Chapitre V : L'amplificateur opérationnel idéal

Résumé du cours

Introduction

Dans ce chapitre on se limitera à l'étude de l'amplificateur idéal ayant une impédance d'entrée infinie, une impédance de sortie nulle et un gain infini.

1-Symbole de l'amplificateur

Le symbole de l'A O est représenté par la figure suivante :

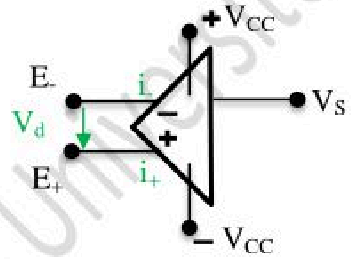

Figure (5.1) le symbole de l'A.O

On a $E_+=E_-$ puisque l'A.O est idéal c'est-à-dire $i_-=i_+=0$.

Il comporte 5 connexions :

E- et E+ sont respectivement les entrées inverseuses et non-inverseuses. La différence de potentiel entre ces deux entrées est appelé tension différentielle d'entrée V_d :

$$V_d=E_+-E_-$$

Et V_s : la tension de sortie

Dr. I. Ikhlef MCB Université de Constantine 1

$+V_{cc}$ $-V_{cc}$ correspondent aux tensions d'alimentation de l'A.O. le plus souvent elles sont de valeur identique, mais cela n'est pas une obligation. Dans ce chapitre on s'intéresse au fonctionnement de l'A.O dans le régime linéaire comme le montre la figure 5.2.

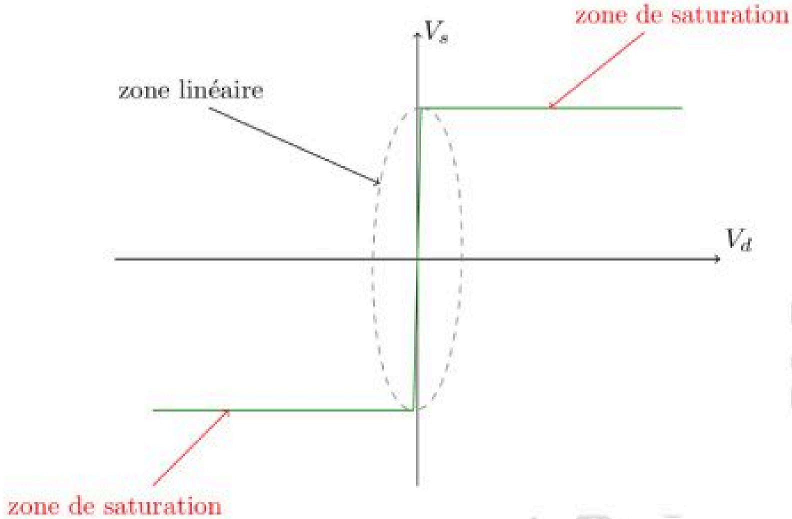

Figure 5.2 Caractéristique de la tension de sortie de l' A.O idéal en fonction de la tension différentielle.

2 -Les appllications de l'A.O dans le régime linéaire :

La plupart des montages de ce régime sont à base de réaction négative.

2.1 Le montage suiveur :

Dans ce montage on a

$$E_+=V_e \text{ et } E_-=V_s$$

$$donc\ V_e=V_s\ et\ G_v=1.$$

Son utilité est l'adaptation d'impédance entre deux étages sachant que ce montage a une résistance d'entrée très élevée et une résistance de sortie faible.

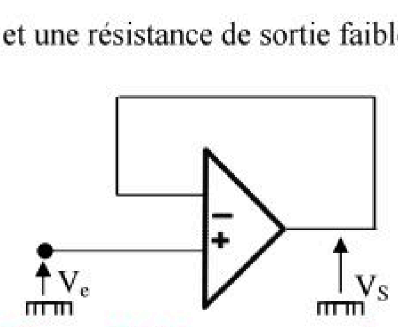

Figure (5 .3) Le montage suiveur

Dr. I. Ikhlef MCB Université de Constantine 1

2.2 Le montage inverseur :

Si le gain de la chaine directe tend vers l'infini, le gain du système bouclé ne dépend que de celui de la chaine de retour, donc le gain en tension selon le montage de la figure suivante est égale à :

$$V_e = R\, I \;\; et\; V_s = -R'\, I$$

$$\frac{V_s}{V_e} = -\frac{R'}{R} = G_v$$

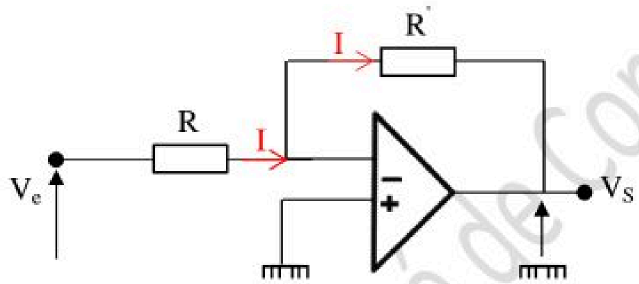

Figure (5.4) Montage inverseur

Le signe (-) dans la formule du gain indique que les deux signaux sont en opposition de phase. Par conséquent le signal de sortie est amplifie et inversé par rapport au signal d'entrée d'où le nom d'inverseur.

2.3 Montage non-inverseur :

Lorsque la tension se fait par l'entrée non-inverseuse, le gain en tension sera positif l'amplificateur est dit non-inverseur.

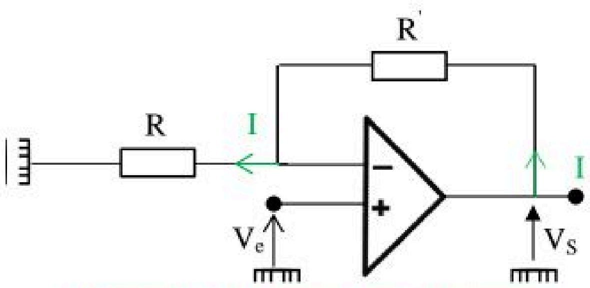

Figure (5.5) Montage non-inverseur

$$V_e = R\, I$$

Dr. I. Ikhlef MCB Université de Constantine 1

$$V_s = (R + R')\, I$$

$$\frac{V_s}{V_e} = \frac{R + R'}{R} = 1 + \frac{R'}{R} = G_v$$

$$G_v > 1$$

2.4 Montage sommateur-inverseur :

Soit le montage suivant :

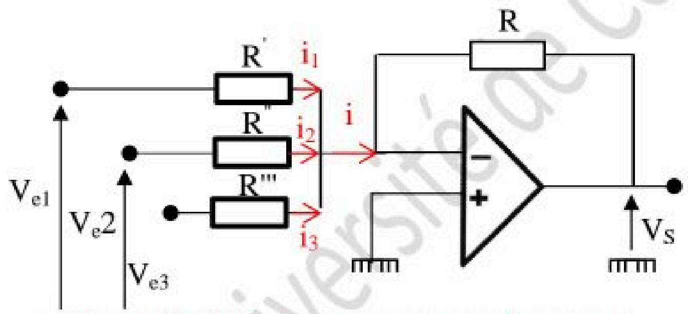

Figure (5.6) Montage sommateur-inverseur.

On appliquant la loi des nœuds à l'entrée inverseuse :

$$i = i_1 + i_2 + i_3$$

$$V_s = -R\, i\,, V_{e1} = +R' i_1\,,\ V_{e2} = +R'' i_2\ ,\ V_{e3} = +R''' i_3$$

$$V_s = -R\left(\frac{V_{e1}}{R'} + \frac{V_{e2}}{R''} + \frac{V_{e3}}{R'''}\right)$$

$$si\ R' = R'' = R''' = R\ \ donc$$

$$V_s = -(V_{e1} + V_{e2} + V_{e3})$$

La tension de sortie est la somme des résultats de chaque entrée seule.

Dr. I. Ikhlef MCB Université de Constantine 1

2.5 Montage soustracteur

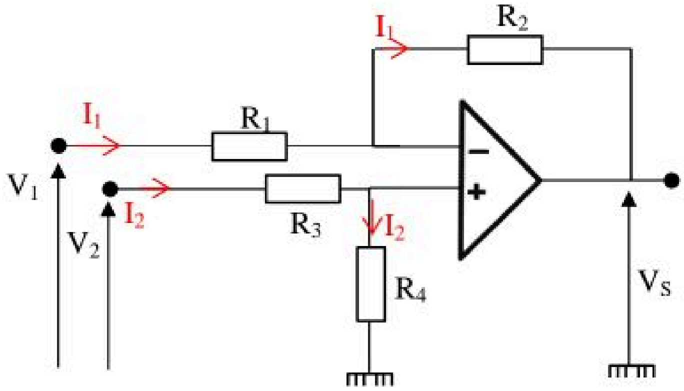

Figure (5.7) Montage soustracteur

$$V_1 = R_1\, I_1 + R_4\, I_2$$

$$V_2 = (R_3\ + R_4)\, I_2$$

$$\Rightarrow \quad I_2 = \frac{V_2}{R_3+R_4}$$

$$V_s = -R_2\, I_1 + R_4\, I_2$$

$$V_1 - V_s = (R_1\ + R_2)\, I_1$$

$$\Rightarrow \quad I_1 = \frac{V_1-V_s}{R_1\ +R_2}$$

$$V_s = -R_2\left(\frac{V_1 - V_s}{R_1\ + R_2}\right) + R_4\left(\frac{V_2}{R_3 + R_4}\right)$$

$$V_s\left(1 - \frac{R_2}{R_1\ + R_2}\right) = -\frac{R_2}{R_1\ + R_2}V_1 + \frac{R_4}{R_3 + R_4}V_2$$

$$V_s = -\frac{R_2}{R_1}V_1 + \frac{R_4}{R_1}\left(\frac{R_1\ + R_2}{R_3 + R_4}\right)V_2$$

$$si\ R_1 = R_2 = R_3 = R_4$$

$$V_s = -V_1 + V_2$$

Le soustracteur a dans son expression la différence entre les tensions à l'entrée inverseuse.

Dr. I. Ikhlef MCB Université de Constantine 1

2.6 Montage intégrateur

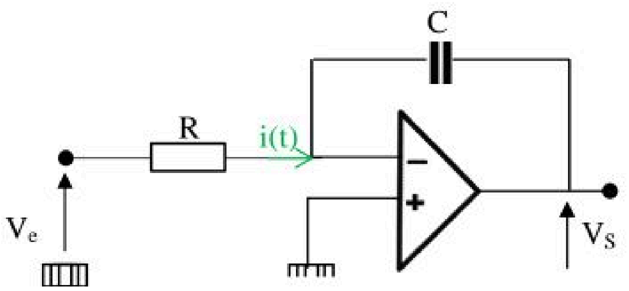

Figure (5.8) Montage intégrateur

On a

$$E_+ = E_-$$

$$V_e(t) = R\, i(t) \;\; puisque \; i(t) = C\frac{dV_s(t)}{dt}$$

$$V_s(t) = \frac{1}{R\,C}\int V_e(t)\,dt$$

2.7 Montage dérivateur :

Soit le montage suivant :

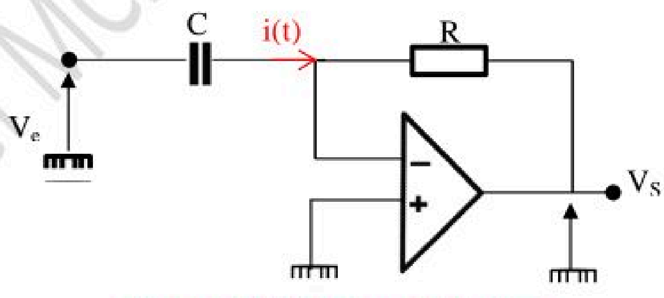

Figure (5.9) Montage dérivateur.

$$V_s(t) = -R\,i(t)$$

$$i(t) = C\frac{dV_e(t)}{dt}$$

$$V_s(t) = -R\,C\frac{dV_e(t)}{dt}$$

Dr. I. Ikhlef MCB Université de Constantine 1

2.8 Montage exponentiel :

Selon la figure suivante on a :

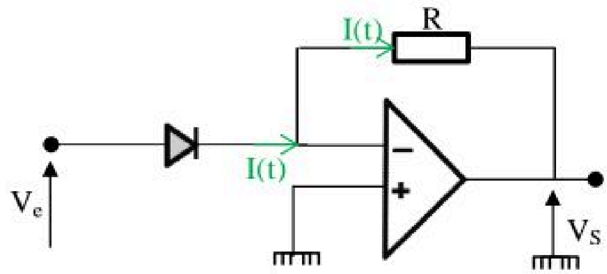

Figure (5.10) Montage exponentiel.

$$V_e = V_D$$

$$V_s = -R\, I(t) = -R\, I_S \left[exp\left(\frac{V_D}{U_T}\right) - 1\right]$$

$$V_s = -R\, I_S \left[exp\left(\frac{V_D}{U_T}\right) - 1\right]$$

2.9 Montage logarithmique:

Soit le montage suivant :

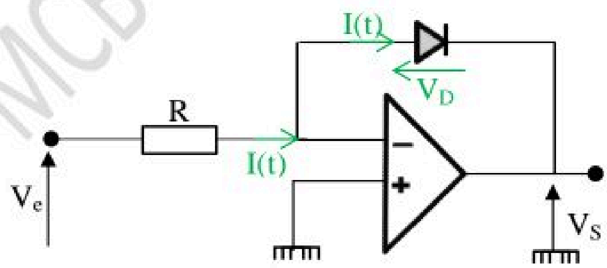

Figure (5.11) Montage logarithmique.

$$V_s = -V_D$$

$$I(t) = I_S \left[exp\left(\frac{-V_s}{U_T}\right) - 1\right]$$

$$V_e = R\, I(t) = R\, I_S \left[exp\left(\frac{-V_s}{U_T}\right) - 1\right]$$

$$V_s = -U_T\, ln\left(\frac{V_e}{R\ I_S}\right)$$

Dr. I. Ikhlef MCB Université de Constantine 1