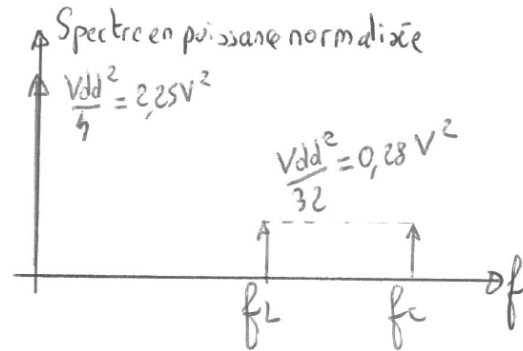
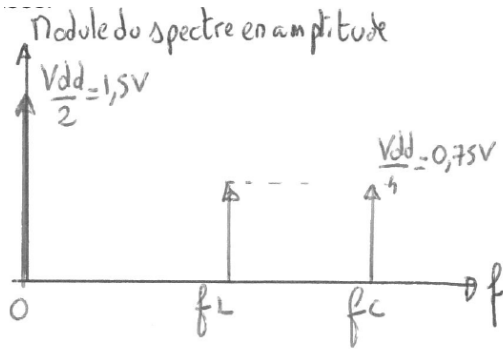


Exercice n°1 : Codeur DTMF

Q1 :

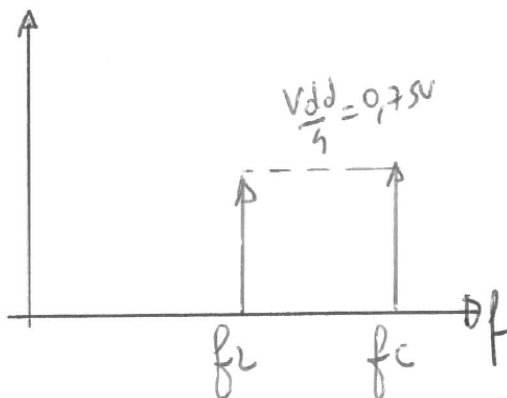


Q2 :

Filtere passe haut du 1<sup>er</sup> ordre  $f_c = \frac{1}{2\pi RC} = 19,5 \text{ Hz}$

Il coupe la composante continue et laisse passer les composantes  $f_L$  et  $f_c$

Q3 :



$$V_{\text{Audioeff}}^2 = 2 \times \frac{V_{\text{dd}}^2}{32} = \frac{V_{\text{dd}}^2}{16}$$

$$\text{donc } V_{\text{Audioeff}} = \frac{V_{\text{dd}}}{4} = 0,75 \text{ V}$$

Exercice n°2 : Un filtre passe bas anti-repliement

Q1 : La fonction de transfert  $T(j\omega) = \frac{S(j\omega)}{E(j\omega)} = \frac{1}{1 + jC_2\omega(R_1 + R_2) + (j\omega)^2 C_1 C_2 R_1 R_2}$  est de la forme

$$T(j\omega) = \frac{1}{1 + 2m \frac{j\omega}{\omega_0} + \left(\frac{j\omega}{\omega_0}\right)^2} \text{ avec } \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}} \text{ donc } f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}} \text{ et } m = \frac{C_2 \cdot (R_1 + R_2)}{2\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}$$

Q2 :  $m=0,5$  (0,498) et  $f_0 \approx 5 \text{ kHz}$  (4,95 kHz)

Q3 :  $f_c = \frac{1}{2\pi RC}$  donc  $f_c \approx 5 \text{ kHz}$  (4,82 kHz)

Q4 : A partir des indications concernant les fonctions de transfert normalisée de Butterworth passe bas on remarque que la fonction de transfert d'un filtre du 3<sup>ème</sup> ordre est constitué d'un second ordre avec une fréquence propre égale à la fréquence de coupure  $f_c$  et un coefficient d'amortissement  $m=0,5$  suivi d'un filtre passe bas dont la fréquence de coupure est  $f_c$ .

Ceci correspond parfaitement à la réalisation proposé car il s'agit d'un filtre du 3<sup>ème</sup> ordre et dont la fréquence de coupure est de 5 kHz qui justifie l'indication portée sur le schéma.

### Exercice n°3 : Bio-impédance

**Q1 :** Lorsque la fréquence tend vers 0, le condensateur C se comporte comme un circuit ouvert donc  $Z_{AB}=R1+R2$

**Q2 :** Lorsque la fréquence est cette fois-ci très grande, le condensateur C se comporte comme un circuit fermé donc  $Z_{AB}=R1$

**Q3 :**  $Z_{AB} = R1 + \frac{R2 \cdot \frac{1}{jC\omega}}{R2 + \frac{1}{jC\omega}} = R1 + \frac{R2}{1 + jR2C\omega}$  soit  $Z_{AB} = \frac{R1 \cdot (1 + jR2C\omega) + R2}{1 + jR2C\omega} = \frac{R1 + R2 + jR1R2C\omega}{1 + jR2C\omega}$

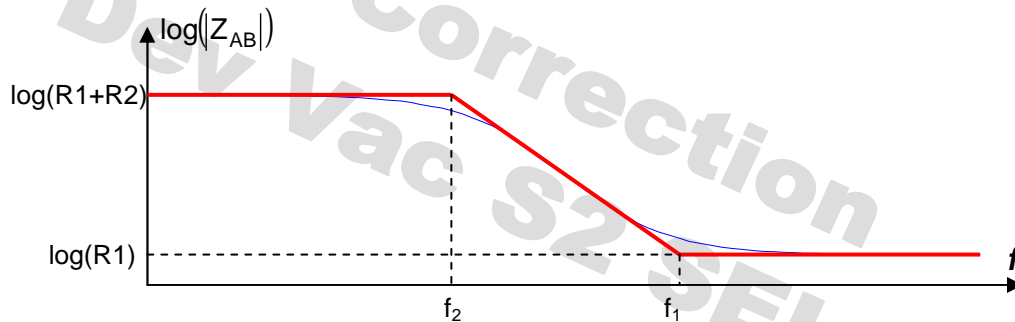
que l'on peut écrire  $Z_{AB} = (R1 + R2) \cdot \frac{1 + j \frac{R1R2}{R1+R2} C\omega}{1 + jR2C\omega}$  de la forme indiquée  $Z_{AB} = (R1 + R2) \cdot \frac{1 + \frac{j\omega}{\omega_1}}{1 + \frac{j\omega}{\omega_2}}$  avec

$\omega_2 = \frac{1}{R2C}$  et  $\omega_1 = \frac{R1+R2}{R1R2C}$  soit  $\omega_2 = 769,2 \text{ rad/s}$   $f_2 = 122,4 \text{ Hz}$  et  $\omega_1 = 17435,9 \text{ rad/s}$   $f_1 = 2775 \text{ Hz}$

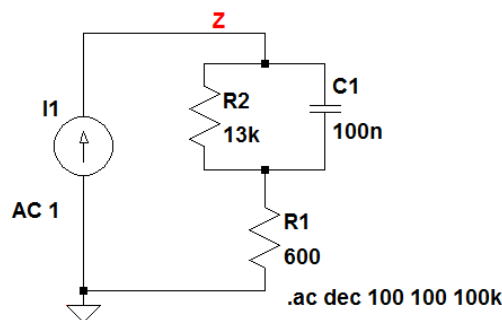
**Q4 :**

$$|Z_{AB}| = (R1 + R2) \cdot \frac{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_1}\right)^2}}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_2}\right)^2}}$$

f	100Hz	300Hz	1kHz	3kHz	10kHz	30kHz	300kHz
$ Z_{AB} $	10539,7Ω	5168,5Ω	1756,7Ω	816,6Ω	622,6Ω	602,6Ω	600,2Ω



**Q6 :**



## Exercice n°4 : Un filtre passe bande

$$Q1 : V_{+AOP1} = \frac{\frac{V_{IN}}{R_1} + \frac{V_2}{R_2}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + jC\omega} \text{ soit } V_{+AOP1} = \frac{V_{IN} \cdot R_2 + V_2 \cdot R_1}{R_2 + R_1 + jCR_1R_2\omega}$$

$$Q2 : V_{-AOP1} = \frac{\frac{V_1}{R_2} + V_2 \cdot jC\omega}{\frac{1}{R_2} + jC\omega} \text{ soit } V_{-AOP1} = \frac{V_1 + V_2 \cdot jR_2C\omega}{1 + jR_2C\omega}$$

$$Q3 : V_{+AOP2} = \frac{V_1}{2} = V_{-AOP2} = V_{-AOP1} = V_{+AOP1}$$

Q4 : En utilisant les équations précédentes on aboutit aux 2 relations suivantes :

$$\frac{V_1}{2} = \frac{V_{IN} \cdot R_2 + V_2 \cdot R_1}{R_2 + R_1 + jCR_1R_2\omega} \text{ Eq(1) et } \frac{V_1}{2} = \frac{V_1 + V_2 \cdot jR_2C\omega}{1 + jR_2C\omega} \text{ Eq(2)}$$

$$\text{En réécrivant l'équation 2 il vient } V_1 \cdot (1 + jR_2C\omega) = 2V_1 + 2V_2 \cdot jR_2C\omega \text{ soit } V_1 \cdot \frac{(jR_2C\omega - 1)}{2jR_2C\omega} = V_2 \text{ Eq(3)}$$

$$\text{En réécrivant l'équation 1 il vient : } V_1 \cdot (R_2 + R_1 + jCR_1R_2\omega) = V_{IN} \cdot 2R_2 + V_2 \cdot 2R_1$$

En remplaçant l'expression de  $V_2$  de l'équation 3 dans celle de l'équation 2 on peut alors écrire :

$$V_1 \cdot (R_2 + R_1 + jCR_1R_2\omega) = V_{IN} \cdot 2R_2 + V_1 \cdot \frac{(jR_2C\omega - 1)}{jR_2C\omega} \cdot R_1$$

$$\text{soit : } V_1 \cdot (R_2 + R_1 + jCR_1R_2\omega) \cdot jR_2C\omega = V_{IN} \cdot 2R_2 \cdot jR_2C\omega + V_1 \cdot (jR_2C\omega - 1) \cdot R_1$$

$$\text{que l'on peut simplifier : } V_1 \cdot (R_1 + jR_2^2C\omega + (jCR_2\omega)^2 R_1) = V_{IN} \cdot 2R_2 \cdot jR_2C\omega$$

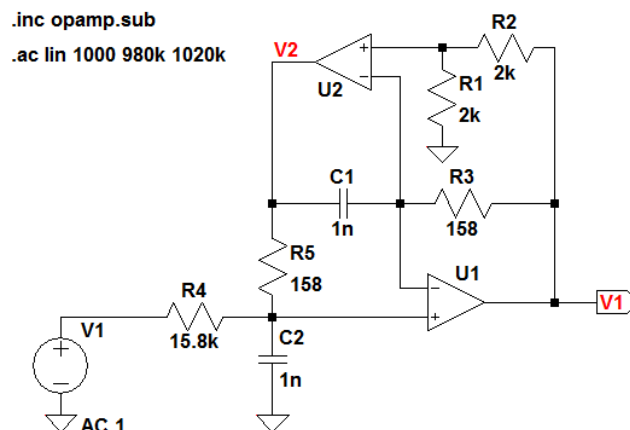
$$\text{pour aboutir à la fonction de transfert } \frac{V_1}{V_{IN}} = 2 \cdot \frac{j \frac{R_2^2}{R_1} C\omega}{1 + j \frac{R_2^2}{R_1} C\omega + (jCR_2\omega)^2}$$
 de la forme d'une fonction de transfert

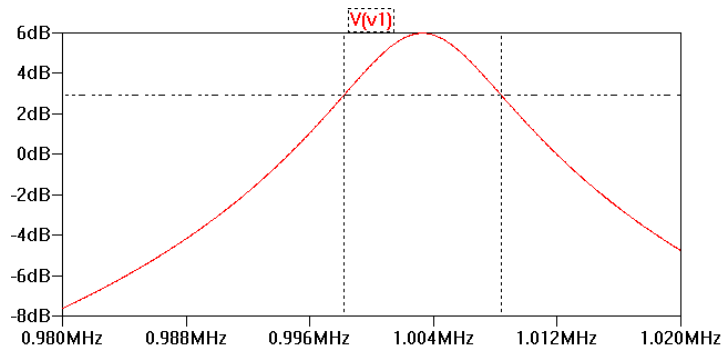
passé bande du 2nd ordre  $\frac{V_1}{V_{IN}} = A_{BP} \cdot \frac{\frac{j\omega}{Q\omega_0}}{1 + \frac{j\omega}{Q\omega_0} + \left(\frac{j\omega}{\omega_0}\right)^2}$  avec  $\omega_0 = \frac{1}{R_2 \cdot C}$  et  $Q = \frac{R_1}{R_2}$  et  $A_{BP} = 2$

En effectuant les applications numériques il vient  $Q=100$   $f_0=1\text{MHz}$  et une amplification max de 2.

Q5 : Les indications données par le constructeur sont donc légèrement erronés ( cela arrive !!) et une simulation LTSpice permet de vérifier très rapidement le résultat proposé ci-dessus par calcul :

Vérification du filtre passe bande du 2nd ordre  
Facteur de qualité  $Q=100$  /  $f_0=100\text{MHz}$  & Amplification = 2 (6dB)  
[poujouly.net](http://poujouly.net)





NB : Le résultat de simulation ne rejoint le résultat théorique que si l'on choisit un produit gain bande suffisamment grand pour l'amplificateur opérationnel (c'est d'ailleurs le cas pour l'amplificateur opérationnel OPA620 puisqu'il affiche un GBW=200MHz !)

### Exercice n°5 : Etude d'une note d'application

**Q1 :** La modulation à 10kHz du faisceau infrarouge permet de s'affranchir des conditions ambiantes (éclairage électrique, luminosité).

**Q2 :** La tension de sortie continue augmente lorsque l'objet se rapproche.

**Q3 :** Il s'agit d'une simulation de type AC qui permet d'obtenir le diagramme de Bode. On obtient un filtre sélectif centré sur 10kHz et dont le gain max est de 40dB soit un gain de 100 en linéaire. Ce résultat est conforme avec l'indication donnée dans la documentation constructeur :

*"the op amp is configured as a gain-of-100, 2nd-order bandpass filter centered at 10khz"*

**Q4 :** La constante de temps pour le circuit RC du détecteur de crête est  $\tau = 100k\Omega \times 1\mu F = 0,1s$  ce qui est 1000 fois plus grand que la période correspondant à la modulation de 10kHz (0,1ms)

**Q5 :** Il s'agit de la résistance de  $1M\Omega$  et du condensateur de  $470pF$  qui forme un filtre passe haut dont la

fréquence de coupure est : 
$$f_c = \frac{1}{2\pi \cdot 1M\Omega \cdot 470pF} = 338,6Hz$$