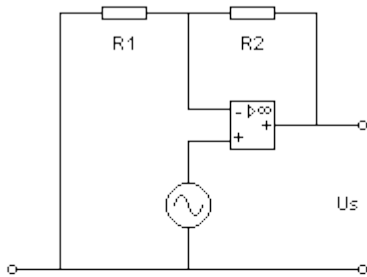
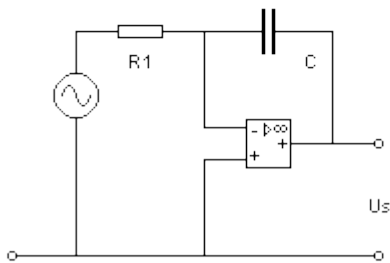
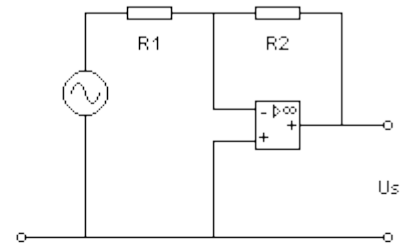


par Gilbert Gastebois

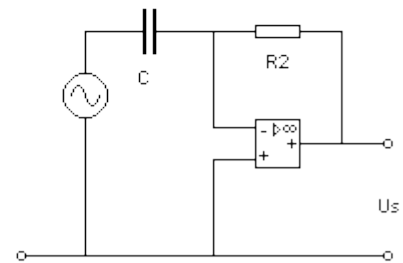
Ampli non inverseur



Ampli inverseur

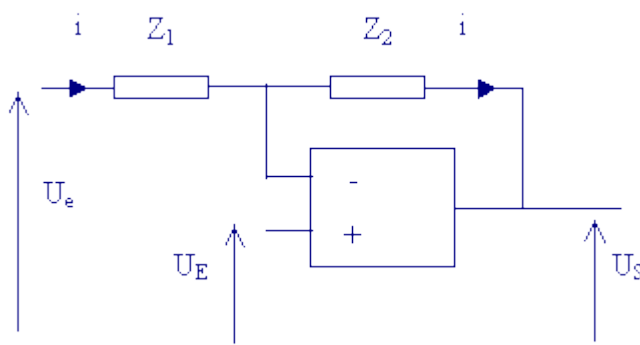


Ampli intégrateur



Ampli dérivateur

1. Ampli idéal



1.1 Coefficient d'amplification de l'A.O.P

U_0 est la tension entre les deux entrées E_+ et E_-

$U_S = A U_0$ (A est le coefficient d'amplification à vide)

Comme A est très grand et $-V_a < U_S < V_a$ en fonctionnement linéaire,

$U_0 = U_S / A$ est pratiquement nul en fonctionnement linéaire.

On prendra donc $U_0 = 0$ en fonctionnement linéaire idéal (A infini).

En fonctionnement saturé, U_0 peut avoir n'importe quelle valeur.

Si $U_0 > 0$, $A U_0 > V_a$ et U_S est saturé à V_a

Si $U_0 < 0$, $A U_0 < -V_a$ et U_S est saturé à $-V_a$

1.2 Amplification linéaire avec rétroaction

En fonctionnement linéaire idéal : $U_0 = 0$

$$U_E = U_0 + Z_2 i + U_S = Z_2 i + U_S$$

$$U_e = Z_1 i + U_0 + U_E = Z_1 i + U_E$$

$$i = (U_e - U_E) / Z_1$$

$$U_E = Z_2 (U_e - U_E) / Z_1 + U_S$$

$$U_S = (1 + Z_2 / Z_1) U_E - Z_2 / Z_1 U_e$$

$$\text{Gain } G = U_S / U_{\text{entrée}}$$

En courant sinusoïdal :

Résistance : $Z = R$

Bobine : $Z = r + j L \omega$

Condensateur : $Z = 1 / (j C \omega)$

$$\text{Ampli non inverseur : } U_{\text{entrée}} = U_E \text{ et } U_e = 0 \quad G_i = 1 + R_2 / R_1$$

$$\text{Ampli inverseur : } U_{\text{entrée}} = U_e \text{ et } U_E = 0 \quad G_i = - R_2 / R_1$$

$$\text{Ampli dérivateur : } U_{\text{entrée}} = U_e \text{ et } U_E = 0 \quad G_i = - j R_2 C \omega = - R_2 C d(e^{j\omega t}) / dt / e^{j\omega t}$$

$$\text{Ampli intégrateur : } U_{\text{entrée}} = U_e \text{ et } U_E = 0 \quad G_i = j / (R_1 C \omega) = - 1 / (R_1 C) \text{ prim}(e^{j\omega t} / e^{j\omega t})$$

$$* j^2 = -1$$

2. Ampli réel

2.1 Gain de l'amplificateur

Coefficient d'amplification en continu à vide (sans rétroaction) : A_0

Fréquence de coupure à vide : N_0

Fréquence de la tension U_e : N

Pulsation de la tension U_e : $\omega = 2\pi N$

Coefficient d'amplification en tension sinusoïdale à vide $A = A_0 / (1 + j N / N_0)^*$

(Ampli idéal : A infini)

$$G = G_i / (1 + (1 + Z_2 / Z_1) / A) \quad G_i : \text{Gain idéal}$$

$$\text{Ampli non inverseur : } G = (1 + R_2 / R_1) / (1 + (1 + R_2 / R_1) / A)$$

Pour N et G assez élevés

$$G = (1 + R_2/R_1) / (1 + ((R_2/R_1)N/(A_0N_0))^2)^{1/2} = (1 + R_2/R_1) / (1 + N^2/N_c^2)^{1/2}$$

Ampli inverseur : $G = -R_2/R_1 / (1 + (1 + R_2/R_1)/A)$

Pour N et G assez élevés

$$G = -R_2/R_1 / (1 + ((R_2/R_1)N/(A_0N_0))^2)^{1/2} = -R_2/R_1 / (1 + N^2/N_c^2)^{1/2}$$

Ampli dérivateur : $G = -j R_2 C \omega / (1 + (1 + j R_2 C \omega) / A)$

Pour N et G assez élevés

$$G = -R_2 C \omega / (1 + (R_2 C \omega N / (A_0 N_0))^2)^{1/2} = -R_2 C \omega / (1 + N^2/N_c^2)^{1/2}$$

Ampli intégrateur : $G = j / (R_1 C \omega) / (1 + (1 - j / (R_1 C \omega)) / A)$

Pour N et G assez élevés

$$G = -1 / (R_1 C \omega) / (1 + ((1 / (R_1 C \omega)) N / (A_0 N_0))^2)^{1/2} = -1 / (R_1 C \omega) / (1 + N^2/N_c^2)^{1/2}$$

2.2 Fréquence de coupure de l'amplificateur

La fréquence de coupure N_c est la fréquence pour laquelle G perd 3 dB : $G = G_i/2^{1/2}$ ou pour laquelle le déphasage se décale de $\pi/4$, elle correspond à la fréquence limite ou l'ampli cesse de fonctionner convenablement

D'après les résultats précédents, on voit que pour G_i assez élevé,

$$G = G_i / (1 + (G_i N / A_0 N_0)^2)^{1/2} = G_i / (1 + (N/N_c)^2)^{1/2}$$

Donc on a $N_c = A_0 N_0 / G_i$ La performance en fréquence décroît avec le gain de l'amplificateur

2.3 Déphasage de la tension de sortie

Pour les ampli inverseurs et non inverseurs, $\tan \varphi = (1 + R_2/R_1) N / (A_0 N_0)$.

Si $G_i \gg 1$ $\tan \varphi = N/N_c$

Pour les autres, $\tan \varphi = (A_0 - G_i N/N_0) / (G_i + N/N_0)$.

* $j^2 = -1$

3. Tension périodique non sinusoïdale.

Dans le cas d'une tension U_e périodique non sinusoïdale, on la décompose en série de Fourier et on applique les formules du gain à chaque composante de la série.

$$U_e = \sum (a_n \cos(n\omega t) + b_n \sin(n\omega t))$$

$$U_s = \sum (G(n\omega) (a_n \cos(n\omega t) + b_n \sin(n\omega t)))$$

On obtient Gain = $U_s/U_e = a + j b$

Le déphasage $\varphi = \text{atan}(b/a)$ (φ est le déphasage de U_s par rapport à U_e)

Les fréquences des harmoniques élevées dépassent la fréquence de coupure et ces harmoniques sont donc mal amplifiées et elles sont déphasées. Cela entraîne une distorsion du signal de sortie d'autant plus importante que la fréquence du signal d'entrée et le gain de l'ampli sont élevés.

$$* j^2 = -1$$