TP4 – L'amplificateur opérationnel
Quelques applications typiques

INTRODUCTION

Les montages s'alourdissant, on prendra soin de respecter les consignes attachées à la réalisation des circuits (code des couleurs, éléments au plus près de l'extension mais hors des bornes de conversion, câbles aussi courts que possible).

Avec l'amplificateur opérationnel comme avec tous les autres circuits intégrés, on renoncera à cette facilité apparente qui consiste à chevaucher un circuit intégré avec des composants devant relier des bornes en regard. Le risque d'occasionner des contacts fantômes est non nul!

Découplage des sources de tension continue

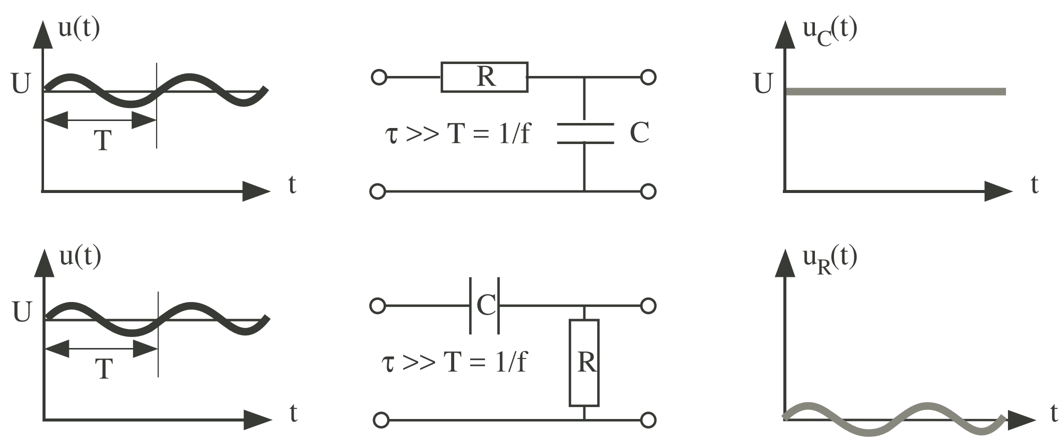
Il n'est pas rare, avec les amplificateurs opérationnels comme avec d'autres circuits intégrés qui nécessitent une alimentation par des sources de tension continue, que les signaux de sortie soient bruités et le demeurent au-delà des câbles blindés et des mesures de simplification et d'allègement du circuit réalisé. Lesdites sources de tension continue sont parfois insuffisamment stabilisées et délivrent des tensions parasitées par des variations de niveau de haute fréquence.

On élimine ces dernières en découplant la ou les sources responsables des perturbations observées avec une ou des capacités de 100 nF. Car mettre une capacité en parallèle sur une source de tension continue, c'est fermer celle-ci sur un circuit RC passe-bas qui, comme son nom l'indique, ne laisse passer que les basses fréquences.

On se souviendra ici du rôle fondamental du condensateur dans la **séparation des composantes continue et variable d'un signal**, un rôle qui tire son principe des propriétés aux limites d'un condensateur : $C \equiv$ circuit ouvert lorsque $f \to 0$

$C \equiv$ court-circuit lorsque $f \to \infty$

et qu'on peut résumer à travers les deux schémas ci-dessous:



1. Redresseur sans seuil

1.2 Les critères de choix définis, les amplificateurs opérationnels seront choisis parmi les trois types à disposition, à savoir LM741, LF356 et LM318

2. Amplificateur avec une réponse en fréquence donnée

2.1 C'est un simple amplificateur inverseur de gain $-Z_2/Z_1$ avec

$$\underline{Z}_2 = C_2//R_2 \text{ et } \underline{Z}_1 = R_1 + 1/j\omega C_1$$

dont la fonction de transfert, après mise sous forme canonique et intégration de la variable R_1 à $jC_1\omega$, s'écrit :

$$\mathbf{\underline{H}(j\omega) = -\frac{R_2}{R_1}\frac{1}{1+j\omega R_2C_2}\frac{j\omega R_1C_1}{1+j\omega R_1C_1}}$$

ou encore : $\underline{H}(j\omega) = -\frac{R_2}{R_1}\frac{1}{1+j\frac{\omega}{\omega_2}}\frac{j\frac{\omega}{\omega_1}}{1+j\frac{\omega}{\omega_1}}$ en posant : $\omega_1 = \frac{1}{R_1C_1}$ et $\omega_2 = \frac{1}{R_2C_2}$

Il sera remarqué ici que la fonction de transfert ne peut être laissée sous sa forme première

$$\underline{H}(j\omega) = -R_2\frac{1}{1+j\omega R_2C_2}\frac{j\omega C_1}{1+j\omega R_1C_1}$$

Cette fonction exprimant un rapport de tensions, le facteur **K** (voir formule A.1 du cours) est un nombre **sans dimension** et les **facteurs de ω** qui définissent les zéros et les pôles doivent avoir la dimension de ω^{-1} soit de **t** ($\omega = 2\pi f = 1/T$). Il faut donc multiplier $j\omega C_1$ par R_1.
Dans le doute, on se référera à l'équation aux dimensions de RC.

$$R = U/I\ ;\quad C = Q/U\ ;\quad Q = I\Delta t \quad \rightarrow \mathbf{RC = [s]}$$

La fonction de transfert, en revanche, est moins simple d'approche que ne l'est l'amplificateur, la position de f_1 par rapport à f_2 changeant la nature du gain en bande passante. En effet :

- si $f_1 < f_2$
  $$\lim \underline{H}(j\omega)_{f_1<<f<<f_2} = -\frac{R_2}{R_1} \Rightarrow |\underline{H}(j\omega)| \rightarrow \frac{R_2}{R_1} \text{ quand } f_1 << f << f_2$$
- si $f_1 > f_2$ $\quad \lim \underline{H}(j\omega)_{f_2<<f<<f_1} = -\frac{C_1}{C_2} \Rightarrow |\underline{H}(j\omega)| \rightarrow \frac{C_1}{C_2}$ quand $f_2 << f << f_1$

On retrouvera ces valeurs aux limites en écrivant : $1+j\frac{\omega}{\omega_n} \rightarrow 1$ quand $f < f_n$

et $1+j\frac{\omega}{\omega_n} \rightarrow j\frac{\omega}{\omega_n}$ quand $f > f_n$

2.2 $R_1 = 33\ k\Omega$

2.3 $C_1 = 4.8\ \mu F$ et $C_2 = 48\ pF$ $\rightarrow$ pratiquement $C_1 = 4.7\ \mu F$ et $C_2 = 47\ pF$.

3. Application : Mesure optique du pouls

Contenant 2 amplificateurs, **un seul** circuit TL072 suffit à la réalisation du montage complet.

3.1 Si $U_j = 1.3$ V, R = 41 Ω → pratiquement R = 39 Ω
Puissance dissipée dans R = 3.7x.09 = 0.333 W→ par mesure de précaution on privilégiera la solution **82 Ω // 82 Ω.**

3.2.1 $R_3 = 937.5$ kΩ → pratiquement $R_3 = 1$ MΩ

3.2.2 $\Delta V_{pre} = 40$ mV

3.2.3 $C_3 = 159$ pF → pratiquement $C_3 = 150$ pF.

3.3.1

$$\underline{H}(j\omega)_{\text{Récepteur}} = \frac{\underline{V}_{pre}}{\underline{I}_R} = \frac{R_3}{1 + j\omega R_3 C_3} \quad \text{où} \quad f_3 = \frac{1}{2\pi R_3 C_3} = 1 \text{ kHz}$$

$$\underline{H}(j\omega)_{\text{Filtre}} = \frac{\underline{V}_s}{\underline{V}_{pre}} = -\frac{R_2}{R_1}\frac{1}{1 + j\omega R_2 C_2}\frac{j\omega R_1 C_1}{1 + j\omega R_1 C_1} \quad \text{où} \quad f_1 = \frac{1}{2\pi R_1 C_1} = 1 \text{ Hz}$$

$$f_2 = \frac{1}{2\pi R_2 C_2} = 1 \text{ kHz}$$

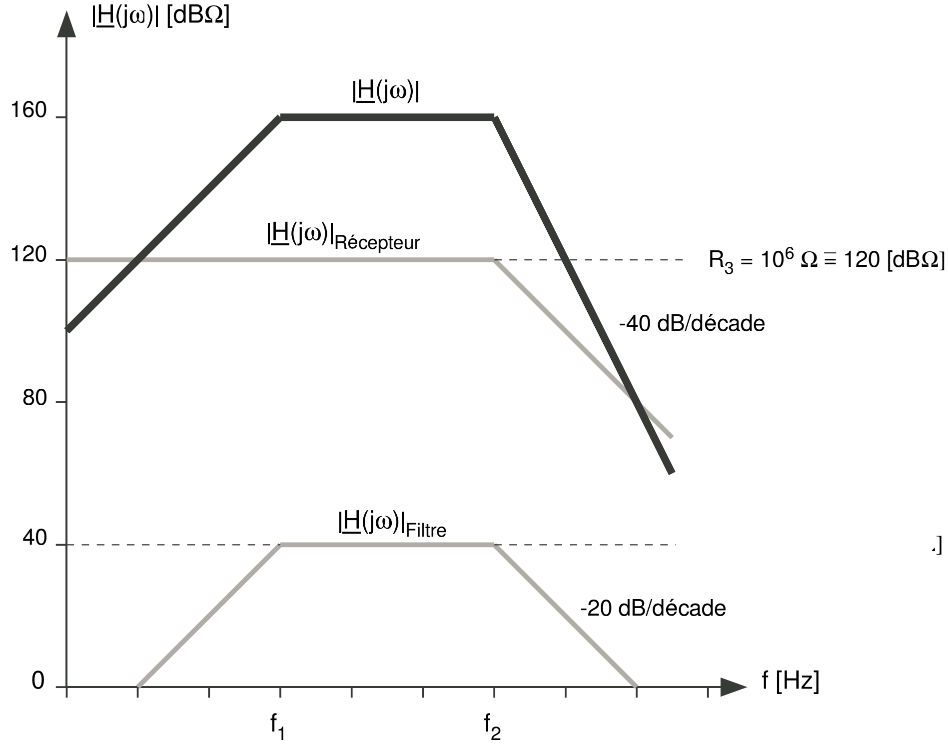
$f_2 = f_3$ → la forme simplifiée suivante de $\underline{H}(j\omega)$:

$$\mathbf{\underline{H}(j\omega) = \underline{H}(j\omega)_{Récepteur} \cdot \underline{H}(j\omega)_{Filtre} = \frac{\underline{V}_s}{\underline{I}_R} = -\frac{R_2 R_3}{R_1}\frac{1}{(1 + j\omega R_2 C_2)^2}\frac{j\omega R_1 C_1}{1 + j\omega R_1 C_1}}$$

Suite à la simplification entraînée par $R_2 = R_3$, le montage au complet devient l'association:

- d'un filtre passe-bas du 2nd ordre $\frac{1}{(1 + j\omega R_2 C_2)^2}$ avec un pôle double en $f_2 = \frac{1}{2\pi R_2 C_2}$
- et d'un filtre passe-haut $\frac{j\omega R_1 C_1}{1 + j\omega R_1 C_1}$ avec un zéro en $f_1 = \frac{1}{2\pi R_1 C_1}$

de gain en bande passante $-\frac{R_2 R_3}{R_1}$ appelé aussi **transrésistance.** Par définition de la fonction $\underline{H}(j\omega)$ ce facteur K' a forcément la dimension d'une résistance.



Génie électrique et électronique / Microtechnique
2ème Année