

Un ampèremètre à LED

avec indicateur de polarité

L'instrument de mesure que nous vous proposons ici de construire est un ampèremètre à LED se servant de la faible résistance d'une piste RCS du circuit imprimé comme "shunt" : il mesure ainsi le courant circulant dans la charge, qui est égal à celui passant par RCS. La configuration particulière adoptée permet en outre de déterminer automatiquement la polarité –positive ou négative– du courant mesuré.

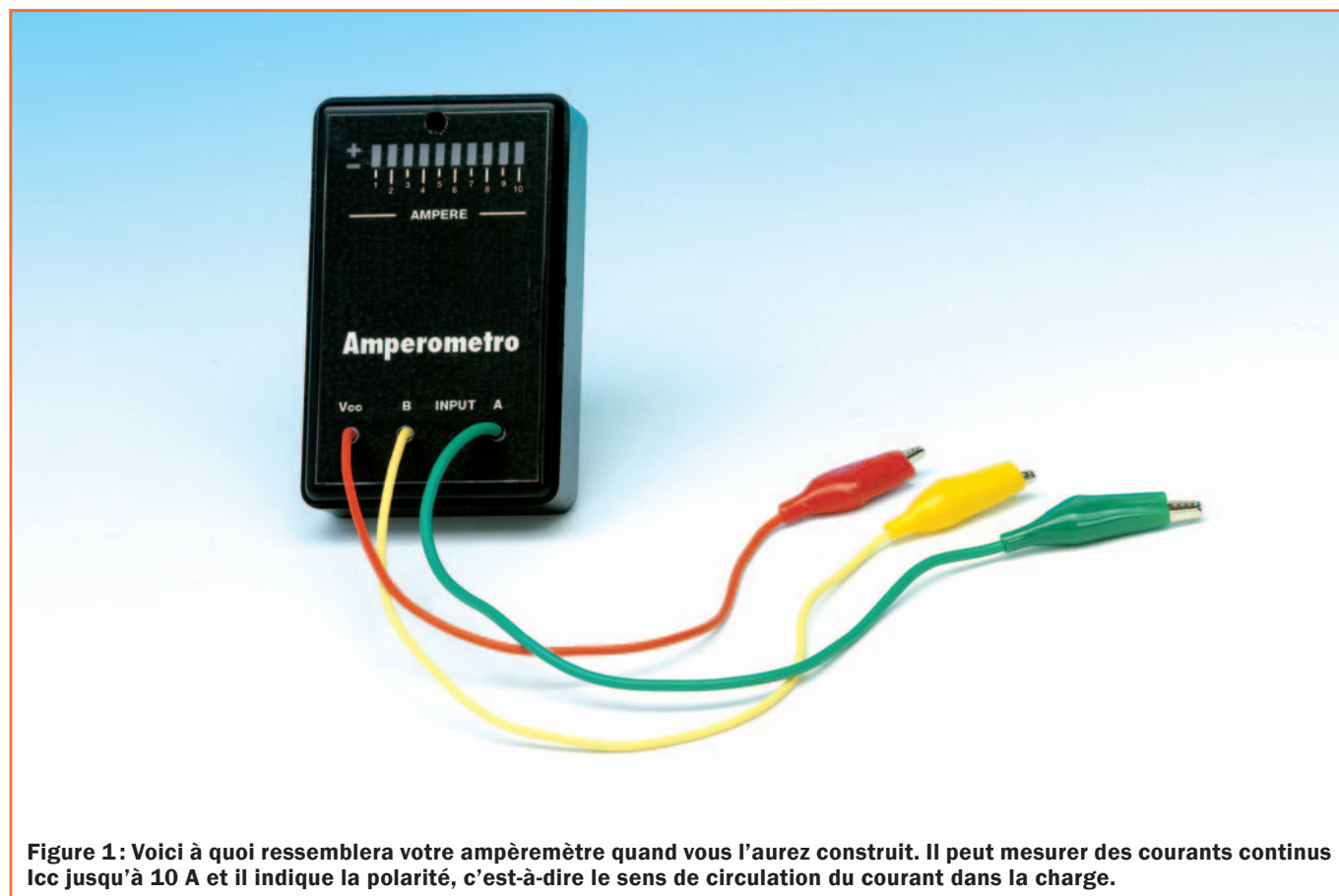


Figure 1: Voici à quoi ressemblera votre ampèremètre quand vous l'aurez construit. Il peut mesurer des courants continus lcc jusqu'à 10 A et il indique la polarité, c'est-à-dire le sens de circulation du courant dans la charge.

Cet ampèremètre mesure l'intensité du courant continu lcc (ou ldc) circulant dans la charge et la visualise sur une barre de dix LED rouges rectangulaires DL1 à DL10. Dans ce circuit, nous avons monté en série une résistance RCS de très faible valeur et nous nous basons sur la chute de tension qu'elle occasionne, laquelle chute de tension est proportionnelle au courant qui la traverse (de par la loi d'Ohm) : c'est ce même courant qui est consommé par la charge branchée en série aux points INPUT A et B.

En outre, deux autres LED DL11 (verte +) et DL12 (rouge -) indiquent la polarité de ce courant. L'appareil peut par exemple être relié en série avec un chargeur de batterie pour connaître le courant de charge ou celui de décharge, comme le montrent les figures 14 et 15. Quand le courant passe du chargeur de batterie à la batterie, c'est la LED DL11 (verte +) qui s'allume car le chargeur alimente directement la charge. Lorsqu'en revanche le courant qui alimente la charge vient directement de la batterie, c'est la LED DL12 (rouge -) qui s'allume.

Comme nous travaillons avec des tensions d'entrée différentielles, nous avons monté aux extrémités de RCS l'un des quatre amplificateurs opérationnels du LM324, le IC2/A précisément ; il est configuré en amplificateur différentiel avec un gain de 20 et fournit sur sa broche de sortie 8 une variation de tension de $\pm 0,1$ V pour chaque variation de

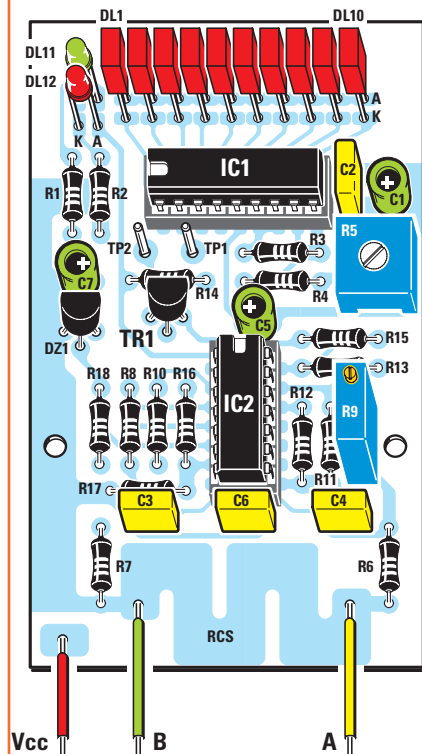


Figure 4a: Schéma d'implantation des composants de l'ampèremètre à LED. Faites en sorte -avant de les souder- que toutes les LED plates DL1 à DL10 soient au même niveau et qu'elles affleurent bien à la surface de la face avant du boîtier.

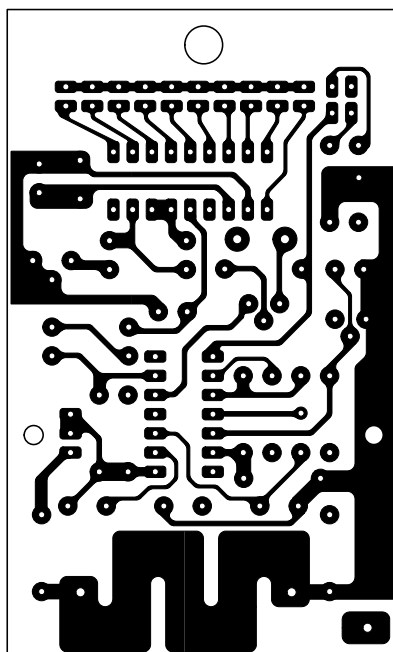


Figure 4b-1: Dessin, à l'échelle 1, du circuit imprimé double face à trous métallisés de l'ampèremètre à LED, côté soudures.

R1 1 k
R2 1 k
R3 1 k
R4 1,2 k
R5 2 k trimmer 1 tour
R6 1 k 1%
R7 1 k 1%
R8 20 k 1%
R9 50 k trimmer 20 tours
R10 10 k
R11 100 k 1%
R12 100 k 1%
R13 100 k 1%
R14 10 k
R15 1 k
R16 680
R17 3,3 k
R18 1 k
RCS piste du ci

C1 10 μ F électrolytique
C2 100 nF polyester
C3 1 nF polyester
C4 1 nF polyester
C5 10 μ F électrolytique
C6 100 nF polyester
C7 10 μ F électrolytique

DZ1 zener REF25Z ou LM336
DL1 LED plate rouge
[...]
DL10 LED plate rouge
DL11 LED verte
DL12 LED rouge

TR1 NPN BC547

IC1 LM3914
IC2 LM324

Note: toutes les résistances sont des quart de W.

1 A du courant passant à travers RCS, en outre entre la broche inverseuse et la sortie de l'amplificateur différentiel IC2/A se trouve le trimmer R9. Comme le montrent les figures 6 à 11, ce trimmer permet le réglage de l'offset en fonction de la tension d'entrée.

L'opérational IC2/D fournit une référence de tension stable de 3 V, obtenue en amplifiant 1,2 fois la tension produite par une zener de précision de 2,5 V (voir DZ1 figure 3). Cette valeur de référence est utilisée par l'amplificateur différentiel IC2/A et le comparateur de tension IC2/B, qui détermine la polarité du courant. Si le courant est égal à zéro, sur la broche 8 de IC2/A nous obtenons une tension de repos égale au bias, soit 3 V. Si elle est différente de zéro, sur la broche 8 de IC2/A nous obtenons une réduction ou une augmentation de la tension de repos, en fonction de la polarité du courant.

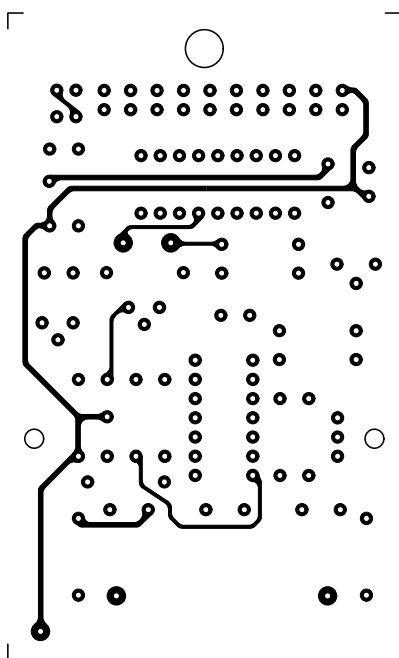


Figure 4b-2: Dessin, à l'échelle 1, du circuit imprimé double face à trous métallisés de l'ampèremètre à LED, côté composants.

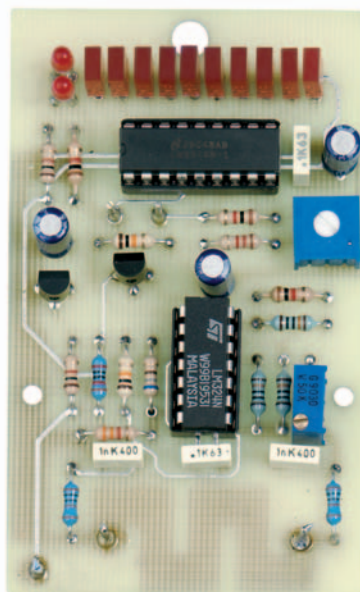
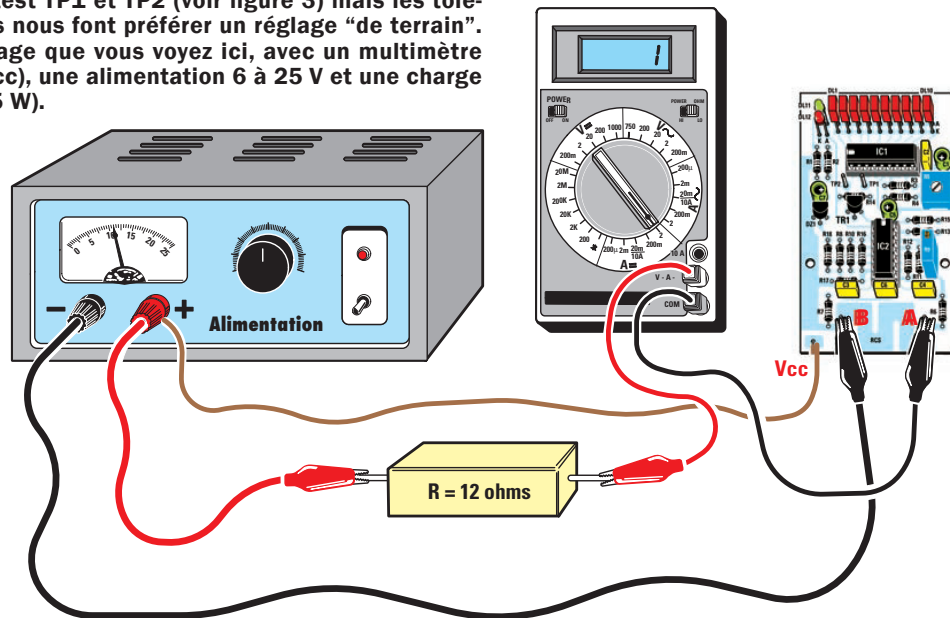


Figure 4c: Photo d'un des prototypes de la platine de l'ampèremètre à LED.

Figure 5: Théoriquement on peut régler l'ampèremètre à LED en se servant des points de test TP1 et TP2 (voir figure 3) mais les tolérances des composants nous font préférer un réglage "de terrain". Réalisez donc le montage que vous voyez ici, avec un multimètre numérique (calibre 2 Vcc), une alimentation 6 à 25 V et une charge (résistance 12 ohms 15 W).



Quand le courant entre par A, il est de polarité positive et on enregistre une réduction de tension; inversement quand elle est négative on enregistre une augmentation de la tension. A la broche 8 de IC2/A est reliée la broche inverseuse 2 de IC2/B: les variations de tension font également varier l'état de la sortie du comparateur IC2/B, ce qui a pour effet d'allumer une des deux

LED témoins, DL11 verte si le courant a une polarité positive et DL12 rouge s'il a une polarité négative. En outre, si le niveau logique de sortie de IC2/B est de 1, le transistor TR1, au collecteur duquel est relié l'opérationnel IC2/C, conduit. Ce dernier opérationnel est configuré en buffer non inverseur mais, quand le transistor conduit, IC2/C travaille comme buffer inverseur.

Ainsi, indépendamment de la polarité du courant, la tension d'entrée sur la broche 5 de IC1 est toujours croissante. IC1 est un LM3914, un voltmètre à échelle linéaire en mesure d'allumer 10 LED en fonction de la tension d'entrée. Il peut être configuré pour allumer des LED en mode barre (pour l'obtenir il faut relier la broche 9 au positif d'alimentation) ou bien en

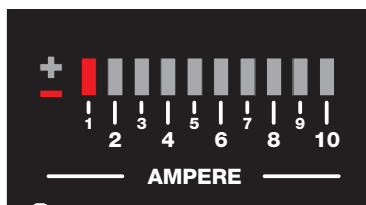


Figure 6: Si le multimètre indique 1 A et si vous tournez le trimmer R5 pour allumer DL1, la LED DL10 de fond d'échelle s'allume quand le courant est de $1 \times 10 = 10$ A.

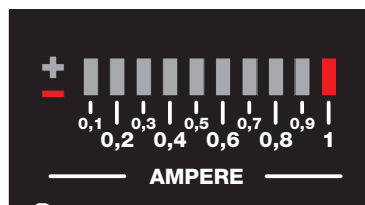


Figure 7: Si le multimètre indique 1 A et si vous tournez le trimmer R5 pour allumer DL10 de fond d'échelle, DL1 s'allume quand le courant est de $1 : 10 = 0,1$ A.

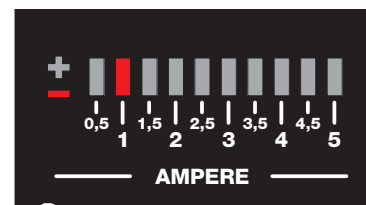


Figure 8: Si le multimètre indique 1 A et si vous tournez le trimmer R5 pour allumer DL2, la LED DL10 de fond d'échelle s'allume quand le courant est de $1 : 2 = 0,5$ et $0,5 \times 10 = 5$ A.



Figure 9: Si le multimètre indique 1 A et si vous tournez le trimmer R5 pour allumer DL5, la LED DL10 de fond d'échelle s'allume quand le courant est de $1 : 5 = 0,2$ et $0,2 \times 10 = 2$ A.

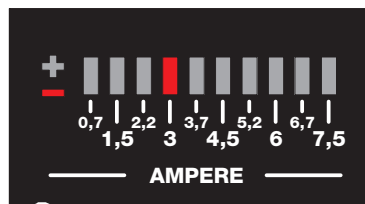


Figure 10: Si le multimètre indique 3 A et si vous tournez le trimmer R5 pour allumer DL4, les autres LED s'allument au pas de 0,75 A et la DL10 de fond d'échelle à $0,75 \times 10 = 7,5$ A.

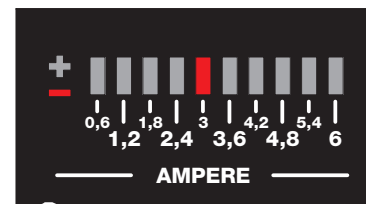


Figure 11: Si le multimètre indique 3 A et si vous tournez le trimmer R5 pour allumer DL5, les autres LED s'allument au pas de 0,6 A et la LD10 de fond d'échelle à $0,6 \times 10 = 6$ A.

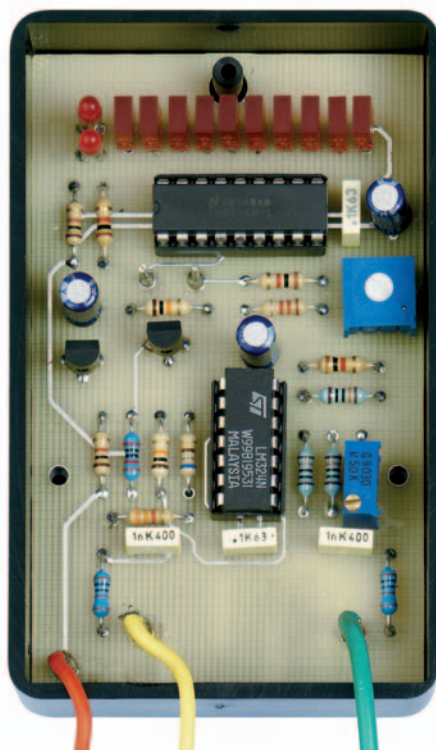


Figure 12 : Photo d'un des prototypes de la platine de l'amplificateur à LED installé dans le fond du boîtier plastique dont le couvercle constitue la face avant. Les fils de couleurs (voir figure 1) vont aux pinces crocodiles à travers la face avant.

mode point (dans notre circuit la broche 9 est déconnectée car nous avons choisi ce mode). Ce choix limite encore la consommation en courant de notre ampèremètre.

Pour établir avec quelle tension on doit allumer la dernière LED de IC1 –c'est-à-dire pour déterminer le fond d'échelle du voltmètre– on utilise la broche 8 ; en série avec elle, comme du reste avec les broches 6 et 7, on trouve deux résistances R3-R4 et un trimmer R5. La valeur de R3 détermine le courant qui traverse la LED et celle de R4, plus celle prise par le trimmer R5, permettent de régler

la tension de référence avec laquelle on allume la dernière LED DL10, ce qui a pour effet de modifier et déterminer la valeur de fond d'échelle de l'instrument de mesure. A ce propos, précisons que l'échelle des valeurs apparaissant sur le schéma électrique de la figure 3 est fictive car vous pouvez régler ce fond d'échelle à la valeur qui vous convient (voir figures 6 à 11) à la seule condition de ne pas dépasser 10 A.

Théoriquement on pourrait régler l'ampèremètre à LED en se servant des points de test TP1 et TP2 : TP2 détecte la valeur de référence de la

de 3 V environ ; pour déterminer le fond d'échelle de l'instrument, il faut calculer la tension devant être présente sur TP1, en se servant de la formule :

$$VTP1 = (0,1 \times I_{fd}) + VTP2$$

où VTP1 et VTP2 sont en V et I_{fd} (courant de fond d'échelle) en A.

Avec une VTP2 de 3 V (voir plus haut) et une I_{fd} choisie par exemple à 4 A, nous devons régler le trimmer R5 pour trouver sur TP1 une tension de :

$$(0,1 \times 4) + 3 = 3,4 \text{ V.}$$

Mais c'est là pure théorie à cause des tolérances des composants ! Ce qui nous fait préférer un réglage "de terrain" beaucoup plus sûr. Voyez pour cela les procédures de réglage figures 5 à 11.

La réalisation pratique

Quand vous avez réalisé le circuit imprimé double face à trous métallisés (dont la figure 4b-1 et 2 donne les dessins à l'échelle 1:1) ou que vous vous l'êtes procuré, constatez que la résistance RCS est bien constituée d'une large piste de cuivre du circuit imprimé. Montez tout d'abord les trois picots auxquels vous soudez plus tard les trois fils colorés munis de pinces croco (voir figures 4a et 4c). Montez maintenant tous les composants comme le montrent ces figures. Montez en premier les supports des deux circuits intégrés : attention, ni court-circuit entre pistes ou pastilles ni soudure froide collée. Montez ensuite les résistances (R6-R7-R8 et R11-R12-R13 sont des 1%, leur vernis de protection est de couleur bleue), les condensateurs polyester et les trois électrolytiques (attention à la polarité,

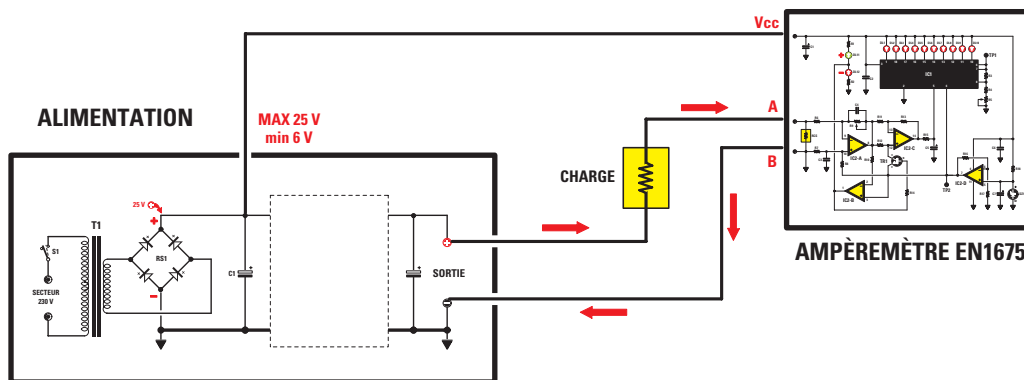


Figure 13 : Schéma montrant comment connecter correctement votre ampèremètre à LED EN1675 à une alimentation. La tension d'alimentation nécessitée par l'instrument de mesure est prélevée sur la branche positive du pont de Graetz et elle doit être comprise entre 6 et 25 V.

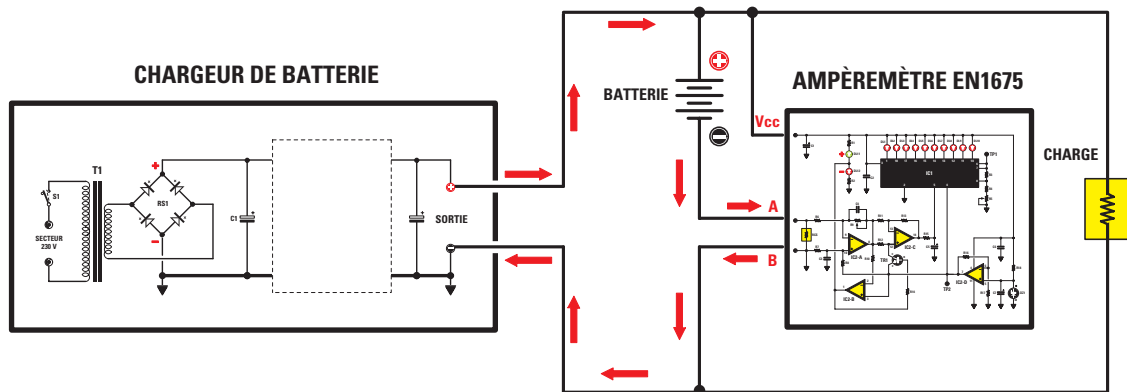


Figure 14 : Si on relie l'ampèremètre à LED EN1675 à un chargeur et à une batterie, nous pouvons mesurer le courant de charge et celui de décharge. Si le courant va du chargeur à la batterie, la polarité est positive et DL11 s'allume.

aidez-vous au besoin du schéma électrique), la zener DZ1 et le transistor TR1, tous deux en boîtier demi lune, méplats vers le haut, comme le montrent les figures 4a et 4c. Montez alors les trimmers et enfin les dix LED rouges rectangulaires et les deux LED verte et rouge rondes de polarité: toutes au même niveau de profondeur et de manière à ce qu'elles affleurent à la surface de la face avant lorsque vous procéderez à l'installation dans le boîtier.

L'installation dans le boîtier

La platine de l'ampèremètre EN1675 que vous venez de réaliser sera montée dans un boîtier plastique spécifique (voir figure 1). Prenez donc ce boîtier et enlevez le couvercle (la face avant). Vous n'avez qu'à fixer la petite platine au fond au moyen de deux vis, comme le montre la figure 12. Vous pouvez maintenant insérer les deux circuits intégrés dans leurs supports,

repère-détrompeurs en U vers R2 pour IC1 et vers C5 pour IC2. Prenez alors le couvercle et aidez-vous de la face avant adhésive (comme d'un gabarit de perçage) pour tracer le centre des trous ronds à percer: deux LED de polarité et trois fils munis de pinces croco, soit cinq trous.

Quant aux dix trous rectangulaires des autres LED, après repérage, découper une seule fenêtre rectangulaire de plus

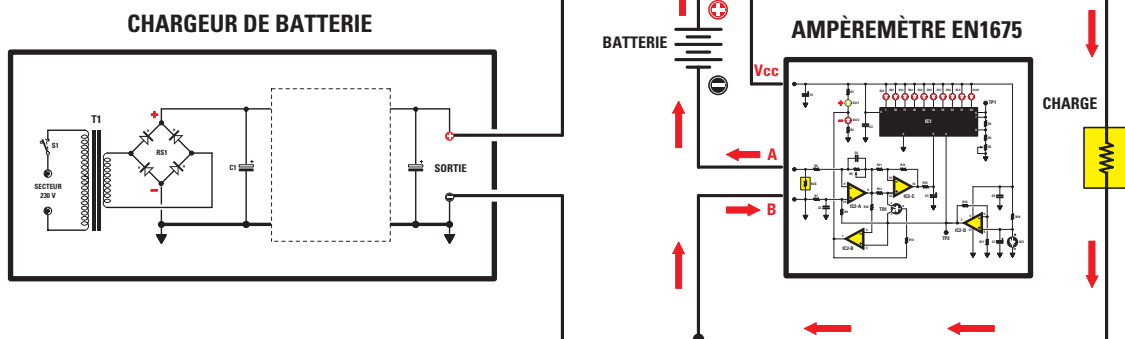


Figure 15 : Quand la charge est alimentée directement par la batterie, la polarité est négative et DL12 s'allume. L'ampèremètre à LED EN1675 est relié de telle sorte que sa tension Vcc puisse être prélevée sur le chargeur ou sur la batterie.

grandes dimensions (les LED affleureront à la surface du film de face avant qui les maintiendra bien en place pour un effet des plus "pros"). Avant de refermer le couvercle de face avant, procédez aux réglages.

Les réglages

La particularité de cet ampèremètre à LED est qu'il autorise une détermination de la valeur d'intensité de fond d'échelle I_{fd} entre 1 et 10 A (à votre convenance); pour cela il suffit de régler la valeur de la tension de référence avec laquelle la dernière LED de la barre (DL10) s'allume. Vous allez donc devoir choisir (en fonction de vos besoins, de vos attentes) la valeur I_{fd} d'intensité du courant de fond d'échelle qui vous convient.

Avant le réglage du fond d'échelle choisi, vous devez cependant régler l'offset de telle manière qu'en l'absence de charge toutes les LED soient éteintes. Pour cela il suffit de n'alimenter que l'ampèremètre (pince Vcc et masse) sous une tension comprise entre 6 et 25 V, sans lui relier aucune charge et de tourner la vis du trimmer R9 (multitour) jusqu'à voir s'éteindre toutes les LED rectangulaires DL1 à DL10.

Alors seulement vous pouvez vous occuper du fond d'échelle. Comme le montre la figure 5, il vous faudra un multimètre (réglé en Vcc, fond d'échelle 2 A), une alimentation (fournissant une tension continue comprise entre 6 à 25 V) et une charge résistive (une simple résistance de 12 ohms d'au moins 10-15 W de puissance).

Note : cette résistance va chauffer au cours des essais, prenez garde de ne pas vous brûler.

Si vous alimentez le circuit de la figure 5 en 12 V vous obtiendrez un courant I V : R soit $12 : 12 = 1$ A. C'est là l'intensité correspondant à l'allumage d'une LED de votre ampèremètre; mais si vous tournez l'axe du trimmer R5 vous pouvez allumer une LED précise et définir ainsi l'intensité du fond d'échelle. Nous avons dit que le LM3914 est un voltmètre à échelle linéaire et donc, une fois établie la valeur unitaire de l'échelle, pour connaître la tension avec laquelle toutes les LED s'allument, il suffira de multiplier cette valeur par le nombre de LED allumées. En suivant pas à pas et avec beaucoup d'attention les figures 6 à 11 vous mènerez à bien ce réglage du fond d'échelle.

Quand il est terminé, surtout si vous avez choisi une intensité de fond d'échelle de 1 A, il sera peut-être nécessaire de régler à nouveau l'offset: dans ce cas, débranchez la charge et le multimètre et, si une ou plusieurs LED restent allumées, retouchez la vis de réglage du trimmer R9.

Comment utiliser votre ampèremètre à LED

Votre ampèremètre mesure l'intensité d'un courant continu consommé par une charge et la visualise sur une barre de dix LED: vous vous en servirez chaque fois qu'une mesure précise en valeur absolue n'est pas indispensable. Par exemple pour évaluer les courants de charge et de décharge d'une batterie. Les figures 13 à 15 vous donnent quelques schémas d'applications. Si vous coupez votre ampèremètre à une alimentation dépourvue d'ampèremètre intégré, voyez le schéma de la figure 13: la tension pour alimenter votre ampèremètre doit être comprise entre 6 et 25 V et être prélevée directement

sur la branche positive du pont redresseur de ladite alimentation. La charge doit en revanche être reliée en série à la sortie de l'alimentation et à l'entrée de l'ampèremètre aux points A-B.

Si maintenant vous coupez votre ampèremètre à un chargeur de batterie, à la batterie et à la charge, comme le montrent les figures 14-15, il sera possible de mesurer le courant consommé par la charge et le courant de charge de la batterie. Dans ce cas la tension d'alimentation Vcc de l'ampèremètre EN1675, toujours entre 6 et 25 V, peut être directement prélevée à la sortie positive du chargeur de batterie.

La figure 14 montre le courant de charge fourni par le chargeur de batterie à la batterie. Dans ce cas, en plus de la LED d'échelle, la LED verte DL11 s'allume aussi, car la polarité du courant est positive.

Au contraire, si la charge est alimentée directement par la batterie (voir figure 15), en plus de la LED d'échelle, c'est la LED rouge DL12 qui s'allume, car la polarité du courant est négative.

Comment construire ce montage ?

Tout le matériel nécessaire pour construire cet ampèremètre à LED EN1675 est disponible chez certains de nos annonceurs. Voir les publicités dans la revue.

Les typons des circuits imprimés et les programmes **lorsqu'ils sont libres de droits** sont téléchargeables à l'adresse suivante :

<http://www.electronique-magazine.com/circuitrevue/097.zip>. ◆