

TD n°2 : - Électronique analogique - Le transistor bipolaire

1. Caractéristiques d'un transistor.

Nous allons ici étudier les caractéristiques du transistor 2N2222. A partir des informations du data sheet, expliquer ce que représente (bien faire la relation avec la physique du semi-conducteur) :

- 1.1. V_{CE0} , V_{EB0} , V_{CB0} ,
- 1.2. I_C ,
- 1.3. $BV(BR)_{CE0}$, $BV(BR)_{EB0}$, $BV(BR)_{CBO}$,
- 1.4. I_{CEX} , I_{EB0} , I_{CB0} , I_{BL} ,
- 1.5. V_{CEsat} , V_{BEsat} ,
- 1.6. l'ensemble des informations de Spice model.

2. Le transistor en courant continu.

On considère le montage d'un transistor PNP -Figure 1- dont le coefficient d'amplification est $\beta=50$. R_B est une résistance pouvant varier entre 100 et 200k Ω , $R_C=2\,000\Omega$ est la résistance de la bobine relais, $R_E=500\Omega$, $V_{CC}=15V$. En négligeant le courant résiduel I_{CE0} et la tension V_{BE} entre l'émetteur et base et en sachant que l'enclenchement du relais se produit quand la bobine du relais est traversée par un courant minimal égal à 5mA.

- 2.1. Déterminer la valeur minimale de I_B permettant l'enclenchement du relais.
- 2.2. En déduire la valeur maximale que doit avoir R_B .
- 2.3. Quelle est alors la valeur de V_{CE} , tension entre émetteur et collecteur ?
- 2.4. Déterminer les valeurs des courants I_B , I_C et I_E quand $R_B = 100\,000\Omega$.

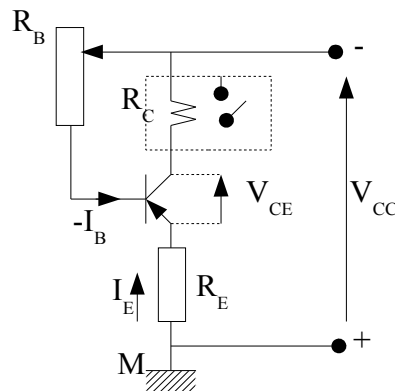


Figure 1

3. Polarisation par pont.

La tension de collecteur V_{CE} d'un transistor étant maintenue constante est égale à 4,5V, on mesure le courant de collecteur I_C et le courant de base I_B , en fonction de la tension de base V_{BE} . Les résultats sont les suivants :

$ V_{BE} $ (mV)	50	100	128	150	160	178	192	204
I_C (mA)	0	0,35	1	2	3	4	5	6
I_B (μ A)	0	6,4	18	36	55	73	92	109

- 3.1. Calculer le coefficient d'amplification en courant $\beta = \frac{I_C}{I_B}$, et le rapport de transfert de

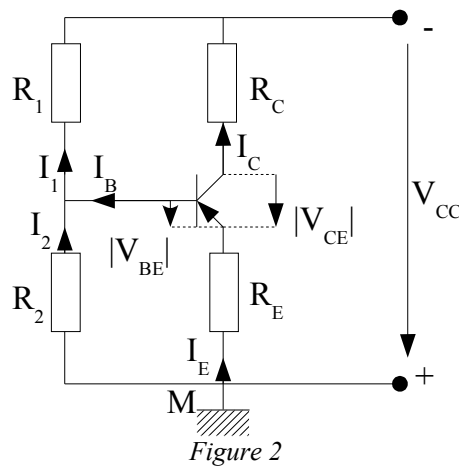
courant de ce transistor.

3.2. Le transistor précédent est monté en amplificateur, d'après le schéma Figure 2 (les flèches indiquent le sens réel des courants et tensions). On donne $R_E = 560\Omega$, $R_C = 1\,000\Omega$, $R_2 = 4\,700\Omega$, $V_{CC} = 9V$. On règle R_1 de façon que la tension de collecteur soit $|V_{CE}| = 4,5V$. Indiquer le type de transistor (PNP ou NPN). Calculer I_C , I_B , I_E , $|V_{BE}|$, I_2 , I_1 et R_1 .

3.3. On admet que le courant I_C suit une loi de la forme $I_C = \beta \cdot I_B + \beta \cdot I_{CB0}$. I_{CB0} étant la valeur du courant I_C quand $I_E = 0$ (un fil coupé). Ce courant augmente avec la température et cette variation sera notée ΔI_{CB0} . En appliquant le théorème de Thévenin au générateur qui produit le courant I_B , écrire la loi d'Ohm pour le circuit d'entrée du transistor.

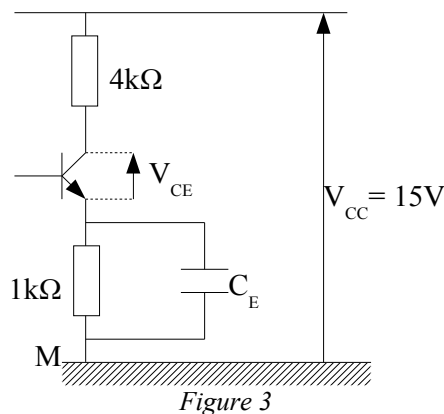
3.4. En déduire une expression littérale du courant I_B dans ce circuit et la valeur du coefficient de

stabilisation en température
$$S = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_{CB0}}$$



4. Droites de charges.

4.1. On réalise le montage de la Figure 3, où $R_C = 4k\Omega$ et $R_E = 1k\Omega$. Tracer les droites de charge Δ_c pour le continu et Δ_a pour l'alternatif. On veut que pour le point de repos $I_C = 1,5mA$ (I_B sera considéré comme négligeable).



4.2. On réalise maintenant le montage de la Figure 4. Même questions que précédemment avec cette fois un point de repos $V_{CE} = -3V$.

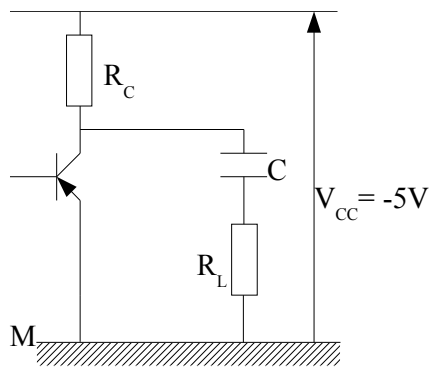


Figure 4

4.3. On réalise un montage collecteur commun (uniquement pour l'alternatif, Figure 5). On a $R_E = 4k\Omega$ et $R_L = 1k\Omega$. Tracer la droite de charge Δ_C pour le continu. Placer le point de repos M et Δ_a de façon que l'amplitude puisse être maximale en classe A.

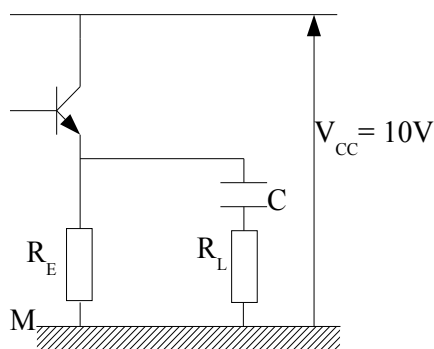


Figure 5

4.4. Le transistor est connecté à l'alimentation par un transformateur conformément à la Figure 6. On suppose que le transformateur est parfait (la résistance de son primaire est négligeable en continu). Le rapport de transformation est $m = \frac{n_2}{n_1}$. La charge est R_u . Tracer Δ_C et Δ_a .

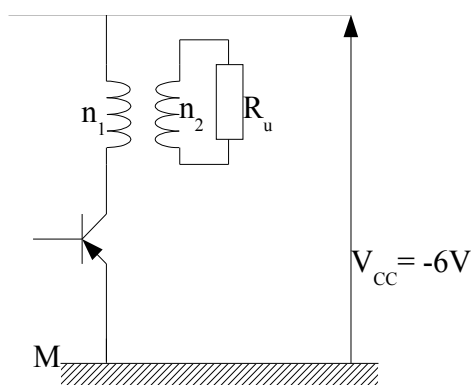


Figure 6

5. Etude statique d'un montage émetteur commun.

Soit le montage émetteur commun suivant :

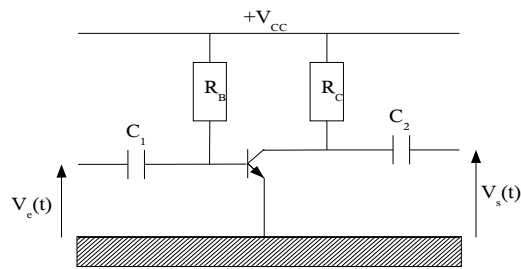
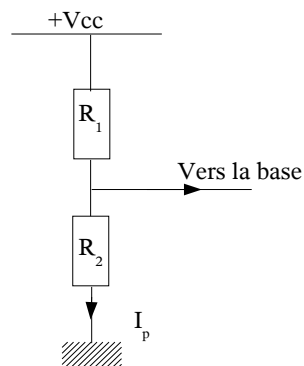


Figure 7

avec $V_{CC} = 12V$ et $R_C = 1.2k\Omega$

- 5.1 Déterminer l'équation de la droite de charge statique (D) et tracer (D) dans le réseau statique du transistor.
- 5.2 Appliquer la règle de la « demi-alimentation » pour choisir le point de fonctionnement M_0 . Quel est son intérêt?
- 5.3 En déduire la valeur de R_B avec les coordonnées du point de fonctionnement sur le réseau de caractéristiques.
- 5.4 On remplace R_B par un pont de polarisation. En supposant que $I_p = 5I_{B0}$, calculer les valeurs de R_1 et R_2 pour obtenir la même position de M_0 .



- 5.5 Calculer sur le réseau de caractéristiques α et β . Comment évolue β en fonction des coordonnées du point de fonctionnement.

6. Régimes de fonctionnement du transistor bipolaire

Déterminer le régime de fonctionnement du transistor dans les deux montages suivants :

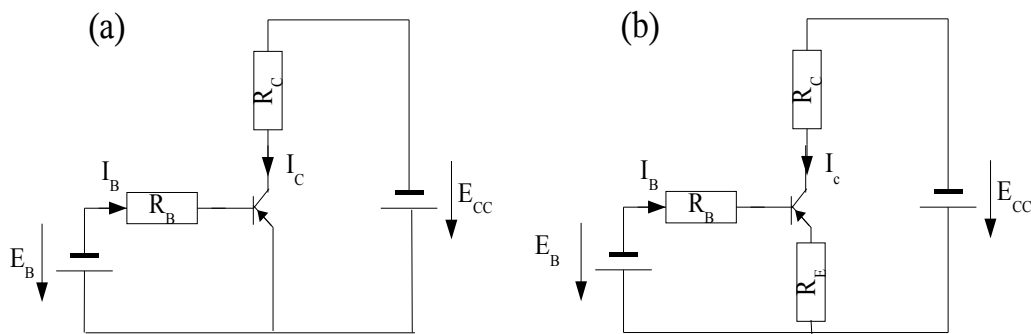


Figure 8

Avec $E_B = 5V$, $E_{CC} = 10V$, $R_B = 50k\Omega$, $R_C = 3k\Omega$, $R_E = 2k\Omega$

Sur les feuilles des caractéristiques du transistor, fournies par le fabricant, on lit :

- transistor PNP au silicium ;
- $h_{FE} = \beta = 100$;
- à la saturation, on a $(V_{CE})_{sat} = -0.2V$ et $(V_{BE})_{sat} = -0.8V$.