

## Comprendre le circuit intégré '555'

### EN CONSTRUISANT UN GENERATEUR DE CRENEAUX PERIODIQUES DE RAPPORT CYCLIQUE REGLABLE

par J.-P. CARON,

Professeur à l'E.N.S.A.M., Centre de Lille  
8, boulevard Louis-XIV, 59046 Lille.

#### INTRODUCTION.

Le circuit intégré '555' a été conçu pour les applications de *temporisation*. Ses durées de commutation inférieures à 100 ns à la descente et à la montée le rendent plus performant que les amplificateurs opérationnels courants (vitesse de balayage du TL 81 : 13 V/ $\mu$ s). Les très nombreuses réalisations l'utilisant, décrites par les constructeurs et par les revues spécialisées, le classent parmi les circuits intégrés les plus familiers.

On se propose, dans cet article, de décrire sa structure fonctionnelle, puis de montrer comment réaliser simplement un générateur de créneaux périodiques de fréquence, de rapport cyclique et d'amplitude réglables.

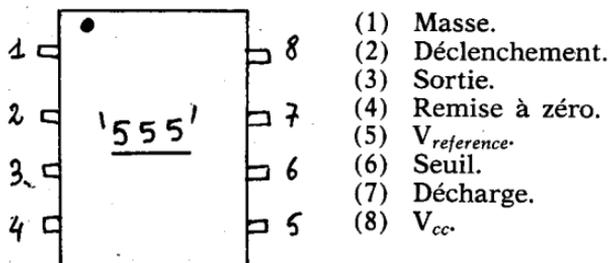
Ce générateur permet d'exécuter, dans de bonnes conditions, de nombreuses expériences ; citons par exemple :

- les réponses transitoires des circuits passifs RC, RL, RLC (voir à ce sujet l'article de R. MOREAU dans le B.U.P. n° 634, page 1033) ; la mise en évidence du rôle des positions AC, DC du sélecteur d'entrée d'un oscilloscope ; la création d'impulsions positives ou négatives en associant une diode à un circuit RC... ;
- l'analyse des circuits logiques (tension réglable à 5 V pour la TTL) dans la transmission d'une information binaire...

#### I. DESCRIPTION FONCTIONNELLE DU CI '555'.

##### I.1. Schéma synoptique.

La présentation courante est celle d'un boîtier plat de huit broches :



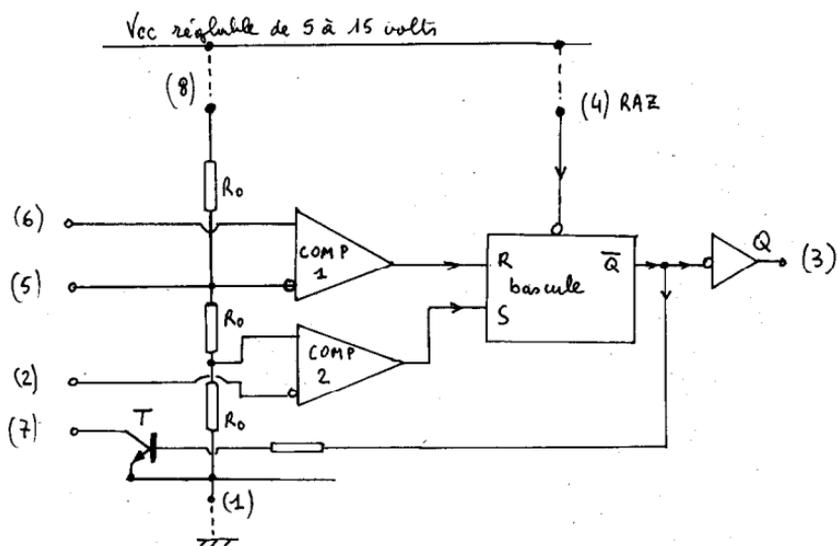


Fig. 1

## 1.2. Analyse du fonctionnement des comparateurs (Comp. 1 et 2).

### Caractéristique de transfert statique.

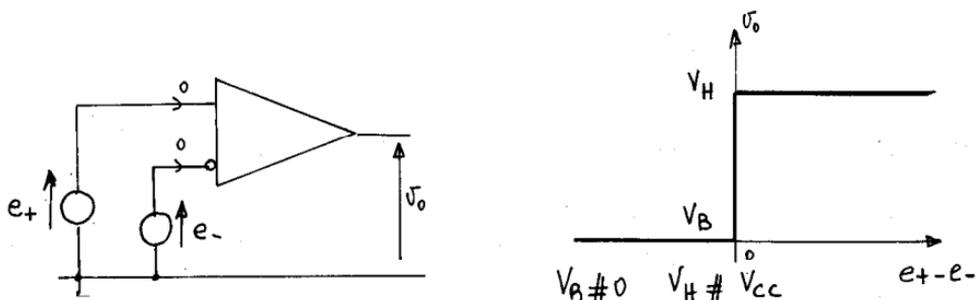


Fig. 2

### Comparateur 1.

Le pont diviseur des trois résistances  $R_0$  impose  $e_{1-} = \frac{2}{3} V_{cc}$ .

Lorsque  $e_{1+}$  est inférieure à  $\frac{2}{3} \cdot V_{cc}$ ,  $v_{o1} = V_B$ .

Si  $e_{1+}$  devient supérieure à  $\frac{2}{3} \cdot V_{cc}$ ,  $v_{o1} = V_H$ .

**Comparateur 2.**

Le pont diviseur impose  $e_{2+} = V_{cc}/3$ .

Pour  $e_{2-}$  inférieure à  $V_{cc}/3$ ,  $v_{o2} = V_H$ .

Lorsque  $e_{2-}$  devient supérieure à  $V_{cc}/3$ ,  $v_{o2} = V_B$ .

**1.3. Rôle de la bascule R-S.**

L'entrée (4) de remise à zéro (RAZ) permet, lorsqu'elle est connectée à la masse, de rendre inopérantes les entrées R et S ; alors  $Q = 0$  volt.

L'entrée (4), connectée à  $+V_{cc}$ , rend la commande de Q aux entrées R et S :

*Même pendant un court instant* : le passage de S de  $V_B$  à  $V_H$  provoque  $\bar{Q} = V_B$ ,  $Q = V_H$  ; le passage de R de  $V_B$  à  $V_H$ , provoque  $\bar{Q} = V_H$ ,  $Q = V_B$ .

L'égalité  $R = S = V_B$  entraîne la *mémorisation* de l'état de sortie Q précédent.

Le passage *simultané* de R et S à  $V_H$  est un état anormal à éviter, le contrôle de Q est perdu.

Le transistor (T) est bloqué lorsque  $\bar{Q} = V_B$  ; il est saturé (équivalent entre collecteur et émetteur à une très faible résistance) pour  $\bar{Q} = V_H$ .

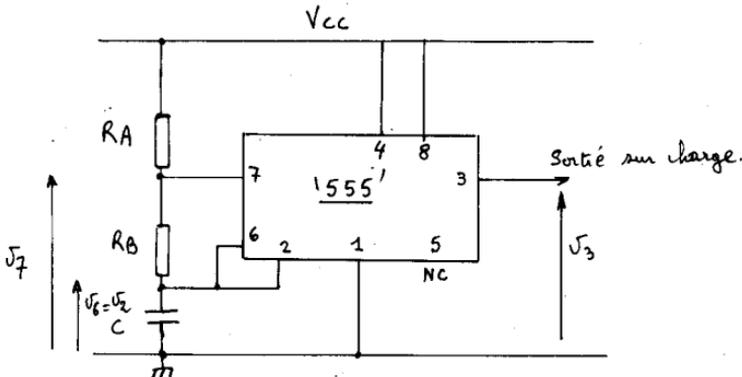
**II. LE CI '555' UTILISE EN ASTABLE.**

Fig. 3

Prenons comme point de départ d'un cycle de fonctionnement l'instant  $t = 0$  où  $v_2$  vient d'atteindre  $V_{cc}/3$  en *décroissant*, c'est le seuil de déclenchement du comparateur 2.

A  $t = 0_-$ , l'état du système est supposé le suivant :

$$v_2 = v_6 = \frac{1}{3} V_{cc+} : S = V_B, R = V_B, Q = V_B, \bar{Q} = V_H$$

$v_7 \simeq 0$  puisque T est saturé.

A  $t = 0$ ,  $v_2$  atteint  $V_{cc}/3$ , donc S commute à  $V_H$  alors que  $R = V_B$ .

L'état de la bascule change :  $Q = V_H, \bar{Q} = V_B$ , T se bloque.

En supposant les résistances d'entrée (6) et (7) infiniment élevées, on suit l'évolution de la charge de C sur le schéma de la fig. 4.

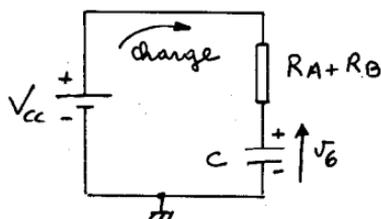


Fig. 4

Il est facile d'écrire l'équation de  $v_6$  :

$$v_6(t) = V_{cc} - \frac{2V_{cc}}{3} e^{-t/(R_A + R_B)C}$$

En  $0_+$ , S est revenu à  $V_B$  car  $v_2 > V_{cc}/3$ .

L'état de la bascule se modifie lorsque  $v_6$  atteint en croissant

la valeur  $\frac{2}{3} \cdot V_{cc}$  qui est la tension du seuil de basculement du comparateur 1.

Cet événement se produit à l'instant  $T_1$  tel que :

$$v_6(T_1) = \frac{2}{3} \cdot V_{cc} \quad \text{soit} \quad T_1 = 0,7 (R_A + R_B) C$$

A  $t = T_1$ , un nouvel état apparaît.

R a commuté à  $V_H$  alors que S reste à  $V_B$ .

$\bar{Q} = V_H, Q = V_B$ , T se sature [court-circuit entre (7) et (1)].

L'évolution de la charge de C se déroule conformément au schéma de la fig. 5. A  $t = T_{1+}$ , R est revenu à  $V_B$ , car

$$v_6 < \frac{2}{3} \cdot V_{cc}$$

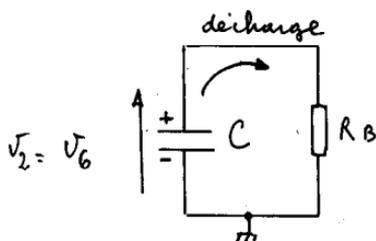


Fig. 5

C se décharge dans  $R_B$  à travers le transistor saturé selon la loi :

$$v_6(t) = \frac{2V_{cc}}{3} e^{-t(t-T_1)/R_B C}.$$

A l'instant  $t = T_1 + T_2 = T$ , la tension  $v_6$  est égale à  $V_{cc}/3$ .

$$T_2 = 0,7 R_B C.$$

La situation du système est la même qu'en  $t = 0$ . Un cycle vient d'être décrit.

### Chronographes.

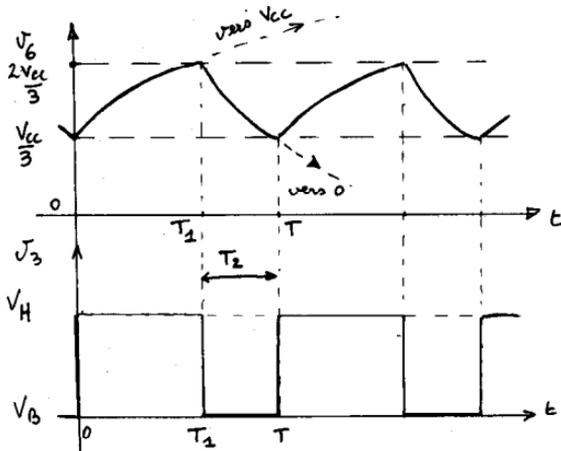


Fig. 6

La période admet pour expression :

$$T = 0,7 (R_A + 2 R_B) C ;$$

elle est indépendante de la valeur de la tension d'alimentation.

## III. LE CI '555' UTILISE EN MONOSTABLE.

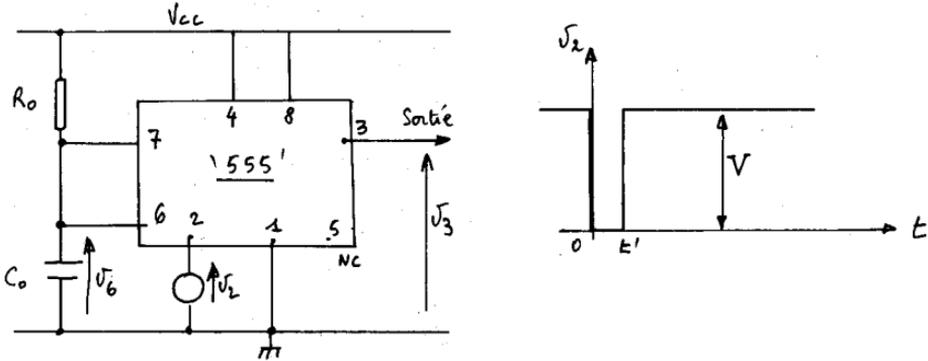


Fig. 7

Une source de tension  $v_2$  fournit le *signal de déclenchement du monostable*, son amplitude  $V$  est supérieure à  $V_{cc}/3$ .

A l'instant  $t = 0_-$ , le système est dans un *état stable* :

$$v_6 = v_7 = 0, T \text{ est saturé, } Q = V_B, \bar{Q} = V_H, R = V_B = S.$$

A  $t = 0$ ,  $v_2$  commute à 0, ce qui entraîne le déclenchement du comparateur 2 : S passe de  $V_B$  à  $V_H$ , d'où  $\bar{Q} = V_B$ ,  $Q = V_H$ , T se bloque.

Le condensateur C commence sa charge à travers R vers le potentiel  $V_{cc}$  selon l'équation :

$$v_6 = V_{cc} [1 - e^{-t/R_0 C_0}].$$

Le retour de  $v_2$  à une valeur supérieure à  $V_{cc}/3$  ramène S à  $V_B$ , ce qui est sans effet sur  $\bar{Q}$ .

Lorsque  $v_6$  atteint  $\frac{2}{3} V_{cc}$ , le comparateur 1 bascule :

R passe à  $V_H$  en entraînant  $\bar{Q} = V_H$ ,  $Q = V_B$ .

Le transistor T, en se saturant, décharge très rapidement le condensateur, R revient à la valeur  $V_B$ ; le système retrouve son *état initial*.

La durée de la *temporisation*  $\vartheta$ , qui est égale à l'intervalle de temps pendant lequel a eu lieu le changement de l'état de Q, est donnée par la résolution de l'équation :

$$v_6 = \frac{2 V_{cc}}{3} = V_{cc} [1 - e^{-\vartheta/R_0 C_0}]$$

$$\boxed{\vartheta = 1,1 R_0 C_0.}$$

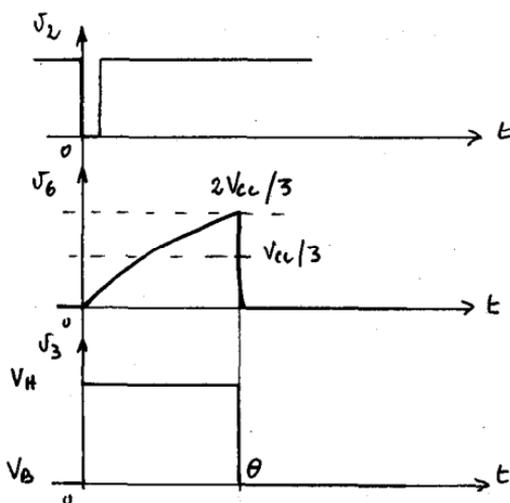


Fig. 8

**Remarque.**

La durée  $t'$  doit être inférieure à  $\theta$  afin d'assurer un bon fonctionnement du monostable. Si ce n'est pas le cas, comme nous le verrons dans le paragraphe IV, il faut différencier le signal  $v_2$  par un circuit R'C'.

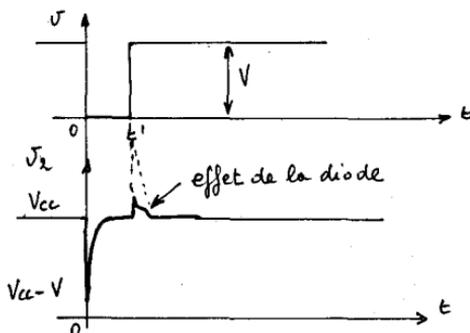
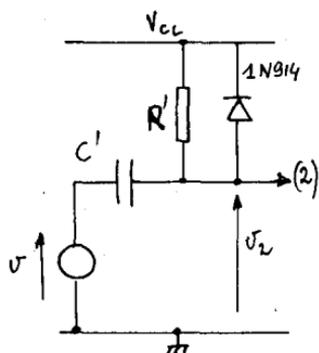


Fig. 9

$V_{cc} - V$  doit être inférieure à  $V_{cc}/3$  pour assurer le déclenchement. Une diode est mise en parallèle sur R' pour supprimer l'impulsion positive qui perturberait le fonctionnement du comparateur 2.

#### IV. GENERATEUR DE CRENEAUX PERIODIQUES DE RAPPORT CYCLIQUE REGLABLE.

On associe en cascade, un oscillateur astable et un temporisateur monostable. La fréquence de récurrence est déterminée par le premier, le rapport cyclique  $\eta = T_1/T$  par le second. Les réglages sont indépendants.

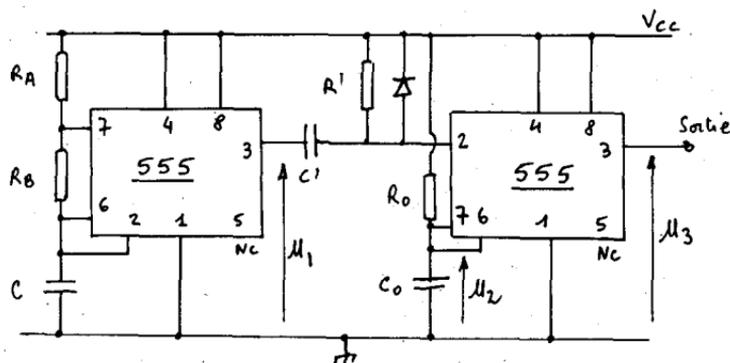


Fig. 10

$$R' = 2,7 \text{ k}\Omega,$$

$$C' = 1 \text{ nF}.$$

Notons que le câblage est simplifié par l'emploi du CI '556' qui contient dans un seul boîtier (14 broches) deux CI '555'.

#### Chronographes.

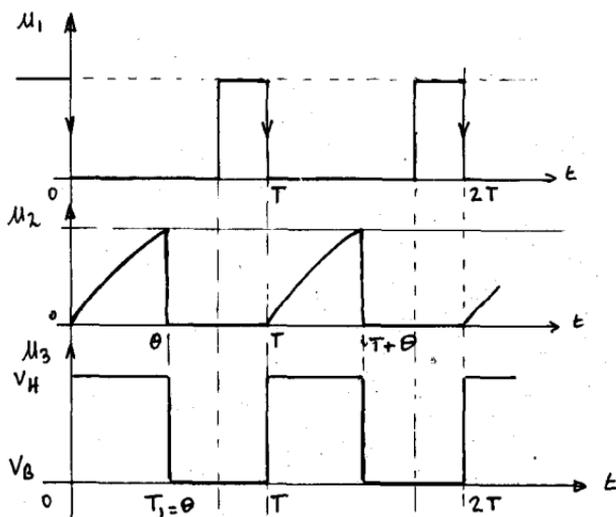


Fig. 11

$$T = 0,7 (R_A + 2 R_B) C, \quad T_1 = 1,1 R_0 C_0, \quad \eta = 1,57 \frac{R_0}{R_A + 2 R_B};$$

(car en pratique, on utilise la même valeur pour C et C<sub>0</sub>).

#### Remarque.

Si la durée  $\theta$  est supérieure à T, le montage est *diviseur de fréquence*.

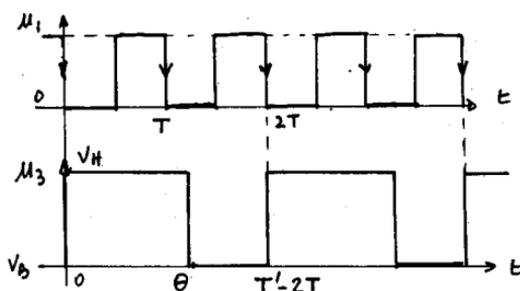


Fig. 12

#### Remarque sur les conditions de charge du CI '555'.

Lorsque la *technologie est bipolaire*, on est assuré que la résistance interne au niveau haut et au niveau bas est relativement faible comme le montrent les caractéristiques suivantes :

à 25°C, pour  $V_{cc} = 15$  volts : (CI : NE ou SE '555' de RTC) :

niveau  $V_H$  :

$V_H = 12,5$  volts pour un courant extrait de 200 mA,

$V_H = 13,3$  volts pour un courant extrait de 100 mA.

niveau  $V_B$  :

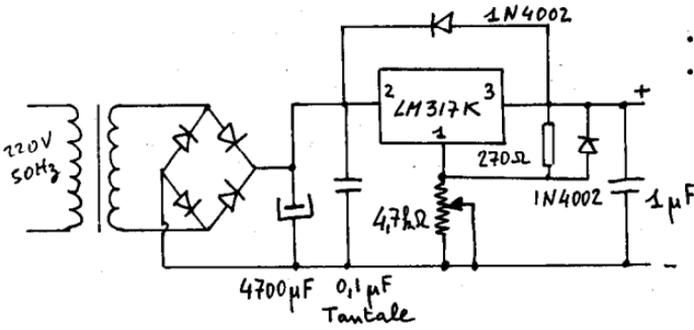
$V_B = 0,1$  volt pour un courant injecté de 10 mA,

$V_B = 2$  volts pour un courant injecté de 100 mA.

#### V. REALISATION PRATIQUE.

Le réglage de l'amplitude s'effectuant par celui de l'alimentation, on dispose d'une tension ajustable entre 2 et 20 volts délivrée par le montage suivant :

- transformateur 220 : 18,
- régulateur intégré LM 317 K (Texas Instrument) ou National Semiconductor.



. transformateur 220:18  
 . régulateur intégré  
 LM 317 K  
 (Texas Instrument)  
 ou National Semiconductor

Fig. 13

Le générateur construit couvre, en trois gammes, le domaine des fréquences étendu entre 10 Hz et 10 kHz.

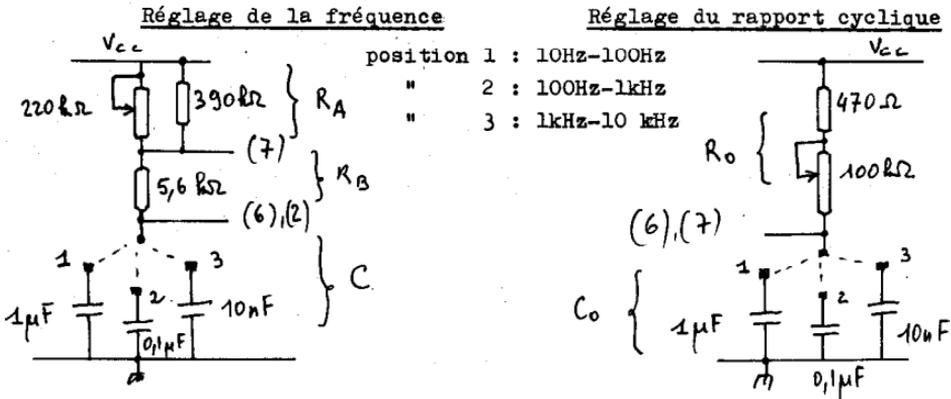


Fig. 14

Ce générateur a été réalisé par M. VROMAN, technicien principal, au laboratoire d'électronique du centre régional de l'E.N.S.A.M. à Lille; il sert actuellement, dans une manipulation, à la commande d'un hâcheur à transistors et il donne entière satisfaction.

BIBLIOGRAPHIE

- Note d'applications RTC : LNA 129.
- Signetics '555-556 Timers'.
- Intersil : Low Power CMOS : ICM 7555, 7556.