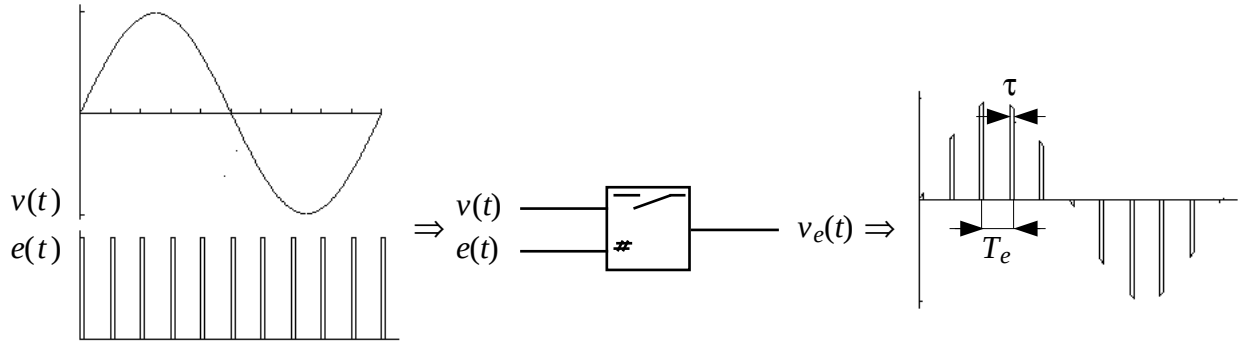
B14. Échantillonneur-bloqueur *(Sample & Hold)*

Ce circuit, placé sur l'entrée analogique d'un CAN, a un double rôle :

- Acquérir une valeur donnée de la tension présente à l'entrée du CAN à un instant donné.
- Maintenir cette valeur stable pendant toute la durée de la conversion.

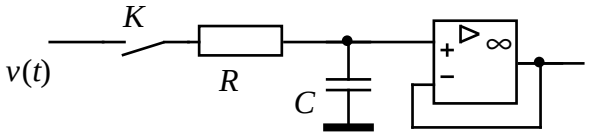
• *Échantillonneur*

C'est un interrupteur commandé par un signal numérique de fréquence F_e. Le temps τ pendant lequel cet interrupteur est fermé, qui correspond à la durée d'un échantillon, doit être négligeable devant la période d'échantillonnage $T_e = 1/F_e$.



• *Mémoire analogique :*

Lorsque l'on ferme à l'instant t_0 l'interrupteur K, le condensateur mémorise 95% de la tension analogique d'entrée $v(t)$ au bout d'un temps de réponse $t_r \approx 3\ RC$. Lorsqu'on ouvre K, la valeur $v(t_0)$ est conservée si le condensateur ne se décharge pas à travers le circuit d'utilisation. Pour cela, il est nécessaire de disposer en sortie un étage suiveur à grande impédance d'entrée.

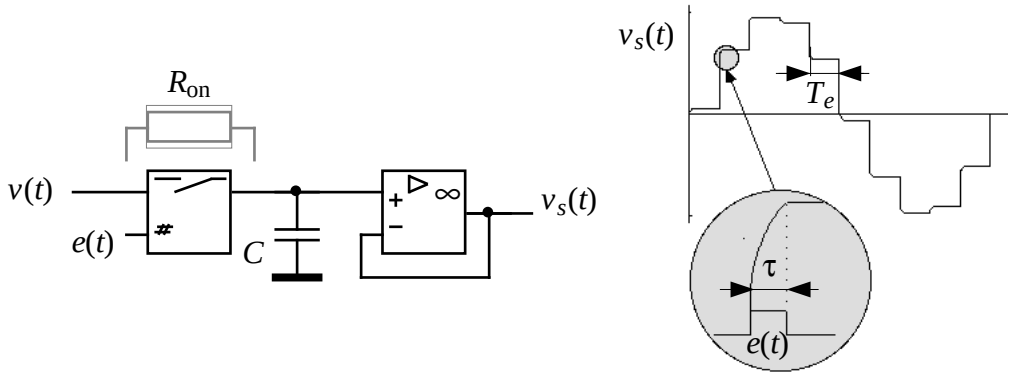


• *Échantillonneur-Bloqueur*

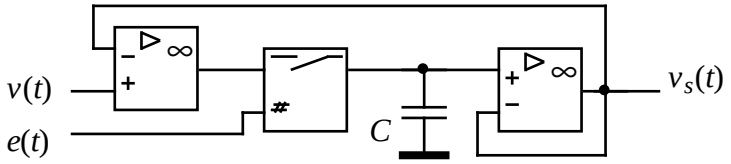
Ce dispositif combine les deux schémas précédents. La tension aux bornes de C acquière la valeur de la tension analogique d'entrée au bout d'un temps t_a *(acquisition time)* et se maintient à cette valeur pendant un temps t_h *(hold)*.

Le choix de la valeur de la capacité C est donc un compromis entre le temps d'acquisition de l'échantillonneur et sa précision :

- Lorsque la capacité est faible, le temps d'acquisition est réduit, mais la précision est mauvaise à cause de la décharge rapide du condensateur.
- Lorsque la capacité est forte, le temps d'acquisition devient prohibitif. Par contre, la tension analogique mesurée demeure bien constante entre deux échantillonnages.

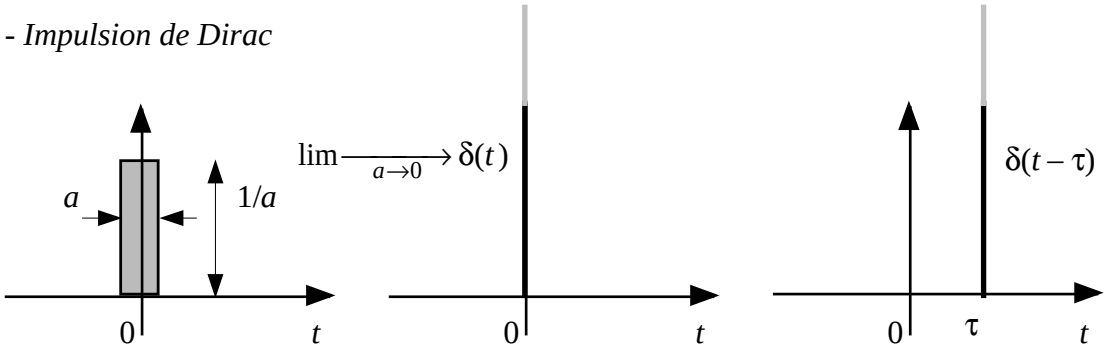


Amélioration du montage : il est possible d'accélérer la charge du condensateur par une rétroaction réalisée à l'aide d'un deuxième montage suiveur. Mais dans la pratique, pour obtenir précision et rapidité, le schéma d'un échantillonneur-bloqueur intégré peut être nettement plus complexe :



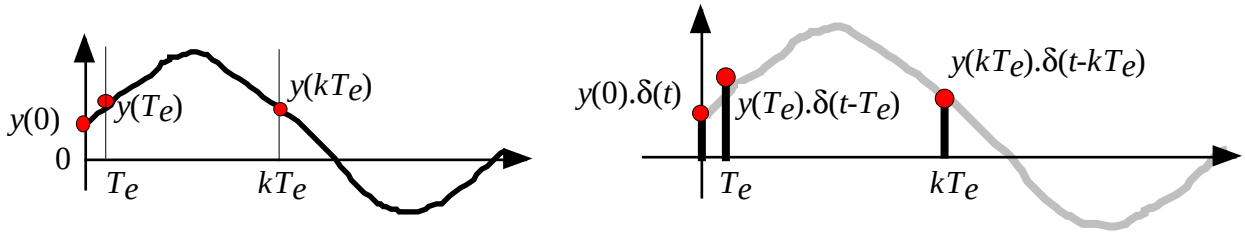
• ***Expression mathématique d'un signal échantillonné***

- *Impulsion de Dirac*



- *Signal échantillonné aux instants* 0, T_e, kT_e :

Analogique : $y(t)$ *Échantillonné :* $y_e(t)$



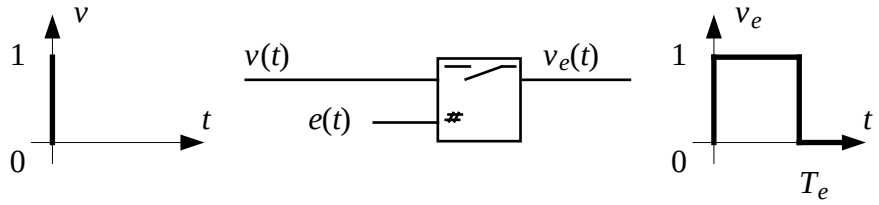
- *Signal complet :*

$$y_e(t) = y(0).\delta(t) + y(T_e).\delta(t-T_e) +...+ y(kT_e).\delta(t-kT_e) = \sum_k y(kT_e).\delta(t-kT_e)$$

• *Fonction de transfert d'un échantillonneur-bloqueur (ou BOZ : Bloqueur d'Ordre Zéro)*

On considère le cas particulier d'un signal d'entrée d'amplitude 1V échantillonné par une unique impulsion de Dirac : $v(t) = \delta(t)$. Le signal de sortie échantillonné et bloqué conserve donc une valeur égale à 1V pendant une période d'échantillonnage T_e. Il peut être modélisé par la différence entre deux échelons unités :

$v(t) = \delta(t)$ $\qquad\qquad$ $v_e(t) = u(t) - u(t - T_e)$

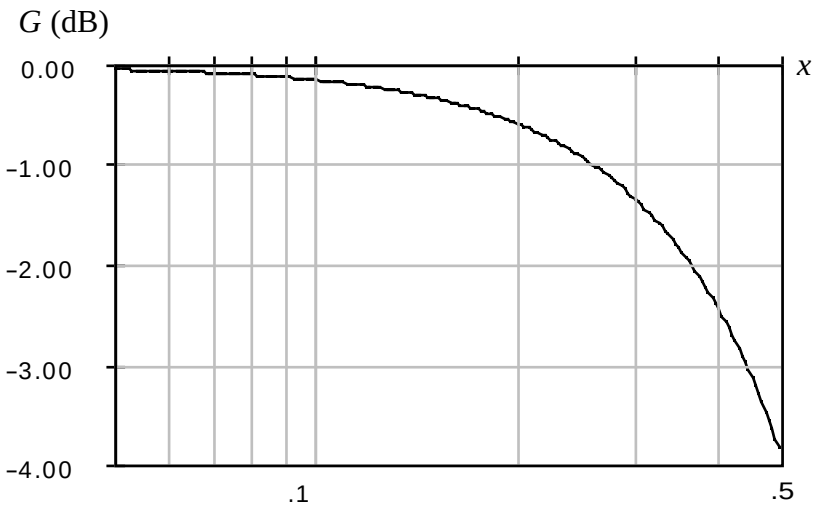


Transformée de Laplace du signal d'entrée : $V(p) = \mathbf{L}[v(t)] = \mathbf{L}[\delta(t)] = 1$

Transformée de Laplace du signal de sortie : $V_e(p) = \mathbf{L}[v_e(t)] = \dfrac{1}{p}\left(1 - e^{-T_e p}\right)$

Transformée de Laplace du BOZ : $\qquad B_0(p) = \dfrac{V_e(p)}{V(p)} = \dfrac{1}{p}\left(1 - e^{-T_e p}\right)$

Fonction de transfert ($p \to j\omega$) : $\qquad H(j\omega) = \dfrac{1 - e^{-j\omega T_e}}{j\omega} = T_e.\dfrac{1 - e^{-j2\pi x}}{j2\pi x}$

en posant $x = \dfrac{f}{F_e}$, fréquence réduite . Comme dans un calcul d'intégrale ou de dérivée, le facteur multipicatif T_e joue le rôle d'un terme de dimensionnement. En factorisant par $e^{-j\pi x}$, on fait apparaître la quantité $\dfrac{e^{j\pi x} - e^{-j\pi x}}{2j} = \sin \pi x$, soit : $H(j\omega) = T_e \dfrac{\sin \pi x}{\pi x} e^{-j\pi x}$. Cela permet de calculer le gain en dB de la fonction $H(j\omega)/T_e$: $\qquad G = 20 \log \left| \dfrac{\sin \pi x}{\pi x} \right|$

A la fréquence limite de Shannon $f = F_e/2$, soit $x = 1/2$, l'affaiblissement vaut environ – 4 dB :