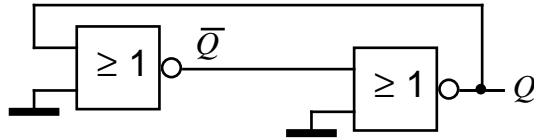


A25 - Fonction temporisation. Génération de signaux d'horloge

Remarque préliminaire : le système ci-dessous (tout théorique...) formé de deux portes NON-OU est inconditionnellement stable : il reste indéfiniment dans l'état $Q = "0"$ ou $Q = "1"$.



S	Q
R	Q̄

Système bistable. Fonction mémoire (rappel).

Le schéma ci-dessous, qui est celui d'une bascule RS, permet de modifier l'état du système. Les lignes R et S sont des lignes d'écriture. Ayant 2 états stables, ce système est *bistable*.

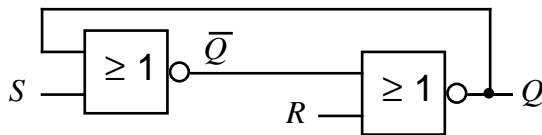


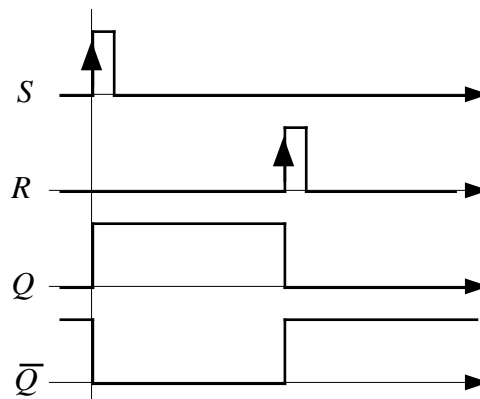
Table de vérité (rappel) :

R	S	Q(n+1)	
0	0	Q(n)	mémoire
0	1	1	RA1 (Set)
1	0	0	RAZ (Reset)
1	1	$Q = \bar{Q} = 0$	interdit !

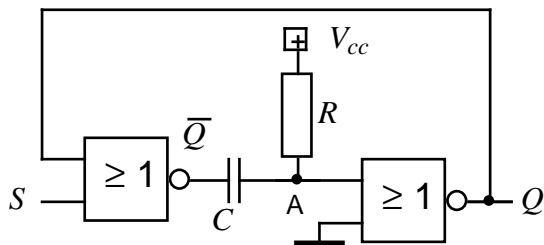


L'état "interdit" (au sens où normalement on ne peut avoir $Q = \bar{Q}$) est en principe inusité.

Chronogramme :



Système monostable. Fonction temporisation.



Quand le système est au repos (stable), aucun courant ne circule dans le circuit RC.

Soit : $Ri = 0$

$\Rightarrow V_A = +V_{cc}$ (équivalent à un "1" logique)

$\Rightarrow Q = "0"$.

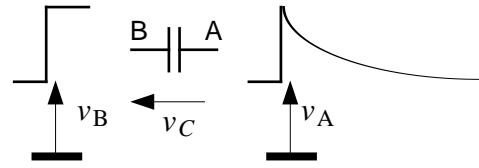
En régime permanent, l'état du système est complètement défini d'après la valeur de S :

si $S = "0"$, $\bar{Q} = "1" \Leftrightarrow V_{\bar{Q}} = +V_{cc}$

si $S = "1"$, $\bar{Q} = "0" \Leftrightarrow V_{\bar{Q}} = 0$

En régime transitoire, l'état du système dépend de la valeur du potentiel au point A (V_A), selon que celui-ci est inférieur ou supérieur au seuil de basculement des portes (V_b). Ce potentiel évolue exponentiellement au cours du temps, avec une constante de temps $\tau = RC$.

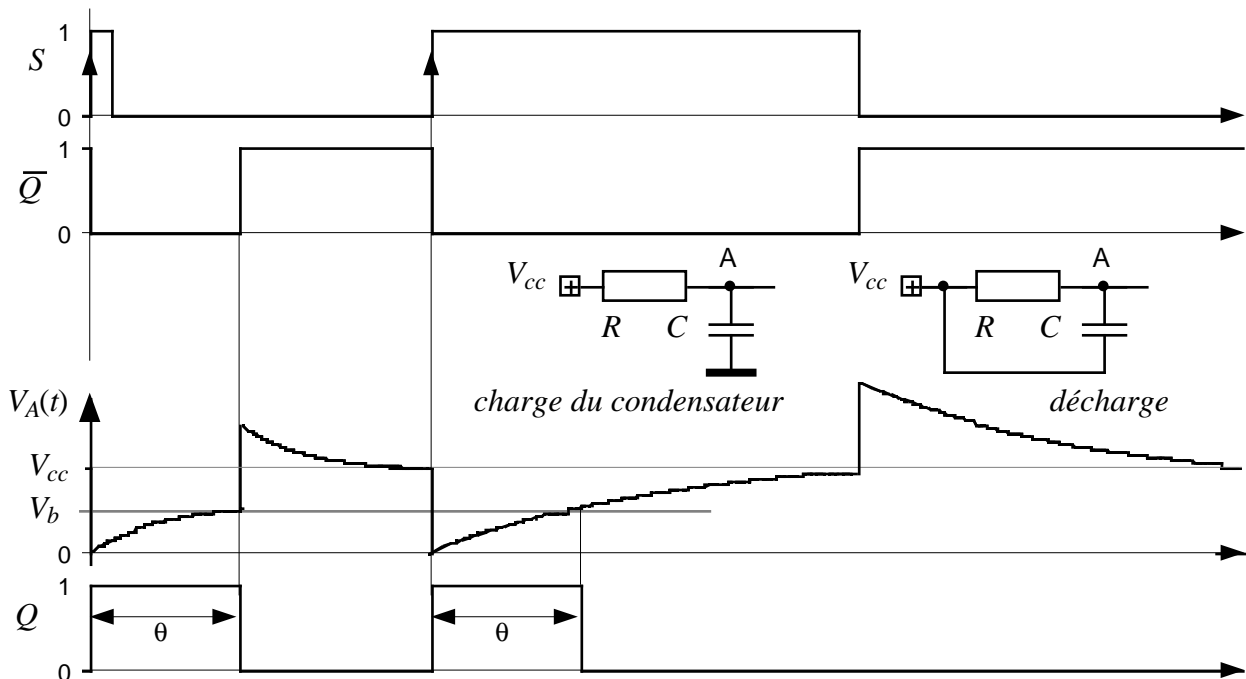
Rappel : $i = C \frac{dv_C}{dt} \Rightarrow$ un condensateur ne peut subir de discontinuité de tension à ses bornes (car une variation instantanée de v_C supposerait un courant infini).
 Conséquence : si à une des deux armatures du condensateur on applique un échelon de potentiel, celui-ci est transmis instantanément à l'autre armature.



On en déduit le chronogramme suivant, avec :

$$\left. \begin{aligned} V_A(t) &= -V_{cc} e^{-\frac{t}{RC}} + V_{cc} \\ V_A(\theta) &= V_b \approx \frac{V_{cc}}{2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \theta = RC \ln 2$$

impulsion de courte durée : impulsion de longue durée :



Généralisation : classification des différents types de monostables :

- déclenchable sur un front montant (cas du monostable précédent) ou descendant :

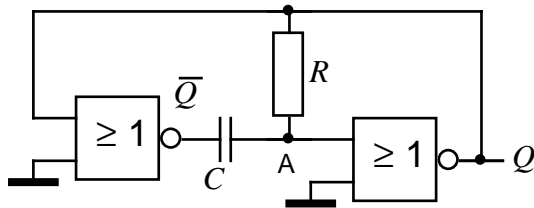


- non redéclenchable (cas du monostable précédent) ou redéclenchable :





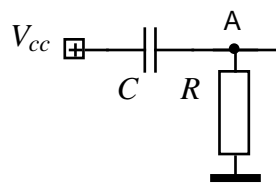
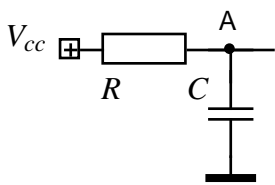
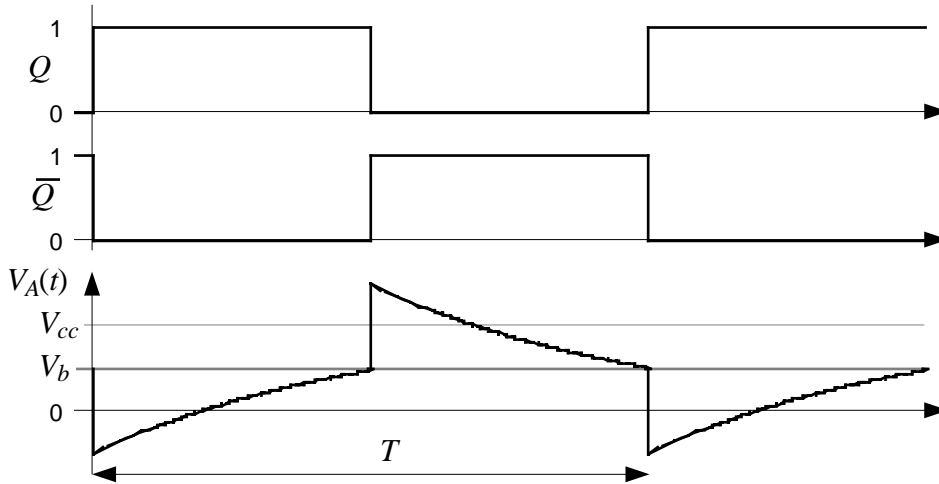
Systeme astable. Génération de signaux d'horloge.



Bien que $R = S = 0$ (mémoire), le système n'est jamais au repos, car :

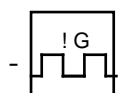
- si $Q = "1"$, alors $\bar{Q} = "0" \Rightarrow$ charge de C
- si $Q = "0"$, alors $\bar{Q} = "1" \Rightarrow$ décharge de C

Chronogramme :



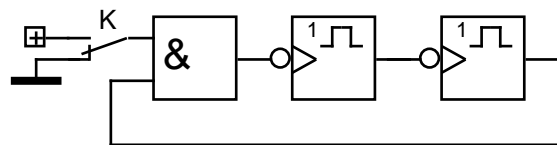
$$\left. \begin{aligned} V_A(t) &= (-V_b - V_{cc})e^{-\frac{t}{RC}} + V_{cc} \\ V_A\left(\frac{T}{2}\right) &= V_b \approx \frac{V_{cc}}{2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow T = 2RC \ln 3$$

Autres schémas :

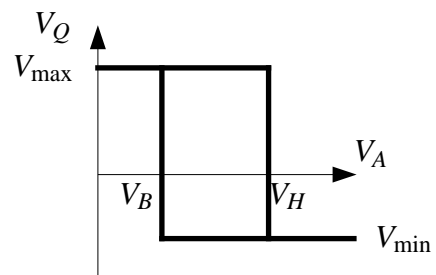
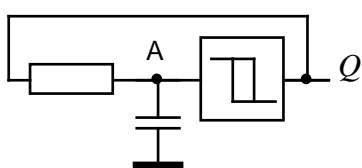


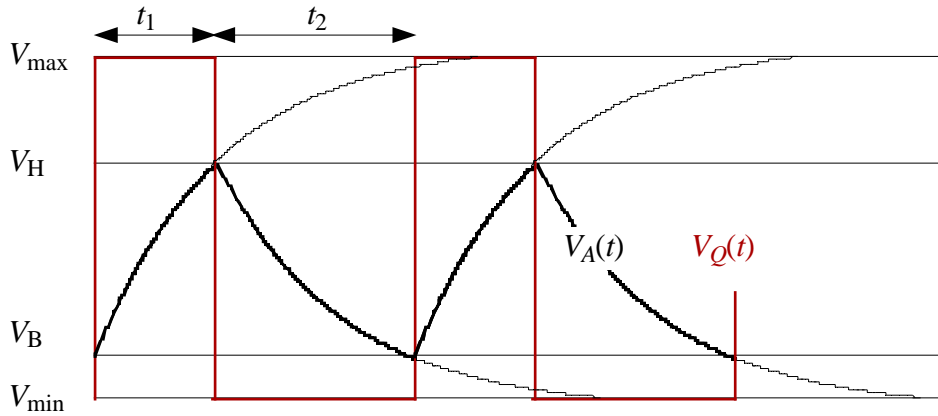
- Astable à 2 monostables, synchronisé au démarrage (schéma utilisé en automatisme) :

! Si les 2 monostables sont au repos, ce générateur ne "démontre" pas. Un interrupteur associé à une porte ET synchronise l'astable au démarrage.



- Astable avec comparateur inverseur à hystérésis : ce montage permet de régler la période et le rapport cyclique des oscillations en agissant sur les paramètres du cycle.





$$\begin{cases} V_A(t) = (V_B - V_{\max}) e^{-t/\tau} + V_{\max} \\ V_A(t_1) = V_H \end{cases} \quad \begin{cases} V_A(t) = (V_H - V_{\min}) e^{-t/\tau} + V_{\min} \\ V_A(t_2) = V_B \end{cases}$$

$$\Rightarrow t_1 = \tau \ln \frac{V_{\max} - V_B}{V_{\max} - V_H} \quad \Rightarrow t_2 = \tau \ln \frac{V_H - V_{\min}}{V_B - V_{\min}}$$

Astable à quartz :

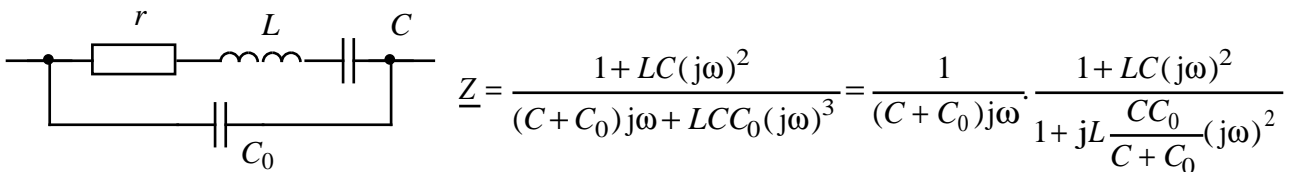
Un "quartz" est un cristal de silice (SiO₂) qui possède des propriétés piézoélectriques.

Piézoélectricité : production de charges électriques à la surface du cristal \Leftrightarrow déformations mécaniques du cristal. NB : seuls certains types de cristaux ont cette propriété.

Une lamelle de quartz entre en résonance mécanique (sous forme de vibrations sonores) lorsqu'une tension alternative de fréquence égale à sa fréquence de résonance est appliquée à des électrodes déposées à sa surface.

Ces électrodes forment un condensateur de capacité C₀. Le cristal lui-même est équivalent à un circuit électrique résonant série rLC (où r correspond aux pertes Joule, négligeables).

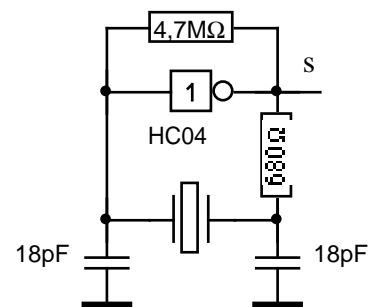
Le schéma équivalent du quartz est donc : Son impédance vaut (avec r ≈ 0) :



Cette impédance est nulle à la fréquence de résonance, qui vaut : $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$.

Exemple numérique : quartz $f_0 = 8$ MHz ; $L = 18,847$ mH ; $C = 21$ fF (NB : 1 fF = 1 femtofarad = 10⁻¹⁵ F) ; $C_0 = 5$ pF ; $r < 60 \Omega$; stabilité : $\frac{\Delta f}{f_0} \approx 10^{-8}$ (≈ 1 s/an !)

Exemple d'application : générateur d'horloge 8 MHz pour microcontrôleur :

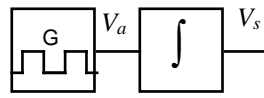


COMPLEMENTS
Générateur de fonctions

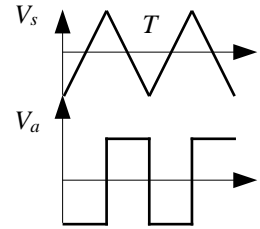
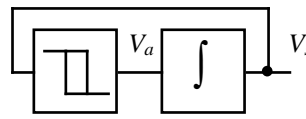
• **Générateur de signaux triangulaires :**

Il est facile de réaliser un générateur de signaux triangulaires à partir d'un générateur de signaux rectangulaires, à l'aide d'un intégrateur :

1ère solution :



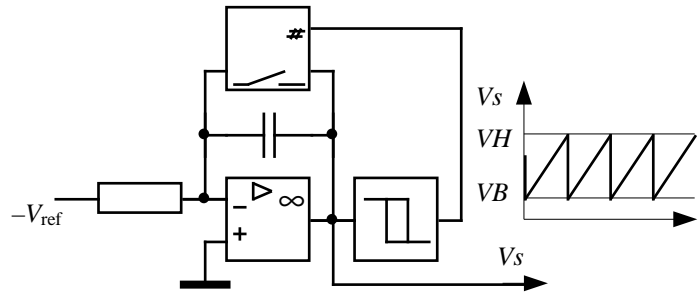
2ème solution :



• **Générateur de rampes :** (exemple) un intégrateur délivre une tension croissant linéairement :

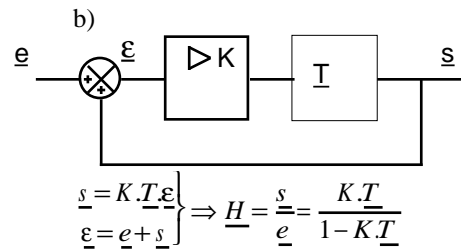
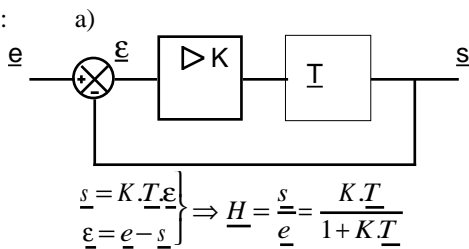
$$V_s = -\frac{1}{\tau} \int_0^t (-V_{ref}) dt \Rightarrow V_s = \frac{V_{ref}}{\tau} t + V_B$$

En fin de période, lorsque V_s atteint V_H , le comparateur à hystérésis commande la fermeture de l'interrupteur K , ce qui entraîne la décharge quasi-instantanée de C jusqu'à V_B . Puis le cycle recommence.
 NB : il existe aussi des générateurs de rampe numériques, associant un CNA à un compteur.



• **Oscillateurs sinusoïdaux**

- principe :



- conditions d'oscillations :

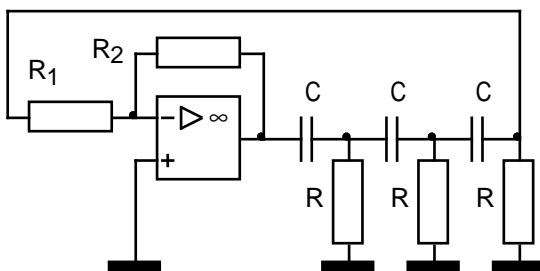
$$K.T = -1 \Rightarrow \begin{cases} |K.T| = 1 \\ \text{Arg}(T) = 180^\circ \end{cases}$$

$$K.T = +1 \Rightarrow \begin{cases} |K.T| = 1 \\ \text{Arg}(T) = 0^\circ \end{cases}$$

⚠ NB : ces relations fixent la fréquence d'oscillation f_0 , mais elles ne définissent pas l'amplitude et la forme du signal. L'amplitude est limitée, entre autres, par la tension d'alimentation. Pour obtenir une forme sinusoïdale, certains montages nécessitent l'introduction d'une boucle supplémentaire (cas du montage b ci-dessous).

- schémas :

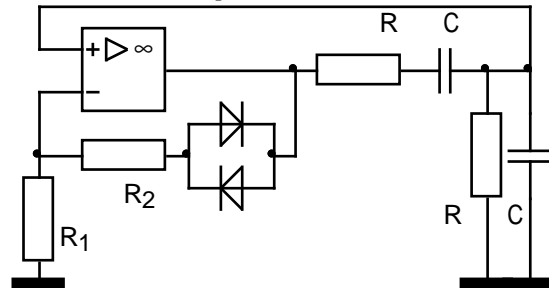
a) osc. à réseau déphaseur



$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{6}RC}$$

$$\frac{R_2}{R_1} = 29$$

b) osc. à pont de Wien



$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$1 + \frac{R_2}{R_1} \approx 3$$