Chapitre III

Génération d'Impulsions (signaux)

- Astable (à portes logiques, *AOP, à NE555*)

- Monostable (, à portes logiques, à *AOP, à NE555*)

- Trigger de schmitt (*à AOP*).

Définition :

Un multivibrateur est un circuit qui possède deux états de fonctionnement. Selon la stabilité de ces états, on distingue :

- ⇒ Multivibrateur astable ;
- ⇒ Multivibrateur monostable.

1 Astables

Un astable est un circuit qui permet de générer un signal rectangulaire, qui peut servir de signal d'horloge.

1.1 à portes Logiques

Il existe de nombreux montages de multivibrateurs astables utilisant une à deux portes logiques. En voici un exemple (*figure 32*):

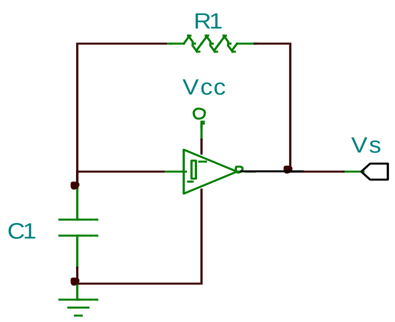
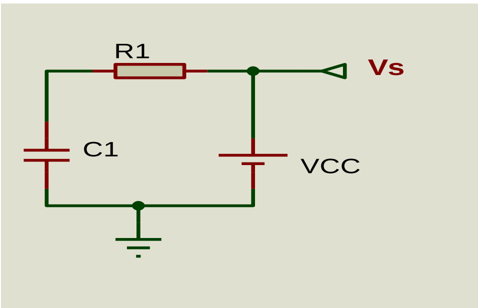


Figure 32- Astable à portes logiques

La porte logique étant à hystérésis, elle possède deux seuils de basculement : *Vh1 et Vh2*. Elle est alimentée entre *VCC et 0V*. On considère que le condensateur est déchargé à *t=0.*

A t = 0 on aura ***:***

Schéma équivalent :



- ***Tension aux bornes de C1 :*** $Vc = A + B \, . \, e^{\frac{-t}{R1C1}}$

Pour t = 0 :

Sur le schéma la tension Vc = 0 et l'équation de Vc = A+B

Pour t = ∞ :

Sur le schéma la tension Vc = Vcc et l'équation de Vc = A

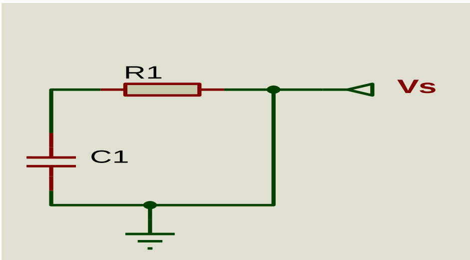
D'où *:* $$\boldsymbol{Vc = Vcc\,.(1 - e^{\frac{-t}{R1C1}})}$$

- ***Temps T1 mis par la tension Vc1 pour arriver à Vh2 :***

$$Vh2 = Vcc.(1 - e^{\frac{-t1}{R1C1}})$$

$$t1 = -\ R1.C1.ln\left(\frac{Vh2 - Vcc}{-Vcc}\right)$$

<u>A t = t1 :</u> On a eu basculement de la porte logique donc Vs=0



L'équation de la tension aux bornes de C1 devient :

$$Vc = A+B.\ e^{\frac{-t}{R1C1}}$$

Pour t = 0 :

Sur le schéma la tension Vc = Vh2 et l'équation de Vc = A+B

Pour t = ∞ :

Sur le schéma la tension Vc = 0 et l'équation de Vc = A

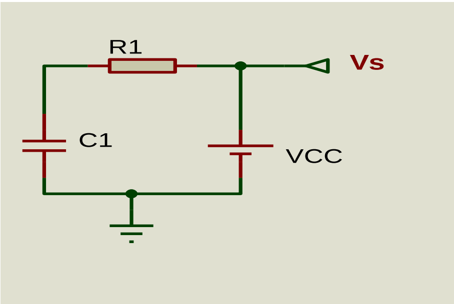
D'où : $\quad Vc = Vh2.\ e^{\frac{-t}{R1C1}}$

Temps t2 mis par la tension Vc1 pour arriver à Vh1 :

$$Vh1 = Vh2\ e^{\frac{-t2}{R1C1}}$$

$$t2 = -\ R1.C1.ln\ \left(\frac{Vh1}{Vh2}\right)$$

***<u>A t = t2</u>* :** On a eu un nouveau basculement de la porte logique donc $Vs = Vcc$



L'équation de la tension aux bornes de *C1* devient :

$$Vc = A+B.\ e^{\frac{-t}{R1C1}}$$

Pour t = 0 :

Sur le schéma la tension Vc = Vh1 et l'équation de Vc = A+B

Pour t = ∞ :

Sur le schéma la tension Vc = Vcc et l'équation de Vc = A

D'où : $\quad Vc = Vcc + (Vh1 - Vcc)\ e^{\frac{-t}{R1C1}}$

□

Temps t3 mis par la tension Vc1 pour arriver à Vh2 :

$$Vh2 = Vcc + (Vh1 - Vcc)\ e^{\frac{-t3}{R1C1}}$$

$$t3 = -\ R1.C1.ln\ \left(\frac{Vh2-Vcc}{Vh1-Vcc}\right)$$

Chronogrammes

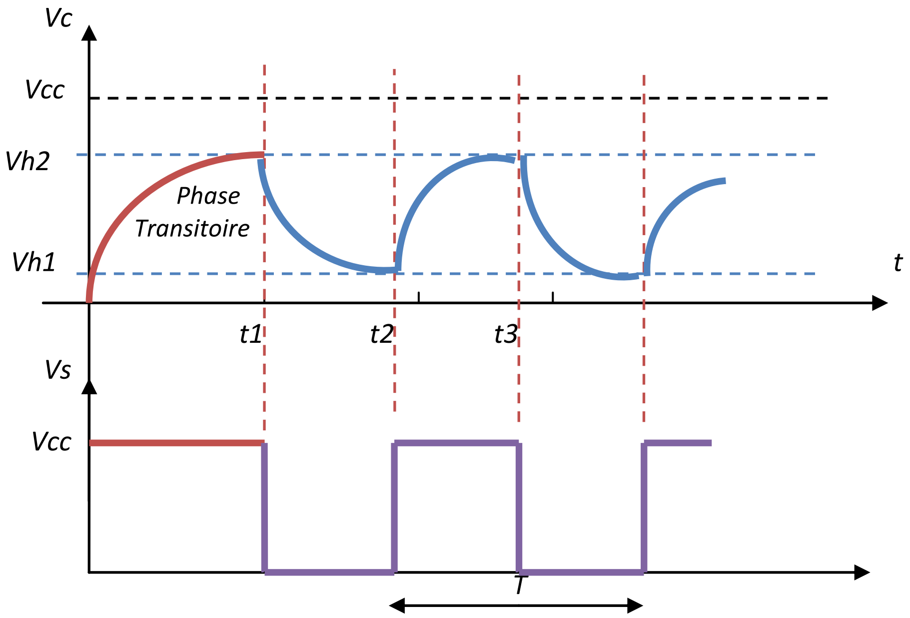


Figure 33- Chronogrammes Astable

La période du signal d'horloge : $T = t2 + t3$ et $f = \frac{1}{T}$

Application :

On prendra :

$$Vcc = 5V \ ; R1 = 10\ k\Omega \ ; C1 = 100nF \ ; Vh1 = 1{,}6V \ ; Vh2 = 3{,}5V$$

On trouve alors :

$t1 = -\ R1.C1.\ln\left(\frac{Vh2 - Vcc}{-Vcc}\right) = -10.10^{3}\ 100.10^{-9}\ \ln\left(\frac{3{,}5-5}{-5}\right) = 1{,}2mS$

$t2 = -\ R1.C1.\ln\left(\frac{Vh1}{Vh2}\right) = 10.\ 10^{3}\ .100.\ 10^{-9}\ .\ln\left(\frac{1{,}6}{3{,}9}\right) = 0{,}783\ mS$

$t3 = -\ R1.C1.\ln\left(\frac{Vh2-Vcc}{Vh1-Vcc}\right) = 0{,}818\ ms$

$$\boldsymbol{T = t2 + t3 = 0{,}783 + 0{,}818 = 1{,}6\ ms}$$

$$f = \frac{1}{T} = 625\ Hz$$

1.2 Astable à base d'AOP

Le montage de base de cet oscillateur est illustré à la figure 34 :

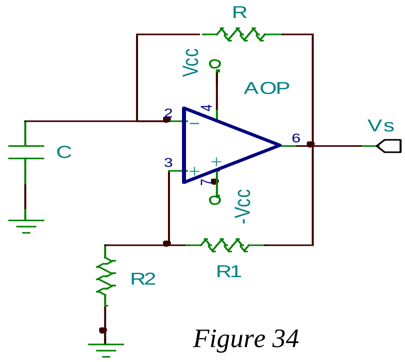
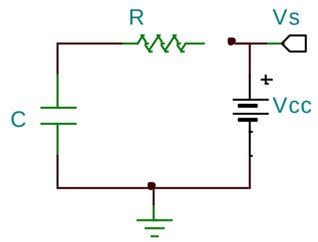


Figure 34

L'amplificateur opérationnel étant monté en comparateur à hystérésis, avec les résistances R1 et R2. On a donc deux seuils de basculement : Vh1 et Vh2. Il est alimenté entre *VCC* et -*VCC*. On considère que le condensateur est déchargé à t=0.

$$Vh1 = \frac{-Vcc.R2}{R1+R2} \quad et\ Vh2 = \frac{Vcc.R2}{R1+R2}$$



<u>à t = 0 :</u>

L'équation de la tension aux bornes de C :

$Vc = A+B.\ e^{\frac{-t}{RC}}$

Pour t = 0 :

Sur le schéma la tension Vc = 0 et l'équation de Vc = A+B

Pour t = ∞ :

Sur le schéma la tension Vc = Vcc et l'équation de Vc = A

D'où : $Vc = Vcc.\ (1 - e^{\frac{-t}{RC}})$

Temps T1 mis par la tension Vc1 pour arriver à Vh2 :

$$Vh2 = Vcc.(1 - e^{\frac{-t1}{RC}})$$

$$t1 = -\ R.C.\ln\left(\frac{Vh2 - Vcc}{-Vcc}\right)$$

1.3 Astable à base de NE555 : le circuit avec son chronogramme est représenté à la figure 35

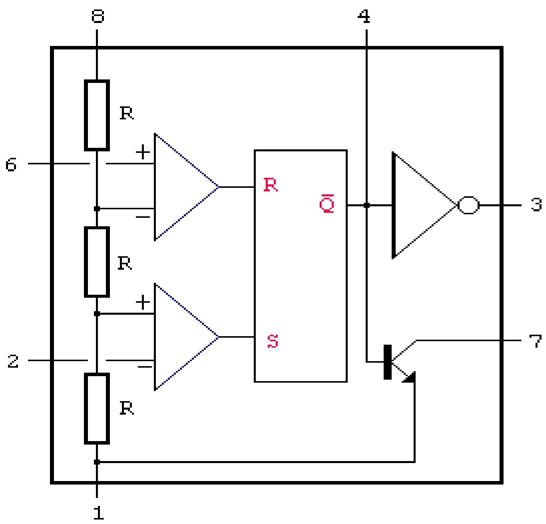


Figure 35-a

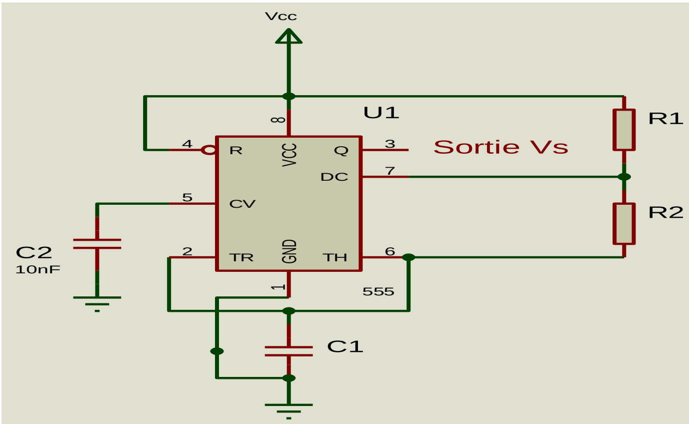
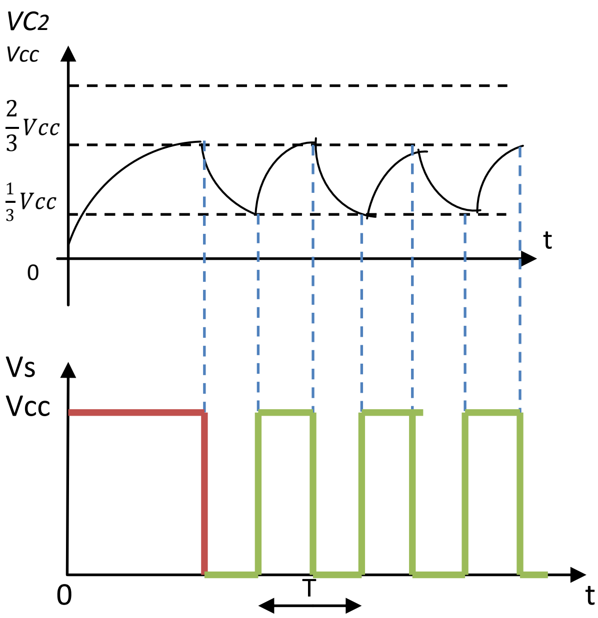


Figure 35-b

Figure 35-c



Après la zone de transition au démarrage, on observe un signal périodique de V_s et de la tension aux bornes de V_{c2} entre 0V et V_{CC}(ou entre 1/3 V_{CC} et 2/3 V_{CC} pour VC2).

Le montage ne parvient pas à trouver un état d'équilibre, il est astable.

Période T de Vs :

La période d'oscillation T est égale à la somme de la durée de charge du condensateur.
Tc (Vc variant de 1/3 V_{CC} à 2/3 V_{CC}) et de la durée de décharge Td (Vc variant de 2/3 V_{CC} à 1/3 de V_{CC}).

Pour la charge : $\tau c = (R1+R2) . C. Ln2$ → *Vs* est alors au niveau haut
Pour la décharge : $\tau d = R2 . C . Ln2$ → *Vs* est alors au niveau bas

On en déduit: $\tau = Ln2\ (R1+ 2R2).C$ *avec ln2 = 0,69*

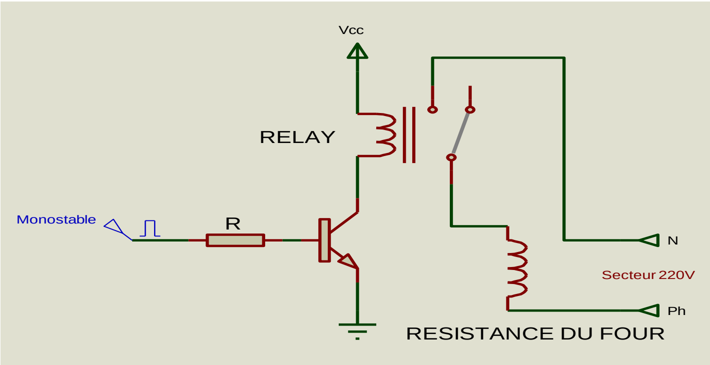
$$\tau = 0{,}69\ (R1+ 2R2).C$$

2 *Monostables :*

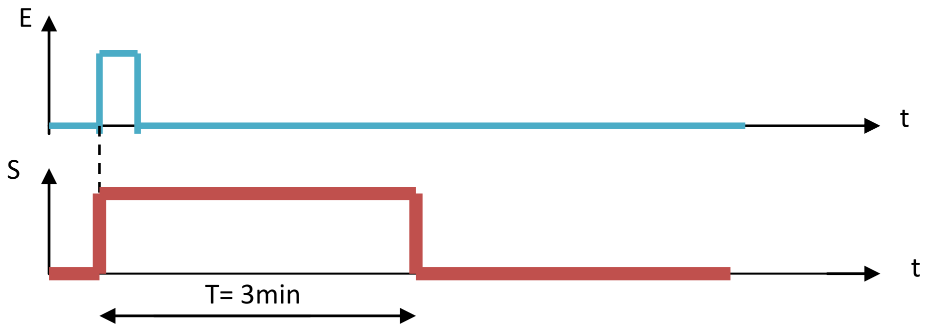
Une bascule monostable est un circuit logique qui a un état stable : il reste en cet état stable et ne le quitte que lorsqu'il reçoit une impulsion appliquée sur son entrée de commande appelée *trigger*. Il passe alors pour une durée prédéfinie dans un état quasi stable, caractérisé par une impulsion unique à la sortie, de durée et amplitude réglables. Après cette impulsion, la sortie retourne à l'état stable.

Une bascule monostable peut être redéclenchable ou non redéclenchable : elle est dite redéclenchable si la temporisation peut être réinitialisée avant d'être finie ; elle est dite non redéclenchable en cas contraire (une impulsion en entrée restera sans effet tant que la temporisation ne sera pas arrivée à son terme).

Exemple :



la minuterie d'un four à micro-ondes : on veut chauffer la résistance du four pendant T = 3min, dès que l'on appuie sur le bouton poussoir, la résistance du four est alimentée ;
(c'est l'état instable), et au bout de 3min , la résistance n'est plus alimentée (c'est l'état stable).



2.1.a : A portes Logiques : déclenchable sur front montant

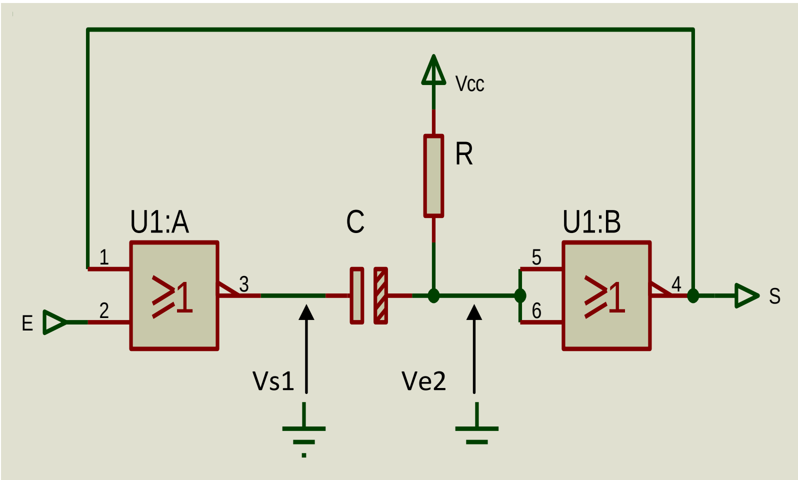


Figure 36- Monostable à portes logiques

1) Fonctionnement:

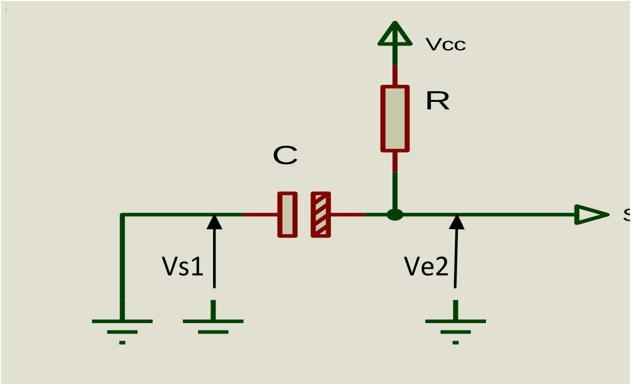
⇒ t = 0 :

Nous avons $E = 0$, et on considère le montage sous tension depuis longtemps, donc il n'y circule plus de courant; on a donc $VR=0$, donc $VE2=VCC$, donc $VS=0$, comme $VE=0$, $VS1=1$, donc le condensateur est déchargé. C'est l'état stable.

⇒ t = t1 :

Nous avons *VE* qui passe à 1 (front montant), donc $VS1=0$; le condensateur n'ayant pas encore eu le temps de se charger, $VE2=0$, donc $VS=1$, donc VE peut repasser à 0, Le condensateur va alors se charger à travers la résistance *R*. C'est l'état instable.

2) Circuit équivalent :



On a : La tension aux bornes du condensateur $V_C = A + B.e^{\frac{-t}{RC}}$

Pour t = 0 :

Sur le schéma la tension Vc = 0 et l'équation de $Vc = A+B$

Pour t = ∞ :

Sur le schéma la tension $Vc = Vcc$ et l'équation de $Vc = A$

D'où : $V_C = Vcc - (Vcc).e^{\frac{-t}{RC}}$

⇒ **Calcul du temps t1 mis par la tension Vc pour arriver à Vcc/2 :**

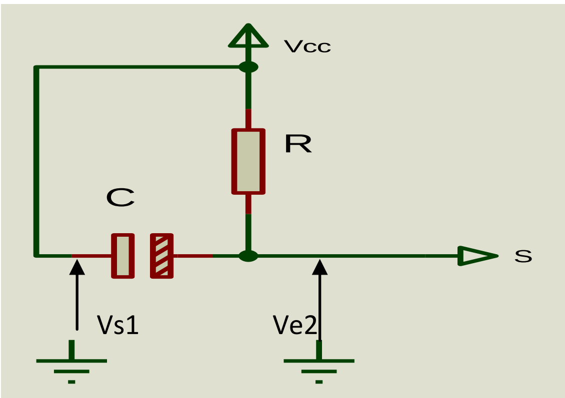
$$VC/2 = Vcc - (Vcc).e^{\frac{-t}{RC}}$$

Donc la durée de l'état instable T est égale à t1

$$t1 = - R.C.\ln(1/2) = R.C.\ln(2)$$

⇒ ***t = t2 :***

Le potentiel *VE2* vaut *VCC/2*, donc la porte *U1B* considère un niveau logique 1, alors *Vs=0*, donc la porte *U1A* repasse au niveau *1*. Le condensateur n'ayant pas encore eu le temps de se décharger, le potentiel VE2 passe à *3VCC/2* ! On peut alors calculer le temps de décharge de *C*.



$$Vc = A + B.e^{\frac{-t}{RC}}$$

Pour t = 0 :
Sur le schéma la tension Vc = Vcc/2 et l'équation de *Vc = A+B*
Pour t = ∞ :
Sur le schéma la tension *Vc = 0* et l'équation de *Vc = A*

D'où : $$Vc = \frac{Vcc}{2}.e^{\frac{-t}{RC}}$$

⇒ **<u>Calcul du temps t2 mis par la tension Vc pour arriver à 0 :</u>**

On aura déchargé complètement le condensateur au bout de 5τ.

$$t2 = R.C.5$$

Au bout du temps t2, on peut relancer le monostable.

1) <u>Chronogrammes :</u>

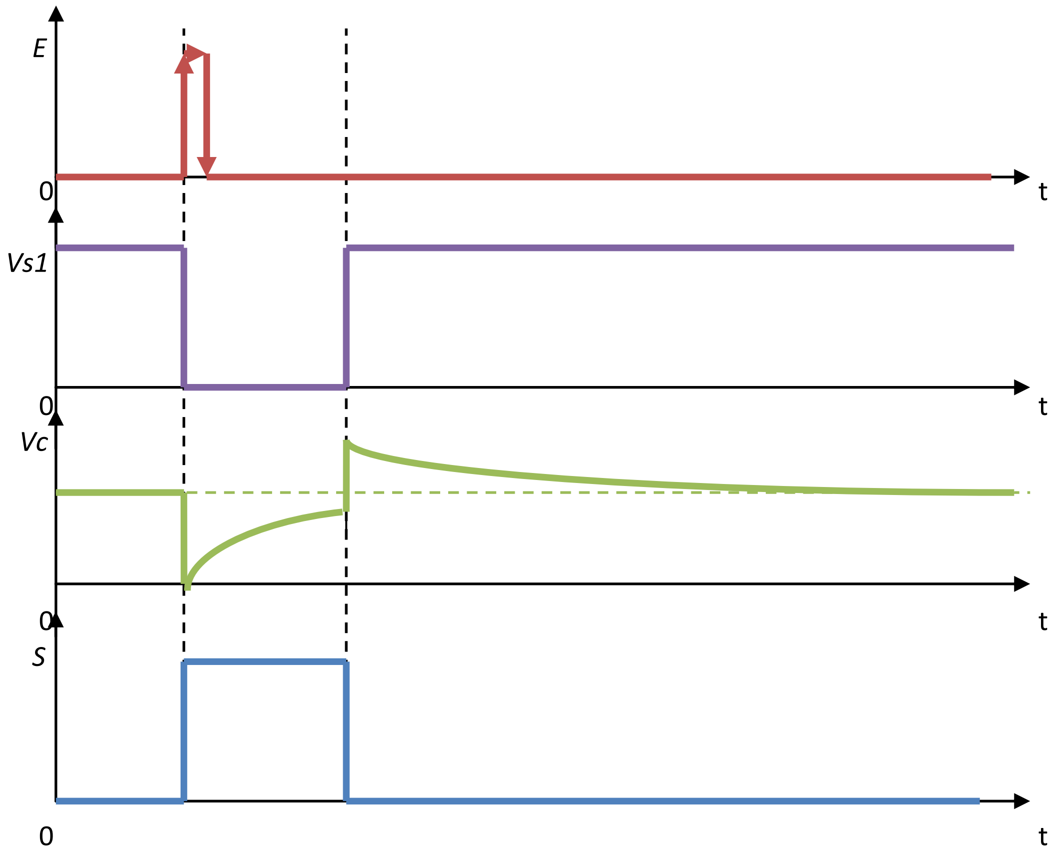
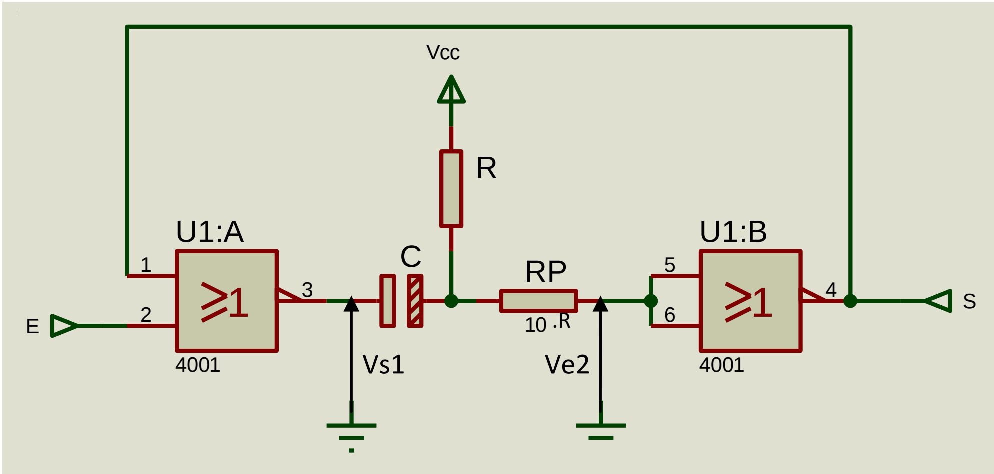


Figure 37- Chronogrammes Monostable

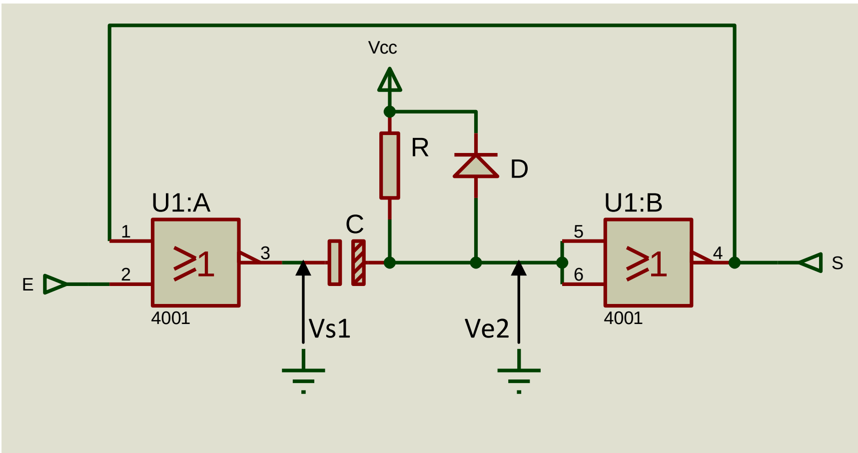
Le problème qui se pose c'est que la tension *VE2* arrive à *3VCC/2*, car elle dépasse *VCC+0.7V* (la tension max admissible par une porte logique).

Pour palier à ce problème et protéger l'entrée, on ajoute une résistance (on prendra RP = 10.R) à l'entrée de la porte logique.

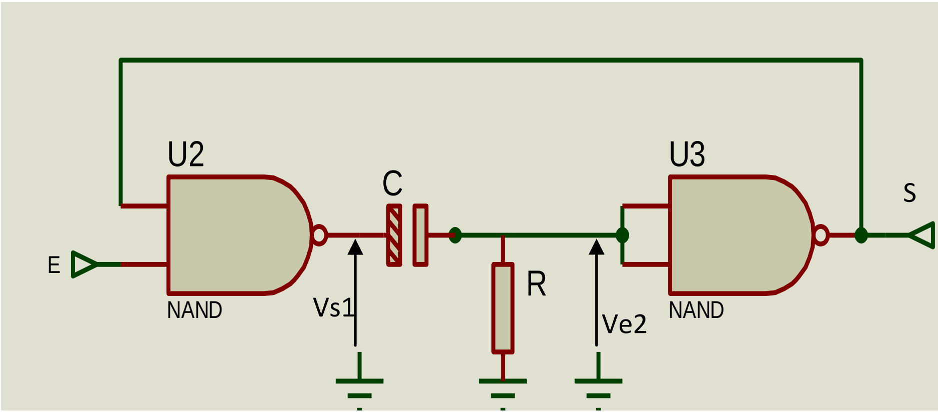


Remarque : ***On ne pourra redéclencher le monostable que quand C sera déchargé.***

Une autre solution pour protéger l'entrée de la porte est d'ajouter une diode, son rôle est de décharger le condensateur.



2.1.b A portes Logiques : Déclenchable sur front descendant



⇒ ***t = 0 :***

Le potentiel VE est nul et on considère le montage que le montage est alimenté depuis longtemps.

S'il na pas de courant qui circule; on a donc *VR=0*, donc *VE2=0*, donc *VS=1*, comme *VE=1*, *VS1=0*, donc le condensateur est déchargé. C'est l'état stable.

2.2 Montage à AOP :

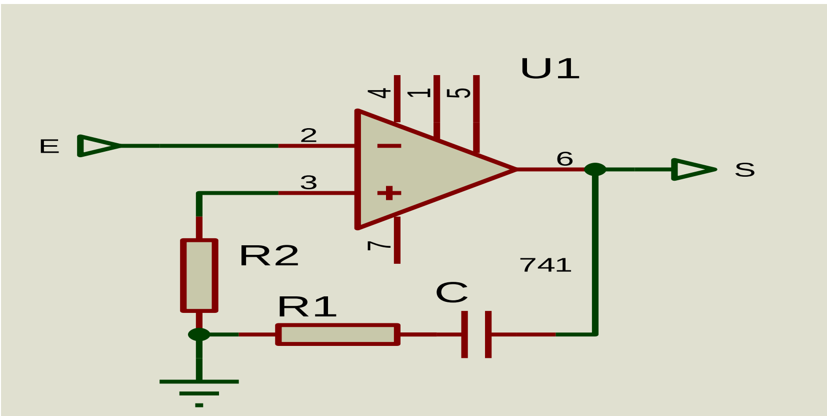


Figure 38- Monostable à AOP

2.3 NE555 En mode monostable :

Parmi les fonctions principales du circuit, Le 555 peut aussi bien fonctionner en ***mode monostable***, (comme un temporisateur). Une brève impulsion ***négative*** sur l'entrée 2 (*trigger*) va déclencher, en sortie, un état haut dont la période dépend de *R et de C*.

Autrement dit, la broche 2 doit être mise à la masse, par l'intermédiaire d'un bouton-poussoir ou d'un signal externe adéquat, pour déclencher la temporisation.

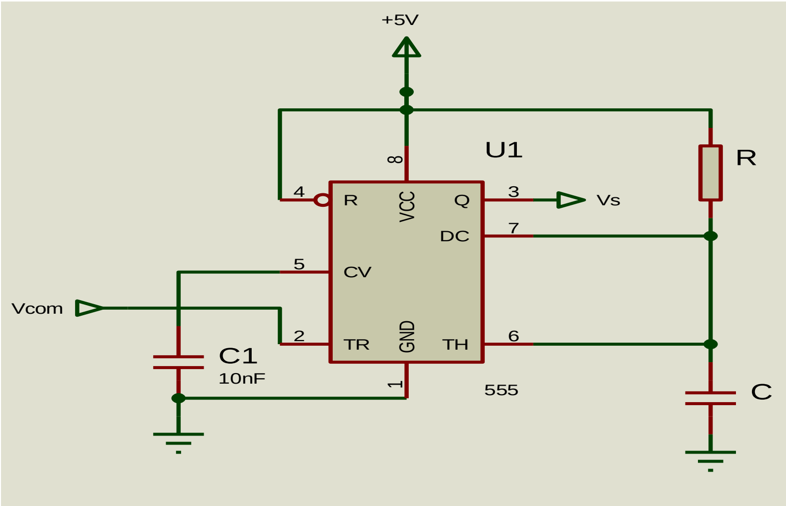


Figure 39- Montage à NE555

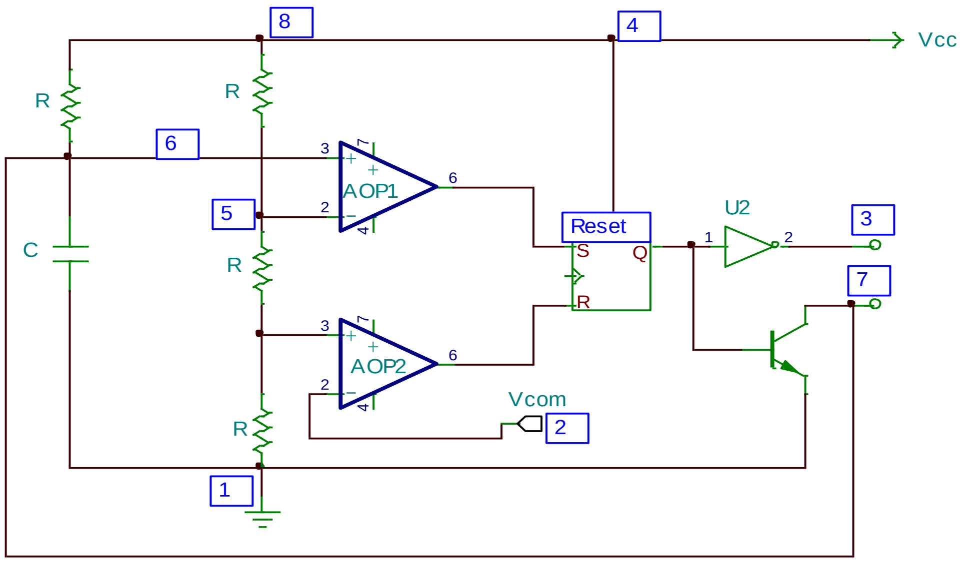


Figure 40- Schéma interne du NE555

Etat stable :

À t = 0, C est déchargée : Uc *(0) = 0 et Vcom = VCC*

$$\left.\begin{array}{l} V^{-}\ (AOP2)=\ VCC > V^{+}\ (AOP2)=\frac{1}{3}VCC \Rightarrow R = 0 \\ V^{+}(AOP1)=\ \frac{2}{3}VCC > V^{+}(AOP1)=\ 0 \Rightarrow S = 0 \end{array}\right\} \Rightarrow \text{Mémorisation}$$

S'agit-il de mémoriser Q = 0 où Q = 1 ?
Si Q = 0 $\Rightarrow$ transistor bloqué et condensateur en charge, donc évolution de la tension, ce qui n'implique pas la stabilité.
Alors Q = 1 $\Rightarrow$ le transistor est saturé et condensateur est en court-circuit, donc la tension à ses bornes demeure à 0.

Cet état reste tant qu'on n'a pas donné l'impulsion sur la broche 2 du 555.
Il faut que l'impulsion descende en dessous de 1/3*Vcc* pour pouvoir faire la comparaison suivante :

$$\left.\begin{array}{l} V^-\,(AOP2)=\frac{1}{3}\,VCC < V^+\,(AOP2)=\frac{1}{3}\,VCC \Rightarrow R=1 \\ V^+(AOP1)=\frac{2}{3}VCC > V^+(AOP1)=0 \Rightarrow S=0 \end{array}\right\} \Rightarrow \begin{array}{l} Q=0 \Rightarrow T\ bloqué \\ Vs=VCC \end{array}$$

Après la disparation de l'impulsion :

$$\left.\begin{array}{l} V^-\,(AOP2)=VCC > V^+\,(AOP2)=\frac{1}{3}\,VCC \Rightarrow R=0 \\ V^+(AOP1)=\frac{2}{3}\,VCC > V^+(AOP1)=0 \Rightarrow S=0 \end{array}\right\} \Rightarrow \begin{array}{l} Q=0\ Mémorisation \Rightarrow T\ bloqué \\ Alors\ Vs=VCC \end{array}$$

Le transistor bloqué, favorise la charge du condensateur C, via R pour atteindre +Vcc.
A t = t_1 ; il atteint 2/3 *Vcc* , d'où la comparaison :

$$\left.\begin{array}{l} V^-\,(AOP2)=VCC > V^+\,(AOP2)=\frac{1}{3}\,VCC \Rightarrow R=0 \\ V^+(AOP1)=\frac{2}{3}\,VCC > V^+(AOP1)=0 \Rightarrow S=1 \end{array}\right\} \Rightarrow \begin{array}{l} Q=0 \Rightarrow T\ Saturé \\ Vs=0 \end{array}$$

La tension en sortie est revenue à l'état initial, alors que celle aux bornes du condensateur ne l'est plus. Il faudra, attendre 5τ (où τ = RC) pour que toutes les grandeurs reviennent à l'état stable.

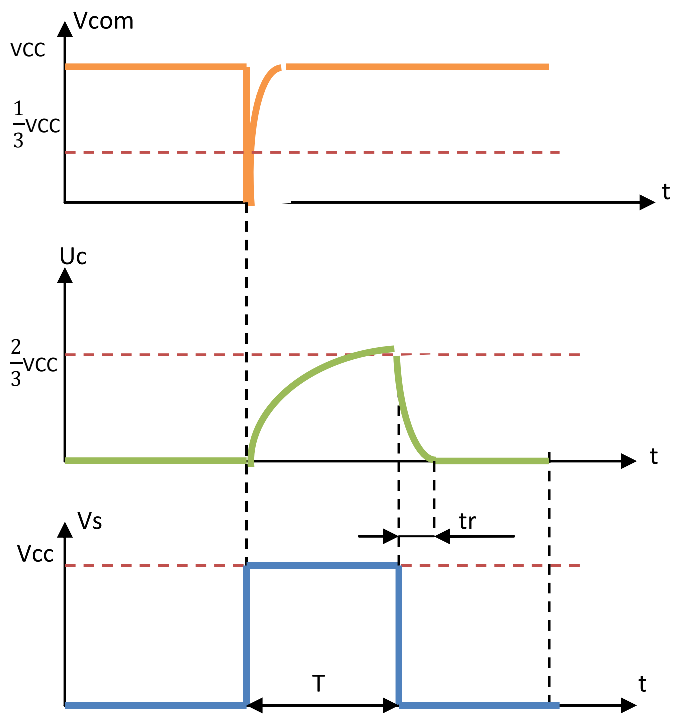


Figure 42- Chronogramme du monostable

3 *Comparateur à hystérésis (Trigger de Schmitt)*

Les montages non linéaires basés sur l'utilisation d'un AOP utilisent généralement une rétroaction sur l'entrée non-inverseuse. De ce fait, une différence des tensions d'entrée se traduit, comme dans le cas du comparateur simple, par une saturation positive ou négative de la tension de sortie. Les montages présentés sur les figures *43a et 43b* sont deux versions du comparateur à hystérésis.

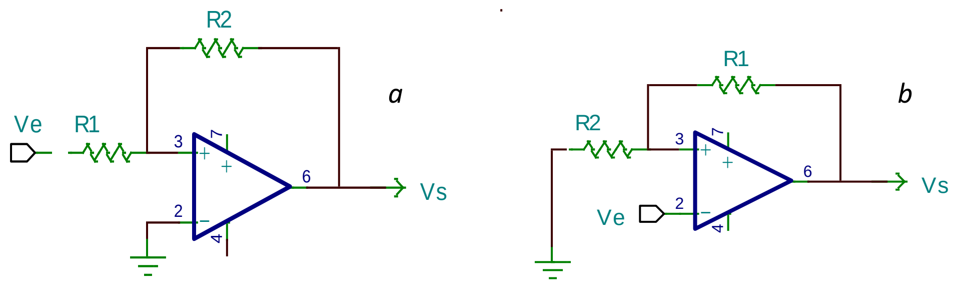


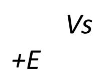
Figure 43 : Deux circuits comparateurs à hystérésis

Fonctionnement (figure 43a) :

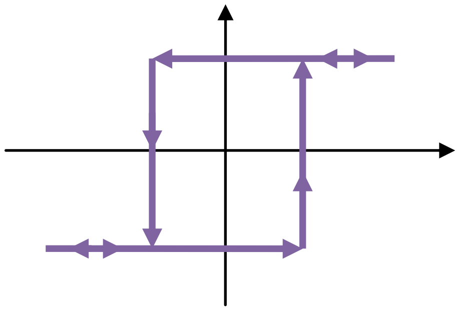
Etat initial : une tension d'entrée nulle et une tension de sortie nulle. Cet état est possible théoriquement mais il s'agit d'un état instable, qui ne sera pas réél dans la pratique car il existe toujours un bruit électronique qui va faire varier légèrement la tension d'entrée. Supposons que la tension de l'entrée non-inverseurse *(V_+)* d'entrée varie d'un incrément positif à cause du bruit. Il existe à présent une différence de potentiel entre les deux entrées de l'AOP. Cette dernière est amplifiée par l'AOP, V_s devient donc positive. Du fait de la rétroaction, la valeur de V_+ est alors augmentée, et ce jusqu'à ce que V_s atteigne la saturation positive *(V_s=+E)*. Le potentiel V_+ est alors égal à $\frac{E.R1}{(R1+R2)}$, valeur positive. Le circuit est alors dans un état stable.

$$V^+ = Ve\,\frac{R2}{(R1+R2)} + E\,\frac{R1}{(R1+R2)} \qquad (1)$$

Si la tension d'entrée augmente, la tension de sortie reste a +E car la différence de potentiel entre les deux entrées de l'AOP reste positive. Si la tension d'entrée est portée à un potentiel négatif, la sortie reste a + E tant que V^+est positive. D'après la relation (1), cette condition est atteinte lorsque ***Ve*** = $-E\,\frac{R1}{R2}$= *Vsl*. Si la tension d'entrée devient inférieure à la tension de seuil bas *Vsl*, la sortie prend la valeur –E. Un raisonnement analogue permet de voir l'existence d'une tension de seuil haut *Vsh*. Cette tension correspond à la valeur du signal d'entrée nécessaire pour faire basculer la sortie à l'état haut si celle-ci était à l'état bas. Le



comportement du montage 43a est récapitulé sur la figure 44 où l'on voit l'évolution de la tension de sortie en fonction de la tension d'entrée du comparateur à hystérésis.



Ce type de circuit peut être utilisé comme mémoire élémentaire puisqu'une impulsion positive ou négative d'amplitude supérieure à la tension de seuil suffit à faire basculer le circuit dans un état. Le circuit garde par la suite cet état jusqu'à l'arrivée d'une autre impulsion. Ce comportement par déclenchement fait qu'on dénomme également ce circuit 'trigger de Schmitt.