

Relevé du diagramme de Bode de filtres du premier et du second ordre (gain en amplitude et phase) : filtres passe-bas, passe-haut, passe-bande.

Caractère intégrateur ou dérivateur dans un domaine limité de fréquences

Modèles de l'amplificateur opérationnel idéal :

- caractéristique de transfert statique, zone linéaire, saturations en tension et en courant de sortie ; cas limite du gain infini ;
- fonction de transfert en régime linéaire (passe-bas d'ordre un) ;
- saturation en vitesse de balayage.

Il est facile de faire de nombreuses mesures, qui ne sont utiles que si on les confronte sérieusement à un modèle, lui aussi généralement facile à établir (cf. remarque générale sur le traitement des données). Il faut montrer que le filtre, comme son nom l'indique, filtre, et donner des exemples où c'est utile.

Trop souvent, les candidats s'en tiennent à une présentation quasi qualitative des propriétés du module du gain. Le filtrage des tensions émises par un générateur BF n'a pas grand intérêt. Il est beaucoup plus intéressant de s'intéresser à des signaux réels (par exemple sonores). Un circuit RLC série est un exemple inapproprié de filtre d'ordre deux. Aux hautes et basses fréquences, il se comporte comme un filtre d'ordre 1 et est donc peu sélectif.

Introduction

Définition d'un filtre

I Filtre passif passe-bas du premier ordre

1) Montage

Filtre type RC: filtre simple de fonction de transfert $G = 1/(1+jRC\omega)$

La fréquence de coupure $f_c = 1/2\pi RC$; le gain chute de -20dB par décade en haute fréquence

Le déphasage évolue entre 0 et $-\pi/2$ et vaut $-\pi/4$ à la fréquence de coupure

2) Mesures

Il faut faire les mesures à l'oscillo ou bien faire attention aux fréquences de coupure des multimètres. Bien vérifier que V_E garde la même valeur à chaque fois

Mesurer pour chaque fréquence f , la tension d'entrée, la tension de sortie et la phase.

Bien utiliser tous les calibres afin d'avoir les résultats les plus précis

Exploitation: Tracer G et ϕ en fonction de $\log f$

Trouver la fréquence de coupure à - 3 dB et vérifier que $\phi = -45^\circ$ si $f = f_c$

Montrer aussi le caractère intégrateur du montage

3) Application au filtrage

Application 1 : Effet du filtre sur une tension d'entrée rectangulaire

Faire la FFT du signal d'entrée et du signal de sortie

Application 2 : la démodulation

Limite : peu sélectif

II Filtre linéaire passe bas actif

1) Présentation des caractéristiques de l'AO

a) Caractéristique de transfert statique, zone linéaire

Faire un circuit inverseur et construire la caractéristique de transfert statique

b) Saturation en tension de sortie

Montrer les zones de saturation en tension à la sortie

c) Saturation en courant de sortie

Refaire le montage inverseur avec des résistances faibles et montrer que i_s ne pourra pas être supérieure à 20 mA

d) Produit gain.bande passante

Augmenter la fréquence et mesurer à l'oscillo la tension de sortir.

Faire le diagramme de Bode en amplitude et en phase et montrer que si la fréquence augmente le gain diminue et le déphasage tend vers 90°

En haute fréquence l'AO est un filtre passe bas avec la particularité: gain * bande passante = 10^6

e) Saturation en vitesse de balayage

Avec le montage inverseur, en tensions carrée et à hautes fréquences, montrer que le signal se déforme en signal triangulaire

Déterminer le slew-rate.

2) Etude du filtre

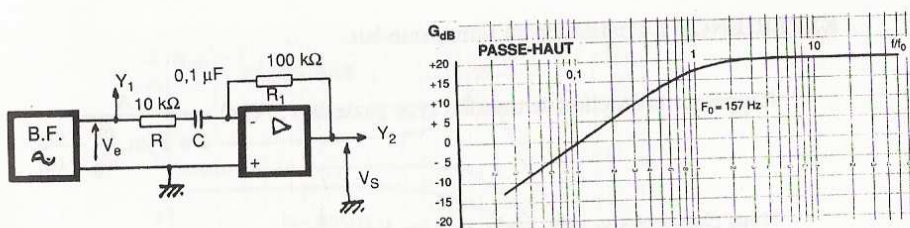


Figure F 17

La fonction de transfert du montage est égale à $F(j\omega) = \frac{V_s}{V_e} = -\frac{R_1}{R} \times \frac{jRC\omega}{1 + jRC\omega}$

Comme en expérience 1, relever la courbe de réponse dans le plan de Bode. Mesurer la fréquence de coupure et comparer la valeur trouvée avec $(2\pi RC)^{-1}$, soit 157 Hz avec les valeurs du schéma.

Remarque: Lorsque la fréquence devient élevée, la réponse du filtre tend vers zéro avec une pente égale à -20 dB par décade. Ceci est dû au produit Gain. Bande de l'ampli utilisé (5.10^5 environ) : on ne peut obtenir un gain > 10 aux fréquences supérieures à 50 kHz (voir "Ampli" opérationnel).

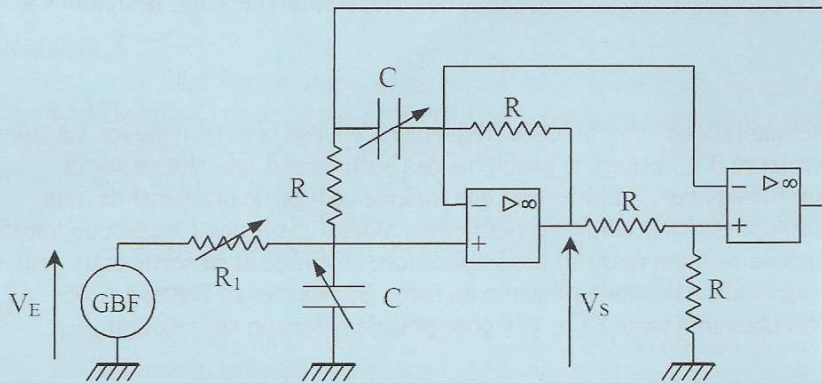
Etablir le diagramme de bode en gain et en phase

Application : élimination d'une composante continue

III Filtre passe bande

1) Présentation du montage

Le montage comportant de nombreux éléments, on conseille de le réaliser en partie sur une plaque type P 60 (y placer les AO et les composants de valeur fixe).



$R : 10 \text{ k}\Omega$

$R_1 : \text{boite à décades}$

$C : \text{condensateurs variables (mais de même valeur !)} \rightarrow \text{prendre les boites bleues MC 1001.}$

La fonction de transfert du filtre est :
$$H(j\omega) = \frac{2}{1 + Q \left(\frac{j\omega}{\omega_0} + \frac{\omega_0}{j\omega} \right)}$$

Les caractéristiques nominales du filtre passe-bande sont alors les suivantes :

- pulsation centrale : $\omega_0 = 2\pi f_0 = \frac{1}{RC}$
- facteur de qualité : $Q = \frac{R_1}{R}$
- gain à la résonance : $H_0 = 2$

L'intérêt majeur de ce filtre est de pouvoir être réglé de façon indépendante en ω_0 et Q .

Manipulation :

Vérifiez qualitativement cette propriété en traçant la caractéristique du filtre sur un oscilloscope numérique en mode XY à l'aide d'un GBF modulé en fréquence (wobulation) \rightarrow à Rennes, prendre le Métrix GX 245. Réglez alors le GBF pour qu'il wobble entre 1000 et 2500 Hz et réalisez les enregistrements suivants :

- enregistrement n° 1 : $R_1 = 100 \text{ k}\Omega$; $C = 8 \text{ nF}$
- enregistrement n° 2 : $R_1 = 50 \text{ k}\Omega$; $C = 8 \text{ nF}$
- enregistrement n° 3 : $R_1 = 100 \text{ k}\Omega$; $C = 10 \text{ nF}$

Montrez qualitativement l'influence de la valeur de R_1 sur le facteur de qualité et l'influence de C sur la valeur de la pulsation centrale du filtre.

2) Allure du diagramme de Bode en amplitude

Mesures :

On peut mesurer la fréquence f_0 et le facteur de qualité Q sur un des enregistrements précédents et comparer aux valeurs théoriques. Pour ce faire, procédez de la façon suivante : arrêtez la wobulation, utilisez un voltmètre pour mesurer l'amplitude (en

Manipulation d'application :

On peut s'en servir comme filtre dans la manipulation 2.1 du montage M 36 (Ondes stationnaires). La détection d'un signal sonore dans l'audible est souvent perturbée par le bruit ambiant (notamment lorsqu'on parle !). Vous pouvez comparer le signal avec et sans filtrage.

Le filtre ayant une impédance d'entrée assez forte, il faut **intercaler un montage suiveur à ampli op** entre le micro et le filtre sous peine de déboire. Ajustez ensuite la fréquence du GBF à la fréquence du filtre.

Remarque :

On peut aussi se servir de ce filtre pour faire un analyseur de spectre (cf. Journeaux : TP d'EON p. 220). C'est sur ce principe qu'étaient conçus les analyseurs de spectre analogique. Ils sont aujourd'hui supplantés par les analyseurs numériques car l'augmentation de leur sélectivité se faisait au détriment de leur rapidité d'analyse (cf. ci-dessous).

Conclusion