

L'amplificateur opérationnel et ses applications en réaction positive

1- Le comparateur simple

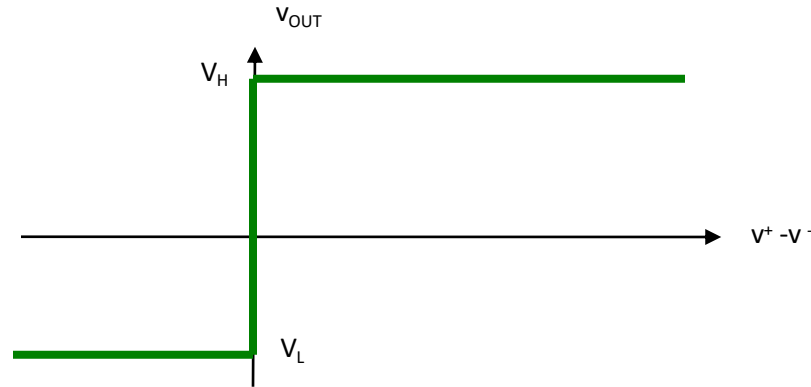
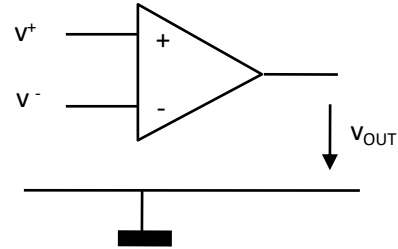
2- Le comparateur à seuils(la bascule de Schmitt, non inverseur et inverseur)

3- Générateur de signaux carrés (bascule astable)

4- Générateur de signaux carrés et triangulaires

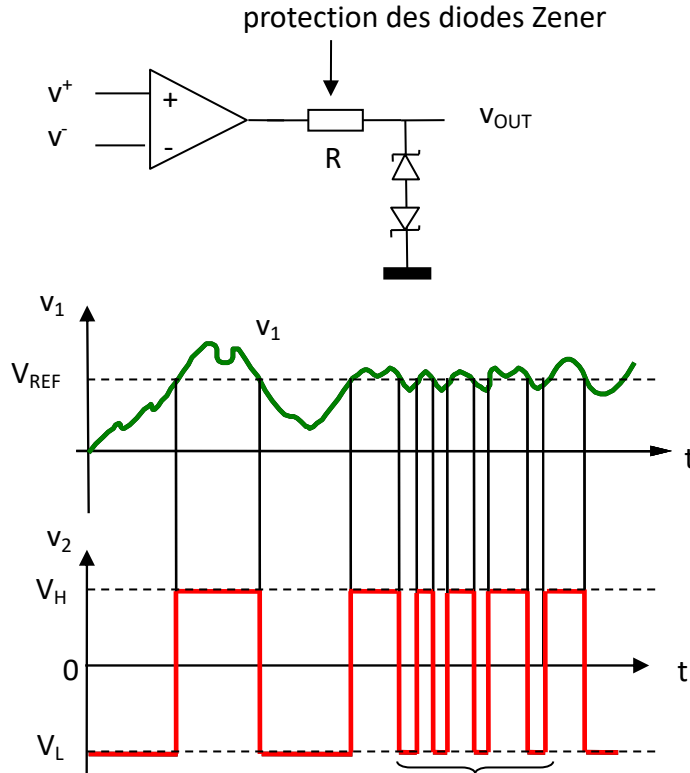
Le comparateur simple

- Très haut gain
- Extrêmement rapide
- Caractéristiques

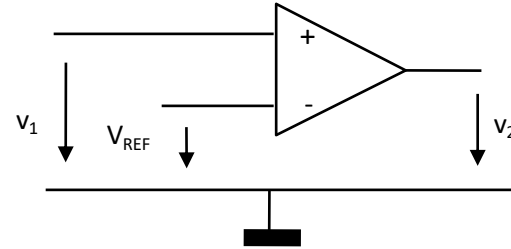


Le comparateur simple

V_H et V_L peuvent en particulier être choisis pour être compatibles avec l'entrée d'une famille de circuits logiques.



Application : détecteur de niveau



Inconvénient du simple comparateur en cas de signal instable (ou perturbé par du bruit) aux environs de V_{REF} .

La réaction positive

Réaction positive:

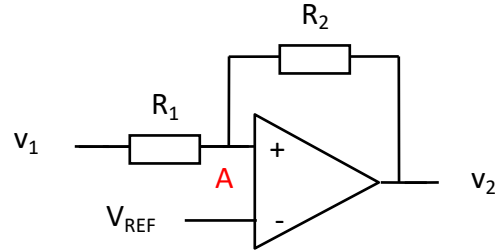
Perdre les réflexes liés à la réaction négative

Le montage est instable:

Deux valeurs possibles $+V_{SAT}$ et $-V_{SAT}$

v_+ différent de v_-

Montage non-inverseur [1]



Tension au point A :

$$v_A = v_1 \frac{R_2}{R_1 + R_2} + v_2 \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

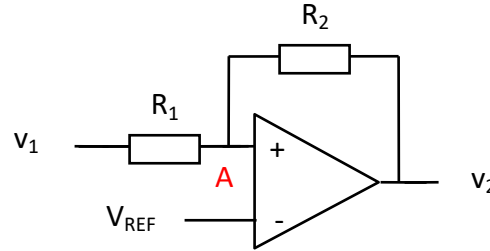
Faire une hypothèse: $v_2 = V_H$ ou $v_2 = V_L$

Supposons la sortie initialement au niveau haut: $v_2 = V_H$

Ceci implique que $v_+ > v_-$

Montage non-inverseur [2]

Soit: $v_2 = V_H$ et $v_+ > v_-$.

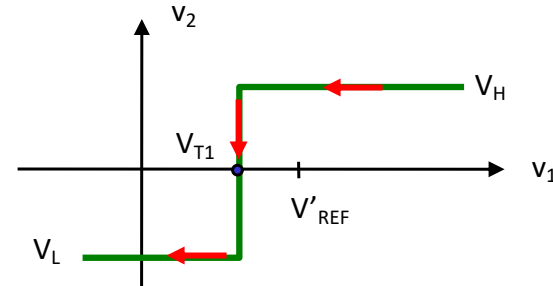


La limite de basculement aura lieu lorsque: $v_A = V_{REF} = V_{T1} \frac{R_2}{R_1 + R_2} + V_H \frac{R_1}{R_1 + R_2}$

D'où l'on tire

$$V_{T1} = \underbrace{V_{REF} \frac{R_1 + R_2}{R_2}} - V_H \frac{R_1}{R_2}$$

$$V_{T1} = \textcolor{red}{V'_{REF}} - V_H \frac{R_1}{R_2}$$



Montage non-inverseur [3]

La sortie est maintenant au niveau bas, V_L : Ceci implique que $v_- > v_+$

Si v_1 remonte, il y aura rebasculement de la sortie vers le haut lorsque v_1 passe par le seuil V_{T2} , tel que :

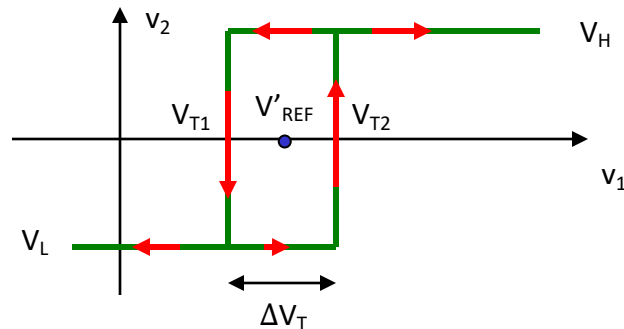
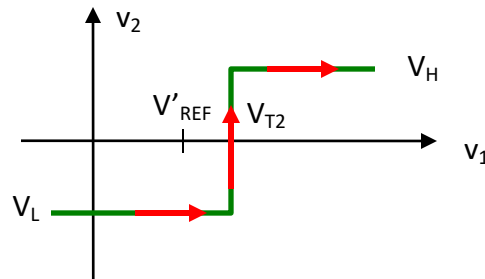
$$V_A = V_{REF} = V_{T2} \frac{R_2}{R_1 + R_2} + V_L \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

D'où l'on tire

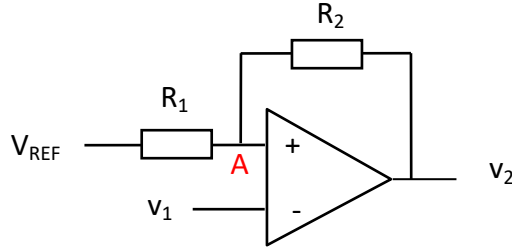
$$V_{T2} = \underbrace{V_{REF} \frac{R_1 + R_2}{R_2}}_{V'_{REF}} - V_L \frac{R_1}{R_2}$$
$$V_{T2} = V'_{REF} - V_L \frac{R_1}{R_2}$$

En combinant les deux figures, on obtient :

$$\Delta V_T = (V_H - V_L) \frac{R_1}{R_2}$$



Montage inverseur [1]



$$V_A = V_{REF} \frac{R_2}{R_1 + R_2} + V_2 \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

- Basculement vers le bas pour $v_1 = V_{T1}$, tel que:

$$V_{T1} = V_A = V_{REF} \frac{R_2}{R_1 + R_2} + V_H \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

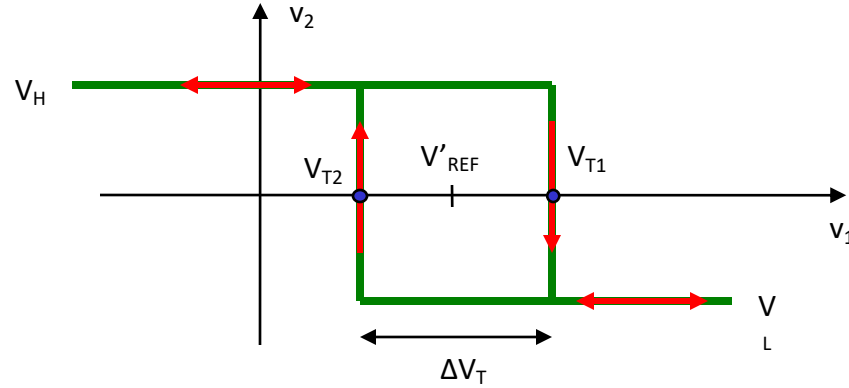
$$V_{T1} = V'_{REF} + V_H \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

- Basculement vers le haut pour $v_1 = V_{T2}$, tel que:

$$V_{T2} = V_A = V_{REF} \frac{R_2}{R_1 + R_2} + V_L \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$V_{T2} = V'_{REF} + V_L \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

Montage inverseur [2]

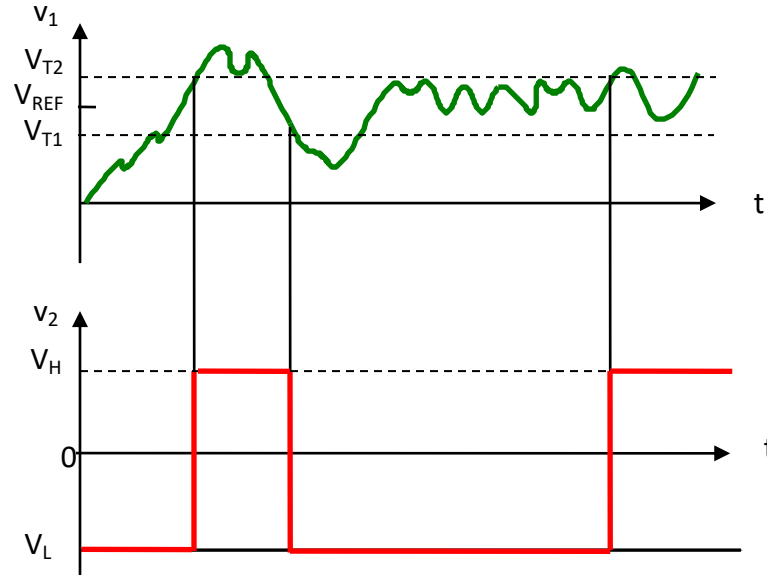


$$\Delta V_T = (V_H - V_L) \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

Usage de la bascule de Schmitt

Comparateur à seuil, insensible aux petites perturbations du signal.

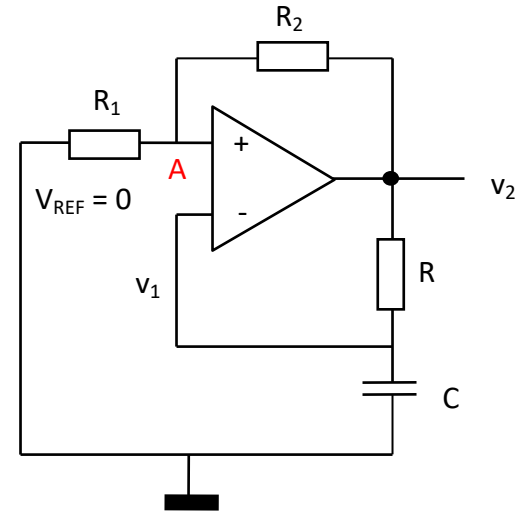
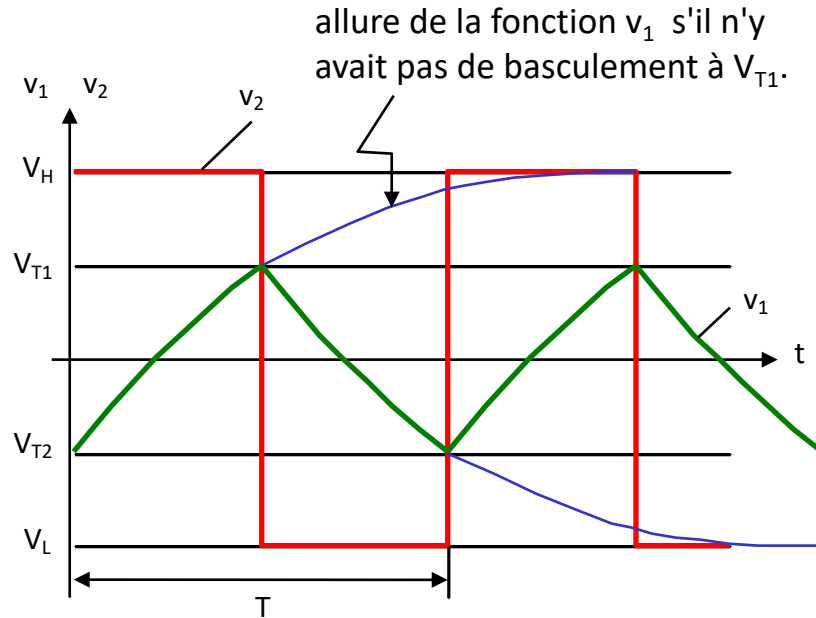
Exemple d'utilisation d'un montage non-inverseur :



La bascule de Schmitt sera également très utilisée pour réaliser des générateurs de signaux

Générateur de signaux carrés

La "bascule astable" ou "multivibrateur astable" :



Générateur de signaux carrés [1]

$$\left. \begin{array}{l} \text{Calcul de la période } T \rightarrow T = t_1 + t_2 = 2 t_1 \\ \text{Soit } V_H = -V_L = +V_{SAT} \\ \text{- Type "inverseur"} \\ \text{- } V_{Réf} = 0. \end{array} \right\} \begin{array}{l} V_{T1} = V_H \frac{R_1}{R_1 + R_2} = V_{SAT} \frac{R_1}{R_1 + R_2} \\ V_{T2} = V_L \frac{R_1}{R_1 + R_2} = -V_{SAT} \frac{R_1}{R_1 + R_2} \end{array}$$

On veut calculer le temps nécessaire pour passer de V_{T1} à V_{T2}

$$\text{Équation de la charge de la capacité: } v_1 = v_1(0) + [v_1(\infty) - v_1(0)] \cdot [1 - e^{-t/RC}] \quad (1)$$

$$\text{Avec } v_1(0) = V_{T1} = V_{SAT} \frac{R_1}{R_1 + R_2} \text{ et } v_1(\infty) = V_L = -V_{SAT} \quad (2)$$

$$(1)+(2) \Rightarrow v_1 = V_{SAT} \frac{R_1}{R_1 + R_2} + \left[-V_{SAT} - V_{SAT} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right] \cdot [1 - e^{-t/RC}] = -V_{SAT} \left[1 - \frac{2R_1 + R_2}{R_1 + R_2} \cdot e^{-t/RC} \right] \quad (3)$$

$$\text{Le seuil } V_{T2} \text{ est atteint après un temps } T/2, \text{ tel que : } v_1(T/2) = V_{T2} = -V_{SAT} \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad (4)$$

Générateur de signaux carrés [2]

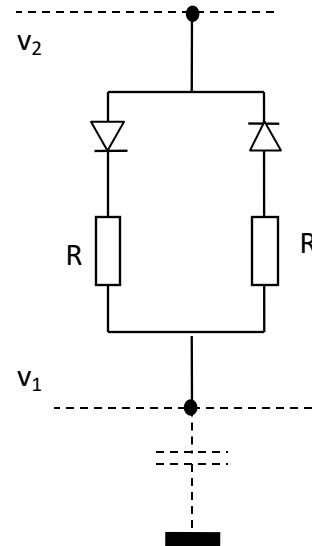
$$(3)+(4) \Rightarrow v_1(T/2) = V_{T2} = -V_{SAT} \frac{R_1}{R_1 + R_2} = -V_{SAT} \left[1 - \frac{2R_1 + R_2}{R_1 + R_2} \cdot e^{-t/RC} \right]$$

La période T peut être extraite de cette relation

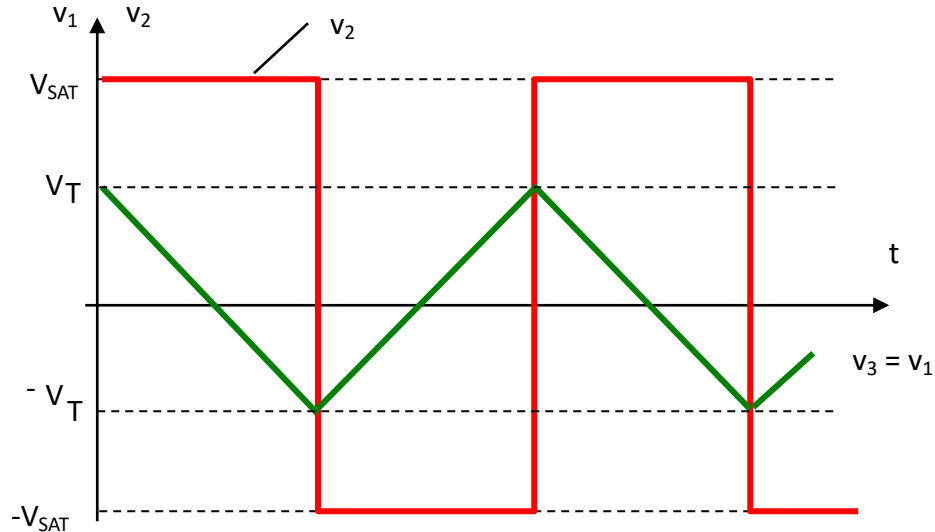
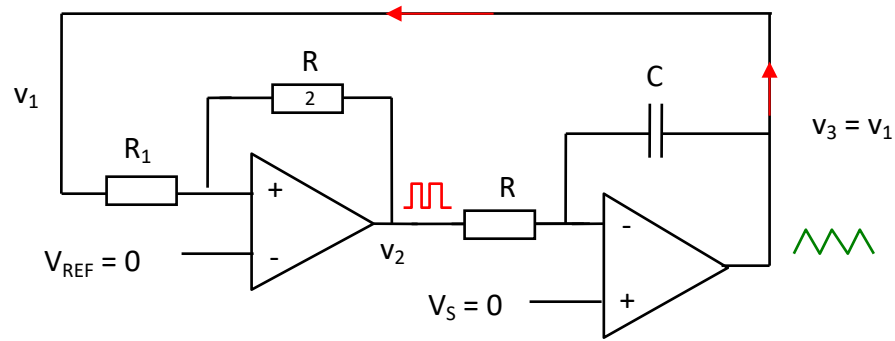
Période totale: $T = 2T/2 \rightarrow$

$$T = 2RC \cdot \text{LN} \left(1 + \frac{2R_1}{R_2} \right)$$

Remarque: La sortie peut être rendue asymétrique en remplaçant la résistance R par l'ensemble suivant :



Générateur de signaux carrés et triangulaires



Générateur de signaux carrés et triangulaires

Calcul de la période : $T = 2 t_1$ l'intégrateur donne: $v_1 = \pm V_{SAT} \cdot \frac{t}{RC}$

L'hystérèse du Trigger donne: $\Delta V_T = (V_H - V_L) \frac{R_1}{R_2} = 2 \cdot V_{SAT} \frac{R_1}{R_2}$

Cette largeur d'hystérèse correspond à l'excursion de tension de l'intégrateur (même chemin aller et retour)

Cette excursion de tension correspond au temps t d'une demi-période :

$$2 \cdot V_{SAT} \frac{R_1}{R_2} = V_{SAT} \cdot \frac{t}{RC} \qquad t = 2RC \cdot \frac{R_1}{R_2}$$

et la période complète :

$$T = 4RC \cdot \frac{R_1}{R_2}$$

Exercices

Exercice 1 :

Calculer et dessiner les formes d'onde obtenues pour une tension $V_{REF} = 0$ à l'entrée de la bascule de Schmitt.

Exercice 2 :

Calculer et dessiner les formes d'onde obtenues pour:

$V_S = 0$ à l'entrée de l'intégrateur.

Remarque :

Un signal triangulaire peut aisément être transformé en signal sinusoïdal à l'aide d'un conformateur.