

A23- Etude d'un circuit monostable

But : on veut réaliser un dispositif logique générant une impulsion de sortie déclenchée par le front montant d'une impulsion d'entrée. On veut en outre que la durée de l'impulsion de sortie soit constante quelle que soit la durée de l'impulsion d'entrée.

1ère partie : Fonction retard

1. Réaliser le circuit I ci-contre. Utiliser la sortie TTL/CMOS du GBF, position CMOS (bouton tiré). Régler le rapport cyclique du signal de sortie $v_a(t)$ à $\alpha = 0,25$ et sa fréquence à $f = 250\text{Hz}$. Régler son amplitude à 5V.

1.1. Imprimer (oscilloscope FLUKE) les signaux $\{v_a, v_b\}$ et $\{v_a, v_c\}$. Echelle : X : 1 ms/div ; Y : 2 V/div.

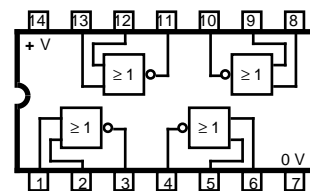
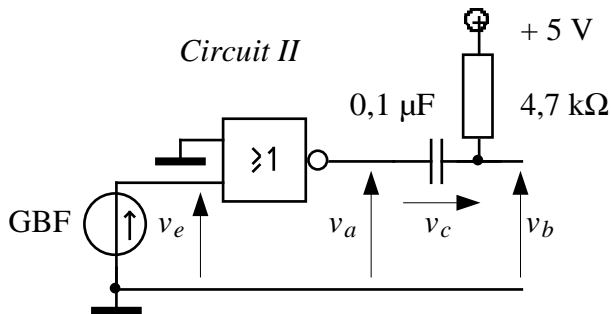
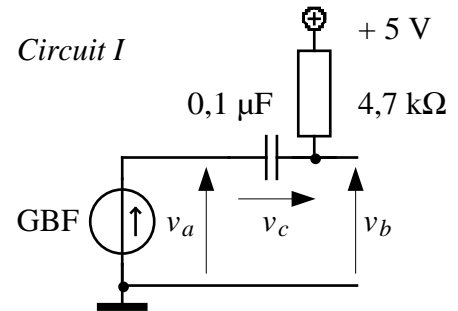
1.2. On rappelle que l'équation d'un arc d'exponentielle est :

$$u(t) = (U_i - U_\infty) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + U_\infty$$

où : U_i = condition initiale ; U_∞ = valeur asymptotique ; τ = constante de temps. En déduire les équations numériques des courbes observées. NB : on adoptera une origine des temps séparée pour chaque phase de fonctionnement.

1.3. Préciser dans quelle phase de fonctionnement le condensateur se charge et dans quelle phase il se décharge.

1.4. On complète le circuit I comme indiqué ci-dessous (circuit II). Le circuit intégré CMOS utilisé (4001) est une quadruple porte NON-OU (NOR) à 2 entrées. Vérifier que sa tension d'alimentation est bien égale à 5V.

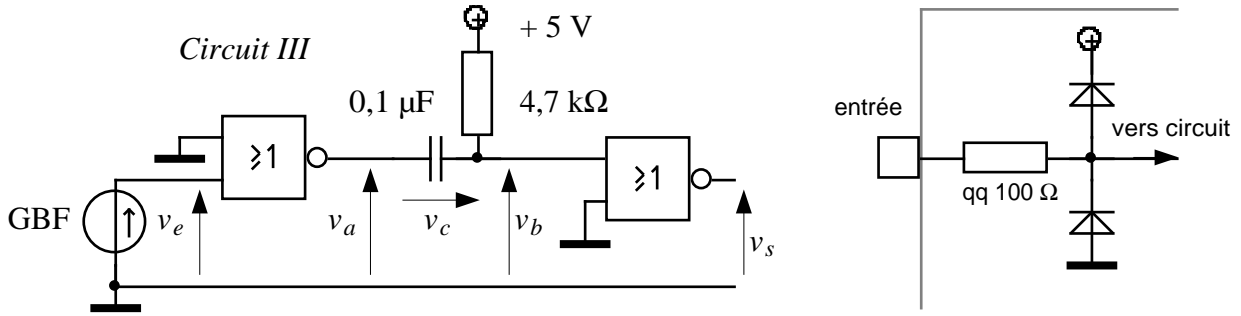


1.4.1. Rappeler la table de vérité d'une fonction NON-OU.

1.4.2. Vérifier que les signaux obtenus sont à peu près les mêmes que précédemment.

2. On complète le circuit II par une deuxième porte NON-OU (CIRCUIT III). Sur chaque entrée du circuit est intégré, par construction, un réseau de protection à diodes (voir schéma).

Les caractéristiques du signal d'entrée $v_e(t)$ sont maintenues ($f = 250\text{ Hz}$; $\alpha = 0,25$).



2.1. Relever (imprimer) les tensions $\{v_e, v_a\}$, $\{v_e, v_b\}$ et $\{v_e, v_s\}$. Echelle : X : 500μs/div ; Y : 2 V/div.

2.2. Relever la valeur (approximative) de la tension de basculement de la deuxième porte OU. Expliquer les phénomènes observés.

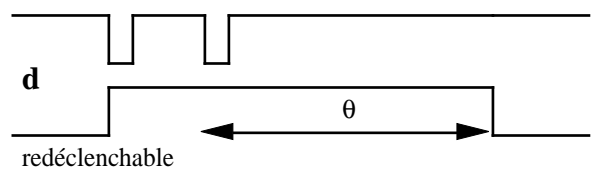
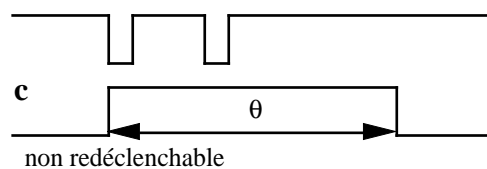
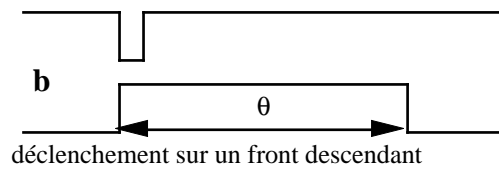
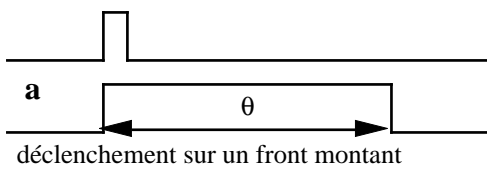
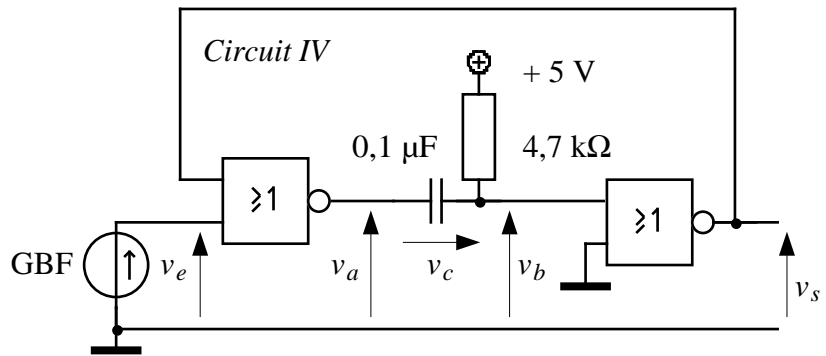
2.3. Démontrer que la durée de l'impulsion de sortie est de l'ordre de : $\theta \approx \tau \ln 2$. Comparer à la valeur expérimentale.

2.4. Soit $f = 2500$ Hz, même rapport cyclique $\alpha = 0,25$. Relever les tensions $\{v_e, v_a\}$ et $\{v_e, v_s\}$. Que constate-t-on ? Quel est l'inconvénient de ce montage ?

2ème partie : fonction monostable (circuit IV)

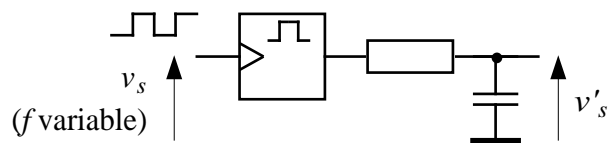
3.1. Pour $f = 250$ Hz puis $f = 2500$ Hz, imprimer les chronogrammes des tensions v_e et v_s en boucle fermée (circuit IV). Conclusion ? Echelle : X : 100μs/cm ; Y : 2 V/cm.

3.2. Il existe plusieurs types de dispositifs monostables. Quel est le type du monostable étudié ?



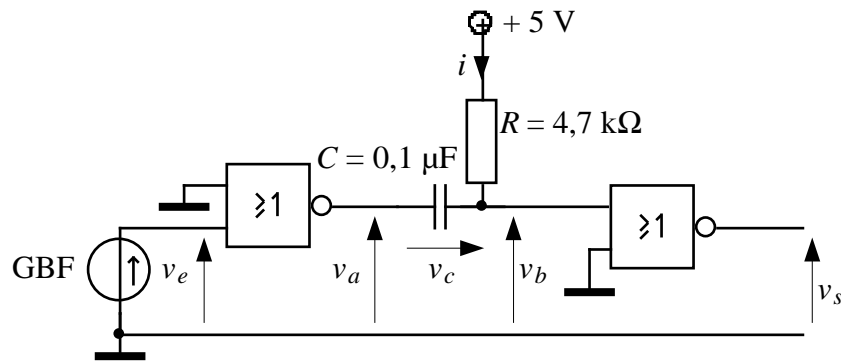
4. Application : réaliser un convertisseur fréquence/tension (schéma ci-contre).

Expliquer le fonctionnement du montage.



Commentaires

1- Circuit en boucle ouverte



• Notations :

* On pose : $\tau = RC = 0,47$ ms, constante de temps du circuit RC.

* $v_d \approx 2,5$ V, seuil de basculement d'une porte logique.

* On note les tensions par une lettre minuscule (v) et les variables logiques par une majuscule (V)

$$\begin{cases} v_e = 0 \text{ V} \Leftrightarrow V_e = 0 \\ v_e = 5 \text{ V} \Leftrightarrow V_e = 1 \end{cases} \quad \text{et} \quad \begin{cases} v_a = 0 \text{ V} \Leftrightarrow V_a = 0 \\ v_a = 5 \text{ V} \Leftrightarrow V_a = 1 \end{cases}$$

• Relations caractéristiques du circuit :

1) $V_a = \overline{V_e}$ fonction NON

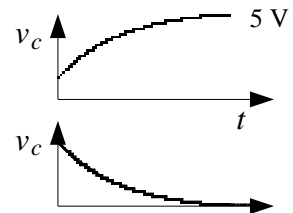
2)

$$\left. \begin{aligned} 5 = v_a + Ri + v_c \\ i = C \frac{dv_c}{dt} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{RC}{\tau} \frac{dv_c}{dt} + v_c = 5 - v_a \quad \text{équation différentielle du 1er ordre}$$

On sait que, si l'on suppose que v_a est une constante : $v_c \xrightarrow{t \rightarrow \infty} v_\infty = 5 - v_a$

L'équation différentielle a pour solution :

$$v_c = (v_c(0) - 5 + v_a)e^{-\frac{t}{\tau}} + 5 - v_a \Leftrightarrow \begin{cases} v_c = (v_c(0) - 5) e^{-\frac{t}{\tau}} + 5 & \text{si } v_a = 0 \text{ V} \\ v_c = v_c(0) e^{-\frac{t}{\tau}} & \text{si } v_a = 5 \text{ V} \end{cases}$$



3) $v_b = v_a + v_c$ loi des mailles

4) $V_s = \overline{V_b}$ fonction NON, sachant que : $\begin{cases} v_b < v_d \Leftrightarrow V_s = 0 \\ v_b > v_d \Leftrightarrow V_s = 1 \end{cases}$

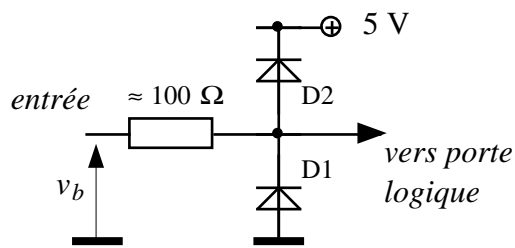
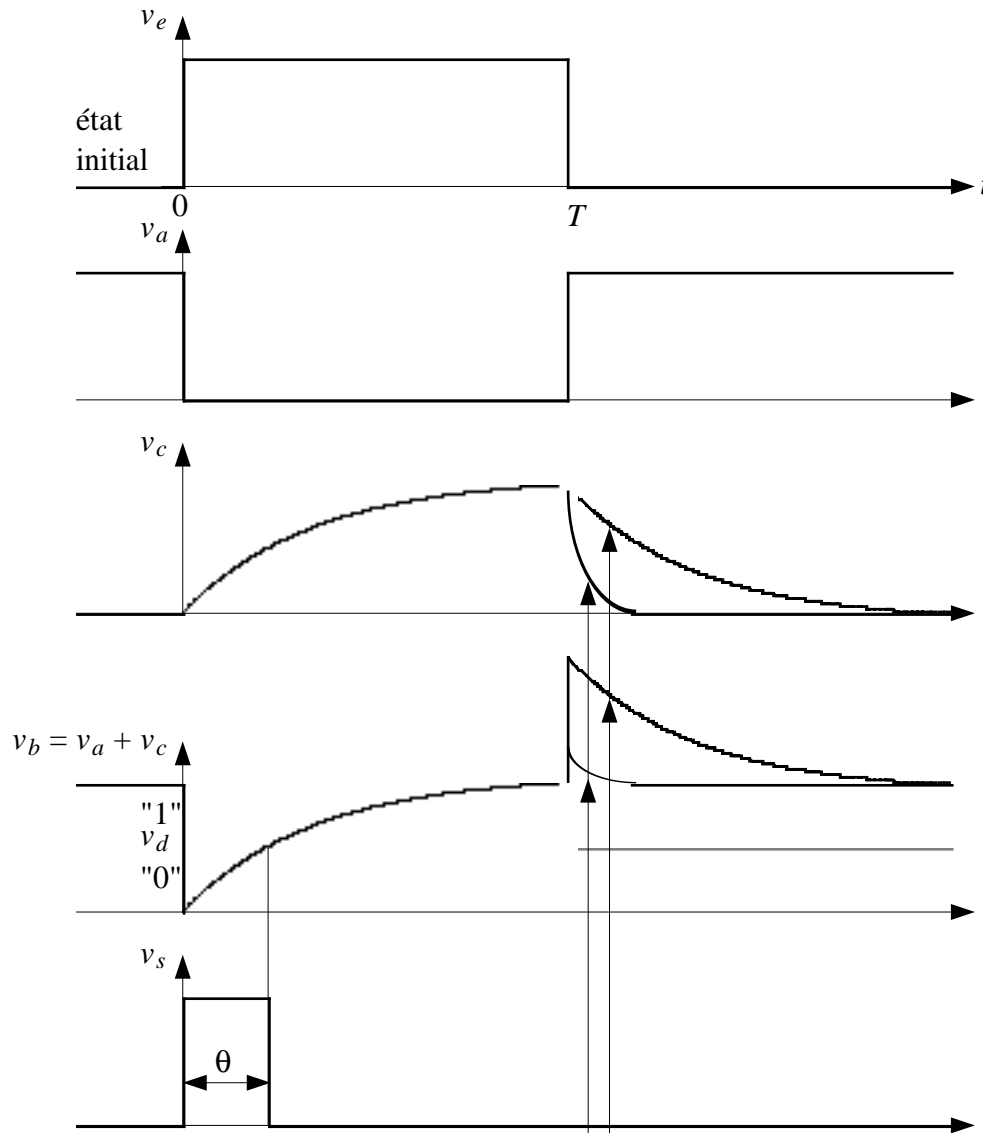
• Etat initial :

On suppose que le circuit est au repos depuis longtemps. Il n'y a donc pas de circulation de courant ($i = 0$) et le condensateur est déchargé ($v_c = 0$). Des relations qui précèdent on déduit :

$$5 = v_a + Ri + v_c = v_a + 0 + 0 \Rightarrow v_a = 5 \text{ V} \Rightarrow v_e = 0 \text{ V}$$

$$v_b = v_a + v_c = v_a + 0 \Rightarrow v_b = 5 \text{ V} \Rightarrow v_s = 0 \text{ V}$$

• Cas d'une impulsion longue



Dans la pratique v_b n'atteint pas le pic de tension indiqué ci-dessus. L'existence de circuits de protection interne à diodes sur chaque entrée du circuit intégré (sch. ci-contre) limite v_b . La diode D2 conduit et décharge le condensateur dès que :
 $v_b > 5 + V_{D2} \approx 6 \text{ V}$

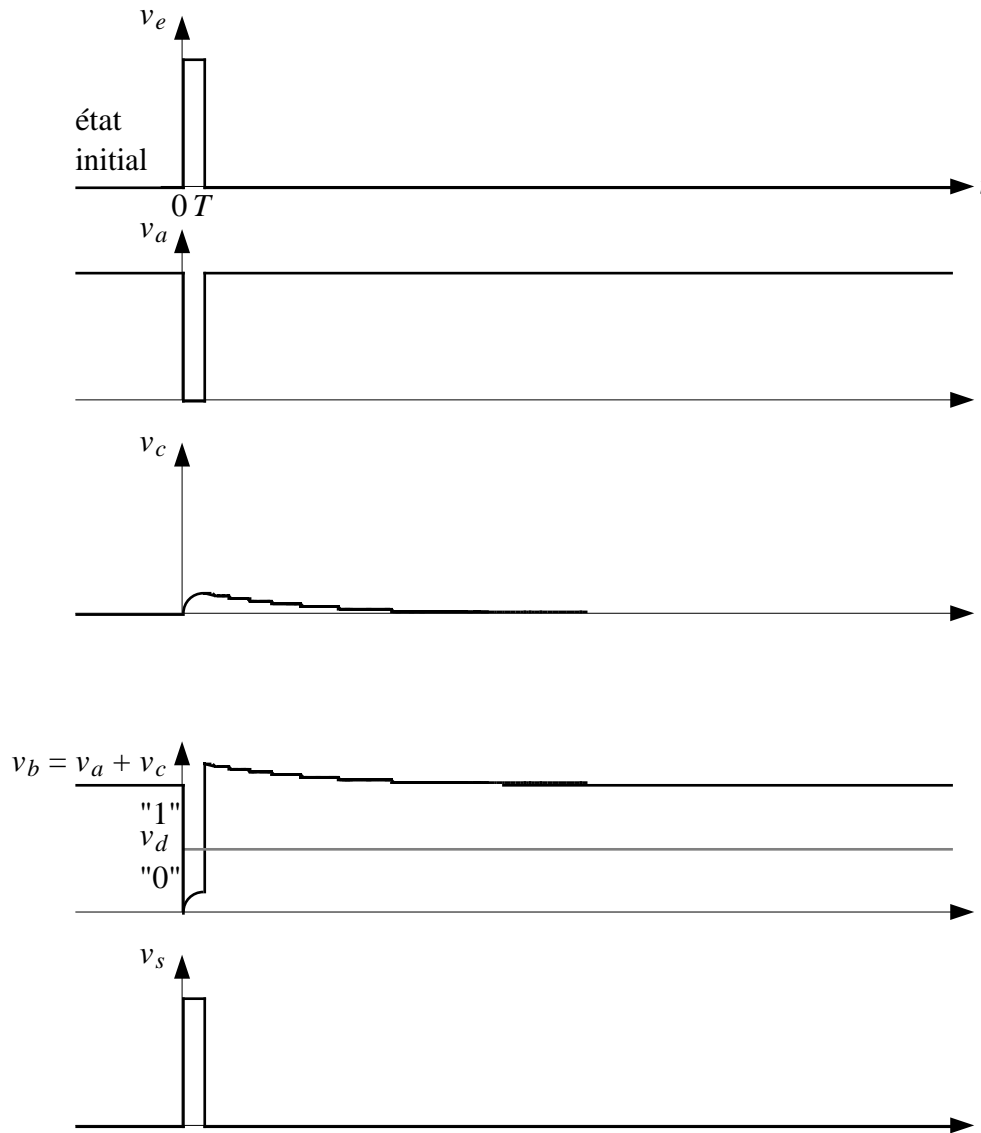
Calcul de la durée θ de l'impulsion de sortie, sachant que : $v_c = (v_c(0) - 5)e^{-\frac{t}{\tau}} + 5$ avec $v_c(0) = 0$:

$$v_c = -5e^{-\frac{\theta}{\tau}} + 5 = v_d = 2,5 \Rightarrow \theta = \tau \ln 2 \approx 0,32 \text{ ms}$$

Remarques : - cette valeur est obtenue pour un seuil de basculement $v_d \approx 2,5 \text{ V}$, valeur qui peut varier selon le circuit utilisé.

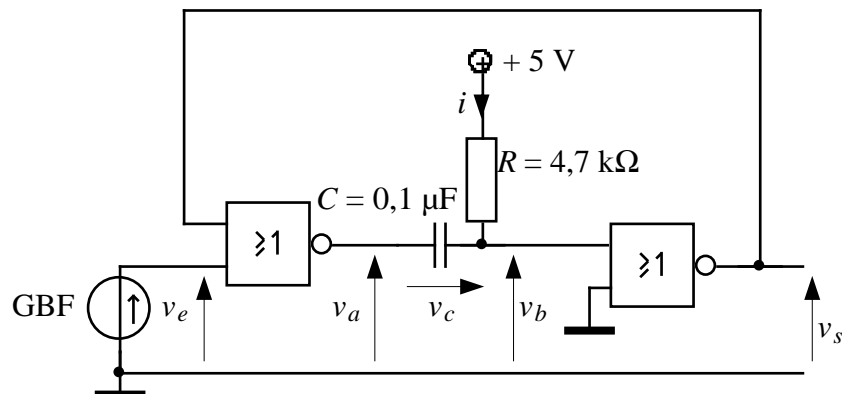
- le front descendant de v_e n'a pas d'effet sur la sortie v_s .

• Cas d'une impulsion courte



On remarque que la durée θ de l'impulsion de sortie n'est pas conservée, mais se limite à $\theta = T$. On n'obtient donc pas la fonction monostable désirée (impulsion de durée fixe).

2- Circuit en boucle fermée



• Relations caractéristiques du circuit :

La relation 1) devient (NON-OU) :

$$\mathbf{V}_a = \overline{\mathbf{V}_e + \mathbf{V}_s}$$



dans cette relation, le signe "+" désigne l'opérateur logique OU

• **Etat initial : sans changement**

On suppose que $i = 0$ et $v_c = 0$ depuis longtemps :

$$5 = v_a + Ri + v_c = v_a + 0 + 0 \Rightarrow v_a = 5 \text{ V} \Rightarrow v_e = 0 \text{ V ET } v_s = 0 \text{ V}$$

$$v_b = v_a + v_c = v_a + 0 \Rightarrow v_b = 5 \text{ V} \Rightarrow v_s = 0 \text{ V également.}$$

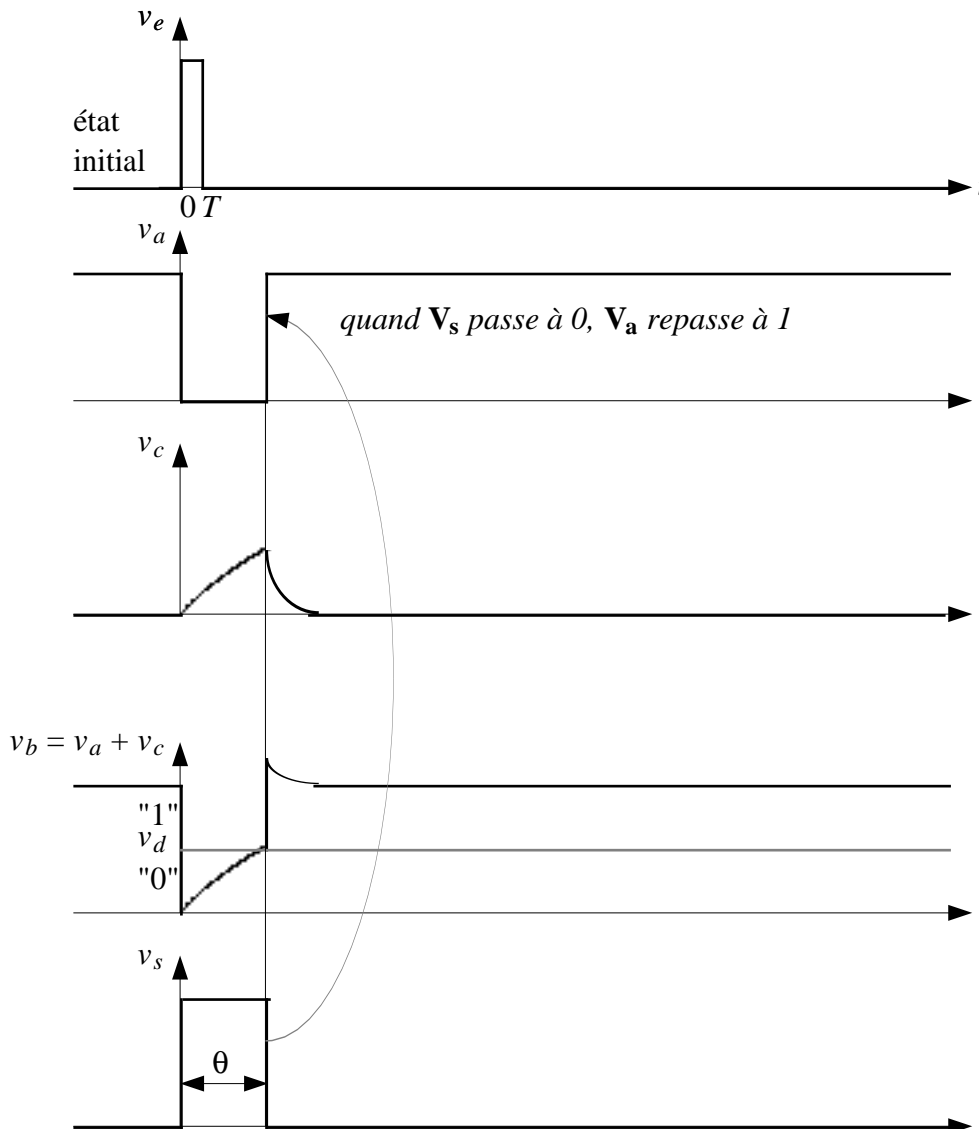
• **Cas d'une impulsion longue : sans changement**

L'état logique de \mathbf{V}_s n'influe pas sur l'état de \mathbf{V}_a tant que $\mathbf{V}_e = 1$ car $\mathbf{V}_a = \overline{\mathbf{1} + \mathbf{V}_s} = \mathbf{0}$ quelque soit \mathbf{V}_s .

D'autre part, le front descendant de v_e n'a pas d'effet sur la sortie v_s .

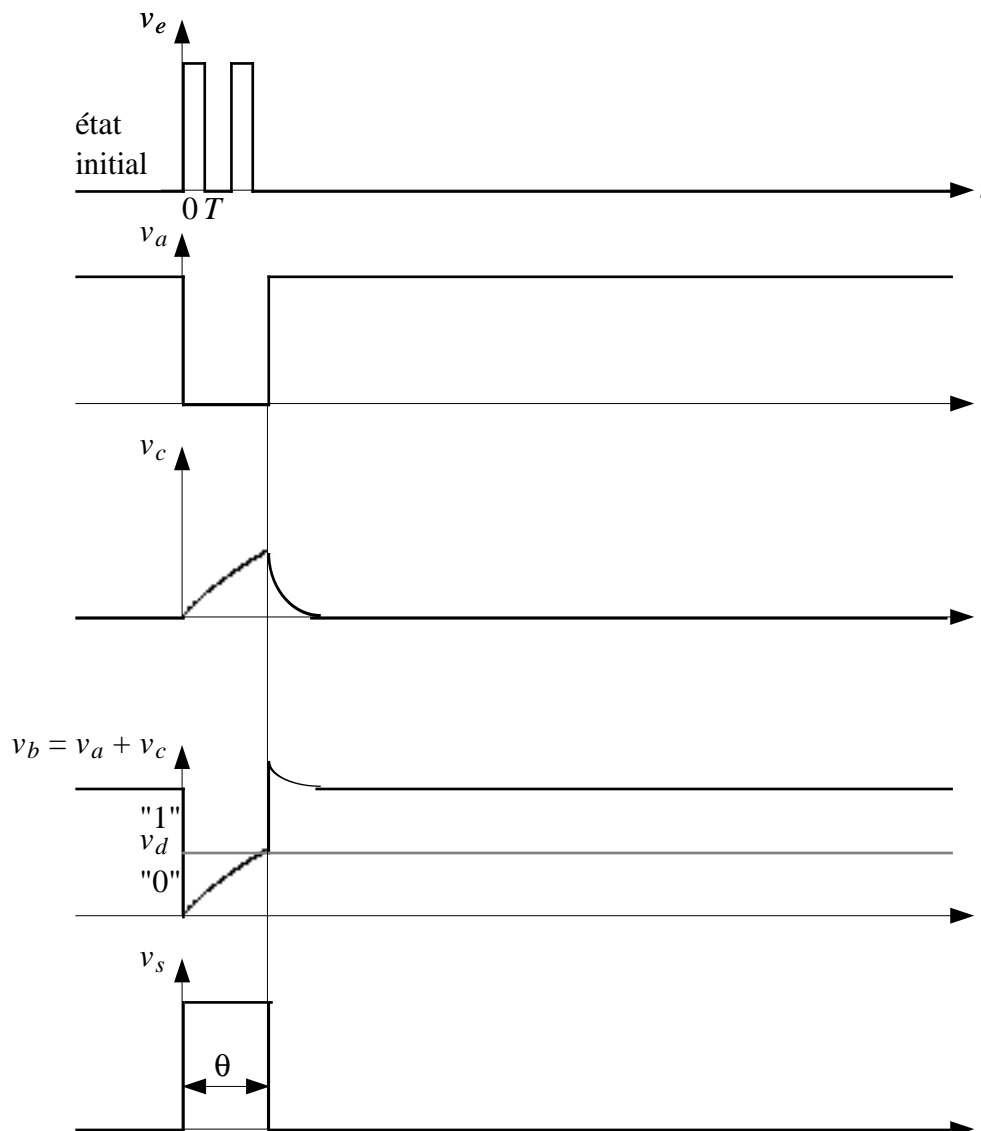
• **Cas d'une impulsion courte**

Tant que $\mathbf{V}_s = 1$ la sortie \mathbf{V}_a de la porte NON-OU reste bloquée à 0. Il faut attendre que $v_b > v_d$ pour que le système change d'état : on réalise bien la fonction monostable souhaitée.

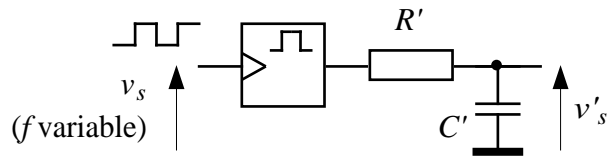


• **Monostable non redéclenchable**

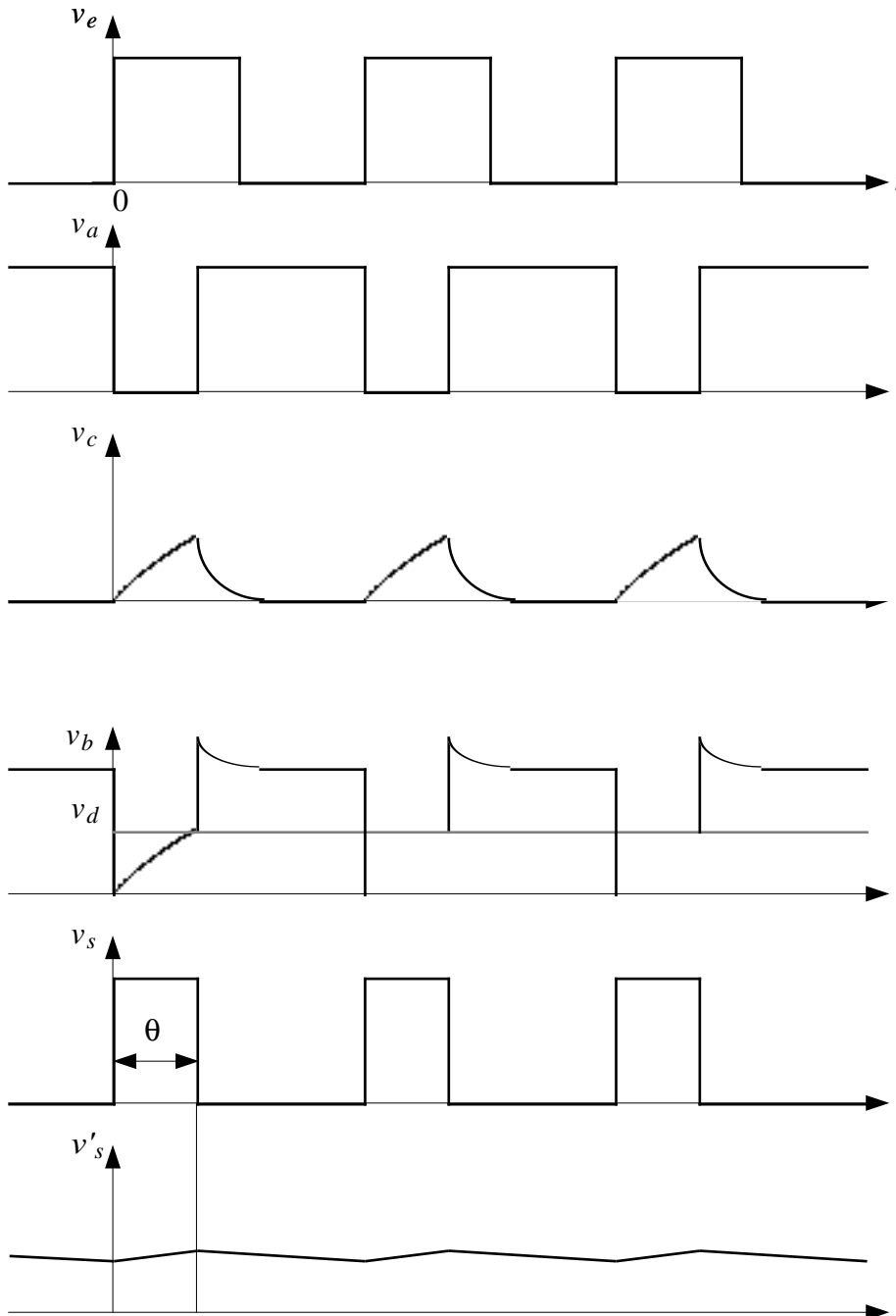
On remarque qu'une deuxième impulsion sur v_e est sans effet sur le fonctionnement du circuit pendant toute la durée θ où $v_s = 5\text{ V}$, car $V_s = 1 \Rightarrow V_a = \overline{V_e + 1} = 0$ quelque soit V_e :



• Application : convertisseur fréquence/tension



On suppose que la constante de temps du circuit intégrateur (filtrage passe-bas R'C') est grande devant la période du signal à convertir :



La valeur moyenne de v'_s est telle que : $\overline{v'_s} = 5 \frac{\theta}{T} = 5\theta F$.

θ étant constant, on obtient donc une tension de sortie proportionnelle à la fréquence du signal d'entrée.