

# thermostat différentiel

pour chauffe-eau solaire

Ce circuit a été conçu pour maintenir un équilibre thermique. Vous pouvez l'utiliser pour l'application avec laquelle nous le présentons ici, mais rien n'empêche d'en appliquer le principe à bien d'autres utilisations que vous imaginerez.

Le collecteur solaire, voilà indubitablement une manière simple et efficace d'utiliser l'énergie naturelle et la chaleur du soleil. La pratique révèle néanmoins quelques difficultés, au nombre desquelles la contradiction physique

suiuante.

Les panneaux qui forment le collecteur et qui recueillent la chaleur se trouvent d'ordinaire sur le toit, le chauffe-eau et les circuits consommateurs se trouvent donc forcément en-dessous, par exemple à la

cave. Or, nul n'ignore que c'est l'eau chaude qui monte, et non l'eau froide ; il faut inévitablement une pompe de circulation si l'on ne veut pas que l'eau chaude reste sur le toit.

Les solaristes parmi nos lecteurs n'apprécient sans doute pas que nous parlions d'eau, car le circuit primaire n'est pas rempli d'eau, mais de fluide. Celui-ci n'est le plus souvent qu'un mélange d'eau et de (fluide glacial) substances réfrigérantes (fluide glacial ?), ce qui nous autorise à utiliser le terme ordinaire, que l'on utilise d'ailleurs aussi pour désigner le fluide des radiateurs d'auto. Va pour l'eau.

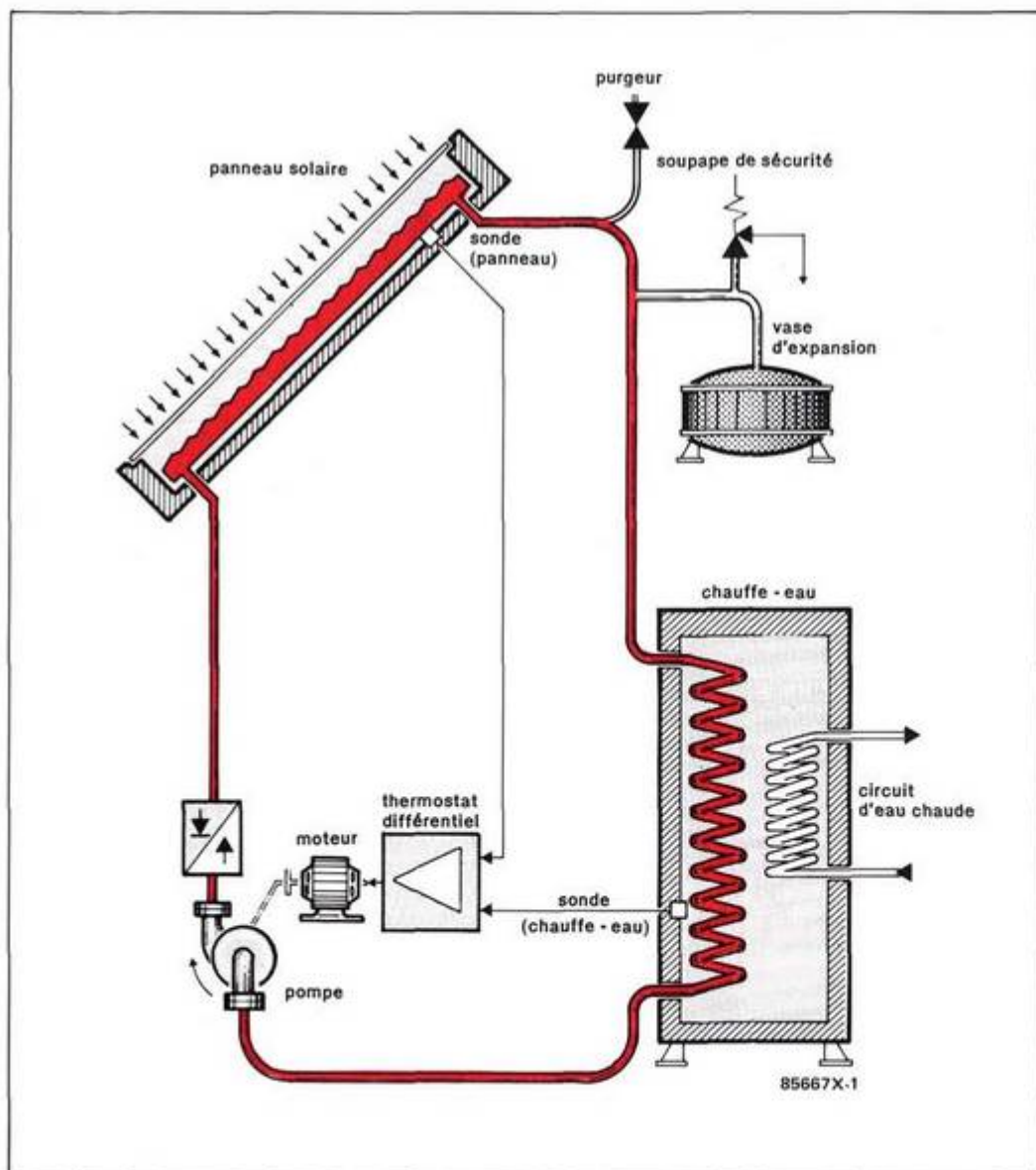


Figure 1 - Le thermostat différentiel apparaît en tout petit sur ce synoptique d'une installation de chauffe-eau solaire, mais son rôle est primordial. Selon que la température est plus élevée ou non dans le collecteur (panneau solaire) que dans le chauffe-eau, il met en route la pompe.

## histoire d'eau

Cette pompe ne doit tourner que lorsque l'eau du collecteur est plus chaude que l'eau du réservoir (chauffe-eau). La nuit, ou en cas de chute de la température diurne, quand la température du chauffe-eau est supérieure à celle du collecteur, la pompe

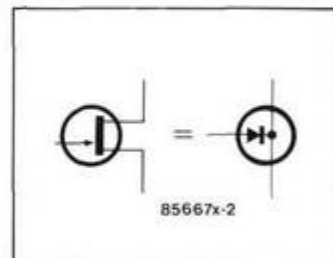


Figure 2 - C'est le seuil de conduction de la jonction PN (représentée ici sous forme de diode) entre la grille et le canal drain-source d'un FET que nous utiliserons pour "mesurer" la température. Quand celle-ci augmente, le seuil baisse et inversement.

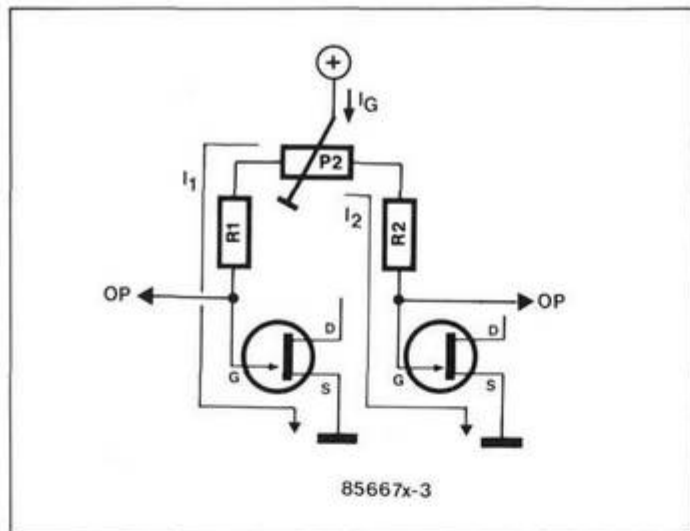


Figure 3 - Principe du pont de mesure à deux FET. Le courant de grille  $I_G$  se décompose en deux courants d'intensité égale ( $I_1$  et  $I_2$ ) et stable. La chute de tension grille-source ne peut plus varier qu'en fonction de la température. Les drains restent en l'air.

doit s'arrêter. Il faut pour cela un thermostat capable de mesurer la différence, c'est-à-dire un thermostat différentiel. Voilà de quoi nous allons vous entretenir.

La figure 1 schématise notre chauffe-eau solaire. Le collecteur tel qu'il est représenté ici est un modèle à circulation directe. Il en existe d'autres types, mais

cela ne change rien à l'affaire. Le purgeur, la soupape de sécurité et le vase d'expansion sont là pour que l'installation soit complète, mais ils ne nous intéressent pas. Ce qui importe, c'est la température de l'eau dans le collecteur, la température de l'eau dans le chauffe-eau, et la pompe, laquelle est mise en service dès que l'écart entre les deux tem-

pératures a dépassé un certain seuil, afin d'injecter dans le circuit primaire l'eau du collecteur plus chaude que celle du boiler. Là, l'eau du circuit primaire réchauffe l'eau du circuit secondaire, désigné ici par le vocable "circuit d'eau chaude". Au-dessus de la pompe se trouve le clapet anti-refoulement qui, quand la pompe n'est pas en service, empêche l'eau du boiler d'aller réchauffer l'eau du collecteur, ce qui serait un comble.

Ce n'est pas tout : un chauffe-eau solaire est le plus souvent associé à un système conventionnel à gaz, au mazout, ou électrique, laquelle combinaison impose la présence d'une vanne de verrouillage à défaut de quoi l'eau chauffée dans la chaudière à mazout va réchauffer l'air ambiant sur le toit de la maison !

#### pont de mesure

Les capteurs que nous vous proposons d'utiliser pour réaliser les sondes ne

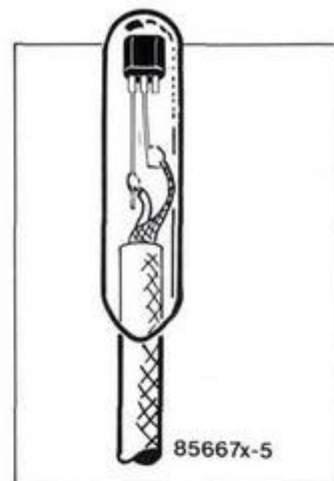


Figure 5 - Modèle de fabrication des sondes : la broche de drain est coupée à ras du boîtier, le fil de liaison est blindé, et le tout est noyé dans une goutte de mastic aux silicones ou toute autre substance comparable.

sont pas des composants exotiques. Il s'agit de transistors à effet de champ d'un type courant et bon marché. Nous avons vu, il n'y a pas si longtemps, que dans un transistor à effet de champ, le canal drain-source était isolé de la grille par une jonction semi-conductrice. On peut se représenter la chose sous la forme d'une diode, comme nous l'avons fait

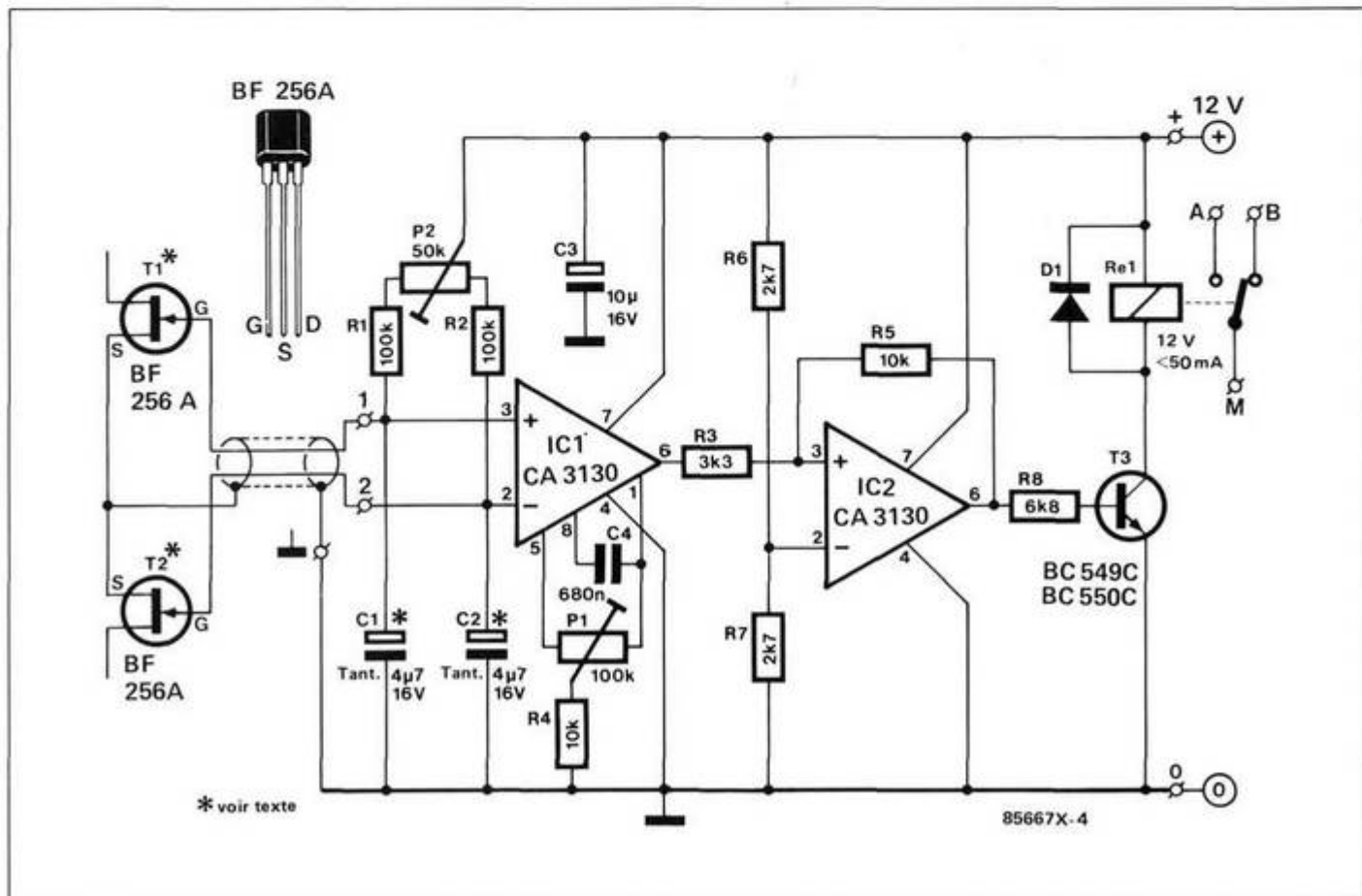


Figure 4 - Schéma complet du thermostat différentiel. La fonction de chacun des composants est soigneusement détaillée dans le texte de l'article. Lisez-le avant de nous envoyer vos lettres de contestation, néanmoins toujours bienvenues.

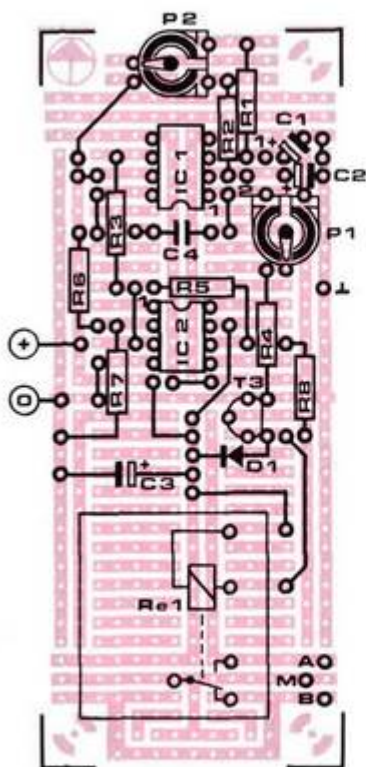


Figure 6 - Quand vous ferez les essais et le réglage du thermostat, utilisez pour les sondes la longueur de fil que vous allez réellement employer pour l'implantation définitive, parce que cette longueur n'est pas sans incidence sur l'équilibrage des deux sondes. Si le relais Re1 doit commander directement une pompe alimentée par une tension de 220 V, il ne faut pas l'implanter sur cette platine.

#### LISTE DES COMPOSANTS

R1,R2 = 100 kΩ  
 R3 = 3,3 kΩ  
 R4,R5 = 10 kΩ  
 R6,R7 = 2,7 kΩ  
 R8 = 6,8 kΩ  
 P1 = 100 kΩ var.  
 P2 = 50 kΩ var.  
 C1,C2 = 4,7 μF/16 V tant.  
 C3 = 10 μF/16 V  
 C4 = 680 nF  
 D1 = 1N4148  
 T1,T2 = BF256A  
 T3 = BC549C/BC550C  
 IC1,IC2 = CA3130  
 Re1 = relais à monter sur circuit imprimé

Divers :  
 platine d'expérimentation de format 1  
 fil de câblage

symboliquement sur la figure 2. Entre la grille et le canal DS, il y a une diode. Or nous savons que les diodes au silicium ont un seuil de conduction de 0,7 V, variable en fonction du courant et de la température.

Prenons la figure 3. C'est un extrait du schéma du thermostat différentiel, avec les deux sondes. Les deux transistors à effet de champ sont conducteurs, il y circule du courant. D'un côté ce courant circule à travers une partie de la piste de P2 et à travers R1 puis à travers le canal drain-source du transistor, et de l'autre il circule à travers l'autre moitié de la piste de P2 et à travers R2, puis à travers le canal drain-source de l'autre transistor.

Quand P2 est bien réglé, l'intensité du courant est la même de part et d'autre, et, à condition que les deux FET soient à la même température, la chute de tension sera la même sur les deux canaux drain-source. Si l'un des deux vient à s'échauffer, la chute de tension va baisser et inversement : ce changement, il suffit d'un comparateur (OP) pour le détecter. Le coefficient thermique est de 0,2 mV (1 pp) par °C.

#### figure 4

À gauche du schéma de notre thermostat, nous retrouvons les deux capteurs, disposés différemment, mais connectés exactement comme sur la figure 3. Les points qui étaient marqués OP sont reliés ici aux entrées + et - de l'amplificateur opérationnel IC1. Celui-ci est monté en comparateur de tensions.

Imaginons qu'il fasse beau, ça peut arriver, non ? (Aujourd'hui, 19 juin 1990, à l'heure où sont écrites ces lignes, il fait gris, gris, gris...) Il fait beau, disions-nous, et T2, qui est monté sur le collecteur, s'échauffe : son seuil de conduction baisse, et avec lui le potentiel à l'entrée - de l'amplificateur opérationnel. Celui-ci cherchant à compenser l'écart ainsi créé entre ses deux tensions d'entrée, fait passer

sa sortie à un potentiel proche de la tension d'alimentation, ici +12 V.

Le deuxième amplificateur opérationnel est monté en trigger de Schmitt. Son entrée négative est polarisée par un diviseur de tension qui la maintient à un potentiel égal à la moitié de la tension d'alimentation. Du fait de la réinjection d'une partie de la tension de sortie sur l'entrée + par R5 (et de la présence de R3), ce circuit est affecté d'une plage d'hystérésis, nous avons déjà vu cela à maintes reprises dans ELEX : le seuil de basculement n'est pas le même selon que l'on passe du niveau bas au niveau haut ou inversement.

Ce trigger de Schmitt est indispensable dans un circuit comme celui-ci pour l'empêcher d'osciller autour d'un seuil unique. Sans lui, le relais se met à clapoter à la moindre fluctuation de température.

Enfin, la sortie d'IC2 commande T3 lequel actionne le relais Re1 qui lui met en service la pompe.

Quand la température de T1 (placé sur le chauffe-eau) est égale ou supérieure à la température de T2, la tension à l'entrée - de l'amplificateur opérationnel est supérieure à celle de l'entrée +. Cherchant à compenser cet écart, mais cette fois dans l'autre sens, IC1 force sa sortie au niveau le plus bas possible. Le trigger IC2 revient au repos, le transistor se bloque, le relais se décolle et la pompe s'arrête.

#### les autres

Les condensateurs électrochimiques au tantale C1 et C2 filtrent les tensions alternatives en les court-circuitant à la masse. Les variations lentes ne sont pas gênées par ces condensateurs.

P1 et R4 servent à corriger la tension de dérive d'IC1 (cf. le réglage). Sans nous étendre ici sur la fonction de C4, le condensateur de compensation en fréquence de l'amplificateur opérationnel, signalons qu'il assure, du fait de sa faible capacité, un filtrage passe-

bas en association avec IC1.

La diode D1, dite de roue libre, protège le transistor contre les coups de sabot de la bobine du relais. C3 enfin filtre les parasites qui pourraient apparaître sur la tension d'alimentation.

Avant de vous lancer dans la réalisation, il faut mettre la main sur deux transistors BF256A, neufs de préférence, et impérativement du même fabricant et si possible de la même série, afin de garantir la plus grande ressemblance possible entre leurs courbes de réponse en température.

Le croquis de la figure 5 montre comment on fabrique une sonde en enrobant le transistor et l'extrémité dénudée du câble blindé dans une goutte de mastic aux silicones (utilisé par exemple en vitrerie, miroiterie, et dans le sanitaire). Le plan d'implantation des composants de la figure 6 fait appel à un relais plat Siemens (référence V23027-A0002), mais rien ne vous empêche d'utiliser l'un ou l'autre relais que vous avez dans vos tiroirs, à condition qu'il soit capable d'une part de commander la pompe, ou, mieux encore, un relais intermédiaire qui se charge lui de la commande directe de la pompe, et d'autre part de ne pas exiger plus de 12 V de tension d'excitation (courant d'entretien de 50 mA tout au plus).

Préparez les fils de liaison entre les sondes et le circuit, mais ne les posez pas encore. Il est préférable de monter le circuit "sur table" pour le régler. Pour cela il faut disposer aussi d'une tension de 12 V. Si vous n'avez pas cela sous la main, réalisez l'étage universel que vous propose la figure 7. Une bonne ventilation est nécessaire, n'optez pas pour un coffret trop petit ou mal aéré.

Le premier réglage à faire est celui de la compensation de la tension de décalage. Vous savez que le circuit intégré produit une certaine tension de sortie, même quand la différence de tension entre ses entrées est nulle. C'est le dé-

calage que l'on corrige avec P1. Court-circuitez les points 1 et 2 du plan d'implantation, ou les broches 2 et 3 d'IC1 (le circuit ne risque rien), mettez le curseur de P2 à mi-course, puis cherchez la position du curseur de P1 dans laquelle la tension de sortie d'IC1 est de 6 V précisément.

Supprimez le court-circuit que vous venez d'établir et plongez les deux capteurs dans un récipient contenant de l'eau chaude (entre 30 et 40 °C). Cherchez la position du curseur de P2 dans laquelle le relais est excité, puis ramenez-le doucement en sens inverse jusqu'à ce que le relais se décolle. Vous noterez au passage l'effet de l'hystérésis introduite par IC2.

Sortez T1 de l'eau, ce qui a le même effet qu'une baisse de température de l'eau du chauffe-eau. Le thermostat devrait donc exciter le relais sans tarder pour chercher à compenser la différence de température entre les deux sondes.

Les plus convaincus n'hésiteront pas à incorporer les sondes dans les tuyaux, l'un à proximité immédiate du collecteur, l'autre aussi près que possible du chauffe-eau (percer un petit trou dans le tuyau, engager la sonde bien isolée et reboucher avec un mastic de plomberie approprié). Mais on obtient une efficacité comparable en montant les sondes sur les tuyaux et en les serrant à l'aide de colliers appropriés, après avoir apposé une fine couche de pâte diathermane.

La tension de service de la pompe est, dans bien des cas, de 220 V, ce qui nous impose de répéter que les circuits d'expérimentation ne sont pas adaptés à cet usage. Il est recommandé dans ce cas, soit de ne pas monter le relais sur la platine, soit d'intercaler un relais entre la pompe et le relais de la figure 4. Vérifiez la compatibilité du courant d'entretien avec les possibilités de l'alimentation. Au besoin, renforcez le circuit d'alimentation.

B5667

# Selectronic

BP 513 59022 LILLE - Tél : 20.52.98.52

*NOUVEAUTÉS '90*

**ALIM DE LABO**  
+ 5 ALIM FIXES  
+ GÉNÉ BF  
+ VOLTMÈTRE NUM.

**UNILAB**  
EXCLUSIVITÉ  
SELECTRONIC

**MINI LABO INTEGRE ECONOMIQUE**

Ce petit appareil rendra les plus grands services de par sa polyvalence à tous les amateurs, diplômés, étudiants, etc. Il intègre : - une alimentation régulée variable de 0 à 30 V/1,5 A. - 5 sources de tension fixe : +5V/3A, +12V/1,5A, +15V/1,5A, -12V/1,5A, -15V/1,5A. - 1 générateur de signaux carrés à 11 fréquences fixes. - Sortie Niveau TTL ajustable programmable. Le tout présente dans un coffret ESM EC 24/08 avec face avant percée et sérigraphiée. Le kit complet : 011.9003... 950,00 F seulement



**FREQUENCEMETRE MINIATURE DE TABLEAU 20 MHz**  
A CHANGEMENT DE GAMME AUTOMATIQUE



Une exclusivité SELECTRONIC (décrit dans EP n°121)  
Mini-Fréquencemètre et kit, de hautes performances prévu pour s'intégrer facilement dans un appareil existant ou dans un boîtier de petites dimensions.  
- Entrée : signaux logiques - 5 gammes 2 kHz, 20 kHz, 200 kHz, 2 MHz, 20 MHz  
- changement de gammes automatique - base de temps pilotée par quartz  
- 3 1/2 digits hauteur 13mm - indication : kHz et MHz - encombrement : 97 x 38 x 40 - alimentation à prévoir : 5 V/170 mA  
Le kit complet avec empiloir pour face avant, circuits imprimés à trous métallisés, etc. (sans tolérances) : 011.8230... 450,00 F

**BAROMETRE ANALOGIQUE**

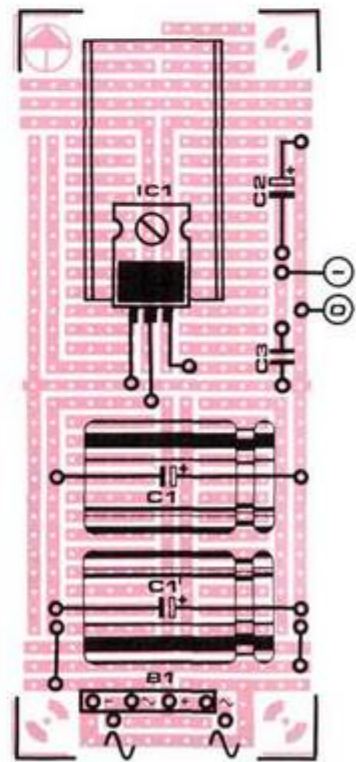
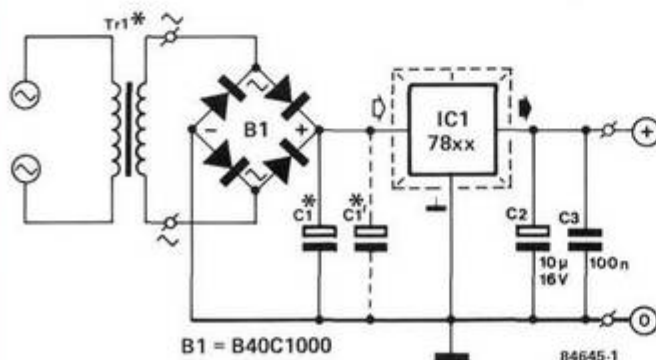


Ce kit est un module électronique de précision qui donne la pression atmosphérique sur un galvanomètre. Fourni avec échelle illustrée. Alimentation : Pile 9 V.  
Le kit complet : 011.9260... 399,00 F

## alimentation universelle +12 V

### LISTE DES COMPOSANTS

C1 = 470  $\mu$ F/40 V  
C2 = 10  $\mu$ F/16 V  
C3 = 100 nF  
B1 = B40C1000  
IC1 = 7812  
transformateur 18 V/0,14 A  
radiateur pour IC1  
platine d'expérimentation de format 1



# chargeur d'accumulateurs Cd-Ni à nombre de cellules variable

un dispositif pratique pour  
améliorer le confort d'utilisation  
même de chargeurs existants

Habituellement, pour charger des (article indéfini) accumulateurs au cadmium-nickel, on les monte en série pour les alimenter à partir d'une source de courant unique. Le courant de charge est forcément le même pour tous les accumulateurs montés en série. En pratique, toutefois, on ne charge pas des accumulateurs, mais le plus souvent un nombre défini d'accumulateurs, logés dans un support spécial, prévu pour au moins deux cellules, parfois quatre, ou souvent six.

## solution de continuité

Tout va bien tant que le nombre d'accumulateurs à recharger correspond exactement au nombre prévu sur le support, à défaut de quoi l'absence d'un ou plusieurs chaînons interdit au courant de charge de circuler. Quand vous avez trois cellules à recharger sur un chargeur prévu pour quatre, vous êtes embarrassé par un problème électro-mécanique, qu'une astuce électronique permet de résoudre. L'adjonction de quelques diodes va permettre le fonctionnement du chargeur, quel que soit le nombre de cellules à recharger, pourvu qu'il soit

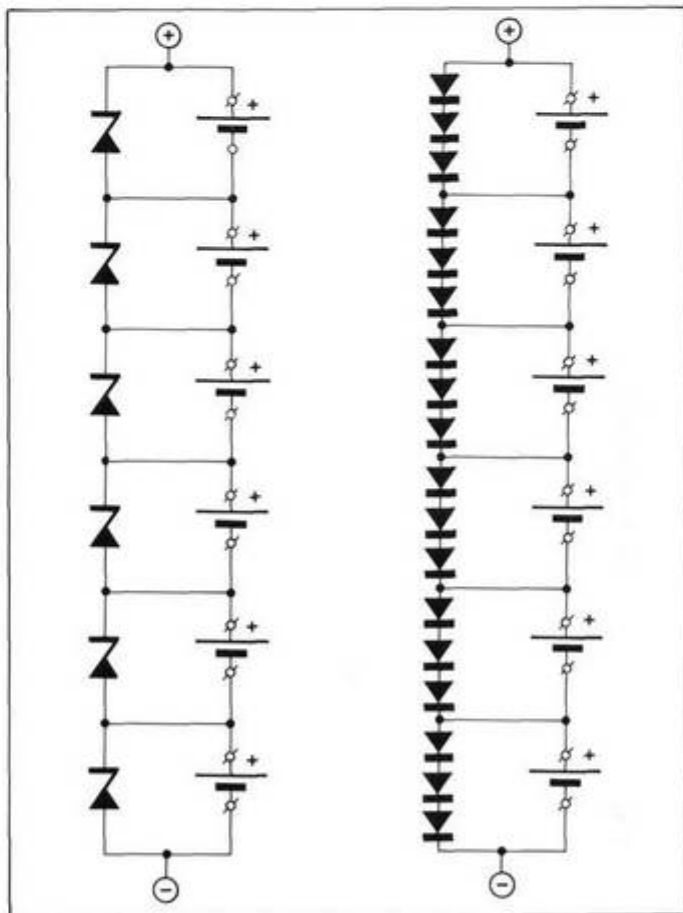


Figure 1 - L'idée de « court-circuiter les cellules absentes » dans le support du chargeur n'est pas nouvelle. On trouve en effet des appareils dont chaque logement est muni d'un mini-interrupteur, fermé au repos (c'est-à-dire en l'absence de cellule à recharger). Quand vous placez l'accumulateur sur son support, il ouvre l'interrupteur. L'astuce que nous présentons ici et qui nous a été proposée par un lecteur, J. Bodewes, consiste à remplacer l'interrupteur mécanique, pas toujours fiable, contraignant sur le plan de la mécanique, et néanmoins onéreux, par un dispositif électronique.

inférieur ou égal à la capacité du support. Une autre solution eût consisté à mettre en parallèle les accumulateurs à recharger, au lieu de les mettre en série, puis de les charger séparément. Ceci présente, entre autres, l'inconvénient d'un transformateur plus volumineux en raison de la multiplication du nombre de sources de courant.

Ici, les accumulateurs restent branchés en série, comme le révèle la figure 1. On considère que la tension de fin de charge d'une cellule rechargée pendant 14 heures — la durée normale — ne dépassera jamais 1,6 V. Si l'on monte des diodes en parallèle avec les cellules à recharger, diodes zener comme c'est le cas sur la figure 1a ou diodes au silicium comme sur la figure 1b, peu importe, celles-ci ne se mettront à conduire que si elles sont soumises à une tension d'au moins 1,8 V. Or, quand dans le support une place est occupée par un accumulateur, la tension sur les diodes mises en parallèle avec cet accumulateur n'atteint jamais ce seuil, et par conséquent les diodes ne conduisent pas. Le courant de charge circule à travers l'accumu-