

Composants de base en montages électroniques : amplificateurs opérationnels et photodiodes

3 avril 2021

Avertissement

Ce document est encore très incomplet et imparfait. Il sera probablement mis-à-jour bientôt pour inclure des informations vérifiées. En attendant, veuillez s'il-vous-plaît faire très attention en réalisant les montages décrits ci-dessous. En cas de doute, référez-vous au technicien de votre laboratoire ou votre enseignant.

1 Généralités sur l'amplificateur opérationnel

L'amplificateur opérationnel est un composant actif (il a besoin d'une tension d'alimentation) pourvu de deux entrées et d'une sortie. Son rôle est d'amplifier la différence de potentiel entre les deux entrées. L'une des entrées est notée $+$, et l'autre $-$; l'entrée $-$ est également appelée « entrée inverseuse » et l'entrée $+$ « entrée non-inverseuse ».

Lorsque l'ampli est utilisé en boucle ouverte, la tension à la sortie v_s est donnée par : $v_s = A_0(v_+ - v_-)$ avec $|A_0| > 1$. Dans le modèle de l'amplificateur idéal, le gain en boucle ouverte est supposé infini ($A_0 \rightarrow \infty$) et les courants d'entrée sont nuls.

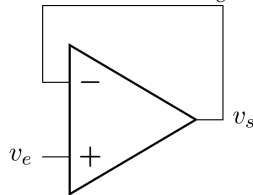
La plupart des montages rencontrés en licence utilisant l'amplificateur opérationnel utilisent cependant un montage avec *contre-réaction*. Ceci consiste à relier la borne de sortie à l'une des entrées.

Lorsque la contre-réaction est faite sur l'entrée négative, l'amplificateur est utilisé en *mode linéaire* ; cette contre-réaction permet également de maintenir des valeurs égales pour les bornes d'entrée ($V_+ = V_-$).

Lorsque la contre-réaction est faite sur l'entrée positive, l'amplificateur est utilisé en *mode saturé* et il fonctionne alors comme un comparateur (tension constante positive si $V_+ > V_-$ et constante négative dans le cas contraire)

1.1 Montage suiveur

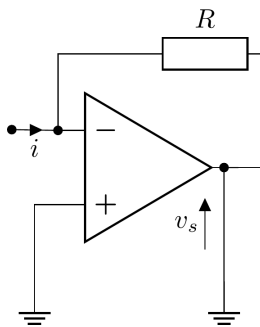
Dans ce montage, la contre-réaction est faite sur l'entrée inverseuse. On porte une tension v_e sur la borne $+$. La tension en sortie est alors égale à v_e .



L'intérêt de ce montage est qu'il permet de transmettre une tension entre deux parties d'un circuit tout en les isolant au niveau des courants grâce à l'impédance d'entrée très importante de l'amplificateur.

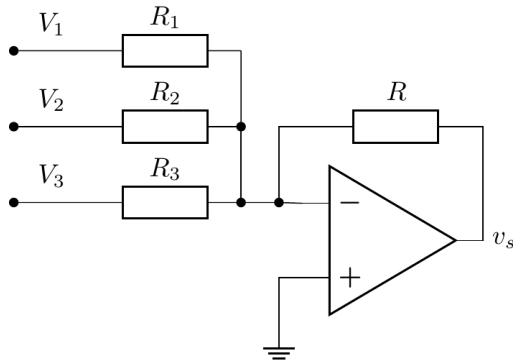
1.2 Convertisseur courant-tension

La contre-réaction est faite sur l'entrée inverseuse. L'entrée non-inverseuse est branchée à une masse. Entre la sortie et l'entrée non-inverseuse, on branche également une résistance assez élevée (de l'ordre de $10^5 \Omega$).



1.3 Additionneur

La contre-réaction est effectuée sur l'entrée négative et l'entrée positive est mise à la masse (on a donc un potentiel nul au niveau des deux entrées). On relie également l'entrée négative à plusieurs tensions comme montré dans le schéma ci-dessous.



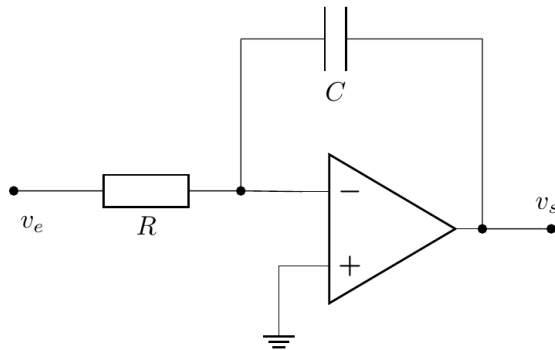
En appliquant le théorème de Millman, on montre que :

$$\frac{v_s}{R} = - \left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3} \right)$$

dans l'exemple présenté. On généralise facilement ce résultat à n branches en ajoutant les termes $\frac{V_i}{R_i}$ correspondants.

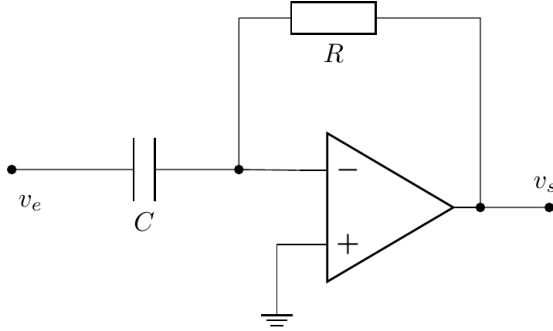
1.4 Intégrateur

Contre-réaction sur l'entrée négative et entrée positive mise à la masse (le potentiel au niveau des deux entrées + et - est donc nul). Entre la sortie et l'entrée - se trouve un condensateur. A l'entrée - est également branchée une résistance soumise à la tension variable v_e ; on a $v_s(t) = -\frac{1}{RC} \int v_e(t) dt$



1.5 Dérivateur

Inverser les emplacements de la résistance et du condensateur dans le montage de l'intégrateur crée un circuit réalisant l'opération inverse.



2 Photodiodes

Pour des informations plus précises et plus exactes, notamment sur les photorécepteurs et photodiodes, voir :

Sextant (1997). *Optique expérimentale*, éditions Hermann.

La photodiode est un photorécepteur ; elle émet un signal électrique en réponse à l'éclairement qu'elle subit. Elle met pour cela à profit l'effet photo-électrique interne.

Une photodiode se caractérise par :

- sa *sensibilité* (rapport entre le signal détecté en sortie et le flux lumineux entrant, en $A.W^{-1}$ ou $V.W^{-1}$),
- sa *réponse spectrale* (même unité que la sensibilité), sa *linéarité*,
- son *rendement quantique* (nombre moyen d'électrons excités par photon incident),
- son *temps de réponse* (temps caractéristique de variation du signal sortie suite à un changement brusque de l'éclairement reçu).

La sensibilité R est calculée à partir de la réponse spectrale $R(\lambda)$:

$$R = \int R(\lambda)\varphi(\lambda)d\lambda$$

Les photodiodes sont créées à partir de matériaux semi-conducteurs. Un semi-conducteur de type P (cathode), du côté de la face exposée à la lumière, est relié à un semi-conducteur de type N (anode).

On utilisera en général la photodiode alimentée en *polarisation inverse*. En effet, dans ces conditions, le courant émis par la photodiode est proportionnel au flux lumineux qu'elle reçoit. Elle ne doit cependant pas être soumise à une tension trop élevée sous peine de se casser (quelques volts en valeur absolue suffisent).