

CORRIGÉ DU BTS 2004

I. Obtention d'un signal à la fréquence intermédiaire 168,5 kHz

1. SIGNAL MODULE $s_A(t)$

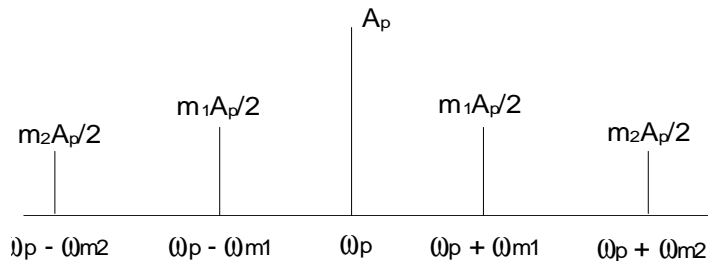
1.1. Amplitude : $S_A(t) = A_p [1 + m_1 \cdot \cos(\omega_{m1} \cdot t) + m_2 \cdot \cos(\omega_{m2} \cdot t)]$

Elle dépend des signaux modulateurs.

1.2. .

$$s_A(t) = A_p \cdot \cos(\omega_p t) + \frac{m_1 \cdot A_p}{2} [\cos(\omega_p - \omega_{m1})t + \cos(\omega_p + \omega_{m1})t] \\ + \frac{m_2 \cdot A_p}{2} [\cos(\omega_p - \omega_{m2})t + \cos(\omega_p + \omega_{m2})t]$$

1.3. Représenter l'allure du spectre en amplitude de $s_A(t)$.



1.4. Modulation avec porteuse ? (composante à ω_p)

2. MELANGEUR

2.1. $s_B(t) = K \cdot s_A(t) \cdot s_{osc}(t) = K \cdot S(t) \cdot \cos(\omega_p t) \cdot S_{osc} \cdot \cos(\omega_0 t)$

$$s_B(t) = \frac{K \cdot S_{osc} \cdot S(t)}{2} [\cos(\omega_0 - \omega_p)t + \cos(\omega_0 + \omega_p)t]$$

2.2.

2.2.1.



2.2.2. $f_0 - f_p = 168,5 \text{ kHz}$

$f_0 + f_p = 42968,5 \text{ kHz}$

2.3. Filtre sélectif centré sur 168,5 kHz et de bande passante 300Hz ou passe-bas de fréquence de coupure supérieure à 168,65 kHz.

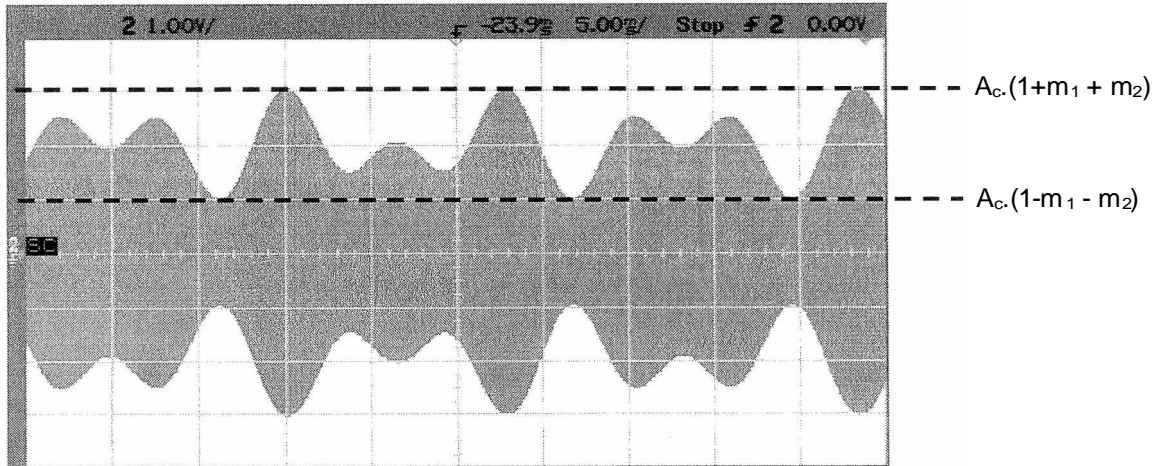
II. Obtention du signal informatif

1. DEMODULATION D'AMPLITUDE

1.1. Indice de modulation

1.1.1. $m < 1$

1.1.2.



1.1.3. Il faut que $A_c.(1 - m_1 - m_2) > 0$ donc $m_1 + m_2 < 1$

1.2. Si $s_c(t) < 0$, la diode est passante et $s_d(t) = s_c(t)$. Sinon la diode est bloquée et le condensateur se décharge à travers R.

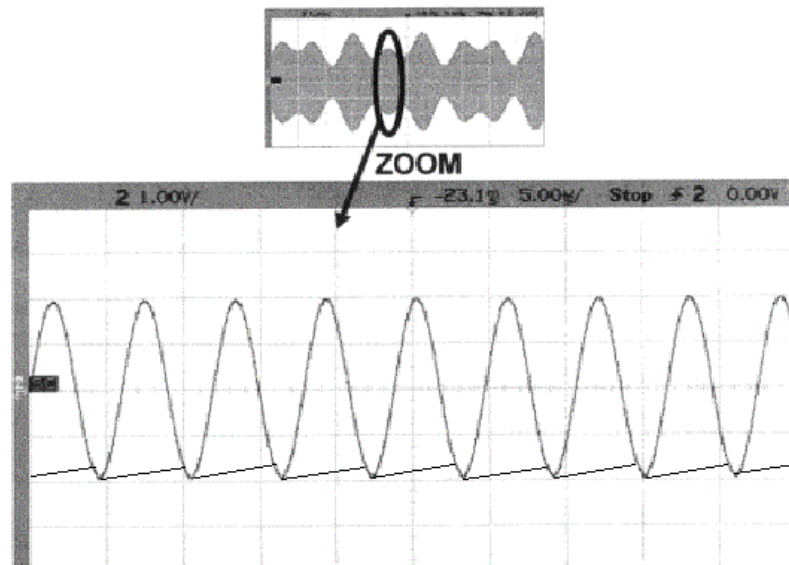
1.3. Constante de temps du démodulateur

1.3.1. La constante de temps doit être très supérieure à la période T afin que le condensateur ne se décharge pas pendant une période HF.

$$1.3.2. T = \frac{1}{f_0 - f_p} = 5,93 \mu\text{s}$$

1.3.3. $R = 47 \text{ k}\Omega$ $C_1 = 470 \text{ pF}$ $\tau = 22 \mu\text{s}$

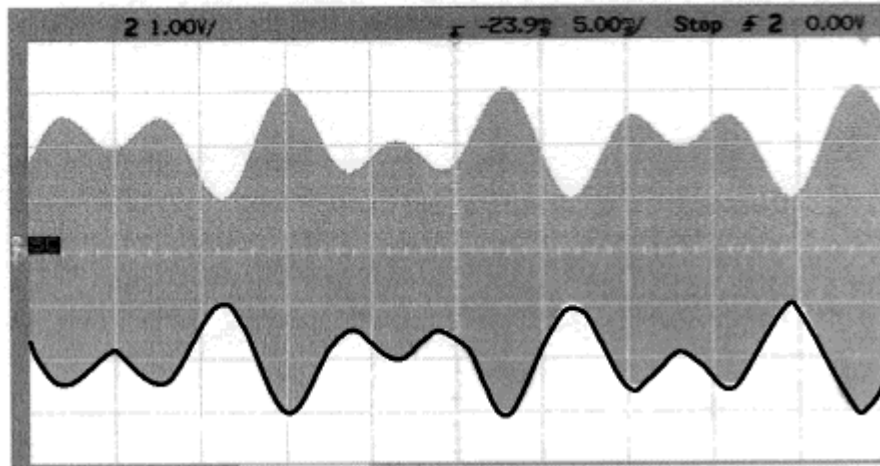
1.3.4.



1.4.

1.4.1. L'AOP est monté en inverseur, sa résistance d'entrée est égale à R_1 qui se trouve donc en parallèle sur C_1 .

1.4.2.



2. FILTRAGE ANALOGIQUE

2.1. En continu le condensateur se comporte comme un circuit ouvert et le montage est du type inverseur. En haute fréquence, il court-circuite la résistance R_2 , la tension de sortie est alors égale à la tension sur l'entrée inverseuse qui est nulle. C'est donc un filtre passe-bas

2.2. Fonction de transfert du filtre

2.2.1.

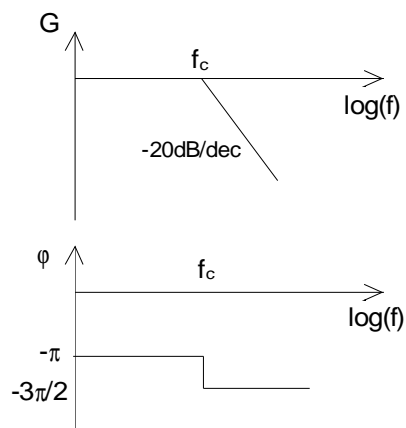
$$\underline{T}(j\omega) = -\frac{\underline{Z}_2}{\underline{Z}_1} = -\frac{1}{R_1 \cdot \underline{Y}_2} = -\frac{1}{R_1 \left(\frac{1}{R_2} + jC_2\omega \right)} = -\frac{R_2/R_1}{1 + jR_2 \cdot C_2 \cdot \omega}$$

2.2.2.

$$T_0 = -\frac{R_2}{R_1} \quad \omega_c = \frac{1}{R_2 \cdot C_2} \quad f_c = \frac{1}{2\pi R_2 \cdot C_2}$$

2.3. $f \ll f_c$ $\underline{T}(jf) = -1$ $G = 0\text{dB}$ $\varphi = -\pi$

$f \gg f_c$ $\underline{T}(jf) = -f_c/jf$ $G = 20\log(f_c) - 20\log(f)$: droite de pente -20dB/dec
 passant par le point $(f_c, 0\text{dB})$ $\varphi = -\pi - \pi/2 = -3\pi/2$



2.4.

- 2.4.1. Le filtre ayant une atténuation de 20dB/dec, la fréquence de coupure doit se trouver 2 décades en dessous de la fréquence de 168,5 kHz pour obtenir une atténuation de 40 dB, soit $f_c = f_i/100 = 1,685$ kHz

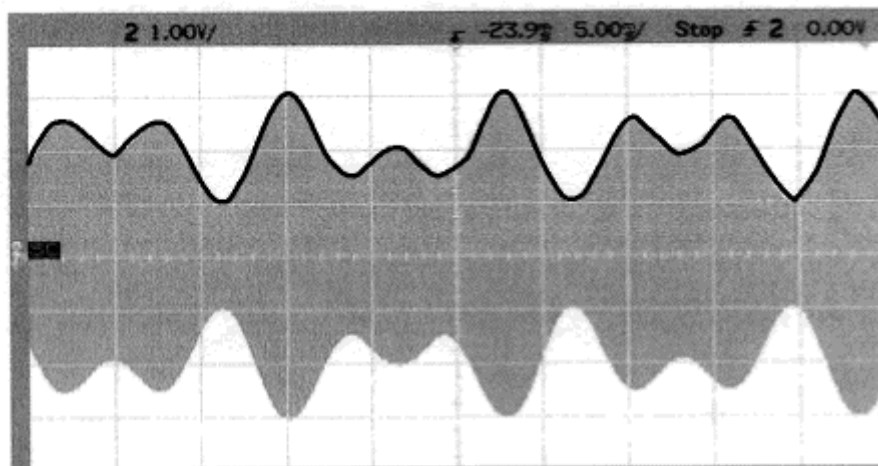
$$2.4.2. \quad C_2 = \frac{1}{2\pi \cdot R_2 \cdot f_c} = 2\text{nF}$$

2.5. Signal $s_E(t)$ en sortie du filtre

- 2.5.1. Le filtre permet d'éliminer la composante HF du signal, le filtre laissant passer les composantes de fréquences 90Hz et 150Hz avec un coefficient d'amplification égal à -1.

$$s_E(t) = S_C(t) = A_C \cdot (1 + m_1 \cdot \cos(\omega_{m1} \cdot t) + m_2 \cdot \cos(\omega_{m2} \cdot t))$$

2.5.2.



III. Traitement numérique de l'information

1. $y_n = x_n + 0,9.y_{n-1} - 0,9.y_{n-2}$
2. y_n dépendant des échantillons de sortie précédents, il s'agit d'un filtre récursif.
3. $Y(z) = X(z) + 0,9.Z^{-1}.Y(z) - 0,9.z^{-2}.Y(z)$

$$H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{1}{1 - 0,9.z^{-1} + 0,9.z^{-2}}$$

- 4.1. Pour que le filtre soit stable les pôles de $H(z)$ doivent être situés à l'intérieur du cercle unité.

Les pôles de $H(z)$ sont les zéros du dénominateur c'est-à-dire les racines de l'équation :

$$z^2 - 0,9z + 0,9 = 0$$

$$\text{On obtient } z_1 = 0,45 + j0,835 \quad z_2 = 0,45 - j0,835$$

Leur module est le même et vaut $0,95 < 1$, donc le filtre est stable.

- 4.2.

$$4.2.1. Y(z) = H(z).X(z) = \frac{1}{1 - z^{-1}} \frac{1}{1 - 0,9z^{-1} + 0,9z^{-2}}$$

$$4.2.2. \lim_{n \rightarrow \infty} y_n = \lim_{z \rightarrow 1} (1 - z^{-1}).Y(z) = \lim_{z \rightarrow 1} (1 - z^{-1}) \frac{1}{1 - z^{-1}} \frac{1}{1 - 0,9z^{-1} + 0,9z^{-2}} = 1$$

- 4.2.3. La valeur finale est finie donc le fonctionnement est stable.

$$5. \quad z = e^{pT_e} = e^{j\omega T_e}$$

$$\underline{H}(j\omega) = \frac{1}{1 - 0,9.e^{-j\omega T_e} + 0,9.z^{-j2\omega T_e}}$$

$$\underline{H}(jf) = \frac{1}{1 - 0,9.e^{-j2\pi f / F_E} + 0,9.z^{-j4\omega f / F_E}}$$

- 6.

6.1. Filtre passe-bande

$$6.2. f_{centrale} = 0,17.F_E$$

$$6.3. \text{ Aux fréquences de coupures : } |H(jf)| = \frac{H_{Max}}{\sqrt{2}} = \frac{11,3}{\sqrt{2}} = 8$$

On lit sur la courbe : $f_{C1} = 0,16.F_E$ et $f_{C2} = 0,18.F_E$ soit $\Delta f = 0,02.F_E$

- 7.

$$7.1. F_{E1} = f_{centrale}/0,17 = 90/0,17 = 530 \text{ Hz}$$

7.2. $F_{E1} > 2.f_{Max} = 300 \text{ Hz}$ donc la condition est vérifiée.

$$7.3. \Delta f = 0,02.F_{E1} = 0,02.530 = 10,6 \text{ Hz}$$

7.4. La fréquence centrale valant 90 Hz et la bande passante 10,6 Hz, seul le terme à la fréquence de 90 Hz (signal modulant) est transmis avec un coefficient d'amplification de 11,3. (Le terme continu est amplifié de 1, et celui à 150 Hz d'un coefficient inférieur à 1)

