

Un montage mal aimé : le multivibrateur astable

par M. J. RZEPKA
Lycée Berthelot, 31400 Toulouse

AVANT-PROPOS

Pour comprendre le multivibrateur il nous a fallu peiner sur bon nombre de tableaux : là un potentiel grimpe. Attention ! A côté l'autre est en train de baisser. Méfiez-vous de la porte. L'une s'ouvre et en s'ouvrant ferme l'autre... Ainsi avons-nous vu, dans diverses colonnes, évoluer ces nombres interdépendants qui, le plus souvent, empêchent de comprendre en épuisant les cerveaux. Et ce n'est pas terminé...

Un autre tableau nous attend sur lequel trente six paires d'yeux, tout à fait dépendants et souvent sans correction, regarderont ahuris s'aligner des colonnes, en attendant qu'une sonnerie fasse ouvrir la porte.

Bourreaux d'enfants, nous risquons de le devenir ! Pourtant ni le programme ni les commentaires ne nous imposent ces «résumés». On doit pouvoir faire comprendre le principe de ce montage sans se livrer à des cours de gymnastique que le professeur de physique n'a pas à assumer. D'autres dans l'U.d.P. l'ont déjà fait.

Essayons cependant dans ce court exposé pourtant (rempli de verbiages) d'expliquer ce montage sans dresser de tableaux.

CONNAISSANCES UTILES PRÉCÉDEMMENT ACQUISES

- Inverseurs logiques
- Circuit RC

Nous nous proposons d'étudier, de façon élémentaire, le principe d'un multivibrateur astable à inverseurs logiques piloté par un circuit RC.

1. COMMENT FAIRE «OSCILLER» UN CIRCUIT RC ?

1.1. Principe du montage

Matériel : – 1 pile (ddp $\approx 4,5$ V désignée par V_{CC}),
 – 1 résistor (par exemple $R = 3,3$ k Ω),
 – 1 condensateur (par exemple $C = 0,1$ μ F céramique).

But : Provoquer des oscillations forcées de relaxation.

Nous utiliserons les expressions «charge du condensateur» lorsque $i > 0$ et «décharge» pour $i < 0$ quelles que soient les polarités de ses armatures (indépendamment donc de sa charge électrique initiale).

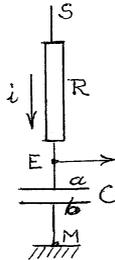


Figure 1

Si nous parvenions à imposer successivement et alternativement la charge et la décharge du condensateur, le potentiel du point E «varierait» de la manière indiquée par la figure 2.

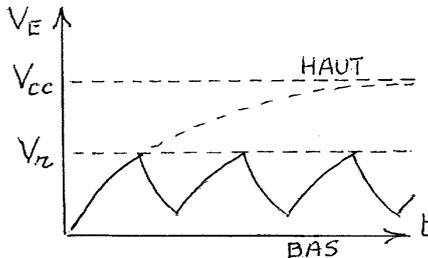


Figure 2

Essayons :

Le condensateur est initialement déchargé. Il faut donc commencer en reliant le résistor (point S de la figure 1) à un point de potentiel «HAUT» : afin que le condensateur puisse se charger !

Dès que V_E atteindra une valeur V_r décidée par avance il faudra reliaer très rapidement S à un point de potentiel «BAS» (par exemple à la masse M de la figure 1) : afin que le condensateur puisse se décharger...

Il conviendra ensuite d'interrompre cette décharge pour recommencer une charge... etc...
Cela paraît assez facile !

1.2. Interrupteur automatique

L'entrée du composant que nous avons à choisir doit donc être commandée par V_E (initialement à l'état BAS). La sortie de ce composant doit être en mesure, au même instant, de charger le condensateur (donc état HAUT). Un inverseur logique semble pouvoir remplir cette fonction.

Nous utiliserons l'inverseur logique SN 74C00N.

1.3. Mise en place et résultats

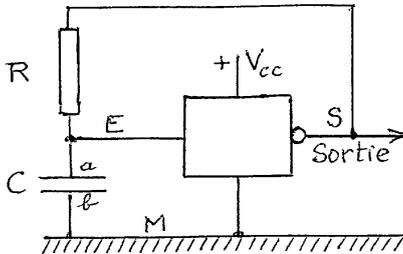


Figure 3

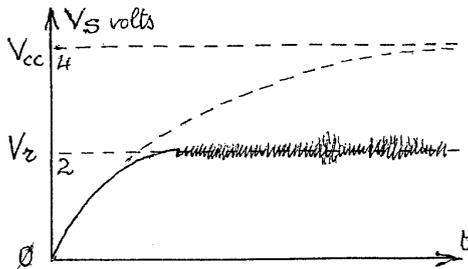


Figure 4

Que se passe-t-il ? (Figure 4). Pourquoi cet échec ?

Le condensateur se charge. V_E est « aspiré » par V_S . Dès que V_E avoisine la tension seuil, V_S s'affaisse. ralentit de ce fait la charge en s'approchant lui-même de V_T .

Ainsi V_E et V_S ont un même rendez-vous : la pente ! (Figure 5).

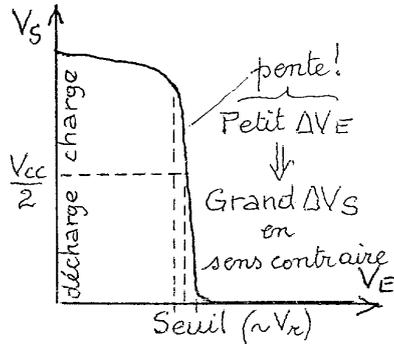


Figure 5

Pour eux, une position d'arrêt car le moindre mouvement de l'un contrarie le mouvement de l'autre !

La tension de sortie (Figure 4) est soumise à des frémissements de faible amplitude mais de haute fréquence autour de la valeur moyenne $\frac{V_{CC}}{2}$.

V_E et V_S sont réciproquement prisonniers l'un de l'autre et la porte ne parvient pas à basculer.

Retenons-en la leçon : Une porte logique alimentant un condensateur voit son entrée et sa sortie se « tutoyer » sur son seuil ! La base de temps que nous voulons constituer doit mesurer, en charge et en décharge, la durée de leurs rapprochements...

Il faut donc les séparer. Nous ne pouvons rien sur V_S trop dépendant de V_E . Agissons donc sur la tension d'entrée.

2. CHASSONS V_E DU SEUIL !

Pour deux raisons :

- V_E «mettra du temps» pour revenir à nouveau auprès de V_r .
- La porte ne doit pas être gênée dans ses mouvements.

Conditions nécessaires !

Pour cela il faudrait que V_E reçoive d'un composant une «chiquenaude» qui l'éloigne du seuil, dans le sens qu'il faut, afin de pouvoir y retourner (Figure 6).

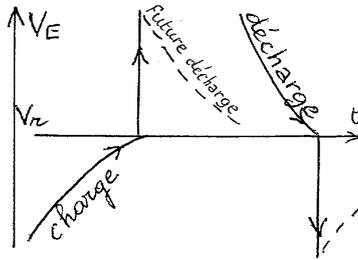


Figure 6

En somme tout tenter pour que V_E tout près de V_r en soit brutalement écarté.

Ainsi après une charge pourra se développer une décharge et réciproquement.

3. COMMENT «BRUTALISER» LA TENSION D'ENTRÉE ?

V_E est le potentiel de l'armature a du condensateur (Figure 3).

Le potentiel V_b de l'autre armature lui est intimement lié puisque U_{ab} ne dépend que de la charge acquise à cet instant. V_b est actuellement au niveau BAS (potentiel de référence). Toute chiquenaude qu'on lui communiquerait serait immédiatement et intégralement transmise à V_a et donc à V_E^* ! Il faut donc déconnecter l'armature b de la masse et agir en conséquence.

* $U_{ab} = q_a/C$ or q_a n'aura pas le temps de varier si la chiquenaude est très brève par rapport à la période désirée pour les oscillations.

Résumons : nous voudrions que la sortie d'un composant placé entre l'armature b et la masse (tous deux dans l'état BAS comme ils le sont actuellement) mette l'armature b dans l'état HAUT lorsque V_S s'affaisse.

Baisse à l'entrée entraînant **hausse** à la sortie suggère une porte du type **NON**.

Un inverseur logique doit pouvoir remplir ce rôle !

Il doit être commandé par V_S , potentiel de sortie de l'autre porte.

Cet inverseur logique jouera le rôle de «porte d'antitutoiement».

Pas de promiscuité prolongée entre V_E et V_r ...

Son rôle est de les séparer ! (Figure 6).

Lorsque V_E , en cours de charge, avoisinera la tension seuil $V_r = \frac{V_{CC}}{2}$, il sera «catapulté» par cette nouvelle porte jusqu'à la valeur $V_r + V_{CC} = \frac{3}{2} V_{CC} > V_{CC}$.

De même lorsque V_E en cours de décharge, avoisinera la tension seuil, V_E sera porté à la valeur $V_r - V_{CC} = \frac{-V_{CC}}{2} < 0$.

L'entrée de l'inverseur de sortie sera donc soumise à des tensions qui débordent les limites préconisées par le fabricant (0, V_{CC}). L'inverseur n'est pas détruit pour autant sauvé qu'il est, à l'entrée, par ses diodes de protection.

Hors de l'intervalle 0, V_{CC} les diodes évacuent des charges... issues de notre condensateur ! Impôt sur notre signal d'entrée ainsi déformé et affaibli ; temps de charge et de décharge raccourcis ; période obtenue plus courte que prévue !

Protégeons donc les débordements en tension vis-à-vis de cette entrée, qu'ils rendent gloutonne, par une résistance R_p (Figure 7) suffisante (10 à 100 k Ω) pour modérer son appétit. Dans l'intervalle 0, V_{CC} cette résistance se montrera discrète puisqu'en dehors des crêtes

le courant d'entrée est inférieur à 1 nA. Ainsi notre base de temps, protégée de l'autoprotection d'un circuit logique, restera fidèle à nos calculs.

4. POURQUOI LE «TUTOIEMENT» DE V_I N'EST PLUS POSSIBLE ?

Prenons pour exemple la charge. Lorsque V_E parvient sur la mauvaise pente (Figure 5) toute hausse (C se charge) modeste de V_E provoque une forte baisse de V_S .

Or toute baisse de V_S a pour conséquence une forte hausse à la sortie de la porte «d'antitutoiement». V_E est écarté ! Conséquence : V_E devenu grand (Figure 5) rend la pente très glissante pour V_S qui s'annule !

Chaque porte a basculé, victime du comportement de l'autre...

L'ensemble des deux inverseurs constitue un système astable (2 états possibles très stables, les états intermédiaires sont devenus impossibles).

Ce système astable est ici piloté par le circuit RC (Figure 7).

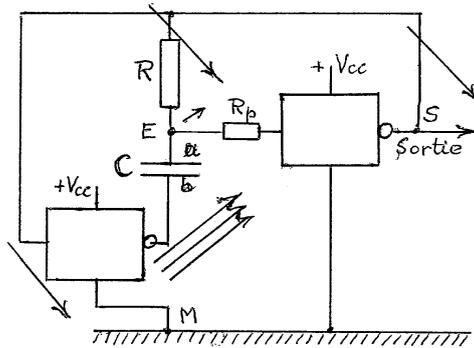


Figure 7

Charges et décharges le font basculer alternativement dans les deux états.

5. RÉSULTATS

On voit sur la figure 8 comment V_E est «bousculé» hors de V_r chaque fois qu'il s'en approche.

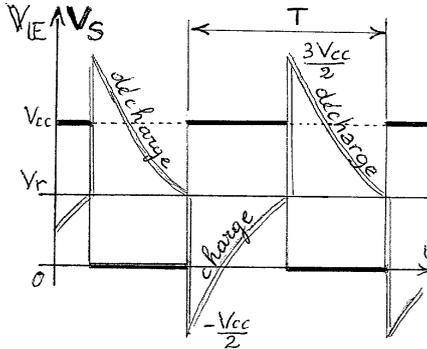


Figure 8

La tension de sortie passe alternativement par 2 états, comme il se doit, pour un oscillateur astable.

Les figures 9 et 10 montrent en traits gras les circuits dans lesquels circulent les courants de charge et de décharge du condensateur.

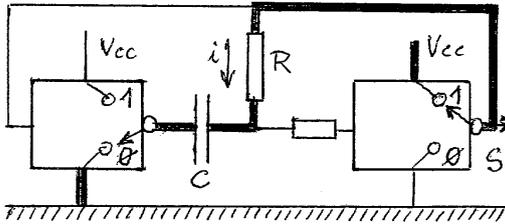


Figure 9 : Charge

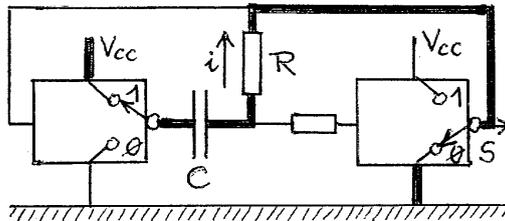


Figure 10 : Décharge