

Exercice 9.1

$$|\alpha| = I_C / I_E = 99,5/100 = 0,995.$$

$$\beta = \alpha / (1 - \alpha) = I_C / I_B \approx 200$$

Exercice 9.2

$$\text{Le circuit d'entrée donne : } I_B = (V_{BM} - V_{BE}) / R_B = 9,3 / (47 \cdot 10^3) = 0,2 \text{ mA.}$$

$$\text{Le circuit de sortie donne : } V_{CE} = V_{CC} - R_C \cdot I_C = 10 - R_C \cdot \beta \cdot I_B = 10 - 5 \cdot \beta ;$$

Tout transistor ainsi alimenté est saturé ($V_{CE} \approx 0 ; I_C < \beta \cdot I_B$).

Exercice 9.3

$$\text{Le circuit d'entrée donne : } I_B = (V_{BM} - V_{BE}) / R_B = 4,3 / (4,7 \cdot 10^3) = 0,915 \text{ mA.}$$

$$\text{Le circuit de sortie donne : } V_{CE} = V_{CC} - R_C \cdot I_C = 5 - 0,43 \cdot \beta ;$$

Tout transistor ayant un $\beta > 12$ et ainsi alimenté est saturé :

$$V_{CE} \approx 0 \text{ et } I_C = V_{CC} / R_C = 10,6 \text{ mA}$$

Exercice 9.4

Circuit a :

$$\text{Le circuit d'entrée donne : } -V_{CC} + R_B \cdot I_B + V_{BE} = 0$$

$$I_B = (15 - 0,7) / (200 \cdot 10^3) = 71,5 \text{ } \mu\text{A.}$$

$$\text{Si } \beta = 100, I_{C1} = 7,15 \text{ mA. Si } \beta = 300, I_{C2} = 21,45 \text{ mA. Rapport } I_{C2} / I_{C1} = 3$$

Circuit b :

$$\text{Le circuit d'entrée donne : } -V_{CC} + (R_C + R_B)I_C + R_B \cdot I_B + V_{BE} = 0$$

$$\text{Or } I_B = I_C / \beta \text{ donc : } I_C = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_C + R_B / \beta}$$

$$\text{Si } \beta = 100, I_{C1} = 4,77 \text{ mA. Si } \beta = 300, I_{C2} = 8,58 \text{ mA. Rapport} = 1,8$$

Circuit c :

$$\text{Le circuit d'entrée donne : } -V_{CC} + R_B \cdot I_B + V_{BE} + R_E I_E = 0$$

$$\text{Or } I_E \approx I_C = \beta \cdot I_B \text{ donc : } I_C \approx \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_E + R_B / \beta}$$

$$\text{Si } \beta = 100, I_{C1} = 6,8 \text{ mA. Si } \beta = 300, I_{C2} = 18,6 \text{ mA. Rapport} \approx 3$$

Le circuit *b* est un peu meilleur que les autres pour stabiliser le courant collecteur.

Exercice 9.5

$$\text{Le circuit d'entrée donne : } V_{BM} = R_B \cdot I_B = 10 - 0,6 = 9,4 \text{ V}$$

$$I_B = 9,4 / (470 \cdot 10^3) = 20 \text{ } \mu\text{A. Comme } \beta = 300, I_C = 6 \text{ mA.}$$

$$\text{En sortie, on a } V_{CE} = V_{CC} - R_C \cdot I_C = 4 \text{ V.}$$

Si $R_B = 200 \text{ k}\Omega$, on a $R_B < \beta \cdot R_C$ donc le transistor est saturé.

Exercice 9.6

$$\text{En entrée : } -V_{CC} + (R_C + R_B)I_C + R_B \cdot I_B + V_{BE} = 0$$

$$\text{Or } I_B = I_C / \beta \text{ donc : } I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{\beta R_C + R_B}$$

$$\text{Si } \beta = 170, I_B = 30 \text{ } \mu\text{A ; } I_C = 5,05 \text{ mA ; } V_{CE} = 5,95 \text{ V.}$$

Exercice 9.7

$$I_C = (V_{CC} - V_{CE} - V_{EM}) / R_C = 12 \cdot (1 - 0,4 - 0,2) / 4700 \approx 1 \text{ mA.}$$

$R_E = V_{EM}/I_E = 2,4 \text{ k}\Omega$; on prendra $2,2 \text{ k}\Omega$ (valeur normalisée).

$I_B = I_C/\beta = 16,6 \mu\text{A}$; donc il faut $I_P > 170 \mu\text{A}$. On prend $I_P = 180 \mu\text{A}$.

$R_1 = (V_{CC} - V_{BM})/(I_P + I_B) = (12 - (2,4 + 0,6))/197 \cdot 10^{-6} \approx 45 \text{ k}\Omega$. On prend $47 \text{ k}\Omega$

$R_2 = V_{BM}/I_P = (2,4 + 0,6)/180 \cdot 10^{-6} = 16,6 \text{ k}\Omega$. On prend $18 \text{ k}\Omega$.

Exercice 9.8

$I_B = I_C/\beta$ donc $I_C = 3 \text{ mA}$.

$V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_E$; donc $R_E = 3/3 \cdot 10^{-3} = 1000 \Omega$.

$V_{BM} = (V_{BE} + V_{EM}) = 3,6 \text{ V}$. Soit I_0 le courant dans R_2 . Le courant dans R_1 est donc : $I_0 + I_B$.

$V_{CC} = R_1 \cdot I_0 + R_1 \cdot I_B + R_2 \cdot I_0$. Donc $I_0 = 40 \mu\text{A}$. et $R_1 = 3,6/(40 \cdot 10^{-6}) = 90 \text{ k}\Omega$.

Le courant dans le pont est beaucoup trop faible. Il faut diminuer R_1 et R_2 .

Exercice 9.9

Le circuit d'entrée donne pour le potentiel de l'émetteur :

$V_{EM} = V_{BM} - V_{BE} = 2 - 0,7 = 1,3 \text{ V}$.

Le courant d'émetteur est donc : $I_E = 1,3/100 = 13 \text{ mA}$;

C'est aussi le courant qui traverse la diode. La valeur du gain du transistor et celle de V_{CC} sont *a priori* indifférentes. Il faut toutefois que V_{CE} reste positif.

Exercice 9.10

La résistance R_1 sert à polariser la diode Zener dans la partie linéaire de la caractéristique inverse. Si elle est trop faible, on consomme inutilement de la puissance.

Le potentiel de base vaut $V_{BM} = V_Z = V_{BE} + V_{EM}$.

$V_{EM} = R_E \cdot I_E = 6 \text{ V}$ donc $I_E = 3 \text{ mA}$. Comme $I_B \ll I_C$ alors $I_C = I_E = 3 \text{ mA}$.

Valeurs limites de R_C :

Si $R_C = 0$, $V_{CE} = V_{CC} - V_{EM} = 9 \text{ V}$. La puissance dissipée dans le transistor est égale à 21 mW .

On a aussi : $V_{CC} = R_C \cdot I_C + V_{CE} + V_{EM}$. Comme V_{CE} ne peut devenir négatif, ($V_{CE} \approx 0$ pour un transistor saturé), la valeur maximale du produit $R_C \cdot I_C$ est 9 V .

La valeur maximale de R_C est donc $3 \text{ k}\Omega$. Pour des valeurs supérieures, le courant I_C va devenir inférieur à 3 mA .

Exercice 12.1

Le gain en tension d'un étage émetteur commun découplé est égal à $-\beta \cdot R_S/h_{11}$. Le gain β et h_{11} sont liés (voir page 62) par : $h_{11}(\Omega) = 26 \cdot \beta/I_C(\text{mA})$. Le gain en tension est égal à :

$A_V = -I_C \cdot R_S/26$.

On néglige I_B devant le courant dans le pont de base :

$V_{BM} = 15 \cdot 10/(56 + 10) = 2,27 \text{ V}$; donc $V_{EM} = 2,27 - 0,6 = 1,67 \text{ V}$.

$I_E = I_C = 1,67/1500 = 1,11 \text{ mA}$.

Si $R_U = \infty$ alors $R_S = R_C = 6200 \Omega$ et $A_V = -6200 \cdot 1,11/26 = -264$.

Si $R_U = 10 \text{ k}\Omega$ alors $R_S = \{R_C // R_U\}$ et $A_V = -3820 \cdot 1,11/26 = -163$.

Exercice 12.2

Le montage est identique à celui du précédent (avec le transistor complémentaire).

Les gains en tension sont les mêmes ainsi que les résistances de sortie.

L'impédance d'entrée est : $Z_E = \{h_{11} // R_1 // R_2\}$ et $h_{11} \approx 26\beta/I_C$

AN : $h_{11} = 150 \cdot 26/1,11 = 3500 \Omega$; $Z_E = 2480 \Omega$.

Exercice 12.3

Le point de fonctionnement est inchangé. Si ρ_E est la partie non découplée de la résistance d'émetteur, le gain de l'étage est égal à :

$$A_V = -\frac{\beta \cdot R_S}{h_{11} + \beta \cdot \rho_E} = -\frac{R_S}{26/I_C + \rho_E}$$

Sans découplage : $A_V = -6200/1523 = -4$.

$$Z_E = \{R_1 // R_2 // \{h_{11} + \beta \cdot \rho_E\}\} < R_2 \quad (\rho_E = 1500\Omega)$$

Découplage partiel : $A_V = -6200/523 = -11,8$.

$$Z_E = \{R_1 // R_2 // \{h_{11} + \beta \cdot \rho_E\}\} < R_2 \quad (\rho_E = 500\Omega)$$

Le découplage partiel permet de conserver un gain raisonnable.

Exercice 12.4

Calcul de la tension d'entrée : le générateur débite dans R_G qui est en série avec la résistance R_P de polarisation ($R_1 // R_2$). La tension d'entrée (générateur de Thévenin équivalent) est :

$$v_E = v_G \cdot R_P / (R_G + R_P) = 50.15 / (10 + 15) = 30 \text{ mV.}$$

La résistance du générateur de Thévenin équivalent est $R_0 = R_G // R_P = 6 \text{ k}\Omega$.

La résistance ρ_E vue par l'émetteur est $(R_E // R_U) = 2126 \Omega$.

Le gain en tension (chap. 12, § 2.4) est :

$$A_V = \frac{h_{21}\rho_E}{h_{11} + h_{21}\rho_E} = \frac{h_{21}\rho_E}{26 \cdot h_{21}/I_C + h_{21}\rho_E} = \frac{\rho_E}{26/I_C + \rho_E}$$

Calcul de I_C :

Le potentiel de base est $V_{BM} = U \cdot R_2 / (R_1 + R_2) = 7,5 \text{ V}$.

Celui d'émetteur est : $V_{EM} = V_{BM} - V_{BE} = 6,8 \text{ V} \Rightarrow I_C = V_{EM}/R_E = 0,68 \text{ mA}$.

On tire : $A_V = 0,98$ et $v_S = 29,4 \text{ mV}$.

Z_S est égale à $= V_0/I_{CC}$.

La tension à vide est : $V_0 = v_E \cdot h_{21} \cdot \rho_E / \{h_{21}\rho_E + R_0 + h_{11}\}$

Le courant de court-circuit est : $I_{CC} = h_{21} \cdot i_B = h_{21} \cdot v_E / (R_0 + h_{11})$

$Z_S = (h_{11} + R_0)/h_{21} // \rho_E h_{21} \cdot Z_S \approx h_{11}/h_{21} = 26/I_C = 38 \Omega$.