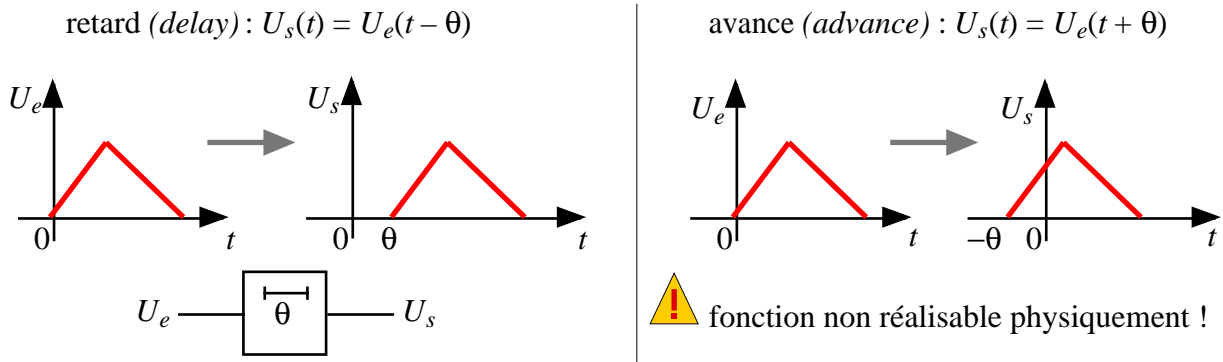


A23 - Fonction retard

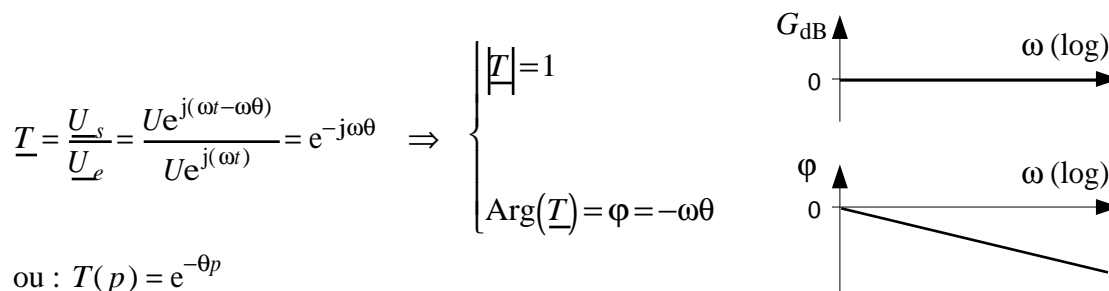


Fonction retard analogique

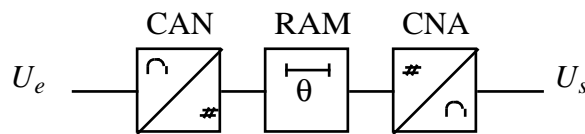
Signaux sinusoïdaux : $U_e(t) = U \sin \omega t \Rightarrow U_s(t) = U \sin[\omega(t - \theta)] = U \sin(\omega t + \phi)$ avec : $\phi = -\omega\theta$

Filtre à phase linéaire

C'est un système tel que : $\theta = cte \forall \omega$. La fonction de transfert \underline{T} a donc l'allure suivante :



Un système numérique associé à des convertisseurs analogique / numérique et numérique / analogique réalise cette fonction. Le signal converti est mis en mémoire pendant une durée θ :



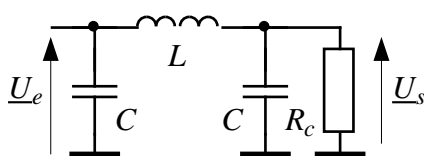
Divers circuits analogiques réalisent également cette fonction de façon approximative :

Cellule à retard

C'est un filtre passe-bas utilisé dans sa bande passante, donc en BF, constitué d'un quadripôle réactif symétrique à composants passifs chargé par son impédance caractéristique.

Exemple :

Quadripôle en Π passe-bas :



Impédance caractéristique en BF (cf § A12) :

$$\underline{Y}_c = \sqrt{\frac{2C}{L}} \sqrt{1 - \frac{1}{2}LC\omega^2} \xrightarrow{\omega \rightarrow 0} \sqrt{\frac{2C}{L}}$$

$$\Rightarrow R_c = (\underline{Z}_c)_{\omega \rightarrow 0} = \sqrt{\frac{L}{2C}}$$

Transmittance : si l'on suppose que \underline{U}_e est une source de tension parfaite, le premier condensateur n'intervient pas dans le calcul de la transmittance, qui se réduit à la transmittance d'un filtre passe-bas du second ordre (cf §A14) :

$$\underline{T} = \frac{\underline{U}_s}{\underline{U}_e} = \frac{1}{1 + j \frac{1}{R_c} \sqrt{\frac{L}{C}} + (j\omega^2)LC} = \frac{1}{1 + j\sqrt{2} \frac{\omega}{\omega_0} + \left(j \frac{\omega}{\omega_0}\right)^2} \quad \text{avec :} \quad m = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 2\pi f_0$$

Fréquence de coupure à -3dB : (*rappel*) la fréquence de coupure d'un filtre passe-bas du second ordre d'amortissement $m = \sqrt{2}/2$ est égale à sa fréquence propre :

$$G = -3\text{dB} \Leftrightarrow |\underline{T}| = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_0}\right)^4}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow f_c = f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

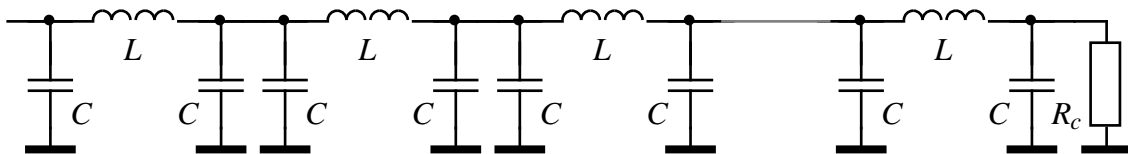
$$\text{Déphasage en BF } (f \ll f_c) : \varphi = -\arctan \frac{\sqrt{2} \frac{\omega}{\omega_0}}{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2} \xrightarrow{\omega \rightarrow 0} \approx -\sqrt{2} \frac{\omega}{\omega_0}$$

$$\text{Retard en BF } (f \ll f_c) : \theta \approx -\frac{\varphi}{\omega} = \sqrt{2LC}$$

Ligne à retard

C'est un ensemble formé de n cellules à retard identiques à la précédente. Chaque cellule a une impédance d'entrée égale à son impédance caractéristique et est donc également fermée sur celle-ci.

La transmittance totale est donc égale à \underline{T}^n .



Il vient :

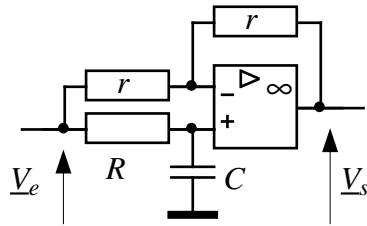
$$\text{Fréquence de coupure à } -3\text{dB} : |\underline{T}|^n = \frac{1}{\left[\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_0}\right)^4}\right]^n} = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow f_c = f_0 \sqrt[n]{\sqrt{2} - 1}$$

$$\text{Déphasage en BF } (f \ll f_c) : \varphi \approx -n \sqrt{2} \frac{\omega}{\omega_0}$$

$$\text{Retard en BF } (f \ll f_c) : \theta \approx -\frac{\varphi}{\omega} = n \sqrt{2LC}$$

Filtre "passe-tout" ou filtre déphaseur

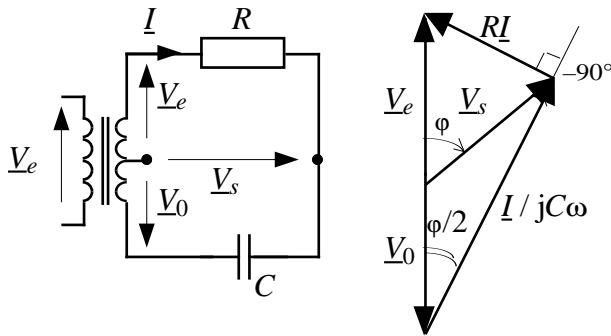
- Réalisation avec un AOP :



$$\frac{V_s}{V_e} = \frac{1 - jRC\omega}{1 + jRC\omega} \Rightarrow \begin{cases} |T| = 1 \text{ ("passe-tout")} \\ \varphi = -2 \arctan RC\omega \end{cases}$$

soit : $\varphi = -2 \arctan \frac{f}{f_0}$ avec $f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$

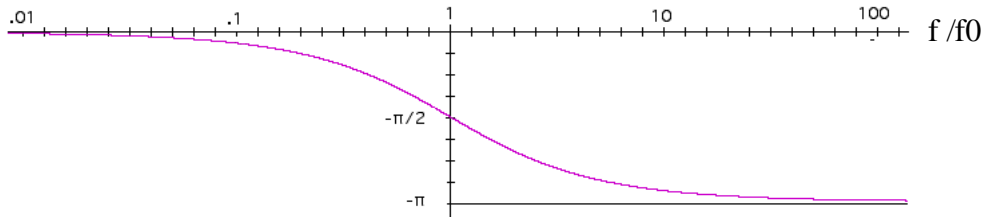
- Réalisation avec un transformateur à point milieu :



par hypothèse, $V_0 = -V_e$

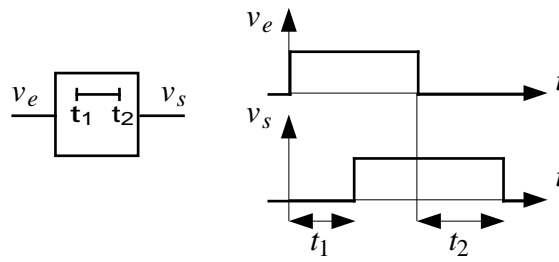
$$\Rightarrow \frac{V_s}{V_e} = \frac{1 - jRC\omega}{1 + jRC\omega}$$

$$\varphi = \text{Arg}(T) = -2 \arctan \frac{f}{f_0} :$$



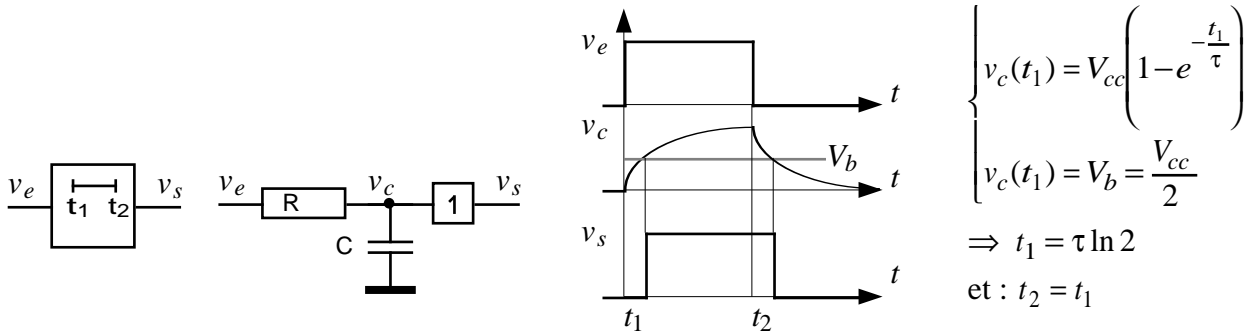
- Utilisation : en général, sert à déphaser un signal sinusoïdal de fréquence fixe.

Fonction retard digitale

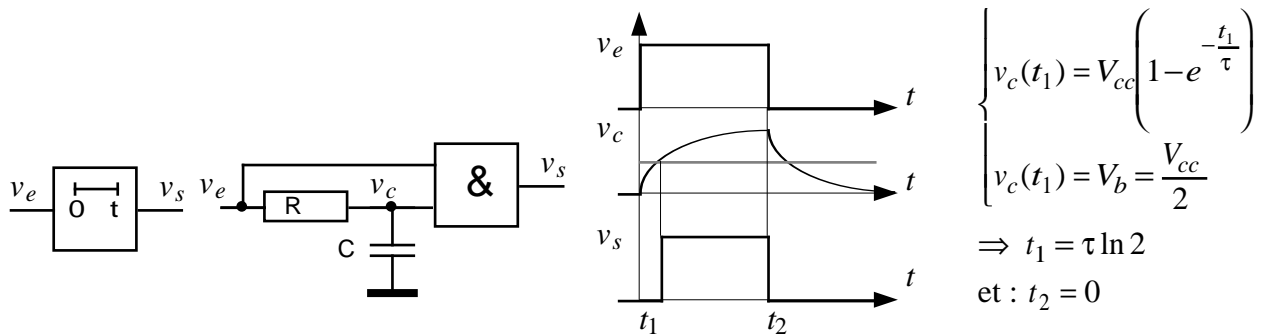


Retard simple

On suppose que le seuil de basculement des portes logiques est égal à la moitié de leur tension d'alimentation : $V_b = V_{cc}/2$. D'autre part : $\tau = RC$.



Retard à l'enclenchement : temporisateur travail



Retard au déclenchement : temporisateur repos

Il est facile de réaliser un temporisateur repos à l'aide d'un temporisateur travail :

