

4. Circuits d'évaluation de capteurs à sortie analogique

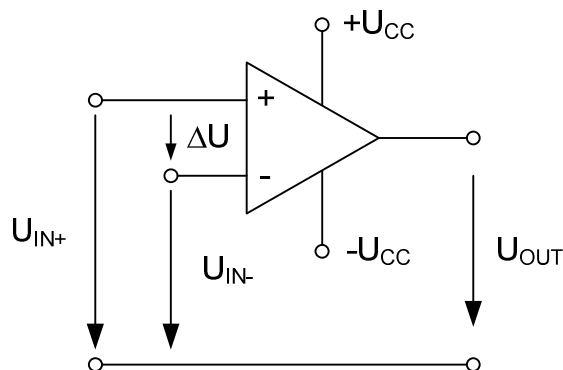
4.1 Introduction à l'amplificateur opérationnel

Les amplificateurs opérationnels (abréviation: OP) sont des circuits d'amplification spécial qui sont souvent réalisés en circuit intégré.



source: <http://www.aliexpress.com>

symbole de l'amplificateur opérationnel:



L'amplificateur opérationnel est un amplificateur différentiel, c'est-à-dire un amplificateur qui amplifie la différence entre les deux tensions d'entrée.

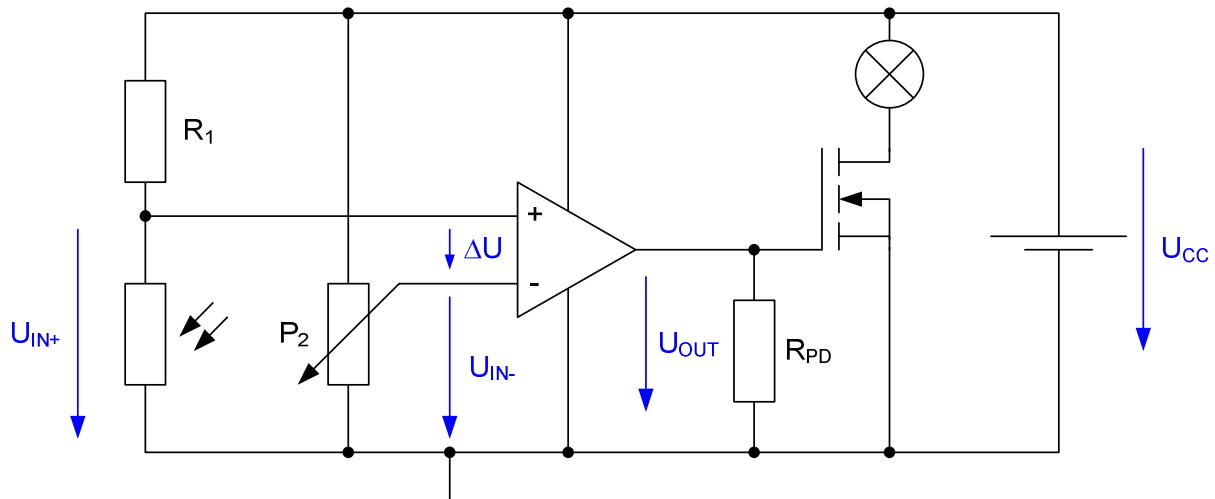
$$U_{OUT} = G_U \cdot \Delta U \quad \text{avec} \quad \Delta U = (U_{IN+} - U_{IN-})$$

Le facteur d'amplification de la tension G_U de l'OP idéal est infiniment grand. Les OP réels atteignent des facteurs d'amplification de 10^8 . Les applications principales de l'OP sont le comparateur et l'amplificateur.

4.2 L'amplificateur opérationnel comme comparateur

Le circuit suivant pourrait servir à allumer automatiquement les feux de croisement d'une voiture s'il devient sombre. L'OP fonctionne comme comparateur.

circuit:



fonctionnement du circuit:

Le diviseur de tension avec R_1 et l'LDR convertit une variation de l'intensité lumineuse en une variation analogue de la tension U_{IN+} reliée à l'entrée non-inverseuse de l'OP. Le potentiomètre sert à ajuster une tension fixe U_{IN-} à l'entrée inverseuse de l'OP. Par cette dernière tension on peut ajuster la valeur de seuil à partir de laquelle la lampe va s'allumer.

$$E_x \searrow \Rightarrow R_{LDR} \nearrow \Rightarrow U_{IN+} \nearrow$$

$$U_{IN+} > U_{IN-} \Rightarrow \Delta U > 0V \Rightarrow U_{OUT} = U_{CC} \Rightarrow \text{lampe s'allume}$$

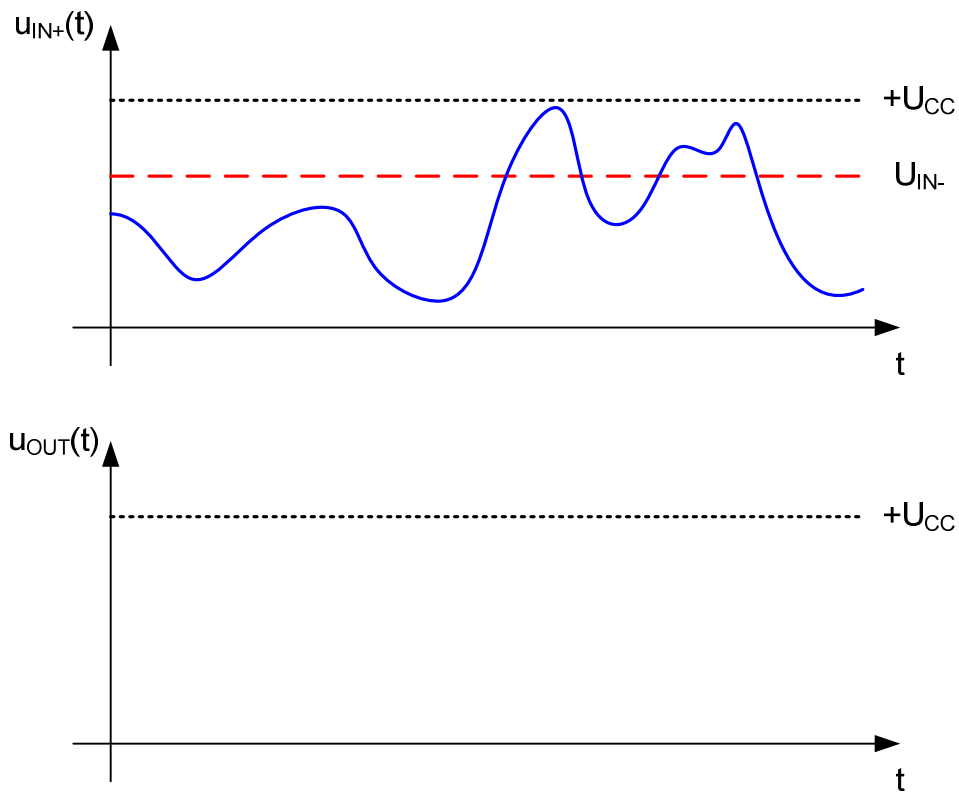
Si l'intensité lumineuse E_x diminue alors la tension U_{IN+} va augmenter. Si la tension U_{IN+} dépasse la tension de seuil U_{IN-} alors la tension différentielle ΔU va devenir positive. Suite au grand gain de l'OP même une petite tension différentielle ΔU positive fera que la tension U_{OUT} va devenir le plus grand possible donc être égale à $+U_{CC}$. Ceci fera que le MOSFET enclenche la lampe.

Exercice 1:

Décrivez en forme d'une chaîne de déduction et en forme d'un texte les événements si l'intensité lumineuse augmente.

Exercice 2:

- a) Tracez le diagramme temporel de la tension $u_{OUT}(t)$ si la tension $u_{IN+}(t)$ change comme indiquée.



- b) Indiquez de quel type de tension il s'agit pour $u_{OUT}(t)$ et $u_{IN+}(t)$.

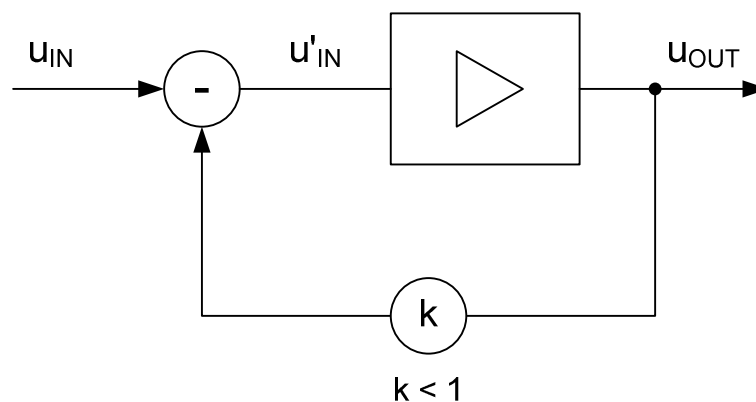
Exercice 3:

Tracez un circuit qui allume un chauffage électrique ($U_{CC}=10V$) s'il fait trop froid.

4.3 L'amplificateur opérationnel comme amplificateur

On a vu dans le chapitre sur les capteurs à sortie analogique que les thermocouples produisent des tensions assez faibles. Pour le traitement de ces signaux il est souvent nécessaire de les amplifier. A part du circuit émetteur commun on peut aussi utiliser un amplificateur opérationnel pour le faire. Pourtant il faut réduire son gain à un niveau raisonnable. Ceci ce fait à l'aide d'une contre-réaction.

4.3.1 Le principe de la contre-réaction



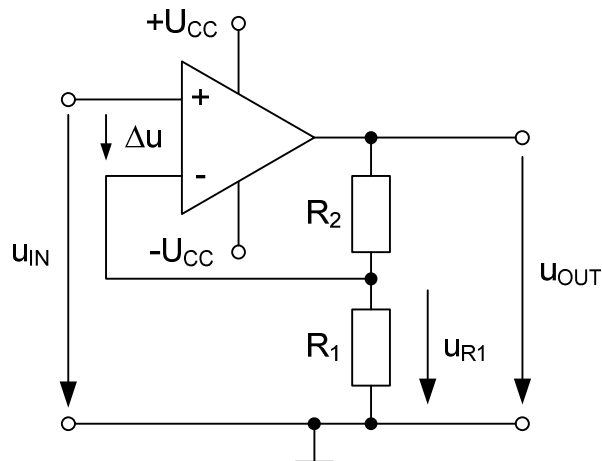
On appelle contre-réaction le fait de retourner une partie du signal de sortie u_{OUT} et de la soustraire du signal d'entrée u_{IN} . Ceci fait que la tension u'_{IN} à l'entrée de l'amplificateur est réduite. Cette réduction de u'_{IN} apparaît de l'extérieur comme une réduction du gain de l'amplificateur.

4.3.2 L'amplificateur non-inverseur

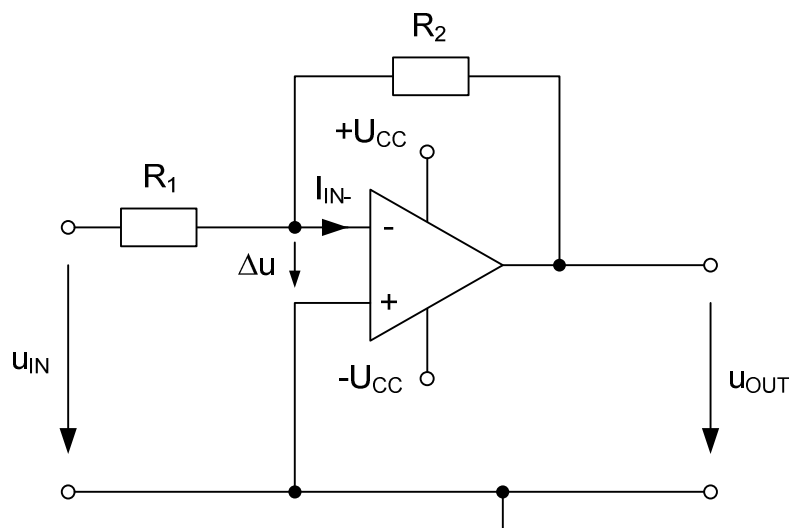
Le circuit de l'amplificateur non-inverseur est la première possibilité de réaliser une contre-réaction à l'aide d'un OP. On peut montrer que le gain en tension G_U du circuit complet sera:

$$G_U = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

Le circuit est appelé non-inverseur parce que la tension de sortie n'est pas inversée par rapport à la tension d'entrée, elles sont en phase.

circuit de l'amplificateur non-inverseur:**4.3.3 L'amplificateur inverseur**

Parfois il est nécessaire de pouvoir réduire le gain en tension d'un amplificateur en dessous de 1. Dans ce cas on peut utiliser le circuit de l'amplificateur inverseur.

circuit de l'amplificateur inverseur:

Pour ce circuit il vaut:

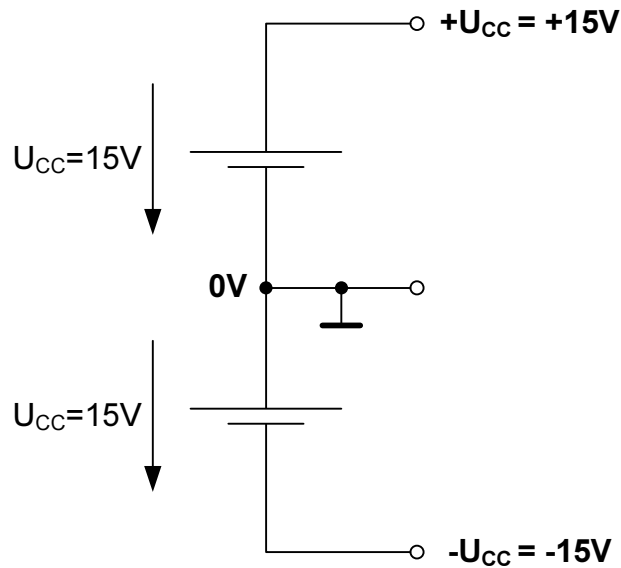
$$G_U = \frac{R_2}{R_1}$$

La tension de sortie est inversée par rapport à la tension d'entrée, elles sont donc déphasées de 180°.

4.3.4 Alimentation des amplificateurs opérationnels

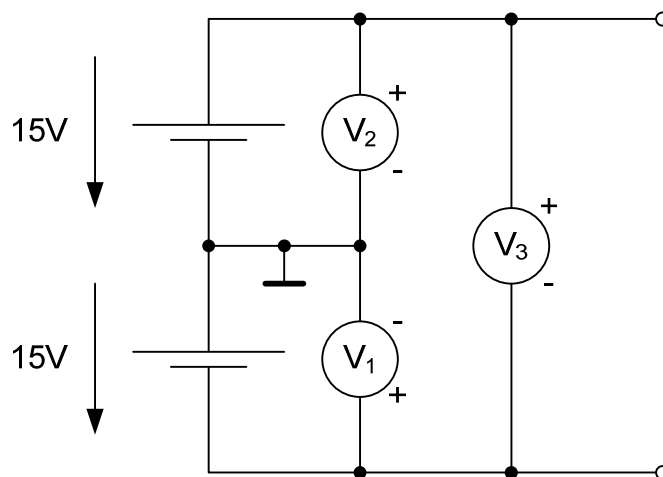
Si on veut amplifier des tensions alternatives avec un amplificateur opérationnel, alors il faut que l'alimentation fournisse aussi des tensions négatives. On parle dans ce cas d'une alimentation symétrique qu'on réalise avec deux alimentations continues en série.

circuit d'une alimentation symétrique:



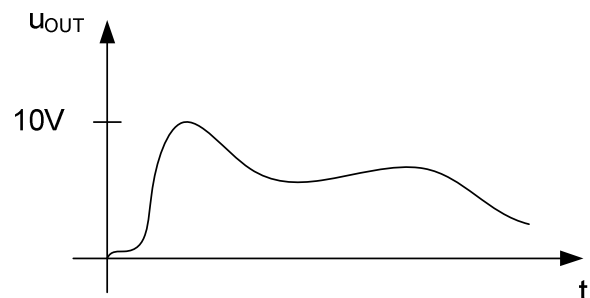
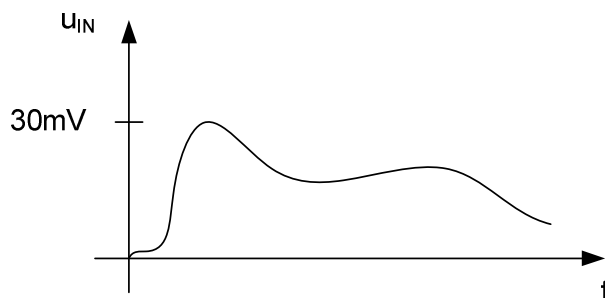
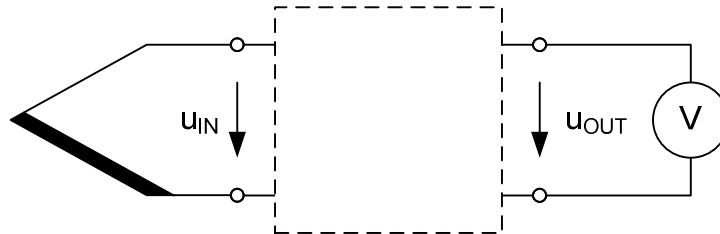
Exercice 4:

Indiquez les valeurs affichées sur les trois voltmètres suivants.



Exercice 5:

Tracez un circuit qui amplifie la tension de sortie d'un thermocouple. Une tension de 30mV à la sortie du thermocouple doit être amplifiée en 10V à la sortie de l'amplificateur.

**Exercice 6:**

- Dimensionnez les résistances R_1 et R_2 d'un amplificateur *non-inverseur* de façon à produire un gain en tension G_U de 20. Choisissez les valeurs de façon à ne pas trop charger la sortie de l'OP.
- Dimensionnez les résistances R_1 et R_2 d'un amplificateur *inverseur* de façon à produire un gain en tension G_U de 20. Choisissez les valeurs de façon à ne pas trop charger la sortie de l'OP.
- Tracez le circuit de l'amplificateur inverseur avec toutes les sources.