

Initiation à la pratique de l'électronique

LES COMPOSANTS OPTOELECTRONIQUES

LES EMETTEURS DE LUMIERE

Parmi les composants opto-électroniques, les diodes électroluminescentes sont de loin les plus utilisées. Ces diodes servent à la signalisation en indiquant la présence ou l'absence d'une tension, ou encore l'état logique d'un circuit digital. Mises bout à bout, elles sont employées comme échelle lumineuse pour les vu-mètres ou les thermomètres électroniques ; couplées avec un capteur de lumière, on réalise avec elles des barrières lumineuses, soit pour le comptage d'objets ou de personnes, soit pour la lecture de cartes perforées.

CARACTERISTIQUES DES DIODES ELECTROLUMINESCENTES

Ces diodes, appelées communément « LED », possèdent des limites d'utilisation qu'il faut bien connaître. D'abord, en ce qui concerne son bon fonctionnement, il faut savoir qu'une telle diode doit être polarisée en direct pour émettre de la lumière. Le montage de base est indiqué sur la figure 1. Un courant I_D traverse

L'optoélectronique tient une place de plus en plus grande dans le monde de l'électronique. Nous nous limitons aux composants les plus courants : diodes électroluminescentes, afficheurs sept segments, photodiodes et phototransistors.

Leur utilisation ne pose pas de problèmes majeurs, cependant quelques précautions indispensables sont à prendre.

Cet article termine cette série d'initiation. Nous espérons que les lecteurs pour qui le mot « électronique » évoquait une technique pleine de mystères sont maintenant persuadés que l'électronique n'a rien de rebutant. Ce qui compte, c'est d'abord de bien comprendre le fonctionnement des circuits de base, puis de les expérimenter. La pratique est une aide énorme pour avancer dans cette technique.

la diode, une tension positive étant appliquée côté anode. Le courant I_D ne doit pas dépasser 50 mA (valeur maximale). Avec un courant de 10 mA, la diode allumée est bien visible pour un éclairage ambiant habituel. Mais le rayonnement lumineux est encore visible si $I_D = 5$ mA ou même 3 mA.

En ce qui concerne la tension directe V_D 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 jaunes et verts, bien que la limite supérieure des diodes vertes puisse atteindre 2,8 V. Cette tension V_D varie légèrement d'un modèle à l'autre.

Un autre point important est la tension inverse qui est limitée à 3,5 V. Cette valeur, vraiment faible, est un gros risque de détérioration.

La résistance R (fig. 1) est indispensable pour la protection de la LED. Sa valeur est généralement de quelques centaines d'ohms (200 à 400)

pour une tension de quelques volts (5 V par exemple). Son calcul n'est qu'une application de la loi d'Ohm :

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

Donnons une application numérique pour une diode utilisée comme voyant lumineux d'une alimentation de 9 V. Si la LED est verte et que nous choisissons un courant I_D de 10 mA, la résistance R aura la valeur :

$$\frac{9 - 2}{0,01}, \text{ soit } 700 \Omega$$

(valeur normalisée approchant 680 Ω).

Pour vérifier le bon état d'une diode LED, il suffit, avec une pile de 4,5 V et une résistance de 220 Ω , de brancher le tout

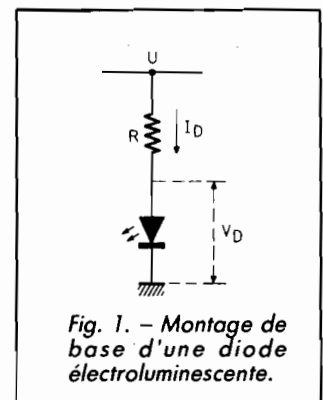
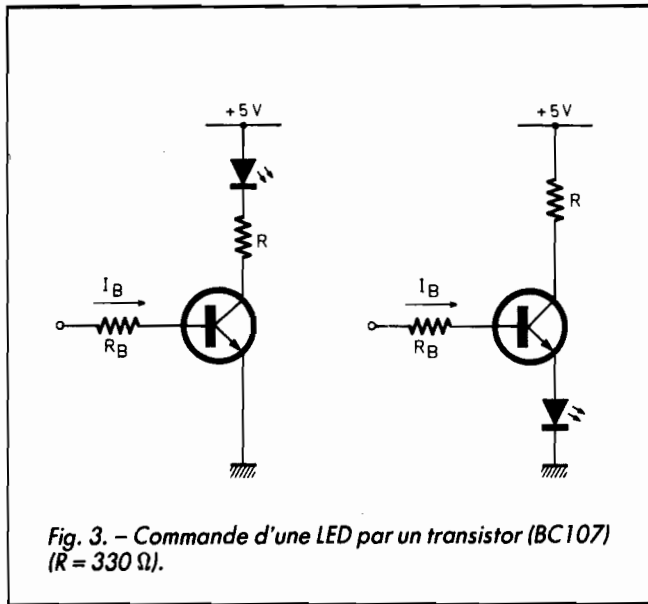
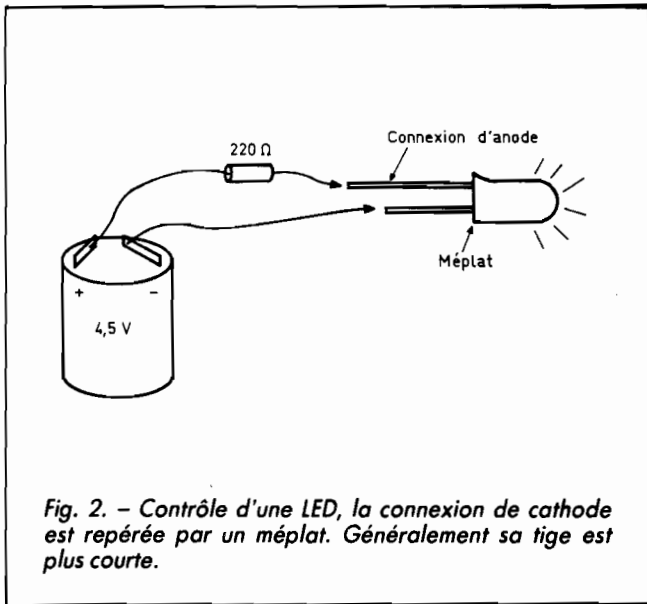


Fig. 1. - Montage de base d'une diode électroluminescente.



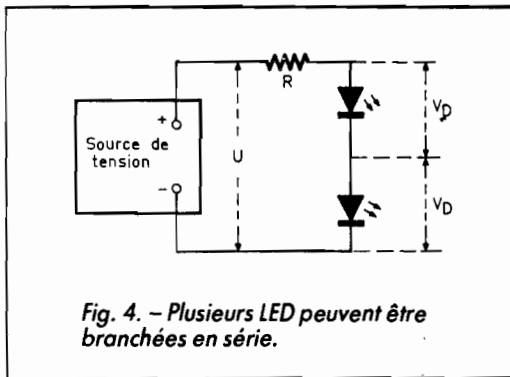
en série (fig. 2). Mais il faut surtout prendre bien garde de ne jamais mettre directement la diode (sans résistance) aux bornes de la pile.

Il reste encore à savoir comment reconnaître l'anode de la cathode. La cathode est repérée par un méplat, et la connexion d'anode est généralement la plus longue.

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, d'autres ont un diamètre de 3 mm (extrémité sphérique). L'embout lumineux peut également présenter une forme carrée, triangulaire ou rectangulaire... Il n'est pas possible d'énumérer tous les types de LED ; d'ailleurs, il n'est pas indispensable de connaître le numéro de type, ces diodes étant classées plutôt par leur couleur et leur diamètre que par leur numéro d'appellation.

CIRCUITS D'APPLICATION

Dans certains schémas, principalement de circuits logiques, la diode LED est insérée dans



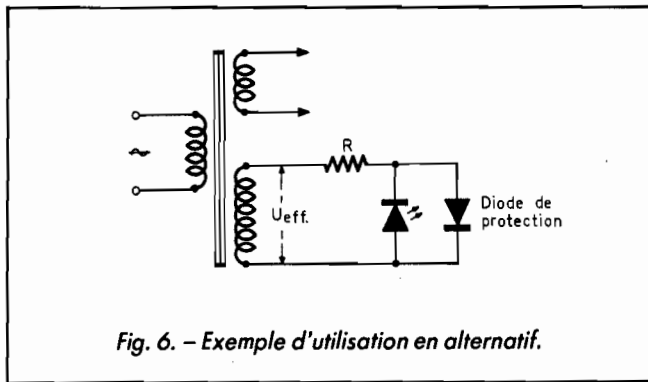
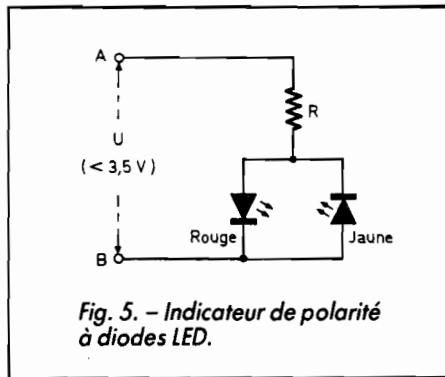
le circuit émetteur ou collecteur d'un transistor. Le courant de commande de l'allumage est alors égal à 10 mA divisé par le gain β du transistor utilisé. La résistance de protection est toujours présente en série avec la diode (fig. 3).

Il est tout à fait possible de disposer en série plusieurs LED, tout dépend du montage et de la tension d'alimentation. Sur le schéma de la figure 4 comportant deux diodes, la tension d'alimentation U doit être au moins égale ou supérieure à deux fois V_D . Si $V_D = 2\text{ V}$ et $U = 4\text{ V}$, on peut à la rigueur se passer de la résistance R.

En revanche, on évite de mettre les LED en parallèle, la ten-

sion V_D étant presque toujours différente, même pour des composants du même type. Deux LED peuvent être câblées « tête-bêche ». Dans ce cas, l'une protège l'autre, et réciproquement,

contre l'inversion de polarité. Sur le schéma de la figure 5, c'est soit la LED rouge, soit la jaune qui s'allume, cela dépend de la polarité de A par rapport à B.



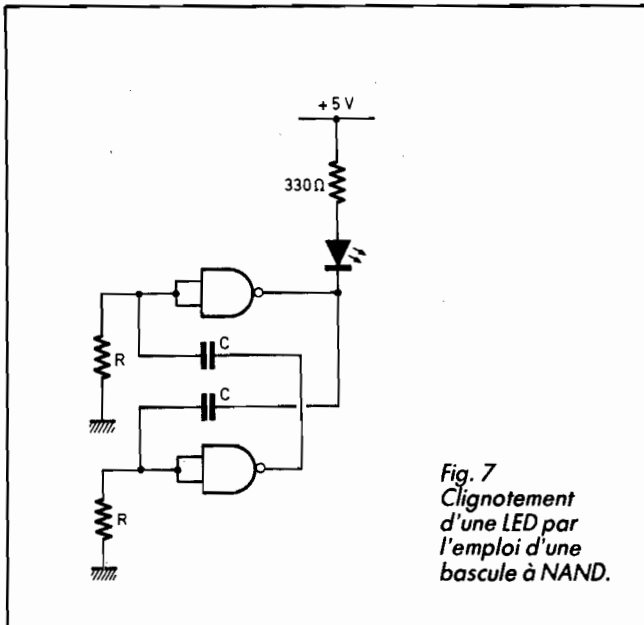


Fig. 7
Clignotement
d'une LED par
l'emploi d'une
bascule à NAND.

VISUALISATION D'UNE TENSION ALTERNATIVE

Une diode LED peut faire office de voyant dans un circuit purement alternatif. Pour le calcul de la résistance, la formule donnée plus haut est utilisable à la seule condition de remplacer U par la tension maximale alternative. Ainsi, sur le schéma de la figure 6 où U_{eff} , mesurée au multimètre, est de 6,3 V, la tension U_{max} est : $6,3 \times 1,414$, soit 8,8 V, la résistance R a pour valeur :

$$\frac{8,8 - 2}{0,01} = 680 \Omega.$$

Afin de protéger la diode LED dont la tension inverse max, est relativement faible (3,5 V), une diode ordinaire (1N4148) est disposée « tête-bêche ».

QUELQUES SCHEMAS

Une diode électroluminescente peut également être utilisée comme clignotant sans danger pour la diode. Celle-ci

peut être insérée dans l'un des collecteurs d'un multivibrateur à transistor.

Un autre montage de clignotant utilise deux portes NAND et un ensemble résistif-capacitif dont la fréquence détermine la fréquence de répétition des impulsions lumineuses ($F = 0,7/RC$, les unités étant l'hertz, l'ohm et le farad). Pour une fréquence proche de 1 Hz et avec des résistances de 1 kΩ, les condensateurs auront quelques centaines de microfarads (fig. 7).

L'afficheur étant inséré dans un circuit où les signaux sont des impulsions, on pensera au danger d'une tension inverse trop forte. Des impulsions comme celles dessinées sur la figure 8(a) pourront sans problème être visualisées par une LED si la résistance série est bien calculée. En effet, l'amplitude des impulsions varie entre 0 et une tension positive. En revanche, si ces mêmes signaux traversent un condensateur, les alternances négatives (fig. 8 (b)) seront fatales à la diode, puisqu'elles dépassent en valeur celle de la tension inverse admissible. Les diodes LED sont souvent employées comme indicateur

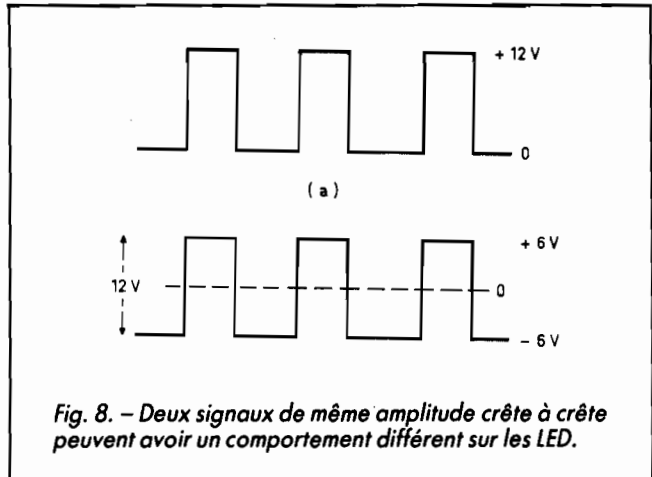


Fig. 8. - Deux signaux de même amplitude crête à crête peuvent avoir un comportement différent sur les LED.

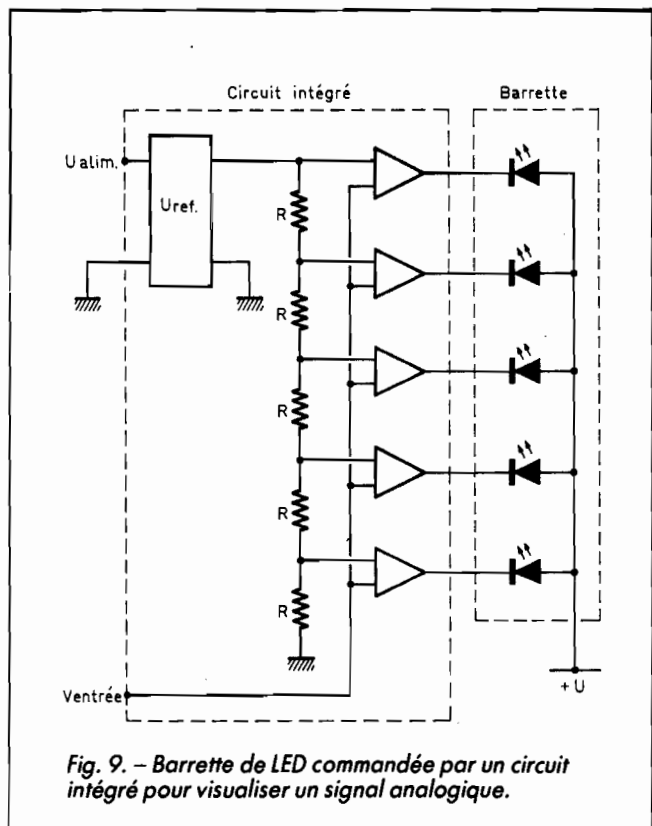


Fig. 9. - Barrette de LED commandée par un circuit intégré pour visualiser un signal analogique.

de niveau. On utilise pour cela un amplificateur opérationnel (voir le schéma de base dans notre précédent article sur les amplificateurs opérationnels). Des barrettes de diodes, composées de plusieurs LED disposées en ligne, servent à réaliser des thermomètres ou

à remplacer l'aiguille d'un galvanomètre. Le circuit de commande de ces dispositifs est assez complexe, il existe des circuits intégrés spéciaux pour la commande. Nous donnons sur la figure 9 le schéma de principe très simplifié de ces circuits intégrés.

AFFICHEUR SEPT SEGMENTS

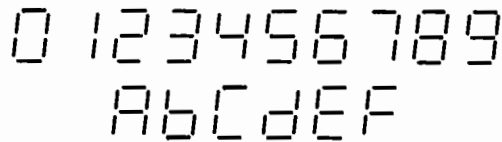
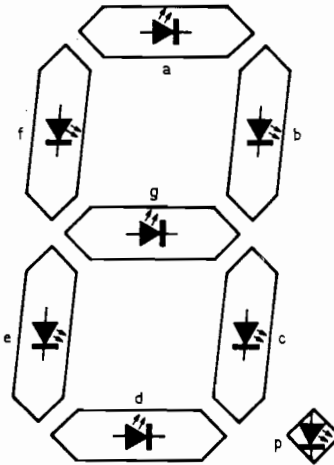
Il est constitué de 7 diodes LED se présentant sous forme de segments (fig. 10) désignés par les sept premières lettres de l'alphabet. La plupart de ces afficheurs possèdent un point lumineux (P) représentant la virgule. Suivant l'excitation des diodes, les chiffres de 0 à 9 peuvent être représentés, ainsi que les A à F, utilisées pour le système hexadécimal (les lettres « b » et « d » sont alors représentées en minuscules).

Les diodes constituant l'afficheur ont une liaison commune soit de toutes les anodes (fig. 11), soit de toutes les cathodes.

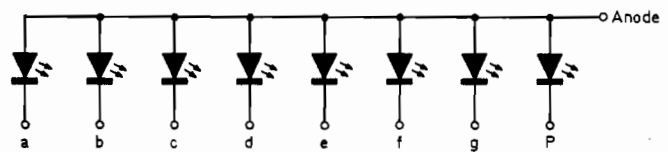
Sur la figure 12 est représentée un afficheur sept segments affichant un « 3 » (type MAN 4710A, émettant en couleur rouge, hauteur du caractère : 20,3 mm). Pour certains modèles, le chiffre est précédé du signe « + » ou « - ». En pratique, les afficheurs sept segments sont commandés par un décodeur.

MATRICE A DIODES

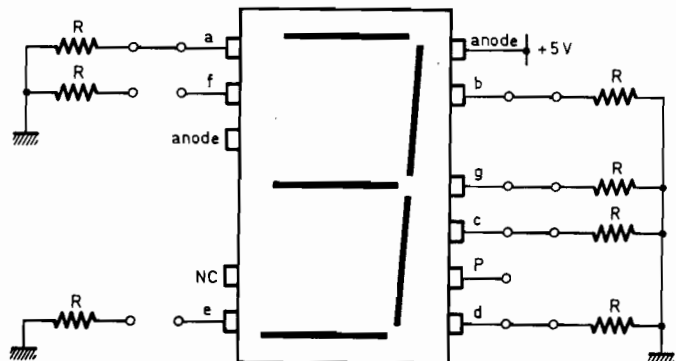
Ce type d'afficheur comporte un plus grand nombre de diodes. Celles-ci, disposées en ligne, représentent, avec davantage de précision en ce qui concerne la forme, des chiffres, des lettres et des signes divers. La figure 13 représente une matrice à diodes composée de 28 LED disposées en 7 lignes de 4 colonnes. Les anodes des sept diodes de chaque colonne sont reliées ensemble, tandis que les quatre diodes de chaque ligne sont également réunies. Pour ce modèle, un décodeur à quatre sorties pour les colonnes et sept sorties pour les lignes est nécessaire.



*Fig. 10
Constitution
d'un afficheur
7 segments et
représentation
des symboles
alphanumériques.*



*Fig. 11
Représentation
électrique d'un
afficheur 7 seg-
ments à anode
commune avec
point décimal.*



*Fig. 12
Câblage d'un
7 segments
affichant un trois
(R = 330 Ω).*

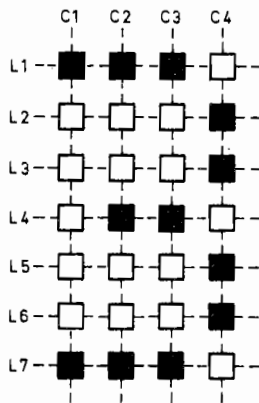


Fig. 13
Matrice à diodes
affichant un trois.

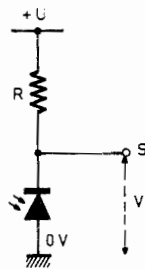


Fig. 14
La photodiode
doit être polarisée
en inverse.

LES CAPTEURS DE LUMIERE

Lorsqu'une diode jonction est bloquée par une tension inverse, cette diode est quand même traversée par un courant « de fuite » très faible, mais qui augmente beaucoup avec la température. La lumière a également la propriété de libérer des électrons, et c'est pour cette raison que les diodes jonction et les transistors sont encapsulés dans un boîtier opaque. Cet inconvénient se transforme en avantage quand il s'agit d'optoélectronique.

Les photodiodes sont de simples diodes semi-conductrices dont le boîtier est pourvu d'une fenêtre, souvent avec une lentille, à travers laquelle le rayon lumineux vient frapper la jonction et libérer les électrons. Les électrons libérés sont attirés par la polarité positive de la source d'alimentation, d'où apparition

d'un courant électrique dans le circuit extérieur. Plus la lumière reçue est intense, plus le courant sera élevé. Si aucune lumière n'apparaît sur la photodiode, un courant de fuite circule quand même à travers la diode, c'est le « courant d'obscurité ».

Une photodiode est symbolisée par une diode et deux flèches pointées vers elle (fig. 14).

LES PHOTO-TRANSISTORS

Si la lumière est appliquée sur la jonction base-collecteur, polarisée en inverse, d'un transistor, le courant I_{CBO} augmente. Et puisqu'il traverse la jonction base-émetteur du transistor, il est multiplié par le gain de courant β de ce phototransistor.

Un phototransistor est schématisé par un transistor et

deux flèches pointées vers lui. Les modèles peuvent être avec ou sans connexion de base.

Bien que le courant provenant d'un phototransistor soit plus élevé que celui d'une photodiode, la variation n'est pas suffisante pour actionner un relais ou un moteur.

Un schéma analogue à celui utilisé pour la photodiode sera employé avec un phototransistor. La résistance R , dans le circuit collecteur, doit être assez élevée (plusieurs mégohms). Pour cette raison, cet ensemble est suivi d'un étage collecteur commun afin de présenter une impédance élevée et de ne pas trop court-circuiter le capteur

(fig. 15). Une autre façon de brancher l'élément photosensible est de l'insérer entre base et collecteur d'un transistor (fig. 16). Le montage donne de bons résultats en tout ou rien.

LES PHOTO-RESISTANCES

Ce sont des résistances dont la valeur ohmique varie suivant l'éclaircissement. Elles ont une forme plutôt aplatie afin de présenter une surface la plus grande possible et capter ainsi davantage de lumière. La partie résistive, à base de sulfure de cadmium, a la forme d'un créneau.

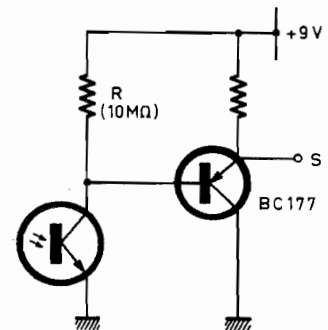


Fig. 15
Phototransistor
suivi d'un étage
collecteur commun
PNP.

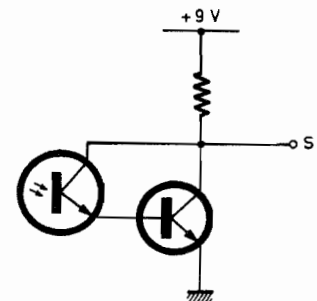
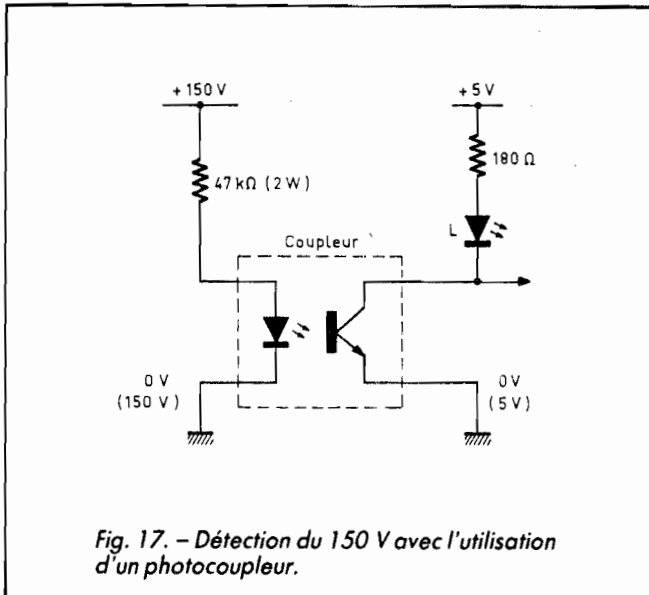


Fig. 16
Deuxième
possibilité de
branchement
d'un phototransistor.



Elles sont représentées symboliquement par une résistance vers laquelle se dirigent deux flèches.

LES CELLULES PHOTO-VOLTAÏQUES

Nous venons de décrire des dispositifs dans lesquels la lumière commande un courant venant d'une source de tension. Dans certaines applications, le fait d'employer une source est un inconvénient. Il existe heureusement les cellules photovoltaïques dans lesquelles la lumière fournit une tension continue. C'est avec de telles diodes qu'il est possible d'obtenir une énergie solaire.

Ces cellules sont schématisées par une pile électrique vers laquelle pointent deux flèches.

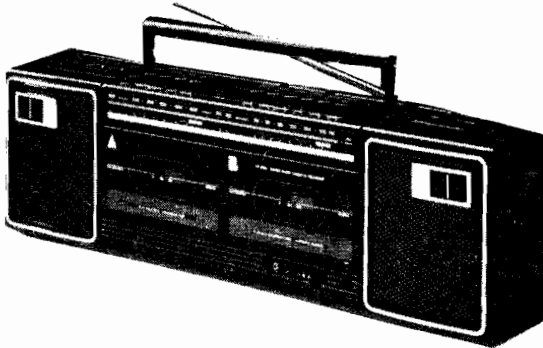
J.-B.P.

LES COUPLEURS OPTO-ELECTRONIQUES

Ce sont des composants émetteurs-récepteurs destinés à des circuits d'isolation électrique. Une LED, généralement infrarouge, se trouve dans le même boîtier plastique qu'un phototransistor. La figure 17 nous donne un exemple de son utilisation : détection de la présence de 150 V dans un circuit haute tension. Lorsque le 150 V est présent, la diode LED « L » est allumée.

BLOC NOTES

L'ETE EN BANDE DOUBLE



Portable, alimenté sur piles ou secteur, c'est le TR-1886 de Radiola. Ce radio double cassette propose la lecture continue des deux cassettes et la copie rapide d'une cassette sur l'autre. Son tuner reçoit trois gammes

d'ondes, PO-GO-MF, et son amplificateur délivre 2×4 W à quatre haut-parleurs.

Distributeur : Radiola, 2, rue Benoît-Malon, BP 307, 92156 Suresnes Cedex. Tél. : (1) 47.28.11.60.

TRACEUR CAO

Philips complète sa gamme de traceurs numériques avec un modèle A3/A4, particulièrement adapté aux utilisations « graphiques affaires », mais également certaines applications de « CAO » orientées autour d'un compatible PC ou autres calculateurs. Le PM 8155 offre une prestation polyvalente en graphiques de gestion, tout comme en dessins d'étude : le choix de

huit couleurs programmables permettant de produire des graphiques sur transparents (rétroprojection) ou sur papier. Disponible en option un dispositif d'alimentation en feuilles format A4.

Distributeur : Compagnie Française Philips, 1 à 5, rue de Paris, 93002 Bobigny.

