

INITIATION A LA PRATIQUE DE L'ELECTRONIQUE

Les astables, monostables

(Suite voir n° 1812)

L'indécision, en logique, est le pire des maux. Elle a un remède, le « trigger de Schmitt », une bascule particulière, sachant discerner dans le flou des niveaux logiques hauts et bas, et ce avec un seuil de décision pour chaque niveau. Une foule d'applications découle de la conception du trigger : élimination des déclenchements intempestifs dus aux bruits, oscillateurs simples ou multiples...

Le trigger de Schmitt

Le plus simple de tous les montages « astable » est celui qui utilise le fameux « trigger de Schmitt ». Un tel circuit (que l'on ne réalise pratiquement plus en composants discrets) est tel que, quand on lui applique une tension d'entrée V_i variant d'une façon progressive, il fournit une tension de sortie V_o qui varie brusquement.

La courbe de la figure 19 (a) en donne un exemple. Si nous augmentons lentement V_i , quand cette dernière franchira, en montant, une valeur g (nommé seuil haut, ou grand seuil), la tension de sortie V_o passe brusquement, par processus cumulatif et irréversible, au niveau haut.

Sur cette partie verticale de la courbe, nous avons tracé une flèche, pour bien préciser que cette évolution est irréversible : dès qu'elle a commencé, le processus cumulatif du circuit intervient, et l'on ne peut pas revenir en arrière.

Si, maintenant, nous faisons redescendre V_i , nous franchirons le seuil g sans qu'il se passe rien. C'est lors du franchissement en descente de la valeur p ,

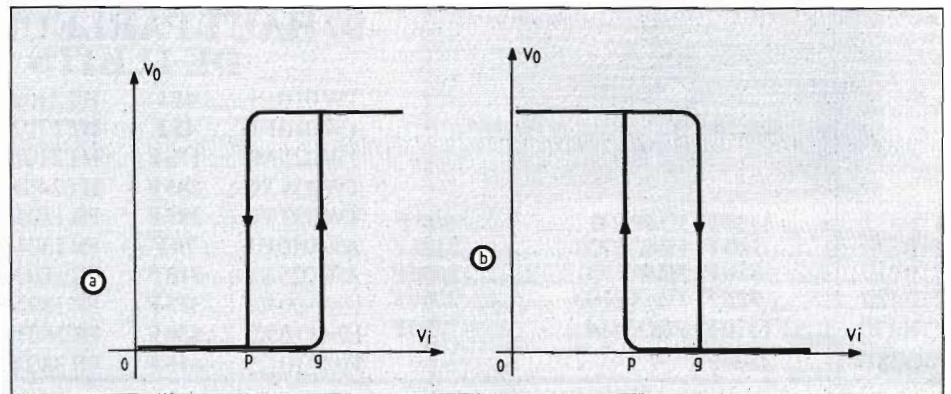


Fig. 19. — Un « trigger de Schmitt » est caractérisé par le fait que la courbe donnant sa tension de sortie V_o en fonction de sa tension d'entrée V_i est un « cycle » présentant le phénomène dit « hystérésis ». Il peut être « direct » (a) ou « inversé » (b).

dite « seuil bas » ou « petit seuil », que le processus cumulatif interviendra, faisant repasser brusquement V_o d'une façon irréversible au niveau bas.

Il existe aussi des triggers de Schmitt du type « inverseurs » dont la réponse est indiquée sur la figure 18 (b) : le franchissement du grand seuil en montant provoque la **descente** de V_o , et lorsque V_i franchit le seuil bas en diminuant, on assiste à la **remontée** de V_o .

Il s'agit de « cyclogrammes »

Il est important de noter que les courbes de la figure 19 sont, en fait, des **cycles** (nous dirons des « cyclogrammes »), ressemblant aux cycles d'hystérésis que l'on rencontre dans l'aimantation de certains matériaux magnétiques. La présence d'un tel cycle est caractérisée par un « hystérésis », écart entre le seuil haut et le seuil bas.

On trouve ce même genre d'hystérésis dans la commande des relais électromagnétiques. Si l'on fait croître le courant de la bobine, même lentement, il y a une intensité donnée, i_M , pour laquelle le relais colle. On peut alors faire décroître le courant de la bobine bien en dessous de i_M sans que l'armature dé-

colle. Il n'y aura décollage que lorsque le courant sera passé en dessous d'une valeur i_m , bien inférieure à i_M .

Donc, pour les relais comme pour le trigger de Schmitt, une question se pose : dans quel état se trouve le relais (ou le trigger) quand la variable d'entrée (V_i ou courant de bobine) est comprise entre les deux seuils ?

Dans ce cas, aucun doute : le système est bistable, il peut se trouver dans l'un quelconque des deux états possibles, et y rester indéfiniment si l'on ne fait pas varier la variable d'entrée hors de l'intervalle compris entre les deux seuils.

Dans le cas du relais, c'est également vrai. Prenons, par exemple, un relais prévu pour fonctionner sous 12 V, avec une bobine ayant une résistance de 300 Ω . On est sûr que, avec un courant de bobine de 40 mA (12 V appliqués à 300 Ω), il est collé. Mais le constructeur a prévu une « marge de sécurité », et nous verrons, par exemple, qu'il colle dès que l'intensité du courant de bobine dépasse 25 mA (soit une tension de 7,5 V).

Continuons les essais avec le même relais, nous allons voir, par exemple, qu'il ne décolle que lorsque le courant de bobine tombe en dessous de 10 mA. D'où

vient cet écart ? Tout simplement du fait que, d'abord, quand l'armature est collée, elle est bien mieux attirée par le champ magnétique que lorsqu'elle est plus loin.

D'autre part, quand l'armature est collée, le circuit magnétique se referme mieux (on dit que sa « réluctance », analogue en magnétisme de résistance en électricité) est plus faible. Ces deux raisons expliquent l'hystérésis constaté entre les seuils bas (10 mA) et haut (30 mA).

Alors, que se passe-t-il quand le courant dans la bobine vaut 20 mA, supérieur au seuil bas, inférieur au seuil haut ? Le relais peut aussi bien être collé (et le rester) ou décollé (et le rester). Pour s'en convaincre, si nous avons affaire à un relais qui n'est pas protégé sous un capot, nous pouvons faire l'essai qui suit. Supposons que l'armature ne soit pas collée : si nous appuyons sur elle, elle collera et restera collée. Si, maintenant, nous tirons sur elle, de façon à la décoller, elle restera décollée.

Les triggers disponibles

Parmi les circuits intégrés existants, les triggers de Schmitt sont presque toujours multiples dans un même boîtier. En outre, ils ont, le plus souvent, plusieurs entrées, réalisant une fonction logique, souvent celle d'une porte « NAND ». Alors, en reliant ces entrées entre elles, ou en utilisant une seule d'entre elles et en appliquant un niveau haut aux autres, on obtient l'équivalent d'un trigger inverseur.

Par exemple, en technologie TTL, le SN 7413 est un ensemble deux portes « NAND Schmitt » à quatre entrées, que l'on symbolise comme l'indique la figure 20. On y retrouve le symbole de la porte NAND à quatre entrées, mais le symbole qui est tracé à l'intérieur nous rappelle que ce montage a un cyclogramme, qu'il a de l'hystérésis.

Un autre circuit, le SN 74132 est fait de quatre portes « NAND Schmitt » de deux entrées chacune. On peut l'utiliser sans aucune modification à la place d'un SN 7400 (le quadruple NAND classique), mais il offre, en plus, les possibilités inhérentes aux triggers de

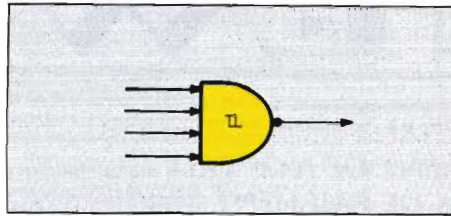


Fig. 20. - On rencontre souvent des triggers de Schmitt intégrés sous forme de portes « NAND », avec un petit symbole qui rappelle le « cyclogramme » du trigger.

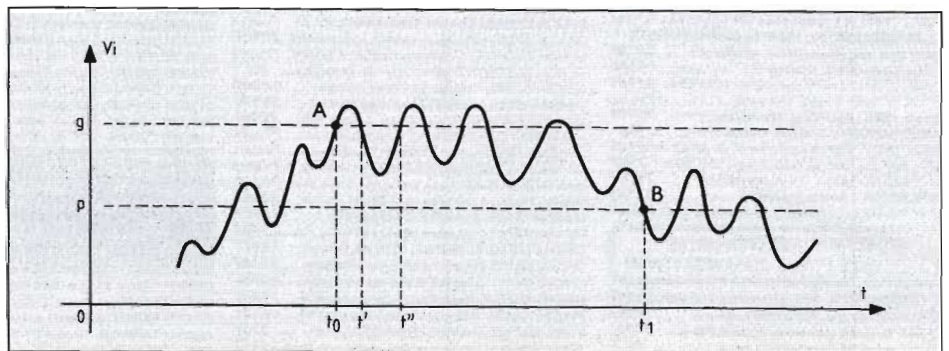


Fig. 21. - Malgré de nombreuses fluctuations, V_i ne fait basculer le trigger qu'une fois entre t_0 et t_1 .

Schmitt, à savoir, la transformation d'une variation lente en variation brusque.

En CMOS, le plus classique des circuits intégrés trigger de Schmitt est le HEF 4093, composé, lui aussi, de quatre portes « NAND Schmitt ». Dans le cas de l'emploi des circuits CMOS, il faut, comme toujours, faire bien attention à ne pas laisser une entrée inutilisée « en l'air ». On le faisait quelquefois (c'était peu recommandé, mais possible) avec les circuits TTL, car, dans ce cas, une entrée non connectée passe (mal) au niveau logique haut. Mais, dans un CMOS, une entrée « en l'air » peut être cause de surprises très désagréables.

A noter que, en CMOS, il existe aussi un « sextuple trigger », le HEF 40106, beaucoup moins courant chez les revendeurs, qui comporte six triggers inverseurs, chacun avec une seule entrée cette fois.

Encore le 555

Il y a un autre circuit qui peut faire office de trigger de Schmitt : le fameux 555. Si vous reliez entre elles les entrées 2 et 6, en laissant l'entrée 5 non connectée, vous aurez un trigger inver-

seur, dont la sortie (broche 3) passe au niveau bas quand l'entrée (broches 2 et 6) franchit en montant la valeur $2 V_{cc}/3$.

Cette sortie repasse au niveau haut quand l'entrée passe, en descendant, par le potentiel $V_{cc}/3$.

Nous pouvons utiliser alors l'entrée sur la broche 5 pour modifier les seuils du trigger. Si l'on applique à cette entrée une tension v , inférieure à V_{cc} , les

seuils deviendront alors v (pour le seuil haut) et $v/2$ (pour le seuil bas).

« Les triggers de Schmitt mécaniques »

Ouvrons ici une petite parenthèse pour insister un peu plus sur l'importance de la fonction « Schmitt ». Il existe des dispositifs mécaniques qui ont le même type de fonctionnement, et vous en avez plusieurs chez vous, sans le savoir. En particulier, tous les interrupteurs comportent un système mécanique (démontez-en un et vous verrez comment il est fait) qui, pour une commande lente du bouton, provoque, pour une position donnée dudit bouton, un basculement rapide et irréversible de la pièce qui établit les contacts. On peut noter que le basculement inverse (ouverture des contacts) a lieu pour une position du bouton **différente** de celle qui avait provoqué leur fermeture : là aussi, il y a de l'hystérésis.

Il est, en effet, nécessaire que les ouvertures et fermetures des contacts soient rapides et franches, quelle que soit la lenteur éventuelle de l'action sur le bouton, sinon des arcs risqueraient de détériorer les surfaces en contact.

Vous trouverez aussi un dispositif mécanique astucieux, intervenant comme « interface » entre un bilame et une commande de contact, dans le thermostat d'un fer à repasser. C'est nécessaire : le bilame réagit lentement et avec une faible amplitude, et le contact doit, quand le bilame a détecté une température trop grande, s'ouvrir d'un coup et franchement.

L'élimination des « tremblements »

Les triggers de Schmitt interviennent aussi pour éliminer une composante « parasite » de la commande. Supposons que nous appliquions à un tel trigger, dont les seuils sont p et g (fig. 21) une tension d'entrée comportant des fluctuations ajoutées à une « tendance générale », qui est une montée suivie d'une descente.

C'est seulement lorsque, pour la première fois, la valeur de V_i franchira, en montant, le seuil g, soit au point (A), que le trigger basculera. Il ne se passera rien quand V_i va, du fait des fluctuations, repasser par cette valeur au temps t' , ou au temps t'' , car, entre-temps, V_i n'a pas franchi en descendant le seuil bas p.

Lors de la redescende de V_i , malgré les fluctuations de cette dernière, le basculement dans l'autre sens du trigger n'aura lieu qu'une fois, au point (B), lorsque V_i franchira pour la première fois, en descendant, le seuil bas p.

Il suffit donc que les fluctuations aient une amplitude crête à crête inférieure à la différence des deux seuils pour qu'elles ne provoquent pas de rebascullements indésirables.

Pour transposer cela au domaine mécanique, supposons un bouton commandant une lampe, muni d'une longue tige, pour bien mettre en évidence ce qui se passe. C'est (fig. 22) quand la tige en question passe, en montant, par la position g (traits mixtes) que la pièce commandant les contacts bascule et allume la lampe.

Pour obtenir le basculement opposé, donc l'extinction de la lampe, il faut que la tige passe, en descendant, par la position p (tirets). Donc, si l'utilisateur a « la tremblote », l'allumage aura lieu

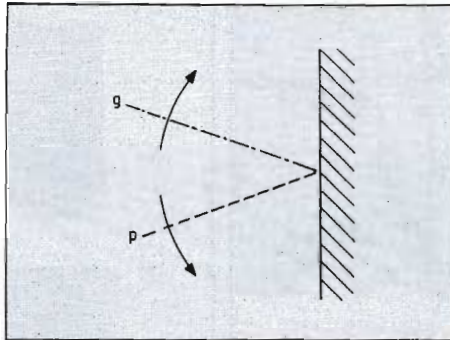


Fig. 22. - L'interrupteur commandant l'éclairage est un « trigger de Schmitt mécanique ». Il bascule quand la tige passe en montant par la position g, il rebascule quand cette tige passe en descendant par la position p, différente de g.

la première fois que la tige franchira, en montant, la position g, et il n'y aura pas clignotement de la lampe, comme cela aurait été le cas en l'absence d'hystérésis.

Evidemment, il faut, pour cela, que l'amplitude crête à crête de cette « tremblote » soit inférieure à l'écart entre les positions g et p.

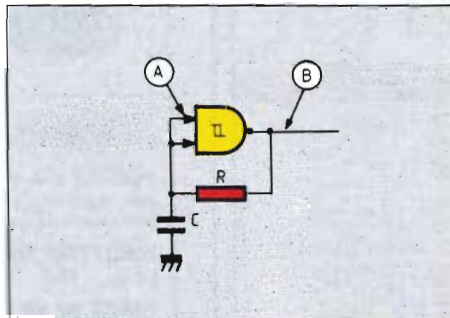


Fig. 23. - En reliant la sortie d'un trigger de Schmitt à son entrée par un circuit « intégrateur » R-C, on réalise le plus simple de tous les multivibrateurs.

Revenons au multivibrateur

Comment utiliser un trigger de Schmitt pour réaliser un multivibrateur ? C'est extrêmement simple si le trigger est du type « inverseur » (comme c'est le cas avec tous les triggers intégrés).

La figure 23 indique le schéma à utiliser, et il s'agit sans doute du montage le plus simple que vous ayez rencontré. Malgré cela, soyez tranquille, le fonctionnement est excellent, sans nécessiter aucune addition de composants supplémentaires.

Comment cela marche-t-il ? Supposons que, au début, il n'y ait pas de tension aux bornes de C. Le trigger étant du type inverseur, la sortie (B) est donc à niveau haut et du courant passe dans R, de la droite vers la gauche, chargeant C et faisant remonter lentement le potentiel du point (A).

Quand ce dernier atteint le seuil haut, g, du trigger, il y a basculement, la sortie (B) passe au niveau bas. A ce moment, le sens du courant dans R s'inverse, il passe de gauche à droite, déchargeant C, jusqu'à ce que le potentiel du point (A) franchisse, en descendant, le seuil bas, p, du trigger, ce qui fait remonter le potentiel de la sortie (B), et ainsi de suite.

Les courbes de la figure 24 montrent ce qui se passe, le potentiel du point (A) passant du minimum au maximum (ou le contraire) à chaque basculement, celui du point (A) évoluant entre le seuil bas p et le seuil haut g, suivant une courbe « en dents de scie à bois ».

On pourrait dire, en quelque sorte, que

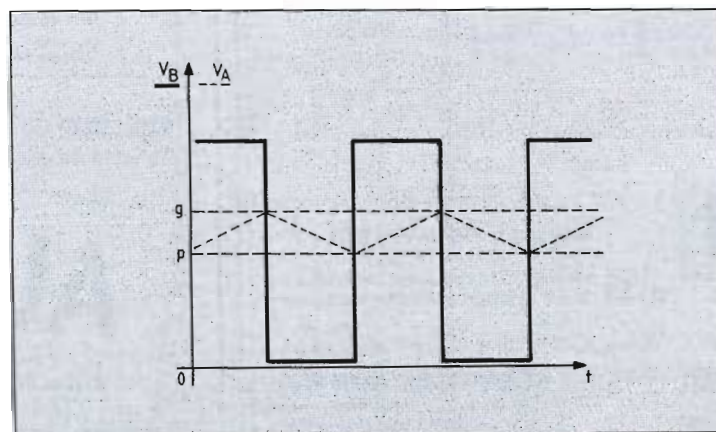


Fig. 24. - Formes d'ondes du circuit de la figure 23, en trait plein pour V_B , en tirets pour V_A .

le montage fonctionne en « perpétuel insatisfait », courant indéfiniment après ce qu'il n'a pas, puisque, quand la sortie (B) est à niveau bas, cela tend à amener l'entrée au niveau bas (mais lentement, du fait du circuit intégrateur R-C), ce qui amènera la sortie au niveau haut, etc. Cela rappelle une chanson que tous les Alsaciens connaissent, celle du petit « Hans de Schnock in Loch » (« ... et ce qu'il veut il ne l'a pas, et ce qu'il a, il n'en veut pas... »).

Performances de l'oscillateur à intégration

Un tel type d'oscillateur permet une large gamme de fréquences. Comme la tension aux bornes du condensateur ne change pas de sens, nous pouvons utiliser un condensateur électrochimique, par exemple au tantale.

En utilisant un des quatre triggers du circuit HEF 4093, avec les deux entrées reliées entre elles (ou avec une entrée

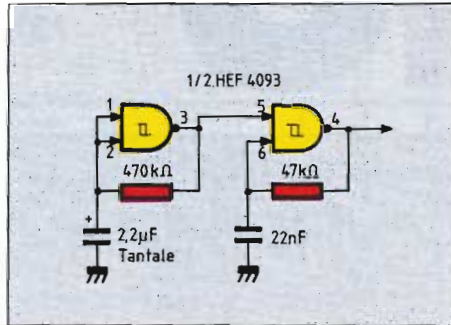


Fig. 25. - Le premier multivibrateur à 1 Hz commande par autorisation ou inhibition le fonctionnement du multivibrateur à 1 kHz.

reliée au +), on peut arriver à une fréquence de :

- 0,02 Hz (une période de 50 s) pour $C = 100 \mu\text{F}$ et $R = 470 \text{ k}\Omega$;
- 5 MHz avec $C = 47 \text{ pF}$ et $R = 4,7 \text{ k}\Omega$.

En utilisant un circuit un peu plus rapide, le 74 AC 14, on peut arriver à une oscillation à 30 MHz avec $C = 10 \text{ pF}$ et $R = 680 \Omega$.

Il est à noter que, si l'on utilise comme trigger une porte « NAND Schmitt » à

deux entrées (par exemple, un quart de HEF 4093), on peut commander l'oscillation par le niveau logique appliqué à une entrée, l'autre étant reliée au condensateur C de la figure 22. Si l'entrée de commande est au niveau haut, l'oscillation a lieu, si on amène cette entrée au niveau bas, il n'y a plus d'oscillation : la sortie reste en permanence au niveau haut.

Ainsi (fig. 25), un premier oscillateur à fréquence très basse, par exemple à peu près 1 Hz, peut commander un second dont la fréquence est plus élevée, par exemple environ 1 kHz. La sortie du second sera donc constituée de trains de tops à 1 kHz, durant une demi-seconde, suivis chacun par une période de non-fonctionnement durant également une demi-seconde. Il est à noter que, pendant les instants où le second multivibrateur est bloqué, sa sortie reste à l'état logique haut, puisqu'une des entrées du « NAND » qui le constitue est basse.

J.-P. Cehmichen

Ecouter la C.B.

Vous voyagez beaucoup, et connaître quelques kilomètres à l'avance l'endroit précis où commence un embouteillage ou celui où se situe une nappe de brouillard, un accident ou une autre cause qui vous obligera à ralentir et à réduire votre moyenne, cela vous intéresse ? En revanche, discuter sur les ondes avec des VRP, des camionneurs et autres professionnels de la route dans un langage ésothérique, cela, vous n'en avez « rien à cirer », même si, à l'occasion, ces gens-là peuvent vous signaler à l'avance le pont derrière lequel un radar est caché. Alors, ce récepteur 27 MHz, calé sur le canal 19, peut vous être utile ; de plus, comme cet appareil est exclusivement récepteur, il ne nécessite ni déclaration ni paiement d'une taxe.



Petit et discret, il ne mesure que $140 \times 105 \times 25 \text{ mm}$ et peut facilement être fixé sous le tableau de bord de votre voiture, il s'alimente sur la batterie, à la manière d'un autoradio, et est muni d'une prise antenne spéciale CB mais peut, à la rigueur, être branché sur l'an-

tenne de l'autoradio. Sa consommation, à puissance maxi, n'excède pas 1 W. Son prix : 310 F.

Distributeur : TSM, 151, rue Michel-Carré, 95100 Argenteuil. Tél. : 39.61.88.95.