

# LES AFFICHEURS optoelectroniques

**C**ONTINUANT notre série sur l'opto-électronique, nous allons voir aujourd'hui comment insérer un afficheur dans un montage. D'un emploi facile, il faut néanmoins savoir qu'une diode électro-luminescente doit être polarisée en direct, et qu'un courant de 10 mA est suffisant pour obtenir une bonne visibilité. Il faut également savoir qu'une tension inverse appliquée à la diode peut lui être dangereuse si elle dépasse 3,5 V.

Les LED peuvent aussi bien être utilisées en continu qu'en alternatif, moyennant quelques précautions.

Les afficheurs 7 segments ne posent pas de problèmes particuliers puisqu'il s'agit en fait de diodes électroluminescentes.

## Pratique des diodes électro-luminescentes

Les diodes électroluminescentes (LED) sont les plus utilisées des composants opto-électroniques. Leur succès va

en augmentant et leur prix les rendent très abordables pour visualiser la présence d'une tension. Ces diodes existent en différentes couleurs : rouge (les plus courantes et les moins chères), orange, jaune et verte. Les laboratoires de recherche annoncent la sortie prochaine de diodes LED bleues. Il est également possible d'avoir 2 couleurs différentes dans un même boîtier du type TO18. Leur forme aussi est variée, les premières étaient seulement à extrémité sphérique, maintenant l'embout lumineux peut présenter une forme carrée, triangulaire ou rectangulaire.

Les LED servent à la signalisation. Elles indiquent la présence ou l'absence d'une tension ou encore l'état logique d'un circuit digital. Elles

sont employées comme échelle lumineuse pour les Vu-mètres ou les thermomètres électroniques, en mettant bout à bout celles de forme carrée ou rectangulaire. Elles sont aussi très utilisées pour la visualisation de chiffres, de lettres ou de signes. Enfin, couplées avec un capteur de lumière, on réalise avec des diodes électro-luminescentes, des barrières lumineuses, soit pour le comptage d'objets ou de personnes, soit pour la lecture de cartes perforées.

## Quelques précautions préliminaires

Tout comme les autres diodes (de redressement ou de détection), les LED possè-

dent des limites d'utilisation qu'il faut bien connaître.

D'abord, en ce qui concerne son bon fonctionnement, une telle diode doit être polarisée en direct pour émettre de la lumière. Ainsi, une tension positive doit être appliquée côté anode comme indiqué sur la figure 1. Branchée de cette façon, un courant direct  $I_D$  traverse la diode. Ce courant a une valeur qui doit se trouver au-dessous de 50 mA (valeur maximale à ne pas dépasser). Un bon choix de courant est 10 mA ; avec cette valeur, la diode allumée est bien visible pour un éclairage ambiant habituel. Il est évident que plus le courant  $I_D$  sera élevé, plus la lumière émise sera intense. Celle-ci passe de 1 mcd pour 10 mA à 2 mcd pour 20 mA. Mais le rayonnement lumi-

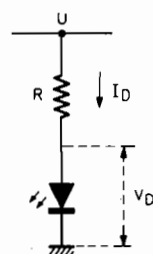


Fig. 1. — Montage de base d'une LED.

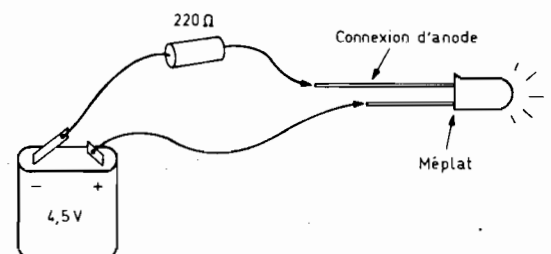


Fig. 2. — Contrôle d'une LED. La connexion de cathode est repérée par un méplat. Généralement sa tige est plus courte.

neux est encore visible si  $I_D = 3$  ou  $5$  mA (pour une LED rouge CQY 40).

La tension  $V_D$  est la tension directe aux bornes de la diode. Elle est de l'ordre de  $1,4$  à  $1,8$  V pour une LED rouge, ou entre  $2$  et  $2,5$  V pour les modèles jaune et vert, bien que la limite supérieure des diodes vertes peut monter jusqu'à  $2,8$  V.

Cette tension  $V_D$  varie légèrement d'un modèle à l'autre.

De toute façon il est indispensable d'insérer en série avec la LED une résistance de protection. Cette résistance  $R$  (fig. 1) est généralement de quelques centaines d'ohms ( $200$  à  $400 \Omega$ ) pour une tension de quelques volts ( $5$  V). Son calcul n'a rien de difficile, c'est l'application pure et simple de la loi d'Ohm. La valeur de  $R$  est égale à la tension à ses bornes divisée par le courant la traversant. La tension aux bornes de  $R$  est :  $U - V_D$ . Pour le courant  $I_D$ , nous conseillons  $10$  mA (soit  $0,01$  A), ce qui donne la formule :

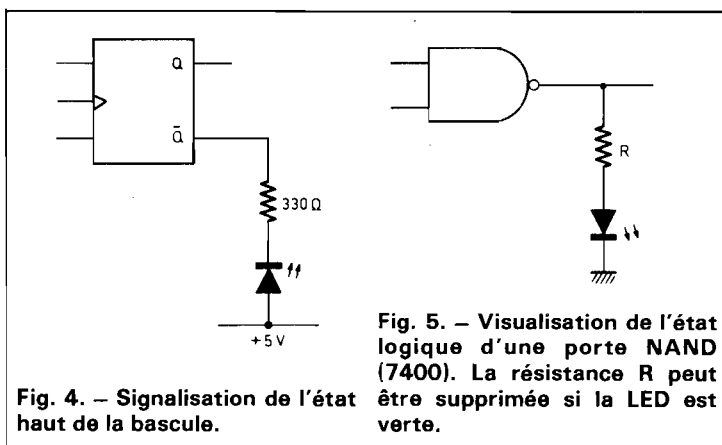
$$R = \frac{U - V_D}{I_D}$$

ou encore, puisque  $V_D \approx 2$  V et  $I_D$  est égal à un centième d'ampère :

$$R = (U - 2) \times 100$$

Si nous souhaitons utiliser une de ces diodes comme voyant lumineux d'une alimentation de  $9$  V, l'application de la formule donne :

$R = (9 - 2) \times 100$  soit  $700 \Omega$ . On choisira la valeur



normalisée la plus proche soit  $680 \Omega$ .

Rien de plus simple également si on désire vérifier le bon état d'une diode électroluminescente. Il suffit, avec une pile de  $4,5$  V et une  $220 \Omega$ , de brancher le tout en série (fig. 2). Mais il faut surtout prendre bien garde de ne jamais mettre directement la diode aux bornes de la pile.

### Attention à la tension inverse

Un point très important est la tension inverse. Autrement dit, en faisant une fausse manœuvre consistant à brancher la diode avec le « + » de la pile côté cathode, il y a risque de détérioration du composant, puisque ce dernier ne supporte pas une tension inverse supérieure à  $3,5$  V. Cette valeur est à se rappeler surtout lorsqu'on

utilise la diode dans un circuit à impulsions, par exemple comme indicateur de présence de signaux rectangulaires à la sortie d'un générateur.

La figure 3 montre la courbe caractéristique moyenne d'une LED rouge avec les zones « dangereuses » : courant direct supérieur à  $50$  mA et tension inverse supérieure à  $3,5$  V. Le courant inverse de ce genre de diode est de l'ordre de plusieurs dizaines de microampères, si la tension inverse est inférieure à  $3$  V.

### Les différents modèles

Il existe de très nombreux types de diodes électroluminescentes se présentant sous la forme standard comme celle de la figure 2. Le diamètre est de  $5,75$  mm. La cathode est repérée par un mé-

plat et la connexion d'anode est généralement la plus longue. Il ne nous est pas possible d'énumérer tous les types de LED. Citons les plus usuels :

- CQY 40 (rouge)
- CQY 72 (vert)
- CQY 74 (jaune)
- CQY 38 (orange).

Connaître le numéro de type n'est pas indispensable. Dans les magasins de composants, les LED sont classées plutôt par leur couleur que par leur numéro d'application.

### Application dans les circuits logiques

Une diode LED est bien pratique pour indiquer le niveau logique dans les circuits digitaux. Nous l'avons déjà utilisée dans les circuits de comptage. Son schéma de branchement est donné figure 4. Lorsque la bascule est à l'état haut ( $Q = 1$ ), la tension sur  $Q$  est très proche de zéro, un courant traverse la diode qui devient, de ce fait, émettrice de lumière.

Rappelons qu'à la sortie d'un « totem pole », on peut brancher directement une LED verte, dont la tension directe est de l'ordre de  $2,7$  à  $2,8$  V ; la tension à l'état haut d'une telle sortie a approximativement cette valeur (fig. 5).

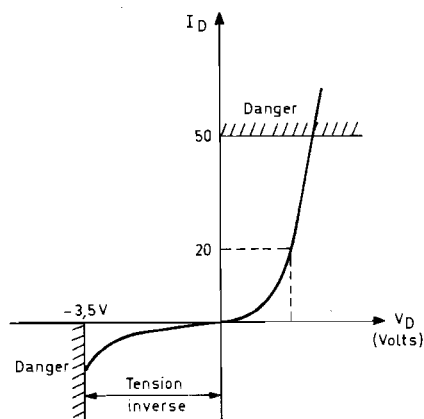


Fig. 3. - Courbe caractéristique d'une LED rouge. Ne jamais dépasser la valeur  $-3,5$  V sur l'anode, par rapport à la cathode.

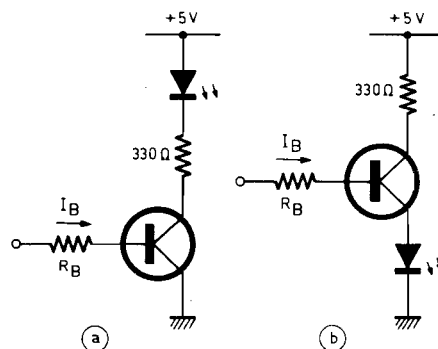


Fig. 6. - Commande d'une LED par un transistor (BC 107).

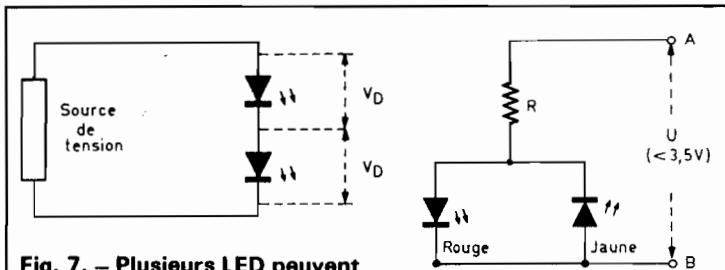


Fig. 7. — Plusieurs LED peuvent être branchées en série.

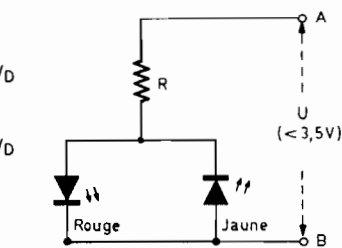


Fig. 8. — Indicateur de polarité à diodes LED.

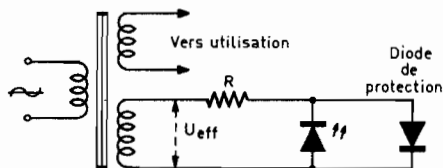


Fig. 9. — Diode LED en alternatif. Une diode de protection est indispensable.

Parfois, on ne dispose pas d'un courant de 10 mA pour allumer la LED, ou bien on ne souhaite pas trop tirer sur le circuit. Dans ce cas, on insère l'afficheur dans le circuit émetteur ou collecteur d'un transistor. Le courant de commande de l'allumage est alors égal à 10 mA divisé par le gain  $\beta$  du transistor utilisé. Si le gain est égal à 100, on doit avoir un courant de commande au moins égal à :

$$\frac{10 \text{ mA}}{\beta} \text{ ou } \frac{10 \text{ mA}}{100}$$

soit 0,1 mA. La résistance de protection est toujours présente en série avec la LED (fig. 6). On calcule  $R_B$  d'après le courant  $I_B$ , calculé ci-dessus. Outre la tension de commande, il faut tenir compte de la tension base-émetteur (0,7 V) et de la tension  $V_D$  de la diode pour le schéma (b).

Quant au calcul de la résistance de protection, on tient compte de la tension collecteur-émetteur qui est de l'ordre de 0,3 V quand le transistor (BC 107) est passant.

## Encore quelques recommandations

Il est tout à fait possible de mettre en série plusieurs LED, tout dépend du mon-

tage et de la tension d'alimentation. Une résistance de protection est pratiquement toujours indispensable. Sur le schéma de la figure 7 comportant 2 LED, la tension d'alimentation  $U$  doit être au moins égale ou supérieure à 2 fois  $V_D$ . Si  $V_D = 2$  fois, et si  $U = 4$  V, on peut à la rigueur se passer de la résistance  $R$ .

En revanche, on évite de mettre les LED en parallèle, la tension  $V_D$  étant presque toujours différente, même pour des composants du même type.

Deux LED peuvent être câblées « tête-bêche ». Mais ici aussi, on doit être attentif à ne pas dépasser la tension inverse de 3,5 V. Sur le schéma de la figure 8, c'est soit la LED rouge, soit la

jaune qui s'allume, cela dépend de la polarité de A par rapport à B.

## Visualisation d'une tension alternative

Le schéma de la figure 1 peut être transposé en alternatif, par exemple pour faire office de voyant dans un circuit purement alternatif (fig. 9).

En ce qui concerne le calcul de la résistance de protection, la formule donnée plus haut est utilisable à la seule condition de remplacer  $U$  par la tension max alternative. Dans l'exemple de la figure 9, si  $U_{\text{eff}}$ , mesurée au multimètre est 6,3 V, la tension  $u_{\text{max}}$  est égale à  $6,3 \times 1,4 = 8,8$  V  
 $R = (U - 2) \times 100$ , soit :  
 $R = (8,8 - 2) \times 100 = 680 \Omega$ .

Il ne faut pas non plus oublier de prendre en considération la tension inverse max. (3,5 V), et c'est pour ce motif qu'une diode est placée « tête-bêche » sur la LED : la tension inverse de celle-ci ne dépassera jamais la tension directe de la diode. Cette diode est du type 1N914 ou 1N4148.

## LED clignotante

Une diode électroluminescente peut aussi être utilisée en clignotant sans difficulté

et sans danger pour la diode. Celle-ci pourra être insérée dans le circuit d'un des collecteurs d'un multivibrateur à transistors.

Un autre montage, très simple, utilise deux portes NAND et un ensemble résistif-capacitif dont la constante de temps détermine la fréquence de répétition des impulsions lumineuses. Cette fréquence est donnée par la formule suivante :

$$F = \frac{0,7}{RC}$$

les unités étant le hertz, l'ohm et le farad. Pour obtenir une fréquence de répétition de 1 Hz avec une valeur  $R = 1 \text{ k}\Omega$ , les condensateurs devront avoir une valeur de plusieurs centaines de microfarads. En connectant à la sortie du NAND n° 2 une autre LED avec sa résistance de protection, on obtient deux clignotements en opposition.

Ainsi, un tel afficheur servira à visualiser la présence d'un signal carré à la sortie d'un générateur d'impulsions. Ici encore, il faut se rappeler du danger d'une tension inverse trop forte. Des impulsions comme celles dessinées sur la figure 11-a pourront sans problème être visualisées par une LED si la résistance en série est bien calculée. Si ces signaux, dont l'amplitude est de 12 V, passent à travers un condensateur de liaison, l'amplitude totale reste égale à 12 V (fig. 11-b). Cela n'empêche

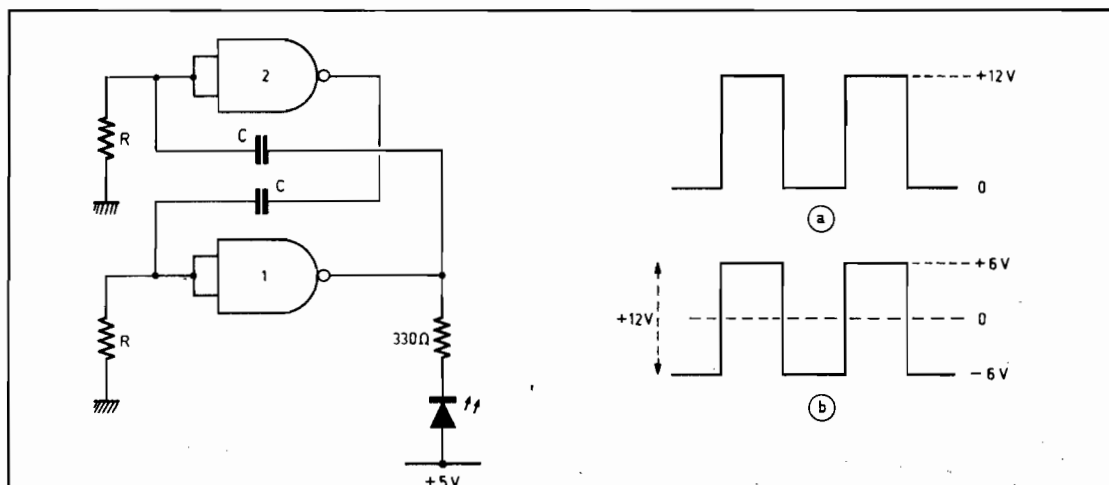


Fig. 10. — Clignotement d'une LED à une cadence dépendant des valeurs de C et de R.

Fig. 11. — Deux signaux de même amplitude crête à crête peuvent avoir un comportement différent sur les LED.

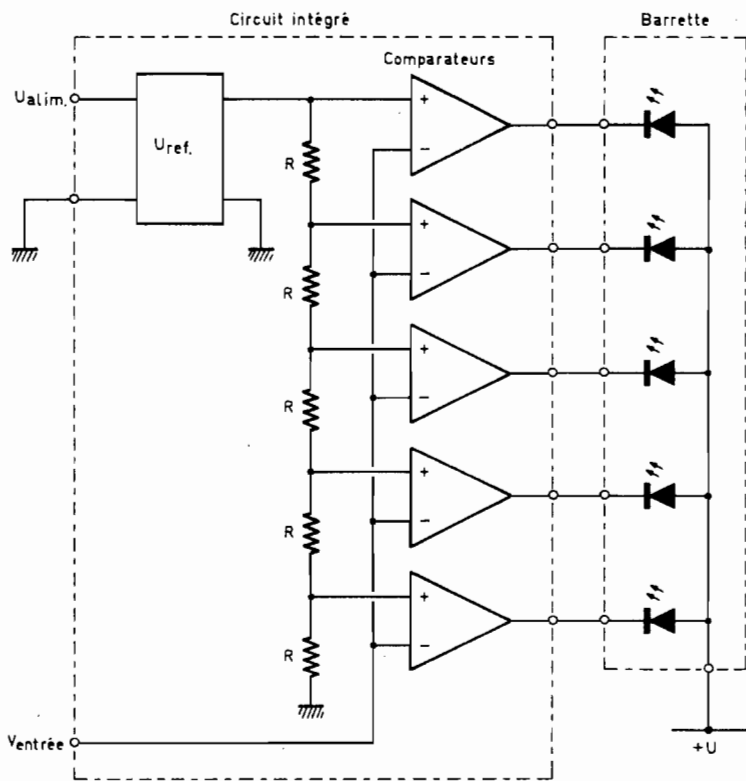


Fig. 12. — Barrette de LED commandée par un circuit intégré pour visualiser un signal analogique.

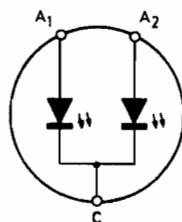


Fig. 13. — Un même boîtier peut contenir deux LED de couleurs différentes.

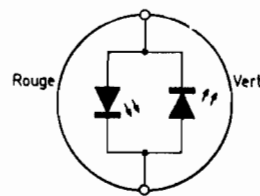


Fig. 14. — Suivant le sens du courant, c'est soit la diode verte, soit la diode rouge qui s'allume.

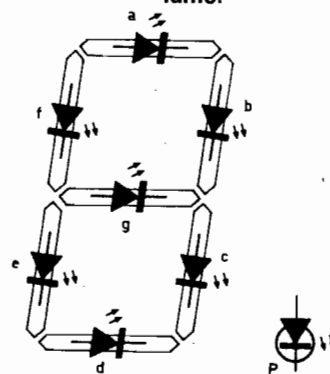


Fig. 15. — Constitution d'un afficheur 7 segments avec point décimal.

pas que les alternances négatives seront fatales à la LED, puisque la crête de ces alternances est à  $-6\text{ V}$  par rapport au potentiel de masse.

## Barrettes de diodes

Les diodes électroluminescentes peuvent être livrées en barrettes. Ces barrettes se composent de plusieurs LED à embout cassé, rectangulaire ou rond, disposées en ligne. Elles servent à réaliser des thermomètres ou remplacer l'aiguille d'un galvanomètre.

Les circuits de commande de ces dispositifs sont assez complexes, aussi existe-t-il

des circuits intégrés qui, insérés entre la tension d'amplitude variable à visualiser et la barrette, commandent soit une LED parmi plusieurs, soit un nombre plus ou moins grand de LED, suivant l'amplitude de la tension appliquée.

Les circuits intégrés les plus courants pour cette technique sont les UAA 170 et UAA 180 de Siemens. Le premier permet la commande d'une diode parmi 16, ou l'allumage progressif de 1 à 16 diodes. Le second circuit intégré peut commander 12 LED, ceci avec l'adjonction de quelques résistances. Citons également le circuit LM 3914 de National Semiconductor pouvant allumer progressivement 10 diodes,

ou encore une diode parmi 10. Nous donnons figure 12, le schéma de principe, très simplifié, de ces circuits intégrés.

Ces montages pourraient être appliqués avantageusement en automobile. L'affichage d'une diode parmi plusieurs pourrait avoir sa place dans une autoradio en remplacement de l'aiguille du cadran avec son système mécanique. Le circuit avec allumage progressif des diodes d'une barrette pourrait remplacer l'indicateur de vitesse (si celui-ci n'a pas déjà été détrôné par un afficheur 7 segments) ou encore un tel circuit pourrait être utilisé pour montrer l'état de la batterie en utilisant une combinaison de couleurs.

## Des LED un peu spéciales

Il existe des boîtiers LED, de la même dimension que les modèles courants, avec lesquels il est possible d'avoir deux couleurs différentes. En fait, ces boîtiers renferment deux LED dont les cathodes sont réunies (fig. 13). Par commutation, on a ainsi un afficheur émettant soit en rouge, soit en vert (COX31) ou soit en rouge, soit en jaune (COX32).

Un autre type bien intéressant est le MV5491 de General Instrument. Dans un boîtier standard, il contient une diode verte et une diode rouge, montées en opposi-



Fig. 16. — Représentation des symboles alphanumériques de 0 à F.

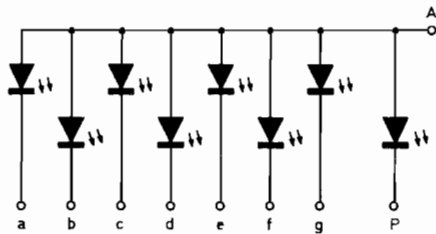


Fig. 17. - Equivalent électrique d'un afficheur 7 segments à anode commune.

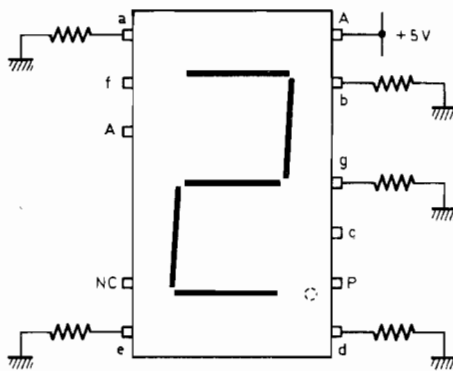


Fig. 18. - Câblage d'un 7 segments MAN 4710 A affichant un 2.

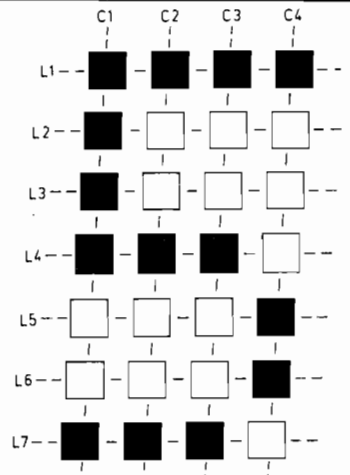


Fig. 19. - Matrice à diodes affichant le chiffre 5.

tion. Suivant le sens du courant traversant le composant, c'est soit la diode rouge ou soit la diode verte qui s'allume.

## Visualisation sur afficheur 7 segments

Comme son nom l'indique, ce composant est constitué par 7 diodes électroluminescentes dont la partie lumineuse se présente sous forme de segments désignés par les 7 premières lettres de l'alphabet. La plupart de ces afficheurs possèdent un point lumineux (P) visualisant une virgule (fig. 15). Non seulement les chiffres de 0 à 9 peuvent être représentés mais également les lettres de A à F, ce qui est pratique si on se sert du système hexadécimal, comme par exemple dans les microprocesseurs (fig. 16). Les diodes de l'afficheur ont une liaison commune de toutes les anodes (fig. 17) ou de toutes les cathodes.

Nous avons représenté figure 18 un afficheur du type MAN 4710 A affichant le chiffre 2. Les anodes (A) sont reliées au + 5 V, tandis que les sorties a, b, d, e et g sont reliées à la masse à travers des résistances de 330 Ω.

Le type mentionné émet en couleur rouge, la hauteur

du caractère est de 20,3 mm. Il existe bien sûr des 7 segments de couleur orange, verte ou jaune. Quant à la hauteur des caractères, elle peut aller de 6,8 mm à 2 cm. Les dimensions les plus courantes sont 7,6 et 12,7 mm. Le premier chiffre peut également être précédé du signe « + » ou « - ».

## Matrices à diodes

En disposant plusieurs LED en lignes, on réalise une matrice à diodes pouvant représenter des chiffres, des lettres ou divers signes. Ces afficheurs peuvent également se trouver dans le commerce comme le modèle 5082-

7300 de Hewlett-Packard qui est une petite merveille technique. Les 28 LED constituant l'afficheur sont disposées en 7 lignes et 4 colonnes (fig. 19). L'anode des 7 diodes de chaque colonne sont reliées ensemble, tandis que les 4 diodes de chaque ligne sont également unies. Ainsi, en considérant l'affichage du chiffre 5, les 4 diodes de la ligne du haut (L<sub>1</sub>) seront excitées si le point commun cathode de la ligne L<sub>1</sub> est relié à zéro volt (les autres lignes étant « en l'air ») et si le potentiel des 4 colonnes est supérieur à la tension V<sub>D</sub>. Sur la ligne L<sub>2</sub>, la première diode sera excitée si cette ligne L<sub>2</sub> est à la masse et si seulement la colonne C<sub>1</sub> est reliée à la tension positive V<sub>D</sub>, les autres colonnes ne recevant aucun potentiel. L'excitation des 28 diodes se fait séquentiellement ligne par ligne, à une vitesse telle que l'œil ne voit aucun papillotement.

Le type pris en exemple comporte un décodeur, ainsi que les transistors de commande des LED. L'attaque de l'afficheur se fait donc par 4 entrées A, B, C et D utilisant le code décimal codé en binaire (utilisation d'un compteur B, C, D ou branchement direct). Les dimensions du composant sont : 1,5 X 1 cm, c'est un afficheur de premier ordre, d'une excellente visibilité, mais qui coûte, hélas ! très cher.

J.-B.P.

FERME du 24/1 au 1/2/82

# YAC DISCOUNT

54, rue Albert (dans la cour), 75013 PARIS  
Tél. : 583.41.63 -

OUVERT : du mardi au samedi de 10 h à 13 h et de 15 h à 19 h  
Métro : Porte d'Ivry. Autobus 62, arrêt rue de Patay et 27: arrêt Oudiné

<p><b>Ampli stéréo</b> «Odysée» 2x30 W <del>799 F</del> ..... 390 F</p>	<p><b>GRAND CHOIX DE MATERIEL HIFI</b> Ampli 2x25 W, à partir de ..... 190 F Ampli «Brig» 2x60 W maxi. 6 entrées : tuner, magnéto, platine, 2 aux., 1 micro, possibilité 4 enceintes. Neuf en embal. d'origine ..... 690 F Platine TD. 33/45/78 t. Cellule diamant ..... 390 F Enceintes américaines «Polyplanar» extra minces. 25-30 W ..... 119</p>	<p><b>Ampli stéréo</b> «HSV 920», 2x15 W, 5 filtres corr. Prise casque. Entrées. Magnéto, 3 platines. Micro. Tuner. B.P. 20 à 20000 Hz. 2x15 W <del>480 F</del> ..... 225 F Les deux enceintes 2x15 W <del>240 F</del> ..... 120 F <b>PRIX DE L'ENSEMBLE .315 F</b></p>
<p><b>TELEVISEURS GRANDES MARQUES</b> 51 cm, 2<sup>e</sup> main N et B 110/220 volts. Garantie 3 mois. A PARTIR DE 450 F</p>	<p><b>GRAND CHOIX d'enceintes retour démonst. gdes marques. PRIX DISCOUNT. A voir sur place</b></p>	<p><b>EXPEDITIONS :</b> Chèque bancaire ou mandat à la commande <b>ENVOIS : Port dû</b> Liste de matériels à réviser (radio, platines, amplis, tuners etc.) contre 1,60 F en T.P. et une enveloppe timbrée portant nom et adresse.</p>
<p><b>TELECOMMANDE</b> Marche-Arrêt Convient pour tous appareils électriques ..... 69 F</p>	<p><b>RADIO POCKET PO-GO</b> Alimentation 9 V <del>38 F</del> ..... 39 F</p>	
<p><b>MONITEUR VIDEO</b> Ecran de 31cm EUMIG N et B «IM 12». Pour micro-ordinateur, surveillance, etc. EXCEPTIONNEL ..... 990 F</p>		
<p><b>EXCEPTIONNEL : Tour à métaux.</b> Fer et bois, 8 fonctions Degau, alésage, scie circulaire découpage, perçage, affutage, etc. .... 5.500 F</p>		
<p><b>ENSEMBLE CAMERA-PROJECTEUR</b> 1<sup>o</sup>) Caméra Super 8. zoom x 3. Livré avec 2 filtres. 2<sup>o</sup>) Projecteur 8 et Super 8. Neuf en emballage d'origine. EXCEPTIONNEL ..... l'ensemble <del>790 F</del> 690 F</p>	<p><b>PROJECTEUR</b> ciné sonore 16 mm optique et magnétique autom. Neuf emballage d'origine ..... <del>795 F</del> 4300 F</p>	<p><b>APPAREIL PHOTO SEMI-AUTOM.</b> TOPCON RM300 24x36 Reflex. Pause à 1/1000<sup>e</sup> sec Sensib. 25 à 1600 ASA. Cell. électronique incorp Boîtier + Object. 3.5/200 mm + 3 bagues allonges L'ensemble ..... <del>364 F</del> 1390 F</p>
<p><b>CAMERA MIXTE TERRE/MER</b> EUMIG «Nautica» étanche jusqu'à 40 m/m de prof. possib. im. par im. F1,9/9 à 30 m/m. Neuf, emballage d'origine ..... 990 F</p>		

HP 1-1-82