

Transistor Bipolaire

1 Réseau de caractéristiques

Sur le réseau de caractéristiques statiques du transistor 2N2222 (montage émetteur commun) :

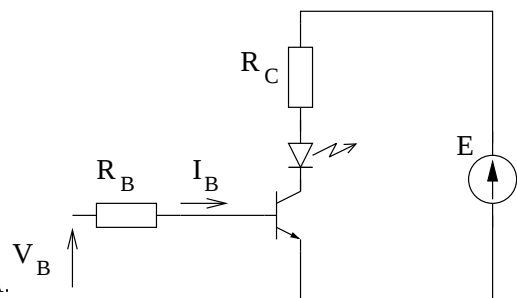
1. Déterminer le type du transistor (NPN ou PNP) et la nature de son matériau.
2. Tracer $I_C = f(I_B)$ pour $V_{CE} = 5\text{ V}$ et $V_{CE} = 15\text{ V}$.
3. Tracer l'hyperbole de dissipation maximale, $P_{MAX} = 50\text{ mW}$.
4. Déterminer le gain en courant β pour $I_C = 5$ et 10 mA .
5. Déterminer I_C et V_{BE} pour $I_B = 66\text{ }\mu\text{A}$ et $V_{CE} = 15\text{ V}$.
6. Déterminer V_{CE} et V_{BE} pour $I_B = 96\text{ }\mu\text{A}$ et $I_C = 13\text{ mA}$.

2 Commutation

On souhaite commander l'allumage d'une LED à partir d'un signal V_B prenant deux valeurs : 0 ou 5 V. On donne $E = 12\text{ V}$.

La LED est modélisée par $V_D = 1,6\text{ V}$ et $r_D = 10\text{ }\Omega$. Le transistor a un gain de 200, une tension base-émetteur de 0,6 V et une tension collecteur-émetteur en saturation de 0,4 V.

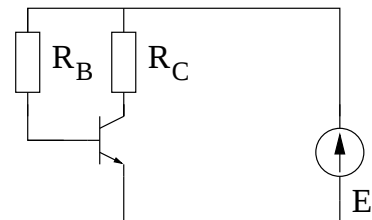
1. Calculez R_C pour que le courant circulant dans la LED lorsque le transistor est saturé soit égal à 20 mA.
2. Calculez R_B pour saturer le transistor lorsque $V_B = 5\text{ V}$ ($I_C/I_B = \beta/2$).



3 Polarisation

3.1 Montage 1

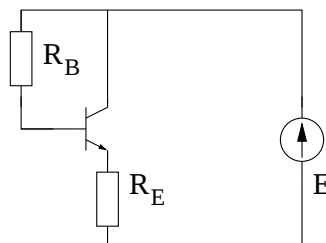
Pour le montage émetteur commun suivant, réalisé avec un transistor 2N2222. On donne : $E = 20\text{ V}$, $R_B = 550\text{ k}\Omega$, $R_C = 1$ ou $2\text{ k}\Omega$. On considère $I_B \ll I_C$ et $V_{BE} = 0,6\text{ V}$. Calculer I_B , tracer les droites de charge correspondantes à $R_C = 1$ et $2\text{ k}\Omega$ sur le réseau de caractéristique utilisé pour l'exercice 1. Déterminer alors les points de fonctionnement du transistor. Quel point de fonctionnement doit-on choisir ?



3.2 Montage 2

Déterminer le point de fonctionnement du transistor.

On donne $E = 10\text{ V}$, $R_B = 110\text{ k}\Omega$, $R_E = 500\text{ }\Omega$, $V_{BE} = 0,6\text{ V}$ et $\beta = 130$.

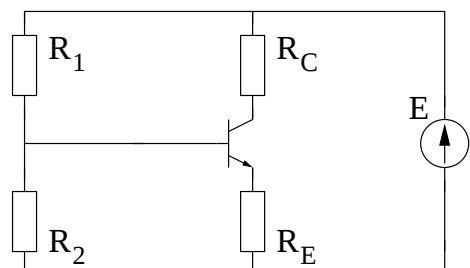


3.3 Montage 3

Déterminer le point de fonctionnement du transistor dans le cas de polarisation ci-contre :

On néglige le courant de base devant les courants circulants dans R_1 et R_2 .

On donne $E = 15\text{ V}$, $R_1 = 12,5\text{ k}\Omega$, $R_2 = 2,5\text{ k}\Omega$, $R_C = 400\text{ }\Omega$, $R_E = 200\text{ }\Omega$, $V_{BE} = 0,6\text{ V}$ et $\beta = 200$.



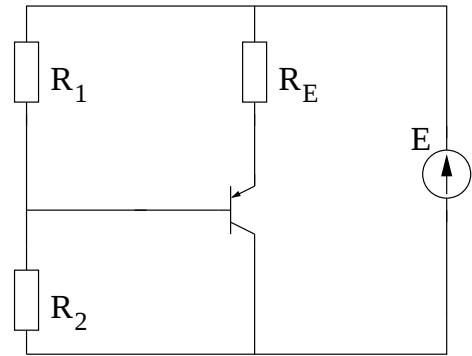
3.4 Montage 4



Déterminer le point de fonctionnement du transistor dans le cas de polarisation ci-contre :

On néglige le courant de base devant les courants circulants dans R_1 et R_2 .

On donne $E = 15 \text{ V}$, $R_1 = 5 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_E = 1000 \Omega$, $V_{BE} = -0,6 \text{ V}$ et $\beta = 150$.



3.5 Montage 5

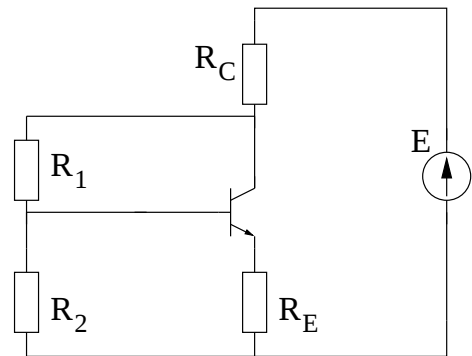
On néglige le courant de base devant les courants circulants dans R_1 et R_2 .

On donne $E = 15 \text{ V}$, $R_1 = 5 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 5 \text{ k}\Omega$, $R_C = 1000 \Omega$, $R_E = 1000 \Omega$. On considère V_{BE} négligeable et $I_C \gg I_B$.

Que peut-on dire de U_{R1} et U_{R2} ?

En déduire une relation entre V_{CE} et U_{RE} .

Calculer V_{CE} et I_C .

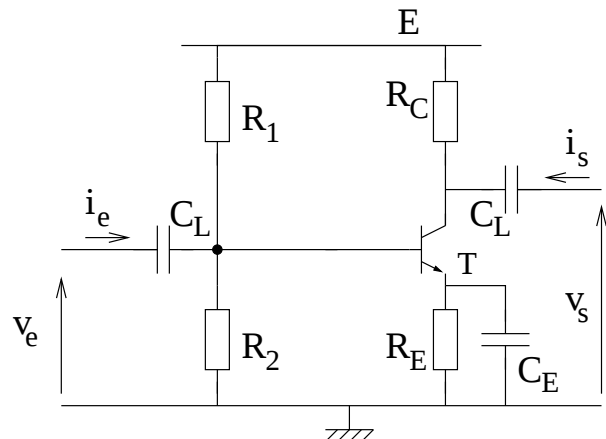


4 Montage émetteur commun

On considère le montage ci-contre, avec $E = 15 \text{ V}$, $R_C = 1 \text{ k}\Omega$ et $R_E = 250 \Omega$.

4.1 Etude statique

- Après avoir tracé la droite de charge statique et défini la pente de la droite de charge dynamique, déterminer l'excursion maximale de la tension de sortie dans le cas où les coordonnées du point de fonctionnement sont :
 - $V_{CE} = 5 \text{ V}$.
 - $V_{CE} = 10 \text{ V}$.
- Déterminer maintenant le point de fonctionnement que l'on doit choisir pour obtenir en régime dynamique, une excursion maximale de la tension sans écrêtage.
- Tracer $I_C = f(I_B)$ pour $V_{CE} = V_{CE0}$ puis déterminer le courant de base pour le point de repos.
- Déterminer la valeur des résistances R_1 et R_2 permettant d'obtenir ce point de fonctionnement. On donne $R_1 + R_2 = 10 \text{ k}\Omega$. Vérifier que le courant I_B est négligeable devant le courant de pont (dans R_1 et R_2). On négligera I_B devant I_C . $V_{BE} = 0,6 \text{ V}$.
- Déterminer autour du point de fonctionnement déterminé en 3, les valeurs des paramètres hybrides du transistor.



4.2 Etude dynamique

- Dessiner un schéma équivalent au montage, valable en régime dynamique (schéma "petits signaux"). On considère l'impédance des condensateurs nulle et $h_{12} = 0$.
- Calculer le gain en tension, l'impédance d'entrée et l'impédance de sortie.
- On considère le montage chargé par une résistance R_{ch} de $2 \text{ k}\Omega$. Calculer le gain en courant et le gain en tension.
- Refaire les applications numériques pour $h_{22} = 0$.

4.3 Montage charges réparties

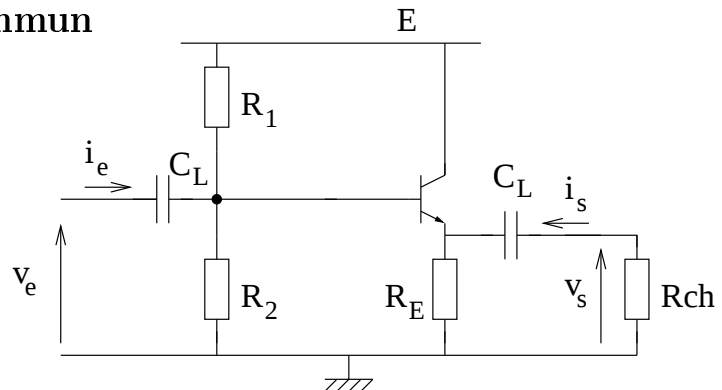
On considère maintenant le montage sans le condensateur C_E .
Reprendre l'étude précédente et comparer les résultats. On négligera le terme h_{22} .

5 Montage collecteur commun

On considère le montage ci-contre,
avec $E = 15\text{ V}$ et $R_E = 2\text{ k}\Omega$.

5.1 Schéma "petits signaux"

1. Dessiner un schéma équivalent au montage, valable en régime dynamique. On considère l'impédance des condensateurs nulle, $h_{12} = 0$ et $h_{22} = 0$.
2. En déduire l'équation liant v_{ce} et i_c (On néglige i_b).



5.2 Etude statique

1. Tracer la droite de charge statique.
2. Déterminer le point de repos que l'on doit choisir pour obtenir une excursion maximale de la tension de sortie sans écrêtage à vide.
3. Déterminer ensuite le point de repos que l'on doit choisir pour obtenir une excursion maximale de la tension de sortie sans écrêtage lorsque l'on charge le montage avec une résistance R_{ch} de $4\text{ k}\Omega$.
4. Déterminer la valeur des résistances R_1 et R_2 permettant d'obtenir ce point de fonctionnement. On donne $R_1 + R_2 = 100\text{ k}\Omega$. On négligera I_B devant I_C et I_B devant le courant de pont (dans R_1 et R_2). $V_{BE} = 0,6\text{ V}$.
5. Déterminer autour du point de fonctionnement la valeur des paramètres hybrides du transistor en montage émetteur commun.

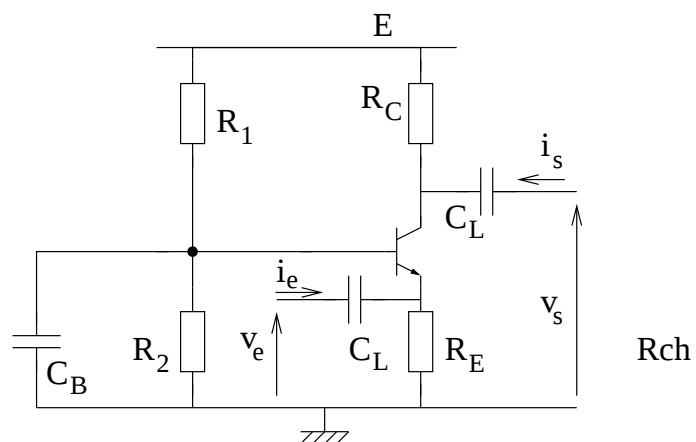
5.3 Etude dynamique

1. Calculer le gain en tension, l'impédance d'entrée et l'impédance de sortie à vide.
2. Calculer le gain en tension et le gain en courant avec la charge.

6 Montage base commune

Le montage ci-contre est alimenté sous $E = 15\text{ V}$. On désire obtenir un point de repos défini par $I_C = 10\text{ mA}$ et $V_{CE} = 7,5\text{ V}$ pour lequel on détermine les paramètres hybrides du transistor suivants : $h_{11} = 1250\text{ }\Omega$, $h_{12} = 0$, $h_{21} = 250$ et $h_{22} = 0$.

1. Dessiner un schéma équivalent au montage, valable en régime dynamique (schéma "petits signaux"). On considère l'impédance des condensateurs nulle.
2. Exprimez le gain en tension.
3. Déterminer les valeurs des résistances R_C et R_E pour que le transistor soit polarisé au point de fonctionnement choisi et pour que le gain en tension soit égal à $+100$.
4. Déterminer la valeur des résistances R_1 et R_2 permettant d'obtenir ce point de fonctionnement. On donne $R_1 + R_2 = 10\text{ k}\Omega$. On négligera I_B devant I_C et I_B devant le courant de pont (dans R_1 et R_2). $V_{BE} = 0,6\text{ V}$.
5. Calculer l'impédance d'entrée et l'impédance de sortie.
6. On considère le montage chargé par une résistance R_{ch} de $1\text{ k}\Omega$. Calculer le gain en courant.

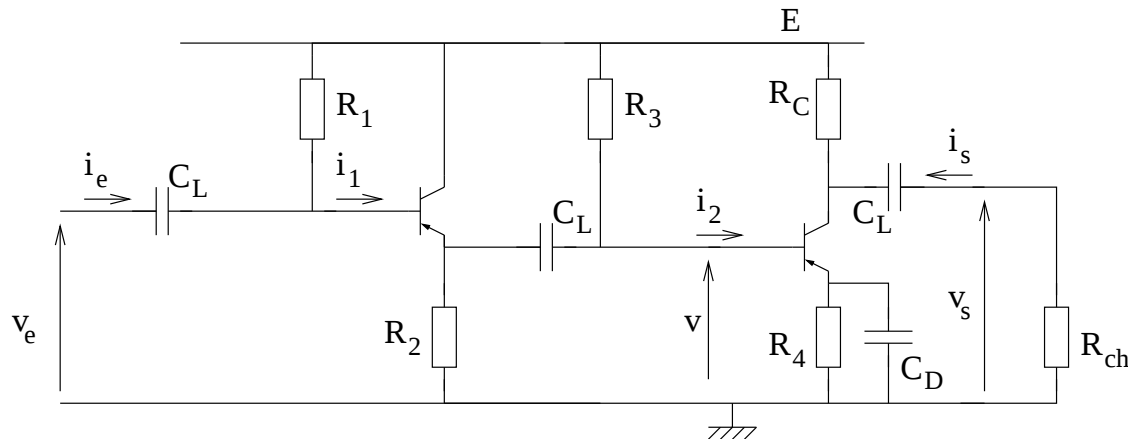


7 Comparaison

Présenter dans un tableau pour les trois montages : le gain en tension, l'impédance d'entrée, l'impédance de sortie, le gain en courant et le gain en puissance. Comparez.

8 Amplificateur à deux étages

On considère l'amplificateur à deux étages ci dessous.



On donne $R_1 = 50 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 2 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 20 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 300 \Omega$, $R_C = 4 \text{ k}\Omega$ et $R_{ch} = 4 \text{ k}\Omega$.

1. Dessiner un schéma équivalent au montage, valable en régime dynamique (schéma "petits signaux") avec $h_{11} = 1 \text{ k}\Omega$, $h_{12} = 0$, $h_{21} = 100$ et $h_{22} = 0$ pour les deux transistors. On considère l'impédance des condensateurs nulle.
2. Calculer v_s/v , v/v_e , puis v_s/v_e .
3. Calculer i_s/i_2 , i_2/i_1 et i_1/i_e , puis i_s/i_e .
4. Dans quel cas utilise-t-on ce montage. Expliquez.

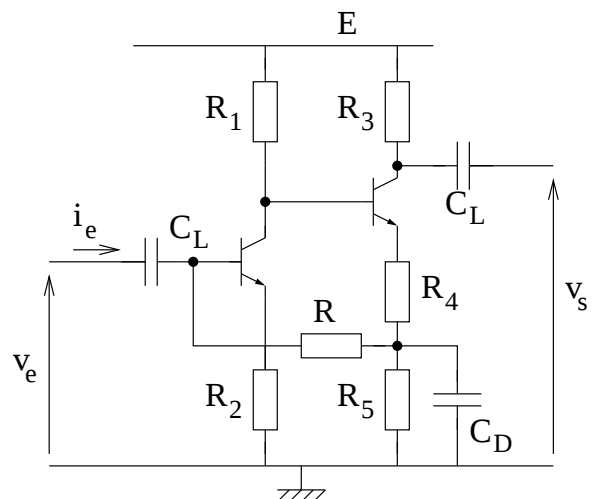
9 Montage à deux transistors

On considère le montage ci-dessous. Les deux transistors sont supposés identiques, ils ont une tension V_{BE} de 0,6 V. Leur gain en courant est de 100. Les condensateurs de liaison et de découplage sont supposés idéaux.

On donne $R_1 = 20 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 3 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 1 \text{ k}\Omega$ et $R_5 = 4 \text{ k}\Omega$.

9.1 Etude statique

1. Déterminer la valeur de la résistance R pour que les tensions émetteur-collecteur des transistors soient : $V_{CE1} = 5 \text{ V}$ et $V_{CE2} = 6 \text{ V}$ (on néglige les courants de base devant les courants collecteur).
2. Ce montage est-il stable en température ?



9.2 Etude dynamique simplifiée

On suppose que le fonctionnement dynamique des deux transistors peut être décrit en première approximation, à l'aide des deux seuls paramètres $h_{11} = 1 \text{ k}\Omega$ et $h_{21} = 100$.

1. Dessiner un schéma équivalent au montage, valable en régime dynamique (schéma "petits signaux").
2. Calculer le gain en tension, l'impédance d'entrée et l'impédance de sortie.

9.3 Etude dynamique rigoureuse

Reprendre l'étude précédente dans le cas où le paramètre $h_{22} = 0,4 \text{ mS}$.
Conclure sur la validité de l'étude précédente.

10 Résultats

- 1 - pour $I_C = 5 \text{ mA}$: $\beta = 128, 135$; pour $I_C = 10 \text{ mA}$: $\beta = 133, 139$.
- 2 - $R_C = 490 \Omega$, $R_B = 22 \text{ k}\Omega$.
- 3.1 - $I_B = 35 \mu\text{A}$, $R_C = 1 \text{ k}\Omega$: $V_{CE} = 15,2 \text{ V}$ et $I_C = 4,7 \text{ mA}$; $R_C = 2 \text{ k}\Omega$: $V_{CE} = 10,8 \text{ V}$ et $I_C = 4,6 \text{ mA}$; point sous P_{MAX} .
- 3.2 - $V_{CE} = 6,5 \text{ V}$ et $I_C = 6,96 \text{ mA}$
- 3.3 - $V_{CE} = 9,3 \text{ V}$ et $I_C = 9,5 \text{ mA}$.
- 3.4 - $V_{CE} = -10,6 \text{ V}$ et $I_C = -4,37 \text{ mA}$.
- 3.5 - $V_{CE} = 4,69 \text{ V}$ et $I_C = 4,69 \text{ mA}$.
- 4.1 - (a) 8 V (b) 10 V , $V_{CE} = 6,7 \text{ V}$ et $I_C = 6,7 \text{ mA}$ (13.4 V), $R_1 = 8,49 \text{ k}\Omega$ et $R_2 = 1,51 \text{ k}\Omega$, $h_{11} = 500 \Omega$ $h_{12} = 0$ $h_{21} = 139$ $h_{22} = 27,5 \mu\text{S}$.
- 4.2 - $A_V = -270$ $Z_E = 360 \Omega$ $Z_S = 973 \Omega$; $A_{Vch} = -182$ $A_i = 33$; $A_V = -278$ $Z_E = 360 \Omega$ $Z_S = 1000 \Omega$, $A_{Vch} = -185$, $A_i = 118$.
- 4.3 - $A_V = -3,9$ $Z_E = 1237 \Omega$ $Z_S = 1000 \Omega$, $A_{Vch} = -2,6$ $A_i = 1,6$.
- 5.2 - $V_{CE} = 6 \text{ V}$ et $I_C = 4,5 \text{ mA}$, $R_1 = 66 \text{ k}\Omega$ et $R_2 = 44 \text{ k}\Omega$, $h_{11} = 700 \Omega$ $h_{12} = 0$ $h_{21} = 139$ $h_{22} = 20 \mu\text{S}$.
- 5.3 - $A_V = 1$ $Z_E = 21,3 \text{ k}\Omega$ $Z_S = 5 \Omega$, $A_{Vch} = 1$ $A_i = 6$,
- 6 - $A_V = h_{21}R_C/h_{11}$, $R_C = 500 \Omega$ $R_E = 250 \Omega$, $R_1 = 7933 \Omega$ et $R_2 = 2066 \Omega$, $Z_E = 4,6 \Omega$ et $Z_S = 500 \Omega$, $A_{Vch} = 66,6$ $A_i = -0,18$
- 8 - $v_s/v_e = 200$, $i_s/i_e = 88$.
- 9 - $R = 214 \text{ k}\Omega$ $A_V = 53,9$ $Z_E = 125,5 \text{ k}\Omega$ $Z_S = R_3 = 10 \text{ k}\Omega$.

