

# démarrer en électronique

## composants actifs

Eric Bogers (Elektor)

Comme nous l'avons déjà mentionné dans un épisode précédent de cette série, tous les composants qui contiennent une puce semi-conductrice (tels que les diodes) sont appelés composants actifs. En fait, ce n'est pas tout à fait exact si l'on se réfère à la définition précise du terme « actif ». Dans ce cas, seuls les composants qui amplifient un courant ou une tension sont réellement actifs. Et maintenant – avec les transistors – nous entrons dans le monde des composants actifs.

Le mot transistor est un terme composé des mots « transfert » et « résistance ». Cela signifie que l'on pourrait ludiquement appeler un transistor une « résistance de transfert », mais heureusement, personne ne le fait. Cependant, vous pouvez réellement faire varier la résistance de ce composant en appliquant une tension de commande. Ce sont les transistors qui ont rendu possible le progrès actuel en électronique, parce qu'ils sont beaucoup plus petits et moins fragiles que les tubes, et parce qu'ils consomment beaucoup moins d'énergie. Les transistors sont également à l'origine des circuits intégrés (CI). Ces derniers contiennent un grand nombre de composants (actifs et passifs) présents sur une puce ou dans un boîtier. Dans les microprocesseurs modernes, on parle de plusieurs millions de transistors contenus dans un seul boîtier.

Commençons par les transistors comme composants individuels. Nous reviendrons sur les circuits intégrés dans un prochain épisode.



Figure 1. Divers transistors (Source : Shutterstock / Edkida).

Aujourd'hui, il existe des solutions toutes faites pour de nombreuses applications sous la forme de circuits intégrés, mais vous devez souvent fouiller dans vos tiroirs de composants pour trouver des transistors – par exemple, lorsque vous avez besoin de transistors de sortie pour un amplificateur de puissance.

Plusieurs transistors sont représentés sur la **figure 1**. En règle générale, la puissance que peut supporter un transistor dépend de sa taille et de la présence d'un boîtier métallique.

### Utilisation d'un transistor bipolaire en commutation

En général, lorsqu'on parle d'un transistor, on fait référence à un transistor bipolaire. Il en existe deux types : NPN et PNP, où les lettres désignent la succession des couches de silicium dopées N ou P de la structure du transistor.

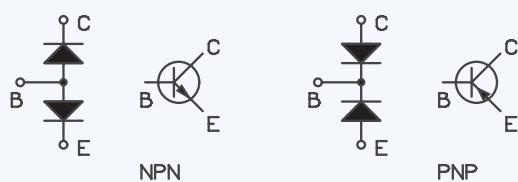


Figure 2. Circuits équivalents des transistors. C = collecteur, B = base, E = émetteur.

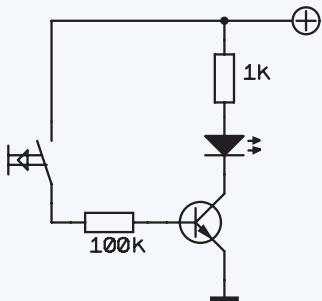


Figure 3. Transistor utilisé comme interrupteur.

Pour simplifier, il est possible d'utiliser les transistors comme interrupteurs ou comme amplificateurs. Nous allons d'abord nous intéresser à l'utilisation d'un transistor comme interrupteur, car le principe est plus facile à comprendre. Ensuite, nous aborderons les propriétés des transistors en tant qu'amplificateurs.

La **figure 2** montre un transistor NPN à gauche et un transistor PNP à droite, représentés chacun par une combinaison de deux diodes. En pratique, un transistor n'est jamais utilisé pour remplacer deux diodes, mais, il est utile de garder ces circuits équivalents en mémoire lorsque vous utilisez un testeur de continuité pour vérifier le type du transistor (ou pour tester s'il fonctionne encore ou s'il est court-circuité).

La **figure 3** montre un transistor utilisé comme interrupteur. Notez que nous utilisons toujours des transistors NPN dans les exemples de cet article, car leur fonctionnement est plus simple à comprendre lorsqu'on considère la circulation conventionnelle du courant (du positif au négatif). Cependant, il est possible de modifier facilement chacun de ces exemples en un montage à transistor PNP en changeant simplement la polarisation de tous les composants polarisés (diodes, condensateurs électrolytiques et, bien entendu, la tension d'alimentation).

Revenons à la **figure 3**. Ici, il y a deux circuits : un pour le courant de commande et un pour la charge. Le courant de commande circule à travers l'interrupteur, la résistance série et la diode base-émetteur du transistor. Cette jonction base-émetteur commande le transistor. Lorsqu'un courant circule à travers cette jonction, le transistor est conducteur, sinon le transistor est bloqué.

La jonction base-émetteur fonctionne comme une diode ordinaire. Cela signifie que le courant ne commence à circuler que lorsque la tension au niveau de la jonction atteint environ 0,7 V.

L'autre circuit est constitué de la résistance série de la LED, de la LED et de la jonction collecteur-émetteur du transistor. Vous pensez peut-être qu'aucun courant ne circule à ce niveau car la diode collecteur-base est polarisée en sens inverse. En pratique, le courant ne traverse pas la diode collecteur-base, mais circule directement

du collecteur à l'émetteur, il n'y a donc pas de tension de 0,7 V au niveau de la jonction collecteur-émetteur.

Cela fonctionne grâce à la disposition particulière des différentes couches de semi-conducteurs ; après tout, il est impossible de construire un transistor à partir d'une paire de diodes séparées.

Vous vous demandez peut-être (pour une bonne raison) pourquoi nous utilisons un transistor et une résistance supplémentaire dans le circuit de la **figure 3** au lieu de commander la LED directement avec l'interrupteur. Et vous avez raison : c'est tout à fait inutile dans cet exemple spécifique.

Le courant traversant l'interrupteur dans ce circuit est 100 fois moins élevé que le courant traversant la LED, bien qu'il soit difficile de trouver un interrupteur qui ne puisse pas supporter le courant traversant la LED. Cependant, le circuit présenté ici convient également à la commutation des courants (et des tensions) beaucoup plus élevés. Il n'y a aucune raison pour que le circuit de commande et le circuit de charge soient alimentés par la même source de tension. En bref, le transistor permet de commuter une tension beaucoup plus élevée avec une tension de commande de quelques volts à condition d'utiliser un transistor approprié.

### Multivibrateur bistable (Flip-Flop)

Passons maintenant à quelques exemples de multivibrateurs, c'est-à-dire de circuits qui commutent entre deux états définis. La **figure 4** montre un multivibrateur bistable, plus connu sous le nom de flip-flop.

Ce circuit est dit bistable car il possède deux états stables – soit la LED de gauche est allumée, soit la LED de droite est allumée. Le circuit ne changera jamais d'état sauf si vous appuyez sur l'un des deux boutons-poussoirs.

Supposons que le transistor de gauche soit conducteur, ce qui signifie que la LED de gauche est allumée. La tension entre le collecteur et l'émetteur de ce transistor est donc faible (environ 0,1 V), ce qui n'est pas suffisant pour activer le transistor de droite (au moins 0,7 V

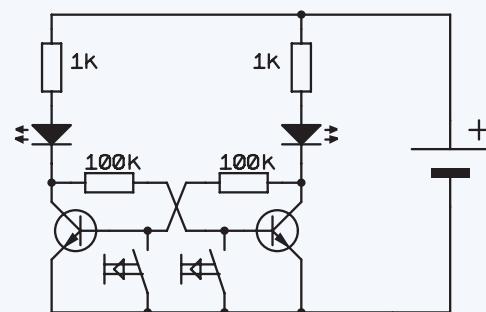


Figure 4. Multivibrateur bistable.



est nécessaire). Le transistor de droite est donc bloqué et sa tension collecteur-émetteur est quasiment égale à la tension d'alimentation  $U_V$ . Cela signifie que le transistor de gauche reste toujours passant grâce au courant traversant la résistance de  $100\text{ k}\Omega$  du côté droit. Il s'agit donc d'un état stable.

Cependant, si vous appuyez sur le bouton de gauche, la tension base-émetteur du transistor de gauche chute à zéro. Par conséquent, ce transistor se bloque et sa tension collecteur-émetteur augmente jusqu'à environ  $U_V$ . La LED de gauche s'éteint, et le transistor de droite devient conducteur grâce au courant traversant la résistance de  $100\text{ k}\Omega$  du côté droit. Sa tension émetteur-connecteur chute à presque  $0\text{ V}$ , et la LED de droite s'allume. Maintenant, le transistor de gauche ne peut plus conduire, même si vous relâchez le bouton-poussoir. Il s'agit encore d'un état stable, mais opposé à l'état initial.

Le circuit reste dans cet état stable jusqu'à ce que l'on appuie sur le bouton de droite, ce qui fait basculer le circuit vers l'autre état stable.

Maintenant, la seule question restant à trancher est de savoir quel transistor s'allume en premier après l'application de la tension d'alimentation. Il est impossible de le prévoir à partir du schéma de principe. Si les deux parties du circuit comportent des composants identiques, ce serait purement une question de hasard. En d'autres termes, cela dépendrait du bruit imprévisible des composants. Dans la pratique, il n'existe pas de composants exactement identiques. Les résistances ont des tolérances de fabrication, et les gains en courant des transistors sont différents (en plus, le gain en courant dépend de la température, et donc du dernier transistor conducteur et qui est probablement plus chaud que l'autre).

Essayons plutôt de retourner la question : comment faire en sorte que le même transistor s'allume toujours en premier lorsque la tension d'alimentation est établie ? La réponse est simple : réduisez la résistance de la base du transistor concerné à la moitié de la valeur indiquée sur le schéma de principe.

Voilà, c'est tout pour cet épisode. Dans le prochain article, nous étudierons deux autres circuits de multivibrateurs, puis nous verrons comment utiliser les transistors comme amplificateurs.

### Bref retour sur la Diac

Dans l'édition de novembre/décembre de l'année dernière [1], nous avons brièvement présenté la diac en tant que type de diode (désormais plus ou moins obsolète). Dans cet article, nous écrivions :

« Dans votre e-choppe d'électronique préférée (malheureusement, le magasin d'électronique du coin n'existe plus), vous pouvez acheter un composant portant le nom simple mais exotique de "diac", qui contient deux diodes Zener connectées de cette manière. »

Deux lecteurs d'Elektor (Pablo Medina et Maurizio Spagni), nous ont écrits individuellement que ce n'était pas correct. Et tous les deux ont tout à fait raison : un diac est un composant assez complexe avec une caractéristique de résistance négative, ce qui le rend approprié pour amorcer des thyristors et des triacs [2].

Comparer un diac à deux diodes Zener connectées en série en inverse est donc une simplification excessive. Néanmoins, nous pensons que considérer le diac comme deux diodes Zener, plutôt que comme une résistance négative, facilite la compréhension de son fonctionnement par les électroniciens débutants. Au moment où ils auront compris ce qu'est une caractéristique de résistance négative et comment un dispositif semi-conducteur peut avoir ce genre de caractéristique, ils auront probablement abandonné l'électronique.

Mais comme nous l'avons déjà mentionné, les deux lecteurs ont tout à fait raison, et à l'avenir, nous choisirons soigneusement nos mots. ►

220670 - VF : Asma Adhimi

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

### Des questions, des commentaires ?

Contactez Elektor ([redaction@elektor.fr](mailto:redaction@elektor.fr)).



### Produits

► Livre en anglais « *Basic Electronics for Beginners* »,  
*B. Kainka* (Elektor, 2020) (SKU 19212)

Version papier  
[www.elektor.fr/19212](http://www.elektor.fr/19212)

Version numérique  
[www.elektor.fr/19213](http://www.elektor.fr/19213)

### LIENS

[1] Eric Bogers, Michael Ebner: « démarrer en électronique... avec plaisir, on continue avec les Zener » ElektorMag 11-12/2022 : <https://www.elektormagazine.fr/magazine/elektor-283/61176>

[2] Le Diac sur Wikipédia : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Diac>