

**Module : Communications analogiques**

**Série d'exercices n°2: Les mélangeurs**

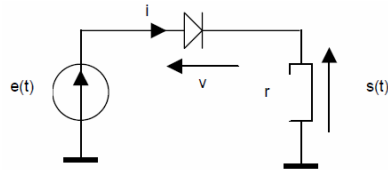
**Exercice 1**

Pour mélanger deux signaux, on utilise une diode au germanium dont le fonctionnement est régi par l'équation  $i=f(V)$  suivante :  $i(V) = I_S(e^{\lambda V} - 1)$

Avec:  $\lambda = \frac{q}{kT} = 40$  à température ambiante et  $I_S = 10^{-4} A$

1. Etablir l'expression mathématique de la caractéristique  $i=g(V)$  de la diode pour des tensions de polarisation faibles. Vérifier cette expression pour  $V = 0,01 V$ .

On place cette diode dans le montage ci-dessous : ( $r = 10 \Omega$ )



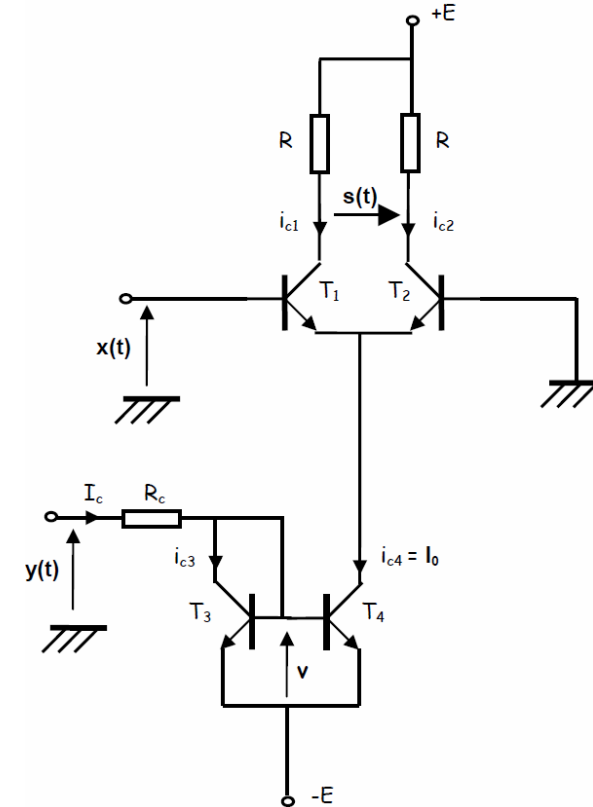
2. La tension  $e(t) = E \cos(\omega t)$  appliquée est suffisamment faible pour qu'on soit dans les conditions d'approximation de la question (1.). On admet que :  $s(t) \ll E$ , trouver l'expression  $s(t)$  de fonction de  $e(t)$ .
3. On applique une tension  $e(t)$  telle que :  $e(t) = x(t) + y(t)$  avec :  $x(t) = X \cdot \cos(\omega t)$  et  $y(t) = Y \cdot \cos(\omega_0 t)$ . Ecrire l'expression de la tension de sortie  $s(t)$  en fonction de  $x(t)$  et  $y(t)$  et identifier les fréquences qu'elle contient.
4. Montrer qu'une simple diode peut suffire pour réaliser la fonction de mélange.
5. Tracer le spectre du signal de sortie  $s(t)$  et identifier les raies qui traduisent le mélange. AN :  $f = 5 \text{ MHz}$ ,  $f_0 = 6 \text{ MHz}$  et  $X = Y = 20 \text{ mV}$ .

**Exercice 2**

Pour le multiplieur à transistors suivant, on admet que les 4 transistors sont identiques. On donne :  $R_c = 15 \text{ k}\Omega$ ,  $R = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $E = 15V$ .

1. Exprimer les courants collecteurs des transistors T3 et T4 en fonction de la tension base-émetteur  $v$  et de la constante  $I_S$  et montrer que  $i_{c3} = i_{c4} = I_0$ .

2. Si on admet que le courant base d'un transistor est négligeable devant son courant collecteur, montrer que  $I_c \approx I_0$ .
3. En admettant que la tension base-émetteur  $v$  ne dépend pas de  $y(t)$  et reste égale à  $v=0,7V$ , exprimer le courant  $I_0$  en fonction de  $y(t)$ ,  $R_c$  et  $E$ .
4. Si on appelle  $v_1$  et  $v_2$  les tensions base-émetteur de T1 et T2, établir la relation entre les tensions  $x(t)$ ,  $v_1$  et  $v_2$ .
5. Exprimer les courants  $i_{c1}$  et  $i_{c2}$  en fonction de  $I_0$ ,  $\lambda$  et  $x(t)$ .
6. Trouver donc l'expression de la tension de sortie  $s(t)$  dans le cas où la tension d'entrée  $x(t)$  est suffisamment faible ( $\lambda x(t) \ll 1$ ).



7. Exprimer la tension de sortie  $s(t)$  en fonction des entrées  $x(t)$  et  $y(t)$  et montrer que ce dispositif réalise la fonction de mélange. Quel est son inconvénient ?