

Montages autour d'un amplificateur opérationnel

par Philippe GAUJAL,
Lycée Louis-Pasteur,
B.P. 106, 84006 Avignon.

Le nouveau programme de Seconde prévoit l'introduction d'un amplificateur opérationnel dans un montage électronique.

Plusieurs montages répondant à ce vœu sont parus dans le B.U.P. sous la plume de M. l'Inspecteur Général MOREAU :

- Un teslamètre dans le n° 634 de mai 1981,
- Un fluxmètre dans le n° 651 de février 1983,
- Une régulation thermique de four dans le n° 687 d'octobre 1986.

Nous vous proposons ci-après dix nouveaux montages dont certains sont extrêmement simples, qui sont modulaires et dont chaque partie peut facilement être isolée de l'ensemble pour être montrée et expliquée.

1. ADAPTATEUR TRES HAUTE IMPEDANCE.

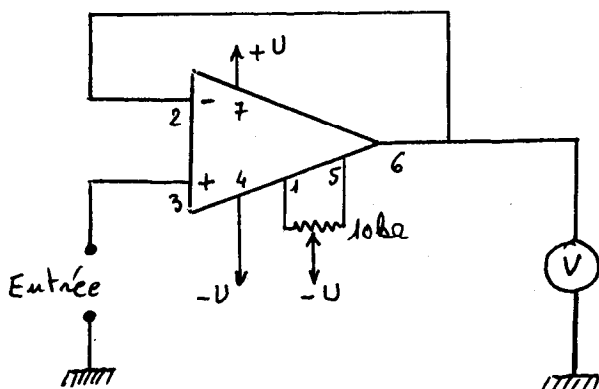
Un montage suiveur permet d'obtenir une très grande résistance d'entrée sans affecter la tension à mesurer.

Un 741 permet d'obtenir $120\text{ M}\Omega$, un TL081 ou un TL071 permet d'obtenir $1\,000\,000\text{ M}\Omega$ ($10^{12}\ \Omega$). La borne d'entrée doit alors être très isolée du reste du montage et même être hors brochage car la seule conduction du support ou même l'humidité de l'air fait tomber énormément la résistance.

Néanmoins, avec le montage ci-après, on peut transformer simplement un contrôleur universel $20\,000\ \Omega/\text{V}$ en voltmètre électronique.

Augmentons artificiellement la résistance d'une pile de 1,5 V en plaçant en série une résistance de $100\text{ k}\Omega$.

Si on mesure la f.é.m. de cette pile à l'aide d'un contrôleur placé sur la gamme 2 V, on lit une tension de 0,43 V, ce qui représente plus de 70 % d'erreur.

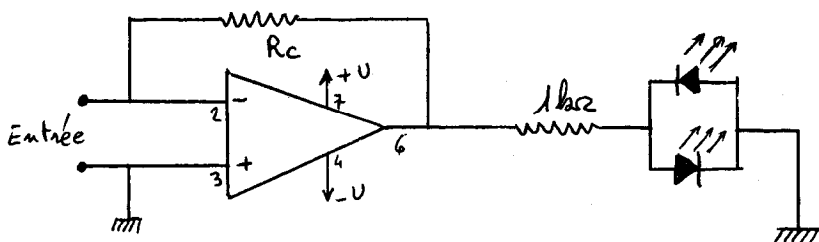


Utilisons maintenant notre montage pour faire la même mesure : la pile est placée à l'entrée et le voltmètre à la sortie. On lit alors une valeur très voisine de 1,5 V.

Un tel dispositif trouvera donc tout naturellement sa place à l'entrée de tout appareil de mesure destiné à travailler sur des grandes résistances (pHmètre, voltmètre électronique).

2. DETECTEUR DE ZERO POUR PONT DE WHEATSTONE.

Le montage comparateur est ici tout indiqué étant donné son extrême sensibilité. Le basculement de la sortie est matérialisé par deux diodes électroluminescentes montées tête-bêche.

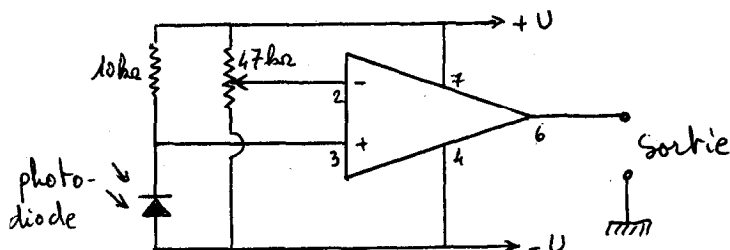


La résistance R_c peut être choisie de 10 kΩ à l'infini ; plus elle est grande, plus la sensibilité est élevée.

On réunit les deux bornes d'entrée à la diagonale de mesure du pont et on équilibre. Grâce à ce dispositif, on peut atteindre une sensibilité comparable à celle d'un galvanomètre balistique.

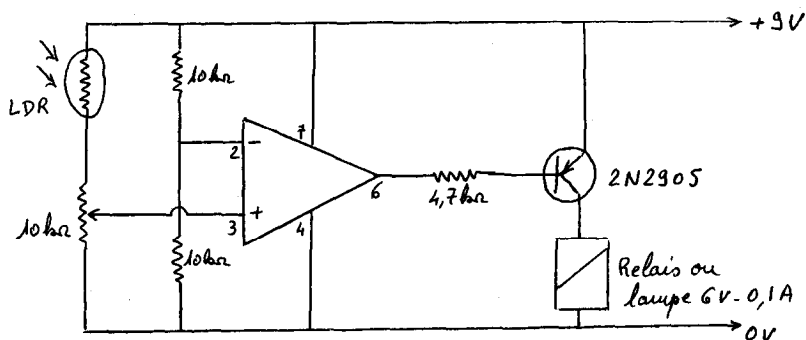
3. DECLENCHEUR PHOTOELECTRIQUE.

Ce montage permet de commander un compteur ou tout autre dispositif d'alarme lorsqu'une lumière parvient sur la photodiode. La sensibilité est réglée par le potentiomètre.

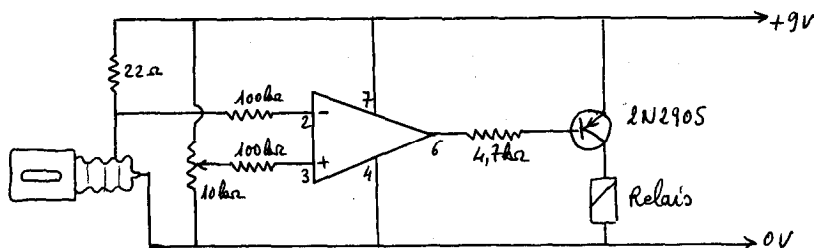


On peut utiliser un voltmètre branché à la sortie pour vérifier le fonctionnement.

Voici un deuxième montage très ressemblant mais ne faisant appel qu'à une alimentation simple et ayant une sortie sur relais :



4. DETECTEUR DE GAZ.



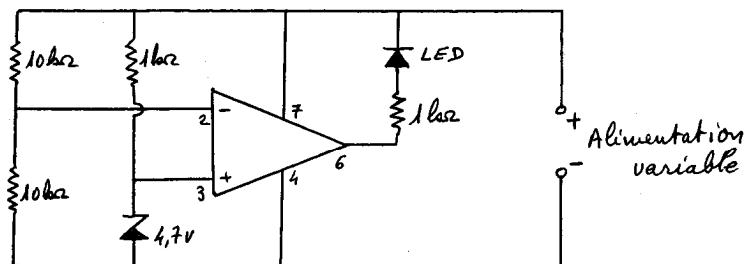
Un montage tout à fait semblable au précédent permet de détecter la présence de gaz butane ou propane.

Le détecteur proprement dit est constitué par une tête d'allume-gaz à pile que l'on trouve dans les supermarchés. Le filament est formé d'un alliage dont la résistance diminue fortement en présence de gaz.

La résistance de $22\ \Omega$ peut avoir besoin d'être ajustée pour que le filament de l'allume-gaz soit porté juste avant son point de rougeoiement. Le potentiomètre doit être ajusté à la limite du collage du relais. Attention cependant : il n'est pas question d'organiser une fuite de gaz car les risques d'explosion sont grands ! On se contentera d'approcher un briquet à quelques centimètres du détecteur.

5. INDICATEUR DE TENSION A SEUIL.

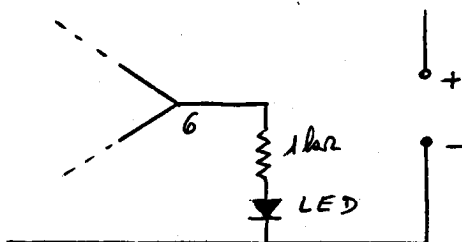
Ce montage permet de voir si une pile ou une batterie a une tension suffisante : une diode électroluminescente est illuminée tant que la tension est correcte et s'éteint lorsqu'elle devient trop faible.



La LED est allumée tant que la tension d'alimentation dépasse deux fois la tension de la diode Zener car le potentiel de l'entrée 3 est fixé à U_Z alors que le potentiel de l'entrée 2 est fixé à $U_{al}/2$.

Remarques :

1. On peut obtenir l'effet contraire, c'est-à-dire que la LED s'éclaire lorsque la tension devient trop faible en plaçant la diode vers le moins :



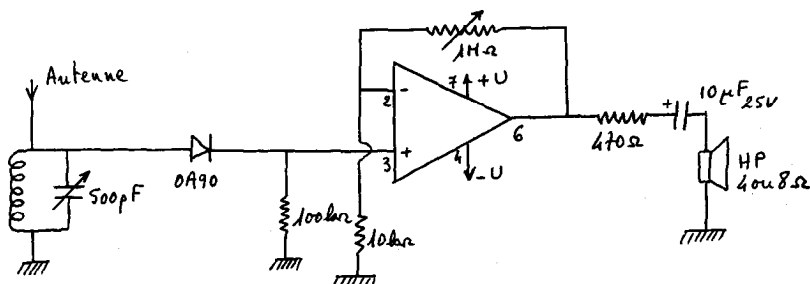
2. La résistance de $1\text{ k}\Omega$ est un peu forte et la diode Zener va travailler dans la partie coudée de sa caractéristique, ce qui veut dire que le basculement ne se fera pas exactement pour deux fois la tension nominale mais pour une valeur plus faible. Cependant, si le montage est placé dans un appareil dont on veut surveiller la pile, il ne faut pas que sa consommation soit prohibitive.

6. RECEPTEUR RADIO.

Ce montage permet de capter les émissions d'une station forte et d'avoir une écoute assez confortable sur un petit haut-parleur.

Une antenne risque d'être nécessaire lorsque le champ reçu est faible, on prendra alors un simple fil de quelques mètres de long ou plus simplement on posera le doigt sur le point haut du bobinage.

On distingue un circuit accordé par le condensateur variable, une détection réalisée par une diode OA90 puis un étage amplificateur réalisé autour d'un 741.



La bobine est confectionnée sur un noyau de ferrite de 10 mm de diamètre et de 100 mm de long.

On enroulera 120 spires de fil de cuivre isolé de 0,2 mm environ de diamètre pour recevoir les grandes ondes. Ce fil peut être récupéré sur un vieux transformateur ou sur une bobine de déflexion d'un tube télévision.

La résistance variable de $1\text{ M}\Omega$ sert à ajuster le gain de l'amplificateur. On peut essayer des résistances fixes et conserver celle qui donne les meilleurs résultats.

7. pHMETRE.

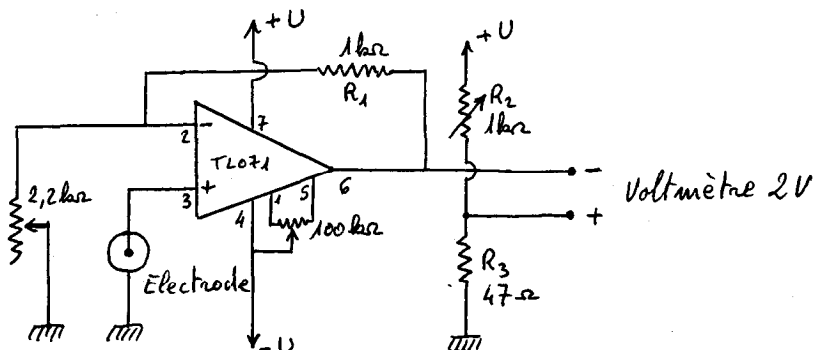
La mesure d'un pH revient à celle de la f.é.m. d'une pile de très forte résistance interne.

Le 741 n'a pas une résistance d'entrée suffisante et on utilisera un TL071.

De plus, pour avoir en sortie une variation de 0,1 V par unité de pH, il faut ajuster le gain de l'amplificateur à 1,724. C'est le rôle de la résistance variable de 2,2 k Ω .

Enfin, pour lire des pH positifs uniquement, il faut décaler l'origine, c'est la fonction du pont diviseur R_2/R_3 .

Le réglage de l'offset est ici nécessaire et corrigera aussi la dérive due à la température.



ETALONNAGE :

Ajuster R_2 pour avoir 0,7 V entre la sortie + et la masse.

Court-circuiter l'entrée électrodes et ajuster l'offset pour avoir 0,7 V entre les sorties + et —.

Tremper l'électrode dans une solution tampon et ajuster la 2,2 k Ω pour lire la valeur du pH correspondante.

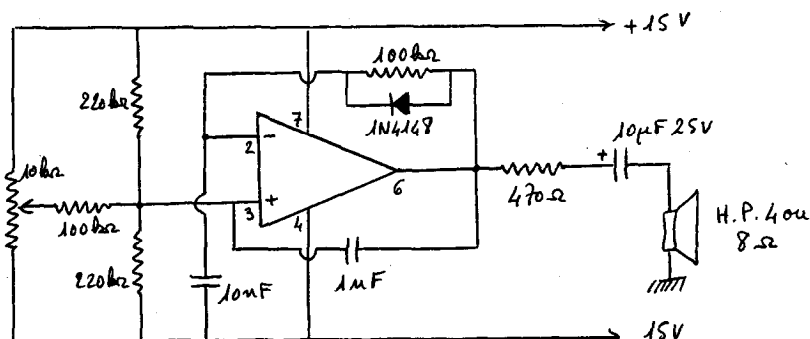
La lecture peut se faire sur un voltmètre à aiguille ou digital sur la gamme 2 V.

8. VCO.

Il s'agit d'un oscillateur commandé en tension ou encore d'un convertisseur tension-fréquence.

Toute variation de la tension d'entrée se traduit par une modification de la fréquence délivrée par le montage.

On reconnaît un comparateur de tension : une tension de référence sur l'entrée non inverseuse et une tension variable sur l'entrée inverseuse.



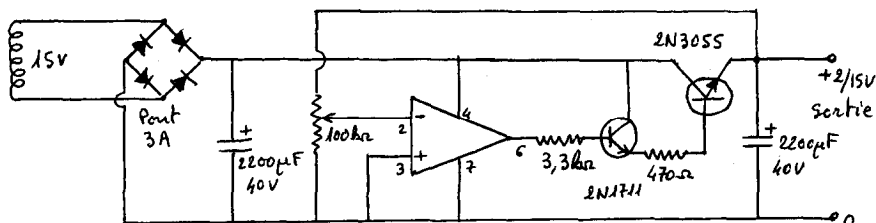
Le condensateur de 10 nF se décharge lentement à travers la 100 k Ω et se recharge rapidement à travers la diode 1N4148 suivant que la sortie est à un potentiel bas ou haut.

En faisant varier la tension de référence, on change l'écart des deux tensions d'entrée et donc le temps de charge du condensateur, c'est-à-dire en définitive la fréquence de l'oscillation.

En manœuvrant le potentiomètre, on entendra un son plus ou moins aigu selon que le potentiel de l'entrée 3 se rapproche de -15 ou de $+15$ V.

9. ALIMENTATION STABILISEE VARIABLE.

La confection d'une alimentation variable de 2 à 15 volts stabilisés jusqu'à 1,5 A est facile avec un 741 :



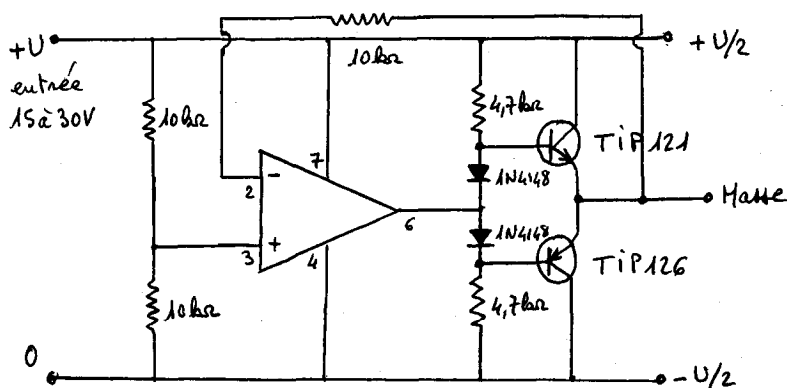
On renvoie à l'entrée une fraction de la tension de sortie. En cas de court-circuit, celle-ci est nulle, la tension d'entrée aussi, ce qui entraîne le blocage de l'ampli op. Il y a donc protection du circuit tant que la cause du court-circuit subsiste.

Le circuit intégré ne débitant pas une intensité bien grande, on charge un transistor de puissance de cette tâche ; il s'agit d'un 2N3055 qui devra être monté sur un radiateur car il peut chauffer beaucoup sur les débits importants.

10. SYMETRISSEUR D'ALIMENTATION.

Pour terminer, signalons un montage qui pourra rendre de grands services à ceux qui ne possèdent qu'une alimentation simple, fixe ou variable : on sait, en effet, qu'il faut une alimentation symétrique pour l'étude des amplificateurs opérationnels.

Le but du dispositif suivant est de créer un point milieu artificiel et de profiter de deux tensions opposées par rapport à ce point.



Le potentiel de l'entrée non inverseuse est fixé à $U/2$ par les deux résistances de $10\text{ k}\Omega$. L'entrée inverseuse reçoit la tension du point commun des émetteurs qui se trouve donc aussi à $U/2$.