

Contrôle en communications analogiques

- Date : 30.01.2020
- Durée : 1h 30 m

Partie de cours (06pts)

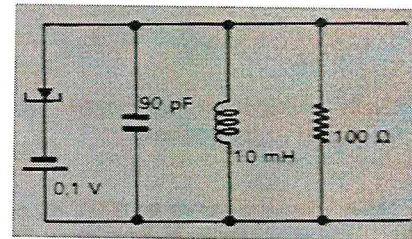
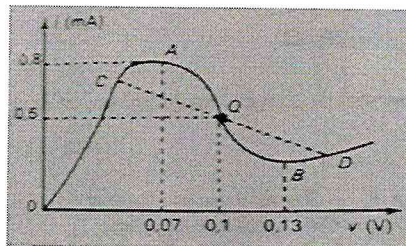
1. Définir les mots suivants : PLL- Fréquence image-Discriminateur-Récepteur infra hétérodyne.
2. Quelles sont les critères importants pour choisir un VCO.
3. Donner un schéma synoptique de la boucle de Costas.

Partie TD (14 pts)

Exercice 01 (08 pts)

On réalise le montage suivant (voir schéma). On suppose que la caractéristique idéalisée de la diode tunnel est donnée par la fonction $i=f(v)$. Sachant que la diode présente une capacité parasite parallèle de 15 pF,

1. Quel est le type de cet oscillateur
2. Ecrire l'équation différentielle vérifiée par la tension $v(t)$
3. Montrer que ce montage peut constituer un oscillateur puis donner sa fréquence d'oscillation.
4. Donner la valeur maximale de la tension d'oscillation aux bornes du circuits oscillant. Commenter les différents cas possibles.



Exercice 02 (06 pts)

On considère un récepteur superhétérodyne AM conçu pour démoduler un signal USB (bande latérale supérieure) avec une bande de 4KHz et une fréquence porteuse allant de 3.57 à 3.63 MHz. On suppose que le premier filtre est de type passe bande avec un paramètre de qualité $Q_1=B/f_0=0.025$ alors que le deuxième filtre a un paramètre de qualité $Q_2=B/f_0=0.02$

1. Tracer un schéma bloc de ce récepteur
2. Trouver les différents paramètres de ce récepteur AM ($B_T, f_{IF}, f_{LO}, f_c'$ et B_{RF})
3. Tracer les réponses des filtres RF et IF ($H_{RF}(f)$ et $H_{IF}(f)$)
4. Trouver la valeur minimale de la fréquence intermédiaire f_{IF} , la gamme correspondante de f_{LO} d'une manière où la fréquence image est toujours tombe supérieure de la gamme radio.

Bon Travail

Corrigé type détaillé du contrôle en communications analogiques

Examineur : Dr. KENANE

Partie Cours (06 points)

1. Les définitions :

(0,5x4)

- La PLL : Phase Locked Loop ou boucle à verrouillage de phase. Ce circuit permet d'asservir la phase instantanée d'un VCO de sortie sur la phase instantanée d'un VCO de référence. La PLL peut comporter, principalement, un VCO, un comparateur de phase et un filtre.
- La fréquence image : C'est une fréquence générée dans un récepteur superhétérodyne causée par un signal d'une station non désirée avec une fréquence $\pm 2 f_{IF}$ de la fréquence désirée f_c et on écrit $F_{image} = f_c \pm 2 f_{IF}$. (f_{IF} est la fréquence intermédiaire). ce signal parasite déforme le signal modulé par la fréquence f_{IF} .
- Le discriminateur : est un circuit capable de traduire la variation en fréquence à une variation en amplitude. Ce dispositif est très utilisé dans la démodulation FM (discriminateur de Foster Seeley).
- Récepteur infra-hétérodyne : C'est un récepteur hétérodyne qui mélange entre deux signaux de fréquences différentes afin d'abaisser la valeur de la porteuse à une fréquence fixe (FI). Ce récepteur utilise un oscillateur local (LO) qui oscille avec une fréquence inférieure à la fréquence porteuse par un écart de FI ($f_{LO} = f_c - FI$).

2. Les critères importants pour choisir un VCO : En réalité, il y a beaucoup de critères importants, mais on va citer les plus importants :

(0,5x4)

- La stabilité de la phase (pour avoir une synchronisation performante)
- La gamme d'excursion en fréquence : ce qui nous permet de couvrir une gamme souhaitée.
- La stabilité en température
- Le cout de fabrication

3. Le schéma synoptique de la boucle de Costas :

2

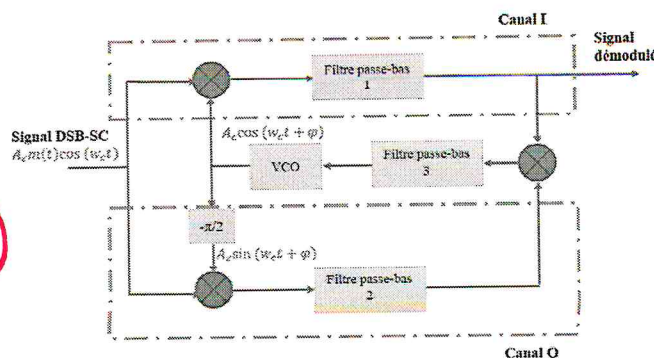


Fig.1. Schéma bloc de la boucle de Costas

Exercice 01 : (08 points)

1. Le type de l'oscillateur : c'est un oscillateur à résistance négative où l'oscillateur comporte d'une part à un circuit oscillant (RLC) avec pertes, le quel fixe la fréquence d'oscillation et d'autre part à une résistance négative qui compense ces pertes. (1)
2. L'équation différentielle vérifiée par la tension $v(t)$:

On suppose que pour les petits signaux, l'intensité du courant I varie linéairement avec la tension V

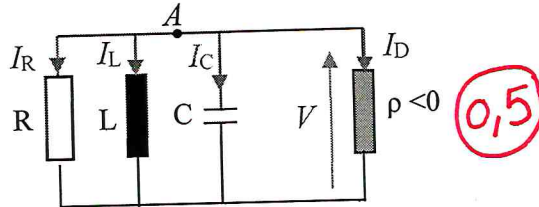


Fig.2. Circuit d'un oscillateur à résistance négative

Suivant la loi des nœuds, on a au point A : $\sum I = 0$ (0,25)

$$I_D + I_R + I_L + I_C = 0 \quad (0,25)$$

Alors,

$$-\frac{V}{\rho} + \frac{V}{R} + \frac{1}{L} \int_0^t V(u) du + C \frac{dV(t)}{dt} = 0 \quad (0,5)$$

Après la dérivation, il devient

$$\frac{d^2 V(t)}{dt^2} + \frac{1}{C} \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{\rho} \right) \frac{dV(t)}{dt} + \frac{1}{LC} V(t) = 0 \quad (0,5)$$

3. La démonstration que ce montage peut constituer un oscillateur (résolution de l'équation différentielle)

On pose $2a = \frac{1}{C} \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{\rho} \right)$ et $w_0^2 = \frac{1}{LC}$, puis on cherche une solution de l'équation différentielle de la forme $v = A e^{rt}$. (0,25)

Alors, son équation caractéristique est donnée par $r^2 + 2ar + w_0^2 = 0$ (0,25)

❖ Pour $a^2 - w_0^2 > 0$:

On a donc delta réduit positif : $\Delta' = a^2 - w_0^2 > 0$ c'est-à-dire, il y a deux solutions réelles

(r_1 & r_2)

$$r_{1,2} = -a \pm \sqrt{a^2 - w_0^2} \quad (0,25)$$

La solution de l'équation différentielle

$$v = A_1 e^{r_1 t} + A_2 e^{r_2 t} \text{ (Pas d'intérêt pratique)}$$

❖ Pour $a^2 - w_0^2 < 0$: delta réduit négatif => deux solution complexes (r_1 & r_2)

$$r_{1,2} = -a \pm j \sqrt{w_0^2 - a^2} \quad (0,25)$$

La solution de l'équation différentielle

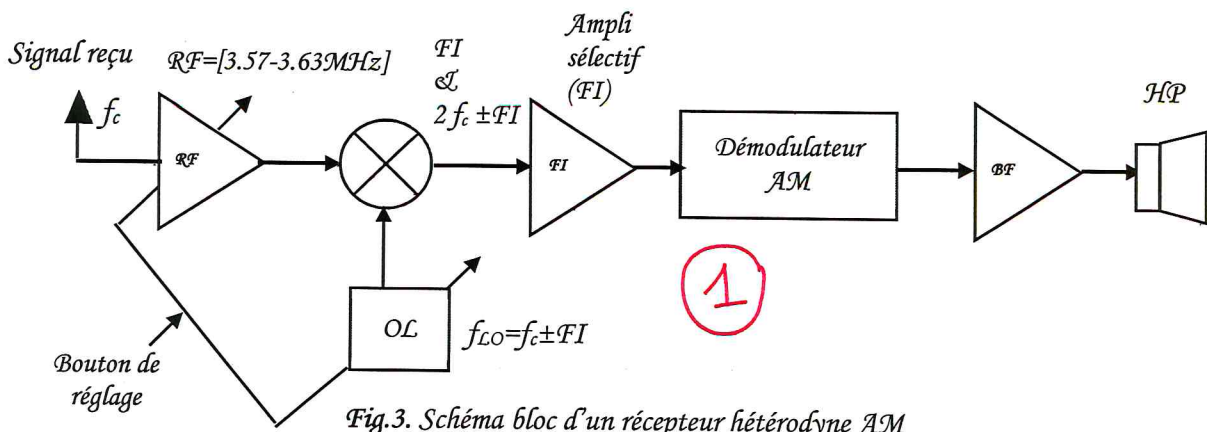


Fig.3. Schéma bloc d'un récepteur hétérodyne AM

2. Les différents paramètres du récepteur radio

- Une bande de transmission $B_T=W=4\text{KHz}$ (0.25)
- La bande radio du signal f_c allant de 3.57 MHz jusqu'à 3.63 MHz
 $3.57\text{ MHz} < f_c < 3.63\text{ MHz}$
- La fréquence intermédiaire f_{FI}
 $f_{FI}=B_T/Q_2=4/0.02=200\text{ KHz}$ (0.25)
- La fréquence de l'oscillateur local $f_{LO}=f_c+f_{FI}$; alors,
 $3.77\text{ MHz} < f_{LO} < 3.83\text{ MHz}$ (0.25)
- La fréquence image $F_{image}=f_c+2f_{FI}$
 $3.97\text{ MHz} < F_{image1} < 4.03\text{ MHz}$ (0.25)

3. Les réponses des deux filtres RF et IF ($H_{RF}(f)$ et $H_{IF}(f)$)

Le Filtre RF : on a $Q_1=0.025=B_{RF}/f_{centrale}$.

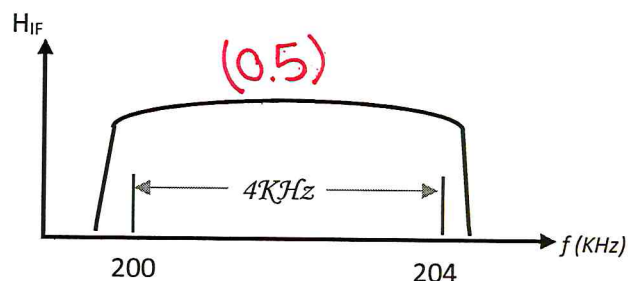
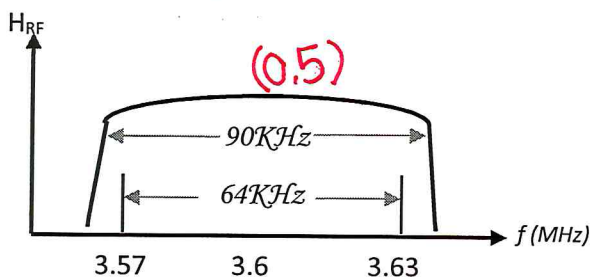
La bande de fréquence : $B_F=|f_2-f_1|+W=|3.63-3.57|+0.004=64\text{KHz}$ (0.5)

La fréquence centrale : $f_{centrale}=f_1+B_F/2=3.602\text{MHz}$ (0.5)

$B_{RF}=Q_1 \times f_{centrale}=3.602 \times 0.025=0.09005\text{MHz}=90.05\text{KHz}$ centré à 3.602 MHz (0.5)

Le Filtre IF : on a $Q_2=0.02=B_T/f_{centrale}$, un signal USB (bande latérale supérieure)

$f_{centrale}=f_{IF}=200\text{KHz}$, le filtre IF permet le passage d'un signal de fréquence f (0.5)
 $f_{IF} < f < f_{IF}+W$



4. La valeur minimale de f_{IF} pour avoir des fréquences images supérieures de la gamme radio

On a la fréquence image $F_{image}=f_c+2f_{IF} \geq (3.63+W)$

Alors, $2f_{IF} \geq (3.63+W)-f_c$; $f_c=3.57\text{ MHz}$ et $W=4\text{KHz}$ (0.5)

$f_{IF} \geq (3.634-3.57)/2$ Donc $f_{IF} \geq 32\text{KHz}$

Pour $f_{IF}=32\text{KHz}$, la fréquence f_{LO} correspondante : $f_{LO}=f_c+f_{IF}$, avec $f_c \in [3.57, 3.63\text{ MHz}]$.

Donc, $f_{LO} \in [3.602, 3.662\text{ MHz}]$. (0.5)