

EXPERIMENTATION ET EVOLUTION DES CIRCUITS FONDAMENTAUX

Devenu depuis longtemps, notamment à cause de sa remarquable simplicité de mise en œuvre, un grand classique des circuits intégrés, le « timer » 555 semble avoir été accommodé à toutes les sauces, et ne plus mériter de développements nouveaux. Pourtant, à l'analyse des schémas publiés le plus souvent, on s'aperçoit que seules les applications les plus directes sont bien connues. Or, il suffit, à ces schémas traditionnels, de modifications ou d'adjonctions très simples pour élargir le champ des signaux possibles. Nous en proposons ici quelques exemples.

QUELQUES RAPPELS PRELIMINAIRES

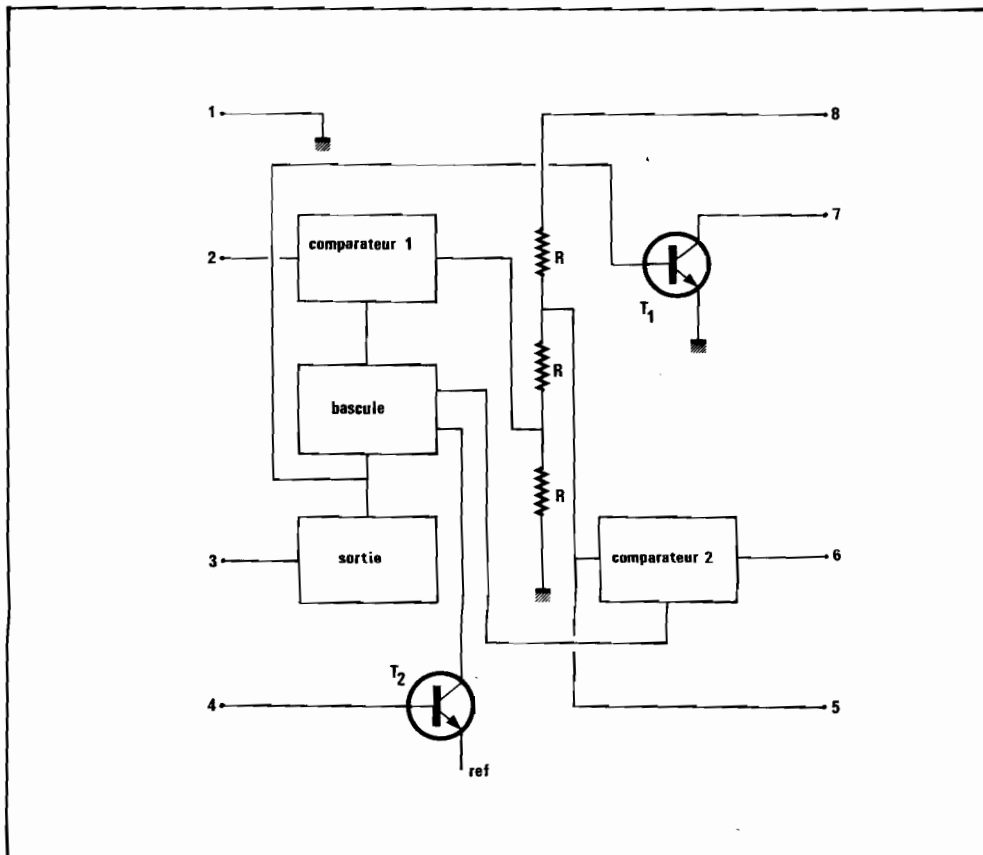
La figure 1 donne, sous forme synoptique, l'organisation interne du circuit. Il se compose, essentiellement, de deux comparateurs, d'une bascule bistable, d'une chaîne de trois résistances R , et du transistor T_1 . Si V désigne la tension d'alimentation, la chaîne de résistances délivre les références $1/3 V$, appliquée à l'une des entrées du compara-

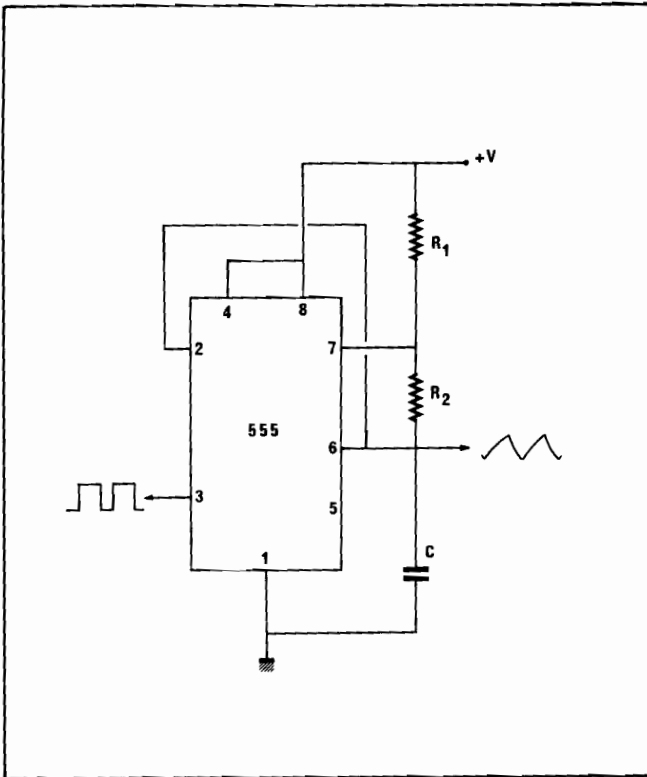
teur 1, et $2/3 V$, appliquée à l'une des entrées du comparateur 2. La sortie de la bascule bistable, qui commande la base de T_1 , attaque aussi des étages de sortie. Ceux-ci délivrent des impulsions d'amplitude égale à V , avec une intensité qui peut atteindre 200 mA, aussi bien en courant absorbé qu'en courant fourni. Essentiellement, le 555 est donc un générateur d'impulsions, dont on connaît bien les deux modes fondamentaux de fonctionnement : monostable (le déclenchement s'effectue alors par des impulsions négatives sur la borne 2), et astable. Nous ne nous intéresserons qu'à ce dernier cas, en raison de la richesse des développements possibles.

L'OSCILLATEUR ASTABLE TRADITIONNEL

Le montage de la figure 2 est celui qu'on rencontre dans toutes les notes d'applications.

Supposons, pour commencer, la sortie de la bascule (voir figure 1) à l'état bas, donc le transistor T_1 bloqué. L'entrée 6 du comparateur 2 ne consommant pratiquement aucun courant, le condensateur C se charge à travers R_1 et R_2 , exponentiellement. Lorsque le potentiel v atteint $2/3 V$, le comparateur 2 délivre à la bascule une impulsion qui fait passer sa sortie à l'état haut, ce qui sature T_1 , devenu alors l'équivalent d'un interrupteur fermé : le condensateur C se décharge exponentiellement à travers R_2 .





Dès que v est redescendu à la valeur $1/3 V$, le comparateur 1, recevant cette tension par la borne 2, délivre à son tour une impulsion. La bascule retourne à son état premier, T_1 se bloque, et une nouvelle charge de C commence. Finalement, on voit que la tension v aux bornes du condensateur évolue entre $1/3 V$ et $2/3 V$. Il est facile de calculer les temps de charge t_1 , et de décharge t_2 . Nous ne donnerons ici que les résultats :

$$t_1 = 0,693 (R_1 + R_2) C$$

$$t_2 = 0,693 R_2 C$$

ce qui correspond à une fréquence d'oscillation :

$$f = \frac{1}{t_1 + t_2} = \frac{1,44}{(R_1 + 2R_2) C}$$

Ces relations montrent à l'évidence qu'avec le montage de la figure 2, la charge et le palier supérieur des créneaux de la sortie 3 durent nécessairement plus longtemps que la décharge, et que les paliers

inférieurs. Ce fonctionnement est illustré par l'oscillogramme A, pris avec :

$$R_1 = 1 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 470 \Omega$$

$$C = 470 \text{ nF}$$

ce qui conduit à une fréquence d'environ 1,6 kHz.

LES LIMITATIONS EN FREQUENCE

Commençons, ici, par l'expérimentation, qui nous guidera pour les explications théoriques. Pour augmenter la fréquence d'oscillation, nous avons conservé les mêmes valeurs de R_1 et R_2 , mais réduit la capacité C à 6,8 nF. Les signaux obtenus apparaissent sur l'oscillogramme B.

On constate d'abord qu'au lieu de la fréquence d'environ 110 kHz à laquelle le calcul

permettait de s'attendre, on n'atteint que 83 kHz. Par ailleurs, l'amplitude des dents de scie a augmenté sensiblement, à la fois vers le haut et vers le bas. Ce dernier phénomène explique le premier. En effet, les charges et les décharges de C ne s'effectuent plus entre $1/3 V$ et $2/3 V$, mais entre des bornes plus écartées, ce qui exige des durées plus grandes.

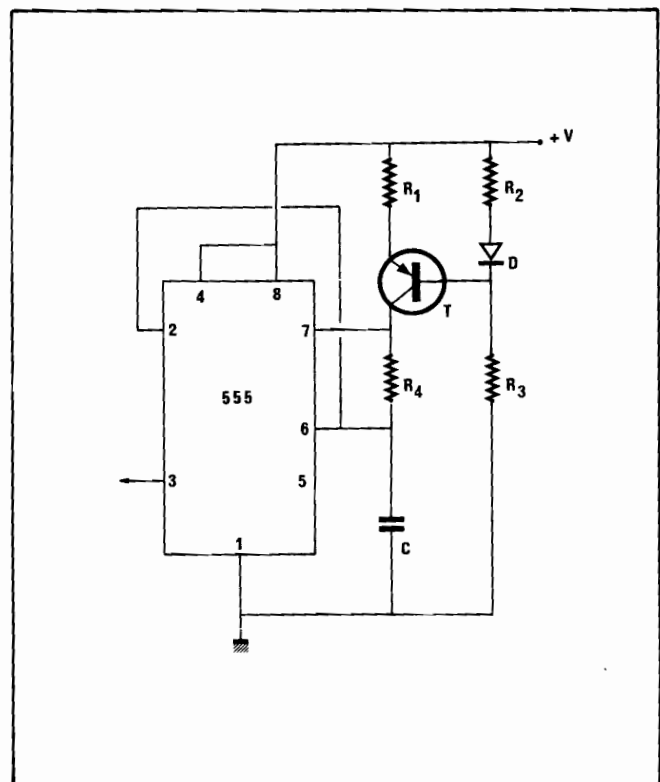
Le détail de l'une des commutations, analysé dans l'oscillogramme C, explicite ces ennuis. On y voit clairement que le transistor T_1 ne se bloque pas au moment de la commutation de la bascule, mais avec un retard qui dépasse les 500 ns.

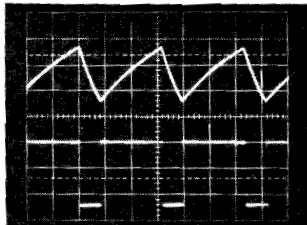
Il s'agit là de phénomènes internes au circuit intégré, et concernant des points auxquels l'opérateur ne peut accéder. La limitation en fréquence du 555 constitue donc un mal rédhibitoire, sans aucune correction possible.

UTILISATION DE LA BROCHE 5

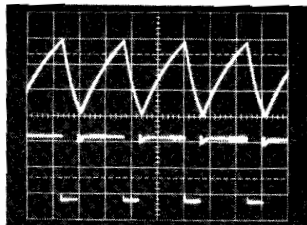
La broche 5 du circuit, qui aboutit au point de jonction entre les deux résistances supérieures de la chaîne de diviseurs, peut, en utilisation normale, rester en l'air : elle se trouve portée au potentiel $2/3 V$. Parfois, on la réunit à la masse par un condensateur, afin de découpler les deux tensions de référence des comparateurs.

Si, par contre, on impose à cette entrée - qualifiée pour cette raison d'entrée de contrôle - une tension externe E , avec une impédance de source suffisamment faible (les résistances R ont une valeur commune de 5 k Ω), les références des comparateurs deviennent, respectivement, E et $E/2$. L'entrée de contrôle peut donc servir à commander, et éventuellement à modifier dans le temps, la fréquence d'oscillation.

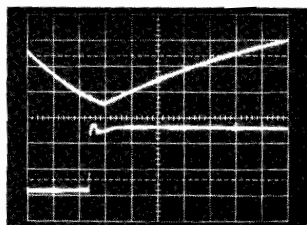




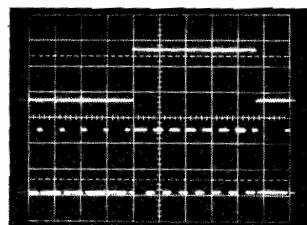
A. - En haut = 2 V/division.
En bas = 5 V/division.
Balayage = 0 µs/division.



B. - En haut = 2 V/division.
En bas = 5 V/division.
Balayage = 5 µs/division.



C. - Détail analysant le retard de commutation.
Balayage = 1 µs/division.



D. - En haut = 2 V/division, le potentiel de masse est sur l'axe horizontal.
Balayage = 500 µs/division.

Dans un premier exemple, illustré par l'oscillogramme D, nous avons appliqué sur la borne 5 une tension E en créneaux, évoluant entre 1,5 volt pour le palier bas, et 5 volts pour le palier haut (trace supérieure de l'oscillogramme). Les composants du montage avaient, pour valeurs :

- $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$
- $R_2 = 470 \Omega$
- $C = 470 \text{ nF}$

La trace inférieure montre les créneaux de la sortie 3 : leur fréquence passe de 2,3 à 3,3 kHz environ. Un tel montage, travaillant dans les fréquences audio, peut servir à l'émission de signaux sonores à deux tonalités, du style des avertisseurs de pompiers. Plus sérieusement, il peut élaborer à peu de frais des impulsions à deux fréquences, pour la transmission à distance d'informations binaires.

Si, au lieu de moduler la fréquence par des créneaux, on applique à la broche 5 des tensions à variations continues, les impulsions de sortie, elles aussi, varient continuellement en fréquence. Ainsi, avec les rampes utilisées pour le relevé de l'oscillogramme E et des fréquences audibles, on obtient des sonorités du style « sirène américaine ».

LINEARISATION DES RAMPES

Bien que le 555 soit à considérer avant tout comme un générateur d'impulsions, l'exploitation des rampes disponibles sur la broche 6 peut se révéler parfois utile. On se rappellera en ce cas qu'elle n'y sont généralement délivrées qu'à haute impédance (celle du circuit de charge), et qu'un étage d'adaptation s'impose souvent.

Avec le montage de la figure 2, charge et décharge s'effectuent exponentiellement, alors qu'une rampe linéaire apparaît fréquemment préférable. Comme une croissance linéaire suppose un courant de charge d'intensité constante, il est possible d'utiliser le dispositif de la figure 3. Le pont R_2R_3 , éventuellement complété par la diode D si on désire compenser les variations du V_{BE} du transistor T avec la température, impose le potentiel de base, donc la différence de potentiel aux bornes de la résistance d'émetteur R_1 , et l'intensité du courant qui traverse cette dernière. Or, le courant d'émetteur de T égale très sensiblement son courant de collecteur, qui charge le condensateur C.

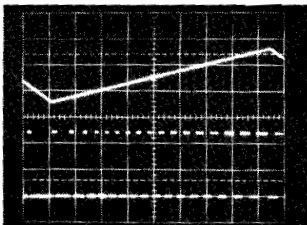
Avec un tel montage, nous avons obtenu les signaux de l'oscillogramme F, où on notera l'excellente qualité des rampes ascendantes. On peut

facilement modifier la fréquence en commutant diverses valeurs de C (gammes), et en remplaçant R_1 par un potentiomètre, avec une résistance talon (variation continue).

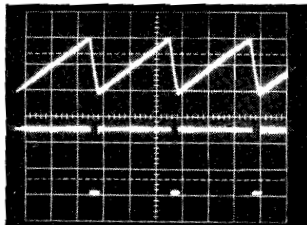
DES CRENEAUX SYMETRIQUES...

Le schéma de la figure 2 impose, nous l'avons vu, une durée de charge supérieure à celle de la décharge. Il est cependant possible d'égaliser ces deux durées, grâce à la modification introduite à la figure 4.

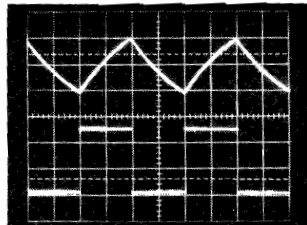
Pendant la charge, la diode D, polarisée en direct, court-circuite la résistance R_2 . La constante de temps de la charge devient donc R_1C . A la décharge, le courant ne traverse que R_2 , ce qui donne une constante de temps R_2C . On obtiendra des signaux sy-



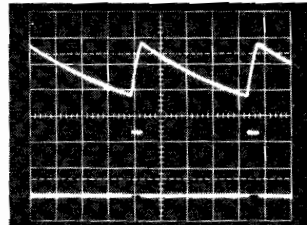
E. - En haut = 2 V/division, potentiel de masse sur l'axe horizontal.
Balayage = 500 µs/division.



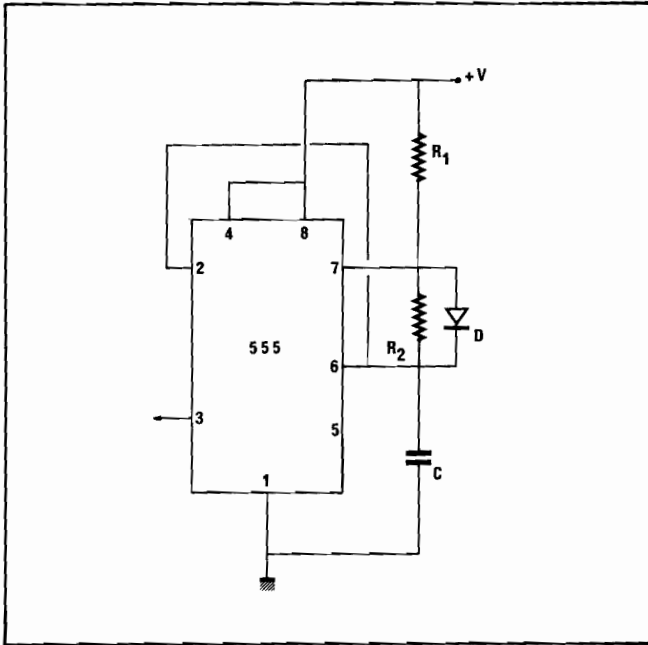
F. - Obtention d'une rampe linéaire. En haut = 2 V/division.
Balayage = 500 µs/division.



G. - Symétrisation des signaux. Balayage = 100 µs/division.



H. - Inversion du rapport cyclique.
Balayage = 500 µs/division.



métriques en choisissant $R_1 = R_2$.

En réalité, il faut tenir compte, pour la charge, de la différence de potentiel (environ 0,7 volt) aux bornes de la diode, qui se retranche de celle dont on dispose aux bornes de R_1 , et diminue l'intensité. On accédera à une parfaite symétrie en donnant à R_2 une valeur très légèrement supérieure à celle de R_1 . L'oscillogramme G a été relevé avec $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$, et $R_2 = 1,082 \text{ k}\Omega$ ($1 \text{ k}\Omega$ en série avec 82Ω).

... ET MEME INVERSES !

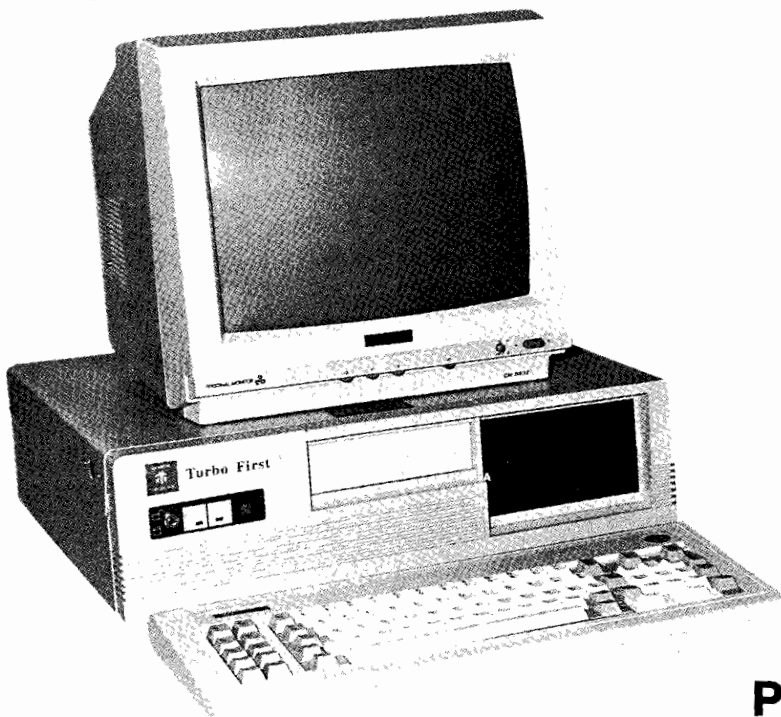
Poursuivant l'exploitation du schéma de la figure 4, rien n'interdit de donner à R_2 des

valeurs nettement supérieures à celle de R_1 . On maîtrise alors, indépendamment l'une de l'autre, les durées t_1 et t_2 .

Nous avons ainsi obtenu l'oscillogramme H, où $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$, et $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$.

Remarquons que le montage de la figure 4, avec une commutation de plusieurs condensateurs C, et deux potentiomètres pour remplacer R_1 et R_2 , devient un générateur d'impulsions sans prétentions (fréquence maximale 50 à 100 kHz), mais remarquablement simple à réaliser, et peu coûteux, tout en offrant une plage de rapports cycliques étendue et un réglage séparé des durées haute et basse.

R. RATEAU



JASMIN TURBO FIRST 3990 Frs H.T.

- Garantie étendue d'un an incluse assurée par CGEE ALSTHOM.
- Equipé de 256 Ko de RAM, extensible à 640 Ko.
- Compatible PC à double vitesse 4.77 et 8 MHz commutable au clavier.
- Emplacement pour coprocesseur arithmétique 8087.
- Une sortie imprimante parallèle.
- Une carte MGA, compatible Hercules (Carte Monochrome Graphique) 720 x 350 points.
- 8 ports d'extension dont 6 disponibles.
- Alimentation à découpage ventilée : 150 W.
- Coffret métallique à ouverture rapide vers le haut (Flip - Top).
- 1 lecteur de disquette 5"1/4 - 360 Ko.
- Système d'exploitation Dos Plus, compatible CP/M 88 et MS-DOS 211.
- Langage structuré le plus connu : "TURBO-PASCAL" avec manuel en Français.

Pour prendre un bon départ...

... et ne pas s'arrêter là !



TECHNOLOGIE-RECHERCHE & APPLICATIONS NOUVELLES

ZI Les Fourches - Les Espaluns - Avenue Lavoisier
83160 LA VALETTE-DU-VAR - Tél. 94.21.19.68

PRIX INDICATIF H.T. AU 01/07/87
PHOTO NON CONTRACTUELLE