Université de M'sila
Faculté de technologie
Département d'électronique
1ere année Master Instrumentation
Module : Capteurs en instrumentation industrielle

Cours 1 Rappel sur les amplificateurs opérationnel

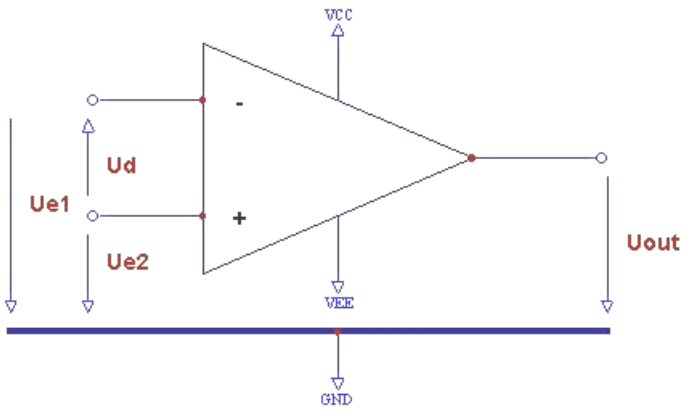
1. Définition

L'amplificateur différentiateur ou amplificateur opérationnel (ampliop) est un composant à fonctions multiples dans les circuits électroniques (amplificateur des faibles signaux, amplificateur de courant continu, filtres actifs). Il s'agit des circuits intégrés qui sont composés d'un grand nombre de semi-conducteurs (transistors, diodes). Grâce à la technique utilisée (intégration monolithique) le circuit est fabriqué sur un seul substrat, et souvent un boîtier comprend plusieurs ampliop.

Les principales caractéristiques d'un ampliop sont :

- Une haute amplification de tension (>100 dB)
- Une haute impédance d'entrée (1 MΩ, ou beaucoup plus grand s'il s'agit d'un ampliop avec des transistors à effet de champs à l'entrée)
- Une faible impédance de sortie (< 100 Ω)
- Une grande amplification de puissance

2. Symbole



Ue1 tension d'entrée inverseuse

Ue2 tension d'entrée non inverseuse

Ud tension différentielle d'entrée

Uout tension de sortie

L'amplificateur opérationnel est alimenté par deux tensions : V_{CC} et V_{EE}

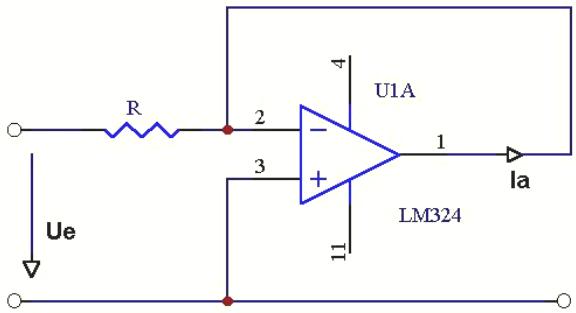
3. Contre réaction négative

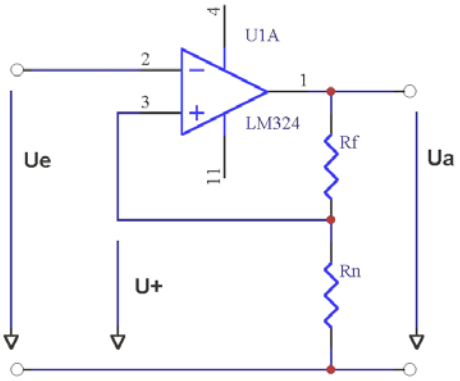
Les amplificateurs opérationnels possèdent une amplification de tension très élevée. Dans la plupart des applications cette amplification est réduite à la valeur désirée à l'aide de la contre-réaction. On réalise la contre-réaction en branchant le signal de sortie partiellement à **l'entrée inverseuse.** Donc si on veut réaliser une fonction **d'amplification** à l'aide d'un amplificateur opérationnel on doit avoir un **retour de la sortie vers l'entrée inverseuse.**

si par contre nous avons un **retour de la sortie vers l'entrée non inverseuse**, l'opération ainsi réalisée est une **comparaison (montage comparateur).**

La figure suivante présente ces deux cas de figure :

- Dans le premier montage nous remarquons que la sortie est reliée avec **l'entrée inverseuse** nous avons donc une fonction **d'amplification.**
- Dans le deuxième montage la sortie est reliée avec **l'entrée non inverseuse**, nous avons donc une fonction de **comparaison.**





4. Exemples de calcul

Dans les exemples suivants l'amplificateur opérationnel est considéré comme idéal. Sous cette condition, les calculs se simplifient remarquablement. L'amliop idéal remplit les conditions suivantes :

- Pour les fréquences examinées, il possède une amplification infinie. Cela permet de déduire que la tension entre les entrées est zéro (U_d= 0).
- L'impédance d'entrée est infinie (courant d'entrée I_d=0).

Donc les calculs sur les amplificateurs de tension à amplificateurs opérationnels sont basés sur les deux règles suivantes :

- $\mathbf{V^+ = V^-}$
- $\mathbf{i^+ = i^- = 0}$

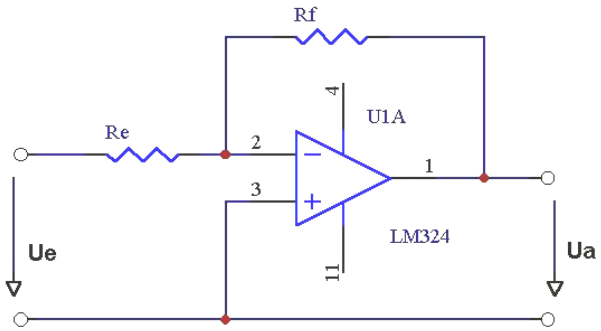
4.1 L'amplificateur inverseur

Le signal est branché à l'entrée négative (inverseuse). L'entrée positive est connectée à la masse.

$V^+ = V^- \rightarrow V_2 = V_3 = 0$

$i^+ = i^- = 0 \rightarrow I_{Re} = I_{Rf} = -\ Ue/Re = Ua/Rf$

→ Le gain d'amplification $G = Ua/Ue = -\ Rf/Re$



4.2 L'amplificateur non inverseur

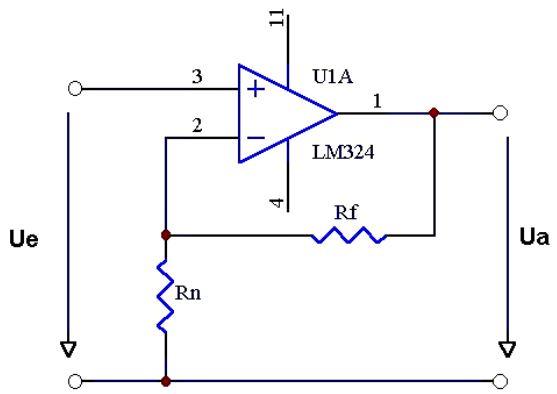
on appliquant les mêmes règles :

$V^+ = V^- = Ue$

$i^+ = i^- = 0 \rightarrow i_{Rn} = i_{Rf}$

$Ua = Ue\ (\ 1 + Rf/Rn\ )$

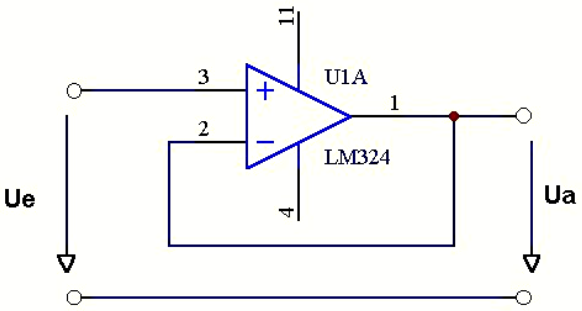
$G = Ua/Ue = 1 + Rf/Rn$



4.3 Le suiveur de tension

Dans ce cas : $Ua = Ue$

$G = 1$

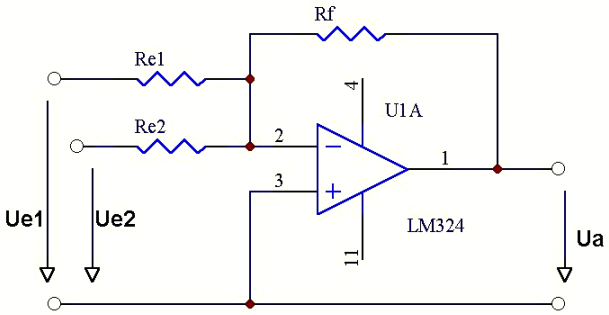


4.4 L'additionneur analogue

$$I_{Re1} + I_{Re2} = -I_f$$

$$\frac{U_{E1}}{R_{E1}} + \frac{U_{E2}}{R_{E2}} = -\frac{U_A}{R_f}$$

$$U_A = -R_f\left(\frac{U_{E1}}{R_{e1}} + \frac{U_{E2}}{R_{e2}}\right)$$



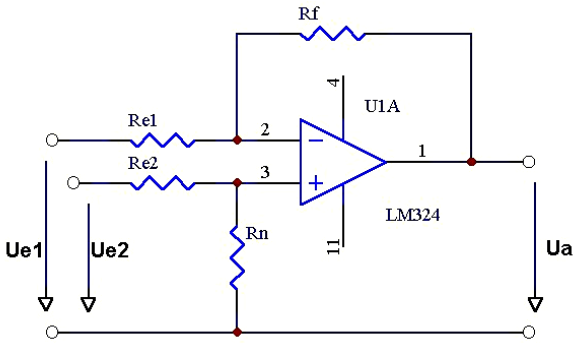
4.5 L'amplificateur différentiateur

En appliquant le principe de la superposition :

$$U_{E2} = 0: \quad U_A = -U_{E1}\frac{R_f}{R_{e1}}$$

$$U_{E1} = 0: \quad U_{E2}\frac{R_n}{R_f + R_n} = U_A\frac{R_{e1}}{R_{e1} + R_f}$$

$$U_A = U_{E2}\frac{R_n\left(R_{e1} + R_f\right)}{R_{e1}\left(R_{e2} + R_n\right)} - U_{E1}\frac{R_f}{R_{e1}}$$



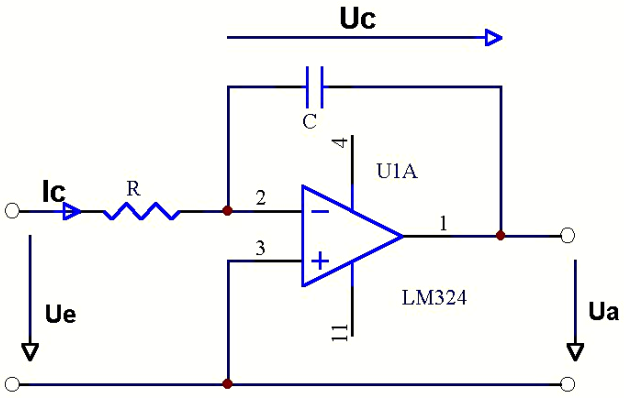
Pour des entrées : $R_n R_{e1} = R_f R_{e2}$

$$U_A = \frac{R}{R_e}\left(U_{E2} - U_{E1}\right); \quad R = R_f = R_n \; ; R_{e1} = R_{e2}$$

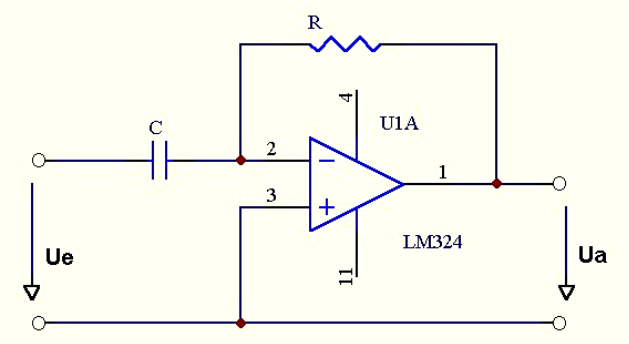
4.6 L'intégrateur

$$i_c = \frac{U_E}{R}; \quad -U_A = U_C = \frac{1}{C}\int i_C dt$$

$$U_A = -\frac{1}{RC}\int U_E dt$$



4.7 Le différentiateur

$$U_E = U_C = \frac{1}{C}\int i_C dt \Rightarrow i_C = C\frac{dU_E}{dt}$$

$$U_A = -i_R R = -i_C R = -RC\frac{dU_E}{dt}$$