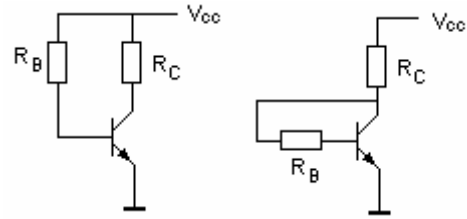


**TD N°3 : Les Transistors bipolaires**  
(Polarisation et régime de commutation)

**Exercice 1**

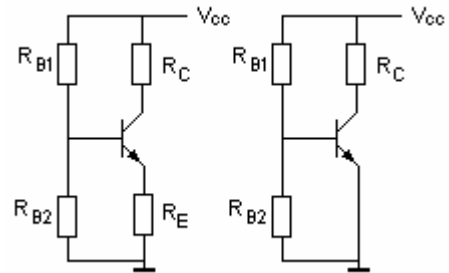
Calculer les résistances nécessaires à la polarisation d'un transistor NPN au silicium dans chacun des deux montages suivants. On donne  $\beta = 100$ ,  $V_{cc} = 10V$  et on désire que le point de repos soit fixé à  $V_{CE0} = 5V$ ,  $I_{C0} = 1mA$  et  $V_{BE0} = 0.7V$ .



**Exercice 2**

un transistor NPN au silicium est polarisé par pont de base selon les schémas ci-dessous. On donne  $\beta = 100$ ,  $V_{cc} = 10V$ ,  $V_{CE0} = 5V$ ,  $I_{C0} = 1mA$  et  $V_{BE0} = 0.7V$ .

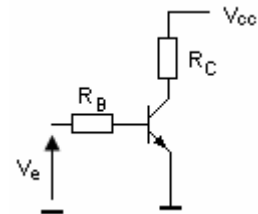
- calculer les éléments de polarisation.
- Déterminer les droites d'attaque et de charge.



**Exercice 3**

Le transistor dans le montage ci-contre travaille en régime de commutation.

- Déterminer le courant de saturation  $I_{Csat}$ .
  - Quelle est la valeur de  $I_{Bs}$  nécessaire pour produire la saturation.
  - Quelle est la valeur minimale de  $V_e$  nécessaire pour produire la saturation.
- On donne  $\beta = 150$ ,  $V_{cc} = 5V$ ,  $R_B = 1M\Omega$ ,  $R_C = 10k\Omega$ ,  $V_{BE0} = 0.7V$ .

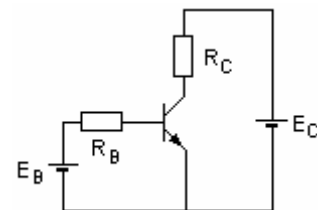


**Exercice 4**

Un transistor NPN au silicium est utilisé dans le montage ci-contre.

On donne  $\beta = 120$ ,  $E_C = 12V$ ,  $V_{BE} = 0.7V$ ,  $R_B = 50k\Omega$ ,  $R_C = 1k\Omega$ . La FEM  $E_B$  croit lentement de  $-5V$  à  $+15V$ .

- Déterminer à partir de quelles valeurs de  $E_B$  le transistor cesse d'être bloqué, puis le transistor commence à être saturé.
- Construire les graphes  $I_C = f(E_B)$  et  $V_{CE} = f(E_B)$



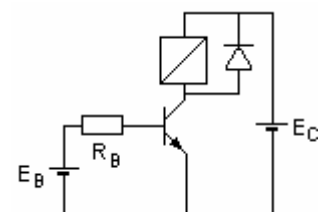
**Exercice 5**

Le transistor du montage ci-dessus fonctionne en commutation. Dans son circuit de collecteur est placée la bobine d'un relais NO.  $E_B = 5V$ ,  $E_C = 24V$

Transistor :  $\beta = 100$ ,  $V_{CEsat} = 0.1V$

Bobine :  $V_N = 24V$ ,  $R_{bo} = 100\Omega$

- Calculer le courant circulant dans la bobine du relais.
- Déterminer le courant  $I_B$  nécessaire pour saturer le transistor.
- En déduire la valeur de la résistance de base  $R_B$ .



**Exercice 6**

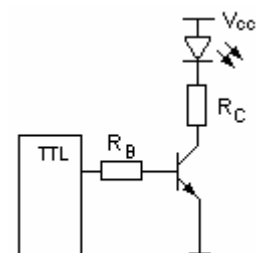
Le montage ci-contre sert à visualiser la sortie d'un opérateur logique a l'état haut par l'intermédiaire d'une LED :

LED :  $V_D = 1.6V$ ,  $I_D = 20mA$ .

Transistor :  $\beta_{min} = 100$ ,  $V_{BE} = 0.7V$ ,  $V_{CEsat} = 0.2V$

Opérateur logique TTL :  $V_{OHmin} = 2.4V$ ,  $I_{OHmax} = 0.4mA$

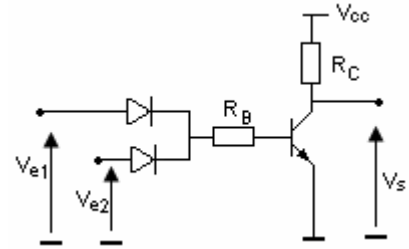
- quel est le rôle du transistor ?
- Dimensionner les éléments résistifs si  $V_{cc} = 5V$



**Exercice 7**

Le transistor dans le montage ci-contre travaille en régime de commutation. Complétez le tableau et déduire la fonction du montage.

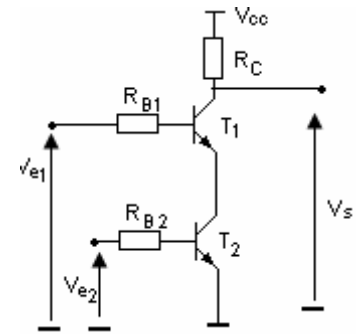
$V_{e1}$	$V_{e2}$	$D_1$	$D_2$	T	$V_s$



**Exercice 8**

Le transistor dans le montage ci-contre travaille en régime de commutation. Complétez le tableau et déduire la fonction du montage.

$V_{e1}$	$V_{e2}$	T1	T2	$V_s$

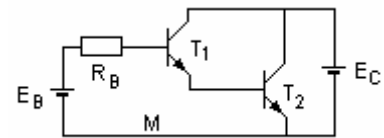


**Exercice 9**

On considère le montage ci-contre (dit montage Darlington)

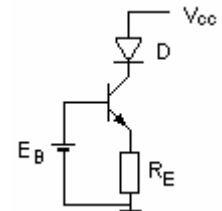
$\beta_1 = 100, \beta_2 = 50, V_{cc} = 12V, R_B = 100k\Omega, V_{BE} = 0.7V$ .

- Etablir une relation entre  $I_{B1}$  et  $I_{C2}$ .
- Calculer la tension  $V_{B1M}$ . Que peut-on conclure ?
- Si  $I_{C2} = 50mA$ , calculer la tension  $E_B$  et la puissance consommée par chaque transistor.



**Exercice 10**

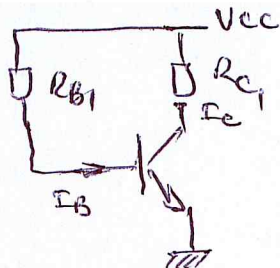
- Calculer le courant qui circule dans la diode.  
On donne :  $V_{cc} = 5V, R_B = 100\Omega, E_B = 2V$ .
- Les caractéristiques du transistor utilisé ont-elles une influence sur le fonctionnement du montage ?



EXERCICE 1

$$\left. \begin{aligned} V_{CEQ} &= \frac{V_{CC}}{2} = 5V \\ I_{CQ} &= 1mA \\ V_{BEQ} &= 0,7V. \end{aligned} \right\}$$

TD N°3



$$* V_{CE} + R_c I_c = V_{CC} \Rightarrow R_c = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{I_c}$$

au point de repos :  $R_c = \frac{V_{CC} - V_{CEQ}}{I_{CQ}} = \frac{V_{CC}}{2I_{CQ}} = \frac{10}{2 \cdot 1} = 5k\Omega$

$$* V_{BE} + R_{B1} I_B = V_{CC}$$

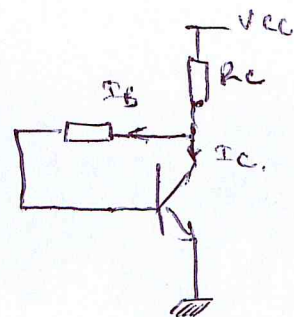
$$\Rightarrow R_{B1} = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_B}$$

au point de repos :  $R_{B1} = \frac{V_{CC} - V_{BEQ}}{I_{BQ}} = \frac{V_{CC} - V_{BEQ}}{I_{CQ} / \beta}$   
 $= \frac{(10 - 0,7) \cdot 100}{1} = 930k\Omega$

$$* V_{CE} + R_c (I_c + I_B) = V_{CC}$$

$$\Rightarrow R_c = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{I_c + I_B} \approx \frac{V_{CC} - V_{CE}}{I_c (1 + \frac{1}{\beta})}$$

$$\approx \frac{V_{CC} - V_{CE}}{I_c}$$



au point de repos :  $R_c = \frac{V_{CC}}{2I_{CQ}} = \frac{10}{2} = 5k\Omega$

$$* V_{BE} + R_B I_B + R_c (I_c + I_B) = V_{CC}$$

$$I_c + I_B \approx I_c$$

$$V_{BE} + R_B \cdot \frac{I_c}{\beta} + R_c I_c + R_c \frac{I_c}{\beta} = V_{CC}$$

$$\Rightarrow \cancel{R_c} (V_{BE} + R_B \cdot \frac{I_c}{\beta} + R_c (1 + \frac{1}{\beta}) I_c = V_{CC}$$

$$\Rightarrow R_B \frac{I_c}{\beta} = V_{CC} - V_{BE} - R_c I_c (1 + \frac{1}{\beta})$$

$$\Rightarrow R_B = (V_{CC} - V_{BE} - R_c I_c) \frac{\beta}{I_c}$$

au point de repos :  $R_B = (V_{CC} - V_{BEQ} - R_c I_{CQ}) \frac{\beta}{I_{CQ}}$   
 $= 430k\Omega$

### EXERCICE 2

$$V_{CC} = R_C I_C + V_{CE} + R_E I_E$$

$$I_E = I_C + I_B = (\beta + 1) I_B \approx \beta I_B$$

$$I_E = I_C = \beta I_B$$

$$V_{CC} = (R_C + R_E) I_C + V_{CE}$$

$$\Rightarrow V_{CC} = 5 R_E I_C + V_{CE}$$

$$\text{au point de repos, } R_E = \frac{V_{CC} - V_{CE0}}{5 I_{C0}}$$

$$= \frac{V_{CC}}{5 \cdot 2 \cdot 1} = \frac{5}{5} \text{ k}\Omega = 1 \text{ k}\Omega$$

$$\Rightarrow R_C = 4 R_E = 4 \text{ k}\Omega$$

$$I_P = 10 I_{B0} = 10 \frac{I_{C0}}{\beta} = 100 \mu\text{A}$$

$$\Rightarrow R_{B2} I_P - V_{BE0} - R_E I_{E0} = 0$$

$$\Rightarrow R_{B2} = \frac{R_E I_{E0} + V_{BE0}}{10 I_{B0}} = \frac{\beta (R_E I_{E0} + V_{BE0})}{10 I_{C0}}$$

$$= \frac{\beta (R_E I_{C0} + V_{BE0})}{10 I_{C0}} = 17 \text{ k}\Omega$$

~~$$R_{B1} (I_B + I_P) - R_{B2} I_{P0} - V$$~~

$$R_{B2} I_P + R_{B1} (I_P + I_{B0}) = V_{CC}$$

$$\Rightarrow R_{B1} = \frac{V_{CC} - R_{B2} I_P}{I_P + I_{B0}} = 75 \text{ k}\Omega$$

$$* V_{CE} + R_C I_{C0} = V_{CC}$$

$$\Rightarrow R_C = \frac{V_{CC} - V_{CE0}}{I_{C0}} = 5 \text{ k}\Omega$$

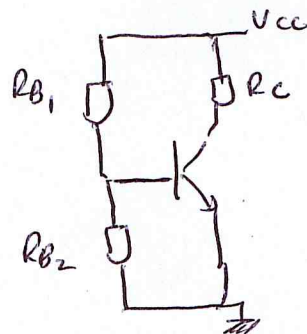
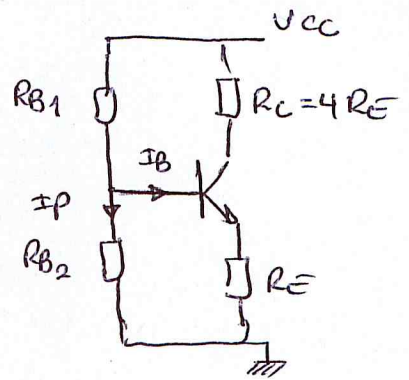
$$* I_P = 10 I_B \cdot R_{B2} I_P - V_{BE0} = 0$$

$$\Rightarrow R_{B2} = \frac{V_{BE0}}{I_P} = \frac{0,7}{10 \cdot I_{C0}} \cdot \beta = 7 \text{ k}\Omega$$

$$R_{B1} (I_P + I_{B0}) + R_{B2} I_P = V_{CC}$$

$$\Rightarrow R_{B1} = \frac{V_{CC} - R_{B2} I_P}{I_P + I_{B0}} = 84,5 \text{ k}\Omega$$

(2)





droite de charge:

$$R_E I_E + V_{CE} + R_C I_C = V_{CC} \Rightarrow I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C + R_E}$$

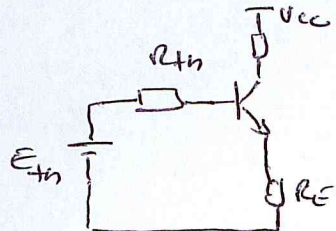
( $I_E \approx I_C$ ).

$$= \frac{10 - V_{CE}}{5 R_E} = \frac{10 - V_{CE}}{5}$$

$$V_{CE} = 0 \Rightarrow I_C = 2 \text{ mA.}$$

$$I_C = 0 \Rightarrow V_{CE} = V_{CC} = 10 \text{ V.}$$

droite d'attaque:



$$R_{th} = \frac{R_{B1} R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}}, \quad E_{th} = \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} V_{CC}$$
$$= 13,9 \text{ k}\Omega, \quad = 1,84 \text{ V.}$$

$$E_{th} - R_{th} I_B - V_{BE} - R_E I_E = 0$$

$$E_{th} - V_{BE} = R_{th} I_B + R_E \beta I_B \Rightarrow I_B = \frac{E_{th} - V_{BE}}{R_{th} + \beta R_E}$$

$$I_B = \frac{1,84 - V_{BE}}{13,9 + 100}$$

$$V_{BE} = 0 \Rightarrow I_B = 16,2 \mu\text{A}$$

$$I_B = 0 \Rightarrow V_{BE} = 1,84 \text{ V.}$$

Exo 10

$$E_b - V_{BE} - R_E I_E = 0 \Rightarrow R_E I_E = V_{EM} = 2 - 0,7$$
$$= 1,3 \text{ V}$$

$$I_E = \frac{1,3}{R_E} = 13 \mu\text{A}$$

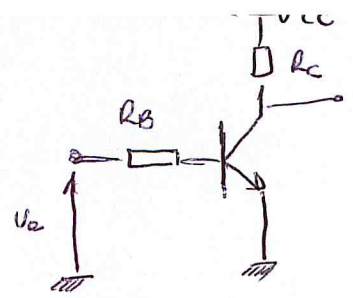
### EXERCICE 3

$$\beta = 150, \quad V_{CC} = 5V$$

$$R_B = 1k\Omega$$

$$R_C = 10k\Omega$$

- $I_{C\text{sat}} = ?$
- $I_{B\text{min}}$  pour la saturation
- $V_{e\text{min}}$  pour la saturation.



droite de charge:  $V_{CE} + R_C I_C = V_{CC} \Rightarrow I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C}$

$$V_{CE} = 0 \Rightarrow I_C = \frac{V_{CC}}{R_C} = I_{C\text{sat}} = \frac{5}{10k} = 0,5 \mu A$$

$$\Rightarrow I_B = \frac{I_{C\text{sat}}}{\beta} = \frac{0,5}{150} = 3,33 \mu A$$

$$V_e \text{ (minimale)}: V_e - R_B I_B - V_{BE} = 0$$

$$\Rightarrow V_e = R_B I_B + V_{BE} = 4,03V$$

### EXERCICE 4

$$* I_B = \frac{E_B - V_{BE}}{R_B} \text{ n'existe que si } E_B > V_{BE} = 0,7V. \\ \text{(le courant } I_B \text{ doit \u00eatre positif)}$$

$\Rightarrow$  Transistor cesse d'\u00eatre饱饱\u00e9e ds' que  $E_B = 0,7V$ .

\* le transistor commence \u00e0 \u00eatre satur\u00e9 lorsque

$$I_B = I_{B\text{s}} = \frac{I_{C\text{sat}}}{\beta}$$

$$I_{C\text{sat}} = \frac{E_C}{R_C} \quad \left( \text{d'apr\u00e8s la droite de charge si } V_{CE} = 0 \right) \\ = \frac{12}{1} = 12 \text{ mA}$$

$$\Rightarrow I_{B\text{s}} = \frac{12}{150} = 0,1 \mu A$$

$$\Rightarrow I_{B\text{s}} = \frac{E_B - V_{BE}}{R_B} \Rightarrow E_B = R_B I_{B\text{s}} + V_{BE} = 50 \cdot 0,1 + 0,7 \\ = 5,7V$$

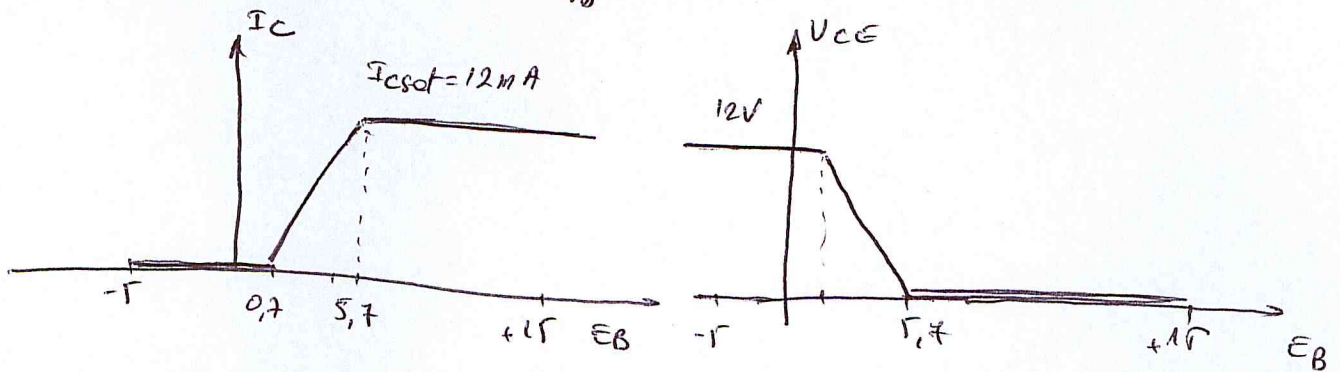


$$\text{si } E_B \leq 0,7 \Rightarrow I_B = 0 \Rightarrow I_C = 0, V_{CE} = E_C = 12V$$

$$\text{si } E_B \geq 1,7V \Rightarrow I_B > I_{BS}, I_C = I_{Csat} = 12\mu A, V_{CE} = 0$$

$$0,7 \leq E_B \leq 1,7 \Rightarrow I_B = \frac{E_B - 0,7}{R_B}$$

$$I_C = \beta I_B = \beta \frac{E_B - 0,7}{R_B} = 2,4 E_B - 1,68.$$



### EXERCICE 5

$$* I_C = \frac{E_C - V_{CEsat}}{R_{bo}} = \frac{23,9}{100} = 239 \text{ mA}$$

$$* I_{BS} = \frac{I_{Csat}}{\beta} = \frac{239}{100} = 2,39 \text{ mA}$$

$$* R_B = \frac{E_B - V_{BE}}{I_B} = \frac{5 - 0,7}{2,39} = 1,79 \text{ k}\Omega \approx 1,8 \text{ k}\Omega$$

### EXERCICE 6

\* puisque l'opérateur logique ne peut délivrer plus de 0,4 mA pour l'état haut minimal, dont il n'est pas capable d'allumer de LED d'où le transistor est nécessaire.

$$R_C = \frac{V_{CC} - V_{CEsat} - V_D}{I_D} = \frac{5 - 0,2 - 1,6}{20 \mu A} = 160 \Omega$$

$$R_B = \frac{V_e - V_{BE}}{I_B} = \frac{(V_e - V_{BE}) \beta}{I_C} = \frac{(2,4 - 0,7) 100}{20 \mu A} = 8,5 \text{ k}\Omega.$$

### Exo 7

$V_{e1}$	$V_{e2}$	$D_1$	$D_2$	T	$V_s = V_{ce}$
0V	0V	OFF	OFF	bloqué	$V_{CC}$
0V	5V	OFF	ON	saturé	0
5V	0V	ON	OFF	saturé	0
5V	5V	ON	ON	saturé	0

Porte ~~NAND~~ NOR

### Exo 8

$V_{e1}$	$V_{e2}$	$T_1$	$T_2$	$V_s$
0	0	bloqué	bloqué	$V_{CC}$
0	5V	bloqué	bloqué	$V_{CC}$
5V	0	bloqué	bloqué	$V_{CC}$
5V	5V	saturé	saturé	0

Porte NAND

### Exo 9

$$* I_{B2} = I_{C1} + I_{B1} = (\beta_1 + 1) I_{B1}$$

$$I_{C2} = \beta_2 I_{B2} = \beta_2 (\beta_1 + 1) I_{B1} = 50 \cdot 50 I_{B1}$$

$$* V_{BE} = V_{BE1} + V_{BE2} = 1,4 \text{ V}$$

$\Rightarrow (T_1 \text{ et } T_2)$  équivalents à un transistor unique

$$\text{de : } V_{BE} = 1,4 \text{ V et } \beta = 5050$$

$$* I_{C2} = 50 \mu\text{A} \Rightarrow I_{B1} = \frac{I_{C2}}{\beta_2} = 9,90 \mu\text{A}$$

$$\Rightarrow E_B = R_B I_{B1} + 1,4 = 2,4 \text{ V}$$

$$P_1 = V_{CE1} I_{C1} = V_{CE2} I_{C1} = (V_{CE2} - V_{BE2}) I_{C1} = 11,3 \text{ mW}$$

$$P_2 = V_{CE2} I_{C2} = 12 \cdot 50 = 600 \text{ mW}$$