

électronique

n°41

PDF Page Organizer - Foxit Software

février 1992

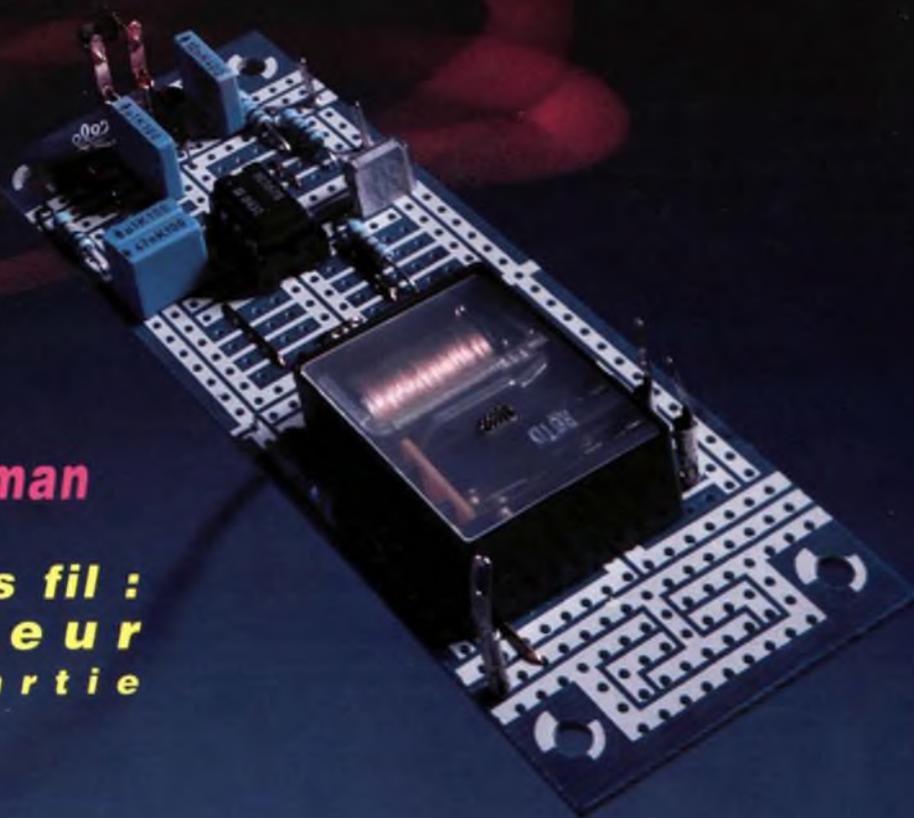
22 FF/160 FB/7,80 FS

mensuel

elekt

serrure magique à codage infra-rouge

et d'autres montages faciles à réaliser vous-même !



jeux de lumière

booster de walkman

**interphone sans fil :
le récepteur
deuxième partie**

explorez l'électronique

M2510 - 41 - 22,00 F



SOMMAIRE ELEX 1971

8 ▶ Elexprime : parabole et varistances

45 ▶ le nouveau catalogue EUROCOMPONENTS

35 ▶ un livre pour les modélistes et les électroniciens débutants

52 ▶ ceci n'est pas une bande Velcro

I.N.I.T.I.A.T.I.O.N

4 ▶ Rési & Transi : bande dessinée

d'initiation à l'électronique

9 ▶ analogique anti-choc

- loi d'Ohm et tension alternative

6 ▶ système K : modules d'expérimentation

diviseurs de tension

R.E.A.L.I.S.A.T.I.O.N.S

0 ▶ modulateur de lumières à 3 canaux

avec dessin de circuit imprimé

8 ▶ simulateur de présence

ou dissimulateur d'absence

2 ▶ interphone sans fil : le récepteur

avec dessin de circuit imprimé

6 ▶ servure infra-rouge

Jouez avec la lumière invisible !

1 ▶ booster de walkman

Donnez de la gomme à votre baladeur !

6 ▶ anti-voil pour chaîne haute-fidélité

avec dessin de circuit imprimé

0 ▶ mini-circuit (pas plus de 10 composants !)

duo-LED (un témoin, deux couleurs)

moniteurs : Arcue COMPONANTS p. 16 - B.H. ELECTRONIQUE p. 17 - COMPOSIUM p. 17 - ELC p. 55 - ELECTRON SHOP p. 17 - MICRO-COMPONENTS p. 17 - EUROTECHNIQUE p. 7 - CENTRAO p. 55 - Lavo FRANCE p. 17 - MAGNETIC FRANCE p. 40 - MICROPROCESSOR 16 - POMMAREL p. 17 - PSC ELECTRONIQUE p. 17 et p. 21 - PUBLITRONIC pp. 6, 52, 53, 54 et 56 - REBOUL p. 21 - S.E.C. Audio 1971 p. 21 - SELETRONIC pp. 2, 51, 53, 54 - SVE ELECTRONIC p. 17 - Urs Meyer p. 17

code des couleurs sur carte détachable



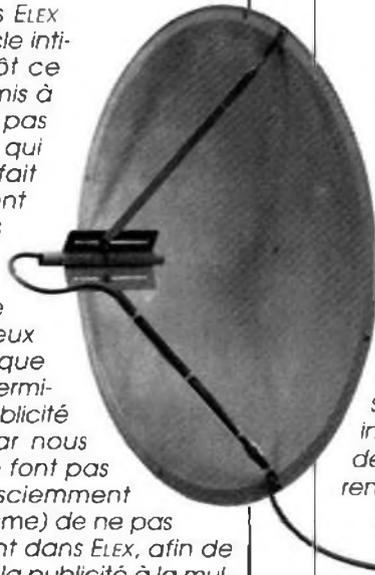
Il y a quelques mois, dans ELEX n°38, nous publions un article intitulé "longue-ouïe". Aussitôt ce numéro paru, le téléphone s'est mis à sonner. Pour une fois, ce n'étaient pas les revendeurs de composants qui appelaient pour se plaindre du fait que les lecteurs d'ELEX n'achetaient pas les produits proposés dans leurs annonces publicitaires et que par conséquent ces annonces dans ELEX étaient peu rentables. À ce propos, sachant que de nombreux lecteurs des revues d'électronique détestent depuis longtemps les interminables successions de pages de publicité qu'on y trouve, nous finissons par nous demander si nos lecteurs, eux, ne font pas exprès (consciemment ou inconsciemment - peu importe - le résultat est le même) de ne pas réagir aux annonces qui paraissent dans ELEX, afin de contenir la propension naturelle de la publicité à la multiplication... Le téléphone a sonné, disions-nous, et c'était pour d'innombrables appels de lecteurs au sujet de la parabole. D'où il a fallu déduire que si le microphone à parabole intéressait bien du monde parmi nos lecteurs, il n'avait pas retenu l'attention d'un seul revendeur de composants. Voilà donc un produit visiblement recherché et personne ne le trouve ! N'y a-t-il pas un seul revendeur pour faire un effort et le mettre à la portée de tous ces lecteurs ?

Pour en venir au fond de la question, la parabole, nous avons deux informations importantes à donner : la première consiste à souligner le caractère expérimental d'une réalisation comme celle-ci ; la parabole, par conséquent, ce peut-être un objet de forme analogue, détourné de son usage initial, comme par exemple un couvercle de lessiveuse, ou encore un réflecteur de phare de voiture ou, mieux encore, le réflecteur de l'un de ces radiateurs électriques comme on les utilisait beaucoup dans les années 60 et que l'on trouve maintenant, remisés, dans bien des caves ou des greniers. Ce dernier accessoire de récupération présente l'avantage d'un diamètre respectable (plusieurs dizaines de centimètres) que n'ont pas les réflecteurs de phares (même de camion). Si vous pratiquez le canoë-kayak ou le modélisme, vous êtes un familier de la fibre de verre, et vous éprouverez donc moins de difficultés qu'un néophyte à vous lancer vous-même dans la fabrication d'une parabole sur un moule.

La deuxième information concernant la parabole est, à défaut de source française, l'adresse d'un fournisseur en Allemagne, plus précisément à Baden-Baden (à environ 1 h d'auto de Strasbourg). Il s'agit de la société Albert Meyer Elektronik, fournisseur que les amateurs de bidouille d'outre-Rhin connaissent bien et depuis longtemps, car son catalogue comporte force composants plus ou moins exotiques, à des prix néanmoins raisonnables. S'agissant de la parabole de 40 cm (en plastique gris ou translucide) par exemple, il faut compter moins de 30 DM soit à peine 100 F. On y trouve également un kit complet avec microphone, parabole et amplificateur (ce n'est pas le circuit d'ELEX), mais là c'est plus cher (>300 F). Nous espérons vivement être en mesure, dans un prochain numéro, de publier l'adresse (et les prix) d'un fournisseur français.

Attention : le paiement par carte bancaire n'est malheureusement pas encore aussi répandu en Allemagne qu'en France, ce qui complique un peu les choses. Peut-être connaissez-vous un soldat en garnison à Baden ou dans ce coin-là...

**Albert Meyer Elektronik GmbH • Postfach 110168
D - 7570 Baden-Baden 11 • Tél : (49) 7223 52055**



On raconte que lorsqu'Elex arrive dans les familles, ce sont les dames qui s'en emparent les premières. La légende veut qu'aussitôt elles se mettent fébrilement à la recherche de l'édito pour le dévorer, le dictionnaire dans une main et l'autre sur la cuisse de leur Jules qu'elles triturent tout en consultant leurs zygomatiques. On raconte encore qu'ensuite elles se jettent dans ELEXPRIME, qu'elles épluchent cette innocente rubrique jusqu'à la dernière syllabe pour y déceler calembours et contrepèteries. Et elles se marrent, les Isabelle, les Caroline, les Françoise, les Mireille, les Jocelyne, les Denise, les Marie-Josée, les Thérèse (on ne va pas les nommer* toutes)... ! Mais,

dites donc, nom d'une trompe de Fallope, c'est pas un journal pour rigoler, ELEX ! Même la BD, c'est pour apprendre ! Et puis qui a payé l'abonnement, hein ? On va devoir sévir, car si maintenant les filles se mettent à lire ELEX pour le plaisir, c'est comme si les bouteilles de champagne se mettaient à fissurer la coque des cuirassés qu'elles sont censées baptiser au lieu de s'y fracasser dans une gerbe de mousse, c'est comme d'aller à Lourdes en bonne santé et d'en revenir paralysé**, c'est comme de chercher le plus long chemin d'un point à un autre***, c'est... bon, arrêtez-moi, j'en perds mes patins : après avoir supprimé l'édito depuis un certain temps ("bien fait pour elles !"), nous décidons aujourd'hui de laisser libre cours à notre misogynie (d'où sont toutefois exclues toutes celles qui soit manipulent le fer à souder, soit portent la barbe ou la moustache, ou les deux à la fois) en supprimant ELEXPRIME ce mois-ci, à titre d'avertissement. Pas de lettre croustillante, pas de réponse grinçante. Rien, saquées. On va leur servir un petit laiüs, tiens, un truc barbant sur les varistances, puisque Hervé de Contet, un lecteur de Soissons, nous avait posé cette question le mois dernier (voir ELEX n° 40 page 7).

Les varistances, ce sont donc ces composants qui passent leur temps à ne rien faire en attendant que ça pète ; on les entend souvent appeler des gémoves (Ge-Mov II®) du nom que leur a donné l'un des principaux fabricants de ce type de composants, General Electric Company. Leur fonction est de provoquer un court-circuit quand la tension devient trop élevée. À son tour, ce court-circuit provoque une impulsion de



* cela me rappelle quelqu'un (Michel Audiard peut-être) qui a lâché, un jour qu'on lui demandait de définir la connerie, qu'il n'en existait pas de définition valable, mais qu'il suffisait de donner des noms !

** Jacques Sternberg (Dictionnaire du mépris - malheureusement introuvable)

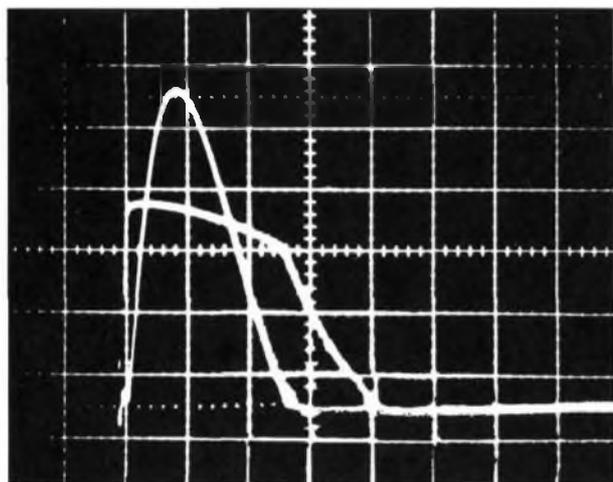
*** Jean Tardieu "Petits poèmes et travaux pratiques" dans le Professeur Frœppel, Gallimard 1978 (on le trouve encore et c'est génial !)



pour homme

elexprime

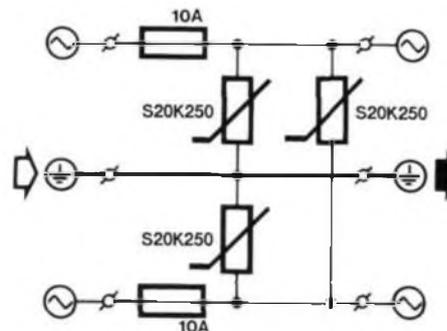
courant qui fait sauter le(s) fusible(s). Il s'agit en fait de résistances, c'est-à-dire de composants **passifs**, à base d'oxyde de zinc dont la caractéristique n'est pas linéaire : à basse tension, leur résistance est très élevée, mais elle diminue brutalement à haut niveau de tension, un peu comme sur une diode zener. Passive et discrète, la varistance est néanmoins très répandue, notamment sur les appareils Hi-Fi de fabrication japonaise : il est même probable que sur tel amplificateur ou magnétophone japonais que vous avez dépiauté pour en récupérer les composants, notamment ceux de l'alimentation, vous les ayez confondues avec des condensateurs auxquels elles ressemblent en effet (cf la photographie de varistances Siemens ci-contre à gauche). En fait, comme la varistance (varistor en anglais) est un composant qui convient aussi bien pour le courant alternatif que pour le courant continu, on peut donc se la représenter sous la forme de deux diodes zener montées tête-bêche. Ainsi, en présence d'une surtension, même transitoire, la varistance écrête et dissipe quasi instantanément l'énergie dangereuse pour le circuit en aval qu'elle doit protéger. Celui-ci voit la tension à ses bornes ramenée dans les limites de sécurité à la vitesse à laquelle réagit la varistance. On aura donc compris que les caractéristiques essentielles d'une varistance sont d'une part le seuil de tension à partir duquel la résistance chute (on parle de tension d'écrêtage) et le temps de montée (ainsi que de le temps de descente), et d'autre part la dissipation maximum (intensité du courant de crête). La photo d'écran ci-dessous



d'après un document General Electric illustre le comportement de la varistance en présence d'une onde de courant de test, représentative d'un coup de foudre ou de la décharge d'énergie emmagasinée dans un circuit réactif. Le calibre horizontal est ici de 10 μ s/div. (dix micro-secondes par division), ce qui donne un temps de montée d'environ 8 μ s pour un temps de descente de 20 μ s. Le calibre vertical est de 10 A/div. pour l'impulsion de courant, soit un courant de crête de 50 A, et de 100 V/div. pour l'onde de tension : ici la tension d'écrêtage est de 315 V.

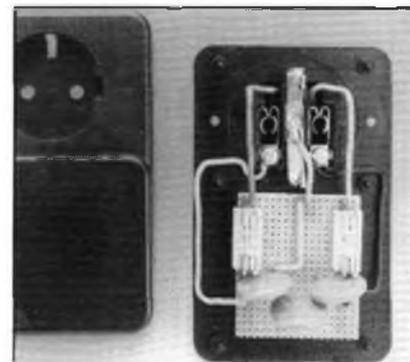
Les varistances sont bon marché, peu encombrantes et on en trouve pour toutes les valeurs de tension d'écrêtage voulues. Au nombre de leurs inconvénients, il faut compter leur relativement forte capacité intrinsèque qui en fait de piètres composants pour la HF. Puisque les antennes sont redoutablement efficaces quand il s'agit de capter de dangereuses tensions (foudre), on aime-

rait pouvoir utiliser les varistances pour supprimer ces transitoires, ce qui ne va pas sans compromettre l'adaptation d'impédance et détériorer le signal efficace. On trouve des produits de fabrication industrielle dans lesquels l'entrée HF est protégée par une varistance que l'on a montée en série avec une bobine chargée de compenser l'influence néfaste exercée par la capacité de la varistance. C'est efficace sans doute, mais la protection du circuit en aval n'est plus garantie que pour les transitoires à montée en tension lente. En cas de parasites rapides, la tension aux bornes de la bobine représente pour le circuit en aval un danger contre lequel la varistance ne peut rien. Pour protéger efficacement une entrée HF, il faut recourir à d'autres composants (tube à gaz, transil...) dont nous reparlerons la prochaine fois que les filles nous embêteront.



C'est donc surtout pour protéger nos circuits de tout ce qui traîne sur les lignes du réseau électrique domestique que les varistances se révèlent idéales. Voici le schéma type pour la mise en œuvre de ces composants. Les fusibles en amont des varistances isolent le circuit de protection du reste du réseau, de telle sorte que, si par malheur les varistances sont appelées à faire leur travail, ce ne soit pas l'armoire électrique qui disjoncte, mais plutôt les deux fusibles (ou seul) qui sautent. Le prototype ci-dessous est un boîtier à prise et fiche moulées que l'on insère par exemple dans la ligne d'alimentation d'un amplificateur audio. Respectez en tous points l'écart de 3 mm au moins entre les conducteurs.

Il existe plusieurs familles de varistances, les unes adaptées plutôt aux circuits de faible puissance alimentés sous basse tension ou aux circuits d'électronique auto-



mobile, comme par exemple les séries MA et Z de Ge-Mov II^{es}, les autres pour les circuits alimentés par le secteur comme par exemple les séries L de Ge-Mov II^{es} et enfin les varistances de puissance (séries P et HE).

Les jeux de lumière sont utiles pour créer de l'ambiance.

ELEX VOUS en a déjà présenté quelques uns. Ce circuit-ci est très simple, facile à mettre en œuvre et ses performances vous surprendront. Si le projet ne vous convient pas, ne lâchez pas encore cet article : il décrit une alimentation de 12 V continus fabriqués à partir du secteur sans transformateur, un amplificateur de microphone, des filtres et ces relais d'un genre un peu particulier que l'on appelle triacs. Enfin, comme il s'agissait de travailler en liaison directe avec le réseau EDF, nous avons mis l'accent sur la sécurité. Bientôt vous saurez (presque) tout sur les précautions à prendre avec le secteur.

modulateur

Comparé aux circuits du même type, celui-ci présente une particularité : si le signal qui pilote les autres jeux de lumière est pris en sortie d'amplificateur, il n'en est pas de même ici : la liaison entre la production des sons et celle de la lumière n'est plus électrique mais acoustique. Notre dispositif est pourvu d'un microphone, qui capte les sons de son environnement et les transforme en signaux lumineux. Pourquoi avoir choisi cette solution ? Il y a plusieurs réponses à cela. La première est qu'entre l'amplificateur et le secteur, notre système n'établit aucune liaison dangereuse. En cas de défaut, l'amplificateur n'a rien à craindre. Sécurité donc, pour les personnes et leur installation. La seconde est que notre dispositif est adapté à tous les amplificateurs. Quelle que soit leur puissance, ils ne peuvent pas le faire sauter.

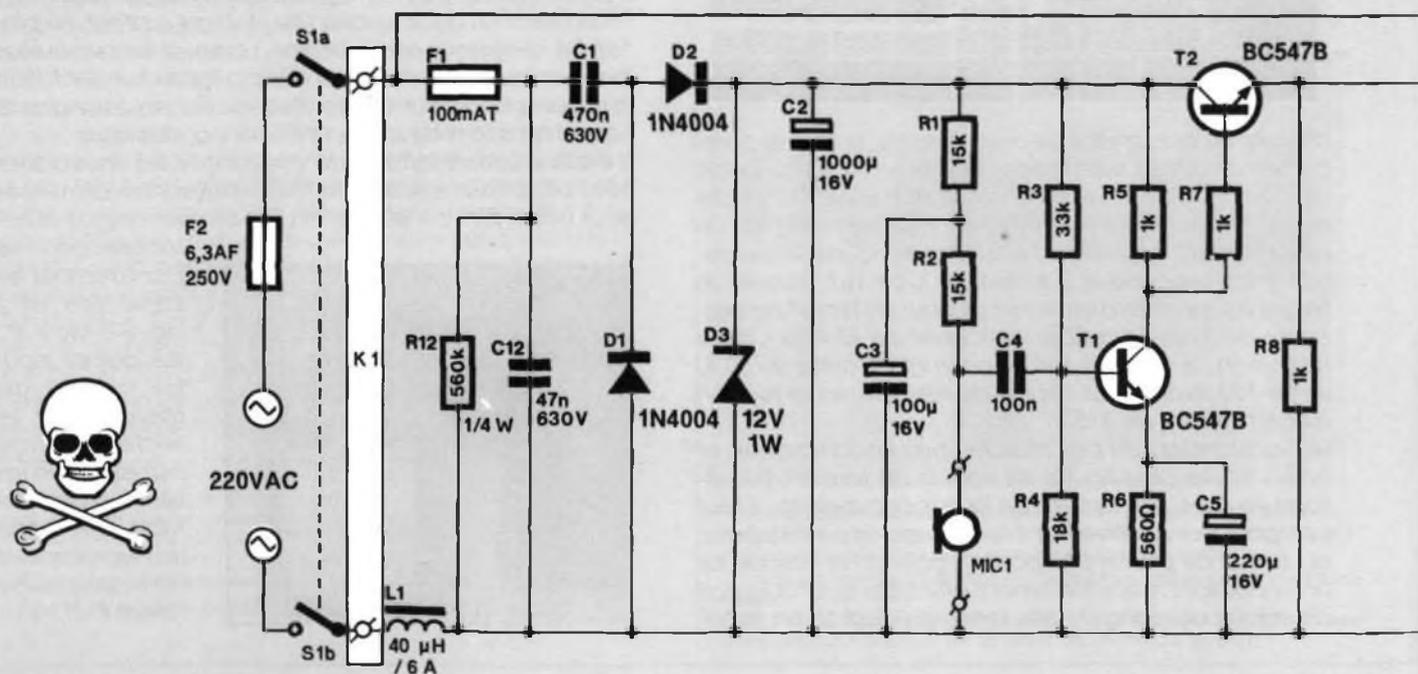
Ce montage est donc, électriquement, parfaitement séparé de l'installation qui lui fournit le son. Le circuit n'en est que plus simple comme le montre la figure 1. Pour vous en convaincre, envisagez séparément les trois blocs

du circuit, à savoir, de gauche à droite, l'alimentation, l'amplificateur du microphone et la commande des lampes. C'est aussi dans cet ordre que nous allons procéder à son étude.

l'alimentation

Le circuit contient des transistors qui n'apprécieraient guère de travailler à la tension du secteur. Il nous faut donc, d'une manière ou d'une autre, adapter les 220 V. En l'occurrence, adapter c'est abaisser. Pour ça, nous pouvons nous servir d'un transformateur, mais comme vous le voyez sur la figure 1, il n'y a pas d'enroulements. Nous avons choisi une autre solution : la tension du secteur est abaissée, redressée et (partiellement) stabilisée au moyen des composants C1, C2, D1, D2 et D3. Pour l'abaissement de la tension, un pont diviseur, formé par les condensateurs C1 et C2 (à ce propos, lisez la rubrique analogique anti-choc de ce mois-ci sur le rôle du condensateur comme résistance au courant alternatif, ainsi que l'épisode du système K de ce numéro où il est question de diviseurs de tension). Ce

JEUX DE LUMIERES



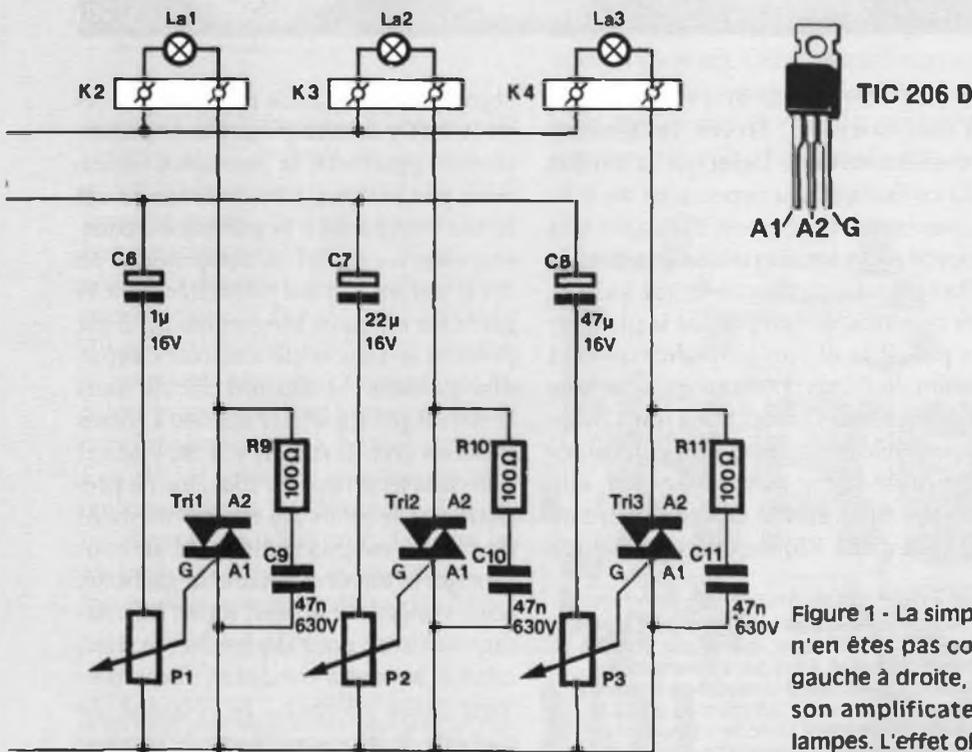
à trois canaux

pont d'impédances travaille uniquement pour les alternances positives de la tension du secteur, car le couple de diodes D1 et D2 procède au redressement. La diode D2, lors des alternances positives, est passante et le courant charge C2. Pendant l'autre demi-période, le courant s'inverse, c'est D1 qui conduit et C1 se décharge, si bien qu'à l'alternance positive suivante, la charge peut de nouveau gagner C2, par l'intermédiaire de C1. Comme le rapport C1/C2 est petit, la tension aux bornes de C2, qui est notre tension d'alimentation, est toujours très basse. De plus, la diode zener D3 est là pour qu'elle ne dépasse jamais 12 V.

L'amplificateur de microphone

La partie audio commence au microphone qui est, pour ce circuit, un microphone à électret. Ce type de microphone contient déjà un premier amplificateur, qu'il faut bien sûr alimenter. Sur le schéma ci-dessous, il apparaît que nous avons utilisé un

microphone à deux broches (si vous disposez d'un microphone à trois broches (+, masse et sortie de signal) reliez-en la broche + à la broche de sortie du signal). La broche de sortie du signal est reliée au + de l'alimentation par l'intermédiaire de deux résistances identiques en série, R1 et R2. Pourquoi pas une seule résistance ? Parce que, même si cela paraît plus raisonnable, ça ne l'est pas. Et ce n'est pas raisonnable, parce que la tension d'alimentation ronfle encore trop. Avec une seule résistance, il y aurait de fortes chances pour que ce bruit parasite gagne, à travers C4, l'étage d'amplification, avec pour résultat le fonctionnement en continu de la lampe prévue pour les basses fréquences (La3). En plaçant deux résistances en série, il est possible d'utiliser leur point commun et d'y relier un condensateur (C3). Celui-ci, agissant en tampon, permettra d'éliminer le ronflement résiduel du secteur. Remarquons qu'il n'était pas possible de câbler C3 en parallèle aux bornes du microphone : en lissant sa tension d'alimentation, nous l'aurions aussi débarrassée du



Tri1, Tri2, Tri3 = TIC 206 D

elex-abc

microphone à électret

Le microphone à électret est membre de la tribu des microphones électrostatiques. Ces microphones sont constitués essentiellement par un condensateur (de capacité C) dont une des armatures est mobilisée par le bruit. De ce mouvement résultent des variations de capacité. Pour transformer cette capacité variable en tension variable, on charge les armatures d'une quantité d'électricité constante Q, de façon qu'entre elles apparaisse une différence de tension U. Nous avons le rapport $U = Q/C$ où il est visible qu'une variation de capacité C, a pour conséquence, une variation de tension U. Cette variation est petite et doit donc être amplifiée. C'est la raison de la présence d'un TEC (ou FET) à l'intérieur de la capsule du microphone à électret. Un FET, grâce à son impédance d'entrée élevée, permet au condensateur de conserver sa charge. On peut charger le condensateur de deux façons : en utilisant une source de tension auxiliaire ou en emmagasinant cette tension dans les armatures du condensateur. Le matériau qui se prête à ce dernier procédé (physico-chimique), et qui est pour les tensions ce que l'aimant est pour le magnétisme, s'appelle électret.

fusible temporisé ou retardé

Un fusible temporisé (ou retardé) est un fusible qui supporte, pendant une durée définie par le constructeur, l'intensité du courant pour laquelle il est prévu qu'il fonde (son courant nominal). Il doit supporter les surintensités passagères qui surviennent à la mise sous tension par exemple. C'est un dur à cuire. Bien sûr, si l'intensité du courant dépasse de beaucoup son intensité nominale, il fond immédiatement.

Figure 1 - La simplicité de ce schéma fait plaisir à voir et, si vous n'en êtes pas convaincu, décomposez-le en ses parties : de gauche à droite, l'alimentation, le capteur (microphonique) et son amplificateur, les "interrupteurs" de commande des lampes. L'effet obtenu : la modulation de la luminosité de trois lampes en fonction du signal sonore capté par le micro.

elex-abc

amplificateur linéaire

Un amplificateur est dit linéaire, lorsque sa tension de sortie est proportionnelle à sa tension d'entrée. Un amplificateur parfaitement linéaire amplifie sans distorsion. Un bon amplificateur Hi-Fi doit avoir une distorsion de linéarité inférieure à 0,2%.

émetteur suiveur OU collecteur commun

Un transistor, monté en collecteur commun ou en émetteur suiveur, n'amplifie pas en tension (sa tension de sortie est sensiblement égale à sa tension d'entrée) mais en courant. Cette particularité le rend particulièrement propre à exercer les fonctions d'adaptateur d'impédance, à la sortie d'un dispositif dont l'impédance est trop élevée, ou à l'entrée d'un dispositif dont l'impédance est trop faible. On dit aussi que c'est un tampon ou un *buffer*.

triac

Le triac est comme le thyristor, un composant à avalanche, c'est à dire, un composant qui une fois amorcé, reste conducteur tant que le courant dans le circuit qu'il commande est supérieur à un courant, dit courant de maintien. Le triac équivaut à deux thyristors tête-bêche parallèles, ce qui lui permet de conduire dans les deux sens lorsqu'il est commandé par une impulsion en courant, positive ou négative. Un triac permet donc de commander aussi bien des courants continus que des courants alternatifs. À noter cependant que si le courant dans le circuit principal est continu, le triac, une fois amorcé, reste passant. Pour le couper, un autre dispositif est alors nécessaire.

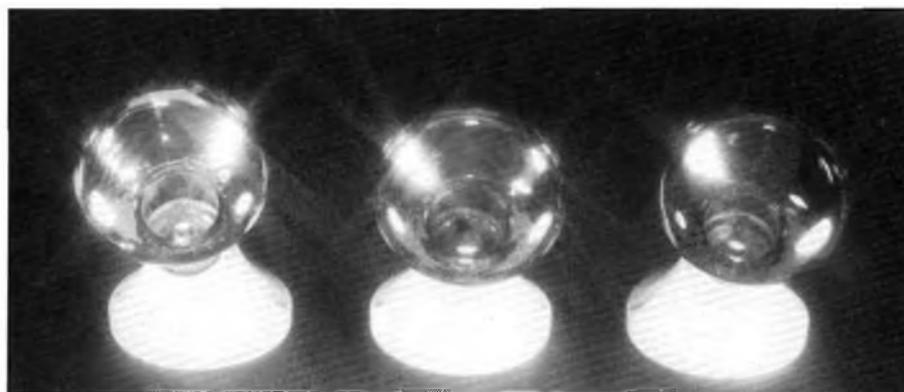
signal de sortie, ce qui n'est pas du tout le but de la manœuvre. Les lecteurs de la rubrique analogique anti-choc auront reconnu au passage un bel exemple de superposition d'une tension alternative à une tension continue.

Le microphone contient un petit amplificateur, avons-nous dit. Pourtant, compte tenu de nos besoins, le signal à sa sortie n'est pas exploitable immédiatement. Pour lui donner une amplitude suffisante et lui permettre de commander les triacs, nous utilisons deux transistors : l'un, monté en émetteur commun va nous permettre d'amplifier en tension le signal ; le second, monté en collecteur commun (émetteur suiveur) adaptera l'impédance de sortie relativement élevée de ce premier étage à la faible impédance de la charge. Le premier transistor est câblé de telle manière qu'il fonctionne en **amplificateur linéaire**. Le pont diviseur, formé par les résis-

pour une faible charge, la tension de sortie ploiera vigoureusement. Elle tombera même tellement qu'il ne lui sera plus possible de commander l'ouverture des triacs. Pour résoudre ce problème, nous introduisons un étage adaptateur d'impédance, en câblant le transistor T2 en **émetteur suiveur** (collecteur commun). Nous pouvons maintenant faire face à la demande de courant des gâchettes de nos triacs.

la commande des lampes

Le signal audio recueilli par le microphone, amplifié en tension par le premier transistor, et nanti par le second transistor d'un courant suffisant, est à même maintenant de commander l'allumage et l'extinction des lampes par l'intermédiaire des triacs. Il serait bon de dire un mot de ces interrupteurs. En règle générale, on les décrit comme des sortes de relais : comme eux, les triacs nécessitent en effet un



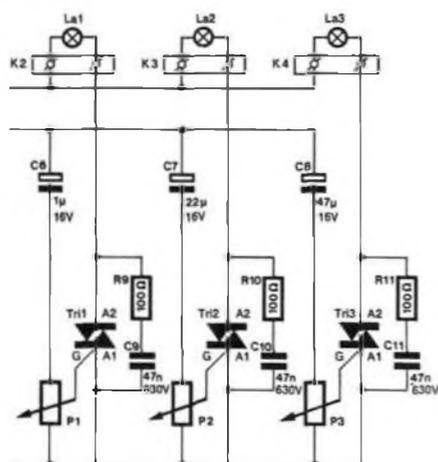
tances R3 et R4, et la résistance d'émetteur R6, fixent la tension base/émetteur de façon que la tension du collecteur au repos soit de 6 V. Comme cette tension est égale à la moitié de la tension d'alimentation, le domaine de conduction⁽¹⁾ du transistor bénéficie de l'amplitude la plus forte possible et son amplification est optimale. Nous obtenons en sortie une tension assez élevée, mais nous manquons encore de puissance. L'impédance de sortie de cet étage est, elle aussi, relativement élevée (ordre de grandeur de R5), ce qui signifie que

signal de commande pour fermer un circuit et y laisser passer le courant ; comme pour eux, la puissance nécessitée par le circuit de commande est faible comparée à la puissance commandée. Le signal de commande (on dit d'*amorçage*) du triac, arrive à la gâchette et, aussi longtemps qu'il est présent le triac reste amorcé, c'est-à-dire passant : le courant circule dans le circuit principal par ses deux autres broches (A1 et A2). Il y a cependant une caractéristique du triac que ne présente pas le relais : le fonctionnement du triac n'est pas indifférent au courant qui le traverse. Quand la gâchette, nous venons de le voir, reçoit un courant suffisant pour déclencher le triac, celui-ci se met à conduire. Si maintenant nous coupons le courant de gâchette, le triac continuera de conduire, et il conduira tant que l'intensité du

⁽¹⁾Nous fixons ainsi les conditions de travail de notre amplificateur, qui ne doit être ni saturé ni bloqué. En réglant la tension au repos du collecteur à la moitié de la tension d'alimentation, nous donnons au signal le maximum d'espace : il ne se cognera ni au plafond (tension d'alimentation, blocage) ni au plancher (masse du circuit, saturation).

courant entre ses deux anodes ne descendra pas en dessous d'une certaine valeur dite courant de maintien. Donc, si notre triac commande le passage d'un courant continu, nous pourrons, à l'aide d'une impulsion de gâchette suffisante (positive ou négative), le déclencher, le rendre passant, mais nous ne pourrons plus le bloquer : le courant continuera de passer dans le circuit principal A1-A2 aussi continûment qu'il restera continu, même après la disparition du courant de gâchette. Si le courant commandé est alternatif, il en va autrement. Chaque fois qu'il s'annule, c'est-à-dire à chaque changement d'alternance, le triac se ferme, et il lui faut une nouvelle impulsion sur sa gâchette pour se réamorcer. C'est d'ailleurs cette propriété qui le rend intéressant dans ce circuit.

Retournons au schéma de la figure 1 dont voici un extrait qui vous évitera de tourner la page (merci au maquetiste !).



Nous en sommes restés à la sortie du transistor T2, monté en collecteur commun (émetteur suiveur) : le signal amplifié arrive, par l'intermédiaire des condensateurs C6, C7 et C8, sur les gâchettes des triacs. Il est alors quelque peu modifié, d'abord par la position du curseur du potentiomètre, ensuite, et beaucoup plus sérieusement, par les filtres passe-haut que forment chaque condensateur et son potentiomètre. Ces filtres sont tels que Tr1 ne sera commandé que par les aigus, Tr2 par les aigus et les médiums*, Tr3, par les aigus, les médiums, et les graves. Le fait que ce montage utilise des filtres

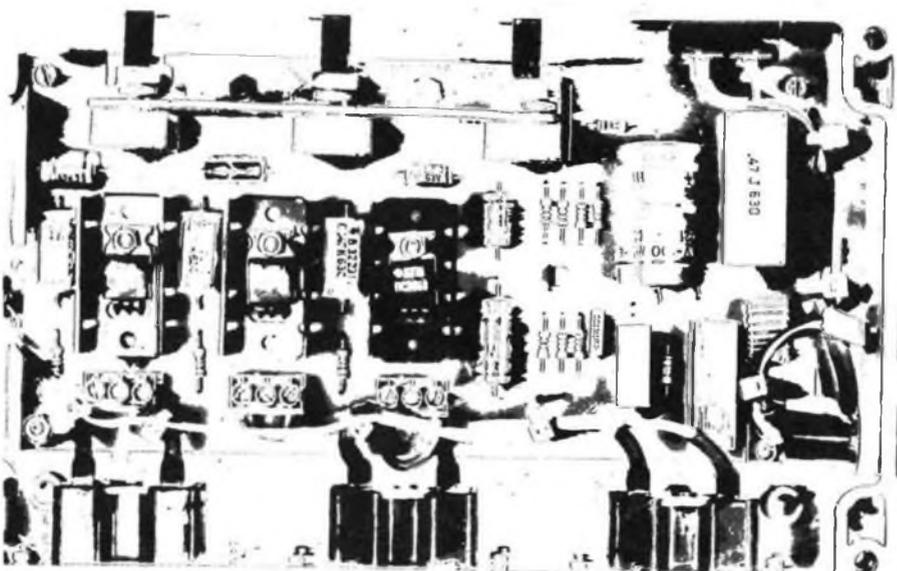
passe-haut vous montre qu'il s'agit d'un modulateur tout simple. Un projet plus élaboré aurait contenu des filtres passe-bande et les lampes auraient réagi chacune à un domaine (ou une bande) de fréquences, ne recoupant pas celui de la voisine. Cette imperfection de notre montage ne le rend pas moins plaisant et seul un spécialiste détectera une différence avec une animation lumineuse plus élaborée.

antiparasitage et protection

Dans l'étage concernant l'alimentation, nous avons passé sous silence le rôle de trois composants à savoir L1, C12 et R12. Nous n'en avons rien dit pour la bonne raison qu'ils ne concernaient pas l'alimentation à proprement parler. Ils sont très importants. Ce sont eux en effet qui protégeront le secteur des perturbations qu'y engendrerait le modulateur. Ces perturbations sont des impulsions de courant très nombreuses, provoquées à chaque déclenchement des triacs. Le condensateur C12 intervient alors pour les court-circuiter et la bobine L1 pour parfaire son œuvre et étouffer celles qui menacent encore de gagner le réseau EDF. Cette méthode présente cependant des inconvénients. Lorsque nous coupons le courant, le plus souvent, le condensateur C12 conservera une certaine charge (dépendant de l'instant auquel nous aurons déconnecté le circuit du secteur). Cette charge ne pourra pas se vider dans le circuit, ce qui veut dire qu'aux bornes du cordon de raccordement de l'appareil, lorsque

l'interrupteur S1 sera en position "marche", nous aurons une tension dangereuse. Pour éviter les châtagnes, la résistance R12 permettra au condensateur de se décharger (la décharge, jusqu'à une valeur de tension inoffensive, durera environ une demi-seconde). Nous devons prendre encore d'autres précautions, matérialisées par les dérivations RC, R9 et C9, R10 et C10, R11 et C11, en parallèle avec les triacs. Ces composants, tels les diodes de roue libre que l'on met en parallèle sur la bobine des relais, protégeront les triacs des pointes de tension qui surviennent lors de la mise hors tension d'une charge inductive. Là, le courant ne s'annule pas immédiatement, il continue encore à circuler et ce peut être aux dépens des triacs. La tension peut atteindre des valeurs telles qu'ils claquent.

S'il n'y avait que des lampes, cette précaution ne serait pas nécessaire, leur inductance est très petite. C'est de l'inductance des pistes et du câblage qu'il est raisonnable de tenir compte. Un fil de quelque longueur a toujours une certaine inductance aux nuisances de laquelle il faut parer. Pour prévenir d'autres incidents, voire l'incendie et protéger complètement le circuit, nous avons prévu deux sécurités supplémentaires : en cas de surcharges ou de courts-circuits en sortie, le fusible F2, rapide ; pour la protection de l'alimentation et de l'amplificateur, le fusible F1, lent. Si ce dernier fusible vient à rendre l'âme, vous contrôlerez, avant de le remplacer, les condensateurs C1 et C12. La fusion de F1 sera due au claquage de l'un ou de l'autre, plus souvent qu'à une surcharge.



* Rien à voir avec les ectoplasmes ou les circonflexes. Les médiums sont les sons, le registre des sons, entre le grave et l'aigu.

les composants

En électronique, toute réalisation ne vaut guère plus que le plus modeste de ses composants. Sur le circuit qui nous occupe, plus encore qu'ailleurs, il faut accorder le plus grand soin à tous les composants, notamment ceux qui sont raccordés directement au secteur et auront donc à en supporter les tensions élevées.

En premier lieu, les condensateurs C1, et C9 à C12. Leur tension de service ne devra, en aucun cas, être inférieure à 630 V. Si cela vous semble élevé, considérez que les impulsions parasites dont souffre la tension du secteur, peuvent dépasser plusieurs fois 220 V. Un condensateur de tension de service insuffisante claquera sans rémission. Neuf fois sur dix, ça donnera un court-circuit entre les pistes, et ce que vous pouvez imaginer comme dégâts. Dans un cas comme celui-ci, ne remplacez pas un condensateur par un équivalent dont la tension de service est plus faible que celle qui est prévue. Pour les autres condensateurs, la situation est beaucoup moins critique. Lorsque la tension de travail ne dépasse pas 12 V, les risques sont évidemment moindres.

Les résistances ne poseront pas de problème. Si vous regardez attentivement le schéma, vous constatez que pour R12, nous avons précisé 1/4 W. Cette précision ne concerne que ceux d'entre vous qui utilisent habituellement des 1/8 W. Ce n'est pas tant à cause de la puissance dissipée dans R12 (elle ne dépassera guère 100 mW), qu'à cause de la tension élevée à ses bornes, qui pourrait l'endommager.

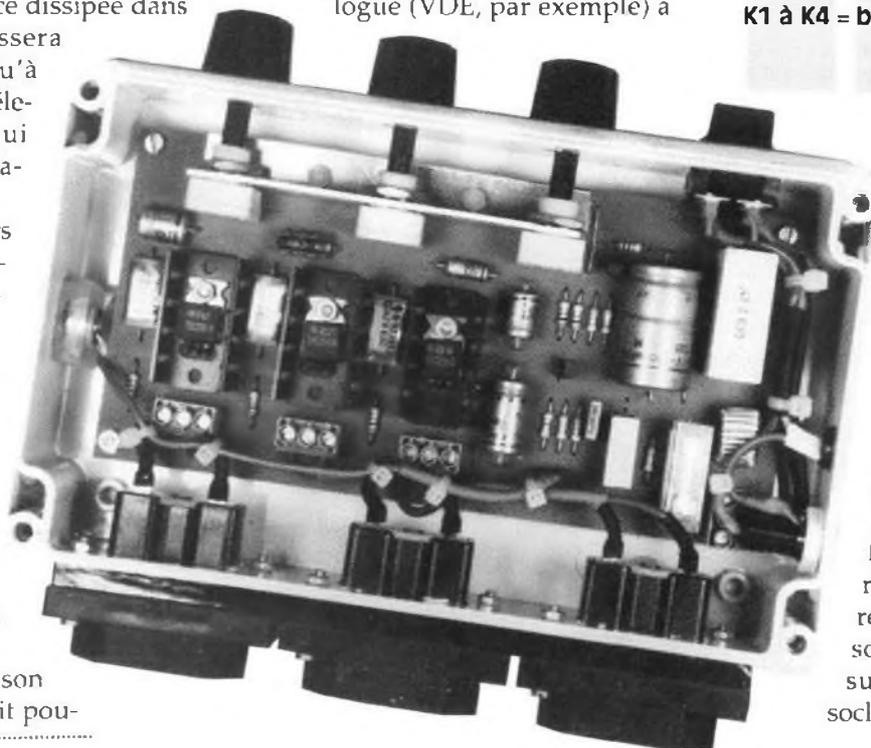
Les semi-conducteurs maintenant. Par précaution, vous pouvez remplacer les diodes 1N4004 par des 1N4007 (elles supportent 1000 V) et utiliser des TIC206M au lieu des TIC206D. Ces triacs sont équivalents mais celui de type M tient 600 V.

La self mérite aussi son paragraphe. Elle doit pou-

voir laisser passer 6 A au minimum. Il est possible de trouver une self d'anti-parasitage toute bobinée qui réponde à cette exigence. Vous prendrez cependant garde en l'achetant : une self d'anti-parasitage de 6 A se présente, le plus souvent, sous la forme d'un noyau sur lequel sont bobinées une trentaine de spires de fil de cuivre de 1 mm. Les 40 μ H que nous accordons à cette self ne sont qu'un ordre de grandeur. Ce qui est important, c'est que cette self laisse passer 6 A. Si vous ne trouviez qu'une self de 4 A, le mal ne serait pourtant pas trop grand, à condition bien sûr de changer F2 pour un fusible de 4 A. La puissance maximum disponible sur chaque voie en sera bien sûr affectée. N'utilisez surtout pas de ces bobines qui ont l'aspect de résistances : quelques milliampères et elles partent en fumée.

Un mot sur les potentiomètres P1, P2 et P3, concernant encore et toujours vos chères vies (et celle du circuit) : il leur faut des axes en nylon, pour la bonne raison que les potentiomètres sont reliés directement au secteur et qu'en cas de défaut, le risque que les axes prennent le jus n'est pas à négliger.

Pour finir, il faut revenir au début du circuit et à ses relations avec le réseau. Il est important que l'interrupteur, par exemple, ait un pouvoir de coupure de 6 A sous 250 V alternatifs et qu'il soit bipolaire. Choisissez un modèle homologué (VDE, par exemple) à



liste des composants

- R1, R2 = 15 k Ω
- R3 = 33 k Ω
- R4 = 18 k Ω
- R5, R7, R8 = 1 k Ω
- R6 = 560 Ω
- R9,
- R10, R11 = 100 Ω
- R12 = 560 k Ω / W

- P1 à P3 = 4,7 k Ω (5 k Ω) linéaire
axe en nylon !

- C1 = 470 nF/630 V
- C2 = 1000 μ F/16 V
- C3 = 100 μ F/16 V
- C4 = 100 nF
- C5 = 220 μ F/16 V
- C6 = 1 μ F/16 V
- C7 = 22 μ F/16 V
- C8 = 47 μ F/16 V
- C9 à C12 = 47 nF/630 V

- D1, D2 = 1N4004 (ou 1N4007)
- D3 = zener 12 V/1 W
(1N4742A, par exemple)
- T1, T2 = BC547B
- Tr1 à Tr3 = TIC206D (ou M)
avec leur radiateur

- L1 = self de choc 40 μ H/6 A
- La1 à La3 = lampe maxi. 400 W
- M1 = microphone à électret
- F1 = fusible 100 mA
(reTardé) avec son support pour platine
- F2 = fusible 6,3 A/250 V
(F, comme rapide ou Fissa)
avec porte-fusible à monter sur châssis
- S1 = interrupteur secteur
bipolaire 250 V AC/6 A

- K1 à K4 = bornier à vis à 3 points

levier isolé de préférence. Si votre interrupteur n'est pas prévu pour couper 6 A, il ne vivra pas vieux. Pour le raccordement au secteur de votre appareil, d'autre part, utilisez un cordon muni d'une prise moulée. Ce cordon pénétrera dans l'appareil où vous le fixerez de façon qu'il résiste à la traction (serre-câble). En sortie, il est souhaitable de monter, sur la face arrière, trois socles CEE, un par lampe.

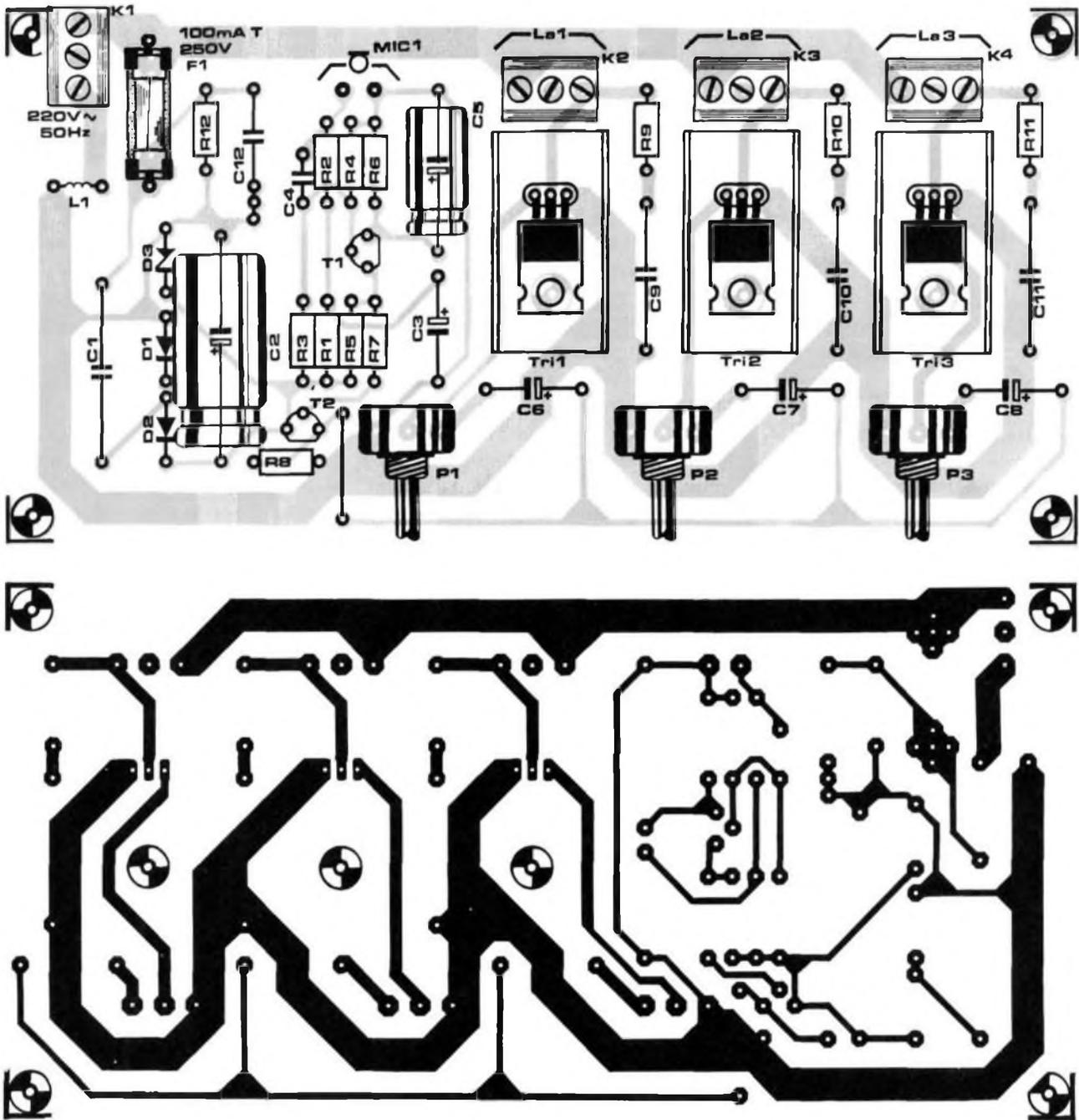


Figure 2 - Le circuit imprimé et l'implantation des composants : la largeur des pistes correspond à l'intensité des courants qui y circulent. Notez la présence du strap à gauche du potentiomètre P1 et sur la droite du transistor T2.

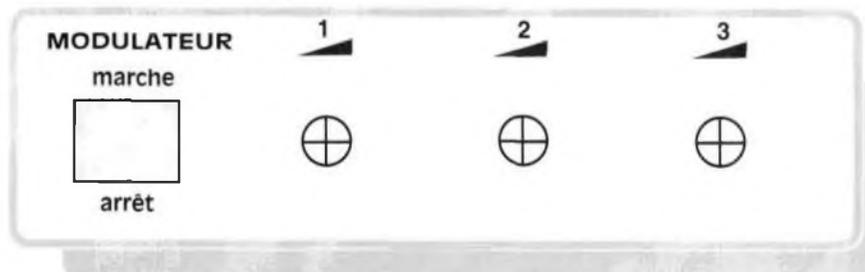


Figure 3 - Vous pourrez personnaliser votre boîtier en vous inspirant de ce dessin de face avant. Notez cependant que, pour des raisons de mise en page, ses dimensions ne correspondent pas à celles d'un coffret de taille convenable pour abriter cette réalisation. Il est donc inutile de le découper pour le coller tel quel !

ELEX		
220 V \approx	50 Hz	<input type="checkbox"/>
modulateur à 3 canaux		
F = 6,3 A F		

Figure 4 - Cette étiquette, à reproduire et à coller sur la face arrière de votre appareil, en plus de la touche professionnelle qu'elle lui donnera, finira de le mettre en conformité avec la norme.



construction et sécurité

Le fait que cet instrument travaille en relation directe avec le secteur oblige au respect de certaines normes dont nous tiendrons compte au fur et à mesure que nous progresserons dans la description du montage⁽²⁾.

Pour commencer, il vous faudra graver ou faire graver le circuit imprimé de la **figure 2**. Vous noterez ensuite que le fusible F1 est un **fusible à fusion lente, ou fusible temporisé**, vous devriez même l'écrire au feutre indélébile à proximité de son support (donc 100 mA T, T pour temporisé). Lorsque vous aurez achevé (« et ce ne sera pas long », ajouterait Homère), vous visserez les triacs, chacun avec son radiateur, sur le circuit imprimé. Sachant que les broches de ces composants traversent le corps des radiateurs, vous veillerez à éviter les courts-circuits (en isolant les broches, voyez plus loin). Rappelez-vous d'autre part que la languette de refroidissement des TIC206 est reliée à leur anode A2, ce qui implique que les radiateurs se retrouveront au potentiel du secteur. Attention donc. Ensuite, vous monterez les potentiomètres. Pour les fixer solidement, nous avons utilisé une équerre en aluminium de 10 cm de long sur 2,5 cm de haut. Cette équerre est percée de trois trous laissant passer les axes des potentiomètres, sur sa partie verticale, et vissée par son pied sur le circuit imprimé (il est encore possible de percer celui-ci de deux trous assez éloignés des pistes). Pour une meilleure compréhension, vous pouvez vous

Si vous n'appréciez pas le dessin humoristique (il paraît qu'il y a des gens qui trouvent que ça ne fait pas sérieux dans un journal comme ELEX), appréciez au moins l'art consommé et le soin extrême de Jaap, notre dessinateur.

reporter aux photos. Notez surtout la présence du strap, à gauche de P1 et à droite de T2 : il ne faut pas que l'équerre le touche.

Après les potentiomètres, viendra le tour des réglettes à bornes. Celles-ci sont imposées par la norme, qui interdit de souder directement sur le circuit imprimé, des fils reliés au secteur. Pour finir, vous soudez les autres composants. Une fois tous les composants en place, prenez le temps de contrôler vos soudures et de vérifier que vous n'avez rien oublié. Vous pourrez ensuite aller quérir votre coffret. Nous vous conseillons fortement de le choisir en matière plastique. Ses dimensions seront (en centimètres) de 20 x 12 x 5. Il est certes permis d'utiliser un coffret de métal, la norme ne l'interdit pas, mais nous ne saurions trop vous en dissuader. Avant d'y fixer le circuit imprimé, vous percerez quatre trous sur la face avant, pour les axes des potentiomètres et l'interrupteur ; deux trous sur un côté, pour le support du fusible et le cordon du secteur (prévoyez ici un passe-fil) ; trois trous sur la face arrière aussi, pour la fixation des socles CEE de branchement des lampes ; vous n'oublierez pas les quatre trous dans le plancher, qui serviront à visser le circuit imprimé ; et pour finir, vous criblerez de trous de 1 mm de diamètre, une surface correspondant aux dimensions du microphone, sur laquelle vous le collerez (à l'intérieur du boîtier, et en prenant garde qu'il est en métal et sous tension). La visserie de fixation du circuit imprimé doit être en nylon. Si elle était en métal, elle ne satisferait pas à la norme, qui exige une distance minimale de 6 mm entre les trous de fixation du circuit imprimé et les pistes.

C'est alors le moment de câbler. Utilisez du câble souple de 0,6 mm² ordinaire pour toutes vos liaisons à l'exception de celle du microphone au circuit imprimé, qu'il est impératif de réaliser en câble blindé. N'oubliez pas d'isoler les cosses, les bornes du sup-

⁽²⁾Pour les curieux, la classe d'isolement que nous proposerions est la classe II.

qui est allé jusqu'à esquisser le revers du veston du passant que l'on devine à l'arrière-plan, à travers les vitres (portière + pare-brise) de la voiture. Salut l'artiste !

strap éventuellement, avec de la gaine thermo-rétractile ou du souplisso. Signalez, à proximité des trois sorties, qu'elles peuvent alimenter des lampes de 400 W au maximum.

quelques règles d'usage

Vous avez terminé votre montage et pouvez maintenant procéder aux essais. Supposons qu'il y a un problème : gardez toujours à l'esprit que toutes les parties de ce circuit sont reliés au secteur sans séparation galvanique. Au besoin, elles vous le feront sentir. Avant toute ouverture du boîtier, commencez par retirer le cordon du secteur de sa prise. Puis, si vous devez prendre des mesures sous tension, immobilisez vos pointes de touche avant de rebrancher la prise. Il ne faut pas laisser vos doigts dans l'appareil sous tension !

886037

à BESANÇON

microprocessor

16, rue de Pontarlier
Tél 81 83 25 52
Fax 81 82 08 97

Composants
CI - kits
Aérosols
HP etc

*Venez graver vos CI en 15 mn !
Un LABOTEC est à votre disposition !*

archie composants

SAINT-SARDOS
82600 VERDUN SUR GARONNE
Tél : 63 64 46 91 Fax: 63 64 38 39

Spécialisé vente par correspondance
Qualité + Prix+Rapidité

COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES

Liste de tous nos prix et promotions contre une enveloppe timbrée à 4 FR, avec votre adresse

Ce qu'une serrure codée ajoute à une serrure ordinaire, c'est un petit air de mystère, toujours déroutant, sinon impressionnant. Avec ce montage simple, vous embarraserez les cambrioleurs et leur vraies fausses clefs.



Sésame, ouvre-toi
à lumière infrarouge

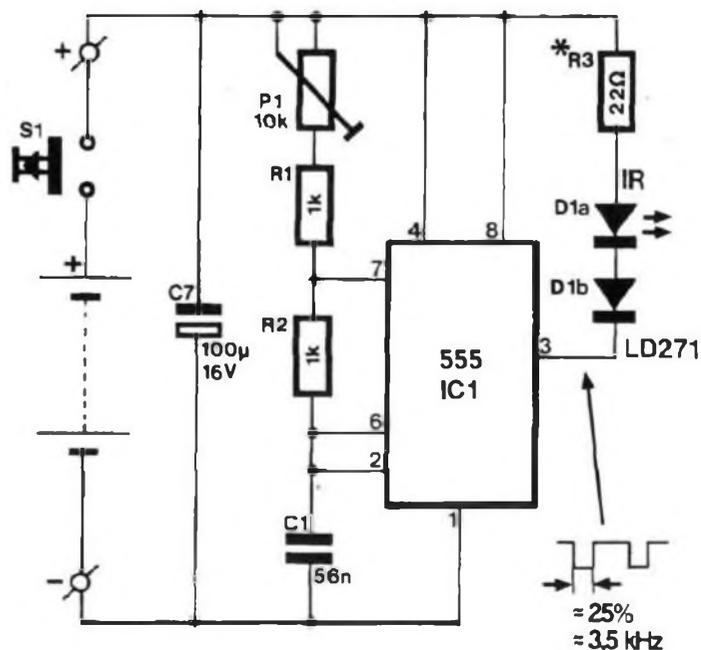
Comme toute serrure, la nôtre a besoin d'une clef. Les clefs classiques comportent un code qui n'est reconnu que par la serrure correspondante. Le code qui permet de tirer le pêne est gravé dans le métal, en l'occurrence le panneton de la clef. Pour notre serrure électronique, le code est immatériel : la serrure réagit à un signal lumineux dans l'infrarouge, modulé à 3,5 kHz. Les sources d'infrarouge ne manquent pas, pour servir de rossignol : briquet, allumettes, chaleur du corps ; ce qui manque, c'est un briquet qu'on pourrait allumer et éteindre 3500 fois par seconde.

émetteur et récepteur

Les termes émetteur et récepteur s'appliquent à la clef et à la serrure. Voyons d'abord la clef-émetteur, simple à réaliser grâce à une vieille connaissance, le NE 555. Pas besoin de recourir à la magie pour allumer une LED, même à infrarouge, avec ce circuit. Qui dit émetteur dit modulation ; qu'en est-il ici ? Nous considérons simplement l'onde infra-rouge comme une porteuse à très haute fréquence, et les interruptions comme une modulation à 100%. La sortie (broche 3) du NE 555 est capable de fournir ou de consommer, suivant qu'elle est à l'état haut ou à l'état bas, un courant de 200 mA (deux cents milliampères). C'est largement suffisant pour ali-

menter une LED sans que nous ayons à intercaler un transistor de puissance. Nous disposons d'une tension confortable qui nous permet d'alimenter deux LED en série. Pour la même consommation de courant, nous augmentons la puissance lumineuse et la portée de la clef. Le courant circule à travers les diodes quand la sortie est à zéro, il cesse quand elle est au niveau haut. Les autres composants qui entourent le circuit intégré servent à le transformer en multivibrateur astable et fixent sa fréquence d'oscillation à 3,5 kHz.

magique



le récepteur

Le capteur de lumière que nous employons le plus souvent est la photo-résistance ou LDR. Ce genre de composant convient parfaitement pour

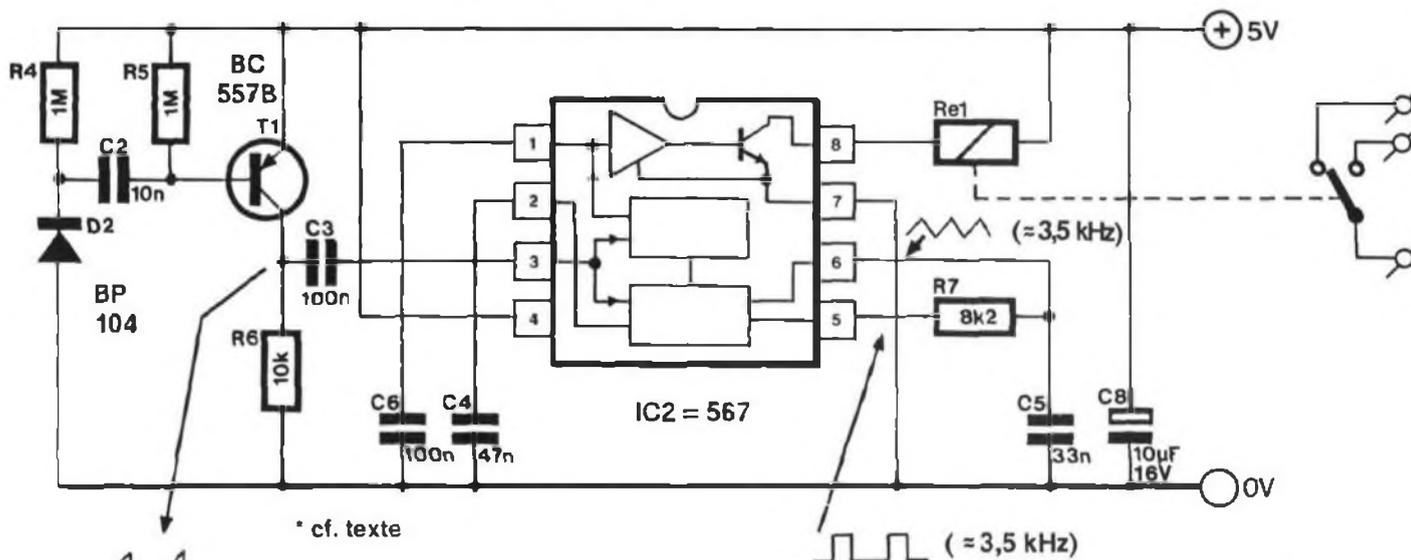
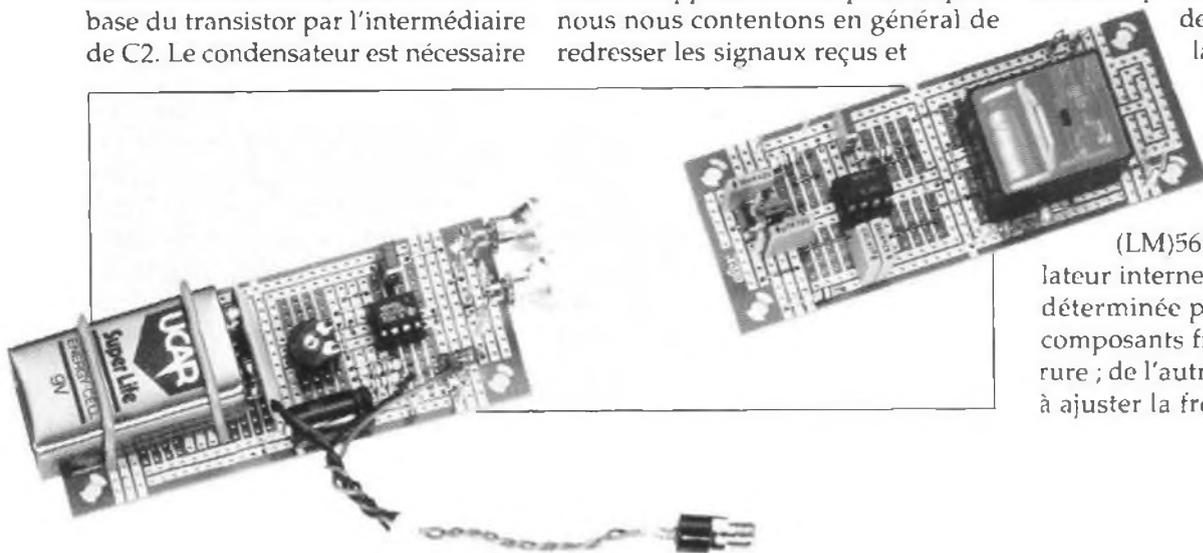
les interrupteurs crépusculaires ou autres montages du genre, mais il est beaucoup trop lent pour travailler à la fréquence qui nous intéresse. Nous avons donc opté pour un capteur à semi-conducteur, une photodiode de type BP104, dont la sensibilité est maximale dans la plage des infrarouges. Elle nous permet d'obtenir facilement, sur le collecteur de T1, un signal électrique qui reproduit la modulation à 3,5 kHz de la lumière. La lumière qui frappe la diode produit un courant inverse à travers elle et la résistance R4. La tension qui naît aux bornes de la résistance commande la base du transistor par l'intermédiaire de C2. Le condensateur est nécessaire

ici pour éliminer l'influence de la lumière ambiante : la tension correspondante, constante ou sujette à des variations lentes, n'agit pas sur le transistor. Comme le transistor fonctionne sans polarisation de base, le circuit ne réagit qu'à de fortes variations de l'intensité lumineuse. Il est donc nécessaire que la source de lumière soit très puissante ou très proche de la photodiode.

de comparer la tension continue obtenue à un seuil au-delà duquel l'organe de sortie est actionné. Ce procédé aurait été trop simple pour cette application, et la serrure trop facile à « forcer ». Pour obtenir la sécurité de fonctionnement, il faut que la serrure réagisse à deux conditions : d'abord qu'elle reçoive une lumière infrarouge, ensuite qu'elle soit modulée précisément à la fréquence de 3,5 kHz. Il faudrait donc faire précéder le redresseur d'un filtre accordé sur la fréquence de l'émetteur. Malheureusement, ces filtres sont difficiles à accorder précisément, et l'opération demande du matériel de laboratoire spécial. Problème insoluble avec nos moyens limités d'amateurs ? Non. Le composant miracle est le (LM)567. Il comporte un oscillateur interne, dont la fréquence est déterminée par R7 et C5. Ces deux composants fixent le code de la serrure ; de l'autre côté, c'est P1 qui sert à ajuster la fréquence de l'émetteur

démodulation

Dans les applications les plus simples, nous nous contentons en général de redresser les signaux reçus et



env. 3,5 kHz
> 200 mV_{CC}

* cf. texte
Attention : conformément aux indications de la liste des composants (voir page suivante) et contrairement à ce que laisse croire le schéma ci-dessus, il doit y avoir une diode de roue libre (D3) sur la bobine du relais. Rajoutez-la, la cathode vers le + et l'anode vers la broche 8 d'IC2

Figure 1 - La serrure électronique peut aussi servir de télécommande pour la mise en marche et l'arrêt d'un appareil. Le principe de la clef, ou émetteur, est assez simple pour ne pas demander plus

d'explications. Le récepteur, ou serrure, est plutôt inhabituel dans les colonnes d'elx : c'est un *décodeur de tonalité* qui détermine si un signal est ou non présent à l'entrée. Le circuit intégré remplit, mal-

gré ses dimensions minimales, toutes les fonctions nécessaires pour reconnaître la présence d'un signal et l'égalité des fréquences.

pour qu'elle corresponde exactement à celle du récepteur. Les tolérances des composants rendent peu probable que deux serrures aient exactement la même fréquence et puissent être ouvertes avec la même clef. La fréquence de l'oscillateur local est stabilisée par une boucle à verrouillage de phase, et comparée à celle du signal incident par un détecteur de quadrature. Le détecteur de quadrature est similaire dans son principe à celui du récepteur du *loupiphone*. Dans la réception d'un signal modulé en fréquence (radiodiffusion ou loupiphone), on produit une tension à basse fréquence d'amplitude proportionnelle à la différence entre la fréquence centrale et la fréquence reçue. Dans le cas de la serrure à LM567, le résultat de la comparaison des fréquences n'est pas une tension à fréquence audio, mais un signal *tout ou rien*. Tout signifie qu'une onde est présente à l'entrée **et** que sa fréquence est égale à la fréquence centrale, ou très proche. Rien signifie qu'il n'y a pas d'onde appliquée à l'entrée, **ou** que l'onde présente est d'une fréquence différente de la fréquence centrale.

Dans le cas où une onde de fréquence convenable est appliquée à l'entrée, le signal est donné à la broche 8 du circuit intégré par l'entrée en conduction d'un transistor à collecteur ouvert. Il nous suffit de connecter la bobine d'un relais entre cette broche et la ligne d'alimentation positive pour actionner la gâche électrique de la porte. Ici non plus, il n'est pas nécessaire d'ajouter un transistor car la sortie supporte 100 mA. C'est plus que suffisant pour les bobines de relais miniature dont la résistance est comprise, en général, entre 200 Ω et 400 Ω .

L'utilisation

La clef magique est idéale pour commander une gâche électrique. Il suffit de raccorder les contacts du relais en parallèle sur le bouton d'ouverture. Rien à craindre en ce qui concerne les tensions, les gâches électriques sont toujours alimentées en basse tension, généralement de 12 V alternatifs. Le transformateur existant pourra fournir sans difficulté les quelque 100 mA nécessaires au récepteur. Prenez la

précaution d'intercaler un pont redresseur et un régulateur de type 7805. Notez que la tension d'alimentation maximale du LM567 est de 10 V. La photodiode doit être proche de la platine si on veut éviter les inductions parasites qui viendraient couvrir le faible signal utile. Elle doit être proche de la porte aussi. Comme la longueur des fils d'alimentation et d'utilisation est indifférente, c'est près de la porte qu'il faudra installer le récepteur. L'idéal serait que la porte soit vitrée ; sinon il faudra percer un trou par où la photodiode pourra « voir » la clef. D'autres applications sont possibles, comme la télécommande à courte distance. La portée peut être augmentée par des dispositifs optiques comme des lentilles à la réception et des réflecteurs à l'émission. L'alimentation du récepteur dépendra de l'utilisation, mais sera toujours prélevée sur l'appareil à commander. Pour la clef, qui doit être mobile, une pile compacte de 9 V convient. Chaque montage trouve place sur une platine d'expérimentation de format 1.

86815

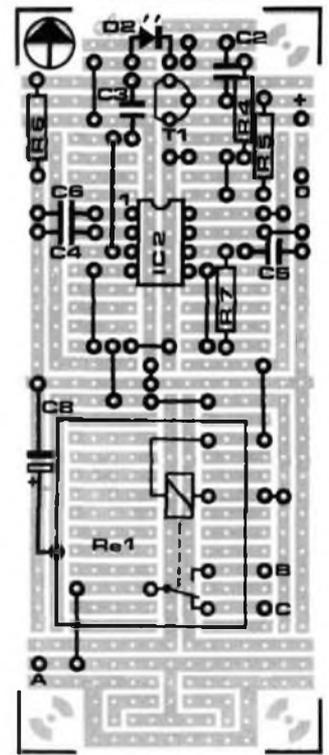
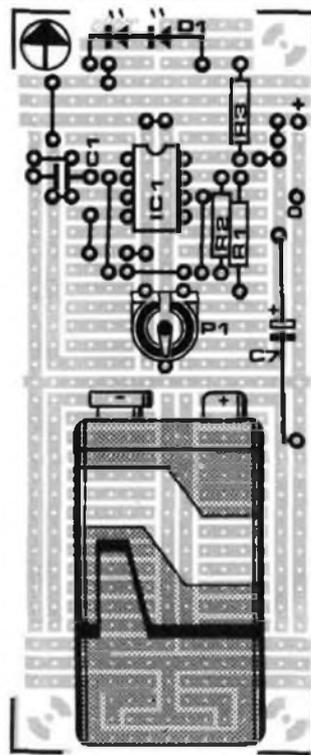
liste des composants

R1, R2 = 1 k Ω
 R3 = 22 Ω pour 1 LD271
 15 Ω pour 2 LD271
 R4, R5 = 1 M Ω
 R6 = 10 k Ω
 R7 = 8,2 k Ω
 P1 = 10 k Ω variable

C1 = 56 nF
 C2 = 10 nF
 C3, C6 = 100 nF
 C4 = 47 nF
 C5 = 33 nF
 C7 = 100 μ F/16 V
 C8 = 10 μ F/16 V

T1 = BC557B
 D1a, D1b = LD271
 avec réflecteur
 D2 = BP104
 D3 = 1N4148 !
 IC1 = 555
 IC2 = 567

Re1 = relais 5 V, 1 RT
 (Siemens V23027)
 S1 = poussoir à fermeture
 2 platines d'expérimentation de
 format 1



Figures 2 et 3 - L'implantation des composants de l'émetteur ou clef, et de la serrure ou récepteur.

ANALOGIQUE
ANTI-CHOC
ALTERNATIF

4^e épisode : loi d'Ohm et tension alternative le rôle du condensateur



Nous vous avons laissé le mois dernier avec le projet d'assembler plusieurs multivibrateurs astables pour créer un générateur de sons complexes. Ceux d'entre vous qui se sont livrés à cette expérimentation auront pu apprécier à l'oreille l'effet étonnant de l'intermodulation des tensions alternatives de fréquences différentes. Un tel signal ne parle pas à l'œil. Même examiné sur l'écran d'un oscilloscope, il ne révèle pas le secret de sa richesse. Il faudrait, pour l'analyser, un appareil spécial appelé « analyseur de spectre », seul capable de mettre en évidence les multiples composantes harmoniques. Cet instrument reste malheureusement hors de portée de l'amateur. Celui-ci, s'il est patient et s'il dispose de deux magnétophones dont au moins un possède deux vitesses de défilement de la bande magnétique, peut néanmoins se livrer à une investigation très intéressante. Cela consiste à enregistrer à vitesse de défilement élevée quelques échantillons sonores produits par le générateur de sons à MVA multiples, puis de les réécouter à vitesse réduite en les copiant sur un deuxième appareil, enregistrant lui-même en vitesse rapide. Après avoir réitéré plusieurs fois cette transposition vers le grave – et malgré ou peut-être grâce aux interférences qui se produisent entre les harmoniques du signal enregistré et l'oscillateur de prémagnétisation de la bande – la plupart des sons audibles

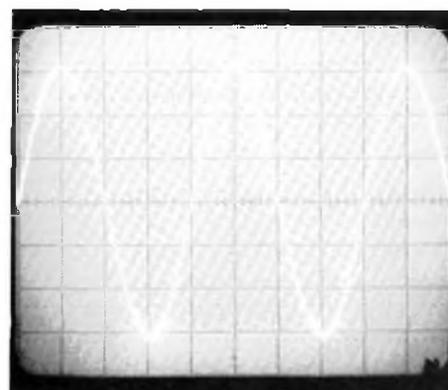
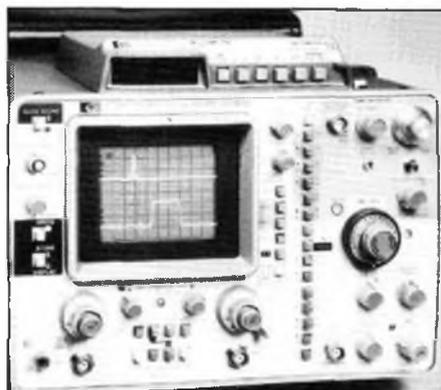
initialement auront disparu, car transposés dans le domaine des infra-sons ; ils auront été remplacés sur la bande par les harmoniques, initialement inaudibles, ramenées dans le domaine de perception de l'oreille par les transpositions successives. Après ce préambule bidouilleur, revenons à des choses plus raisonnables.

L'oscilloscope

Pour travailler avec des tensions alternatives, il faut connaître leurs trois caractéristiques : la forme de la courbe, la valeur de la tension et la durée de la période (ou la fréquence). L'oscilloscope, s'il ne permet pas d'analyser des ondes complexes, est toutefois l'outil idéal pour observer les formes d'onde

simples et vous permet d'évaluer d'un seul coup d'œil ces trois caractéristiques essentielles. C'est sur le petit écran d'une tube cathodique qu'apparaît la forme de la tension alternative mesurée (à condition que l'onde soit réellement périodique et ne change pas de forme). Cette représentation permet aussi de lire la valeur de la tension et la durée de la période (à condition qu'elle soit stable).

La photo ci-dessous montre par exemple la tension alternative du réseau. Sur l'axe vertical, chaque carreau du quadrillage correspond à 100 V et à 5 ms sur l'axe horizontal. L'amplitude des signaux observés en électronique est le plus souvent beaucoup plus faible, et leur fréquence bien plus élevée.



Loi d'Ohm et tension alternative

Comme nous l'avons déjà dit dans les épisodes précédents, la loi d'Ohm s'applique aussi aux tensions alternatives. La valeur instantanée d'une tension alternative change sans cesse : chaque nouvelle valeur de la tension doit être prise en compte dans la formule. Un exemple : la tension alternative de la **figure 1** ci-dessous est relevée aux bornes d'une résistance de 100 kΩ. Quelle est l'intensité du courant ?

Lorsque la tension est égale à -1 V, le courant I_1 qui circule est de :

$$I_1 = \frac{U_1}{R} = \frac{-1V}{100\Omega} = -10mA$$

Lorsque la tension s'inverse, I_2 est égal à :

$$I_2 = \frac{U_2}{R} = \frac{3V}{100\Omega} = 30mA$$

Ces deux valeurs de l'intensité du courant permettent d'esquisser le diagramme représentant le courant (fig. 2). Comme vous le voyez, la loi d'Ohm permet de calculer ainsi la valeur crête à crête du courant.

$$I_{CC} = \frac{U_{CC}}{R} = \frac{4V_{CC}}{100\Omega} = 40mA_{CC}$$

La **figure 3** montre une tension et un courant sinusoïdaux. La tension crête à crête U_{CC} s'élève aussi à 4 V_{CC} et donc le courant crête à crête I_{CC} à 40 mA_{CC} . La loi d'Ohm s'applique aux valeurs de crête, aux valeurs crête à crête et aux valeurs efficaces.

Puissance

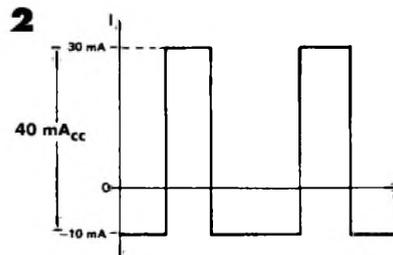
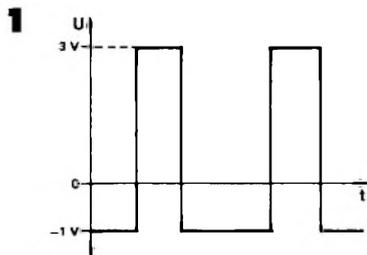
Le bon sens pourrait nous faire douter du fait que tensions et courants alternatifs puissent transmettre de la puissance. Est-ce que la puissance ne va pas s'inverser sans cesse comme le font tension et courant ? Circuler à travers la lampe et retourner dans la prise électrique ? Non évidemment, car la lampe ne peut pas reprendre la lumière une fois qu'elle l'a émise et la retransformer en courant. D'ailleurs, elle produit de la lumière sans tenir compte de la polarité du courant qui la traverse. Reconsidérons la tension et le courant des figures 1 et 2 ci-dessous. La puissance dissipée sous forme de chaleur par la résistance de 100 Ω se calcule ainsi :

$$P = U \cdot I$$

Lorsque $U = 3 V$, le courant I_2 s'élève à 30 mA. La puissance est alors égale à $P = 90 mW$ (milliwatt). Lorsque la tension chute à -1 V, le courant aussi est inversé et vaut -10 mA. Les deux signes moins s'annulent par la multiplication ; ainsi le produit, c'est-à-dire la puissance, est positif.

$$P = -1 V \cdot -10 mA = 10 mW$$

Malgré le changement de sens de la tension et du courant, la puissance se dissipe sans discontinuer (sauf à l'instant précis où la tension est nulle). Cependant la quantité de puissance



Figures 1 et 2 – On peut considérer une tension alternative comme la succession ininterrompue de tensions continues.

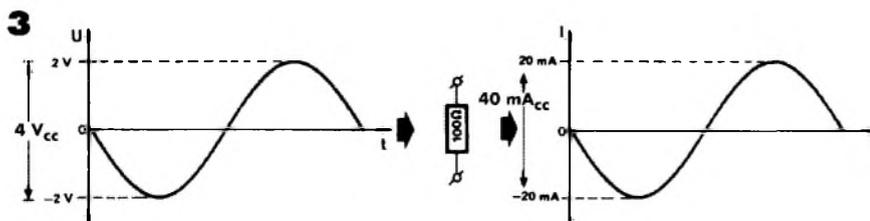


Figure 3 – La loi d'Ohm s'applique à la valeur crête à crête d'une tension alternative.

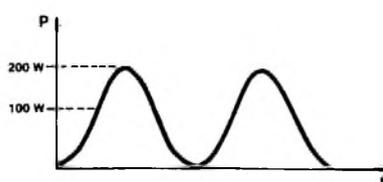
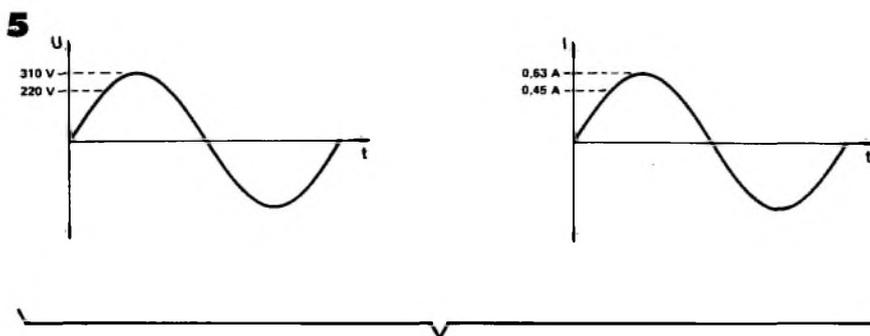
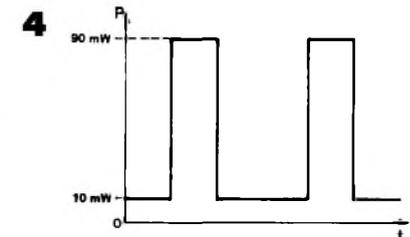


Figure 5 – La puissance efficace d'une tension sinusoïdale est le produit de la tension efficace par le courant efficace.



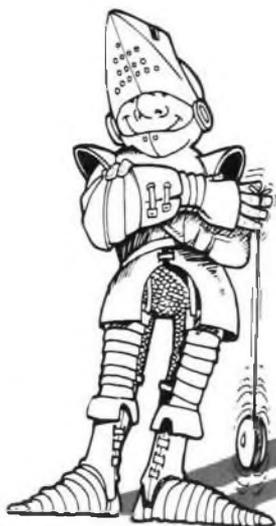
varie. La puissance d'une tension sinusoïdale, par exemple la tension du réseau, s'annule pendant un court instant (figure 5) de même que la valeur de crête ne subsiste elle-même que brièvement. L'intensité de crête et la tension de crête sont $\sqrt{2}$ fois plus grandes que sa valeur efficace. Le produit de ces valeurs de crête est une puissance de crête deux fois plus grande que la puissance efficace ($\sqrt{2} \times \sqrt{2} = 2$). Si vous observez minutieusement la figure 5, vous constaterez que les surfaces de la puissance au-dessus de la ligne en pointillés de 100 W (valeur efficace) remplissent exactement les vallées en-dessous. La puissance est donc égale en moyenne à 100 W. Les calculs de puissance en courant alter-

natif ne posent aucun problème à condition de ne pas confondre tension de crête et tension efficace. Les difficultés commencent lorsque les périodes du courant et de la tension sont déphasées, c'est-à-dire décalées dans le temps. Ce n'est heureusement pas le cas lorsque vous utilisez des ampoules et des appareils de chauffage. Pour ces charges purement ohmiques la formule applicable est :

$$P_{\text{eff}} = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}}$$

À retenir

- Les caractéristiques fondamentales d'une tension alternative sont : la forme de la courbe, les valeurs de la tension, la période ou la fréquence.
- La tension de crête (amplitude) est la valeur la plus élevée d'une période.
- La tension efficace est la valeur de la tension *continue* qui délivrerait à la charge la même puissance que la tension alternative.
- La période est comprise entre deux passages à zéro successifs, dans le même sens (tension croissante), de la tension alternative.
- La fréquence est le nombre de périodes par seconde, donc l'inverse de la période.
- Les possibilités d'utilisation des tensions alternatives dépendent essentiellement de leur fréquence.
- Les hauts-parleurs et les casques convertissent en sons audibles les tensions alternatives de fréquence appropriée.
- La puissance résultant d'une tension et d'un courant alternatifs est une fonction du temps.



Le condensateur

Le condensateur est présenté le plus souvent comme un composant qui permet de stocker le courant électrique. Les condensateurs stockent les charges électriques (le nombre de charges stockées dépend de l'intensité du courant de charge et du temps de charge). Les courants, dus au condensateur qui se charge ou se décharge, ne circulent que pendant une durée limitée, c'est-à-dire jusqu'à ce que le condensateur soit chargé ou déchargé. La tension aux bornes du condensateur indique le niveau de sa charge. Elle ne peut pas changer par à-coups. La capacité est la quantité de charges que peut stocker le condensateur. Un condensateur de forte capacité contient plus de charges qu'un condensateur de capacité plus faible lorsque la tension appliquée à leurs bornes est la même. Les condensateurs se composent de deux surfaces métalliques, dites armatures, disposées face à face, isolées l'une de l'autre. Ces composants ont deux connexions. Rappelons aussi nos constatations des deux épisodes précédents : les condensateurs bloquent le courant continu.

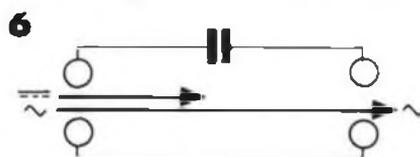


Figure 6 – Le condensateur ne conduit que les tensions alternatives. Il permet d'extraire la tension alternative d'un mélange de tension continue et de tension alternative.

Les condensateurs bloquent le courant continu car il n'existe aucune liaison conductrice entre leurs deux armatures. Ils sont pourtant perméables aux courants alternatifs. Chaque changement de la tension ou de la polarité provoque la charge ou la décharge du condensateur. Puisque le courant de charge ne circule que pendant une durée limitée, seule une tension qui varie en permanence, donc une tension alternative, peut entretenir la circulation d'un courant à travers le condensateur. C'est pourquoi seule la tension alternative apparaît en aval du condensateur

de la figure 6. Ce comportement peut se concrétiser sous la forme d'un modèle hydraulique : une membrane actionnée par de l'eau.

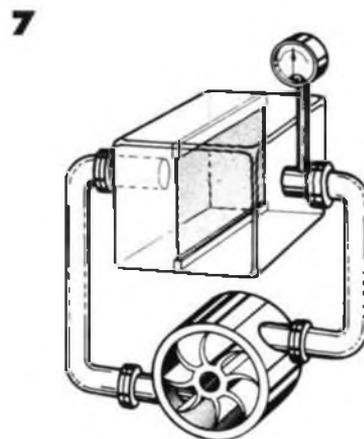


Figure 7 – La conduite représentant le condensateur est séparée en deux par une membrane. L'eau ne peut pas la traverser mais ses variations de pression sont transmises.

La membrane souple située au milieu de la conduite interdit le passage de l'eau d'un compartiment à l'autre, donc le passage du courant continu. L'eau est alternativement poussée dans un compartiment et chassée de l'autre (tension alternative), la membrane oscille de part et d'autre de sa position d'équilibre. Les pressions opposées maintiennent l'eau en mouvement, dans un sens ou dans l'autre (courant alternatif).

Le modèle et la réalité concordent sur un autre point : une pression excessive déchire la fine membrane, de même qu'une tension trop élevée fait « claquer » le condensateur.

Tension et courant alternatifs traversent le condensateur mais cela ne signifie nullement qu'ils n'y sont pas « freinés ». Plus les variations de tension sont rapides, plus la fréquence est élevée, plus le condensateur est perméable. Le condensateur *fonctionne mieux*, en effet, avec des fréquences hautes qu'avec des fréquences basses. La capacité aussi joue un rôle important : plus elle est grande, mieux le condensateur transmet les tensions alternatives. En résumé nous pouvons dire que les condensateurs opposent aux courants alternatifs une petite résis-

tance qui dépend de la fréquence de la tension alternative et de la capacité du condensateur.

$$X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} \quad \text{Unité de la capacité : } 1\text{F} = 1 \text{ As/V}$$

La tension aux bornes d'un condensateur de 1 farad est de 1 volt après une charge de 1 ampère pendant 1 seconde. Le condensateur oppose certes une résistance au passage du courant alternatif, mais il faut distinguer nettement cette résistance (X_C) de la résistance ohmique dont nous avons parlé jusqu'à présent. Elle s'appelle l'impédance et vérifie la formule :

$$X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 1\text{kHz} \cdot 1\mu\text{F}} \quad 1\text{F} = 1 \text{ As/V}$$

($2\pi = 6,28\dots$; $f =$ Fréquence en hertz (Hz) ; $C =$ Capacité en farad (F))

Cette formule permet de calculer l'intensité du courant qui traverse un condensateur soumis à une tension alternative. Prenons un exemple. Le montage de la figure 8 ci-dessous semble pour l'instant absurde : la source de tension alternative est en court-circuit car le condensateur conduit le courant alternatif. En réalité, comme le condensateur présente une certaine résistance au courant alternatif, le courant I_C est limité. La source de tension alternative a une tension crête à crête de 10 V et une fréquence de 1 kHz. Tout d'abord nous déterminerons l'impédance.

$$X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 1\text{kHz} \cdot 1\mu\text{F}}$$

1 Hz est équivalent à 1/s et 1 F à As/V

$$X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 1000 \frac{1}{\text{s}} \cdot 0,000001 \frac{\text{As}}{\text{V}}}$$

$$= \frac{1}{2\pi \cdot 0,001 \frac{\text{A}}{\text{V}}}$$

La valeur inverse de 0,001 A/V est égale à 1000 V/A, soit 1000 Ω ou 1 k Ω .

$$X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot 1\text{k}\Omega = 159\Omega$$

L'impédance calculée d'après la formule se mesure effectivement comme une résistance, en ohms. Il ne faut néanmoins pas confondre cette valeur avec celle des résistances ohmiques classiques. Celles-ci réagissent au courant alternatif de la même façon qu'au courant continu. Les condensateurs, et d'autres composants, réagissent seulement au courant alternatif, ils ont une résistance apparente que nous appelons impédance. Pour calculer l'intensité du courant alternatif qui traverse un condensateur alimenté par une tension alternative, nous n'avons besoin que de la Loi d'Ohm ($I = U/R$). La résistance de la Loi d'Ohm en continu est remplacée par l'impédance.

$$I_{CC} = \frac{U_{CC}}{X_C}$$

$$I_{CC} = \frac{10 \text{ V}_{CC}}{159\Omega} = 0,0628 \text{ A}_{CC} = 62,8\mu\text{A}_{CC}$$

Malheureusement peu de montages à condensateurs se prêtent à des calculs aussi simples. Cela est dû à la différence dont nous avons déjà parlé, entre les impédances et les résistances ohmiques. Avant tout, vous ne devez ni additionner ni retrancher le nombre d'ohms d'une résistance normale au nombre d'ohms d'une impédance. La Loi d'Ohm $U = R \cdot I$ stipule que le courant et la tension sont proportionnels dans le cas de résistances ohmiques, cela signifie que le courant et la tension existent toujours simultanément. Si vous appliquez une tension

sinusoïdale aux bornes d'une résistance, les alternances de la tension et du courant sont synchrones (on dit aussi en phase) mais ce n'est pas nécessairement le cas pour les condensateurs. Le courant qui traverse le condensateur ne dépend pas seulement de la tension appliquée à ses bornes. Si le condensateur est déjà chargé à une tension égale, il ne circule aucun courant. S'il est complètement déchargé, il acceptera un courant de charge considérable, limité seulement par les caractéristiques de la source. S'il est chargé à une tension supérieure, il se déchargera. Le courant et la tension d'un condensateur sont donc asynchrones comme va nous le montrer l'essai suivant. Le montage se compose de notre générateur expérimental (voir épisodes précédents) qui alimente la résistance R6 ou le condensateur C3. La LED 1 clignote au rythme de la tension alternative du générateur, la LED 2 s'allume lorsqu'un courant circule à travers le condensateur ou la résistance. Quand le condensateur C3 est connecté, son courant de décharge circule à travers D1.

Pour l'instant nous connectons seulement la résistance de 100 Ω . Les deux LED s'allument simultanément, cela signifie que le courant circule quand la tension est présente.

Remplaçons R6 par le condensateur. Les deux LED ne sont plus allumées en même temps. La LED 2 ne s'allume que brièvement au début du temps d'éclairage de la LED 1.

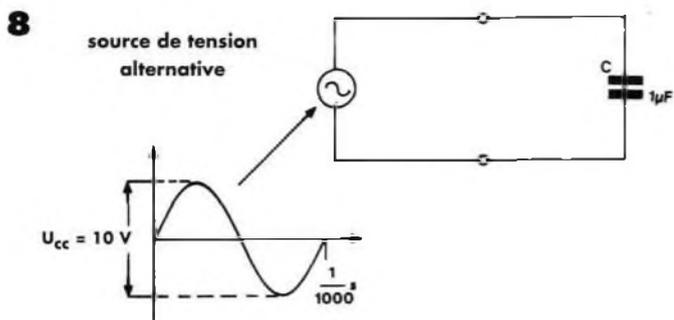


Figure 8 – Ici un courant circule bien qu'aucune liaison conductrice n'existe, le condensateur ne bloque pas la tension alternative.

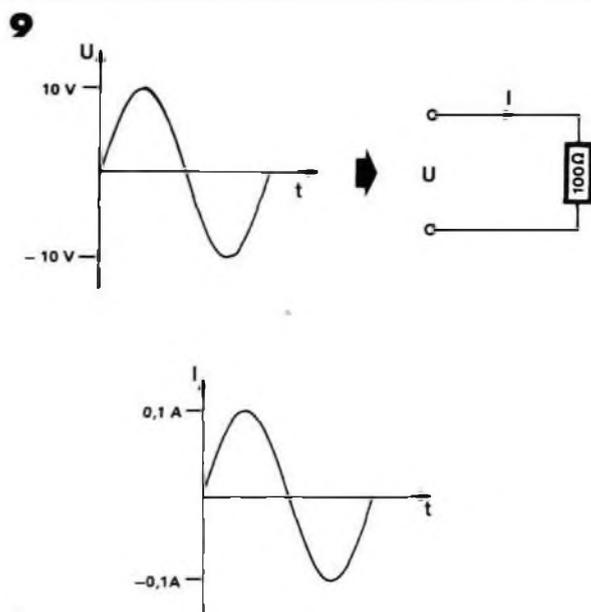
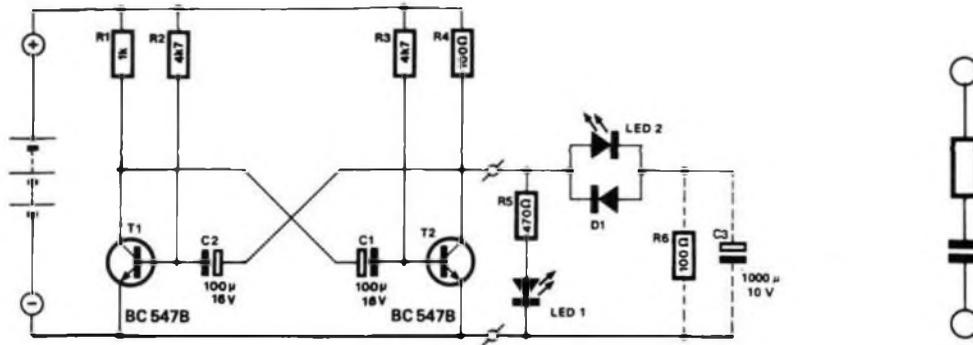


Figure 9 – Le courant alternatif qui circule à travers une résistance a la même forme que la tension qui le provoque : ainsi en a décidé la Loi d'Ohm.

10



Lorsqu'on associe des impédances et des résistances ohmiques pures on parle d'impédance. Le calcul est moins simple qu'avec des résistances pures.

Figure 10 – Ici le générateur expérimental sert de source de tension alternative. La LED 1 s'allume lorsqu'une tension est présente et la LED2 s'allume lorsqu'un courant circule à travers la résistance R6 ou le condensateur C3.

Dès que le condensateur est chargé, le courant cesse, bien que la tension du générateur soit encore présente ! Le courant et la tension sont asynchrones. Cet effet est particulièrement net avec une tension alternative sinusoïdale. La figure 11 montre le courant qui traverse un condensateur soumis à une tension sinusoïdale.

combinaison de résistances ohmiques et d'impédances n'a pas sa place ici. Si vous associez des résistances et des condensateurs, la valeur équivalente de leurs résistances sera aussi appelée impédance. Une valeur d'impédance n'a de sens que si l'on précise la valeur de la fréquence de travail car l'impédance dépend de la fréquence. Vous pourrez vérifier à l'aide du générateur expérimental ce que nous avons expliqué : les faibles capacités présentent une résistance plus élevée que les capacités élevées. Si vous remplacez C3 par un condensateur électrochimique de 1 µF, la LED2 brille moins longtemps et plus faiblement : cela signifie que le courant alternatif à travers la LED2 est plus faible, donc que l'impédance du condensateur est plus élevée. Une autre particularité de l'impédance du condensateur doit être mentionnée ici : contrairement aux résistances ohmiques il ne consomme (ou plutôt : ne transforme) aucune énergie !

Le condensateur stocke de l'énergie qu'il restitue, deux fois par période pour une tension alternative. Cela s'explique aisément avec le modèle hydraulique, mais aussi avec les courbes de la tension et du courant de la figure 11. Pendant l'alternance positive de la tension alternative, le courant a une valeur positive puis négative. Si vous multipliez la valeur du courant par celle de la tension pour connaître la puissance, vous obtenez deux valeurs identiques mais de signe opposé. La somme de ces deux valeurs est nulle donc aucune énergie n'a été dissipée ni consommée. Il en est de même pour l'alternance négative. Ces calculs nous permettent de conclure qu'il n'y a, en fait, qu'un « va et vient » de l'énergie lorsqu'une tension alternative est appliquée aux bornes d'un condensateur. C.Q.F.D. mais c'est pas fini !

11

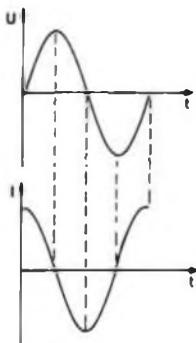


Figure 11 – Les essais avec le montage de la figure 5 permettent de représenter le courant à travers un condensateur soumis à une tension alternative : le courant est en avance d'un quart de période sur la tension. Cela s'appelle le déphasage.

Les deux courbes sont décalées d'un quart de période. Les experts chiffrent les périodes en degrés, 360° pour une période complète. Donc un quart de période correspond à 90°. Le décalage entre les deux sinusoïdes est appelé le déphasage. Le déphasage entre la tension et le courant d'un condensateur est de 90°, le courant est en avance sur la tension. Le déphasage entre le courant et la tension d'une résistance est toujours égal à 0°. Vous comprenez maintenant pourquoi le nombre d'ohms d'une résistance normale n'est pas exactement comparable à celui d'un condensateur. En effet l'un et l'autre représentent bien le rapport entre la tension et le courant, mais à des instants différents. N'additionnez pas la valeur de la résistance ohmique et la valeur de l'impédance du montage série d'une résistance et d'un condensateur : condensateurs et résistances se comportent très différemment. Le calcul de

12

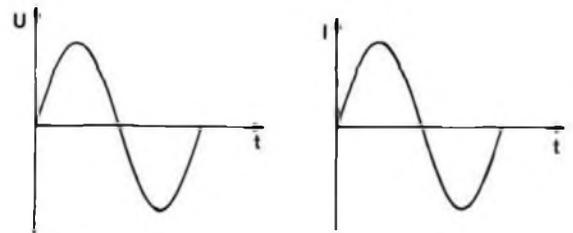


Figure 12 – La tension et le courant aux bornes d'une résistance ne sont pas déphasés, ils existent simultanément.

13

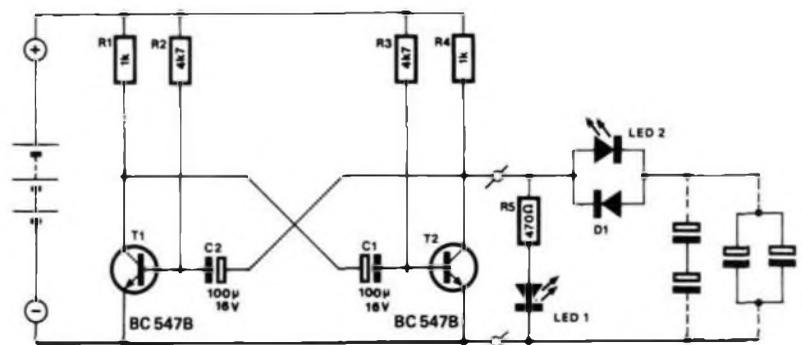


Figure 13 – Le générateur expérimental permet de tester le comportement de condensateurs montés en série ou en parallèle. La LED2 permet d'observer l'intensité du courant qui traverse le condensateur.

Condensateurs en série et en parallèle

La capacité équivalente de condensateurs montés en série ou en parallèle ne se calcule pas de la même façon que pour les résistances. Montez deux condensateurs électrochimiques de $1000 \mu\text{F}$ en sortie du générateur expérimental ; une fois en série, une fois en parallèle. Avec le montage en parallèle la LED 2 brille nettement plus fort et plus longtemps qu'avec un condensateur de $1000 \mu\text{F}$, ce qui laisse supposer que la capacité résultante est plus forte. C'est l'inverse pour le montage en série : la LED 2 brille moins. Vous pouvez voir que le montage a une capacité plus petite qu'un condensateur seul. Pour expliquer ce phénomène nous faisons appel encore une fois au modèle hydraulique. Les deux « condensateurs » en parallèle peuvent être remplacés par un seul, mais avec une membrane de surface double. Le modèle agrandi correspond à un condensateur de capacité plus élevée. C'est pourquoi le courant du condensateur est plus intense pour le montage en parallèle. La formule pour calculer la capacité équivalente de deux condensateurs en parallèle C_1 et C_2 est :

$$C_{\text{équi}} = C_1 + C_2 \quad \text{montage parallèle}$$

Elle se présente comme la formule de calcul pour des résistances montées en série. Ce qui laisse supposer que la capacité de condensateurs montés en série se calcule comme pour des résistances montées en parallèle. L'essai avec $2 \times 1000 \mu\text{F}$ en série confirme cette supposition. La formule est :

$$C_{\text{équi}} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}}$$

ou

$$C_{\text{équi}} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

Deux modèles hydrauliques montés en série peuvent être remplacés par un modèle à membrane doublée, donc plus épaisse et moins sensible aux variations de pression. Une membrane plus épaisse supporte aussi des pressions plus élevées. L'analogie s'applique au montage en série de condensateurs qui supporte des tensions plus élevées. C'est pourquoi il n'est pas rare en pratique de monter

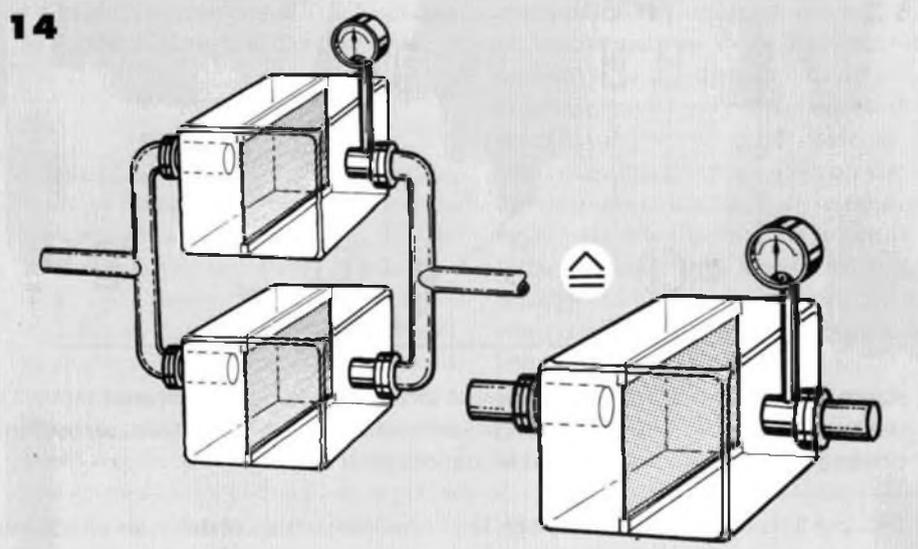


Figure 14 – Deux « condensateurs » hydrauliques montés en parallèle peuvent être remplacés par un autre, avec une membrane de surface double.

des condensateurs en série et de s'accommoder de capacités plus faibles. Une autre utilisation est le diviseur de tension capacitif. Deux impédances montées en série divisent la tension alternative appliquée à l'ensemble (voir aussi les pages consacrées dans ce numéro d'ELEX au système K). La plus petite chute de tension se produit aux bornes du plus gros condensateur, puisqu'il présente l'impédance (X_C) la plus faible.

À retenir

- Les condensateurs bloquent le courant continu mais conduisent le courant alternatif.
- Les condensateurs opposent aux courants alternatifs une résistance, appelée impédance ou résistance apparente.
- Les résistances ohmiques et les impédances sont différentes mais ont la même unité de mesure : l'ohm (Ω).

- Le courant et la tension d'un condensateur ne sont pas synchrones mais déphasés de 90° . Le courant est en avance sur la tension. Les déphasages sont donnés en degré ($^\circ$). Une période a 360° .
- La résistance équivalente d'un assemblage de résistances ohmiques et de résistances apparentes s'appelle aussi l'impédance (unité : Ω).
- La capacité équivalente de condensateurs en parallèle est égale à :

$$C_{\text{équi}} = C_1 + C_2 + \dots$$

- La capacité équivalente de condensateurs en série est égale à :

$$C_{\text{équi}} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}} \quad \text{ou} \quad C_{\text{équi}} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

- La tenue en tension (rigidité diélectrique) d'un montage en série est supérieure à celle d'un condensateur seul.
- Les montages série de condensateurs divisent la tension alternative (diviseur de tension capacitif).

84931/86730/86744/86758/86789

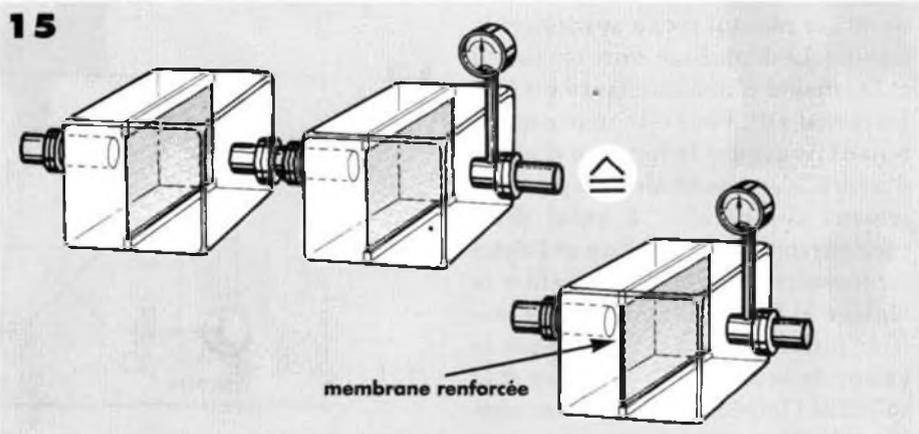


Figure 15 – Le montage série de deux modèles hydrauliques correspond évidemment à un modèle avec une membrane renforcée.

Ceux qui ne se sont pas brûlé les doigts la dernière fois vont pouvoir manipuler et mesurer, les autres pourront faire les calculs, si leur tête est en état de marche.

expérimentation avec le système



diviseurs de tension

utilisation de la platine à résistances

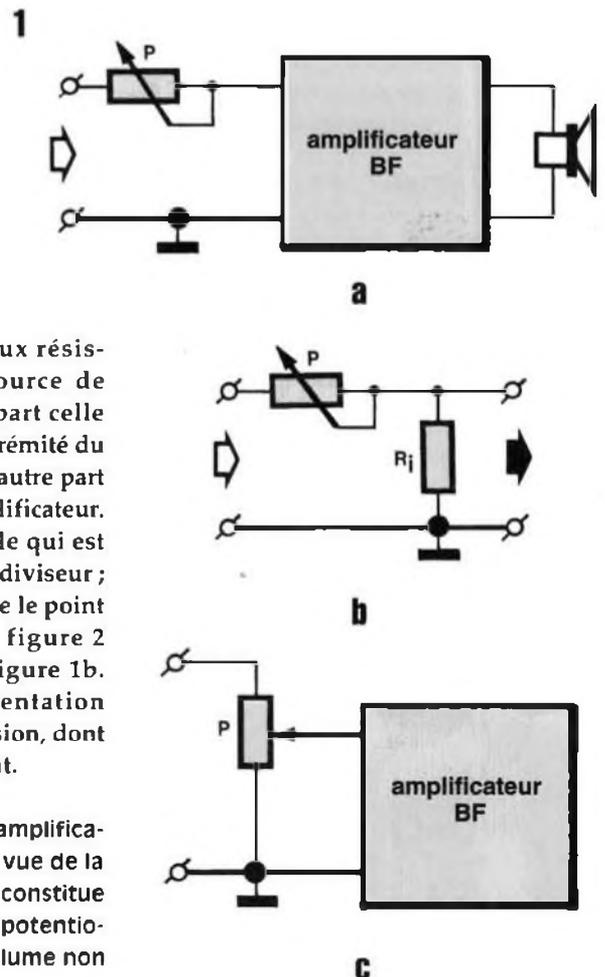
volume

Eugène est venu nous voir avec un assemblage de son crû : un amplificateur de puissance et un potentiomètre de volume. « Le potar doit être naze, j'arrive pas à mettre le volume à zéro. » Pas de panique, très cher, vous aurez commis quelqu'une de vos bourdes.

Jetons un œil sur le câblage, qui se présente comme celui de la figure 1a. Le défaut est vite trouvé : le potentiomètre incriminé à tort est monté en série avec l'entrée de l'amplificateur alors qu'il doit être monté comme indiqué sur la figure 1c. Pourquoi le câblage 1a est-il faux ? La résistance du potentiomètre augmente quand on tourne son axe, ce qui a bien pour effet de réduire l'intensité du courant d'entrée de l'amplificateur. C'est juste, mais cette résistance, si grande qu'elle devienne, ne peut pas annuler le courant, ni le volume par conséquent. Pour bien comprendre cela, il faut considérer que l'amplifica-

teur a sa propre résistance d'entrée, symbolisée par R_i sur la figure 1b. Cette résistance n'a pas forcément la forme physique du composant, mais le symbole rend compte du fait que l'entrée de l'amplificateur consomme du courant, qu'elle se comporte comme une résistance. Nous avons donc deux résistances en série entre la source de signaux et la masse : d'une part celle qui est comprise entre une extrémité du potentiomètre et le curseur, d'autre part la résistance d'entrée de l'amplificateur. La tension à amplifier est celle qui est disponible au point nodal du diviseur ; c'est comme cela qu'on appelle le point commun de P et de R_i . La figure 2 découle directement de la figure 1b. Elle correspond à la représentation habituelle du diviseur de tension, dont nous allons parler maintenant.

Figure 1 - Ce câblage du potentiomètre permet de réduire le volume de l'amplificateur, mais ne permet pas de l'annuler. Le raison est compréhensible à la vue de la figure 1b : la résistance interne, ou résistance d'entrée, de l'amplificateur constitue un pont diviseur avec celle du potentiomètre. Quelle que soit la valeur du potentiomètre, la tension au point milieu du diviseur ne peut pas s'annuler, le volume non plus. Le câblage normal est celui de la figure 1c.



rapports

Nous avons dit que la disposition correcte est celle de la figure 1c, il nous reste à expliquer pourquoi. La règle est que les tensions sont dans le même rapport que les résistances. Quelles tensions et quelles résistances ? Repor- tons-nous à la figure 3 ; elle représente le potentiomètre comme deux résistances repérées R1, entre une extrémité du potentiomètre et le curseur, et R2, entre le curseur et l'autre extrémité. Nous appellerons U1 la tension aux bornes de R1, U2 la tension aux bornes de R2. Ces deux tensions seront mesurées par les deux voltmètres en même temps, ou alternativement par un seul voltmètre.

La tension U est celle qui règne aux bornes de la totalité du potentiomètre, la tension d'alimentation. La règle des diviseurs de tension s'applique comme

Figure 2 - Cette représentation du diviseur n'est rien d'autre qu'une transcription de la figure 1b, elle-même équivalente à la figure 1a.

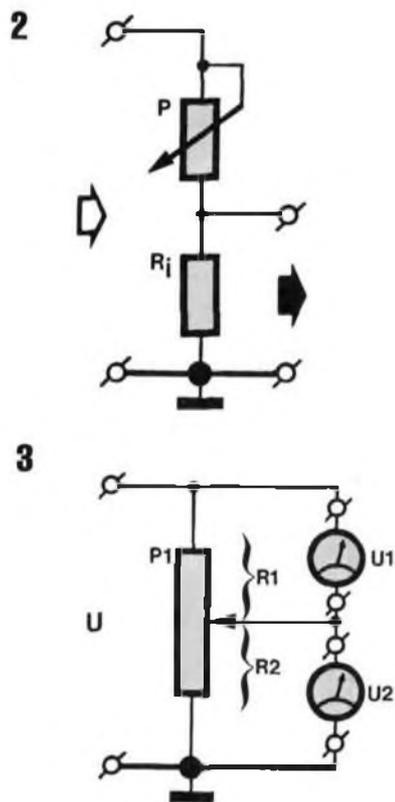
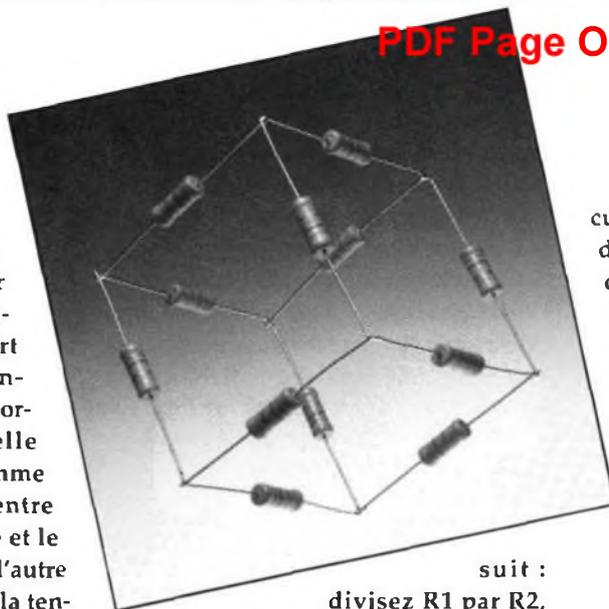


Figure 3 - Quelle que soit la position du curseur de P1, les tensions U1 et U2 sont telles que le rapport entre elles est égal au rapport des résistances R1 et R2. C'est la règle du diviseur de tension.



suit :

divisez R1 par R2,

le résultat est le même que celui de la division de la valeur de U1 par celle de U2. Autrement dit, plus le curseur s'approche de la masse, plus la valeur de R2 diminue (celle de R1 augmente d'autant), plus la tension U2 diminue. Pour Eugène qui voulait réduire le volume jusqu'à zéro, c'est gagné : si le curseur est à la masse, R2 est nulle, de même que la tension à ses bornes.

Tournons le potentiomètre jusqu'en butée dans l'autre sens : c'est au tour de R1 de diminuer, de R2 d'augmenter. Si la valeur de R1 est nulle, la tension à ses bornes (U1) est nulle, donc U2 est égale à la tension d'alimentation ou tension d'entrée. La somme des deux résistances est constante et égale à la résistance entre les deux extrémités du potentiomètre ; de même la somme des deux tensions est constante et égale à la tension d'alimentation. L'arithmétique trouve son compte dans le fait que si la tension U2 est nulle, U1 est égale à U.

Eugène doit comprendre maintenant pourquoi le potentiomètre mal raccordé (figure 1a) ne jouait pas complètement son rôle : comme la résistance R2 est constante, il subsiste toujours à ses bornes une tension qui ne peut pas s'annuler. Si la résistance (interne) d'entrée de l'amplificateur est faible, le volume peut varier dans certaines limites. Si au contraire elle est élevée, le volume ne sera pratiquement pas affecté par la résistance du potentiomètre en série. À vous de trouver pourquoi (sans calculette, juste avec la cervelle).

Nous sommes arrivés jusqu'ici sans mathématiques, nous pouvons donc nous laisser aller à donner quelques formules, celles qui permettent de cal-

culer la tension au point nodal d'un diviseur à résistances. Il suffit de connaître la tension « d'alimentation » et la valeur des deux résistances.

Tout d'abord la règle principale des diviseurs de tension : le rapport des tensions est égal au rapport des résistances.

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

La tension totale U n'apparaît pas dans cette première formule. Elle existe pourtant : c'est la somme de U1 et U2. De même la résistance totale est égale à la somme de R1 et R2. Cette première formule permet d'en calculer une autre, qui donne le rapport entre la tension totale et la tension de la branche inférieure du pont diviseur. Ce rapport est égal au rapport entre R2 et la résistance totale R1 + R2.

$$\frac{U}{U_2} = \frac{R_1 + R_2}{R_2}$$

Encore un petit effort, et nous trouvons, en divisant par U les deux termes de l'égalité puis en prenant l'inverse de chaque terme, une nouvelle égalité :

$$U_2 = \frac{U \times R_2}{R_1 + R_2}$$

Cette dernière formule permet de calculer la tension de la branche inférieure d'un pont si l'on connaît la tension totale et la valeur des résistances.

application pratique

Comme nous l'avons vu avec l'exemple de l'amplificateur, il est possible de calculer la résistance en série pour une valeur connue de la résistance interne. L'application la plus courante consiste à déterminer précisément les tensions à l'intérieur d'un circuit. La base d'un transistor, par exemple, demande une tension différente de la tension d'alimentation ; il en est de même, le plus souvent, pour les différentes broches d'un circuit intégré.

Supposons un montage alimenté sous 10 V (figure 4 avec un circuit intégré (IC1) dont la broche 3 doit voir précisément 2 V. La première formule peut s'écrire :

$$U_1 \times R_2 = U_2 \times R_1$$

ou

$$R_2 = \frac{U_2 \times R_1}{U_1}$$

Il se trouve que $U_1 = U - U_2$, donc

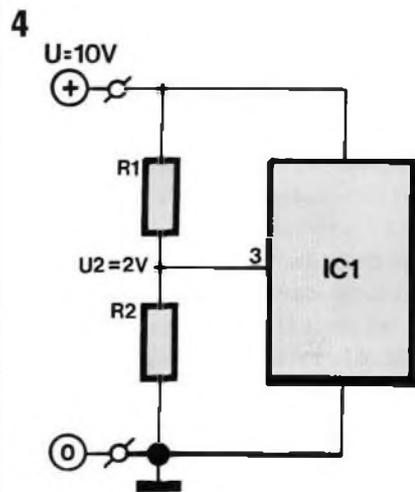
$$R_2 = \frac{U_2 \times R_1}{U - U_2}$$

en remplaçant les symboles des tensions par leurs valeurs, nous obtenons :

$$R_2 = \frac{2V}{8V} R_1 = \frac{1}{4} R_1$$

Tout cela est intéressant, mais nous ne connaissons pas la valeur de R_1 . Pourtant, nous en avons besoin pour calculer celle de R_2 . Prenons pour R_1 la

Figure 4 - Une application pratique du diviseur de tension à résistances. A l'intérieur d'un circuit, on a fréquemment besoin de tensions inférieures à la tension d'alimentation. Le choix judicieux des résistances d'un diviseur permet d'obtenir toutes les tensions nécessaires.



première résistance qui nous tombe sous la main, et calculons la valeur de R_2 : le rapport des tensions sera exact. On ne peut rien rêver de plus simple. C'est même trop simple, car nous avons considéré jusqu'ici que n'importe quelle valeur de résistance convient. C'est vrai en théorie : deux résistances de 100 kΩ divisent la tension dans le même rapport que deux résistances de 1 kΩ (figure 5).

Pourquoi donc construire des diviseurs tantôt avec des résistances de forte valeur, tantôt avec des résistances de faible valeur ? La réponse est simple : si le diviseur est le seul élément du circuit, la valeur des résistances est sans importance. Hélas un diviseur seul ne rime à rien, puisque la tension produite n'est utilisée nulle part. Dans l'exemple de l'amplificateur, la résistance d'entrée vient se connecter en parallèle sur R_2 , ce qui réduit la résistance de la branche inférieure du pont diviseur (figure 6).

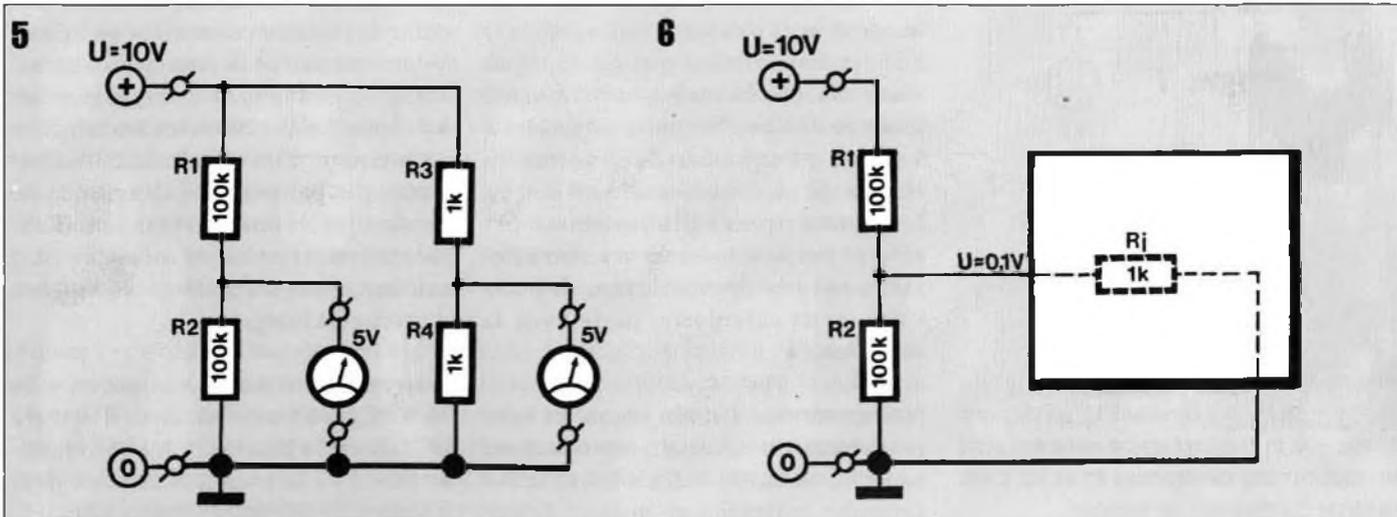
Une petite pause serait bienvenue ; profitons-en pour dire quelques mots sur l'association de résistances en parallèle. Nous n'entrerons pas dans le détail du calcul, nous nous contenterons de dire que si une des résistances est dix fois (ou plus) plus forte que l'autre, on peut ne considérer que la valeur de la plus faible. Pratiquement elle court-circuite la plus forte. Cela signifie que le rapport de notre diviseur « chargé » est modifié par le changement de la valeur de R_2 (remplacée par le circuit parallèle R_2/R_i). La chute de tension est très inférieure à celle que nous avons calculée parce que la valeur de R_2 est très supérieure à la résistance interne. Comme une résistance ne peut être court-circuitée que par une autre beaucoup plus faible, nous allons choisir R_2

assez faible pour que l'étage qui suit ne puisse pas la court-circuiter. Et voilà le critère de choix de R_1 , qui fait que les diviseurs ont quelquefois une résistance importante, quelquefois une résistance faible : le diviseur est une source de tension dont la résistance interne doit être adaptée à la charge qu'elle alimente.

diviseur à étages multiples

La figure 7 montre que le diviseur peut comporter plus de deux résistances. Pour connaître la tension à un point donné, il suffit de calculer, pour R_1 , la somme des résistances qui sont au-dessus, pour R_2 la somme des résistances qui sont en-dessous. Ce diviseur mul-

Figures 5 et 6 - En théorie la valeur absolue des résistances n'a pas d'importance : un diviseur à deux résistances de 100 kΩ, ou à deux résistances de 1 kΩ donne une tension de 5 V à partir d'une tension de 10 V. En pratique, l'impédance de l'étage suivant prend une grande importance. Si elle est nettement inférieure à 100 kΩ, elle constitue un court-circuit partiel pour la branche inférieure du pont diviseur, et la tension obtenue est nettement inférieure aux 5 V prévus.



7

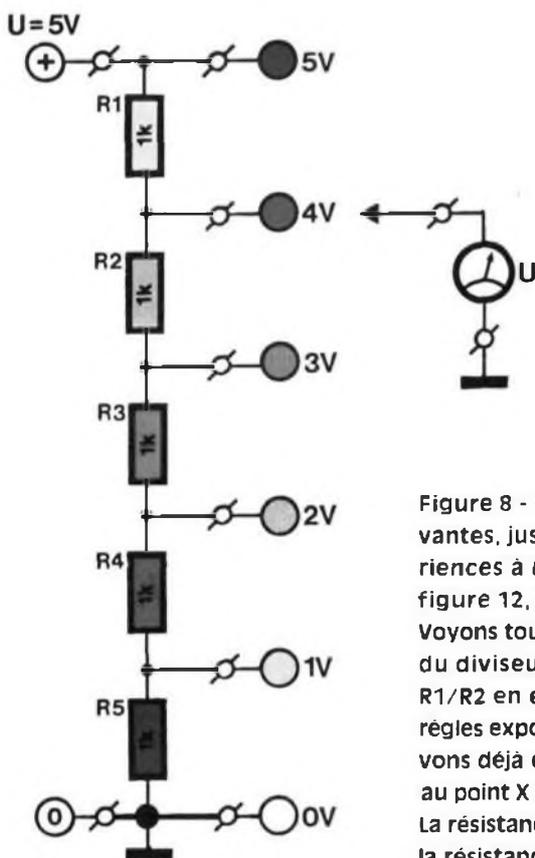


Figure 7 - Un diviseur à 5 résistances permet d'obtenir les tensions de 0 à 5 V par pas de 1 V.

multiple trouve aussi des applications pratiques, comme étage d'entrée d'appareils de mesure.

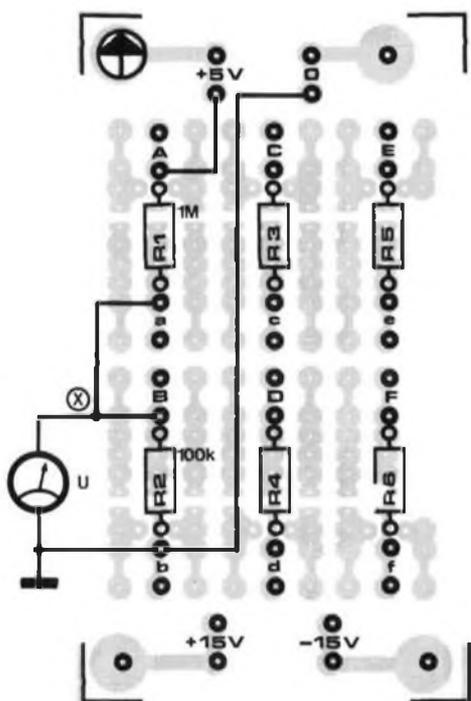
Assez de théorie ! Les figures 8 à 11 suggèrent une série d'expériences que vous pourrez mener et interpréter au moyen des connaissances acquises. Il ne faut rien d'autre qu'un voltmètre et les quelques formules données dans le texte. Comparez les valeurs mesurées aux valeurs calculées, en n'oubliant pas que les

valeurs des composants sont données avec une certaine tolérance. 86720

Figure 8 - Cette illustration et les suivantes, jusqu'à 11, montrent les expériences à mener avec la platine de la figure 12, présentée le mois dernier. Voyons tout d'abord le fonctionnement du diviseur de tension : l'association R1/R2 en est un exemple. Suivant les règles exposées dans le texte, nous pouvons déjà évaluer la tension mesurable au point X : 5 V divisés par 11. Pourquoi ? La résistance totale est de 1100 kΩ, donc la résistance de 100 kΩ voit un onzième de la tension totale (5 V). $5/11 = 0,4545...V$. Attention, Eugène, les galvanomètres à quatre sous ont souvent une résistance interne de 1 kΩ ou 1,2 kΩ. Ce n'est pas gênant dans certains cas, ça l'est beaucoup ici.

Figure 9 - Reconnaissons avec les résistances R3 et R4. La résistance totale est de quelque 25 kΩ, dont R4 représente le cinquième. Si la tension totale est de 5 V, la tension sur R4 sera de 1 V. Connectons maintenant R6 en parallèle sur R4. Cette résistance très faible rend la première insignifiante, le diviseur se comporte comme si R6 était seule en circuit, la tension tombe à une valeur proche de zéro. Cet exemple montre que la résistance interne de l'étage qui suit le diviseur influe sur le rapport de division, et la nécessité d'adapter l'un à l'autre. Connectons R5 en parallèle sur R3, la tension mesurée augmente. La valeur de R5 est nettement inférieure à celle de R3, si bien que la valeur de l'ensemble est proche de 1 kΩ. Remarques générales : plus la résistance de la branche supérieure du pont est faible, plus la tension mesurée est élevée ; plus la résistance de la branche inférieure est faible, plus la tension mesurée (par rapport à la masse) est faible ; et inversement. Faisons une quatrième expérience avec ce montage : mesurons, dans l'une quelconque des configurations, la tension entre le point X et la masse, puis la tension entre le point X et le pôle positif ; la théorie se confirme par la pratique : la somme des deux tensions est égale à 5 V.

8



9

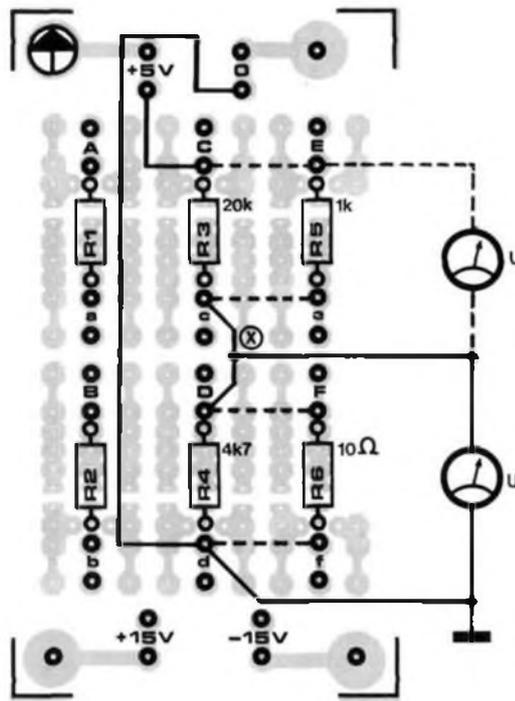


Figure 10 - Nous construisons un diviseur à plusieurs étages avec R2, R4 et R5. La tension au point X est supérieure à celle du point Y. Calculez les valeurs et comparez le résultat du calcul avec celui des mesures.

Figure 11 - Prenons une deuxième platine universelle, que nous équiperons de potentiomètres, reliés entre eux comme le montre la fig. 11. Si nous déplaçons simultanément les deux curseurs pour leur faire prendre une position identique, la tension mesurée ne varie pas. C'est la preuve que la valeur absolue des résistances du diviseur ne joue aucun rôle quant au rapport de division. Attention : notre alimentation est chargée par ces résistances. Si leur valeur devient trop faible, vous risquez d'en être averti par des signaux de fumée. C'est pourquoi nous insérons une résistance-talon, R5.

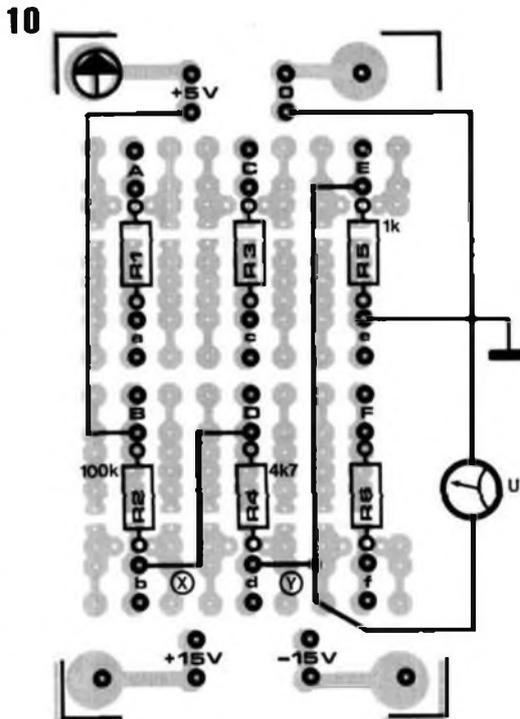
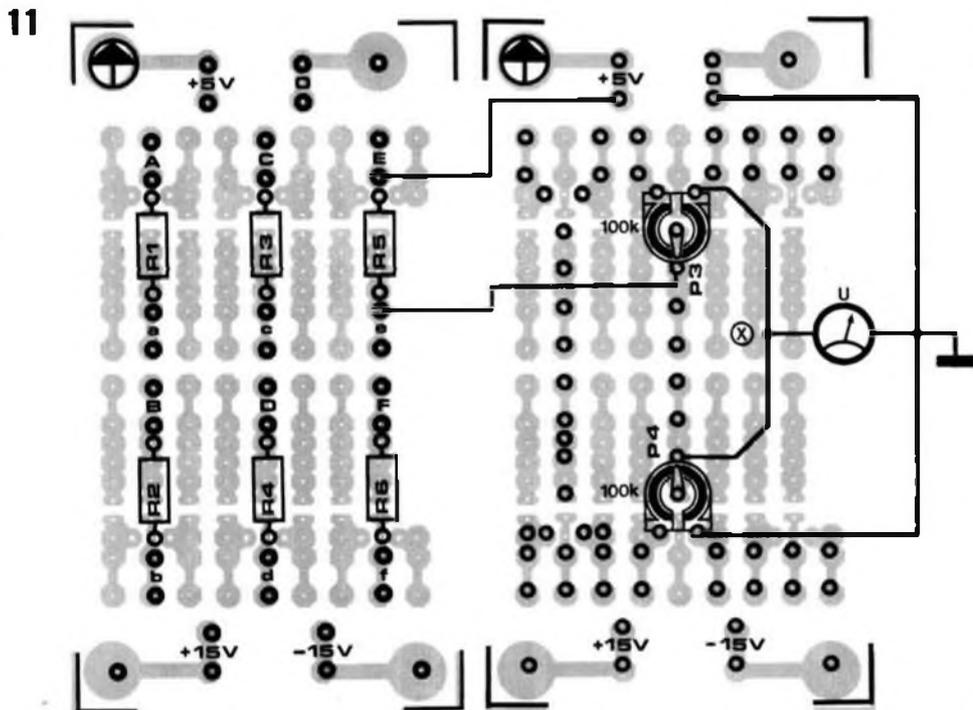
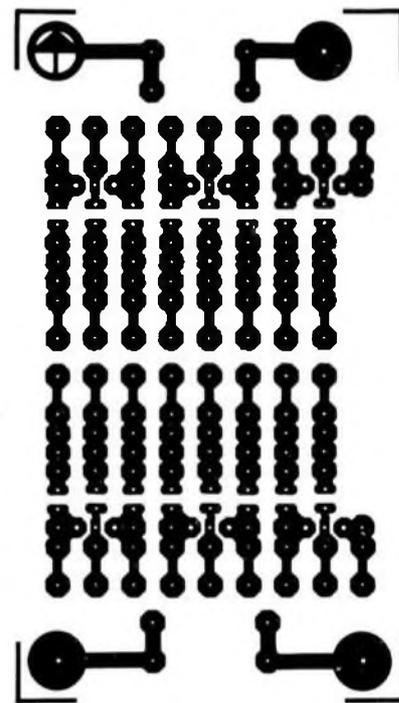


Figure 12 - *Bis repetita placent*. Revoici le dessin de notre platine universelle. Contrairement aux autres platines de la série K, elle n'est pas destinée à un montage précis. Elle peut recevoir, au choix, des condensateurs, des résistances, des potentiomètres ou des transistors. La première est équipée exclusivement de résistances, c'est une sorte de réservoir à résistances. La deuxième ne porte que des potentiomètres. Vous pourrez monter d'autres composants et mener vos propres expérimentations. Ce sera le support de toutes vos fantaisies. Elle vous permettra de vous familiariser avec les composants et la façon de les souder, avant d'entreprendre des montages plus ambitieux.



12



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 **43793988**
Télex 216 328 F - Ouvert de 9 h 30 à 12 h et de 14 h à 19 h
Fermé le Lundi.

provoquerait une fausse alarme. Il est facile de prévoir qu'en cas de rupture de la boucle la tension du point A prend la valeur maximale, celle de l'alimentation : il ne passe plus de courant à travers R1 et la tension à ses bornes est nulle. À l'inverse, si la boucle est totalement court-circuitée, la tension du point A est égale à la moitié de la tension d'alimentation, 4,5 V. On appelle « fenêtre » la plage de tension comprise entre 4,5 et 4,7 V. Tant que la tension se situe à l'intérieur de cette fenêtre, tout est normal et il n'y a pas lieu de déclencher l'alarme.

La surveillance de la tension est confiée à deux comparateurs, chacun d'un côté de la fenêtre. La tension de sortie des comparateurs ne connaît que deux états, haut ou bas, suivant que la tension d'entrée est supérieure ou inférieure à la tension de référence. Le premier comparateur, IC1, réagit si la tension du point A dépasse la tension de référence : sa sortie passe à l'état bas. Il détecte donc la rupture de la boucle de mesure. La sortie du deuxième comparateur passe à l'état bas si la tension de son entrée non-inverseuse devient inférieure à la tension de référence, appliquée ici à l'entrée inverseuse. Il détecte la mise en court-circuit d'une fraction ou de la totalité de la boucle.

La tension de référence est fixée, elle aussi, par un diviseur de tension à résistances, dont une variable, ce qui permet de la régler. La diode D1, prise en série dans le diviseur de tension, détermine la largeur de la fenêtre, la différence entre les deux tensions de référence. Cette diode au germanium présente une tension de seuil de 0,3 V environ. Si nous avons établi ce décalage de tension par une résistance, sa valeur aurait été variable en fonction de l'intensité du courant dans le pont diviseur, autrement dit avec la position de P1 ou la hauteur de la fenêtre. Dans notre cas, l'intensité est si faible, grâce aux valeurs élevées de R3 et de P1, que la tension de seuil est à peine supérieure à 0,2 V et pratiquement constante. Sur le prototype présenté, la tension de la broche 3 d'IC1 est de 4,85 V, celle de la broche 2 d'IC2 de

elex abc

accumulateurs de sauvegarde

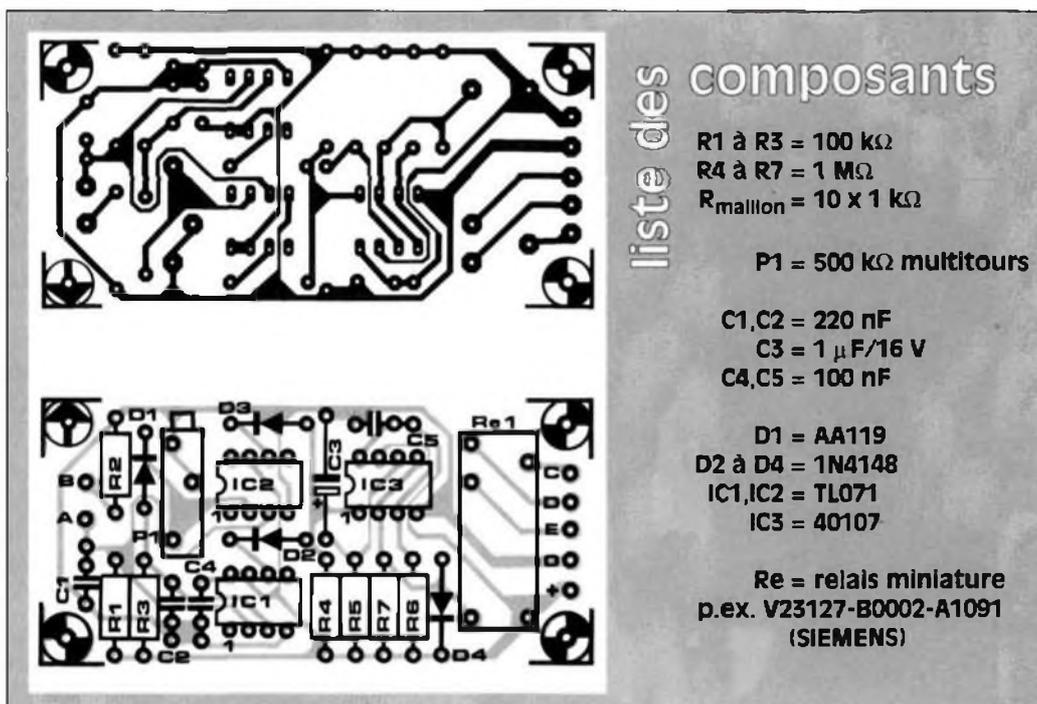
Un accumulateur de sauvegarde assure l'alimentation ininterrompue d'un appareil (ou d'une partie d'un appareil) normalement alimenté par le secteur. Les exemples les plus courants sont les mémoires d'ordinateurs, les installations d'alarme, les radio-réveils. Les accumulateurs de sauvegarde sont en charge permanente, sous une intensité à peine supérieure à celle de leur auto-décharge. On utilise quelquefois, dans les radio-réveils à bon marché ou dans les ordinateurs au « standard du marché », des piles qui, naturellement, vous laissent tomber au plus mauvais moment.



de 4,65 V. La largeur de la fenêtre est donc de 200 mV. Elle peut se déplacer en hauteur grâce au réglage de P1, mais sa largeur reste constante. Ce réglage de hauteur sera fait par un potentiomètre multitours car il demande de la précision. Le condensateur C2 joue un rôle similaire à celui de C1 : la protection contre les parasites et toute variation rapide de tension, qui provoqueraient une fausse alarme. Aussi longtemps que la tension du point A est comprise entre les deux valeurs extrêmes de la fenêtre, les deux comparateurs ont leur sortie à l'état haut, proche de la tension d'alimentation. Tous les deux voient sur leur entrée non-inverseuse (+) une tension supérieure à celle de l'entrée inverseuse (-). En cas de rupture ou de court-circuit de la boucle, l'un des comparateurs va réagir en faisant passer sa sortie à l'état bas.

bascule bistable

Nous disposons maintenant d'un signal, sous la forme d'un front descendant sur l'une des sorties des comparateurs, pour indiquer un incident sur la boucle. Reste à savoir comment exploiter ce signal. L'alarme doit se déclencher dès le changement de résistance de la boucle et rester active même si la boucle est rétablie dans son état initial. En termes de logique, le relais de sortie doit avoir deux états stables : au repos en veille, excité en cas d'alarme. C'est la définition d'une bascule bistable. Cette bascule bistable doit être sensible aux changements d'état des entrées, aux fronts, et non à l'état de l'entrée lui-même. Ce genre de bascule est connu en logique sous le nom de bascule RS (*reset-set*), il se réalise facilement à l'aide de deux portes NAND (*non-et*). Le changement d'état des sorties est commandé par un front descendant sur une des entrées et mémorisé par le couplage croisé entre les sorties et les entrées. À la mise sous tension, le condensateur C3 maintient, tant qu'il n'est pas chargé par R6, un niveau bas sur l'entrée 6 de N2. Conséquemment la sortie de N2 passe au niveau haut, et celle de N1 passe au niveau bas (ses deux entrées sont à 1). Lorsque le condensa-



liste des composants

R1 à R3 = 100 k Ω
 R4 à R7 = 1 M Ω
 R_{maillon} = 10 x 1 k Ω

P1 = 500 k Ω multitours

C1, C2 = 220 nF
 C3 = 1 μ F/16 V
 C4, C5 = 100 nF

D1 = AA119
 D2 à D4 = 1N4148
 IC1, IC2 = TL071
 IC3 = 40107

Re = relais miniature
 p.ex. V23127-B0002-A1091
 (SIEMENS)

condensateur est chargé est que sa tension est reconnue comme un niveau 1 par l'entrée de N2, la sortie reste à 1 puisque l'autre entrée est au niveau bas. Nous sommes dans l'état de veille.

Si l'un des comparateurs fait passer sa sortie au niveau bas, l'entrée 1 de N1 y sera entraînée par la diode correspondante et sa sortie passera à 1, ce qui fera basculer N2. Ce deuxième état, celui d'alarme, est stable, comme le premier, du fait du couplage entre les entrées et les sorties. Les diodes D2 et D3 forment ce qu'on appelle un **ou câblé** en logique négative. Il s'agirait d'un ET en logique positive. La sortie de cette « porte » est à 1 si, et seulement si, les deux entrées sont à 1. Les diodes évitent que le passage à zéro de l'une des sorties force l'autre à passer à l'état bas.

drain ouvert

La sortie qui nous intéresse est celle de N2, basse lors d'une alarme. Les circuits intégrés 40107 sont particuliers, ils se différencient des quadruples NAND habituels par leurs sortie en drain ouvert, comparables aux collecteurs ouverts de certains circuits logiques TTL. Les circuits intégrés CMOS ne sont pas constitués de transistors bipolaires ordinaires, mais de transistors à effet de champ dont le drain joue le rôle du collecteur. Si nous mesurons la tension de la sortie sans

résistance de rappel, nous lisons toujours 0, quel que soit l'état des entrées. L'état bas de la sortie correspond à l'état passant du transistor, que nous mettons à profit pour exciter le relais de sortie de l'alarme. L'autre sortie est rappelée au potentiel positif par la résistance R6. Pourquoi utiliser ce circuit logique qui ne délivre pas de tension en sortie et nous impose des résistances de charge de l'étage de sortie ? Parce que, contrairement aux autres circuits de la famille CMOS, il admet des intensités relativement importantes : 120 mA à comparer aux 6,8 mA d'un 4093 (sous une tension d'alimentation de 15 V). Nous faisons donc l'économie d'un transistor et des deux résistances indispensables. La consommation du relais est d'une trentaine de milliampères sous 9 V, ce qui est loin des limites du circuit intégré. Nous ne sommes pas dispensés, malgré tout, de la diode de roue libre qui protège le transistor de sortie contre les surtensions au moment de l'ouverture du circuit.

la construction

La construction est sans surprise, grâce au circuit imprimé de la **figure 3**. Vous pouvez faire chauffer votre fer. Montez les circuits intégrés sur des supports et faites des soudures propres. Attention à l'orientation des diodes. Le relais aussi trouve sa place sur le circuit imprimé. Le tout sera ins-

tallé dans un coffret en matière plastique que vous aurez muni d'une prise pour la boucle de mesure (points A et B). Vous avez le choix entre une prise CINCH et une prise DIN puisqu'il n'y a que deux points à raccorder. Les contacts du relais alimenteront une sirène ou un avertisseur de votre choix, ou bien ils seront raccordés à une entrée d'une centrale d'alarme existante, à moins que vous vous contentiez d'un vibreur monté à la place de la bobine du relais.

pour finir

Vous devrez veiller à quelques détails au moment de l'installation de l'alarme. D'abord l'alimentation : comme l'ensemble ne consomme que 100 μ A en veille, une alimentation par piles ou accumulateurs convient parfaitement. L'alimentation par le secteur n'est pas recommandée, puisque le simple fait de retirer la fiche du secteur coupe l'alarme. De même l'avertisseur devra avoir une alimentation autonome. Vous pouvez utiliser des accumulateurs au cadmium-nickel, maintenus en charge par un petit bloc secteur. Cette solution évite le remplacement des piles.

Deuxièmement, il ne faut pas raccorder la sirène par une fiche ou une connexion facilement démontable. Il n'y a que la boucle de mesure qui doit être interrompue en cas d'effraction. Troisièmement, l'interrupteur marche-arrêt, pour mettre l'alarme en service au moment où vous quittez les lieux, ne doit pas être un modèle ordinaire, mais si possible un modèle à clef.

Enfin, le circuit est prévu pour une boucle de 10 résistances de 1 k Ω . Si vous avez moins d'appareils à surveiller, il faudra tout de même insérer les 10 résistances dans la boucle, ce qui est plus simple que de modifier le réglage des seuils. Ce réglage doit être fait par P1 de telle façon que la tension du point A soit au milieu de la fenêtre de 200 mV.

Rendormez-vous tranquilles.

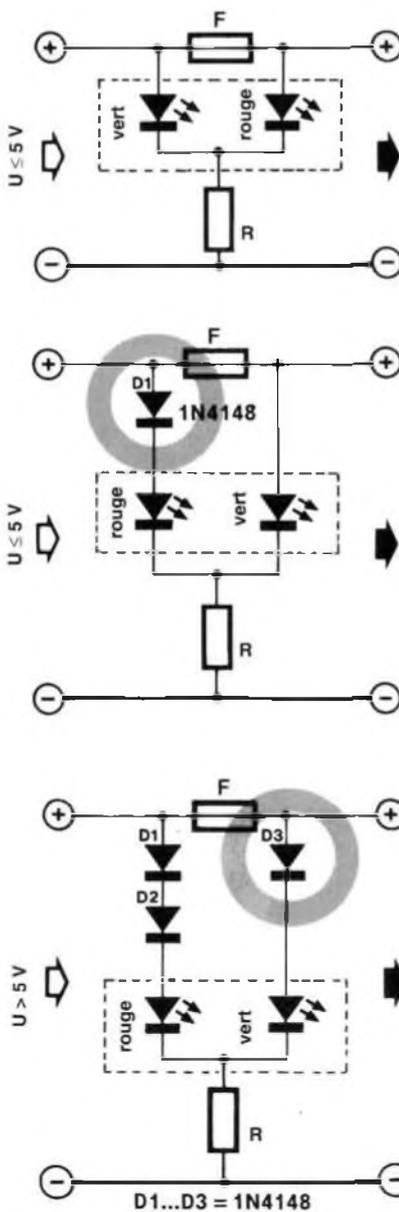
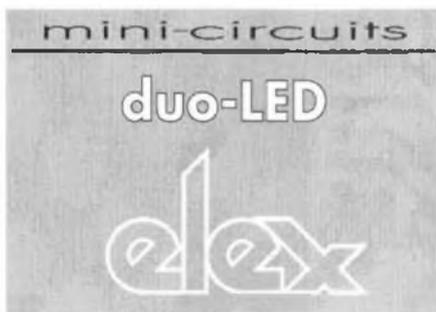
888089

Il y a des choses si simples que l'on ne pense même pas à y penser. Les lampes témoin en sont un excellent exemple dont nous avons entrepris de vous parler le mois dernier. Voici quelques indications supplémentaires, qui vous feront connaître un composant dont nous n'avons pas encore parlé dans ELEX, la LED bicolor. En solfège, on appelle *duolet* une figure rythmique dans laquelle la subdivision normale en trois unités d'égale durée cède la place (de façon généralement passagère) à une subdivision en seulement deux unités, néanmoins égales elles aussi. À l'inverse, le *triolet* – plus connu – est la figure rythmique dans laquelle la subdivision normale en deux moitiés égales cède la place, non moins passagèrement, à une subdivision en trois parties égales. Avec la duo-LED, nous remplaçons trois composants (c'est-à-dire deux LED et une résistance de limitation de courant) par deux (une LED bicolor et sa résistance de limitation)...

La LED bicolor se présente donc assez logiquement sous la forme d'un composant à trois broches (on pourrait aussi imaginer une LED qui changerait de couleur en fonction de la polarité du courant qui la traverserait, et qui n'aurait donc que deux broches). Le croquis ci-contre indique que la broche centrale est la cathode commune, avec d'un côté l'anode verte et de l'autre l'anode rouge. Un tel composant pourra être utilisé pour faire, par exemple, un excellent témoin de fusible dans un circuit d'alimentation en tension continue. Sur le schéma ci-contre, l'astuce consiste à se servir de la différence entre les deux seuils de tension des diodes électroluminescentes : la rouge conduit à partir de 1,6 V de tension à ses bornes, la verte ne s'allume qu'à partir de 2 V environ. Regardez bien ! F est le fusible à surveiller, avec en amont l'alimentation et en aval la charge. Tant qu'il est intact, les deux LED sont pour ainsi dire en parallèle. Quand la tension de service atteint 1,6 V, la LED rouge s'allume indiquant que le fusible est en bon état. Une fois que la diode rouge conduit, la verte ne peut plus s'allumer, car la tension n'atteint pas le seuil de 2 V.

Quand le fusible a sauté, seule la LED verte est allumée, car elle seule est alimentée.

Le fonctionnement d'un tel circuit est certes simple, mais le choix des couleurs



apparaît en contradiction totale avec les conventions : quand le fusible est bon, c'est la LED verte et non la rouge qui devrait s'allumer ; cette dernière devrait au contraire signaler que le courant ne peut plus circuler à travers le fusible. Pour obtenir cet affichage conforme à nos habitudes, intervertissons les deux LED, en ayant soin d'insérer une diode ordinaire en série avec la diode rouge, de façon à relever son seuil de conduction par rapport à la LED verte. C'est elle qui maintenant s'allume quand le fusible est en bon état, maintenant la tension à 2 V aux bornes de D1 et de la LED rouge, laquelle restera éteinte. Si le fusible saute, la LED verte n'est plus alimentée : la tension aux bornes de D1 et de la LED rouge atteint désormais les indispensables 2,2 V. Si le circuit vous plaît, mais que vous ne disposez pas de duo-LED, vous pouvez aussi le réaliser avec deux LED ordinaires. Dans un cas comme dans l'autre, il n'est utilisable qu'avec une tension continue.

Pour le calcul de la valeur de la résistance de limitation de courant montée en série avec la (les) LED(s), il faut partir de la tension d'alimentation, puis soustraire 2 V et diviser par 10 à 20 mA (selon l'intensité voulue pour le courant à travers la LED). Prenons l'exemple d'une tension d'alimentation de 5 V, le courant consommé par les LED ne devant pas dépasser la dizaine de milliampères. Nous aurons :

$$5 \text{ V} - 2 \text{ V} = 3 \text{ V}$$

$$3 \text{ V} : 10 \text{ mA} = 300 \Omega$$

et nous adopterons la valeurs normalisée la plus proche, soit 270 Ω ou 330 Ω, ce qui nous donnera en pratique un courant de 11 mA ou 9 mA.

Si la tension d'alimentation dépasse 5 V, n'hésitez pas à rajouter une diode dans chacun des deux circuits afin de protéger la LED verte. En effet, en cas de court-circuit en aval du fusible, la LED verte serait mise en parallèle avec la résistance de limitation R : la LED ne conduira pas, mais il se pourrait très bien que la chute de tension sur la résistance de limitation atteigne rapidement le seuil des 3 ou 4 V de tension inverse supportée par la LED. Ce risque disparaît si l'on rajoute cette diode en série. L'autre diode rajoutée dans le circuit de la LED rouge n'est là que pour compenser le décalage du seuil par la diode de protection rajoutée dans le circuit de la LED verte.

Service des Platines

Les platines sont gravées, percées, étamées et sérigraphiées.

Platines d'expérimentation ELEX

Format 1 : 40 mm x 100 mm.....	23,00 FF
Format 2 : 80 mm x 100 mm.....	38,00 FF
Format 3 : 160 mm x 100 mm.....	60,00 FF
DIGILEX	88,00 FF

EPS 83601



ELEX n° 5 novembre 1988

EPS 886087	Traceur de courbes de transistors	47,60 FF
EPS 34207	Testeur de thyristors et de triacs.....	28,60 FF

ELEX n° 7 janvier 1989

EPS 50389	Interphone à 2, 3 ou 4 postes	16,00 FF
-----------	-------------------------------------	----------

ELEX n° 17 décembre 1989

EPS 86799	Testeur d'amplis op.....	30,45 FF
EPS 886077	Mini-clavier.....	120,60 FF

ELEX n° 22 mai 1990

EPS 86765	modules de mesure : l'afficheur	43,00 FF
-----------	---------------------------------------	----------

ELEX n° 23 juin 1990

EPS 86766	modules de mesure : l'atténuateur.....	34,00 FF
-----------	--	----------

ELEX n° 24 juillet 1990

EPS 86767	modules de mesure : le redresseur ...	55,60 FF
-----------	---------------------------------------	----------

ELEX n° 25 septembre 1990

EPS 86768	modules de mesure : A et Ω-mètre ...	47,00 FF
-----------	--------------------------------------	----------

ELEX n° 25 octobre 90

EPS 886126	modules de mesure : spécial auto.....	49,00 FF
------------	---------------------------------------	----------

ELEX n° 28 décembre 90

EPS 87636	commande de train électrique	51,00 FF
-----------	------------------------------------	----------

ELEX n° 30 février 91

EPS 87653	bandit manchot	71,20 FF
-----------	----------------------	----------

ELEX n° 31 mars 91

EPS 87022	VUmètre stéréo universel.....	20,85 FF
-----------	-------------------------------	----------

ELEX n° 36 septembre 91

EPS 886034	récepteur DC.....	83,00 FF
EPS 886071	dipmètre.....	46,00 FF

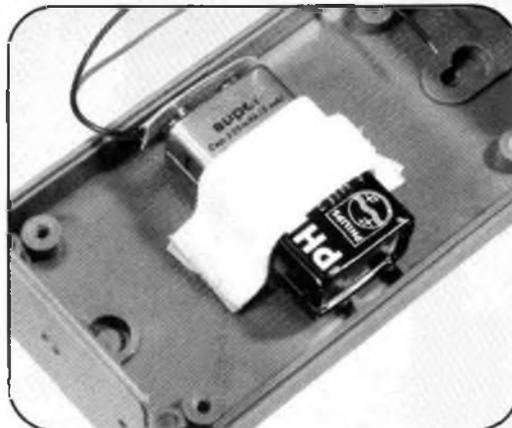
ELEX n° 37 octobre 91

EPS 87640	transmission BF dans l'infrarouge.....	52,55 FF
-----------	--	----------

PUBLITRONIC

ELEXPERV

ceci n'est



pas une

bande Velcro®

Elex fait dans la mercerie maintenant ? Tiens, tiens... On va bientôt y trouver des montages électroniques avec des lacets de chaussures et des fermetures éclair ! Déjà qu'on utilise des boutons, du fil, des brides, des bobines, des tresses et même – pour certains d'entre nous – des canettes en tous genres... C'est incontestablement une idée saugrenue que de vous envoyer au rayon "mercerie" pour vos fournitures de matériel électronique. La pratique néanmoins montrera qu'elle n'est pas dépourvue d'efficacité.

Scratch ! La bien nommée bande de velours à crochets (nous croyons savoir que c'est de là que vient l'acronyme *velcro*) est une belle invention, inspirée d'ailleurs par des structures végétales, et française de surcroît, sauf erreur de notre part. On peut toujours pousser un *cocoric(r)ochet*, on ne risque pas grand-chose. Pourquoi n'utiliserions-nous pas cet accessoire de mercerie pour fixer, dans nos boîtiers électroniques, toutes sortes d'accessoires semi-mobiles, comme par exemple les piles, ou même les platines elles-mêmes, les torons de fils, voire des parties de coffret comme par exemple un couvercle, un panneau arrière ou, tant qu'à faire, une face avant ?

Le système est remarquablement efficace pour résister aux forces de traction parallèles aux bandes de fixation. Une légère pression de la bande de pseudo velours sur la bande à crochets suffit pour immobiliser même des objets assez lourds. Une simple traction perpendiculaire au plan des deux bandes suffit pour libérer l'objet. La bande velcro n'est pas spécialement bon marché, mais son rapport efficacité/prix est excellent puisqu'il n'existe guère de système universel de fixation à la fois aussi simple et aussi fort. Là où il est impossible de coudre la bande en raison de la nature du support (métal, matière plastique, bois, etc), il faut la coller soit avec une colle de contact, soit avec une colle époxy.