

INITIATION A LA PRATIQUE DE L'ELECTRONIQUE

Les astables, monostables

(Suite voir n° 1811)

D'astable à monostable, les analogies de fonctionnement et de conception, nous l'avons vu, sont manifestes, d'où l'idée, chez les fabricants de circuits intégrés, d'un modèle bon à tout faire : ainsi naquit l'incontournable 555, multivibrateur dans tous ses états, depuis presque trente ans déjà.

Et ainsi de suite !

Comme on le voit, ce que nous avons décrit va se répéter indéfiniment (du moins, tant que l'on n'aura pas coupé l'alimentation du montage). Notre multivibrateur est donc un générateur de signaux. On objectera peut-être que le montage est un peu compliqué, ce qui est exact, mais il nous a semblé important de le décrire, pour faciliter la compréhension de montages analogues.

En fait, on n'utilise plus guère le multivibrateur classique, qui avait reçu, dès son apparition, les noms de ses découvreurs : Abraham et Bloch, vers l'année... 1912 (il est à peine besoin de préciser que, à ce moment, le montage était réalisé avec des tubes à vide, mais l'explication du fonctionnement était la même).

Pourquoi a-t-on délaissé cet oscillateur à deux transistors ? Parce que les fabricants de circuits intégrés sont venus à notre secours, pour simplifier notre travail. En fait, actuellement, on réalise des multivibrateurs surtout de deux façons : avec un « 555 » ou par l'oscillateur à intégration.

Un circuit plus que célèbre : le « 555 »

Le brave « 555 » (ou NE555, ou bien d'autres noms, dans lesquels on retrouve les trois cinq) est un cas presque unique dans le vaste domaine des circuits intégrés. Il est sorti sur le marché vers la fin des années 60 et, presque trente ans après, il est toujours aussi utilisé.

Lors de la sortie de ce circuit, les concepteurs du 555 avaient fait un concours, parmi les amateurs d'électronique, pour leur demander leurs idées au sujet de l'utilisation du circuit.

Il y eut, si notre mémoire est bonne, plus de sept cents réponses. A la suite du concours, on publia un gros recueil d'applications, nommé « Ce que l'on peut faire avec un 555 ». Les auteurs de ce fascicule dirent, par la suite, qu'il aurait eu meilleur temps d'écrire « Ce que l'on ne peut pas faire avec un 555 », car un tel ouvrage aurait été beaucoup plus mince !

Un tel circuit comporte (fig. 13) un diviseur de tension à trois résisteurs R_1 , R_2 et R_3 (de $5\text{ k}\Omega$ chacun), deux comparateurs C_1 et C_2 , un bistable et un transistor T , dit « de décharge ».

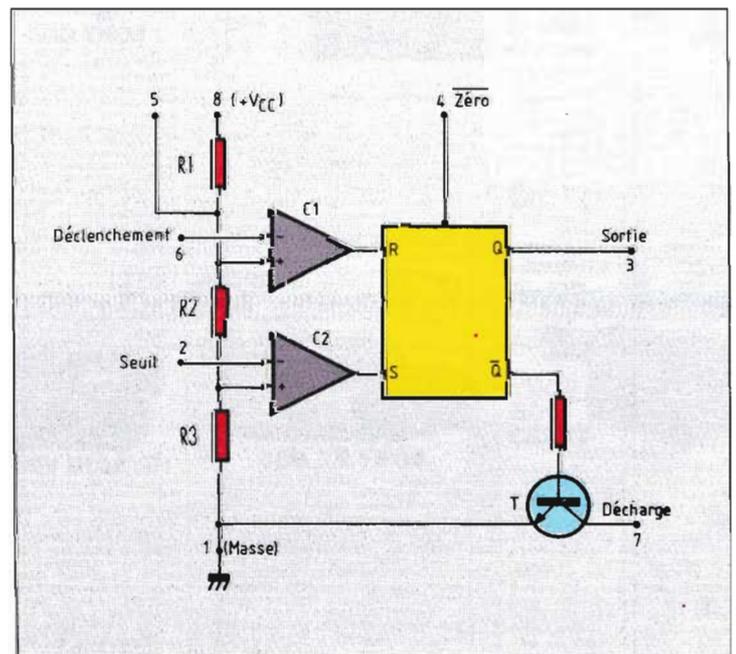
Nous supposons, pour commencer, que l'on a relié au $+V_{CC}$ (broche 8) la broche 4, rendant ainsi inactive la remise au zéro du bistable, qui n'agit qu'à niveau bas. Nous supposons aussi que l'on a laissé « en l'air » la broche 5.

Nous supposons également que, au départ, les entrées 2 et 6 sont portées toutes les deux à un potentiel moitié de celui de la broche 8 (soit $V_{CC}/2$), par exemple, par deux diviseurs de tension, constitués chacun de deux résisteurs de même résistance, branchés entre le $+V_{CC}$ et la masse.

Les deux basculements du bistable

Comme les entrées des comparateurs ne consomment pratiquement aucun cou-

Fig. 13. – Le fameux « 555 » comporte une chaîne de trois résisteurs d'égale résistance, un bistable, commandé par deux comparateurs et commandant un transistor T , dit « de décharge ». Ses applications sont extrêmement variées.



rant, les potentiels des points (B) et (A) sont respectivement égaux à $V_{cc}/3$ et à $2 V_{cc}/3$.

En laissant le potentiel de l'entrée 2 à $V_{cc}/2$, faisons croître lentement celui de l'entrée 6. Quand il dépassera les $2/3$ de la tension d'alimentation V_{cc} , c'est-à-dire le potentiel de l'entrée « + » de C_1 , ce dernier va fournir, en sortie, un signal et l'envoyer à l'entrée R (remise à zéro) du bistable.

Ce dernier passe donc (à moins qu'il n'y soit déjà) à l'« état zéro », dans lequel la sortie Q est un niveau bas, et, la sortie \bar{Q} barre étant au niveau haut, le transistor T est saturé, agissant donc comme s'il mettait son collecteur (broche 7) en court-circuit avec la masse.

Ramenons le potentiel de l'entrée 6 à $V_{cc}/2$ et agissons sur celui de l'entrée 2, le faisant diminuer. Quand il arrivera à $V_{cc}/3$, c'est-à-dire à celui du point (B), le comparateur C_2 va envoyer au bistable un signal sur son entrée S (mise à l'état un, ou « Set »).

Ce bistable va alors passer à l'état dit « un », la sortie Q (broche 3) est haute, la sortie \bar{Q} barre étant basse, T est bloqué, et tout se passe comme si la broche 7 n'était plus reliée à rien.

L'entrée sur la broche 5, arrivant directement au point (A) du 555, permet de modifier les potentiels des points (A) et (B). Si on laisse cette entrée non connectée (ce qui est le cas le plus fréquent), ces potentiels sont, on l'a vu, $2 V_{cc}/3$ et $V_{cc}/3$. Mais si l'on applique à l'entrée 5 une tension v (par rapport à la broche 1), inférieure à V_{cc} , les potentiels des points (A) et (B) deviennent alors v pour le point (A) et $v/2$ pour le point (B).

Un bistable curieux (paragraphe à ne pas lire)

La partie qui suit pourra rebuter quelques lecteurs, c'est pourquoi elle est composée en italiques (pour que ceux qui trouvent cela trop complexe la sautent sans aucun complexe). Nous l'avons écrite pour ceux qui aiment bien savoir ce qui se passe dans les montages. En effet, le bistable du 555 est fait d'une façon assez inhabituelle.

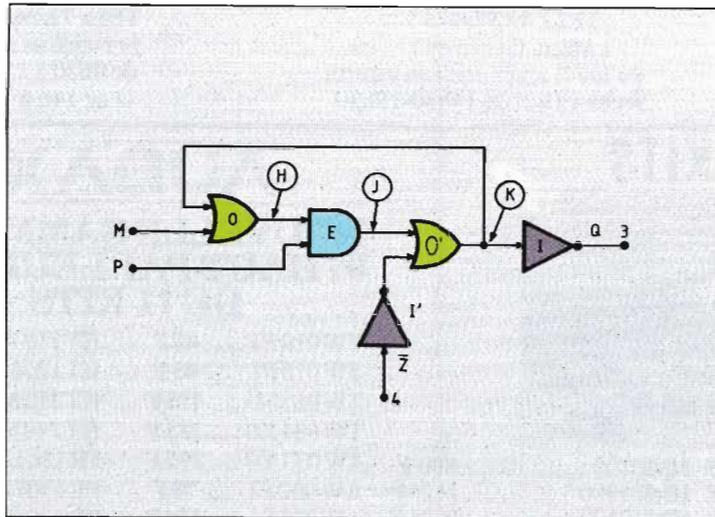


Fig. 14. – La structure logique du bistable situé dans le « 555 » est assez inhabituelle, comportant essentiellement deux circuits « ou », O et O' et un circuit « et », E. L'inverseur I' sert à remettre le bistable à zéro.

La figure 14 indique comment il est réalisé. Il comporte deux circuits « ou » (O et O'), un circuit « et » (E) et deux « inverseurs » (I et I')

Si l'entrée M est au niveau bas et l'entrée P au niveau haut, ainsi que l'entrée Z, le tout est réellement bistable. En effet, les circuits « ou » O et O', ayant chacun un niveau zéro sur leur entrée du bas, transmettent en sortie le même niveau que sur leur entrée du haut.

Le circuit « et » E, ayant son entrée du bas au niveau haut, transmet, à sa sortie, l'état de son entrée du haut. Donc, si le point (K) est au niveau haut, il en est de même du point (H), donc du point (J), ce qui maintient (K) au niveau haut.

A l'opposé, si (K) est bas, (H) l'est aussi, de même (J), ce qui maintient (K) au niveau bas.

Supposons que K soit haut (donc la sortie Q est basse). Nous pouvons faire passer (K) au niveau bas (donc Q au niveau haut) en appliquant momentanément un niveau bas à l'entrée (M), ce qui rend bas le niveau du point (J), donc celui de (K), donc celui de (H).

Cette entrée M est donc celle qui met le bistable dans l'état « un », elle est active au niveau haut.

Le bistable étant à ce niveau, (K) au niveau bas, nous avons deux moyens de la faire repasser à l'état « zéro » :

– en appliquant momentanément un niveau bas à l'entrée P, ce qui rend bas le niveau de (J), donc celui de (K), donc celui de (H) ;

– en appliquant momentanément un niveau bas à l'entrée Z, ce qui, appli-

quant un niveau haut à l'entrée du bas du circuit « ou » O', amène (K) au niveau haut, donc (H) et (J) au niveau haut.

L'entrée P est donc celle qui met le bistable dans l'état « zéro », elle est active au niveau bas. L'entrée Z est une entrée supplémentaire de mise au zéro, active au niveau bas.

Les entrées P et M sont commandées, dans le 555, par les sorties des comparateurs. Le comparateur C_1 agit sur P, la portant au niveau bas quand le potentiel de l'entrée 6 dépasse celui du pont (A). Le comparateur C_2 agit sur l'entrée M, la portant au niveau haut quand le potentiel de l'entrée 2 tombe au-dessous de celui du point (B).

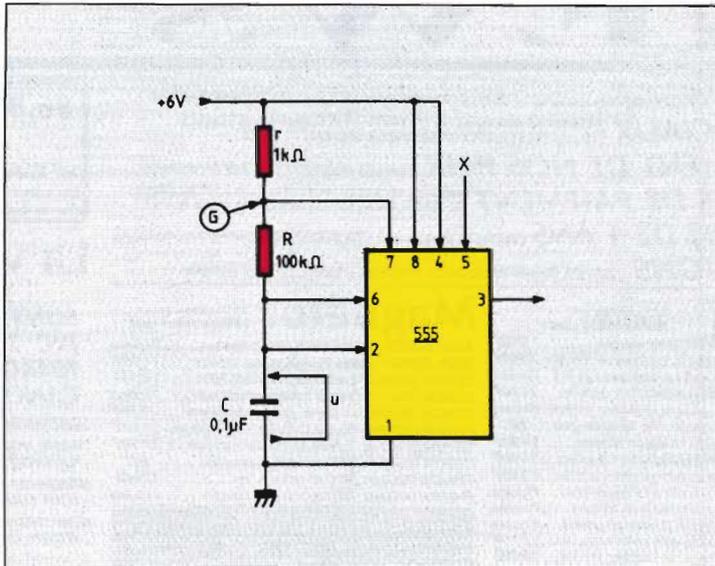
Ce qui suit est plus simple

Réalisons maintenant le montage de la figure 15, qui n'est pas compliqué, on en conviendra : un 555, deux résisteurs et un condensateur.

Supposons que, jusqu'au temps zéro, nous maintenions la tension u aux bornes du condensateur à zéro (par exemple, en court-circuitant ce dernier) et que nous laissions cette tension croître à partir du temps zéro.

Les courbes de la figure 16 expliquent ce qui se passe. Comme au temps zéro, le potentiel de l'entrée 2 est nul, donc inférieur à $V_{cc}/3$, le bistable du 555 est dans l'état « un », la sortie Q est haute, le transistor T est bloqué, aucun cou-

Fig. 15 – Schéma archi-classique du multivibrateur presque symétrique à « 555 ». Le condensateur C est chargé à travers R et r quand le transistor de décharge est bloqué, déchargé dans ce transistor à travers R seulement quand la broche 7 se trouve reliée à la masse par le transistor de décharge saturé.



rant ne va dans l'entrée 7 et le condensateur se charge à travers r et R. La tension u monte donc suivant la classique courbe « exponentielle » tendant vers + 6 V (autrement dit, la différence $V_{CC}-u$ diminue en progression géométrique, comme 8, 4, 2, 1, 0,5... pendant que le temps croît en progression arithmétique, comme 1, 2, 3, 4...). A l'instant t_0 , la tension u atteint 4 V, soit $2 V_{CC}/3$, l'entrée 6 dépasse donc ce potentiel et, par conséquent, le bistable du 555 bascule, la sortie Q passant au niveau bas et le transistor de décharge devenant conducteur.

Le potentiel du point (G) tombe donc presque à zéro, et il passe environ 6 mA dans r vers la masse. Mais, comme le point (G) est maintenant au potentiel zéro (du temps zéro au temps t_0 , il était presque égal à + 6 V), le condensateur va maintenant se décharger dans R, son courant de décharge s'ajoutant, dans T, aux 6 mA qui passent du V_{CC} vers le transistor *via* r.

La tension u décroît maintenant suivant une autre courbe exponentielle tendant vers zéro (donc u diminue suivant une progression géométrique quand le temps croît comme une progression arithmétique).

Au temps t_1 , la tension u atteint la valeur 2 V, soit le tiers de V_{CC} . L'entrée 2 arrivant à $V_{CC}/3$, il y a rebasculé du bistable, la sortie 3 (sortie Q) remonte à + 6 V, le transistor de décharge se rebloque et u recommence à croître, jusqu'à ce qu'elle atteigne 4 V, au temps t_2 , etc.

Fig. 16 – Formes d'onde de la tension Vc (trait plein) et de celle de la sortie 3 (en tirets) pour le multivibrateur de la figure 15.

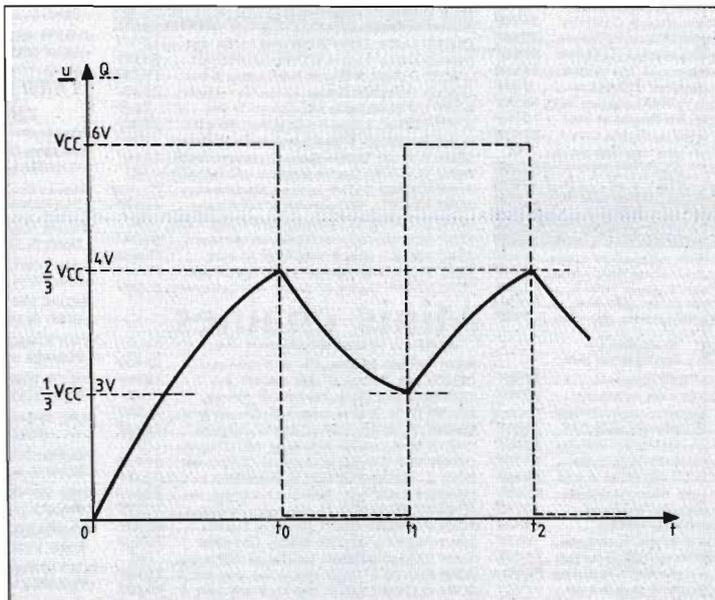
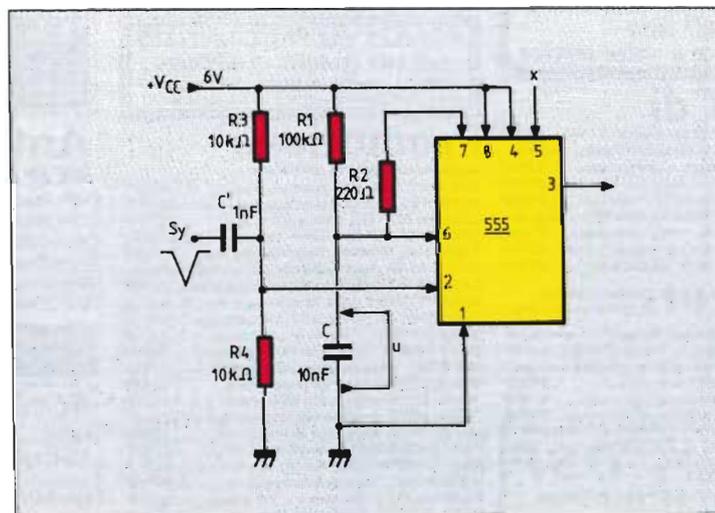


Fig. 17. – Le « 555 » est monté en monostable. Dans son état stable, C est entièrement déchargé et la sortie 3 est basse.



Les durées

A part la « mise en route », on voit que le fonctionnement du montage est bien périodique. Il est intéressant de pouvoir calculer les durées séparant les instants t_0 , t_1 et t_2 . Or, ici, c'est extrêmement simple.

De t_0 à t_1 , le condensateur C se décharge de 4 V à 2 V dans R (nous supposons que le potentiel du point G est nul). Il faut donc, pour qu'il se décharge de moitié, un temps égal au produit de la « constante de temps », RC, par 0,693 (on arrondit souvent à 0,7).

Donc, comme notre constante de temps, avec $R = 100 \text{ k}\Omega$ et $C = 10 \text{ nF}$,

est $10^5 \times 10^{-8} = 10^{-3}$ s, la durée $t_1 - t_0$ est de 0,7 ms.

Et la durée $t_2 - t_1$? On voit que, pendant ce temps, la tension aux bornes du résistor de charge (qui est $R + r$) passe de 4 à 2 V, donc cette durée est le produit par 0,7 de la constante de temps $C \times (R + r)$.

En fait, nous avons intentionnellement choisi r très petit par rapport à R , ce qui fait que l'on peut confondre R et $R + r$. En première approximation, la durée $t_2 - t_1$ est égale à la durée $t_1 - t_0$.

La période d'oscillation, somme de ces deux durées, est donc 1,4 ms, soit une fréquence de l'ordre de 710 Hz.

Les habitués du 555 connaissent des quantités de moyens pour rendre parfaitement égales les deux durées $t_2 - t_1$ et $t_1 - t_0$.

Mais on doit pour cela compliquer un peu le montage, introduire des diodes, et notre solution utilisant deux résistances R et r , avec la résistance de r négligeable par rapport à celle de R , est plus simple.

Faisons un monostable

Le même 555 se prête parfaitement à la réalisation d'un monostable, dont le schéma est à peine plus complexe que celui de l'astable. On le réalise, en effet, comme le montre la figure 17. On voit que l'entrée 2 est portée à un potentiel égal à $V_{CC}/2$ par le diviseur $R_3 - R_4$, les résistances de ces deux résistances étant égales.

L'état stable du montage est celui dans lequel la sortie Q (broche 3) est basse, le transistor de décharge étant conducteur, ce qui implique que C soit presque totalement déchargé. La résistance de R_2 est très faible, bien plus petite que celle de R_1 , elle est là uniquement pour limiter la valeur maximale du courant de décharge de C.

Donc, puisque la tension u aux bornes de C est presque nulle, il passe un courant de $60 \mu A$ dans R_1 , ce courant s'en allant ensuite vers la masse par R_2 et le transistor de décharge du 555.

Le potentiel de l'entrée 2 est $V_{CC}/2$. Si, au temps t_0 , nous envoyons sur l'entrée Sy une impulsion négative, d'une amplitude au moins égale à $V_{CC}/6$, comme

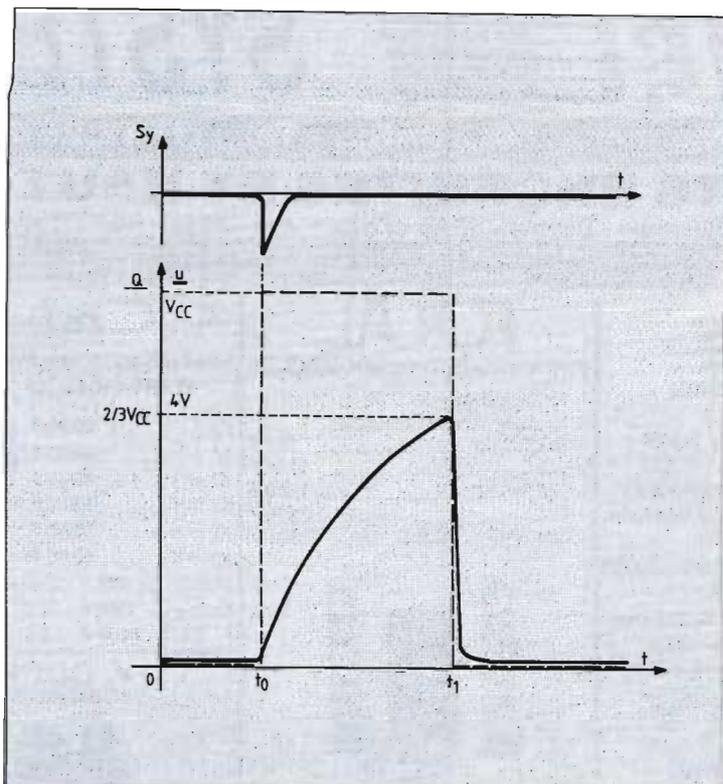


Fig. 18. - Formes d'ondes du monostable de la figure 17, déclenché au temps t_0 par une impulsion négative appliquée en Sy.

cette impulsion sera transmise à l'entrée 2 par C, le potentiel de l'entrée 2 tombera au-dessous de $V_{CC}/2 - V_{CC}/6 = V_{CC}/3$.

Il y aura donc basculement du bistable du 555 et la sortie Q passera au niveau haut, tandis que le transistor de décharge du 555 se bloquera.

Les courbes de la figure 18 montrent ce qui va se passer : puisque C n'est plus court-circuité, la tension u va monter, suivant une exponentielle allant vers $+6$ V. Quand cette tension atteindra 4 V, au temps t_1 , il y aura rebasculement du bistable du 555, la sortie Q (broche 3) va repasser au niveau bas, le transistor de décharge du 555 va redevenir conducteur. La tension u va donc redescendre très vite à zéro ou presque, la décharge se faisant à travers R_2 de très faible valeur.

Contrairement à ce qui se passait dans le cas du multivibrateur à 555, la tension u descend jusqu'à zéro et plus rien ne se passe. En effet, l'entrée 2 n'est plus couplée à l'entrée 6, donc le bistable ne rebasculé pas lorsque u passe par la valeur $V_{CC}/3$.

Le temps de décharge de C à travers R_2 et le transistor de décharge du 555 cor-

respond au temps de récupération de notre monostable.

On commence à voir ainsi les grandes possibilités d'adaptation du 555, pouvant être employé comme astable, comme monostable (et pour des quantités d'autres utilisations que nous ne détaillerons pas ici). Ceux qui traduisent à leur façon l'anglais des notices diraient que le circuit a une grande « flexibilité » (de « flexibility », ou aptitude à l'adaptation), et ce malgré qu'il soit relativement difficile (et fortement déconseillé) de plier un 555.

J.-P. OEHMICHEN
(à suivre)

Dossier, Actualité, Jeux,
Contact, Matériels, Circuits,
ABONNEMENT, ADRESSE,
SATELLITE, ANNONCES...

Le Haut-Parleur
est sur minitel

3615 code HP