteur d'Elektor en Suisse, ce circuit présente quelques dangers potentiels qui peuvent gâcher le plaisir des amateurs d'électronique débutants.

De quoi s'agit-il en réalité ? Bien que nous n'avons pas mentionné un type de transistor spécifique dans le schéma et le texte, il est en fait évident d'utiliser le BC547, un transistor à usage général, pour cet exemple. Et, parce que les calculs dans le texte supposent qu'on utilise une tension d'alimentation de 12 V, les choses pourraient mal tourner. En effet, d'après la fiche technique, le BC547 ne tolère pas une tension inverse base/émetteur élevée, 5 à 6 V est à peu près le maximum. Et cela signifie que les transistors du circuit de la figure 3 susmentionnés peuvent déjà être endommagés s'ils sont alimentés par une tension supérieure à 5 V.

Bien que nous ayons mentionné que "la base du transistor de gauche est soumise un potentiel négatif et qu'il est donc bloqué", il faut garder à l'esprit qu'à un potentiel négatif de 5...6 V, la jonction base/émetteur présente une sorte d'effet Zener. Un courant circule (le condensateur est en effet court-circuité via les deux transistors), ce qui pourrait éventuellement provoquer la défaillance du transistor. Pour éviter ce genre de problème, il est préférable d'utiliser une source de tension de 4,5 V pour l'alimentation (comme une batterie plate de 4,5 V, par exemple) et de faire tous les calculs en fonction de cette tension.

Montage émetteur

Le circuit illustré à la **figure 1** inclut un montage émetteur (à ne pas confondre avec un émetteur-suiveur !), où l'émetteur est la référence commune pour le signal d'entrée et le signal de sortie. Le montage émetteur est très similaire au montage collecteur de l'épisode précédent, sauf qu'une résistance de collecteur est maintenant présente, alors que la tension de sortie est prélevée sur le collecteur. Le rôle principal de la résistance d'émetteur est maintenant d'empêcher le point de fonctionnement de dériver ; dans ce cas, sa valeur est beaucoup plus faible. En supposant, à nouveau, que le courant de repos est de 1 mA, on aboutit à une valeur de 1 kΩ pour la résistance d'émetteur.

La tension de sortie peut varier de 1 V à 12 V, c'est-à-dire dans une plage de 11 V ; nous choisissons la tension de repos au milieu de celle-ci – une tension de 6,5 V est alors appliquée au collecteur, tandis qu'une tension de 5,5 V est aux bornes de la résistance du collecteur. Nous pouvons maintenant calculer R_C :

$$R_C = \frac{U}{I} = \frac{5.5 \text{ V}}{1 \text{ mA}} = 5.5 \text{ k}\Omega$$

Nous choisissons ici une valeur par défaut de 5,6 kΩ pour R_C . Comme pour R_2 , nous choisissons (arbitrairement) une valeur de 100 kΩ. Calculons R_1 :

$$R_1 = \frac{U_0 \cdot R_2}{U_B} - R_2 = \frac{12 \text{ V} \cdot 100 \text{ k}\Omega}{1.7 \text{ V}} - 100 \text{ k}\Omega = 605.9 \text{ k}\Omega$$

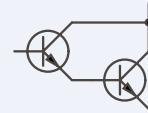


Figure 3. Montage Darlington.

Nous considérons une valeur par défaut de $560\text{ k}\Omega$ pour R_1 . Il faut préciser que cette tension de $1,7\text{ V}$ résulte de la tension aux bornes de la résistance d'émetteur de $1\text{ k}\Omega$ à un courant de repos de 1 mA , plus la tension de $0,7\text{ V}$ traversant les bornes de la jonction base/émetteur.

La question qui se pose maintenant est : d'où vient le gain en tension et quelle est son importance. Si nous supposons que, suite à une tension alternative appliquée, la tension à la base du transistor augmente de $0,1\text{ V}$, la tension de l'émetteur augmente également de $0,1\text{ V}$, ce qui signifie que le courant augmente de $100\text{ }\mu\text{A}$. À cause de ce courant plus élevé, une tension plus élevée traverse les bornes de la résistance du collecteur ($0,56\text{ V}$ de plus, pour être précis). En d'autres termes, la tension au collecteur est réduite de $0,56\text{ V}$. L'augmentation de la tension de la base entraîne une diminution correspondante de la tension au niveau du collecteur, et ce n'est pas tout : la variation de la tension au niveau du collecteur est plus importante que celle de la base. La variation de tension à la base est donc amplifiée !

Dans cet exemple spécifique, nous avons également négligé la différence entre I_C et I_E . Si nous nous permettons de le faire nous pouvons écrire ce qui suit pour calculer le gain en tension du montage émetteur commun :

$$V_{\text{OUT}} = \frac{\Delta U_C}{\Delta U_B} \approx -\frac{R_C}{R_E}$$

Ainsi, dans cet exemple, le gain est de $-5,6\times$. Le signe moins signifie simplement que le signal d'entrée et le signal de sortie sont en opposition de phase. En d'autres termes, il s'agit d'un amplificateur inverseur.

Il est possible d'amplifier un signal avec ce circuit encore plus, mais dans ce cas, il faut choisir une résistance d'émetteur moins élevée et/ou une tension d'alimentation plus élevée. Dans tous les cas, il faut éviter un circuit comme celui de la **figure 2**. Pour simplifier, le concepteur a omis dans ce circuit la résistance R_2 et la résistance d'émetteur R_E .

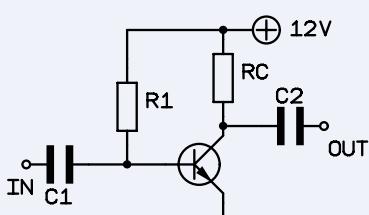


Figure 2. Mauvais montage amplificateur - ce n'est pas ainsi qu'il faut le faire !

Puisqu'on a omis la résistance d'émetteur, le montage fournit un gain très élevé, mais la stabilité en température du circuit est mauvaise : si la température change de quelques degrés seulement, le courant de base – et donc aussi le courant de collecteur – augmente (ou diminue) et le point de fonctionnement varie. En outre, le gain en courant d'un transistor n'est pas un paramètre fiable, car il présente une très forte variation, de sorte que la valeur de R_1 ne peut être déterminée que par expérimentation.

L'omission de la résistance d'émetteur entraîne également une impédance d'entrée très faible, de sorte que la valeur de C_1 choisie doit être beaucoup plus élevée afin d'éviter que la fréquence de coupure inférieure devienne trop élevée.

En résumé : un montage comme celui de la **figure 2** n'est pas utile. Ceux qui ont besoin d'une très grande amplification ont intérêt à connecter plusieurs étages d'amplification en série ou à utiliser au préalable un amplificateur opérationnel (ampli op).

Montage Darlington

Pour de nombreuses applications, nous avons besoin d'un gain en courant plus élevé que celui qui peut être fourni par un seul transistor. Dans de tels cas, le montage Darlington (**figure 3**) s'avère très utile. Dans ce montage, deux transistors sont commutés de telle sorte que l'émetteur du premier transistor est directement connecté à la base du second transistor. Dans ce cas, nous pouvons (approximativement) multiplier les facteurs de gain en courant séparément, de sorte que des valeurs de $10\,000$ et plus peuvent être atteintes avec des transistors à petit signal. Il convient de noter que les tensions base/émetteur des transistors sont additionnées, ce qui signifie qu'un montage Darlington nécessite une tension de configuration (polarisation) d'au moins environ $1,4\text{ V}$.

Pour les transistors de puissance, dont le gain en courant est souvent très faible, on utilise plutôt le montage Darlington. Dans de nombreux cas, les deux transistors du circuit sont déjà intégrés dans un boîtier par le fabricant – on parle alors de transistor Darlington.

Source de courant constant

Si nous utilisons une LED pour une certaine application, nous disposons dans la plupart des cas d'une tension d'alimentation constante, et il est facile de calculer la résistance en série requise. En outre, le fait que la tension d'alimentation varie (dans certaines limites) ne pose aucun problème : le fait que le flux de courant de la LED soit de 5 mA ou de 20 mA ne change pas grand-chose (bien que, pour économiser, un flux de courant faible est toujours préférable). Ainsi, une tension d'alimentation qui varie d'un facteur quatre est toujours plus ou moins acceptable. Cependant, si la tension d'alimentation présente des variations plus importantes, il est recommandé d'utiliser une source de courant constant.

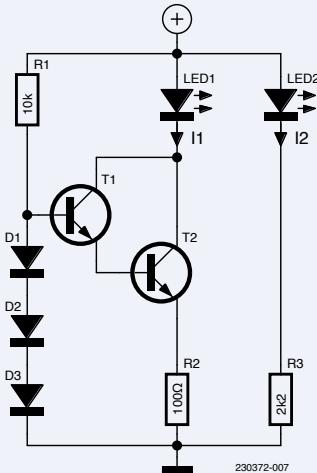


Figure 4. Source de courant (à peu près) constant.

L'appellation "source de courant constant" pour le circuit de la **figure 4** est en fait un peu exagérée, comme le montre le graphique de la **figure 5**. D'un autre côté, ce circuit permet d'utiliser une LED dans des conditions où la tension d'alimentation peut varier d'un facteur 40, et c'est de toute façon un avantage.

Trois diodes connectées en série fournissent une tension plus ou moins constante d'environ 2 V. Cette tension est utilisée pour piloter un transistor Darlington qui a une résistance d'émetteur de $100\ \Omega$. La tension aux bornes de cette résistance est d'environ 0,7 V, ce qui se traduit par un flux de courant d'environ 0,7 mA (ce qui est tout à fait correct en pratique). Par ailleurs, un transistor Darlington n'était pas vraiment nécessaire dans cet exemple. Nous avons mesuré le courant à travers la LED et l'avons représenté sur la **figure 5**. Pour comparer, nous avons également mesuré le courant à travers une LED avec seulement une résistance en série et l'avons représenté sur le même graphique.

Pour la source de courant constant, l'augmentation du courant est nettement moins forte (la courbe est plus uniforme), ce qui signifie que le circuit serait encore utilisable à des tensions d'alimentation nettement plus élevées. Le fait que le courant ne soit pas parfaitement constant, est dû à l'augmentation de la tension à travers les diodes – une diode Zener donnerait un meilleur résultat, et une stabilisation "à deux étages" aurait été encore meilleure.

D'ailleurs, une source à courant constant donne de meilleurs résultats lorsque la tension d'alimentation est constante (12 V dans la **figure 6**) et que l'on fait varier la résistance de charge (où se trouve la LED).

À des valeurs de résistance de charge plus élevées, le courant diminue, car sinon le produit du courant et de la résistance serait supérieur à la tension d'alimentation - ce qui est impossible. Cependant, tant que la tension à travers la résistance de charge reste bien inférieure à la tension d'alimentation, le courant à travers la charge est relativement constant.

Bien entendu, vous pouvez vous demander pourquoi nous aurions besoin d'un courant constant avec une résistance de charge variable. Eh bien, sans une telle source de courant, l'amplificateur différentiel serait impossible à réaliser. L'amplificateur différentiel (peut-être le montage électronique le plus important) sera abordé dans le prochain article de cette série...

230372-04

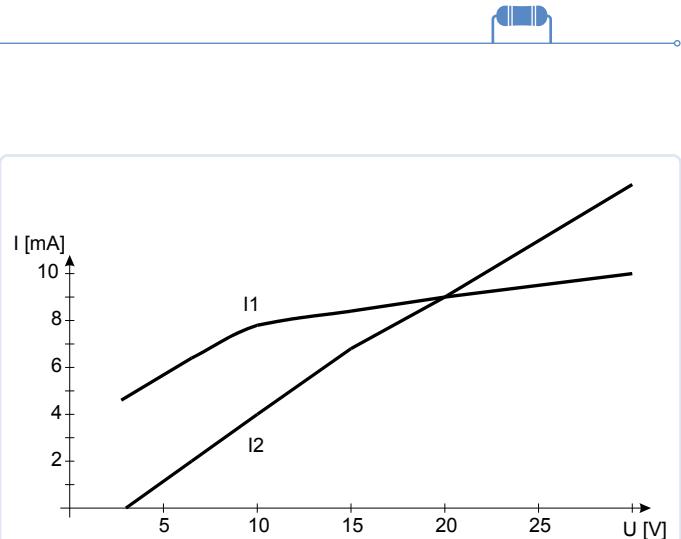


Figure 5. Flux de courant avec et sans source de courant constant

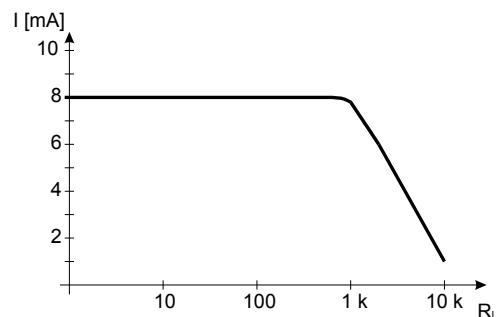


Figure 6. Source de courant constant avec une résistance de charge variable.

Note de la redaction : la série d'articles « démarrer en électronique » est basée sur le livre « Basiskurs Elektronik » de Michael Ebner, publié par Elektor.

Questions ou commentaires ?

Contactez Elektor (redaction@elektor.fr).



Produits

➤ **Rémy Mallard, L'électronique pour les débutants (livre de poche) (Elektor, 2^e édition)**
<https://elektor.fr/15662>

