

Initiation à la pratique de l'électronique

LE BISTABLE ET LE MONOSTABLE

CET article complète l'étude des montages de la famille du multivibrateur.

Ces circuits existent aussi en version intégrée, mais nous avons voulu les présenter sous leur forme transistorisée afin que le débutant puisse en comprendre le fonctionnement et mieux les utiliser ensuite.

Les plus nombreuses applications du bistable se rencontrent dans les circuits digitaux : dans les compteurs, ou pour mettre en mémoire une information binaire... Déclenché par des impulsions régulièrement espacées, le bistable donne en sortie des signaux rigoureusement carrés.

Quant au monostable, son impulsion de sortie est réglable en durée, on s'en sert comme retardeur de signal.

Tout comme l'astable et le trigger de Schmitt, le calcul des éléments constitutifs de ces montages ne pose aucune difficulté particulière. Le déclenchement se fait aisément par le relaxateur à transistor unijonction dont nous donnons la description pratique.

Le bistable

Ce montage fait partie de la famille des multivibrateurs. Il est également appelé « flip-flop » ou « bascule » ou encore « Eccles-Jordan », du nom de ses inventeurs qui, lors de la Première Guerre mondiale, imaginèrent ce circuit utilisant des tubes triodes, qui venaient d'être inventés par l'Américain Lee de Forest, ce qui était pour ce temps-là une innovation extraordinaire.

Cette bascule électronique ne tarda pas à être employée dans les premiers calculateurs électroniques qui utilisaient le système

binaire. C'est toujours le circuit de base (sous sa forme intégrée) des ordinateurs les plus modernes.

Outre ses applications

dans les circuits de calcul (compteurs, mémoires, registres à décalage...), le bistable est très utilisé, par exemple, pour obtenir des signaux bien carrés. Il nécessite pour cela un relaxateur pour le déclencher, comme nous le verrons plus loin.

Constitution du bistable

Si on remplace les deux condensateurs du multivibrateur (voir le numéro 1693 du « Haut-Parleur ») par des résistances, le montage n'oscille plus et il nécessite, pour changer d'état, une impulsion provenant de l'extérieur. Le circuit présente la caractéristique d'avoir deux états stables, d'où l'origine de son nom. Les deux transis-

tors T_1 et T_2 auront les états suivants : soit T_1 passant et T_2 bloqué, soit T_1 bloqué et T_2 passant. La durée des signaux de sortie ne dépend plus des constantes de temps internes du circuit, mais seulement de l'espacement entre les impulsions de commande (fig. 1).

Fonctionnement du bistable

Les deux transistors composant le bistable sont chargés par des résistances identiques.

A l'état initial, l'un des transistors est passant, l'autre est forcément bloqué, et cela dès la mise sous tension. Pour notre explication, nous supposons que dans cet état initial T_1 est passant et T_2 est bloqué (fig. 2). Le courant traversant T_1 , passe à travers la résistance commune d'émetteur R_E , créant ainsi une tension V_E . La chute de tension interne (entre collecteur et émetteur) d'un transistor à l'état passant étant très faible, on peut dire que la tension entre collecteur et masse est $V_{C1} \cong V_E$.

Quant à la tension sur le collecteur de l'autre transistor, elle est sensiblement égale à la tension d'alimen-

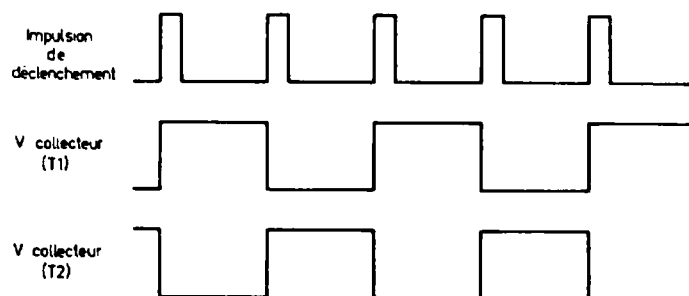


Fig. 1. — Si le temps est toujours le même entre les impulsions de déclenchement, les signaux sur chaque collecteur sont rigoureusement symétriques. On remarque que le nombre d'impulsions sur chaque collecteur est égal à la moitié du nombre d'impulsions de déclenchement (circuit diviseur par deux).

tation U puisque, le courant I_{c2} étant nul, il n'y a pas de chute de tension aux bornes de R_{c2} .

Voyons quelle est la tension sur les bases. Sur celle de T_2 , le diviseur de tension R_2R_3 applique sur la base une tension de :

$$V_E \times \frac{R_3}{R_2 + R_3}$$

Ce potentiel entre base et masse est donc plus petit que le potentiel (V_E) entre émetteur et masse, le transistor T_2 est donc bien bloqué.

En ce qui concerne l'autre transistor, la tension appliquée sur la base est environ :

$$U \times \frac{R_1}{R_1 + R_4}$$

(la tension collecteur étant sensiblement égale à U), cette tension sur la base est supérieure à V_E , le transistor T_1 est bien bloqué.

Basculement

Une tension négative appliquée pendant un court instant (ou mieux, une im-

pulsion négative) simultanément sur les deux bases va faire basculer le montage. Ce « top » extérieur va bloquer T_1 . La tension collecteur de celui-ci qui était faible va croître subitement, et cette variation positive est transmise instantanément à la base de T_2 à travers le pont de résistances (fig. 3).

La base du transistor T_2 reçoit donc d'une part le top négatif provenant de l'extérieur et, d'autre part, le flanc positif venant du collecteur de T_1 . Si ce dernier a une amplitude plus grande que le top négatif, T_2 devient passant. Son potentiel collecteur chute rapidement, cette brusque variation négative est transmise instantanément à la base de T_1 , qui reste alors dans son nouvel état bloqué.

Il faut dire que ce basculement est puissamment aidé par les condensateurs C_1 et C_2 (ordre de grandeur : 100 pF). Un condensateur soumis à un flanc bref se comporte comme un court-circuit. Le top de déclenchement n'arrive pas directement sur les bases, mais à travers deux diodes. Ces diodes jouent le rôle d'interrupteur. En l'absence d'impulsions extérieures, elles sont bloquées et le bistable se trouve isolé du circuit de déclenchement. Elles sont passantes pendant un temps très bref, celui de la durée de l'impulsion négative. A ce moment précis ce top négatif intervient sur les deux bases, bloquant le transistor passant et restant sans effet sur l'autre transistor déjà bloqué (mais qui ne tardera pas à débiter, comme nous venons de l'expliquer).

Pour effectuer le basculement, le même résultat est obtenu en appliquant une impulsion positive sur

les collecteurs, l'extrémité de la résistance R doit être reliée alors à $+U$.

La résistance R_E doit être shuntée par un condensateur C_E de telle sorte que la tension entre base et masse reste constante pendant le basculement (constante de temps R_EC_E généralement de l'ordre de la milliseconde pour un temps de basculement d'une microseconde).

Bistable pour calculateur

Le schéma de la figure 4 montre un bistable qui pourrait être utilisé dans un circuit d'ordinateur. Ici la résistance R_E est supprimée ; elle est remplacée par une deuxième source pour la polarisation des bases. Cette tension U pol peut être égale à celle de l'alimentation U ($U = +12V, U_{pol} = -12V$). Le montage possède deux entrées pour le basculement (X et Y), ainsi qu'une entrée de commande pour la remise à zéro de la bascule (RAZ). Si cette entrée reçoit momentanément une tension positive, T_2 va forcément conduire, et son collecteur se trouve au potentiel 0 V. La tension de sortie (au point S) indique l'état binaire dans lequel se trouve la bascule.

Schéma simplifié

Les schémas que nous avons présentés sont d'une grande fiabilité. Ils peuvent être grandement simplifiés pour des applications ayant pour but de comprendre le fonctionnement du montage.

Le circuit de base donné sur la figure 1 peut être simplifié si on lui supprime la résistance R_E (émetteurs de T_1 et T_2 reliés directe-

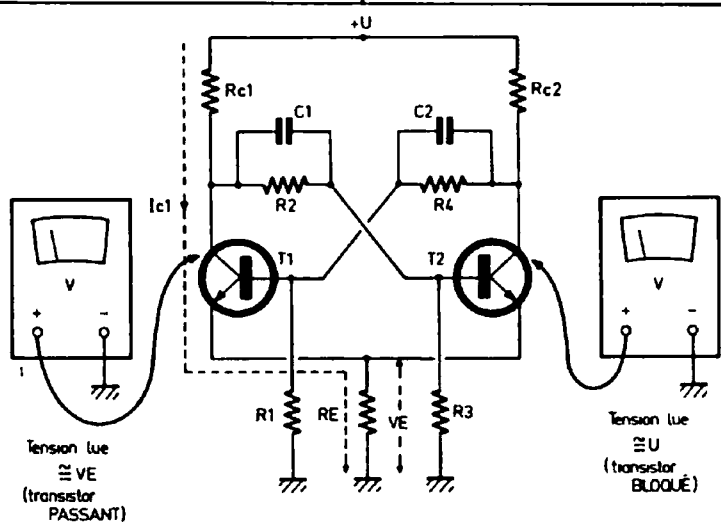


Fig. 2. — Schéma de base du bistable ($R_{c1} = R_{c2} = 1 \text{ k}\Omega$; $R_2 = R_4 = 15 \text{ k}\Omega$; $R_1 = R_3 = 47 \text{ k}\Omega$; $R_E = 470 \Omega$; $T_1 = T_2 =$ le transistor le meilleur marché).

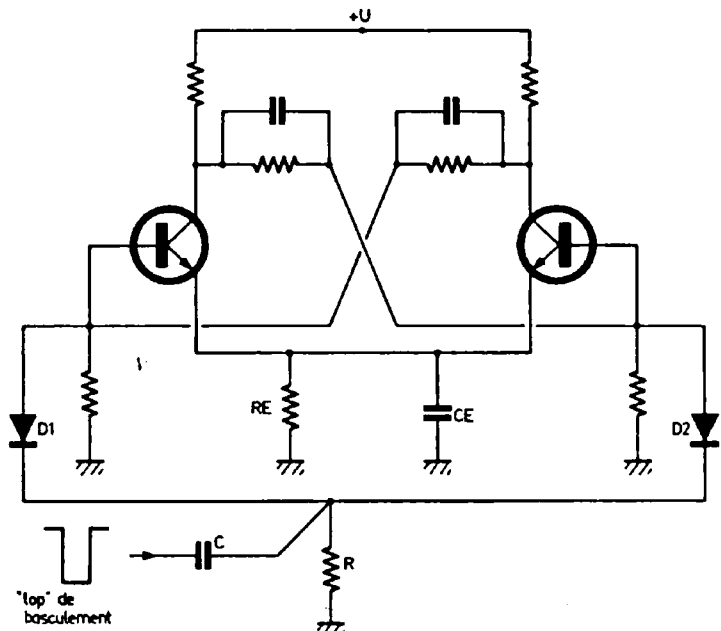


Fig. 3. — Bistable et son circuit de basculement ($R = 10 \text{ k}\Omega$, $C = 10 \mu\text{F}$, $D_1 = D_2 = 1N4148$).

ment au 0 V). Le montage utilise des transistors silicium dont la tension V_{BE} est de l'ordre de 0,6 V. Il est facile de bloquer le transistor en lui appliquant une tension inférieure à cette valeur. De même les composants R_1 , R_3 , C_1 et C_2 peuvent être enlevés, et les résistances R_{c1} et R_{c2} (1 k Ω) peuvent être remplacées par des petites ampoules de 4,5 V, ceci pour se rendre compte de l'état des deux transistors (fig. 5).

Pour faire basculer le bistable, il suffit de relier alternativement à la masse les points a et b. Dans l'exemple de la figure, le transistor T_2 est passant,

l'ampoule correspondante a donc 4,5 V environ à ses bornes. Le bistable basculera si on relie à la masse le point b du montage.

On aurait pu garder les résistances R_{c1} et R_{c2} et utiliser comme voyant une diode électroluminescente, comme cela a été décrit dans le numéro de juin 1983 du « Haut-Parleur » (n° 1693).

Basculement par aiguillage

Les résistances R (10 k Ω) ne reviennent pas à la masse mais sur le collecteur des transistors (fig. 6).

Si T_1 est conducteur et T_2 bloqué, la diode D_1 est passante puisque son anode est positive par rapport à sa cathode, et l'autre diode D_2 est bloquée (cathode positive par rapport à l'anode). Autrement dit, la résistance interne de D_1 est faible, tandis que celle de D_2 est très élevée. L'impulsion négative de déclenchement traversera D_1 et viendra bloquer T_1 et faire basculer le bistable.

Le monostable

Autre montage de la même famille, le monostable ne possède qu'un état stable, mais il peut être dé-

clenché et passer dans un état « quasi stable » s'il reçoit une impulsion extérieure. Le temps durant lequel le monostable reste dans cet état quasi stable dépend de la constante de temps d'un circuit RC interne, réglable, ce qui donne la possibilité d'obtenir à la sortie du montage des impulsions de longueur réglable (fig. 7).

Le monostable est également appelé « one-shot » ou « single-shot » (en anglais) ou encore « univibrateur » (en français). Dans la littérature américaine, il a été appelé « flip-flop », mais ce terme a été ensuite utilisé pour désigner les bis-

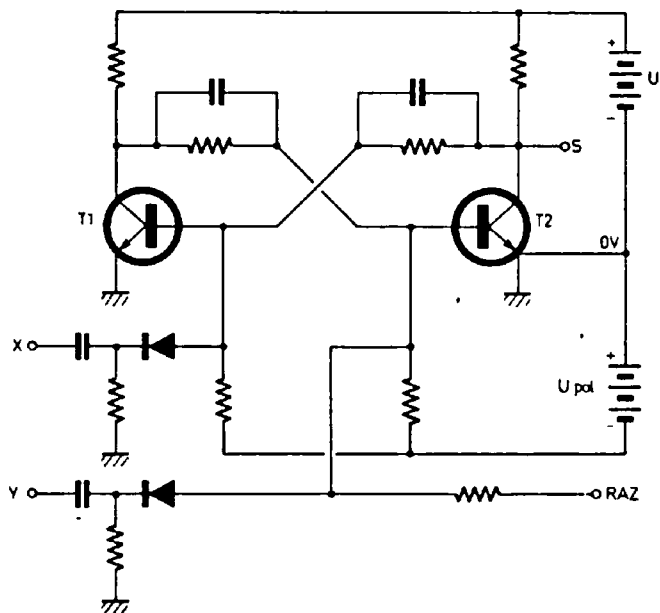


Fig. 4. - Schéma d'un bistable pour application dans un calculateur.

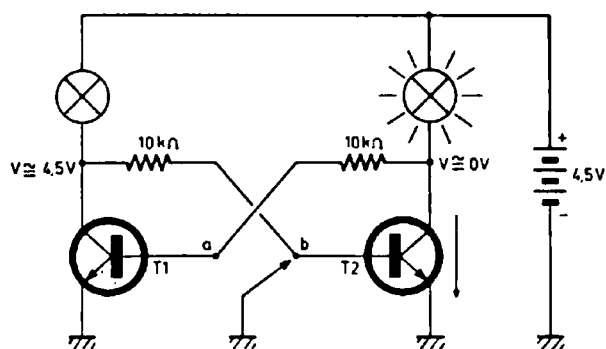


Fig. 5. - Schéma simplifié du bistable. Deux ampoules 4,5 V remplacent les résistances R_{c1} et R_{c2} , la tension d'alimentation a été abaissée à 4,5 V.

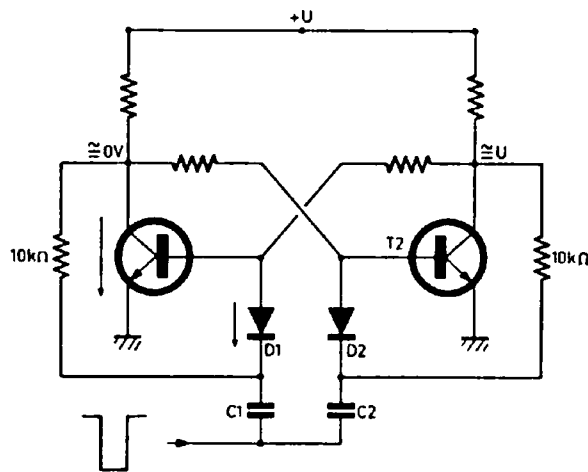


Fig. 6. - Basculement par aiguillage.

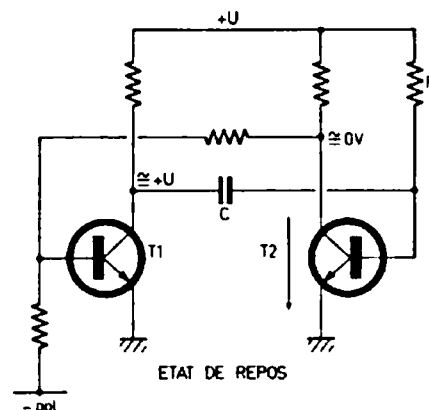


Fig. 7. - Schéma du monostable. A l'état de repos le transistor T_2 conduit et le condensateur C est chargé à une tension sensiblement égale à U.

tables. Remarquons que « flip-flop » convient parfaitement pour désigner un monostable, puisque « flip » signifie « donner une chiquenaude », cette chiquenaude électronique est l'impulsion de déclenchement. Le terme « flop » veut dire « tomber lourdement », ce qui traduit bien le retour à l'état de repos du montage.

Composition du monostable

Tout comme les autres circuits déjà étudiés, la version transistorisée du monostable se compose de deux transistors couplés l'un à l'autre. Un des couplage est galvanique (liai-

son résistive) comme dans le bistable ; l'autre est capacitif (liaison par condensateur), comme dans le montage astable. Le temps de décharge du condensateur définit la durée de l'impulsion générée.

Fonctionnement du monostable

A l'état de repos (état stable), le transistor T_2 conduit et T_1 est bloqué (fig. 7). En effet la base de T_2 est reliée directement à la tension U d'alimentation à travers une résistance R , tandis que la base de T_1 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 du pont est reliée à une source de polarisation bloquant la jonction base-émetteur de ce transistor T_1 .

Voyons maintenant quelle est la charge du condensateur C . Au repos, le potentiel aux bornes de celui-ci est de l'ordre de la tension U . Puisque T_1 est bloqué, la tension sur son collecteur est égal à $+U$. L'autre extrémité du condensateur est reliée au 0 V à travers la jonction (passante) base-émetteur de T_2 (chute de tension de 0,6 V).

Pour déclencher le montage, on envoie une impulsion négative sur la base de T_2 afin de bloquer ce tran-

sistor. Cette impulsion se retrouve inversée (top positif) sur le collecteur du même transistor, et appliquée sur la base de T_1 , qui devient alors passant.

On est en présence d'un effet cumulatif, car le collecteur de T_1 est relié à la base de T_2 . Le monostable se trouve à l'état « quasi stable » en état de travail. Le transistor T_2 est maintenu bloqué par la charge négative de C . Mais ce dernier se décharge dans R (relié à la borne « + » de l'alimentation), et T_2 est maintenu bloqué jusqu'à ce que la base de T_2 redevienne positive. Le montage revient alors à l'état de repos. La tension collecteur de T_2 chute alors de $+U$ à 0 V, cette variation négative est transmise à la base de T_1 .

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

Circuit de déclenchement

L'impulsion extérieure est appliquée à travers la diode D et le condensateur C_1 sur la base du transistor T_2 . Sur le schéma (fig. 9), la durée de l'impulsion de sortie est réglable grâce à la présence d'un potentiomètre câblé en résistance variable. Le condensateur C_1 accélère la transition entre les états du montage.

Remarque pratique

Le condensateur C ne doit pas avoir une valeur trop élevée, à moins qu'il ne soit de bonne qualité (faibles fuites). On évitera d'employer une valeur supérieure à $1\ 000\ \mu\text{F}$. De même pour R , sa valeur limite sera de $470\ \text{k}\Omega$.

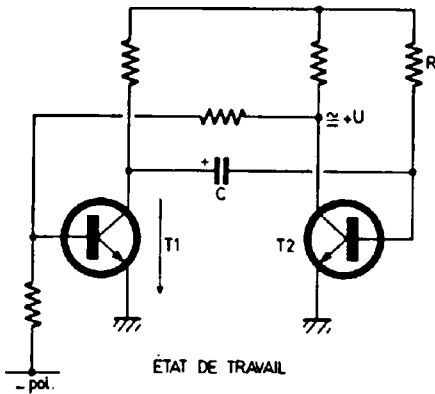


Fig. 8. – Monostable dans son état quasi stable.

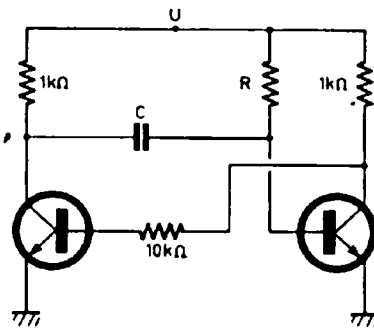


Fig. 10. – Schéma simplifié du monostable.

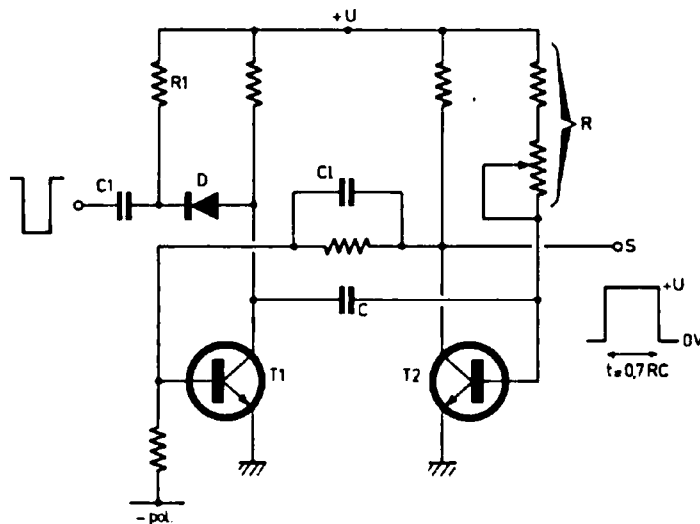


Fig. 9. – Montage monostable et son circuit de déclenchement.

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 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 $C \times R_C$. On évitera donc également d'avoir une résistance R_C trop élevée,

1 k Ω est une bonne valeur. Malgré la limitation de ces valeurs, l'amateur pourra facilement utiliser le monostable pour retarder une impulsion ou réaliser une minuterie. De même que pour le bistable, on peut simplifier le schéma du monostable (fig. 10).

Le tableau récapitulatif de la figure 11 résume les différents montages que nous avons présentés.

Générateur de signaux de déclenchement

Ces signaux nécessaires pour le fonctionnement du bistable et du monostable peuvent être obtenus avec un relaxateur : transistor unijonction (UJT). Nous en donnons le schéma sur la figure 12. La période du signal obtenu est très proche de la constante de temps du circuit RC. Le potenti-

mètre 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. L'unijonction utilisé est un 2N2646 dont nous indiquons le branchement vu du dessous.

J.-B.P.

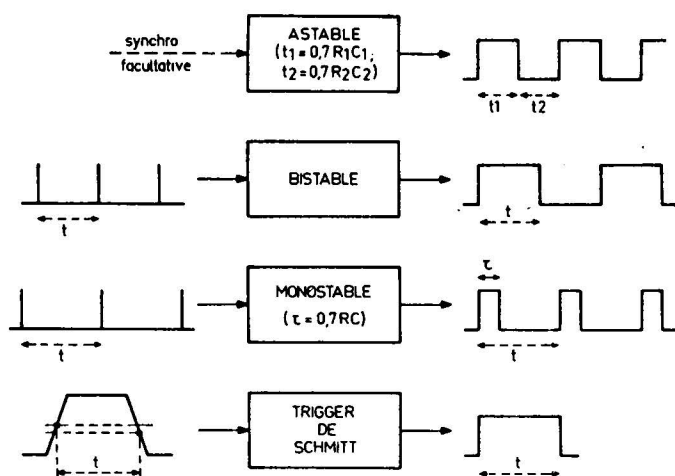


Fig. 11. — Tableau récapitulatif des différents circuits étudiés (production de signaux rectangulaires).

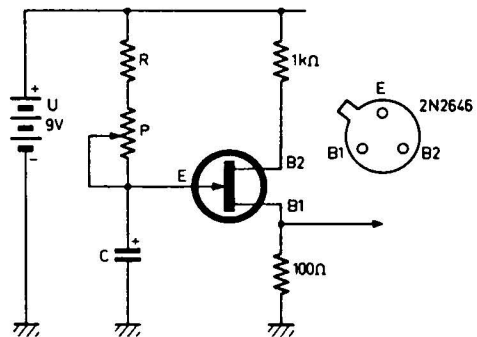


Fig. 12. — Schéma du relaxateur à UJT (P : potentiomètre linéaire de 220 k Ω ; R = 22 k Ω , C = 100 μ F/25 V).

Bloc-notes

ORIC CHEZ ASN DIFFUSION

A dater du 29 juin dernier, ASN est devenu l'importateur officiel de l'Oric en France. Qu'est-ce que l'Oric ? Oric 1, c'est un micro-ordinateur existant en deux versions, 16 K-octets ou 48 K-octets de mémoire, et organisé autour du microprocesseur 6502 A. Il se caractérise par un mode graphique à haute résolution avec huit couleurs en avant-plan et huit autres en arrière-plan. Sa sortie vidéo permet d'attaquer directement un téléviseur couleur équipé d'une prise péritel (modulateur pour canal 36 sur demande). Il possède en outre une sortie pour imprimante parallèle de type Centronics et une interface cassette. Son



clavier, agréable à manipuler, comporte 57 touches anti rebond. En configuration 48 K, le prix de l'Oric est inférieur à 2 200 F. Dans les périphériques présents ou à venir très prochainement, on notera une imprimante quatre couleurs (2 500 F environ), une disquette 3" et un modem. Selon le distributeur, au 30 juin 1983, quinze mille Oric 1, version 48 K, auraient déjà été vendus. Une quantité qui, dit-on, a dépassé les prévisions les plus optimistes en la matière...

ASN Diffusion électronique S.A., Z.I. « La Haie-Griselle », B.P. 48, 94470 Boissy-Saint-Léger.