

Initiation à la pratique de l'électronique

GENERATEURS DE SIGNAUX A TRANSISTOR

Le monostable produit des impulsions dont on peut faire varier la durée. Comme le bistable, il doit être attaqué par des impulsions brèves dont la cadence fixe la fréquence des signaux en sortie.

Le monostable est également employé pour créer une impulsion unique de durée réglable, dont la durée peut atteindre quelques minutes. Ceci permet d'utiliser ce circuit comme temporisateur.

Le signal de sortie du trigger de Schmitt dépend de l'amplitude à l'entrée. Une de ses utilisations est la réservation d'impulsions distordues. De même, à partir d'un signal sinusoïdal, le trigger donne en sortie un signal rectangulaire de même fréquence. On le trouve également dans les circuits détecteurs (lumière, température), déclenchant une alarme.

LE MONOSTABLE

Ce montage est un dérivé du bistable. Il ne possède qu'un état stable, mais il peut être déclenché et passer dans un état « quasi stable » s'il reçoit une impulsion extérieure. Le temps pendant lequel le monostable reste dans cet état quasi stable dépend de la

Le montage astable, dont nous avons parlé le mois dernier, est à classer dans les générateurs de signaux bien que la forme du signal qu'il délivre ne soit pas rigoureusement « carrée ». Une forme plus adéquate s'obtient avec un bistable déclenché par un relaxateur. Ce mois-ci, nous complétons cette étude avec deux montages dérivés du bistable : le monostable et le trigger de Schmitt.

constante de temps d'un circuit RC interne au montage. Cette constante de temps pouvant être réglable, il y a possibilité d'obtenir en sortie des impulsions de longueur variable. Les applications du monostable sont nombreuses. Citons comme exemple les circuits de minuterie et la génération d'impulsions de largeur réglable.

FONCTIONNEMENT DU MONOSTABLE

Tout comme le bistable et l'astable, la version transistorisée de ce montage est constituée de deux transistors couplés l'un à l'autre (fig. : 1). L'un des couplages est résistif, comme dans le bistable ; l'autre est capacitif, comme dans l'asta-

ble. Le temps de décharge du condensateur définit la durée de l'impulsion générée.

A l'état de repos (état stable), le transistor T_2 conduit tandis que T_1 est bloqué. En effet, la

base de T_2 est reliée directement à la tension U d'alimentation à travers une résistance R . Quant à la base de T_1 , elle est alimentée à travers un pont de résistances relié d'un côté au collecteur de T_2 (dont le potentiel au repos est proche de 0 V), l'autre extrémité étant reliée à une source de polarisation qui bloque la jonction base-émetteur de ce transistor T_1 .

Quelle est la charge du condensateur C dans cet état stable ? La valeur du potentiel à ses bornes est de l'ordre de celle de la tension d'alimentation. Puisque T_1 est bloqué, la

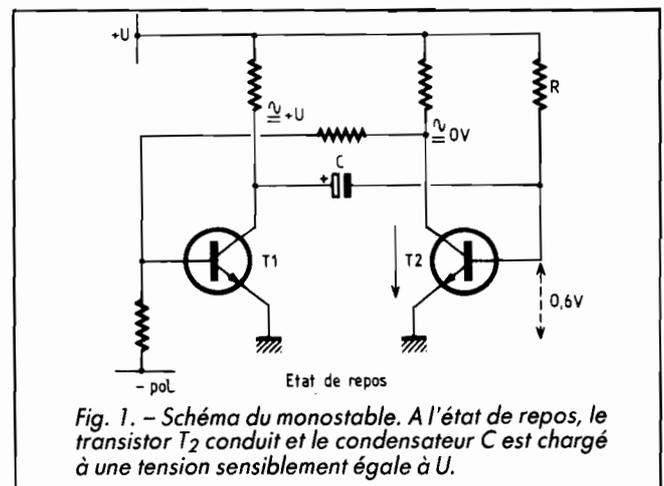


Fig. 1. - Schéma du monostable. A l'état de repos, le transistor T_2 conduit et le condensateur C est chargé à une tension sensiblement égale à U .

tension sur son collecteur est égale à + U. L'autre extrémité du condensateur est reliée au 0 V à travers la jonction (passante) base-émetteur de T₂ (chute de tension de 0,6 V).

Pour passer dans l'état quasi stable, il suffit de rendre la base de T₂ négative un court instant dans le but de bloquer ce transistor. Une impulsion négative appliquée sur la base se retrouve inversée sur le collecteur du même transistor T₂. Cette impulsion, alors positive, apparaît sur la base de T₁ qui devient donc passant (fig. 2).

On est en présence d'un effet cumulatif, puisque le collecteur de T₁ est relié à la base de T₂. Celui-ci est maintenu bloqué par la charge de C (l'armature négative se trouve côté base). Ce condensateur se décharge dans la résistance R, reliée à la borne positive de l'alimentation. Il y a blocage de T₂ jusqu'à ce que sa base redevenue positive. Ensuite, le montage retrouve son état de repos. La tension collecteur de T₂ chute alors de + U à 0 V, cette variation négative est transmise à la base de T₁.

La période (en secondes) de l'impulsion de sortie est égale à 0,7 RC (R en ohms et C en farads).

REMARQUES PRATIQUES

L'impulsion extérieure est appliquée à travers une diode D, un condensateur C (fig. 3). Sur le schéma, la durée de l'impulsion de sortie est réglable grâce à la présence d'un potentiomètre câblé en résistance variable. Le condensateur C₂ accélère la transition entre les deux états.

Le condensateur C ne doit pas avoir une valeur trop élevée, à moins qu'il ne soit de bonne qualité (faibles fuites). On évite d'employer une valeur

supérieure à 1 000 μF. De même, en ce qui concerne R, sa valeur supérieure ne doit pas dépasser 470 kΩ.

D'autre part, lorsque le monostable passe de l'état quasi stable à l'état de repos, il faut que le condensateur puisse se recharger assez rapidement afin d'être prêt lorsqu'une impulsion viendra faire basculer le montage. Ce temps de recharge de C est appelé « temps de recouvrement », il est fonction de la constante de temps C × R_C. On évitera donc également de choisir une résistance R_C trop grande (1 kΩ est une bonne valeur).

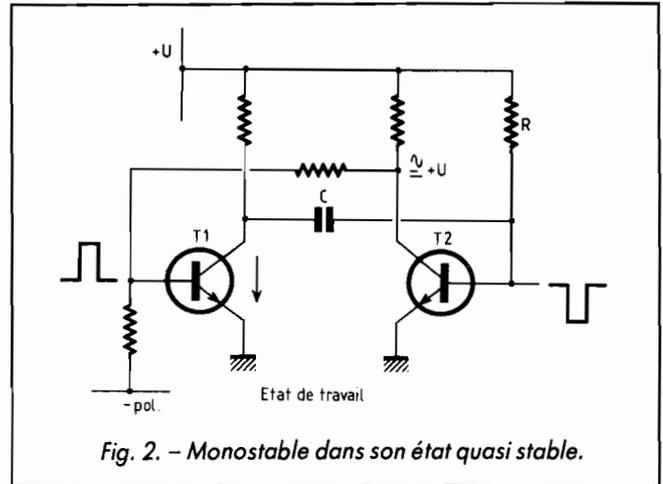


Fig. 2. - Monostable dans son état quasi stable.

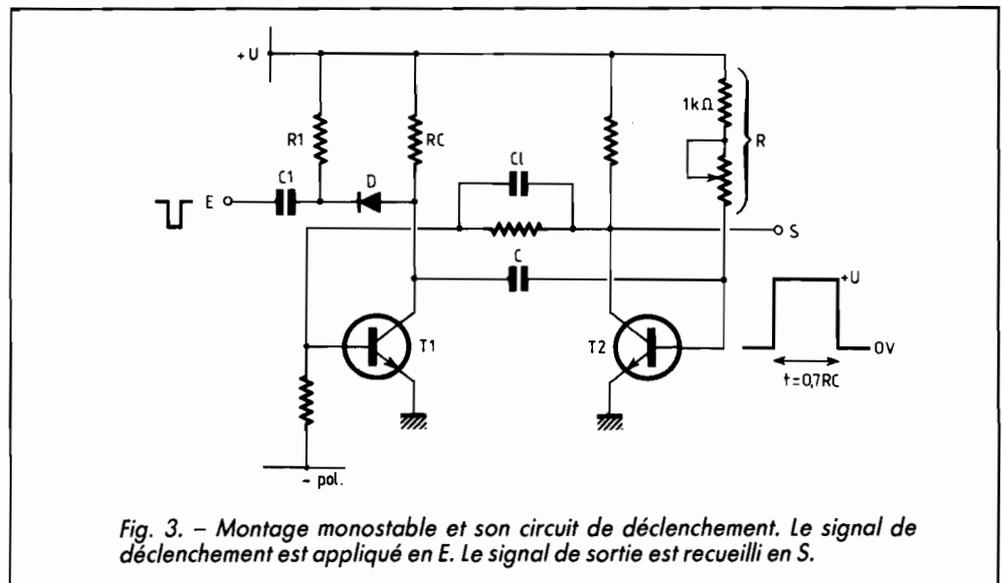


Fig. 3. - Montage monostable et son circuit de déclenchement. Le signal de déclenchement est appliqué en E. Le signal de sortie est recueilli en S.

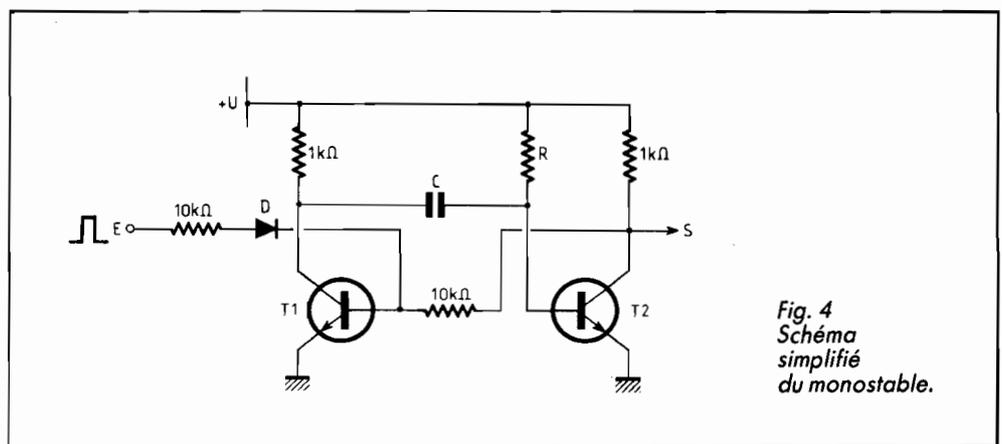


Fig. 4 Schéma simplifié du monostable.

Un schéma simplifié de monostable est donné sur la figure 4. Sur ce schéma est présenté un circuit différent pour le déclenchement. Un « top » positif est appliqué à travers une résistance et une diode sur la base du transistor T₁.

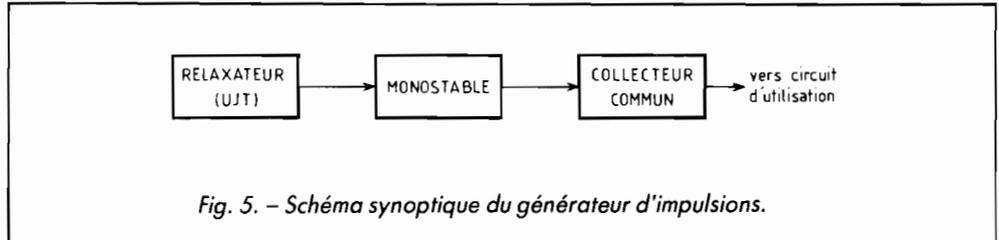


Fig. 5. - Schéma synoptique du générateur d'impulsions.

GENERATEUR D'IMPULSIONS DE LARGEUR REGLABLE

Passons maintenant à des applications. S'il est attaqué par des impulsions régulièrement espacées, ce monostable se transforme en générateur d'impulsions de largeur réglable. Nous pouvons par exemple utiliser pour l'attaque un circuit à transistor unijonction. Afin d'isoler l'astable du circuit d'utilisation, nous pouvons également placer en sortie un transistor monté en

collecteur commun comme cela est montré sur le schéma synoptique de la figure 5. Le schéma d'un relaxateur utilisant un transistor unijonction (UJT) est donné sur la figure 6. La période T du signal obtenu sur B₁ et B₂ est très proche de la constante de temps du circuit RC. Le potentiomètre P permet de faire varier la période de répétition dans de grandes proportions. Les signaux aux bornes de la 100 Ω sont des impulsions positives très brèves. Quant à ceux recueillis entre B₂ et la masse, ce sont des pointes négatives également très brèves.

En ce qui concerne le transistor monté en collecteur commun, il évite que le circuit d'utilisation vienne modifier les caractéristiques de l'astable. C'est au niveau de cet étage que nous placerons un potentiomètre permettant le réglage de l'amplitude du signal de sortie. Le schéma est donné sur la figure 7. Le calcul d'un montage collecteur commun n'est pas compliqué : la tension de repos, entre émetteur et masse, est égale à la moitié de la tension d'alimentation. Dans notre application, celle-ci est de 9 V, la tension aux bornes de R_E est donc de 4,5 + 0,6, soit 5,1 V pour tenir compte du V_{BE} du transistor. En choisissant un courant collecteur de 4,5 mA et un transistor dont le gain de courant est de 130, le courant I_B est de 35 μA. Et si on laisse passer dans le pont un courant dix fois supérieur à cette valeur, la résistance R₁ est de :

et R₂ a pour valeur :

$$10 \text{ k}\Omega \left(\frac{9 - 5,1}{0,35 + 0,035} \right)$$

Puisque la tension de repos à la sortie est de l'ordre de la moitié de la tension d'alimentation, on pourrait prendre sans risque deux résistances égales pour R₁ et R₂ (= 10 kΩ). La résistance d'entrée du collecteur commun est égale au produit R_E par le gain de courant du transistor. Dans notre cas où R_E = 1 kΩ, cette résistance d'entrée est shuntée par les résistances R₁ et R₂ du pont. Malgré cela, nous pouvons être assurés que cet étage joue bien son rôle de « tampon » entre l'astable et l'utilisation. La figure 8 donne le schéma complet du générateur.

TEMPORISATEUR

Un temporisateur est un autre exemple d'application utilisant un monostable. Son

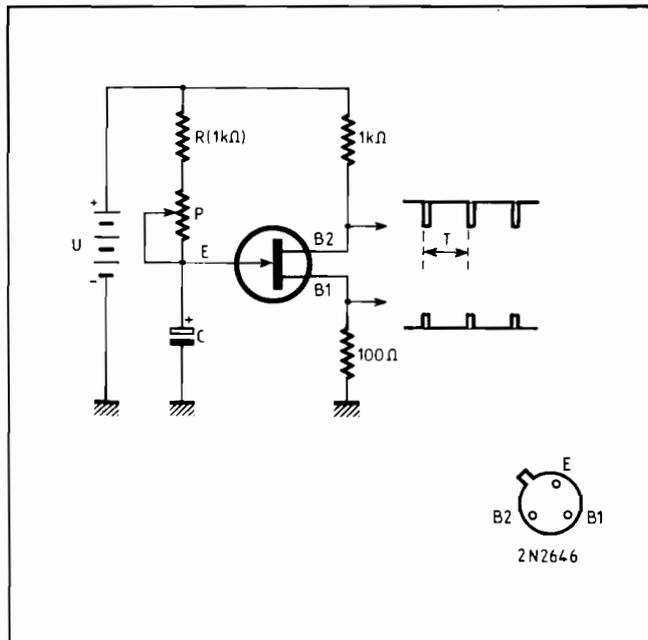


Fig. 6. - Schéma du relaxateur à UJT (2N2646). Les sorties sont indiquées « vues de dessous ». Exemple de valeurs des composants :
- P est un potentiomètre linéaire de 220 kΩ,
- R = 22 kΩ et C = 100 μF/25 V.

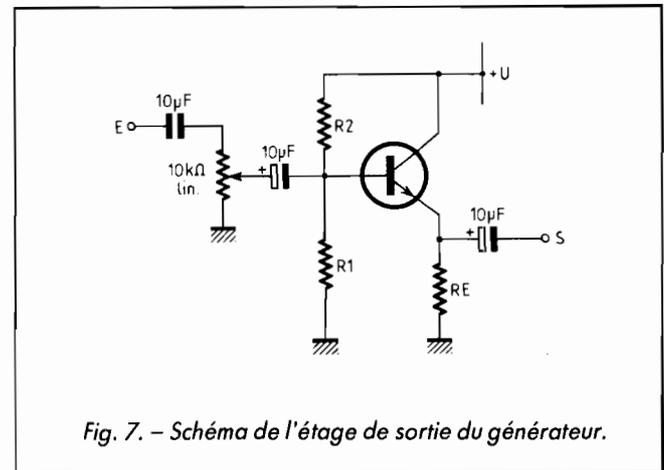


Fig. 7. - Schéma de l'étage de sortie du générateur.

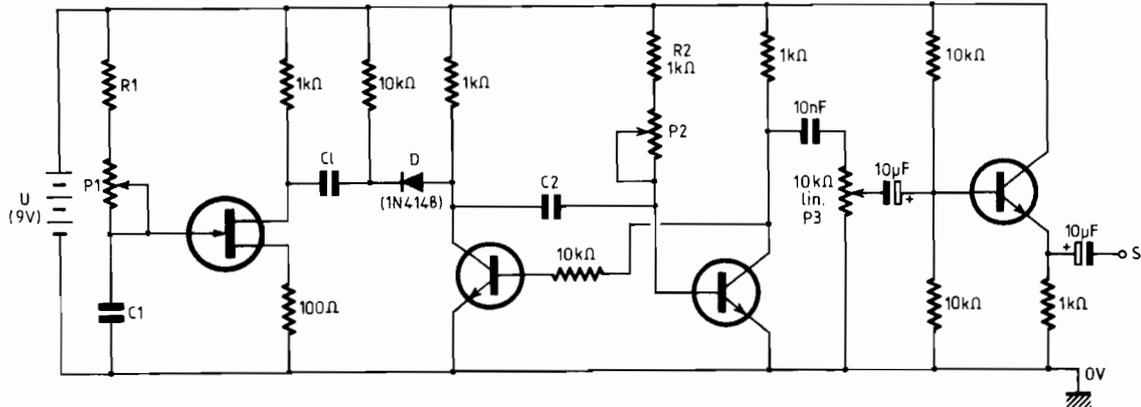


Fig. 8. - Schéma du générateur d'impulsions de largeur variable.

schéma est donné sur la figure 9. Un bouton poussoir déclenche le monostable qui, à travers un étage de commutation, commande un relais.

En ce qui concerne l'étage de commutation, il est constitué d'un ou de deux transistors. Le nombre de transistors, ainsi que la valeur de la résistance de liaison (R_5), dépend de la tension d'alimentation et du courant de collage du relais (se reporter à l'article « Le transistor de commutation » dans *Le Haut-Parleur* de décembre 1986).

Le relais que nous avons utilisé est un modèle 9 V/180 Ω pouvant couper 2 A. Un seul transistor est suffisant, la résistance R_5 est de 22 k Ω . Les diodes sont de type courant (1N4003 par exemple).

LE TRIGGER DE SCHMITT

Ce montage est aussi un dérivé du bistable. Il donne en sortie une impulsion d'amplitude constante qui dure aussi longtemps que la tension d'entrée dépasse un certain seuil. Le trigger de Schmitt est donc utilisé pour déclencher

un circuit dès qu'un certain niveau est atteint. Ce niveau peut être par exemple la traduction électrique d'une tem-

pérature pour déclencher une alarme... Le trigger de Schmitt est également très utile pour remettre en forme des impul-

sions qui ont subi des dommages lors d'une transmission (fig. 10). Ces signaux ressortent impeccables du circuit.

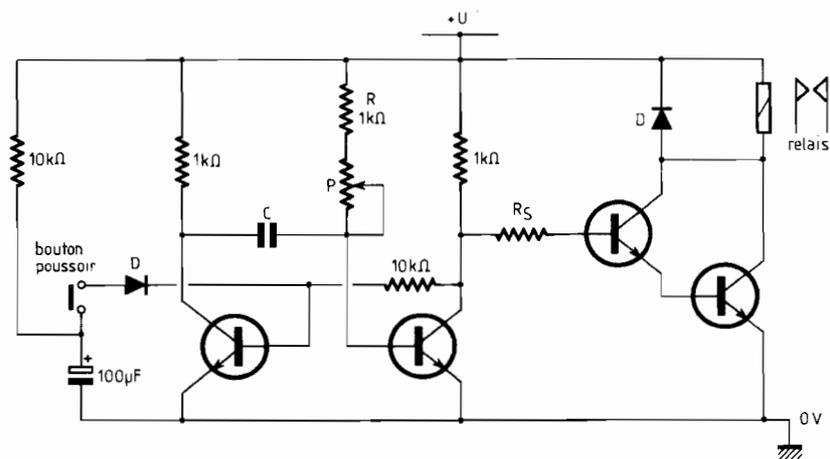


Fig. 9. - Schéma du temporisateur.



Fig. 10. - Le trigger de Schmitt remet en forme les impulsions.

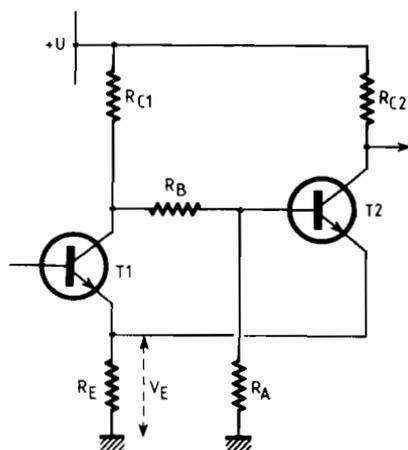


Fig. 11. - Schéma de base du trigger de Schmitt à transistors.

FONCTIONNEMENT DU TRIGGER

Comme le bistable, la version transistorisée de ce montage est composée de deux transistors T_1 et T_2 (fig. 11). Sans signal à l'entrée, T_1 est bloqué et T_2 passant. Puisque T_1 est bloqué, la tension sur son collecteur est sensiblement égale à la tension d'alimentation U . Le pont de

résistances R_A et R_B applique une certaine tension positive sur la base de T_2 , rendant celui-ci passant. La tension collecteur de T_2 est donc faible, sensiblement égale à la tension V_E . Le déclenchement se produit lorsque la tension sur la base de T_1 dépasse la tension $V_E + 0,6$ V. Ce transistor devient alors passant, sa tension collecteur est moins positive, ce qui entraîne un blocage de T_2 . Il en résulte donc, sur le col-

lecteur de T_2 , une montée subite de la tension. Ce niveau « haut » durera aussi longtemps que la tension sur la base sera au-dessus du seuil de déclenchement du montage. Il est à remarquer que le déclenchement et le retour à l'état initial ne se font pas au même niveau de tension (fig. 12).

CALCUL DES ELEMENTS DU CIRCUIT

Passons maintenant au calcul des éléments. Les deux transistors sont des BC108 (NPN), la source est de 9 V. Les transistors sont chargés chacun par $1 \text{ k}\Omega$ et la résistance R_E est choisie égale à 470Ω (fig. 13). Nous choisissons également la valeur du seuil de déclenchement : 2,4 V. Etant donné la valeur de la tension de seuil, V_E est alors égale à $(2,4 - 0,6)$, soit 1,8 V. On en déduit la valeur du courant :

$$I_{E2} = \frac{1,8}{470} = 3,8 \text{ mA}$$

Puisque I_C est peu différent de I_E , la tension de repos sur le collecteur de T_2 a pour valeur : $9 \text{ V} - (1 \text{ k}\Omega \times 3,8 \text{ mA}) = 5,2 \text{ V}$. Cette tension passe à

environ 9 V lorsque le seuil d'entrée est dépassé. Le pont $R_A R_B$ est défini de telle sorte que la tension sur la base de T_2 soit supérieure à la tension $V_E + V_{BE}$, soit dans notre exemple 2,4 V. La condition est formulée ainsi :

$$\frac{U \times R_A}{R_{C1} + R_A + R_B} > 2,4 \text{ V}$$

Nous voyons que dans notre exemple la condition est réalisée si on prend $R_A : 2,2 \text{ k}\Omega$ et $R_B = 4,7 \text{ k}\Omega$.

METHODE SIMPLIFIEE

Avant de commencer le calcul il faut connaître la tension d'alimentation (U), l'amplitude de la tension de déclenchement (V_{seuil}) et celle du signal de sortie ΔV_S . Celle-ci est inférieure à la tension d'alimentation U . Si on souhaite une tension de sortie sensiblement égale à U , on place à la suite du trigger de Schmitt un transistor fonctionnant en commutation.

On détermine alors la valeur du courant I_{C2} pour calculer la résistance commune d'émetteur :

$$R_E = \frac{V_{\text{seuil}} - V_{BE}}{I_{C2}}$$

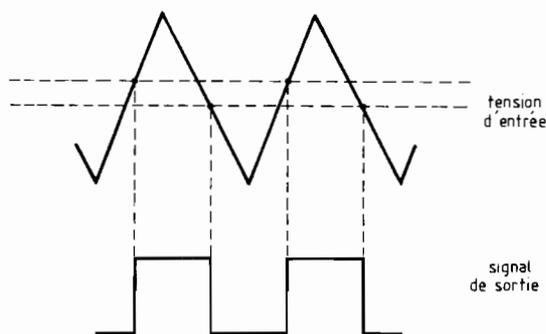


Fig. 12. - Mise en évidence des deux seuils de déclenchement.

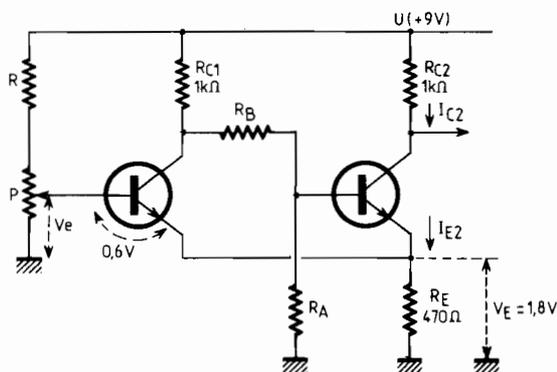


Fig. 13. - Schéma pratique du trigger de Schmitt.

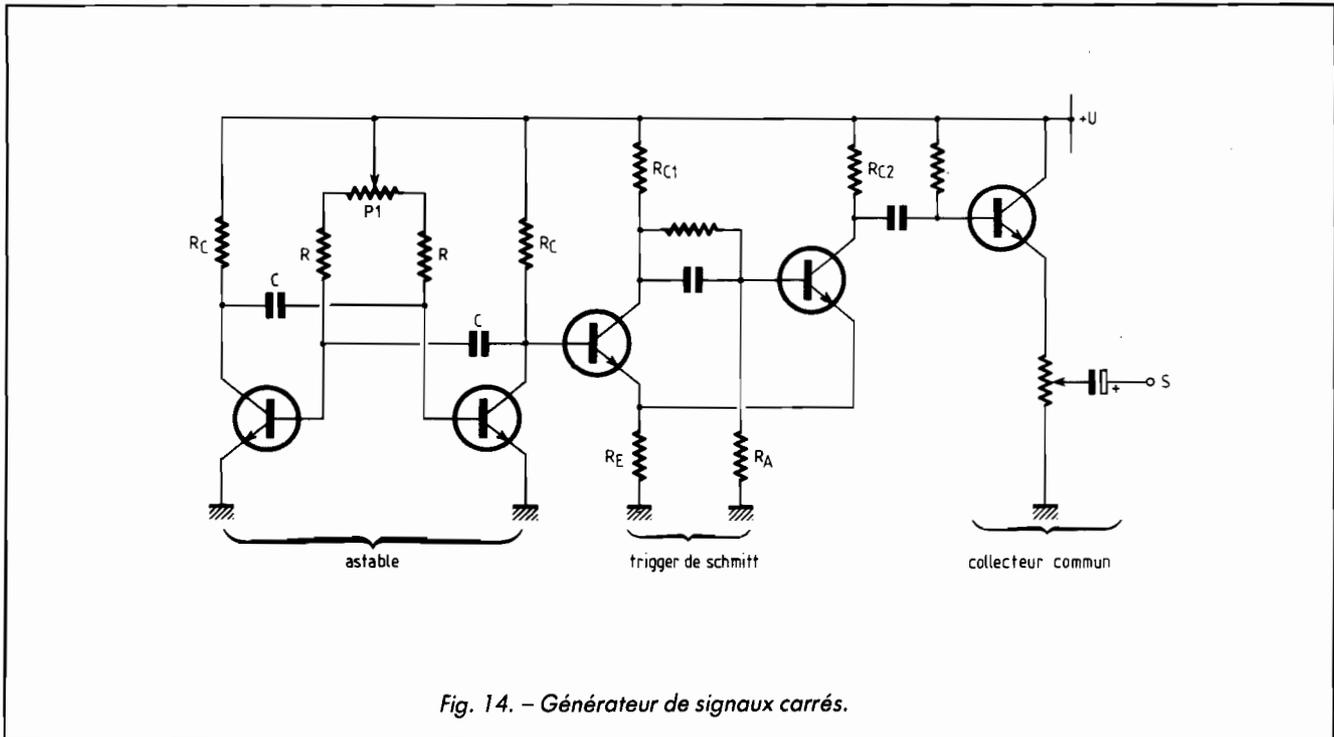


Fig. 14. - Générateur de signaux carrés.

Cette résistance ne doit pas être trop faible, elle sera de l'ordre de quelques centaines d'ohms. Connaissant les valeurs de I_{C2} et ΔV_S , il est possible de calculer R_{C2} :

$$R_{C2} = \frac{\Delta V_S}{I_{C2}}$$

Quant à R_{C1} , sa valeur est choisie égale ou légèrement supérieure à celle de R_{C2} . La résistance R_B ne doit pas être trop élevée (par exemple 4,7 k Ω). Il ne reste plus qu'à calculer la résistance R_A , elle est donnée par la formule :

$$R_A = \frac{V_{seuil} (R_{C1} + R_B)}{(U - V_{seuil})}$$

On considère que la tension de déclenchement de T_2 est égale à la tension « V_{seuil} ». Appliquons maintenant ces quelques formules dans un exemple numérique.

Nous disposons d'une alimentation de tension U égale à 9 V et désirons une tension de sortie ΔV_S de 6 V. La tension de seuil est de 2,4 V.

En prenant $I_{C2} = 4$ mA, nous en déduisons la valeur de R_E :

$$\frac{2,4 - 0,6}{4} = 450 \Omega$$

soit la valeur normalisée de 470 Ω . La résistance R_{C2} aura pour valeur : $6/4 = 1,5$ k Ω , et nous choisissons : $R_{C1} = R_{C2} = 1,5$ k Ω ; $R_B = 4,7$ k Ω . En ce qui concerne R_A , nous calculons sa valeur.

$$\frac{2,4 (1,5 + 4,7)}{(9 - 2,4)} \approx 2,2 \text{ k}\Omega$$

GENERATEUR DE SIGNAUX CARRÉS

Nous avons vu qu'un générateur d'impulsions pouvait être facilement obtenu avec deux transistors. On s'imagine souvent que l'on va recueillir des signaux bien droits sur les collecteurs de cet astable. En réalité, même en appliquant soigneusement les formules

données, le montage ne mérite pas son nom de générateur de signaux carrés.

La distorsion est due au fait que la charge du condensateur C s'effectue à travers la résistance R_C . En d'autres termes, le temps de montée de l'impulsion est ralenti par la constante de temps $C R_C$.

Pour bien faire, il faudrait réduire au maximum le produit $C R_C$. Mais la résistance R_C ne peut pas être trop réduite (I_C ne doit pas être trop élevée), et, si on diminue C tout en voulant garder la même période, il est nécessaire d'augmenter R pour compenser. Nous avons vu qu'il y avait une certaine limite à ne pas dépasser pour R .

Une solution pour obtenir des signaux corrects est d'insérer un trigger de Schmitt à la suite de l'astable. Le signal de sortie présentera alors des flancs bien droits. Un schéma est proposé sur la figure 14. Etant donné certaines dissymétries des circuits, le signal

produit peut être rectangulaire et non carré. Pour rétablir l'égalité des états « bloqués » et « passant » des transistors de l'astable, et compenser la différence des deux seuils du trigger de Schmitt, un potentiomètre P_1 est introduit en série avec les résistances R de l'astable.

L'amplitude des signaux de ce générateur de tensions carrées est réglable par un potentiomètre. Celui-ci constitue la charge du transistor de sortie (également un BC108) monté en collecteur commun.

On rencontre parfois des schémas de trigger de Schmitt comportant un condensateur de quelques centaines de picofarads aux bornes de la résistance R_B (comme cela apparaît sur le schéma de la figure). Ce condensateur n'est pas obligatoire pour le bon fonctionnement du circuit. Son but est d'accélérer le basculement, ce qui est un avantage pour les périodes courtes.

J.-B. P.