

démarrer en électronique

... les multivibrateurs

Eric Bogers (Elektor)

Dans l'épisode précédent, nous avons (enfin) abordé les transistors, que l'on peut facilement qualifier de « cœur battant de notre société ». Sans les transistors, notre vie moderne serait tout simplement impossible. Il est maintenant temps d'examiner les multivibrateurs, puis d'aborder les transistors en tant qu'amplificateurs.

Tout d'abord, une brève remarque, destinée principalement aux nouveaux lecteurs d'Elektor qui découvrent leur premier épisode de la série « démarrer en électronique » : cette série ne prétend en aucun cas être un cours théorique approfondi d'électronique. Notre seul objectif est de donner aux novices en électronique suffisamment de connaissances de base pour qu'ils puissent concevoir et réaliser des circuits avec une chance raisonnable de succès, ou modifier un circuit existant et obtenir un résultat exploitable. Pour ce faire, nous faisons de notre mieux pour éviter les calculs sérieux, et nous évitons parfois les détails et les aspects théoriques. Nous sommes bien conscients qu'avec cette approche, nous provoquerons parfois de vives critiques de la part des perfectionnistes et des théoriciens parmi nos lecteurs. Nous nous en excusons, sans trop en faire... À la fin du dernier épisode, nous avons parlé du multivibrateur bistable, qui est aussi appelé bascule (flip-flop). Pour vous rafraîchir la mémoire, nous reproduisons ici le schéma de base de ce multivibra-

teur à la **figure 1**. Comme le suggère son nom, ce circuit possède deux états, chacun avec l'un des deux transistors conducteur (mais pas les deux). Nous pouvons utiliser les boutons-poussoirs pour passer d'un état à l'autre. Il est impossible de prédire lequel des deux transistors commencera à conduire immédiatement après la mise sous tension - la seule chose dont nous pouvons être sûrs, c'est que l'un d'entre eux sera passant et l'autre bloqué.

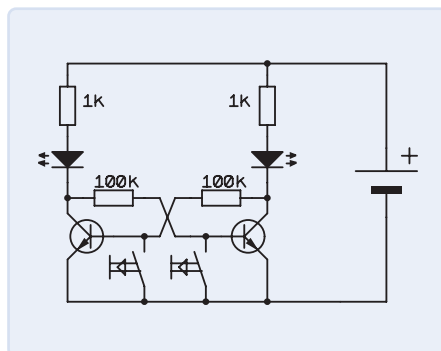


Figure 1. Multivibrateur bistable ou bascule.

Multivibrateur monostable

Le multivibrateur monostable (ou *monoflop*) est dérivé du bistable et possède un seul état stable, comme vous pouvez le deviner d'après son nom. Le schéma de base est illustré à la **figure 2**. Bien que ce circuit puisse être mis dans un état différent lorsqu'il est déclenché par une impulsion externe, après un certain temps, il reviendra automatiquement à son état initial stable. Vous connaissez peut-être ce type de circuit grâce aux circuits d'éclairage d'escalier pratiques, qui s'éteignent automatiquement au bout d'un certain temps.

Dans le circuit illustré à la **figure 2**, le transistor de gauche est généralement conducteur. Tout comme la bascule (**figure 1**), nous pouvons provoquer le blocage de ce transistor en mettant brièvement sa base à la masse en appuyant sur le bouton-poussoir. Cela entraîne également la décharge du condensateur électrolytique. Ensuite, le transistor de droite commence à conduire, mais temporairement, car le condensateur électrolytique est rechargé

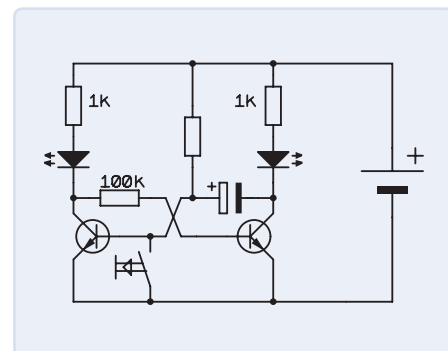


Figure 2. Multivibrateur monostable.

à travers sa résistance en série. Lorsque la tension sur ce condensateur augmente jusqu'à environ 0,7 V, le transistor de gauche recommence à conduire, ce qui fait chuter sa tension collecteur-émetteur à environ 0. En conséquence, le transistor de droite est à nouveau bloqué, et le circuit revient à son état initial stable.

Le temps nécessaire au *monoflop* pour revenir à son état stable dépend, comme prévu, des valeurs de la résistance en série et du condensateur, ainsi que de la valeur de la tension d'alimentation. Essayons d'estimer grossièrement ce temps (l'intervalle *monoflop*) en réfléchissant un peu. Nous supposons ici que : $R = 100 \text{ k}\Omega$, $C = 100 \text{ }\mu\text{F}$, and $U_V = 12 \text{ V}$. La tension d'un condensateur est donnée par la formule suivante :

$$U_C = \frac{Q}{C} = \frac{I \cdot t}{C}$$

Le courant dépend de la tension aux bornes de la résistance et de sa valeur. Cette tension baisse progressivement au fur et à mesure que la tension du condensateur augmente. Puisque le circuit change d'état à une tension de condensateur de seulement 0,7 V, nous pouvons ignorer le comportement non linéaire ici et utiliser la valeur moyenne arithmétique dans notre calcul.

$$U_C = \frac{U_V \cdot t}{R \cdot C} \Rightarrow t = \frac{U_C \cdot R \cdot C}{U_V}$$

Cela signifie que la tension moyenne sur la résistance est d'environ 11,65 V, puisque le circuit bascule lorsque la tension du condensateur atteint 0,7 V.

$$t = \frac{0,7 \text{ V} \cdot 100 \text{ k}\Omega \cdot 100 \text{ }\mu\text{F}}{11,65 \text{ V}} = 0,6 \text{ s}$$

Multivibrateur Astable

Un multivibrateur astable n'a pas d'état stable. Il bascule donc entre deux états possibles, d'où son nom d'astable. Le circuit de la **figure 3** ressemble un peu à un double *monoflop*, vous pourriez donc envisager d'utiliser les mêmes formules que celles dérivées ci-dessus pour le *monoflop* afin de calculer le timing - mais dans ce cas, vous vous tromperiez d'un facteur d'environ 10. Cela

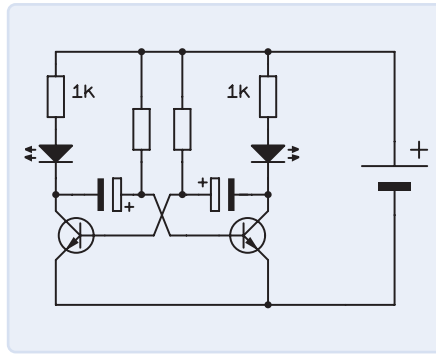


Figure 3. Multivibrateur astable.

soulève naturellement la question de savoir comment ce circuit fonctionne réellement. Supposons que le transistor de gauche soit conducteur : alors la tension U_{CE} du transistor de gauche est presque nulle et la tension collecteur-émetteur du transistor de droite est égale à la tension d'alimentation. Le condensateur de gauche est progressivement chargé à travers sa résistance en série, et à un certain moment, la tension sur ce condensateur atteindra 0,7 V et le transistor de droite sera passant.

Lorsque le transistor de droite est passant, la tension de U_{CE} est presque égale à la valeur de la tension d'alimentation, ce qui signifie que la tension du condensateur diminue d'autant. En conséquence, la tension sur la base du transistor de gauche devient négative et le transistor se bloque.

Cela signifie également que le condensateur doit être chargé par une tension négative presque égale à la valeur de la tension d'alimentation, au lieu de commencer par 0 V. Cela prend bien sûr beaucoup plus de temps. Essayons de calculer cela. Le condensateur doit être chargé de -12 V à +0,7 V. Si nous supposons que la courbe de charge est linéaire, nous introduisons une erreur d'environ 10 %, ce qui correspond à la tolérance d'un condensateur électrolytique de bonne qualité. Mais, essayons d'être un peu plus précis. La tension aux bornes d'un condensateur est donnée par la formule suivante :

$$U_C = U_0 \cdot \left(1 - e^{\frac{-t}{RC}} \right)$$

Or, dans ce cas, U_0 est égale au double de la valeur de la tension d'alimentation et le condensateur est chargé jusqu'à $U_V + 0,7 \text{ V}$. Nous pouvons donc écrire l'équation suivante :

$$U_C + U_V = 2 \cdot U_V \cdot \left(1 - e^{\frac{-t}{RC}} \right)$$

Nous pouvons résoudre cette équation en fonction de la variable t . Ici, ne vous préoccupez pas de la dérivation, nous vous donnons simplement le résultat :

$$t = -R \cdot C \cdot \ln \left(1 - \frac{U_C + U_V}{2 \cdot U_V} \right)$$

Si l'on calcule cela avec les mêmes valeurs de composants que pour le *monoflop* ($R = 100 \text{ k}\Omega$ et $C = 100 \text{ }\mu\text{F}$), le résultat est $t = 7,5 \text{ s}$, soit une durée 12 fois plus longue qu'avec la *monoflop*.

Transistor bipolaire comme amplificateur

L'utilisation d'un transistor bipolaire pour réaliser un amplificateur n'est pas réellement facile. En effet, tous les paramètres, dont aucun n'est vraiment linéaire, dépendent les uns des autres et malheureusement de la température. Si vous ne prenez pas les mesures adéquates, le point de fonctionnement sera très différent de ce que vous aviez prévu.

C'est pourquoi les transistors sont rarement utilisés pour les applications à petits signaux, pour lesquelles les amplificateurs opérationnels (ampli-op) constituent le composant idéal. Bien que les ampli-op soient constitués de transistors, la plupart des problèmes ont déjà été résolus par les concepteurs. Il est donc très facile de construire des amplificateurs stables avec des ampli-op.

Cependant, les ampli-op ne sont adaptés qu'au fonctionnement en petits signaux, car leur tension et/ou leur courant de sortie maximal est trop faible pour les amplificateurs de puissance. Pour de telles applications, vous pouvez combiner les ampli-op avec des transistors (si nécessaire des transistors de puissance), ou vous pouvez construire tout le circuit avec des transistors discrets.

Nous aborderons les amplificateurs dans le prochain épisode. Pour faciliter la compréhension, nous examinons ici brièvement les transistors comme composants d'amplification.

À ce stade, dans la plupart des manuels, vous trouverez beaucoup de théories et d'équations, dont la plupart ne sont pas pertinentes dans la pratique. La seule relation vraiment importante est la caractéristique

U/I de la jonction base-émetteur - et nous l'avons déjà abordée dans le chapitre sur les diodes (voir **figure 4**). Cependant, une chose que nous n'avons pas mentionnée dans cette étude est que la caractéristique U/I dépend de la température. Lorsqu'une diode se réchauffe, le courant augmente (en supposant que la tension reste la même). La diode devient alors encore plus chaude. Ce comportement entraîne rarement des problèmes avec les diodes ordinaires, mais avec les transistors, il est gênant parce que le courant de collecteur change également - et le courant de collecteur peut augmenter d'un facteur de 100 que le courant de base. En effet, la formule suivante s'applique au courant de collecteur :

$$I_C = I_B \cdot h_{FE} = I_B \cdot \beta$$

Ici, h_{FE} (également appelé β) est le gain en courant du transistor. Ce gain en courant est non seulement sujet à une large variation entre les composants du même type, mais (pour compliquer encore les choses) il dépend également du courant du collecteur. Pour les transistors à petits signaux, la valeur de h_{FE} est comprise entre 100 et 800, et pour les transistors de puissance, elle est comprise entre 10 et 100. Le gain en courant étant un paramètre si peu fiable, vous devez essayer de concevoir vos circuits

à transistors de manière que la valeur exacte de h_{FE} ne soit pas un facteur important. Nous verrons comment y parvenir dans le prochain épisode. ◀

230033-04

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).

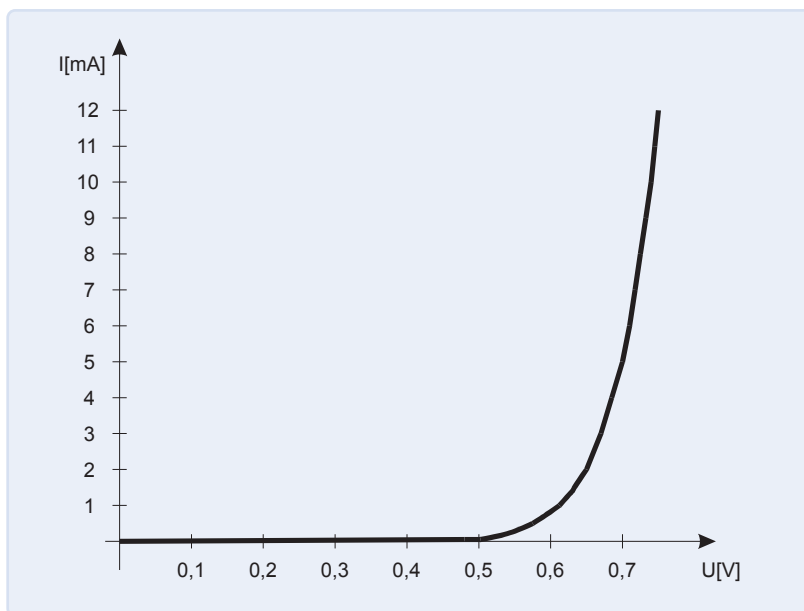


Figure 4. Caractéristique U/I d'une diode.



Produits

➤ **B. Kainka, Basic Electronics for Beginners (Elektor, 2020) (SKU 19212)**
www.elektor.fr/19212

➤ **B. Kainka, Basic Electronics for Beginners (Elektor, 2020) (E-Book, SKU 19213)**
www.elektor.fr/19213

YOUR KEY TO CELLULAR TECHNOLOGY



**WURTH
ELEKTRONIK**
MORE THAN
YOU EXPECT

**WE meet @
PCIM Europe**
Hall 6-217

Adrastea-I is a Cellular Module with High Performance, Ultra-Low Power Consumption, Multi-Band LTE-M and NB-IoT Module.

Despite its compact size, the module has integrated GNSS, integrated ARM Cortex M4 and 1MB Flash reserved for user application development. The module is based on the high-performance Sony Altair ALT1250 chipset. The Adrastea-I module, certified by Deutsche Telekom, enables rapid integration into end products without additional industry-specific certification (GCF) or operator approval. Provided that a Deutsche Telekom IoT connectivity (SIM card) is used. For all other operators the module offers the industry-specific certification (GCF) already.

www.we-online.com/gocellular

- Small form factor
- Long range/worldwide coverage
- Security and encryption
- Multi-band support

#GOCELLULAR