

électronique



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

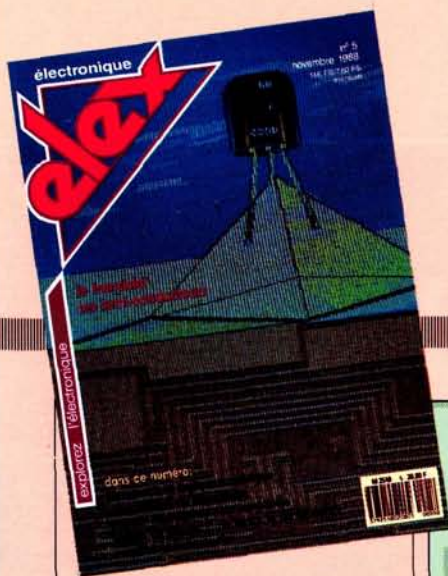
traceur de courbes pour transistors

testeur de diodes Z, de triacs et de thyristors

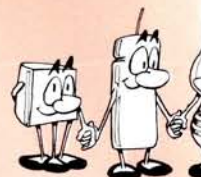
amplificateur de pêche

M 2510 - 5 - 20,00 F





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

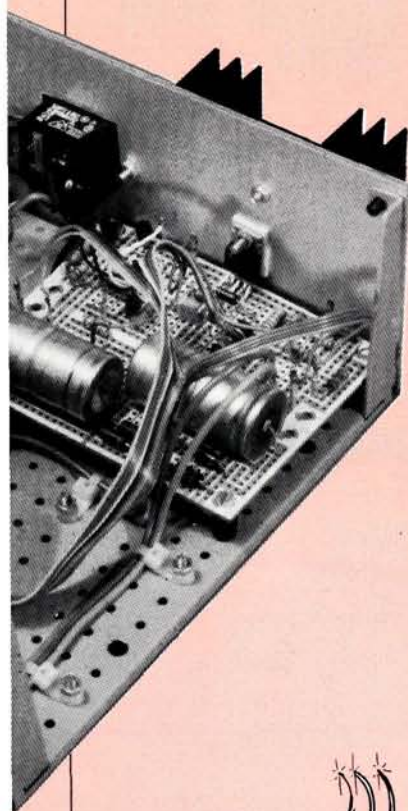
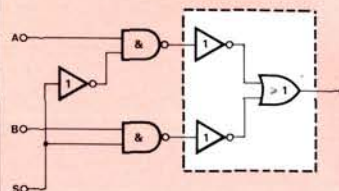
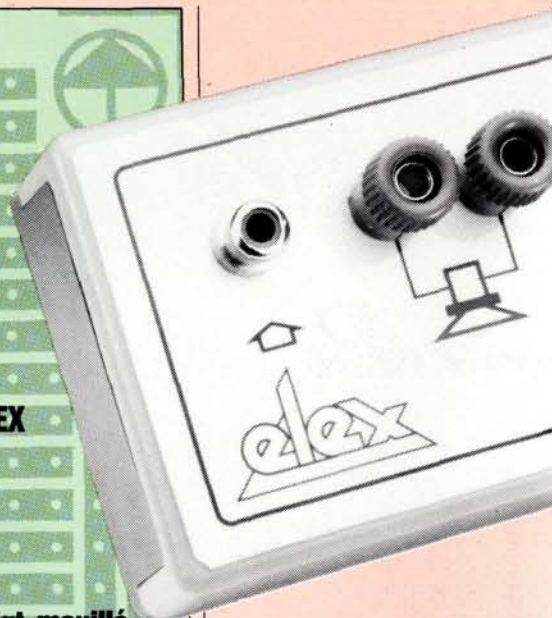
- 13 · 1 transistor et 2 résistances
- 19 · éléxpérience : le test du doigt mouillé
- 32 · recharger au lieu de jeter
- 44 · quelques expériences
- 46 · turbo transistor
- 52 · demi-puissance
- 54 · tableau de caractéristiques des transistors BF
- 58 · la logique sans hic 5^{ème} partie

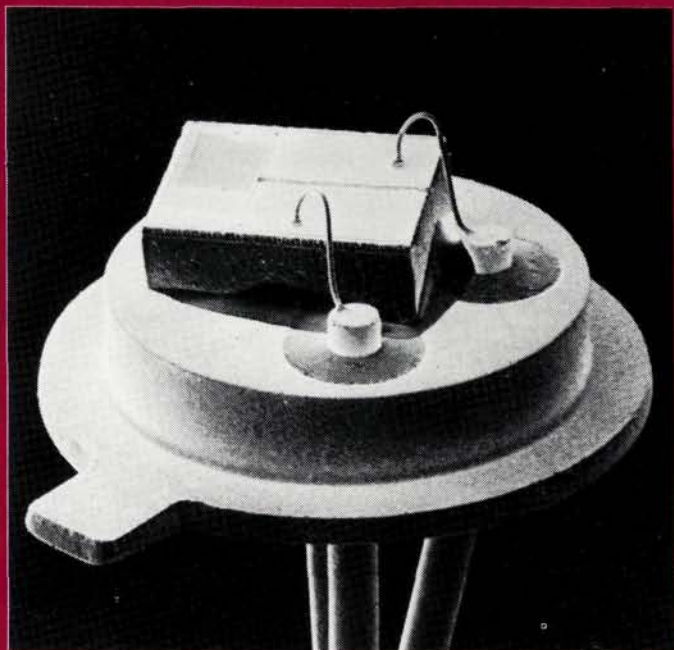
PÉRISCOPE

- 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





document Degussa

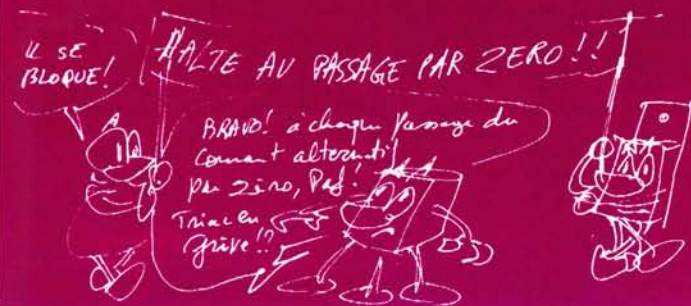
À en juger par vos encouragements, vous avez saisi d'emblée que si l'électronique telle que nous l'abordons dans ce magazine était une discipline sérieuse, rien ne nous oblige cependant à la confiner dans une frileuse abstraction. J'insiste : si l'électronique est une discipline (assez) rigoureuse, elle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



Selectronic

NOUVEAU

CATALOGUE GENERAL
Selectronic

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

15F

Composants
électroniques
professionnels.

disponible!

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:

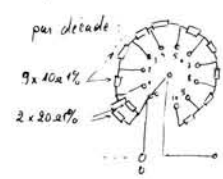
Cette rubrique ne prétend pas donner des cours particuliers d'électronique. Elle reflète l'humeur de ceux d'entre vous qui se donnent le mal de nous écrire et auxquels il nous est impossible de répondre individuellement. Nous tiendrons compte des suggestions que vous faites, et c'est par le contenu même 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 rentre dans l'ordre.** Voilà pour ce qui concerne la séquence Gymkhana dans ELEX.

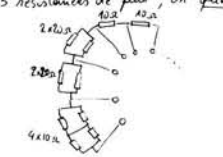
En supposant que l'on ait des résistances à 1% de puissance 0,5W, la puissance de la boîte sera de 0,5W min (on peut aller au delà sur certains calibres). Il suffit de 5 résistances supplémentaires seulement (1 par decade) pour doubler la puissance totale :



pas decade :

1	20x100 → 40A
2	0,5W → 1W
3	30A
4	4,5W
5	40A

Avec 5 résistances de plus, on quadruple la puissance



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

Note: 20A fait partie de la série E96
certaines boîtes n'en font pas remplacements
20A/20A par 2,45A/4,81A (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 simile 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 légender 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

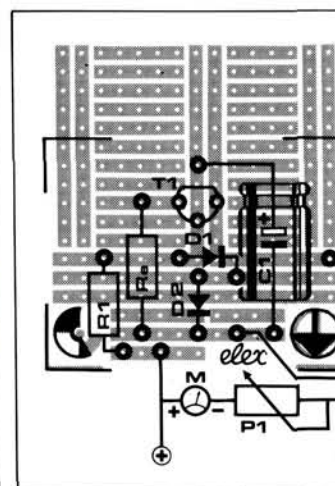
Si c'est d'un tachymètre ou indicateur de vitesse pour bicyclette qu'il s'agit, alors pas de problème, c'est sur le feu et cela paraîtra bientôt dans ELEX. Un peu de patience.

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 une 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 avaient 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

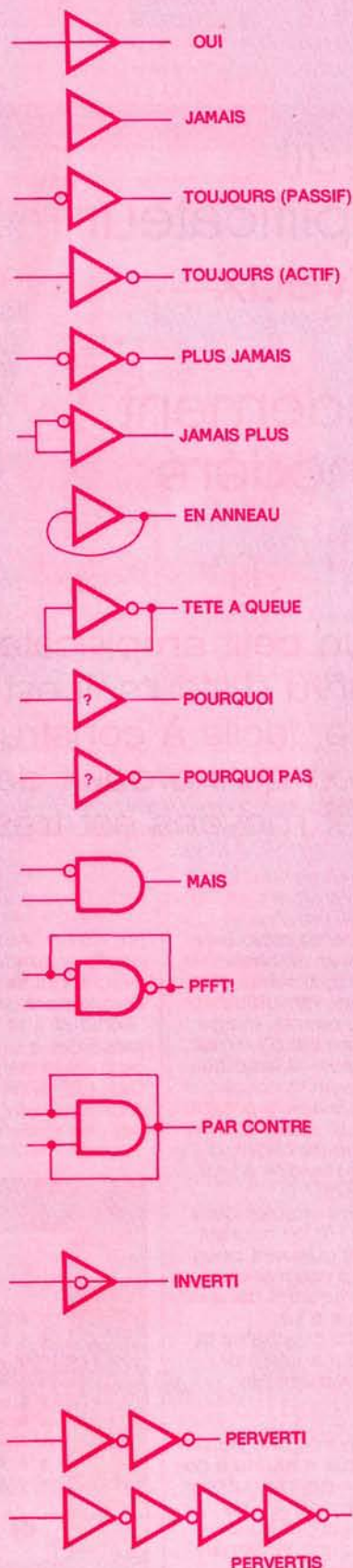
Merci au passage pour le passé simple, c'est rassurant de voir qu'il y a des lecteurs d'ELEX qui en usent encore. Pour ce qui concerne les circuits imprimés, ce numéro montre que vos vœux sont déjà partiellement exaucés. Quant au risque d'erreur, il fait partie intégrante du plaisir. Quand un enfant 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)



AMPLIFICATEUR BF DE POCHE

Circuit
Amplificateur
Nerveux
A
Rendement
Immodéré



Voici un petit amplificateur qui n'est pas dépourvu d'atouts. Il est petit, très léger, bon-marché, facile à construire, il fonctionne sur pile, et le son qu'il produit dans des haut-parleurs petits et moyens est très honnête.

Dans un poste de radio ou dans un lecteur de cassettes, le rôle de l'amplificateur (qui s'appelle aussi «amplificateur de sortie» ou encore «étage de puissance») est d'animer les haut-parleurs. Il amplifie le signal qui sort du circuit récepteur ou bien du préamplificateur, et sa sortie fournit aux haut-parleurs l'énergie électrique nécessaire à leur fonctionnement.

Il s'agit de faire circuler dans la bobine du HP un courant suffisamment puissant pour que le champ magnétique induit par ce courant dans la bobine la force à se déplacer. Celle-ci entraîne la membrane qui à son tour met en mouvement l'air ambiant.

Le CANARI fournit une puissance de sortie maximale de 1 W (watt). On pourra l'utiliser partout où il manque une sortie pour haut-parleurs. C'est ainsi qu'un "Walkman" ou baladeur, si vous préférez, (lecteur de cassettes ou radio) devient mini chaîne stéréo 2 x 1 W si vous remplacez l'écouteur

par deux CANARI. Dans Elex paraîtront encore quantité de circuits qui se terminent simplement par une "sortie BF", et qu'il faudra raccorder à un amplificateur de puissance (par exemple CANARI) si on désire entendre le signal produit par ces réalisations.

CANARI pourra être utilisé de bien des manières. Il est possible, par exemple, de connecter des écouteurs ou un casque. Si au contraire vous connectez son entrée à un multivibrateur, vous en faites un "canard déchaîné" qui pourra servir d'avertisseur pour votre vélo ou de

corne de brume pour votre bateau à vapeur téléguidé. Dans ce cas, c'est un puissant haut-parleur qu'il faudra connecter en sortie. Il n'y a pas à dire, voici un circuit qui a de l'avenir.

LE CIRCUIT

A la vue du schéma de la figure 2, nos *elexperts* doivent se dire qu'il s'agit simplement d'un circuit d'amplification dans lequel il est fait usage d'un amplificateur opérationnel. Leur conclusion est correcte. Il faut toutefois noter que l'ampli-op de ce circuit est d'un genre particulier : le courant et la puissance de sortie du LM386 sont de loin

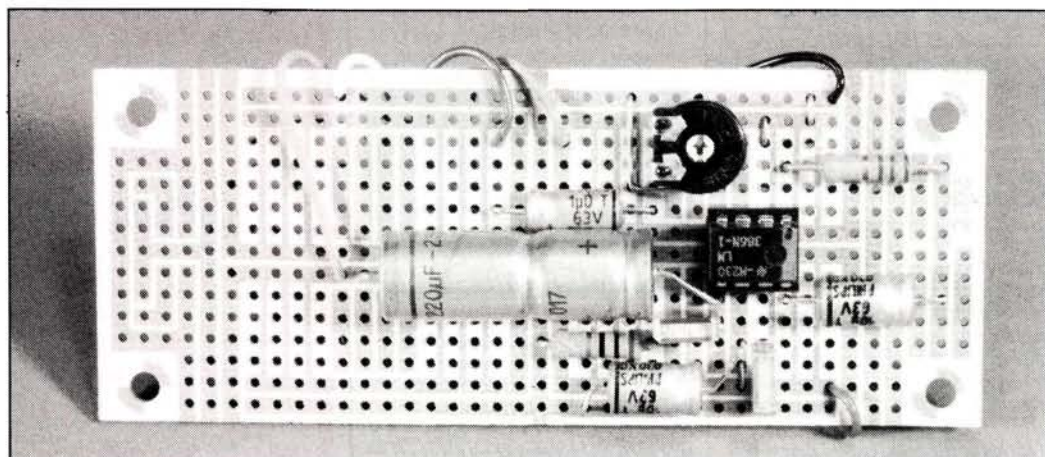


Figure 1 - Notre prototype est implanté sur une platine Elex qui est décidément d'un usage universel. CANARI signifie : Circuit Amplificateur Nerveux A Rendement Immodeste.

supérieurs à ceux d'un amplificateur opérationnel courant (un 741 par exemple). Il se contente aussi d'une seule tension d'alimentation : le circuit interne du LM386 maintient la tension de sortie à la moitié de la tension d'alimentation.

Le signal d'entrée parvient au potentiomètre de réglage du volume P1 par le condensateur électrolytique C1. Tous les genres de potentiomètres conviennent : du petit modèle (résistance variable) au modèle classique pourvu d'un luxueux bouton de réglage. La fonction de C1 est d'empêcher l'éventuelle composante continue du signal d'entrée d'atteindre le circuit intégré. Seules les tensions alternatives passeront le cap de ce condensateur. L'entrée inverseuse de IC1 est à la masse. La différence de tension qui règne entre les deux entrées 2 et 3 de IC1 est égale à la tension qui règne à la borne du curseur de P1. Si les broches 1 et 8 de IC1 ne sont raccordées à rien, une boucle de contre-réaction interne limite le facteur d'amplification à 20. Cette contre-réaction interne peut cependant être modifiée par une résistance et un condensateur placés en série entre les broches 1 et 8. Dans cette configuration, le facteur d'amplification peut dépasser 20. Il atteint la valeur 40 si R1 vaut 1,2 k Ω et la valeur 200 si R1 vaut 0 Ω (court-circuit entre les broches 1 et 8). Dans ce cas de très faibles signaux d'entrée peuvent être amplifiés à pleine puissance.

La tension d'alimentation du circuit est découplée à deux endroits différents par un condensateur afin d'atténuer les tensions de ronflement qui pourraient se manifester : C5 est connecté directement à l'alimentation, C3 découple la broche 7 du circuit intégré. Le réseau RC C6/R2 empêche l'amplificateur d'entrer en oscillation si aucun haut-parleur n'est branché sur la sortie, ou encore si un raccordement à la masse est défectueux. Le schéma renvoie vers le tableau 1 pour les différentes valeurs de la tension d'alimentation, de la puissance de sortie et des caractéristiques du haut-parleur.

La puissance nominale recommandée pour le haut-parleur est une valeur minimale. Vous pouvez, sans scrupules, remplacer un haut-parleur de 0,2 W par un modèle de 1 W ou d'avantage. La tension d'alimentation du circuit intégré peut aller jusqu'à 15 V. Toutefois, pour éviter la surchauffe du circuit intégré, cette tension

ne doit pas dépasser 9 V avec un haut-parleur d'une impédance de 8 Ω , et ne pas dépasser 6 V si l'impédance du HP vaut 4 Ω . Au repos la consommation de ce circuit n'est que 4 mA : son alimentation par batterie ne pose donc aucun problème. Si vous prévoyez un usage fréquent et prolongé de votre CANARI, vous avez peut-être intérêt à construire l'alimentation par le secteur de la figure 3. Suivant le régulateur que vous avez choisi et la tension du secondaire du transformateur qui va de pair, vous disposerez d'une tension de 5 V ou de 8 V.

LA CONSTRUCTION DU CIRCUIT

A l'aide d'une platine expérimentale, la construction de ce circuit remarquablement simple ne devrait pas poser de problème si vous respectez l'implantation des composants de la figure 4. Commencez par les fils de pontage : repérez-les, comptez-les et soudez-les avant tout autre composant.

Dans l'ordre, placez et soudez ensuite les résistances, les condensateurs et pour terminer, le circuit intégré. N'hésitez pas à utiliser un support pour circuit intégré et prenez soin d'orienter l'encoche du circuit intégré correctement. La photo de la figure 1 montre comment raccorder le haut-parleur. Avant de raccorder l'alimentation par un fil à deux conducteurs, contrôlez une dernière fois les deux faces de votre platine : vérifiez surtout l'orientation correcte du circuit intégré, la polarité des condensateurs électrolytiques et bien sûr l'absence de contacts parasites entre les fils des composants et entre les soudures.

Si tout a l'air d'être en ordre, connectez un ampèremètre (gamme de 25 ou 50 mA) en

Tableau 1

tension d'alimentation	haut-parleur	puissance de sortie env.
4,5 V . . . 5 V	4 Ω /0,2 W	0,2 W
4,5 V . . . 5 V	8 Ω /0,2 W	0,2 W
6 V	4 Ω /0,5 W	0,3 W
6 V	8 Ω /0,5 W	0,3 W
8 V	8 Ω /1 W	0,6 W
9 V	8 Ω /1 W	0,7 W
12 V	16 Ω /1 W	1 W

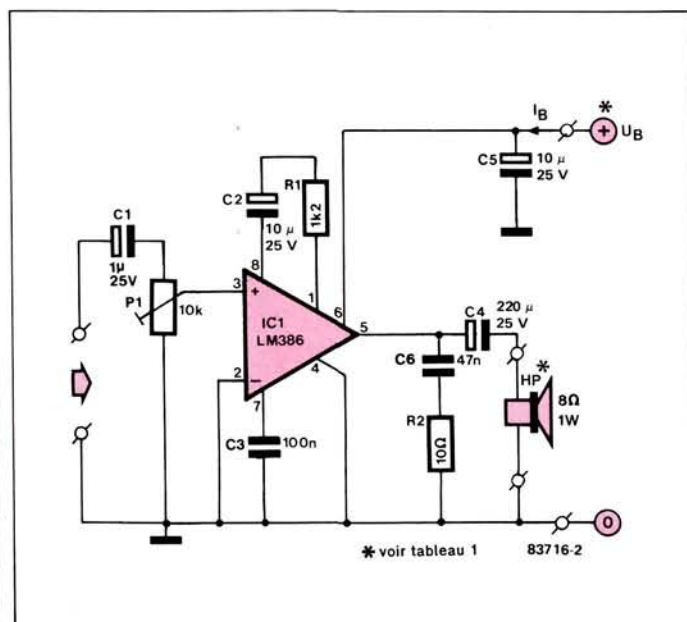


Figure 2 - Il est bien difficile de trouver un amplificateur plus simple que celui-ci. Il comporte un seul circuit intégré sans radiateur et très peu de composants discrets.

série avec l'un des fils de l'alimentation, et branchez celle-ci. Si l'entrée est en court-circuit (c'est-à-dire raccordée à la masse) et que la sortie est branchée à un haut-parleur, le circuit devrait consommer moins de 8 mA. Si tel n'est pas le cas, **débranchez l'alimentation**, et revérifiez votre circuit. Si vous ne découvrez aucune erreur de câblage, c'est que vous avez mal regardé. Recommencez

à tout vérifier. Si le défaut de fonctionnement persiste après un examen répété systématiquement, il n'est pas impossible que le circuit intégré soit défectueux. Il faut donc le remplacer. Si le courant de repos est inférieur à 8 mA, vérifiez par acquit de conscience la tension continue de la broche 5 du circuit intégré. Si cette tension vaut environ la moitié de la tension

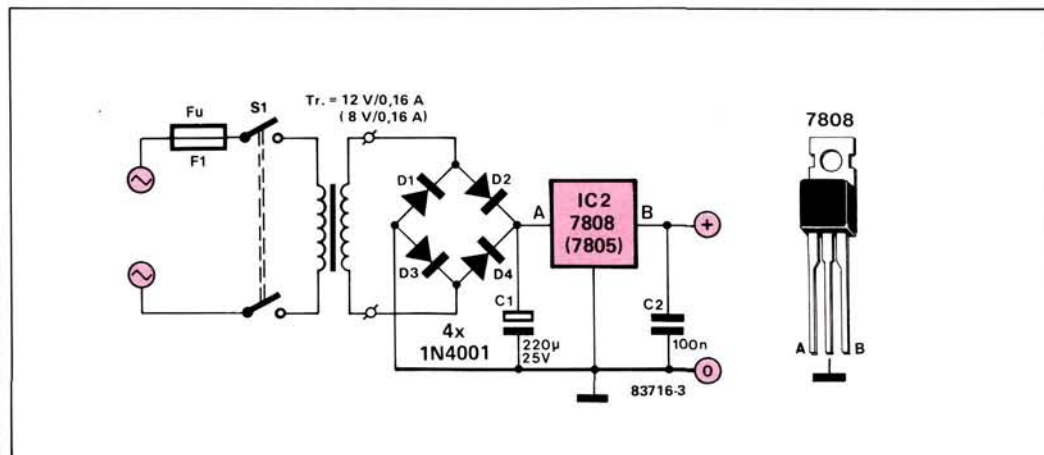


Figure 3 - Voici une alimentation par le secteur, très simple à réaliser, pour le cas où l'emploi très fréquent du CANARI rendrait l'emploi de piles trop onéreux.

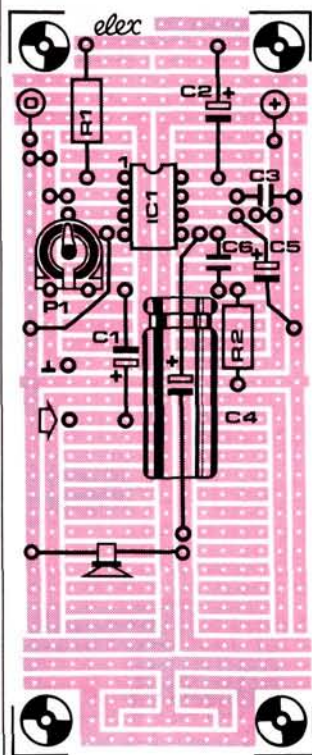


Figure 4 - L'implantation des composants sur une platine expérimentale Elex. Il faut surtout veiller à la bonne orientation de l'encoche du circuit intégré et à la polarité des condensateurs électrolytiques. Repérez également les quatre fils de pontage.



d'alimentation, tout semble être en ordre et vous pouvez supprimer le court-circuit de l'entrée. Raccordez maintenant une source de signaux (un lecteur de cassettes par exemple) à l'entrée. Utilisez un câble blindé pour effectuer cette liaison : soudez le blindage à la masse et le fil à l'entrée.

La figure 5 montre comment nous avons réalisé notre premier prototype. Vous serez sans doute surpris de

constater qu'à l'entrée nous avons placé un connecteur d'antenne. Il se fait que nous l'avions justement sous la main et nous sommes certains qu'il assurera un excellent contact pendant très longtemps. Mais rien ne vous oblige à en faire autant : les connecteurs Cinch, DIN ou Jack conviennent parfaitement. Nous avons utilisé une embase Cinch pour le prototype dont la photo figure en tête d'article

Liste des composants

R1 = 1,2 k Ω
 R2 = 10 Ω
 P1 = 10 k Ω
 C1 = 1 μ F/25 V
 C2 = 10 μ F/25 V
 C3 = 100 nF
 C4 = 220 μ F/25 V
 C5 = 10 μ F/25 V
 C6 = 47 nF
 IC1 = LM386N
 HP = voir tableau 1

Divers :
 1 support pour circuit intégré (DIL à 8 broches)
 1 platine Elex n°1 (40mm x 60mm)
 Coffret, connecteurs et accessoires de montage

Alimentation par le secteur (version 8 V)
 Tr = transformateur d'alimentation 12 V/0,16 A
 F1 = fusible 100 mA moyen
 S1 = interrupteur secteur bipolaire
 D1...D4 = 1N4001
 C1 = 220 μ F/25 V
 C2 = 100 nF
 IC1 = 7808

Divers :
 Cordon d'alimentation par le secteur avec fiche tripolaire
 Porte-fusible
 Coffret, connecteurs et accessoires de montage

Pour la version 5 V :
 Tr = transformateur d'alimentation 8 V/0,16 A
 IC1 = 7805

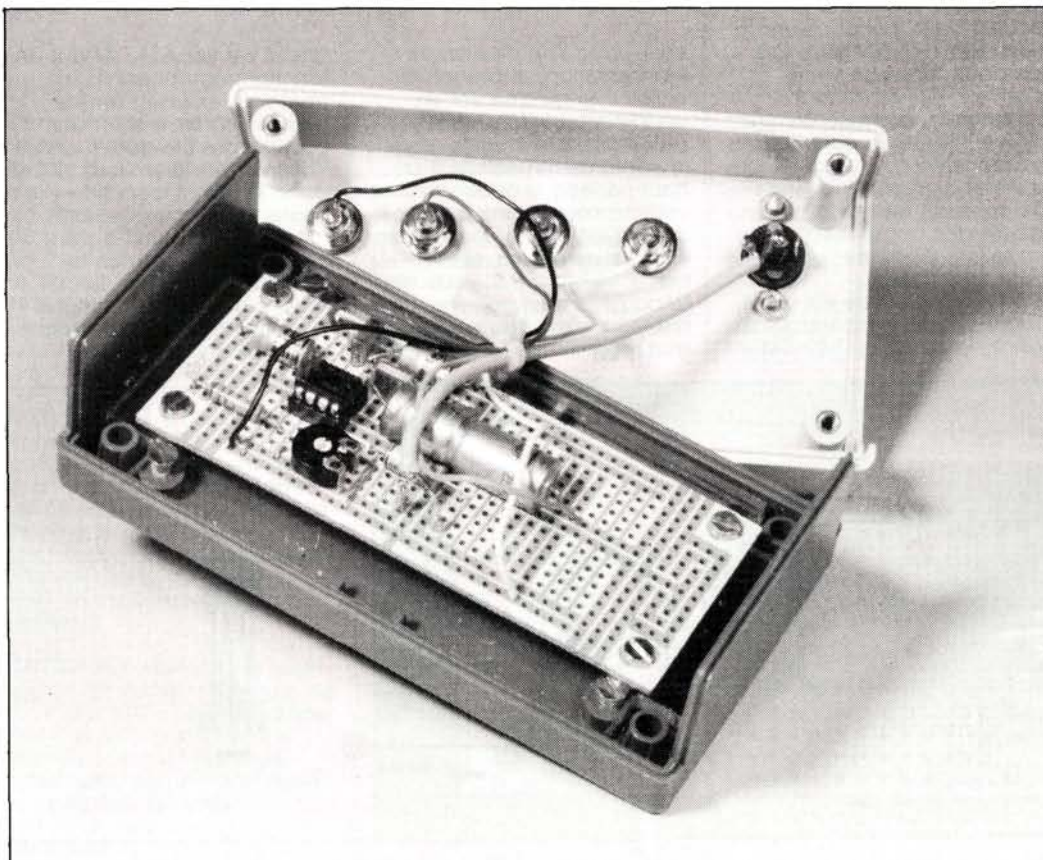


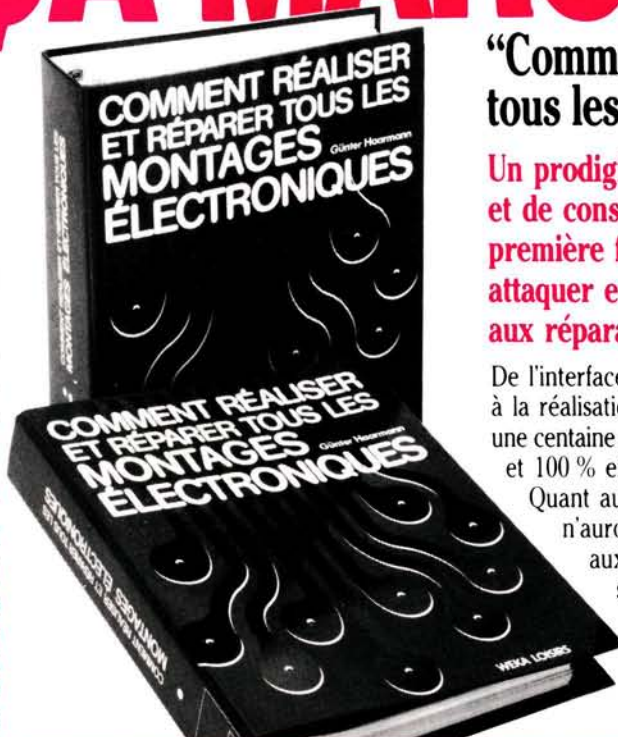
Figure 5 - Nous avons installé notre prototype dans un petit coffret en matière plastique.

ÇA MARCHE!

VOTRE
CADEAU GRATUIT
UN CIRCUIGRAPH
COMPLET

**Vous pouvez
réaliser tous
ces montages
vous-même !**

Alarme auto
Amplificateur
Commande à distance
par téléphone
Alimentation
stabilisée
Convertisseur de tension
DBM mètre
Générateur de son
Haut-parleurs
Interface pour minitel
Millivoltmètre
Minuteries
Récepteur radio
Répondeurs
téléphoniques
Stroboscope
... et des dizaines
d'autres montages



**"Comment réaliser et réparer
tous les montages électroniques".**

**Un prodigieux ensemble d'informations
et de conseils pratiques réunis pour la
première fois ! Il vous permet de vous
attaquer en toute sécurité aux montages et
aux réparations les plus variés.**

De l'interface qui transforme votre Minitel en modem
à la réalisation d'une alarme de voiture, vous trouverez
une centaine de montages insolites, astucieux, passionnants...
et 100 % efficaces (ils sont tous testés !).

Quant aux réparations (radio, TV, Hi-Fi...), elles
n'auront bientôt plus de secrets pour vous, grâce
aux nombreux conseils et trucs pratiques. De
solides classeurs à feuillets mobiles font de
cet ouvrage un outil de travail quotidien
facile à consulter et à utiliser.

EXTRAIT DU SOMMAIRE

1344 pages • 45 circuits sur mylars • 2 volumes 21 x 29,7 cm
● Lexique des termes techniques et symboles ● Lexique technique français-anglais
● Notions essentielles : composants électroniques, acoustique... ● Modèles de montages :
musique électronique, radio, micro-informatique, électronique auto, haut-parleurs...
● Dépannage : télévision, audio/hi-fi, diodes, transistors, thyristors et triacs, circuits intégrés
● Tableaux de caractéristiques ● Réglementation : perturbations radio-électriques
et systèmes d'antiparasitage ● Nouveautés techniques : équipement de l'atelier,
informatique... ● Adresses utiles.



RESTEZ "BRANCHÉ" EN PERMANENCE.

L'électronique évolue très rapidement, voilà pourquoi votre ouvrage sera régulièrement
complété et enrichi. Grâce à des compléments/mises à jour de 150 pages environ (prix franco
245 F TTC) envoyés tous les deux mois en principe. Vous découvrirez les nouvelles techni-
ques, les nouveaux matériels et surtout de nouveaux montages, à réaliser. Un simple geste
suffit pour les insérer dans votre classeur à feuillets mobiles. (Vous pouvez annuler ce ser-
vice sur simple demande).

**Pour profiter rapidement de cette véritable encyclopédie des applications élec-
troniques modernes, demandez votre exemplaire dès aujourd'hui, renvoyez le
bon ci-dessous !**

*Pas moins de 45 circuits sur mylars vous
permettent de réaliser très facilement
les circuits imprimés les plus
simples comme les
plus compliqués*



BON DE COMMANDE

VOTRE CADEAU GRATUIT

1 "CIRCUIGRAPH" complet



Si vous commandez cet ouvrage,
vous recevrez un "CIRCUI-
GRAPH" complet plus 1 bobine
de rechange + 1 perforateur-
décableur. Ce cadeau vous res-
tera acquis même si vous décidez
de renvoyer l'ouvrage après
examen.

Offre valable jusqu'au 31.01.89

A renvoyer, avec votre règlement, sous enveloppe sans trimbler à :
Editions WEKA Libre Réponse n° 5, 75941 PARIS CEDEX 19

☐ OUI, je souhaite recevoir l'ouvrage suivant accompagné de mon cadeau gra-
tuit : 1 CIRCUIGRAPH COMPLET.

"Comment réaliser et réparer tous les montages électroniques" (réf. 5200),
2 volumes 21 x 29,7 cm de 1 344 pages, au prix de 535 F TTC, port compris.

J'ai bien noté que cet ouvrage à feuillets mobiles sera actualisé et enrichi tous
les 2 mois en principe par des compléments/mises à jour de 150 pages envi-
ron au prix de 245 F TTC, port compris. Je pourrais bien sûr interrompre ce
service sur simple demande. (Voir la garantie ci-contre).

☐ Veuillez trouver ci-joint mon règlement correspondant à l'ordre des Editions
WEKA, par ☐ chèque bancaire ☐ CCP 3 volets.

☐ Envoi par avion 110 F par titre.

Nom : _____ Prénom : _____

N° et Rue : _____

Code postal : _____ Ville : _____

Pays : _____ Signature : _____

Date : _____

LA GARANTIE WEKA : SATISFAIT OU REMBOURSÉ

L'ouvrage qui vous est proposé
aujourd'hui bénéficie de la formule
WEKA : "Satisfait ou remboursé". Cette
possibilité vous est garantie pour un délai
de 15 jours à partir de la réception de
votre ouvrage.

1. Si au vu de l'ouvrage, vous estimez
qu'il ne correspond pas complètement
à votre attente, vous conservez la pos-
sibilité de le retourner aux Editions
WEKA et d'être alors intégralement
remboursé.

2. La même garantie vous est consentie
pour les envois de compléments et
mises à jour. Vous pouvez les interrom-
pre à tous moments, sur simple
demande ou retourner sans rien nous
devoir toute mise à jour ou complément
qui ne vous satisferait pas dans un délai
de 15 jours après réception.

ELEX 854502

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 $1/10^{\text{ème}}$ 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-

2

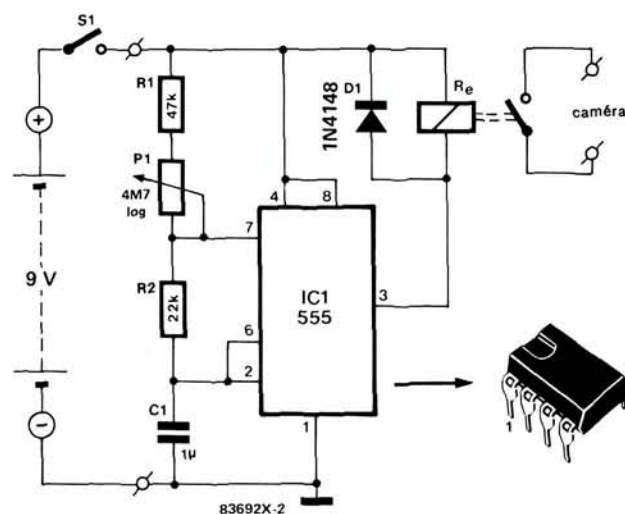


Figure 2 - Le circuit intégré 555 est un temporisateur extraordinairement flexible et très fiable. Il constitue le cerveau de ce montage et il est le garant d'une excellente reproductibilité du circuit.

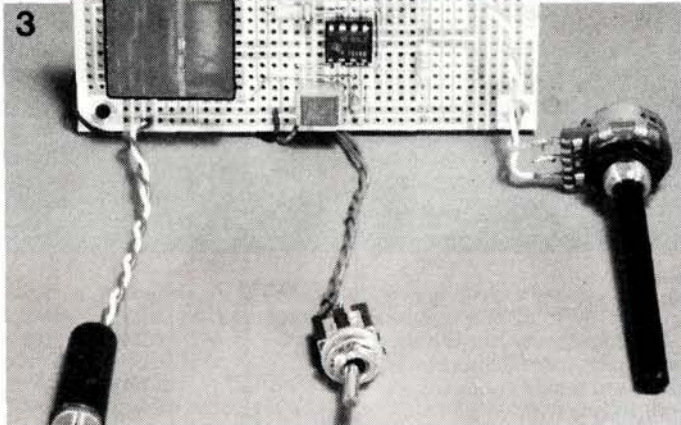


Figure 3 - Tous les composants sont soudés sur une petite plaquette expérimentale de 40 x 100 mm. La pile, le potentiomètre et l'interrupteur marche-arrêt sont fixés au boîtier.

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 M Ω ; 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

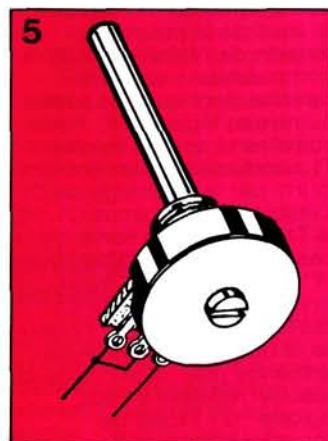


Figure 5 - Le potentiomètre est câblé à l'aide de deux fils seulement : le curseur est relié à l'une des extrémités de la piste, mais pas n'importe laquelle car le potentiomètre est logarithmique.

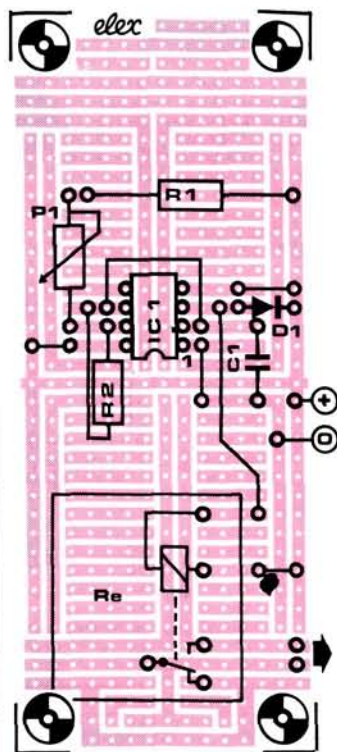


Figure 4 - Voici la façon d'implanter les composants. Repérez soigneusement les fils de pontage et respectez l'orientation de la diode et du circuit intégré.

Liste des composants

- R1 = 47 k Ω
- R2 = 22 k Ω
- P1 = 4,7 M Ω log
- C1 = 1 μ F (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

6

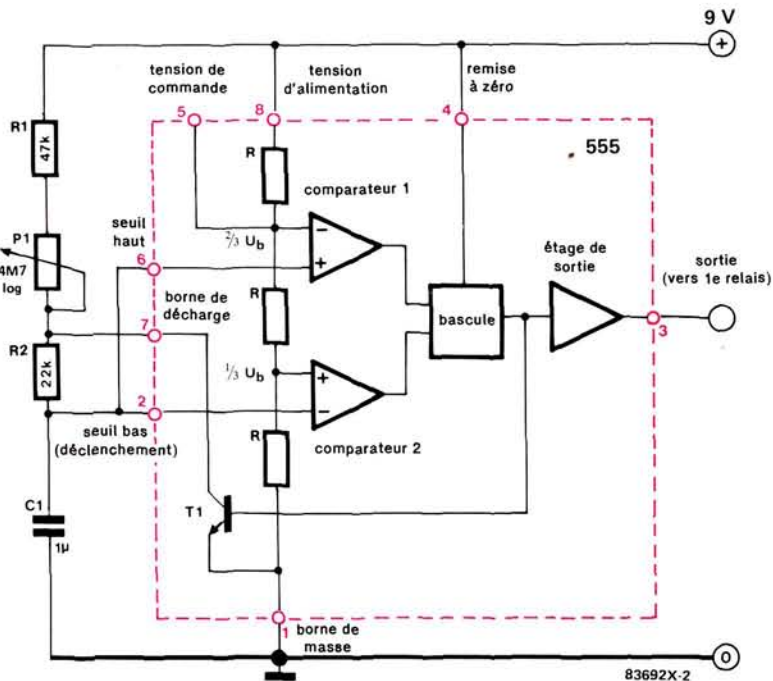


Figure 6 - Voici le schéma synoptique du circuit intégré 555. Le condensateur C1 est chargé et déchargé alternativement. Les comparateurs internes du 555 surveillent l'évolution de la tension aux bornes de C1 par rapport à deux tensions de référence. Ils font basculer le flip-flop en fonction des résultats 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.

intervertir 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 cliquètement 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 la charge, et donc l'intervalle de temps entre deux valeurs zéro de la tension de collecteur de T1 est réglable au moyen de P1.

7

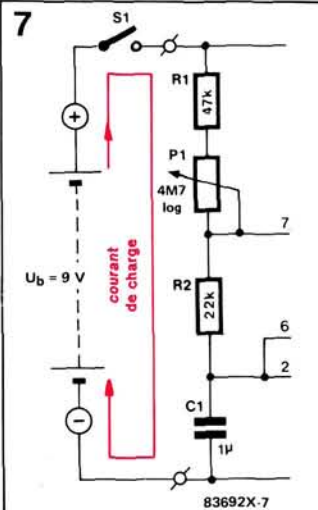


Figure 7 - Le temps de charge du condensateur C1 dépend du réglage du potentiomètre P1.

8

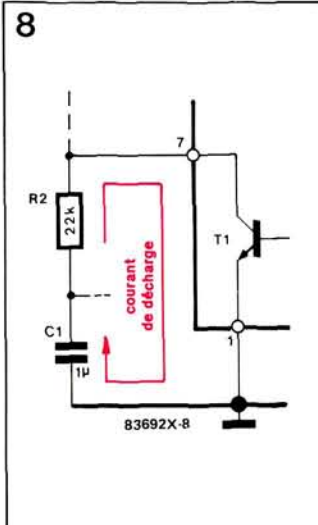


Figure 8 - Lorsque la tension de C1 atteint le seuil de la tension de référence la plus élevée, T1 devient conducteur et décharge C1.

9

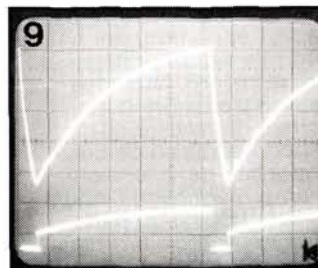


Figure 9 - La courbe supérieure de l'oscillogramme montre l'évolution de la tension aux bornes de C1 au cours du cycle de charge et de décharge. La courbe inférieure retrace les variations de la tension de collecteur de T1 (broche 7). Comparez les deux courbes et vous remarquerez que C1 se décharge quand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

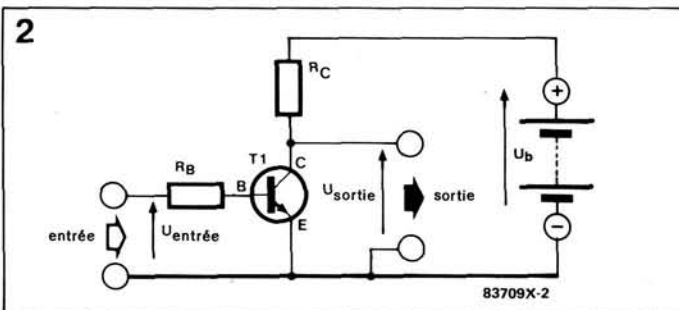


Figure 2 - Un amplificateur de tension monté en émetteur commun. La résistance de base R_B convertit la tension d'entrée en courant de base.

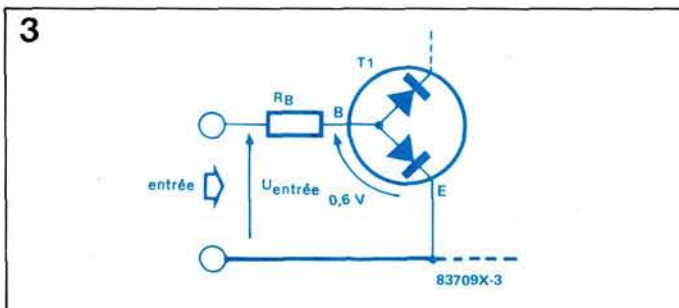


Figure 3 - La tension d'entrée perd une partie de sa valeur (0,6 V) dans la jonction base-émetteur.

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.

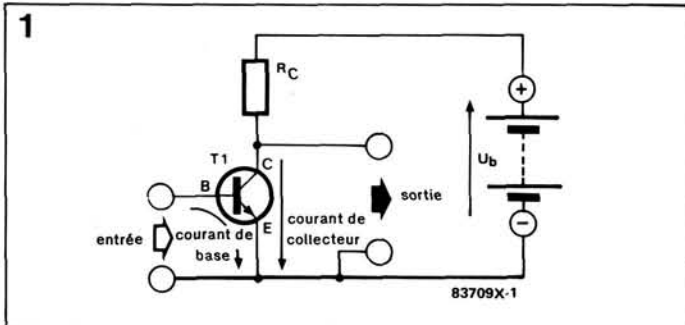


Figure 1 - Dans le montage en émetteur commun, le courant de collecteur, commandé par le courant de base, crée une chute de tension aux bornes de la résistance de collecteur R_C . La tension de sortie est égale à la tension d'alimentation moins la chute de tension aux bornes de la résistance de collecteur.

4

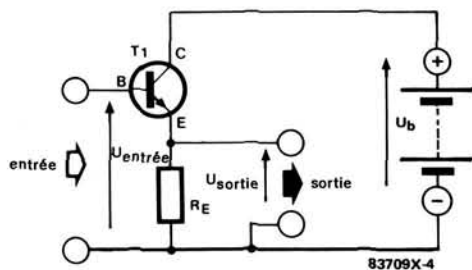


Figure 4 - Le montage en émetteur suiveur est caractérisé par la présence d'une résistance dans le circuit de l'émetteur. La tension de sortie est inférieure d'environ 0,6 V à la tension d'entrée.

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

5

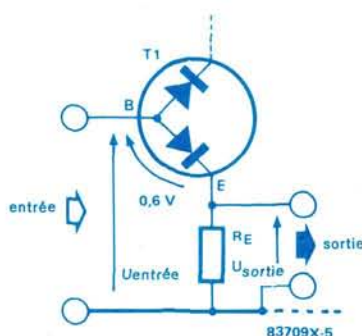


Figure 5 - La différence de potentiel entre l'entrée et la sortie du montage en émetteur suiveur est occasionnée par une chute de tension dans la jonction base-émetteur.

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)

6

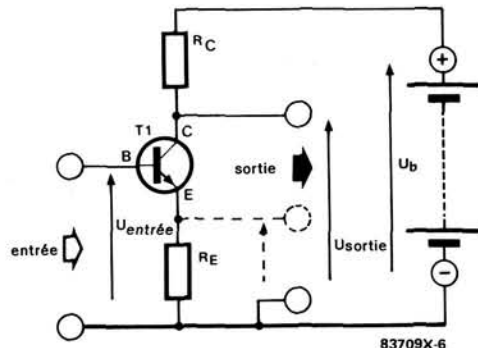


Figure 6 - Un amplificateur de tension pourvu d'une résistance de collecteur et d'une résistance d'émetteur possède deux tensions de sortie dont l'une est amplifiée et inversée par rapport à la tension d'entrée, et l'autre n'est ni amplifiée ni inversée.

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 :

7

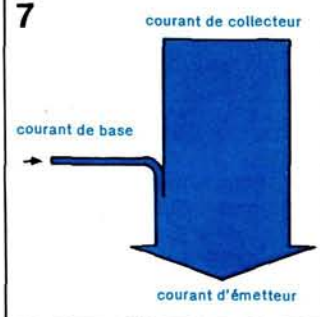
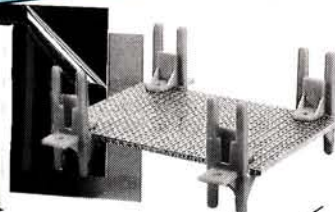


Figure 7 - Dans les transistors dont l'amplification en courant est très forte, le courant de collecteur et le courant d'émetteur sont pratiquement égaux.

Pour 1800 f, entrez dans la haute technologie KF.



Le labo 500 complet
 Banc à Insoler - Machine à Graver
 Atomiseur standard de Diaphane
 3 plaques Epoxy FR4 positives,
 simple face (150 x 200)
 3 flacons de 1 litre de Perchlorure de fer
 1 sachet de révélateur pour plaques positives
 1 sachet de 12 supports de circuits imprimés :
1800 F TTC

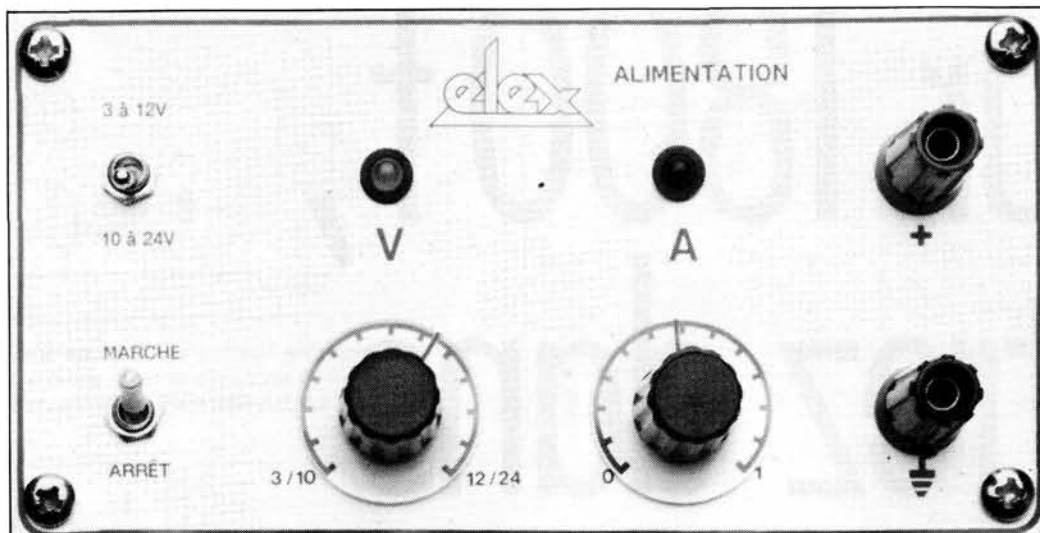


**ÉLECTRONIQUE
INNOVATION ET TECHNOLOGIE**

KF est partout où il y a un défi à relever, une solution à trouver. Recherche, Industrie de pointe, KF est associée aux plus grandes performances techniques et scientifiques. Ce savoir faire que KF développe sur tous les terrains du monde, retrouvez-le tous les jours avec le LABO 500. Dérivé directement de la recherche industrielle, le LABO 500 donne la fiabilité et la qualité indispensable à vos circuits. LABO 500 c'est le savoir faire technologique Siceront KF au quotidien.

Siceront KF - 14, rue Ambroise Croizat,
BP 28, 95102 Argenteuil Cedex.
Tél. (1) 34 11 20 00

Demande de documentation
 NOM _____
 PROFESSION _____
 ADRESSE _____



ALIMENTATION UNIVERSELLE ELEX

Une alimentation performante, d'utilisation universelle, fait partie, c'est incontestable, de l'équipement de base du laboratoire de tout amateur d'électronique. Il est vrai que les montages d'Elex -si intéressants- peuvent aussi fonctionner sur des accumulateurs ou des piles, mais il faut bien un chargeur pour recharger les accus, et puis les piles finissent par devenir onéreuses : un kilowatt-heure fourni par des piles coûte plusieurs centaines de francs ! De plus, le fait de soutirer son énergie à la prise de courant permet de ménager l'environnement, tout autant que son porte-monnaie. En effet les piles usagées qui finissent à la décharge représentent une menace considérable pour le milieu naturel.

L'alimentation universelle d'Elex répond à toutes les exigences d'un laboratoire d'amateur. La tension de sortie est réglable, en deux gammes, entre 2,7 V et 24 V. La sortie supporte naturellement le court-circuit permanent et l'intensité du courant de court-circuit est réglable en continu. Ainsi tout ce qui pouvait être fait du côté de l'alimentation l'a été pour éviter les accidents (comme des signaux de fumée qui seraient émis par le circuit). Bien sûr la construction de l'appareil s'en ressent : elle est plus compliquée que celle de la plupart des circuits habituels d'Elex.

LE CIRCUIT

Le cœur de cette alimentation universelle est le régula-

teur de tension intégré L200. Bien qu'il ressemble à un transistor de puissance en boîtier plastique qui aurait pris de l'embonpoint, le décompte de ses "pattes" laisse deviner qu'il contient plus que cela. La **figure 1** nous le montre, de façon très simplifiée, *au niveau de son vœu intérieur, quelque part*. Nous ne nous étendrons pas plus là-dessus,

car tout l'important en pratique est ce qui suit : le régulateur L200 comporte une protection interne contre les surcharges électriques et thermiques, si bien que ni un court-circuit permanent ni un manque de refroidissement ne peuvent l'offenser.

Le circuit de régulation de tension intégré au L200 augmente la tension de la

sortie (broche 5) jusqu'à ce que la tension présente à son entrée de commande (broche 4) soit de 2,7 V. Le circuit de limitation d'intensité du L200 entre en fonction dès que la tension entre sa sortie (broche 5) et l'entrée de mesure du courant (broche 2) dépasse 0,45 V. Ces valeurs sont fixées par construction et ne peuvent pas être modifiées de l'extérieur.

TENSION DE SORTIE FAIBLE = FORTE DISSIPATION

La plage de tension de sortie de l'alimentation est divisée en deux domaines, entre lesquels on peut choisir grâce au double inverseur S2. Le but de cette disposition est de minimiser la dissipation de puissance pour les tensions de sortie faibles. Supposons que l'entrée du L200 (broche 1) voie une tension de 28 V et que la tension de sortie soit fixée à 5 V, il y aurait alors pas moins de 23 V à "annihiler". Avec une tension d'entrée réduite à 14 V -c'est-à-dire la moitié- la chute de tension à travers le L200 est ramenée à 9 V, ce qui réduit en conséquence le dégagement de chaleur, et permet donc au refroidissement d'être moins énergique. Les **figures 2 et 3** illustrent le mode de commutation du redresseur de demi à pleine tension. Dans le premier cas, les deux enroulements du transformateur sont connectés en parallèle par les diodes D1 et D3, alors que dans le second cas ils sont mis en série.

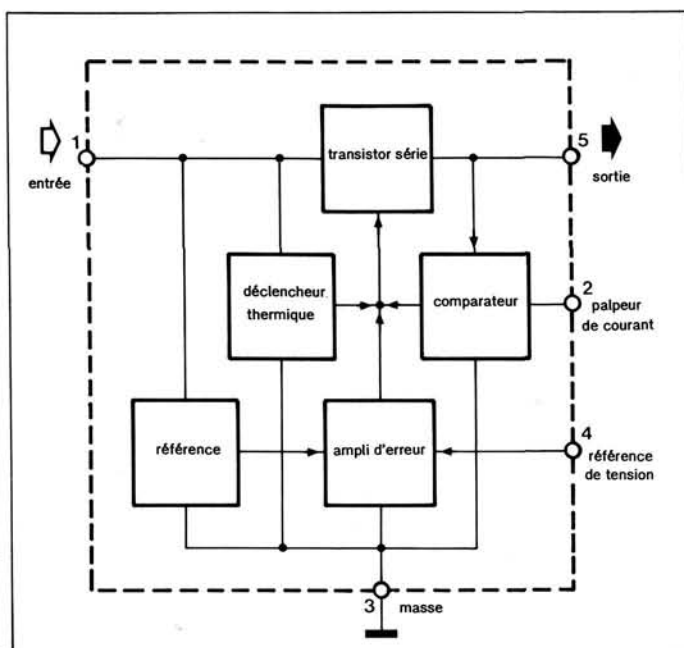


Figure 1 - Il y a bien plus dans le cœur de l'alimentation universelle Elex -le régulateur de tension L200- qu'un simple transistor de puissance. Les fonctions nécessaires à la régulation de tension sont complétées par des protections du circuit intégré contre les surcharges.

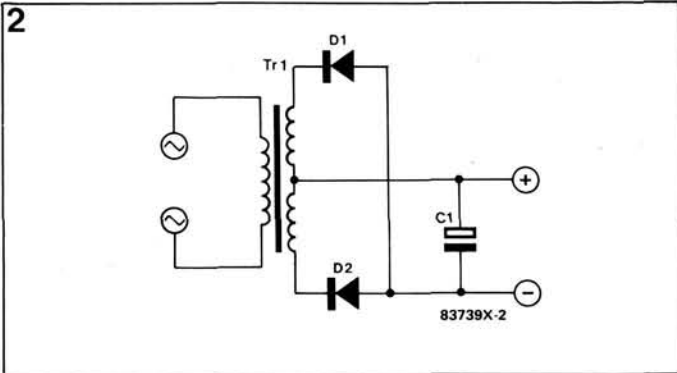


Figure 2 - La tension de sortie est réglable en deux plages. Pour la plage basse, les deux enroulements du transformateur sont couplés en parallèle.

RÉGLAGE DE LA TENSION DE SORTIE ET DE LA LIMITATION D'INTENSITÉ

Les autres composants de la figure 4 servent au réglage de la tension de sortie (P1, R4..R9), au réglage de la limitation d'intensité (P2, T3 et les composants connexes), et enfin à la signalisation (les LED et la section de circuit comprenant T1 et T2).

Le mode de réglage de la tension de sortie est facile à comprendre. Le potentiomètre P1 forme un diviseur de tension avec les résistances (parmi R4 à R9) qui sont mises en circuit par S2. Le L200 pilote la tension de sortie, comme indiqué plus haut, pour que la tension sur sa broche 4 soit de 2,7 V. Ainsi la tension de sortie dépend de la position du potentiomètre P1.

Le principe de la limitation d'intensité est à peine moins facile à comprendre. Elle agit, comme nous l'avons dit plus haut, quand la tension entre les broches 2 et 5 dépasse 0,45 V. La source de courant constant construite avec T3 détermine aux bornes de P2 une tension indépendante de la valeur de la tension de sortie. La tension présente à l'entrée de mesure du courant est la somme de la fraction de cette tension prélevée par le curseur de P2 et de la tension sur R12 (le fonctionnement d'une source de courant constant est exposé dans le n° 2 d'ELEX, page 40).

Résultat : la tension produite sur R12 par le courant qui traverse la charge se trouve additionnée à une tension plus ou moins importante,

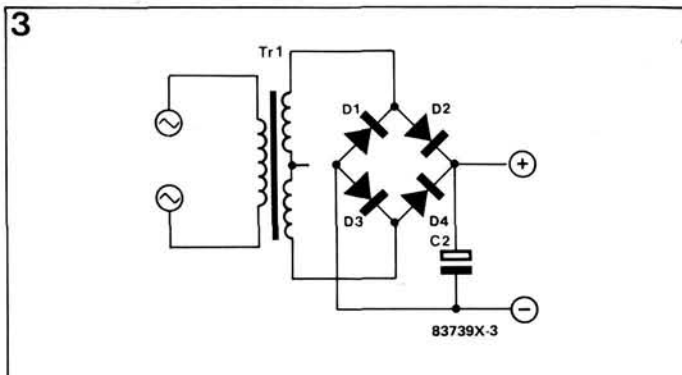


Figure 3 - Pour obtenir des tensions élevées, on dispose les enroulements en série. Il y a alors quatre diodes pour assurer le redressement.

déterminée par la position du curseur de P2, et la valeur de 0,45 V sera atteinte pour des courants plus faibles que le courant maximal. La limitation d'intensité fonctionnera donc plus tôt.

LA LED ROUGE S'ALLUME CHAQUE FOIS QUE LA LIMITE DE COURANT EST ATTEINTE

Signalons de plus que la LED verte D8 remplit deux fonctions : d'une part elle témoigne de la mise sous tension de l'appareil, d'autre part sa tension directe pilote la source de courant constant T3 (voir "Tensions de seuil et LED" dans Elex n°3 de septembre 88, page 17).

Il reste à examiner le témoin de défaut constitué par T1, T2 et la LED rouge. En fonctionnement normal, le potentiel de la broche 4 du L200 est de 2,7 V et le transistor T2 est conducteur. Il rappelle vers zéro la base de T1 : la LED D5 reste éteinte puisque T1 est bloqué. Dès que la tension sur l'entrée de commande du L200 prend une valeur inférieure à la somme des seuils des diodes D6 et D7 et de la jonction base-émetteur de T2 (soit environ 2 V), T2 se bloque. Le courant dans R1 alimente alors la base de T1 et la LED rouge s'allume. Ce sera le cas, on le devine aisément, chaque fois que la limite de courant sera atteinte.

Ajoutons encore que les diodes D10 et D11 assurent la protection du circuit. Il n'y aura pas d'émission de

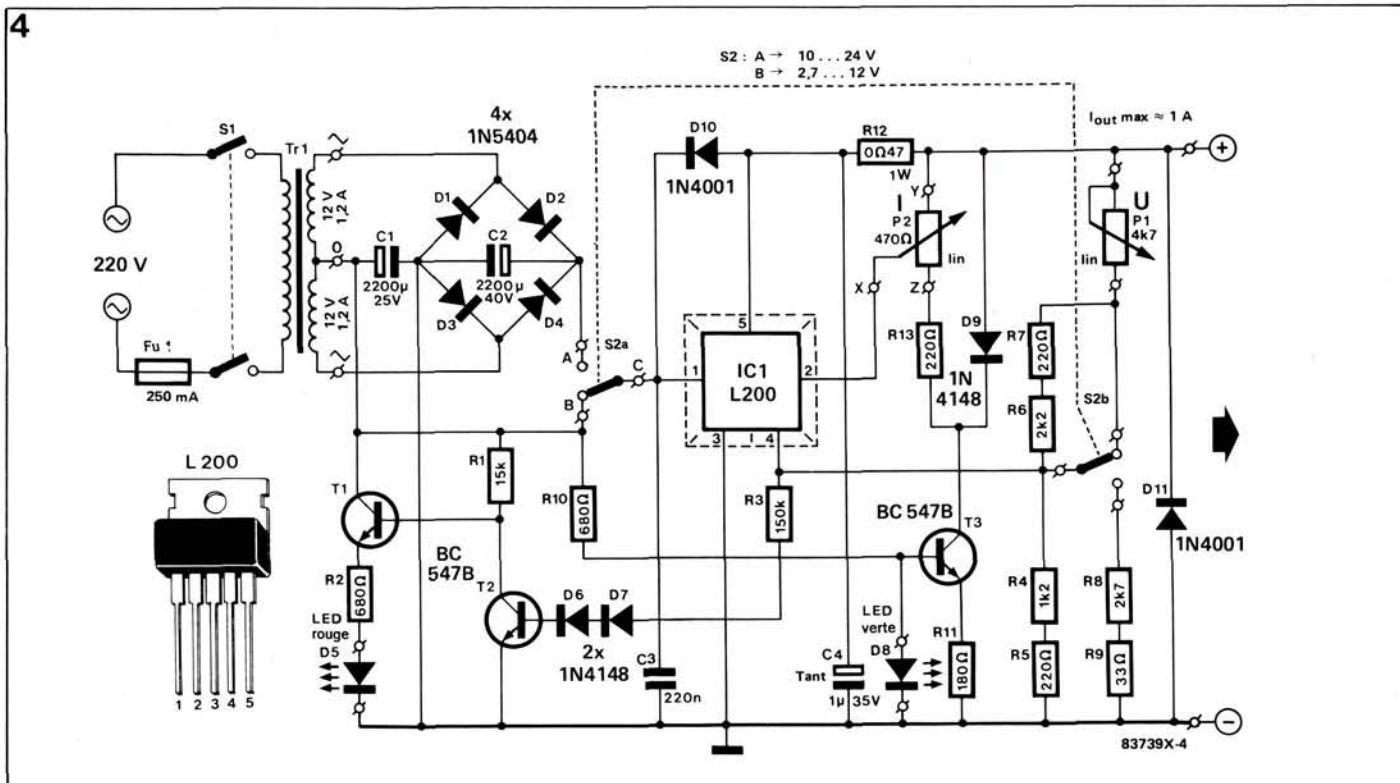


Figure 4 - Le schéma de cette alimentation est nécessairement plus compliqué que celui des autres montages d'Elex. Mais le jeu en vaut la chandelle : la possibilité de régler la limitation de courant rend l'alimentation particulièrement bien adaptée à l'expérimentation.

signaux de fumée même si vous connectez à la sortie en inversant leur polarité un accumulateur ou un condensateur de forte capacité chargé.

LA CONSTRUCTION

Après toute cette théorie un peu triste vient le grand moment, celui de passer à la pratique.

La construction, sur une platine Elex de format 2, ne pose pas grand problème si l'on se reporte à la figure 5.

Le régulateur de tension intégré IC1, sa languette de contact enduite de graisse conductrice, est monté soit contre la face arrière du boîtier (à condition qu'elle soit métallique), soit sur un véritable radiateur.

Si le montage se fait sur la face arrière, il faut absolument interposer les isolants adéquats entre le circuit intégré, la tôle et la vis, car la partie métallique du boîtier du L200 est reliée électrique-

ment à la masse (broche 3). Les conducteurs d'entrée (broche 1) et de sortie (broche 5) du L200 doivent avoir une section minimale de 1 mm², et être aussi courts que possible. Les consignes sont les mêmes pour les fils qui relient le transformateur à la platine, la platine à l'interrupteur S2a, bref pour tous les conducteurs qui véhiculent la puissance.

S'IL EST MÉTALLIQUE, LE COFFRET DE L'ALIMENTATION DOIT ÊTRE RELIÉ AU CONDUCTEUR JAUNE-VERT DU CORDON SECTEUR, ET LA CONNEXION DE MASSE DU CIRCUIT (POLE NÉGATIF) NE DOIT AVOIR AUCUN CONTACT AVEC LA TOLE DU COFFRET

Le transformateur, le fusible et l'interrupteur secteur bipolaire doivent naturellement être disposés judicieusement, pour éviter tout contact du circuit avec la tension du secteur (voir aussi, pour les règles concernant la tension du secteur, dans Elex n°1 les pages 28 et 29, ainsi que la rubrique *élixir*). L'adjonction d'un ou deux appareils de mesure (pour la tension et le courant de sortie) est une question de budget. On peut aussi bien mesurer ces deux grandeurs avec le multimètre

Liste des composants.

R1 = 15 kΩ
R2 = 680 Ω
R3 = 150 kΩ
R4 = 1,2 kΩ
R5, R7, R13 = 220 Ω
R6 = 2,2 kΩ
R8 = 2,7 kΩ
R9 = 33 Ω
R10 = 680 Ω
R11 = 180 Ω
R12 = 0,47 Ω, 1 W
P1 = 4,7 kΩ, linéaire
P2 = 470 Ω, linéaire
C1 = 2200 µF, 25 V, chimique
C2 = 2200 µF, 40 V, chimique
C3 = 220 nF
C4 = 1 µF, 35 V, tantale
T1, T2, T3 = BC547B
D1, D2, D3, D4 = 1N5404
D5 = LED rouge diamètre 5 mm
D6, D7, D9 = 1N4148
D8 = LED verte diamètre 5 mm
D10, D11 = 1N4001
IC1 = L 200

Divers :

Tr1 = transformateur d'alimentation : primaire 220 V, secondaire 2 x 12 V, 1,2 A
S1 = interrupteur secteur bipolaire
S2 = inverseur bipolaire, 2 A
Radiateur pour IC1
F1 = fusible temporisé 250 mA, avec porte-fusible
1 platine d'expérimentation de format 2

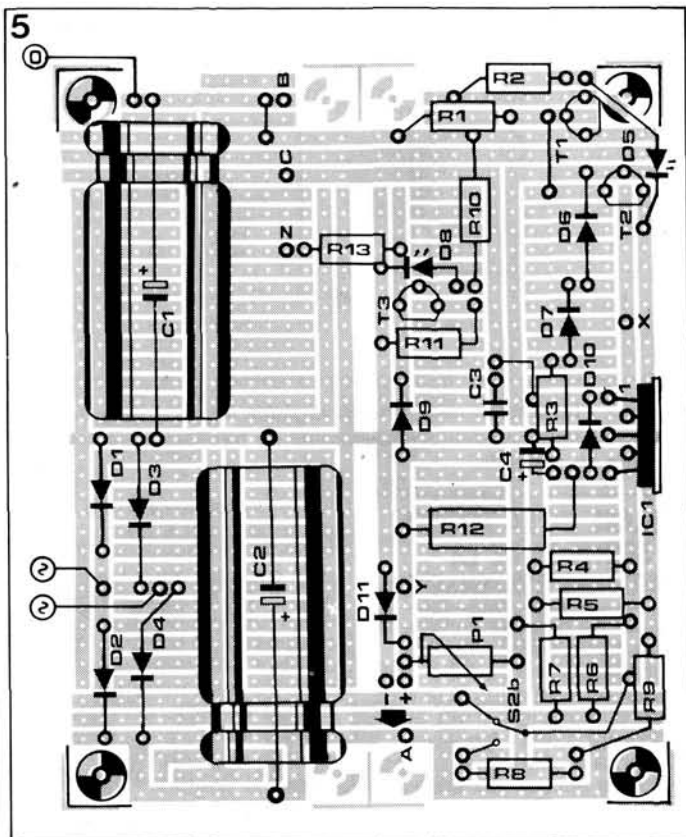
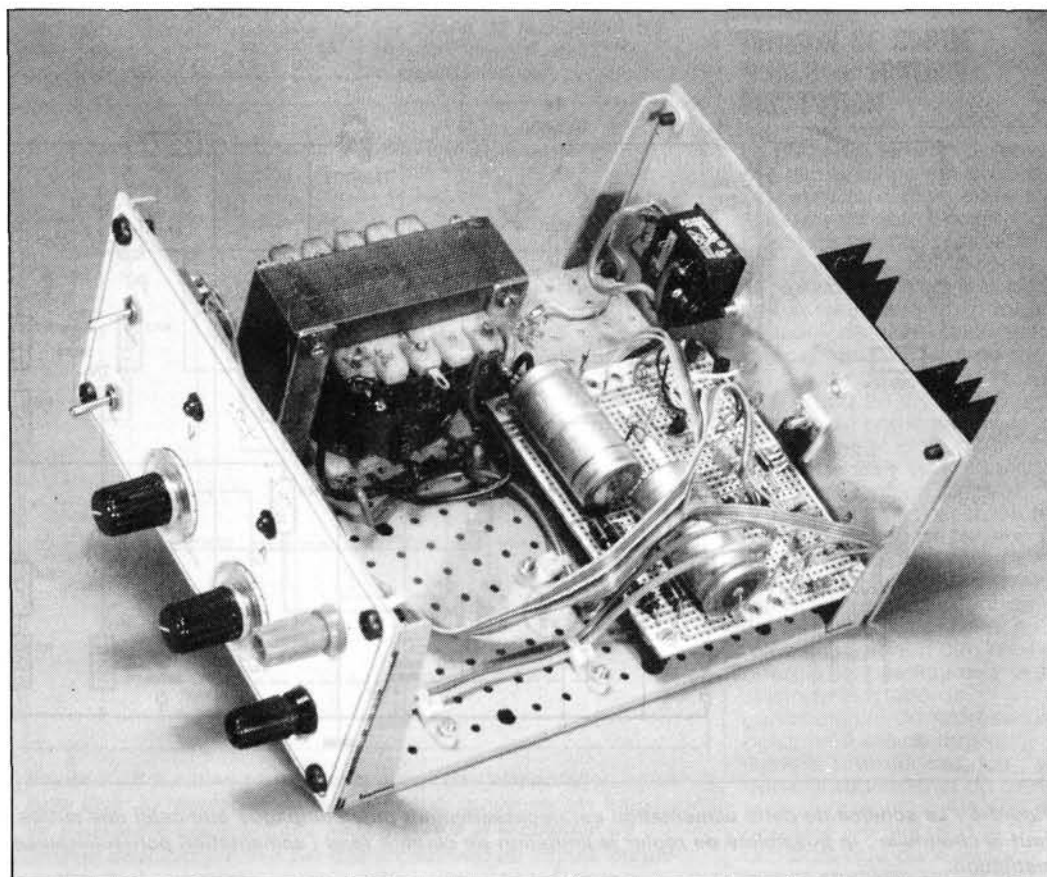


Figure 5 - Plan d'implantation de la platine d'expérimentation. A respecter précisément pour que tout se passe bien malgré la complexité du schéma. Le refroidissement d'IC1 est décrit en détail au paragraphe "Construction".

qui est probablement déjà disponible et munir les potentiomètres P1 et P2 de graduations étalonnées. C'est cette deuxième solution qui a été retenue pour le prototype.

Il est préférable de monter les LED dans des supports, la dépense engagée n'étant que de quelques centimes. Bien qu'un peu plus cher et un peu plus difficile à ouvrir, un boîtier métallique est



recommandé car il permet à la fois d'économiser un radiateur et de donner à l'appareil une solidité suffisante pour le dur travail qui l'attend au laboratoire. Inutile de rappeler que le coffret doit être relié au conducteur jaune-vert du cordon secteur, ni que la connexion de masse du circuit (pôle négatif) ne doit avoir aucun contact avec la tôle du coffret.

Pour obtenir les plages de tension voulues, les résistances R4 à R9 et le potentiomètre P1 doivent avoir précisément la valeur indiquée.

LE TEST

Si le montage est fait correctement et avec des composants en bon état, le circuit doit fonctionner dès la mise sous tension. Un multimètre connecté en sortie permet alors de mesurer les deux plages de tension.

Le circuit intégré régulateur de tension se bloque complètement en cas de surcharge. Déconnecter la charge ne suffit pas à faire

"redémarrer" l'alimentation, il faut couper brièvement le secteur. La protection contre les surcharges est sensible au point d'agir quand, dans la plage de tension haute, on ramène à son minimum la limitation de courant.

ET SI ÇA NE MARCHE PAS ?

Il faut se repencher soigneusement, avec un multimètre, sur une alimentation qui ne fonctionnerait pas. Tout d'abord, il faut vérifier complètement le câblage :

- les diodes sont-elles orientées correctement ?
- et les condensateurs électro-chimiques ?
- le brochage des transistors et du circuit intégré est-il respecté ?
- le raccordement par fils de la platine, du transformateur, des douilles, des potentiomètres et des commutateurs est-il correct ?
- la cathode des LED -l'électrode la plus large, visible

dans le boîtier - est-elle bien connectée au pôle négatif ?

- la languette de refroidissement du circuit intégré est-elle bien isolée de tous les autres conducteurs -masse exceptée - ?

Avant de continuer les mesures, on dessoude la connexion entre le point C de S2a et la platine. L'électronique de régulation est maintenant séparée du redresseur et les deux LED s'allument. Sur l'appareil alimenté on relèvera les valeurs suivantes (approximativement) :

- tension sur chaque enroulement (secondaire) du transformateur : 12 V $\approx$
- tension totale : 24 V $\approx$
- tension sur C1 (entre B de S2a et la masse) : 18 V $\approx$
- tension sur C2 (entre A de S2a et la masse) : 36 V $\approx$
- tension sur chaque LED : 2 V

Si toutes ces tensions sont correctes, l'entrée du montage, c'est-à-dire le transformateur, le redresseur et les condensateurs de filtrage sont bons pour le service.

Dessouder ensuite la connexion entre le potenti-

mètre P2 et R13 et brancher un multimètre entre le point B de S2a et le collecteur de T3 (gamme 100 mA; positif en B). L'instrument indique le courant de la source de courant constant T3 : environ 13 mA.

Rétablir maintenant les deux connexions interrompues, puis relever les valeurs suivantes :

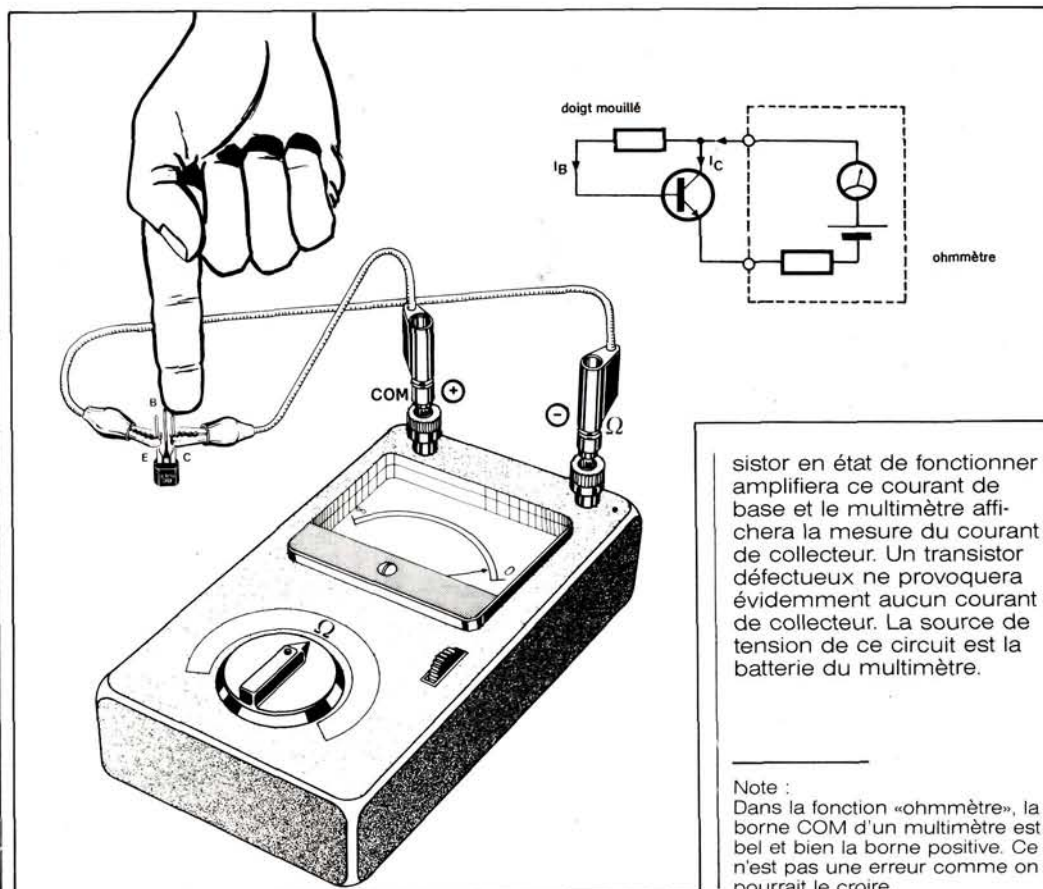
- tension entre la broche 4 d'IC1 et la masse : 2,7 V $\approx$, quelle que soit la position du potentiomètre; elle descend cependant quand la limitation de courant est en fonction.
 - tension sur D6 et D7 : 1,2 V $\approx$
 - tension entre la base de T3 et la masse : 3 V $\approx$
 - tension entre l'émetteur de T3 et la masse : 2,5 V $\approx$, indépendamment de la position du potentiomètre
 - tension sur D9 : 0,8 V $\approx$
- Une valeur différente signifie que le composant testé est mal monté ou défectueux (le signe " $\approx$ " indique ici que nous sommes en présence de tensions continues).

ELEXPÉRIENCE

Le test dit du «doigt mouillé» est sans doute le circuit à transistor le plus simple qui soit. Il permet de vérifier (de façon sommaire) le fonctionnement d'un transistor. L'ohmmètre (un multimètre dans sa fonction ohmmètre = Ω) est connecté à l'émetteur et au collecteur du transistor à tester. Le pôle positif (généralement la borne **COM** de l'ohmmètre, que l'on relie ordinairement à la masse) devra être raccordé au collecteur s'il s'agit d'un transistor NPN, et à l'émetteur s'il s'agit d'un transistor PNP. Vu que les deux jonctions du transistor (entre émetteur et collecteur) sont polarisées en sens inverse, le courant ne peut absolument pas circuler : l'instrument indique donc une résistance infinie. Nous avons déjà vu dans un précédent numéro d'ELEX que la mesure d'une résistance avec un ohmmètre était en fait une mesure de courant.

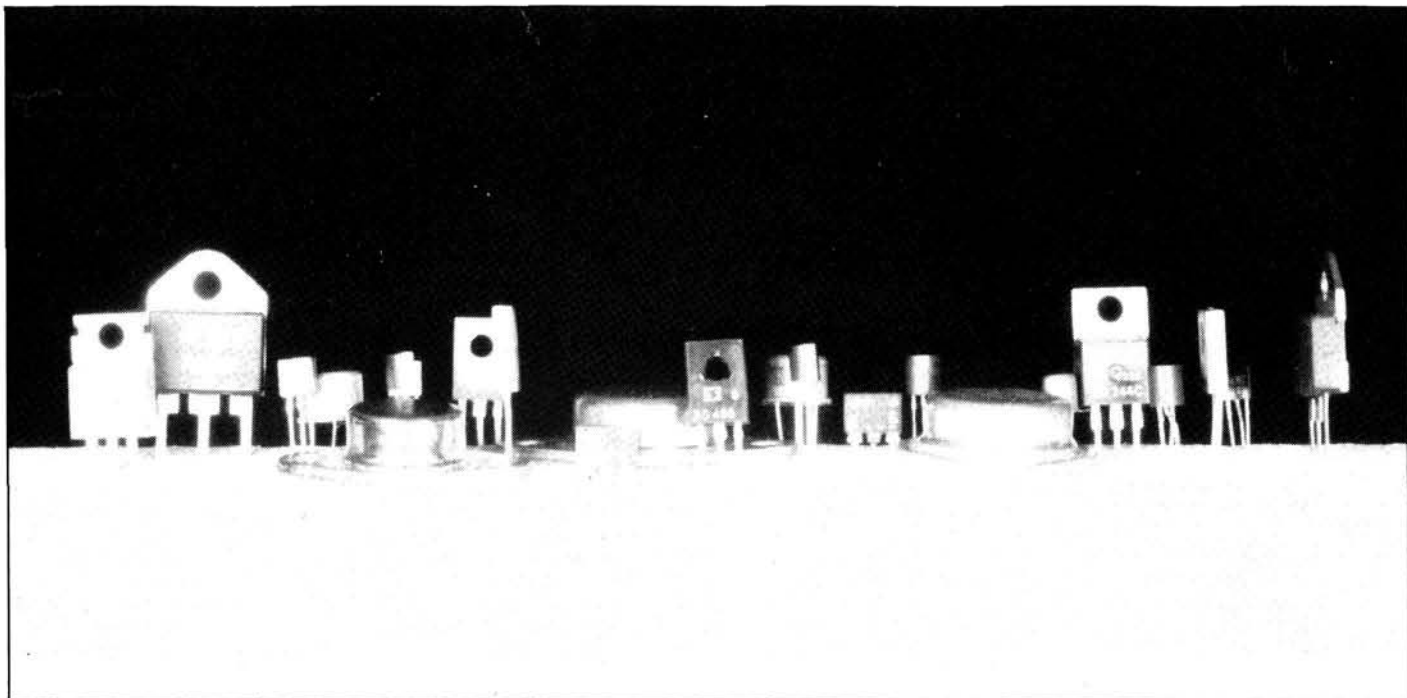
Si l'on humecte le bout d'un doigt que l'on met simultanément en contact avec la base et l'émetteur, l'instrument de mesure va réagir. En effet le doigt humide a une résistance de quelques dizaines de k Ω si bien qu'un très faible courant va pénétrer dans la base. Un tran-

TEST DE TRANSISTOR "NAZE ou PAS ?"



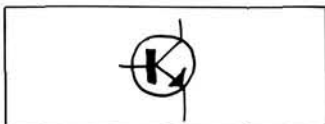
sistor en état de fonctionner amplifiera ce courant de base et le multimètre affichera la mesure du courant de collecteur. Un transistor défectueux ne provoquera évidemment aucun courant de collecteur. La source de tension de ce circuit est la batterie du multimètre.

Note : Dans la fonction «ohmmètre», la borne COM d'un multimètre est bel et bien la borne positive. Ce n'est pas une erreur comme on pourrait le croire.



Dis donc...

R : ... Transi, comment ça marche au fait un transistor?»



T : «Des transistors, il y en a beaucoup de sortes. Ceux de ma famille, ce sont des soupapes de courant réglables, ce qui permet de commander l'intensité du courant.»

R : «Vous êtes, si je comprends bien, les robinets de l'électronique.»

T : «Hm...»

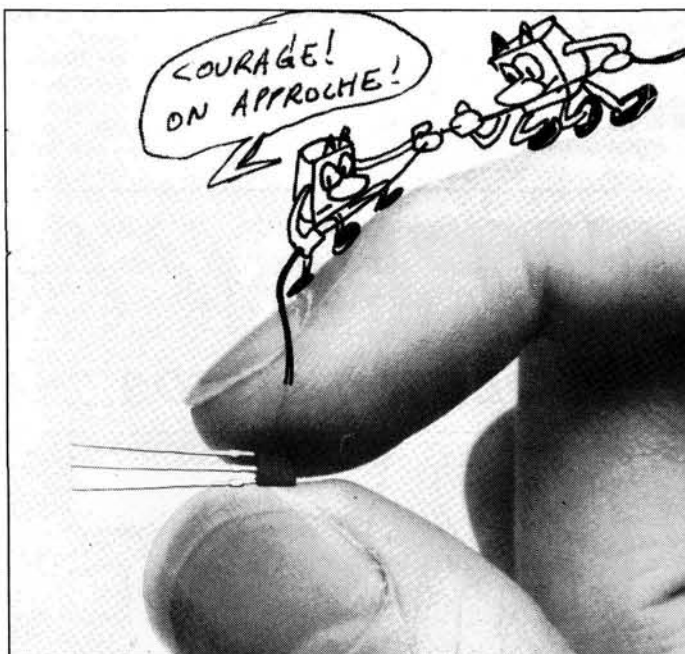
R : «Quel nez, mon cher ! Ce cap, ce promontoire... Quel manche !»

T : «Oh arrête ! Je n'ai rien d'un potentiomètre»

R : «Et quelle est la différence entre un potentiomètre et un transistor ? Un potentiomètre permet lui aussi de commander l'intensité d'un courant.»

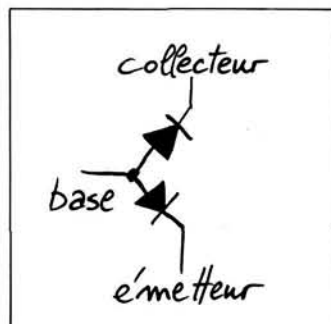
T : «Le potentiomètre est mécanique, le transistor est électronique à 100%. Pas de bouton, aucun organe de commande. Juste trois broches...»

R : «Comme les potenti-



mètres, je te l'avais bien dit!»

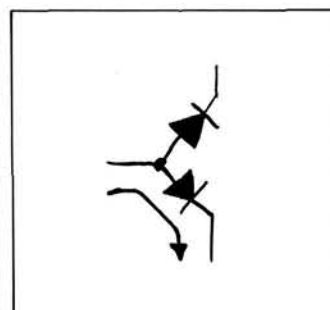
T : «Non, les transistors et les potentiomètres n'ont rien de commun. Les transistors sont faits de deux diodes branchées de manière très raffinée.»



R : «Explique-moi comment

tu peux commander un courant avec des diodes?»

T : «Avec deux diodes ? mais il n'en est pas question ! Ce n'est possible qu'avec un transistor. On fait circuler un courant par la diode base-émetteur, dans le sens indiqué par la flèche.»

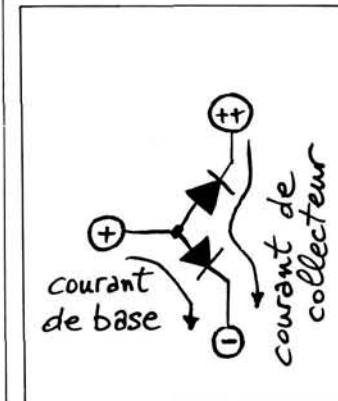


R : «Un instant, s'il te plaît. Pour que la diode conduise, il faut que le "+" soit à la base et le "-" à l'émetteur. Si en plus on connecte le collecteur au "-", il circule également du courant par la diode du haut.»

T : «Et alors, à quoi bon ? Mets plutôt le collecteur au "+"».

R : «La diode du haut bloque. Une situation sans issue!»

T : «Pas de panique ! Les deux diodes sont connectées de telle manière que le courant qui circule par la diode du bas fasse conduire la diode du haut. Le courant qui entre par la base donne naissance à un courant qui entre par le collecteur et s'écoule, avec le courant de base, par la diode du bas.»



R : «C'est incroyable... j' imagine qu'il faut un cou-

rant de base très intense pour arracher du courant au pôle positif à travers la diode bloquée?»



T : «Absolument pas! Les choses se font en douceur. Mais dès que le courant de base disparaît, il ne circule plus de courant de collecteur : la diode du haut bloque.»

R : «Si j'ai bien compris, le transistor fonctionne comme un interrupteur télécommandé par la présence ou l'absence de courant de base. Et comment fonctionne un amplificateur à transistor?»

T : «Non seulement il est possible de laisser passer ou de bloquer le courant de collecteur, mais on peut aussi le doser avec préci-

sion. Avec un robinet, tu peux faire couler plus ou moins d'eau. Ce qui est formidable avec nous autres les transistors, c'est que le courant de collecteur est beaucoup plus important que le courant de base.

R : «Beaucoup, c'est combien?»

T : «Si le courant de collecteur est par exemple 500 fois plus fort que le courant de base, un courant de base de 2 microampères, soit 2 millièmes d'ampère, peut donner naissance à un courant de collecteur de 1 milliampère. C'est déjà pas mal...»

R : «Et c'est pour cela qu'on appelle le transistor «amplificateur de courant, n'est-ce pas?»

T : «Oui. Le rapport entre le courant de collecteur et le courant de base est appelé le facteur d'amplification (ou gain) du transistor.»

R : «Et les amplificateurs stéréo, ils fonctionnent selon ce principe?»

T : «Sans aucun doute, mais un ampli Hi-Fi comporte un nombre élevé de transistors (et aussi d'autres composants).»

R : «En prenant les choses à l'envers, on pourrait construire un ampli avec des robinets. Ce serait de la Hi-Fi sub-aquatique?»



Plein les pochettes !

La pochette : 30 F (+ 5 F de port) - Par 5 pochettes et plus : 30 F (franco) - Par 10 et plus : 25 F (franco) - Commande et chèque adressés au magasin de votre choix.

- Pochettes DIODES GERMANIUM OA, AA, etc. (50 pièces)
- Poch. DIODES DE COMMUTATION 1N4148 et BAX13 (100 pièces)
- Poch. DIODES 1N4001 à 1N4007 1 A (50 pièces)
- Poch. DIODES 3 et 6 A, 100 V, BY 251, BY 255, BY 214 (15 pièces)
- Poch. DIODES DIVERSES, 1N..., BY..., OA..., etc. (50 pièces)
- Poch. DIODES ZENER, 3 à 50 V, 0,5 à 10 W, (40 pièces)
- Poch. LED Ø 5 mm, 10 R + 10 V + 10 J
- Poch. LED Ø 3 mm, 10 R + 10 V + 10 J
- Poch. INFRA-ROUGE, 3 émetteurs + 3 récepteurs
- Poch. PONTS DE DIODES, 1 à 10 A, (5 pièces)
- Poch. TRANSISTORS, BC..., 237..., 327..., 550... (50 pièces)
- Poch. TRANSISTORS DE PUISSANCE, 2 N..., TIP..., BD... (15 pièces)
- Poch. TRIACS, 4 à 25 A, (10 pièces)
- Poch. THYRISTORS, 0,8 à 25 A, (10 pièces)
- Poch. OTOCOUPEURS, TIL 111 et équiv. (5 pièces)
- Poch. REGULATEURS, 78... et 79..., (10 pièces)
- Poch. LM 741, (8 p), 10 pièces
- Poch. LM 555, (8 p), 10 pièces
- Poch. LM 709, (14 p), 10 pièces
- Poch. LM 747, (14 p), 5 pièces
- Poch. LM 324, (14 p), 5 pièces
- Poch. RESISTANCES 1/4 et 1/2 W, 10 Ω à 1 M Ω (300 pièces)
- Poch. RESISTANCES 1 à 3 W, 1 Ω à 1 M Ω, (100 pièces)
- Poch. RESISTANCES 3 à 10 W, 1 Ω à 1 M Ω, (50 pièces)
- Poch. AJUSTABLES MINIATURES CERMET (30 pièces)
- Poch. POTENTIOMETRES et AJUSTABLES DIVERS (25 pièces)
- Poch. CONDENSATEURS CERAMIQUES, 1 pF à 0,1 μF, (100 pièces)
- Poch. CONDENSATEURS MINIATURES, MKH, MKT, L.C.C., (pas de 5,08), (50 pièces)
- Poch. CONDENSATEURS PLAQUETTES, 100 pF à 2,2 μF, (50 pièces)
- Poch. CONDENSATEURS AXIAUX, 100 pF à 1 μF, 63 à 400 V, (100 pièces)
- Poch. CONDENSATEURS HAUTE TENSION, 1 pF à 1 μF, 400 à 6 000 V, (25 pièces)
- Poch. CONDENSATEURS au TANTALE, 0,1 μF à 100 μF, (50 pièces)
- Poch. CONDENSATEURS CHIMIQUES, 1 μF à 4 700 μF (50 pièces)
- Poch. COND pour FILTRE H.P., 1 μF à 68 μF, N.P., (10 pièces)
- Poch. COND. AJUSTABLES et VARIABLES, (10 pièces)
- Poch. C.T.N., V.D.R., parafoudre, antiparasites, etc... (20 pièces)
- Poch. FUSIBLES, (20 pièces) et porte-fusibles, (10 pièces)
- Poch. MICAS et CANONS, pour transistors, TO220, TO3, TO66, etc... (100 pièces)
- Poch. SUPPORTS de C. INT., 6 à 40 p, (20 pièces)
- Poch. RADIATEURS, TO5, TO220, TO3, profilés (10 pièces)
- Poch. PRISES, DIN, JACK, RCA, etc., (20 pièces)
- Poch. BORNIERES et CONNECTEURS (appariés), (10 pièces)
- Poch. VOYANTS, LED, CLIPS, NEONS, LUCIOLES...
- Poch. INTER COMMUT, clavier, etc. (25 pièces)
- Poch. COMMUT. ROTATIFS, 1 c. 12 p., 2 c. 6 p., etc. (5 pièces)
- Poch. FILS ET CABLES, blindés, nappe, cablage, (couleurs assorties) (50 m)
- Poch. GAINES, thermo, souples, manchons, etc.
- Poch. FIL EMAILLE Ø 0,1 mm à 1,5 mm, (100 m)
- Poch. VISSERIE MINIATURE, Ø 1,5, 2 et 2,5 mm (300 pièces)
- Poch. VISSERIE, Ø 3 mm, (100 vis + 100 écrous + 100 rondelles)
- Poch. VISSERIE, Ø 4 mm, (100 vis + 100 écrous + 100 rondelles)
- Poch. VISSERIE et cosses diverses, (500 pièces)
- Poch. MATERIEL ELECTRIQUE, prises, inter, triplette, etc.
- Poch. RELAIS, 12 V, REED, etc. (5 pièces)
- Poch. BOBINAGES, F.I., pots ferrite, mandrins, etc., (20 pièces)
- Poch. BOUTONS POUR POTENTIOMETRES, axe Ø 6, glissière, auto-radio, etc. (25 pièces)
- Poch. CORDONS hi-fi, d'alim., etc. (5 pièces)
- Poch. TRANSFO D'IMPEDANCE, 8 Ω / 2 x 8 Ω, 3 W surmoulé, (2 pièces)
- Poch. 2 H.P., 4 Ω, Ø 10 cm, 2 W
- Poch. 2 H.P., 4 Ω, Ø 17 cm, 5 W
- Poch. 2 H.P., 8 Ω, 8 cm x 20 cm, 5 W
- Poch. MICRO ELECTRET, dynamique, écouteur, etc. (5 pièces)
- Poch. GRIP-FILS, 14 cm, 1 rouge + 1 noir
- Poch. jeux de CORDONS DE MESURE, (R + N) + 2 mini grip-fils
- Poch. COSSAS A SERTIR (assorties, 100 pièces)
- Poch. 3 COFFRETS, plastique noir, 85 x 55 x 35 mm
- Poch. 2 COFFRETS, plastique noir, 110 x 70 x 45 mm
- Poch. 1 COFFRET, plastique noir, 155 x 90 x 50 mm
- Poch. CIRCUIT IMPRIME, epoxy et bakélite, (10 dm²)
- Poch. PERCHLO (pour 1 l) + FEUTRE SPECIAL C.I. + plaque C.I.
- Poch. GRADATEUR EN KIT, 220 V, 800 W, avec circuit imprimé
- Poch. VOIE INVERSE POUR MODULATEUR, 200 V, 800 W avec circuit imprimé

E.44 65 quai de la Fosse
44100 NANTES - 40.73.53.75

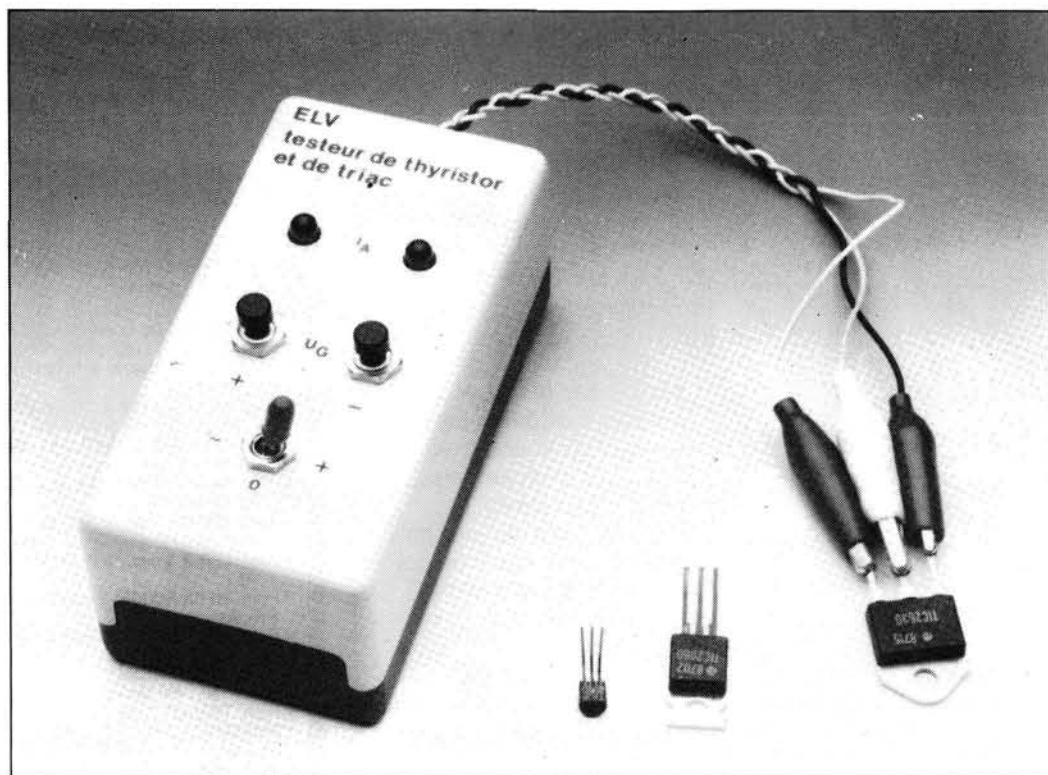
E.17 2 rue des Frères Prêcheurs
17000 LA ROCHELLE - 46.41.09.42

E.79 59 rue d'Alsace Lorraine
79000 NIORT - 49.24.69.16

E.C.E.L.I. 17 rue du Petit Change
28000 CHARTRES - 37.21.45.97

E.85 8 bis, rue du 93^e R.I.
85000 LA ROCHE-SUR-YON - 51.62.64.82

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-

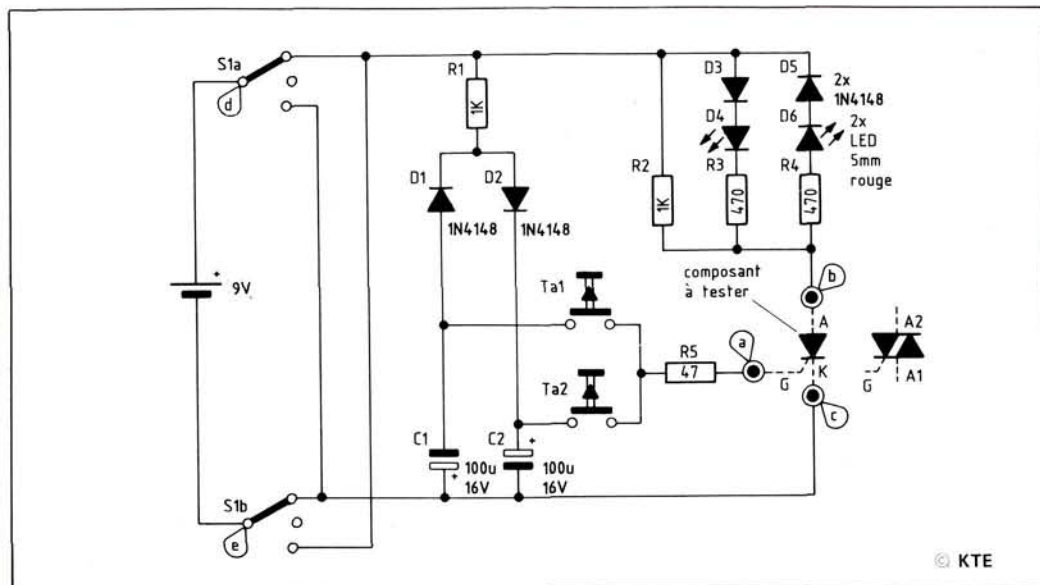


Figure 1 - Schéma du testeur de thyristors et de triacs.

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.

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

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

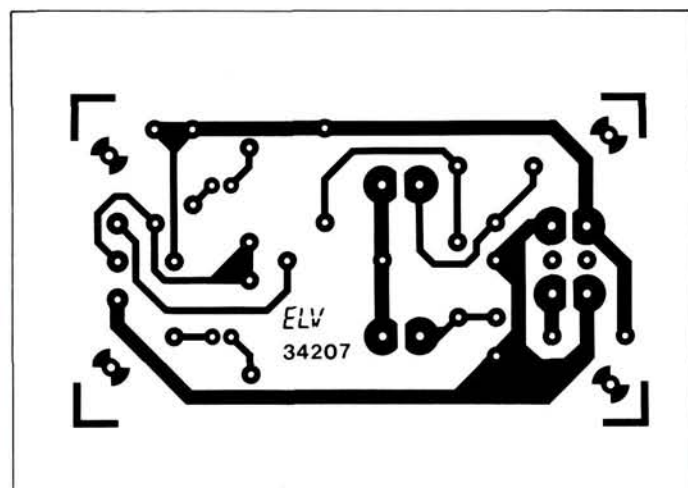


Figure 2 - Circuit imprimé du testeur de thyristors et de triacs, vu du côté de la piste cuivrée.

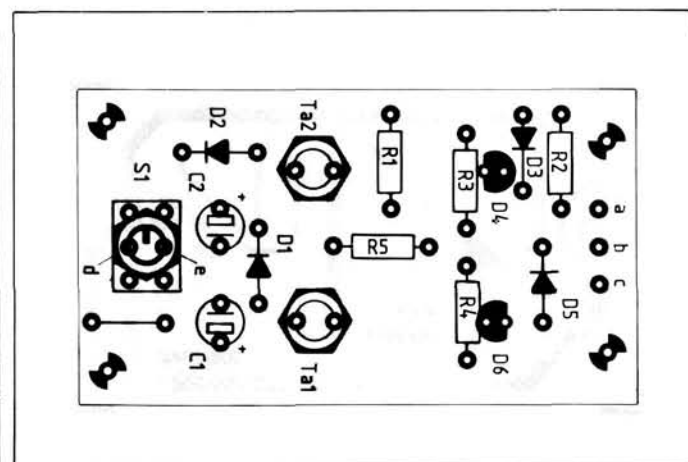


Figure 3 - Schéma d'implantation des composants.

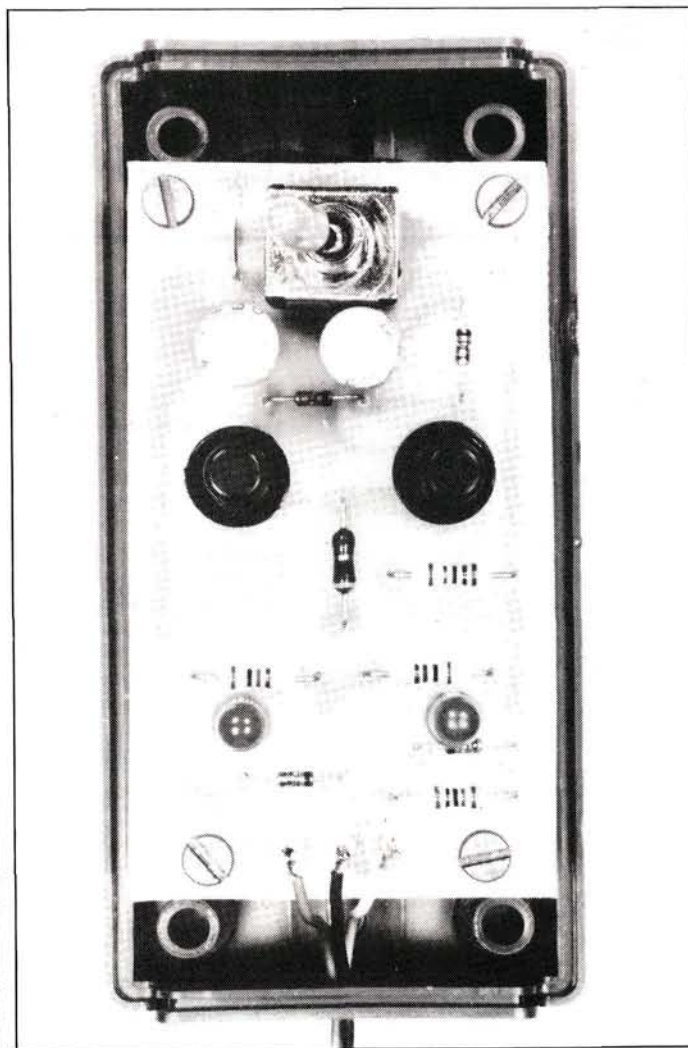
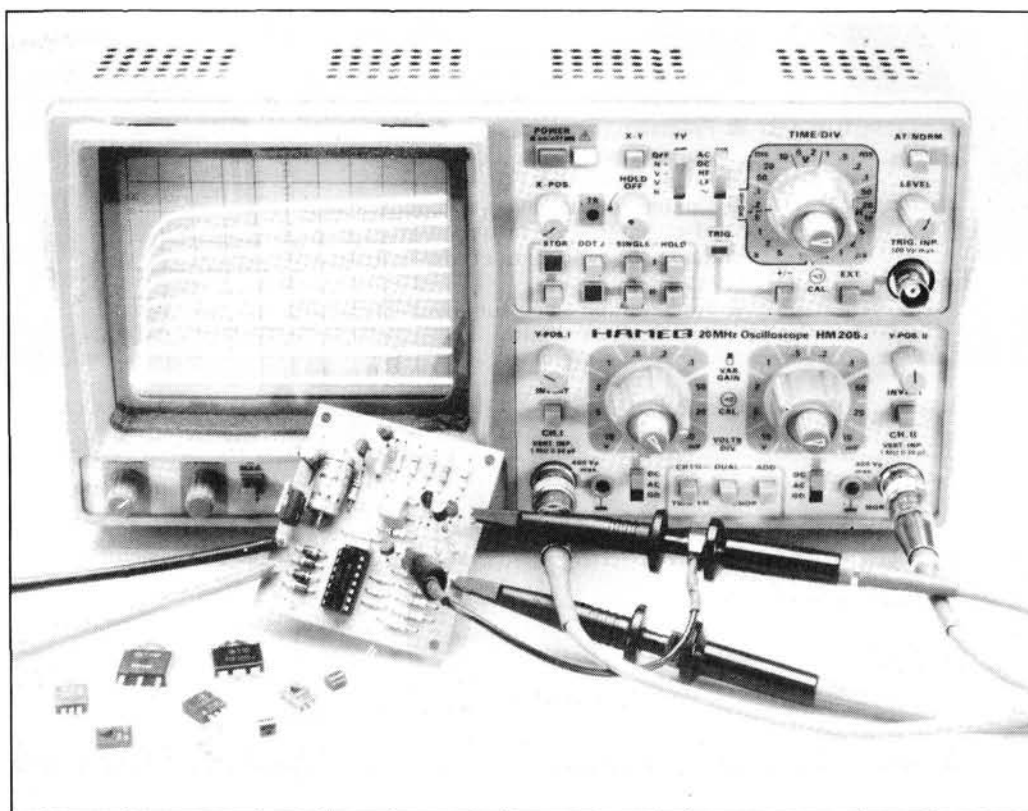


Figure 4 - Platine équipée des composants.

TRACEUR DE COURBES POUR TRANSISTORS



Voici un montage qui vous va vous permettre de prendre toute la mesure de ce qu'ELEX vous réserve dans les mois et les années à venir. Il ne s'agit pas d'un montage facile à comprendre, en plus il faut un oscilloscope pour s'en servir, mais c'est un outil fondamental. Un traceur de courbes, c'est l'appareil à radiographier les transistors.

Les transistors, ce n'est pas demain la veille qu'on s'en passera. Et si vous voulez "entrer" en électronique (on entre en électronique comme en religion), vous passerez un jour ou l'autre par un traceur de courbes. Autant s'y mettre tout de suite !

Il existe beaucoup de méthodes pour tester un transistor mais la plupart de ces tests sont sommaires car ils ne prennent en compte qu'un seul para-

mètre du transistor. Notre traceur de courbes mesure au même instant les caractéristiques principales du transistor et matérialise le résultat de ces mesures sous la forme de courbes sur un oscilloscope, d'où le nom de **traceur** de courbes.

L'avantage que procure le traceur de courbes est évidemment assorti d'une contrainte : il faut disposer d'un oscilloscope. L'appareil présenté ici, bien que compliqué pour le n° 5 d'une

revue d'initiation à l'électronique, est assez simple et permet uniquement de tracer les courbes des transistors NPN. Ceci ne nous empêchera pas de lui consacrer quelques pages bien remplies de ce magazine.

On ne risque pas de passer pour Nostradamus en affirmant que le transistor joue un rôle déterminant en électronique. Les composants passifs, tels que les résistances, les diodes et les condensateurs, sont indis-

pensables, mais c'est le transistor qui joue le rôle actif principal dans les circuits électroniques.

Il n'est donc pas étonnant de constater que le grand essor de l'électronique a pris naissance avec le transistor. C'est vers la fin des années quarante que le transistor fut découvert par Bardeen, Brattain et Shockley. Les perfectionnements apportés à ce composant furent très rapides. Les chercheurs, ces éternels insatisfaits (heureusement !), trouvèrent ce

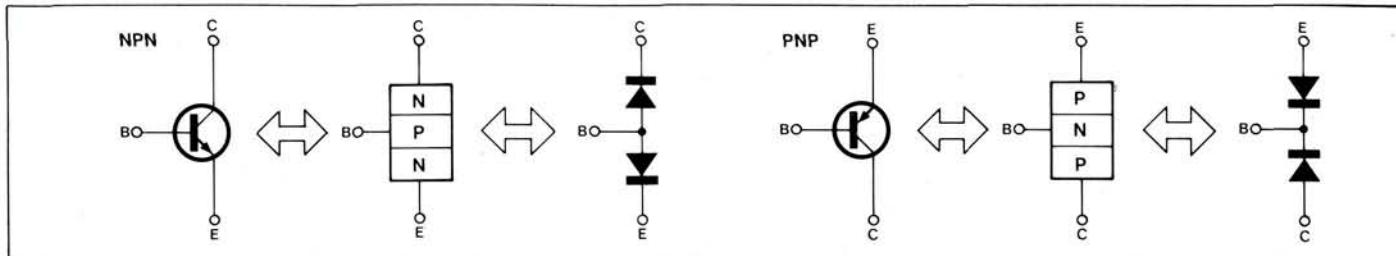


Figure 1 - La méthode la plus simple pour vérifier un transistor est de le considérer comme un montage de deux diodes placées en série et polarisées en sens inverse : la jonction base-émetteur et la jonction collecteur-émetteur. Il suffit alors de les mesurer au moyen d'un multimètre (position ohmmètre).

composant très discret encore beaucoup trop lourd, lent et encombrant pour leurs ambitions aéronautiques et informatiques en particulier.

De là est né le circuit intégré qui est un assemblage très astucieux de dizaines, de centaines, voire de milliers de transistors microscopiques qui forment les très célèbres puces. Après l'âge de la pierre, celui du bronze, puis du fer, nous voilà débarqués à l'âge du silicium par la grâce des électroniciens.

L'amateur au même titre que le professionnel est confronté un jour ou l'autre à un circuit qui ne fonctionne pas. Très souvent c'est une mauvaise soudure qui est en cause, ou l'inversion d'un composant polarisé. Qu'un composant soit défectueux dès le départ, c'est plus rare, mais c'est le plus souvent l'origine des pannes survenues quelques temps après une mise en service satisfaisante. Dans ce cas il est nécessaire de vérifier soigneusement les caracté-

ristiques des composants suspectés. Les résistances, les diodes, dans certaines limites les condensateurs également, peuvent être vérifiés au moyen d'un simple multimètre universel.

La vérification des transistors n'est pas aussi aisée. Le simple test "bon ou mauvais" est facile à réaliser en considérant le transistor comme l'assemblage en série de deux diodes de polarité opposée. Il ne vous apprend pourtant rien au sujet du gain en courant qui est une caractéristique essentielle du composant et peut être la cause de la panne que vous recherchez. Le traceur de courbes que nous vous proposons ici effectue un test approfondi du transistor. Pour comprendre son fonctionnement il est indispensable d'avoir les idées bien claires au sujet du fonctionnement du transistor lui-même. Commençons par là.

NOTIONS DE BASE SUR LE TRANSISTOR

Le transistor possède trois connexions (base, émetteur et collecteur) mais lorsqu'on décrit ses caractéristiques électriques, on le considère souvent comme un quadripôle. Cette façon de voir est logique car l'un de ses trois pôles (très souvent l'émetteur) est commun au circuit d'entrée et au circuit de sortie d'un montage (figure 2). Dans ce cas nous parlons d'un montage à émetteur commun.

Le montage de la figure 2 possède deux connexions d'entrée : celle de la base et celle de l'émetteur. Il possède aussi deux connexions de sortie : celle du collecteur et celle de l'émetteur. Dans cette optique on définit quatre grandeurs : le courant de base du circuit d'entrée ($I_b = I$ pour le courant, caractérisé par son intensité, et b pour la base), la tension d'entrée ($U_{be} = U$ pour la tension, b pour la base et e pour l'émetteur), le courant de collecteur du circuit de sortie ($I_c = I$ pour le courant et c pour le collecteur) et la tension de sortie (U_{ce}). En général, les lettres "b", "c", "e" utilisées comme elles le sont ici, se rapportent à la base, au collecteur et à l'émetteur d'un transistor; il faut toutefois se méfier des généralisations abusives, car selon le contexte, ces lettres désignent parfois autre chose.

La caractéristique du transistor sur laquelle nous voulons principalement attirer votre attention se rapporte à son courant de base qui suscite un courant de collecteur pratiquement proportionnel. Nous voulons dire par là qu'il existe un rapport invariable entre l'intensité de ces deux courants. C'est ce rapport qu'on appelle coefficient d'amplification ou de gain du transistor et qu'on désigne par H_{FE} .

Un courant de base d'une certaine intensité donne naissance à un courant de collecteur d'une intensité

EN THÉORIE, DANS UN MONTAGE EN ÉMETTEUR COMMUN, LE COURANT DE COLLECTEUR N'EST PAS INFLUENCÉ PAR LA TENSION DE SORTIE. C'EST UNIQUEMENT LE COURANT DE BASE QUI LE DÉTERMINE.

égale à plusieurs fois celle du courant de base (figure 3a). La tension d'entrée sur la base du transistor, déterminée par sa jonction base-émetteur, reste pratiquement constante (0,6 V à 0,7 V) quel que soit l'intensité du courant de base. La tension de sortie dépend du circuit que traverse le courant de collecteur. Le collecteur pourra être relié directement à la tension d'alimentation, puisque pour le courant de collecteur ce n'est, en principe, pas la valeur de cette tension d'alimentation qui est déterminante, mais le courant de base. Ceci permet d'utiliser un transistor en source de courant commandée par le courant de base.

UN AMPLIFICATEUR DE TENSION QUI INVERSE LA TENSION AMPLIFIÉE

Si l'on souhaite recueillir, au lieu d'un courant, une tension de sortie proportionnelle au courant de base, il suffit d'installer une résistance dans le circuit du collecteur pour transformer

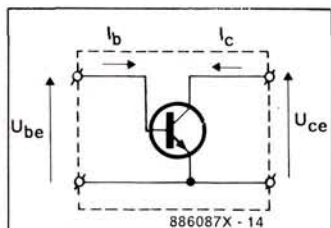


Figure 2 - Le transistor est un quadripôle puisque l'émetteur est commun au circuit d'entrée et au circuit de sortie.

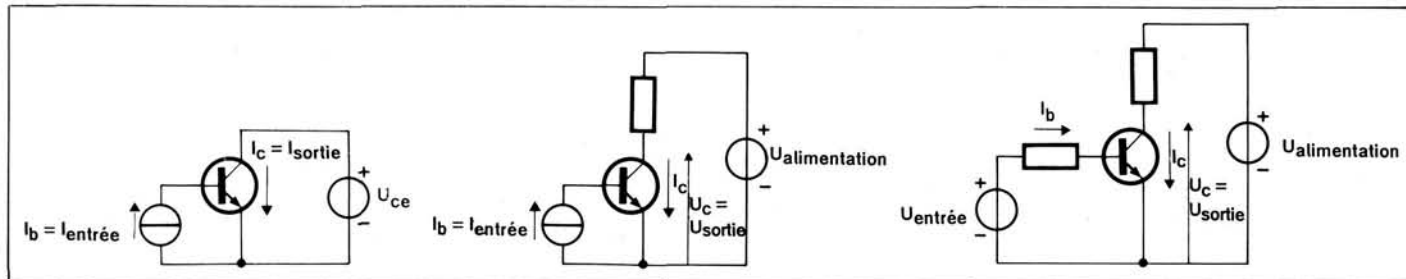


Figure 3a. - Ce transistor est monté en amplificateur de courant : le courant de base amplifié parcourt le collecteur.

3b. - Ici le transistor est monté en amplificateur de tension. Le courant de base amplifié dans le collecteur traverse la résistance de charge qui le transforme en une tension.

3c. - Dans ce montage la tension d'entrée est transformée en courant de base avant d'être amplifiée comme en 3b.

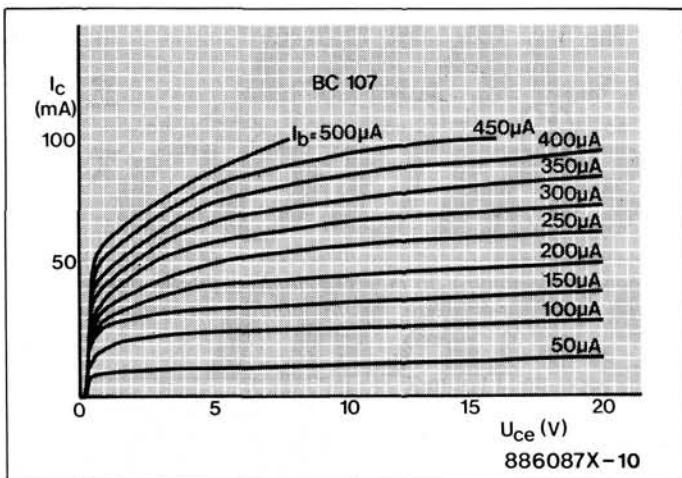


Figure 4 - La caractéristique de sortie d'un transistor BC 107 telle qu'on la découvre dans la documentation du fabricant.

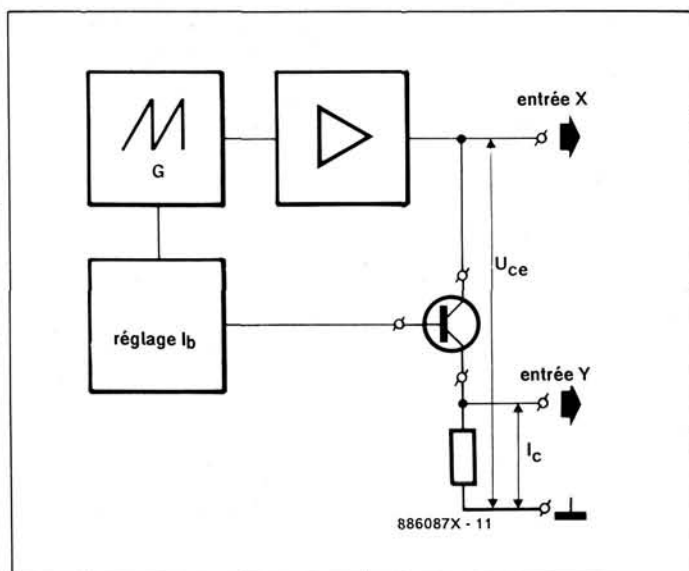


Figure 5 - Schéma synoptique du traceur de courbes. L'appareil comprend un générateur de tension en dents de scie, un amplificateur de courant et un générateur de courant de base.

Liste des composants

- R1 = 1 Ω
 R2 = 33 Ω
 R3 = 470 Ω
 R4 = 1 kΩ
 R5 = 100 kΩ
 R6, R7 = 10 kΩ
 R8, R9 = 22 kΩ
 R10...R14 = 220 kΩ
 C1 = 470 nF
 C2 = 2n2
 C3 = 100 nF
 C4 = 10 μF/16 V
 C5 = 220 μF/25 V
 D1 = diode Zener 12 V/400 mW
 D2...D4 = 1N4148
 D5...D8 = 1N4001
 T1...T3 = BC557B
 T4, T5 = BC547B
 IC1 = 4024
 IC2 = 7815

le courant de collecteur en tension (figure 3b). Le courant qui la traverse provoque une chute de tension aux bornes de la résistance, et ainsi nous transformons le courant d'entrée I_b en tension de sortie $(I_c \times R_c)$, c'est la loi d'Ohm).

Augmenter le courant de base et par conséquent le courant de collecteur implique une diminution de la tension de sortie (mesurée par rapport au collecteur). Du fait même du sens de circulation du courant de collecteur, la tension croissante aux bornes de la résistance est en effet retranchée de la tension d'alimentation. C'est ainsi qu'un faible courant de base (qui ne provoque qu'un courant de collecteur relativement faible) donne naissance à une tension de collecteur proche de la tension d'alimentation tandis qu'un courant de base de forte intensité ne laisse subsister qu'une tension de collecteur faible. C'est pourquoi on dit d'un transistor qu'il est *inverseur*.

Un transistor peut également être **utilisé en amplificateur de tension** et fournir une tension de sortie (figure 3c). Il n'est pas recommandable d'attacher la base d'un transistor avec une tension qui

dépasse en permanence la tension de polarisation normale de cette base, soit 0,6 V à 0,7 V. Le risque de destruction du transistor serait très grand. Une résistance placée en série dans le circuit de la base transforme la tension d'entrée en courant de base. Celui-ci est amplifié par le transistor sous la forme d'un courant de collecteur, lequel à son tour donne naissance à une tension aux bornes de la résistance de collecteur.

LE COURANT DE BASE EST AMPLIFIÉ PAR LE TRANSISTOR SOUS LA FORME D'UN COURANT DE COLLECTEUR, LEQUEL À SON TOUR DONNE NAISSANCE À UNE TENSION AUX BORNES DE LA RÉSISTANCE DE COLLECTEUR.

En réalité, le seuil de base (les 0,6 V de la jonction base-émetteur) est retranché de la tension d'entrée. Pour contourner cette difficulté, on fait appel à la polarisation continue de la base, une notion sur laquelle nous reviendrons plus tard dans ELEX.

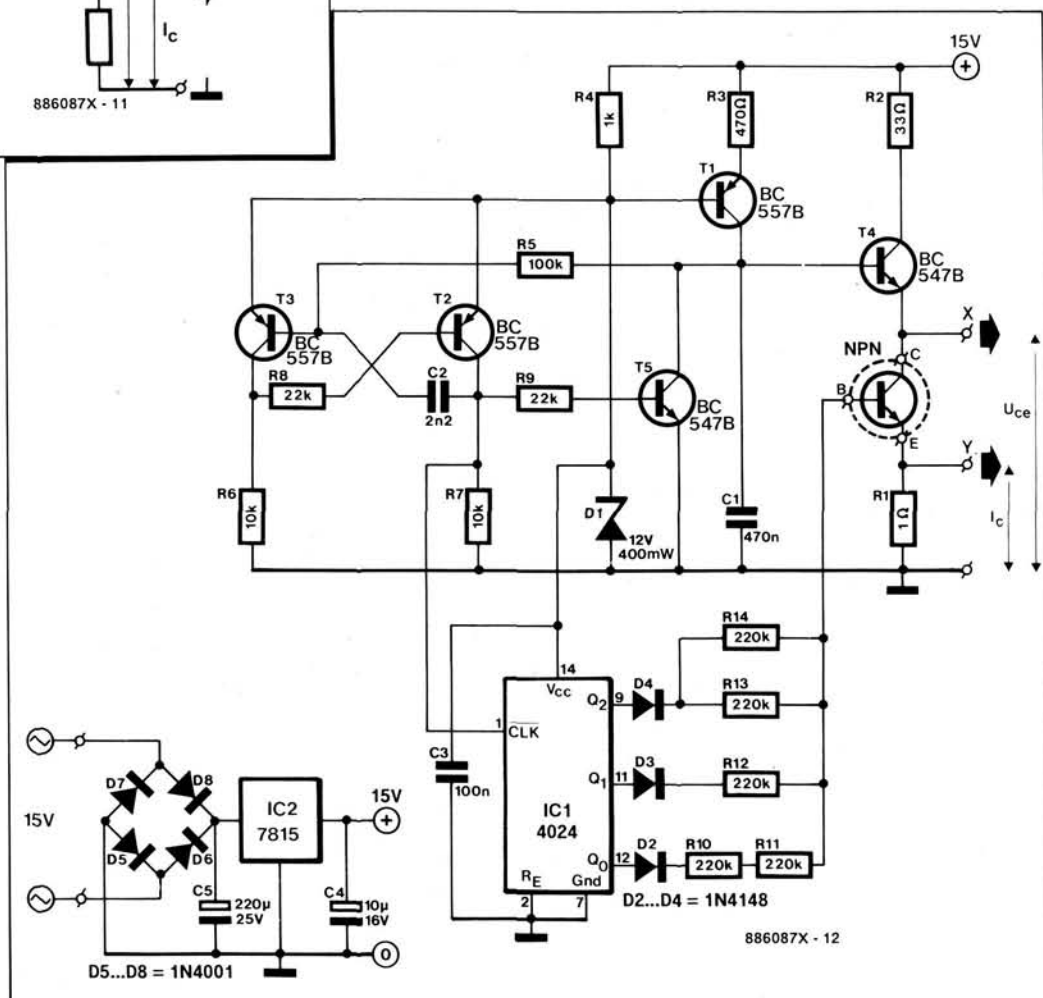


Figure 6 - Schéma complet du traceur de courbes. Vous remarquerez que le générateur de courant de base est construit autour d'un compteur binaire.

CARACTÉRISTIQUES DES TRANSISTORS

On entend par là les tableaux et les courbes par lesquels le fabricant décrit à l'utilisateur le comportement du transistor qu'il lui propose. On utilise beaucoup les tableaux de caractéristiques, mais il est incontestable que les courbes sont beaucoup plus éloquentes. Le graphique qui nous en apprend le plus sur le comportement d'un transistor est la caractéristique collecteur-émetteur qu'on désigne sous le nom de **caractéristique de sortie**. Elle représente le courant de collecteur (I_c) en fonction de la tension collecteur-émetteur (U_{ce}) pour un courant de base (I_b) maintenu constant. La **figure 4** représente la caractéristique collecteur-émetteur d'un transistor classique, le BC107.

En ordonnée (l'axe vertical) figure le courant de collecteur exprimé en milliampères (mA) et en abscisse (l'axe horizontal) la tension collecteur-émetteur exprimée en volts (V). Les courbes sont tracées avec un courant de base croissant exprimé en microampères (μA). Elles montrent comment l'intensité du courant de collecteur répond aux variations de la tension collecteur-émetteur.

Si le transistor BC107 était un transistor idéal, toutes les lignes de sa caractéristique de sortie seraient horizontales. Le courant de collecteur resterait constant malgré les variations de la tension collecteur-émetteur. Il dépendrait uniquement de l'intensité du courant de base. Vous voyez qu'en réalité il n'en est rien puisque le courant de collecteur est bel et bien influencé par la tension collecteur-émetteur.

Nous remarquons aussi que ce défaut s'accroît avec les courants de base plus intenses.

La **figure 4** nous permet aussi de **déterminer le facteur d'amplification** du transistor. Si nous regardons par exemple la courbe qui correspond à un courant de base de $50 \mu A$ ($= 0,05 \text{ mA}$) nous relevons un courant de collecteur d'une intensité moyenne de $12,5 \text{ mA}$. Le facteur d'amplification est par conséquent égal à $12,5 \text{ mA} / 0,05 \text{ mA} = 250$.

Le coude qui caractérise l'extrémité gauche des différentes courbes I_c/I_b nous révèle que le collecteur du transistor devient une source de courant constant... très inconstante lorsque la tension collecteur-émetteur descend en-dessous d'une

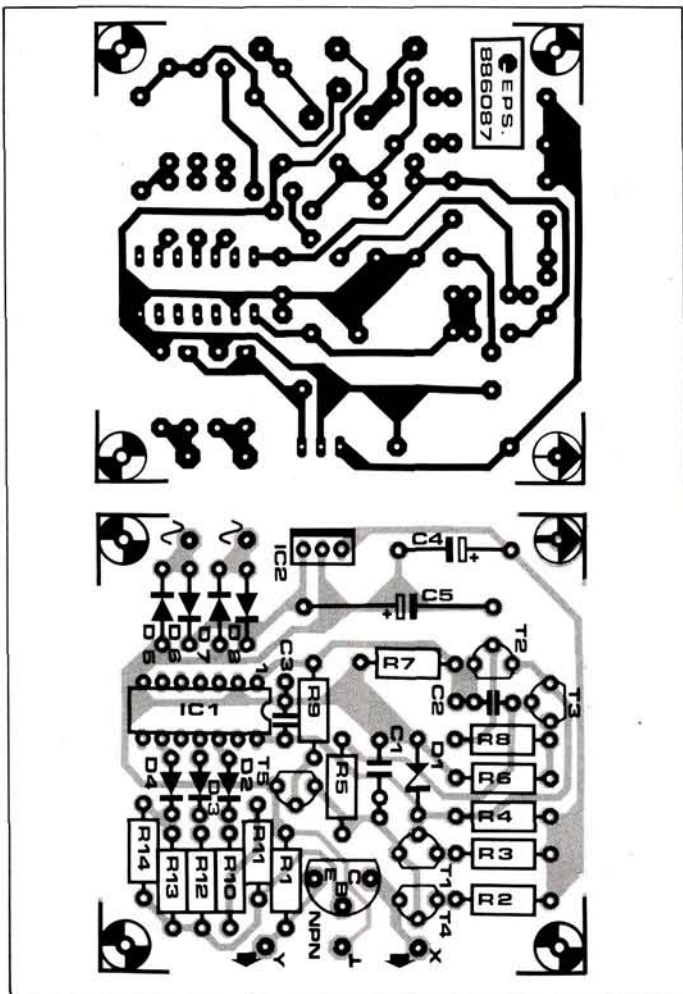


Figure 7 - Une fois n'est pas coutume : pour ce traceur de courbes nous avons conçu un circuit imprimé qui vous facilitera la construction. Les pistes sont étamées et protégées par un vernis-épargne. L'implantation des composants est reproduite en sérigraphie sur la face composants. C'est du luxe.

certaine valeur (ici : $0,4 \text{ V}$) puisque le courant de collecteur s'effondre en-deçà de cette limite. Quiconque conçoit un circuit doit tenir compte de cette particularité.

SCHEMA SYNOPTIQUE DU TRACEUR DE COURBES

Le traceur de courbes est capable de restituer la caractéristique de sortie d'un transistor NPN sur un oscilloscope. Ce petit appareil vous permet donc de déterminer sans délai les caractéristiques principales d'un transistor dont vous voulez savoir "ce qu'il a dans le ventre". C'est d'abord intéressant si vous le soupçonnez d'être *claqué*, mais très précieux aussi avec un transistor d'origine inconnue. Si vous avez à appairer deux transistors (c'est-à-dire trouver des transistors dont les caractéristiques soient aussi semblables que possible), il ne suffit pas d'acheter deux transistors portant le même numéro. La dispersion des caractéristiques est telle que seul un tri scrupuleux permet de mettre la main

sur deux exemplaires à peu près identiques.

Un coup d'oeil sur la **figure 5** vous révèle que le principe du traceur n'est pas tellement compliqué. Un générateur de dents de scie crée une tension collecteur-émetteur qui varie entre 0 V et 10 V . Il est suivi d'un étage de puissance composé d'un seul transistor, dont la fonction est de rendre le signal en dent de scie assez musclé pour fournir le courant nécessaire au transistor à tester.

Le bloc inférieur gauche est une source de courant variable, capable d'envoyer à la base du transistor à tester un courant dont l'intensité augmentera par sept bonds successifs de $25 \mu A$. Sur l'oscilloscope apparaîtront donc huit courbes I_c/I_b .

Le processus entièrement automatique se déroule de la façon suivante
a. naissance du courant de base le plus faible ($0 \mu A$)
b. le générateur de dents de scie fait croître progressivement la tension collecteur-émetteur
c. lorsque la tension en dents

de scie atteint son maximum, le générateur est remis à zéro et le courant de base augmente de $25 \mu A$. Les étapes a. et b. se répètent. Au bout de huit cycles le courant de base retombe à $0 \mu A$ et le processus recommence.

LA FRÉQUENCE DE L'OSCILLATEUR EN DENTS DE SCIE PROVOQUE UNE RÉPÉTITION TELLEMENT RAPIDE DU TRACÉ DES COURBES QUE LE GRAPHIQUE APPARAÎT AVEC UNE STABILITÉ SATISFAISANTE SUR L'OSCILLOSCOPE.

L'oscilloscope doit mesurer la tension collecteur-émetteur ainsi que le courant de collecteur. En réalité nous ne mesurons pas le courant de collecteur, mais le courant d'émetteur, sous la forme de la chute de tension que ce courant provoque aux bornes de la résistance chutrice R_1 . Cette mesure est entachée d'une petite erreur car c'est le courant d'émetteur qui parcourt la résistance est égal au courant de collecteur **augmenté** du courant de base. Celui-ci est heureusement de faible intensité par rapport à celle du courant de collecteur. L'erreur de mesure qu'il provoque est en réalité inférieure à 1% : nous pouvons la négliger sans scrupule.

Dans la mesure de la tension émetteur-collecteur apparaît également une erreur due à la présence de la résistance de mesure R_1 dans le circuit de mesure. Cette résistance a une valeur très faible (1Ω) si bien que le passage d'un courant de collecteur de 100 mA par exemple se traduit par une chute de tension d'à peine $0,1 \text{ V}$ aux bornes de la résistance de mesure. Si nous comparons cette tension aux 10 V du maximum de tension de collecteur, nous voyons que nous pouvons aussi tolérer cette erreur sans inconvénient.

Pourquoi ces deux tolérances ? Les raisons sont d'ordre pratique. Cette façon de faire permet d'abord de confondre la masse générale du circuit et la masse du circuit de mesure. Si nous n'avions pas procédé de cette manière, l'image inversée du graphique serait apparue sur l'oscilloscope. Or tous les oscilloscopes ne sont pas pourvus d'un organe de commande d'inversion du signal d'entrée. La fréquence de l'oscillateur en dents de scie provoque une répétition tellement

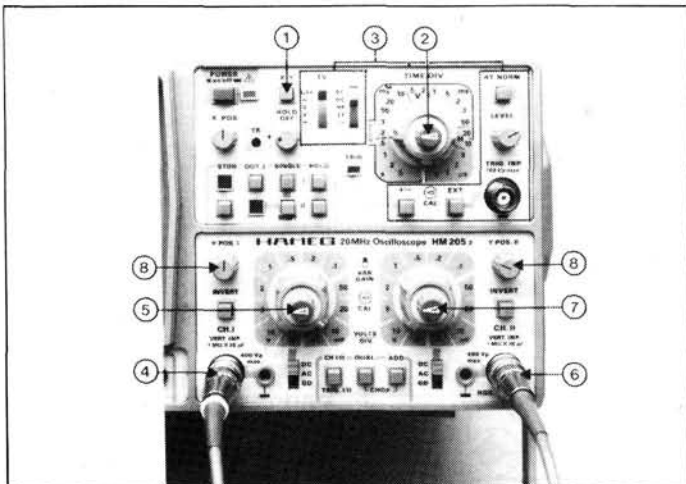


Figure 8 - Si vous disposez d'un oscilloscope Hameg, réglez-le comme ceci : enfoncez la touche X-Y (1). La base de temps (2) est hors circuit ainsi que les fonctions "trigger" (3). Amenez le courant de collecteur par une sonde sans atténuation (1:1) à l'entrée Y (4). L'atténuateur d'entrée (5) est réglé sur le calibre 10 mV/div qui permet une lecture de 10 mA/div sur l'axe Y. La deuxième entrée Y de cet oscilloscope sert d'entrée X (6) à laquelle est appliquée la tension en dents de scie. La sensibilité de l'entrée X (7) doit être réglée sur 1 V/div. Ce bouton de réglage (8) permet de placer l'origine des axes dans le coin inférieur gauche, ce qui permet d'utiliser toute la surface de l'écran.

rapide du tracé des courbes que le graphique apparaît avec une stabilité satisfaisante sur l'oscilloscope.

LE CIRCUIT

Le flanc montant de la tension en dents de scie est obtenu à l'aide d'une source de courant basée sur T1, R3, R4, D1 et d'un condensateur (C1). La diode zener D1 veille à maintenir la base de T1 à un potentiel stable de 12 V. La tension de l'émetteur de ce transistor est donc portée à 12 V + 0,7 V et grâce à la valeur donnée à la résistance R3, son collecteur fournit un courant constant d'environ 5 mA qui sert à charger le condensateur C1.

LA TENSION AUX BORNES DE C1 AUGMENTE DE FAÇON LINÉAIRE, C'EST-À-DIRE QUE LA PROGRESSION SE FAIT EN LIGNE DROITE C'EST LE FLANC MONTANT DE LA TENSION EN DENTS DE SCIE

La tension aux bornes de C1 croît de façon linéaire, c'est-à-dire que la progression se fait en ligne droite : c'est le flanc montant de la tension en dents de scie. Les transistors T2 et T3 surveillent cette tension de sortie du générateur de tension en dents de scie. Tant qu'elle n'a pas atteint son maximum, le transistor T3 est maintenu en conduction par l'intermédiaire de la résistance R5. Le

transistor T2 est bloqué pour l'instant.

Quand la tension en dents de scie atteint sa valeur maximale (la tension de la jonction base-émetteur de T3 : 12 V - 0,7 V) le transistor T3 se bloque (c'est un transistor PNP qui fonctionne à l'inverse d'un transistor NPN). A présent le collecteur de T3 est forcé au potentiel de la masse par la résistance R6, le transistor T2 (c'est aussi un transistor PNP) devient conducteur par l'intermédiaire de la résistance R8.

La tension de collecteur de T2 augmente rapidement jusqu'à environ 12 V. Cette augmentation de tension amène la base de T5 au seuil de conduction à travers la résistance R9. Le transistor T5 a pour fonction de décharger rapidement le condensateur C1 (flanc descendant de la tension en dents de scie).

Dès que cette décharge est entamée, le transistor T3 a tendance à redevenir conducteur, ce qui n'est pas souhaitable tant que C1 n'est pas déchargé complètement. On empêche cela grâce au condensateur C2. Lorsque T2 devient conducteur, une impulsion positive est envoyée à travers C2 à la base de T3. La durée de cette impulsion est suffisante pour forcer le blocage de T3 pendant le temps nécessaire à la décharge de C1. Le transistor T4 monté en émetteur-suiveur a pour fonction de permettre au générateur de dents de scie de fournir un courant suffisant au transistor à tester.

LE TRANSISTOR T4 MONTÉ EN ÉMETTEUR-SUIVEUR A POUR FONCTION DE PERMETTRE AU GÉNÉRATEUR DE DENTS DE SCIE DE FOURNIR UN COURANT SUFFISANT AU TRANSISTOR À TESTER

IC1 est un compteur binaire asynchrone. Il sert à commander l'émission successive des huit courants de base qui donneront les huit courbes de sortie. Le mois prochain, dans la rubrique "la logique sans hic" nous aborderons l'étude du comptage binaire, déjà évoqué dans le tout premier épisode.

Les sorties du compteur associées aux résistances R10 à R14 sont montées en source de courant. Elles fournissent au transistor à tester un courant de base dont l'intensité augmente par bonds de 25 μ A selon la configuration des niveaux logiques sur ses sorties. Pour les cracs : Étudiez la disposition des résistances R10 à R14 et vous verrez comment fonctionne un convertisseur numérique/analogique !

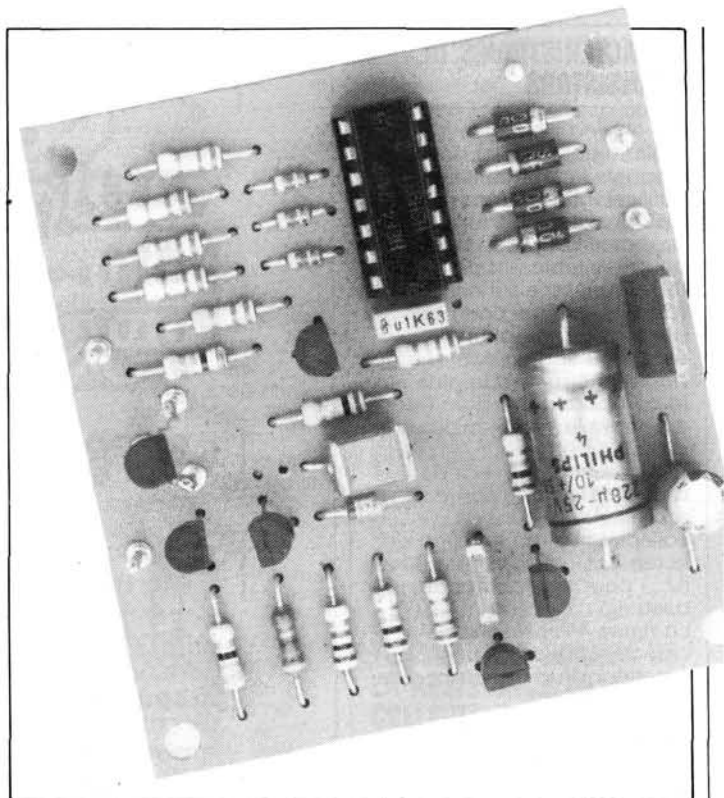
Chaque fois que le générateur de dents de scie est remis à zéro le compteur binaire reçoit une impulsion d'horloge qui donne naissance à une nouvelle combinaison de niveaux logiques sur les sorties Q0 à Q2. A chaque pas de comptage, l'intensité du courant augmente. Trois des sept

sorties du compteur sont utilisées (Q0, Q1, Q2), donnant lieu à $2^3 = 8$ courants de base différents (0...175 μ A). La place nous manque ici pour examiner cela plus en détail, mais nous y reviendrons en maintes occasions dans ELEX, promis juré.

CONSTRUCTION DU TRACEUR ET RACCORDEMENT A L'OSCILLOSCOPE

La construction de ce traceur de courbes est mis à la portée de tout le monde, notamment les paresseux, grâce au circuit imprimé qui a été spécialement conçu pour cet appareil, et DISPONIBLE PRET A L'EMPLOI, pistes étamées et couvertes d'un masque épargne-soudure. L'implantation des composants est sérigraphiée sur l'autre face du circuit imprimé. Soudez un support pour circuit intégré sur le circuit imprimé et placez-y IC1 orienté de sorte que l'encoche se trouve vers le centre de la platine. Faites attention à la polarité des diodes et des condensateurs électrolytiques. Le régulateur de tension IC2 n'a pas besoin de radiateur.

Le petit transformateur d'alimentation doit être capable de fournir une tension de 15 V et sa puissance nominale sera d'au moins 4,5 VA. Peut-être celui de votre train électrique peut convenir ! N'oubliez surtout pas de parcourir le para-



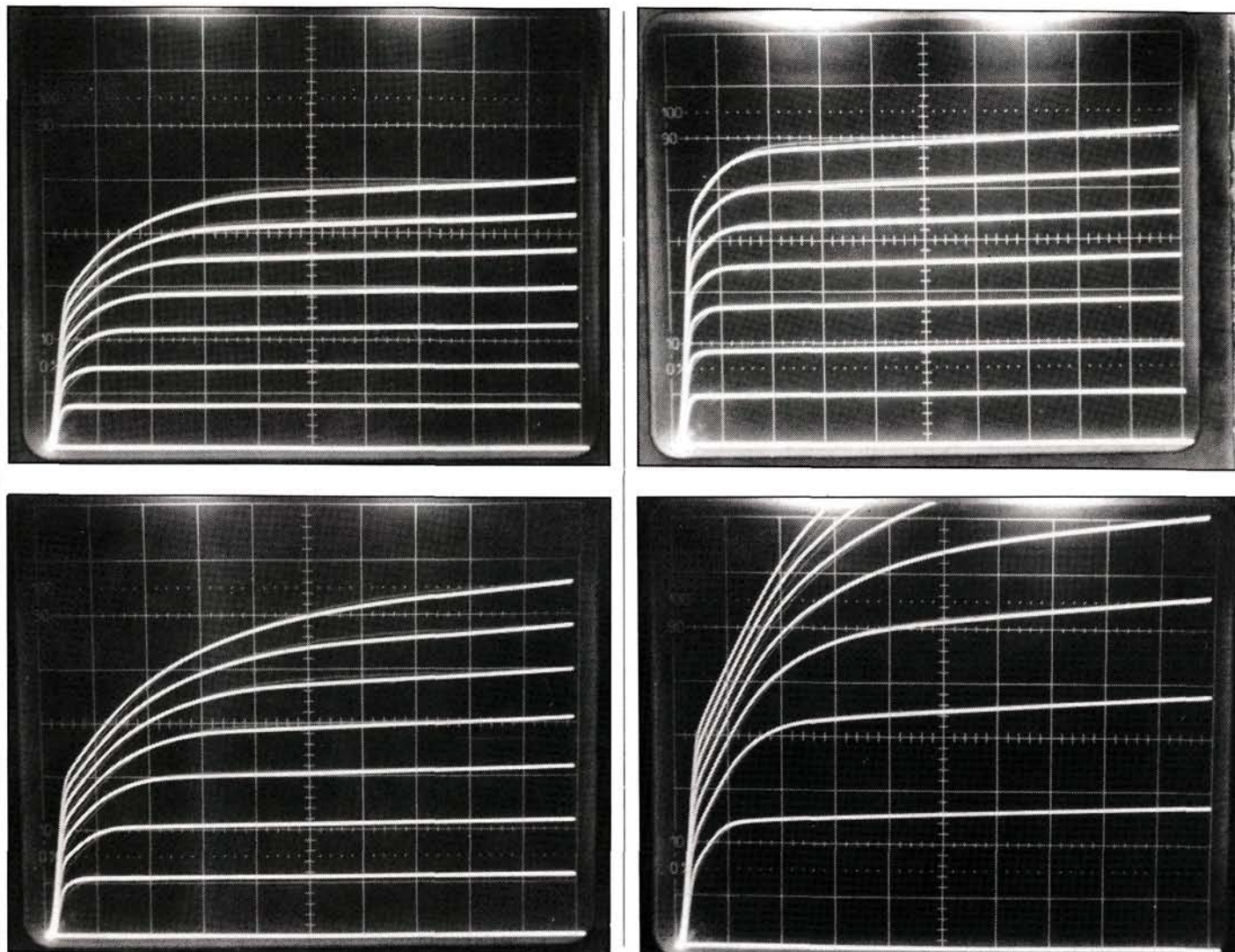


Figure 9 - Voici l'allure de quelques courbes de sortie révélées par le traceur de courbes décrit dans cet article.

graphe sécurité de la rubrique ELIXIR pour ne pas commettre d'impair avec la tension de 220 V. La façon la plus simple de raccorder le transistor (NPN seulement !) à tester consiste à souder sur le circuit imprimé trois petits câbles souples terminés chacun par une pince crocodile miniature isolée.

Ce n'est pas tout de disposer d'un traceur de courbes et d'un oscilloscope, encore faut-il que celui-ci soit capable de fonctionner en mode X/Y. En mode normal, la déflexion horizontale (X) d'un oscilloscope est assurée par la base de temps interne de l'oscilloscope. L'amplitude des tensions appliquées à l'entrée Y est représentée en fonction du temps. Sur la plupart des oscilloscopes il est possible de déconnecter la base de temps. Cette manoeuvre permet de représenter l'amplitude d'un signal en fonction d'un autre signal. C'est le cas dans lequel nous nous trouvons puisque nous devons représenter le courant de collecteur en fonction de la tension collecteur-émetteur.

Le point Y du circuit imprimé du traceur doit être raccordé à l'entrée Y de l'oscilloscope. Utilisez pour cela une sonde sans atténuation (1:1) et reliez le blindage de la sonde à la masse du circuit imprimé du traceur. L'échelle verticale de l'oscilloscope est calibrée en millivolts alors que nous voulons y lire des milliampères. Or la résistance de mesure (celle sur laquelle nous transformons le courant en tension) est de 1Ω , ce qui fait que 1 mV correspond à 1 mA . Si vous placez l'atténuateur de l'entrée sur la position de 10 mV/div vous obtiendrez une image correcte.

DES RÉSULTATS ? EN VOICI !

L'entrée X de l'oscilloscope doit être raccordée au point X du circuit imprimé du traceur de courbes. Sur beaucoup d'oscilloscopes à deux canaux l'entrée X est aussi celle du deuxième canal. L'entrée X des oscilloscopes à un seul canal est souvent marquée "hor" ou "X-ext". La figure 8 montre un

exemple de réglage d'un oscilloscope, destiné à tracer les caractéristiques de sortie d'un transistor.

La figure 9 montre des oscillogrammes obtenus avec le traceur de courbes. Nous avons choisi intentionnellement des transistors très connus. Le premier est un BC 547A dont la caractéristique de sortie très convenable prouve cependant que le facteur d'amplification de ce transistor est assez modeste.

En 9b nous voyons les courbes d'un BC 547B dont le gain est sensiblement plus important que le précédent. La caractéristique de sortie représentée en 9c appartient à un BC 550B. Le coefficient d'amplification de ce transistor est sensiblement égal à celui du BC 547B, mais les lignes du graphique sont nettement plus horizontales que les précédentes. Un BC 550B est par conséquent un transistor dont le comportement se rapproche nettement plus de celui d'un transistor idéal. Ce transistor déforme moins les signaux qu'il amplifie. C'est la raison pour laquelle on le retrouve

si souvent dans les circuits d'amplification haute fidélité à faible bruit.

Finalement, 9d se rapporte à un BC 550C. La lettre C ajoutée en fin de code signifie que ce transistor appartient à une classe de gain élevé. C'est effectivement le cas puisque les lignes dépassent le cadre de l'écran. Il est possible qu'en traçant la courbe de sortie d'un transistor dont le coefficient d'amplification est très élevé on dépasse le courant de collecteur maximum. Dans ce cas il suffit d'implanter un interrupteur en série avec la diode D4. Si l'on ouvre cet interrupteur le courant de base est limité entre 0 et $75 \mu\text{A}$. Le graphique ne comporte plus que quatre lignes au lieu de huit.

Recharger au lieu de jeter : les accumulateurs au cadmium-nickel

Cet article qui énonce quelques principes fondamentaux sur la charge des accumulateurs, est à considérer comme un complément de l'article paru dans le n° 2 d'ELEX, consacré à un chargeur universel

Pouvez-vous répondre affirmativement aux deux questions suivantes ? Si oui, le remplacement de vos piles ordinaires par des accumulateurs au cadmium-nickel est une opération rentable :

1- Estimez-vous que le remplacement des piles de l'appareil que vous voulez équiper d'accumulateurs intervient trop fréquemment ?

2- Si vous remplaciez les piles de cet appareil par des accumulateurs, vous serait-il toujours possible de recharger ces accus avant qu'ils ne soient complètement déchargés ?

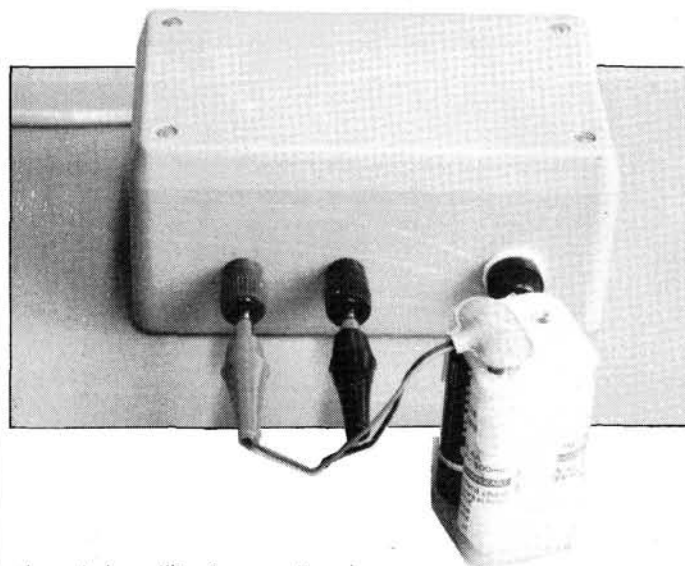
Si c'est un double oui, allez-y, vous jouez gagnant.

Le prix des piles rechargeables, qui sont de fait des accumulateurs au cadmium-nickel (Cd-Ni), a beaucoup baissé au cours des dernières années. Vous pouvez vous offrir maintenant un accumulateur rechargeable pour le prix de

moins d'une dizaine de piles non rechargeables. Les dimensions de ces deux types de batteries sont identiques : ils sont interchangeables. Plus loin dans cet article nous verrons comment recharger ces accumulateurs.

Mais essayons d'abord d'opposer les avantages et les inconvénients des uns et des autres. Le **tableau 1** les fait apparaître clairement. Vous devriez pouvoir en tirer quelques conclusions déterminantes pour votre choix. Si la consommation électrique de l'appareil alimenté par piles est importante, le choix des accumulateurs s'impose. Ce sera le cas des radios et des lecteurs de cassettes portatifs, des moteurs en modélisme, etc. Si en revanche la consommation est faible (comme sur une horloge par exemple) le jeu n'en vaut pas la chandelle.

La tension des accumulateurs est légèrement inférieure à celle des piles (1,2 V au lieu de 1,5 V). Dans la



plupart des utilisations, cette différence ne constitue pas un handicap déterminant. En effet les constructeurs d'appareils alimentés par piles tiennent compte de la baisse assez rapide de la tension de service d'une pile normale. Ces appareils fonctionnent donc correctement dans une plage de tensions assez étendue. On sait en revanche que la tension des

accumulateurs Cd-Ni reste assez constante au fil de la décharge : ainsi le handicap initial d'une tension de service plus faible que celle des piles finit par ne pas en être un.

Voici encore une dernière caractéristique non négligeable de l'accumulateur Cd-Ni : si vous le déchargez complètement il ne vieillira pas bien. L'usage auquel vous le destinez doit donc permettre une recharge régulière, bien avant que sa charge soit complètement épuisée. Un jeu d'accumulateurs de réserve toujours prêt à être mis en service peut vous aider à éviter ce problème. Si vous pouvez tenir compte de cet impératif, vos accumulateurs Cd-Ni sont susceptibles de supporter un millier de charges avant de rendre l'âme.

LE CHARGEUR

Les accumulateurs au cadmium-nickel doivent être chargés à l'aide d'un chargeur spécial qui maintient le courant de charge à peu près constant durant toute la durée de la charge. Cette durée n'est pas négligeable et voici la formule qui vous permet de la calculer :

Tableau 1	Piles à jeter	Accus Cd-Ni
Prix d'achat	faible	élevé + chargeur
Frais de fonctionnement	élevés	faibles
Capacité (charge)	élevé	faible
Tension par cellule	1,5 V	1,2 V
Constance de la tension	mauvaise	bonne
Étanchéité	pas toujours	oui

Tableau 1 - Avantages et inconvénients des piles et des accumulateurs.

Tableau 2	N° CEI des piles sèches	N° CEI des accus	Courant de charge (mA)	Capacité (mAh)
AA Mignon	R 6 (1,5 V)	KR 15/51 (1,2 V)	45...60	500
C Baby	R 14 (1,5 V)	KR 27/50 (1,2 V)	120...200	1800
D Mono	R 20 (1,5 V)	KR 35/62 (1,2 V)	120...400	4000
9 V	6 F 22 (9 V)	-	7...11	110

Tableau 2 - Ce tableau vous permet de décider par quel type d'accumulateur vous devez remplacer les piles, et pour quel courant de charge vous devez calculer votre chargeur.

$1,4 \times \frac{\text{capacité (mAh)}}{\text{courant de charge (mA)}}$

Chargez par exemple un accumulateur d'une capacité de 1800 mAh avec un courant de charge de 200 mA. La charge durera $1,4 \times (1800 \text{ mAh} : 200 \text{ mA}) = 12,6$ heures. Si vous n'aviez admis qu'un courant de charge de 120 mA, la charge aurait duré 21 heures. Vous avez intérêt à charger en série les accumulateurs destinés à fonctionner en série. C'est la façon la plus simple de leur assurer une charge identique.

Le tableau 2 vous donne toutes les caractéristiques souhaitables au sujet des piles et des accumulateurs les plus courants, et de leur interchangeabilité. Le schéma d'un chargeur peut être fort simple. La figure 1 vous en donne un exemple facile à construire. Plus simple que ça tu meurs : un transformateur, une diode, une résistance et l'accumulateur à charger; le tout monté en série. La tension de l'enroulement du secondaire du transformateur est redressée par la diode. La résistance limite le courant de charge, et l'accumulateur attend que cela se passe. Tout va bien à condition que la tension au secondaire du transformateur soit suffisamment élevée ! Si tel est le cas, ce n'est pas l'accumulateur mais la résistance R qui déterminera la chute de tension principale et le courant de charge. Ainsi ce

courant dépendra en majeure partie de la résistance R dont la valeur reste constante, et sera donc lui-même pratiquement constant.

L'abaque de la figure 2 vous permettra de déterminer la valeur de la résistance R en fonction de la tension du secondaire de votre transformateur et de la tension des accumulateurs à recharger. Il est utilisable directement pour les accumulateurs admettant un courant de charge de 120 mA, donc ceux du type C ou D. Nous verrons plus loin comment l'adapter pour les autres types d'accumulateurs.

Imaginons que vous ayez à charger par exemple cinq accumulateurs du type C en série. La tension résultante sera de $5 \times 1,2 \text{ V} = 6 \text{ V}$. Sur l'abaque vous suivez donc la ligne oblique 6 V jusqu'à son point de rencontre avec la ligne horizontale qui correspond au voltage du secondaire. Supposons que votre transformateur délivre 18 V. A partir de ce point de rencontre vous descendez verticalement et vous trouvez en abscisse une valeur de résistance de 36Ω . Comme cette résistance n'est pas une valeur standard, vous prendrez soit 33Ω , soit 39Ω , qui sont des valeurs normalisées.

Vous pouvez aussi modifier la valeur de la résistance pour obtenir un courant de charge autre que 120 mA. Admettons que dans l'exemple précédent vous

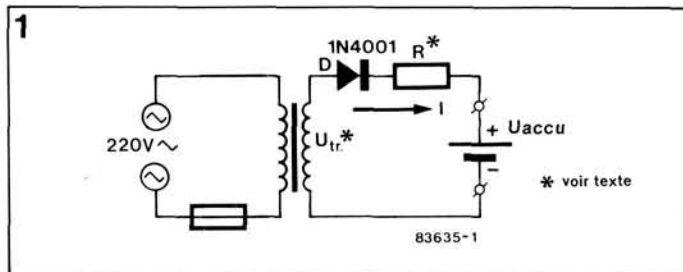


Figure 1 - Trois composants suffisent pour construire ce mini-chargeur: un transfo, une diode et une résistance. L'adjonction d'un fusible dans le circuit primaire du transformateur n'est pas du luxe.

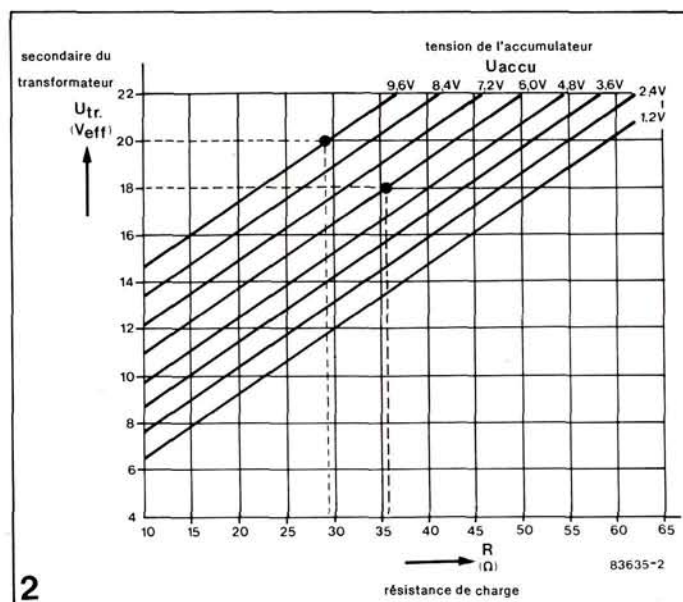


Figure 2 - Cet abaque vous permet de déterminer instantanément la valeur de la résistance R pour un courant de charge de 120 mA.

L'application d'une simple règle de trois vous donne la valeur corrigée de R pour un courant de charge plus élevé ou plus faible.

aviez voulu charger cinq accumulateurs de type AA n'admettant qu'un courant de 50 mA. Vous auriez dû modifier la valeur de 36Ω de la façon suivante :

$$36 \Omega \times \frac{120 \text{ mA}}{50 \text{ mA}} = 86,4 \Omega$$

et vous auriez choisi une valeur normalisée de 82Ω .

S'agit-il par exemple de charger un accumulateur de 9 V (9,6 V) à l'aide d'un transformateur donnant 20 V ? Sur l'abaque l'intersection de la ligne cotée 9,6 V et de la tension 20 V correspond à une résistance de 28Ω . Pour limiter le courant de charge à 10 mA nous prendrons une résistance de : $28 \Omega \times (120 \text{ mA} : 10 \text{ mA}) = 336 \Omega$. Pour ce montage il convient de prendre des résistances de 1 watt; comme diode la 1N4001 fera l'affaire.

Les tensions figurant sur l'abaque se rapportent à des tensions réelles. Comme les transformateurs fournissent souvent une tension supé-

rieure à la tension annoncée, il est utile de mesurer la tension réellement disponible et de se baser sur cette valeur pour calculer la résistance R. Lors de la première mise en service il est intéressant de mesurer le courant de charge. Si l'écart entre le courant réel et le courant théorique est important, vous avez intérêt à modifier la valeur de la résistance R. Augmentez sa valeur si le courant est trop important ou diminuez-la dans le cas contraire.

Dans un précédent numéro d'ELEX (n° 2, paru en juin 1988) vous trouverez un autre chargeur qui est beaucoup plus confortable. Il est pratiquement capable de recharger tout modèle d'accumulateur au cadmium-nickel sans vous astreindre au moindre calcul. Mais le modèle que vous venez d'examiner est malgré tout fort intéressant car il est simple et bon marché. Si vous devez recharger régulièrement les mêmes accumulateurs ou les mêmes types d'accumulateurs, il convient parfaitement.

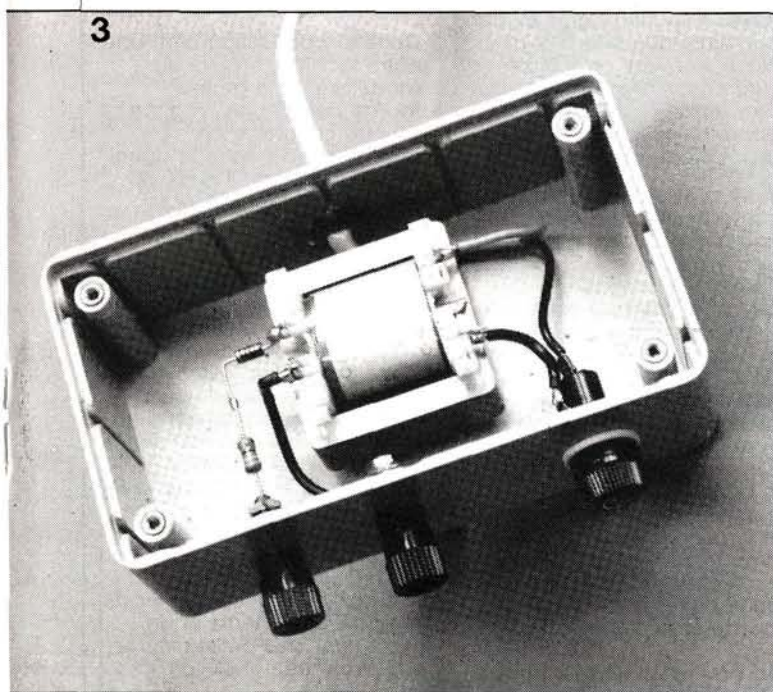


Figure 3 - Le câblage très simple qu'illustre la photo est facile à réaliser. Un boîtier en matière plastique vous donne une bonne sécurité électrique. Le câble d'alimentation 220 V doit être pourvu d'un dispositif anti-traction: un noeud dans le fil par exemple, à hauteur de la traversée du boîtier.

RELAIS TEMPORISÉ POUR MODÉLISME



COMMANDE DE COUPURE DU MOTEUR POUR PLANEUR

Avec aisance, et presque en silence, il prend son envol et grimpe vers le ciel serein. Pendant quelques instants il dispute l'espace aérien aux hirondelles, aux alouettes et soudain son hélice s'arrête. Les courbes gracieuses de son vol plané le ramènent vers le sol où il exécute un atterrissage impeccable. Vous avez compris qu'il s'agit d'un de ces planeurs motorisés en modèle réduit qui font beaucoup d'adeptes actuellement. C'est une activité qui ne perturbe pas l'environnement, ne fait pas trop de bruit et se pratique toute l'année durant, même quand le sol est couvert de neige ou de glace.

Au décollage, ces avions sont propulsés grâce à une hélice entraînée par un moteur électrique. À partir du moment où l'altitude de plané est atteinte, la propulsion devient inutile : le moteur s'arrête pendant que le planeur revient sagement vers le sol.

Il existe différentes manières de provoquer l'arrêt du moteur : soit par un solénoïde qui agit sur un interrupteur à glissière, soit par un relais télécommandé.

SUIVANT LE RÉGLAGE DE LA TEMPORISATION, LE CONTACT DU RELAIS SE DÉCOLLE APRES UN DÉLAI DE 10 À 100 SECONDES, ENTRAÎNANT L'ARRÊT DU MOTEUR

Une troisième solution sera examinée en détail dans cet article. Il s'agit d'un **relais électronique temporisé** qu'on enclenche tout juste avant le décollage. Suivant le réglage de la temporisation, le contact du relais se décolle après un délai de 10 à 100 secondes, entraînant l'arrêt du moteur. *Le gros avantage de cette solution est de se passer de télécommande.*

LE CIRCUIT

La fonction d'une temporisation est de fermer un contact ou d'émettre une impulsion de commande dès qu'elle en reçoit l'ordre, et de rouvrir ce contact ou de cesser d'émettre l'impulsion de commande au bout d'un laps de temps prédéterminé.

Le poids d'un dispositif mécanique capable de réaliser cette fonction, le travail minutieux qu'il exigeait, ainsi que son prix très élevé, seraient prohibitifs. Heureusement l'électronique permet de résoudre ce genre de problèmes de façon élégante.

Jetons d'abord un coup d'oeil sur la **figure 1** pour voir comment fonctionne le circuit de temporisation que nous vous proposons. Dès que le contact S2 est fermé (fugitivement), le potentiel de la broche 3 du circuit intégré de IC1 devient haut. Le transistor T1 dont la base est raccordée à cette broche par la résistance R4, conduit alors un courant qui traverse la bobine du relais Re. Le contact "re" se ferme et met le circuit du moteur de propulsion de l'hélice en contact avec le pôle positif de la batterie. L'hélice tourne et le planeur décolle.

Au bout d'un certain temps (déterminé par le temps de charge du condensateur C2) la tension de la broche 3 de IC1 devient nulle : le transistor T1 se bloque. Le relais n'est plus excité, le contact re s'ouvre. Dès cet instant le

moteur de propulsion n'est plus raccordé à la tension d'alimentation et il s'arrête.

Cette temporisation offre une autre facilité d'emploi au modéliste. Si le moteur tourne déjà à plein régime et qu'une circonstance imprévue empêche le décollage du planeur, il suffit de fermer le contact S1 pour arrêter le moteur.

Le régulateur de tension IC2 sépare la tension d'alimentation du temporisateur de celle du relais et du moteur. Cette précaution est loin d'être inutile, car elle empêche les fluctuations de la tension des accumulateurs d'exercer une influence néfaste sur le temps de fonctionnement du moteur. Une modification accidentelle du temps de montée du planeur serait en effet susceptible d'occasionner de gros désagréments et de provoquer des petites catastrophes.

Dans d'autres montages nous avons déjà attiré votre attention sur la présence d'une diode installée en parallèle avec un relais. Un relais comporte une bobine

**LA DIODE D1 EST LÀ POUR
BLOQUER -EN LA COURT-
CIRCUITANT LORS DE
L'OUVERTURE DU
CONTACT- LA TENSION
INDUITE DANS LA BOBINE
DU RELAIS**

Le temporisateur que nous vous proposons est basé sur le circuit intégré IC1, ce fameux 555 que l'on sert *décidément* à toutes les sauces. Son boîtier mini-DIP possède huit broches. Il est monté ici en multivibrateur monostable. A l'état de repos, sa sortie (broche 3) est au potentiel de la masse. Elle devient positive si l'entrée (broche 2) reçoit une impulsion négative. A la fin de la période de temporisation, la sortie retourne à l'état de repos. Tant que la sortie du temporisateur est positive, de nouvelles impulsions négatives envoyées à l'entrée n'ont aucune incidence sur le fonctionnement du temporisateur.

UN TEMPORISATEUR INTÉGRÉ

2

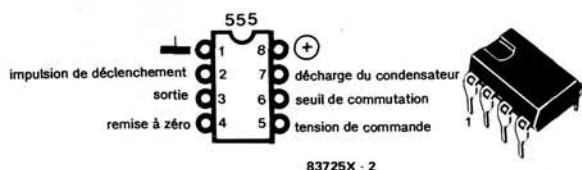
555

1 8 (+)
2 7
3 6
4 5

impulsion de déclenchement
sortie
remise à zéro

décharge du condensateur
seuil de commutation
tension de commande

83725X - 2



A black and white photograph of a completed electronic circuit board. The board is populated with various components including a large rectangular component on the left, several resistors, capacitors, and integrated circuits. Two long, twisted-pair cables with connectors are attached to the bottom of the board.

relais temporisé pour modélisme • elex n°5 • novembre 1988 • 35

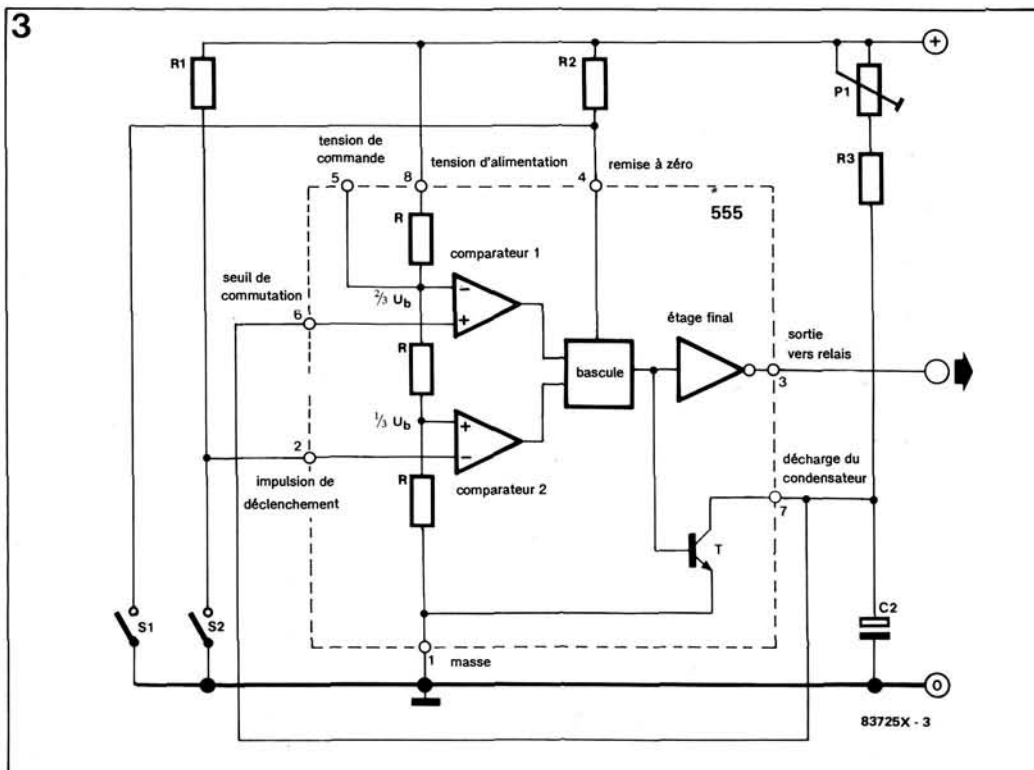


Figure 3 - Ce dessin représente le schéma simplifié du circuit interne du 555 (encadré) entouré des composants discrets nécessaires au fonctionnement de la bascule monostable. L'état instable de la bascule est déclenché par une impulsion négative appliquée à l'entrée du circuit. Le monostable retrouve son état stable lorsque la tension aux bornes de C2 atteint les 2/3 de la tension d'alimentation.

LE CONDENSATEUR C2 EST RELIÉ À LA MASSE PAR LA JONCTION COLLECTEUR-ÉMETTEUR DU TRANSISTOR INTERNE LORSQUE LE TEMPORISATEUR EST AU REPOS

La figure 3 représente les éléments essentiels du circuit intégré 555 (encadrés), ainsi que les composants discrets externes indispensables au fonctionnement du temporisateur. Leur désignation est la même que sur le schéma d'ensemble (figure 1). Lorsque le temporisateur est à l'état de repos, le condensateur C2 est relié à la masse par la jonction collecteur-émetteur du transistor interne (T). Dès qu'on ferme le contact S2, la broche 2 est mise au potentiel zéro volt qui est à coup sûr inférieur au 1/3 de la tension d'alimentation. La broche 3 est portée au potentiel de la tension d'alimentation et le transistor (T) est bloqué. Le condensateur C2 se charge donc à travers la résistance R3 et le potentiomètre P1.

Remarquez que la borne positive de ce condensateur est également reliée à la broche 6 du circuit intégré. Par conséquent, dès que la charge du condensateur sera telle que la différence de potentiel entre ses bornes

dépasse les 2/3 du potentiel de l'alimentation, le 555 fera tomber la tension de la broche 3 à zéro volt et rendra le transistor T conducteur. Dès cet instant le condensateur C2 se déchargera vers la masse et le circuit sera prêt pour recevoir une nouvelle impulsion de commande.

La valeur de P1 et celle de R3 déterminent le temps de charge de C2. Pour R3 = 100 kΩ, et selon le réglage de la résistance réglable P1, le temps de charge de C2, et par conséquent la durée de la fermeture du contact "re", varie entre 10 et 100 secondes.

LA CONSTRUCTION

Vous êtes libre de choisir votre tension d'alimentation entre 8 V et 25 V. La tension choisie détermine le type de relais à utiliser. Les relais encartables, sont tout indiqués pour cette application. La tension nominale du bobinage du relais doit correspondre à la tension de bord. Dans le catalogue de Siemens, les trois relais suivants pourraient convenir :

Tension de bord	Type de relais
8 V	V23027-A0001-A101
12 V	V23027-A0002-A101
25 V	V23027-A0006-A101

Les relais destinés à des moteurs dont la consommation dépasse huit ampères, sont vendus dans les magasins spécialisés en articles pour modélisme. Le condensateur C2 n'est pas un simple condensateur électrolytique, mais un condensateur au tantale. Ce type de condensateurs est caractérisé par un courant de fuite très faible. Grâce à cette particularité, la temporisation est très précise.

Tous les composants, dont le relais et le condensateur au tantale seront montés sur une platine d'expérimentation de format 1 (40 mm x 100 mm) comme sur la figure 4. Mettez d'abord en place le support du circuit intégré ainsi que les fils de pontage et les résistances. Installez ensuite la résistance réglable P1, les condensateurs et les semi-conducteurs. Respectez la polarité des condensateurs C2 et C3, ainsi que celle de la diode D1. La broche 1 du circuit intégré est orientée vers le relais.

L'intensité du courant consommé par certains moteurs peut atteindre des pointes de 25 ampères. Il est donc impératif de renforcer les pistes de la platine expérimentale entre la sortie des contacts du relais et les picots de soudure. Il suffit pour cela de passer le fer à souder sur la piste et d'y appliquer une bonne couche

Liste des composants du temporisateur

R1, R2 = 12 kΩ
R3 = 100 kΩ
R4 = 1 kΩ
P1 = 1 MΩ (potentiomètre de réglage)
C1 = 10 nF
C2 = 100 μF, 6 V (tantale)
C3 = 1 μF, 6 V
C4, C5 = 100 nF
D1 = 1N4001
IC1 = NE555, CA555 (temporisateur)
IC2 = 78L05
S1, S2 = boutons poussoirs, contact de travail
Re = voir texte

Divers :

6 picots de soudure
1,2 mm
1 platine de format 1 (40 x 100 mm)
1 support DIL, 8 points
Matériel de montage, fil souple isolé, etc.

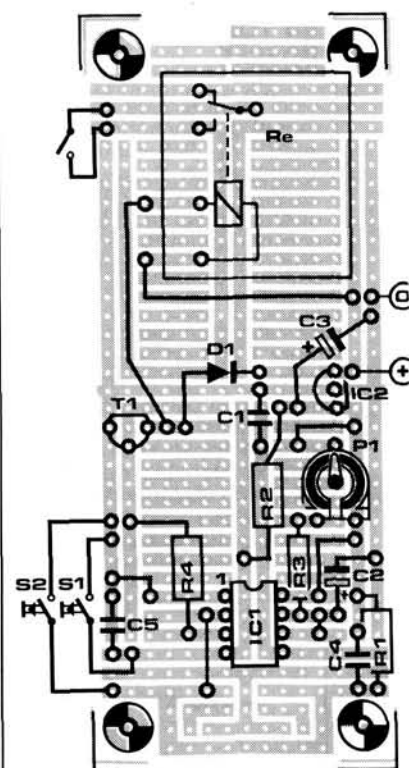


Figure 4 - Schéma d'implantation des composants. Nous avons prévu un support DIL (Dual In Line) à 8 points pour le circuit intégré IC555.

de soudure. Une autre solution consiste à souder les fils de raccordement du moteur directement aux bornes du relais.

LE CIRCUIT PÈSE ENVIRON 36 GRAMMES, Y COMPRIS LES POUSSOIRS S1 ET S2. SI VOUS SOUHAITEZ ALLÉGER CE MONTAGE DE 6 GRAMMES, N'INSTALLEZ PAS LES DEUX BOUTONS

Dès que vous avez terminé toutes les soudures et vérifié soigneusement le circuit, tout est prêt pour les contrôles de fonctionnement (sans moteur). Raccordez l'alimentation et vérifiez si la tension de sortie de IC2 vaut environ 5 V. La même tension doit régner au pôle positif de C3. Si cette la tension n'est pas correcte, vérifiez la tension de votre accumulateur, et revérifiez soigneusement l'implantation des composants. Si tout est correctement monté et que la tension de la batterie est bonne, IC2 est défectueux, mais ce cas est extrêmement rare.

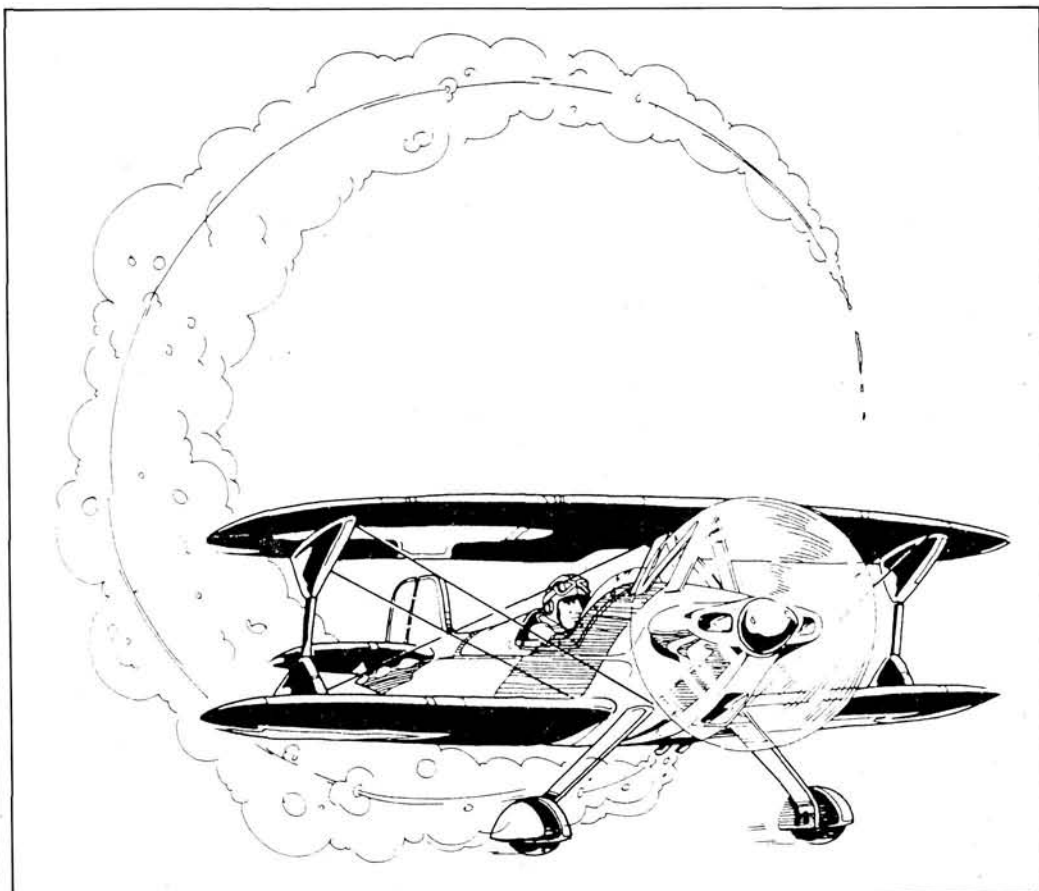
TEMPÊTE DE CIEL BLEU

A partir du moment où la tension stabilisée est correcte, vérifiez les valeurs extrêmes de la période de temporisation. Tournez le curseur de P1 vers R3 (en

butée à gauche). Dès que vous appuyez sur le poussoir S2, le relais doit enclencher (clac !). Au bout de 10 secondes il doit se rouvrir (re-clac !). Tournez ensuite le curseur de P1 jusqu'en butée à droite et réappuyez sur S2. Le relais doit rester enclenché durant 100 secondes environ.

Sans modifier le réglage de P1, réenclenchez le relais. Attendez 30 secondes et appuyez sur le bouton S1 : le relais doit déclencher instantanément. Si tous ces essais ont été concluants, le circuit est prêt à être installé à bord du planeur. Le circuit pèse environ 36 grammes, y compris les

poussoirs S1 et S2. Si vous souhaitez alléger ce montage de 6 grammes, n'installez pas les deux boutons et court-circuitez les raccordements de ces composants au moyen d'un bout de fil au moment voulu. Bon vol et ... tempête de ciel bleu !



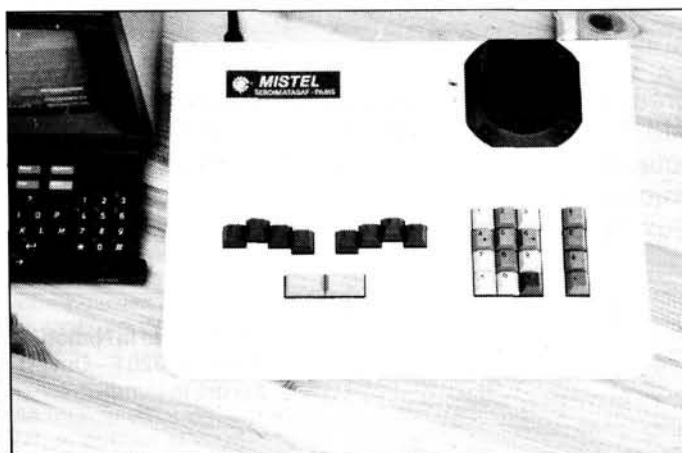
MINITEL POUR LES AVEUGLES

Lorsque toutes les bonnes volontés s'unissent, tous les espoirs sont permis. Une nouvelle preuve vient d'en être donnée par la collaboration des laboratoires de la MIW sa avec l'Association des Standardistes Aveugles de France, aidés par le plan PUCE.

L'action conjointe de l'industrie, d'une association et des pouvoirs publics vient d'aboutir à un nouveau petit miracle : le MISTEL qui permet aux aveugles et aux malvoyants de profiter de toutes les informations disponibles sur le MINITEL.

MISTEL est doté d'un synthétiseur de parole qui permet à un aveugle de « lire » les informations qui se trouvent sur l'écran du MINITEL. La lecture se fait sur la commande d'un clavier à 12 touches type téléphonique. L'utilisateur peut « lire » l'écran entier, mot par mot, caractère par caractère, « lire » la ligne zéro ou celle où se trouve le curseur. Il

PERISCOPE



peut déplacer le pointeur de lecture de haut en bas et de bas en haut et il peut augmenter ou diminuer la vitesse de lecture.

L'utilisateur peut aussi mémoriser une cinquantaine d'écrans dans une mémoire sauvegardée, les protéger, se créer un agenda alphabétique grâce à un éditeur incorporé qui fonctionne également avec des caractères en double taille (utile pour les amblyopes). Pour économiser le temps de connexion, l'utilisateur a la possibilité de programmer d'avance dix séquences de LOGON (accès rapide sur une page spécifique d'un serveur).

MISTEL est doté d'un clavier BRAILLE possédant en plus les fonctions du MINITEL. Pendant le remplissage de l'écran, l'utilisateur reçoit un « résumé » du contenu de l'écran.

Renseignements :
MIW
34 rue du Gal Brunet
75019 PARIS

"BIBLIO" PUBLITRONIC

Perfectionnement

Le cours technique

Amateur plus ou moins averti ou débutant, ce livre vous concerne; dès les premiers chapitres, vous participerez réellement à l'étude des montages fondamentaux, puis vous concevrez et calculerez vous-même des étages amplificateurs, ou des oscillateurs. En somme, un véritable mode d'emploi des semiconducteurs discrets qui vous aidera par après à résoudre tous les problèmes et les difficultés de montages plus compliqués.

prix: 58 FF

Pour s'initier à l'électronique: Rési et Transi n°1 "Echec aux mystères de l'électronique"

La première bande dessinée d'initiation à l'électronique permettant de réaliser soi-même un testeur de continuité, un manipulateur de morse et un amplificateur.

Rési et Transi n°2 "Touche pas à ma bécane"

Construction d'une alarme et d'une sirène à monter sur son vélo, dans sa voiture ou sa maison etc. Apprendre l'électronique en associant l'utile à l'agréable. Prix de l'album 52 FF

DIGIT I

Ce livre donne une introduction par petits pas à la théorie de base et l'application de l'électronique numérique. Ecrit dans un style sobre, il n'impose pas l'apprentissage de formules sèches et abstraites, mais propose une explication claire des fondements de systèmes logiques, appuyée par des expériences destinées à renforcer cette connaissance fraîchement acquise. C'est pourquoi DIGIT I est accompagné d'une plaquette expérimentale qui facilite la réalisation pratique des schémas. (avec circuit imprimé)

prix: 135 FF

L'électronique, pas de panique!

Vous êtes claustrophobe, hydrophobe, vous faites un complexe d'infériorité parce que vous avez l'impression de "rien y comprendre à l'électronique"? pas de panique!

Voici votre bouée de sauvetage. L'électronique? pas de panique! premier tome d'une série d'ouvrages consacrés à l'électronique et conçus tous spécialement à l'intention de ceux qui débutent dans ce domaine.

prix: 143 FF

Schémas

300 circuits

Ce livre regroupe 300 articles dans lesquels sont présentés des schémas d'électronique complets et facilement réalisables ainsi que des idées originales de conception de circuits. Les quelques 250 pages de "300 CIRCUITS" vous proposent une multitude de projets originaux allant du plus simple au plus sophistiqué.

prix: 84 FF

301 circuits

Second ouvrage de la série "30X". Il regroupe 301 schémas et montages qui constituent une mine d'idées en raison des conceptions originales mises en oeuvre. Tous les domaines de l'électronique y sont abordés, des alimentations aux appareils de mesure et de test en passant par l'audio, les circuits HF, les aides au concepteur.

prix: 94 FF

302 circuits

302 exemples d'applications pratiques couvrant l'ensemble du spectre de l'électronique, ce qui n'est pas peu dire. Voici, pour vous mettre l'eau à la bouche, une énumération non-exhaustive de quelques-uns des domaines couverts par cet ouvrage: L'audio, la vidéo et la musique, l'automobile, le cycle et la moto, les violons d'Ingres et les jeux, les composants intéressants, les essais et mesures, le domaine si vaste des micro-ordinateurs, la musique électronique, etc... etc...

Prix: 108 FF

303 circuits

est le dernier en date des fameux ouvrages de la série 30X. Un florilège des montages les plus intéressants publiés dans les numéros doubles d'ELEKTOR, les célèbres "Hors-Gabarit" des années 1985 à 1987 incluse, collection agrémentée de plusieurs montages inédits.

Prix: 150 FF

Book '75

Si vous possédez déjà quelques notions en anglais technique, vous apprécierez beaucoup le "Book '75", où sont décrits de nombreux montages. prix: 48 FF Une nouvelle série de livres édités par Publitronic, chacun décrivant des montages simples et pratiques dans un domaine spécifique:

Electronique pour Maison et Jardin prix 63 FF.
9 montages

Electronique pour l'Auto, la Moto et le Cycle
prix: 63 FF

9 montages
Construisez vos appareils de mesure
prix: 63 FF

Créations électroniques

Recueil de 42 montages électroniques sélectionnés parmi les meilleurs publiés dans la revue Elektor.
prix: 119 FF.

COMMANDEZ AUSSI PAR MINITEL 3615 + ELEX mot-clé: PU

Disponible: — chez les revendeurs
Publitronic
— chez les libraires
— chez Publitronic, B.P. 55,
59930 La Chapelle
d'Armentières (+ 25 F frais
de port).

UTILISEZ LE BON DE COMMANDE A
L'INTERIEUR DE LA REVUE

MAGNETIC-FRANCE

Circuits Intégrés, Analogiques, Régulateurs Intégrés, Interfaces, Micro-Processeurs, Mémoires RAM Dynamiques Statiques, Eprom et Eeprom, Quartz, Bobinage, Semi-Conducteurs Transforiques, Filtres, Ligne à retard, Leds, Supports de CI, Ponts, Opto-Electronique, etc.
Et de nombreux KITS.

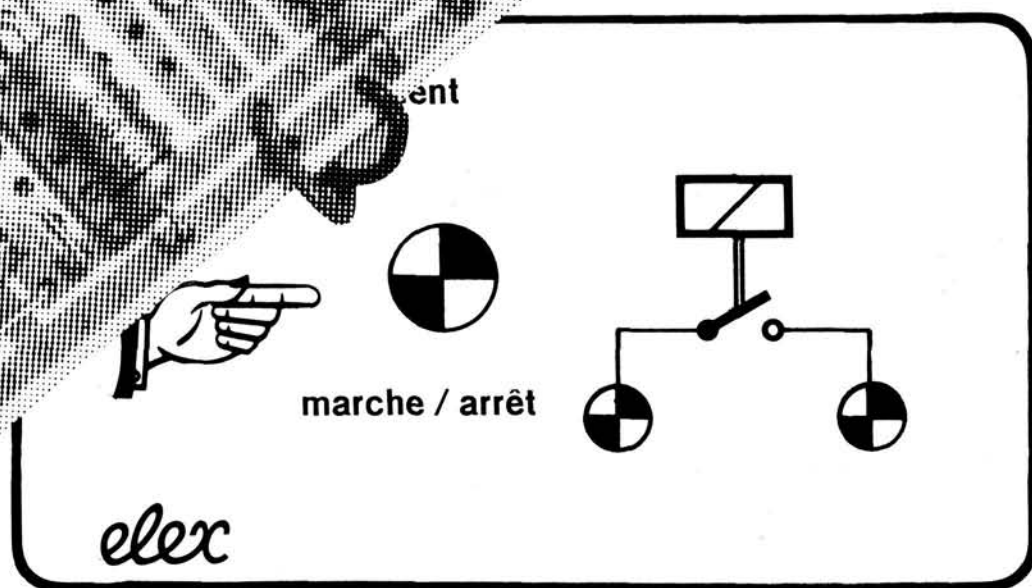
Bon à découper pour recevoir le catalogue général

Nom _____

Adresse _____

Envoi Franco 35 F - Vendu également au magasin

11, Place de la Nation, 75011 Paris **43 79 39 88**
Télex 216 328 F - Ouvert de 9 h 30 à 12 h et de 14 h à 19 h
Fermé le Lundi.



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 POSSIBLE

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.**

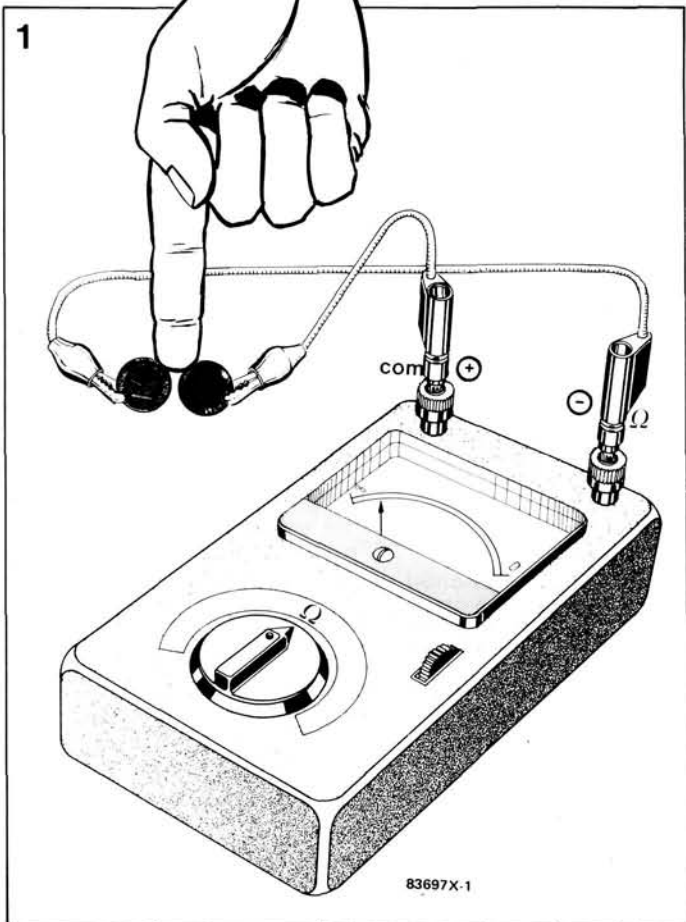


Figure 1 - A l'aide de deux pièces de monnaie et d'un multimètre vous pouvez vérifier le principe sur lequel est basé l'interrupteur à effleurement.

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 noterez 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. Remarque ce montage 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**.

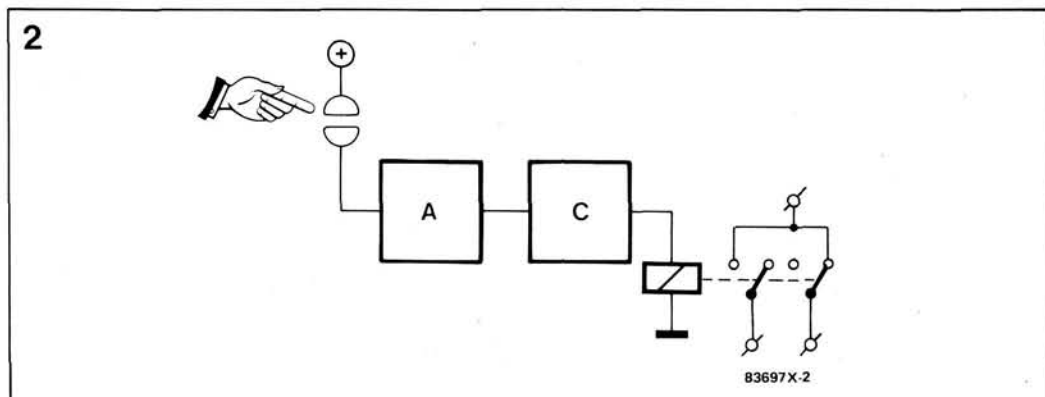


Figure 2 - Synoptique de la version bouton-poussoir à contact de travail : le relais est activé tant que le doigt touche le contact.

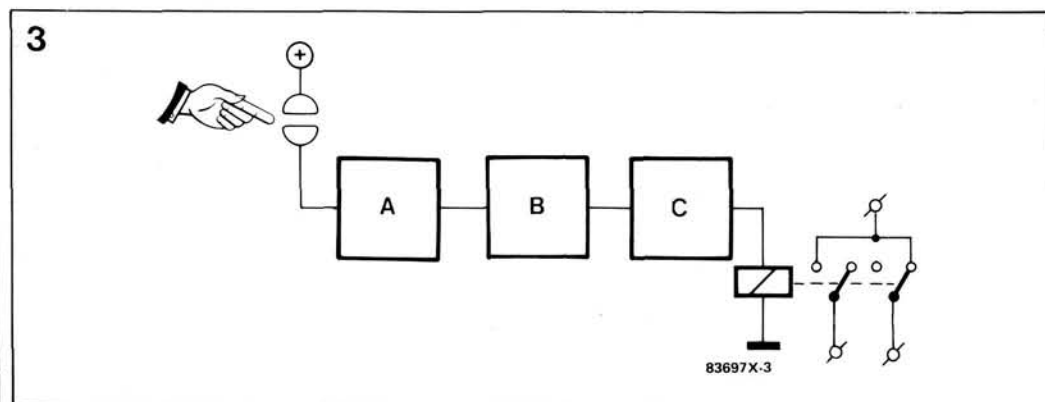


Figure 3 - Synoptique de la version interrupteur marche/arrêt. La bascule monostable **B** exécute et mémorise le dernier ordre reçu. Elle maintient l'exécution de cet ordre quand le doigt n'effleure plus le contact.

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

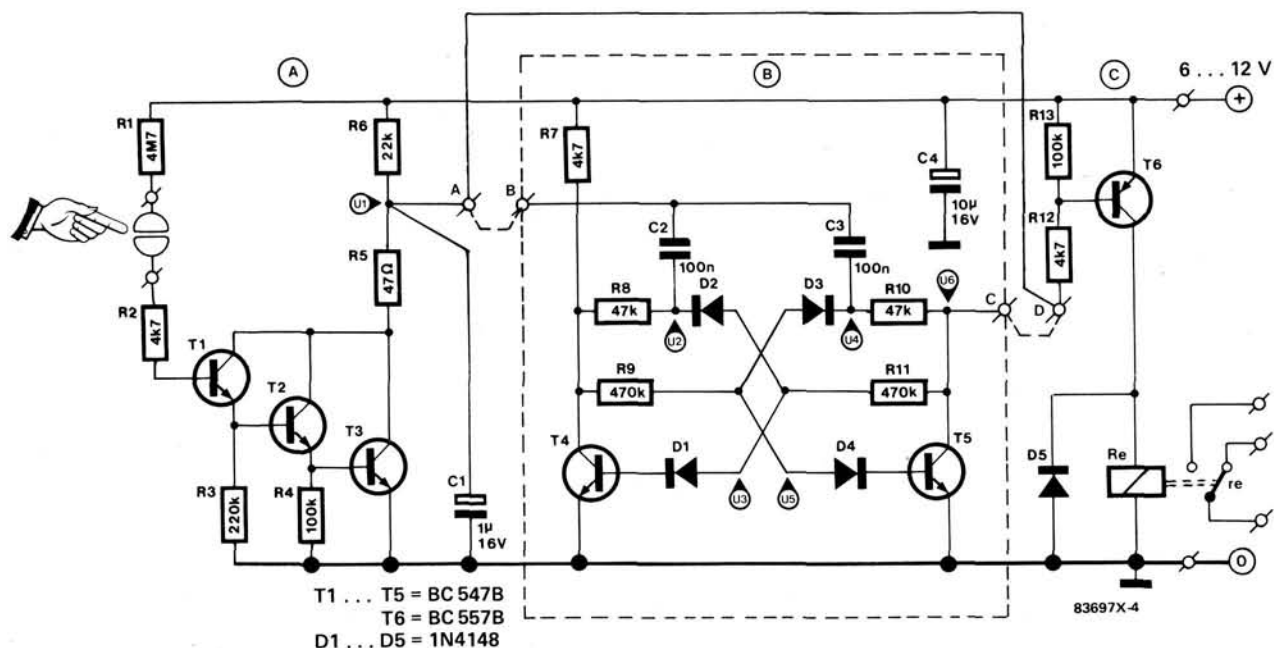


Figure 4 - Le schéma général prévoit les deux versions de l'interrupteur à effleurement. Si la bascule bistable (partie centrale) n'est pas utilisée, il suffit de raccorder l'étage d'entrée (point A) à l'étage de puissance (point D).

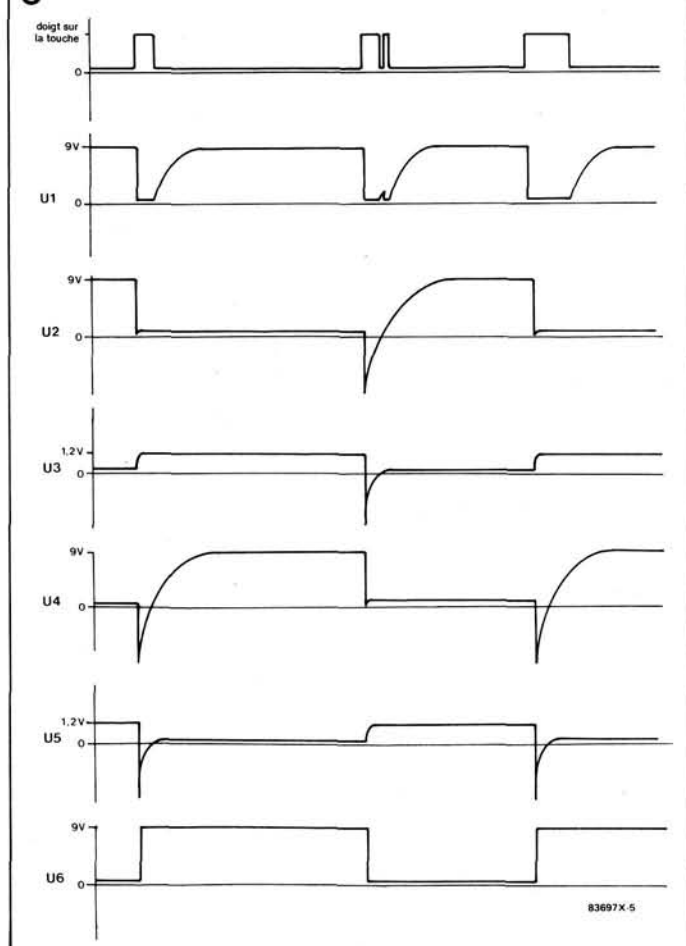


Figure 5 - Les variations de la tension régnant aux différents points de mesure indiqués sur le schéma général sont reportées sur ce diagramme. Il permet de mieux comprendre le fonctionnement du bistable.

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

6

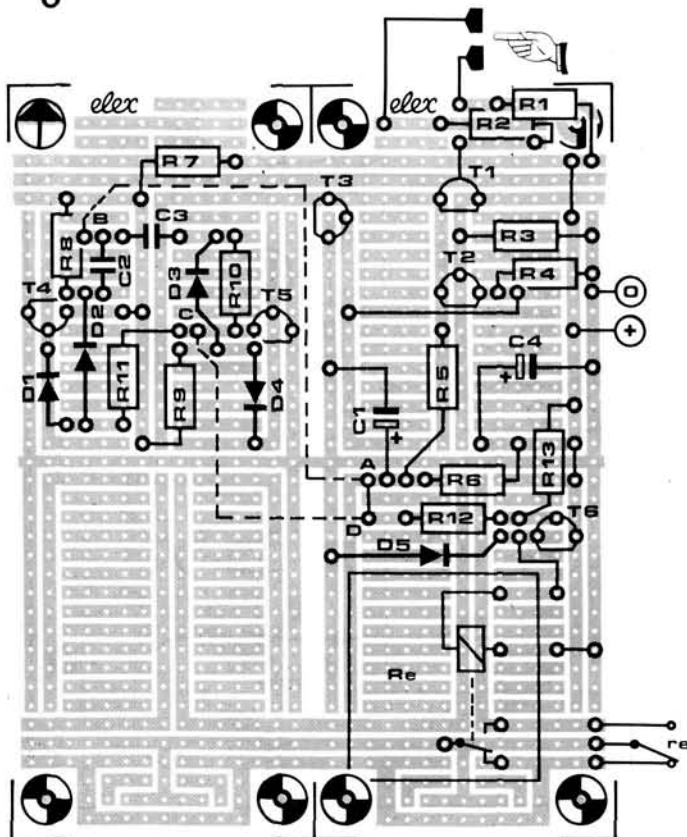


Figure 6 - L'implantation des composants est conçue de telle sorte que le bistable soit isolé sur la partie gauche de la platine. Si on ne souhaite pas le construire, il suffit de couper la platine en deux.

7

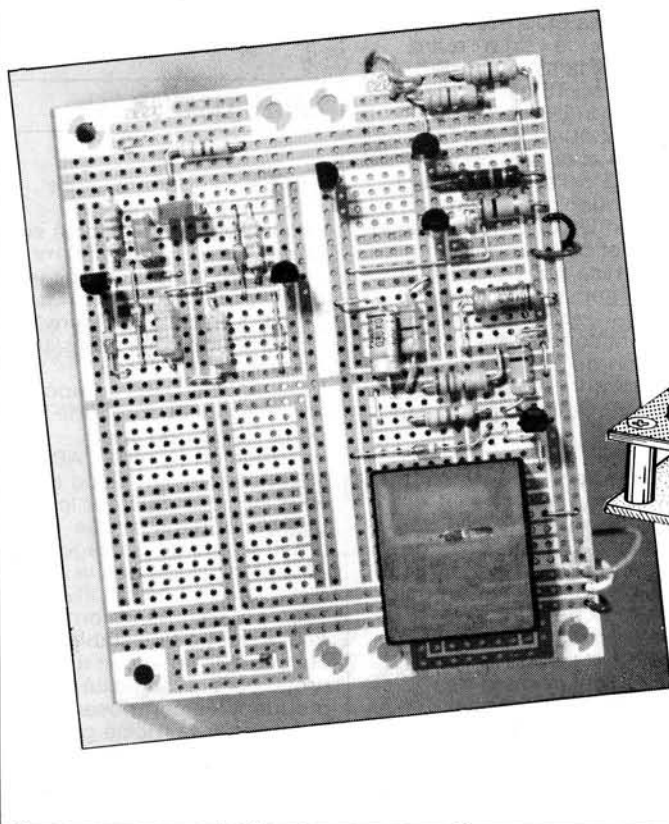


Figure 7 - La place disponible sur la platine permet d'y installer le relais et il reste un espace libre pour la pile.

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

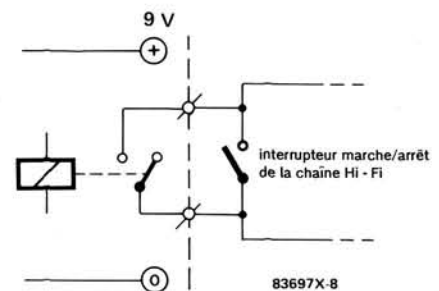
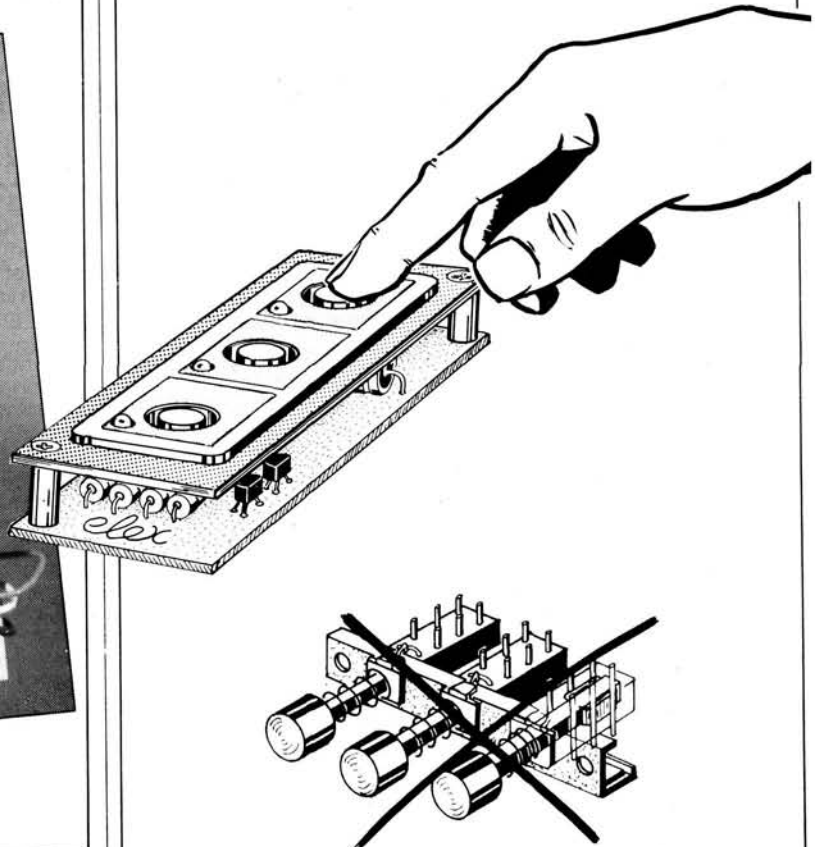


Figure 8 - Les bornes de contact du relais sont tout simplement raccordées en parallèle sur les bornes de l'interrupteur ... de votre chaîne stéréo par exemple.



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 M Ω
R3 = 220 k Ω
R4,R13 = 100 k Ω
R5 = 47 Ω
R6 = 22 k Ω
R7,R12 = 4,7 k Ω
R8,R10 = 47 k Ω
R9,R11 = 470 k Ω

C1 = 1 μ F/16 V (voir texte)
C2,C3 = 100 nF
C4 = 10 μ F/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

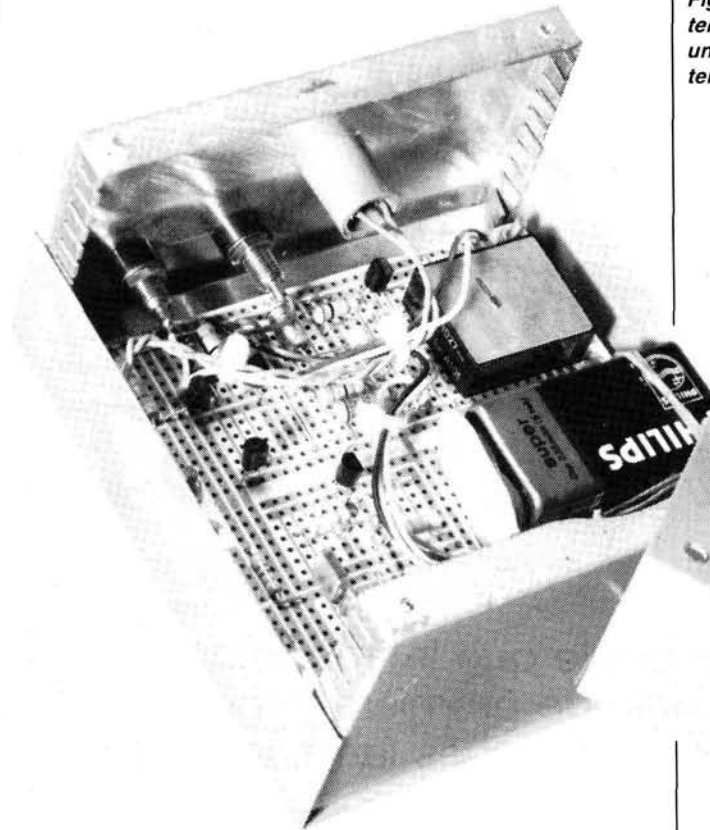


Figure 9. Si vous installez l'interrupteur à effleurement dans un boîtier vous pouvez l'affecter à différents usages.

10

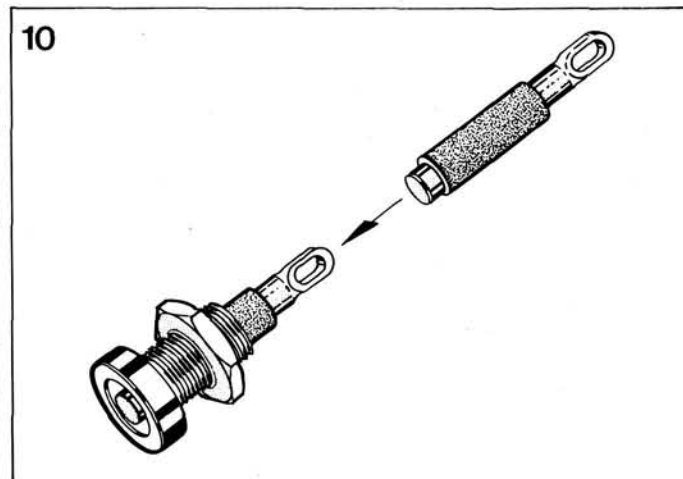


Figure 10 - Ce très bon contact est fabriqué à l'aide d'une douille banane et d'un fil en cuivre isolé.

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 (plexi-glas, 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

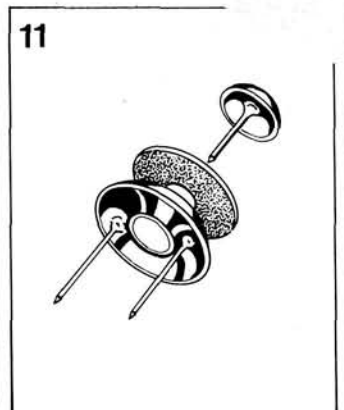


Figure 11 - Voici un contact dont la fabrication exige de l'adresse car il faut souder au bon endroit et forer avec précision.

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

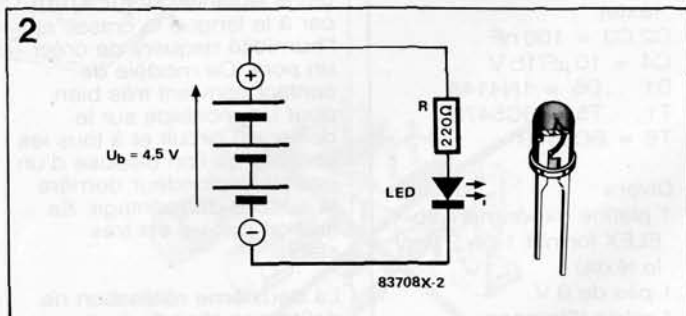


Figure 2 - Le courant qui traverse ce circuit provoque l'allumage de la diode. Une résistance talon limite le courant qui traverse la diode.

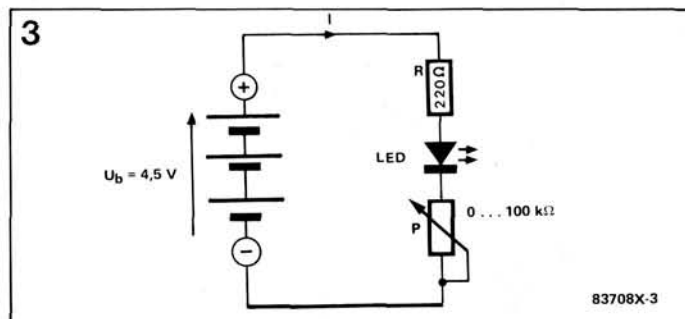


Figure 3 - Si l'on place un potentiomètre en série, on diminue le courant. La résistance devient alors si importante que la LED ne s'allume qu'au moment où le curseur arrive à l'extrémité de la piste du potentiomètre.

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.

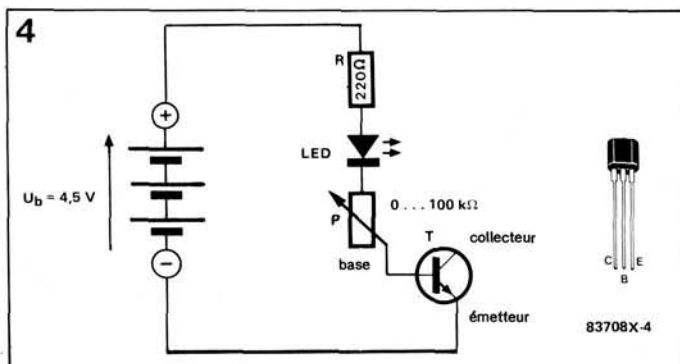


Figure 4 - Le fait d'ajouter un transistor n'y change rien car la jonction base-émetteur est passante.

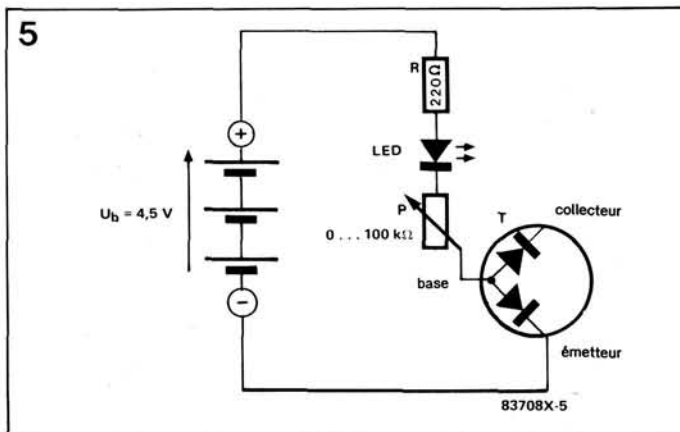


Figure 5 - La jonction base-émetteur de la figure 4 se comporte comme une diode polarisée en direct (sens passant).

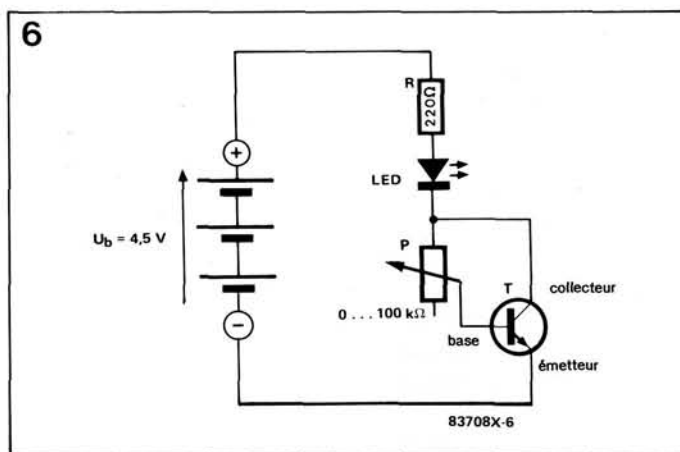


Figure 6 - Ici le collecteur est connecté à la LED sans passer par le potentiomètre, ce qui permet de régler très progressivement la luminosité de la LED en agissant sur le courant de base du transistor.

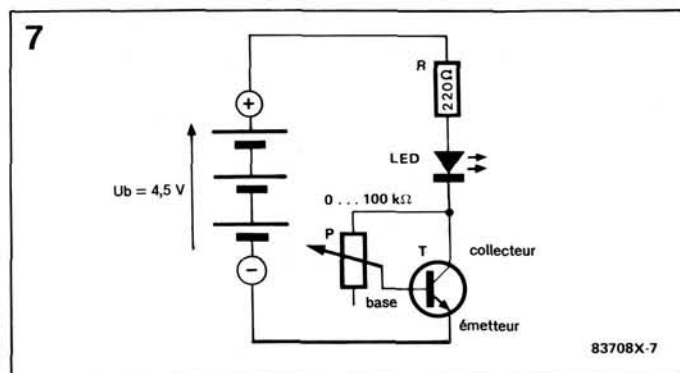


Figure 7 - Ce schéma est le même que celui de la figure 6. Le courant principal de la LED passe par le collecteur et l'émetteur. Le potentiomètre ne "prélève" qu'un faible courant.

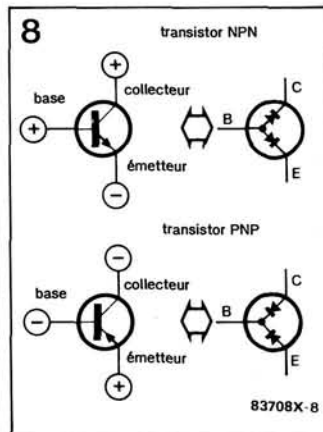


Figure 8 - Les transistors PNP fonctionnent de la même façon que les transistors NPN que nous venons d'étudier. La base et le collecteur des transistors PNP doivent être polarisés négativement par rapport à l'émetteur.

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.

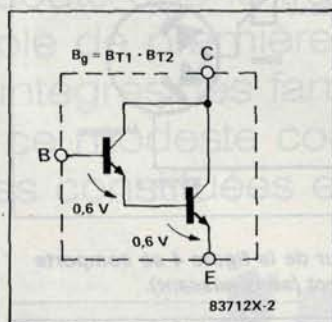
Les transistors ne sont pas classés uniquement en fonction de leur puissance. Ceux que nous venons d'évoquer, appelés aussi transistors bipolaires, comprennent deux groupes bien distincts: les transistors NPN et les transistors PNP. Ils fonctionnent tous suivant le même principe, mais la polarité des 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.

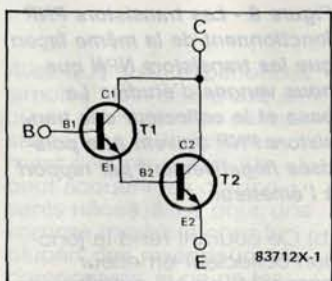
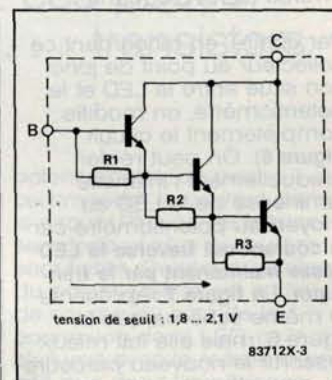
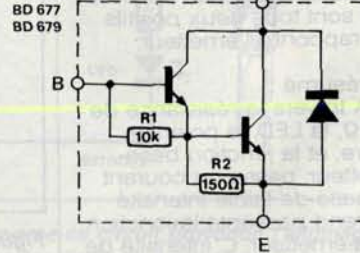
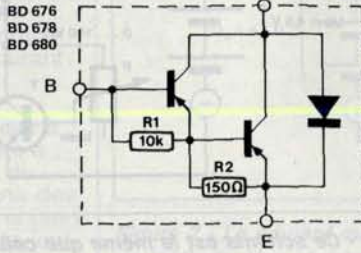
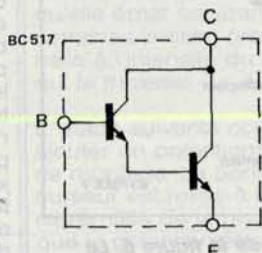
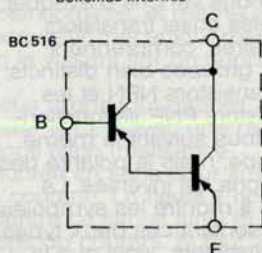


Tableau 1.

Type	Polarité	Valeurs maximales				
		Tension collecteur émetteur	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



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

«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

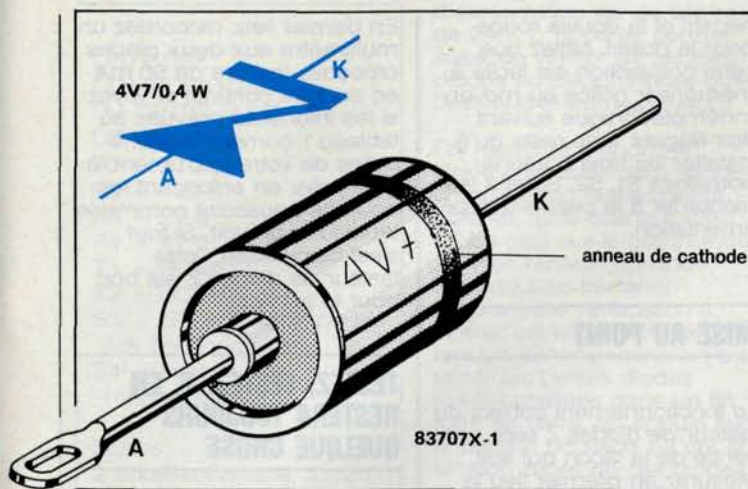


Figure 1 - Ce dessin indique la concordance entre le symbole d'une diode Z et le composant réel. La cathode se trouve du côté de l'anneau de cathode. La tension zener est inscrite sur le corps de la diode.

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

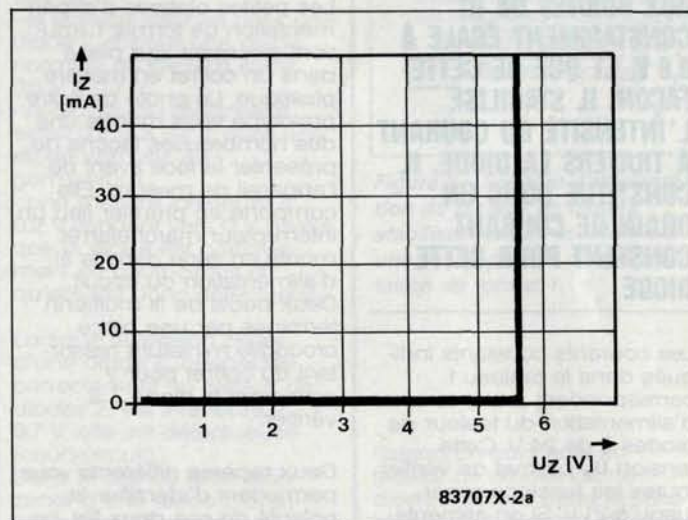


Figure 2a - Courbe caractéristique d'une diode zener idéale. Dès que la tension inverse a dépassé la tension zener, la tension aux bornes de la diode reste rigoureusement indépendante du courant de diode.

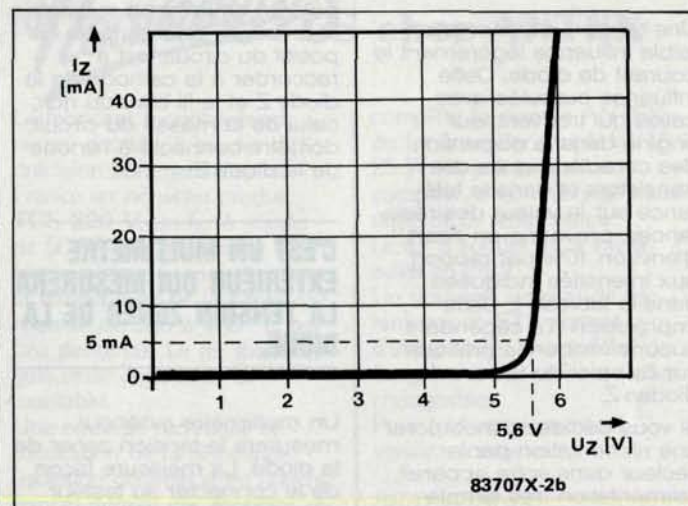


Figure 2b - Courbe de fonctionnement d'une diode zener réelle. La tension zener augmente légèrement avec l'intensité du courant de diode. Afin de pouvoir vérifier cette caractéristique qui trahit la qualité d'une diode, le concepteur a pourvu le testeur de diodes Z d'un dispositif qui permet de soumettre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

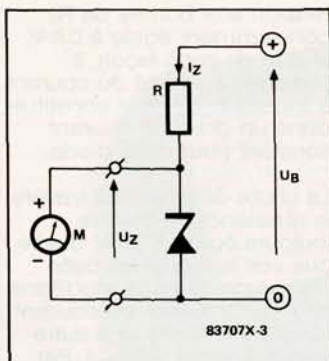


Figure 3 - Schéma de principe d'un testeur de diodes Z.

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 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

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 $U_B = 24 V$
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

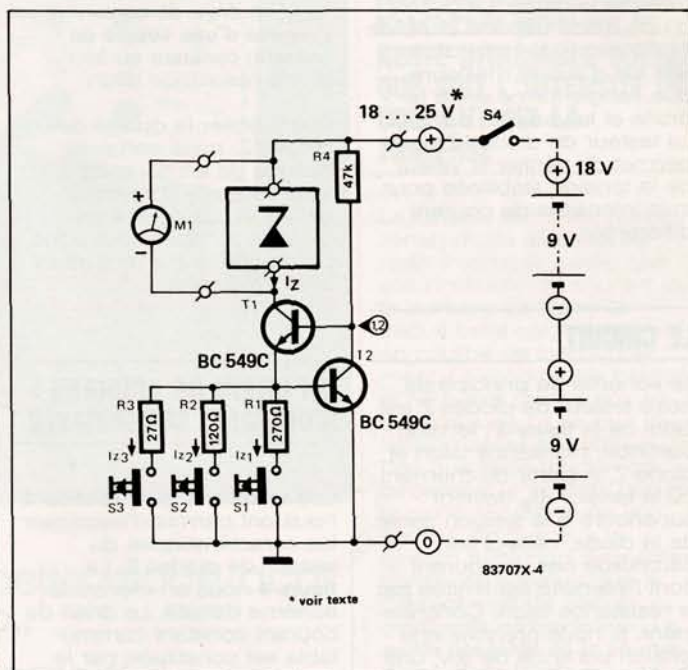


Figure 4 - Le schéma réel est un peu plus compliqué que le schéma de principe. La résistance talon a été remplacée par un circuit T1/T2 qui appelle, au travers de la diode Z, un courant d'intensité constante.

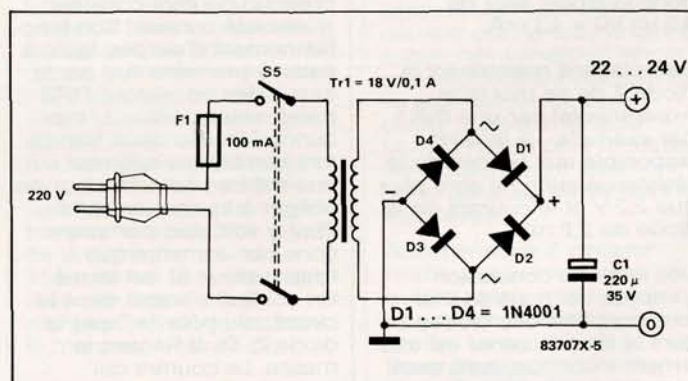


Figure 5 - Cette alimentation de secteur très simple remplace avantageusement les deux piles de 9 V prévues sur le schéma de l'appareil. L'utilisation d'un bloc d'alimentation de fabrication industrielle, moulé sur une prise électrique présente des garanties de sécurité presque optimales.

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/0,1 A
 F1 = fusible 5 x 20 mm, retardé, avec porte-fusible
 S5 = interrupteur 220 V bipolaire
 D1...D4 = 1N001
 C1 = 220 μ F/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.

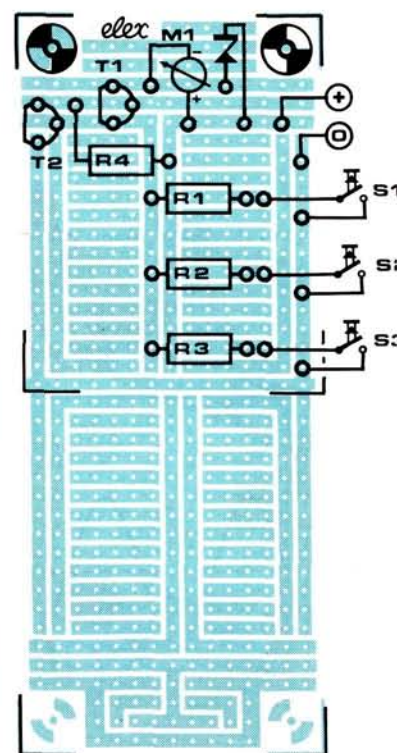
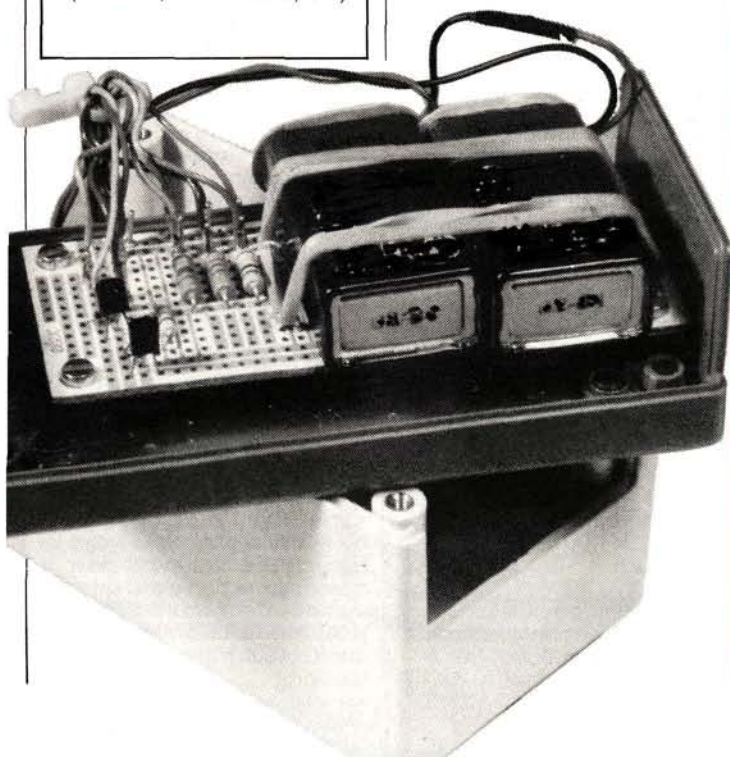


Figure 6 - Schéma d'implantation du testeur de diodes stabilisatrices de tension, sur une petite platine d'expérimentation de format 1.

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.

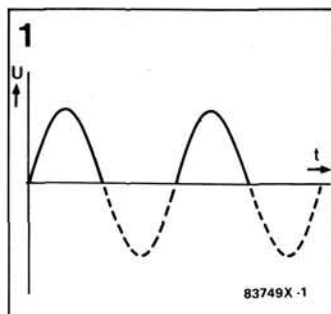
Pour tout renseignement, veuillez contacter :

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

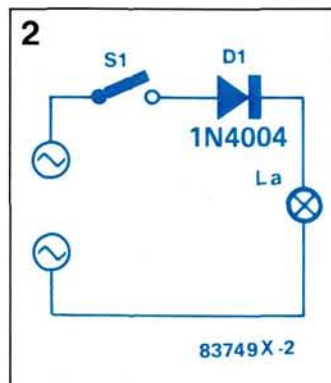
tél: (1) 46 04 38 06
 tx : 201 576

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 !



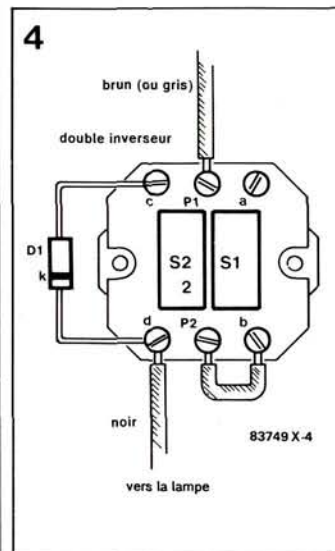
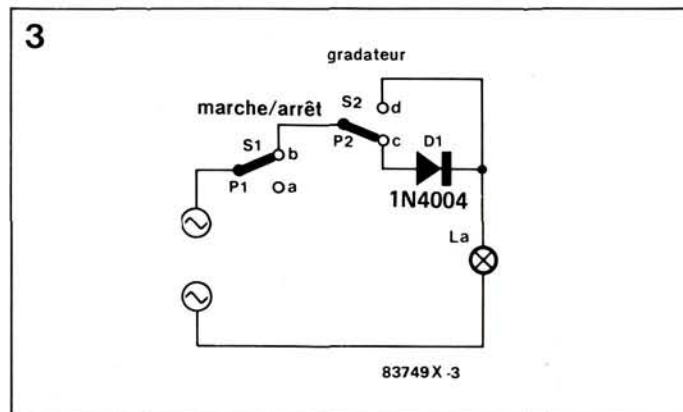
Pendant les alternances négatives de la tension du secteur la diode empêche le transport d'énergie vers le récepteur (figure 1), si bien que la tension efficace est limitée à 110 V. Bien sûr un gradateur du commerce s'acquitterait de cette tâche (d'une autre manière) en permettant en plus un réglage 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.



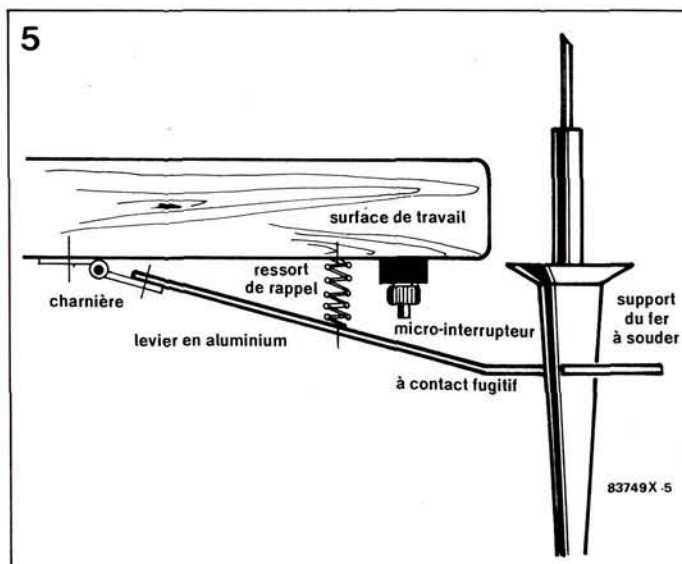
La durée de vie d'une ampoule à incandescence connectée selon la figure 2, et fonctionnant en régime "économique", est considérablement supérieure à ce qu'elle serait dans le cas d'un raccordement direct au secteur. C'est ainsi que six ampoules de 100 W (ce sont des watts) alimentées à travers des diodes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



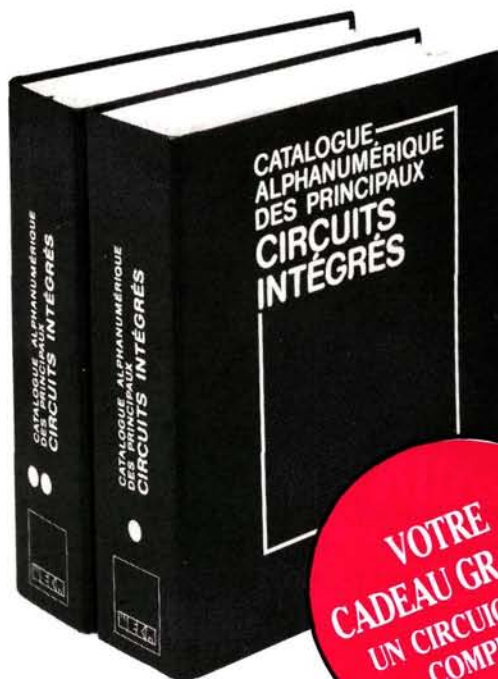
être de forme et dans une disposition différentes en fonction du modèle d'inverseur, mais un doute éventuel sera levé au moyen d'un testeur de continuité (sonnette).



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).

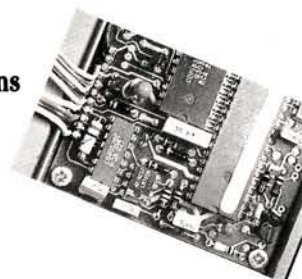
Deux avertissements pour finir : la division de puissance par diode fonctionne **exclusivement** avec des récepteurs **ohmiques**. Il faut proscrire son utilisation avec les tubes fluorescents et tout appareil comportant un transformateur ou un moteur à courant alternatif !

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.

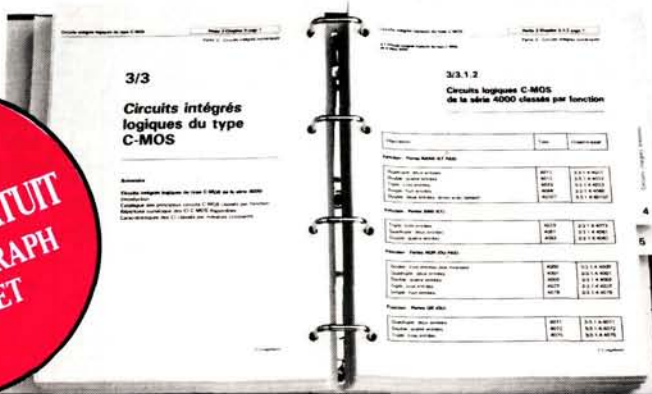


UNIQUE!

Pour vous, 1 588 pages rassemblent toutes les informations indispensables à la connaissance et à la mise en œuvre des circuits intégrés



**VOTRE
CADEAU GRATUIT
UN CIRCUIGRAPH
COMPLET**

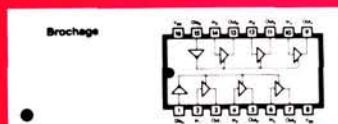


Très facile à consulter :
ci-contre, le classeur à anneaux ouvert. **Noter :** la reliure solide pour des manipulations répétées ; les feuillets mobiles pour une consultation facile même par plusieurs personnes à la fois.

Six lampes trois états avec deux entrées de strobe

Caractéristiques électriques pour $T_A = 25^\circ\text{C}$

Paramètre	Unité	Min	Max
Tension de sortie V_{OL}	V	0.0	0.1
Tension de sortie V_{OH}	V	4.5	5.0
Tension de sortie V_{OL}	V	0.0	0.1
Tension de sortie V_{OH}	V	4.5	5.0



Temps de commutation pour $C_L = 50 \text{ pF}$ et $T_A = 25^\circ\text{C}$

Paramètre	Unité	Min	Max
Temps de propagation t_{PLH}	ns	1.0	1.5
Temps de propagation t_{PLH}	ns	1.0	1.5
Temps de propagation t_{PLH}	ns	1.0	1.5
Temps de propagation t_{PLH}	ns	1.0	1.5

▲ Pour chaque circuit intégré, les caractéristiques limites et les spécifications d'utilisation indispensables à la mise en œuvre (exemple ci-dessus : circuit C-MOS 4503).

Le seul ouvrage en français qui vous en dise autant sur les circuits intégrés.

- En effet, cet ouvrage de référence unique vous donne :
- une double entrée pour vos recherches : le classement alphanumérique d'une part, le classement par fonction d'autre part.
- l'ensemble des données techniques de chaque circuit : caractéristiques, fonctions, applications, noms des fabricants.
- En plus des cartes de référence détachables pour les circuits programmables.

Aucun autre ouvrage en français ne réunit autant d'informations indispensables à la mise en œuvre des circuits intégrés.

A la fois une encyclopédie et un outil de travail très pratique

Que vous soyez professionnel ou amateur, cet ouvrage vous fait gagner un temps considérable. Il traite de tous les types de circuits, utilisés dans les domaines les plus divers : de la micro-informatique à l'audiovisuel. Quand cela s'impose, des tableaux, des courbes ou des schémas vous donnent avec clarté les informations précises dont vous avez besoin pour travailler sur un circuit intégré.

EXTRAIT DU SOMMAIRE :

- Circuits numériques Circuits intégrés logiques de type TTL, C MOS série 4000.
- Circuits d'ordinateur et périphériques
- Circuits intégrés linéaires
- Amplificateurs opérationnels, BF, HF - Régulateurs - Contrôleurs pour moteur - Circuits de commutation de réseau - Transducteurs - Générateurs de fonctions
- Circuits intégrés de traitement et conversion de données
- Circuits intégrés spéciaux.

UN SERVICE EXCLUSIF !

Un instrument de travail se doit d'être efficace à tout moment. Cet ouvrage fait donc l'objet de compléments/mises à jour réguliers. Grâce à des compléments/mises à jour envoyés tous les deux mois en principe, de 150 pages environ (prix franco TTC : 245 F), vous découvrirez toutes les nouvelles données sur les circuits intégrés les plus récents. Un simple geste suffit pour les insérer dans votre classeur à feuillets mobiles. (Vous pouvez annuler ce service sur simple demande).

Pour disposer de votre exemplaire de cet ouvrage absolument unique, renvoyez sans attendre le bon de commande ci-dessous.

Editions WEKA 82, rue Curial, 75019 Paris. Tél. : (1) 40.37.01.00 - SARL au capital de 2 400 000 F - RC Paris B-316 224 617

BON DE COMMANDE

VOTRE CADEAU GRATUIT

1 "CIRCUIGRAPH" complet



Si vous commandez cet ouvrage, vous recevrez un "CIRCUIGRAPH" complet plus 1 bobine de rechange + 1 perforateur-décabreur. Ce cadeau vous restera acquis même si vous décidez de renvoyer l'ouvrage après examen.

Offre valable jusqu'au 31.01.89

A renvoyer, avec votre règlement, sous enveloppe sans trimer à :
Editions WEKA Libre Réponse n° 5, 75941 PARIS CEDEX 19

☐ OUI, je souhaite recevoir l'ouvrage suivant accompagné de mon cadeau gratuit : 1 CIRCUIGRAPH COMPLET.

"Catalogue Alphanumérique des principaux circuits intégrés" (réf. 7100), 2 volumes 21 x 29,7 cm de 1 588 pages, au prix de 575 F TTC, port compris.

J'ai bien noté que cet ouvrage à feuillets mobiles sera actualisé et enrichi tous les 2 mois en principe par des compléments/mises à jour de 150 pages environ au prix de 245 F TTC, port compris. Je pourrais bien sûr interrompre ce service sur simple demande. (Voir la garantie ci-contre).

☐ Veuillez trouver ci-joint mon règlement correspondant à l'ordre des Editions WEKA, par ☐ chèque bancaire ☐ CCP 3 volets.

☐ Envoi par avion 110 F par titre.

Nom : _____ Prénom : _____

N° et Rue : _____

Code postal : _____ Ville : _____

Pays : _____ Signature : _____

Date : _____

LA GARANTIE WEKA : SATISFAIT OU REMBOURSÉ

L'ouvrage qui vous est proposé aujourd'hui bénéficie de la formule WEKA : "Satisfait ou remboursé". Cette possibilité vous est garantie pour un délai de 15 jours à partir de la réception de votre ouvrage.

1. Si au vu de l'ouvrage, vous estimez qu'il ne correspond pas complètement à votre attente, vous conservez la possibilité de le retourner aux Editions WEKA et d'être alors intégralement remboursé.

2. La même garantie vous est consentie pour les envois de compléments et mises à jour. Vous pouvez les interrompre à tous moments, sur simple demande ou retourner sans rien nous devoir toute mise à jour ou complément qui ne vous satisfait pas dans un délai de 15 jours après réception.

ELEX 854503

Caractéristiques des transistors: BF et universels

type	PNP NPN	max U _{CEO} (V)	max I _C (mA)	P _{max} (mW)	hFE/I _C (mA)		compl.	fig.	
BC 107	N	45	100	300	> 110	2	BC 177	1	
BC 108	N	20					BC 178	1	
BC 109	N						BC 179	1	
BC 140	N	40	1000	3700	> 40	100	BC 160	1	
BC 141	N	60					BC 161	1	
BC 160	P	40					BC 140	1	
BC 161	P	60	100		> 70		BC 141	1	
BC 177	P	45					BC 107	1	
BC 178	P	25					BC 108	1	
BC 179	P	20	200	300	> 110	2	BC 109	1	
BC 182	N	50					BC 212	2	
BC 183	N	30					BC 213	2	
BC 184	N		BC 214	2					
BC 212	P	50	500	800	> 60 > 80 > 140	100	BC 182	2	
BC 213	P	30					BC 183	2	
BC 214	P						BC 184	2	
BC 237	N	45	100		> 110		BC 307	2	
BC 238	N	20					BC 308	2	
BC 239	N						50	BC 309	2
BC 307	P	45	100		> 70		BC 237	2	
BC 308	P	25					BC 238	2	
BC 309	P	20					BC 239	2	
BC 327	P	45	500	800	> 100	100	BC 337	2	
BC 328	P	25					BC 338	2	
BC 337	N	45					BC 327	2	
BC 338	N	25	100	300	> 100 > 120	2	BC 328	2	
BC 414	N	50					—	2	
BC 416	P	—					2		
BC 516	P	30	400	625	> 30.000	20	BC 517	2	
BC 517	N						—		
BC 546	N	65	100	500	> 110	2	BC 556	2	
BC 547	N	45					BC 557	2	
BC 548	N	30					BC 558	2	
BC 549	N	45	100	500	> 200		—	2	
BC 550	N						65	—	2
BC 556	P						45	BC 546	2
BC 557	P	30	100	500	> 75		BC 547	2	
BC 558	P						BC 548	2	
BC 559	P	45	1000	1000	> 125		—	2	
BC 560	P						—	2	
BC 639	N	80	1000	1000	> 40	150	BC 640	3	
BC 640	P						BC 639	3	

1) darlington

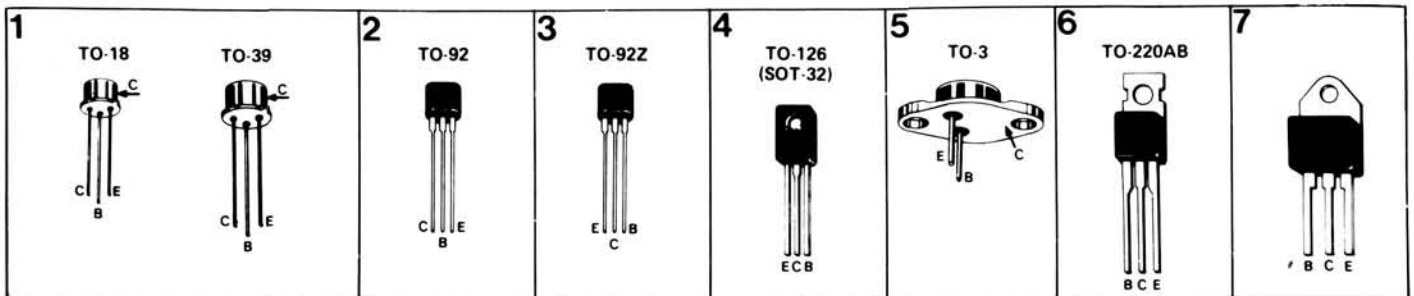
2) max. U_{CEO}:

... A = 60 V

... B = 80 V

... C = 100 V

type	PNP NPN	max U _{CEO} (V)	max I _C (A)	P _{max} (W)	hFE/I _C		compl.	fig.
BD 131	N	45	3	15	> 40	0,15 A	BD 132	4
BD 132	P						BD 131	4
BD 135	N						BD 136	4
BD 136	P	60	1	8	> 40	0,15 A	BD 135	4
BD 137	N						BD 138	4
BD 138	P						BD 137	4
BD 139	N	80	1,5	20	> 20	3 A	BD 140	4
BD 140	P						BD 139	4
BD 169	N						BD 170	4
BD 170	P	45	2	30	> 25	1 A	BD 169	4
BD 183	N						—	5
BD 233	N						BD 234	4
BD 234	P	60	2	25	40	0,15 A	BD 233	4
BD 235	N						BD 236	4
BD 236	P						BD 235	4
BD 237	N	80	2	30	> 30	0,3 A	BD 238	4
BD 238	P						BD 237	4
BD 239	N						BD 240	6
BD 240	P	45	6	65	> 40	1 A	BD 239	6
BD 241	N						BD 242	6
BD 242	P						BD 241	6
BD 243	N	60	10	80	> 25	1,5 A	BD 244	6
BD 244	P						BD 243	6
BD 245	N						BD 246	7
BD 246	P	25	125	125	> 85	0,5 A	BD 245	7
BD 249	N						BD 250	7
BD 250	P						BD 249	7
BD 435	N	32	4	36	> 40	0,5 A	BD 436	4
BD 436	P						BD 435	4
BD 437	N						BD 438	4
BD 438	P	60	8	62,5	> 750	3 A	BD 437	4
BD 439	N						BD 440	4
BD 440	P						BD 439	4
BD 441	N	80	15	125	> 1000	5 A	BD 442	4
BD 442	P						BD 441	4
BD 643	N						BD 644	7
BD 644	P	45	8	62,5	> 20	0,5 A	BD 643	7
BD 645	N						BD 646	7
BD 646	P						BD 645	7
BD 675	N	45	4	40	> 20	1 A	BD 676	4
BD 676	P						BD 675	4
BD 677	N						BD 678	4
BD 678	P	60	15	125	> 20	4 A	BD 677	4
BD 679	N						BD 680	4
BD 680	P						BD 679	4
TIP 31	N	40	3	40	> 20	0,5 A	TIP 32	6
TIP 32	P						TIP 31	6
TIP 33	N						TIP 34	7
TIP 34	P	60	25	125	> 25	1 A	TIP 33	7
TIP 35	N						TIP 36	7
TIP 36	P						TIP 35	7
TIP 41	N	70	15	100	> 20	4 A	TIP 42	6
TIP 42	P						TIP 41	6
TIP 122	N						TIP 127	6
TIP 127	P	100	8	65	> 1000	5 A	TIP 122	6
TIP 142	N						TIP 147	7
TIP 147	P						TIP 142	7
TIP 2955	N	25	100 m	0,3	> 20	10 mA	TIP 3055	7
TIP 3055	P						TIP 2955	7
2N3055	N						MJ 2955	5
MJ 2955	P	25	100 m	0,3	> 20	10 mA	2N3055	5
2N 2955	P						—	1



PARIS - LYON - MARSEILLE - NANTES

PENTASONIC

LES OSCILLOSCOPES

CREDIT TOTAL sur les oscilloscopes

Pas de versement comptant - Soumis à l'acceptation du dossier - mensualités données à titre indicatif

TEKTRONIX 2225



9190 F/TTC

Leader depuis 40 ans, Tektronix tend vers la perfection, une aura de prestige entoure la technologie qui préside à la réalisation de ses appareils. Le 2225 réunit les solutions d'avant garde qui assurent confort et possibilités étendues d'utilisation. Venez essayer chez PENTA. Bande passante 5 ns/div. Impédance 1 M.ohm, 25 pF. Entrée max 400 V. Expansion x 50. Déclenchement crête/crête, auto, normal, trace, ligne TV, monocoup. Couplage alternatif/continu. Réjection HF/BF. Poids 6 kg.

Garantie 3 ans. Livré avec 2 sondes.

CREDIT TOTAL
273,70 F/mois

HAMEG : UN NOM QUI EN DIT LONG



HM 203-6,
le plus vendu en Europe
3835 F/TTC
Bande passante 2 x 20
MHz. Sensibilité
2 mV/div. Balayage
20 ns/div. Trigger à 20 MHz. Impédance 1 M.ohm, 30 pF. Entrée
max 400 V. Expansion x 10. Testeur de composants. Poids 7 kg.
GARANTI 2 ANS. LIVRE AVEC 2 SONDES.



HM 205,
signe particulier :
Performance
6580 F/TTC
Bande passante 2 x 20
MHz. A mémoire
numérique.

Période d'échantillonnage : 10 µs. Déclenchement automatique
ou manuel. Balayage 10 ns/div. Trigger à 40 MHz. Impédance 1
M.ohm, 30 pF. Entrée max 400 V. Expansion par 10. Testeur de
composants. Poids 7 kg.
GARANTI 2 ANS. LIVRE AVEC 2 SONDES



HM 604,
un 2 x 60 MHz musclé
6760 F/TTC

Bande passante 2 x 60
MHz. Sensibilité
1 mV/div. Balayage 5
ns/div. Retard de
balayage. Durée d'inhibition variable. Trigger à 80 MHz. Impé-
dance 1 M.ohm, 30 pF. Entrée max 400 V. Expansion x 10. Géné-
rateur de signaux carrés 1 MHz.
GARANTI 2 ANS. LIVRE AVEC 2 SONDES

HM 203-6
208,40 F/mois CREDIT TOTAL

HM 204
234,40 F/mois CREDIT TOTAL

HM 604
268,40 F/mois CREDIT TOTAL

BECKMAN INDUSTRIAL CIRCUIMATE 9020 3890 F/TTC



Ligne à retard comprise. Equipée d'un grand nombre de fonctions com-
prenant le déclenchement du signal et son maintien, le déclenchement
coup à coup, le retard de balayage et un testeur de composants, le CIR-
CUIMATE 9020 vous apporte l'efficacité d'un appareil très soigné et
d'emploi très simple. Garantie 1 an.
Caractéristiques : 2 x 20 MHz. Sensibilité vert. 1 mV/div. horiz 50 ns/div
Retard de balayage 10 S à 0,1 µs - Exp par x 1 et x 10 - Trigger à
30 MHz - Imp. d'entrée 1 MΩ et 25 pF - Entrée max 400 VCC - Temps
de montée 17,5 ns.

251,00F/mois CREDIT TOTAL



GOLDSTAR OS-7020 3390 F/TTC

Bande passante 2 x 20 MHz, sensibilité 1 mV/div, entrée max 500 vpp
ou 300 v, spécial tv sync, rise time à moins de 17,5 ns sec, modes trigger
auto, nom, tv-v ou tv-h, couplage AC, HF, LF, DC.
GARANTI 1 an

224,50 F/mois CREDIT TOTAL

COFFRETS ET BOITIERS

FLOPPY 2/3 TAILLES	130,00	METAL CAC11 55x45x125	28,10	PLASTIQUE 110PM CAC110	22,80
FLOPPY PLEINE TAILLE	130,00	METAL CAC14 200x80x140	136,70	PLASTIQUE 115PM CAC115	27,80
EFFACEUR D'EPHOM	99,00	METAL CAC17 250x100x160	174,80	PLASTIQUE 220PM CAC220	44,80
PUIPIRE RA1 CACPU1	60,00	METAL CAC19 350x130x220	286,45	PLASTIQUE RP0 CACPU 90x45x30	19,20
PUIPIRE RA2 CACPU2	104,50	ALLU 85155 CAC20 55x155x85	75,30	PLASTIQUE RP1 CACPU 110x55x35	24,30
PUIPIRE RA3 CACPU3	120,60	ALLU 85205 CAC21 55x205x85	78,00	PLASTIQUE RP2 CACPU 125x70x40	30,10
PUIPIRE RA4 CACPU4	155,60	ALLU 55155 CAC22 55x155x150	108,00	PLASTIQUE RP3 CACPU 155x90x50	38,50
METAL RU1 CAC1 73x54x74	35,90	ALLU 55205 CAC23 55x205x150	103,60	PLASTIQUE RP4 CACPU 190x110x60	51,25
METAL RU2 CAC3 73x54x104	42,00	ALLU 80205 CAC24 80x205x150	122,40	PLASTIQUE FACE PLEXI CAC678	45,00
METAL RU3 CAC5 73x54x134	44,80	ALLU 80255 CAC25 80x255x150	139,00	PLASTIQUE FACE PLEXI CAC683	82,00
METAL RM 574 CAC2 125x75x155	55,10	ALLU 55255 CAC26 55x255x150	115,00	PLASTIQUE CARREA 247x102x220	169,40
METAL RM 334 CAC4 125x35x105	35,00	ALLU 55105 CAC27 55x105x150	84,20	RACK METAL NOIR PROF. 3U CARAC238.00	
METAL CAC6 40x25x55	17,50	ALLU 80105 CAC28 80x105x150	93,20	RACK METAL NOIR PROF. 2U CARAC225.00	
METAL CAC7 55x25x75	22,90	ALLU 80155 CAC29 80x155x150	97,20	RACK METAL NOIR PROF. 3U CARAC267.00	
METAL CAC8 40x35x75	23,50	ALLU LC980 CA860 80x250x180	110,00	RACK METAL NOIR PROF. 4U CARAC4320.00	
METAL CAC9 105x35x75	26,30	360120/300/ET 38/13 CAC36	209,80		

L'ARME ABSOLUE, SIGNEE MANUDAX



NOUVEAU

M-80
4000 points

Comme ses pré-
dépenseurs ce nouveau multimètre n'a qu'une
obsession : tout faire lui-même !
Calibrage automatique. Commutation par pous-
soir. Dans un boîtier antichoc se loge un écran de
42 mm de haut dans lequel s'inscrit un affichage
de 21 mm. Sa vitesse d'échantillonnage : 5 tests à
la seconde. Maintien de l'affichage et, bien sûr,
c'est également un fréquencemètre.

890 F/TTC

**PENTASONIC
PENSE DEJA
A NOEL !**
QUANTITE LIMITEE

**AUTORADIOS K7 de marque renommée vendus
seuls ou avec leur kit complet de montage.**

**TYPE 4600
AUTORADIO
SEUL 299 F**
Le kit de
montage **429 F**

PO-GO-FM et K7 stéréo. 2 x 7 W. Avance rapide. Sélecteur mono-stéréo. Tonalité/balance. Eclairage
de nuit du cadran et des boutons. Présentation «Flatnose» couleur noire. Normes DIN. Dim. 178 x
130 x 44 mm.

**TYPE 4610
AUTORADIO
SEUL 399 F**
Le kit de
montage **539 F**

PO-GO-FM et K7 stéréo. 2 x 7 W. Commutation automatique de K7 en radio. Avance rapide. Affichage
digital. Mémoire de la dernière fréquence affichée. Tonalité/balance. Présentation : noir. Normes DIN.
Dim. 178 x 120 x 44 mm.

GARANTIE 1 AN PIECES ET MAIN D'OEUVRE

LES PETITS PLUS QUI SIMPLIFIENT LA VIE

FER A SOUDER SANS FIL

Temps de chauffe inférieur à 25 secondes. Température
du fer égale à 400 °C. Support de fer servant de recharge.
Capuchon de protection de panne. Alimentation sur sec-
teur fournie. 2 accumulateurs de 1,5v fournis



**262F
TTC**

OUTIL TROISIEME MAIN

Support de platine réglable
dans tous les sens. Universel
pour CI, câbles, composants,
etc.
D'une grande aide pour sou-
der, étamer, coller. Pied en
fonte très lourd.

92F

KIT DE CONNEXION UNIVERSEL

Jeu de cordons avec divers adap-
tateurs pour utilisations variées.
Livré sous blister. pointes de
touches

— prises bananes **37,30F**
— pinces crocodile

CIRCUIGRAPH

Le nouveau système de con-
nexion pour écrire l'électroni-
que. Permet la réalisation des
circuits sans aucune soudure,
sans support spécial et sans
utilisation d'aucun procédé
chimique.
Stylo circuitgraph **178,00 F**
Plaques perforées **22,00 F**
Double face autocoll.
24,10 F



la logique sans hic

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

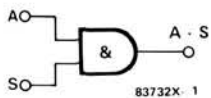
Tout au long des quatre premiers parcours d'exploration de la logique numérique nous avons manipulé *sans hic* les opérateurs logiques. Nous avons obtenu diverses combinaisons auxquelles nous avons donné un nom qui rend compte de ce qui se passe en sortie lorsqu'un niveau logique haut ou "1" arrive sur 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.

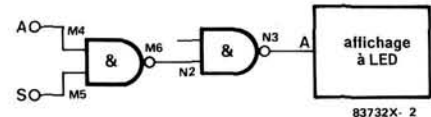
S	A	ET A · S	
0	0	0	ouvert
0	1	0	
1	0	0	fermé
1	1	1	



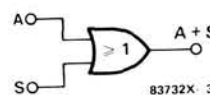
L'une des entrées, désignée ici par la lettre "S", peut être considérée comme **entrée de commande**. Selon son niveau, elle bloque la sortie dans un état donné, ou lui permet au contraire d'adopter le niveau présent sur l'autre entrée.

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 DIGLEX 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").

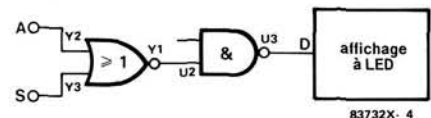


L'opérateur logique OU (OR) convient également pour créer une fonction de porte logique :



S	A	OU A + S	
0	0	0	fermé
0	1	1	
1	0	1	ouvert
1	1	1	

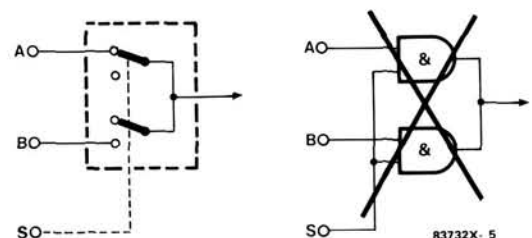
Ici l'entrée de commande "S" doit être maintenue au niveau "0" pour que la sortie de l'opérateur restitue le niveau logique de l'entrée A, tandis que le niveau "1" de l'entrée de commande maintient la sortie de l'opérateur au niveau "1" quel que soit le niveau logique de l'entrée A. Pour vérifier le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



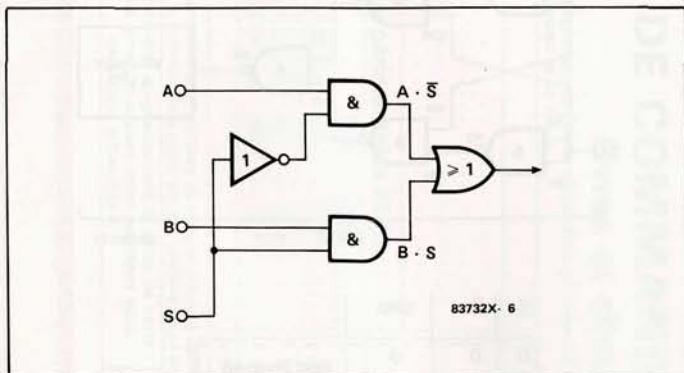
Les opérateurs NON-ET et NON-OU peuvent servir de porte logique même sans l'adjonction d'un inverseur, dans les cas où il n'est pas gênant que le niveau logique de la sortie soit inversé par rapport à celui de l'entrée commutée.

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.

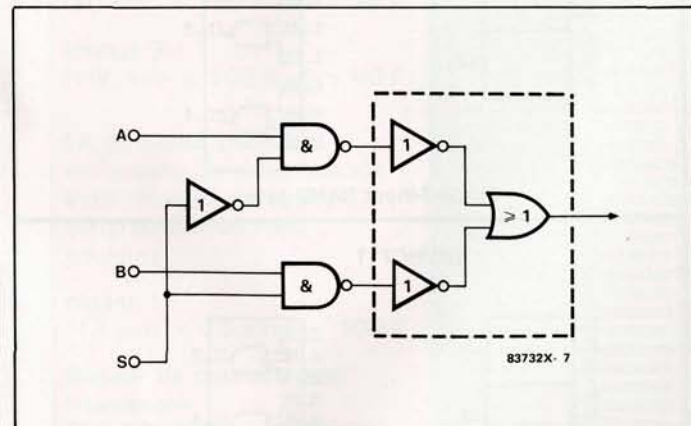


Lorsque l'un des interrupteurs logiques ET est ouvert, sa sortie reste au niveau "0". Dans ce cas l'opérateur OU qui le suit laisse passer les niveaux logiques de l'autre interrupteur (voyez la table de vérité de la **figure 3**). Il faut aussi empêcher les deux interrupteurs logiques de se fermer (et 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 ?

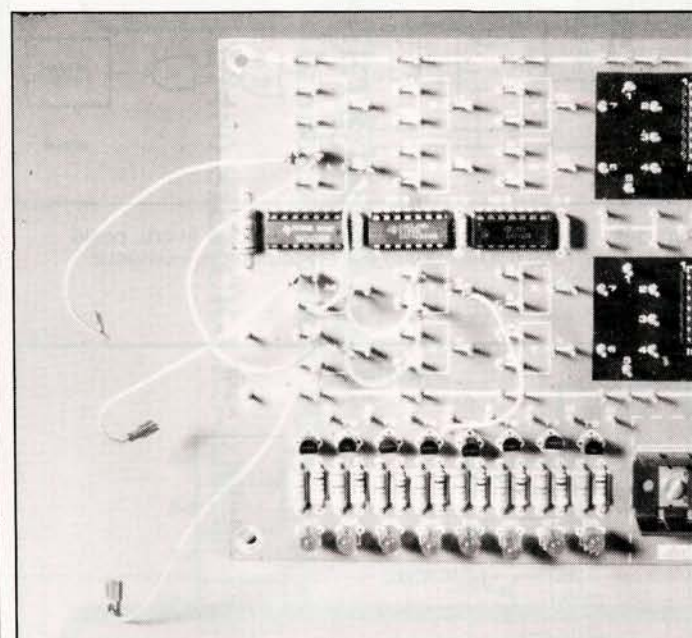
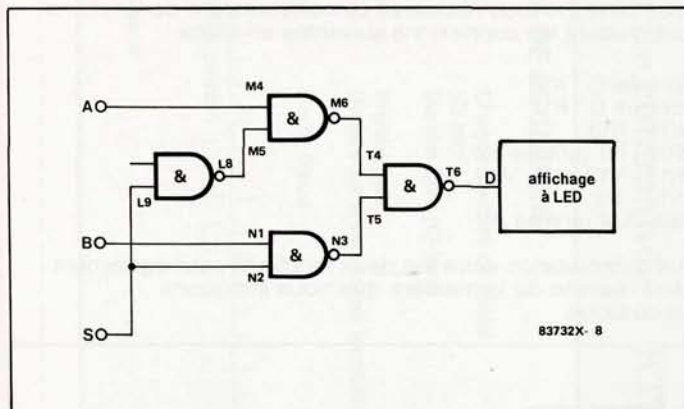
Voyez comment se présente la table de vérité du commutateur logique complet.

A	B	S	$A \cdot \bar{S}$	$B \cdot S$	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 :



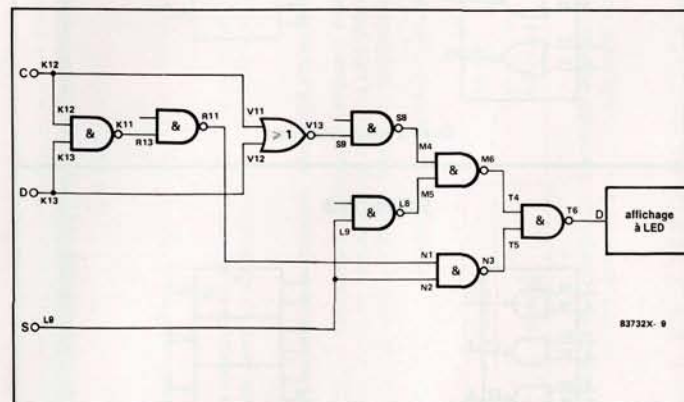
La partie encadrée de ce circuit vous rappelle probablement quelque chose. Dans ce cas votre mémoire est bien fidèle puisque le montage-OU qui figure en bas de la page 57 de la troisième partie de ce parcours logique (Elex N°3) lui ressemble étrangement. Là nous avons cependant utilisé un opérateur NON-ET (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.

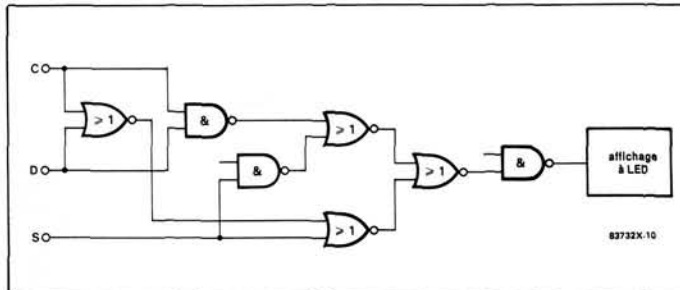


Deux combinaisons d'opérateurs et d'inverseurs réalisent les fonctions ET et OU appliquées aux niveaux logiques des deux entrées C et D. L'entrée S permet de choisir celle des deux fonctions dont le résultat de l'opération logique doit être transmis vers la sortie (ici, l'affichage). Si l'entrée de commande 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).

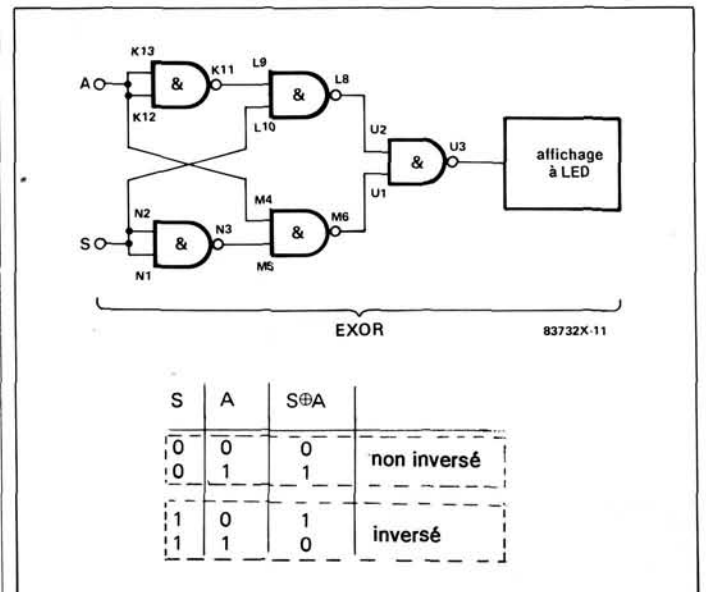
Sur DIGILEX vous réaliserez ce commutateur de fonctions en mettant les connexions suivantes en place :

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.

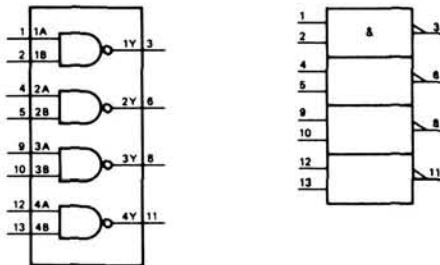


Un des opérateurs logiques dont nous vous avons parlé dans Elex N°3, (OU exclusif) est en réalité un inverseur commutable.



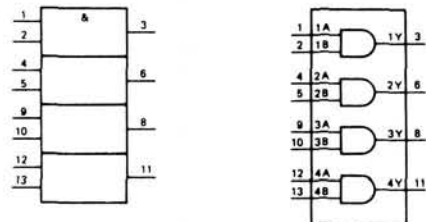
La table de vérité fait ressortir que les niveaux logiques appliqués à l'entrée A sont inversés à la sortie si l'entrée de commande est au niveau logique "1". Si elle est au niveau "0", le niveau logique de l'entrée A se retrouve inchangé à la sortie.

HC/HCT00



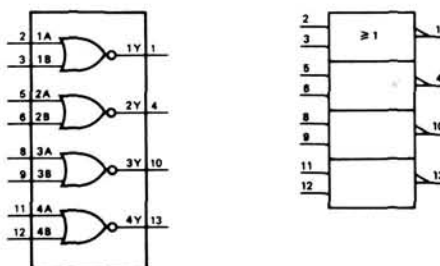
Quad 2-input NAND gate

HC/HCT08



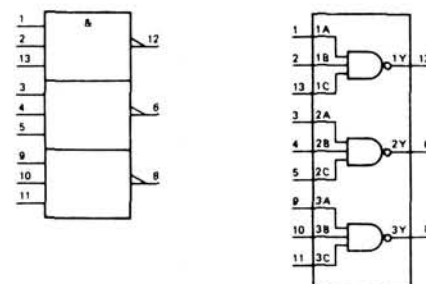
Quad 2-input AND gate

HC/HCT02



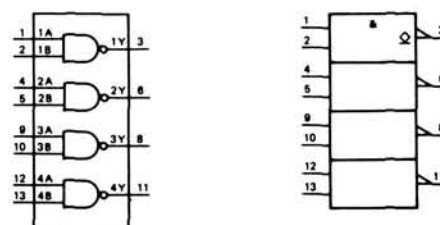
Quad 2-input NOR gate

HC/HCT10



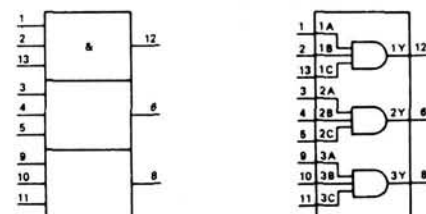
Triple 3-input NAND gate

HC/HCT03



Quad 2-input NAND gate

HC/HCT11



Triple 3-input AND gate

