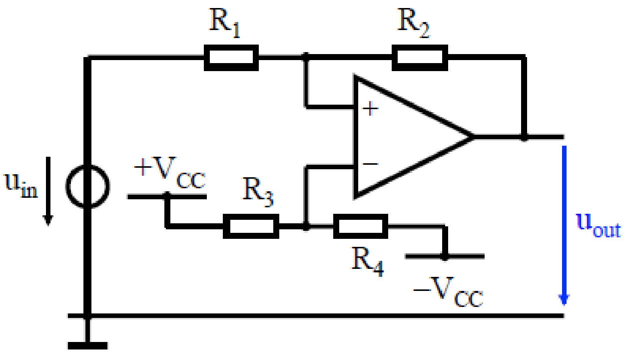
Comparateur à seuils (solution)

Ex 1 Comparateur à seuils

Déterminer la caractéristique entrée-sortie du circuit à ampli op ou comparateur ci-dessous.



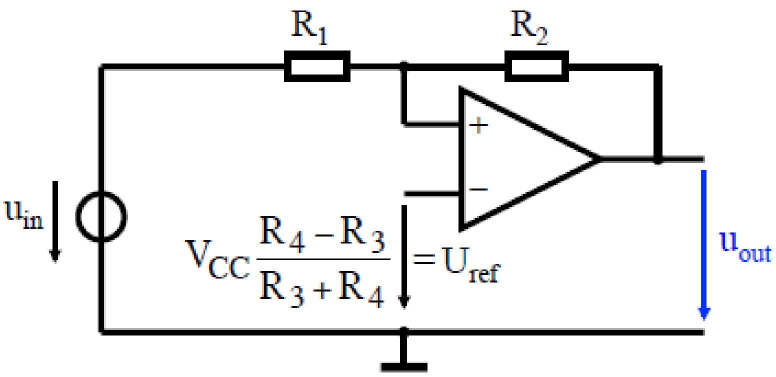
$V_{CC} = 15\ \text{V}$

AO: $V_H \approx +V_{CC}$ $V_L \approx -V_{CC}$

$R_1 = 10\ \text{k}\Omega$ $R_2 = 33\ \text{k}\Omega$

<u>Solution</u> :

On retrouve alors le schéma d'un montage à réaction positive :



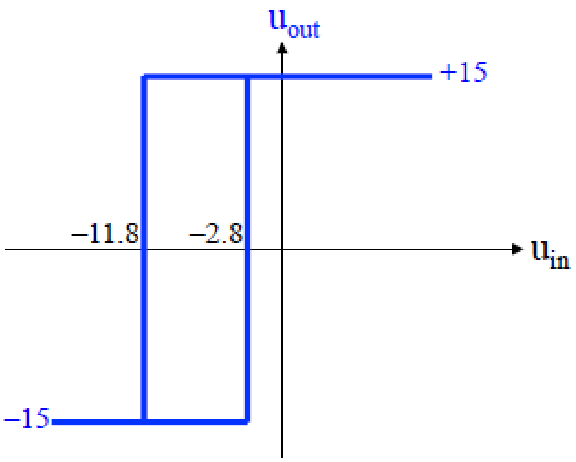
C'est le comparateur à seuil non-inverseur présenté au cours

$$V_{T1} = \frac{R_2 + R_1}{R_2} U_{ref} - \frac{R_1}{R_2} V_H = \left(\frac{R_2 + R_1}{R_2}\frac{R_4 - R_3}{R_3 + R_4} - \frac{R_1}{R_2}\right) V_{CC}$$

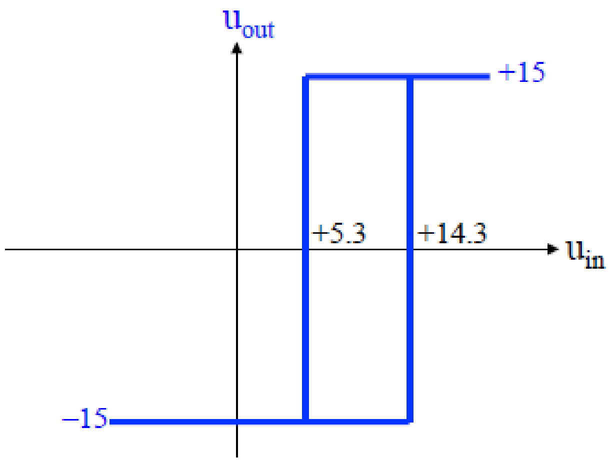
$$V_{T2} = \frac{R_2 + R_1}{R_2} U_{ref} - \frac{R_1}{R_2} V_L = \left(\frac{R_2 + R_1}{R_2}\frac{R_4 - R_3}{R_3 + R_4} + \frac{R_1}{R_2}\right) V_{CC}$$

$$\text{hystérèse} : \Delta V_T = V_{T2} - V_{T1} = \frac{R_1}{R_2} 2 V_{CC}$$

$$\text{centre} : V_C = \frac{V_{T2} + V_{T1}}{2} = \left(\frac{R_2 + R_1}{R_2}\frac{R_4 - R_3}{R_3 + R_4}\right) V_{CC}$$



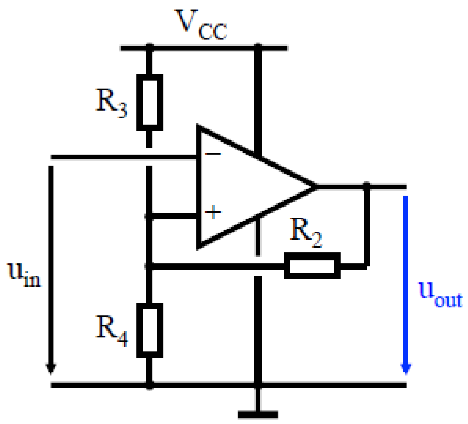
Cas a)
$\Delta V_T = 9$ V
$V_C = -7.3$ V



Cas b)
$\Delta V_T = 9$ V
$V_C = +9.8$ V

Ex 2 Comparateur à seuils à alimentation unique

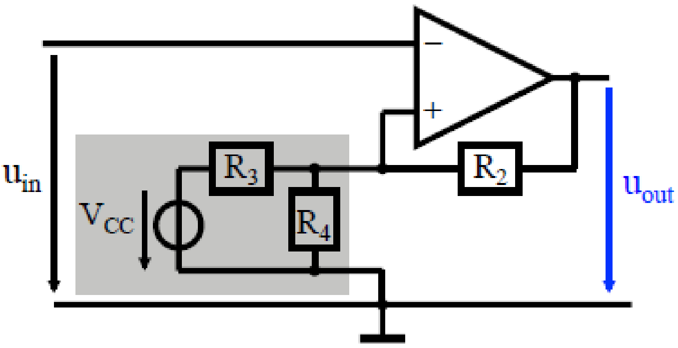
Déterminer la caractéristique entrée-sortie du circuit à ampli op ou comparateur ci-dessous n'utilisant qu'une alimentation unique.



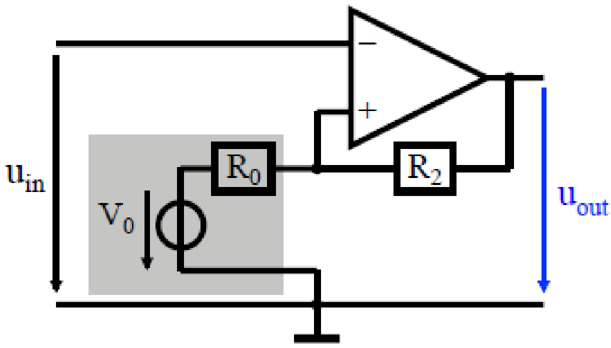
$V_{CC} = +5$ V
AO: $V_H = V_{CC}$ $V_L = 0$
$R_2 = 56$ kΩ
$R_3 = 33$ kΩ
$R_4 = 18$ kΩ

Solution :

On peut dessiner le schéma ainsi : ….

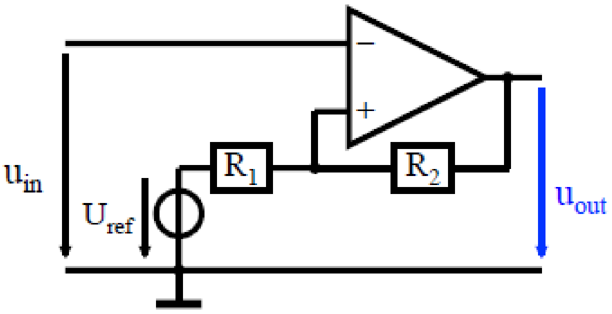


… puis remplacer le dipôle gris par son équivalent de Thévenin

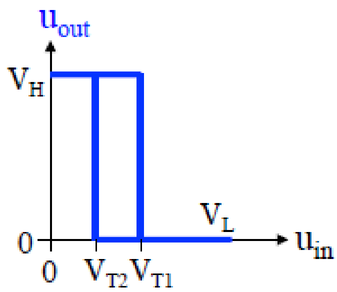


$$V_0 = V_{CC}\frac{R_4}{R_3+R_4} \qquad R_0 = \frac{R_3R_4}{R_3+R_4}$$

Le schéma de droite est celui d'un comparateur à seuils inverseur



$V_H = V_{CC}$
$V_L = 0$
$U_{ref} = V_0$
$R_1 = R_0$



Les tensions de seuil d'un comparateur à seuils inverseur

$$V_{T1} = U_{ref}\frac{R_2}{R_2+R_1} + V_H\frac{R_1}{R_2+R_1} = V_{CC}\left(\frac{R_4}{R_3+R_4}\cdot\frac{R_2}{R_2+\frac{R_3R_4}{R_3+R_4}} + \frac{\frac{R_3R_4}{R_3+R_4}}{R_2+\frac{R_3R_4}{R_3+R_4}}\right)$$

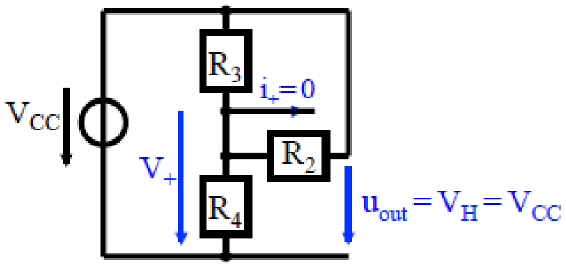
$$V_{T1} = V_{CC}\frac{(R_2+R_3)R_4}{R_2R_3+R_2R_4+R_3R_4} = 2.32\ \text{V}$$

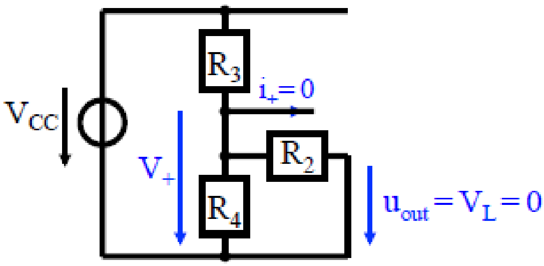
$$V_{T2} = U_{ref}\frac{R_2}{R_2+R_1} + V_L\frac{R_1}{R_2+R_1} = V_{CC}\frac{R_4}{R_3+R_4}\cdot\frac{R_2}{R_2+\frac{R_3R_4}{R_3+R_4}}$$

$$V_{T2} = V_{CC}\frac{R_2R_4}{R_2R_3+R_2R_4+R_3R_4} = 1.46\ \text{V}$$

Autre méthode:

Sur le schéma on voit que l'AO est en réaction positive par R_2, donc u_{out} ne peut prendre que deux valeurs, V_H ou V_L. Le potentiel de l'entrée + est fonction de V_{CC}, qui est constante, et de u_{out}, qui vaut V_H ou V_L, il ne peut donc prendre que deux valeurs qui correspondent aux deux seuils auxquels u_{in} est comparée.





$$V+ = V_{T1} = V_{CC}\frac{R_4}{(R_2//R_3)+R_4}$$

$$V_{T1} = V_{CC}\frac{R_4}{R_4+R_2R_3/(R_2+R_3)}$$

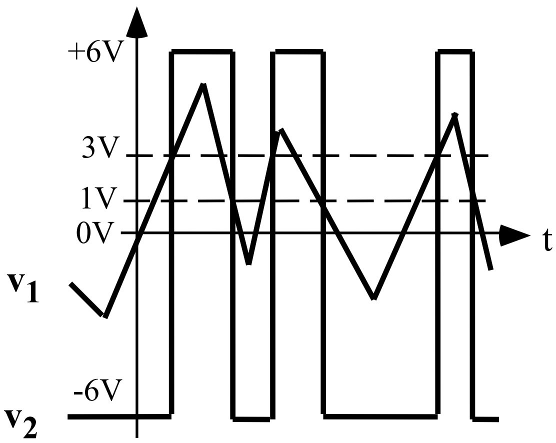
$$V_{T1} = V_{CC}\frac{(R_2+R_3)R_4}{R_2R_3+R_2R_4+R_3R_4} = 2.32\ V$$

$$V+ = V_{T2} = V_{CC}\frac{R_2//R_4}{(R_2//R_4)+R_3}$$

$$V_{T2} = V_{CC}\frac{R_2R_4/(R_2+R_4)}{R_3+R_2R_4/(R_2+R_4)}$$

$$V_{T2} = V_{CC}\frac{R_2R_4}{R_2R_3+R_2R_4+R_3R_4} = 1.46\ V$$

Ex 3 Comparateur à seuils conception



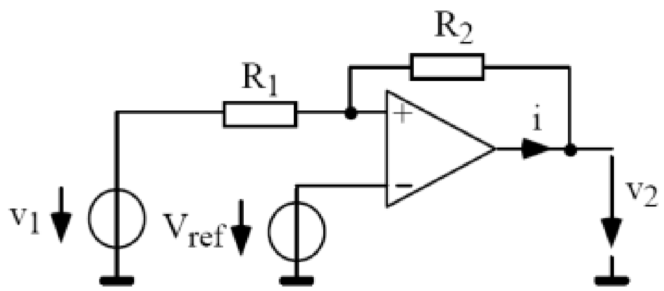
En appliquant le signal v_1 de la figure ci-dessous à un comparateur à seuils (bascule de schmitt), on désire obtenir le signal v_2 représenté.

a- Dessiner le circuit permettant de réaliser une telle fonction avec un amplificateur opérationnel et en dimensionner les éléments de manière à obtenir les caractéristiques voulues.

Solution :

Il faut réaliser un comparateur à seuils en montage non-inverseur avec:

$V_H = +6$ V, $V_L = -6$ V, $V_{T1} = +1$ V et $V_{T2} = +3$ V



$\Delta V_T = V_{T2} - V_{T1} = 2$ V $\quad$ => $\quad \dfrac{R_2}{R_1} = \dfrac{V_H - V_L}{\Delta V_T} = 6$

Le courant de sortie de l'ampli. op. vaut:

$i = \dfrac{V_H - v_1}{R_1+R_2} = \dfrac{V_{CC} - v_1}{R_1+R_2}$ lorsque $v_2 = V_H = +V_{CC}$

$i = \dfrac{V_L - v_1}{R_1+R_2} = \dfrac{-V_{CC} - v_1}{R_1+R_2}$ lorsque $v_2 = V_L = -V_{CC}$

tant que $-V_{CC} \leq v_1 \leq +V_{CC}$ les valeurs extrêmes de i sont :

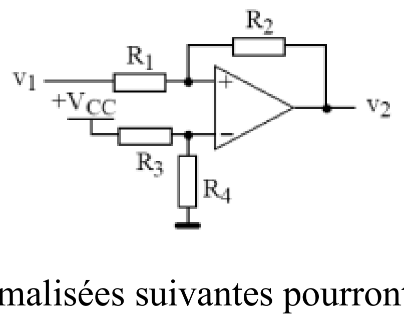
$i_{max} = \dfrac{V_H - V_{T1}}{R_1+R_2}$ et $i_{min} = -\dfrac{V_{T2} - V_L}{R_1+R_2}$

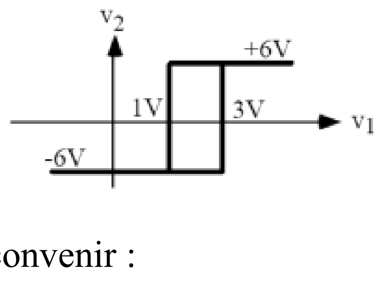
Pour ne pas dépasser 1 mA en valeur absolue on prendra donc $R_1+R_2 > 9$ kΩ <=> $R_2 > 7.7$ kΩ

$V'_{ref} = +2$ V => $V_{ref} = V'_{ref}\dfrac{R_2}{R_1+R_2} = +1.71$ V

Comme la source V_{ref} ne doit théoriquement fournir aucun courant dans l'entrée - de l'Ampli Op., elle n'a pas besoin d'être idéale. Elle peut être créée à partir de V_{CC} par un diviseur résistif, avec des résistances de valeur quelconque respectant le rapport suivant:

$\dfrac{R_4}{R_3+R_4} = \dfrac{V_{ref}}{V_{CC}}$ => $\dfrac{R_3}{R_4} = \dfrac{V_{CC}}{V_{ref}} - 1 = 2.5$





Les Valeurs normalisées suivantes pourront convenir :

$R_1 = 56$ kΩ ; $R_2 = 330$ kΩ ; $R_3 = 56$ kΩ ; $R_4 = 22$ kΩ.