

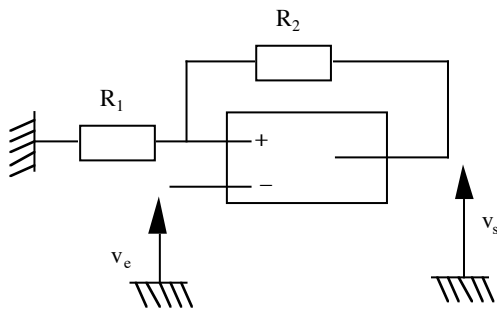
CHAPITRE E5

Fonctions non-linéaires. Les comparateurs

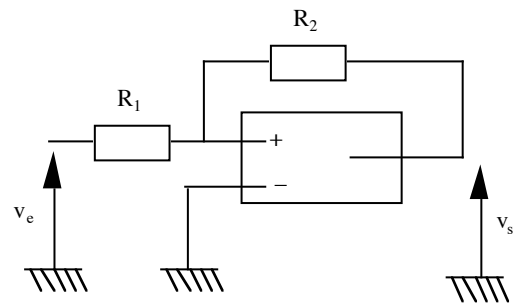
1. RAPPELS : COMPAREURS A HYSTERESIS

Les schémas des comparateurs à hystérésis sont :

Comparateur inverseur

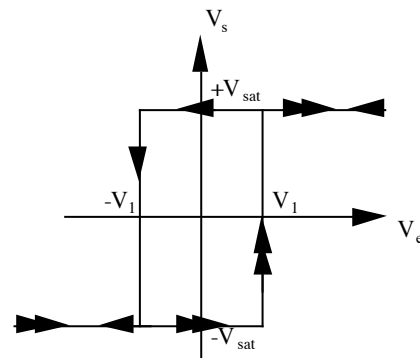
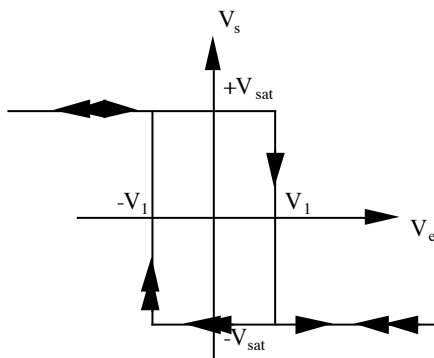


Comparateur non inverseur



En posant $V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{sat}$

ou ici $V_1 = \frac{R_1}{R_2} V_{sat}$



Fonction mémoire : pour une valeur quelconque de V_e comprise entre $+V_1$ et $-V_1$, on constate que deux valeurs de V_s sont possibles. Ainsi si on annule brusquement V_e la valeur de la sortie est déterminée par l'état du comparateur juste avant la disparition de V_e et garde en quelque sorte la mémoire de cet état.

Une fonction mémoire est d'autant meilleure qu'elle :

- conserve plus longtemps l'information (il s'agirait ici de ne pas couper l'alimentation de l'A.O.) ;
- protège bien son information des « bruits » (il suffit ici de prendre $2V_1$ suffisamment grand) ;
- retransmet rapidement possible l'information quand elle est interrogée (dans notre cas, l'information est immédiatement disponible, mais le problème viendrait du temps de basculement de l'A.O. pour l'acquisition d'une nouvelle information : il est limité par le « slew-rate » de l'A.O.)

Les caractéristiques (limites) de l'A.O. n'en font pas un bon candidat pour une utilisation en tant que mémoire électronique.

2. SYSTEME ASTABLE - GENERATEUR DE FONCTION.

Un multivibrateur, également appelé bascule, est un système possédant deux états de fonctionnement.

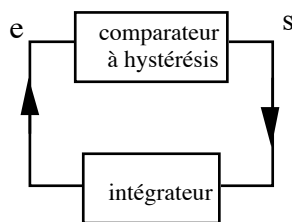
◆ Si ces deux états sont instables, le **multivibrateur** est dit **astable** et le système commute spontanément et indéfiniment d'un état à l'autre : on parle aussi **d'oscillateur de relaxation**.

◆ Si un seul de ces états est stable, le multivibrateur est dit monostable : le système commute spontanément de son état instable à son état stable, alors que la commutation dans l'autre sens est nécessairement provoquée. Ce genre d'oscillateur permet d'introduire des retards réglables.

◆ Si les deux états sont stables, les commutations de l'un à l'autre des deux états sont provoquées. Les multivibrateurs sont dits bistables et peuvent être utilisés en tant que mémoire élémentaire.

Les multivibrateurs utilisés comme générateurs de fonction sont des multivibrateurs astables. Ils sont constitués d'un comparateur à hystérésis et d'un circuit qui permet de faire passer la sortie du comparateur de $+V_{sat}$ à $-V_{sat}$ et inversement.

Un circuit intégrateur, par exemple, permet ce glissement du point de fonctionnement du comparateur. Le schéma bloc d'un tel multivibrateur astable est donc le suivant :

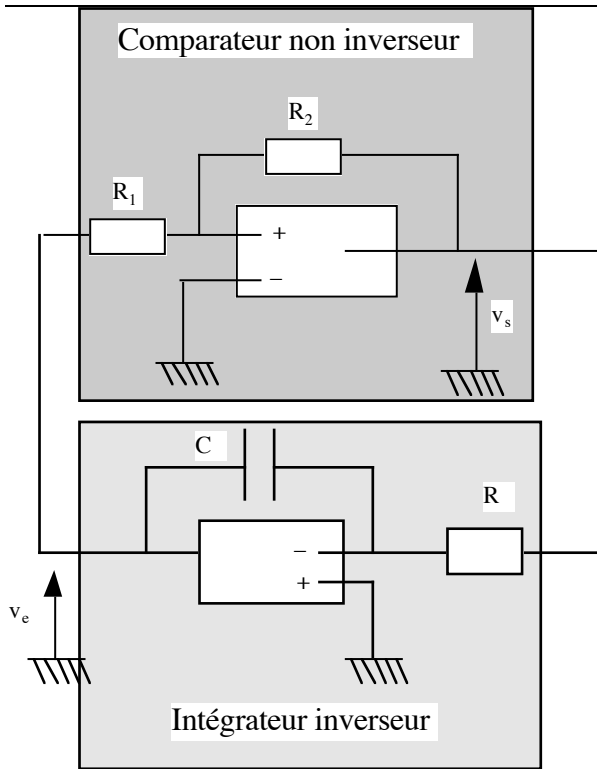


Une analyse rapide d'un tel système nous montre que :

si le comparateur est inverseur, l'intégrateur doit être non inverseur ;
 si le comparateur est non inverseur, l'intégrateur doit être inverseur.

En effet, si le comparateur est inverseur, le basculement de $+$ à $-V_{sat}$ se fait lorsque e croît. Donc si la sortie s est initialement à $+V_{sat}$, il faut que $e(t)$ soit fonction croissante du temps pour espérer le basculement du comparateur. L'intégrateur doit donc être non inverseur.

Exemple d'astable :



Pour l'A.O. du haut on reconnaît un comparateur non inverseur : le bouclage sur la borne + assure le fonctionnement en mode saturé, et le signal d'entrée V_e est appliqué sur la borne non inverseuse.

$$\text{On a pour cet A.O. : } V_+ = \frac{R_2 V_e + R_1 V_s}{R_1 + R_2}.$$

Il s'agit de comparer cette grandeur à 0 pour déterminer l'état de sortie du comparateur.

Si $V_s = +V_{\text{sat}}$ alors $V_e = -\frac{1}{RC} V_{\text{sat}} t + \text{cte}$, donc V_+ du comparateur décroît jusqu'à s'annuler (on a alors $V_e = -\frac{R_1}{R_2} V_{\text{sat}}$), ce qui provoque le basculement de V_s à $-V_{\text{sat}}$ et ainsi de suite.

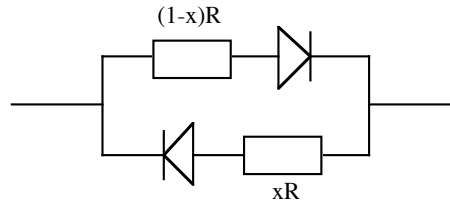
En partant des conditions initiales $V_e(0) = 0$ et $V_s = -V_{\text{sat}}$ on peut tracer les graphes $V_e(t)$ et $V_s(t)$.



Le phénomène est périodique de période $T = 4RC \frac{R_1}{R_2}$.

On peut contrôler la **période** du signal en agissant sur la valeur de C.

On peut contrôler son **rapport cyclique** en remplaçant R par le dipôle suivant constitué de deux diodes et de deux résistances variables dont la somme fait constamment R (le rapport cyclique δ du signal est le rapport de la durée de $V_s(t)$ dans l'état de saturation positive à celle de la période).



Le dispositif ci-dessus permet en effet au condensateur de l'intégrateur de se charger et se décharger à travers deux résistances de valeur différente (on peut dire aussi que selon l'état de sortie du comparateur, c'est l'une ou l'autre des deux diodes qui est bloquée).

On trouve $\delta = x$.

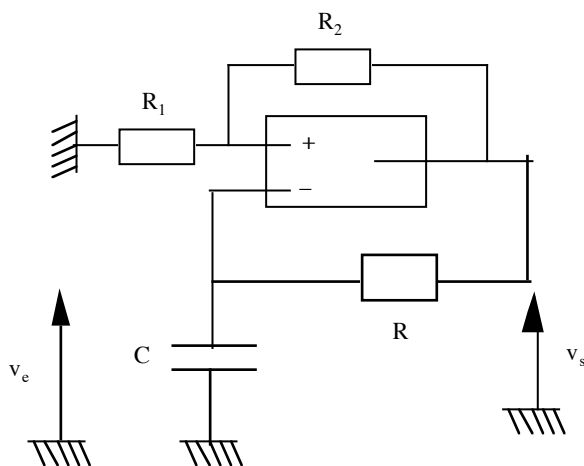
Ce type de montage permet de servir de base à un **générateur de fonctions**, dont le rôle est de délivrer des signaux (au minimum des signaux carrés de rapport cyclique 0,5 et des signaux triangulaires symétriques). contrôlables en fréquence.

On a vu qu'on pouvait à partir de ces fonctions principales facilement modifier le rapport cyclique des carrés et rendre les triangulaires non symétriques.

Il est ensuite possible de transformer les signaux triangulaires en signaux quasi-sinusoïdaux.

Systeme astable simplifié

Si l'on ne souhaite pas obtenir un signal triangulaire parfait, on se contente d'un montage intégrateur approché, simplement constitué d'un circuit RC. Le montage est alors le suivant :



Remarque : ici, le pseudo-intégrateur étant non inverseur, le comparateur à hystérésis est inverseur.

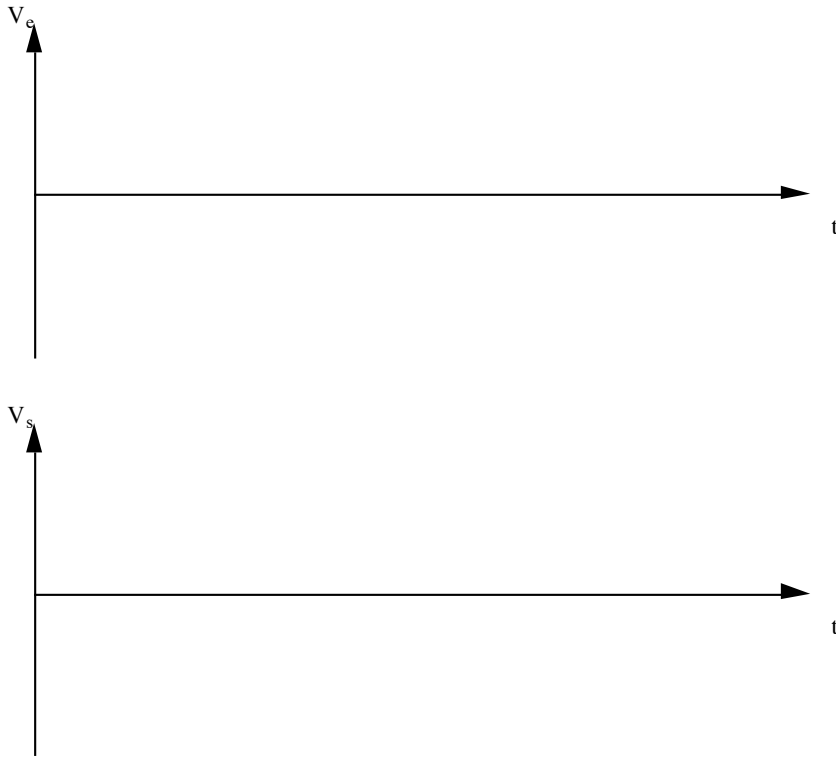
$$\text{On a : } V_s = RC \frac{dV_e}{dt} + V_e = \pm V_{\text{sat}}$$

$$\text{et } V_+ = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_s = kV_s$$

$V_e(t)$ a donc l'allure de la tension de charge (si $V_s = +V_{\text{sat}}$) ou de décharge (si $V_s = -V_{\text{sat}}$) d'un condensateur dans une résistance.

Lorsque $V_s = +V_{\text{sat}}$, V_e est fonction croissante du temps. Lorsqu'elle atteint kV_{sat} , la sortie du comparateur bascule à $-V_{\text{sat}}$ ce qui provoque la décroissance de V_e jusqu'à la valeur $-kV_{\text{sat}}$. pour laquelle le comparateur bascule dans l'autre sens.

En choisissant comme conditions initiales le condensateur déchargé et l'AO en saturation haute, on obtient les graphes :



On peut calculer $T = 2RC \ln \frac{1+k}{1-k}$. Le rapport cyclique vaut 0,5 et peut être réglable si on remplace R par le même dipôle de l'exemple précédent. On trouve alors un rapport cyclique $\delta = 1-x$.