

# LES CAPTEURS optoelectroniques

**U**NE bonne façon de faire connaissance avec les capteurs optoelectroniques est de réaliser soi-même une barrière lumineuse.

Les problèmes rencontrés sont nombreux : choix du capteur suivant la distance, la puissance et la nature de la source de lumière (visible ou infrarouge). La variation électrique obtenue est amplifiée par un transistor suivi d'un circuit d'utilisation qui peut comprendre un trigger de Schmitt, si on désire une signalisation ne durant que le temps de coupure du faisceau lumineux, ou bien une bascule pour une alarme continue, ou encore un temporisateur.

La signalisation proposée est l'allumage d'une diode électroluminescente. Elle peut être remplacée par une lampe plus puissante ou un avertisseur sonore commandé par un transistor de commutation.

La mise au point du montage ne pose pas de problème puisqu'elle ne nécessite qu'un contrôleur universel pour les mesures de résistance et de tension.

## Composition du circuit

Il faut non seulement considérer le composant optoelectronique mais aussi ses circuits annexes qui sont : la source de lumière, le transistor amplificateur et le circuit d'utilisation (fig. 1).

La source lumineuse peut être une petite ampoule comme celles employées dans les lampes de poche, elle sera de préférence du

type « miniloupe », l'ampoule étant munie d'une lentille. On peut également utiliser une diode électroluminescente. Certains modèles spéciaux fournissent une lumière beaucoup plus intense, mais elles consomment aussi beaucoup plus de courant (200 mA au lieu de 20 mA), ce qui n'est quand même pas exagéré si on fait la comparaison avec les ampoules à incandescence basse tension.

Quel que soit le type de générateur de lumière, celui-

ci devra être bien dans l'axe du capteur afin de profiter du maximum de sensibilité. La distance entre source lumineuse et capteur pourra aller jusqu'à deux mètres environ sans nécessiter de dispositifs optiques.

## Choix du capteur

Quel composant allons-nous choisir comme capteur ?

La photorésistance possède de grandes qualités. Elle a pour avantage d'être économique et très sensible. En plus, elle n'a pas de polarité comme les capteurs semiconducteurs. En revanche, sa limite en fréquence est assez basse (quelques kilohertz), ce

qui a son importance si on désire l'utiliser pour la télécommande. Nous avons sélectionné un modèle très courant, la LDRO3/ORP12, photorésistance au sulfure de cadmium, d'une sensibilité allant du vert au rouge, en enrobage plastique, de 8 mm de diamètre. La puissance maximale à ne pas dépasser est 200 mW.

Quant à la photodiode, sa sensibilité est encore plus grande (surtout au rouge et à l'infrarouge) mais, comme son diamètre est petit, sa surface utile (recevant le rayonnement lumineux) est faible, réduisant ainsi la sensibilité utilisable. De ce fait, elle semble moins intéressante pour l'amateur électronique, et est plutôt réservée au domaine professionnel

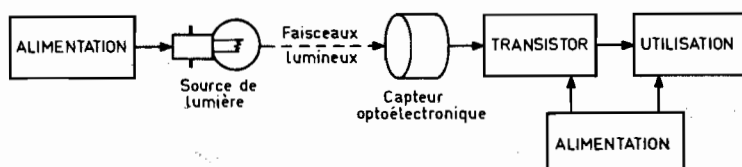


Fig. 1. — Composition d'une barrière lumineuse.

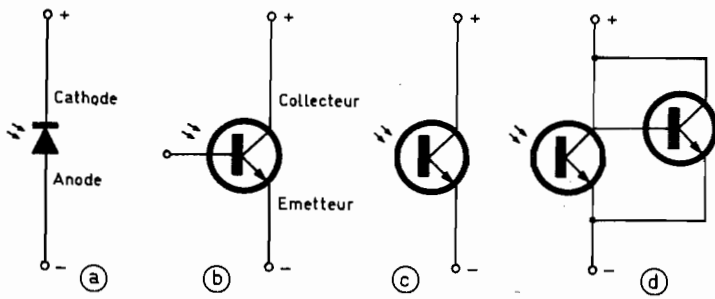


Fig. 2. - Photodiode (a). Phototransistor avec ou sans connexion de base (b et c). Photodarlington (d).

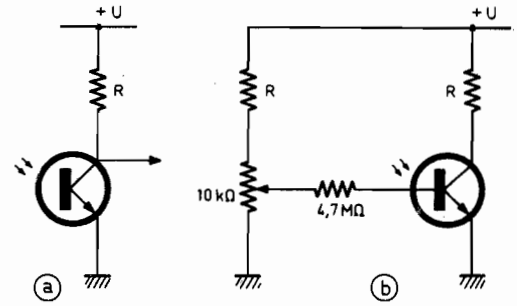


Fig. 3. - Deux capteurs utilisant un phototransistor ( $R = 1 \text{ M}\Omega$ ).

comme, par exemple pour la lecture de cartes perforées. La photodiode a comme avantage d'avoir une bonne réponse en fréquence (plusieurs mégahertz). Autre point positif : le rapport entre la radiation reçue et le courant de sortie est linéaire, ce qui est avantageux pour la réalisation d'un posemètre.

Sur ce dernier point de linéarité, la photodiode est supérieure au phototransistor. En effet, le couplage d'une photodiode avec un phototransistor augmente la sensibilité, mais comme le gain d'un transistor est très dépendant de son courant collecteur, la déviation de l'aiguille du galvanomètre ne suit pas linéairement la variation de lumière incidente.

En ajoutant un deuxième transistor (montage Darlington) la sensibilité est encore meilleure et la linéarité diminue encore (fig. 2).

La figure 3 nous montre deux montages utilisant un phototransistor. Le circuit

avec le modèle muni d'une connexion de cathode permet un réglage précis de la sensibilité du montage.

### Le schéma

Nous utiliserons donc une photorésistance pour réaliser la barrière lumineuse. Le composant photosensible est inséré dans un pont. La variation de lumière reçue, entraîne un changement de résistance de composant, d'où une variation de tension entre le point commun des résistances et la masse. Ce point du circuit est relié à la base d'un transistor amplificateur monté en émetteur commun.

Deux schémas sont alors réalisables (fig. 4). Dans le premier, la photorésistance est située à l'entrée du transistor (entre base et émetteur). Ce montage a contre lui le fait que le transistor est mal adapté à la photorésistance. Lorsque la lumière est reçue sur le composant opto, sa résistance diminue et court-circuite, en partie, l'en-

trée du transistor. On peut remédier à cela, en plaçant une résistance  $r$ , entre le point commun du pont et la base.

Adoptons plutôt le deuxième schéma, dans lequel, la photorésistance est insérée entre  $+U$  et la base du transistor.

### Le transistor fonctionne en commutation

Le transistor peut être comparé à un commutateur avec ses deux états : ouvert, fermé. On dit aussi qu'il fonctionne en « tout ou rien ».

Sa tension de sortie a alors deux valeurs possibles : soit  $U$  (la tension d'alimentation), soit zéro volt. La figure 5 nous montre le schéma équivalent du transistor lorsque  $V_{\text{sortie}} = U$ . On néglige dans ce cas le courant de fuite du transistor, d'ailleurs très faible (quelques microampères). Si ce courant était important, une chute de

tension apparaîtrait aux bornes de la résistance  $R_c$  et réduirait la tension en sortie qui deviendrait :

$$V_s = U - R_c \cdot I_{\text{fuite}}$$

Pour obtenir ce premier état, il suffit que la tension à l'entrée du transistor (entre base et émetteur), soit nulle ou très faible, mais néanmoins inférieure à  $0,7 \text{ V}$  pour un transistor au silicium. Il en résulte, dans le circuit de base, un courant  $I_b$  nul ou pratiquement nul.

La figure suivante nous montre le deuxième cas, dans lequel la tension de sortie est égale à zéro. On néglige ici la chute de tension résiduelle, très faible entre collecteur et émetteur du transistor passant. Dans cet état, le courant collecteur est maximal ( $I_{c_{\text{max}}}$ ), il est sensiblement égal à  $U/R_c$ . Ceci est obtenu par la commande de la base : il faut que cette base reçoive un courant  $I_b$  qui, multiplié par le gain du transistor, soit justement égal à cette valeur  $I_{c_{\text{max}}}$ .

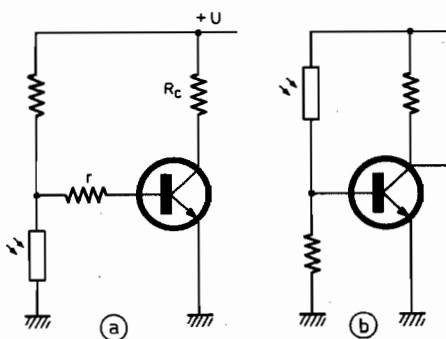


Fig. 4. - Deux schémas utilisant une photorésistance.

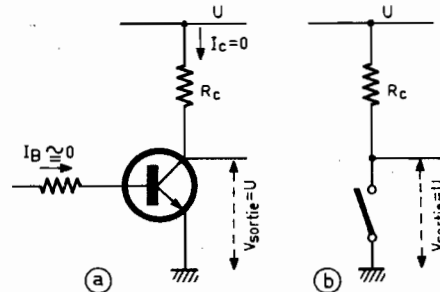


Fig. 5. - Transistor fonctionnant en commutation (a) et son schéma équivalent (b). Ici le transistor est bloqué. Sa tension de sortie est égale à la tension d'alimentation  $U$ .

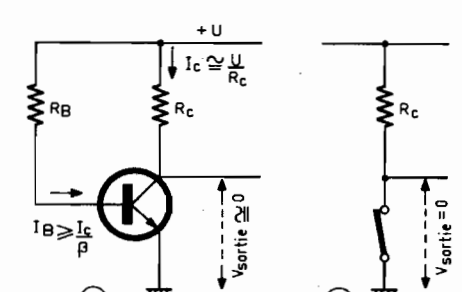


Fig. 6. - Le transistor (a) est saturé, il est équivalent à un interrupteur fermé (b).

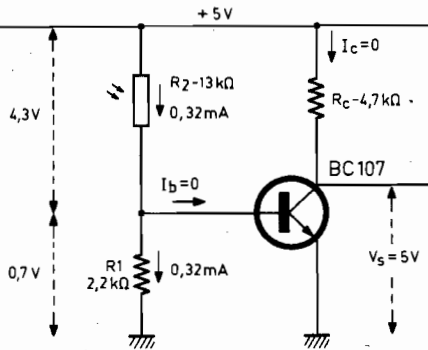


Fig. 7. — Il n'y a pas de lumière incidente, la valeur ohmique de la photorésistance est de 13 kΩ,  $I_b = 0$  et  $V_s = 5$  V.

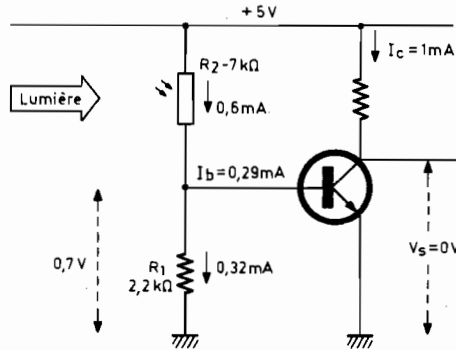


Fig. 8. — La lumière incidente a pour effet de diminuer la valeur ohmique de  $R_2$ . Le courant reste inchangé dans  $R_1$ . L'excédent de courant passe par l'espace base-émetteur.

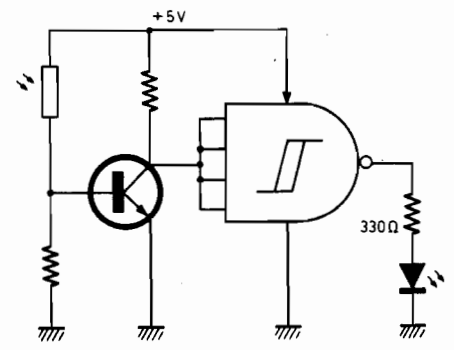


Fig. 9. — Le transistor commande un trigger de Schmitt qui bascule seulement pendant la coupure du faisceau lumineux.

## Détermination de la valeur des composants

Donnons maintenant des valeurs à  $U$  et à  $R_c$ . La valeur de la tension d'alimentation  $U$  est au choix de l'utilisateur. Elle peut être de 9 V (2 piles de 4,5 V en série), ou elle sera de préférence de + 5 V si on utilise à la suite du transistor, des circuits intégrés TTL (Bascule ou Trigger de Schmitt). Le transistor (ici un NPN) est du type BC107, et on peut choisir une résistance  $R_c$  égale à 4,7 kΩ.

Lorsque le transistor est passant, son courant  $I_{c_{max}}$  est égal à  $U/R_c$ , soit ici  $5\text{ V}/4,7\text{ k}\Omega$ , c'est-à-dire sensiblement égal à 1 mA. Quant au gain du transistor, il varie d'un modèle à l'autre. Prenons le cas le plus défavorable ( $\beta = 50$ ), le courant  $I_b$  doit être au moins égal à  $I_{c_{max}}/\beta$ , soit :

$$\frac{1\text{ mA}}{50} = 20\ \mu\text{A}.$$

Pour tirer une conclusion de ce que nous venons de dire, retenons que nous devons avoir les deux états suivants :

1 - Photorésistance non excitée (coupure du faisceau lumineux), sa résistance ( $R_2$ ) est élevée. Le courant de base est pratiquement nul et la tension à la sortie du transistor est égale à + 5 V.

2 - Photorésistance excitée, sa valeur ohmique diminue d'où accroissement du courant dans le pont. Le cou-

rant de base est égal ou supérieur à 20  $\mu\text{A}$ , rendant le transistor passant. La tension de sortie du transistor est égale à 0 V.

## Calcul du circuit de polarisation

Les deux valeurs ohmiques de la photorésistance sont mesurées à l'ohmmètre avec et sans éclairage, dans les conditions d'emploi. Mettons que ces deux quantités soient respectivement 7 kΩ et 13 kΩ. Ainsi, lorsque la source de lumière est masquée par le passage d'un objet ou d'un passant, le courant qui traverse la photorésistance  $R_2$  est :

$$\frac{4,3\text{ V}}{13\text{ k}\Omega} = 0,32\text{ mA}$$

La tension de 4,3 V est

celle qui apparaît aux bornes de  $R_2$ . Cette tension est égale à la tension d'alimentation  $U$ , moins la chute de tension aux bornes de  $R_1$ , celle-ci étant en parallèle sur la jonction base-émetteur du transistor au silicium. Ce courant de 0,32 mA traverse la résistance  $R_1$ . La valeur de cette dernière est alors égale à :

$$\frac{0,7\text{ V}}{0,32\text{ mA}} = 2,2\text{ k}\Omega\text{ (fig. 7)}$$

La photorésistance est éclairée, son courant passe à 0,61 mA ( $4,3\text{ V}/7\text{ k}\Omega$ ) ;  $R_1$  étant toujours traversé par 0,32 mA, puisque la tension à ses bornes est toujours de 0,7 V. L'excédent de courant provenant de  $R_1$  passe par la base. Cette intensité  $I_b$  est égale à :  $0,61 - 0,32\text{ mA}$  soit 0,29 mA. Elle est suffisante pour saturer le transistor (fig. 8).

Un potentiomètre, monté

en résistance variable, en série avec la photorésistance permet un réglage plus précis du seuil de déclenchement (voir montage sur la fig. 10).

## Circuit d'utilisation

L'étage à transistor, précédemment défini, déclenche un montage dont l'effet visuel ou sonore indique une coupure du faisceau lumineux.

Ce circuit d'utilisation peut être un trigger de Schmitt, lui-même commandant l'allumage d'une diode électroluminescente. Si telle est la solution retenue, ce signal lumineux ne durera que le temps de la coupure du faisceau lumineux. Les triggers ne manquent pas dans le catalogue TTL : Le SN7414N comportant six triggers inverseurs, le SN7413N (deux triggers NAND), le SN74132N... Voir figure 9 le schéma de montage.

Si on souhaite un déclenchement d'un système qui ne s'arrête qu'en appuyant sur un bouton, on remplacera le trigger de Schmitt par une bascule RS intégrée (SN74119N) ou encore une bascule JK (SN7476N entre autres) commandée par les entrées S et R, les points J et K étant reliés au niveau logique « haut » (+ 5 V).

Plus simplement, le basculement sera réalisé par deux portes NAND, câblées comme sur la figure 11. La photorésistance  $R_2$  recevant

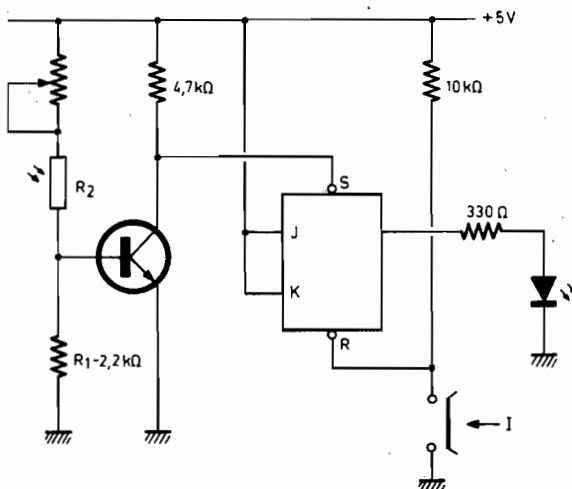


Fig. 10. — Commande d'une bascule réarmée par le bouton-poussoir I.

## Récepteurs Turbo RX 307 Sisex

La musique autour des oreilles s'est répandue avec la mode des walkmen et des produits copiés sur l'original japonais. Le magnétophone du début s'est doté d'une radio et éventuellement d'un enregistreur.

Les prix ont grimpé, avec la complexité.

Aujourd'hui, on assiste à une autre montée, celle des récepteurs seuls; nous avons déjà parlé d'un récepteur stéréophonique d'Aston, et, aujourd'hui, c'est un autre produit que nous avons eu entre les mains.

Le Turbo RX307 de Sisex n'est pas fabriqué en Extrême-Orient comme beaucoup d'autres mais en Italie, ce qui prouve que l'on peut aussi construire en Europe.

Sisex présente deux récepteurs Turbo qui se distinguent physiquement par la présence d'une étiquette sur laquelle on lira soit AM-FM soit GO-FM.

La version avec les grandes ondes est prévue pour la France, celle avec les ondes moyennes pour d'autres pays.

L'amateur d'informations et de musique trouvera dans ces récepteurs le moyen de se promener avec sa station préférée.

Bien entendu, ces récepteurs sont vendus avec leur casque, un casque stéréophonique bien sûr, terminé par une prise jack stéréo de 3,5 mm, ce qui permettra de disposer d'un second casque pour son magnétophone stéréophonique.

Ces récepteurs sont monophoniques bien que le casque puisse faire penser à la stéréo.

Les récepteurs sont alimentés sous une tension de 9 V, tension que délivrera une pile classique. Une pile alcaline assurera approximativement une trentaine d'heures d'autonomie.

L'accord est confié à une petite molette latérale, cette molette donne un accord relativement pointu en MF, cet accord dépendra également de la proximité de l'émetteur, compte tenu de la présence d'un circuit de CAF qui sera plus virulent en présence d'une émission puissante. Par contre, l'accord en grandes ondes est simplifié par le faible nombre de stations sur les 180° du cadran.

Le cadre ferrite est disposé le long d'un petit côté de la face,



par conséquent il sera bien orienté pour la réception lorsque l'appareil sera placé dans une poche.

Une agrafe de matière plastique permet de le tenir dans une poche ou à la ceinture.

La sélection de la gamme d'onde se fait par un commutateur pas très facile d'accès lorsque le jack est dans son embase.

L'appareil est construit, comme on pouvait s'en douter, autour d'un TDA 1220 A de SGS, ce circuit est un récepteur MA/MF capable de fonctionner sous une tension d'alimentation réduite en consommant peu d'énergie. Dommage que l'alimentation soit en 9 V avec deux ou trois éléments de 1,5 V, on aurait pu bénéficier d'une écoute plus économique.

L'amplificateur de sortie (monophonique) est aussi signé SGS, il occupe un circuit à 8 pattes. Quelques transistors viennent constituer la tête de réception MF. L'antenne MF est bien entendu constituée par le câble du casque qui assurera une polarisation verticale de l'antenne.

La fabrication est de grande série.

Les deux appareils bénéficient d'une bonne sensibilité, aussi bien en MA qu'en MF, nous avons pu capter une quinzaine de stations en petites ondes, alors qu'un récepteur MA intégré à un tuner Hi-Fi et équipé d'un cadre plus long ne nous en donnait que 6.

La puissance sonore est confortable et la qualité satisfaisante, voilà donc un poste qui s'adresse à ceux qui ne peuvent se passer de leur radio ou qui aiment simplement avoir leur bulletin d'informations à la portée de l'oreille.

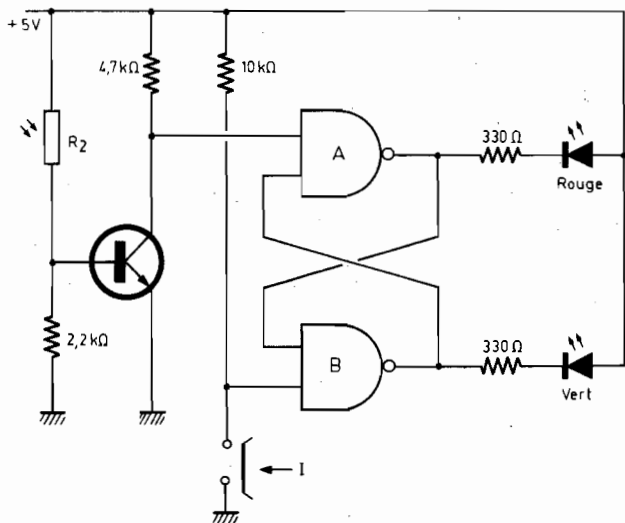


Fig. 11. - Le basculement se fait par deux portes NAND câblées en bascule RS.

le faisceau de lumière, le transistor est passant, la tension sur son collecteur est nulle (zéro logique), elle commande la bascule de telle sorte que la sortie de la porte A est un « un » logique, la diode électroluminescente rouge est éteinte vu que ses deux électrodes sont au même potentiel (+ 5 V). La deuxième porte (B) a sa sortie au potentiel de la masse, d'où allumage de la LED verte.

Au passage d'un intrus, la coupure du faisceau débloque le transistor, la tension sur son collecteur passe brusquement à + 5 V puis retombe à zéro. Tout se passe comme si on avait appliqué une impulsion positive sur l'entrée de A. Cette brusque variation suffit à faire basculer le montage qui restera dans cet état. La tension à la sortie de la porte A passe à 0 V, entraînant l'allumage de la diode rouge, tandis que la verte s'éteint.

Pour remettre la bascule dans son état initial il suffit d'appuyer une fraction de seconde sur l'interrupteur de réarmement (I), le montage étant prêt pour la prochaine détection.

## Barrière infrarouge

Le faisceau lumineux est rendu invisible par l'utilisation de composants infrarouge. La

source de lumière est composée d'une LED infrarouge, comme la CQY99. Son courant direct doit être de l'ordre de 100 mA, la valeur limite à ne pas dépasser est 150 mA.

L'œil humain ne pouvant pas voir ce rayonnement, l'allumage de la diode est constaté par la mesure de la tension directe à ses bornes. Elle doit être de l'ordre de 1,4 V.

Bien que la photorésistance ait une bonne sensibilité pour le rouge et l'infrarouge, on peut utiliser une photodiode infrarouge (BPW34) dans le circuit de base du transistor à la place de R<sub>2</sub>, sans oublier que cette diode doit être montée de telle sorte qu'elle soit bloquée (cathode côté + 5 V).

## Circuits intégrés

Nous n'avons pas reproduit les schémas de brochage des circuits intégrés. Nous prions les lecteurs de se reporter aux numéros suivants du Haut-Parleur : 1667 pour les triggers de Schmitt, 1666 pour les bascules et 1662 pour les portes NAND.

J.-B. P.