EFREI **2010 / 2011**
L 1

CONTROLE ECRIT
DU SYSTEME A LA FONCTION

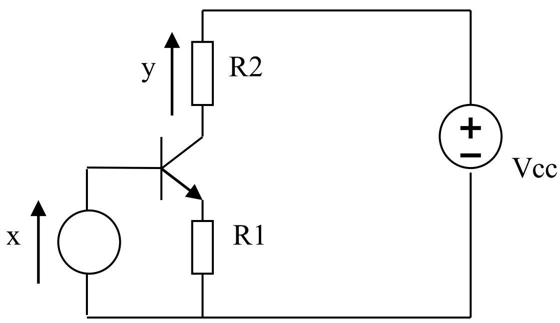
Durée : 2 heures ***Documents et calculatrices interdits***

Les 2 parties sont indépendantes. Il n'y a jamais de longs développements de calculs.

1. Amplification à transistor

Dans tout l'exercice, on considèrera que la ddp « Vbe » (existante entre la base et l'émetteur du transistor) est suffisamment petite pour être considérée comme étant nulle) ; on considèrera également que la valeur « α » du transistor vaut 1.

On considère le montage électrique suivant, composé d'un transistor, de deux résistances R1 et R2, d'une source de tension variable 'x' et d'une source de tension invariable Vcc :



2.1. Rappeler le schéma du modèle d'Ebers-Moll simplifié d'un transistor en mode normal de fonctionnement (transistor passant ou conducteur).

2.2. Exprimer une condition nécessaire sur la valeur de 'x' de façon à ce que le transistor puisse être en situation de fonctionnement normal, relativement à la jonction base-émetteur.

2.3. Ajouter à ce montage une source de courant « J » de manière à permettre à la source 'x' de présenter des valeurs négatives, tout en préservant le fonctionnement normal du transistor.

2.4. Si $-Xm < x < +Xm$ (Xm étant une valeur positive), exprimer la valeur minimale de « J » à prévoir.

2.5. Exprimer la fonction $y = f(x)$, les paramètres invariables étant R1, R2, J et Vcc

2.6. En déduire la valeur du coefficient d'amplification en tension « A » de l'amplificateur dont l'entrée est 'x' et la sortie 'y'.

2.7. Quelle est la condition à réaliser pour pouvoir parler d'amplification en tension ?

2.8. Donner la valeur de l'amplification en puissance de cet amplificateur et conclure.

2. Filtrage

<u>On adoptera log (2) = 0.3</u>

2.1 On considère la première fonction de filtrage suivante :

$$H1(p) = \frac{(p + 200)}{(p + 400)}$$

Calculer les valeurs limites de 20 log | H1(jω)| pour $\omega \rightarrow 0$ et pour $\omega \rightarrow \infty$

2.2 En déduire le diagramme de Bode de H1(jω)

2.3 On considère la deuxième fonction de filtrage suivante :

$$H2(p) = \frac{(p + 2000)}{(p + 1000)}$$

Calculer les valeurs limites de 20 log | H2(jω)| pour $\omega \rightarrow 0$ et pour $\omega \rightarrow \infty$

2.4 En déduire le diagramme de Bode de H2(jω)

2.5. On considère enfin le filtre suivant dont la fonction de transfert est :

$$H(p) = \frac{(p + 200)(p + 2000)}{(p + 400)(p + 1000)}$$

Après avoir exprimé H(p) en fonction de H1(p) et H2(p), en déduire le diagramme de Bode de H(jω), par une simple construction graphique.
Rappel : le diagramme de Bode se trace avec une ordonnée qui vaut (20 log | H(jω)|)

2.6. Déduire également les valeurs limites de 20 log | H(jω)| pour $\omega \rightarrow 0$ et pour $\omega \rightarrow \infty$.

2.7. En application « audio », ce filtre est nommé « bosse de présence en médium » (utilisé assez couramment en chant). Justifier cette appellation si on considère les terminologies suivantes :
« grave » : $\omega < 200$ rd/s
« médium » : $400 < \omega < 1000$ rd/s
« aigu » : $\omega > 2000$ rd/s

F I N

EFREI **2010 / 2011**
L 1

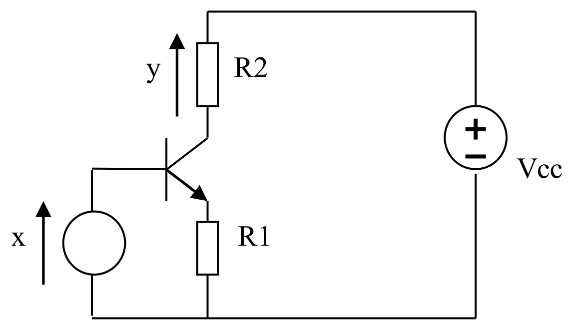
CONTROLE ECRIT
DU SYSTEME A LA FONCTION
~ Corrigé ~

Barème : 2 points pour chacune des questions 1.1 à 1.5 et 2.1 à 2.5 - 1 point pour 1.6, 1.7 et 2.6
« bonus » de 2 points pour 1.8 et 2.7

1. Amplification à transistor

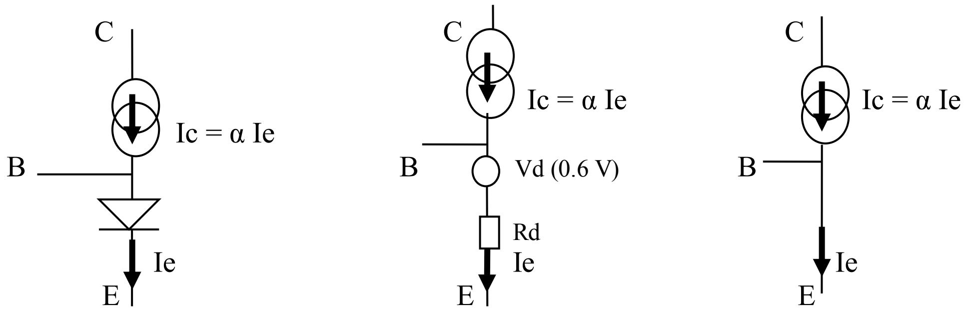
Dans tout l'exercice, on considèrera que la ddp « Vbe » (existante entre la base et l'émetteur du transistor) est suffisamment petite pour être considérée comme étant nulle) ; on considèrera également que la valeur « α » du transistor vaut 1.

On considère le montage électrique suivant, composé d'un transistor, de deux résistances R1 et R2, d'une source de tension variable 'x' et d'une source de tension invariable Vcc :



1.1. Rappeler le schéma du modèle d'Ebers-Moll simplifié d'un transistor en mode normal de fonctionnement (transistor passant ou conducteur).

L'un des schémas suivants, avec α = 1 (ou non), avec Ib = 0 (ou non):



1.2. Exprimer une condition nécessaire sur la valeur de 'x' de façon à ce que le transistor puisse être en situation de fonctionnement normal, relativement à la jonction base-émetteur.

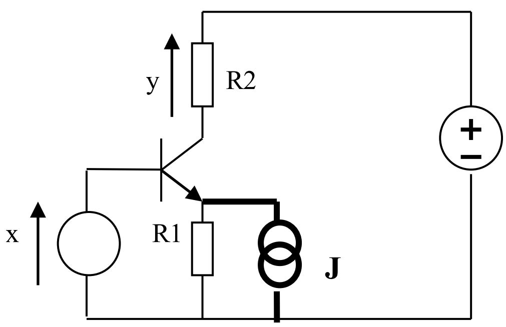
Pour que le transistor soit en mode de fonctionnement normal, il faut que la diode BE soit passante, pour cela, il faut assurer un courant Ie positif.

Or, la ddp « Vbe » étant considérée comme étant nulle (introduction d'énoncé), la ddp « x » se retrouve aux bornes de R1 (maille source 'x' – BE transistor – R1).

Ainsi, Ie > 0 si ddp aux bornes de R1 > 0 ce qui entraîne la condition attendue : <u>x > 0</u>

1.3. Ajouter à ce montage une source de courant « J » de manière à permettre à la source 'x' de présenter des valeurs négatives, tout en préservant le fonctionnement normal du transistor.

Si x < 0, la ddp aux bornes de R1 l'est aussi, donc le courant Ie devient négatif, ce qui ne permet plus le fonctionnement normal du transistor. Pour que ce courant Ie reste positif, il faut donc ajouter une source de courant capable de produire un courant Ie positif. <u>La solution est la suivante</u> :



En effet, en l'absence de J, on avait : $Ie = x / R1$
Avec la source J, on a (loi des nœuds sur l'émetteur) : $Ie = x / R1 + J$
Ceci permet donc d'avoir $Ie > 0$, même avec $x < 0$, à condition de bien choisir la valeur de J

1.4. Si $-Xm < x < +Xm$ (Xm étant une valeur positive), exprimer la valeur minimale de « J » à prévoir.
On reprend l'expression établie en 2.3 :
$Ie = x / R1 + J$
On doit donc satisfaire à :
$-Xm / R1 + J > 0$ soit $J > Xm / R1$
$+Xm / R1 + J > 0$ soit $J > -Xm / R1$ toujours vrai (car $J > 0$)
La première condition donne donc la réponse : <u>$Jmin = Xm / R1$</u>

1.5. Exprimer la fonction $y = f(x)$, les paramètres invariables étant R1, R2, J et Vcc
On a successivement :
$Ie = x / R1 + J$ déjà établi plus haut
$Ic = \alpha Ie = Ie$ (introduction d'énoncé)
$y = R2\ Ic$
Soit, en combinant :
<u>$y = x\ R2/R1 + J\ R2$</u> (Vcc n'intervient pas)

1.6. En déduire la valeur du coefficient d'amplification en tension « A » de l'amplificateur dont l'entrée est 'x' et la sortie 'y'.
Le coefficient d'amplification en tension est le coefficient « A » de l'expression « $y = Ax + B$ ».
<u>$A = R2 / R1$</u>

1.7. Quelle est la condition à réaliser pour pouvoir parler d'amplification en tension ?
La condition à réaliser est évidemment $A > 1$, soit : <u>$R2 > R1$</u>

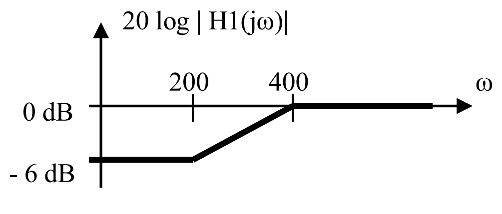
1.8. Donner la valeur de l'amplification en puissance de cet amplificateur et conclure.
La puissance d'entrée vaut $Px = x \cdot Ib$ (puissance fournie par la source de fem 'x' délivrant un courant égal au courant absorbé par le transistor dans sa base). Mais, l'hypothèse (introduction d'énoncé) indiquant que $\alpha = 1$ entraîne $IC = Ie$ et donc $Ib = 0$.
De ce fait, $Px = 0$
En outre, la puissance de sortie vaut $Py = y \cdot Ic$ (puissance fournie par le montage à la résistance R2 aux bornes de laquelle se développe la ddp 'y'. Cette puissance Py est manifestement non nulle !
La valeur de l'amplification en puissance Py / Px est donc <u>infinie.</u>
<u>L'amplificateur est idéal</u>. (grâce au fait que l'on ait considéré que $\alpha = 1$, soit $Ib = 0$)

2. Filtrage
<u>*On adoptera $\log(2) = 0.3$*</u>
2.1 On considère la première fonction de filtrage suivante :

$$H1(p) = \frac{(p + 200)}{(p + 400)}$$

Calculer les valeurs limites de $20 \log |H1(j\omega)|$ pour $\omega \to 0$ et pour $\omega \to \infty$
<u>Pour $\omega \to 0$</u> $H1(j\omega)$ s'écrit $200 / 400 = 1 / 2$
On a donc $20 \log |H1(j\omega)| = 20 \log (1 / 2) = - 20 \log (2) =$ <u>$- 6$ dB</u>
<u>Pour $\omega \to \infty$</u> $H1(j\omega)$ s'écrit $p / p = 1$
On a donc $20 \log |H1(j\omega)| = 20 \log (1) =$ <u>0 dB</u>

2.2 En déduire le diagramme de Bode de $H1(j\omega)$

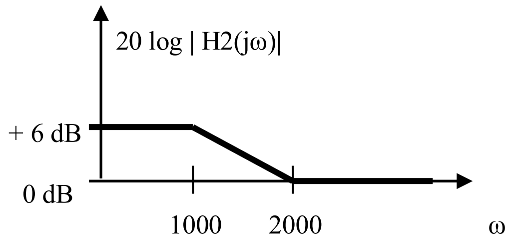


2.3 On considère la deuxième fonction de filtrage suivante :

$$H2(p) = \frac{(p + 2000)}{(p + 1000)}$$

Calculer les valeurs limites de $20 \log |H2(j\omega)|$ pour $\omega \to 0$ et pour $\omega \to \infty$
Pour <u>$\omega \to 0$</u> $H2(j\omega)$ s'écrit $2000 / 1000 = 2$
On a donc $20 \log |H2(j\omega)| = 20 \log (2) =$ <u>+ 6 dB</u>
Pour <u>$\omega \to \infty$</u> $H2(j\omega)$ s'écrit $p / p = 1$
On a donc $20 \log |H2(j\omega)| = 20 \log (1) =$ <u>0 dB</u>

2.4 En déduire le diagramme de Bode de H2(jω)



2.5. On considère enfin le filtre suivant dont la fonction de transfert est :

$$H(p) = \frac{(p + 200)\,(p + 2000)}{(p + 400)\,(p + 1000)}$$

Après avoir exprimé H(p) en fonction de H1(p) et H2(p), en déduire le diagramme de Bode de H(jω), par une simple construction graphique.

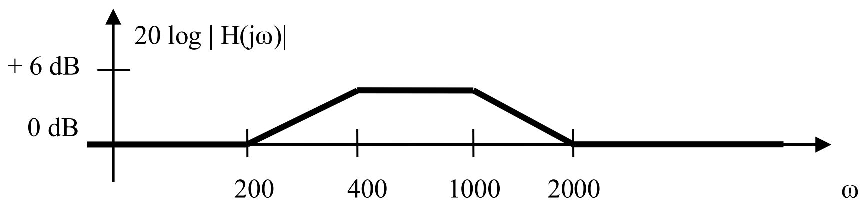
Rappel : le diagramme de Bode se trace avec une ordonnée qui vaut (20 log | H(jω)|)

H(p) = H1(p) . H2(p)

Le logarithme d'un produit de deux termes est la somme des logarithmes de ces deux termes, donc :

<u>20 log | H(jω)|</u> = 20 log | H1(jω) . H2(jω) | = <u>20 log | H1(jω)| + 20 log | H2(jω)|</u>

Il suffit alors d'<u>ajouter les valeurs d'ordonnées des deux diagrammes précédents</u> :



2.6. Déduire également les valeurs limites de 20 log | H(jω)| pour ω → 0 et pour ω →∞.

Pour <u>ω → 0</u> 20 log | H(jω)| = 0 dB on peut aussi le vérifier en ajoutant les deux valeurs limites des deux termes : (-6 dB) + (+6 dB) = <u>0 dB</u>

Pour <u>ω → ∞</u> 20 log | H(jω)| = +0 dB on peut aussi le vérifier en ajoutant les deux valeurs limites des deux termes : (0 dB) + (0 dB) = <u>0 dB</u>

(On pouvait aussi faire le calcul de limite à partir de l'expression initiale de H(p), ce qui donne bien sûr le même résultat)

2.7. En application « audio », ce filtre est nommé « bosse de présence en médium » (utilisé assez couramment en chant). Justifier cette appellation si on considère les terminologies suivantes :

« grave » : ω < 200 rd/s

« médium » : 400 < ω < 1000 rd/s

« aigu » : ω > 2000 rd/s

On voit très bien sur le diagramme de Bode de H(p) que les amplitudes des fréquences des registres « grave » (ω < 200 rd/s) et « aigu » (ω > 2000 rd/s) ne sont pas modifiées par passage dans le filtre (0 dB = rapport 1). En revanche, les amplitudes du registre « médium » sont amplifiées d'un facteur 2 (+ 6 dB), ce qui les renforce au niveau de la sonorisation. Cet effet permet donc de « mettre en avant » le registre médium ou de lui « donner de la présence au chanteur », car l'essentiel de la voix réside dans ce registre. La forme du diagramme faisant penser à une bosse, la terminologie « bosse de présence » fût adoptée.

NB : Dans la réalité, le sonorisateur peut régler les paramètres (les 4 fréquences et le niveau d'amplification) de façon à pouvoir adapter ce dispositif à des voix différentes, en tentant de leur donner un timbre le plus flatteur possible !