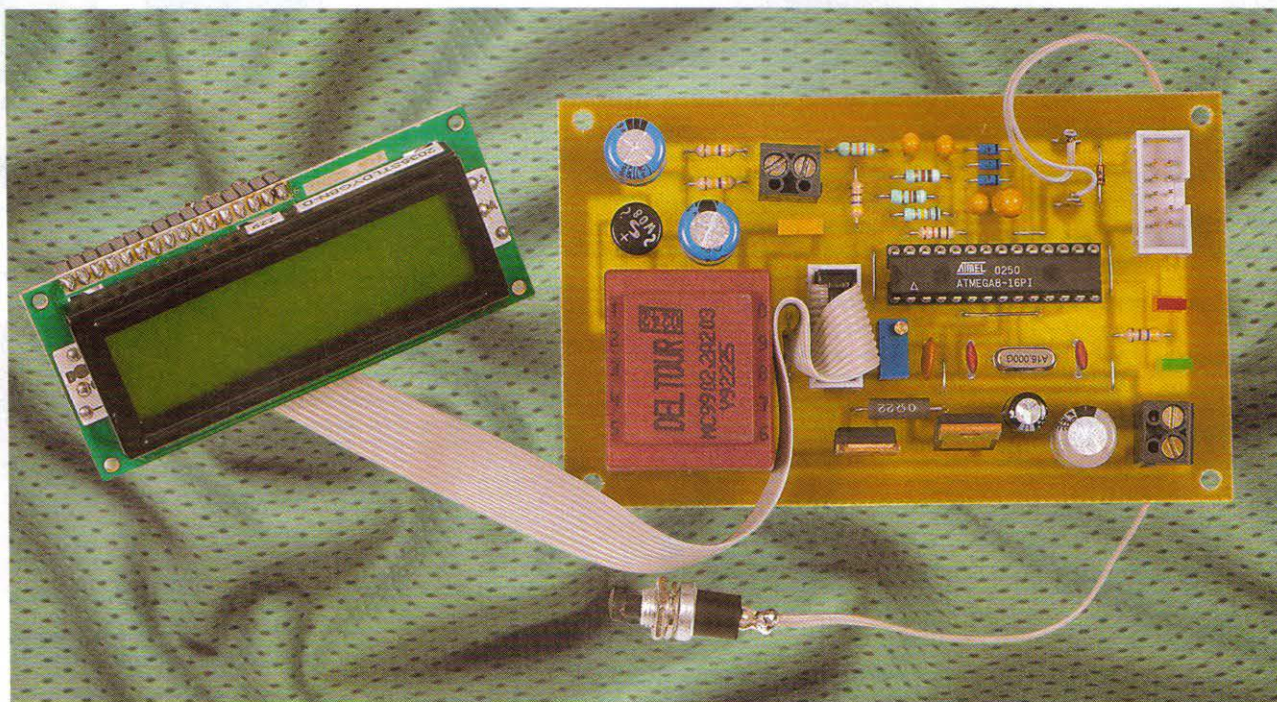


Zénermètre à microcontrôleur



Le néologisme du titre ne laisse pas de place au doute. Il s'agit bien d'un appareil permettant de connaître la tension nominale, pour un courant donné, d'une diode zener, diac, Transil, LED, ou encore la tension de seuil d'une diode classique. La plage des tensions mesurées s'étend jusqu'à une centaine de volts, ce qui permet de couvrir les cas les plus courants. Cette application met en exercice le convertisseur analogique/numérique du microcontrôleur, ainsi que son générateur PWM.

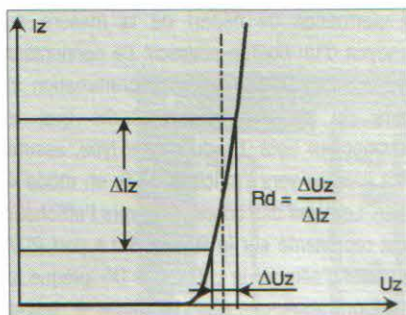
Il n'est pas rare que le hobbyste électronique, au fil du temps et des montages réalisés et démontés, se trouve face à des collections de composants souvent qualifiés de "fonds de tiroirs", qu'on hésite à mettre à la poubelle alors qu'ils peuvent encore servir de petits montages prototypes à caractère éphémère. Ces composants n'étant pas de toute première fraîcheur, un doute peut toutefois s'installer quant à leur aptitude à remplir correctement leur fonction. C'est le cas des semi-conducteurs, et plus particulièrement celui des diodes zeners, qui nous intéresse dans le présent article. Outre qu'un test de bon fonctionnement peut s'avérer nécessaire, le marquage du composant est parfois altéré ou carrément effacé. Dès lors, on ne sait plus s'il s'agit d'une diode zener et, dans l'affirmative, quelle est sa tension nominale. Par ailleurs, si une diode portant le marquage "BZX85C 6.8V" affiche clairement sa prestation, il est

moins évident qu'une diode marquée "1N825", par exemple, soit une zener 6,2V ! A l'attention du hobbyste débutant, il n'est peut-être pas inutile de rappeler ce qu'est une diode zener. Il s'agit d'un semi-conducteur fortement dopé et utilisé dans son sens non-passant, c'est-à-dire que sa cathode est connectée au pôle positif de la source qui lui est appliquée, tandis que son anode est connectée au pôle négatif. Lorsque la tension de claquage est atteinte (c'est la tension de zener), un courant prend naissance dans la diode. Ce courant croît très rapidement avec la tension appliquée à ses bornes et peut aller jusqu'à sa destruction si aucune limitation n'est prévue. Ceci est illustré sur la **figure 1**. On y voit qu'une forte augmentation du courant correspond à une faible augmentation de la tension, ce qui met en évidence le pouvoir stabilisateur de tension de la diode zener. Le rapport d'une variation de tension sur la varia-

tion correspondante de courant se définit comme la résistance dynamique de la diode. Plus celle-ci est faible, c'est-à-dire plus la partie droite de la courbe se rapproche de la verticale et plus la diode tend vers la perfection. Par construction, les diodes zeners dont la résistance dynamique est la plus faible se situent vers 8 volts. Une autre caractéristique importante de la diode zener est sa stabilité en température. Les diodes dont le coefficient de température est le plus faible se situent vers 6 volts.

Schéma électrique

Le schéma électrique du montage est représenté sur la **figure 2**. Il est articulé autour d'un microcontrôleur ATmega-8, du fabricant Atmel, cadencé à 16 MHz par le quartz QZ1 associé aux condensateurs C5 et C6. Le générateur "haute tension" est élaboré à



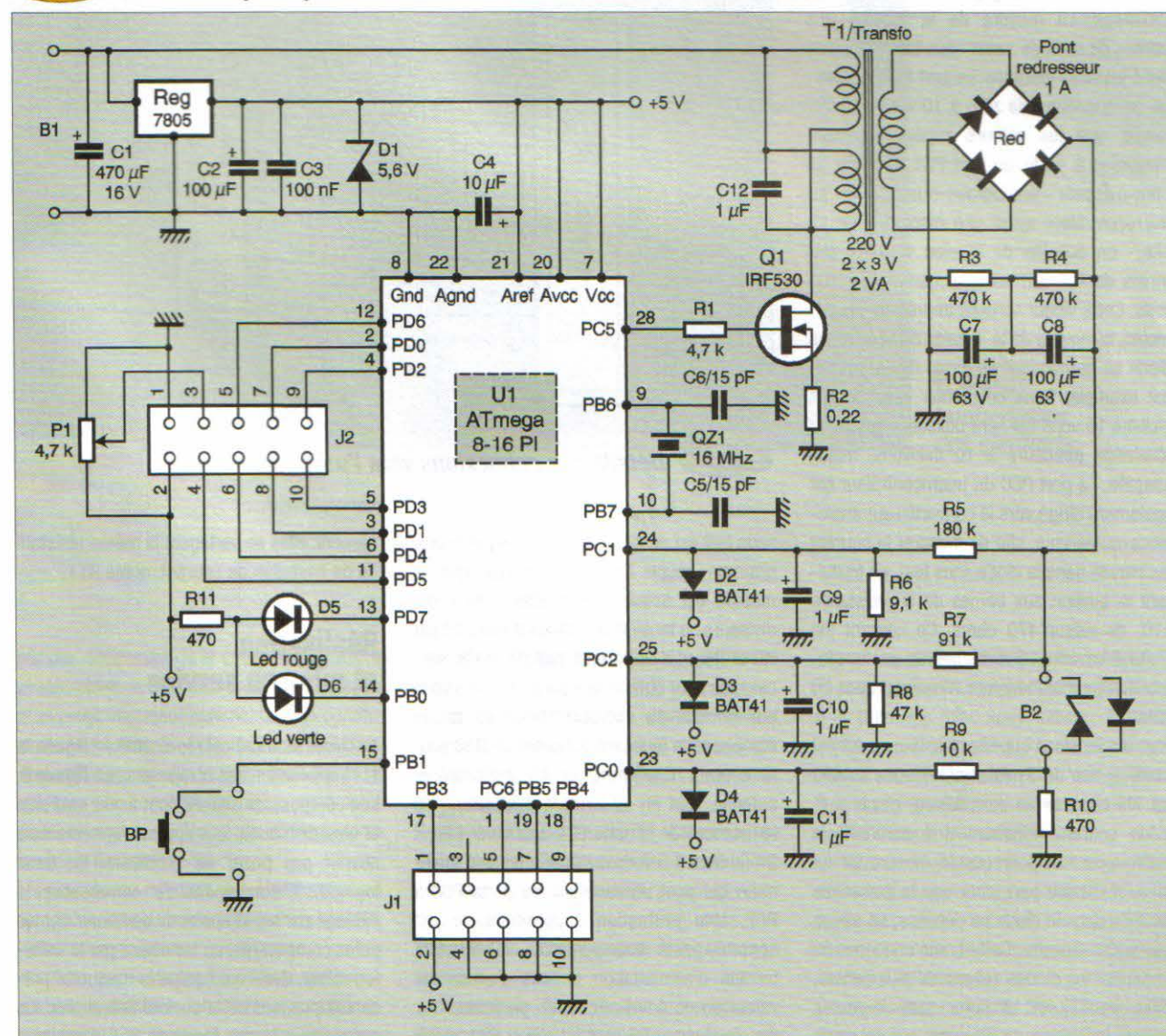
1 Caractéristique $U_z = f(I_z)$ de la diode zener

partir d'un transformateur 220/2x3V utilisé à l'envers, les secondaires servant de primaire, et réciproquement. Ce transformateur est donc utilisé en élévateur de tension. Ce choix est guidé par un coût plus léger qu'une solu-

tion à base de transformateur à noyau de fer-rite, ou qu'une self d'alimentation à découpage et d'un approvisionnement plus aisé. Le revers de la médaille se traduit toutefois par une fréquence de fonctionnement plus basse, un encombrement plus important, et un rendement plus faible. Il convient cependant de relativiser ces inconvénients, puisque la puissance désirée est relativement faible et qu'une fréquence basse, ici fixée autour de 1 kHz environ, est favorable en termes de besoin en ressources du processeur. La tension délivrée au secondaire du transformateur T1 (qui devrait donc être le primaire !) est redressée par un classique pont de diodes moulé. La tension continue qui en résulte est filtrée par les condensateurs C7 et C8 connectés en série, dont la charge est équilibrée par les résistances R3 et R4 afin de

compenser leurs courants de fuite. La capacité résultante, de 50 microfarads, est bien suffisante compte tenu de la faible intensité requise et de la fréquence de fonctionnement. Ce choix permet un approvisionnement plus facile qu'une capacité de même valeur, mais d'une tension nominale double. Les enroulements utilisés en primaire du transformateur T1 sont connectés en parallèle et aboutissent sur le drain du transistor MOSFET noté Q1. La "gate" de celui-ci est connectée sur le port PC5 du microcontrôleur. Ce port, programmé en sortie, génère un signal PWM (Pulse Width Modulation), dont le rapport cyclique peut varier de 0 à 40%. La tension aux bornes de la diode à tester est dirigée, d'une part sur le port PC1, et d'autre part, sur le port PC2. Ces deux ports sont programmés en entrées pour utiliser le

2 Schéma de principe

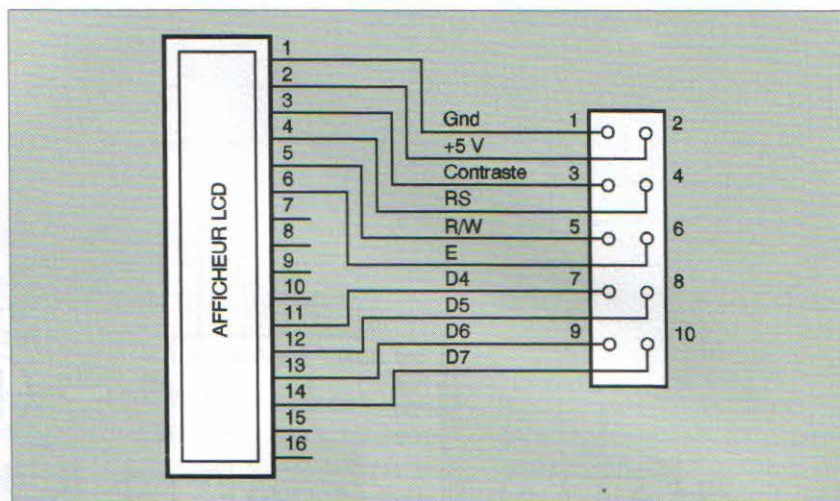




Le connecteur HE10 et le microcontrôleur

convertisseur analogique-digital interne à l'ATmega. La mesure de la tension aux bornes de la diode zener sous test s'effectue donc en deux gammes. Le port PC2 se charge de la gamme de zéro à 10 volts environ, tandis que les valeurs supérieures sont mesurées à partir du port PC1. En effet, le convertisseur analogique-numérique du microcontrôleur ayant une résolution de 10 bits, un échelon de tension vaut un peu moins de 0,1 volt sur une gamme de 100 volts. Cette valeur rendrait imprécise, pour le moins, la mesure de la tension de seuil d'une diode au germanium ou d'une diode Shottky par exemple. Dans ce dernier cas, c'est la gamme 10 volts qui sera utilisée, offrant une résolution inférieure à 10 millivolts, mieux adaptée. Le port PC0 du microcontrôleur est également dirigé vers le convertisseur analogique-numérique, afin de mesurer le courant qui circule dans la diode sous test, en traduisant la tension aux bornes de la résistance R10, de valeur 470 ohms. Ce courant est limité à environ 10 milliampères par le programme pour les tensions n'excédant pas 20 volts.

Pour les tensions supérieures, le courant est limité autour de 5 milliampères. Ces valeurs ont été choisies en considérant, d'une part, qu'un courant minimum doit parcourir la diode sous test pour que la mesure ait un sens, et d'autre part, pour que la puissance dissipée dans la diode ne dépasse, en aucun cas, 500 milliwatts. Cette limite concerne en particulier les diodes zeners les plus petites, telles les BZX46C. A noter que, de toutes façons, la puissance dissipée par la diode



3 Détails des connexions vers l'afficheur

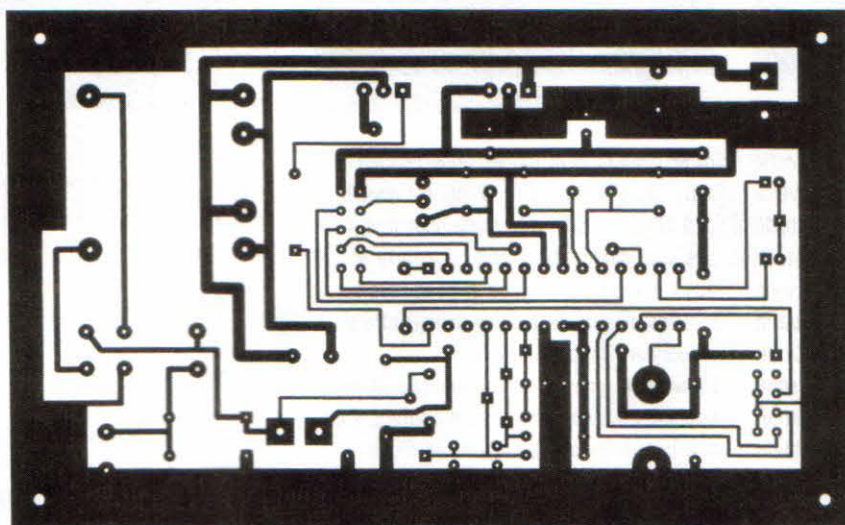
sous test est de courte durée, puisque le programme coupe l'alimentation dès que la mesure est acquise et affichée. Les ponts diviseurs de tension constitués d'une part par R5 et R6, et d'autre part, par R7 et R8, sont calculés pour obtenir une plage de 0 à 5 volts aux entrées du microcontrôleur, en tenant compte de la tension aux bornes de R10 pour le courant maximum de 10 milliampères autorisé, tout en se limitant aux valeurs de résistances de la série E24. Les diodes D2 à D4 limitent à 5 volts environ la tension maximum qui peut parvenir sur les ports PC0 à PC2. Une protection supplémentaire est apportée par la diode zener D1, en limitant la tension d'alimentation en cas d'erreur de valeur ou de court-circuit, en particulier sur les résistances R5 et R7. Le port PB1 reçoit

l'information de départ de la mesure au moyen d'un bouton-poussoir. Le connecteur HE10 noté J1 permet la programmation in situ du microcontrôleur, tandis que le connecteur noté J2, du même type, assure les liaisons vers l'afficheur LCD, en mode 4 bits. Le détail des connexions vers l'afficheur est représenté sur la **figure 3**. Le port PD7 permet d'allumer la LED rouge D5 lorsque la tension appliquée sur la diode à tester dépasse la trentaine de volts. Cette information prévient l'utilisateur qu'il faut alors éviter de toucher les connexions de la diode sous test, sous peine d'une légère secousse électrique, sans gravité, mais toujours désagréable ! Le port PB0 permet d'allumer la LED verte D6, qui indique que le montage est prêt pour une nouvelle mesure. Ces deux LED n'ayant aucune chance de s'allumer simulta-

nément, elles se partagent la même résistance de limitation de courant, notée R11.

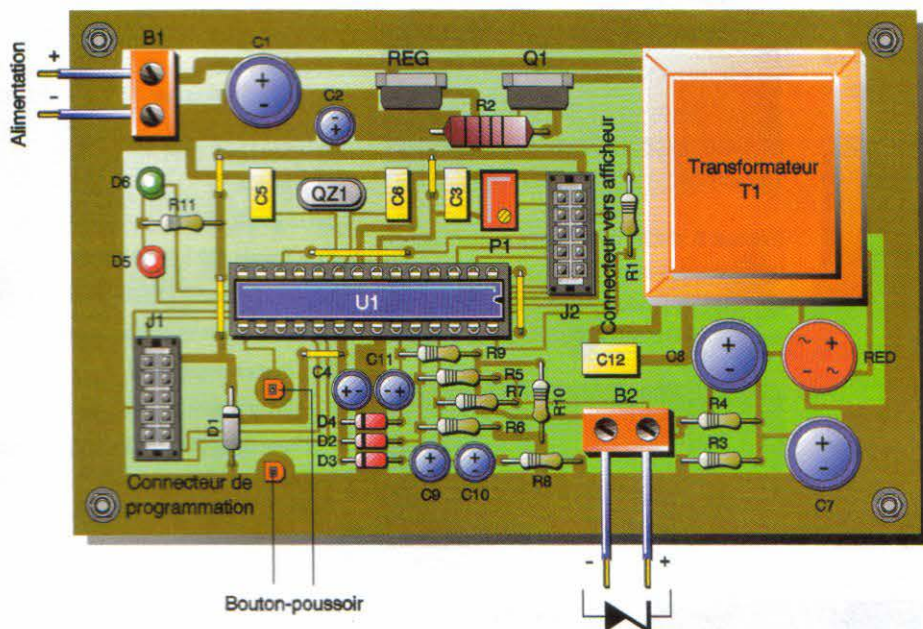
Réalisation et mise en service

Le circuit imprimé est représenté en **figure 4**, et l'implantation des composants en **figure 5**. Les composants utilisés sont assez courants et bien distribués, leur approvisionnement ne devrait pas poser de problème. En toute logique, il conviendra de commencer le câblage par les straps et de continuer par les petits composants, en terminant par le transformateur. Celui qui équipe la maquette présentée provient de la société Selectronic. Le connecteur J1 est facultatif et il n'est bien



4

Tracé
du circuit imprimé



5

Implantation
des éléments

sûr pas nécessaire de le câbler si l'on désire programmer le microcontrôleur au moyen d'un programmeur externe. Cette programmation requiert le fichier ZENERMTR.HEX, disponible sur le site Internet de la revue. Il est, bien sûr, conseillé de prévoir un support pour le microcontrôleur (de préférence à contacts de type "tulipe").

L'usage de ce montage étant probablement très occasionnel, le microcontrôleur pourra, entre-temps, être reprogrammé pour d'autres applications. La même remarque s'applique d'ailleurs à l'afficheur, dont le raccordement par nappe et connecteur lui per-

met de migrer facilement vers d'autres montages.

A moins d'une utilisation particulièrement intensive, il n'est pas nécessaire de pourvoir le régulateur ou le transistor Q1 d'un quelconque dissipateur.

Après avoir dûment vérifié l'absence de court-circuit ou de coupure de piste, la bonne orientation des composants polarisés, ainsi que le montage dans le bon sens des connecteurs, la carte pourra être mise sous tension.

L'alimentation, d'une tension comprise entre 10 et 15 volts, devra pouvoir fournir une

intensité minimale de 500 milliampères, afin de couvrir tous les cas de diodes possibles.

A la première mise sous tension, il faudra régler le potentiomètre P1 de manière à obtenir un affichage correct. C'est d'ailleurs le seul réglage que comporte cette carte, qui doit fonctionner immédiatement.

Lorsque le montage est mis sous tension, après l'affichage bref d'un écran d'accueil, la diode LED verte doit s'allumer, puis l'afficheur présente un message "d'invite" conforme à l'écran1.

On peut alors connecter sur le bornier B2, dans le sens qui convient, la diode à tester.

Pret pour lancer une mesure...

Écran 1

Une action sur le bouton-poussoir déclenche le processus de mesure. La diode verte s'éteint et la tension aux bornes de la diode sous test monte alors progressivement. Si cette tension franchit le seuil de 30 volts environ, la diode rouge s'allume. Lorsque la tension de zener est atteinte, c'est au tour du courant de monter progressivement. Lorsque la limite de 5 ou 10 milliampères est atteinte, suivant que le seuil de 20 volts est franchi ou non, le générateur de " haute tension " cesse de fonctionner, la tension retombe à zéro, mais les valeurs de tension et de courant restent affichées, comme le montre l'exemple de l'écran 2.

Elles le resteront jusqu'à un nouvel appui sur le bouton-poussoir, ce qui provoquera le

$U_z = 12.24 \text{ V}$
 $I_z = 10.08 \text{ mA}$

Écran 2

retour à l'affichage de l'écran 1, indiquant que le montage est à nouveau prêt pour un autre test.

Comme on pouvait s'y attendre, l'affichage de l'écran 3 se produira si l'on tente de lancer la mesure alors qu'aucun composant n'est connecté sur le bornier B2. Il se produi-

Pas de composant ou Uz trop grand

Écran 3

ra également si la diode connectée est une zener dont la tension nominale est supérieure à 100 V, ou bien si la diode sous test n'est pas une diode zener. Mais il pourra s'agir aussi d'une diode coupée et donc hors service. Une mesure de la diode dans l'autre sens en donnera la confirmation.

L'écran 4 est tout aussi explicite et sans appel. Le système mesure un courant, alors que la tension aux bornes de la diode sous test est nulle. Dans ce cas, on peut toutefois confirmer que la diode est défectueuse en faisant une nouvelle mesure après en avoir inversé les polarités.

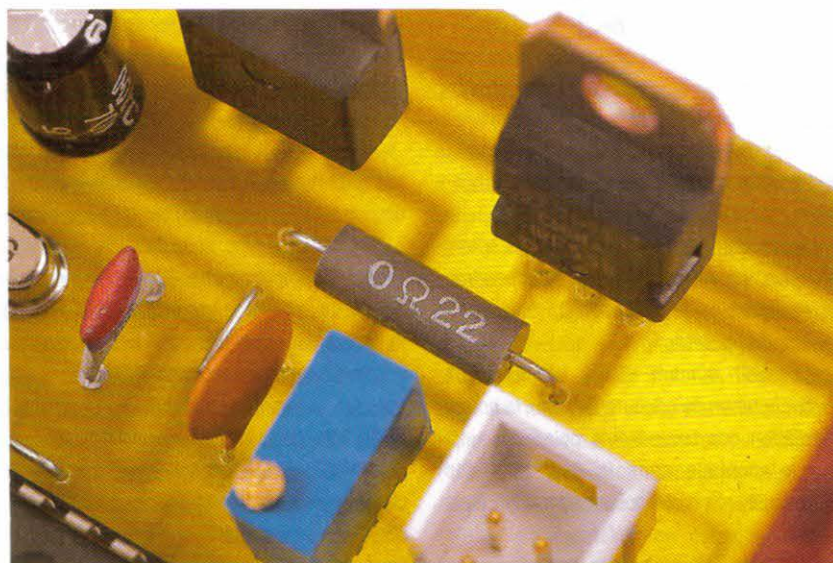
Composant en court-circuit

Écran 4

L'écran 5 affiche deux points d'interrogation indiquant que la mesure n'a pas abouti. Cet affichage se produit si le système ne détecte pas le moindre coude dans la caractéristique

?

Écran 5



Le transistor MOS-FET du type IRF530

Nomenclature

R1 = 4,7 k Ω
R2 = 0,22 Ω
R3, R4 = 470 k Ω
R5 = 180 k Ω
R6 = 9,1 k Ω
R7 = 91 k Ω
R8 = 47 k Ω
R9 = 10 k Ω
R10, R11 = 470 Ω
C1 = 470 μF 16/25 V chimique
C2 = 100 μF 16/25 V chimique
C3 = 100 nF céramique
C4 = 10 μF tantale goutte
C5, C6 = 15 μF céramique
C7, C8 = 100 μF 63 V chimique
C9, C10, C11 = 1 μF tantale goutte
C12 = 1 μF 63 V polyester
D1 = zener 5,6 V
D2, D3, D4 = BAT41
D5 = LED rouge
D6 = LED verte
Red = pont redresseur 1 A
Reg = 7805
U1 = Atmega 8-16 Pi
Q1 = IRF530
Qz1 = Quartz 16 MHz
T1 = Transfo 220 V/2 x 3 V/2 VA
J1, J2 = Connecteur HE10-10 mâle pour CI
B1, B2 = Bornier double à vis pour CI
BP = Bouton-poussoir N0
P1 = Potentiomètre 4,7 k Ω multitours
Afficheur LCD à HD44780 2x16 caractères
+ connecteur HE10-10 femelle
+ nappe

tension/courant de la diode sous test et que le composant vérifie donc parfaitement la loi d'ohm. Cet affichage peut également se produire si l'alimentation connectée au montage ne peut fournir un courant suffisant.

Voilà donc un petit montage qui vous permettra de faire le tri dans vos lots de diodes. Il convient toutefois d'apporter une remarque restrictive quant à son utilisation concernant certaines diodes dont les caractéristiques sont complètement inconnues. Par exemple, il ne sera pas sans risque de tester une diode dont la tension maximale inverse est particulièrement faible, puisque la tension de test montera jusqu'à 100 volts, ou certaines diodes LED à faible courant, puisque celui-ci s'élèvera jusqu'à 10 milliampères...

B. LEBRUN