

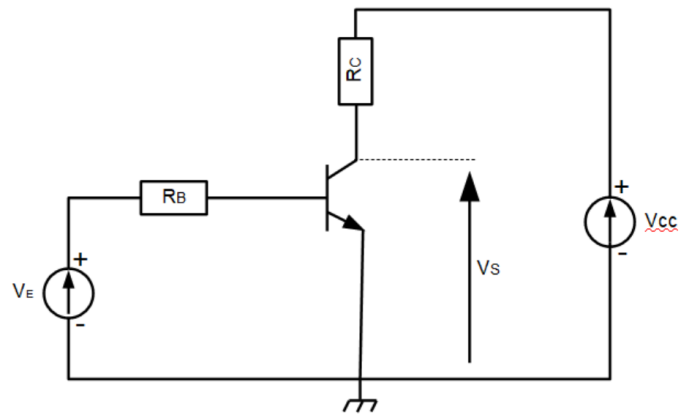
Étude du fonctionnement d'un transistor bipolaire en commutation (régime de saturation)

Considérons le circuit ci-contre :

Données : $\beta = 150$, $R_B = 1\text{M}\Omega$, $R_C = 10\text{k}\Omega$, $V_{BE} = 0,7\text{V}$

1. Déterminer le courant de saturation $I_{C,sat}$.
2. Quel courant de base I_B est nécessaire pour produire la saturation ?
3. Trouver la valeur minimale de V_e nécessaire pour produire la saturation.
4. Supposons que V_e ne puisse prendre que deux valeurs : 0 et 5 V. Calculer V_s dans les deux cas ($V_e = 0\text{ V}$ et $V_e = 5\text{ V}$).

Conclure sur la fonction réalisée par ce circuit.

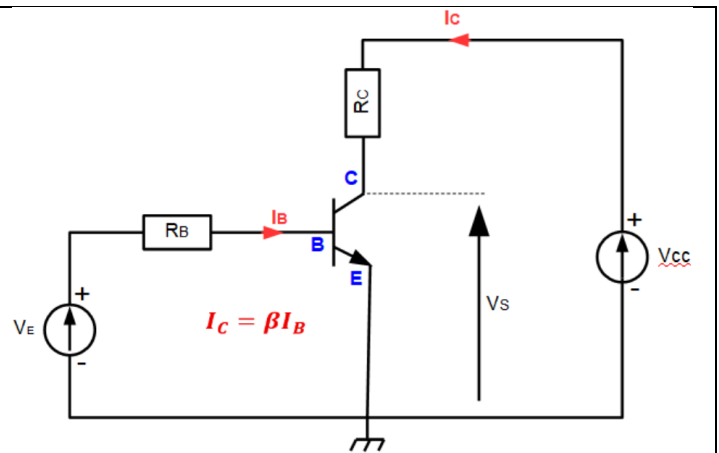


• application numérique si $V_{CC} = 5\text{ V}$.

Le schéma représente un **transistor bipolaire NPN en émetteur commun** :

- Émetteur relié à la masse ;
- Collecteur relié à V_{CC} à travers R_C ;
- Base commandée par la tension d'entrée V_e à travers R_B ;
- Sortie V_s prise au collecteur.

C'est un montage classique de **commutation**.



Question 1 — Déterminer le courant de saturation $I_{C,sat}$

Principe : Lorsque le transistor est **saturé**, il est passant.

I_C n'est alors plus fixé par la loi : $I_C = \beta I_B$ mais par le circuit du collecteur, V_{CC} et R_C .

En saturation, $V_{CE,sat} \approx 0$

Dans la maille de sortie : $V_{CC} = R_C I_C + V_{CE}$ ici $V_{CE} = V_S$

donc : $V_{CC} \approx R_C I_{C,sat}$

Ainsi, $I_{C,sat} = \frac{V_{CC}}{R_C}$ Or $R_C = 10\text{ k}\Omega$, donc : $I_{C,sat} = \frac{V_{CC}}{10\,000}\text{ A} = \frac{V_{CC}}{10}\text{ mA}$

Si $V_{CC} = 5\text{ V}$, $I_{C,sat} = \frac{5}{10\,000} = 5 \times 10^{-4}\text{ A} = 0,5\text{ mA}$

Question 2 — Quel courant de base I_B est nécessaire pour produire la saturation ?

Principe : À la limite de la saturation, le transistor est en régime actif : $I_C = \beta I_B$

Pour atteindre la saturation, il faut $\beta I_B = I_{C,sat}$ d'où : $I_{B,min} = \frac{I_{C,sat}}{\beta} = \frac{V_{CC}}{\beta R_C} = \frac{V_{CC}}{150 \times 10\,000} = \frac{V_{CC}}{1,5 \times 10^6}$

Si $V_{CC} = 5\text{ V}$ alors $I_{B,min} = \frac{5}{1,5 \times 10^6} = 3,33 \times 10^{-6}\text{ A} \approx 3,33\ \mu\text{A}$

Question 3 — Trouver la valeur minimale de V_e nécessaire pour produire la saturation

Principe : Le courant de base circule dans la boucle d'entrée :

- Source V_e ,
- Résistance R_B ,
- Jonction base-émetteur du transistor.

L'émetteur étant à la masse, la tension base – émetteur vaut : $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$

Loi des mailles dans le circuit de base

$$V_e = R_B I_B + V_{BE}$$

Pour obtenir juste la saturation, il faut $I_B = I_{B,\min}$

Donc la tension minimale d'entrée est : $V_{e,\min} = R_B I_{B,\min} + V_{BE}$

$$V_{e,\min} = R_B \frac{V_{CC}}{\beta R_C} + V_{BE}$$

Avec les données : $V_{e,\min} = 1 \text{ M}\Omega \times \frac{V_{CC}}{150 \times 10 \text{ k}\Omega} + 0.7 V_{e,\min}$ soit $V_{e,\min} = 0.7 + \frac{2}{3} V_{CC}$

Si $V_{CC} = 5 \text{ V}$ alors $V_{e,\min} = 0.7 + \frac{2}{3} \times 5 \approx 4.03 \text{ V}$

Question 4 — Si V_e ne peut prendre que deux valeurs, 0 V et 5 V, calculer V_s dans les deux cas

CAS 1 : $V_e = 0 \text{ V}$

Étude du courant de base

$$V_e = 0 \text{ V}$$

$V_{BE} = 0,7 \text{ V}$, la jonction base-émetteur n'est pas polarisée en direct donc $I_B = 0$, Le transistor est donc bloqué.

Si le transistor est bloqué : $I_C = 0$

$$V_{RC} = R_C I_C = 0$$

La tension au collecteur vaut alors : $V_s = V_{CC}$

Si $V_{CC} = 5 \text{ V}$ alors $V_s = 5 \text{ V}$

CAS 2 : $V_e = 5 \text{ V}$

Étude du courant de base

La jonction base – émetteur est polarisée en direct, donc : $I_B = \frac{V_e - V_{BE}}{R_B} = \frac{5 - 0.7}{1 \text{ M}\Omega} = 4.3 \times 10^{-6} \text{ A} = 4.3 \mu\text{A}$

Vérification de la saturation : $I_C = \beta I_B = 150 \times 4.3 \mu\text{A} = 645 \mu\text{A} = 0.645 \text{ mA}$

Si $V_{CC} = 5 \text{ V}$, $I_{C,\text{sat}} = 0.5 \text{ mA} < 0.645 \text{ mA}$. Le transistor reçoit assez de courant de base pour saturer.

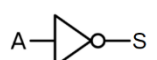
Donc, dans ce cas : $V_s \approx V_{CE,\text{sat}} \approx 0$

Conclusion sur la fonction réalisée par le circuit

Le circuit donne : $V_e = 0 \Rightarrow V_s = 1$ et $V_e = 1 \Rightarrow V_s = 0$

Le montage réalise une **inversion logique**.

Le circuit réalise une porte logique NON (inverseur).



A	S
0	1
1	0