

électronique

elet

n° 5
novembre 1988
146 FB/7,80 FS
mensuel



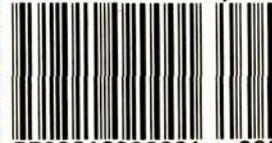
le transistor les semi-conducteurs

explorez l'électronique

dans ce numéro:

- Initiation à la logique numérique
- alimentation de laboratoire
- traceur de courbes pour transistors
- testeur de diodes Z, de triacs et de thyristors
- amplificateur de poche

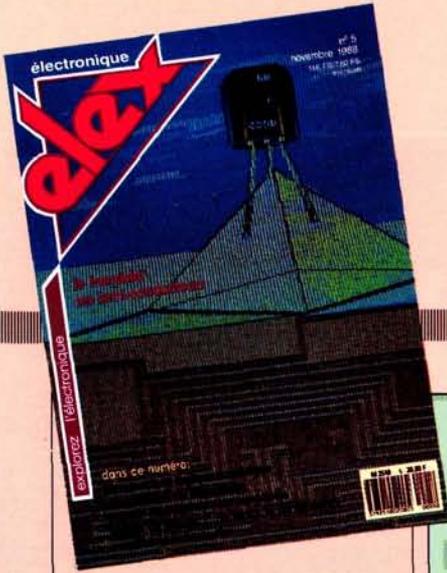
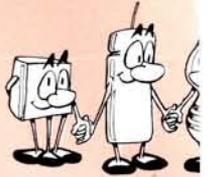
M 2510 - 5 - 20,00 F



3792510020001 000



E · L · E · X
BP 53
59270 BAILLEUL



SOMMAIRE ELEX N°5

R · U · B · R · I · Q · U · E · S

- 3 · éditorial
- 4 · courrier des lecteurs
- 5 · les symboles illogiques d'ELEX

RÉSI et TRANSI
dis donc, les transistors

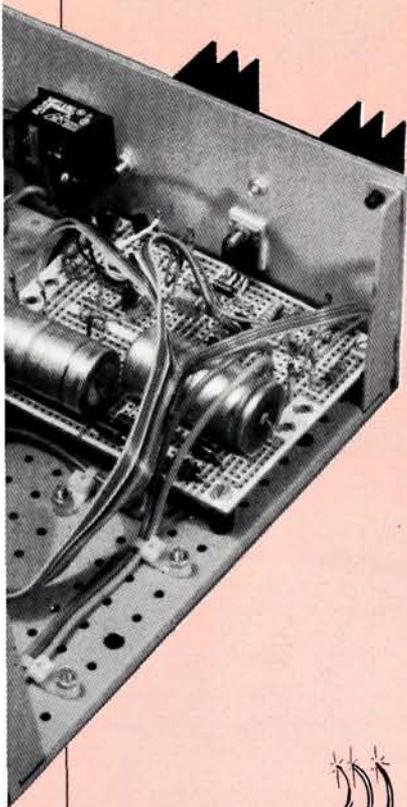
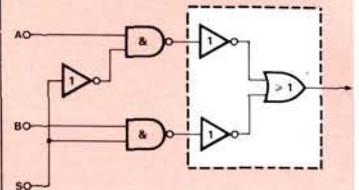
- 20 ·
- 13 · 1 transistor et 2 résistances
- 19 · éléxpérience : le test du doigt mouillé
- 32 · recharger au lieu de jeter
- 44 · quelques expériences
- 46 · turbo transistor
- 52 · demi-puissance
- 54 · tableau de caractéristiques des transistors BF
- 58 · la logique sans hic 5^{ème} partie

PÉRISCOPE

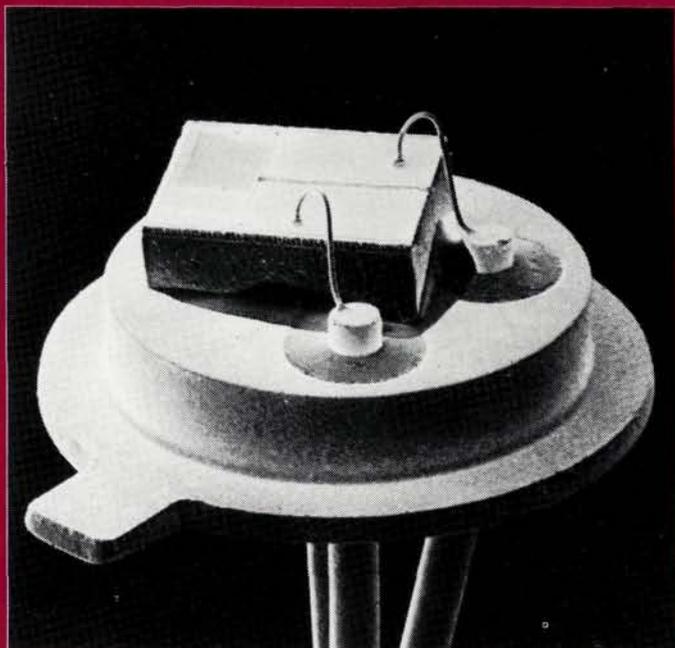
- 37 · MINITEL parlant pour les aveugles
- 51 · nouveaux fers ANTEX

R · É · A · L · I · S · A · T · I · O · N · S

- 6 · amplificateur de poche
- 10 · variateur pour caméra
- 16 · alimentation universelle
- 22 · testeur de triacs et de thyristors
- 26 · traceur de courbes pour transistors
- 34 · relais temporisé pour modélisme
- 39 · touche à effleurement
- 48 · testeur de diodes Z



éditorial



document Degussa

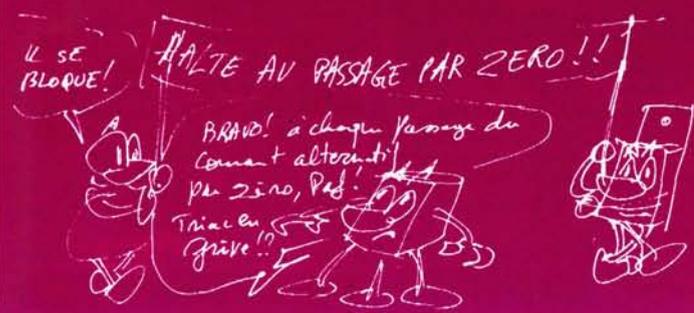
À en juger par vos encouragements, vous avez saisi d'emblée que si l'électronique telle que nous l'abordons dans ce magazine était une discipline sérieuse, rien ne nous oblige cependant à la confiner dans une frileuse abstraction. J'insiste : si l'électronique est une discipline (assez) rigoureuse, elle n'est pas nécessairement déplaisante.

Ce que nous cherchons à obtenir avec ELEX, c'est d'abord que vous ayez suffisamment confiance en vous-même pour ne jamais baisser les bras devant une difficulté, fût-elle d'ordre théorique; nous cherchons justement à rester proches de notions familières pour vous permettre d'y recourir à tout instant et de déjouer ainsi les pièges de la complexité théorique.

Il nous importe ici non seulement de transmettre un savoir, mais aussi et peut-être surtout de vous faire partager le goût de la découverte de domaines réputés inaccessibles à quiconque n'a pas pu, su ou voulu passer sous les fourches caudines du dressage scolaire. Le mois prochain nous ouvrons une nouvelle rubrique sur l'électronique analogique, qui sera un peu le pendant de la très appréciée «logique sans hic».

Notre satisfaction est de vous retrouver impatients et de plus en plus nombreux au seuil de chaque nouvelle livraison de cette publication. **N'ayez donc surtout jamais honte d'être débutants**, notamment dans les magasins de composants où l'on vous regarde parfois du haut des tiroirs-caisses comme si vous n'étiez que de la volaille insignifiante.

Ce numéro est placé sous le signe du transistor, le semi-conducteur par excellence. Autour de ce thème principal gravitent les diodes Z, les triacs et les thyristors. Avec eux on ne s'ennuie pas, tout comme avec Rési et Transi d'ailleurs, nos sympathiques histrions de l'électronique en bande dessinée, du moins tant que les postes ne sont pas en grève... A l'heure de mettre sous presse ce numéro d'ELEX, les planches qu'Yvon Doffagne nous avait préparées sont coincées quelque part dans un sac postal et nous ne pouvons donc pas les publier. Le hasard fait bien les choses : dans le scénario de cet épisode de la rubrique "Dis donc..." consacré aux triacs, il y a une scène de grève qui montre les triacs qui se bloquent au passage par zéro ! A défaut de pouvoir vous offrir les deux pages de BD en couleur comme prévu, voici une copie (de piètre qualité) de l'extrait concerné du brouillon de cet épisode que vous retrouverez le mois prochain.



NOUVEAU

CATALOGUE GENERAL
Selectronic

Composants électroniques professionnels.

disponible!

composants et matériels électroniques professionnels



88-89

Tarif au 1/08/88

BP 513 - 59022 Lille Cedex - Tél: 20.52.98.52

Le grand spécialiste de l'électronique

88-89

Le grand spécialiste de l'électronique par correspondance

Tiré à plus de 40.000 exemplaires, le catalogue Selectronic, vous présente toute l'électronique rassemblée dans 256 pages.

Vous y trouverez toutes les nouveautés, c'est une véritable garantie de qualité! Une sélection de produits de qualité professionnelle

■ **La qualité du stock Selectronic**

Un des stocks, les plus importants de FRANCE permet à Selectronic une disponibilité immédiate des produits.

■ **Le service Selectronic**

Selectronic est ouvert 6 jours sur 7, 12 mois par an. Vos commandes sont prises par téléphone au 20.52.98.52.

De vrais professionnels de l'électronique sont à votre écoute et à votre disposition pour répondre à tous les besoins.

■ **La garantie Selectronic**

Les techniciens de SELECTRONIC sélectionnent et testent rigoureusement tous les composants électroniques du catalogue.

■ **La rapidité Selectronic**

Le stock très important de Selectronic permet une livraison RAPIDE de vos commandes.



Retourner le bon ci-dessous à
Selectronic BP 513 59022 LILLE CEDEX

OUI, je désire recevoir le nouveau Catalogue
Selectronic Nb d'exemplaires.

Je joins: x 15 F = F: en timbres-poste

Mon n° de client est

NOM: PRÉNOM:

SOCIÉTÉ:

ADRESSE:

CODE POSTAL: VILLE:

TÉL.: POSTE:



Cette rubrique ne prétend pas donner des cours particuliers d'électronique. Elle reflète l'humeur de ceux d'entre vous qui se donnent le mal de nous écrire et auxquels il nous est impossible de répondre individuellement. Nous tiendrons compte des suggestions que vous faites, et c'est par le contenu même de ce numéro d'ELEX et des suivants que nous répondrons aux questions qui nous sont posées.

Que vous ayez 14 ans comme Daniel S. de Rouen ou que vous soyez retraité comme Marcel D. de Saint Plancard, vos lettres sont unanimes pour demander à ELEX de rester simple, de se mettre à la place des néophytes et d'écrire pour eux. Demander à un électronicien de parler simple, c'est aussi délicat que de demander à un loup de parler sans ricaner de la douceur de la laine du mouton.

Vous êtes quelques uns à être sincèrement émus de se sentir pris en compte par un journal. Il y a même des transfuges d'ELEKTOR qui ont l'impression de prendre des vacances (bien méritées) avec ELEX, et puis il y a les bi, ceux qui ont ELEX sous le bras droit et ELEKTOR sous le bras gauche et qui ne veulent perdre une miette ni de l'un ni de l'autre.

Il y a ceux aussi qui nous demandent d'«arrêter le gros rouge au petit déjeuner», comme **Éric FONTAINE de Montpellier**, parce qu'ils ont perdu le fil du texte dans le thermomètre du n°3 d'ELEX, page 40. C'est vrai que Nico, l'un de nos maquettistes (ce sont les gars qui montent le texte et les illustrations) voyait rouge ce jour-là, non pas à cause d'un abus du jus du fruit fermenté de la même couleur, mais parce que certains rédacteurs n'arrêtaient pas de lui casser les pieds avec des corrections de dernière minute, et des «mets donc la photo plutôt comme-ci» et des «le schéma plutôt là», etc. Ceci dit, comme le précise d'ailleurs Éric, il suffisait de lire "en diagonale", car il ne manque rien à cet endroit. Voyez **ELEX n°3, septembre 1988, page 40 : dans la première colonne, il faut passer de la ligne "... la broche 1 d'IC2 doit être tournée vers P1" (14 lignes avant la fin de la colonne) au paragraphe "LA SONDE". Au bas de la colonne, il faut remonter de 12 lignes et tout rentrer dans l'ordre.** Voilà pour ce qui concerne la séquence Gymkhana dans ELEX.

En supposant que l'on ait des résistances à 1% de puissance 0,5W, la puissance de la boîte sera de 0,5W mini (on peut aller au delà sur certains calibres) Il suffit de 5 résistances supplémentaires seulement (4 par decade) pour doubler la puissance totale :

par decade :

1	→ 20x10k → 40k	→ 0,5W/0,5W → 1W
2	→ 30k	→ 4W
3	→ 30k	→ 4,5W
4	→ 40k	→ 2W

Avec 5 résistances de plus, on quadruple la puissance

avec des résistances de 0,5W la puissance de la boîte passe à 2W!

Note: 20k fait partie de la série E96 certaines boîtes n'en font pas remplacées 20k/20k par 2,45k/4,81k (erreur = 0,01%)

Le même Éric trouve qu'il pourrait y avoir quelques pages supplémentaires de cours et/ou de réalisations par numéro. On est d'accord, surtout pour les cours. Bientôt nous repartons d'ailleurs avec un nouveau cours analogique.

Monsieur O. PECHEUX, de Strasbourg, nous propose d'augmenter la puissance de notre decade de résistances (voir le fac similaire de sa lettre). Pourquoi pas ?

Un grand merci au passage à **Michaël Dévoille, Guy-Pierre Pradel, Sandrine Gothier, David Mobbs, Anne-Sophie Thévenot, Carole Marion, Laurence Hennequin, Sébastien Solignat, Stéphane Lapouge, James Francioli, Olivier Roth**, élèves de **Madame Riot**, tous en troisième au **Collège Pierre et Marie Curie d'Héricourt (70)** qui s'y sont mis tous ensemble pour légèrer notre photographie des condensateurs.

Nous sommes élèves en 4ème au collège et nous voudrions construire un compteur à vélo en technologie. Pouvez-vous nous aider [. . .]

Franck Jaffredo/Collège E. Maze 56160 GUEMENE S/SCORFF

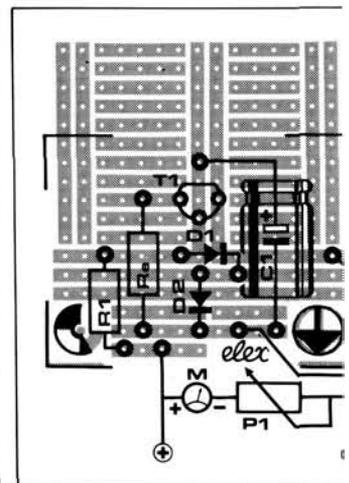
Si c'est d'un tachymètre ou indicateur de vitesse pour bicyclette qu'il s'agit, alors pas de problème, c'est sur le feu et cela paraîtra bientôt dans ELEX. Un peu de patience.

J'ai acheté le n°2 d'ELEX, puis le n°3 et je me suis abonné en demandant le n°1. Je suis retraité et voudrais faire de l'électronique pour mes loisirs. J'ai fait des automatismes pneumatiques, mais si l'algèbre de Boole est la même, les applications pratiques en électronique sont différentes. Aussi j'apprécie "la logique sans hic". J'ai constaté dans

ELEX n°2 page 41 fig. 3 et fig. 5 qu'il semble y avoir une erreur dans le schéma d'implantation.

Roger Ruscassier 47240 Bon Encontre

Et pan sur le bec ! Encore une histoire de maquettiste qui s'emmêle les pédales. Et le rédacteur-correcteur-vérificateur qui est sensé passer derrière n'a pas vu la bourde au moment de donner le bon à tirer. Le tracé des pistes de la platine d'expérimentation (en gris) n'est pas symétrique. Or, comme il est parfois imprimé en couleurs dans le magazine, il est monté sur un film à part. C'est à ce stade que se produit l'inversion. Mille excuses, bravo Roger, merci aussi . . . et voici la version correcte.



Étudiant en électro-technique et intéressé par les montages d'ELEX, je vous signale un erreur [. . .]. La flèche tension est dans la même direction que la flèche d'intensité, alors que cela fait deux ans qu'on nous répète que la flèche tension est dans le sens opposé de I. Cela dit, je trouve que ELEX est un bon magazine [. . .]

B. MACH, Perpignan

Vous êtes nombreux à avoir relevé le problème des flèches de tension et de courant. Il est vrai qu'on apprend à orienter la flèche de tension dans le sens opposé de celle du courant. Il est non moins vrai que l'équipe d'ELEX est internationale, mais que les conventions ne le sont pas; en République Fédérale d'Allemagne par exemple, qui n'est pas le dernier des pays européens en matière d'électronique, on adopte (pour des raisons parfaitement fondées mais dont la discussion dépasserait le cadre de cette rubrique) le sens inverse pour les flèches. Ceci explique que malgré nos efforts scrupuleux pour respecter le sens conventionnel de chaque pays, nous nous mélangions de temps en temps... les flèches. Qu'est-ce que ça va donner en 1992 ?

Je vous remercie de votre envoi à titre d'essai du n°1 d'ELEX. Je l'ai parcouru, et le professeur de physique que je suis l'a lu et testé auprès de certains élèves de 1^{ère}. Aucun d'eux n'a été capable de comprendre le principe du multivibrateur astable de la page 11. Par ailleurs, il ne me semble pas très opportun de choisir d'autres symboles que ceux de l'AFNOR (page 17). Enfin un certain nombre d'erreurs ou d'imprécisions [...] font qu'il ne me paraît pas opportun de conclure cet essai par un abonnement. Vulgarisation n'exclut pas rigueur. Par contre, l'article page 53 sur la logique est d'excellente facture et d'excellente pédagogie.

**R. RENAUD
91205 ATHIS-MONS**

Si vous avez eu la curiosité, malgré votre mauvaise impression initiale, de jeter un coup d'oeil dans les numéros suivants d'ELEX, vous avez sans doute apprécié la lecture de la rubrique ELEXCUSE dans laquelle nous avons corrigé les erreurs que vous et d'autres lecteurs bienveillants nous aviez signalées, notamment celle qui figurait dans la formule de la soude. Nous y avons même donné quelques précisions pour améliorer l'explication du multivibrateur. Le propre d'un magazine comme celui-ci est de paraître à une cadence assez rapide, ce qui n'excuse aucune faute, mais en augmente considérablement le risque. C'est pourquoi nous avons ouvert la rubrique ELEXCUSE, pour y consigner toutes les corrections et améliorations souhaitables.

Étant fan d'électronique, tout petit amateur, je possède tout un arsenal de bouquins traitant cette matière, mais je fus enchanté de repartir à zéro avec les explications claires d'ELEX n°1 que j'achetai par hasard. [...] Une petite déception cependant, c'est que vous ne publiez pas le plan de circuits imprimés; vos plaquettes expérimentales sont bien, mais un peu onéreuses lorsqu'il en faut beaucoup, surtout lorsque l'on possède un tas de chutes d'époxy cuivré. Bien sûr en suivant les pistes on peut reproduire le circuit, mais outre le travail supplémentaire que cela crée, il y a des risques d'erreurs pour un débutant. Je vous joins un chèque pour l'abonnement [...]

**Gabriel Sautereau
93110 ROSNY sous BOIS**

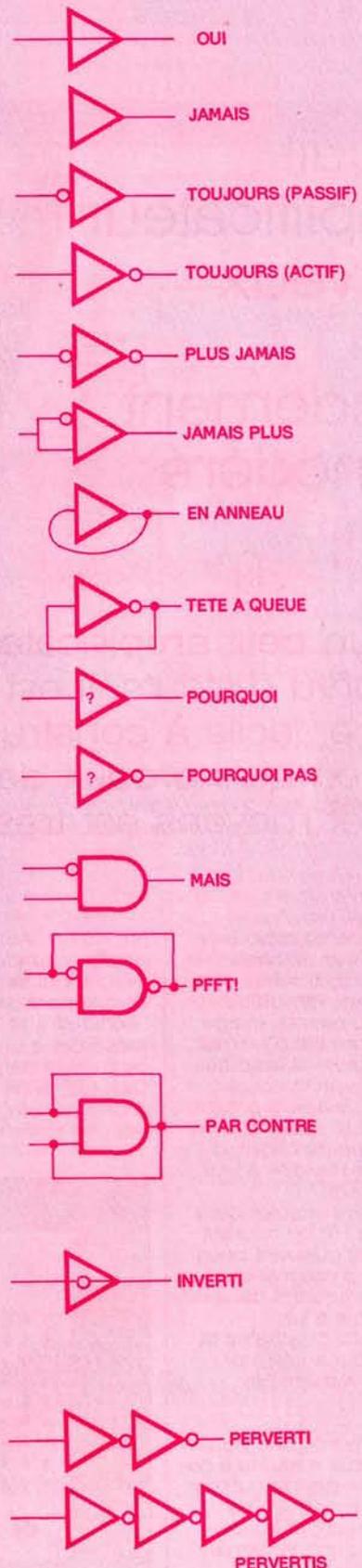
Merci au passage pour le passé simple, c'est rassurant de voir qu'il y a des lecteurs d'ELEX qui en usent encore. Pour ce qui concerne les circuits imprimés, ce numéro montre que vos vœux sont déjà partiellement exaucés. Quant au risque d'erreur, il fait partie intégrante du plaisir. Quand un enfant apprend à faire du vélo, il n'ignore pas, ni l'adulte d'ailleurs qui l'encourage avec tant de conviction, qu'un jour où l'autre il fera une chute, et pourtant ils ne renonceront ni l'un ni l'autre. Avec raison !

Depuis qu'ils ont reçu une carte postale avec plage de sable fin, palmiers et tout et tout de Papeete (printed in Japan!), Rési et Transi nous cassent les pieds pour savoir quand on s'en va faire les repérages pour le prochain épisode de leur rubrique de bande dessinée DIS DONC... qu'il veulent appeler «Rési&Transi à Tahiti». On les comprend...



L'expéditeur de cette carte demande «davantage d'interfaces pour PC et compatibles». Mollo les basses (ifiques), on n'en est pas encore là. Et vous qui vivez en maîtres aux pôles, qu'en pensez-vous, de la micro dans ELEX ?

LES SYMBOLES ILLOGIQUES D'ELEX (1)



Les films que vous réalisez au cours des vacances et à l'occasion des fêtes familiales et des rencontres avec vos amis sont pour vous des documents précieux et émouvants. Nous vous proposons ici un circuit qui vous permettra d'y ajouter une note de fantaisie : les images saccadées du cinéma de grand-papa.

ciné-rétro :

un variateur de vitesse pour caméra



Figure 1 - Pour votre "ciné-rétro", choisissez un boîtier aussi petit et aussi léger que possible.

Les caméras modernes sont toutes équipées d'un système d'entraînement par moteur qui maintient constante la vitesse de défilement des images. Pour le super 8, ce sont 18 images par seconde. On peut modifier la vitesse de prise de vues à l'aide d'un dispositif très simple à condition que la caméra soit dotée d'une prise d'entrée pour déclencheur à distance. Ceci nous évitera de farfouiller dans la caméra elle-même (ce qui est passionnant, mais risqué!).

Le circuit électronique du variateur de vitesse est en réalité un *intervallomètre* réglable qui déclenche le fonctionnement de la caméra à des intervalles de temps réglables entre 4 secondes et 1/10^{ème} de seconde, ou à n'importe quel temps intermédiaire, déterminé par le caméraman à l'aide d'un bouton rotatif. Chaque déclenchement provoque la prise de vue d'une seule image. La vitesse de défilement du film sera donc réglable entre 0,25 et 10 images par seconde.

CONCEPTION DU VARIATEUR DE VITESSE

Le variateur de vitesse est en fait un exemple d'application d'un temporisateur extraordinairement flexible, à savoir le 555. Nos lecteurs imagineront sans doute d'autres applications intéressantes pour ce type de circuit qui commande la fermeture d'un interrupteur, à une vitesse variable.

Sur le schéma de la figure 2 nous voyons que la sortie du temporisateur IC1 commande directement la bobine du relais R_e ; les impulsions de tension émises par l'étage de sortie du 555 donnent naissance à des impulsions de courant dans la bobine du relais; ce courant induit à son tour un champ magnétique qui ferme l'interrupteur et établit ainsi le contact entre les bornes de sortie du relais.

Remarquez que la bobine du relais est reliée directement à la borne positive de la pile de 9 V, et la sortie du temporisateur est aussi à un poten-

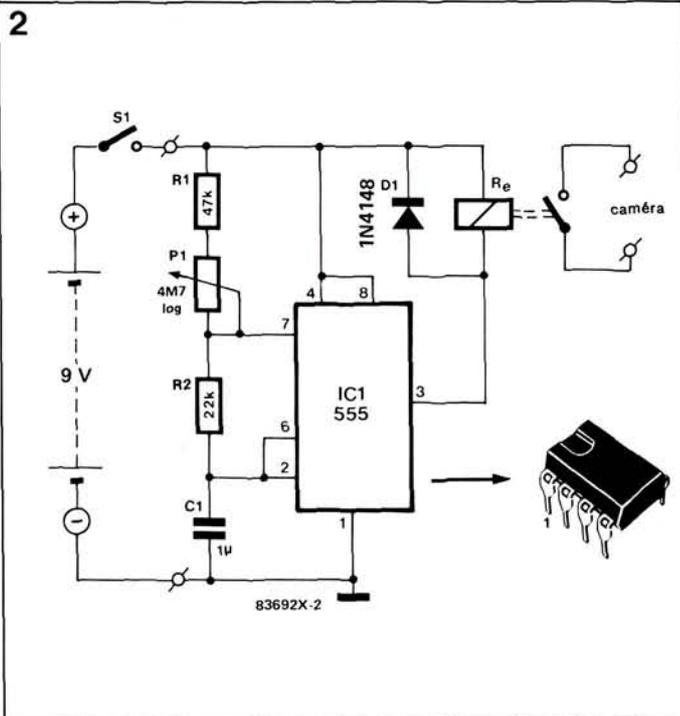


Figure 2 - Le circuit intégré 555 est un temporisateur extraordinairement flexible et très fiable. Il constitue le cerveau de ce montage et il est le garant d'une excellente reproductibilité du circuit.

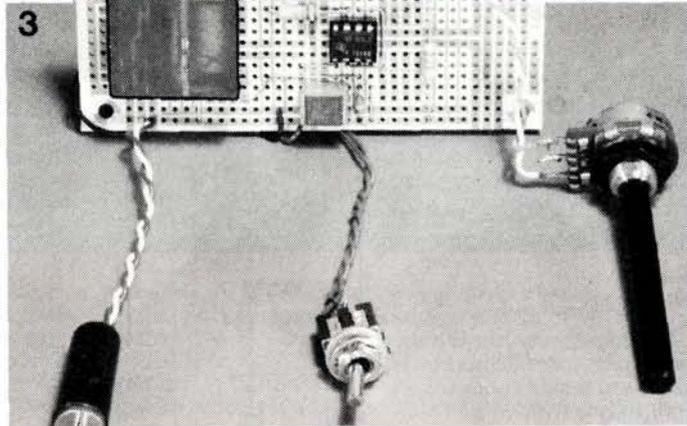


Figure 3 - Tous les composants sont soudés sur une petite plaquette expérimentale de 40 x 100 mm. La pile, le potentiomètre et l'interrupteur marche-arrêt sont fixés au boîtier.

tiel de 9 V environ au repos. **A chaque impulsion produite par le 555, sa sortie passe à un potentiel proche de 0 V pendant 15 ms** (soit un sixième de seconde environ). **Cela permet au courant d'excitation du relais de circuler dans la bobine et d'actionner l'interrupteur.** Si la durée de l'impulsion est si courte, c'est pour que la caméra ne puisse prendre qu'une seule image à chaque impulsion. La cadence de répétition de l'impulsion est déterminée par l'utilisateur à l'aide de P1. Nous nous ferons un plaisir de vous expliquer dans un instant comment le 555 produit ces impulsions, mais auparavant nous allons en finir avec notre variateur.

Les deux contacts de l'interrupteur du relais seront reliés à la caméra, aux points que commande l'interrupteur du déclencheur à distance (ou image par image) lorsque ce dernier est mécanique, ou à la prise du déclencheur si celui-ci est électrique (ou électro-mécanique).

En parallèle sur la bobine du relais on trouve une diode polarisée en sens inverse qui ne sert apparemment à rien. Son rôle est de protéger le circuit intégré. Quand la tension s'effondre aux bornes du relais (peu importe la raison de cette disparition de la tension), le champ magnétique induit dans la bobine du relais restitue l'énergie emmagasinée, en donnant naissance à un courant de polarité inverse qui circule pendant un temps extrêmement court. Ce potentiel négatif qui règne alors sur la broche 3 d'IC1 peut être si élevé qu'il détruit le circuit intégré en l'absence de dispositif de protection. C'est alors que D1 entre en service; cette diode se met à conduire et court-circuite la bobine du relais dont la tension négative s'effondre aussitôt. La catastrophe est évitée. . .

N'oubliez jamais la diode de protection dès que vous utilisez un relais, et ne cédez pas à la tentation de la supprimer sous prétexte qu'elle ne sert apparemment à rien. . . Les conséquences de son absence peuvent se faire attendre, mais elles finiront par se faire sentir un jour ou l'autre.

Comme le relais employé a une tension d'excitation nominale de 6 V, la pile pourra rester en service longtemps, même quand sa tension aura sensiblement chuté.

UNE RÉALISATION TRÈS SIMPLE

Avant d'entreprendre la réalisation, il faut mettre la main sur la fiche qui permettra d'établir la connexion entre le variateur et la caméra. Dans beaucoup de cas ce sont des mini-fiches jack de 3,5 mm ou 2,5 mm que l'on trouve assez facilement.

Notre prototype a été construit sur une platine d'expérimentation ELEX de format 1, avec un relais encartable Siemens, dont la tension d'excitation nominale est de 6 V. D'autres relais à tension d'excitation équivalente peuvent être utilisés à condition que la résistance de leur bobine soit de 45 Ω au moins afin que la sortie du circuit intégré ne soit pas surchargée.

On commencera par souder le support du circuit intégré et cinq des six ponts de câblage. Le dernier pont de câblage contournera C1 une fois que celui-ci sera implanté. Le repère du circuit intégré se trouve du côté du relais. Le plan d'implantation de la **figure 4** montre comment placer R1, R2, C1 et D1; respectez la polarité de D1 dont la cathode est marquée par un trait sur le corps de la diode. Vérifiez que ce trait

est du côté du bord de la platine d'expérimentation et non du côté du circuit intégré.

Si vous utilisez un autre type de relais que celui que nous préconisons, il faudra probablement déplacer deux des ponts de câblage. Le potentiomètre P1, l'interrupteur S1 et la pile ne sont pas montés sur la platine, mais sur le coffret. On voit sur la photographie de notre prototype que nous n'avons pas utilisé de picots à souder et que les fils de câblage traversent la platine et sont soudés directement sur les pistes; ceci n'est pas un exemple à suivre. . .

La **figure 5** montre comment câbler le potentiomètre à l'aide de deux fils de câblage seulement. Le curseur est relié directement à l'une des extrémités de la piste du potentiomètre (pas n'importe laquelle, puisque la caractéristique de ce potentiomètre est logarithmique). Si vous ne trouvez pas de potentiomètre à caractéristique logarithmique de la valeur souhaitée, vous pouvez vous dépanner en utilisant un double potentiomètre logarithmique (stéréo) de 2,2 MΩ; connectez les curseurs comme sur la figure 5, puis mettez les deux pistes en série.

Le dernier composant mis en place est le circuit intégré. Prenez soin, en insérant ses broches sur le support, de ne pas les replier sous le boîtier du circuit intégré! C'est une des erreurs de manipulation les plus fréquentes. . . La version CMOS du 555 proposée sous la référence **7555** ne convient pas pour cette application. Une fois que l'on aura vérifié toutes les soudures à la loupe, le moment sera venu de mettre le circuit sous tension. Veillez à ne pas

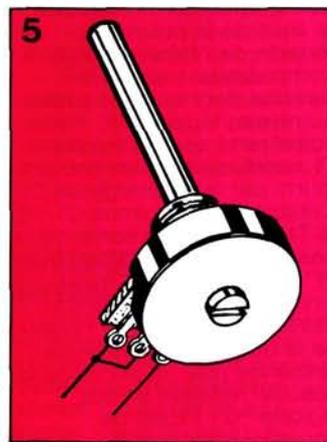


Figure 5 - Le potentiomètre est câblé à l'aide de deux fils seulement : le curseur est relié à l'une des extrémités de la piste, mais pas n'importe laquelle car le potentiomètre est logarithmique.

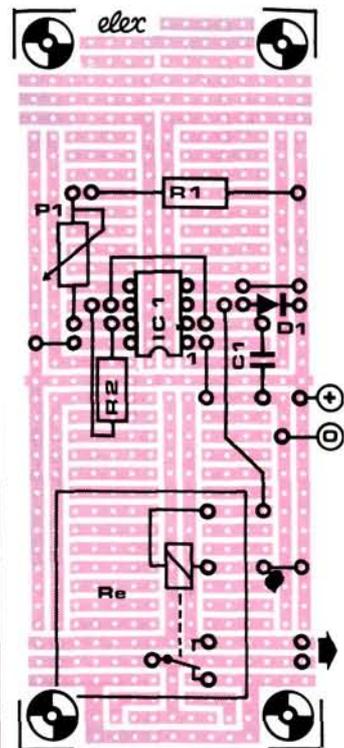


Figure 4 - Voici la façon d'implanter les composants. Repérez soigneusement les fils de pontage et respectez l'orientation de la diode et du circuit intégré.

Liste des composants

- R1 = 47 kΩ
- R2 = 22 kΩ
- P1 = 4,7 MΩ log
- C1 = 1 μF (film)
- D1 = 1N4148
- IC1 = 555 (la version CMOS ne convient pas)
- Re = relais 6 V, résistance minimum : 45 Ω, 1 contact de travail (par exemple le relais encartable Siemens V 23027-A000-A101)

- Divers :
- 1 pile de 9 V
 - 1 clip pour pile
 - 1 platine Elex N°1 (40mm x 100mm)
 - 1 support pour circuit intégré 8 broches DIL
 - 1 boîtier de dimensions adéquates
 - 1 bouton de potentiomètre
 - 1 prise de connexion avec la caméra
- Matériel de montage divers, fil multibrins

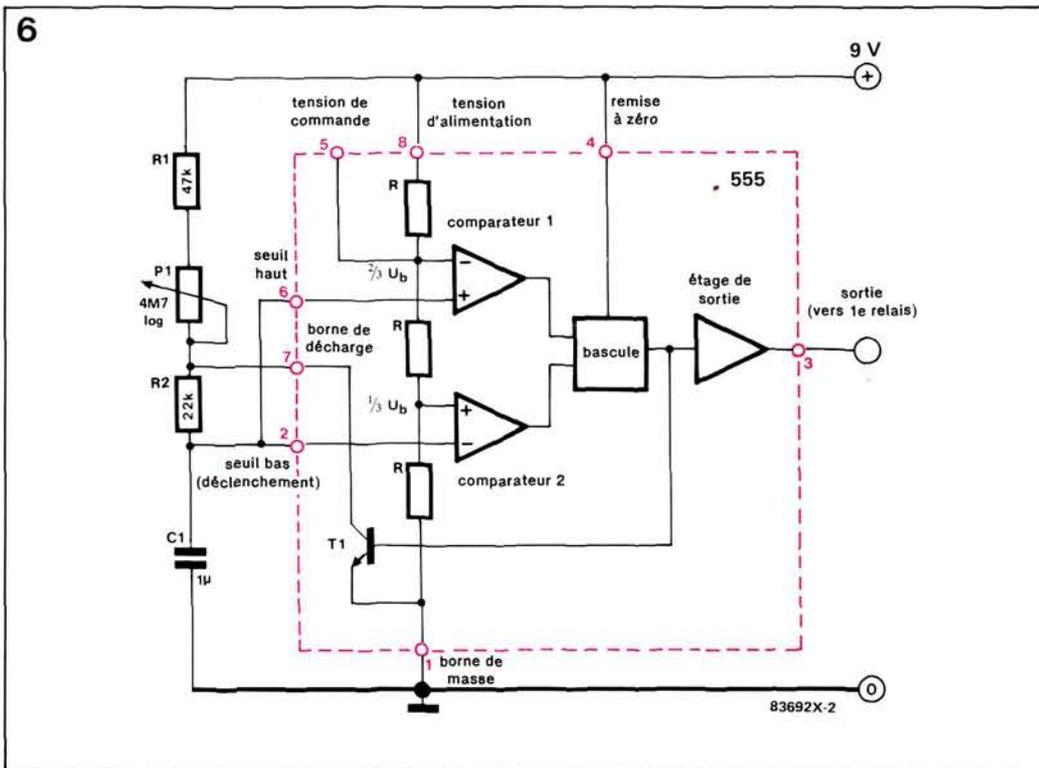


Figure 6 - Voici le schéma synoptique du circuit intégré 555. Le condensateur C1 est chargé et déchargé alternativement. Les comparateurs internes du 555 surveillent l'évolution de la tension aux bornes de C1 par rapport à deux tensions de référence. Ils font basculer le flip-flop en fonction des résultats de cette double comparaison. Le signal de sortie est inversé et sa valeur passe de 0 V à la valeur de la tension d'alimentation et inversement.

intervenir les fils du connecteur de la pile compacte de 9 V, sous peine de détruire soit le circuit IC1 soit la diode D1.

Pour commencer, il vaut mieux ne pas encore connecter la caméra. Le cliquetement du relais indique clairement si le montage fonctionne ou pas. . . Si le circuit ne fonctionnait pas, il faudrait entreprendre la classique procédure de dépannage. Ensuite, il faut essayer le variateur avec la caméra (sans film pour l'instant). Il s'agit notamment de vérifier que la cadence de déclenchement de 10 images par seconde est acceptée par le mécanisme de la caméra. Si celle-ci n'arrive pas à suivre, il faudra augmenter la valeur de C1 et refaire des essais.

LE TEMPORISATEUR 555

Le 555 est un temporisateur universel dont on ne compte plus les applications. La figure 6 nous montre son schéma d'application classique ainsi que les composants externes nécessaires pour son fonctionnement en base de temps. Dès la mise sous tension, le condensateur C1 se charge à travers les résistances R1, R2 et P1 (figure 7). Si vous changez le réglage de P1, le courant de charge, et donc le temps de charge, est modifié. Plus la valeur de P1 est petite, plus

la valeur de la tension aux bornes de C1 augmente vite.

Cette tension est surveillée par les deux comparateurs de tension internes du 555 : ils la comparent à une tension égale aux 2/3 de la tension d'alimentation (comparateur 1) et à une autre tension égale à 1/3 de la tension d'alimentation (comparateur 2). Ces deux tensions de référence sont déterminées par un diviseur de tension formé de trois résistances égales placées en série.

Lorsque la tension présente aux bornes de C1 dépasse le seuil de la première tension de référence (2/3), le comparateur 1 active la bascule dont la sortie passe au niveau logique "1". Cette sortie rend ainsi le transistor T1 conducteur, et un courant fourni par la décharge de C1 s'établit dans le circuit C1, R2 et T1 (figure 8). La sortie de la bascule reste à l'état logique "1" jusqu'à l'instant où la tension aux bornes de C1 passe en-dessous du niveau de la deuxième tension de référence (1/3) : la sortie de la bascule repasse à l'état logique "0". T1 est de nouveau bloqué et le condensateur commence un nouveau cycle de charge (figure 7).

Pendant les périodes de charge et de décharge du condensateur C1, la sortie de la bascule fait des sauts de tension de 0 à 9 V et inverse-

ment. L'étage final du 555 inverse le signal de sortie de la bascule (broche 3).

On peut voir sur l'oscillogramme de la figure 9 la charge et la décharge du condensateur C1 (en haut). Le tracé inférieur montre la tension à la broche 7, c'est-à-dire la tension de collecteur du transistor T1. Le condensateur se décharge chaque fois que cette tension tombe à 0 V (c'est à ce moment que le relais est excité par un courant qui peut se mettre à circuler grâce à la différence de potentiel de 9 V). Le temps de charge est entièrement déterminé par R1, R2 et P1; le temps de décharge dépend uniquement de R2. La durée de temps entre deux valeurs zéro de la tension de collecteur de T1 est réglable au moyen de P1.

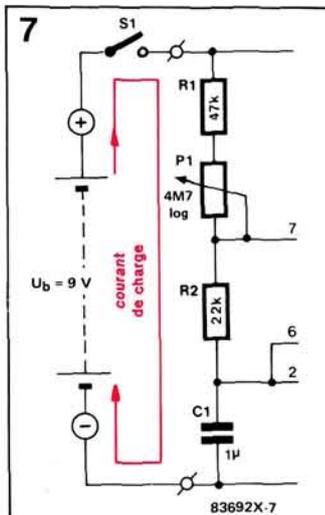


Figure 7 - Le temps de charge du condensateur C1 dépend du réglage du potentiomètre P1.

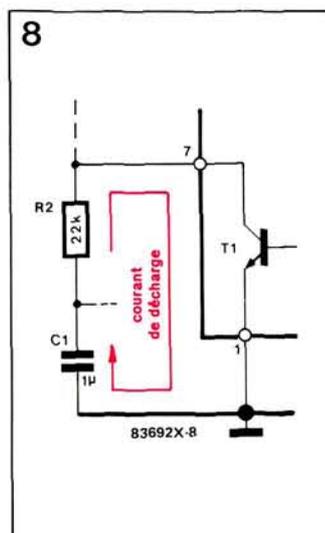


Figure 8 - Lorsque la tension de C1 atteint le seuil de la tension de référence la plus élevée, T1 devient conducteur et décharge C1.

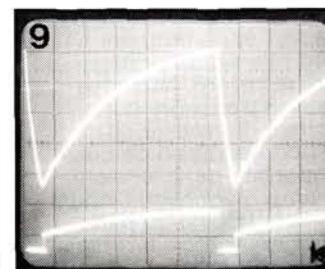


Figure 9 - La courbe supérieure de l'oscillogramme montre l'évolution de la tension aux bornes de C1 au cours du cycle de charge et de décharge. La courbe inférieure retrace les variations de la tension de collecteur de T1 (broche 7). Comparez les deux courbes et vous remarquerez que C1 se décharge quand T1 est conducteur (tension de collecteur = ±0 V).

un transistor et deux résistances

Si vous demandez à un électronicien à quoi sert un transistor, attendez-vous à recevoir de longues théories, malgré le fait qu'un transistor "n'est qu'un amplificateur de courant". La multiplicité des usages de ce semi-conducteur découle de la diversité des circuits que l'on peut créer en le combinant avec d'autres composants. Dans cet article nous verrons ce qu'on peut faire d'un transistor et d'une ou deux résistances.

LE MONTAGE EN ÉMETTEUR COMMUN

Une résistance placée dans le circuit du collecteur permet de tirer profit du courant de collecteur. Comme on l'a déjà vu précédemment, le courant de base commande le courant de collecteur et, dans un montage en émetteur commun, celui-ci provoque une chute de tension dans la **résistance de collecteur R_C** (voir **figure 1**). En deux mots : le faible courant de base est transformé en une forte tension aux bornes de R_C .

Une condition doit néanmoins être satisfaite pour que cela fonctionne : la tension de la base doit être positive par rapport à l'émetteur (il en est ainsi pour tous les transistors NPN). L'importance de la chute de tension obtenue, par rapport au courant de base, dépend des caractéristiques du transistor utilisé et de la valeur de la résistance R_C . Les variations du courant de base provoqueront des variations de la tension aux bornes de la résistance de collecteur.

L'inconvénient de ce montage est de créer cette tension entre le collecteur et le pôle positif, alors que dans la pratique on utilise presque toujours la tension qui règne entre le collecteur et le pôle négatif. Cette façon de faire est la plus simple, dans la mesure où les circuits d'entrée et de sortie ont en commun l'émetteur du transistor (et donc le pôle négatif, que l'on appelle d'ailleurs souvent le « commun»). C'est de là que vient aussi l'appellation "montage en émetteur commun". La tension qui règne entre le pôle négatif et la résistance de collecteur est inversement proportionnelle au courant de base.

A un courant de base croissant correspond une tension de collecteur décroissante car la chute de tension aux bornes de la résistance de collecteur vient se soustraire à la tension d'alimentation U_C . A un courant de base décroissant correspond une tension de collecteur croissante. On résume ces constatations par la formule : **tension de sortie = tension d'alimentation - chute de tension aux bornes de R_C**

Si le courant de base est nul, le courant de collecteur sera nul également. Il n'y a donc pas de chute de tension aux bornes de la résistance de collecteur et la tension de sortie sera égale à la tension d'alimentation. Inversement, à partir d'un certain courant de base la chute de tension aux bornes de R_C sera presque égale à la tension d'alimentation et la tension de sortie sera pratiquement égale à 0 V. On dit alors que le transistor est saturé. En

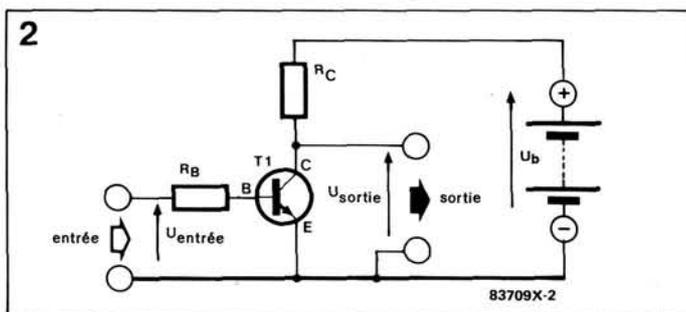


Figure 2 - Un amplificateur de tension monté en émetteur commun. La résistance de base R_B convertit la tension d'entrée en courant de base.

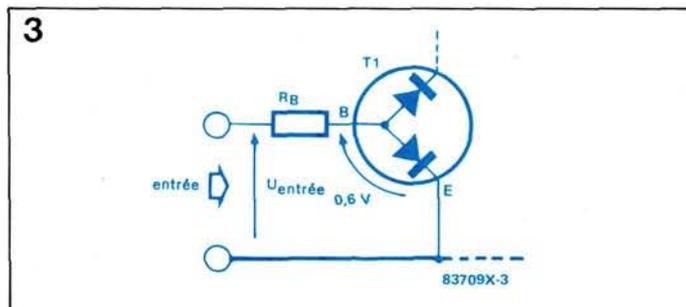


Figure 3 - La tension d'entrée perd une partie de sa valeur (0,6 V) dans la jonction base-émetteur.

fait, même dans ces conditions, la tension collecteur-émetteur ne descend pas en-dessous de 0,3 V environ.

Que la tension de collecteur dépende de la chute de tension dans cette résistance R_C semble étrange, et nous savons par expérience que c'est difficile à comprendre. Le transistor ne peut pratiquement pas influencer lui-même sa tension de collecteur. Si on augmente la valeur de R_C sans modifier le courant de base, le courant de collecteur reste le même, mais la tension de collecteur diminue !

UN AMPLIFICATEUR DE TENSION

Au moyen du montage en émetteur commun et d'une résistance, on transforme un courant (de base) en une tension (de collecteur). A l'aide d'une deuxième résistance il est possible de construire un convertisseur de tension : un amplificateur de tension par exemple. La tension d'entrée $U_{entrée}$ de la **figure 2** est convertie en courant par la résistance R_B . La **figure 3** nous montre le

détail du circuit d'entrée de la figure 2. Plus la tension $U_{entrée}$ est élevée, plus le courant qui parcourt la résistance et la jonction base-émetteur (représentée par une diode dans la figure 3) est important.

Dans ce montage on doit tenir compte de la tension de seuil de la jonction. La tension à l'entrée de la base du transistor est inférieure de 0,6 V à la tension $U_{entrée}$. D'après la loi d'Ohm, le courant de base I_B qui parcourt la résistance R_B vaut :

$$I_B = \frac{U_{entrée} - 0,6 V}{R_B}$$

C'est ainsi que dans tous les circuits à transistors, on doit tenir compte du fait que ce semi-conducteur ne devient conducteur qu'à partir du moment où sa tension base-émetteur atteint la valeur de 0,6 V.

Le courant de base, qui circule à travers la résistance d'entrée, agit de la même façon que dans le montage précédent, sur le transistor en émetteur commun et sur la résistance de collecteur. Ici également la tension d'entrée et la tension de sortie sont inversées. Ce circuit peut d'ailleurs servir de circuit inverseur.

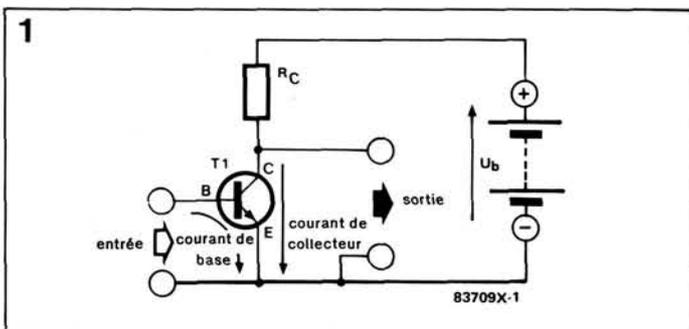


Figure 1 - Dans le montage en émetteur commun, le courant de collecteur, commandé par le courant de base, crée une chute de tension aux bornes de la résistance de collecteur R_C . La tension de sortie est égale à la tension d'alimentation moins la chute de tension aux bornes de la résistance de collecteur.

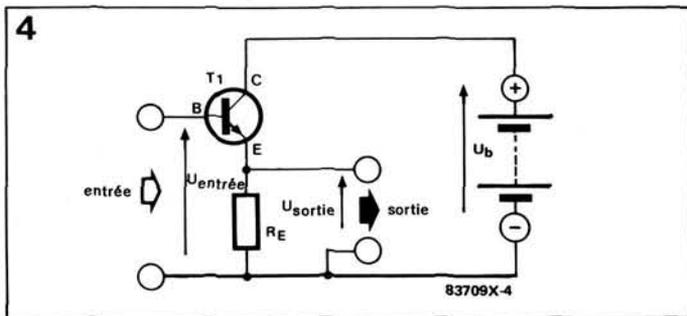


Figure 4 - Le montage en émetteur suiveur est caractérisé par la présence d'une résistance dans le circuit de l'émetteur. La tension de sortie est inférieure d'environ 0,6 V à la tension d'entrée.

EMETTEUR SUIVEUR (Montage en collecteur commun)

La deuxième façon de combiner un transistor avec une seule résistance est de les monter en émetteur suiveur (voir figure 4). Pour faciliter la compréhension du circuit, la jonction base-émetteur est représentée sous forme de diode dans la figure 5. Supposons que la tension d'entrée soit de 2 V. Par le fait que la diode base-émetteur provoque une chute de tension de 0,6 V, nous mesurons aux bornes de R_E une tension de 1,4 V. Si nous donnons à l'entrée une valeur de 3 V au lieu de 2 V, la tension de sortie vaut maintenant 2,4 V. Nous voyons que la tension à la sortie de l'émetteur suit la tension d'entrée avec un décalage de 0,6 V : d'où le nom de ce montage.

Vous demandez peut-être quel est dès lors le rôle du transistor. C'est lui qui fournit le courant : celui qui traverse la résistance R_E et celui qui est absorbé par le circuit branché sur la sortie. Le montage en émetteur suiveur fonctionne déjà avec des courants de base très faibles, si faibles qu'ils ne pourraient pas provoquer la chute de tension (tension d'entrée - 0,6 V) aux bornes de R_E . Et pourtant R_E est parcouru par un courant qui est un multiple du courant de base : le courant de collecteur ; c'est lui qui alimente la résistance R_E et le circuit de sortie.

La tension de sortie dépend donc uniquement de la tension de la base du transistor et reste parfaitement indépendante du courant de collecteur. Il faut noter cependant qu'un accroissement du courant de collecteur entraîne un accroissement du courant de base et inversement.

Le montage en émetteur suiveur est utile pour donner du coffre à une faible source

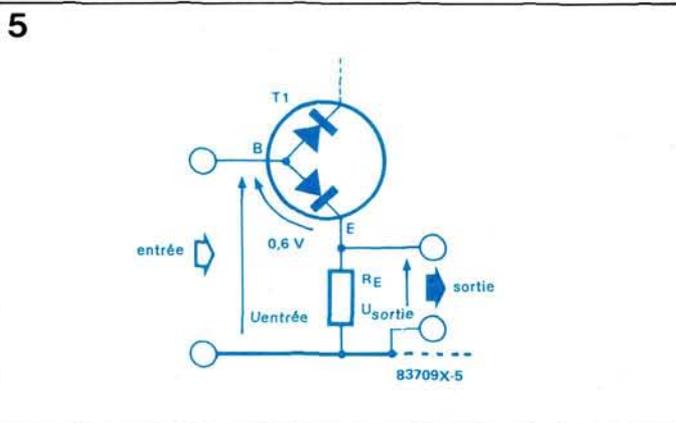


Figure 5 - La différence de potentiel entre l'entrée et la sortie du montage en émetteur suiveur est occasionnée par une chute de tension dans la jonction base-émetteur.

de tension (une source de tension qui ne peut fournir qu'un courant très faible) à condition qu'il ne soit pas nécessaire d'amplifier cette tension. Ici encore, on ne doit pas perdre de vue le fait que le transistor n'est pas conducteur si sa tension de base n'atteint pas la valeur de 0,6 V.

ENCORE UN AMPLIFICATEUR DE TENSION

Dans le montage en émetteur suiveur une résistance de base, telle que celle du montage en émetteur commun, n'est pas nécessaire car la tension de l'émetteur suit simplement la tension de la base. L'inconvénient du montage est de ne pas amplifier la tension. Cette amplification est malgré tout possible grâce à l'adjonction d'une deuxième résistance (figure 6). Aux bornes de la résistance de l'émetteur apparaît une tension

$$U_E = U_{\text{entrée}} - 0,6 \text{ V (voir plus haut)}.$$

La loi d'Ohm nous permet de déterminer le courant d'émetteur :

$$I_E = U_E / R_E.$$

En d'autres termes, le courant de l'émetteur dépend de la tension U_E de l'émetteur. Nous avons vu également que U_E est déterminée par la tension d'entrée $U_{\text{entrée}}$. Nous obtenons donc la formule suivante :

$$I_E = (U_{\text{entrée}} - 0,6 \text{ V}) / R_E \approx I_C$$

qui nous permet de constater que le courant de l'émetteur est à peu près égal au courant du collecteur. Le courant de l'émetteur est composé du courant de base et du courant de collecteur (voir "Dis donc..."). Vu

$$U_{\text{sortie}} = U_C = U_b - R_C \times I_C.$$

Puisque la tension de sortie U_{sortie} dépend du courant de collecteur I_C et que celui-ci dépend lui-même de la tension d'entrée $U_{\text{entrée}}$, nous pouvons en conclure que la tension de sortie U_{sortie} est réglée par la tension d'entrée $U_{\text{entrée}}$. En choisissant judicieusement les résistances (R_C plus grande que R_E), U_{sortie} devient un multiple de $U_{\text{entrée}}$ et nous voyons que le circuit représenté par la figure 6 est capable d'amplifier aussi des tensions.

Dans la formule précédente nous constatons que le dernier terme est précédé d'un signe négatif. Ce signe nous indique qu'ici également, tension d'entrée et tension de sortie sont inversées.

Un des aspects pratiques de ce montage est de fournir simultanément deux sorties : une sortie de collecteur avec une tension amplifiée mais inversée et une sortie d'émetteur non amplifiée et non inversée (en pointillé sur la figure 6)

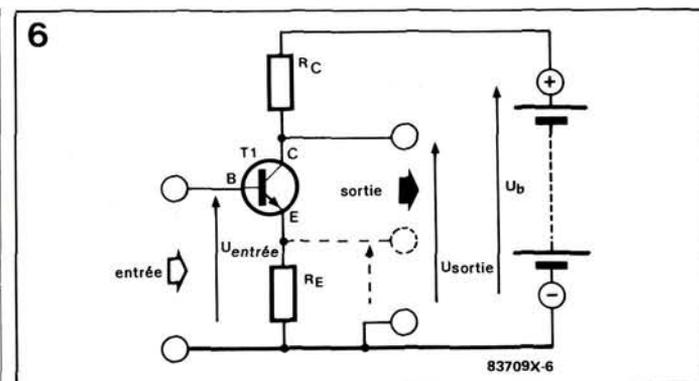


Figure 6 - Un amplificateur de tension pourvu d'une résistance de collecteur et une résistance d'émetteur possède deux tensions de sortie dont l'une est amplifiée et inversée par rapport à la tension d'entrée, et l'autre n'est ni amplifiée ni inversée.

que le courant de base est beaucoup plus petit que le courant de collecteur (inférieur à 1%), on peut dire que le courant de l'émetteur et le courant du collecteur sont égaux (voir figure 7).

En lisant la dernière formule à rebours, on peut remarquer que le courant de collecteur I_C dépend de la tension d'entrée $U_{\text{entrée}}$. Or dans le montage en émetteur commun, nous avons vu que la chute de tension aux bornes de R_C , c'est-à-dire la tension de collecteur U_C , est déterminée par le courant de collecteur I_C . Nous obtenons dès lors la formule suivante :

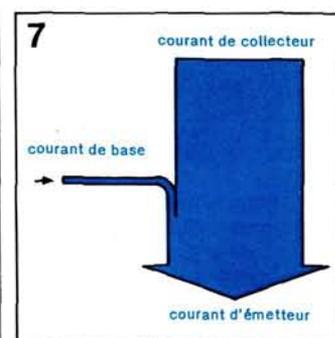
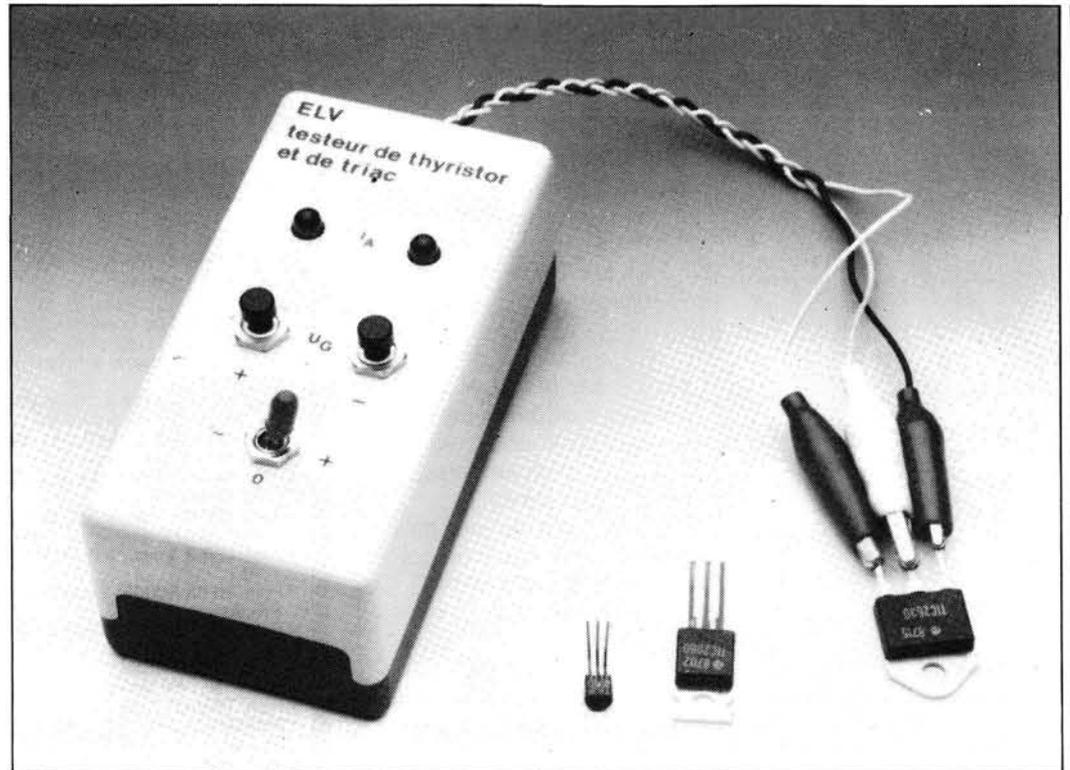


Figure 7 - Dans les transistors dont l'amplification en courant est très forte, le courant de collecteur et le courant d'émetteur sont pratiquement égaux.

Cet appareil, simple à réaliser mais très performant, vous permet de vérifier le bon fonctionnement des thyristors et des triacs. Il est disponible sous la forme d'un kit complet avec tous les accessoires.



TESTEUR DE THYRISTORS ET DE TRIACS

S'il est aisé de vérifier les fonctions essentielles d'un transistor au moyen d'un simple ohmmètre analogique, il n'en est pas de même pour un thyristor ou pour un triac. Le circuit très simple que nous présentons ici, vous permettra d'effectuer un contrôle rapide de l'état de ces deux composants.

PRÉLIMINAIRES

Avant de décrire ce circuit, voici un bref énoncé des principes de fonctionnement du thyristor et du triac. Un thyristor est doté, comme une diode, d'une anode et d'une cathode. Il se comporte d'ailleurs exactement comme une diode dans le sens bloquant (il arrête le courant), pour autant que la tension de la cathode soit positive par rapport à celle de l'anode.

Si on inverse cette polarité, le thyristor reste cependant

bloqué, contrairement à ce qui se passe dans une diode, laquelle conduit quand l'anode est positive par rapport à la cathode. Un thyristor possède une troisième broche, la gâchette. Dès qu'un **courant de commande parvient à la gâchette** sous la forme d'une courte impulsion, le blocage du thyristor cesse et le **courant passe instantanément** dans le sens anode-cathode.

QUAND L'INTENSITÉ DU COURANT QUI CIRCULE DANS LE THYRISTOR TOMBE EN-DESSOUS DU SEUIL DE CE QUE L'ON APPELLE LE COURANT D'ENTRETIEN, LE THYRISTOR SE BLOQUE. IL FAUT UNE IMPULSION DE COURANT SUR SA GÂCHETTE POUR LE RENDRE À NOUVEAU CONDUCTEUR

Même si on interrompt le courant de gâchette, le thyristor reste conducteur tant que sa jonction principale anode-cathode est parcourue par un courant d'une intensité suffisante. Quand l'intensité du courant qui circule dans le thyristor tombe en-dessous du seuil de ce que l'on appelle le **courant d'entretien**, le thyristor se bloque. Il faut une impulsion de courant sur sa gâchette pour le rendre à nouveau conducteur.

Un triac est constitué de deux thyristors, montés tête-bêche et en parallèle. La polarité du courant qui traverse le triac est donc indifférente. Cette caractéristique est utile pour commander le passage d'un courant alternatif. Malgré le double sens de circulation, le composant est pourvu d'une seule gâchette qui réagit à un courant de commande, exactement comme celle d'un thyristor. Au moment où le courant alternatif qui parcourt le triac change de

polarité (passage par zéro de la tension alternative), le triac se bloque automatiquement. Il ne redevient conducteur qu'avec l'impulsion de commande suivante.

LE CIRCUIT

L'appareil présenté ici est destiné à contrôler si le fonctionnement des thyristors et des triacs est conforme à ce que nous venons de décrire. Supposons qu'au départ, l'inverseur S1 se trouve dans la position représentée sur le schéma. Le condensateur C2 se charge à travers la résistance R1 et la diode D2 jusqu'à ce que la différence de potentiel à ses bornes soit pratiquement égale à la tension d'alimentation. Le condensateur C1 ne se charge pas car la diode D1 bloque le courant.

Connectons un thyristor à ce montage, de la façon indiquée sur le schéma : les diodes D4 et D6 restent éteintes dans un premier temps. En appuyant brièvement sur le bouton poussoir Ta2, nous envoyons un courant de commande à la gâchette, à travers la résistance R5. Ce courant de commande rend le thyristor passant, ce qui est confirmé par l'allumage de la LED D4. La LED D6 reste éteinte car la diode D5 est polarisée en sens inverse.

Basculons l'inverseur S1 vers l'extrême droite (en passant donc par la position "arrêt"). Une nouvelle pression sur le bouton poussoir Ta2 ne réta-

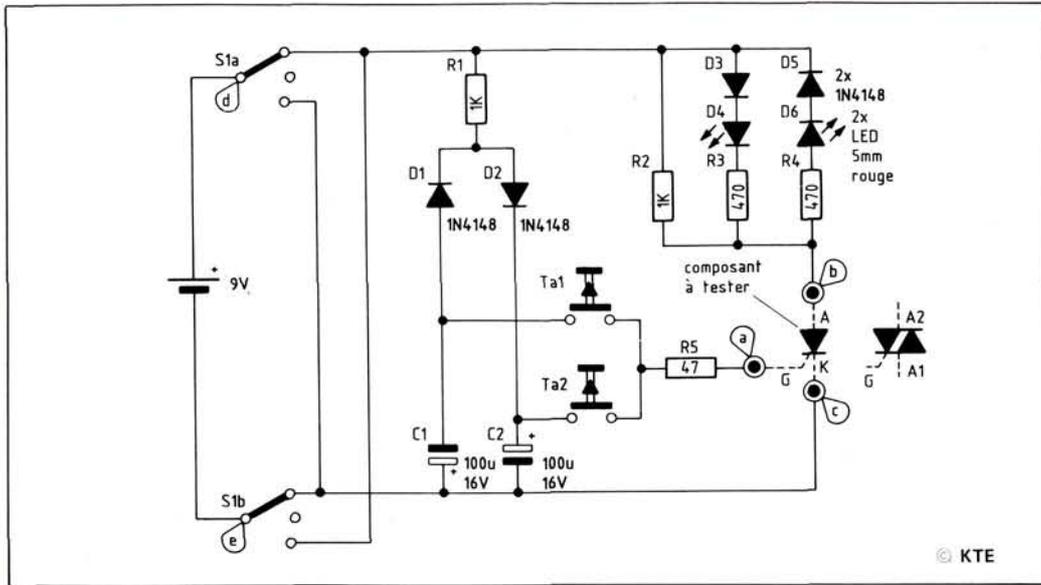


Figure 1 - Schéma du testeur de thyristors et de triacs.

blit pas la conduction du thyristor, puisque celui-ci est polarisé maintenant en sens inverse. Si un triac avait occupé la place du thyristor, une nouvelle pression sur le bouton poussoir Ta2 (après inversion de S1), aurait rendu ce triac passant. Quel que soit le sens dans lequel est monté un triac, une pression

sur l'un quelconque des boutons poussoirs Ta1 ou Ta2 le rend passant. Pour effectuer cet essai, les deux condensateurs C1 et C2 doivent être préalablement chargés. C1 se charge quand l'inverseur S1 se trouve dans la position indiquée sur le dessin, et C2 se charge dans l'autre position de S1.

- Liste des composants
- Semi-conducteurs
 D1,D2,D3,D5 = 1N4148
 D4,D6 = LED rouges 5mm
- Résistances
 R1,R2 = 1 kΩ
 R3,R4 = 470 Ω
 R5 = 47 Ω
- Condensateurs
 C1,C2 = 100 μF/16 V
- Divers
 1 inverseur à trois positions
 2 boutons poussoirs contact de travail
 1 "clip" pour batterie de 9 V
 4 entretoises 15 mm
 4 écrous M3 x 20 mm
 3 picots à souder
 3 pinces crocodile miniature

CONSTRUCTION

Il suffit de placer les composants sur le circuit imprimé de la manière qui est indiquée sur le schéma d'implantation. Le schéma ne comporte aucun composant critique ni fragile. La réalisation du montage est donc très simple. Le circuit

ainsi que la pile sont placés dans un petit coffret (Heiland par exemple). Les trois connexions destinées au raccordement des thyristors et des triacs à tester sont des pinces crocodile miniature fixées à l'extrémité de trois câbles flexibles,

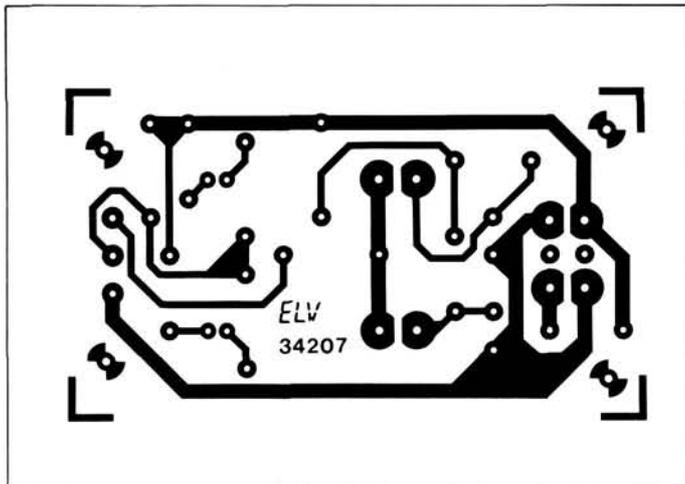


Figure 2 - Circuit imprimé du testeur de thyristors et de triacs, vu du côté de la piste cuivrée.

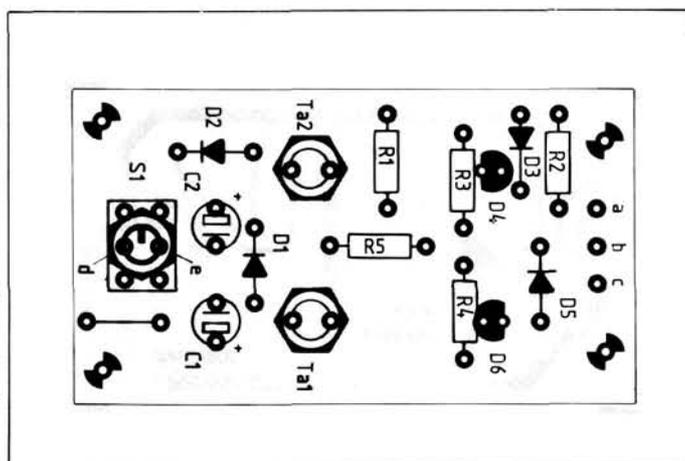


Figure 3 - Schéma d'implantation des composants.

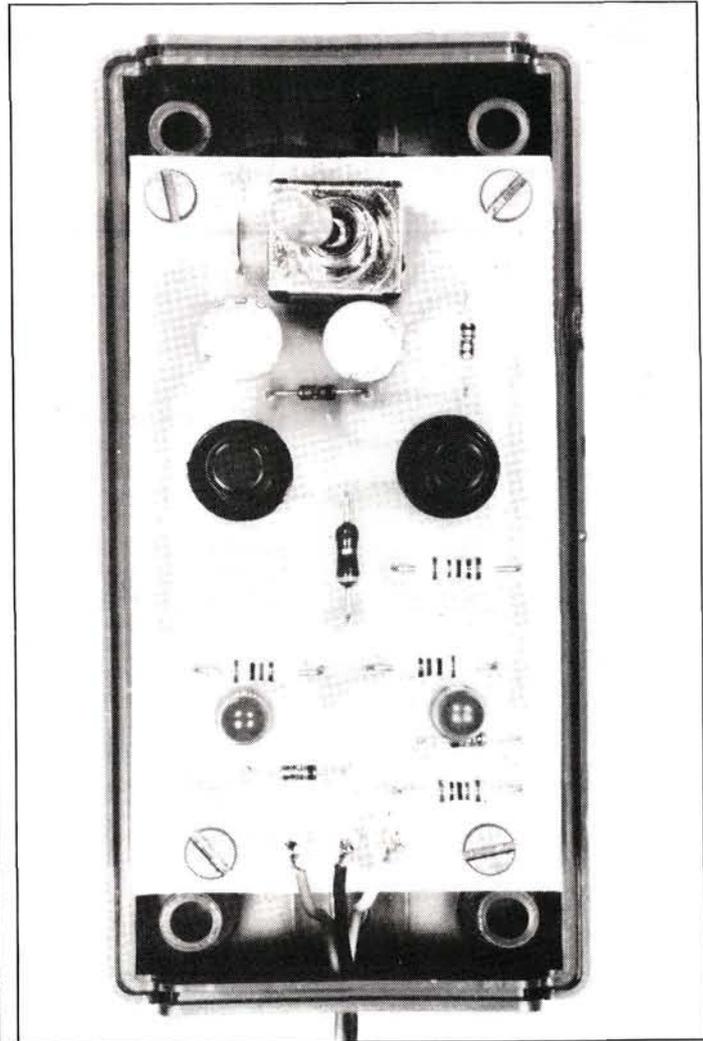
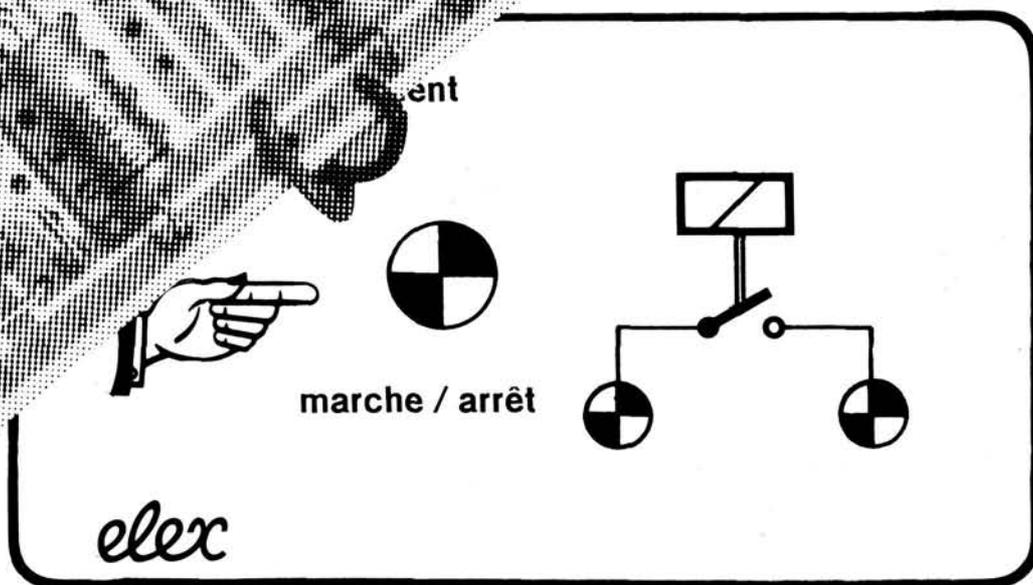


Figure 4 - Platine équipée des composants.



touche(s) à effleurement

Deux surfaces conductrices séparées par un isolant quelconque, un doigt qui se pose dessus, et c'est la magie de la commande par effleurement.

Les touches à effleurement sont devenues très courantes sur les postes de télévision, les enregistreurs vidéo, les installations Hi-Fi et j'en passe. Mais elles ne sont pas banales pour autant car l'imagination crée chaque jour des formes nouvelles. Ce qui est moins banal encore, c'est d'en construire soi-même et de donner à la touche que l'on fait soi-même... la touche qu'on souhaite. C'est aussi de permettre à ceux qui en douteraient, de *toucher du doigt le petit génie qui sommeille en eux!*

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT ET EFFECTS POSSIBLES

L'élément visible de cette touche est constitué de deux surfaces conductrices séparées électriquement l'une de l'autre par une couche d'air ou un isolant quelconque. La résistance entre ces deux surfaces est évidemment infinie. Si vous posez un

doigt sur les deux surfaces simultanément la résistance ne vaudra plus que 500 k Ω environ. Cette valeur est influencée par plusieurs facteurs au nombre desquels figurent notamment la surface du contact, la force de la pression exercée, la résistivité de la peau (variable d'un individu à l'autre) et surtout son degré hygrométrique.

Faites l'expérience vous-même pour vous en convaincre. Elle est facile à réaliser à l'aide d'un multimètre équipé de cordons munis chacun d'une pince crocodile dans laquelle vous fixez une pièce de monnaie.

Pour procéder aux mesures, disposez les pièces l'une à côté de l'autre pour que vous puissiez les "mettre en contact" en posant un doigt dessus. La valeur moyenne de la résistance mesurée est de l'ordre de 500 k Ω . Elle diminue si vous appuyez fort, et surtout si vous humectez votre doigt.

Ainsi le principe du fonctionnement est établi : la résistance de la peau a une valeur limitée. Elle est donc apte à fermer un circuit en pontant deux surfaces séparées électriquement. Le faible courant qui va parcourir ce circuit sera exploité pour obtenir certains effets. **La figure 2 illustre le premier de ces effets : fermer un contact aussi longtemps que vous maintenez le doigt sur l'interrupteur.** L'étage d'entrée **A** amplifie le très faible courant qui parcourt l'épiderme de votre doigt. A la sortie de cet étage l'intensité du courant est suffisante

pour provoquer le fonctionnement de l'étage de sortie **C** qui enclenche à son tour le relais dont les contacts se ferment. **Le deuxième effet (figure 3) consiste à fermer un contact par un premier effleurement et à le rouvrir suite à un deuxième appui.**

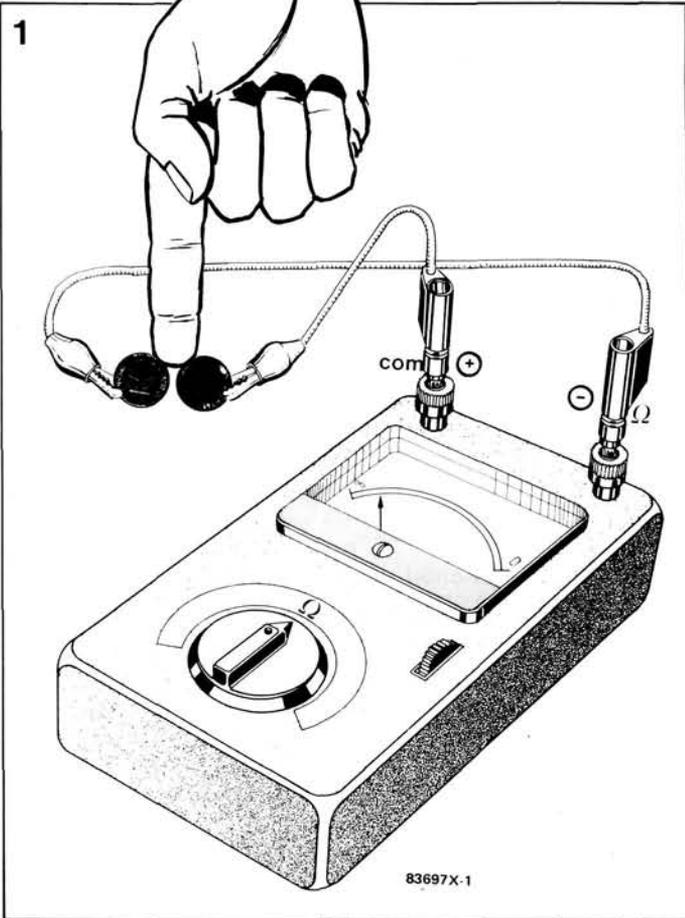


Figure 1 - A l'aide de deux pièces de monnaie et d'un multimètre vous pouvez vérifier le principe sur lequel est basé l'interrupteur à effleurement.

Le synoptique vous montre que les étages A et C de la figure précédente ont été maintenus et qu'un étage intermédiaire B complète le montage. Il s'agit d'une bascule bistable, ou plus simplement d'un bistable (un *flip-flop* en anglais). Comme son nom l'indique, ce circuit possède deux états stables. Une première impulsion provoquée par votre doigt active la sortie du bistable qui reste alors dans cet état, alors que vous ne touchez plus l'interrupteur. Comme il est activé à son tour par le bistable, l'étage de puissance C envoie du courant au relais et le maintient fermé jusqu'au moment où une nouvelle impulsion vient désactiver le bistable. Dès cet instant l'étage de puissance ferme le passage du courant du relais dont le contact va donc s'ouvrir. Vous notez que la bascule bistable est réellement une mémoire électronique.

POURQUOI ET COMMENT ?

En résumé, vous voyez que si un appareil est branché sur le relais, son cycle de fonctionnement obéira aux effleurements successifs de l'interrupteur.

Les trois étages A, B et C de la figure 3 sont faciles à identifier sur le schéma général (figure 4). L'étage d'entrée A comprend le contact, les trois transistors T1 à T3, six résistances et un condensateur. A l'instant où les deux surfaces du contact sont pontées par la résistance de votre doigt, un courant de base très faible (quelques micro-ampères) parcourt le transistor T1. Ce courant est amplifié par les transistors T2 et T3. Remarquez cet assemblage assez curieux de trois transistors montés en collecteur commun. On l'appelle généralement "montage darlington" ou simplement "darlington". Ce n'est pas un amplificateur de tension, mais un amplificateur de courant. Vous trouverez des informations plus complètes sur ce montage dans l'article "Turbotransistor" de ce numéro d'ELEX.

A la sortie du darlington le courant traverse les résistances R5 et R6 aux bornes desquelles apparaît alors une chute de tension. Ces deux résistances constituent un diviseur de tension. La valeur de R5 étant très faible comparée à celle de R6, la tension U1 sera très basse. Nous utiliserons cette chute de tension (une véritable impulsion négative) créée au point U1 pour commander soit le bistable B, soit directement l'étage de puissance C.

Le schéma du bistable B occupe le centre de la figure 4. Accrochez-vous pendant quelques instants, car voici l'explication du fonctionnement général. Jetons un coup d'oeil sur le circuit : deux transistors, quatre diodes, six résistances (en tenant compte de R12), le tout monté avec une symétrie parfaite. Le fonctionnement de ce montage est tel que si un transistor est conducteur, il bloque l'autre transistor. Le bouquet : celui qui est bloqué rend l'autre conducteur ! Une stabilité vraiment parfaite (cette mémoire déjà évoquée), mais qu'il est possible de débloquent à l'aide d'une impulsion : la chute de la tension U1 au moment où votre doigt touche le contact.

Mais quel parcours va suivre l'impulsion dans ce dédale de diodes, résistances et condensateurs ? Ce sont précisément les diodes qui actionneront les aiguillages. L'impulsion négative qui entre dans le circuit est aiguillée vers la base du transistor qui débite et elle le bloque instantanément. Ce transistor bloqué rend l'autre transistor conducteur. Voilà le principe du fonctionnement qui est valable dans les deux cas puisque le montage est

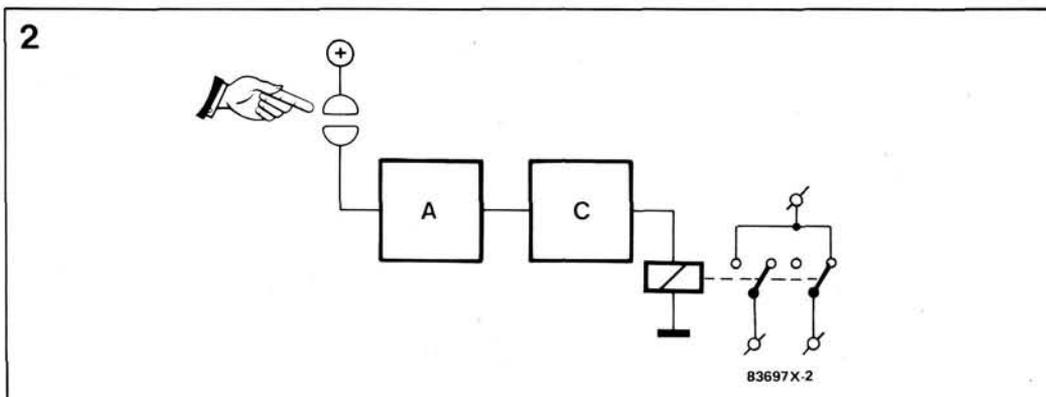


Figure 2 - Synoptique de la version bouton-poussoir à contact de travail : le relais est activé tant que le doigt touche le contact.

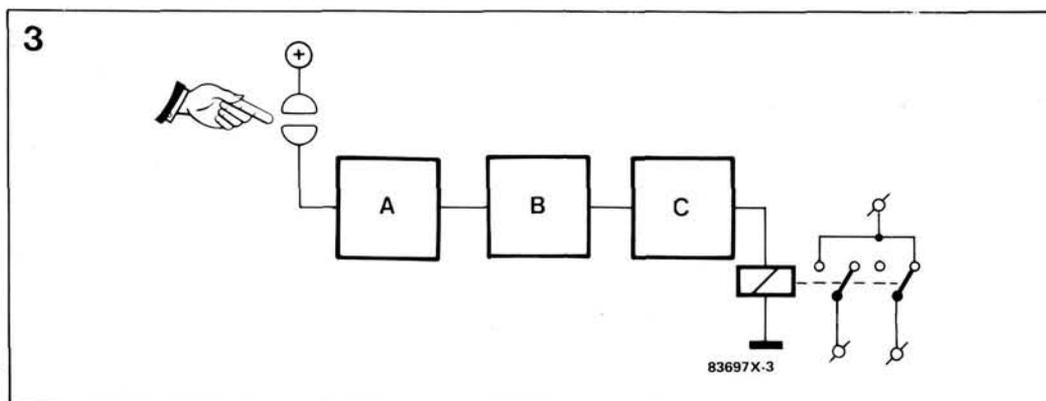


Figure 3 - Synoptique de la version interrupteur marche/arrêt. La bascule monostable B exécute et mémorise le dernier ordre reçu. Elle maintient l'exécution de cet ordre quand le doigt n'effleure plus le contact.

4

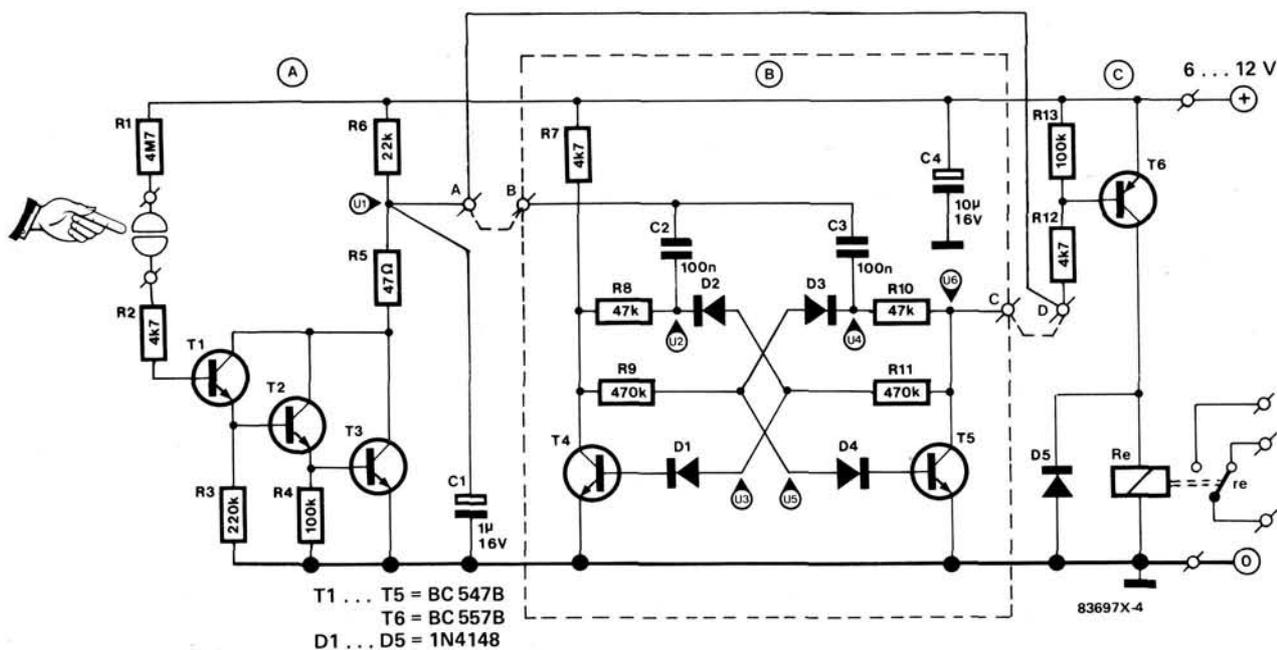


Figure 4 - Le schéma général prévoit les deux versions de l'interrupteur à effleurement. Si la bascule bistable (partie centrale) n'est pas utilisée, il suffit de raccorder l'étage d'entrée (point A) à l'étage de puissance (point D).

5

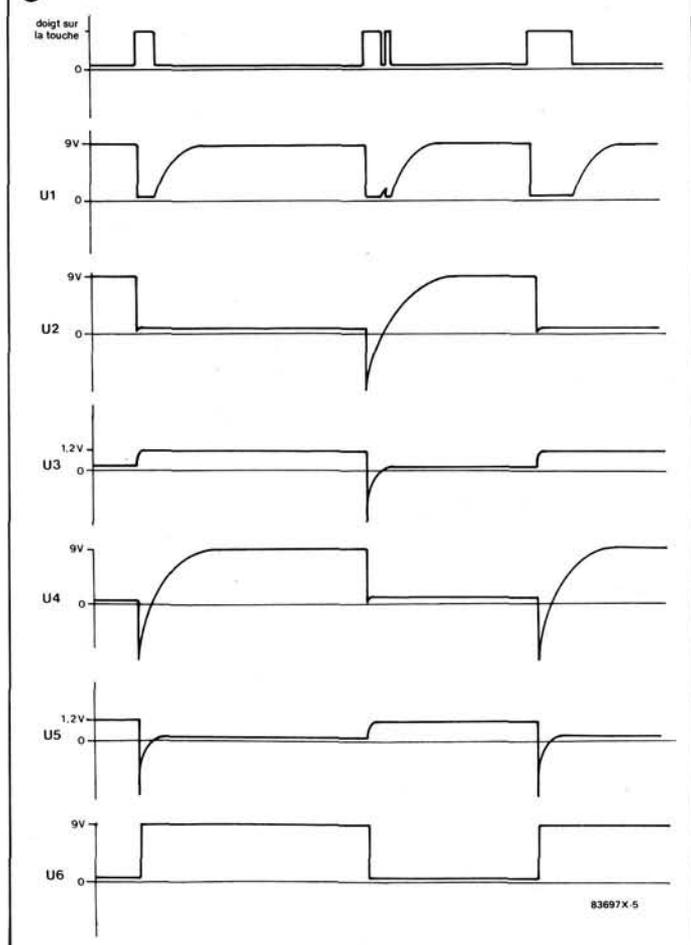


Figure 5 - Les variations de la tension régnant aux différents points de mesure indiqués sur le schéma général sont reportées sur ce diagramme. Il permet de mieux comprendre le fonctionnement du bistable.

parfaitement symétrique. La figure 5 nous montre avec plus de précision l'évolution chronologique des tensions lors des basculements et leur valeur dans les états stables.

Pour bien fixer les idées, nous pouvons reprendre le détail des états stables et du passage de l'un à l'autre. Prenons la situation de départ où T5 est conducteur; la tension U6 de son collecteur est quasi nulle. T4 est bloqué et la tension U2 est égale à celle de l'alimentation. Touchons le contact, la tension U1 diminue brusquement et cette impulsion est transmise par D3 à la base de T5 (tension U5) qui se bloque. Par conséquent T4 devient conducteur et la tension de son collecteur (U2) devient nulle (ou proche de 0 V). Cette situation reste stable.

A l'effleurement suivant, l'impulsion négative U1 est transmise par D2 à T4 (tension U3) qui se bloque. T5 conduit de nouveau et sa tension de collecteur redevient proche de 0 V.

Examinons maintenant comment l'étage de puissance tient compte des ordres élaborés par le bistable. C'est non seulement la tension U6 qui conditionne son fonctionnement, mais aussi la tension U1 dans le cas où le bistable n'est pas utilisé. Quand les tensions U6 ou U1 sont égales à la tension d'alimen-

tation, le transistor T6 est bloqué. Il ne permet donc pas le passage du courant, le relais est au repos et ses contacts sont ouverts. Par contre si les tensions U6 ou U1 sont basses (proches de 0 V), T6 est conducteur, le relais reçoit la tension d'alimentation et ses contacts se ferment.

LA RÉALISATION

Elle ne comporte aucune difficulté particulière; le circuit pourra être monté sur une platine ELEX de 80 mm x 100 mm (format 2), soit le demi format européen. La photo du montage (figure 7) vous montre cette réalisation en grandeur nature.

L'implantation des composants (figure 6) comporte deux fils de pontage dessinés en pointillé : AB et CD. Mettez-les en place si vous décidez d'utiliser le bistable et dans ce cas omettez le fil de pontage AD. Si vous n'utilisez pas le bistable, faites alors l'inverse. Vous pouvez même omettre de construire le bistable. Le concepteur du circuit a prévu cette éventualité en groupant les composants du bistable sur la moitié gauche de la platine. Dans ce cas une platine de 40 mm x 100 mm suffira. Cette option se justifie dans le cas où vous utilisez l'interrupteur comme bouton-poussoir à contact de travail pour

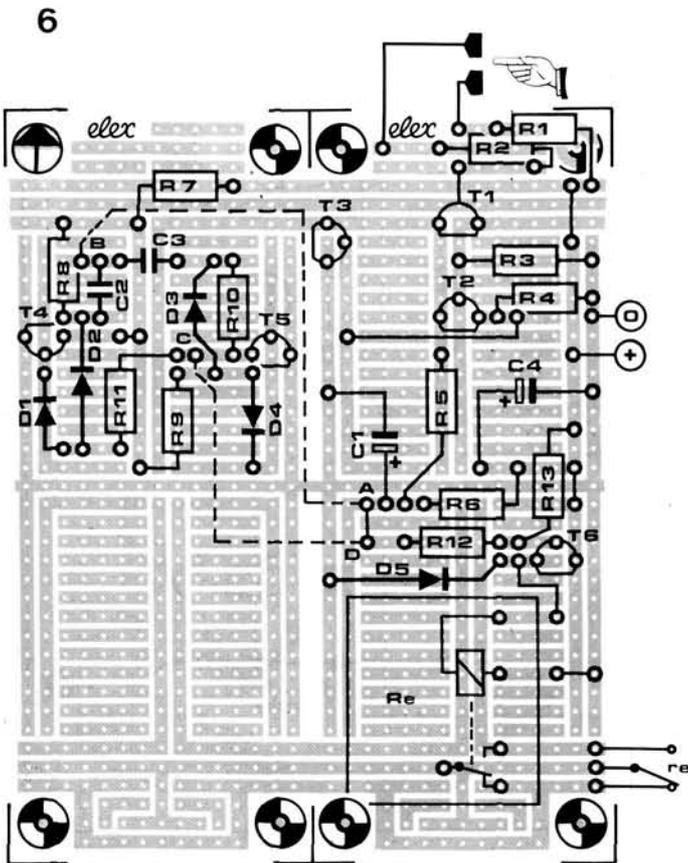


Figure 6 - L'implantation des composants est conçue de telle sorte que le bistable soit isolé sur la partie gauche de la platine. Si on ne souhaite pas le construire, il suffit de couper la platine en deux.

7

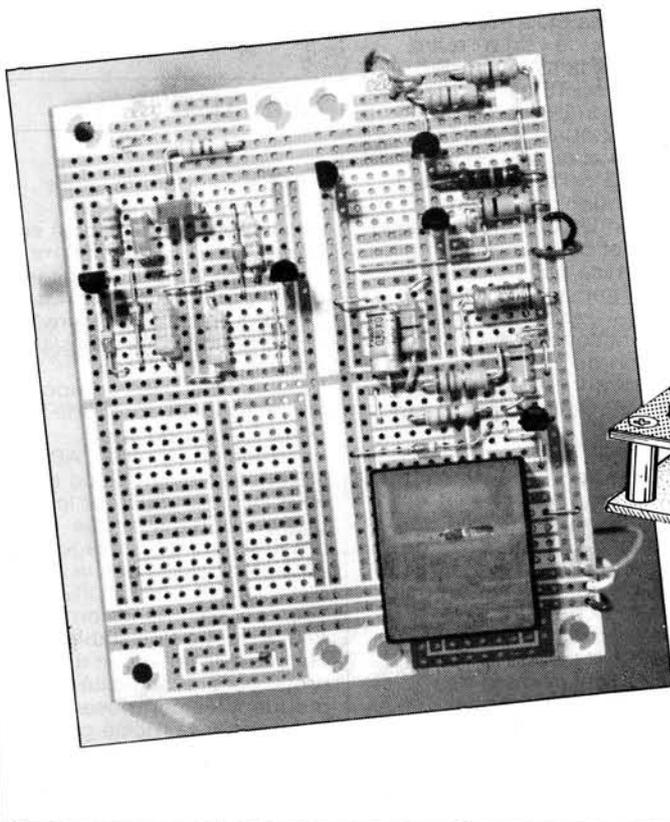


Figure 7 - La place disponible sur la platine permet d'y installer le relais et il reste un espace libre pour la pile.

commander une sonnette, un ouvre-porte etc. Dans les cas où vous l'employez comme interrupteur marche/arrêt, le bistable est indispensable.

Le circuit fonctionne correctement avec une tension d'alimentation comprise entre 6 V et 12 V. Une pile de 9 V fera l'affaire car la consommation du montage est minime: 3 mA sans le relais. Si votre choix se porte sur une alimentation par le secteur de 9 V, donnez au condensateur C1 la valeur de 10 μ F.

La figure 8 vous montre

comment brancher les contacts du relais: toujours en parallèle sur l'interrupteur de l'appareil à commander. Si vous décidez d'en faire un appareil de commande mobile utilisable pour différents usages, installez-le dans un boîtier en matière isolante. **Dans ce cas prenez la précaution de munir le boîtier d'une embase châssis à broches mâles** que vous raccordez aux contacts du relais. Une autre solution consiste à fixer aux bornes du relais un cordon à deux fils, muni à son autre extrémité d'une fiche secteur mâle. **Surtout n'installez**

8

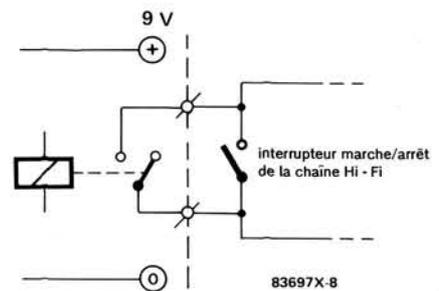
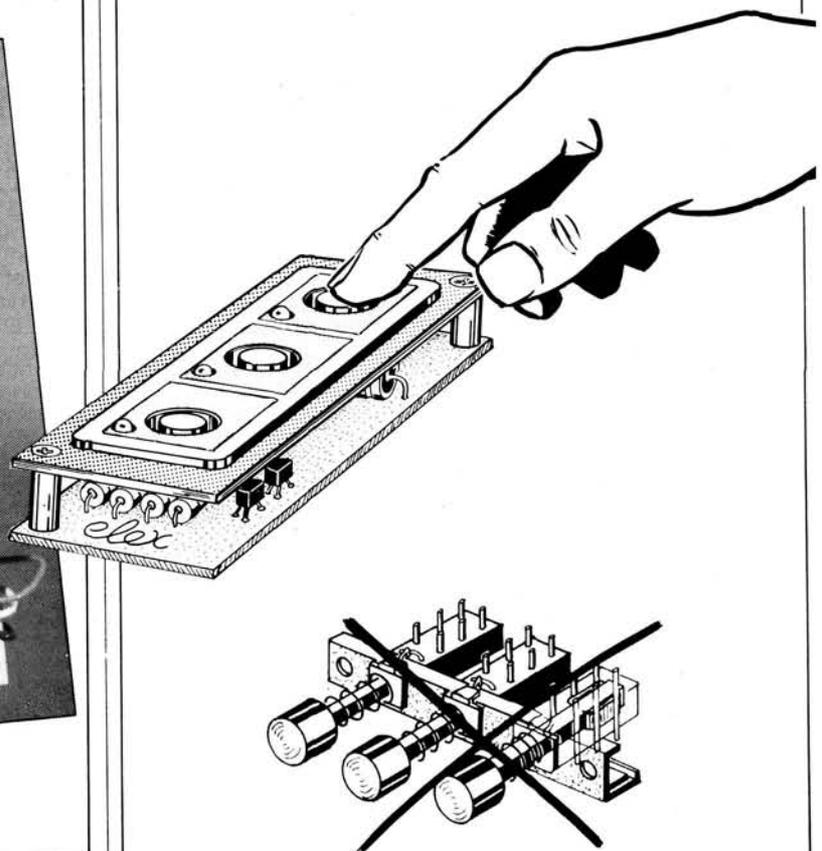


Figure 8 - Les bornes de contact du relais sont tout simplement raccordées en parallèle sur les bornes de l'interrupteur ... de votre chaîne stéréo par exemple.



jamais de prise secteur femelle sur le boîtier, c'est une question de bon sens!

Rien ne vous oblige à installer le contact à proximité du circuit. Une paire de fils dont la longueur n'est pas critique vous permet de déporter le contact à l'endroit qui vous convient le mieux. En effet la résistance de ce fil est négligeable par rapport aux autres résistances du circuit d'entrée. Vous pouvez aussi mettre plusieurs contacts en parallèle sur un même circuit d'entrée.

LA TOUCHE

Pour réaliser le contact, vous pouvez donner libre cours à votre imagination. Tous les coups sont permis pourvu que la touche que vous réaliserez comporte deux zones conductrices que l'extrémité d'un doigt peut aisément mettre en contact. Les plaques cuivrées pour circuits imprimés ainsi que les plaques d'expérimentation à bandes ou à pastilles cuivrées offrent beaucoup de possibilités.

Voici deux idées de réalisations pas trop compliquées. La première dérive d'une douille banane de 4 mm non isolée. Le bord antérieur qui dépasse la surface de montage constitue une électrode. L'autre électrode est un bout de fil rigide isolé, enfoncé dans la douille. La **figure 10** vous montre cela de façon explicite : la partie

Liste des composants:

R1,R2 = 4,7 MΩ
 R3 = 220 kΩ
 R4,R13 = 100 kΩ
 R5 = 47 Ω
 R6 = 22 kΩ
 R7,R12 = 4,7 kΩ
 R8,R10 = 47 kΩ
 R9,R11 = 470 kΩ

C1 = 1 μF/16 V (voir texte)
 C2,C3 = 100 nF
 C4 = 10 μF/16 V
 D1...D5 = 1N4148
 T1...T5 = BC547B
 T6 = BC557B

Divers :

1 platine expérimentale ELEX format 1 ou 2 (voir le texte)
 1 pile de 9 V
 1 relais (Siemens V23027-A0001-A101)

9

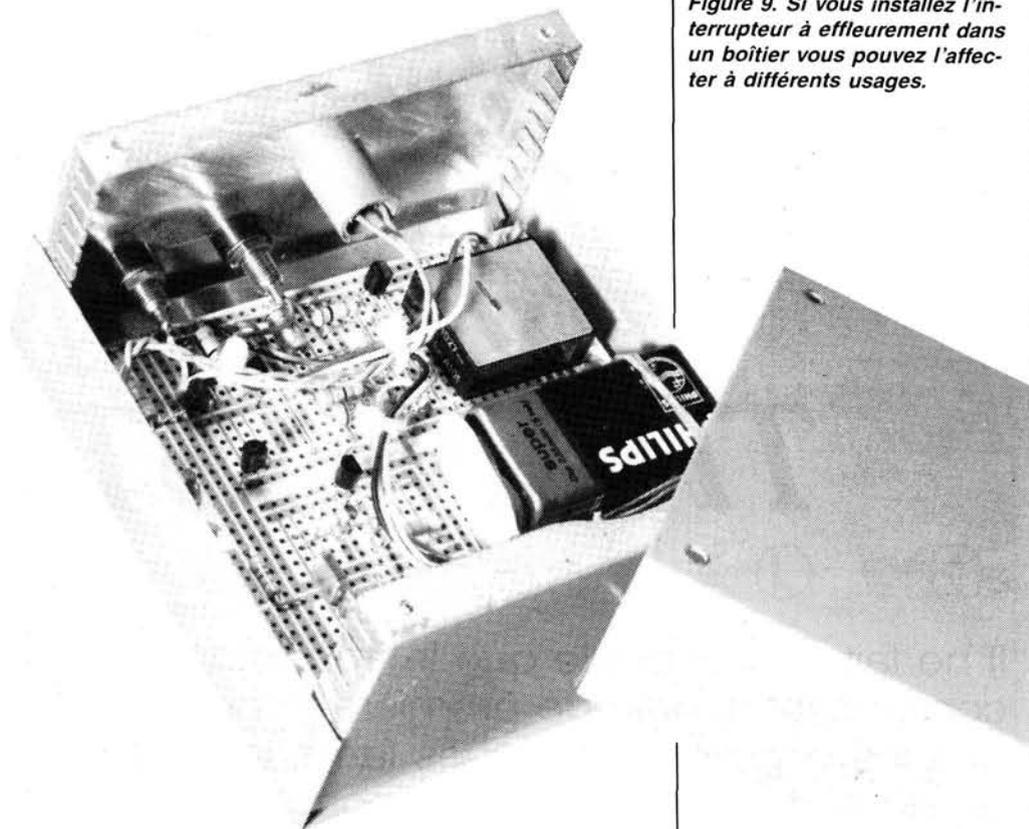


Figure 9. Si vous installez l'interrupteur à effleurement dans un boîtier vous pouvez l'affecter à différents usages.

10

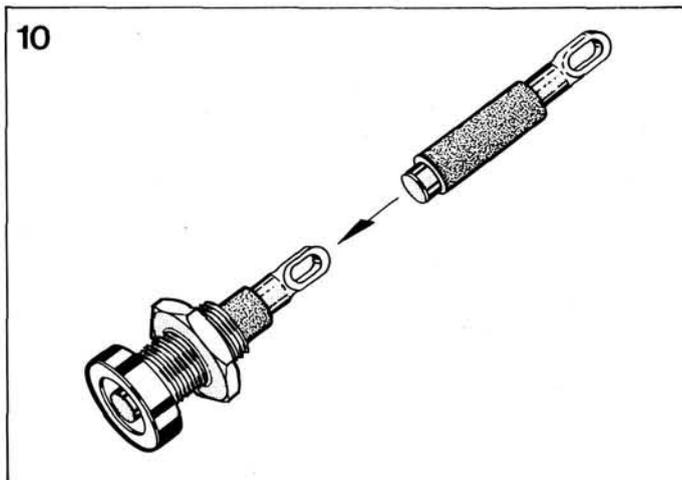


Figure 10 - Ce très bon contact est fabriqué à l'aide d'une douille banane et d'un fil en cuivre isolé.

arrière de la douille a été coupée. Un bout de fil isolé de 2,5 mm² de section devrait assurer un serrage convenable dans la douille. Sur l'extrémité antérieure de ce fil vous enfilerez une gaine isolante de 1 à 2 mm, car à la longue la crasse et l'humidité risquent de créer un pont. Ce modèle de contact convient très bien pour un montage sur le boîtier du circuit et à tous les endroits où l'on dispose d'un peu de profondeur derrière la surface de montage. Sa fixation par vis est très stable.

La deuxième réalisation ne coûte pas cher du tout mais elle demande un peu plus d'adresse. Vous prenez un clou de tapissier et une rondelle en forme de cuvette

que vous montez concentriquement. La difficulté sera de souder des picots sur l'arrière de la cuvette et de forer les trous de passage de ces picots à la bonne place dans le support. Un décentrage n'affecte pas le fonctionnement pour autant que les surfaces ne se touchent pas... La **figure 11** montre la façon de procéder dans le cas où le diamètre du clou de tapissier est supérieur au diamètre intérieur de la cuvette. Il suffit d'interposer une rondelle isolante. Ce contact doit être monté sur une surface isolante (plexiglas, bakélite, époxy...) sinon il est en court-circuit permanent. Les trois pointes peuvent être fixées par collage. Vous pouvez aussi les souder si vous avez choisi comme support une

11

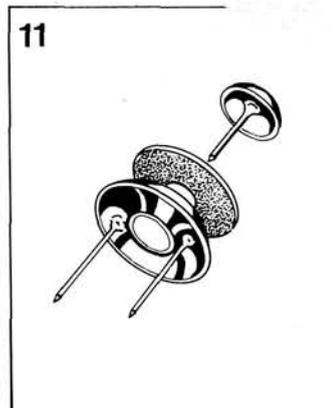


Figure 11 - Voici un contact dont la fabrication exige de l'adresse car il faut souder au bon endroit et forer avec précision.

plaquette à pistes ou à pastilles cuivrées. Le montage sur plaquette à pistes cuivrées facilite le raccordement du contact au circuit d'entrée.

QUELQUES EXPERIENCES AVEC UN TRANSISTOR.

Il ne fait aucun doute que le transistor est (encore?) un composant simple de première importance. D'aucuns pensent que les circuits intégrés, les fameuses puces ou "chips", ont damé le pion à ce modeste composant. Pourtant ces puces sont elles-mêmes constituées essentiellement de... transistors.

Avec quelques expériences simples il est aisé d'acquérir ou de renforcer ses connaissances sur le fonctionnement des transistors. On peut acquérir les composants nécessaires pour une somme modique chez la plupart des revendeurs de composants, si on ne les possède pas déjà chez soi. Voici les composants nécessaires :

- 1 pile plate de 4,5 V,
- 1 transistor BC547 (tout autre transistor NPN pour signaux faibles peut convenir : BC107, BC550...),
- 1 diode électroluminescente (LED) jaune,
- 1 résistance de 220 Ω 1/8 de W (watt),
- 1 potentiomètre de 100 k Ω linéaire (si possible avec cosse à souder et non pour circuit imprimé).

S'ils ne sont pas correctement soudés entre eux, les différents composants peuvent provoquer des courts-circuits (déchargeant ainsi la pile). Afin de prévenir un tel danger, il est recommandé de bien souder le potentiomètre, et même de l'assujettir mécaniquement en le vissant sur un support.

Nous allons tout d'abord tester la LED avec une résistance talon (résistance montée en série pour limiter le courant). La figure 2 nous montre ce circuit ainsi que le sens du courant. Si tout est monté correctement et si l'on a respecté les polarités, l'allu-

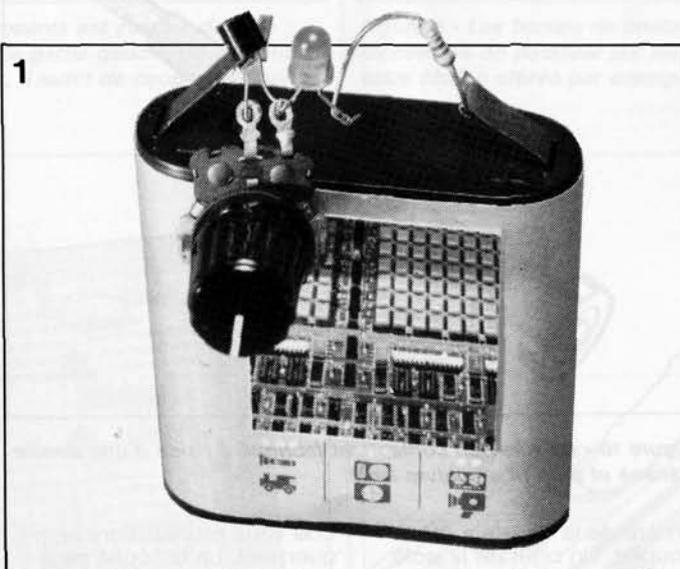


Figure 1 - Pas très joli ce "montage volant", mais très rapide et très pratique si on fait abstraction des courts-circuits et autres catastrophes possibles.

mage de la LED indique qu'il circule un courant. La LED est donc un indicateur de courant, dans la mesure où l'intensité de la lumière qu'elle émet est (dans certaines limites) proportionnelle à l'intensité du courant qui la traverse.

L'étape suivante consiste à ajouter un potentiomètre à ce montage. La borne du curseur est reliée à l'une des extrémités de la piste, si bien que le potentiomètre devient une résistance variable ou rhéostat (figure 3). Avec ce

potentiomètre, on peut commander le courant dans le circuit. Plus sa résistance sera forte et plus le courant sera faible. Quand le curseur du potentiomètre est en fin de course du côté de la connexion de la LED, celle-ci s'allume avec la même intensité que dans l'expérience précédente. Si l'on tourne l'axe du potentiomètre en sens inverse, la LED va s'éteindre très rapidement car la résistance du potentiomètre utilisé est relativement élevée.

Poursuivons notre expérience en ajoutant un transistor dans le circuit (figure 4). Dans un premier temps les résultats seront les mêmes que ceux du montage précédent. En effet, la jonction base-émetteur est polarisée de telle façon quelle se comporte comme

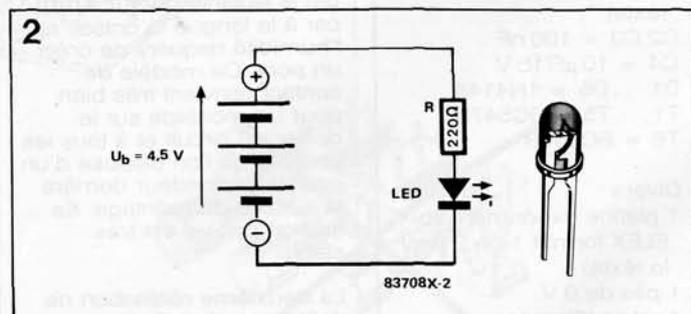


Figure 2 - Le courant qui traverse ce circuit provoque l'allumage de la diode. Une résistance talon limite le courant qui traverse la diode.

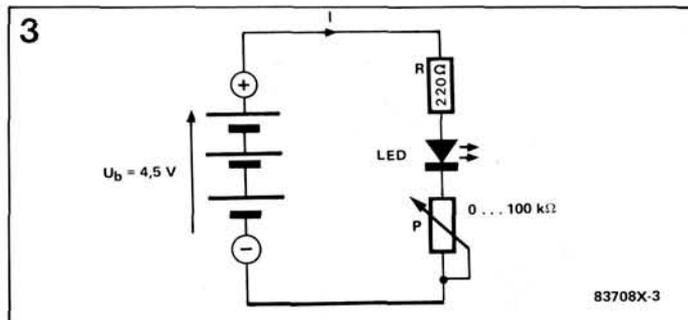


Figure 3 - Si l'on place un potentiomètre en série, on diminue le courant. La résistance devient alors si importante que la LED ne s'allume qu'au moment où le curseur arrive à l'extrémité de la piste du potentiomètre.

une diode connectée dans le sens passant. Pour comprendre ceci reportons-nous à la figure 5 dans laquelle le symbole du transistor est remplacé par celui de deux diodes.

Si l'on modifiait ce montage en reliant le collecteur du transistor au potentiomètre (au lieu d'y relier la base) le courant ne passerait plus car la jonction base-collecteur réagirait alors comme une diode polarisée en sens inverse (sens bloquant).

Par contre, en raccordant ce collecteur au point de jonction situé entre la LED et le potentiomètre, on modifie complètement le circuit. (figure 6). On peut régler graduellement l'intensité lumineuse de la LED au moyen du potentiomètre car le courant qui traverse la LED passe maintenant par le transistor.

La figure 7 représente le même schéma que la figure 6, mais elle fait mieux ressortir le nouveau parcours du courant principal.

Comme nous l'avons constaté au cours de l'expérience de la figure 3, seul un très faible courant peut circuler dans le potentiomètre à cause de sa résistance trop élevée (la LED ne s'allumait vraiment qu'en bout de course). Le faible courant du potentiomètre traverse la jonction base-émetteur pour rejoindre le pôle négatif de la pile. Le courant qui traverse cette jonction, ou **courant de base**, donne naissance à un courant beaucoup plus puissant dans la diode collecteur-base, ou **courant de collecteur**. Les deux courants de base et de collecteur s'écoulent par l'émetteur. C'est le courant de collecteur qui allume la LED. Base et collecteur sont tous deux positifs par rapport à l'émetteur.

En résumé :

a) A travers la résistance de 220 Ω, la LED, le potentiomètre, et la jonction base-émetteur, passe un courant de base de faible intensité qui rend passante la jonction base-émetteur. L'intensité de ce courant peut être réglée à l'aide du potentiomètre.

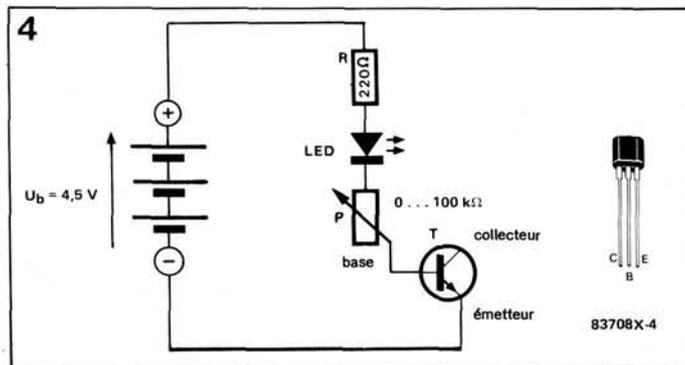


Figure 4 - Le fait d'ajouter un transistor n'y change rien car la jonction base-émetteur est passante.

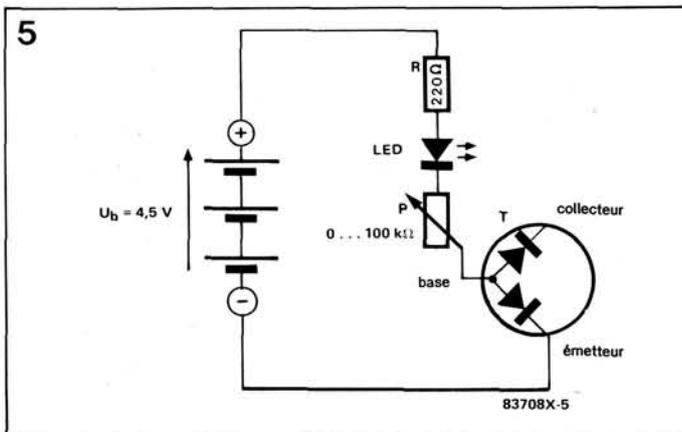


Figure 5 - La jonction base-émetteur de la figure 4 se comporte comme une diode polarisée en direct (sens passant).

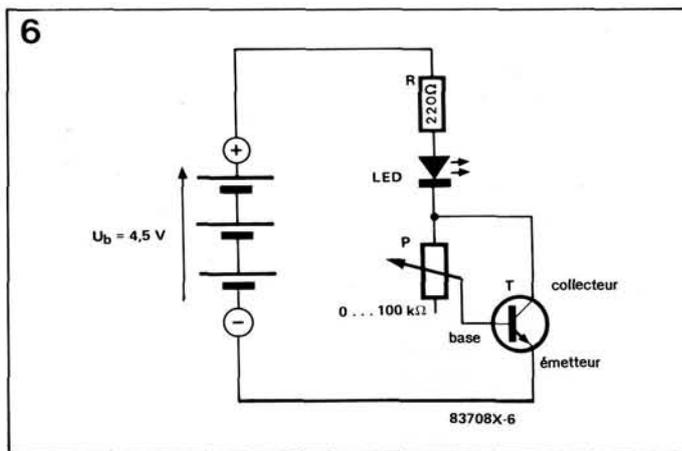


Figure 6 - Ici le collecteur est connecté à la LED sans passer par le potentiomètre, ce qui permet de régler très progressivement la luminosité de la LED en agissant sur le courant de base du transistor.

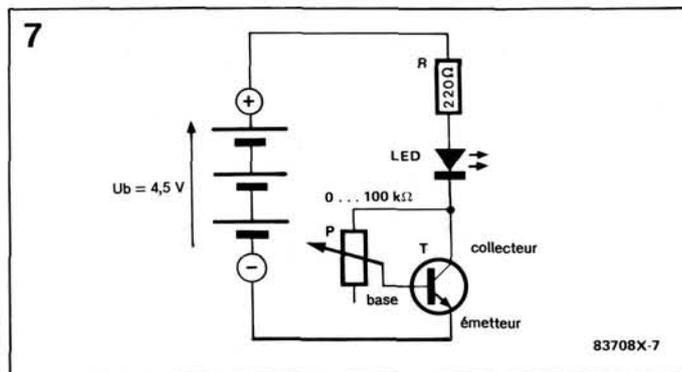


Figure 7 - Ce schéma est le même que celui de la figure 6. Le courant principal de la LED passe par le collecteur et l'émetteur. Le potentiomètre ne "prélève" qu'un faible courant.

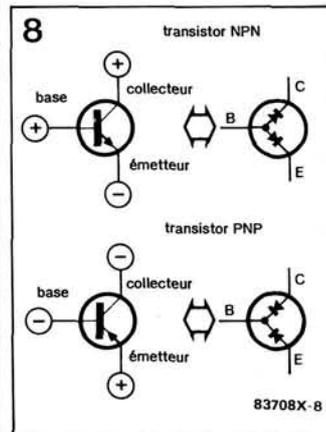


Figure 8 - Les transistors PNP fonctionnent de la même façon que les transistors NPN que nous venons d'étudier. La base et le collecteur des transistors PNP doivent être polarisés négativement par rapport à l'émetteur.

b) Ce courant rend la jonction collecteur-émetteur passante, ce qui entraîne un courant de collecteur beaucoup plus fort à travers la résistance de 220 Ω et la LED. On dit alors que le **courant de base est amplifié**.

La relation qui existe entre le courant de collecteur et le courant de base, ou gain du transistor (B) est la suivante :

B = courant de collecteur/courant de base

Le gain B des transistors pour les signaux faibles (BC 547 par exemple) est de l'ordre de 100 à 500. Le gain des transistors de puissance va de 20 à 150 environ.

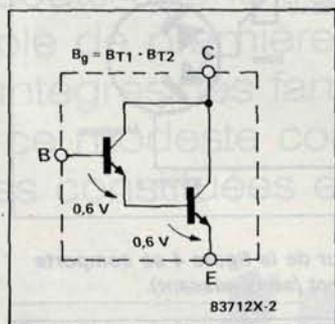
Les transistors ne sont pas classés uniquement en fonction de leur puissance. Ceux que nous venons d'évoquer, appelés aussi transistors bipolaires, comprennent deux groupes bien distincts: les transistors NPN et les transistors PNP. Ils fonctionnent tous suivant le même principe, mais la polarité des jonctions est inversée. La figure 8 montre les symboles représentant ces deux types de transistors, ainsi que la polarité de leurs jonctions et de leur alimentation.

LE TRANSISTOR

Vous avez dit bizarre ? Soit, mais le fait est que le montage Darlington, dont il est question ici, présente des similitudes avec le turbo-compresseur des moteurs à explosion. Tout comme le compresseur augmente le flux d'air qui alimente le moteur par le (ou les) carburateur(s), le transistor T1 du montage Darlington (**figure 1**) amplifie le courant qui alimente la base du transistor T2. T1 multiplie par son gain propre l'intensité du courant injecté à l'entrée du montage, en B1. Le courant de collecteur qui en résulte, sortant par E1, n'est autre que le courant de base du deuxième transistor. T2 à son tour multiplie ce courant par son gain propre. Le courant de sortie est disponible en E2 et C2. Le gain global du circuit est énorme. Si par exemple chacun des deux transistors travaille avec un gain en courant de 200, l'amplification globale qui en résulte est de :

$$200 \times 200 = 40000$$

La tension minimale requise pour commander un montage Darlington est le double de la tension de seuil — donc elle est comprise entre 1,2 V et 1,4 V pour des transistors au silicium — puisque les deux jonctions sont connectées en série (**figure 2**).



En pratique, on considère le montage Darlington comme un seul transistor, présentant une tension de seuil double et un gain en courant égal au produit des gains unitaires des deux transistors.

La tendance à la miniaturisation des composants électroniques a conduit à la fabrication de transistors Darlington, intégrant dans un composant unique un montage Darlington et parfois des éléments connexes. Le **tableau 1** indique les caractéristiques de quelques types courants. Dans les darlington de puissance, on incorpore des résistances entre base et émetteur pour assurer un fonctionnement stable. En contrepartie, le gain en courant se trouve ramené à des valeurs inférieures aux valeurs théoriquement possibles. Une diode accessoire protège les transistors contre les tensions inverses. Des tensions inverses se présentent lorsque le montage est utilisé pour la commutation de charges inductives, des relais par exemple. Des montages Darlington à trois transistors ou plus sont possibles en principe, cependant il faut là aussi prévoir des résistances entre base et émetteur, pour éviter que soient amplifiés les courants de fuite indésirables entre

collecteur et émetteur. C'est pourquoi les gains en courant théoriques — par exemple 8 000 000 avec trois transistors de gain unitaire 200 — ne peuvent pas être atteints. La tension base-émetteur du montage augmente de 0,6 (0,7) V pour chaque transistor supplémentaire. La tension de saturation collecteur-émetteur augmente d'autant, et il faut en tenir compte pour le calcul de la puissance dissipée ($P = U \times I$).

Un truc mnémo-technique pour finir : les darlington de la famille **BDxxx** en boîtier TO 202 (représenté ci-dessous) et TO 220 présentent la **Base à Droite**, contrairement à leurs cousins de la famille TIPxxx. Les deux familles ont le **Collecteur au Centre**, parce qu'il est relié à la surface métallique au dos du boîtier.

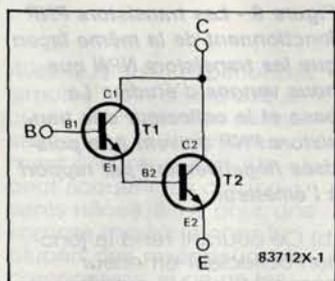
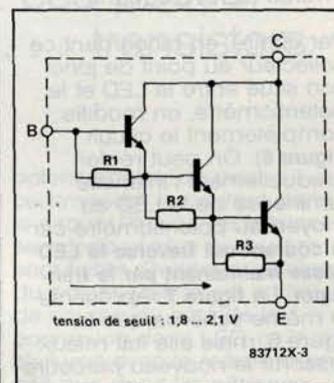
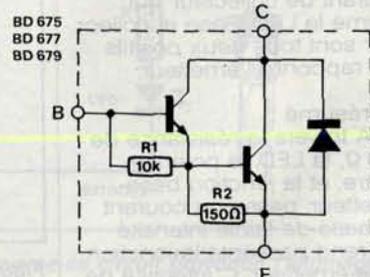
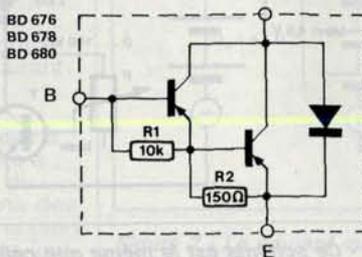
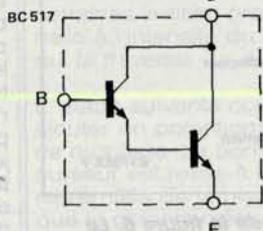
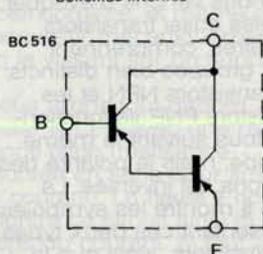


Tableau 1.

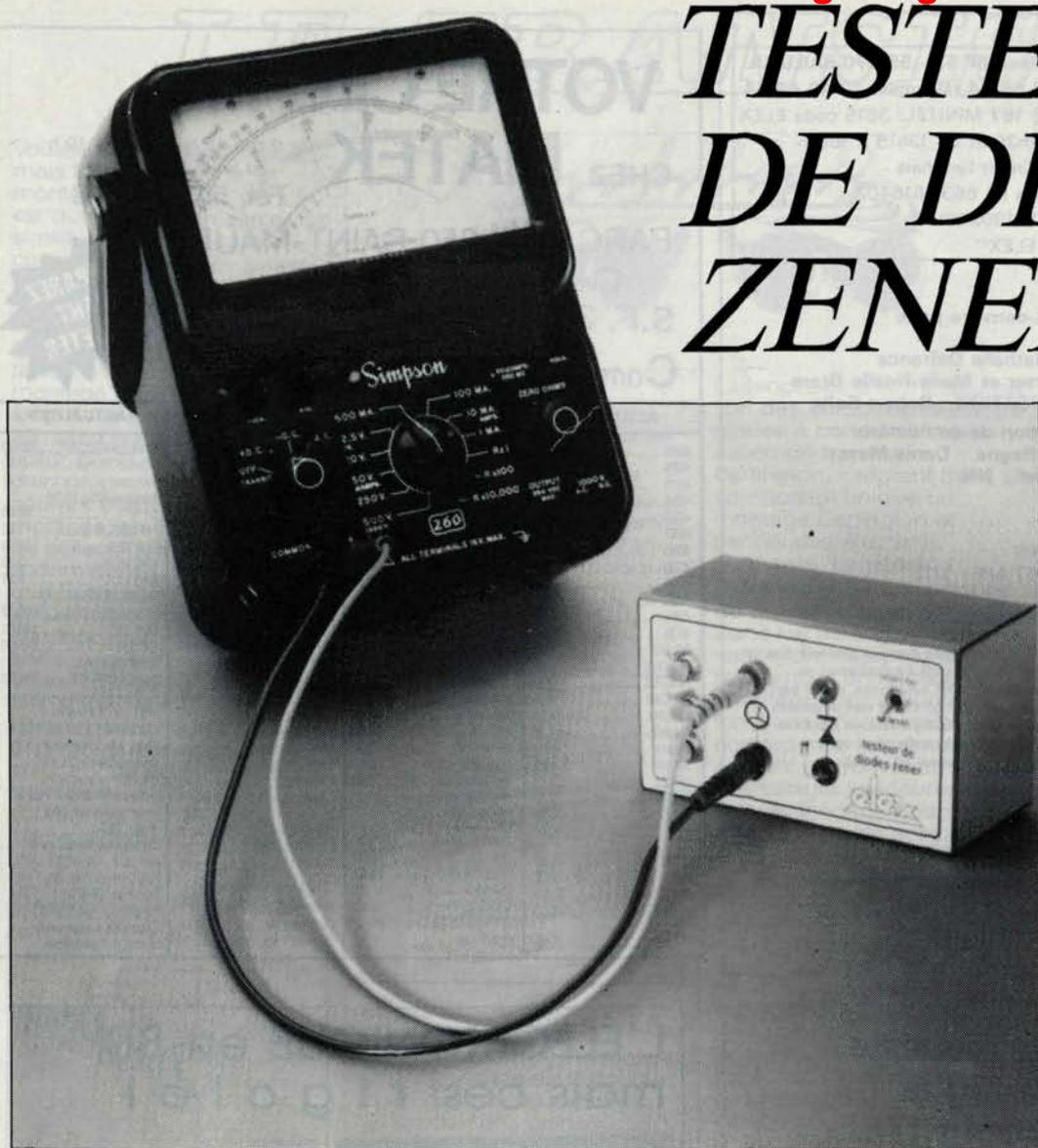
Type	Polarité	Tension collecteur-émetteur	Valeurs maximales			
			Courant de collecteur	Puissance dissipée	Courant de fuite collecteur-base	Gain en courant
BC 516	PNP	30 V	400 mA	625 mW	< 100 nA	> 30 000
BC 517	NPN	30 V	400 mA	625 mW	< 100 nA	> 30 000
BD 675	NPN	45 V	4 A	40 W	< 200 nA	> 750
BD 676	PNP	45 V	4 A	40 W	< 200 nA	> 750
BD 677	NPN	60 V	4 A	40 W	< 200 nA	> 750
BD 678	PNP	60 V	4 A	40 W	< 200 nA	> 750
BD 679	NPN	80 V	4 A	40 W	< 200 nA	> 750
BD 680	PNP	80 V	4 A	40 W	< 200 nA	> 750



Schémas internes



TESTEUR DE DIODES ZENER



«Quelle est la tension zener de cette diode dont l'inscription est devenue illisible ?»
 «Fonctionne-t-elle encore correctement ?»
 «Au fait, est-ce bien une diode zener ?»

Les diodes stabilisatrices de tension ne sont pas toutes des diodes zener. L'**effet zener**, découvert par Monsieur Zener, ne se produit que dans une plage de tensions restreinte comprise entre 2,7 V et 5 V. L'effet stabilisateur de tension qui se manifeste au-delà de 5 V s'appelle **effet d'avalanche** et les diodes dans lesquelles est utilisé cet effet sont en réalité des diodes à avalanche, polarisées en inverse. Au-delà d'une certaine valeur de la tension inverse, un courant s'établit à travers la diode dans le sens normalement bloqué.

Les stabilisateurs de tension dont la tension zener est

située en-dessous de 2,7 V sont de fausses diodes zener. Il s'agit en réalité de deux ou de trois simples **diodes au silicium** connectées en série et encapsulées dans un seul tube en verre. Pour éviter ces distinctions subtiles, on devrait appeler l'ensemble de ces stabilisateurs de tension "diodes Z", ou encore diodes stabilisatrices de tension. Nous utiliserons ces deux appellations dans la suite de cet article.

TRIPLE FONCTION

Le testeur de diodes zener qui vous est présenté ici est capable de vérifier les trois

types de diodes stabilisatrices de tension. Associé à un multimètre, le testeur de diodes Z décèle immédiatement et avec certitude :
 1° si la diode Z fonctionne encore,
 2° dans quelle mesure la tension stabilisée est indépendante du courant qui traverse la diode Z (la qualité de la diode),
 3° quelle est la tension stabilisée par une diode Z d'origine inconnue, ou dont le marquage est illisible.

Habituellement la tension zener est inscrite sur le corps de la diode Z : par exemple "4V7" ou "5V6", ce qui signifie 4,7 V ou 5,6 V. Certaines diodes Z d'origine américaine portent un

numéro de type dont la série commence par l'inscription 1N. . . . Pour en connaître la tension zener, il faut consulter une table de données . . . à moins de posséder un bon testeur de diodes Z.

LA TENSION STABILISÉE (TENSION ZENER) D'UNE DIODE IDÉALE RESTE INVARIABLE QUELLE QUE SOIT L'INTENSITÉ DU COURANT QUI LA TRAVERSE

La tension stabilisée (tension zener) d'une **diode idéale** reste invariable quelle que soit l'intensité du courant qui la traverse. La **figure 2a** traduit cette caractéristique en courbe de fonctionnement. La diode reste bloquée et ne laisse passer aucun courant jusqu'à ce que la tension zener soit atteinte. Dès que cette tension est dépassée, le courant circule : la partie montante de la courbe indique que la tension reste rigoureusement constante pendant que le courant croît de zéro à cinquante milliampères. La **partie passante de la courbe d'une diode idéale est une droite parfaitement verticale.**

Lorsqu'une tension variable U_B règne aux bornes d'un circuit constitué d'une résistance talon et d'une diode zener idéale montées en série, *seule l'intensité du courant qui traverse la diode subira des variations tandis que la différence de potentiel U_Z aux bornes de cette diode, restera invariable.* Voilà la raison pour laquelle les diodes Z sont tellement utiles dans les alimentations stabilisées.

Aucune diode Z n'atteint malheureusement cette qualité idéale, mais toutes s'en rapprochent plus ou moins. La courbe de la **figure 2b** est celle d'une **diode Z réelle**. On voit que la droite montante n'est pas verticale, mais qu'elle est inclinée légèrement. Cette inclinaison traduit le fait que la tension n'est pas stabilisée parfaitement, et qu'elle

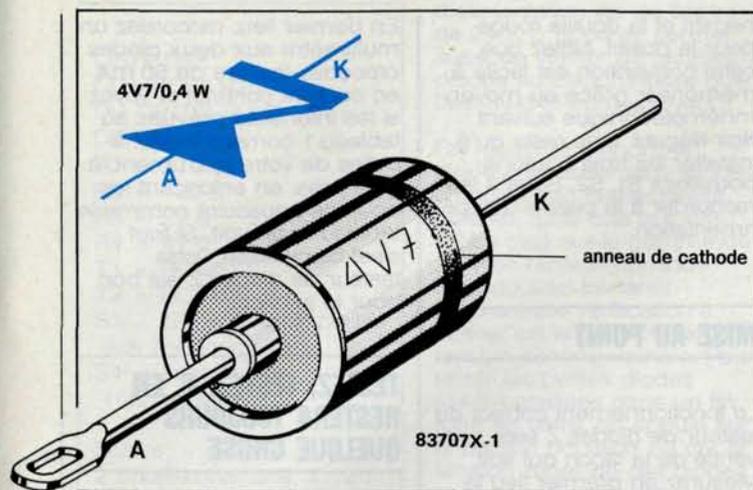


Figure 1 - Ce dessin indique la concordance entre le symbole d'une diode Z et le composant réel. La cathode se trouve du côté de l'anneau de cathode. La tension zener est inscrite sur le corps de la diode.

dépend (dans une petite proportion) du courant qui traverse la diode. La qualité d'une diode dépend donc de l'inclinaison de cette droite : elle est d'autant meilleure que l'angle formé entre la droite et la verticale est petit. Le testeur de diodes Z nous permet de vérifier la valeur de la tension stabilisée pour trois intensités de courant différentes.

LE CIRCUIT

Le schéma de principe de notre testeur de diodes Z est celui de la figure 3 : tension continue, résistance talon et diode Z. A partir du moment où la tension U_B devient supérieure à la tension zener de la diode, celle-ci est parcourue par un courant dont l'intensité est limitée par la résistance talon. Concrètement, si nous prenons une tension continue de 9 V, une résistance talon de 1 k Ω et une tension zener de 4,7 V, la tension aux bornes de la résistance talon sera de $9\text{ V} - 4,7\text{ V} = 4,3\text{ V}$. L'intensité du courant qui parcourt la résistance, et donc la diode, sera de $4,3\text{ V} / 1\text{ k}\Omega = 4,3\text{ mA}$.

Remplaçons maintenant la diode Z de ce montage expérimental par une 6V8 par exemple. La tension disponible aux bornes de la résistance talon ne sera plus que 2,2 V et le courant de la diode de 2,2 mA.

Dès lors une conclusion s'impose : si nous souhaitons contrôler des diodes Z dont la tension zener est totalement inconnue, sans avoir à modifier la tension d'alimentation chaque fois que la tension zener inconnue diffère de celle de la diode précédente, il est impossible d'utiliser des résistances talon dans le

testeur de diodes Z. Par conséquent nous emploierons un drain de courant (c'est l'inverse d'une source de courant) constant au lieu d'une résistance talon.

Pour vérifier la qualité des diodes Z, nous sommes obligés de les soumettre à trois courants d'intensité différente. La source de courant constant sera donc commutable sur trois intensités différentes.

UN DRAIN DE COURANT (CONSTANT) COMMUTABLE

Les réflexions qui précèdent nous ont permis d'esquisser les caractéristiques du testeur de diodes Z. La figure 4 nous en montre le schéma détaillé. Le drain de courant constant commutable est constitué par le circuit des transistors T1 et T2, qui absorbe le courant de diode. Il draine le courant comme un égoût draine les eaux de ruissellement.

La finalité de ce circuit est de créer un courant constant d'intensité connue. Son fonctionnement n'est pas facile à saisir à première vue car le circuit des transistors T1/T2 paraît assez confus. L'interconnexion des deux transistors semble les refermer sur eux-mêmes comme pour les obliger à tourner en rond. Pour y voir clair, commençons par admettre que l'interrupteur S1 est fermé. Un courant s'établit dans le circuit : du pôle "+", par la diode Z, T1 et R1 vers la masse. Le courant qui parcourt R1 donne naissance à une différence de potentiel aux bornes de cette résistance. Cette différence de potentiel ne dépasse toutefois jamais 0,6 V car T2 devient conducteur dès que

cette différence de potentiel atteint le seuil de conduction (tension base-émetteur)

A partir du moment où T2 devient conducteur, un processus de stabilisation de la tension aux bornes de R1 se met en route : suivez attentivement cet enchaînement. L'intensité du courant passant par R4 devient plus importante. La chute de potentiel aux bornes de R4 augmente. La tension de la base de T1 diminue par rapport à la masse. Le transistor T1 devient moins conducteur, ce qui provoque une diminution du courant qui traverse la diode Z, T1 et la résistance R1. La tension aux bornes de R1 diminue. Vous constatez que l'action de T1 empêche la tension aux bornes de R1 de dépasser 0,6 V.

On peut donc affirmer que le circuit T1/T2 maintient la

tension aux bornes de R1 constamment égale à 0,6 V, et que de cette façon, il stabilise l'intensité du courant à travers la diode. Il constitue donc un drain de courant constant pour cette diode.

La chute de tension à travers la résistance R1 restera toujours égale à 0,6 V, quelle que soit la valeur de cette résistance. Si nous modifions celle-ci, l'intensité du courant constant prendra une autre valeur ($I_Z = 0,6\text{ V} / R_{1/2/3}$). Par conséquent nous sommes en mesure d'envoyer à travers la diode Z différentes intensités de courant de valeur connue, d'après le bouton poussoir que nous enfonçons.

Si nous agissons simultanément sur deux boutons poussoirs, deux résistances seront connectées en parallèle et si les trois interrupteurs sont fermés en même temps, les trois résistances

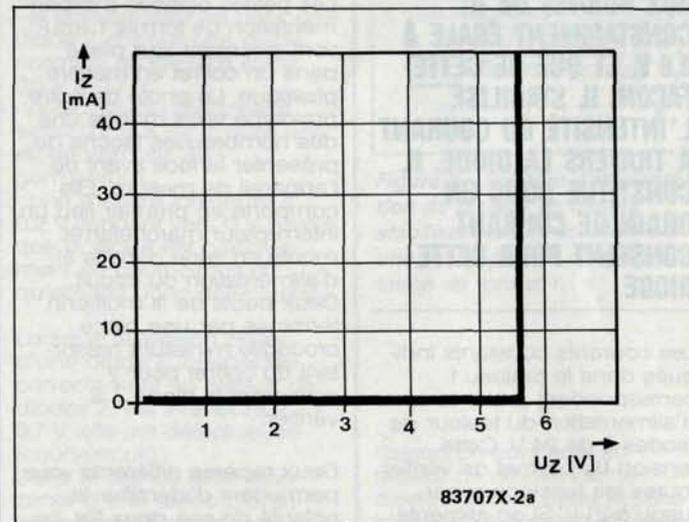


Figure 2a - Courbe caractéristique d'une diode zener idéale. Dès que la tension inverse a dépassé la tension zener, la tension aux bornes de la diode reste rigoureusement indépendante du courant de diode.

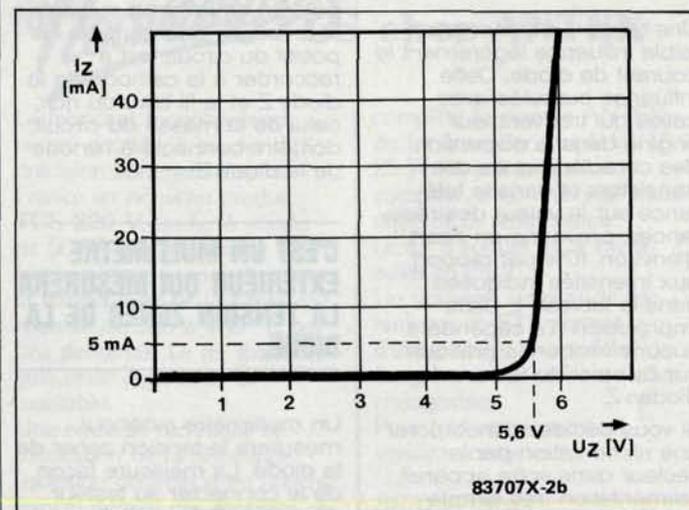


Figure 2b - Courbe de fonctionnement d'une diode zener réelle. La tension zener augmente légèrement avec l'intensité du courant de diode. Afin de pouvoir vérifier cette caractéristique qui trahit la qualité d'une diode, le concepteur a pourvu le testeur de diodes Z d'un dispositif qui permet de soumettre la diode Z à des courants d'intensité différente.

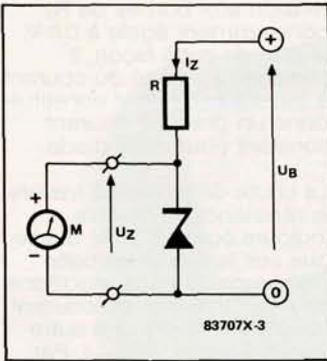


Figure 3 - Schéma de principe d'un testeur de diodes Z.

agissent parallèlement. Ainsi, grâce à trois résistances seulement, nous obtenons sept intensités de courant différentes (voir tableau 1).

ON PEUT DONC AFFIRMER QUE LE CIRCUIT T1/T2 MAINTIEN LA TENSION AUX BORNES DE R1 CONSTAMMENT ÉGALE À 0,6 V, ET QUE DE CETTE FAÇON, IL STABILISE L'INTENSITÉ DU COURANT À TRAVERS LA DIODE. IL CONSTITUE DONC UN DRAIN DE COURANT CONSTANT POUR CETTE DIODE

Les courants constants indiqués dans le tableau 1 correspondent à une tension d'alimentation du testeur de diodes Z de 24 V. Cette tension U_B permet de vérifier toutes les tensions zener jusqu'à 21 V. Si on alimente le testeur au moyen de deux piles de 9 V connectées en série (18 V), l'appareil sera encore capable de vérifier les tensions zener inférieures ou égales à 15 V.

Une tension d'alimentation faible influence légèrement le courant de diode. Cette influence cumulée avec celles qui trouvent leur origine dans la dispersion des caractéristiques des transistors et dans la tolérance sur la valeur des résistances, provoque un écart d'environ 10% par rapport aux intensités indiquées dans le tableau 1. Cette imprécision n'a cependant aucune incidence pratique sur l'emploi du testeur de diodes Z.

Si vous décidez d'incorporer une alimentation par le secteur dans votre appareil, l'alimentation très simple dont le schéma est tracé dans la figure 5 suffira amplement.

LA CONSTRUCTION

Un circuit aussi simple que

bouton	I_z pour $U_B \approx 24 V$
S1	2,22
S2	5
S3	21,3
S1 + S2	7,2
S1 + S3	23,5
S2 + S3	26
S1 + S2 + S3	28,4

celui du testeur de diodes Z est très facile à implanter sur une platine d'expérimentation. Le schéma d'implantation des composants (figure 6) exclut toute erreur de câblage. Il vous suffit de souder les quelques composants soigneusement et tout ira bien.

Les petites platines d'expérimentation de format 1 trouvent aisément leur place dans un coffret en matière plastique. La photo de notre prototype vous montre une des nombreuses façons de présenter la face avant de l'appareil de mesure. Elle comporte en premier lieu un interrupteur marche/arrêt monté en série dans le fil d'alimentation du circuit. Deux bouts de fil multibrin terminés par une pince crocodile miniature ressortent du coffret pour y connecter la diode Z à vérifier.

Deux repères différents vous permettent d'identifier la polarité de ces deux fils. Le symbole d'une diode Z dessiné sur le coffret marque la connexion de l'anode et celle de la cathode. La couleur des fils de connexion confirme cette polarité de la façon suivante : le fil rouge, celui du pôle positif du circuit, est à raccorder à la cathode de la diode Z et le fil bleu ou noir, celui de la masse du circuit, doit être connecté à l'anode de la diode Z.

C'EST UN MULTIMÈTRE EXTÉRIEUR QUI MESURERA LA TENSION ZENER DE LA DIODE.

Un multimètre extérieur mesurera la tension zener de la diode. La meilleure façon de le connecter au testeur de diodes Z équipé de douilles banane de 4 mm pour châssis est d'utiliser deux cordons de mesure de couleur différente. Ici également il convient de respecter la polarité et les conventions : la douille noire pour le

négatif et la douille rouge pour le positif. Notez que cette convention est facile à mémoriser grâce au moyen mnémotechnique suivant : **Noir-Négatif**. Il ne reste qu'à installer les trois boutons poussoirs S1, S2, S3 et à les raccorder à la platine d'expérimentation.

MISE AU POINT

Le fonctionnement correct du testeur de diodes Z sera vérifié de la façon qui suit. Mesurez en premier lieu la tension d'alimentation. Reliez ensuite les deux pinces crocodile entre elles, enfoncez un des boutons poussoirs puis mesurez la tension de la base de T1 (1,2 V environ) et celle de la base de T2 (0,6 V environ).

En dernier lieu, raccordez un multimètre aux deux pinces crocodile (calibre de 50 mA en courant continu) et voyez si les intensités prévues au tableau 1 correspondent à celles de votre instrument, à 10% près, en enfonceant les boutons poussoirs comme le tableau le prévoit. Si tout s'est bien passé, votre testeur de diodes Z est bon pour le service.

TESTEZ, TESTEZ, IL EN RESTERA TOUJOURS QUELQUE CHOSE

Le testeur de diodes Z permet de tester des diodes dont la tension zener est située entre 1,5 V et 15 V si sa tension d'alimentation est de 18 V, ou entre 1,5 V et 21 V environ si la tension

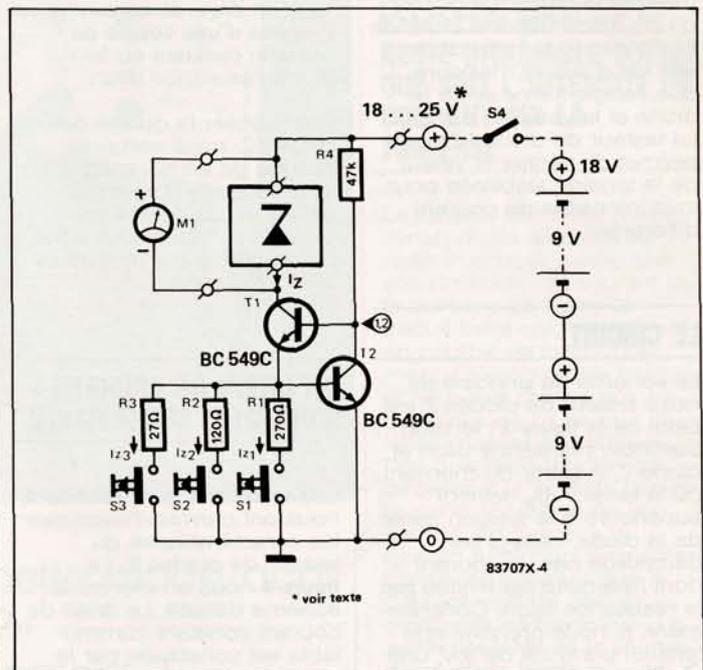


Figure 4 - Le schéma réel est un peu plus compliqué que le schéma de principe. La résistance talon a été remplacée par un circuit T1/T2 qui appelle, au travers de la diode Z, un courant d'intensité constante.

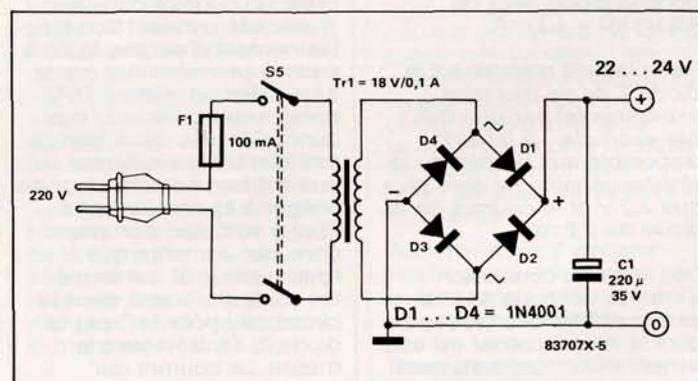


Figure 5 - Cette alimentation de secteur très simple remplace avantageusement les deux piles de 9 V prévues sur le schéma de l'appareil. L'utilisation d'un bloc d'alimentation de fabrication industrielle, moulé sur une prise électrique présente des garanties de sécurité presque optimales.

LISTE DES COMPOSANTS DU TESTEUR DE DIODES-Z

- R1 = 270 Ω
- R2 = 120 Ω
- R3 = 27 Ω
- R4 = 47 Ω
- T1 = BC549C
- T2 = BC549C
- S1...S3 = bouton poussoir monopolaire
- S4 = interrupteur monopolaire

- Divers :
- 2 douilles banane, 4 mm
 - 2 câbles multibrins avec pince crocodile
 - 1 platine d'expérimentation de format 1 (40 mm x 100 mm)
 - 2 piles de 9 V
 - 2 connecteurs pour pile de 9 V
 - 1 coffret matériel de montage (visserie, entretoises, etc)

LISTE DES COMPOSANTS POUR L'ALIMENTATION

- Tr1 = transformateur 18 V/0,1A
- F1 = fusible 5 x 20 mm, retardé, avec porte-fusible
- S5 = interrupteur 220 V bipolaire
- D1...D4 = 1N001
- C1 = 220 μF/35 V

- Divers :
- 1 cordon de secteur avec prise de terre
 - 1 porte-fusible
 - 1 coffret matériel de montage (visserie, entretoises, etc)

d'alimentation est de l'ordre de 24 V. L'appareil permet aussi de vérifier de simples diodes au silicium telles que des 1N4148 ou des 1N4001.

On raccorde d'abord la diode Z à vérifier (aux pinces crocodile) en respectant la polarité, ainsi que le multimètre calé sur la gamme de 20 V en tension continue (aux douilles banane).

La première vérification à opérer est le contrôle de la tension zener nominale. Pour tester les petites diodes (0,4 W) scellées dans un fin tube en verre, on appuie sur le bouton poussoir S2 car la tension zener de ces diodes correspond, dans les normes de fabrication, à un courant I_Z de 5 mA. Lorsqu'on vérifie une diode Z de 1 W, on appuie simultanément sur les trois boutons poussoirs pour faire passer le courant maximum à travers la diode.

La deuxième opération consiste à vérifier la qualité de la diode Z. Pour ce faire, on appuie à tour de rôle sur les boutons poussoirs en respectant la séquence du tableau 1 et en comparant chaque fois la tension indiquée par le multimètre à l'indication précédente. La qualité d'une diode est d'autant meilleure que la différence entre les tensions successives est petite. L'augmentation moyenne de la tension zener d'une 5V6/0,4 W est de 0,2 V lorsque l'intensité du courant de diode passe de 5 mW à 28...30 mW.

Si le multimètre affichait une tension de l'ordre de grandeur de la tension d'alimentation, cela pourrait signifier que :

- la valeur de la tension zener de la diode Z est supérieure à la tension zener maximale qu'il est possible de vérifier au moyen du testeur de diodes Z - la diode Z est défectueuse (rupture)
- il ne s'agit pas d'une diode Z, mais d'une diode normale au germanium ou au silicium.

LORSQUE LA TENSION ZENER D'UNE DIODE Z CONNECTÉE CORRECTEMENT AU TESTEUR DE DIODES Z EST INFÉRIEURE À 0,7 V, CETTE DIODE EST DÉFECTUEUSE (COURT-CIRCUIT)

Pour en apprendre d'avantage, il faudrait inverser les connexions de la diode et appuyer sur le bouton poussoir S2 :

- la tension affichée pour une diode Z et pour une diode normale au silicium serait 0,6 V à 0,7 V
- la lecture du multimètre serait 0,2 V à 0,4 V pour une diode normale au germanium
- une mesure inférieure à 0,2 V, tendant vers 0 V révèle que la diode est pratiquement en court-circuit et qu'elle est donc défectueuse.

Lorsque la tension zener d'une diode Z, connectée correctement au testeur de diodes Z, est inférieure à 0,7 V, elle est défectueuse (court-circuit). Dans le cas où la tension zener d'une diode Z branchée normalement, est comprise entre 0,7 V et 0,8 V, il s'agit d'un des rares exemplaires de la diode Z 0V8.

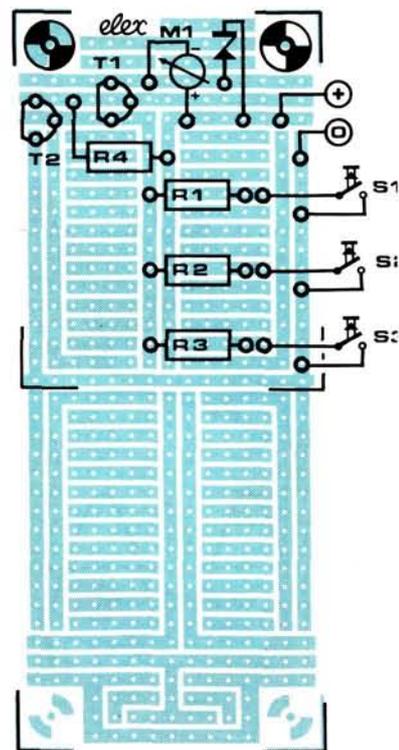
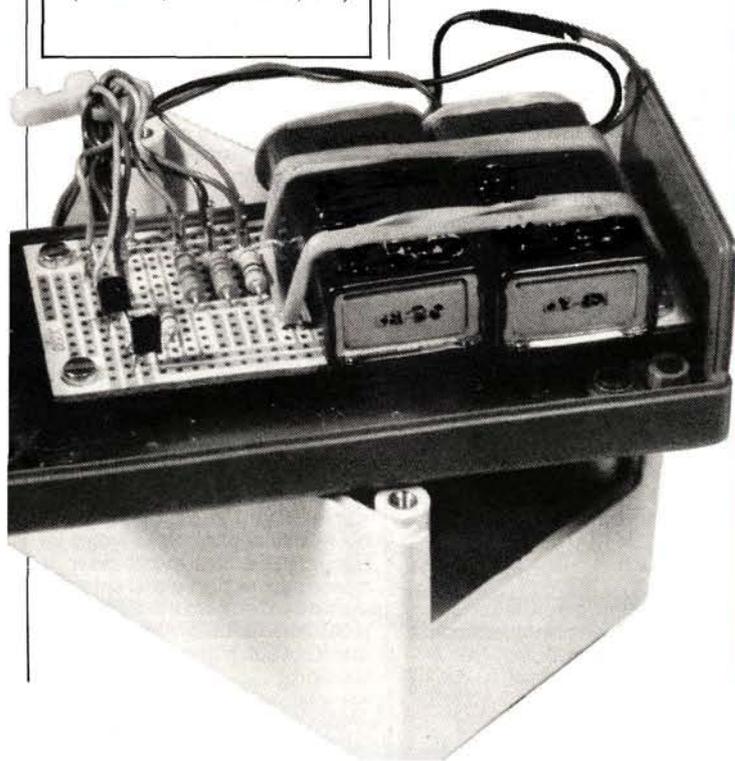


Figure 6 - Schéma d'implantation du testeur de diodes stabilisatrices de tension, sur une petite platine d'expérimentation de format 1.

Quand on connecte au testeur de diodes Z une diode normale dans le sens bloquant, la tension affichée par le multimètre est quasi égale à la tension d'alimentation.



Nouveautés chez ANTEX

Le fabricant mondialement connu des fers à souder de précision commercialise en France un nouveau produit : **TCS 220 V**, un fer à souder de 50 W avec régulation électronique dans le manche, dont la température de la panne est réglable de 200 à 450 °C par une petite vis. Le fer thermorégulé reste donc léger et maniable.

Une nouvelle technique de fabrication de la résistance (isolation céramique en couche mince) permet des montées et baisses de température beaucoup plus rapides qu'avec les résistances classiques. Ce modèle particulièrement utile pour les dépanneurs

complète la gamme ANTEX, du fer à souder simple de 15 à 25 W jusqu'à la station complète, avec affichage numérique de la température. Le fer à souder TCS existe aussi en 24 V.

Un nouveau support de fer renforcé, le **ST5** permet d'utiliser tous les modèles de fer grâce à ses embouts interchangeables.

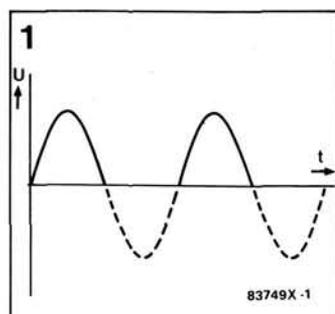
Pour tout renseignement, veuillez contacter :

BRAY FRANCE
76, rue de Sully
92100 BOULOGNE S/Seine

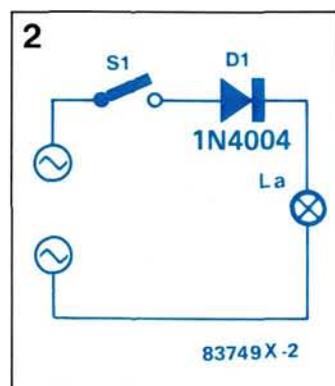
tél: (1) 46 04 38 06
tx : 201 576

DEMI- PUISSANCE

Une diode ordinaire permet de diviser par deux, de façon simple, la puissance consommée par un appareil alimenté en courant alternatif. Oui, une simple diode !



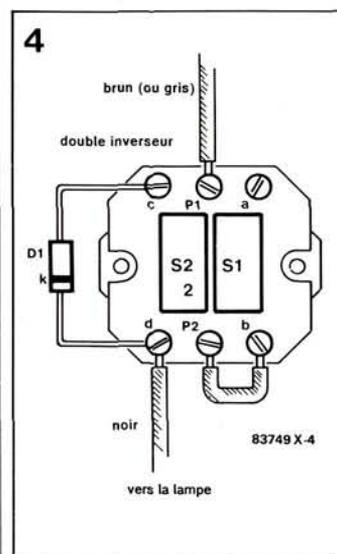
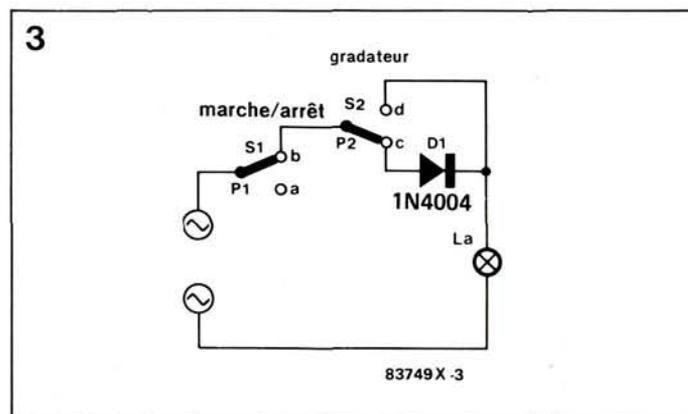
Pendant les alternances négatives de la tension du secteur la diode empêche le transport d'énergie vers le récepteur (figure 1), si bien que la tension efficace est limitée à 110 V. Bien sûr un gradateur du commerce s'acquitterait de cette tâche (d'une autre manière) en permettant en plus un réglage continu, mais une diode capable de tenir la tension du secteur... ne coûte que quelques centimes. On peut s'éviter la dépense d'un gradateur chaque fois que deux régimes de fonctionnement (plein pot et demi-puissance) suffisent et qu'un léger scintillement est supportable.



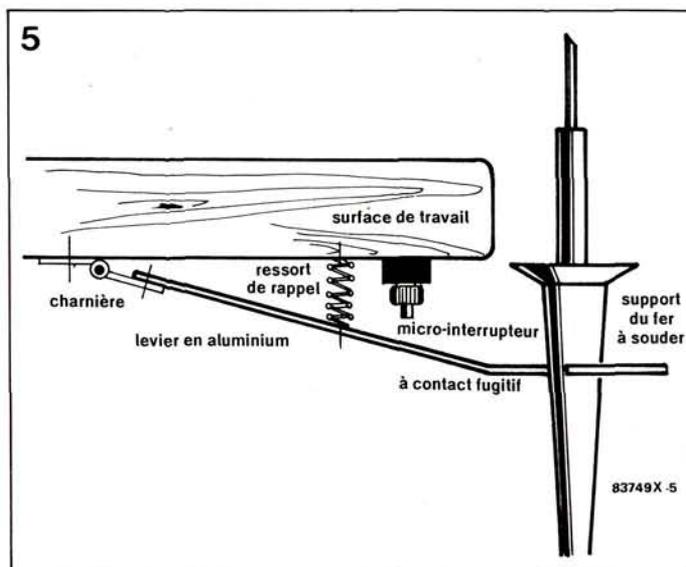
La durée de vie d'une ampoule à incandescence connectée selon la figure 2, et fonctionnant en régime "économique", est considérablement supérieure à ce qu'elle serait dans le cas d'un raccordement direct au secteur. C'est ainsi que six ampoules de 100 W (ce sont des watts) alimentées à travers des diodes n'ont connu aucune défaillance au bout de huit ans d'utilisation

à l'éclairage de couloirs et de cages d'escaliers. Cette prolongation de la durée de vie se révèle particulièrement appréciable quand elle profite à des lampes difficilement accessibles, au plafond ou à l'extérieur.

L'alimentation en demi-période est utile aussi quand on ne veut commuter l'éclairage que de normal à réduit, sans état intermédiaire. Pour choisir entre normal et réduit, un interrupteur suffit, qui vient ponter la diode (figure 3). Le commutateur adéquat est constitué par un double inverseur, la diode étant montée dans le même boîtier. La figure 4 montre la connexion du double inverseur avec la diode. Naturellement les bornes peuvent



être de forme et dans une disposition différentes en fonction du modèle d'inverseur, mais un doute éventuel sera levé au moyen d'un testeur de continuité (sonnette).



souder. Généralement les fers à souder bon marché ont tendance à surchauffer pendant les pauses entre les soudures. C'est très gênant parce que le flux décapant s'évapore aussitôt et l'étain forme des gouttes. Auquel cas le câblage d'une platine sans défaut de soudure n'est plus guère possible. Bien sûr on pourrait commuter de pleine en demi puissance avec un simple interrupteur, mais une solution plus élégante est schématisée sur la figure 5 : aussitôt que l'on retire le fer à souder de son support, le levier, rappelé par le ressort, vient actionner le micro-interrupteur à contact fugitif. Le contact de l'interrupteur se ferme et court-circuite la diode (qui n'est pas représentée).

Deux avertissements pour finir : la division de puissance par diode fonctionne **exclusivement** avec des récepteurs **ohmiques**. Il faut proscrire son utilisation avec les tubes fluorescents et tout appareil comportant un transformateur ou un moteur à courant alternatif !

Le "gradateur à diode" travaille sous la tension du secteur, 220 V. Il y a **danger de mort** à entreprendre l'installation sans avoir interrompu le circuit du secteur en retirant les fusibles, ou en déclenchant le disjoncteur ou le différentiel. Pour votre sécurité, vérifiez avant de passer à l'action avec un appareil de mesure ou un testeur de tension qu'aucun conducteur n'est sous tension.

la logique sans hic

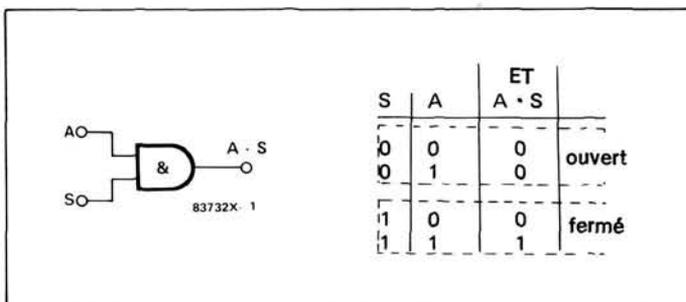
5^{ème} partie: les opérateurs logiques sont des interrupteurs ou des commutateurs

Tout au long des quatre premiers parcours d'exploration de la logique numérique nous avons manipulé *sans hic* les opérateurs logiques. Nous avons obtenu diverses combinaisons auxquelles nous avons donné un nom qui rend compte de ce qui se passe en sortie lorsqu'un niveau logique haut ou "1" arrive sur les entrées. Ainsi la sortie d'un opérateur OU passe à "1" quand l'une OU l'autre entrée passe elle-même à "1" (et accessoirement quand elles sont toutes les deux à "1"). La sortie d'un opérateur ET passe à "1" quand l'une ET l'autre entrée sont à "1", tandis que la sortie de l'opérateur NON-ET fait exactement l'inverse : elle ne passe à "0" que quand l'une et l'autre entrée sont à "1". La sortie de l'opérateur NON passe à "1" quand l'entrée n'est pas à "1"; c'est l'inverseur. Vous voyez qu'il n'est donc pas absolument nécessaire d'apprendre les tables de vérité par coeur dès le début; il suffit de savoir les reconstituer comme nous venons de le faire. Au fil des mois et de l'utilisation des opérateurs logiques, vous finirez par les retenir sans avoir eu à fournir un véritable effort de mémorisation.

UNE PORTE DOIT ETRE OUVERTE OU FERMÉE

Aujourd'hui nous découvrons un nouvel aspect de ces fonctions logiques : leur aptitude à laisser passer un signal logique ou à l'arrêter. Nous pénétrons ainsi dans le domaine de la commutation logique où les opérateurs agissent en quelque sorte comme des **portes** ouvertes ou fermées, autrement dit comme des interrupteurs. C'est d'ailleurs le mot *gate* (= porte) que les anglais et les américains utilisent pour désigner les opérateurs logiques). Nous allons voir qu'en logique comme ailleurs, UNE PORTE DOIT ETRE OUVERTE OU FERMÉE.

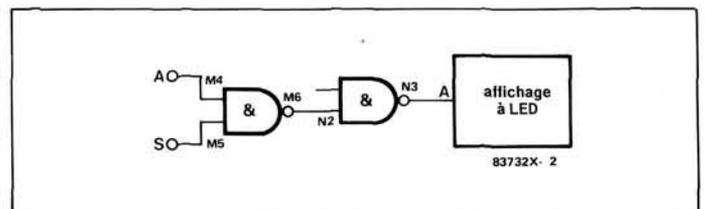
La table de vérité d'un opérateur ET (AND) nous prouve que cet opérateur remplit de façon évidente une fonction de porte logique.



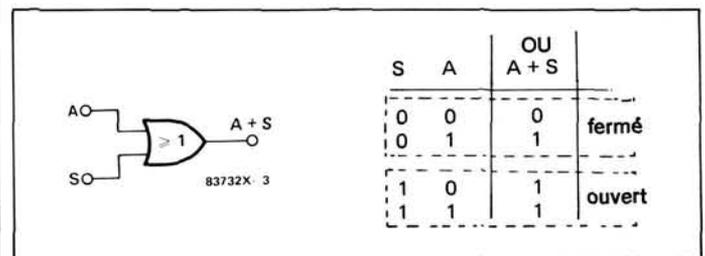
L'une des entrées, désignée ici par la lettre "S", peut être considérée comme **entrée de commande**. Selon son niveau, elle bloque la sortie dans un état donné, ou lui permet au contraire d'adopter le niveau présent sur l'autre entrée.

Dans le cas où S="1", la sortie de l'opérateur logique ET restitue le niveau logique de l'entrée A. Si par contre S="0", la sortie de l'opérateur reste bloquée au niveau logique bas ("0"), quel que soit le niveau logique de l'entrée A.

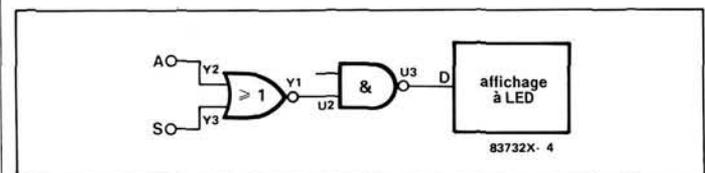
Vous pouvez faire l'essai pratique de cette fonction sur la platine DIGILEX au moyen d'un opérateur NON-ET (NAND) suivi d'un inverseur (opérateur NON-ET dont une entrée est "en l'air" ou forcée à "1").



L'opérateur logique OU (OR) convient également pour créer une fonction de porte logique :



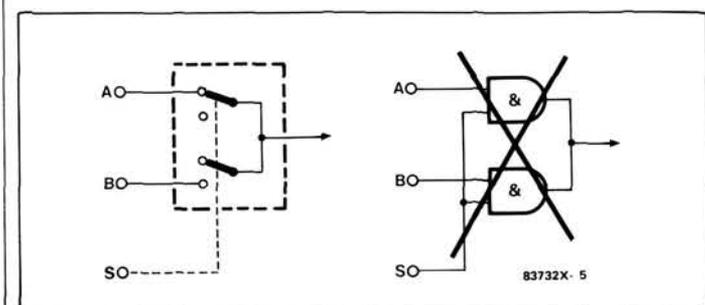
Ici l'entrée de commande "S" doit être maintenue au niveau "0" pour que la sortie de l'opérateur restitue le niveau logique de l'entrée A, tandis que le niveau "1" de l'entrée de commande maintient la sortie de l'opérateur au niveau "1" quel que soit le niveau logique de l'entrée A. Pour vérifier le fonctionnement d'un opérateur OU dans la fonction de porte logique, au moyen de la platine DIGILEX, il faut utiliser un opérateur NON-OU (NOR) (Y) suivi d'un inverseur (U).



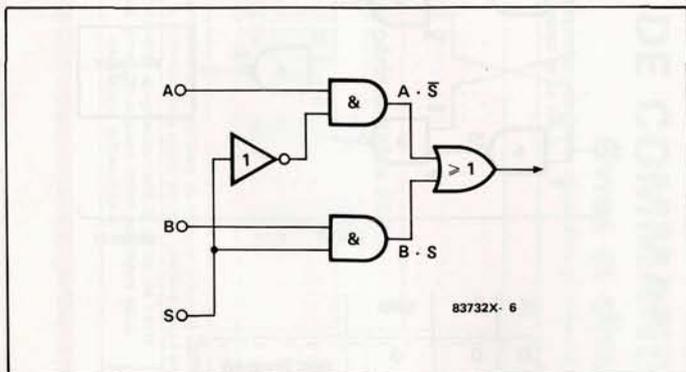
Les opérateurs NON-ET et NON-OU peuvent servir de porte logique même sans l'adjonction d'un inverseur, dans les cas où il n'est pas gênant que le niveau logique de la sortie soit inversé par rapport à celui de l'entrée commutée.

LES COMMUTATEURS

Le schéma ci-dessous montre comment réaliser un commutateur ou inverseur à l'aide de deux interrupteurs. En logique ce n'est pas aussi simple. Il faut prendre quelques précautions, notamment parce qu'il n'est pas permis de court-circuiter ainsi deux sorties entre elles :



Si l'on prend soin en revanche de **combiner** les sorties des deux opérateurs ET (AND) avec un opérateur OU (OR) le circuit logique fonctionne en commutateur logique.

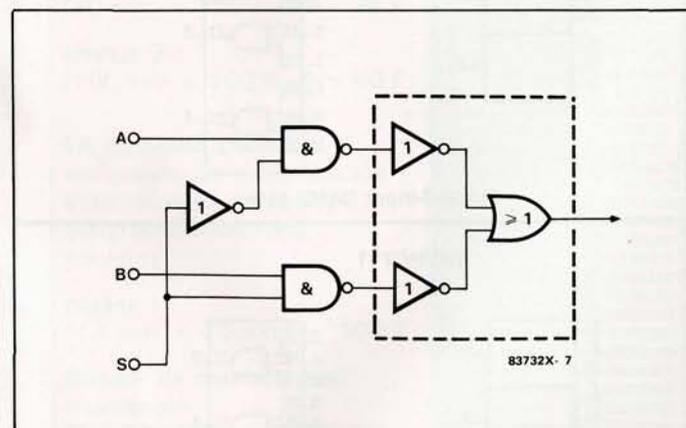


Lorsque l'un des interrupteurs logiques ET est ouvert, sa sortie reste au niveau "0". Dans ce cas l'opérateur OU qui le suit laisse passer les niveaux logiques de l'autre interrupteur (voyez la table de vérité de la **figure 3**). Il faut aussi empêcher les deux interrupteurs logiques de se fermer (et de s'ouvrir) en même temps : c'est pourquoi l'entrée de commande de l'un des deux est précédée d'un inverseur. Quand on dit "oui" à l'un, cela implique forcément que l'on dit "non" à l'autre, d'accord ?

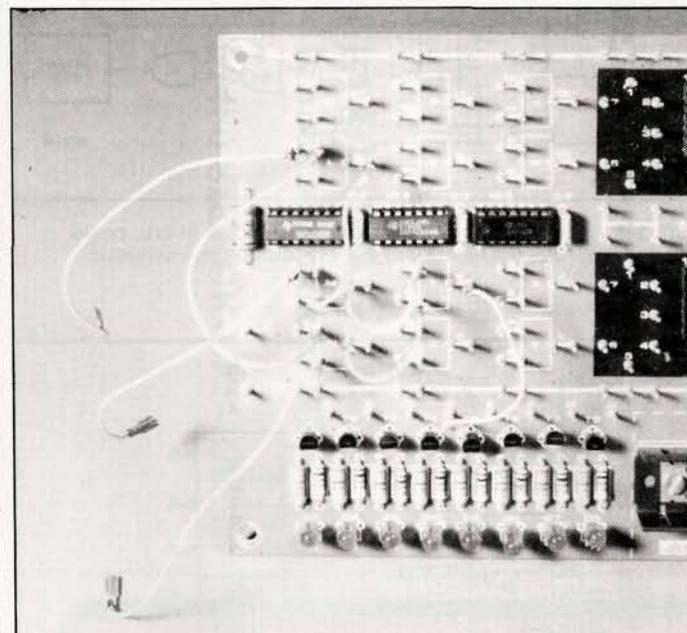
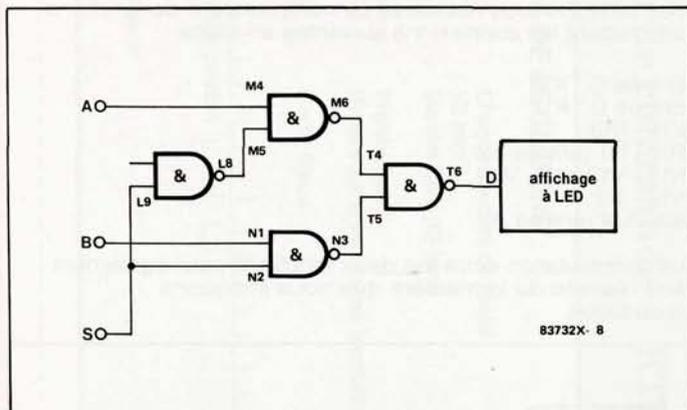
Voyez comment se présente la table de vérité du commutateur logique complet.

A	B	S	A · \bar{S}	B · S	sortie	
0	0	0	0	0	0	A fermé
0	1	0	0	0	0	
1	0	0	1	0	1	
1	1	0	1	0	1	
0	0	1	0	0	0	B fermé
0	1	1	0	1	1	
1	0	1	0	0	0	
1	1	1	0	1	1	

Ce circuit n'est pas réalisable tel quel sur la platine DIGILEX puisque celle-ci ne comporte ni opérateur ET, ni opérateur OU. Qu'à cela ne tienne, en logique numérique il y a toujours une solution... logique. Prenez par exemple des opérateurs logiques NON-ET (NAND) pour remplacer les opérateurs ET, vous obtenez le montage suivant :



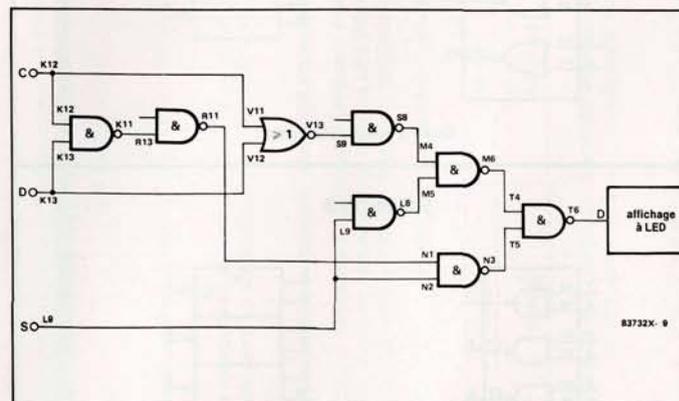
La partie encadrée de ce circuit vous rappelle probablement quelque chose. Dans ce cas votre mémoire est bien fidèle puisque le montage-OU qui figure en bas de la page 57 de la troisième partie de ce parcours logique (Elex N°3) lui ressemble étrangement. Là nous avons cependant utilisé un opérateur NON-ET (NOR) à la place de l'opérateur OU employé ici. Cette substitution a pour conséquence de transformer le circuit encadré en fonction NON-ET (NAND).



Vous réaliserez le commutateur sur la platine DIGILEX en installant les connexions suivantes :

- entrée A : M4
- entrée B : N1
- entrée de commande S : L9
- N2 - L9
- N3 - T5
- M5 - L8
- M6 - T4
- T6 - D

La **figure 9** vous montre une des nombreuses applications du circuit de commutation. Il s'agit d'une porte logique ET-OU universelle. Les entrées sont désignées par les lettres C et D pour les distinguer des circuits précédents.

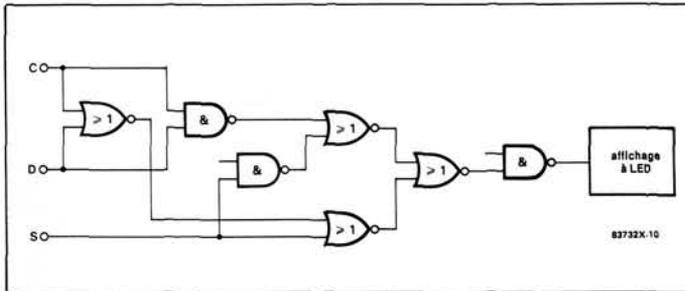


Deux combinaisons d'opérateurs et d'inverseurs réalisent les fonctions ET et OU appliquées aux niveaux logiques des deux entrées C et D. L'entrée S permet de choisir celle des deux fonctions dont le résultat de l'opération logique doit être transmis vers la sortie (ici, l'affichage). Si l'entrée de commande S est au niveau 0, le circuit fonctionne comme un opérateur OU (OR). Si S est au niveau logique 1, le circuit devient un opérateur ET (AND).

Sur DIGILEX vous réaliserez ce commutateur de fonctions en mettant les connexions suivantes en place :

- Entrée C : K13
- Entrée D : K12
- K11 - R13
- R11 - N1 (entrée B)
- K13 - V12 K12 - V11
- V13 - S9
- S8 - M4 (entrée A)

La commutation entre les deux fonctions peut également être réalisée de la manière que nous indiquons ci-dessous.



Un des opérateurs logiques dont nous vous avons parlé dans Elex N°3, (OU exclusif) est en réalité un inverseur commutable.

EXOR 83732X-11

S	A	S⊕A	
0	0	0	non inversé
0	1	1	
1	0	1	inversé
1	1	0	

La table de vérité fait ressortir que les niveaux logiques appliqués à l'entrée A sont inversés à la sortie si l'entrée de commande est au niveau logique "1". Si elle est au niveau "0", le niveau logique de l'entrée A se retrouve inchangé à la sortie.

