

1. Comparateur à un seul seuil à base de l'AOP

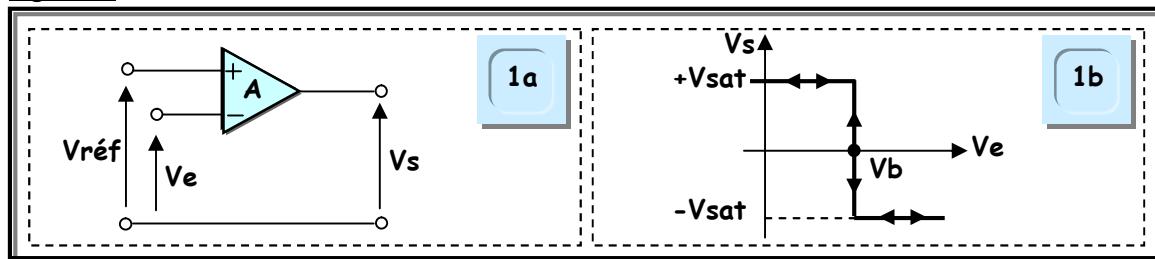
11. Comparateur inverseur

Le schéma du montage est celui de la figure 1a.

- Si $V_{réf} > V_e$ alors $V_s = +V_{sat}$.
- Si $V_{réf} < V_e$ alors $V_s = -V_{sat}$.

La caractéristique de transfert $V_s = f(V_e)$ est donnée à la figure 1b. V_b représente le seuil du basculement du comparateur : $V_b = V_{réf}$.

Figure 1



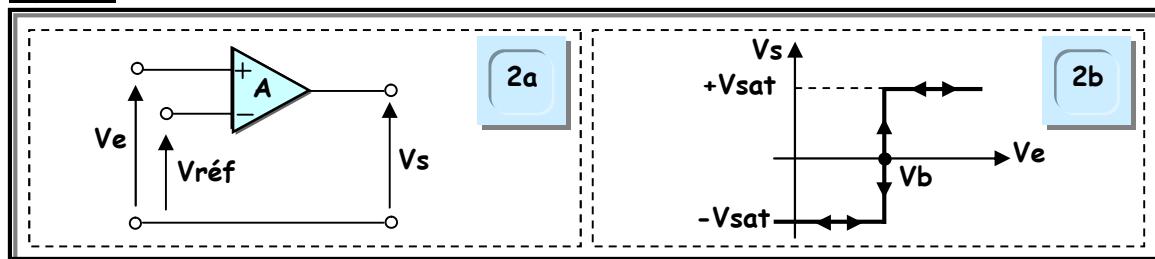
12. Comparateur non inverseur

Le schéma du montage est celui de la figure 2a.

- Si $V_{réf} > V_e$ alors $V_s = -V_{sat}$.
- Si $V_{réf} < V_e$ alors $V_s = +V_{sat}$.

La caractéristique de transfert $V_s = f(V_e)$ est donnée à la figure 2b. V_b représente le seuil du basculement du comparateur : $V_b = V_{réf}$.

Figure 2



2. Comparateur à deux seuils à base de l'AOP : Trigger de Schmitt

21. Trigger inverseur

Le schéma du montage est celui de la figure 3a.

En appliquant le théorème de la superposition, on a : $V^+ = [(V_{réf}.R_2) + (V_s.R_1)] / (R_1 + R_2)$.

Deux cas se manifestent : $V_s = +V_{sat}$ ou $V_s = -V_{sat}$.

➤ Cas où $V_s = +V_{sat}$: $V_s = +V_{sat} \Rightarrow V_e < V^+$ avec $V^+ = [(V_{réf}.R_2) + (V_{sat}.R_1)] / (R_1 + R_2)$. Si V_e croît et atteint la valeur V_b^+ telle que $V_b^+ = [(V_{réf}.R_2) + (V_{sat}.R_1)] / (R_1 + R_2)$, alors l'AOP bascule à $-V_{sat}$.

➤ Cas où $V_s = -V_{sat}$: $V_s = -V_{sat} \Rightarrow V_e > V^+$ avec $V^+ = [(V_{réf}.R_2) + (-V_{sat}.R_1)] / (R_1 + R_2)$. Si V_e décroît et atteint la valeur V_b^- telle que $V_b^- = [(V_{réf}.R_2) + (-V_{sat}.R_1)] / (R_1 + R_2)$, alors l'AOP rebasecule à $+V_{sat}$.

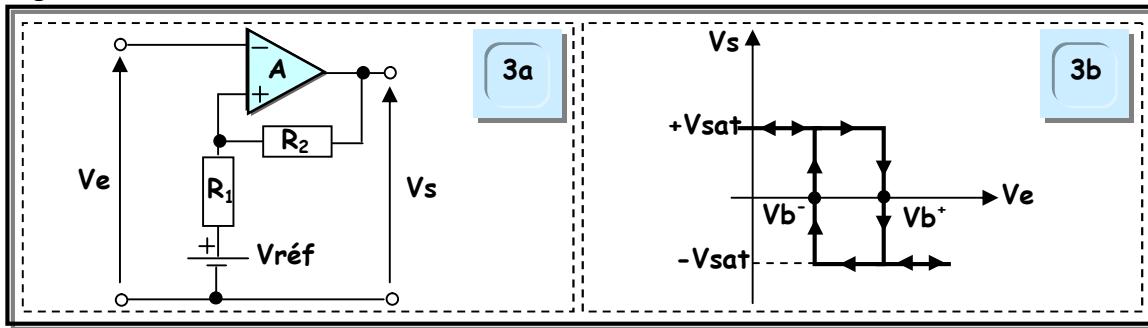
On obtient ainsi la caractéristique de transfert $V_s = f(V_e)$ de la figure 3b qui représente un cycle d'hystéresis. V_b^+ et V_b^- sont respectivement les seuils de basculement haut et bas du trigger

On définit les paramètres caractéristiques du trigger suivants :

➤ La largeur du cycle ΔV_e : $\Delta V_e = (V_b^+) - (V_b^-) \Rightarrow \Delta V_e = (2.V_{sat}.R_1) / (R_1 + R_2)$.

➤ La tension relative à la position du centre du cycle V_c : $V_c = [(V_b^+) + (V_b^-)] / 2 \Rightarrow V_c = (V_{réf}.R_2) / (R_1 + R_2)$.

Figure 3

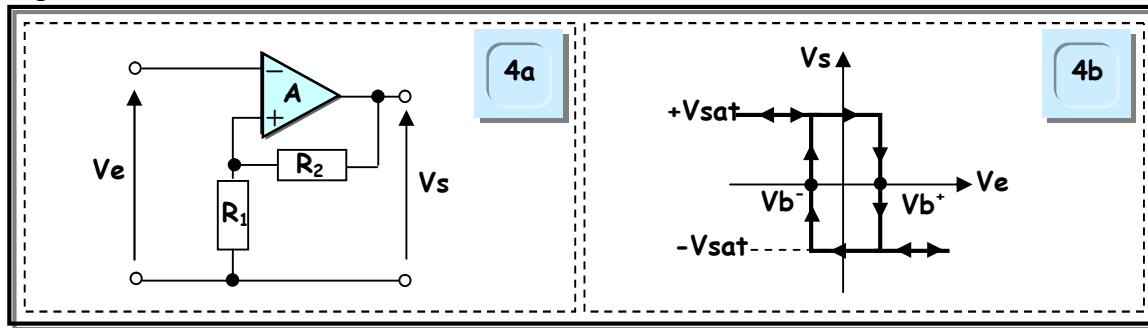


Remarque : Cas particulier d'un trigger centré

Lorsque $V_{\text{réf}}=0$, alors le trigger est dit centré. Le schéma du montage et la caractéristique de transfert sont donnés respectivement par la figure 4a et 4b. Dans ce cas on aura les résultats suivants :

- $V_b^+ = -V_b^- = (V_{\text{sat}} \cdot R_1) / (R_1 + R_2) \Rightarrow$ les seuils de basculement sont symétriques.
- $\Delta V_e = (2 \cdot V_{\text{sat}} \cdot R_1) / (R_1 + R_2) \Rightarrow$ pas de changement.
- $V_c = 0 \Rightarrow$ le centre du cycle coïncide avec l'origine.

Figure 4



22. Trigger non inverseur

Le schéma du montage est celui de la figure 5a.

En appliquant le théorème de la superposition, on a : $V^+ = [(V_e \cdot R_2) + (V_s \cdot R_1)] / (R_1 + R_2)$.

Deux cas se manifestent : $V_s = +V_{\text{sat}}$ ou $V_s = -V_{\text{sat}}$.

- Cas où $V_s = +V_{\text{sat}}$: $V_s = +V_{\text{sat}} \Rightarrow V_{\text{réf}} < V^+$ avec $V^+ = [(V_e \cdot R_2) + (V_{\text{sat}} \cdot R_1)] / (R_1 + R_2)$. Si V_e décroît et atteint une valeur V_b^- telle que $V^+ = V_{\text{réf}}$ alors l'AOP bascule à $-V_{\text{sat}}$. Cette valeur est calculée comme suit :

$$V_{\text{réf}} = [(V_b^- \cdot R_2) + (V_{\text{sat}} \cdot R_1)] / (R_1 + R_2) \Rightarrow V_b^- = V_{\text{réf}} \cdot [1 + (R_1 / R_2)] - V_{\text{sat}} \cdot (R_1 / R_2).$$

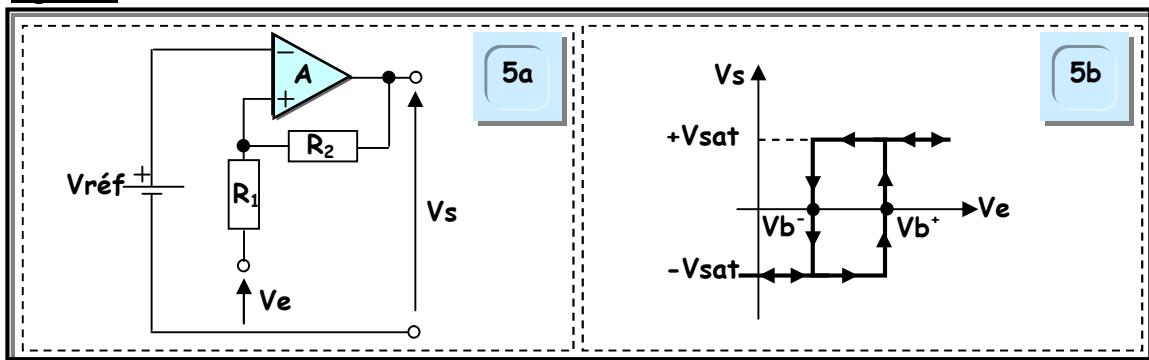
- Cas où $V_s = -V_{\text{sat}}$: $V_s = -V_{\text{sat}} \Rightarrow V_{\text{réf}} > V^+$ avec $V^+ = [(V_e \cdot R_2) + (-V_{\text{sat}} \cdot R_1)] / (R_1 + R_2)$. Si V_e croît et atteint une valeur V_b^+ telle que $V^+ = V_{\text{réf}}$ alors l'AOP rebascule à $+V_{\text{sat}}$. Cette valeur est calculée comme suit :

$$V_{\text{réf}} = [(V_b^+ \cdot R_2) + (-V_{\text{sat}} \cdot R_1)] / (R_1 + R_2) \Rightarrow V_b^+ = V_{\text{réf}} \cdot [1 + (R_1 / R_2)] + V_{\text{sat}} \cdot (R_1 / R_2).$$

On obtient ainsi la caractéristique de transfert $V_s = f(V_e)$ de la figure 5b qui représente aussi un cycle d'hystérésis. V_b^+ et V_b^- sont respectivement les seuils de basculement haut et bas du trigger.

Les paramètres caractéristiques du trigger sont les suivants :

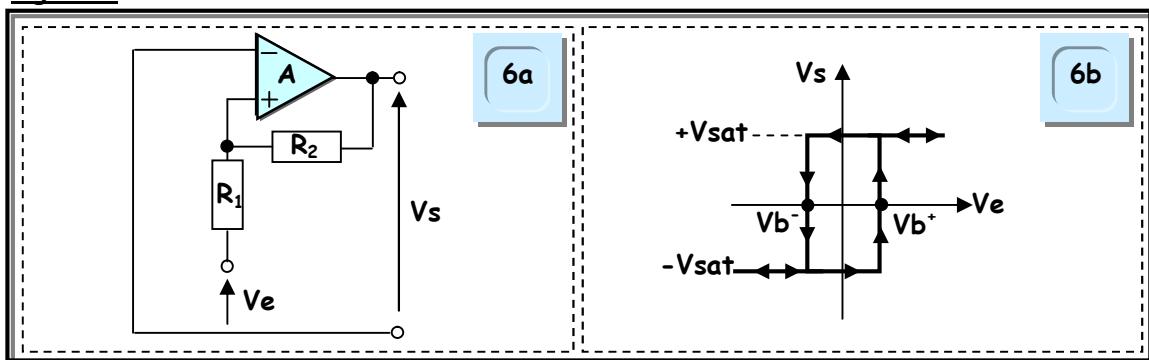
- La largeur du cycle ΔV_e : $\Delta V_e = (V_b^+) - (V_b^-) \Rightarrow \Delta V_e = 2 \cdot V_{\text{sat}} \cdot (R_1 / R_2)$.
- La tension relative à la position du centre du cycle V_c : $V_c = [(V_b^+) + (V_b^-)] / 2 \Rightarrow V_c = V_{\text{réf}} \cdot [1 + (R_1 / R_2)]$.

Figure 5

Remarque : Cas particulier d'un trigger centré

Lorsque $V_{\text{ref}}=0$, alors le trigger est dit centré. Le schéma du montage et la caractéristique de transfert sont donnés respectivement par la figure 6a et 6b. Dans ce cas on aura les résultats suivants :

- $V_b^+ = -V_b^- = V_{\text{sat}} \cdot (R_1/R_2)$ ⇒ les seuils de basculement sont symétriques.
- $\Delta V_e = 2 \cdot V_{\text{sat}} \cdot (R_1/R_2)$ ⇒ pas de changement.
- $V_c = 0$ ⇒ le centre du cycle coïncide avec l'origine.

Figure 6

3. Comparateur à deux seuils à base des circuits logiques spécialisés

Il existe des circuits logiques spécialisés, aussi bien en technologie TTL que CMOS, remplissant la fonction du trigger de Schmitt. On cite, à titre d'exemple, les circuits logiques 7414 et 4093.

31. Circuit logique 7414

Il comporte 6 portes logiques inverseuses et triggérées. La figure 7a représente le brochage du circuit alors que la figure 7b illustre sa caractéristique de transfert.

32. Circuit logique 4093

Il comporte 4 portes logiques NAND triggérées. La figure 8a représente le brochage du circuit alors que la figure 8b illustre sa caractéristique de transfert pour différentes valeurs de la tension d'alimentation.

Remarque : Les seuils de basculement dépendent fortement du constructeur et les conditions du test (tension d'alimentation, température, etc).

Figure 7

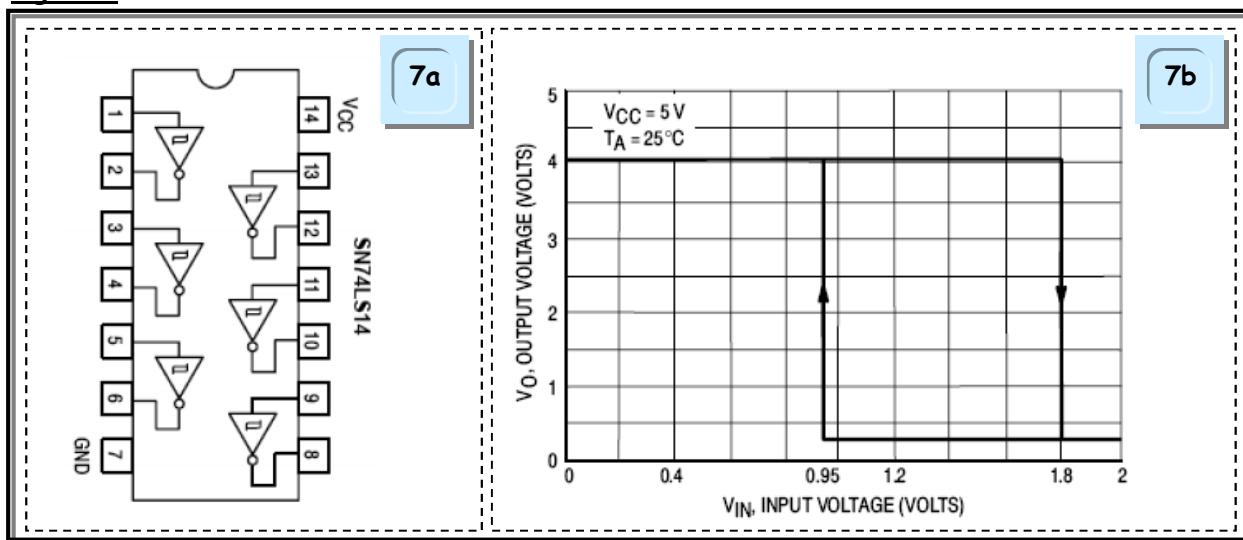
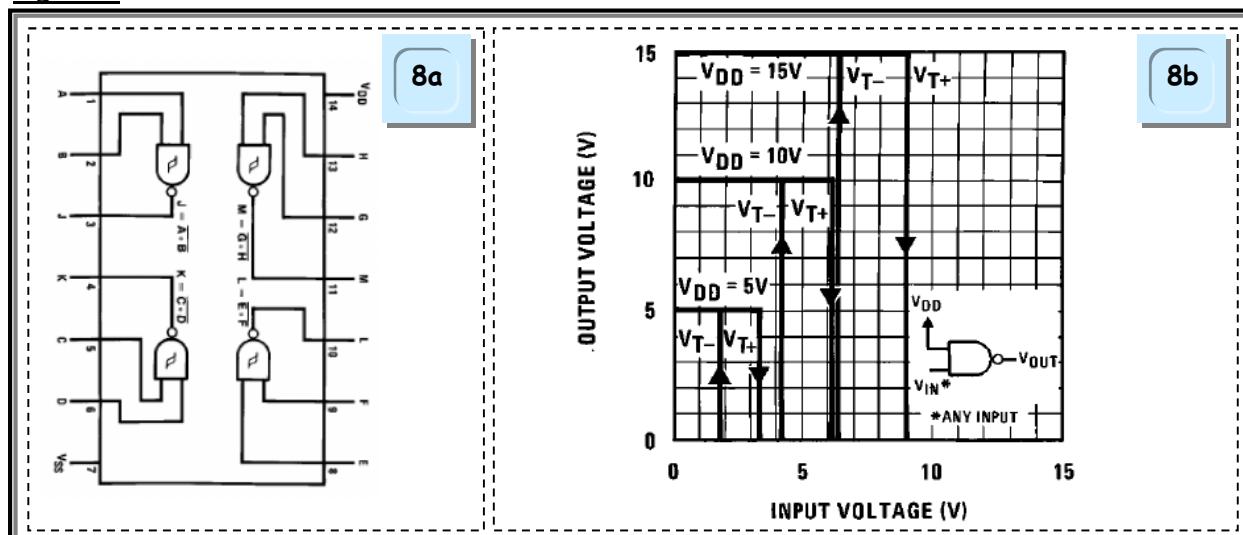


Figure 8



Exemple d'application :

Pour réinitialiser un système numérique (remise à 0 : Reset ou Clear), on utilise le montage de la figure 9a. Les chronogrammes qui décrivent le fonctionnement du montage sont tracés à la figure 9b.

L'appui sur le bouton poussoir Raz permet de générer une impulsion de la remise à 0 du système.

Figure 9

