

électronique

n° 55

mai 1993

23 FF/168 FB/8,20 FS
mensuel

elekt

le calcul des composants

connaître et utiliser les **C**omposants
Montés en
Surface

explorez l'électronique

mini-enceintes actives pour baladeur

avec dessin de
circuit imprimé



testeur d'amplificateurs opérationnels

M 2510 - 55 - 23,00 F



Photo Iwan Peters

VIDEO

CABLE PERITEL PROFESSIONNEL

Ce câble est le seul permettant d'exploiter toutes les possibilités de la prise péritelvision, en particulier sur les magnétoscopes de dernière génération et les lecteurs laser disc video qui sortent en RVB. Les coax et blindés sont à blindages séparés - 6 coax 75 Ω vidéo - 4 blindés BF - 4 tensions de commutation

Le mètre 101.3415 37,94F HT **45,00F TTC**
 les 10 m 101.3417 303,54F HT **360,00F TTC**

PLUS QUE JAMAIS ETONNIFIANT !

- 1 x quartz 3,2768 MHz - 4 x DL-470
 - 1 x cordon spécial péritelvision - 1 x 68705
 - 1 x alim secteur 12 V - 1 x quartz 4,000 MHz

L'ensemble 101.3298 **119,00F TTC**
 Par 10 seulement **115,00F TTC**

LA PROMO DU MOIS

FIATLUX

(Voir notre catalogue page 13/19)

Système miniature d'allumage de lampes à détection de passage infra-rouge, pour minuteriers, etc...
 800 W max.
 Dimensions : 85x56x35 mm
 Kits fournis avec boîtier percé

Version murale 102.9346 ~~220,00F~~ **165,00F TTC**
 Version plafonnier 102.9353 ~~230,00F~~ **172,50F TTC**

DIODE LASER
 TOLD-9200 TOSHIBA

Puissance optique utile : 2 mW / 3 mW max
 Livrée avec fiche individuelle de paramètres.
 Sans optique de collimation.

TOLD-9200 102.7968
PRIX SPECIAL 379,43F HT 450,00F TTC

ALIMENTATIONS

ALIMENTATION A DECOUPAGE POUR PC

Superbe bloc d'alimentation de puissance pour PC, CB, ou toute autre utilisation. Avec ventilateur de refroidissement et connectique normalisée PC

ENTREE : 115 / 220 V - 50 Hz
 SORTIES : + 5 V / 20 A
 + 12 V / 12 A
 - 12 V / 1 A

Dimensions : 15 x 14 x 24 cm
 Poids : 3 kg

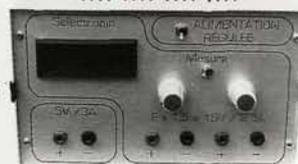
Le bloc 101.4129
PRIX FOU ! 109,19F HT 129,50F TTC



ALIMENTATION MULTI-TENSIONS ECONOMIQUE

2 sections variables 1,5 à 15 V / 2,5 A
 1 sortie 5 V / 3 A
 Toutes sorties flottantes permettant la mise en série ou parallèle.
 (30 V / 2,5 A ou 15 V / 5 A)
 De qualité professionnelle et spécialement conçue pour l'enseignement, l'amateur, le labo, etc...

Le kit complet avec face avant autocollante gravée et boîtier 101.7225 666,10F HT **790,00F TTC**



MESURE

MULTIMETRES PROFESSIONNELS DE LABO

La haute précision devient vraiment abordable !

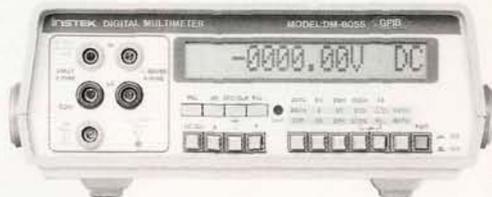
DM-8045 G



20.000 points / 4 1/2 digits
 * 6 fonctions : DCV, ACV, DCA, ACA, W, et test de diodes.
 * Mesures en EFFICACE VRAI (true RMS) en alternatif ou DC+AC
 * Précision de base : 0,03%
 * Mesure jusqu'à 1200 V et 20 A
 * Zéro automatique
 * Circuit de protection sur toutes les gammes
 * Haute résolution : 10 µV, 10 nA, et 0,01 Ω
 * Affichage LED de 13 mm

DM-8045G 101.5580 2445,19F HT **2900,00F TTC**

DM-8055



Multimètre 7 fonctions / 200.000 points (5 1/2 digits) intelligent
 * Précision de base : 0,006% !
 * Mesure des résistances en 2 ou 4 fils
 * Mémoire des MAX / MIN
 * Mesures automatiques à intervalles programmables
 * Mesures relatives
 * Mesure des dBm
 * Changement de gamme automatique ou manuel
 * Haute résolution : 1 µV, 1 mΩ, 1 nA
 * Affichage LCD 13 mm

En option: Interface IEEE-488
 DM-8055 101.5582 5269,81F HT **6250,00F TTC**
 Interface IEEE 101.5583 1475,55F HT **1750,00F TTC**

Pour ces 2 appareils, documentation détaillée en français sur simple demande

MIC-39



TRUE RMS
696,00F TTC

La version EFFICACE VRAIE du célèbre MIC-37 !
 Mêmes performances et même qualité que notre MIC-37 mais mesures en mode efficace vrai (TRUE RMS) en alternatif.

MIC-39 101.3943 586,85 F HT **696,00 F TTC**

3616 SELECTRO

Voilà le code d'appel du serveur Minitel SELECTRONIC. Il vous offre :
 - un service d'assistance et de renseignements techniques
 - les dernières nouveautés et promotions
 - des informations, des petites annonces classées Etc...
 - TELECHARGEZ UN ASSEMBLEUR 68705 POUR PC
 - TESTEZ VOS CONNAISSANCES EN ELECTRONIQUE ET GAGNEZ UN SUPERBE MULTIMETRE !



Selectronic
 CATALOGUE GENERAL



TOUT LE RESTE SE TROUVE DANS LE CATALOGUE GENERAL ELECTRONIC 1993
 Envoi contre 25,00 F en timbres-poste

ALARME



MODULES OPTIONNELS POUR TOUT SYSTEME D'ALARME

PA-1 EMETTEUR-RECEPTEUR CODÉ POUR TÉLÉ-ALARME.

- Vous prévient à distance d'une tentative de vol sur votre véhicule (également utilisable sur alarme domestique)
 - Utilisable sur toute centrale (pour CA-6000, nous demander le schéma d'adaptation)
 - Alimentation : 12 V continu
 - Portée : environ 3 km (selon antenne et environnement)



PA-1 101.4470 581,79 F HT **690,00 F TTC**

ST-1 ANTENNE "STRIP-LINE"

Spécialement étudiée pour le PA-1, si vous n'avez pas ou ne désirez pas utiliser l'antenne de votre auto-radio. Montée sur support auto-collant 3M. Longueur 42 cm

ST-1 101.4510 71,67 F HT **85,00 F TTC**

CS-01 SIRENE D'HABITACLE MODULEE

Sirène pour tout véhicule et alarme domestique.
 - Auto-alimentée par accu incorporé et auto-protégée.
 - Alimentation : 12 V continu
 Se déclenche en même temps que l'alarme principale et sur tentative de sabotage. Son très perçant. Niveau sonore : 110 dBA à 1 m
 Dimensions : 11 x 7 x 4 cm



CS-01 101.4512 333,90 F HT **396,00 F TTC**

MW-100 DETECTEUR HYPER-FREQUENCES

CE QUE VOUS ATTENDEZ POUR COMPLETER VOTRE INSTALLATION !

IDEAL pour protéger les cabriolets, ou pour laisser ouvert une vitre ou votre toit ouvrant en été !
 Le RADAR ne sera pas déclenché par un courant d'air ou un changement de température, mais uniquement par une intrusion !
 - Système à codage d'impulsions pour éviter les fausses alarmes.
 - Alimentation 12 V continu
 - Sortie de déclenchement négative (par mise à la masse)
 - Compatible avec toute centrale (pour CA-6000, nous demander le schéma d'adaptation)



MW-100 101.4520 412,31 F HT **489,00 F TTC**

Selectronic
 LA PASSION DE L'ELECTRONIQUE

VENTE PAR CORRESPONDANCE
 B.P. 513 - 59022 LILLE CEDEX - TEL: 20.52.98.52 - FAX: 20.52.12.04

lecture

Rési & Transi : bande dessinée	4
Le calcul des composants : suite	22
Composants Montés en Surface	30
Astuce : sonde de courant	45
« Alors, sagace ? »	46
Excuse : Targui	46
Petites Annonces Gratuites	60

au sommaire d'elex 55, mai 1993

- 6 une fiche Péritel universelle
- 8 une paire d'enceintes actives miniature pour votre baladeur avec dessin de circuit imprimé
- 14 un voltmètre acoustique avec dessin de circuit imprimé !
- 26 un métronome à tic-tac avec dessin de circuit imprimé !
- 32 un chasse-taupe non-violent avec dessin de circuit imprimé !
- 35 une commande de changement de direction pour modélisme ferroviaire avec COMPOSANTS MONTÉS EN SURFACE et dessin de circuit imprimé !
- 45 un leurre électronique pour la pêche avec COMPOSANTS MONTÉS EN SURFACE et dessin de circuit imprimé !
- 48 une alarme domestique avec centrale et (jusqu'à) 14 postes et dessin de circuit imprimé !
- 52 un testeur d'amplificateurs opérationnels
- 50 un générateur BF (suite et fin)
- 56 une sonnerie à deux tons amortis avec dessin de circuit imprimé !

réalisations

Qui est l'auteur de ce philosophique bêt-rimé :
« Sommes-nous pas un peu semblables aux moutons ?...
Nous fuions celui qui, simplement, nous dérange,
Pour courir dans les bras de celui qui nous tend
Et nous mange. » ?
Réponse le mois prochain, même place, même humeur !

Annonceurs: AG ELECTRONIQUE p. 29 -
B.H. ÉLECTRONIQUE p. 29 -
CIF p. 7 - COMPOSIUM p. 29 -
DIPTAL p. 59 - J.REBOUL p. 29 -
LAYO FRANCE p. 29 - LOISIRS ELECTRONIQUES p. 29 -
MAGNETIC FRANCE p. 53 - MEDELOR p. 29 - MICROPROCESSOR p. 29 -
NICE COMPOSANTS DIFFUSION p. 29 -
PUBLITRONIC pp. 45, 61, 62 et 63 -
SÉLECTRONIC pp. 2, 61, 62 et 64 -
TSME p. 29 - Urs MEYER ELECTRONIC SA p. 29 -



LES BIDOUILLES DE

DIS DONC...



...T'EN AS UN SACRE COCARD!

C'EST CETTE FICHUE CAMERA VIDEO



BEN... JE M'ETAIS MIS SUR LA PLANCHE A ROULETTES POUR FAIRE UN TRAVELLING...

JE VOIS!... ALORS, LA VIDEO, C'EST FINI?

TU DEVRAIS D'ABORD PASSER TON BREVET DE PILOTE... DE SKATE! ...



POURQUOI EST-LE QUE DANS LES RADIOS, TELES ET CERTAINS CIRCUITS H.F. ON TROUVE CES BOBINES DE FIL TRESSE FINEMENT?

C'EST CE QU'ON APPELLE LE FIL DE LITZ



IL Y EN A MEME QUI CROIENT DEVOIR PARLER DE "FIL DE LITZENDRAHT"!

... EN ANGLAIS, J'AI ENTENDU PARLER DE "LITZENDRAHT WIRE"!

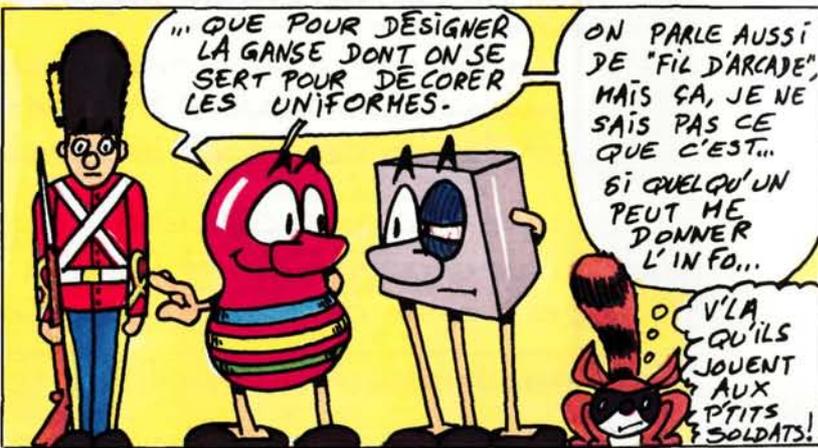


ET CE LITZ, IL EST DE LA BANDE A HERTZ, OH, AMPERE ET FILS?

RIEN A VOIR! LITZ N'EST PAS UN HOMME



LE MOT VIEN DE L'ALLEMAND: FIL DIVISE SE DIT "LITZENDRAHT" ET "LITZE" EST LE MOT QU'ON UTILISE AUSSI BIEN POUR DESIGNER LE FIL ELECTRIQUE DE LA SONNETTE...



... QUE POUR DESIGNER LA GANSE DONT ON SE SERT POUR DECORER LES UNIFORMES.

ON PARLE AUSSI DE "FIL D'ARCADE" MAIS SA, JE NE SAIS PAS CE QUE C'EST... SI QUELQU'UN PEUT ME DONNER L'INFO...

... V'LA QU'ILS JOUENT AUX PETITS SOLDATS!



"FIL DE LITZ" EST DONC UN TERME IMPROPRE CONSACRE PAR L'USAGE, DONT TOUT LE MONDE SAIT QU'IL FAIT SOUVENT N'IMPORTE QUOI...

J'EN CONNAIS UN AUTRE DE CE GENRE!

S'IL N'Y EN AVAIT QU'UN!

C'EST LE SUBSTANTIF "CONTROL"



EXACT! ON LE TRADUIT PAR "CONTROL", ALORS QUE LE PLUS SOUVENT IL EST QUESTION DE COMMANDE, DE DOSAGE, DE PILOTAGE, DE REGLAGE, DE GESTION, DE MASTRISE, MAIS RAREMENT DE CONTROL! EUPHEMISME OU COQUECIGRUE?

RESI & TRANSI[®]



DESSINS : YVON DOFFAGNE - COULEURS : COOKY F.

IL Y A AUSSI "EMULATION", QUE L'ON TRADUIT PAR ÉMULATION, QUI A, EN FRANÇAIS, LE SENS DE CONCURRENCE, ZÈLE.

DES LETTRES SCRUPULEUX ONT PROPOSÉ "IMITATION" *

AH...

OH!...

ON TROUVE AUSSI "ENCODAGE", POUR L'ANGLAIS "ENCODING", ALORS QUE LE MOT FRANÇAIS EST CODAGE!

MOI, J'AI BIEN ENTENDU UN SNOB S'ÉCRIER "C'EST INOUI" DEVANT UN TABLEAU!

ET LES ENCEINTES ACOUSTIQUES QUE TOUT LE MONDE APPELLE "BAFFLE" (MASCULIN OU FÉMININ?) ALORS QUE CE TERME ANGLAIS NE DÉSIGNE QUE LE PANNEAU (ÉCRAN) SUR LEQUEL SONT MONTÉS LES H.P.

AUTRE CHOSE : AS-TU DÉJÀ PENSÉ AUX NUANCES DE SENS ENTRE "COMMANDE D'INTENSITÉ", "COMMANDE DE COURANT", ET "COMMANDE EN COURANT", POUR L'ANGLAIS "CURRENT CONTROL"?

TU T'EN FICHES, HEIN?

DÏSONS QUE TU COMMENCES À ME PRENDRE LA TÊTE!

TU L'AS DIT, BOUFFI!

DES APPROXIMATIONS DU GENRE, IL Y EN A DES WAGONS, EN ÉLECTRONIQUE. VOÏRE DES CONVENTIONS FAUSSES. PAR EX: NOUS REPRÉSENTONS LE SENS DU COURANT QUI CIRCULE DANS UN CONDUCTEUR PAR UNE FLÈCHE DU ⊕ AU ⊙. OR, C'EST L'INVERSE

SI ON SE MET À PAGAYER DANS LA VASE QUI DORT, ON N'Y VERRA BIENTÔT PLUS RIEN!

JE VOULAIS SIMPLEMENT QUE TU M'EXPLIQUES LE FIL DE... ÇA OSE, LÀ. COMMENT DÉJÀ?

...FIL DIVISÉ À BRINS ISOLÉS DIT "FIL DE LITZ"! ON VERRA ÇA LA PROCHAÎNE FOIS!...

"... PARCE QU'IL ME PARAÎT IMPOSSIBLE DE TE FAIRE ENTRER ÇA DANS LE SILICIUM AVEC SEULEMENT UNE CASE!

C'EST MALIN!

"... DÏS TOUT DE SUITE QUE JE SUIS COMPLÈTEMENT IDÏOT?!"

PAS COMPLÈTEMENT! SEMI! SEULEMENT SEMI!

* AU FAÏT, LE LETTRE SCRUPULEUX DONT IL EST QUESTION PLUS HAUT EST: MICHEL FLEURY, IN DICTIONNAIRE ENCYCLOPÉDIQUE D'ÉLECTRONIQUE ANGLAIS-FRANÇAIS, MAISON DU DICTIONNAIRE, PARIS 1991. OUVRAGE EXCELLENT, MAIS CHER. À SE FAIRE PLÛTÔT OFFRIR.

12

45

52

prise PERITEL

Ceux qui veulent connecter les uns aux autres toutes sortes d'appareils audio et vidéo, sont confrontés à des problèmes de prises que nous voulons les aider à résoudre avec celle-ci. Elle sera le passage obligé entre les divers appareils à relier ensemble, puisqu'elle permet de faire correspondre un connecteur BNC, par exemple, à un connecteur SCART. La montage présenté ici combine sur une même prise SCART des connecteurs BNC, pour les signaux vidéo, et cinch (ou RCA) pour des signaux audio.

Ce que vous connaissez sous le nom de péritel, nous l'appelons SCART. Est-ce manquer à la règle que nous nous sommes fixée de parler français dans ELEX? "Péritel" est plus grec que gaulois, puisque *peri*, c'est "autour" et *tele*, "au loin", mais ici, "télé". Vous serez peut-être surpris d'apprendre que SCART est l'acronyme de « Syndicat des Constructeurs d'Appareils de Radio et de Télévision ». Cette organisation a créé la prise péritel pour résoudre les problèmes de connexions entre les téléviseurs et leurs "périphériques" tels que magnétoscopes, ordinateurs etc. Cette prise permet de remplacer une forêt de câbles et de connecteurs de toutes formes et de toutes dimensions par un seul câble et deux prises normalisées. L'économie réalisée par cet instrument est indéniable bien qu'il ait surtout été créé pour faciliter la tâche de l'utilisateur. Ses 20 plots le rendent pratiquement universel. Le présent projet n'en emploie que quelques uns comme vous le voyez sur la figure 1. Nous sommes partis du principe qu'une majorité de personnes disposait d'un téléviseur et d'un magnétoscope sans stéréophonie. Dans ce cas, seules les entrées et sorties principales de la prise SCART sont utilisées, à savoir les entrées-sorties vidéo et audio. Ceux que le câblage complet de la prise intéresse, le trouveront sur le tableau 1. Les bornes marquées d'un astérisque (et périls eut ajouté Jules) sont celles qui nous concernent. Auparavant, expliquons le rôle de celles qui peuvent poser question.

En face de la borne 1 sur le tableau, vous lisez "droite ou K2". Le "K" est là pour "Kanal", ce deuxième canal n'est pas disponible sur le téléviseur dont nous parlons, c'est la voie droite audio des

appareils équipés pour recevoir les émissions stéréophoniques ou les émissions codées en binaire. Le canal gauche, ou K1, est donc celui auxquels répondent nos "vieilles" télé mono. La borne 8, que nous ne câblerons pas, est une borne de "commutation lente". Le signal qu'elle reçoit d'un périphérique fait commuter le téléviseur de récepteur d'émission TV, si c'est un "0" qui lui est appliqué, à récepteur des signaux périphériques, si le périphérique lui envoie un "1". La tension fournie par le périphérique qui correspond à "1" est de 9,5 à 12 V. La borne 21 n'est en rapport à aucune broche, elle correspond à l'emballage métallique qui forme le blindage de la prise. Passons maintenant à la fabrication de notre prise universelle.

TABLEAU 1

BORNE	SIGNAL
1	SORTIE AUDIO, VOIE DROITE OU K2
2	ENTRÉE AUDIO, VOIE DROITE OU K2
*3	SORTIE AUDIO VOIE GAUCHE OU K1 (OU MONO)
*4	MASSE AUDIO
5	MASSE "BLEU"
*6	ENTRÉE AUDIO GAUCHE OU K1 (OU MONO)
7	ENTRÉE COMPOSANTE "BLEU"
8	ENTRÉE "COMMUTATION LENTE"
9	MASSE "VERT"
10	HORLOGE (OU LIBRE)
11	ENTRÉE COMPOSANTE "VERT"
12	COMMANDE À DISTANCE (OU LIBRE)
13	MASSE "ROUGE"
14	MASSE COMMANDE À DISTANCE (OU LIBRE)
15	ENTRÉE COMPOSANTE "ROUGE"
16	ENTRÉE COMMUTATION RAPIDE (BLANKING)
*17	MASSE VIDÉO
18	MASSE COMMUTATION RAPIDE (BLANKING)
*19	SORTIE VIDÉO
*20	ENTRÉE VIDÉO
21	BLINDAGE DE LA FICHE (ET OU MASSE)

Il n'est pas indispensable de choisir des connecteurs BNC pour les signaux vidéo, et *cinch* pour les signaux audio comme nous l'avons fait. Tout dépend bien sûr de ce que vous désirez raccorder à votre téléviseur. Sur notre prototype (figure 2),

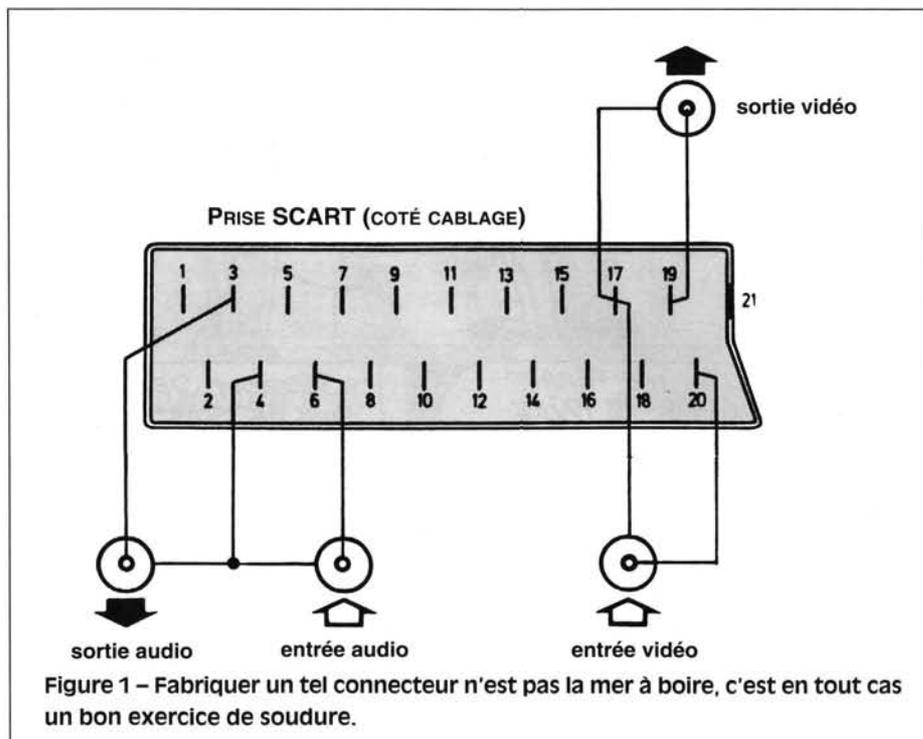


Figure 1 - Fabriquer un tel connecteur n'est pas la mer à boire, c'est en tout cas un bon exercice de soudure.

universelle

l'entrée audio se fait par une fiche *cinch* femelle enfermée dans le corps de la fiche péritel. La sortie audio se fait par une prise châssis fixée sur une des moitiés du boîtier. Les entrées et sorties vidéo, connecteurs BNC, sont fixées à côté de la borne *cinch*, comme vous le voyez sur l'illustration. Il n'est pas nécessaire pour établir les liaisons de prendre du câble coaxial, du fil de câblage ordinaire peut suffire. Vous éviterez de faire fondre le plastique de la prise SCART lors des soudures en le protégeant avec un produit "givrant" ou, à défaut, du "fluide glacial"...

886002

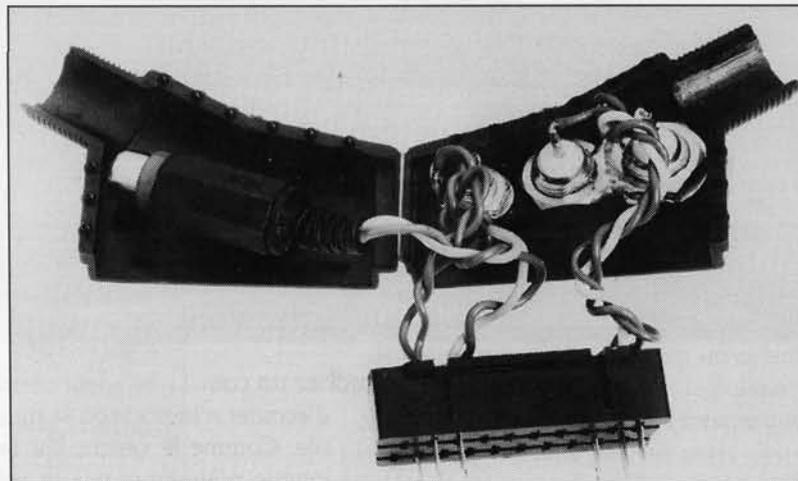
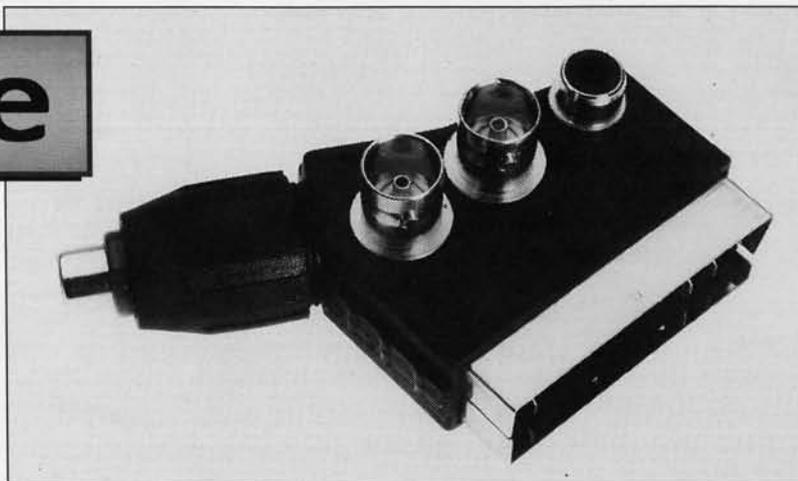


Figure 2 - L'entrée audio se fait par une fiche femelle *cinch* insérée dans le boîtier (sur la gauche). Les autres connexions, sortie audio, entrée-sortie vidéo, se font par des prises de châssis BNC et *cinch*.

explorez l'électronique

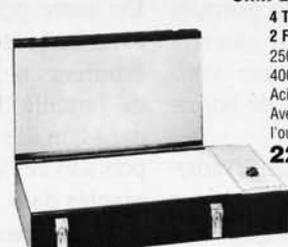
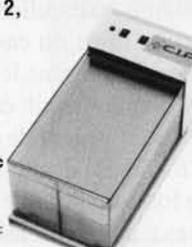
GRAVURE

GRAV'CI 1 et 2,

MACHINES A GRAVER A MOUSSE

A partir de **1300 FTTC**

FABRICATION CIF



INSOLATION

CHASSIS SIMPLE FACE

4 TUBES
2 FORMATS
250 X 400 mm
400 X 600 mm
Acier
Avec sécurité à l'ouverture

2205 FTTC

PERCEUSE 30 000 TOURS

220 V direct avec ou sans variateur de vitesse

640 FTTC

+ support à colonne stable rigide poids 6 kg **840 FTTC**



MACHINE A GRAVER VERTICALE

2 faces avec chauffage (PVC soudé).

1498 FTTC



PROTEGER VOS LOGICIELS ET VOS P.C SESAME



Interdisez une partie ou la totalité de votre disque dur. Autorisez l'usage d'un seul logiciel par un mot de passe. (existe en version multiposte)

monoposte **399 FTTC**

CIAO

Version 2

Reconnu d'intérêt pédagogique par le Ministère de l'E.N.
Dessins de circuits sur PC, XT, AT ou compatible. Carte Hercules, EGA, VGA. Sortie sur imprimante et sur traceur (compatibilité HPGL).
Tracé du plan d'implantation. Tracé du typon simple et double face, duplication de circuit, dossier de fabrication.

Bibliothèque composants interactive.
CIAOP Permet de percer en automatique les circuits imprimés.

903 FTTC
Version multiposte sur demande

MEMO 3.0

INTERACTIF

Base de données qui permet de trouver parmi 10 000 composants ; recherche par nom, par fonction ou par caractéristiques ; recherche d'équivalences. Pour PC, XT, AT ou compatible fonctionnant sous MS-DOS. Carte graphique MGA, CGA, EGA, VGA, Hercules, mono ou couleur. Imprimante compatible EPSON.

Il faudrait plusieurs milliers de francs de documentation pour remplacer ce logiciel.

625 FTTC

FINDER PRO

Nouvelle Version

Base de données interactive qui permet de rechercher et de créer des composants.
10 000 composants en plus de mémo finder ; peut rechercher des équivalences paramétrées, créer de nouvelles formes de boîtier.
Edition de listings ; de fiches techniques ; système d'aide.

2095 FTTC
PROMO 1055 FTTC
Version multiposte sur demande

BORDMAKER II

En Français

Saisie de schémas, dessins de circuits imprimé jusqu'à 8 couches. Auto-routeur.
7 zooms.
Possibilité de créer des cartes jusqu'à 430 x 430 mm.

Menus déroulants, bibliothèque de composants avec éditeur. En option : autorouteur. Coefficient de satisfaction très élevé chez tous les utilisateurs. Prise en main aisée.

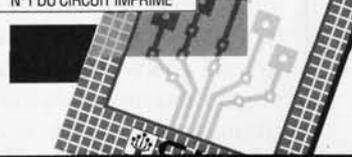
NOUVEAU

LA SOLUTION GLOBALE ELECTRONIQUE :

- MATERIEL
- PRODUITS
- LOGICIELS
- CIRCUITS IMPRIMES

Pour la réalisation des protos et des petites séries

Demandez le CATALOGUE € 5 N°1 DU CIRCUIT IMPRIMÉ



Le N°1 du C.I.

C.I.F distribue en exclusivité

- les coffrets ESM
- OK TOOLS
- Outillage
- Soudage
- Wrapping

Asseyez-vous
et fermez les yeux.

Ces petites enceintes vont

mini enceintes actives

**pour
vous
aérer
les
oreilles**

vous en boucher un coin. Le baladeur permet à chacun d'écouter n'importe où sa musique préférée. Comme le casque est fatigant à la longue, nous avons mis au point pour les postes de radio miniature, les baladeurs et autres lecteurs portatifs de disques compacts, un accessoire très utile. Il permet de « hisser » le volume d'un baladeur à un niveau suffisant pour l'écoute normale dans une pièce. Le baladeur devient sédentaire et vous profitez sans vous meurtrir les oreilles d'un son de bonne qualité.

Le but des fabricants semble être de ramener tous les appareils à des dimensions aussi petites que possible. Alors qu'il était presque impossible de soulever les premiers postes de télévision, on en trouve maintenant, à cristaux liquides, qui se logent dans une poche sans vous faire pencher sous le poids. Les appareils d'enregistrement et de reproduction sonore ont été les premiers sur cette voie. Les antiques magnétophones à bande et à tubes ont cédé la place aux baladeurs. Les haut-parleurs sont devenus presque invisibles dans des casques qui donnent des résultats acoustiques exceptionnels. Le grand avantage de ces appareils miniaturisés est qu'ils sont très facilement transportables, mais la miniaturisation ne va pas sans quelques inconvénients.

Pour commencer, il est pratiquement impossible pour un électronicien amateur moyen de remédier à une panne ou un défaut éventuels. La misère commence

dès la tentative d'ouverture du boîtier. Autrefois il suffisait de retirer quelques vis ; maintenant, les systèmes à encliquetage sont de plus en plus répandus, la frustration arrive à un point tel qu'on finit presque par sauter sur son ouvre-boîte, ou sur sa masse et son burin (un bon surin ferait l'affaire).

Un autre problème particulier se pose avec les baladeurs, celui du casque. Les écouteurs ne recouvrent plus le pavillon de l'oreille, ils disparaissent carrément dans l'oreille. L'inconvénient de ces petits pois sonores se manifeste quand ils ont été plantés dans le fond de l'oreille pendant quelques heures : on en a les oreilles rouges, pas seulement par la qualité sublime du son, mais par l'impression d'avoir un corps étranger dans les oreilles.

Un peu de repos pour les oreilles serait bienvenu au bout d'un certain temps. Si vous voulez continuer à écouter de la musique pendant que vos oreilles se reposent, nous vous conseillons ces mini-enceintes. Elles sont idéales si, pour un certain temps, vous n'envisagez plus de balade et comptez rester à la même place. Chaque enceinte est équipée d'un haut-parleur à large bande et de son propre amplificateur, d'une puissance de 5 watts. Avec une puissance pareille, une enceinte mérite on ne peut mieux le qualificatif « active » ; la qualité de reproduction sonore est étonnante pour un haut-parleur nain comme celui-ci.

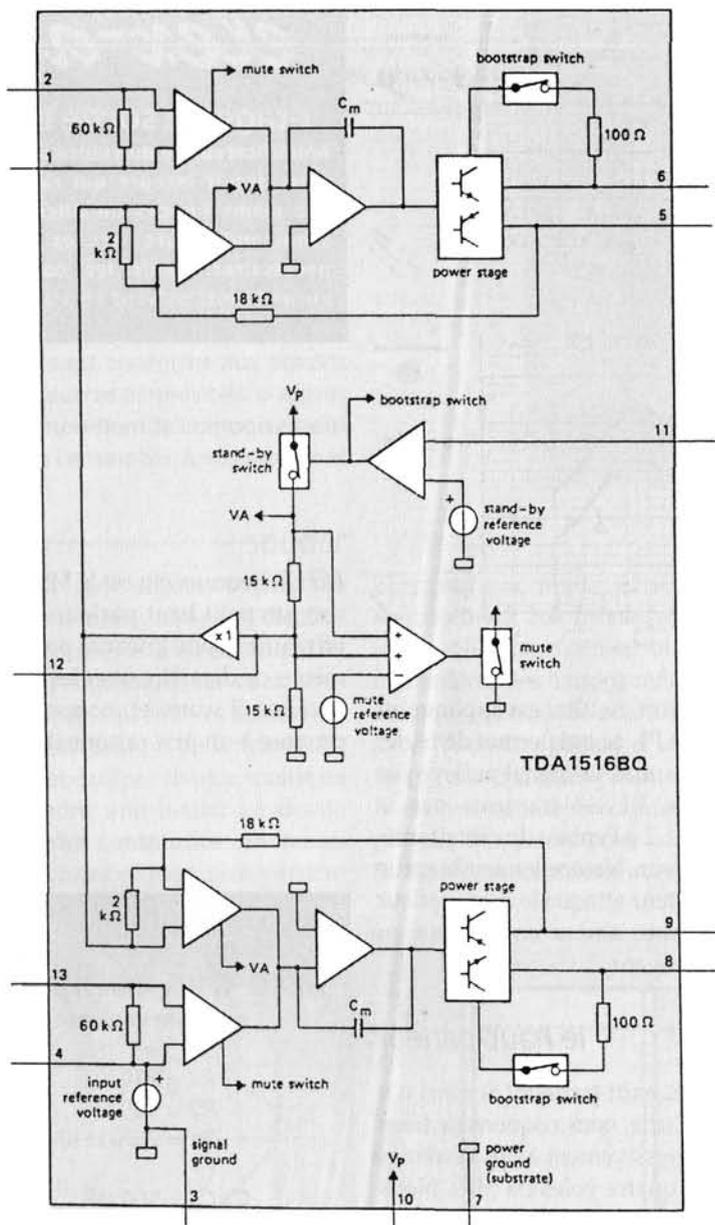


Figure 1 – Le synoptique interne du circuit intégré montre deux amplificateurs « ordinaires » que nous utiliserons en pont ou en « H ». Les montages pouche-poule que nous connaissons comportent en général un gros condensateur entre la sortie et le haut-parleur. Dans ce montage-ci, les deux étages de sortie sont en opposition de phase. Ils représentent les jambes verticale du H majuscule. Le haut-parleur est connecté en travers, c'est la barre horizontale du H. Cette disposition présente plusieurs avantages : pas de condensateur volumineux, pas d'atténuation des graves par le condensateur, la tension de crête à crête disponible aux bornes du haut-parleur est le double de la tension d'alimentation...

l'électronique

Comme les dimensions des enceintes doivent être en rapport avec celles du baladeur, il ne reste guère de place dans la boîte pour l'amplificateur. C'est une des raisons qui nous ont fait choisir un circuit intégré comme amplificateur de puissance. Le synoptique de la figure 1 montre que la puce abrite non pas un mais deux étages de sortie. La figure 2 confirme qu'il ne manque pas grand chose à l'intérieur pour que l'amplificateur fonctionne. Les condensateurs C3 et C4 stabilisent comme il convient la tension d'alimentation de 12 V. Le signal d'entrée est tout d'abord appliqué à un filtre passe-bas constitué de R1, R2 et C1. Ce réseau contribue à donner au montage une courbe de réponse en fonction de la fréquence aussi plate que possible.

Cette correction était-elle nécessaire ? Nécessaire est un grand mot. Utile, oui. Le comportement du haut-parleur s'en trouve amélioré, comme le montrent les courbes des figures 3 et 4. La figure 3 montre la courbe de réponse de l'ensemble terminé sans le réseau de correction de fréquence. Les petites dimensions de l'enceinte font apparaître une augmentation nette de l'amplitude à partir de la fréquence de 1000 Hz. Le réseau de correction écrase en grande partie les excroissances, pour donner une courbe plus proche de l'horizontale, celle de la figure 4. La courbe B de cette figure montre combien est important le choix de l'emplacement d'un haut-parleur. Dans ce cas, l'enceinte était placée sur une étagère entre des livres, ce qui donne une courbe encore un peu plus plate. Quelques essais dans des emplacements différents valent largement la peine.

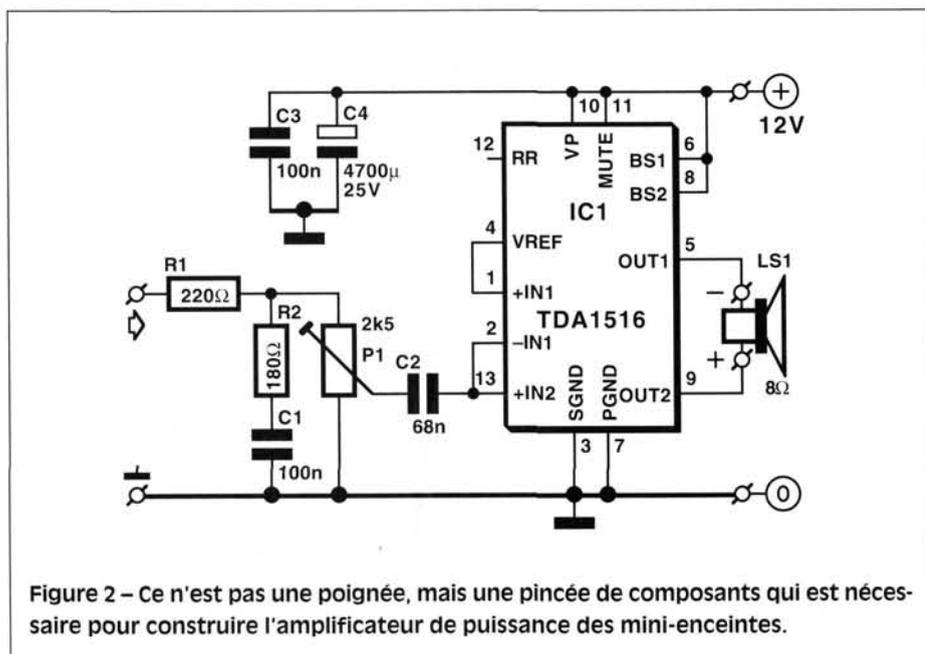


Figure 2 – Ce n'est pas une poignée, mais une pincée de composants qui est nécessaire pour construire l'amplificateur de puissance des mini-enceintes.

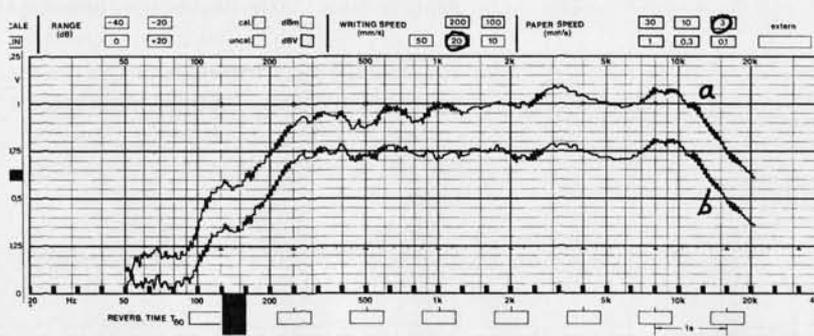
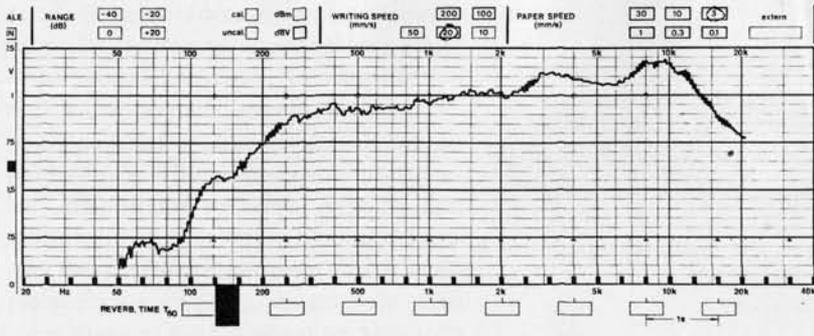


Figure 3 - La courbe de réponse de la mini-enceinte sans correction montre ce que laissait craindre la petite dimension du haut-parleur : une montée franche à partir de 1000Hz.

Figure 4 - Un réseau de correction tout simple améliore grandement la situation : la courbe s'aplatit. La courbe supérieure (a) est obtenue avec une enceinte « isolée ». La courbe inférieure, beaucoup plus plate, est obtenue avec la même enceinte, mais placée cette fois entre des livres sur une étagère. Un effet similaire peut être obtenu en plaçant l'enceinte contre un mur ou une armoire.

Figure 5 - Petites enceintes, petit circuit intégré, petit circuit imprimé. Le câblage sera vite fait. Notez le parcours des pistes d'alimentation. Il est loin d'être quelconque : c'est le condensateur qui alimente le circuit intégré. On aurait pu relier le picot positif directement au condensateur C3 mais le résultat aurait été moins bon. Toutes les bizarreries du tracé ont leur raison d'être.

Le signal qui sort du filtre est appliqué au potentiomètre P1, ce qui permet de régler le volume maximal. Le signal prélevé par le curseur de P1 est transmis par le condensateur C2 à l'entrée du circuit intégré amplificateur. Naturellement la sortie de l'amplificateur attaque le haut-parleur HP1, ce qui nous amène en douceur au paragraphe suivant.

le haut-parleur

Parlons-en, du haut-parleur ! Si nous n'y prenons pas garde, nous risquons de nous habituer progressivement à des systèmes à deux, trois, quatre voies ou plus. Nous risquons d'oublier que cela peut fonctionner autrement. Il existe depuis longtemps des haut-parleurs à large bande capables de reproduire seuls tout le spectre audio. L'utilisation de ce genre de haut-parleur présente différents avantages, à commencer par l'absence de filtre de séparation. Comme il s'agissait de garder ces enceintes miniatures aussi simples et compactes que possible, nous avons porté notre choix sur un petit haut-parleur à large bande avec une qualité proche de la

elex-abc

étage de sortie intégré

Amplificateur de puissance sous la forme d'un circuit intégré qui rassemble sur une même « puce » de silicium tous les semi-conducteurs et les résistances nécessaires. Seuls les condensateurs encombrants doivent être ajoutés.

HiFi. L'heureux élu est le MS-55 de Monacor ; un petit haut-parleur sûr de lui qui offre une bonne linéarité pour ses 5 centimètres de diamètre (voir les figures 3 et 4), encaisse 5 watts et, accessoirement, est proposé à un prix raisonnable.

liste des composants
(par enceinte)

R1 = 220 Ω
R2 = 180 Ω
P1 = 2,5 kΩ ajustable

C1, C3 = 100 nF
C2 = 68 nF
C4 = 4700 μF/25 V radial

IC1 = TDA 1516
HP1 = MS-55 Monacor

Coffret : par exemple
RETEX RG2 (125 × 49 × 70 mm)

1 douille CINCH châssis isolée
1 douille alimentation
1 bloc secteur 12 V/1000 mA

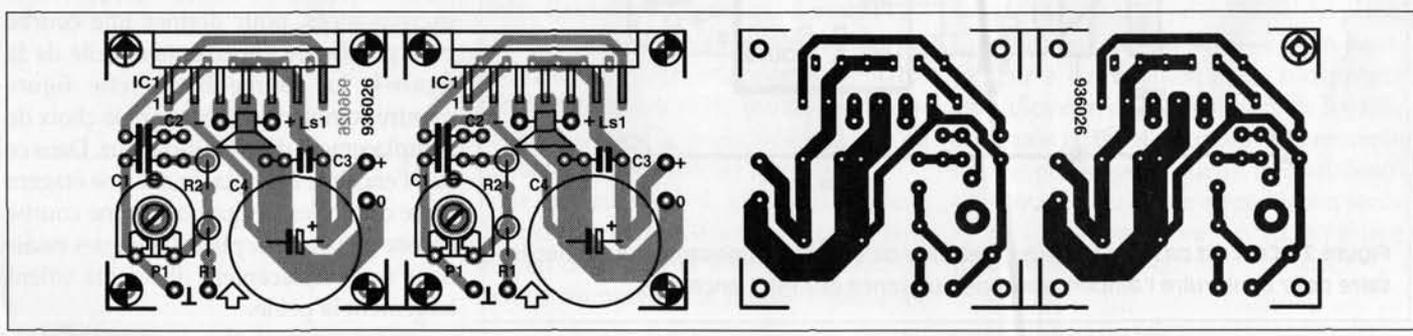


Figure 6 – L'angle de prise de vue n'est pas original, parce que le pied est rouillé. En revanche, la présence simultanée de deux prototypes permet au photographe de vous montrer, d'un seul coup d'un seul, les deux côtés de la mini-platine. N'allez pas, après cela, vous tromper dans l'implantation !

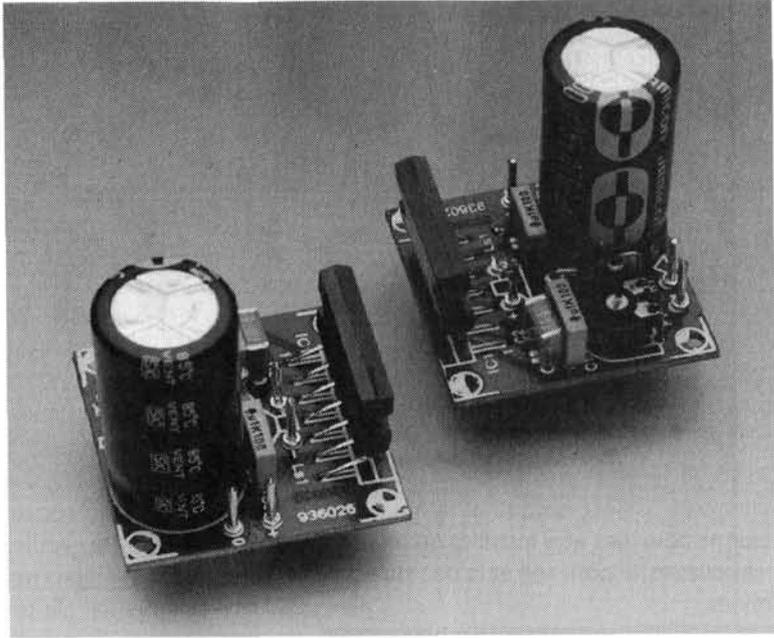


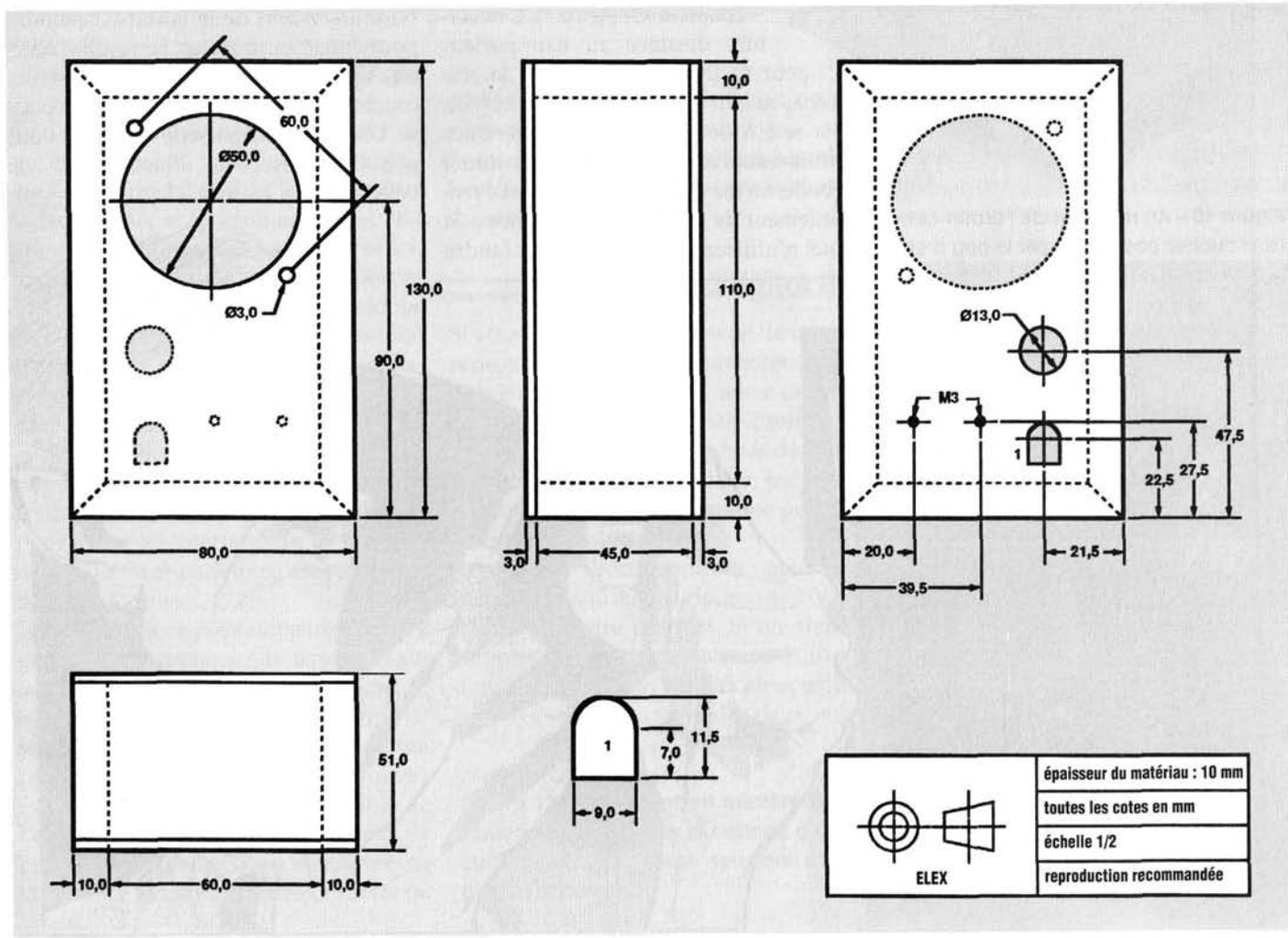
Figure 7 – Vous n'obtiendrez la courbe de réponse satisfaisante de la figure 4 que si votre enceinte est conforme aux dessins ci-dessous. D'autres dimensions, d'autres proportions modifient le comportement acoustique de l'ensemble. À vos risques et périls...

souder

La réalisation des enceintes peut se décomposer en deux tâches : l'électronique et la menuiserie. L'électronique ne sera pas bien compliquée, car vous pouvez trouver auprès des sources habituelles le circuit imprimé siamois de la figure 5. Le scier en deux et équiper chaque moitié ne doit pas prendre une heure. Le dessin tient compte des contraintes inhérentes aux montages analogiques, plus particu-

lièrement aux montages de puissance, et spécialement aux montages BF de puissance. Une bonne distribution des alimentations, des liaisons réfléchies au zéro volt, des connexions courtes, et le tour est joué. Vous êtes assuré d'un fonctionnement correct de l'amplificateur. Il est recommandé, comme toujours, de prévoir des picots pour tous les fils. Ils facilitent le raccordement et améliorent la

fiabilité du montage. Pour parfaire la tenue mécanique, nous vous conseillons de coller en place les deux balourds C4 de 4700 µF. Si vous voulez travailler rationnellement, vous n'entreprendrez ces travaux d'électronique qu'après ceux de la menuiserie, pour mettre à profit les temps de séchage de la colle et de la peinture ou du vernis.



les boîtes

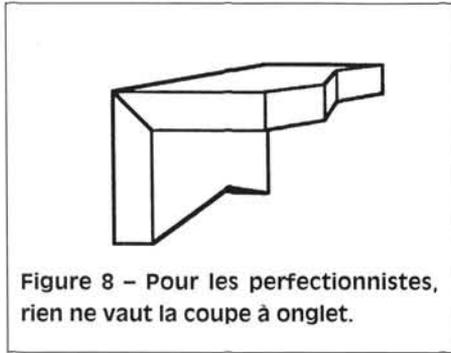


Figure 8 – Pour les perfectionnistes, rien ne vaut la coupe à onglet.

Figure 9 – L'électronique et le haut-parleur ne pourront être installés qu'une fois les collages, le ponçage et la peinture terminés.

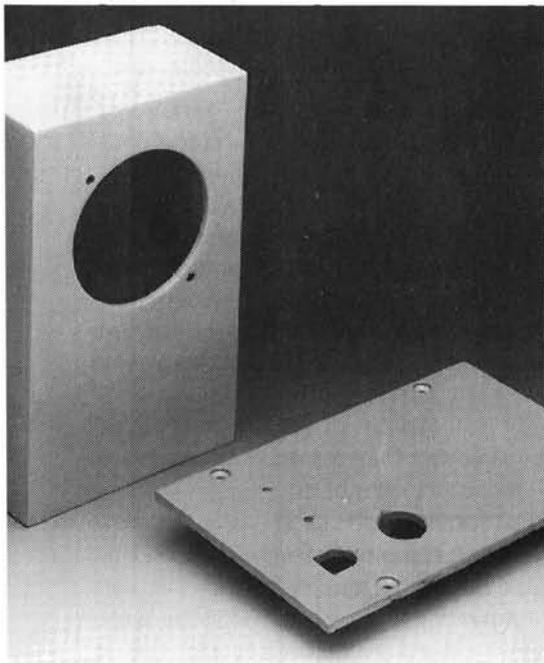


Figure 10 – Au moment de fermer la boîte, n'oubliez pas de remplir le peu d'espace libre avec un matériau absorbant.

La figure 7 montre tous les détails de la construction des enceintes elles-mêmes. Le modèle définitif a été construit suivant ces dessins. Les parois sont faites de panneau de particules de 10 mm d'épaisseur. Le baffle (la face avant) est fait d'un morceau d'isorel. La contenance de la boîte a une certaine importance : le volume d'air et le haut-parleur forment ensemble une sorte de filtre passe-haut qui contribue à déterminer la sonorité de l'enceinte. Si vous envisagez de construire un autre modèle d'enceinte, veillez à ce que le volume final ne soit pas trop différent des 300 cm³ retenus ici. De plus, il faut être prudent si vous changez la forme de la boîte, car la forme du baffle a une grande influence sur le rayonnement. En conclusion, si vous ne voulez pas être déçu par votre travail, tenez-vous en aux dessins de la figure 3. Il est certes possible d'améliorer cette mini-enceinte, mais pas en modifiant l'une ou l'autre caractéristique au hasard.

La construction commence par la découpe des différents panneaux. Vous pouvez assembler les parois en bout à angle droit, mais si vous préférez le beau travail au travail vite fait, vous ferez des coupes à 45° (figure 8). L'ouverture destinée au haut-parleur peut se faire vite et bien à la scie loche, ou tout aussi bien, mais moins vite, à la scie à déchiqeter. Les différentes parois seront assemblées pour constituer la boîte, au moyen de colle à bois* et éventuellement de quelques pointes fines. Si vous n'utilisez pas de pointes, il faudra

laisser l'assemblage sécher pendant vingt-quatre heures, maintenu par des serre-joints. C'est un temps plus que suffisant pour mener à bien la construction de la partie électronique.

N'oubliez pas de percer les trous de fixation du haut-parleur. Pour cela, posez le haut-parleur à plat et tracez la position des trous. Il est possible aussi de le fixer sans têtes de vis apparentes sur la face avant : collé au pistolet à colle thermique. La face arrière de l'enceinte est une plaque d'aluminium de 2 mm d'épaisseur ou plus.

Les boîtes brutes peuvent maintenant être ponçées jusqu'à ce que disparaissent, aussi bien au doigt qu'à l'œil, toutes les inégalités de surface. Les défauts éventuels, rayures ou interstices, seront comblés avant le ponçage avec un enduit adéquat®. Une fois la surface assez lisse, elle peut être recouverte par une couche d'apprêt. Vous pouvez étendre la peinture au pinceau mais une bombe vous donnera de meilleurs résultats. Utilisez une bombe qui préserve la couche d'ozone pour vous donner bonne conscience, peignez en plein air ou dans un endroit aéré pour préserver vos poumons. Maintenez la buse assez loin de la surface à peindre pour éviter les coulures. Le résultat obtenu sera plus flatteur avec plusieurs couches minces qu'avec une couche épaisse. Une fois la menuiserie terminée, vous pouvez passer à l'installation de l'électronique.

* La colle à bois et la caravane passe (proverbe menuisier).

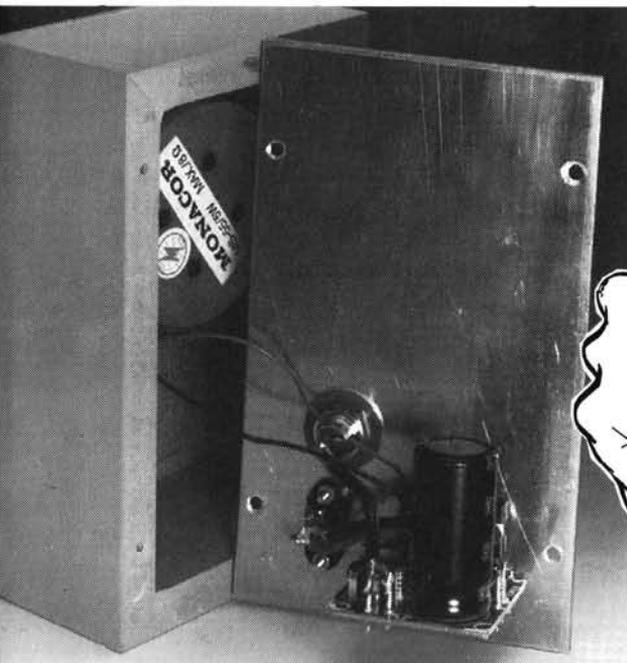
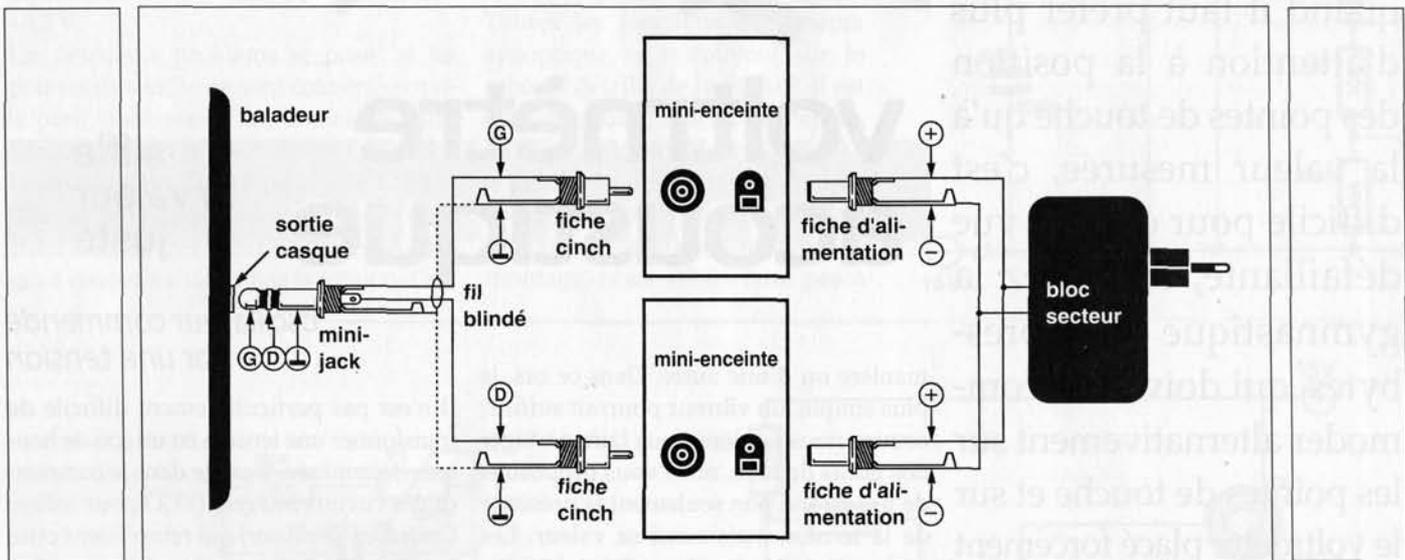
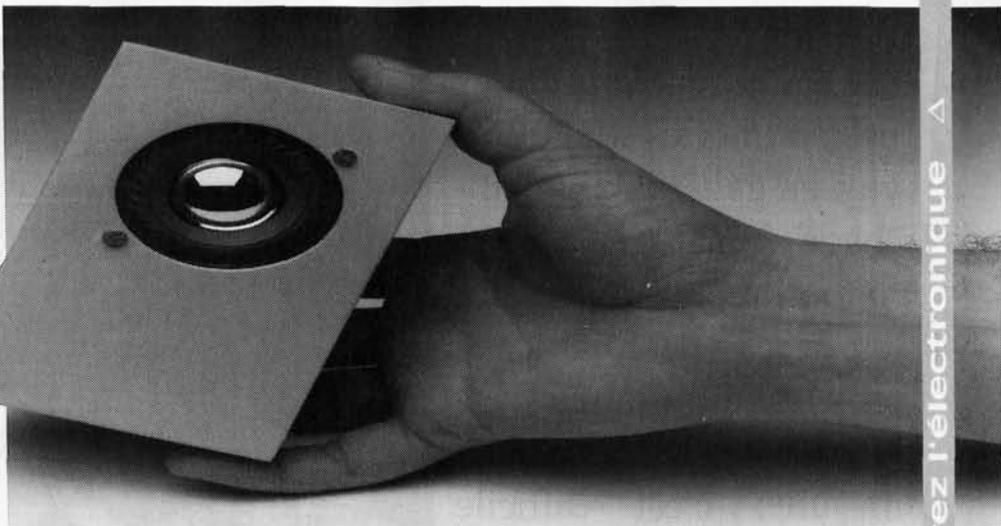


Figure 11 – Préparez vos cordons de raccordement, puis vérifiez à l'ohmmètre la continuité et l'absence de court-circuit. Avant de lâcher votre multimètre, vérifiez la tension et la polarité du bloc secteur.



la touche finale

Ce n'est pas par hasard que le circuit intégré est disposé au bord du circuit imprimé. Cela permet d'en fixer le corps contre la face arrière en aluminium. C'est tant mieux car l'aluminium servira de radiateur. Les signaux audio sont véhiculés par une embase CINCH isolée. L'enveloppe métallique (la masse) de l'embase ne doit en aucun cas venir au contact du radiateur-face arrière ! La tension d'alimentation passe par un jack *ad hoc*, isolé lui aussi. Les différents raccordements à établir sont schématisés sur la figure 11. Le cordon du signal audio sera en fil blindé pour éviter les interférences et parasites divers. Le haut-parleur se contentera de deux fils souples.

Tournez les deux potentiomètres à fond à gauche puis appliquez la tension d'alimentation. Poussez à fond le volume du baladeur, puis augmentez le volume de sortie à l'aide de P1 jusqu'au maximum possible sans distorsion. Vous pouvez éventuellement rendre P1 accessible de l'extérieur en perçant dans le fond de l'enceinte un trou que vous boucherez par la suite. Le circuit imprimé comporte un

trou face au milieu du potentiomètre pour permettre le passage du tournevis. Les mini-enceintes sont prêtes à l'emploi, le réglage de volume se fait par le bouton du baladeur.

(l'effet stéréophonique est quasiment absent du registre grave). Tentant, non ? Un peu de patience, c'est à un caisson de graves actif que nous travaillons pour un prochain numéro d'ELEX.

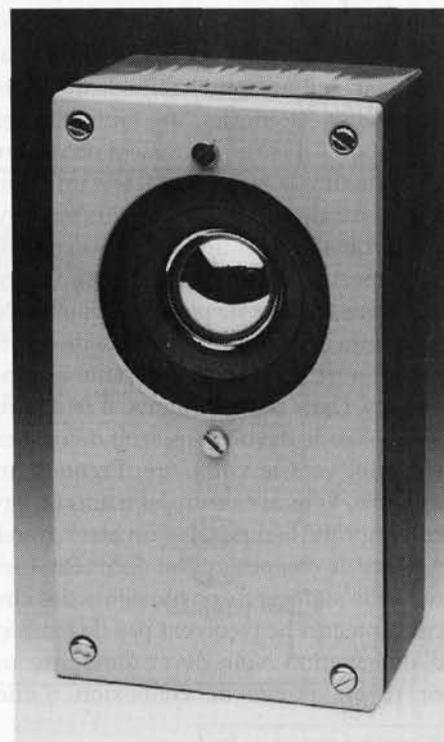
936026

fini ? peut-être pas

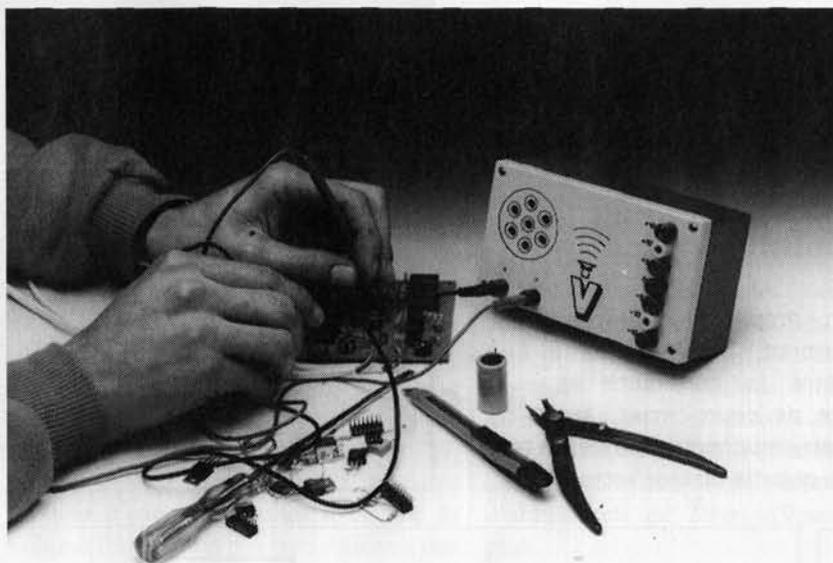
Si vous voulez éviter le travail de menuiserie, vous pouvez vous contenter de coffrets en matière plastique comme ceux qui ont servi aux tout premiers prototypes (figure 12). Ne vous étonnez pas de la différence de qualité acoustique, les parois minces en matière plastique ne peuvent pas rivaliser avec le bois.

Comment ? Vous trouvez que cela manque quand même de graves ? Vous n'avez peut-être pas tort. Si on voulait compléter cette mini-chaîne, il suffirait d'un caisson et d'un amplificateur balèze pour restituer les graves des deux voies

Figure 12 – Le coffret en matière plastique vous fera payer la rapidité d'exécution par une baisse sensible de la qualité acoustique.



Les voltmètres sont pourvus, en général, d'un affichage analogique ou numérique, certains ont les deux à la fois. Dans tous les cas, il faut se servir des yeux pour lire la mesure; c'est difficile quand il faut prêter plus d'attention à la position des pointes de touche qu'à la valeur mesurée, c'est difficile pour qui a la vue défaillante, imaginez la gymnastique des presbytes qui doivent accommoder alternativement sur les pointes de touche et sur le voltmètre placé forcément plus loin, ou chercher la plage adéquate de leurs verres à double foyer. Nous vous proposons donc un voltmètre qui ne possède pas d'affichage, mais un oscillateur qui produit un son dont la hauteur correspond à la tension mesurée. Ceux qui réparent habituellement des appareils électriques de toutes sortes savent qu'il n'est que rarement nécessaire de connaître la tension exacte à un point donné du circuit. Il suffit le plus souvent de savoir s'il existe une tension ou non. Il est important, lors de l'examen d'un montage sous tension, de placer les pointes de touche au bon endroit, sans faire de court-circuit avec tous les composants environnants. Dans ces conditions, il peut être ennuyeux de devoir sans arrêt détourner les yeux vers le voltmètre. Prenons un exemple. Vous avez entre les mains un circuit imprimé logique avec un assez grand nombre de composants au décimètre carré; vous supposez que plusieurs des circuits intégrés ne reçoivent pas de tension d'alimentation; vous devez donc parcourir divers points de connexion d'une



voltmètre acoustique

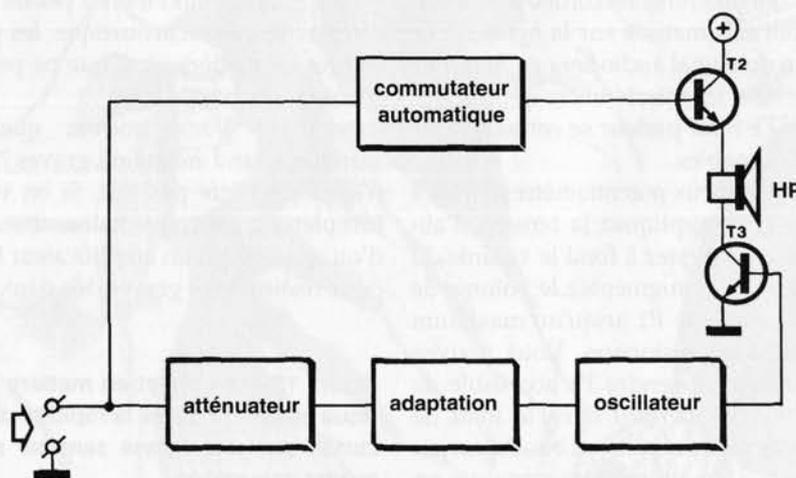
siffle
la valeur
juste

*oscillateur commandé
par une tension*

manière ou d'une autre. Dans ce cas, le plus simple, un vibreur pourrait suffire; comme nous voulons vous faire partager nos goûts de luxe, nous vous proposons de lire au son non seulement la présence de la tension mais aussi sa valeur. Les mal-voyants, après s'être fait lire la suite, pourront se livrer comme toute le monde aux joies du dépannage. Comme ils dépendent beaucoup plus de leur ouïe que de la vue, ils en tireront le meilleur profit. Vous trouverez les caractéristiques de notre appareil dans le tableau 1; sachez cependant que la plage de mesure peut être déplacée par quelques changements mineurs*.

Il n'est pas particulièrement difficile de transformer une tension en un son de hauteur déterminée. Il existe dans le commerce des circuits intégrés (VCO pour *voltage Controlled Oscillator*) qui remplissent cette fonction, mais nous avons choisi le montage à deux amplificateurs opérationnels que nous verrons plus loin. Si vous jetez un coup d'œil au schéma synoptique de la figure 1, vous constaterez que l'oscillateur commandé en tension ne suffit pas à faire un instrument de mesure. Voyons pourquoi: l'oscillateur que nous avons construit a une plage de tensions d'entrée qui s'étend de 0 à 10 V. Il faut donc trans-

Figure 1 - Le schéma du voltmètre acoustique ne se limite pas à un oscillateur commandé en tension.



*Une idée à creuser, au fond.

poser la plage de +15 V à -15 V prévue dans le tableau 1. Nous n'allons pas vous dire que *c'est très simple*, car ce n'est pas vraiment simple ; mais si vous voulez faire un petit effort, vous pouvez comprendre. Tout d'abord, la tension d'entrée est atténuée dans le rapport de 4,5 à 1 ; c'est-à-dire que la tension maximale de 15 V devient +3,3 V, que la tension minimale de -15 V devient -3,3 V. Ensuite, une tension fixe de 5 V est ajoutée à la tension d'entrée atténuée. La plage des tensions d'entrée, après ces opérations arithmétiques, s'étend maintenant de +1,7 V à +8,3 V.

Un deuxième problème se pose : si les points de touche ne sont connectés nulle part, laissées en l'air, la tension entre elles est nulle et le voltmètre fera entendre le son de hauteur correspondante. C'est-à-dire que le voltmètre va couiner sans arrêt entre les mesures. Pour ne pas vous obliger à couper à chaque fois la tension d'alimentation, nous avons ajouté un circuit qui déconnecte le haut-parleur quand les points de touche sont en l'air. Le transistor T2 ne sera donc conducteur, et le courant ne pourra donc circuler à travers le haut-parleur, que si les points de touche sont reliés à une source de tension dont la résistance interne est au maximum de 300 k Ω .

six amplificateurs opérationnels

Toutes les fonctions du schéma synoptique se retrouvent sur le schéma détaillé de la figure 2. Il est bien entendu que les plus expérimentés n'auront aucune peine à attribuer une fonction à chaque composant, mais comme ce n'est pas pour eux que nous décrivons ce montage, nous allons faire pas à pas

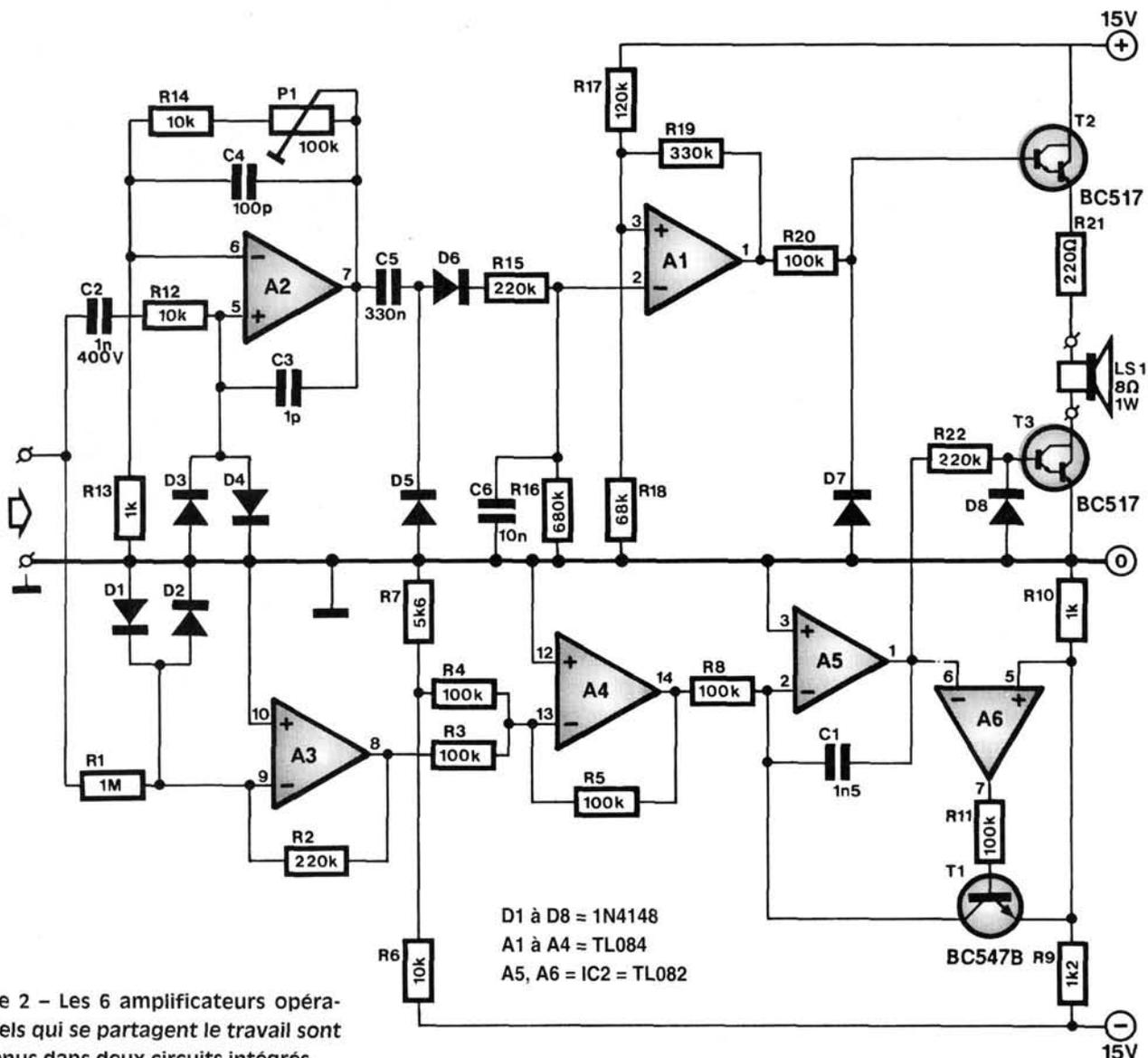
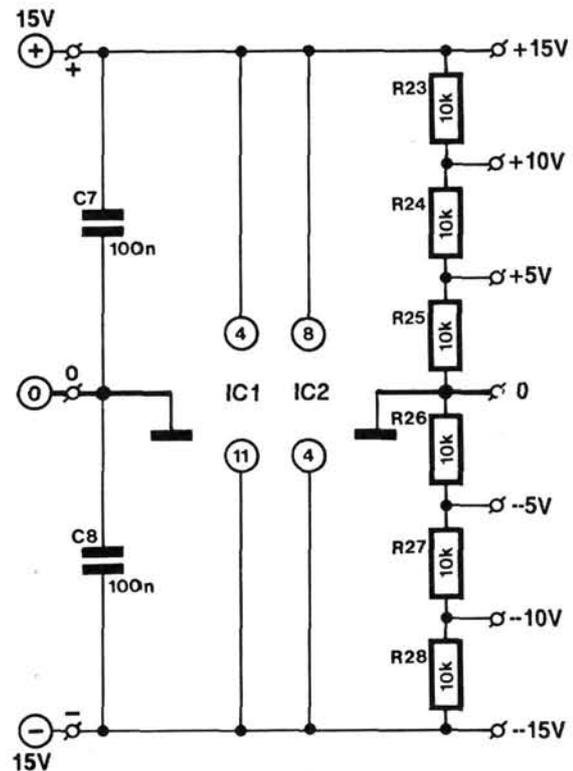


Figure 2 - Les 6 amplificateurs opérationnels qui se partagent le travail sont contenus dans deux circuits intégrés.

pas le rapprochement entre chaque composant et le schéma synoptique. L'amplificateur opérationnel A3 est monté en amplificateur inverseur mais le rapport des résistances de la boucle de contre-réaction (R2/R1) est tel que la tension d'entrée est atténuée. Comme l'amplificateur est inverseur, une tension d'entrée positive est transformée en une tension négative plus faible. La tension de 5 V que nous projetions d'ajouter à la tension atténuée doit donc être négative. Cette tension est fournie par le diviseur R6/R7 à partir de la tension d'alimentation négative ; elle est en fait de -5,2 V, ce qui n'est pas d'une importance vitale mais vous donne l'occasion d'aérer votre calculatrice pour vérifier. Il nous reste à additionner la tension atténuée et la tension de décalage, puis à inverser la somme. C'est cette double tâche que remplit le sommateur-inverseur A4 : les résistances R3, R4 et R5 étant de même valeur, sa broche 14 applique la somme, positive, à l'oscillateur commandé en tension.

L'oscillateur commandé en tension est constitué des amplificateurs opérationnels A4 et A5 et du transistor T1. La configuration n'est pas habituelle, mais le fonctionnement se décompose simplement. Supposons pour commencer que le transistor T1 soit bloqué. La tension de la broche 14 fait circuler un courant qui charge le condensateur C1. La tension aux bornes du condensateur augmente ; comme l'entrée inverseuse est une masse virtuelle (sa tension reste égale à celle de l'entrée non inverseuse, donc nulle), la tension de sortie de l'amplificateur A5 ne peut que décroître au fur et à mesure que le condensateur se charge. L'amplificateur opérationnel A6 compare cette tension à celle de son entrée non-inverseuse, fixée à -6,8 V par le diviseur R9/R10. Au moment où la tension de sortie de l'intégrateur (c'est A5) atteint la tension de référence du comparateur (c'est A6), la sortie du comparateur bascule de -15 V à +15 V. La conséquence est que le transistor T1 conduit et relie l'entrée inverseuse de l'intégrateur (A5) au point de référence R9/R10. L'entrée inverseuse cesse d'être une masse virtuelle, la sortie (broche 1) fait un bond vers la tension d'alimentation positive, le condensateur se trouve déchargé brutalement et rechargé avec la polarité opposée. Le temps nécessaire à la décharge et à la recharge peut être considéré comme nul : il n'y a pas de résistance en série, ni du côté du transistor T1, ni du côté de la sortie de l'amplificateur opé-

rationnel A5. En pratique, l'intensité est limitée pour trois raisons : une, la sortie de l'amplificateur opérationnel ne fournit que ce qu'elle peut ; deux, le courant de collecteur du transistor passe par l'émetteur et par la résistance R9 ; trois, au moment où la sortie de l'intégrateur passe brutalement à +15 V, le comparateur voit une différence de tension opposée et bloque le transistor. En fait, l'ensemble du système est assez lent pour que le transistor reste conducteur le temps du changement de polarité du condensateur. Le transistor une fois bloqué, le courant qui traverse R8 peu recommencer à charger le condensateur jusqu'à ce que le processus se répète.

dent de scie

Vous pouvez conclure de ce qui précède que la tension de la sortie de l'amplificateur A5 (broche 1) décroît lentement à partir d'une certaine tension positive jusqu'à atteindre la valeur de -6,8 V, puis repasse en un temps très court à la tension positive, avant de recommencer à décroître. La courbe de cette tension a la forme d'une dent de scie. La durée de la descente représente l'essentiel de la période du signal ; elle est déterminée par l'intensité du courant de charge du condensateur C1, laquelle dépend de la tension à la sortie de l'amplificateur A4. Autrement dit, la fréquence de la dent de scie est une fonction linéaire de la tension d'entrée, nous avons réalisé un oscillateur commandé par une tension.

Comme le montre le schéma, le signal en dent de scie attaque un transistor darlington utilisé comme amplificateur. Ce transistor ne conduit que quand la tension de base est supérieure à son seuil, c'est-à-dire pendant une fraction de la partie positive de la dent de scie. Le haut-parleur est traversé par des impulsions de courant dont la fréquence est égale à celle de la dent de scie. Le darlington risquerait de ne pas apprécier longtemps des tensions négatives sur sa base, c'est pourquoi la diode D8 écrête les parties négatives de la dent de scie à une valeur acceptable.

La circulation d'un courant à travers le haut-parleur ne dépend pas seulement de l'état du darlington T1, mais aussi de celui de T2 : nous avons vu plus haut qu'il fallait couper le sifflet au voltmètre quand les pointes de touche sont en l'air. Le fonctionnement de ce commutateur automatique repose sur l'oscillation de l'amplificateur opérationnel A2. Le couplage de cet oscillateur est si lâche que

Tableau 1.

gamme de mesure	-15 V à + 15 V
tension continue	
pente de la fréquence	env. 72 Hz/V
résistance interne de la source mesurée	≤ 300 kΩ
tensions de référence	+15 V, +10 V, +5 V, 0 V, -5 V, -10 V, -15 V

Tableau 2.

U _{entrée}	U _{A3}	U _{A4}	F
+15	-3,3	+8,3	2700
+10	-2,2	+7,2	2340
+5	-1,1	+6,1	1980
0	0	+5,0	1625
-5	+1,1	+3,9	1270
-10	+2,2	+2,8	910
-15	+3,3	+1,7	550

l'oscillation s'arrête dès qu'une résistance est connectée entre l'entrée non-inverseuse et la masse (par exemple la résistance interne d'une source de tension à mesurer). L'oscillateur arrêté n'applique plus de tension alternative au redresseur D5/D6, l'entrée inverseuse de l'amplificateur opérationnel A1 retourne au potentiel de la

elex-abc

tension de seuil

Une diode normale ne laisse passer le courant que dans un sens. Cette affirmation comporte aussi quelques restrictions : le courant ne peut commencer à circuler que si la tension aux bornes de la diode atteint une valeur minimale déterminée. Ce phénomène est dû au fait qu'il n'y a pas d'électrons libres dans la zone de jonction entre les matériaux P et N d'une diode où aucun courant ne circule. Les électrons ne deviennent mobiles que sous l'effet d'un champ électrique, lequel n'existe que s'il règne une tension.

La tension à partir de laquelle la diode commence à conduire s'appelle le seuil. La hauteur du seuil dépend de la nature du matériau semi-conducteur : environ 0,3 V pour le germanium, environ 0,6 V pour le silicium.

masse virtuelle

Une masse virtuelle est un point qui n'est pas relié électriquement à la masse, mais dont le potentiel est maintenu artificiellement à un niveau nul. Avec un amplificateur opérationnel, il suffit de relier l'entrée non-inverseuse à la masse et la sortie à l'entrée inverseuse (montage suiveur de tension) pour que la sortie reste au potentiel de la masse (zéro volt).

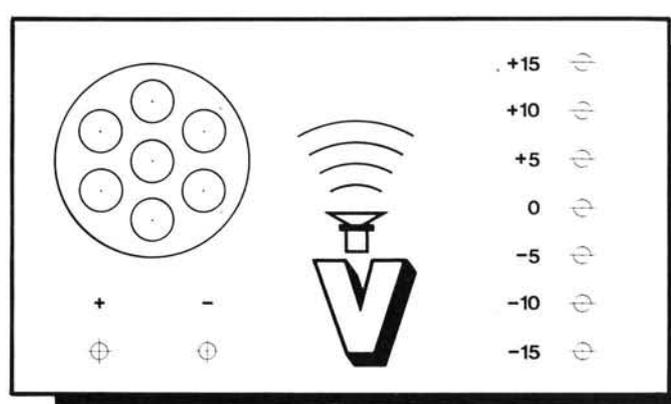
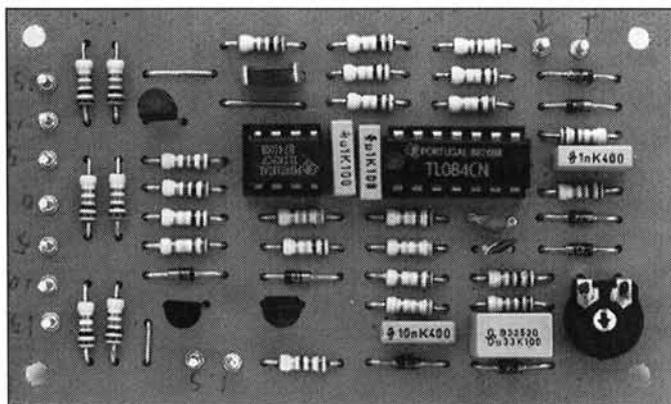
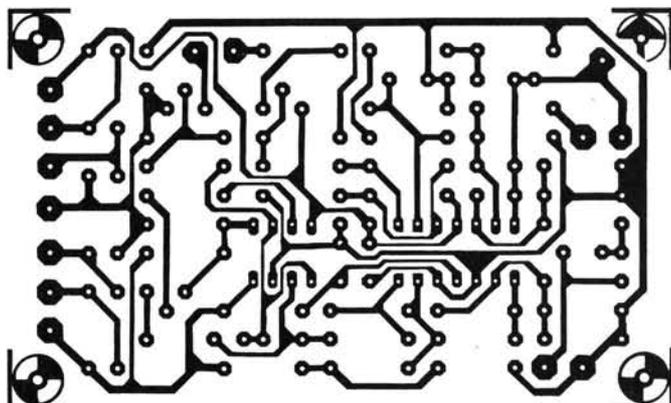
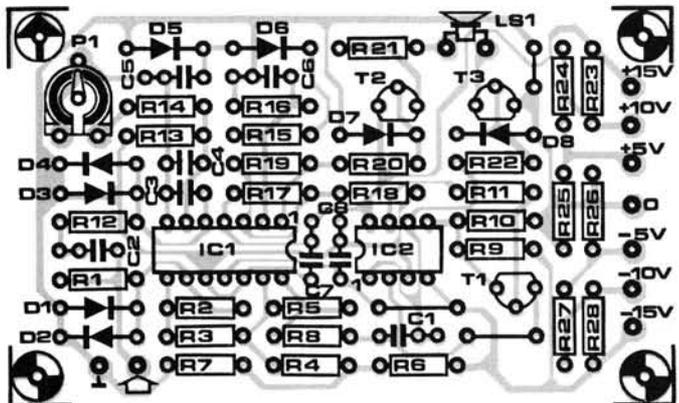


Figure 3 - Le circuit imprimé du voltmètre acoustique et l'implantation des composants.

liste des composants

- R1 = 1 MΩ
- R2, R15, R22 = 220 kΩ
- R3 à R5,
- R8, R11, R20 = 100 kΩ
- R6, R12, R14,
- R23 à R28 = 10 kΩ
- R7 = 5,6 kΩ
- R9 = 1,2 kΩ
- R10, R13 = 1 kΩ
- R16 = 680 kΩ
- R17 = 120 kΩ
- R18 = 68 kΩ
- R19 = 330 kΩ
- R21 = 220 Ω
- P1 = 100 kΩ ajustable

- C1 = 1,5 nF
- C2 = 1 nF/400 V
- C3 = 1 pF
- C4 = 100 pF
- C5 = 330 nF
- C6 = 10 nF
- C7, C8 = 100 nF

- D1 à D8 = 1N4148
- T1 = BC547B
- T2, T3 = BC517
- IC1 = TL084
- IC2 = TL082

- HP1 = haut-parleur 8 Ω/1 W
alimentation ±15 V

masse. La tension de la sortie passe au niveau de l'alimentation positive, ce qui suffit pour alimenter le transistor T2, et à travers lui le haut-parleur.

la construction

Comme le nombre de composants est assez élevé, nous avons prévu pour ce voltmètre acoustique le circuit imprimé représenté à la figure 3. Installez tous les composants et les quelques ponts en fil, en suivant le plan d'implantation. Le coffret, en matière plastique, sera différent suivant que vous utiliserez une alimentation extérieure ou que vous en incorporerez une. Montez une paire de douilles banane (rouge et noir) sur la face avant pour les cordons de mesure, plus une série d'autres pour les tensions de référence. Vous pouvez reproduire et coller le dessin de face avant de la figure 4.

Parvenus à ce point, vous pouvez raccorder une alimentation symétrique ±15 V et passer à l'étalonnage. Vérifiez avec un voltmètre ordinaire que les tensions d'alimentation et les différentes tensions de référence sont correctes. Déplacez la pointe de touche rouge (celle qui est reliée à R1 et C2) d'une tension de référence à l'autre et vérifiez que la hauteur du son varie. Tout cela fonctionne, il ne reste plus qu'à régler la potentiomètre P1, qui détermine le fonctionnement du commutateur automatique. Laissez en l'air la pointe de

Figure 4 - Une idée de face avant pour votre voltmètre.

touche rouge (tenez la à la main par la partie isolante ou débranchez le cordon) et réglez P1 jusqu'au point exact où le haut-parleur se tait. Il faut que la pointe de touche soit en l'air, car le montage est assez sensible pour réagir à la tension du corps (ronflements induits par le secteur). Si le fonctionnement n'est pas immédiat, vous pouvez tirer profit du tableau 2 qui montre les tensions mesurées en différents points du prototype.

adaptations

Les valeurs de composants indiquées correspondent à une plage de tension de -15 V à +15 V. Si vous changez la valeur de R2, vous modifiez le rapport d'atténuation de l'amplificateur A3 et du même coup la gamme de mesure. Par exemple, avec une valeur de 1 MΩ, la plage s'étend de -5 V à +5 V ; avec R2 = 100 kΩ, elle passe à ±30 V. Ce sont là les deux extrêmes, il faut éviter les valeurs supérieures à 1 MΩ ou inférieures à 100 kΩ.

Le matériel terminé et étalonné, il vous reste à étalonner votre oreille, en vous reportant aussi souvent que nécessaire aux sorties de référence.

896065

métronome avec tac auxiliaire

Beaucoup de musiciens préfèrent les antiques métronomes mécaniques à ceux que l'électronique peut leur procurer. Ceci à cause du double tic, ou du tic-tac qui sans doute berça leurs premières leçons. Le métronome décrit dans cet article reproduit un tic-tac quasiment identique à celui de ses ancêtres*. De plus, le volume sonore en est réglable et complété par le clignotement, tout aussi régulier, d'une LED.

Ignorez-vous ce qu'est un métronome ? Prenez dans le Robert la citation de Proust qui s'y rapporte : « Madame de Cambremer... battant la mesure avec sa tête transformée en balancier de métronome ». C'est donc un instrument muni d'un balancier, un peu comme une horloge comtoise, qui permet de battre la mesure. Il produit un tic, auquel succède un tac, puis un tic, puis un tac etc. Le temps qui sépare deux tics successifs (séparés eux-mêmes par un tac) on l'appelle la période. La période d'un métronome est réglable, plus facilement que celle du balancier d'une horloge. Il est, de plus, moins immeuble. De l'électronique avant toute chose ? D'accord, nous verrons un générateur de signaux rec-

tangulaires de fréquence réglable dont les fronts montants correspondent à "tac" et les fronts descendants à "tic", des différentiateurs pour traduire les fronts en impulsions et des amplificateurs de commande de transducteurs électro-acoustique (haut-parleur) et électro-optique (LED).

le circuit

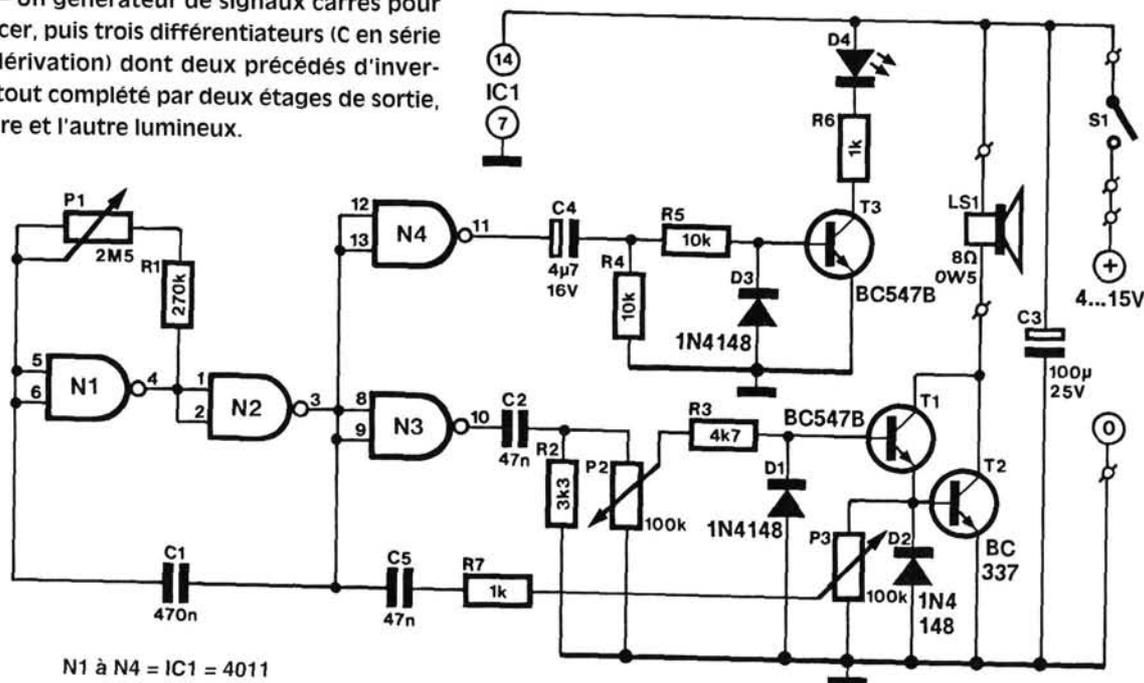
Tout commence par la production d'un signal rectangulaire, à l'issue d'un générateur idoine, à gauche sur la figure 1. Elle met à contribution deux inverseurs, N1 et N2, une paire de résistances, R1 et P1, et un condensateur C1 : l'évolution de la tension de sortie en

fonction du temps est représentée sur la figure 2 en haut. Son rapport cyclique (*duty cycle*) est de 50% ce qui veut dire que nous avons à faire à un signal en créneaux tout à fait symétrique.

Le fonctionnement simplifié du générateur est le suivant : supposons que la sortie de N1 vienne de passer au niveau haut et celle de N2 au niveau bas. La différence de potentiel entre les armatures du condensateur C1 est nulle - si la sortie de N1 est à 1, son entrée est à 0. Elle est en revanche maximale aux bornes des résistances qui sont donc traversées par un courant, le courant de charge du condensateur. Celui-ci se charge jusqu'à ce que le potentiel de son armature de gauche par rapport à la référence soit considéré par l'entrée de N1 comme un niveau haut (3,5 V pour une

*ancêtres attiques (fouilles en cours à Ithaque, où, dit Caton d'Utique, l'un d'eux fut enterré)

Figure 1 - Un générateur de signaux carrés pour commencer, puis trois différentiateurs (C en série et R en dérivation) dont deux précédés d'inverseurs, le tout complété par deux étages de sortie, l'un sonore et l'autre lumineux.



rapport cyclique

Aussi appelé « facteur de forme », le rapport cyclique d'un phénomène périodique en créneaux est le rapport de la durée d'un créneau positif à celle de la période. Les Anglais l'appellent *duty cycle*, c'est le rapport entre la durée de l'activité (*duty* considérée comme positive) et celle de la présence sur les lieux de travail (période) : une personne qui a un facteur de forme de 25% (avis de la direction) par exemple est payée huit heures (période ou cycle) dont elle occupe six à faire la sieste (en continu). Elle est active pendant 2/8 (ou 25%) de sa période de travail. Si, en revanche, faire la sieste est considéré comme positif (respect du travail) le facteur de forme est de 75%. La forme du facteur est d'autant meilleure que la durée de sa sieste est longue.

porte ET-NON contenue dans un 4011 alimenté sous 5 V). La sortie de N1 applique alors un 0 à l'entrée de N2 dont la sortie passe à 1. L'entrée de N1 (à 1) et la sortie de N2 (à 1 également) sont revenues au même niveau, comme les deux armatures de C1. Les résistances R1 et P1 ont à nouveau un maximum de tension à leurs bornes : le condensateur se charge, mais dans l'autre sens, jusqu'à ce que la différence de potentiel entre ses armatures atteigne un maximum et que la différence de potentiel entre l'entrée et la sortie de N1 s'annule. L'entrée de N1 voit donc un 0 qui fait basculer sa sortie à 1 et celle de N2 à 0. En résumé, l'armature gauche de C1 passe alternativement et progressivement d'un potentiel proche de celui de la masse à un potentiel proche de celui du pôle plus de l'alimentation. De ces charges successives dans un sens puis dans l'autre, l'armature de droite ne voit que l'aboutissement, décidé par l'entrée de N1, dont lui fait part la sortie de N2.

Nous avons parlé de fonctionnement simplifié puisque les choses ne se passent pas exactement comme nous le disons : si les opérateurs ET-NON que nous utilisons comme inverseurs sont ceux d'un circuit CMOS (sans hystérésis, un 4011 par exemple) alimenté sous 5 V, l'entrée de N1 considère comme

niveau haut une tension égale ou supérieure à 3,5 V et une tension inférieure ou égale à 1,5 V comme un niveau bas. Les charges successives de C1 n'ont donc pas tout à fait l'amplitude que nous leur supposons. En revanche, toujours pour une alimentation de 5 V, les niveaux garantis à la sortie des opérateurs sont très proches de 5 V et de 0 V. Le signal en créneaux présent à la sortie de N2 a donc une bonne amplitude, des variations franches et rapides, une fréquence réglable à l'aide de P1, toutes qualités dont le reste du circuit va nous permettre de tirer parti.

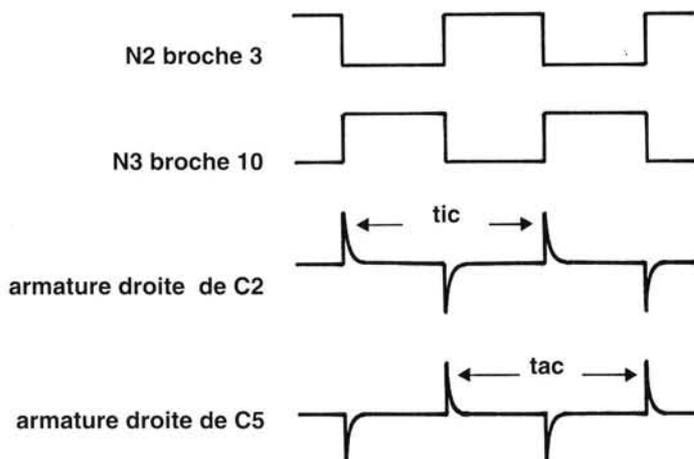
À la sortie de N2, le circuit se divise en trois branches : la branche la plus basse contient C5, R7 et P3, c'est elle qui donne naissance au tac auxiliaire. La branche médiane, grâce à N3, C2, P2 et R3, nous produit le tic principal. Aux composants de la plus haute branche, N4, C4 et R5 est dévolu le rôle honorifique d'allumer une LED chaque fois que la branche médiane tique.

Les condensateurs C5, C2 et C4 travaillent, en commun avec les résistances qui les suivent, à ne laisser passer des créneaux du signal produit par N2 que les transitions brusques, les flancs montants et descendants. Appelons ces circuits C-R (dans l'ordre, non pas R-C) de faible constante de temps (le produit de R par

C est relativement petit) différentiateurs, pour nous plier aux usages, parce qu'ils ne sont sensibles qu'à des variations de tension*. L'absence de variation de la tension à l'entrée d'un différentiateur nous donne une tension nulle à sa sortie (différence de potentiel nulle aux bornes de la résistance puisqu'aucun courant ne la traverse). Prenons l'exemple de celui de la deuxième branche : lorsque la tension croît à son entrée (passage de 0 à 1) le condensateur C2 se charge dans un sens et le potentiel au nœud C2/R2 (par rapport à la référence) d'abord maximum (tension nulle entre les armatures de C2 et intensité du courant maximum dans R2) s'annule avec le courant. Lorsque la tension décroît à l'entrée du différentiateur (passage de 1 à 0), le courant de charge du condensa-

* Pour ceux qui, comme nous, croient savoir ce qu'est une dérivée : la tension de sortie d'un différentiateur est la dérivée par rapport au temps de la tension d'entrée. La dérivée est un outil mathématique qui permet de "décrire" les variations d'une grandeur, par rapport au temps, dans le cas présent : les variations d'une tension qui reste toujours identique à elle-même sont nulles, de même sa dérivée. Lorsque la tension croît, sa dérivée est positive, lorsqu'elle décroît sa dérivée est négative. Le plus connu des différentiateurs est le compteur de vitesse d'un véhicule (rares sont ceux cependant qui indiquent des vitesses négatives).

Figure 2 – Le tic-tac est produit par deux impulsions successives qui ne limitent qu'une demi-période de l'horloge : le tracé du signal de l'horloge est sur la première ligne (inversé sur la deuxième) dont il faut exploiter aussi bien les transitions positives (passages de la tension de 0 à 1) pour les tacs, que les transitions négatives (passages de la tension de 1 à 0) pour les tics. L'étage de sortie est cependant construit de façon à ne rendre compte que d'impulsions positives, lisibles sur les deux lignes du bas. Les fronts descendants du signal d'horloge sont donc inversés (deuxième ligne) pour produire des impulsions positives (troisième ligne).



composants

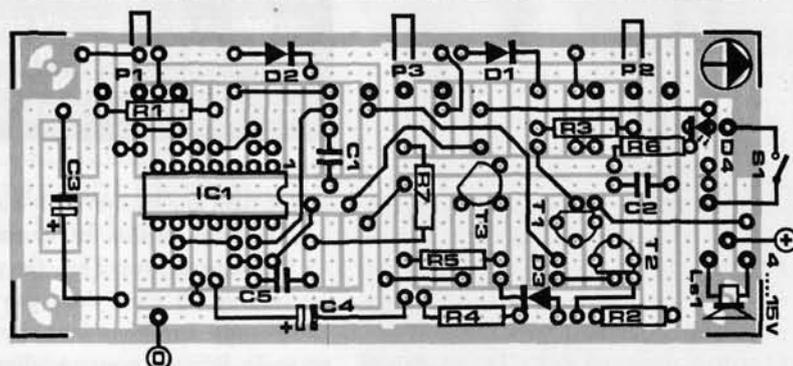
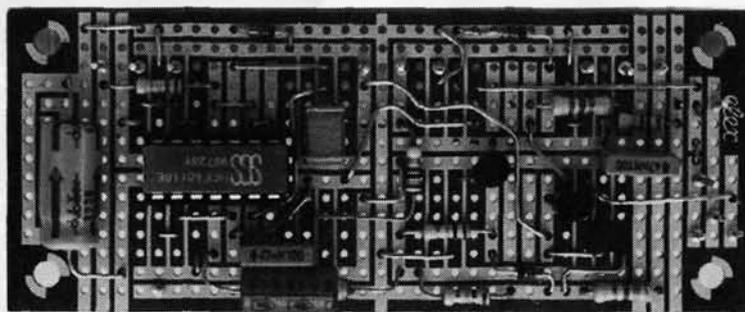
- R1 = 270 k Ω**
R2 = 3,3 k Ω
R3 = 4,7 k Ω
R4, R5 = 10 k Ω
R6, R7 = 1 k Ω
P1 = 2,5 M Ω lin
P2, P3 = 100 k Ω lin

C1 = 470 nF
C2, C5 = 47 nF
C3 = 100 μ F/25 V
C4 = 4,7 μ F/16 V

D1 à D3 = 1N4148
D4 = LED 5 mm rouge
T1, T3 = BC547B
T2 = BC337
IC1 = 4011

quadruple porte ET-NON
à 2 entrées (sans trigger de Schmitt)

S1 = interrupteur unipolaire



nœud C2/R2 est à nouveau maximum, mais de signe opposé à celui qui y régnait précédemment, puis retombe (ou remonte) à 0. Dans la branche inférieure, c'est le signal produit par N2 qui attaque directement l'entrée du différentiateur, dans les autres branches, il est inversé par les opérateurs N3 et N4, avant d'être différentié. De la tension disponible à la sortie des différentiateurs nous pouvons ne vouloir qu'une fraction pour commander la suite. C'est la raison de la présence des potentiomètres P2 et P3 câblés en diviseurs de tension. Grâce à eux nous pourrions augmenter ou diminuer l'amplitude des signaux, donner aux tics (P2) et/ou aux tacs (P3) plus ou moins de volume. Un bon métronome produit ensuite un tic plus sonore que le tac qui lui est associé (au moins dans

l'esprit de ceux qui l'utilisent). Le signal principal attaque donc directement l'entrée de l'étage de sortie par la base de T1, alors que l'autre signal n'est amplifié que par T2. Les deux transistors, T1 et T2, sont montés en darlington, c'est à dire que le courant de base de T1 est amplifié deux fois (par deux transistors), mais non pas deux fois (multiplié par deux) : il est amplifié par le gain du premier transistor multiplié par celui du second. Si chaque transistor avait un gain de 100, leur association en darlington, qui forme un nouveau transistor dont le collecteur est celui de T1, l'émetteur, celui de T2 et la base celle de T1, aurait un gain de 10000. Le gain en courant dont peut bénéficier le signal en tic est donc assez grand relativement à celui du signal qui lui fait écho pour que la différence soit sensible aux oreilles du musicien. À quoi servent maintenant les diodes D1 et D2 (et D3)? C'est simple, les transistors ne conduisent que lors des transitions positives de nos signaux et seulement pour les parties de celles-ci qui dépassent 0,6 V pour la base de T2 et 1,2 V pour celle de T1 (1,2 V par rapport à la référence ou 0,6 V par rapport à l'émetteur de T1). Si nous leur soumettions les transitions négatives (figure 2) ils n'y survivraient pas. Sur ces flancs décroissants (est-ce l'heure du pâtissier?), les diodes s'ouvrent de sorte que la tension sur les bases de T1 et T2 ne descend pas en dessous de -0,6 V par rapport à la référence. L'aspect des divers signaux crénelés et celui des impulsions de forme acérée produites à partir d'eux est donné sur la figure 2 en fonction du temps. Comme nous venons de le dire, les transistors ne s'ouvrent que pour celles qui sont positives et les diodes (redresseuses) qui les précèdent pour les autres. Ces chronogrammes (tracés

Figure 3 - Le « mouvement » du métronome une fois câblé peut avoir cet aspect.

des variations des signaux en fonction du temps) démontrent l'intérêt de l'introduction de N3. Cet inverseur permet au métronome de prendre en compte les transitions négatives du signal produit par N2 pour le tic (comparer la première et la troisième ligne de la figure 2). La différenciation de ces transitions négatives ne donne en effet que des impulsions négatives (première et dernière ligne) par rapport à la référence qu'il aurait été impossible aux transistors d'exploiter. Si le fonctionnement des deux branches inférieures de la figure 1 vous est clair, celui de la branche supérieure ne doit pas présenter d'obscurité. La LED du circuit de collecteur de T3 est commandée, comme le haut-parleur du circuit de collecteur du darlington, par les fronts descendants du signal de sortie de N2 inversés par N3 et différenciés par le réseau C4/R4. Au lieu d'un tic elle produira un flash, d'une plus longue durée cependant que le son** contemporain. Pourquoi plus longue? Pour que l'œil perçoive l'éclair. Nous connaissons le phénomène de persistance des impressions visuelles qui fait que nous continuons de voir un objet lumineux quelque temps après sa disparition. L'œil met aussi un certain temps à le voir après son apparition. Si cette apparition est de trop courte durée, nous ne l'apercevons pas - à moins que son apparition ne se répète très rapidement. Dans ce cas, nous percevons l'objet en continu, l'œil n'en voit pas les trop brefs évanouisse-

** Encore que l'on puisse se poser la question de la durée du tic, comme le fit justement remarquer Caton (d'Utique) à son retour d'Ithaque.



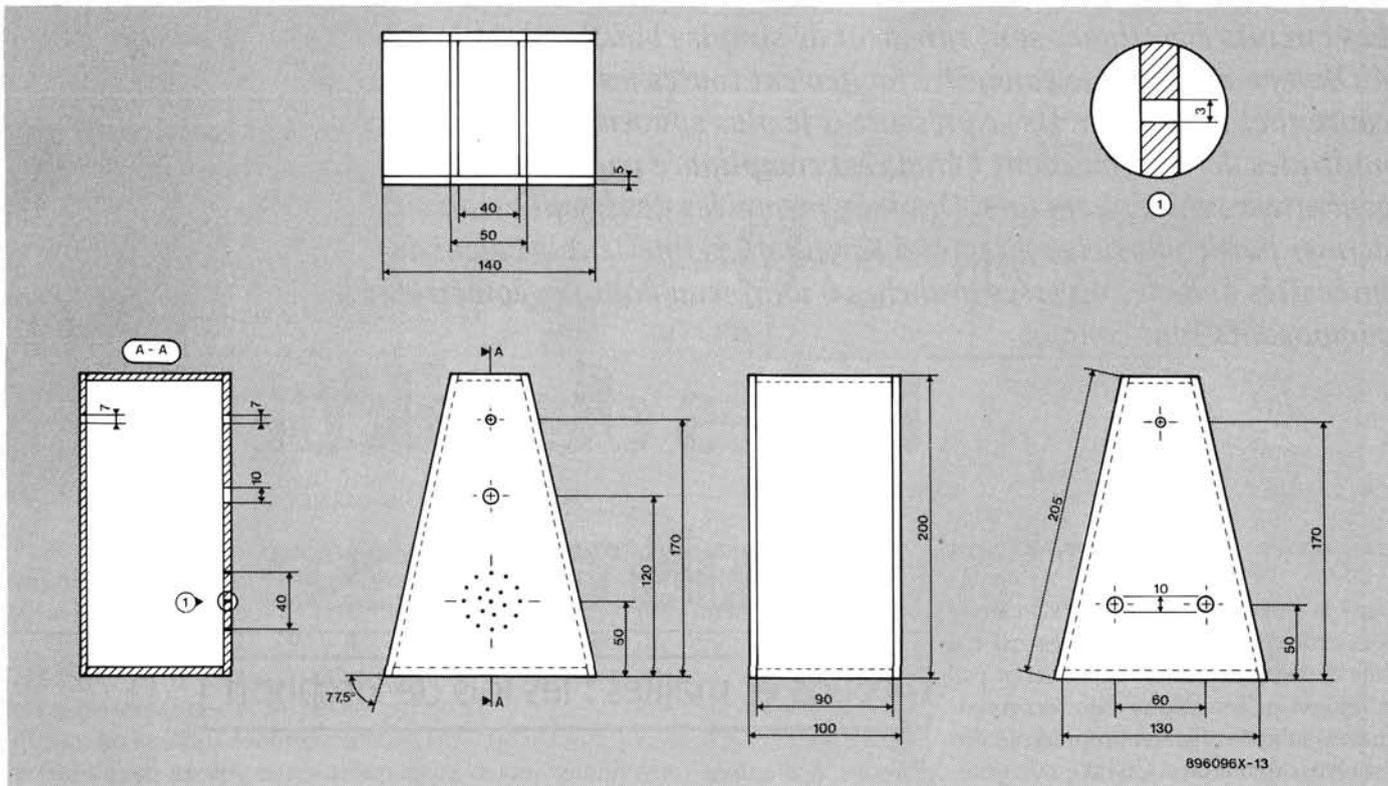


Figure 4 – Les plans de la pyramide (tronquée) où l'on reconnaît, en bas et de gauche à droite : une vue de gauche, une vue de face, de droite et de dos. En haut : à gauche, une vue plongeante, et à droite, un détail de la vue gauche (repère 1 du dessin de gauche en bas). Les dimensions indiquées le sont en millions de nanomètres.

ments. La durée d'allumage de la LED est déterminée par la constante de temps de la combinaison C4/R4 qui, plus longue, permet à T3 de conduire plus longtemps que ses compères T1/T2 (pour le tic) et T2 seul (tac). Une comparaison des différentiateurs (multiplier chaque fois R en ohms par C en farads) permet de se rendre à l'évidence. Enfin, les manifestations de la LED sont contemporaines du tic, c'est pourquoi T3 est commandé, comme T1, par les fronts descendants des créneaux de sortie de N2, transformés en fronts ascendants par l'inverseur N4.

construction

La disposition des composants, plaisante au regard, sur une platine d'expérimentation de format 1 peut faire l'objet d'un exercice. Si vous ne voulez pas risquer de mieux, ou de moins bien, présenter les choses que ne l'a fait le technicien responsable de l'implantation de la figure 3, servez-vous de son modèle. Répétons quelques conseils, destinés aux habitués de la baguette de chef qui ne le sont pas forcément du fer à souder : commencez par jeter les ponts de fil, puis soudez les composants les moins hauts et les moins fragiles, les résistances donc. Amenez ensuite les condensateurs, sans câbler à l'envers les électrolytiques, et terminez par les semi-conducteurs, diodes, transistors et circuit intégré. Si vous ne voulez pas faire prendre de risques

au circuit intégré (CMOS), procurez-lui un support.

Ensuite, placez les potentiomètres, soit directement sur la platine, où des picots à souder seront prévus pour leurs connexions, soit sur les parois du coffret dont les plans sont proposés sur la figure 4. Les dimensions indiquées le sont en millimètres et mieux qu'à la bourse, aucune cote ne manque. Les diamètres des trous à percer pour les potentiomètres (volume des sons et tempo, prononcez comme "thème-peau", c'est de l'italien), sur la face arrière, la LED, l'interrupteur S1, sur la face avant, ne sont bien sûr donnés qu'à titre indicatif. La disposition peut aussi ne pas convenir à tout le monde. Qui désire par exemple que l'appareil se mette sous tension lorsqu'il est à la verticale utilisera un bouton poussoir ouvert au repos disposé sous son pied et commandé par son poids. Puisque nous parlons de gravité, un interrupteur à mercure, petite ampoule dans laquelle une goutte de ce métal se déplace sous l'effet de la pesanteur fermera ou ouvrira le circuit (à éviter cependant si le métronome est un modèle de voyage). Il suffit qu'elle soit bien calée dans le coffret de façon à ne pas craindre les chocs et bien orientée. Il est en revanche difficile de disposer mieux la LED que sur la face avant puisque son faisceau est très directionnel : si elle regarde l'auditeur de travers elle se fera mal voir, surtout en plein air. De même

le haut-parleur qu'il serait incongru de placer sous la boîte ou derrière.

Il n'est cependant pas encore question de sortie puisque le problème de l'alimentation n'est pas réglé. À la maison, si l'on n'a rien contre les fils, un bloc secteur convient. Si sa tension de sortie plie sous la charge, manque de stabilité qui peut nuire à celle du circuit, remplacez C3 par une capacité plus importante, de 1000 μ F par exemple. L'introduction sur le circuit d'un stabilisateur de tension (type 78XX) est aussi toujours possible. Mais pourquoi compliquer les choses ? Un bon adaptateur secteur à faible impédance de sortie ou une pile ne poseront pas tous ces problèmes. Une pile bien sûr puisque le métronome au mieux de sa forme ne consomme que 2 mA sous 9 V (et autant lorsqu'il est fatigué). Quelle tension ? Entre 4 V et 15 V, ni moins ni plus.

Pour terminer, à la ville comme à la campagne et quel que soit son emballage, si le métronome est toujours utilisé dans les mêmes conditions, le réglage des potentiomètres de volume peut être fait une fois pour toutes, il n'est donc pas indispensable qu'ils soient très accessibles. La place de celui du tempo sera en revanche judicieusement choisie.

896096

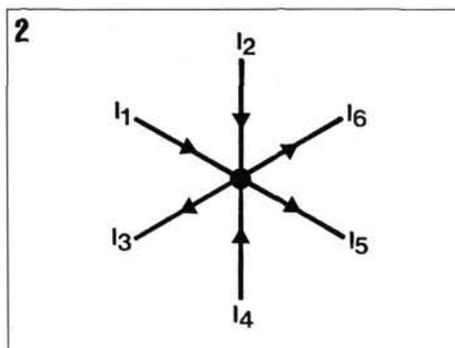
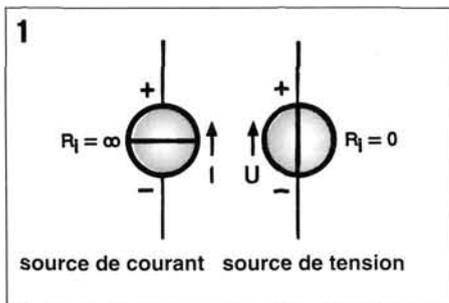
Les circuits électriques sont rarement de simples boucles dont la loi d'Ohm permettrait de connaître facilement toutes les caractéristiques de courant et de tension. Ils se présentent le plus souvent en réseaux aux multiples dérivations dont l'étude est compliquée par la présence de générateurs et de récepteurs. Des lois, formulées dès le milieu du siècle dernier par le physicien allemand Kirchoff, permettent le calcul des intensités dans les diverses branches d'un réseau dont la géométrie et les composants sont connus.



bases de calcul ou calculs de base

rectification

Dans le précédent numéro d'ELEX nous vous avons parlé de « sources de tension » sans définir ces termes. Ce ne serait pas très grave si les schémas qui accompagnaient le texte n'avaient représenté des « sources de courant ». On dit qu'un générateur (idéal) est une source de tension quand il maintient la même tension à ses bornes quelque soit le courant débité. Ceci veut dire que sa résistance intérieure est nulle : un accumulateur au plomb ne fait qu'approcher cet idéal puisque sa résistance intérieure est inférieure au milliohm. Une source de courant est de même un générateur (idéal) qui débite(r) le même courant quelle que soit la différence de potentiel entre ses bornes (sa résistance intérieure serait infinie) : c'est ce dont approche une cellule photoélectrique. Les symboles de ces générateurs sont donnés sur la figure 1, nous n'en dirons pas plus aujourd'hui.



nœuds et mailles : les lois de kirchoff

Passons à d'autres conventions : nous représentons le sens du courant dans une boucle par une flèche. Une autre flèche, parallèle à un composant, indique le sens des potentiels croissants aux bornes de ce composant. Ces flèches ont le même sens lorsque le composant est source d'énergie pour le circuit. S'il en consomme, comme une batterie d'accumulateurs en charge par exemple, ou une résistance, le passage du courant y donne lieu à une chute de tension : les flèches sont de sens opposé. Si nous parcourons le circuit dans le sens indiqué par la flèche du courant, le potentiel à l'entrée du composant est supérieur à celui mesuré à sa sortie. La flèche qui indique le sens des potentiels croissants est opposée à celle qui indique le sens du courant.

lois de kirchoff

Un circuit peut comporter plusieurs générateurs et de nombreuses dérivations. Il peut ressembler à un réseau routier et nul doute qu'en suivant la flèche du courant nous n'arrivions à un carrefour, un nœud. La première loi de Kirchoff concerne les intensités à ce nœud, la seconde les tensions dans les mailles du réseau :

- La somme des intensités des courants qui arrivent à un nœud est égale à la somme des intensités des courants qui s'en éloignent. Autrement dit, en tout nœud, la somme algébrique des intensités des courants est nulle.

* Voir le Dictionnaire de physique de Mathieu, Kastler et Fleury chez Masson & Eyrolles**.

** Ou chez vous si Masson & Eyrolles sont trop occupés pour vous recevoir

Appliquons cette loi au nœud de la figure 2 :

$$I_1 + I_2 + I_4 = I_3 + I_5 + I_6$$

$$(I_1 + I_2 + I_4) - (I_3 + I_5 + I_6) = 0$$

somme algébrique qui s'écrit plus simplement :

$$\Sigma I = 0$$

où Σ est la lettre majuscule grecque *sigma*.

Qu'est-ce que ça veut dire ? Tout simplement qu'à un nœud les charges électriques ne sont pas stockées, elles ne s'accumulent pas plus qu'elles ne disparaissent.

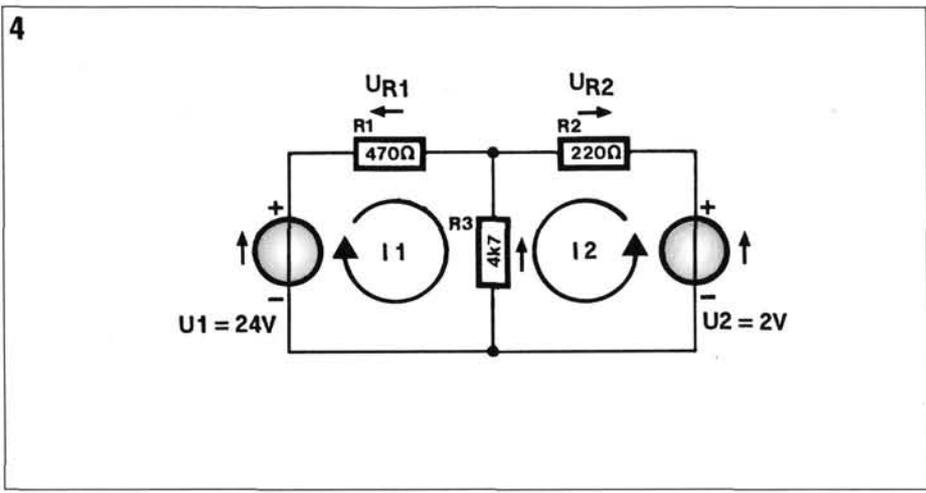
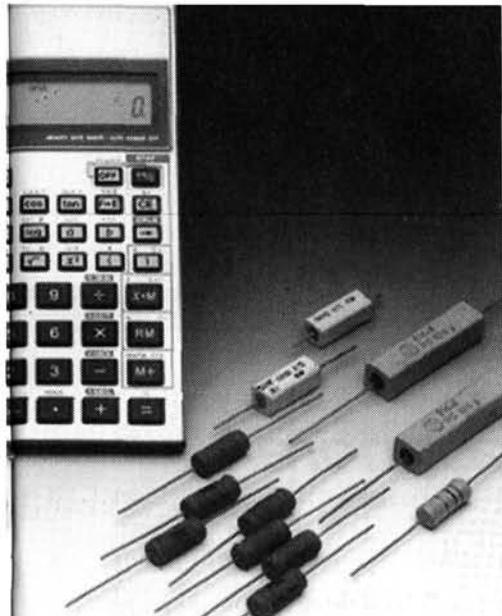
Voyons la deuxième loi qui concerne les mailles. Un ensemble d'éléments associés en série entre deux nœuds forme une branche et un ensemble de branches dont la suite forme un circuit fermé est une maille* :

- Dans une maille fermée, la somme des élévations de tension est égale à la somme des chutes de tension. Ceci revient à dire que la différence de potentiel entre un nœud et... ce même nœud est nulle, ou que la somme algébrique des différences de potentiel entre les extrémités de toutes les branches d'une même maille est nulle. Prenons l'exemple simple du circuit de la figure 3 qui ne contient que des générateurs et des résistances en série auxquels nous appliquons cette loi, dite des tensions. Nous parcourons le circuit en suivant la flèche du courant (dont le sens s'impose ici mais que dans d'autres cas il faut choisir arbitrairement) :

$$U_1 - U_{R2} + U_2 - U_{R3} - U_{R4} - U_{R1} = 0$$

ou, en utilisant le symbole Σ :

$$\Sigma U = 0$$



Puisque la loi d'Ohm reste évidemment valable et que l'intensité du courant est la même en tous les points de la maille :

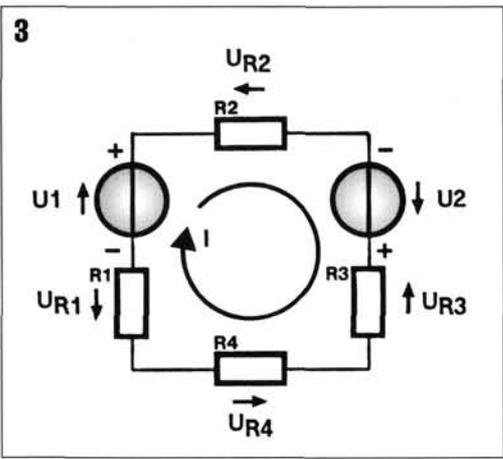
$$U_1 + U_2 - I(R_1 + R_2 + R_3 + R_4) = 0 \quad (1)$$

Les signes plus et moins de cette équation correspondent au sens des flèches par lesquelles les tensions sont représentées sur la figure : nous comptons positivement les différences de potentiel représentées par des flèches qui ont le sens de celle du courant et retranchons les différences de potentiel représentées par des flèches dont le sens est opposé à celle du courant.

exemple

Supposons que les composants du circuit de la figure 3 aient les dimensions suivantes :

- $U_1 = 24 \text{ V}$
- $U_2 = 12 \text{ V}$
- $R_1 = 47 \text{ } \Omega$
- $R_2 = 100 \text{ } \Omega$
- $R_3 = 1 \text{ k}\Omega$
- $R_4 = 220 \text{ } \Omega$



** Les "I2" dont il est question ici n'ont rien à voir avec les « laids phoques » (ou les « phoques hideux ») dont Virgile parle dans l'Enéide. Le rédacteur***.

*** Pas plus d'ailleurs que les "I1" avec les braiments de l'âne qui vient de rendre cet article. N.D.L.R.

Nous écrivons la relation (1) :

$$U_1 + U_2 - I(R_1 + R_2 + R_3 + R_4) = 0$$

$$24 + 12 - I(47 + 100 + 1000 + 220) = 0$$

L'intensité I du courant ne restera pas longtemps inconnue :

$$36 - 1367 \cdot I = 0$$

donc $1367 \cdot I = 36$ et $I = 36 : 1367 = 26 \text{ mA}$

plus compliqué ?

Le circuit précédent était un peu exceptionnel puisqu'il ne contenait aucune dérivation, donc aucun nœud. Il était possible, avec la seule la loi d'Ohm de calculer l'intensité du courant qui le traversait. La figure 4 donne une idée plus réaliste de ce que l'on rencontre : c'est un réseau à proprement parler qui compte deux mailles auxquelles il est possible d'appliquer les lois de Kirchhoff. Il est même possible d'en considérer une troisième si l'on parcourt le circuit sans prendre la dérivation (U_1, R_1, R_2, U_2). Parcourons les deux mailles en suivant chaque fois le sens du courant (choisi arbitrairement et qui n'est pas forcément celui qui circule effectivement) et écrivons que la somme algébrique des tensions rencontrées est égale à zéro. Nous obtenons pour la première maille :

$$U_1 - U_{R1} - U_{R3} = 0$$

et pour la seconde :

$$U_2 - U_{R2} - U_{R3} = 0$$

Allons-nous immédiatement appliquer la loi d'Ohm et écrire, dans la première équation par exemple, que la somme de R_1 et R_3 multipliée par le courant I_1 est égale à U_1 ? Nous ne le pouvons pas. La résistance R_3 est en effet parcourue par un courant qui dépend à la fois de I_1 et I_2 **, nommons-le I_3 , tel que la chute de tension à ses bornes est différente de $(R_3 \cdot I_1)$ et $(R_3 \cdot I_2)$.

La loi d'Ohm nous permet d'écrire maintenant :

$$U_1 - (R_1 \cdot I_1) - (R_3 \cdot I_3) = 0$$

$$U_2 - (R_2 \cdot I_2) - (R_3 \cdot I_3) = 0$$

Nous pouvons appliquer la première loi de Kirchhoff au nœud (point de rencontre entre R_1, R_2, R_3) puisque, tels qu'ils sont représentés, les courants I_1 et I_2 arrivent au nœud et le courant I_3 s'en éloigne :

$$I_1 + I_2 = I_3$$

Il est donc possible de remplacer, dans les équations de chaque maille, I_3 par la somme des deux autres courants. On exprime ensuite I_1 en fonction de I_2 dans une équation, afin d'obtenir avec l'autre une équation où la seule inconnue est I_2 . Ceci permet de calculer I_2 , puis I_1 , puis I_3 . Si vous faites ces calculs, vous verrez que tous les courants ne circulent pas dans le sens que nous avons adopté, puisqu'on trouve un courant I_2 de $-30,6 \text{ mA}$.

Pour vous exercer, changez par exemple le sens de I_2 dans la deuxième maille. N'oubliez pas alors que l'équation relative à cette boucle comptera U_{R2} et U_2 négativement, U_{R3} positivement si vous supposez que I_3 circule toujours de haut en bas :

$$-U_2 - (R_2 \cdot I_2) + (R_3 \cdot I_3) = 0$$

La loi des courants s'écrira aussi différemment.

Tout ceci est bien compliqué et peut donner le vertige. C'est pourquoi nous verrons la prochaine fois un théorème qui a simplifié l'existence de plusieurs générations d'électroniciens, le théorème de Thévenin, dont nous fêterons cette année les 110 ans.

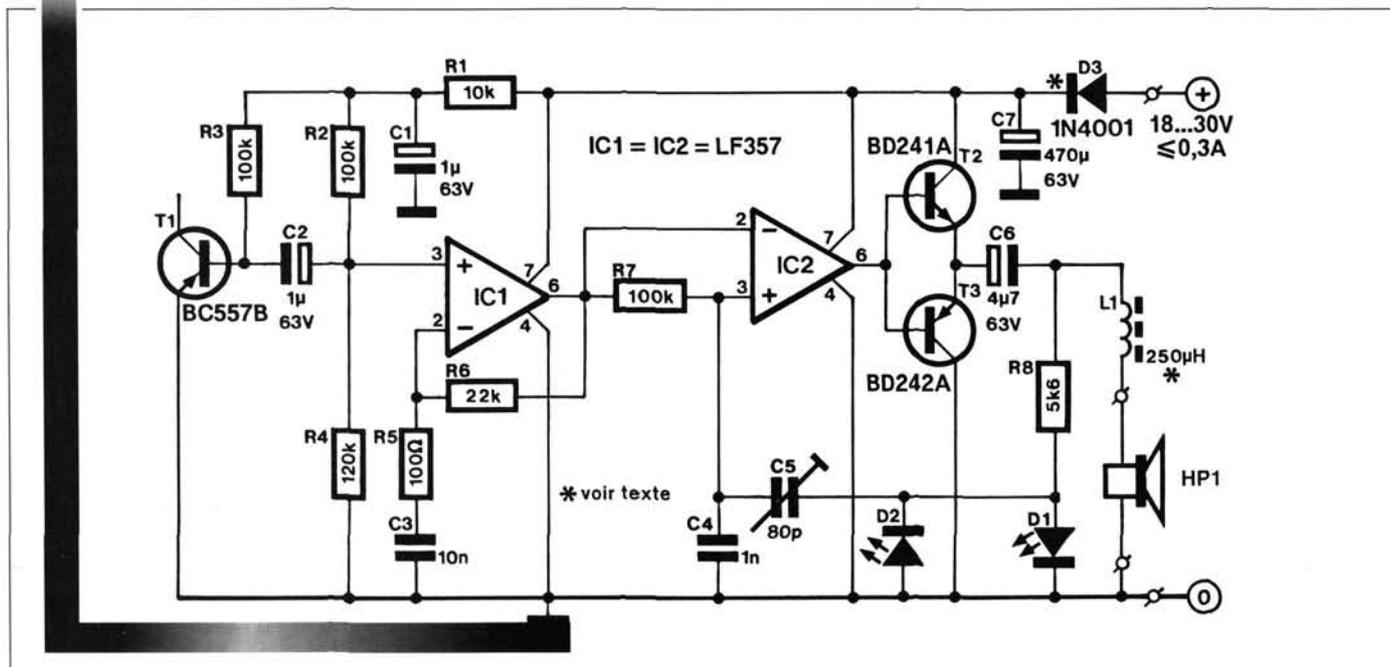
Cette année serait-elle (comme on dit dans les Ardennes) une année à taupes ? C'est ce que laisse supposer le courrier de nombreux lecteurs qui sollicitent notre aide : les sous-sols de leurs domaines sont envahis par ces petits mammifères insectivores, qui les privent d'appâts pour la pêche, de grenouilles et d'escargots pour leurs repas, mais surtout s'attaquent à leurs vignes, déforment en surface et en profondeur leurs jardins. Que faire contre ces terrassières ? Leur en faire voir de toutes les couleurs ? L'image est difficile à transporter dans leurs demeures, de plus, elles ne voient guère. Reste le son. Nous vous proposons de les noyer sous les flots d'une musique aussi désagréable que possible à leurs oreilles ultrasensibles : si elles aiment les graves, fabriquez-leur le premier montage, un générateur de bruit qui privilégie les fréquences ultrasonores ; si c'est insuffisant, ajoutez à la première source un ronflement intermittent à 50 Hz. Notez cependant qu'ELEX ne vise pas le mérite agricole, mais fait de l'électronique, ce que vous pourrez constater plus loin.

chasse-taupe ultrasonore

premier circuit

Autrefois les taupes étaient chassées pour leur peau, très douce au toucher, au poil fin, fort dense et soyeux et bien sûr pour les désordres qu'elles causaient. Elles creusent en effet des galeries dans le sous-sol et plutôt que de creuser des trous en profondeur pour cacher à nos vues (il paraît qu'elles sont myopes) la terre extraite de leurs galeries, elles les créent en hauteur, semblables en cela aux ingénieurs des mines – non point ceux des mines de rien, corps prestigieux s'il en fut puisque Pierre Dac et Francis Blanche y faisaient bonne figure – des mines de quelque chose que l'on appelait pour cela « taupins » à la campagne et « taupin'en bourgs » lorsqu'ils résidaient dans une cité de quelque importance. Les taupes ont inventé le boulevard périphérique, puisqu'il semble que la principale des galeries qu'elles creusent dans un domaine longe les murs, les haies, les bords des propriétés d'où elles rayonnent vers le centre. Chose à savoir si vous leur faites la chasse. Finissons là ce préambule et passons aux choses sérieuses.

Le premier circuit de ce double montage est celui qui produit le bruit de haute fréquence. Il est constitué d'un générateur de bruit, suivi d'un amplificateur. Reportons-nous tout de suite à son schéma (figure 1). Le transistor T1, bizarrement câblé n'est ce pas, est le générateur de bruit à proprement parler. Nous aurions dû l'appeler diode puisque seules deux de ses trois broches, la base et l'émetteur sont utilisées, le collecteur est en l'air. La base est reliée au pôle plus de l'alimentation par l'intermédiaire de R1 et R3. Le courant traverse donc la jonction en inverse, puisque T1, vous l'avez remarqué est un PNP. Un courant peut-il traverser une jonction en inverse ? Pourquoi pas ? Si la différence de potentiel entre la cathode (la base) et l'anode (l'émetteur) est suffisamment élevée, supérieure au seuil dit de claquage, la diode conduit. Si c'est une diode de redressement, le courant augmente alors brusquement. Il circule à rebours de ce qui est souhaité, dans la plupart des cas, détruit le redresseur et éventuellement le condensateur de lissage qui part en fumée



pour taupinières

ou éclate avec fracas. On fait usage de cette propriété qu'ont les diodes de conduire en inverse à partir d'une certaine tension mais on fabrique pour cela des diodes spéciales, dites de zener. Ces diodes ne sont pas utilisées pour redresser le courant mais pour stabiliser la tension à leurs bornes qui, passé le seuil de claquage, varie peu. Il est cependant nécessaire de limiter le courant à une certaine intensité recommandée par le constructeur. C'est pourquoi lorsqu'on rencontre une diode zener ou une diode ordinaire ou un transistor utilisé de la même façon dans un circuit, c'est toujours en compagnie de sa résistance de limitation de courant (R1 et R3).

Quelle fonction peut bien assurer une "zener" dans ce circuit? Le transistor, câblé en zener ne demande qu'à laisser passer le courant, les résistances qu'à le limiter. La conséquence est que la jonction se bloque et se débloque continuellement, elle est le siège d'oscillations. Il est exclu qu'on les mette en évidence à l'aide d'un multimètre: une mesure du potentiel de la base de T1 par rapport à la masse ne nous montrerait que la présence d'une tension constante. Nous verrions en revanche à l'oscilloscope qu'elle varie continuellement et très rapidement. En d'autres termes, il y a du bruit sur la ligne, bruit que nous allons récupérer par l'intermédiaire de C2.

Il nous faut maintenant donner au bruit une puissance suffisante pour que les taupes en soient incommodées. C'est pourquoi nous l'amplifions à l'aide d'IC1 câblé en dérivateur non inverseur, qui favorise les harmoniques de rang élevé du signal d'entrée: grossièrement dit, les composantes de basse fréquence sont soustraites du signal d'entrée par la contre-réaction. Celle-ci ne concerne pas les composantes de haute fréquence atté-

nuées par le filtre que constituent R5 et C3. Ce bruit, déjà bien amplifié, l'est encore par IC2 dont le gain n'est pas limité puisqu'à la différence du précédent (R6) il semble fonctionner en boucle ouverte (ce n'est pas tout à fait vrai, comme vous le verrez plus loin).

Avant de poursuivre son chemin et d'être transmis au haut-parleur, le signal, amplifié en tension, doit l'être aussi en courant. Deux transistors, T2 et T3 sont chargés de lui donner du ressort. Ils sont montés en "pouche-poule" (comme ça se prononce, ou *push-pull* comme ça s'écrit) série: l'un pousse et l'autre tire, ils font de la balançoire. Il faut bien sûr qu'ils soient complémentaires, c'est-à-dire que leurs caractéristiques soient les mêmes au signe près. Le courant, s'il circulait, arriverait à T2 par son collecteur, en sortirait par son émetteur vers l'extérieur. De l'extérieur il pénétrerait par l'émetteur de T3 pour retrouver le pôle moins via son collecteur: il suffit de suivre les flèches qui sont "en série". Des deux transistors, l'un, T2 le NPN, conduit à la montée, dès que sa base est à un potentiel de 0,6 V supérieur à celui de son émetteur, l'autre, T3 le PNP, à la descente, dès que sa base est à un potentiel de 0,6 V inférieur à celui de son

émetteur. Ils conduisent l'un après l'autre et encore pas toujours: entre -0,6 V. et +0,6 V ils se reposent, il y a distorsion de raccordement qui ne mérite pas d'être corrigée ici puisque le montage est fait pour déplaire aux auditrices. Les transistors sont d'autre part montés en collecteur commun (émetteur suiveur) si bien que le gain en tension est pratiquement de 1: le signal de sortie, en l'absence de charge, aura même aspect que le signal d'entrée. En revanche, l'impédance d'entrée du dispositif est très grande, celle de sortie pratiquement nulle: nous n'aurons qu'une chute de tension réduite lorsque le *push-pull* débitera du courant dans la charge par l'intermédiaire de C6, qui en élimine la composante continue. La charge, nous y sommes, est un circuit résonnant série puisque le haut-parleur, piézoélectrique, se comporte comme une capacité en série avec la self L1. Comment savoir si le montage fonctionne puisque la fréquence du bruit produit par le haut-parleur n'est pas audible (même aux chauves souriants) ou en l'absence de haut-parleur? C'est à vous de répondre, à la lumière des LED D1 et D2, protégées l'une et l'autre par la résistance R8. La résistance n'alimente d'ailleurs pas seulement les LED elle permet de renvoyer par l'intermédiaire du condensateur ajustable C5 une fraction du signal de sortie vers l'entrée non-inverseuse d'IC2. Le condensateur permet d'améliorer le spectre du bruit. Ce spectre n'a rien à voir avec ceux des châteaux d'Écosse, c'est la « répartition de l'intensité sur les différentes ondes qui constituent le son en fonction de leur fréquence* ». La

Figure 2 – Si vous installez le circuit dans un coffret, l'appareil aura cette apparence. Évaluez les dimensions du couloir de circulation à l'aide d'un bâton par exemple et installez le tuyau de façon que l'orifice de l'instrument en affleure le plafond.

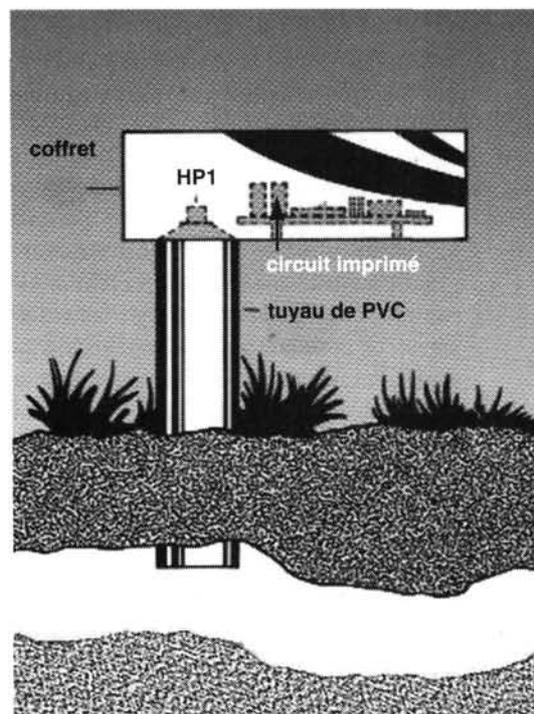


Figure 1 – De gauche à droite, la source de bruit (T1) et ses deux amplificateurs (IC1 et IC2), l'adaptateur d'impédance formé par deux transistors câblés en pousse-tire (*push-pull*) et le transducteur piézoélectrique, un tweeter qui sait parler haut aux bêtes.

* La Recherche, numéro 230 page 308.

Figure 3 – Le "cadre" de ce circuit n'est pas un collecteur d'ondes mais une self qui, en série avec le transducteur piézo-électrique (équivalent à un condensateur) forme un circuit résonant série.

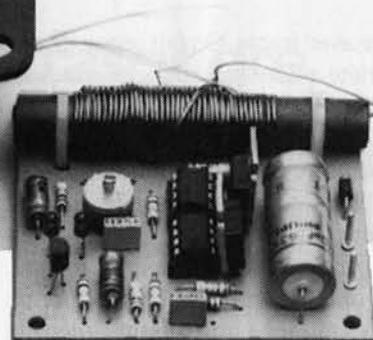
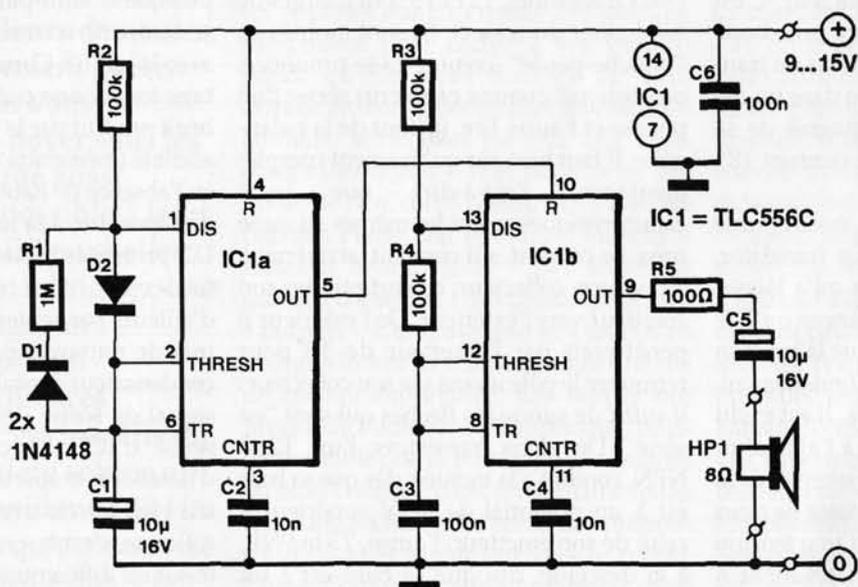


Figure 4 – Le temporisateur de gauche délivre environ toutes les dix secondes un impulsion d'une seconde qui autorise le second à alimenter le haut-parleur à 50 Hz.



deuxième circuit

boucle de réaction favorise en effet les tendances du montage à osciller au rythme du bruit et donc son action irritante.

construction et installation

Le circuit imprimé de la figure 7 facilite grandement le montage. On commence comme d'habitude par souder les résistances, on continue avec les condensateurs et on termine par les semi-conducteurs. La bobine décrite dans la liste des composants (voir aussi le cliché de la figure 3) sera réglée si nécessaire de façon que le signal de sortie soit maximum (voyez l'indication des LED). Une fois le circuit câblé, si vous n'utilisez pas de coffret, glissez le haut-parleur dans un sac étanche et assez fin (type sac de poubelle de cuisine) ceci avant de l'installer avec le circuit au-dessus d'un tuyau de plastique comme le

décrit la figure 5. Le haut-parleur est évidemment tourné vers le bas en dessous de son électronique de commande vers la galerie principale dans laquelle est planté le tuyau. Nous proposons sur les figures 2 et 5 deux façons de procéder, avec ou sans coffret, il y en a certainement d'autres, l'essentiel, pour l'électronicien, est l'étanchéité du dispositif. Son alimentation lui sera, compte tenu de sa consommation (0,3 A au maximum) fournie par un adaptateur secteur de bonne qualité. Comme vous l'avez peut-être deviné, la diode D3 n'est pas nécessaire au fonctionnement du montage. C'est une simple sécurité destinée à le protéger contre un mauvais branchement de son alimentation.

Ce deuxième circuit traite le problème différemment. Il ne produit pas, comme le précédent un bruit constitué en majorité d'ultrasons, mais, environ toutes les dix

secondes, une vibration sonore à 50 Hz d'une seconde. Il semble que les taupes et leurs concurrents fouisseurs n'apprécient pas ces ronflements qu'ils tiennent pour de la pollution. Comme on les comprend. Ils ne les apprécient pas mais finissent par s'en accommoder, comme les poissons du bruit de la mer. C'est pourquoi des silences de si longue durée sont intercalés entre deux émissions: le son se fait oublier, puis revient au moment où on ne l'attendait plus et enrichit la nuisance d'une dose d'angoisse. Voyez le circuit sur la figure 4. Il est construit autour d'un double temporisateur analogique, un TLC556C qui n'est en fait qu'un double TLC555. Le signal à proprement parler est fabriqué par IC1b qui fonctionne en astable: à la mise sous tension, le condensateur C3 se charge par l'intermédiaire de R3 et R4 à un peu plus des deux tiers de la

Figure 5 – Le premier magasin de bricolage venu vous fournira de quoi équiper le boulevard périphérique de votre amie la taupe d'une cheminée aussi élégante qu'étanche. Vous en tournerez l'ouverture vers le bas de façon à faire profiter l'animal de vos dons de facteur d'instrument. Le diamètre de la cheminée correspond à celui du haut-parleur qui vous accompagnera lors de vos achats.

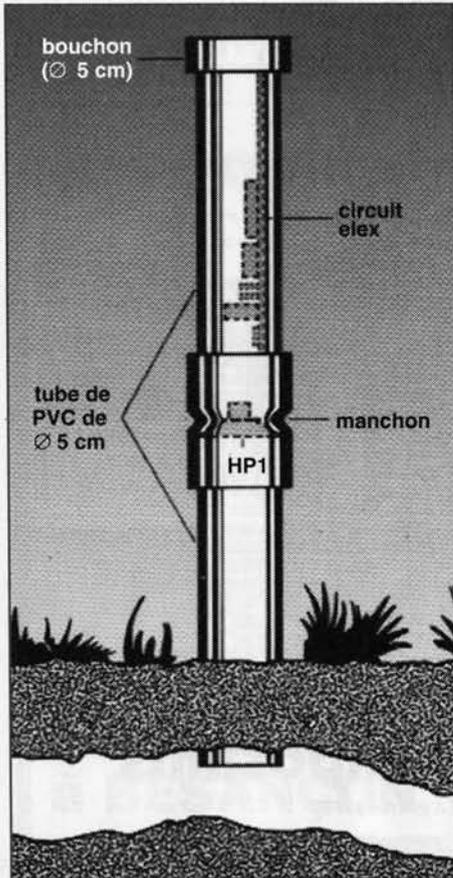


Figure 6 – "Radio-taupe", très basse fréquence

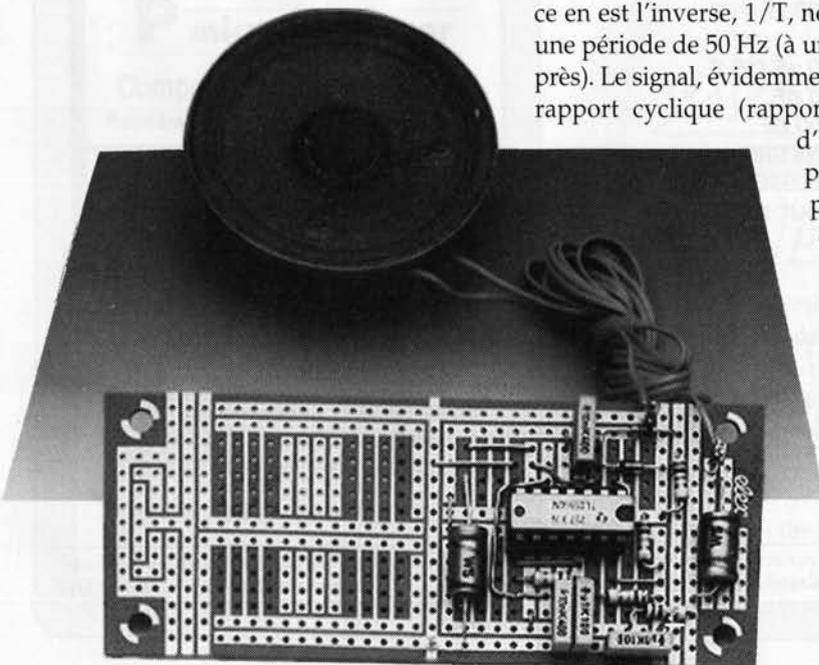
tension d'alimentation. La présence de ce niveau de tension sur la broche 12 de seuil (*Threshold*) fait basculer la sortie du circuit intégré à 0 (broche 9) et débloque un transistor de décharge (*Discharge*) dont le collecteur est accessible sur la broche 13: grâce à ce transistor qui court-circuite à la masse le point de connexion des deux résistances R3/R4, le condensateur se vide par l'intermédiaire de R4 jusqu'à ce que la tension à ses bornes ne soit plus que du tiers de la tension d'alimentation. À ce moment-là, c'est la broche 8, de déclenchement (*Trigger*), qui est active: le transistor de décharge se bloque et la sortie d'IC1b passe à 1. Le condensateur se recharge par l'intermédiaire de R3 et R4, mais nous l'avons déjà vu. La période T des oscillations à la sortie du circuit est à peu de chose près égale à $0,7 \cdot (R3 + 2 R4) \cdot C3$ et comme la fréquence en est l'inverse, $1/T$, nous avons bien une période de 50 Hz (à un poil de taupe près). Le signal, évidemment crénelé, a un rapport cyclique (rapport de la durée

d'une alternance positive à la période) très différent de 1/2 puisque la décharge de C3 à travers R4 (100 kΩ) dure deux fois moins

longtemps que sa charge à travers R3 et R4 (200 kΩ).

Tout ceci est de peu d'importance dans la présente application. Remarquez en revanche que nous ne savons pas quand le signal de 50 Hz apparaîtra à la sortie d'IC1b pour la bonne raison que le niveau de tension sur l'entrée de blocage à zéro de ce circuit (broche 10), active à l'état bas, ne nous est pas connu: il est laissé à la discrétion d'IC1a. Comment fonctionne cette deuxième moitié du circuit intégré? Peut-être seriez-vous convaincu sans démonstration qu'IC1a est aussi câblé en astable. Nous supposons que non, occasion pour nous d'essayer de dire les mêmes choses sans nous répéter. Nous savons que la sortie connaît deux niveaux de tension, haut et bas. Elle est au niveau haut lors de la charge à travers R2 et D2. Cette charge est-elle plus ou moins rapide que celle de C3? Comparons** sachant que la durée de la charge est proportionnelle à la capacité du condensateur et à la résistance. Des condensateurs, C1 n'est que cent fois plus gros que C3 alors que D2 qui remplace R4... Mais la durée de la charge est fonction de l'intensité du courant et le courant ne dépend pratiquement que de R2 qui est deux fois moins grand que R3 + R4 et de la tension à ses bornes qui est la même (à 0,6 V près) que celle aux bornes de R3/R4. Un courant qui n'est que deux fois plus important pour remplir un réservoir C1 cent fois plus volumineux: il est certain, et heureux, que le remplissage de C1 s'effectuera environ cinquante fois moins vite

** En période électorale on répond à ce type de question par: « A priori oui ».



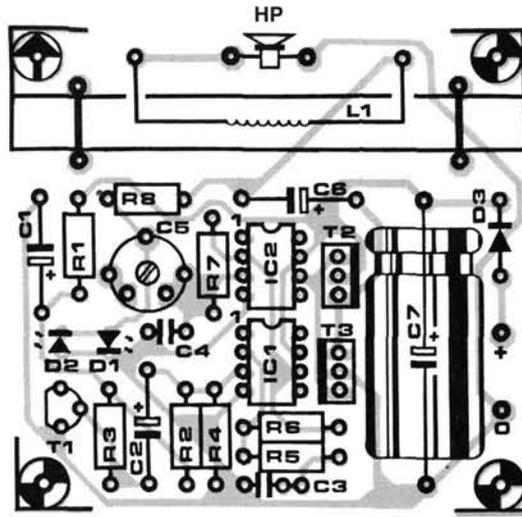
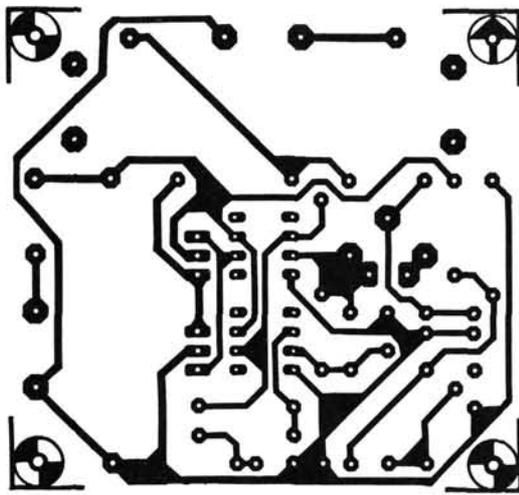


Figure 7 - Nous n'avons prévu de circuit imprimé que pour le premier dispositif. Sa gravure ne devrait pas poser de problème, même à des débutants.
Figure 8 - Le second montage se contentera d'une platine d'expérimentation de format 1.

que celui de C3. Pendant ce temps-là, l'entrée de remise à zéro d'IC1b sera inactive et sa sortie oscillera. Et la décharge de C1? Nous la comparerons à sa charge. Elle s'effectue par l'intermédiaire de R1, (et D1 puisque D2 est alors fermée) dix fois plus grosse que R2 d'où nous pouvons conclure qu'IC1b sera inhibé pendant 10/11 du temps et que sa sortie oscillera pendant la 1/11 restant. La période du signal de sortie d'IC1a, nous vous laissons le soin de vérifier (négliger les diodes) est d'une petite dizaine de secondes.

Un mot sur les condensateurs C2 et C4 qui, aux entrées de commande de tension (*Control Voltage*), permettent d'éviter des rebonds sur les sorties pendant les transitions. Voilà, c'est dit.

construction

Reportez-vous à la figure 8 et au cliché (figure 6) où nous donnons un modèle d'implantation des composants sur une platine d'expérimentation de format 1: n'en oubliez pas les ponts de câblage. Ce qui était valable pour l'installation du générateur de bruit décrit en premier lieu l'est encore ici bien que, vu les dimensions du haut-parleur (un petit modèle récupéré sur un poste de radio par exemple), il soit plus commode d'adopter la disposition de la figure 5 que celle de la figure 2 qui nécessite un transducteur électromagnétique*** de plus gros diamètre. Les limites fixées au choix de l'alimentation sont moins étroites pour le présent circuit qui ne consomme que 5 mA pendant une

• premier circuit

- R1 = 10 kΩ
- R2, R3, R7 = 100 kΩ
- R4 = 120 kΩ
- R5 = 100 Ω
- R6 = 22 kΩ
- R8 = 5,6 kΩ

- C1, C2 = 1 μF/63 V
- C3 = 10 nF
- C4 = 1 nF
- C5 = 80 pF ajustable
- C6 = 4,7 μF/63 V
- C7 = 470 μF/63 V

- T1 = BC557B
- T2 = BD241A
- T3 = BD242A

- D1, D2 = LED
- D3 = 1N4001 (voir le texte)

IC1, IC2 = LF357 amplificateur opérationnel à entrées JFET

L1 = 250 μH, 1A 80 spires de cuivre Ø 0,8 mm sur bâton de ferrite de 5 à 10 cm de Ø 5 cm
HP1 = tweeter piézoélectrique KSN-1005 Motorola (Monacor) ou équivalent

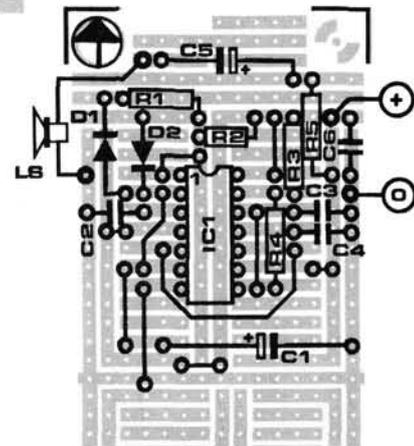
• second circuit

- R1 = 1 MΩ
- R2, R3, R4 = 100 kΩ
- R5 = 100 Ω

- C1, C5 = 10 μF/16 V
- C2, C4 = 10 nF
- C3, C6 = 100 nF
- D1, D2 = 1N4148
- IC1 = TLC556C double temporisateur analogique
- HP1 = haut-parleur 8 Ω/5 cm de diamètre

seconde toutes les dix secondes. Au repos, c'est-à-dire le reste du temps, il faut compter 0,5 mA: des piles ou des accumulateurs feront fort bien l'affaire. Veillez encore ici à protéger l'installation de l'humidité.

896028



liste des composants

*** Le terme est peut-être moins parlant que "haut-parleur", mais vu que l'appareil n'cause pas ou ne cause que du tort aux taupes et aux souris, il semble préférable. Ceci dit, un transducteur est un dispositif qui permet de modifier la nature physique d'un signal.



Composants électroniques
Dépositaire de grandes marques
Professionnel et grand public

RADIO - TÉLÉVISION - VIDÉO - INFORMATIQUE

B.H. ÉLECTRONIQUE

164 à 166, av. Ar. Briand - 92220 BAGNEUX
Tél. (1) 46 64 21 59 • Fax (1) 45 36 07 08

SPÉCIALISTE DES COMPOSANTS JAPONAIS

plus de 20 ans à votre service

SCHÉMA

+

LAYO

Minitel 3617 Layo Rubrique LOGI

LAYO FRANCE

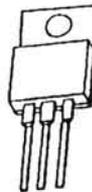
Château de Garamache - Vallée de Sauvebonne

83400 HYÈRES

Tél. : 94.28.22.59 - Fax : 94.48.22.16

Minitel 3614 Layo France

AG Composants LYON
Electroniques



Professionnel
et
Grand Public

51, Cours de la Liberté
13, Bld des Brotteaux
Fax : 78 71 76 00

Vente Comptoir et Correspondance

Composants Japonais, Radio TV, Vidéo, kits, Mesure,
Outillage, Accessoires, Sono, Hauts-Parleurs
Lyon 3^{ème} 78 62 94 34
Lyon 6^{ème} 78 52 43 90

COMPOSIUM

CHOLET ELECTRONIC MORLAIX
6, rue Nantaise 16, rue Gambetta
Tél. 41.58.63.64 Tél. 98.88.60.53
Fax 41.58.21.14 Fax 98.63.84.55

VANNES QUIMPER
35, Rue De La Fontaine 33, rue Réguaires
Tél. 97.47.46.35 Tél. 98.95.23.48
Fax 97.47.55.46 Fax 98.95.91.29

4 SPÉCIALISTES PRETS A SE METTRE
EN 4 POUR VOUS SERVIR
GRAND PUBLIC AU PROFESSIONNEL

Des Kits simples et complexes
Des composants disponibles
Des offres temporaires
Des prix Intéressants
Des expéditions rapides

Nos catalogues (1 et 2)
vos seront adressés
contre 5 F en timbres

MEDELOR Téléphone
42800 Tartaras 77 75 80 56

Composants Electroniques/Micro-Informatique

J. REBOUL

PLACE DU MARCHÉ (29, RUE DE BOUCHERIES)

25000 BESANÇON/FRANCE

TÉL. : 81.81.02.19

FAX : 81.82.16.79

MAGASIN INDUSTRIE : 72, RUE TRÉPILLOT

BP 1525 BESANÇON

TÉL. : 81.50.14.85 - FAX : 81.53.28.00

LES CARRÉS D'ADRESSES

COMPOSANTS ▲ OUTILLAGE ▲ CATALOGUES ▲ KITS ▲ MATERIEL

à **BESANÇON**

**NOUVELLE
ADRESSE**

29, Bd J.F. Kennedy
Tél. : 81 80 72 13 - Fax : 81 80 72 24

P microprocessor

Composants Electroniques
Point traçage CIAO-LABOTEC - Perçage

VOUS VENDEZ DU MATÉRIEL D'ÉLECTRONIQUE ?
DES KITS ? DES ACCESSOIRES ?
ACHETEZ CET ESPACE PUBLICITAIRE
VOUS EN FEREZ UN.

point de rencontre

ENTRE VOUS ET LES NOUVEAUX
LECTEURS D'



TSME

Z.A. DES GROSSINES
17320 MARENNES
TÉL. : 46 85 37 60
FAX : 46 85 20 02

VENTE COMPTOIR ET
CORRESPONDANCE

KITS ELECTRONIQUES TSM
COMPOSANTS ACTIFS/PASSIFS
MESURES - LIBRAIRIE
OUTILLAGE - PRODUITS CIF
CATALOGUE 148 PAGES
CONTRE
30,00 F EN CHÈQUE

Nice **COMPOSANTS
DIFFUSION**
JEAMCO

12, rue Tonduti de l'Escarène 06000 NICE
Tél. 93.85.83.78 - Fax 93 85 83 89

KITS - COMPOSANTS - OPTO
CAPTEURS - RELAIS - CONNECTIQUE
COFFRETS - SONO - ALARMES
OUTILLAGE - MESURE - ETC...

PROMOTIONS PERMANENTES

Liste contre enveloppe timbrée à 4,00 F
avec votre nom

À **GENÈVE**

Loisirs électroniques

Servette LES A S.A.

composants, Instruments, outillage, kits

13, rue de la Servette - CH-1201 GENÈVE

Tél. 022/734 29 30 - Fax 022/733 10 41

PRINTS ELEKTOR EPS - LIVRES
SOFTWARE ESS - REVUES - CASSETTES DE
RANGEMENT - JEUX DE COMPOSANTS

COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES - HP VISATON
KITS VELLEMAN OUTILLAGE - MESURE -
LITTÉRATURE - CB - RÉCEPTEURS

URS MEYER ELECTRONIC SA

Avenue Robert 12

CH - 2052 FONTAINEMELON

Tél : 038 / 53 43 43

**URS MEYER
ELECTRONIC**

Si les CMS n'occupent guère de place dans nos colonnes, ce n'est pas une raison pour les ignorer. Ce numéro d'ELEX vous propose même – une fois n'est pas coutume – de les utiliser pour l'une ou l'autre application. Voyons présentement comment ils s'inscrivent dans la longue histoire de l'électronique.

Les CMS (en anglais SMD, *Surface mounting Device*) sont de toutes petites choses soudées directement à la surface des circuits imprimés, comme leur nom le laissait supposer. Ceci laisse entendre que les autres sont montés « en profondeur » : les broches des résistances et des condensateurs traditionnels traversent en effet la platine même s'ils restent en surface. Les choses ne se sont pas toujours présentées de cette façon comme un bref retour en arrière permet de le constater.

Composants Montés en Surface

les ancêtres

Autrefois, les composants, de taille respectable étaient supportés par un imposant châssis et reliés entre eux par une multitude de fils et de câbles. Les vieux lecteurs d'ELEX se rappellent avec nostalgie le temps des tubes (les lampes) où l'on soudait avec de gros fers électriques de 100 W, sans parler de celui où il fallait réchauffer ses pannes à la flamme d'un bec de gaz quand ce n'était pas sur un lit de braises. Les résistances et les condensateurs ne craignaient pas les températures élevées auxquelles on les soudait, du fait de la longueur de leurs connexions. Dans les fabriques de "récepteurs de

radiodiffusion" comme on disait en ce temps-là, chaque composant était monté à part et à la main : l'intérieur de l'appareil ressemblait assez aux édifices que l'on rencontre dans l'industrie chimique pour mériter le nom "d'usine à gaz". Le châssis en constituait une partie essentielle. Le châssis, c'était cette plaque métallique qui devait être solide pour supporter les tubes (amplificateurs, redresseurs, etc.) les gros condensateurs de filtrage, les bobinages enfermés dans un blindage, le condensateur variable, le transformateur, etc. accessibles à l'utilisateur lorsqu'il enlevait la protection située sur l'arrière du poste

comme vous le voyez sur les photos d'un récepteur du début des années 60 (figures 1 et 2). Les connexions et les organes sous tension (résistances, condensateurs, commutateur, circuits d'alimentation) étaient disposés en dessous du châssis

Au lieu de fixer directement chaque résistance, chaque condensateur aux organes avec lesquels ils sont en liaison, ou de faire des câblages "en l'air", les industriels se rendirent vite compte qu'il était possible d'en monter certains à part, groupés sur des plaquettes de bakélite ou de carton bakélinisé. Ces plaquettes pouvaient être

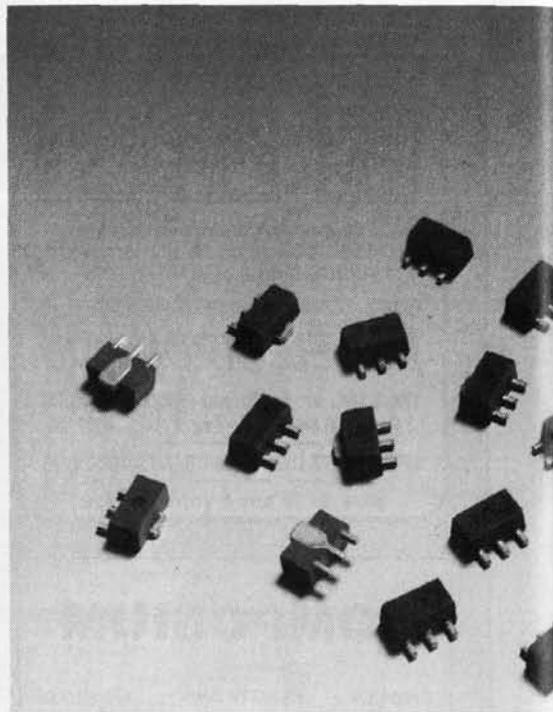


Figure 1 – Le châssis métallique doit supporter sans plier des composants relativement lourds.

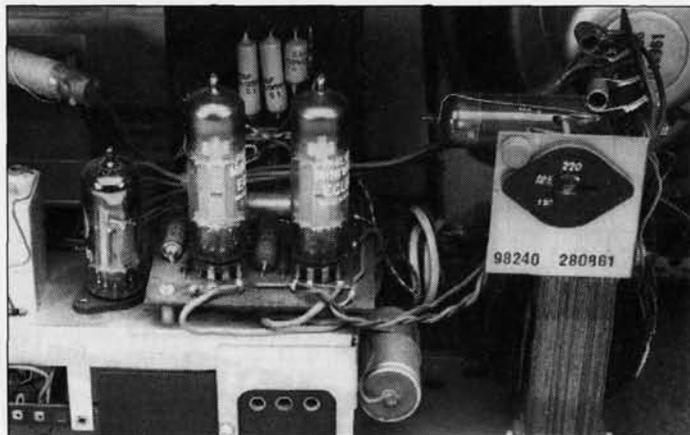
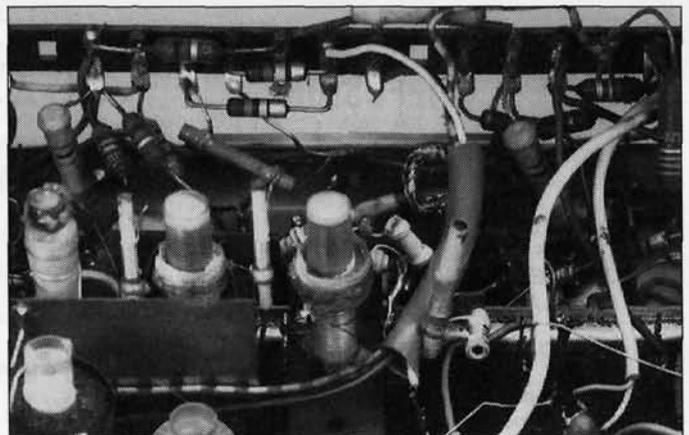
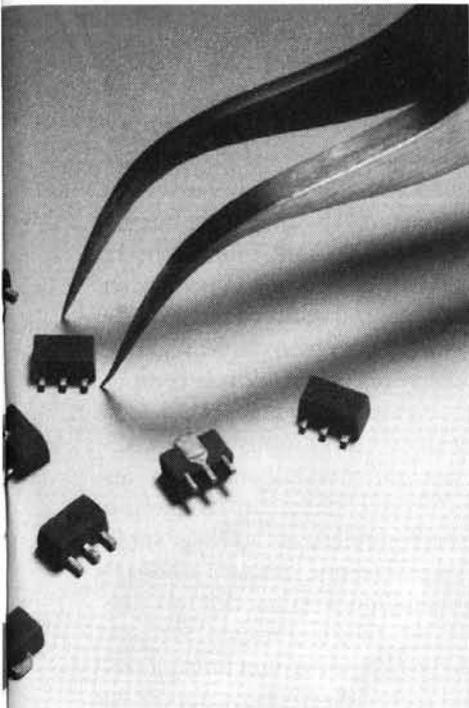


Figure 2 – Des plaquettes à cosses facilitaient une partie du câblage.





préparées à l'avance, numérotées, puis envoyées sur les chaînes de fabrication où les monteurs n'avaient plus qu'à les installer à la place qui leur avait été désignée. Le procédé permettait d'accroître la productivité et d'améliorer l'apparence des montages, même si cela n'en facilitait pas toujours la maintenance du fait de la présence « de connexions sous les plaquettes » comme s'en plaint un auteur de l'époque. Les montages y gagnaient cependant en solidité à tel point que, la guerre aidant, les militaires s'y intéressèrent pour, rapporte-t-on, équiper les projectiles anti-aériens de dispositifs électroniques destinés à les faire exploser, même s'ils ne touchaient pas leurs cibles, lorsqu'ils arrivaient à leur altitude. Aucun câblage traditionnel ne résistait aux accélérations de départ, il fallut trouver quelque chose de moins flottant: les connexions furent gravées dans le cuivre.

circuit imprimé

Lors de l'arrivée des transistors sur le marché, le procédé de précâblage sur plaquettes était entré dans les mœurs. La légèreté des composants rendait maintenant l'usage du lourd châssis de métal inutile. Le circuit imprimé trouvait là une situation faite sur mesure. Sa fabrication n'avait de plus qu'à s'inspirer des techniques de gravure sur cuivre connues depuis des lustres par les artistes et les imprimeurs auxquels s'étaient associés les photographes et bien sûr les chimistes. Les très faibles puissances mises en jeu en permettaient en outre l'utilisation dans la plupart des situations. Il ne restait plus qu'à poser et souder les composants. La tâche était facile, mais ingrate et fastidieuse

lorsque l'on a des milliers de circuits tous identiques à fabriquer. On a donc pensé à la confier à des machines. Celles-ci plient les broches des composants de taille normalisée et les enfilent à leur place dans les trous du circuit imprimé. La technique présente cependant des défauts rédhibitoires pour la fabrication des circuits de petite taille puisque les pinces des machines ont besoin de plus de place (30%) pour travailler que celles d'Adam. En pratique, lorsque les circuits sont minuscules, ce qui est le plus souvent souhaité, leur fabrication est confiée à de petites mains humaines plutôt qu'à celles des robots, jusqu'à un certain point cependant, celui des circuits intégrés.

Le circuit intégré permet de réunir sous un très faible volume un très grand nombre de composants: une calculette programmable de poche est au moins aussi performante qu'un des premiers ordinateurs construits aux États Unis en 1945 et qui pesait plusieurs dizaines de tonnes. Il n'est cependant possible d'intégrer que des fonctions très générales, susceptibles d'être utilisées dans un maximum d'applications. Les coûts de conception d'un circuit intégré sont en effet très élevés et ne peuvent être amortis que s'il est fabriqué en très grande série pendant quelques années. L'intégration n'a donc pas refoulé le circuit imprimé qui reste évidemment nécessaire, même si comme autrefois on le souhaite toujours le plus petit possible. Ceci pose toujours les problèmes d'automatisation de la production dont il a été question plus haut, donc l'emploi de main-d'œuvre pour poser des composants qui, s'ils occupent un volume important, n'ont, comparés aux circuits intégrés, qu'un rôle d'accessoire. Accessoires qui se mêlent quelquefois, en haute fréquence en particulier, de ce qui ne les regarde pas: ils introduisent dans les montages des capacités parasites qui obligent les concepteurs à prévoir des réglages supplémentaires. Il fallait trouver quelque chose qui les remplace et permette leur pose à la machine.

petits et sans fils

Bien que le titre de ce paragraphe le laisse supposer, nous n'allons pas parler de haricots. Non, la première condition fixée aux nouveaux composants était qu'ils fussent dépourvus de fils pour convenir à des circuits imprimés sans trous. Les trous ne présentent en effet que des inconvénients: le perçage des circuits imprimés, même par des machines automatiques, est une

des opérations les plus coûteuses de la fabrication industrielle. Les nouveaux composants n'ont donc pas de broches mais deux surfaces conductrices en contact direct avec le cuivre des pistes. Pour réduire encore les coûts de montage, leurs emballages sont autant que possible identiques de façon à simplifier les organes de préhension des robots. Ceux-ci sont inévitablement dotés de capteurs qui leur permettent de reconnaître le moment venu à quelle sorte de composant ils ont à faire.

Il ne fallut pas chercher bien loin pour produire ces composants, revenir seulement un peu en arrière à l'étape qui précéda les circuits intégrés monolithiques (d'une seule pièce) celle des circuits intégrés hybrides*. Ces circuits étaient faits en deux opérations. La première consistait à

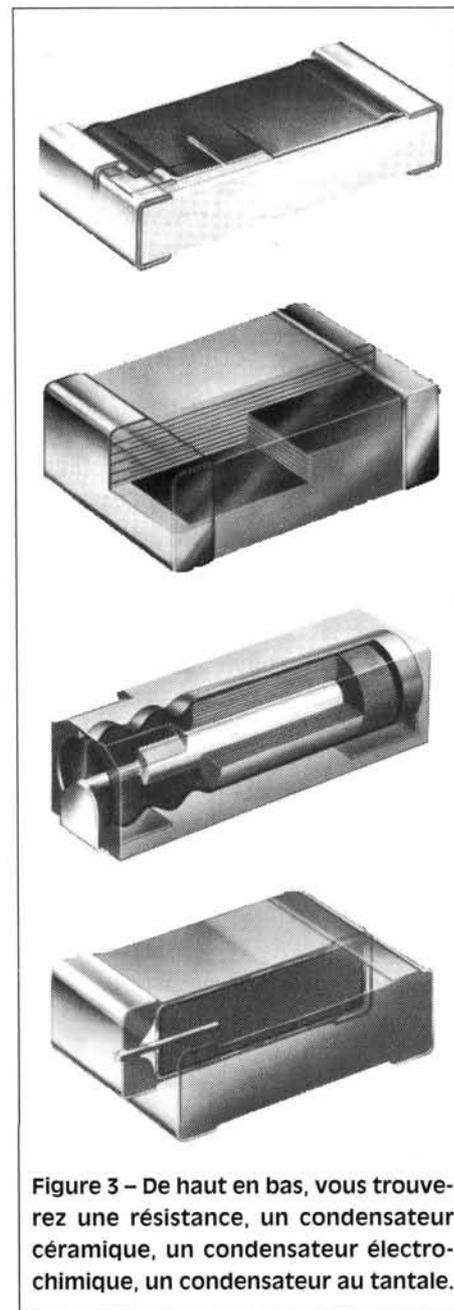


Figure 3 – De haut en bas, vous trouverez une résistance, un condensateur céramique, un condensateur électrochimique, un condensateur au tantale.

Figure 4 – Des transistors et, tout en bas, une diode.

déposer à l'aide d'une technique sérigraphique les conducteurs et les résistances sur un support de céramique. La seconde y ajoutait, séparément, les condensateurs et les transistors, aux dimensions très réduites. Il suffisait de diversifier et d'augmenter la production de ces composants miniaturisés, prévus pour les circuits intégrés hybrides, d'ajouter à leur série les autres semi-conducteurs, les résistances et de prévoir pour les uns et les autres le même type de boîtier.

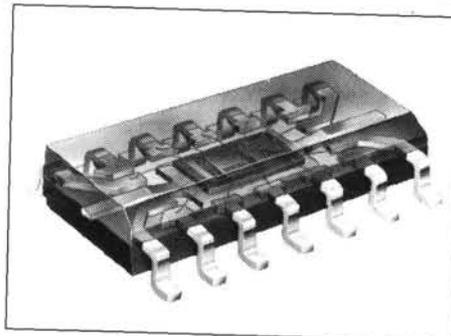
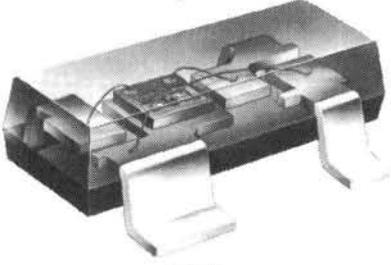
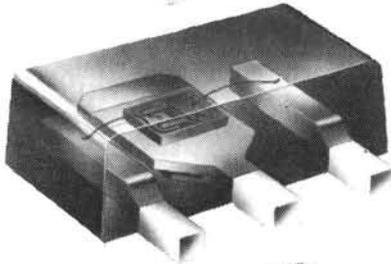
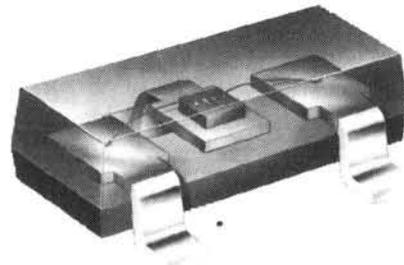
Le manipulation de ces petits objets ne posait plus de problèmes aux machines qui purent faire la preuve de leur efficacité. Leur rapidité toujours accrue permit aux fabricants européens de faire face à la concurrence meurtrière des pays où la main-d'œuvre se paye au lance-pierre (pour la raison très simple qu'elle mange avec le dos de la cuillère dont les employeurs se réservent le ventre creux). Une grande variété de CMS est donc disponible pour le moment, même si les amateurs peuvent avoir quelquefois des difficultés à se procurer certains types.

colle et brucelles

L'épingle de la figure 6 donne une idée précise de la taille des composants. Précisons qu'il s'agit d'une épingle ordinaire qui fait partie, comme les brucelles de la photo de titre, de la panoplie de l'amateur de CMS. Pourquoi l'épingle ? Pour apporter au composant la gouttelette de colle

Figure 5 – On trouve aussi des circuits intégrés dans ces composants à monter en surface.

Figure 6 – Ne pas confondre CMS et tête d'épingle. L'une a une broche !



qui permet de le fixer sur le circuit imprimé avant soudure. Il ne faut en aucun cas qu'elle déborde sur les pistes. Lorsque la colle est sèche, on chauffe, aussi brièvement que possible, une connexion du composant et la pastille qui lui revient, en apportant l'étain. Il est recommandé de travailler avec un fer bien chaud, à panne très fine, et de laisser refroidir le composant après chaque opération pour ne pas l'endommager. Dans l'industrie les CMS sont collés sur des rubans dont les machines les arrachent au fur et à mesure des besoins (figure 7) pour les coller sur la platine à l'aide d'une crème à braser** (alliages métalliques en poudre très fine en suspension dans une résine). Les platines passent ensuite dans un four à infrarouges par exemple sans autre apport de matière.

l'avenir

L'avenir est-il aux ASIC*** (Application Specific Integrated Circuit) circuits intégrés fabriqués à la demande pour des applications précises à des prix relativement bas (48 000 dollars les 200 tonnes de composants) ? L'avenir nous le dira quand nous y serons. D'ici là, il passera encore de l'eau sous les ponts, si la sécheresse ne s'éternise pas, et des composants chez les détaillants et dans vos montages !

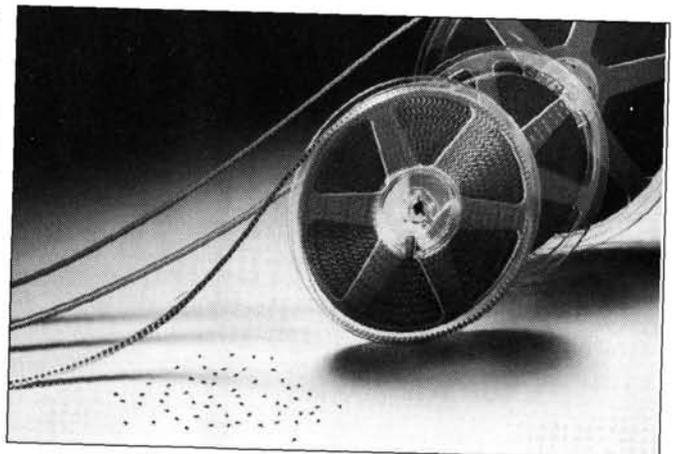
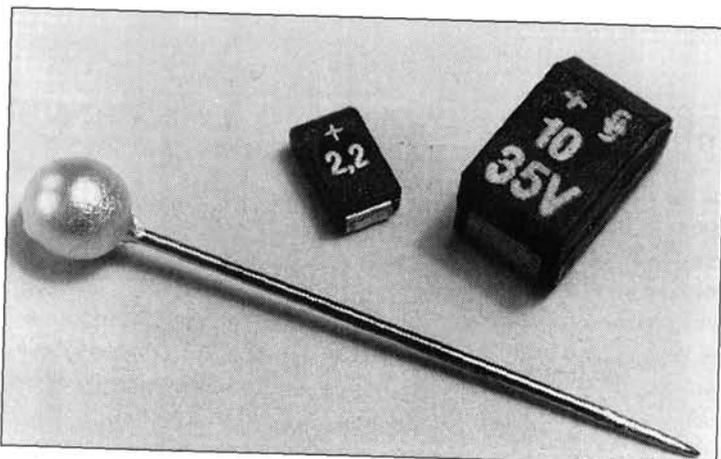
896130

* Bien postérieure cependant à la réconciliation des œufs brouillés due au génie de Pierre Dac.

** Cette crème est disponible chez certains détaillants en seringues de 10 ml. Ses délais de conservation et son prix relativement élevé (elle contient de l'argent) la font recommander aux gros utilisateurs de CMS, aux collectivités par exemple.

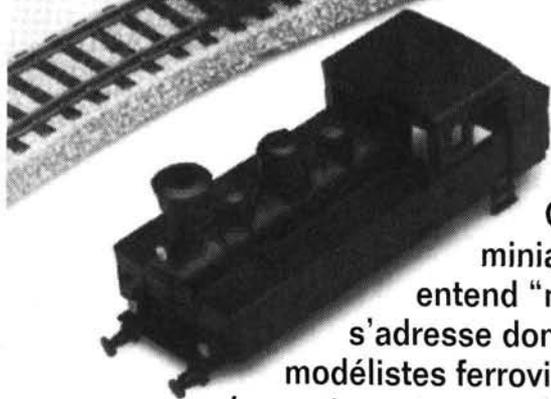
*** Pour plus d'informations, voyez par exemple M. Girard, *Composants actifs discrets*, tome 2, chez McGraw-Hill.

Figure 7 – Dans l'industrie, les CMS vont en bandes enroulées sur des bobines.





commutateur électronique de sens de la marche pour moteur



Qui dit CMS dit miniature, qui dit miniature entend "modéliste". Ce projet s'adresse donc en principe aux modélistes ferroviaires, aux passionnés des petits trains qui s'intéressent à

l'électronique ou aux amateurs. L'électronique que la commande de (petits) moteurs ne rebute pas. Il est conçu pour remplacer le relais électromécanique de commutation de sens de la marche de certains modèles de train qui fonctionnent en alternatif. Son application à d'autres types de train (voire à d'autres dispositifs) est faisable aisément.

Pour les modèles de locomotives alimentés en courant continu (presque toutes les autres) ce genre de montage ne présente (à priori) aucun intérêt, puisqu'il suffit d'inverser la polarité de l'alimentation pour changer le sens de circulation du train. Inutile donc dans ces cas de toucher à la locomotive, on intervient sur le sens de circulation du courant amené à la

motrice à l'aide d'un simple inverseur et la machine fait marche arrière.

Le sens de rotation du moteur d'une locomotive alimentée en alternatif est en revanche insensible au branchement de l'alimentation, par définition continuellement variable et non polarisée. Si l'on veut changer le sens de rotation d'un moteur qui équipe une machine Märklin par exemple, il faut intervenir sur le moteur lui-même et non plus sur son alimentation: il faut pouvoir modifier, soit le branchement du rotor (induit), soit celui du stator (inducteur).

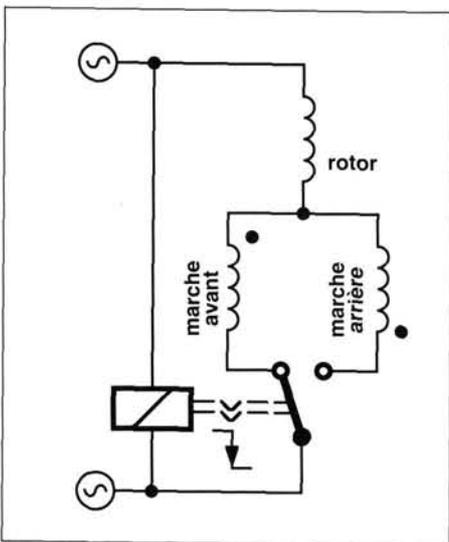


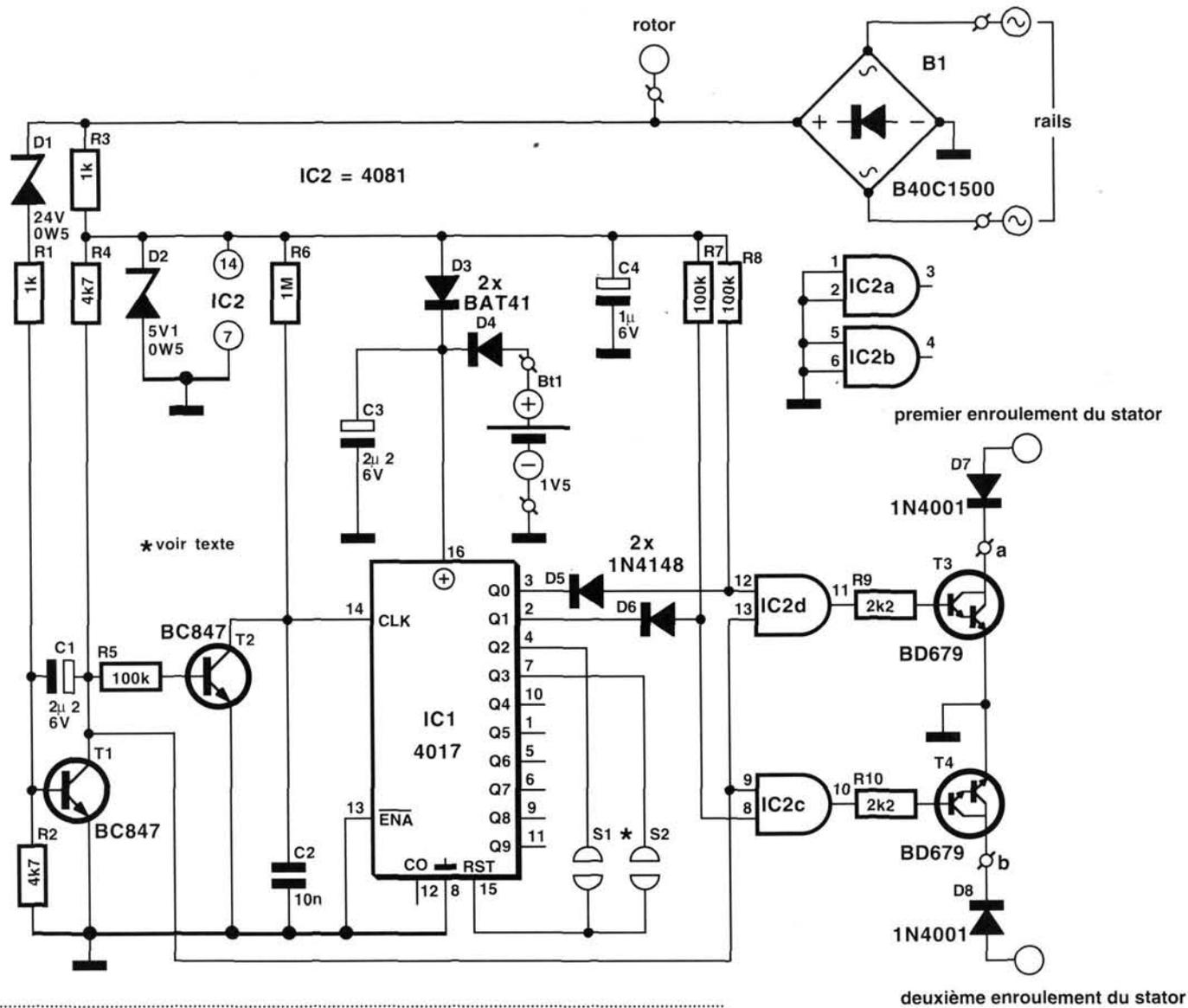
Figure 1 - Le rotor et le stator du moteur sont en série. Le stator comporte une prise intermédiaire qui permet de choisir le sens de rotation du moteur puisque les champs induits par chacun des enroulements (inducteurs) dans le rotor sont directement opposés. C'est un relais qui permet de choisir l'une ou l'autre (ou aucune) partie de l'enroulement. Ce n'est pas parce que les balais ne sont pas représentés (de chaque côté du rotor) qu'ils n'existent pas.

les CMS en modélisme

La solution choisie par Märklin consiste à inverser le sens du champ électromagnétique produit par le stator. Contrairement à ce que l'on peut supposer, cette inversion n'est pas obtenue par celle du branchement des enroulements du stator. On change tout simplement d'enroulement ou de partie d'enroulement. Le stator dispose en effet d'un enroulement à prise intermédiaire (figure 1) tel que le champ induit par une de ses moitiés soit opposé à celui qu'induirait l'autre. Il n'y a bien sûr qu'une moitié active à la fois qui détermine le sens de rotation du moteur.

Si le stator restait sur place, ce qui pour un stator* n'aurait rien d'étonnant, le problème du changement d'enroulement serait obtenu par un simple inverseur. Ici puisque le stator roule, on embarque avec lui un relais à deux positions stables (bistable), l'une pour la marche avant, l'autre pour la marche arrière. Sa construction est telle que ses contacts restent ouverts lorsqu'il est commandé. Ainsi, tant qu'il ne se trouve pas au repos, le moteur n'est plus alimenté. Les ordres lui sont communiqués, tout comme l'énergie à la machine, par les voies naturelles, celles du chemin de fer. Comment faire comprendre au relais que c'est à lui que le conducteur s'adresse? Le concepteur du train a résolu le problème par le choix d'un relais qui ne répond qu'à une tension bien plus élevée que celle dont dispose le moteur en

* Le stator était à Rome l'esclave public qui faisait office de planton. Rotor serait une abréviation de rotator (celui qui fait tourner).



temps normal. En temps normal, le moteur de la locomotive est alimenté entre 8 V (petite vitesse) et 16 V (grande vitesse). Grâce à un bouton de commande rotatif il est possible de faire varier la tension à partir du transformateur pour donner au train la vitesse que l'on désire. Le relais, pendant ce temps-là, reste insensible puisqu'il lui faut 24 V pour se réveiller. Ces 24 V nécessaires au renversement de la vapeur, le conducteur du train les obtient soit, sur certains modèles, lorsqu'il ramène son bouton de commande de vitesse complètement vers la gauche, en deçà du zéro, soit, sur d'autres, lorsqu'il l'enfoncé. On entend alors un petit ronflement en provenance de la motrice qui signale une réaction du relais. Le conducteur ramène alors son bouton ou relâche sa pression, l'armature du relais retombe et ses contacts ferment le circuit sur l'autre enroulement.

Un relais électromécanique comme celui-là a cependant l'inconvénient de s'user. Les contacts s'encrassent ou finissent par

brûler. Même si leur durée de vie était illimitée, l'étirement du ressort mettrait à la longue un terme au bon fonctionnement du dispositif. Sa fatigue accroît la sensibilité du relais qui ne répond plus seulement à sa "surtension" de commande de 24 V mais réagit à des tensions inférieures: à pleine vitesse par exemple (16 V) la locomotive se met en marche arrière sans qu'on lui ait rien demandé, ou s'arrête tout simplement. On entend alors le relais ronfler.

Si l'on cherche à corriger ces dysfonctionnements en raccourcissant le ressort de façon à le retendre, on ne fait qu'inverser le défaut. Le dispositif perd toute sensibilité et le relais ne répond plus, même à ces 24 V. Si l'on tente une manœuvre le train part en flèche dans le sens initial au lieu de faire machine arrière. Rien d'étonnant à cela puisqu'au lieu de ces 16 V maximum la motrice prend les 24 V destinés à son organe de commande. Il faut assez de patience et de temps pour obtenir une tension satisfaisante du ressort et rendre au

Figure 2 – Le courant redressé alimente aussi bien le moteur (c'est un moteur série) que son électronique de commande. Les contacts du relais électromécanique sont remplacés par une paire de darlington qui rendent le dispositif pratiquement inusable.

relais sa sensibilité originelle, si l'on y arrive. Il est aussi possible de demander un ressort neuf à son fournisseur! Après plusieurs années d'usage intensif cependant, le relais est définitivement cuit. Il est alors nécessaire de le changer ou de proposer une autre solution au problème. C'est ce qu'a fait Märklin qui remplace depuis quelque temps sur de nombreux modèles, le relais électromagnétique par un relais statique pratiquement inusable. Relais statique? Oui, c'est un relais sans partie mobile, électronique pour tout dire: cherchez-le sur la figure 2.

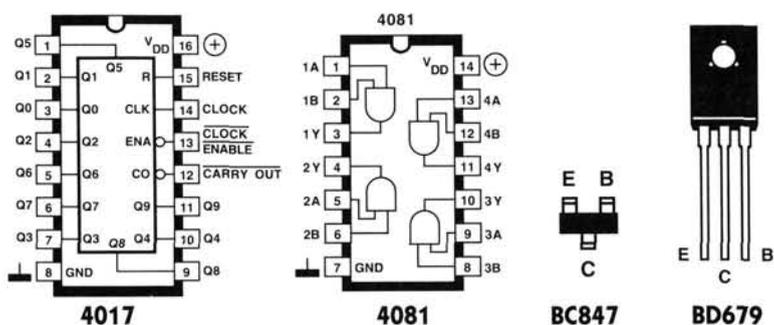
le circuit

L'avez-vous trouvé? Les contacts du relais sont tout simplement remplacés par deux darlington, T3 et T4, à droite sur la figure. Ils réduisent à néant les phénomènes d'usure, au moins pour cette partie de la machine. Les enroulements du stator sont désormais soudés à demeure, aux anodes des diodes D7 et D8, alors que le rotor est alimenté directement par la sortie du redresseur B1. Le courant alternatif, amené par la voie, arrive aux entrées du redresseur; l'un des deux points est donc raccordé au frotteur, l'autre au châssis de la locomotive. À n'en pas douter, le moteur fonctionne en courant continu, ce qui ne pose pas de problème majeur si c'est un moteur série. Le courant redressé par B1 en double alternance ne fournit pas seulement l'énergie nécessaire à la traction, il alimente aussi, en partie, l'électronique de la **figure 2**. En partie, disons-nous puisque le montage contient une petite pile bouton (Bt1) dont nous verrons le rôle en son temps. Pour le reste, le circuit dispose d'une tension limitée à 5,1 V par la zener D2 que précède sa résistance de limitation de courant R3. Un condensateur de filtrage au tantale, C4 en réduit l'ondulation. Elle est encore importante, assez pour perturber le fonctionnement normal d'IC1: la ligne d'alimentation de ce composant bénéficie donc d'un filtrage supplémentaire effectué par C3, qui n'a pas que cette fonction, comme nous le verrons.

Comme dans tous les montages de ce type nous distinguons la partie puissance de la partie commande. Le tour de la partie puissance est vite fait puisqu'elle se limite à T3 et T4 qui conduisent, l'un pour la marche avant, l'autre pour la marche arrière. L'un est bloqué lorsque l'autre est saturé, ce que détermine IC1 par l'intermédiaire des opérateurs ET IC2c et IC2d. Le transistor concerné ne reçoit son courant de base que de l'opérateur ET dont les deux entrées sont simultanément à 1. Comment sont câblées ces entrées? L'une est reliée au collecteur de T1 (en bas et à gauche), l'autre entretient deux liaisons: l'une avec le pôle positif de l'alimentation, par l'intermédiaire de R7 et R8, l'autre avec les sorties Q0 et Q1 d'IC1, par l'intermédiaire des diodes D5 et D6. Lorsque le train roule, l'un des deux darlington conduit: les deux entrées de l'opérateur qui le concerne sont donc à 1. Ceci signifie, pour une entrée d'IC2, que T1 est bloqué tant que la tension amenée au montage ne dépasse pas 16 V et pour l'autre, qu'une des sorties Q0 ou Q1 d'IC1

est à 1. La sortie d'IC1 qui est à 0 maintient l'entrée correspondante d'IC2 à 0 - ce 0 correspond à une tension de l'ordre de 0,6 V sur l'anode de la diode concernée puisqu'elle est passante. L'autre diode est bloquée puisque la différence de potentiel entre son anode et sa cathode est nulle. Si Q0 est à 1, T3 conduit, si c'est Q1, c'est T4 et si Q0 et Q1 sont à 0 simultanément les deux transistors sont bloqués puisque les résistances de tirage R7 et R8, à cause des diodes, ne sont plus en mesure de maintenir la "pression". La poursuite de ce commentaire nécessite que nous fassions plus ample connaissance avec IC1, un 4017, compteur décimal.

Il n'y a pas plus "digital" que ce compteur décimal, puisqu'il a dix sorties, de Q0 à Q9, comme nous avons dix doigts (pas vous?). Lorsque son entrée de validation d'horloge (ENA pour *Enable*) est au niveau logique bas, il fait passer ses sorties au niveau logique haut, à tour de rôle, chaque fois que son entrée d'horloge (CLK) voit un front montant. Après une remise à zéro (passage à 1 de l'entrée RST), la sortie Q0 passe à 1 au premier front montant sur l'entrée CLK, puis revient à 0 au second front montant, qui fait passer Q1 à 1, etc... jusqu'à Q9. Dans la présente application, seules les trois premières sorties (quatre éventuellement) auront l'occasion de changer d'état. La sortie Q2 est en effet connectée, par la fermeture de S1 (pont de soudure), à l'entrée de remise à zéro (sur la broche 15): aussitôt qu'elle passe à 1, elle se fait remettre à 0 par l'impulsion qu'elle communique à l'entrée RST. Choisir de fermer S2 au lieu de S1 permet de compter jusqu'à trois. Les sorties Q0, Q1 ou Q2 pourront être mises au choix, mais l'une après l'autre, au niveau logique haut. Le relais électronique a donc trois positions: positions de marche avant et arrière, position d'arrêt, pendant laquelle aucun bobinage du stator n'est alimenté (T3 et T4 sont fermés). Dans cette dernière position, le courant continue cependant de parvenir au train et d'alimenter ses feux.



Il est temps, semble-t-il, de mettre sous tension et de faire profiter le train de tout ce qui vient d'être exposé. La production d'impulsions sur l'entrée d'horloge d'IC1 est le fait de T2. Pour une transition positive, qui fasse changer la sortie active du compteur, ce transistor doit passer de l'état saturé à l'état bloqué. L'ordre de changement de sens de la marche provient du poste transformateur qui, au lieu d'un maximum de 16 V délivre maintenant 24 V. La diode zener D1, bloquée jusque là, se laisse maintenant traverser par un courant (inverse) qui arrive à la base de T1 par l'intermédiaire de R1. Le transistor se débloque et le nœud R4/R5 est porté à un potentiel proche de la référence par le (quasi) court-circuit T1. L'autre transistor, T2, dont le courant de base n'est plus qu'un souvenir, se bloque. La tension sur son collecteur fait un bond vers le haut, qu'IC1 prend pour une impulsion d'horloge: une sortie du compteur est mise à 1 et toutes les autres restent ou sont mises à 0. Pour le reste: R6 est la résistance de collecteur de T2; le condensateur C2 protège l'entrée d'horloge d'IC1 d'impulsions parasites qu'il court-circuite à la masse. Le rôle de C1 est pratiquement identique pour la base de T1 qui, si elle était alimentée, même par une brève impulsion, en dehors des heures d'ouverture de D1, couperait par l'intermédiaire d'IC2c ou d le courant au moteur avec la production, par effet de self, de nouvelles impulsions parasites. Ces deux condensateurs interviennent aussi à la mise sous tension.

La saturation provisoire de T1 n'a pas pour seule conséquence le blocage de T2. Souvenons-nous que le collecteur de T1 est relié directement aux broches 13 et 9 d'IC2. L'application de ce 0 à une entrée de chaque opérateur ET bloque les deux darlington de sortie, celui qui alimente alors le moteur et l'autre. De cette façon, lors d'une impulsion de commande à 24 V, nous n'avons pas à craindre que le moteur soit suralimenté: il n'est en effet ni souhaitable ni très orthodoxe que la

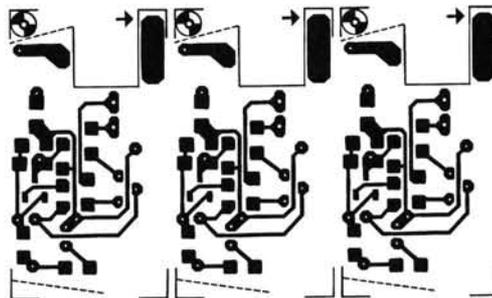
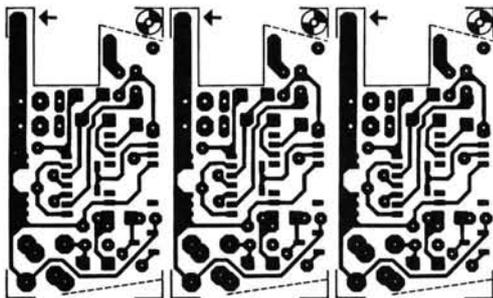


Figure 3 – Un circuit double face est une affaire assez rare dans ELEX pour que nous ne lésinons pas sur la quantité, d'autant qu'il faut plusieurs trains pour parler de trafic. Vous disposez ainsi de quoi équiper trois motrices. Il faudra bien sûr séparer ces triplées à la scie et adapter les dimensions de chaque circuit à l'espace que les différentes locomotives leur laisseront.

machine parte en flèche juste au moment où le conducteur va lui demander de s'arrêter ou d'inverser le sens de sa marche.

Toutatilité passé en revue? Non, nous avons vu plus haut que C3 avait un rôle de filtre pour la ligne d'alimentation d'IC1, c'est vrai, mais il n'a pas que cette fonction. Supposons que, pour une raison

ou une autre, une coupure de courant interrompe le trafic. Si IC1 n'était alors plus alimenté, il perdrait la mémoire de la dernière position de ses sorties. Dans un grand nombre de montages, à la mise sous tension, une fonction de remise à zéro est prévue, dans celui-ci, c'est le contraire, il fallait un maintien en l'état et une reprise à la dernière position tenue. Pendant les pauses, les pannes de courant, toutes ces perturbations accidentelles ou voulues, le condensateur C3 maintient quelques minutes le circuit sous tension. Les choses durent même un peu plus longtemps (jusqu'à une année) grâce à la pile bouton Bt1. La tension (1,5 V) sous laquelle elle recharge C3 est certes insuffisante pour

qu'IC1 travaille normalement (prise en compte d'impulsions) mais elle permet à sa mémoire de fonctionner et à ses sorties de reprendre leur niveau dès que le courant est rétabli.

construction

Vous trouverez sur la figure 3 le circuit imprimé, double face, en trois exemplaires, pour l'équipement de trois motrices et l'implantation des composants, à une échelle qui permet d'y voir plus clair sur la figure 4. Une étude attentive des clichés de la figure 5 peut aider à la fabrication bien que la version définitive du circuit en diffère par quelques détails.

Si cette platine est proposée par nos annonceurs il y a peu de chance pour que les trous en soient métallisés, ce qui permet sa distribution à un prix moins élevé. Les quelques liaisons entre les deux faces de la platine restent donc à établir. Le problème est vite résolu quand un trou est occupé par une broche de composant qu'il suffit alors de souder des deux côtés. Ailleurs, la présence d'un trou alors qu'aucun composant n'est prévu, signale une liaison à établir avec un fil dénudé soudé sur les deux faces cuivrées de la platine. Un tel fil doit être aussi court que possible surtout si le trou que vous métallisez de cette manière se trouve sous un CMS: il faut que les plages de soudure de ces petits composants collent à la platine. Terminez, comme d'habitude, par les objets les plus fragiles, les semi-conducteurs.

Pour permettre l'accès facile à S1 et S2 nous avons dû nous résoudre à un compromis: la piste en provenance de la broche 15 d'IC1 passe entre les broches 5 et 6 de ce circuit. Avant de le mettre en place il est nécessaire de soulever ces broches pour éviter de faux contacts. Comme elles n'ont pas d'autre rôle à

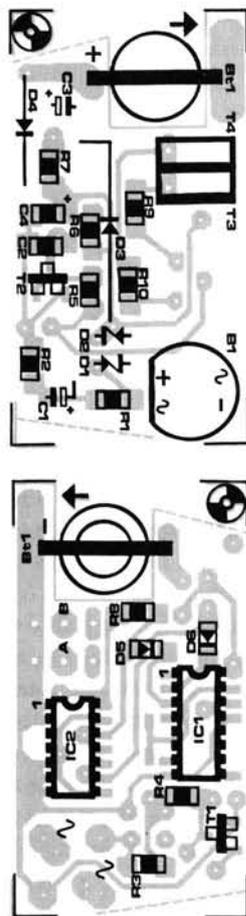


Figure 4 – Attention aux "trous-à-métalliser", à ceux surtout qui sont situés sous les composants. N'oubliez pas de relever les broches d'IC1 (5 et 6) entre lesquelles passe la piste commune à S2 et S1, ni de jeter un pont entre cette piste et la broche 4 (S1) ou la broche 7 (S2).

liste des composants

- R1, R3 = 1 kΩ CMS
- R2, R4 = 4,7 kΩ CMS
- R5, R7, R8 = 100 kΩ CMS
- R6 = 1 MΩ CMS
- R9, R10 = 2,2 kΩ
- C1, C3 = 2,2 μF/6 V tantale
- C2 = 10 nF CMS
- C4 = 1 μF/6 V CMS
- D1 = zener 24 V/0,5 W
- D2 = zener 5,1 V/0,5 W
- D3, D4 = BAT41
- D5, D6 = 1N4148 CMS
- D7, D8 = 1N4001
- T1, T2 = BC847 CMS
- T3, T4 = BD679
- IC1 = 4017 CMS
compteur décimal/diviseur
avec 10 sorties décodées
- IC2 = 4081 CMS
quadriple porte ET à 2 entrées
- B1 = redresseur B40C1500
- Bt1 = pile bouton de 1,5 V
(392A par exemple)

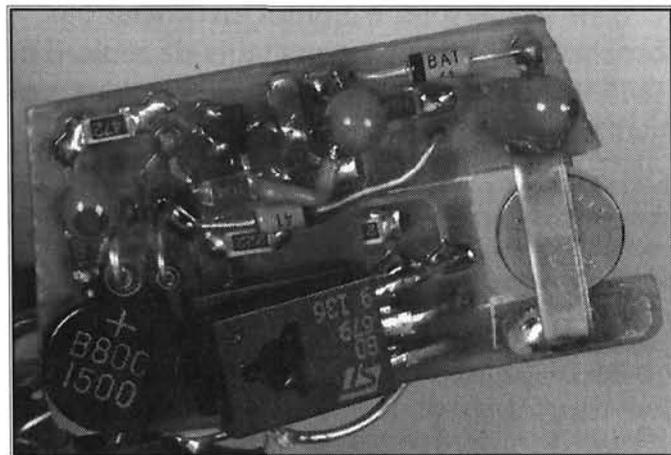
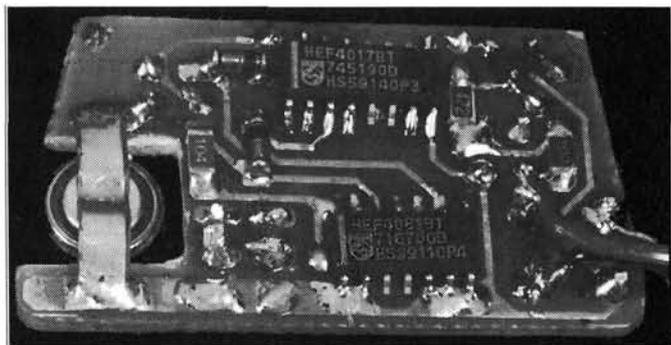
circuit imprimé double face (triple)

jouer, ça ne pose pas aucun problème. Les habitués des CMS (il y en a) n'éprouveront pas de difficultés à leur installation. Nous ne saurions trop recommander aux autres de s'entraîner à souder des composants bon marché (des résistances, c'est ce qu'il y a de moins cher en CMS) sur une chute de platine. Qu'ils lisent cependant les conseils qui suivent avant de commencer leurs exercices. Autre point important, l'identification des composants : leur taille en rend le marquage difficile. Pour éviter de les mélanger, ne les décollez de leur emballage qu'à la dernière minute, au moment de les monter. Les circuits intégrés en revanche sont marqués mais, contrairement aux représentations de boîtiers que nous donnons, leur broche 1 n'est pas repérée par une encoche. En règle générale, la broche 1 est en bas et à gauche du circuit lorsqu'on le tient devant soi pour en lire les inscriptions. Comme ce n'est pas toujours le cas, on vérifie que le pan qui relie la face supérieure du circuit au côté sur lequel se trouve cette broche est coupé. L'angle que fait la face supérieure avec la face latérale sur laquelle sont les broches est plus ouvert (vers le bas) de ce côté-là.

Les techniques de soudure des CMS sont abordées dans un autre article. Rappelons que le diamètre du fil de soudure doit être inférieur à 1 mm faute de quoi les bavures risquent d'être trop importantes : gardez cependant la tresse à dessouder à portée de la main. À défaut de colle, l'étamage préalable d'une plage de soudure permet de fixer provisoirement les composants passifs dont on soude alors solidement l'autre plage. Les circuits intégrés sont de même appliqués sur la platine par deux de leurs broches extrêmes, après quoi on soude tranquillement les autres. La chaleur n'est pas ce que ces petites choses supportent le mieux. Il n'est donc pas conseillé de s'attarder sur un composant, ni d'y revenir trop rapidement : laissez refroidir entre chaque soudure.

Vous noterez, si ce n'est déjà fait, que les diodes D7 et D8 manquent à l'appel des figures 4 et 5. L'erreur est juste (dit l'aubergiste, en rendant ses arrhes à Auguste), les diodes ne sont pas montées sur la platine mais terminent les enroulements du stator. Deux fils souples en relient les cathodes aux points A et B du circuit imprimé. Attention, ces diodes sont déjà présentes sur certaines machines, mais câblées dans l'autre sens. Si vous les laissez ainsi, il est évident que le montage ne fonctionnera jamais. Pour finir, les feux de signalisation de la machine peuvent

Figure 5 – Deux vues du circuit, l'une présente IC1 et IC2, l'autre le redresseur et les transistors de puissance. N'oubliez pas la pile bouton à pincer entre deux lames de laiton soudées par leurs extrémités à la platine.



être reliés au point "rotor" (figure 2) et aux points "enroulements du stator" dont il vient d'être question. Vérifiez que l'allumage des feux correspond bien au sens de marche pour lequel ils sont prévus et donc qu'ils sont branchés sur le bon enroulement.

essais et mise en place

Après la mise en place des composants, une revue de détail n'est pas de trop. On vérifie à la loupe, sous un bon éclairage, que les diodes par exemple ne sont pas montées en inverse quand elles doivent conduire en direct. On repère les court-circuits, les soudures collées ou brûlées, les coupures. Si tout est en ordre on équipe les entrées et sorties du circuit de fils souples destinés aux liaisons avec l'alimentation, le rotor et les enroulements du stator. Le déshabillage de la motrice a déjà permis d'en retirer le vieux relais électromagnétique, de dégager les connexions du rotor (au frotteur ou au pantographe) et du double enroulement du stator.

La liaison provisoire établie entre le circuit imprimé et la machine permet d'entamer les essais. À ce stade, le circuit imprimé n'est pas fixé, il est seulement suspendu par ses fils à la motrice. La machine est finalement posée sur la voie de façon

pendant qu'elles ne soit pas entraînée par la rotation de ses roues. Pour l'empêcher de partir, on la cale avec une petite bûche de bois dont on se sert comme d'un cric pour soulever les roues motrices, puis on met sous tension. On teste bien sûr la réponse du moteur aux sollicitations du 24 V, comme à celles des autres tensions : inversion du sens de la marche ou arrêt, ralenti, vitesse de croisière, allumage des feux etc. sans oublier la sauvegarde du sens de progression de 1 mn environ en l'absence de la pile. Celle-ci, pincée entre deux lames de métal soudées par leurs extrémités au circuit imprimé, augmente considérablement la durée de la sauvegarde lorsque la ligne est coupée.

Les essais terminés il reste à disposer proprement le circuit dans le corps de la machine. Dans la plupart des cas, il sera nécessaire de retoucher la platine à la scie pour qu'elle tienne dans la locomotive. Fixez-la solidement et de façon à lui éviter tout contact avec les parties métalliques du véhicule, faute de quoi le circuit partira en fumée... Auriez-vous oublié d'établir l'un ou l'autre des ponts de soudure S1 et S2? Si ça marche, il va de soi que vous pouvez utiliser plus rationnellement les sorties d'IC1 que nous ne l'avons fait, si vous avez plusieurs machines à piloter...

926023

leurre pour la pêche

L'article sur les CMS était presque sous presse lorsque la rédaction s'est alarmée : avait-on prévu, dans ce numéro d'ELEX, assez de circuits d'application pour ces composants à monter en surface ? Il en fallait au moins un qui ne fût trop compliqué. Et que l'emploi des CMS y fût justifié ! Un technicien avait celui-ci dans ses cartons, à monter en broche ou... à faire tester aux brochets et autres bars amateurs de rubis. Il met en œuvre un TLC555, en multivibrateur astable dont les performances sont meilleures que celles des NE/SE555.



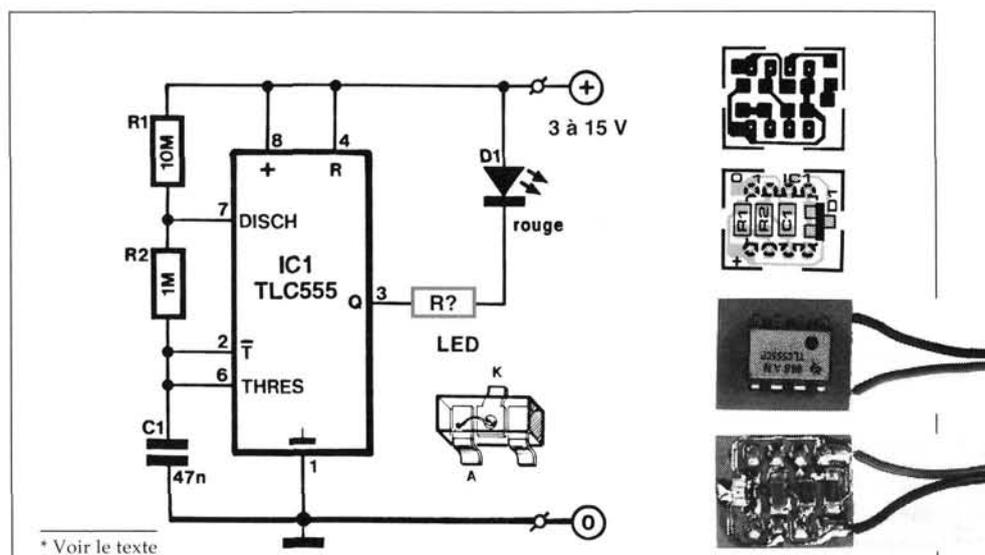
Les pêcheurs appâtent le plus souvent le poisson avec des asticots, des vers, tous objets vivants supposés, à juste titre, mettre le poisson en appétit. Ils savent cependant que, bien que comestible, le meilleur appât ne présente guère d'attrait s'il reste immobile. Les gros carnivores en particulier s'intéressent, un peu à la façon des chats, à tout ce qui bouge. Le clignotement d'une LED les attirera-t-il ?

le circuit

Les composants du circuit de la figure 1 se comptent sur les doigts d'une seule main. Commençons par le plus important, le temporisateur analogique qui n'est pas un vulgaire 555 (SE ou NE) mais un TLC, C comme CMOS. Un des avantages de cette fabrication sur celle à transistors bipolaires, outre sa très faible consommation, est l'éventail des tensions d'alimentation qu'elle supporte : de 2 V à 15 V (18 V au maximum). Il fonctionne ici en astable dont la fréquence est déterminée par la combinaison de deux résistances et d'un condensateur situés sur sa gauche. Les courants de fuite de R1 et R2 vers les broches 2, 6 et 7 sont extrêmement faibles, pour ne pas dire inexistantes. En d'autres termes, du fait de l'impédance très élevée de ses entrées, le circuit n'introduit pas de résistance parallèle supplémentaire à la combinaison RC lors de la charge du condensateur. Il est donc possible de choisir des résistances beaucoup plus grandes et une capacité beaucoup plus petite que pour un circuit SE ou NE pour obtenir des fréquences basses. C'est appréciable puisque le prix et le volume d'un condensateur augmentent avec sa capacité. Pour

le reste, le fonctionnement du 555 est le même. Rappelons-en le principe. Comme vous le savez, le 555 contient une bascule RS dont les entrées sont commandées par les sorties de deux comparateurs. La sortie de la bascule est elle-même reliée à la base d'un transistor, dont le collecteur est accessible sur la broche 7 (Discharge ou décharge), ainsi qu'à l'entrée d'un inverseur dont la sortie, celle du circuit est la broche 3 (Q). Dans le présent montage, l'entrée de forçage R sur la broche 4, active à l'état bas, est rendue inopérante par une liaison directe au pôle plus de l'alimentation. Deux des trois entrées accessibles des comparateurs (appelons-les A et B) sont utilisées : l'entrée non-inverseuse de A (broche 6, Threshold ou seuil) et

l'entrée inverseuse de B (broche 2, \bar{T} pour Trigger ou déclencheur). Les autres sont à un potentiel, égal aux deux-tiers de celui de l'alimentation pour l'entrée inverseuse de A, et au tiers pour l'entrée non-inverseuse de B, fixé par un pont diviseur interne au circuit. Supposons que C1 soit au niveau bas et la sortie Q à 1. Le condensateur se charge par l'intermédiaire de R1 et R2 jusqu'au deux-tiers de la tension d'alimentation. La sortie du comparateur A passe alors à 1. L'état de la sortie de la bascule change de telle façon que la sortie Q passe à 0 (la LED s'allume) et que le transistor se débloque : la broche 7 (directement reliée au collecteur de ce transistor), en court-circuit avec la masse, permet la décharge du condensateur à travers R2.



* Voir le texte

Figure 1 - Le niveau de la tension aux bornes de C1 varie entre les deux-tiers (seuil) et le tiers (déclenchement) de la tension d'alimentation. Sa charge est onze fois plus longue que sa décharge. Ceci veut dire que la sortie d'IC1 ne sera à zéro que pendant la courte impulsion de décharge, soit un douzième de la période du multivibrateur monostable. Faut-il câbler une résistance en série avec la LED ?



Dès que la tension aux bornes du condensateur descend au-dessous du tiers de la tension d'alimentation, la sortie du comparateur B (déclencheur) passe à 1 : c'est elle qui commande alors la bascule dont la sortie met à 1 celle du circuit et bloque le transistor. Le condensateur fait à nouveau le plein par l'intermédiaire de R1 et R2. En résumé, pendant la charge du condensateur (onze fois plus longue que sa décharge) la LED reste éteinte ; elle n'est allumée qu'un douzième du temps. Comme c'est elle qui pompe le plus d'énergie, vous voyez d'ici l'économie réalisée. Une idée du "temps" peut-être ? La charge dure $0,7 (R1 + R2) C1$ et la décharge bien sûr $0,7 \times R2 \times C1$. La période des oscillations est donc d'environ 0,4 s et la LED n'est

Figure 2 – Le circuit intégré est monté normalement, les CMS sur la face cuivre de ce petit circuit imprimé. La résistance "R?" n'a pas été montée sur le prototype photographié ci-contre.

liste des composants

- R1 = 10 M Ω
- R2 = 1 M Ω
- R? = 100 à 560 Ω *
- C1 = 47 nF
- D1 = LED (rouge)
- IC1 = TLC555 (ou autre 555 CMOS)

* Et même une troisième qui fait la synthèse des deux premières, c'est la pâte à braser pour CMS, plutôt conseillée aux gros utilisateurs vu son prix et sa durée de conservation.

allumée que pendant 0,4/12 soit 3/100 s toutes les 0,4 s. L'œil (humain) la voit pendant 0,15 s environ, du fait de la persistance de la sensation lumineuse. Il est possible que les poissons la voient moins longtemps, mais c'est sans importance. L'essentiel est qu'ils la voient et ils la verront.

Quelle résistance de limitation de courant pour la LED ? Il n'a pas été prévue au laboratoire. Ce sera donc pour vous l'occasion d'expérimenter : testez le circuit avec pour « R? » des résistances comprises entre 100 Ω et 560 Ω , d'autant plus petites que la tension d'alimentation sera moins élevée. Il est possible que la LED s'allume et clignote malgré l'absence de résistance, sa longévité risque cependant d'être limitée. Si l'expérience ne vous tente pas, prenez 100 Ω pour une alimentation de 3 V et 560 Ω pour une alimentation de 9 V ou 12 V.

construction

La première chose à faire c'est la pêche aux composants. On consulte les catalogues pour voir si le montage, tel qu'il est décrit, est réalisable. Ensuite, si les fournisseurs ne semblent pas disposer des valeurs que conseille l'article, on recalcule le montage en fonction de ce que le marché propose. Enfin, on part avec ses notes et quelqu'argent, puisque, si la veille tout était gratuit, le jour même ça ne l'est jamais plus. Une fois les composants acquis et acquittés, il est possible de passer aux choses sérieuses. Pour commencer, les composants trouvés ont-ils leur place sur le circuit proposé ? Si oui, on passe à la gravure, si non, on refait le dessin. Le circuit est terminé ? Ne l'égarerez pas ! Évitez aussi de mélanger les CMS qui sont difficiles à reconnaître. Si vous les avez décollés de leur support, prenez la précaution de contrôler leur identité à l'ohmmètre avant de les monter sur la platine... ou plutôt dessous, puisqu'ils sont (collés-)soudés sur sa face cuivrée. Le circuit intégré occupe l'autre face, ce qui n'est pas une raison pour oublier de lui souder les broches. Bien que CMOS, il ne nécessite pas de mesures de protection particulières.

Vous soudez ensuite la LED, soit directement (CMS) sur la face cuivrée de la platine, soit par l'intermédiaire de deux fils. Tout dépend de l'usage qui est fait du montage. S'il s'agit d'une broche, il semble que le mieux soit de la fixer directement. Pour le brochet, elle pendra à deux fils : on enfermera la platine dans une petite boîte

étanche et insubmersible avec deux piles bouton, la LED accrochée à l'hameçon. L'étanchéité de la boîte ne doit pas empêcher la maintenance : ce n'est pas parce que la consommation du circuit est réduite que les piles dureront éternellement, il faut pouvoir les changer. L'hameçon est fixé bien sûr avec la LED sous ce flotteur improvisé : la LED par ses deux fils souples (et conducteurs !), les deux soudures incluses dans une colle ou une résine de bonne qualité ; l'hameçon par un fil de pêche solide, plus court que les fils d'alimentation de façon à ne pas laisser au poisson une LED dont il serait certainement bien embarrassé.

Il est aussi possible de monter le circuit à l'extrémité de la gaule ou de le garder sur la terre ferme auquel cas les fils de connexion seront plus longs mais les problèmes d'étanchéité réduits. Il n'est alors plus nécessaire d'alimenter le montage avec des piles bouton et n'importe quelle pile, rechargeable de préférence, pourvu qu'elle fournisse une à deux dizaines de milliampères sous 3 V au moins convient. Le montage des CMS est une bonne affaire pour les vrais myopes (comme nous) qui pourront ici ménager leurs lunettes (nous autres myopes voyons mieux de très près sans lunettes). Les CMS craignent le chaud, il faut donc les souder assez rapidement. Il existe deux techniques* pour les fixer : la colle ou l'étamage préalable. La première consiste tout simplement à mettre sur le ventre du composant une minuscule gouttelette de colle, à le presser à sa place, sans déraiper, le temps qu'il s'acclimate. On soude ensuite une de ses plage de connexion avec un fer bien chaud à panne très fine, puis on prépare le composant suivant avant de passer à l'autre connexion. De cette façon le CMS n'a pas à souffrir de la chaleur. L'autre technique consiste en un étamage préalable (et néanmoins généreux) de la platine. On plonge ensuite la connexion concernée du CMS dans l'étain en fusion, on appuie de façon qu'elle vienne en contact avec le cuivre, on retire le fer sans relâcher sa pression. Lorsque ça tient, on passe à autre chose, le temps que le composant refroidisse, puis on soude l'autre connexion, avant de passer à autre chose, puis de revenir consolider la première soudure qui n'était de fait qu'un collage. Cet exercice de patience une fois terminé, n'oubliez pas de connecter l'alimentation (le pôle plus sur la broche 8, l'autre sur la broche 1).

896101

Vous connaissez sûrement le circuit intégré UAA170, que nous avons déjà utilisé pour la commande de rangées de LED par une tension. L'application que nous vous proposons s'écarte complètement de l'utilisation normale de ce grand classique : il est l'œil et l'oreille d'une centrale d'alarme.

première partie :
la centrale

centrale d'alarme

à capteurs multiples, jusqu'à 14

priorité

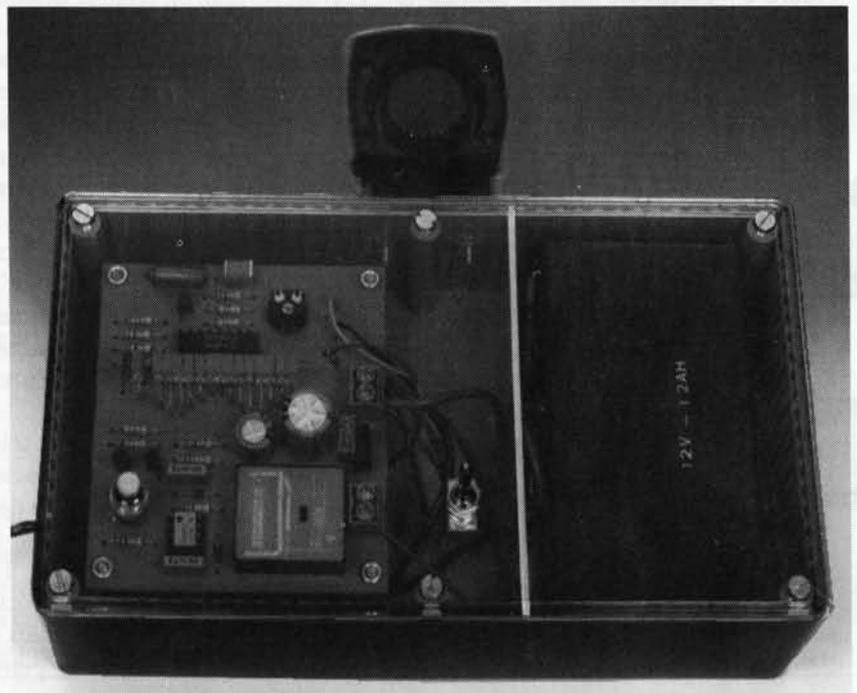
Les gens de notre laboratoire ne sont pas peu fiers de cette réalisation. Vous les comprendrez quand nous aurons énoncé les caractéristiques de la centrale d'alarme qu'ils ont construite avec deux circuits intégrés tout simples destinés en principe à autre chose :

- un système d'alarme de conception modulaire dont la centrale peut se raccorder à quatorze capteurs ;
- à chaque capteur correspond un voyant qui permet de connaître d'un coup d'œil l'origine de l'alarme ;
- tous les capteurs sont raccordés en boucle sur un « bus » à trois fils, ce qui simplifie l'installation ;
- l'état de veille est actif, ce qui interdit le sabotage ;
- la sortie est équipée de relais qui permettent d'actionner tous les avertisseurs possibles ;
- l'alarme cesse automatiquement après un temps donné pour ménager les oreilles des voisins ;
- il existe tout un choix de capteurs : avec un contact à ouverture ou à fermeture, avec une bascule monostable incorporée pour rendre compte aussi de contacts fugitifs, détecteur d'humidité, détecteur de température trop haute ou trop basse, capteur acoustique.

Pas mal, non ? Pour vous donner une bonne vue d'ensemble, nous décrivons d'abord la centrale seule, le tour des capteurs viendra le mois prochain.

La figure 1 montre le schéma synoptique de la centrale ; en fait plus synoptique que schéma, mais faut-il compliquer la représentation d'un montage simple ? Vous trouvez à gauche l'unité centrale, avec son raccordement à une sirène balèse et à une alimentation. Au-dessus, deux capteurs seulement symbolisent la chaîne de quatorze, sur le bus à trois fils. Les annotations peuvent vous intriguer : « capteur de plus haute priorité ». Kézaco ? Numérotons les différents capteurs de 1 à 14 en partant de la centrale.

Le premier sur le chemin se voit attribuer le numéro 1 et la plus haute priorité ; cela signifie que si le capteur n°1 et le capteur n°7, par exemple, viennent à être actifs simultanément, seul le capteur n°1 sera signalé par la centrale. S'il s'agit du n°2 et du n°6, seul le n°2 sera signalé, et ainsi de suite. Cette question de priorité est une conséquence directe du principe de mesure utilisé. Vous pouvez raccorder les capteurs en fonction de l'urgence de la catastrophe qu'ils auront à annoncer : l'avertisseur d'incendie en premier,



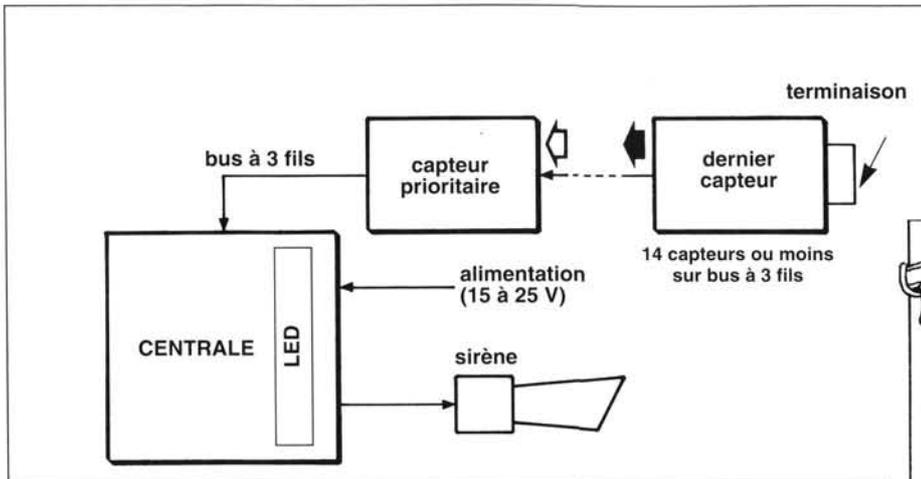


Figure 1 – Ce schéma synoptique essaie de montrer l'organisation générale du système, plutôt que celle de la centrale. La boucle est bouclée par un court-circuit sur le dernier capteur. Les capteurs seront décrits le mois prochain.

l'avertisseur de débordement de la machine à laver au quatrième rang... Si un incendie éclate en même temps que la machine à laver déborde, vous serez averti d'abord du plus grave: le feu.

principe

Avant de nous plonger dans l'étude détaillée du schéma complet, il n'est pas inutile de donner le principe de fonctionnement de la centrale. Pour rendre le système aussi fiable que possible, nous avons choisi le principe d'une boucle parcourue par un courant constant. Vous pouvez vous représenter la chose comme suit: chaque détecteur de la boucle contient une résistance de faible valeur (330Ω). Si vous installez les 14 capteurs, cela signifie que la boucle comportera 14 résistances de 330Ω en série. Un courant de 1 mA environ traverse la boucle et y détermine une chute de tension de $14 \times 0,33 \text{ V} = 4,6 \text{ V}$ environ. Si vous installez moins de capteurs, la résistance des

capteurs absents est remplacée par celle d'un potentiomètre. Voilà pour l'état de veille, lorsque tout est en ordre. Dès que l'un des capteurs détecte une anomalie, sa résistance est court-circuitée à la masse. S'il s'agit par exemple du sixième capteur, il ne reste que cinq résistances en circuit (celles des capteurs précédents) et la tension aux bornes de la boucle est maintenant de 1,65 V. C'est ainsi qu'on peut savoir lequel des capteurs est actif: à chacun correspond un échelon de tension de 0,33 V. Il évident que, comme la boucle est court-circuitée par le sixième capteur, la centrale ne « verra » pas si les suivants, du septième au quatorzième, sont actifs ou non.

le schéma

L'utilisation de deux circuits intégrés seulement (le régulateur 7812 compte pour du beurre) a permis de garder un schéma assez simple. Nous allons l'exa-



elex-abc express

omnibus

On a pris l'habitude, surtout dans les montages à microprocesseurs, de séries de circuits intégrés d'un même montage (le plus souvent des mémoires) raccordés aux mêmes lignes de données, d'adresses, de commande... Pour simplifier, on appelle *bus* chaque ensemble de lignes de même nature qui desservent plusieurs circuits. Inutile d'ajouter que *bus* est une abréviation du latin *omnibus* qui signifie « pour tous ».

Le mot *omnibus* est apparu vers 1828, comme abréviation de *voiture omnibus*, ou *voiture publique*. Le premier essai de véhicules de transport en commun eut lieu à Paris en 1662; les voitures s'appelaient alors des carrosses. Au dix-neuvième siècle, les voitures omnibus sont hippomobiles puis automobiles. L'omnibus a été ensuite un train qui s'arrête à toutes les gares. La paresse aidant, *omnibus*, abréviation de *voiture omnibus*, s'est encore abrégé en *bus*. Difficile maintenant de faire plus court!

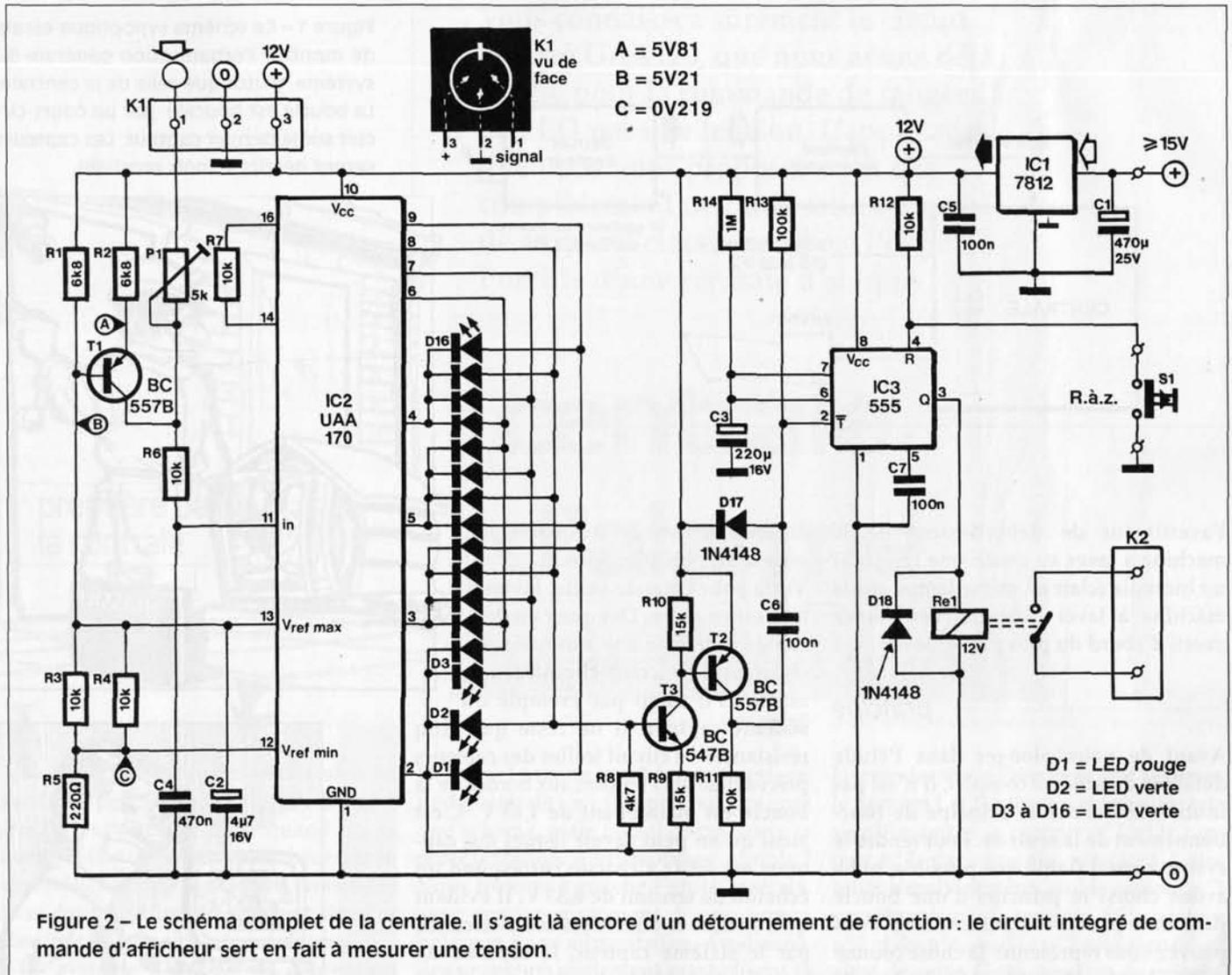


Figure 2 - Le schéma complet de la centrale. Il s'agit là encore d'un détournement de fonction : le circuit intégré de commande d'afficheur sert en fait à mesurer une tension.

miner en détail, en commençant par le régulateur de tension IC1. Il fournit, à partir d'une source quelconque (comme un bloc secteur), de tension supérieure à 15 V, la tension stable de 12 V nécessaire au fonctionnement du montage. Le montage du 7812 est tout ordinaire et ne justifie pas de commentaire, faisons un saut vers la gauche, du côté du transistor T1, qui forme, avec les résistances R1 à R5, une source de courant constant. Le fonctionnement de la source de courant constant, même s'il a déjà été expliqué dans nos colonnes, mérite une description plus détaillée que le régulateur de tension.

Le diviseur de tension formé par R1 et l'assemblage ((R3 et R4 en parallèle) en série avec R5) impose à la base du transistor T1 une tension constante de 5,2 V. En plus des contraintes extérieures du genre de celle-là, le transistor se soumet aux lois de la physique, selon lesquelles la tension entre son émetteur et sa base est approximativement de 0,6 V. Approximativement, mais constamment. C'est-à-dire que la valeur exacte de la

tension de seuil peut varier suivant les échantillons entre 0,6 V et 0,7 V, mais que cette valeur, quelle qu'elle soit, reste constante. Disons à peu près constante, car elle est sujette à des variations de faible amplitude en fonction de la température. Négligeables. Le transistor, pour maintenir la tension de sa base inférieure (c'est un PNP) de 0,6 V à celle de son émetteur, laisse passer à travers la résistance R1, par son émetteur (et son collecteur), le courant nécessaire pour que la chute de tension aux bornes de R1 soit égale à la tension de base diminuée de la tension de seuil. Comme la tension de base est constante, l'intensité du courant d'émetteur est constante, de 1 mA(1pp) dans notre cas. La tension de la base (point B) est de 5,21 V, celle de l'émetteur est forcément de 5,81 V, donc le courant qui traverse R2 est de 0,85 mA à un poil près.

Le courant débité par le collecteur s'écoule à travers la boucle de surveillance par la broche 1 de la prise K1. Il s'en revient à l'alimentation par la broche de masse repérée 2. Ces deux

broches sont suffisantes pour assurer la surveillance de la boucle par la mesure de sa résistance : toute variation de résistance provoque une variation de tension puisque l'intensité est imposée par la source de courant. Pourquoi, alors, ajouter la broche 3 ? Tout simplement pour alimenter les capteurs sans avoir recours à des prises de courant à l'endroit où ils seront installés.

le vénérable ancêtre UAA170

Nous en arrivons à l'organe principal du circuit, qu'on peut appeler, par anthropomorphisme, soit le coeur, soit le cerveau, soit encore l'œil. Nous n'allons pas nous intéresser de très près à ce qu'il contient, mais plutôt à la façon dont il fonctionne. Les broches 13 et 12 reçoivent deux tensions de référence : une haute, $V_{ref\ max}$ et une basse, $V_{ref\ min}$. Leur valeur est fixée par le diviseur R1 à R5 à 5,21 V et 0,16 V respectivement. La circuiterie intérieure comporte un tampon, qui évite de charger la source des tensions de référence, et un diviseur, qui

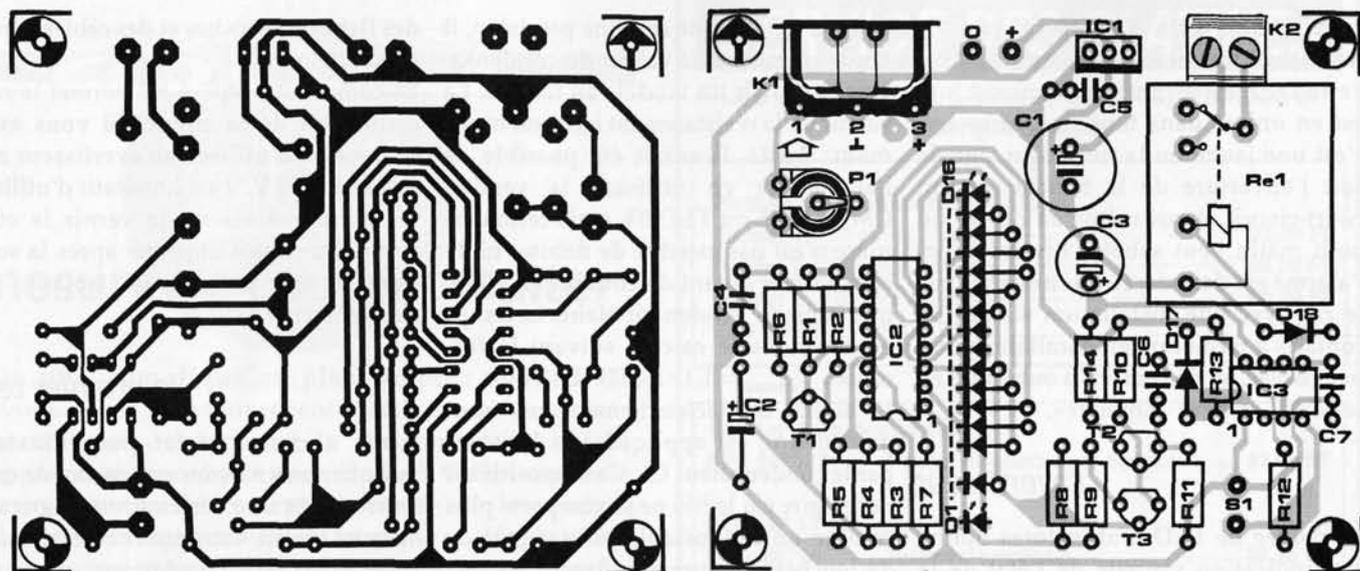


Figure 3 - Le circuit imprimé de la centrale d'alarme reste de dimensions raisonnables.

Figure 4 - La disposition des composants n'est pas des plus orthodoxes : il faudra faire un peu de sculpture sur pattes de LED pour pouvoir juxtaposer et aligner les 14 voyants. Si les pastilles ne sont pas alignées, c'est pour éviter de faire passer entre elles des pistes qui en deviendraient trop fines, tout en évitant les ponts en fil.

partage la différence en 16 tensions égales. Chaque échelon de tension obtenu sert de tension de référence à un des 16 comparateurs. La tension à mesurer, provenant de la boucle à surveiller, est appliquée à la broche 11. Là aussi un tampon est prévu pour attaquer l'autre entrée de la série de comparateurs. Suivant la valeur de cette tension, un certain nombre de comparateurs basculent.

Les sorties des comparateurs attaquent une matrice de diodes électroluminescentes. En fonction de la tension d'entrée, une des LED de la rangée de 16, et une seule, s'allume. Les LED sont numérotées de D1 à D16 sur le schéma. En résumé, la tension de la broche 11 détermine laquelle des LED s'allume ; cette tension est variable suivant que la boucle est au repos ou que l'un des capteurs est actif, et dans ce dernier cas suivant le rang du premier capteur actif. Pour ne rien oublier : le réseau R6/C4 filtre les parasites éventuels pour éviter les fausses alarmes. Le condensateur C2 a une fonction similaire. La résistance R7, quant à elle, détermine l'intensité de

- R1, R2 = 6,8 kΩ
- R3, R4, R6, R7, R11, R12 = 10 kΩ
- R5 = 220 Ω
- R8 = 4,7 kΩ
- R9, R10 = 15 kΩ
- R13 = 100 kΩ
- R14 = 1 MΩ

- P1 = 5 kΩ ajustable
- C1 = 470 μF/25 V radial
- C2 = 4,7 μF/16 V radial
- C3 = 220 μF/16 V radial
- C4 = 470 nF
- C5 à C7 = 100 nF

- D1 = LED rouge
- D2 = LED verte
- D3 à D16 = LED orange rectangulaire
- D17, D18 = IN4148
- T1, T2 = BC557B
- T3 = BC547B
- IC1 = 7812
- IC2 = UAA170
- IC3 = 555

- S1 = poussoir à fermeture
- Re1 = relais 1 RT bobine 12 V p.ex. SIEMENS V23127-A0002-A101
- K1 = embase DIN pour circuit imprimé 3 ou 5 pôles 180°
- K2 = bornier à vis 2 points

liste des composants

celle des sources de courant internes qui alimente la LED allumée.

veille active

Le montage est organisé de telle façon que la LED verte D2 soit allumée si aucun des capteurs n'est actif. C'est l'état de veille, tout est en ordre. Dans ce cas, la tension de la broche 11 est légèrement inférieure à 5,2 V. La tension doit être réglée au moyen du potentiomètre P1, en

fonction du nombre de capteurs raccordés, pour que la LED verte s'allume.

Si pour une raison ou une autre, comme le sabotage par exemple, la boucle est interrompue, la tension de la broche 11 passe nettement au-dessus de 5,2 V et la LED rouge D1 s'allume.

Si un des capteurs devient actif, la tension de la broche 11 décroît d'un certain nombre d'échelons de 0,33 V en fonction de la position du capteur actif. Si c'est le premier capteur qui passe en court-cir-

cuit, la LED D16 s'allumera, pour le deuxième D15, et ainsi de suite. La LED verte D2 n'est allumée que quand tout est en ordre; dans tous les autres cas, c'est une jaune ou la rouge qui signale soit l'ouverture de la boucle soit un court-circuit. Ainsi même au cas où un petit malin veut saboter l'installation, l'alarme est donnée, ce qui ne serait pas le cas avec une installation simple de contacts à fermeture en parallèle, qu'on peut isoler, ou de contacts à ouverture en série, qu'on peut « shunter ».

l'avertisseur

La rangée de LED multicolores donne une indication visuelle de l'état de la boucle de surveillance, mais ce n'est pas suffisant, bien sûr. Si vous devez rester assis à surveiller la centrale, autant faire une ronde pour surveiller la chaufferie, la buanderie... Il vaut mieux actionner par l'intermédiaire d'un relais une sirène ou quelque chose bruyante du même genre.

Le critère de la mise en fonction de l'avertisseur sera l'extinction de la LED verte D2; en effet, nous avons vu plus haut qu'elle n'est allumée que quand la boucle est continue et qu'aucun capteur n'est actif. Si elle s'éteint, c'est qu'il se passe quelque chose d'anormal, la boucle est soit coupée soit court-circuitée par un capteur. L'étage amplificateur-tampon T2/T3 assure un déclenchement correct du monostable. Le dernier circuit intégré, IC3, est un temporisateur bien connu, l'inévitable 555. Il est utilisé ici en monostable, pour éviter que, pendant votre absence, le système d'alarme brouille l'écoute de vos voisins avec une sirène qui ne s'arrête pas. Ce dispositif est obligatoire légalement. La durée du monostable, pendant laquelle la sortie (broche 3) est à l'état haut et le relais excité, après le déclenchement par la broche 2, cette durée est déterminée par R14 et C3, elle est de 4 minutes environ avec les valeurs du schéma. Dans le cas présent, le *poil près* est assez près de la queue de vache, car le condensateur chimique de 220 µF a une tolérance de 20%; ajoutez un courant de fuite pas négligeable du tout, et vous avez une précision approximative, peut-être même pas. Tout cela n'a pas d'importance, car en principe l'alarme doit faire fuir le malfaiteur dans les premières secondes. S'il s'agit du feu et que vous êtes absent, les voisins verront bien la fumée au bout de 4 minutes.

Si vous tenez à une certaine précision, il faudra diminuer la valeur du condensateur et choisir un modèle au tantale. La valeur de la résistance est ici à son maximum: 1 MΩ. Il aurait été possible de l'augmenter en utilisant la version CMOS 7555 ou TLC555, mais cette dernière n'est pas capable de débiter ni de consommer autant de courant en sortie que la *vieille* version bipolaire. Le temps en secondes se calcule suivant la formule: $T_{\text{mono}} = 1,1 \times R4(\Omega) \times C3(F)$

Le signal de déclenchement, un front descendant, est appliqué à la broche 2 par le condensateur C6. Ce dispositif est nécessaire car le 555 ne se comporte plus comme un monostable si le signal de déclenchement dure plus longtemps que l'impulsion de sortie: la sortie ne repasse à l'état bas qu'après la disparition du signal de déclenchement.

Le 555 bipolaire peut délivrer un courant de sortie de 200 mA, ce qui est suffisant pour piloter le relais directement, sans transistor intermédiaire, mais non sans la diode de roue libre D8.

Le condensateur C7 est destiné à stabiliser la tension d'un diviseur interne. Il est indispensable car la commutation de l'étage de sortie provoque une perturbation sévère de l'alimentation.

Pour finir, vous avez la possibilité, une fois que vous avez pris connaissance de la nature et du lieu du sinistre, d'arrêter la sirène par une pression sur S1 qui remet le monostable à zéro.

la construction

La centrale sera montée sur le circuit imprimé compact de la *figure 3*, suivant le plan d'implantation de la *figure 4*. Les amateurs encore peu habitués veilleront particulièrement à l'orientation des composants polarisés, condensateurs et diodes, et des transistors. Les vieux routiers feront attention aussi, car on commet souvent des erreurs quand on est trop sûr de soi. Le régulateur IC1 n'a pas besoin de radiateur. Le montage des LED rectangulaires est le seul à demander un peu de doigté: pliez les broches proprement et alignez les LED avant de souder la deuxième.

Le connecteur repéré K1 sur le schéma est une embase DIN à 3 broches (il est vraisemblable que vous ne trouverez que des modèles à 5 broches, mais les trous sont prévus, n'embêtez pas Monsieur Composants pour si peu). Les capteurs seront reliés par des prises identiques,

des fiches à 3 broches et des câbles à trois conducteurs.

Le connecteur repéré K2 permet le raccordement de la sirène. Si vous avez l'intention d'utiliser un avertisseur alimenté en 220 V, il est impératif d'utiliser un bornier à vis et de vernir le côté cuivre du circuit imprimé après la soudure (avec un vernis isolant dit *électrofuge*).

le premier test

Il n'y a rien à régler pour l'instant puisque nous n'avons pas encore de capteurs. Après une vérification soignée de votre travail, vous pouvez en faire une autre avant de raccorder une source de tension continue plus ou moins stable et plus ou moins filtrée, de 15 V ou plus, aux points marqués (+) et (0). Elle sera fournie par un bloc secteur ou une alimentation de laboratoire. Vérifiez maintenant si la tension à la broche 3 de K1 est stable et de 12 V. Si c'est le cas, vous pouvez couper l'alimentation et mettre les circuits intégrés en place, à l'endroit si possible. Remettez le jus, la LED rouge doit s'allumer, puisque la boucle de détection n'est pas encore connectée, et le relais doit être excité pendant environ 4 minutes. Vous pouvez l'arrêter en appuyant sur le poussoir.

Vous êtes déjà à peu près sûr que le circuit fonctionne, mais vous pouvez vous en convaincre en raccordant une guirlande de 14 résistances de 330 Ω en série aux bornes 1 et 2 de l'embase DIN (vous pouvez aussi utiliser un potentiomètre réglé à 4620 Ω, à 5% près). Tournez le potentiomètre P1 jusqu'à ce que la LED verte s'allume. En court-circuitant à la masse l'une après l'autre les soudures entre les résistances, vous devez voir s'allumer les 14 LED oranges.

l'alimentation

Nous avons parlé de bloc secteur ou d'alimentation de laboratoire, mais si la tension du secteur disparaît, votre système d'alarme n'est plus alimenté. Si vous craignez les coupures, vous pouvez recourir à un accumulateur de 12 V. Il suffit alors de supprimer le régulateur et de raccorder le pôle positif de la batterie à la broche 3 de K1, le pôle négatif à la broche 2 ou au point 0 V du circuit. L'accumulateur peut être monté en attente (on dit aussi en *stand-by*) et ne fournir de courant que pendant les cou-



mesure de courant (suite)

Du plus compliqué au plus simple : nous vous avons décrit, dans un récent numéro, un accessoire permettant de mesurer la consommation d'un appareil alimenté par une pile de 9 V. Ses connecteurs à pression avaient le mérite de le rendre fiable mais non universel. Le présent adaptateur, un peu moins spécialisé, utilise aussi une chute de platine de circuit imprimé double face ou une lame de matériaux isolant, peu épaisse ou taillée en biseau, sur les faces de laquelle sont collées des bandes conductrices. Les deux surfaces, isolées, sont reliées chacune à un câble de mesure pourvu d'une fiche banane, à connecter à l'ampèremètre. Il suffit d'intercaler la lame entre deux piles ou entre une borne de l'alimentation et le circuit dont on veut connaître la consommation, pour que l'ampèremètre, en série avec le dispositif, mesure l'intensité du courant débité.

86790



pures éventuelles du secteur. Pour cela, vous monterez un bloc secteur ou un transformateur suivant les indications de l'article *Accumulateurs de sauvegarde* d'ELEX n° 54 d'avril 93, page 19.

le mois prochain

Le prochain article décrira les différents capteurs qu'il est possible de connecter à la centrale. En attendant, vous pouvez trouver un coffret, installer l'alimentation, l'accumulateur, la sirène, et réfléchir au passage des câbles. Le prototype qui figure sur les photos est monté sans embase DIN pour circuit imprimé, mais avec une embase normale et trois fils.

896017

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
EPS 83601	DIGILEX	88,00 FF

ELEX n° 5 novembre 1988

EPS 886087 Traceur de courbes de transistors — 47,60 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 O-mètre — 47,00 FF

ELEX n° 26 octobre 1990

EPS 886126 Modules de mesure : spécial auto — 49,00 FF

ELEX n° 28 décembre 1990

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 1991

EPS 87022 Vumètre stéréo universel — 20,85 FF

ELEX n° 36 septembre 1991

EPS 886034 Récepteur DC — 83,00 FF
 EPS 886071 Dipmètre — 46,00 FF

ELEX n° 44 mai 1992

EPS 916073-1 API préampli — 72,00 FF
 EPS 916073-2 API ampli de puissance — 55,00 FF

ELEX n° 54 avril 1993

EPS 886127 Récepteur VHF — 89,20 FF

ELEX n° 55 mai 1993

EPS 936026 Les mini enceintes — 53,80 FF

disponibles auprès des revendeurs agréés ou s'adresser directement à :

PUBLITRONIC - BP 59 - 59850 NIEPPE

ELEXcuse

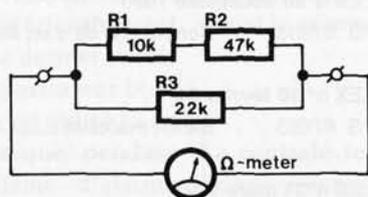
La réalisation de l'amplificateur Targui, publié dans le numéro 51 d'ELEX, et dont le dessin était reproduit sur les pages centrales de ce numéro, a posé de sérieux problèmes à ceux d'entre nos lecteurs qui se sont lancés dans la fabrication du circuit imprimé au format 19 pouces sans se rendre compte du fait que tel qu'il est reproduit, le dessin des pistes de cuivre est vu en miroir, c'est-à-dire par transparence. Cette forme de présentation - d'ailleurs courante jusqu'à une date récente dans les pages centrales d'ELECTOR mais abandonnée récemment - n'a jamais eu les faveurs d'ELEX où nous préférons la présentation directe du dessin des pistes de cuivre, laquelle est mieux adaptée à la réalisation de la platine à l'aide des procédés de transfert modernes tels que LETRACOPY PF50-A4 ou encore le peel-film AR69 de CIF, présenté récemment dans ELEX (cf n° 53 page 56). Quel que soit le procédé utilisé, il est recommandé de vérifier, avant de se lancer dans les opérations d'insolation et de gravure, «la polarité» du dessin à reproduire. Après, il est trop tard pour réparer.

Celui qui a vérifié la correspondance entre la platine qu'il a dessinée et le schéma de l'amplificateur Targui dont il est parti, n'a pas fait son travail comme il faut puisqu'il ne s'est pas aperçu de l'interversion des transistors T5 et T6. Il faut donc implanter le BC560C à l'emplacement marqué "T5", et le BC550 là où est indiqué "T6". Sur les platines d'expérimentation, l'implantation indiquée est correcte.

Moins graves sont les différences de numérotation des broches des circuits intégrés que l'on relève fréquemment entre théorie et pratique, c'est-à-dire entre schémas d'une part et implantation des composants de l'autre. Que l'on intervertisse les deux amplificateurs opérationnels logés dans un même boîtier n'a aucune incidence sur leur fonctionnement. Pas plus que lorsque l'on intervertit deux amplificateurs opérationnels logés dans deux boîtiers différents. Le tout est de ne pas prendre une entrée pour une sortie, ou de ne pas intervertir entrées inverseuses et non-inverseuses.

Faire comprendre l'Electronique par l'EXpérience, tel fut le projet que ses créateurs assignèrent à ELEX le jour où ils le conçurent. Cette pensée tient les rédacteurs du magazine éveillés, surtout le jour. Il arrive cependant qu'ils s'en éloignent ou qu'un certain nombre de lecteurs se sentent distancés, notamment s'ils ont pris le train en marche. Nous leur proposons donc, pour leur permettre de faire le point, au fil des prochains numéros, une ou plusieurs questions et un choix de réponses. Le mois suivant nous indiquerons la bonne, avec sa justification, telle qu'un électronicien doit la trouver : l'électronique est en effet partie intégrante de la physique, domaine de la

» Alors, sagace ? «



connaissance où l'on se donne les moyens de comprendre les caractéristiques de la solution d'un problème sans avoir à le résoudre effectivement*. Par quoi commencer ? La réponse à cette question, la rédaction d'ELEX vous la propose d'emblée (après consultation des oracles du courrier des lecteurs) sous la forme d'une question simple : quelle résistance mesure l'ohmmètre aux bornes du circuit de la figure où une résistance, R3, est câblée en parallèle à deux autres résis-

tances, R1 et R2 en série ? Une seule réponse possible à choisir entre :

- A. 79,0 k Ω
- B. 30,2 k Ω
- C. 15,9 k Ω
- D. 26,0 k Ω
- E. 16 k Ω

Ne nous écrivez pas pour protester si cela vous paraît trop simple. Ce n'est qu'un début ! Ne nous écrivez pas non plus pour nous proposer vos réponses, même si elles sont bonnes. Rendez-vous ici le mois prochain pour la suite.

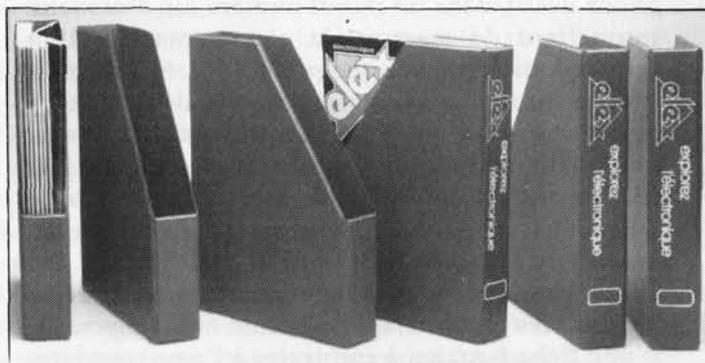
* d'après P.A.M. Dirac, cité par Feynman (deux prix Nobel de physique).

pratiques

élégantes

pas chères

les cassettes de rangement



PRIX UNITAIRE : 49 F

FORFAIT PORT 1 CASSETTE : 15 F
ET EMBALLAGE 2 CASSETTES OU PLUS : 30 F

C'est aussi le 3615



SOMMAIRE

- XTAB
 - XCOM
 - XPUB
 - XANN
 - XFOR
 - XMES
 - XABO
- 1 TABLE DES MATIERES
2 LES COMPOSANTS
3 CATALOGUE PUBLITRONIC
4 PETITES ANNONCES
5 FORUM des Questions Techniques
6 MESSAGERIE
7 ABONNEMENT TARIF
- vos choix : ENVOI
XSOM-XCOM-XPUB-XANN-XFOR- XMES-XABO

testeur d'amplificateurs opérationnels quasi universel et élémentaire

avec vue sur le brochage des principaux circuits intégrés

Supposez qu'un dimanche après-midi pluvieux, vous mettiez la dernière touche à un montage qui vous est déjà cher, compte tenu de la longue relation "gestatoire" que vous entretenez avec lui. Les ennuis de dernière minute ne manquent pas mais vous les avez tous dépassés. Tous, sauf un : pour boucler, vous ne savez pas quel A.C.I.L. (Amplificateur à Circuit Intégré Linéaire), ou plus familièrement ampliop, vous allez poser sur le support qui l'attend. Il ne manque que lui. Certes vous en avez des tas de ces petits octobroches mais vous ne savez pas, ou plus, s'ils sont en bon état. Sachant qu'un amplificateur opérationnel défectueux peut, non seulement empêcher le fonctionnement d'un montage mais en plus, le détruire irrémédiablement...

Figure 1 - Un multivibrateur astable ? Oui, pour faire siffler le résonateur piézoélectrique aux environs de 750 Hz.

Vous avez regardé "gestatoire" dans le dictionnaire ? Bon, accouchons. L'avenir de vos réalisations sera plus rose avec le circuit d'essais proposé ici. Il supporte la

plupart des amplificateurs opérationnels et ronfle ou pépie de satisfaction s'ils sont réellement opérationnels et amplificateurs. S'ils sont hors service, il se tait.

À montage simple, schéma simple (figure 1). Il ne contient que quelques résistances, un condensateur, un résonateur piézoélectrique, et deux piles satisfont à son alimentation. Le circuit intégré est celui qu'il faut tester. Un œil à peine exercé reconnaît le montage : c'est un multivibrateur astable à trigger de Schmitt, générateur de tension carrée dont la fréquence est définie à la fois par les couples R1/C1 et R2/R3, ces derniers responsables de l'hystérésis. Avec les valeurs données aux composants, le résonateur sifflera à 750 Hz environ, puisque telle est la fréquence* du signal qui lui est communiqué par R4. À condition que l'amplificateur opérationnel soit en bon état.

Le montage ne comporte pas d'interrupteur de mise hors tension pour la simple raison qu'aucun courant ne circule en l'absence d'un amplificateur. Et l'article s'arrêterait ici si tous ces ACIL avaient le même brochage et le même boîtier que le 741, le plus commun d'entre d'eux. C'est heureusement le cas d'un grand nombre comme la liste de la figure 2 permet de le constater. Il y en a cependant d'autres avec lesquels nous allons poursuivre.

autres boîtiers

Il n'est donc pas possible à ce montage, sans complément, de vérifier le bon fonctionnement de tous les membres de la famille Ampliop. Il ne s'agit cependant que de brochage, donc d'un problème de câblage qu'un accessoire comme celui représenté sur la figure 3 peut résoudre. C'est un câble de test, méplat ou non, ter-

* La période, inverse de la fréquence, est égale à : $2 \times R1 \times C1 \times (1 + 2 \times R3/R2)$

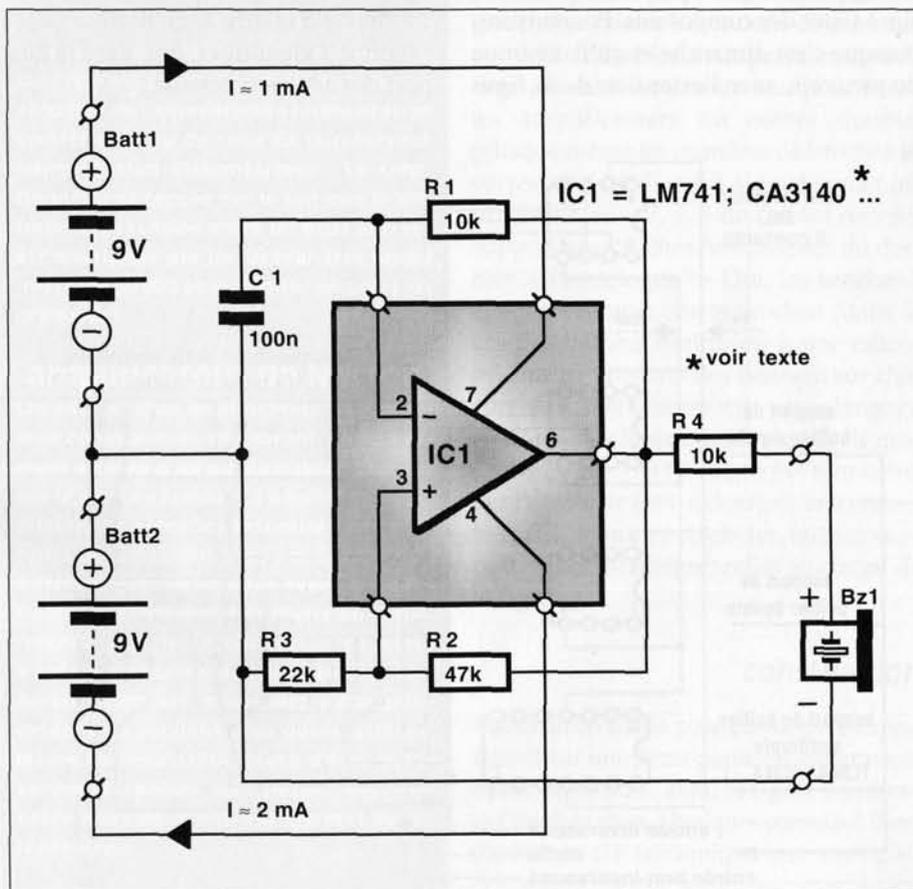
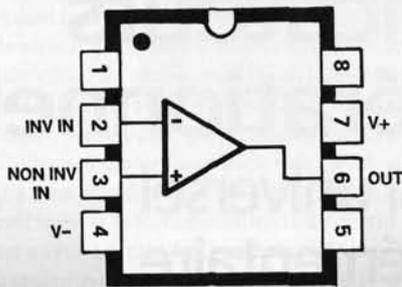


Figure 2 - Vue de dessus du brochage presque universel des amplificateurs opérationnels. *In y* est pour entrée, *Inv*, pour inverseur, *Out* pour sortie.



709, 741, 748 - LF351, 355, 356, 357
 TL070, 080, 071, 081 - LM118, 218, 318
 NE5534, 530, 531 - CA3130, 3140, 3160
 TLC271

miné d'un côté par une prise qui s'adapte au support de test du montage, et de l'autre à des pinces de différentes couleurs (de préférence). La prise est à forger dans un support de circuit intégré, par exemple, si l'on a pas la chance de trouver un connecteur DIL (*Dual In Line*) mâle à huit contacts. La fabrication de ce câble n'est pas des plus faciles et son branchement aux broches du circuit intégré à tester, dangereuse pour celui-ci, si elle n'est pas faite avec le plus grand soin. Il rend cependant le montage apte à tester le reste de la famille (sauf exceptions que nous verrons plus loin). Le brochage le plus courant des boîtiers *dual* (double) est donné sur la figure 4, celui des *quad* (quadruples) sur la figure 5. Il y a bien sûr des amplificateurs qui se singularisent, citons le LM3900N et le CA3401 pour ne pas les vexer. Ces composants sont en fait des **amplificateurs opérationnels de Norton** dont les entrées sont commandées en courant (non en tension): de vagues cousins qui n'ont pas leur place ici. Terminons, si vous le désirez, par le LM139 (LM pour *Linear Monolithic*) quadruple comparateur de tension de précision, pour l'écartier aussi du montage et lui sauver ainsi la vie.

Figure 6 - Trois supports, plus un connecteur DIL à huit contacts (c'est aussi un support de circuit), deux commutateurs rotatifs, une platine d'essai et quelques fils permettront l'examen des amplificateurs contenus dans les boîtiers *dual* et *quad* (et *single* bien sûr). Les chiffres au bout des flèches correspondent aux broches des deux derniers supports.

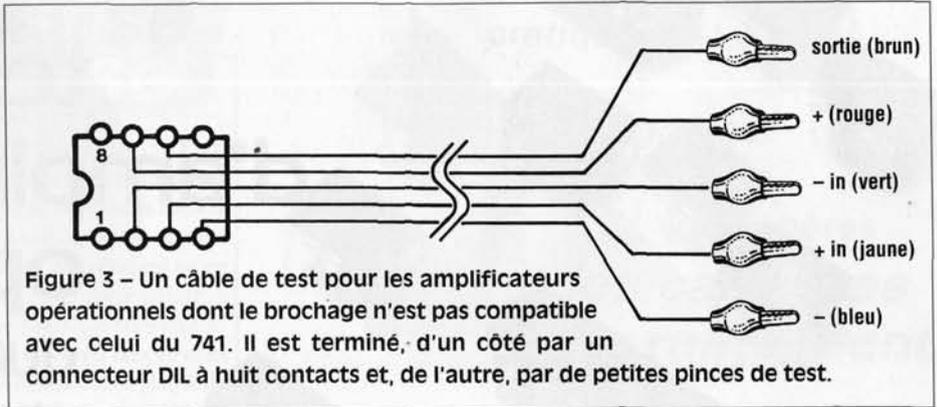
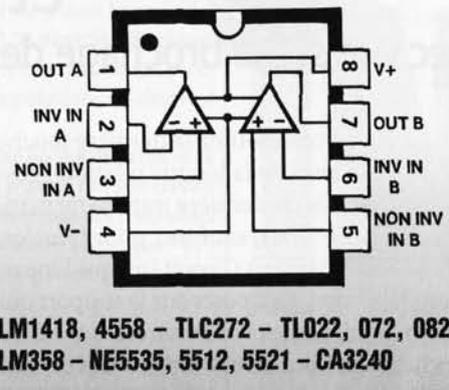


Figure 3 - Un câble de test pour les amplificateurs opérationnels dont le brochage n'est pas compatible avec celui du 741. Il est terminé, d'un côté par un connecteur DIL à huit contacts et, de l'autre, par de petites pinces de test.

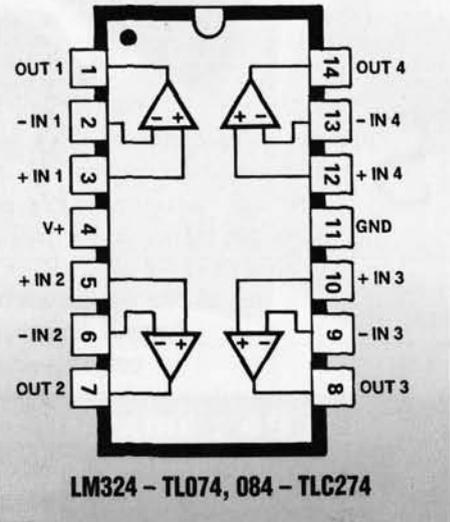


LM1418, 4558 - TLC272 - TL022, 072, 082
 LM358 - NE5535, 5512, 5521 - CA3240

Figure 4 - Brochage le plus courant des boîtiers qui contiennent deux amplificateurs opérationnels, les *dual*.

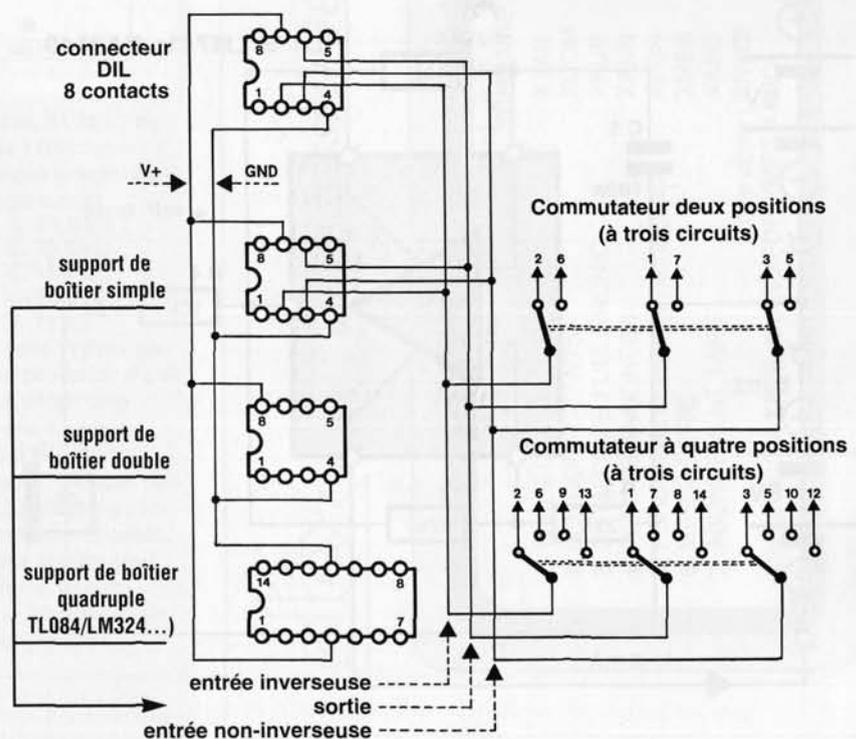
le luxe, un jeu

Les lecteurs concernés par cette partie sont, ou des amateurs d'exercices de câblage, ou des gens qui passent leurs loisirs à tester des composants. Poursuivons, puisque c'est dimanche et qu'il continue de pleuvoir, avec l'extension de la figu-



LM324 - TL074, 084 - TLC274

Figure 5 - Les boîtiers qui ne sont pas dits "mousquetaires" mais *quad* à l'anglaise, ou quadruples puisqu'ils contiennent quatre amplificateurs opérationnels identiques, ont, dans la plupart des cas, ce brochage.



hystérésis

L'hystérésis est un phénomène de retard, voulu ou obligé. Dans le cas des trigger ou déclencheurs, il est voulu, et introduit pour éviter des oscillations indésirables. Si une grandeur variable, par exemple, commande la marche d'un processus lorsqu'elle dépasse un certain seuil, elle l'arrêtera quand elle descendra en dessous d'un autre seuil, inférieur au premier. La différence entre les deux seuils est appelée hystérésis. En l'absence d'hystérésis, si la grandeur évolue aux environs du niveau de commutation par exemple, les ordres "marche" et "arrêt" se succéderont à grande vitesse comme autant de vrais-faux départs qui, s'ils sont éprouvants pour les coureurs, le sont aussi pour les machines. Dans le cas d'un générateur de tension carrée, si la grandeur d'entrée n'évolue pas franchement, la tension de sortie commencera et finira par des flancs à "rebonds" qui manqueront de netteté.

comparateur

En électronique, les comparateurs sont, le plus souvent, des comparateurs de tensions à base d'amplificateurs opérationnels qui fonctionnent en boucle ouverte. Lorsque le niveau de la tension sur l'entrée non-inverseuse est supérieur à celui qui règne sur l'entrée inverseuse, la sortie se sature et la tension de sortie est pratiquement égale à la tension d'alimentation positive de l'amplificateur. Lorsque c'est le contraire, le potentiel de la sortie est proche de celui de la borne négative de l'alimentation (alimentation symétrique) ou de celui de la référence (alimentation dissymétrique). Le fonctionnement repose sur le fait que la différence de tension entre les deux entrées est multipliée par un facteur très grand (mettons 50 000 pour donner un ordre de grandeur).

amplificateur de Norton

Les entrées d'un amplificateur de Norton sont commandées en courant, contrairement à celles d'un amplificateur courant qui le sont en tension. Il amplifie donc la différence entre les intensités des courants qui circulent vers ses entrées. La différence entre les deux types d'amplificateurs s'estompe à la sortie où la différence entre les intensités des courants d'entrée s'exprime par une tension. Aux dernières nouvelles, ces sortes d'amplificateurs ne seraient plus guère utilisés, même en régulation, faute d'être suffisamment connus. Une flèche, dessinée entre leurs deux entrées, permet de les identifier.

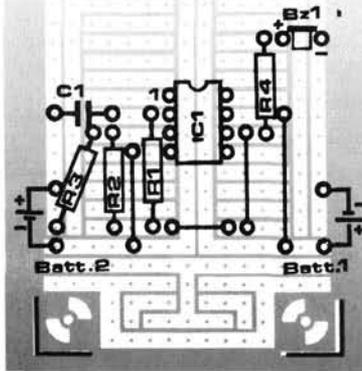


Figure 7 - Raccorder les piles par des picots placés à la face inférieure de la platine de façon qu'ils ne fassent pas obstacle à la fermeture du coffret. Pour la même raison, C1 est couché et seul le support de test saille sur le couvercle percé.

re 6. Sur une platine différente de la première, pour plus de clarté, nous disposons trois supports de test (*test-socket*): un support pour les boîtiers simples, un autre pour les doubles et un dernier pour les quadruples (le TL084 par exemple). Des commutateurs permettent la sélection de l'amplificateur à examiner dans les deux cas où le boîtier en contient plusieurs. Les flèches qui se rapportent aux contacts mobiles des commutateurs indiquent chaque fois les broches des supports concernés, à relier au circuit de test. Les commutateurs sont donc des modèles à trois circuits, à quatre positions pour l'un et deux pour l'autre. Ceux qui privilégient, avec raison, l'économie de moyens, peuvent utiliser les deux premières positions du second commutateur pour tester les amplificateurs du boîtier double, puisque même les numéros de broches se correspondent. Il suffit alors de relier les broches 2, 6, 1, 7, 3, 5 de l'avant dernier support aux broches homologues du dernier. « Homologue? » Oui, les broches 2 et 6 par exemple correspondent (dans le cas des boîtiers multiples) à une entrée inverseuse: ces broches tiennent sur chacun des deux supports un « langage concordant ». Finissons-là ce cours de grec ("homologue" vient du grec) et terminons par l'entrée de cette extension, un connecteur DIL à huit contacts (en fait un support de circuit intégré) reliés au circuit de la figure 1.

construction

Le circuit en soi ne pose pas de problèmes. Il tient sur une demi-platine d'expérimentation de format 1 dont la figure 7 présente l'implantation. Quelques conseils? Bien, choisissez C1 (céramique par exemple)

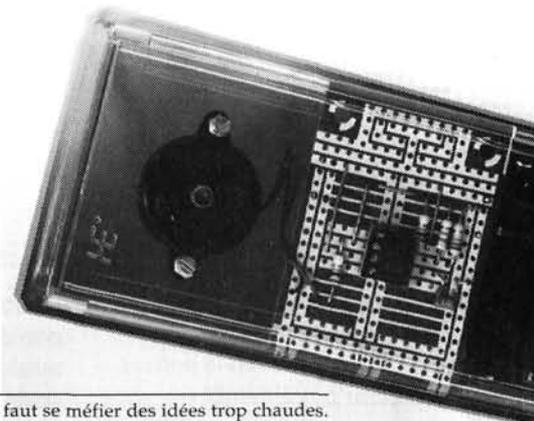
liste des composants

- R1, R4 = 10 k Ω
- R2 = 47 k Ω
- R3 = 22 k Ω
- C1 = 100 nF
- Bz1 = résonateur piézoélectrique

quatre picots à souder
deux connecteurs à pression pour piles de 9 V
deux piles de 9 V
un support de circuit intégré DIL à huit contacts

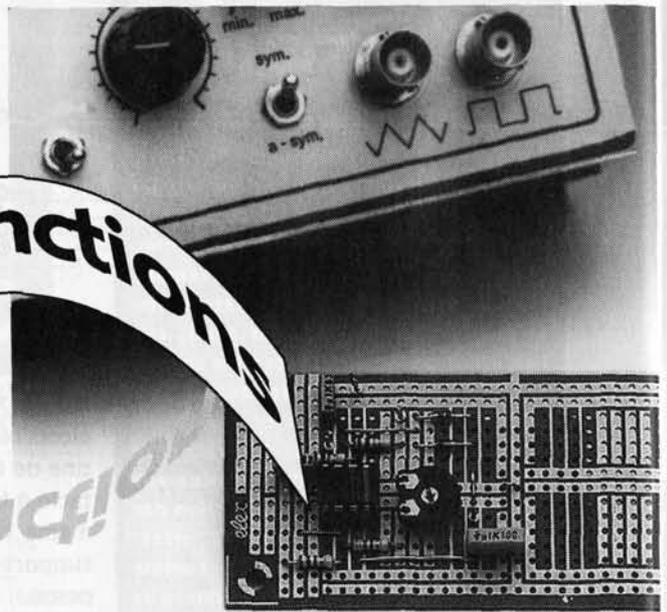
avec des broches assez longues de façon à pouvoir le coucher sur la platine. Il occupera un minimum de place en hauteur et ne dérangera pas les manœuvres de pose et de dépose des candidats à l'examen. Pour les mêmes raisons, ne pas prendre un support de circuit intégré trop fragile: ils sont tous "professionnels" soit, mais les "tulipes" résisteront peut-être mieux aux frottements que les "lyres". Si le support "à wrapper" vous donne des idées** pour l'extension, n'hésitez pas. Enfin, soudez les quatre picots réservés à l'alimentation sous la platine.

Le choix du coffret, s'il y a lieu, n'est pas indifférent. S'il est assez plat, seul le support de test dépassera de son couvercle, percé pour l'occasion. Le coffret de la photo a été choisi de façon que le circuit, coupé aux bonnes dimensions, se coince dans la fente qui sépare la boîte de son couvercle. Deux vis M2 maintiennent le résonateur sur une paroi percée de quelques trous qui lui permettent de se faire ouïr (pour changer). La hauteur de la boîte est telle que les deux piles de 9 V ont juste la place de se loger sans besoin d'autres fixations. Au lieu de piles, on peut évidemment mettre deux accumulateurs équivalents. Le circuit ne consommera pas, sauf en cas de court-circuit, plus de 2 mA. Nous vous laissons pour finir le soin de la version étendue, qui, comme son nom l'indique occupera plus de place. 916006



** Comme le dit Norge, le poète des *Cerveaux brûlés*, il faut se méfier des idées trop chaudes.

Générateur de fonctions



troisième et dernière partie : l'amplificateur de sortie et l'alimentation

Votre générateur de fonctions est en état de marche si vous l'avez construit sur des platines d'expérimentation ; il est prêt à être assemblé si vous avez réalisé le circuit imprimé présenté le mois dernier.

Dans l'un et l'autre cas, il manque l'amplificateur-tampon de sortie et l'alimentation. L'amplificateur est capable de fournir à un haut-parleur une puissance de 5 à 6 watts, ce qui n'est pas ordinaire pour un générateur.

Le générateur de carrés et de triangles, suivis du conformateur sinusoïdal, constituent un générateur de fonctions presque complet, déjà utilisable pour un certain nombre d'applications. Il manque cependant quelques organes, comme l'amplificateur de sortie qui permettra d'attaquer toutes les charges ou presque, et une alimentation qui rendra l'appareil autonome.

Les sorties du générateur de triangle et du conformateur sinusoïdal ont une impé-

dance relativement élevée. Si nous les connectons à une charge de faible impédance, nous risquons de ne retrouver qu'une fraction de la tension du signal et, ce qui est plus grave, de retrouver un signal distordu, dont la forme n'aura plus grand chose à voir avec le triangle ou le sinus. L'amplificateur tampon que nous ajoutons en sortie rend le générateur indépendant, dans une large mesure, de l'impédance de la charge ; la chute de tension éventuelle ne se produira que pour une forte, ou très forte charge. Un amplificateur qui peut délivrer une intensité importante consomme aussi, c'est logique, une intensité importante, d'où les dimensions de l'alimentation.

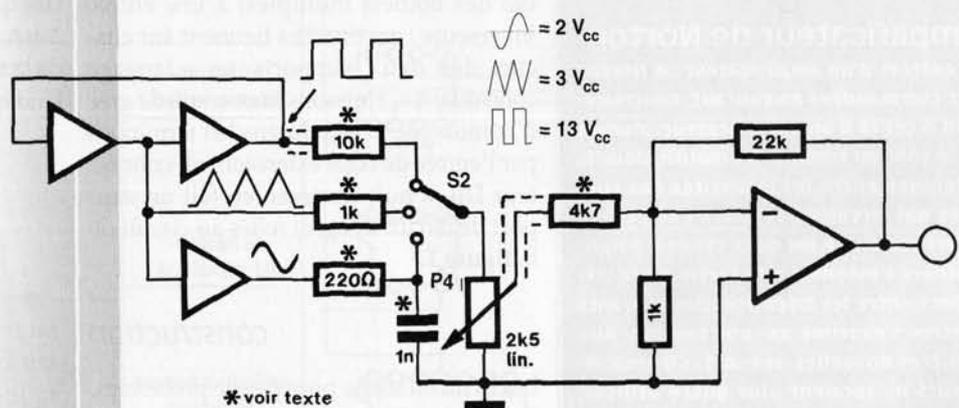
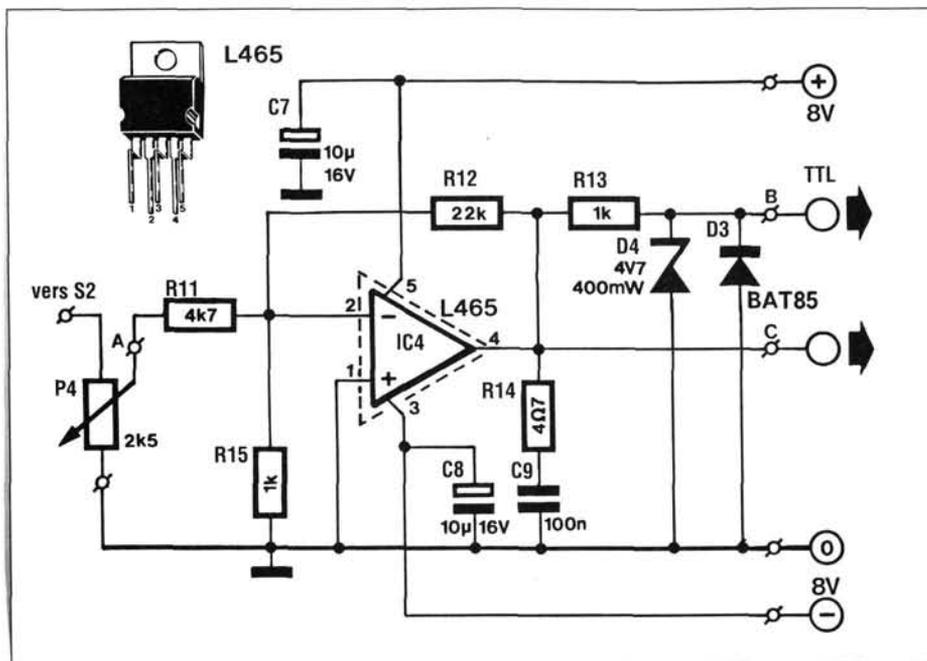


Figure 1 - Les trois sous-ensembles déjà construits viennent attaquer l'amplificateur tampon de sortie par l'intermédiaire d'un commutateur à trois positions et d'un diviseur de tension. Le diviseur de rapport variable permet de ramener à un même niveau les trois tensions différentes. Le réseau RC 220Ω/1 nF fait partie du conformateur sinusoïdal.



nigauds et veaux niveaux égaux

Puisque vous avez lu attentivement la première partie, que vous avez sur la table un générateur triangle-carré expérimental en état de marche, vous avez pu prévoir d'abord et constater ensuite que l'amplitude de crête à crête du signal carré est plusieurs fois plus grande que celle du signal triangulaire. La raison tient dans le comparateur, même si *comparaison n'est pas raison*. La sortie du comparateur bascule de +8 V à -8 V dès que la tension du triangle atteint +1,7 V ou -1,7 V (en pratique, des valeurs légèrement inférieures). La tension carrée a donc une amplitude de crête à crête de 13 V(1pp), alors que celle du triangle est de 3 V(1pp*). Quand à la sinusoïde, elle est d'amplitude inférieure à celle du triangle, forcément, et elle ne dépasse pas les 2 V(1pp) crête à crête.

Nous disposons donc de trois signaux qui diffèrent non seulement par la forme, mais aussi par l'amplitude. Cette différence d'amplitude est inévitable, elle est liée aux procédés utilisés par le générateur. Nous n'allons pourtant pas nous en tenir là, car il est plus pratique, lors de la commutation d'une forme d'onde à l'autre, d'avoir une amplitude crête à crête constante.

Heureusement, ce petit défaut est facile à supprimer. Rien de plus simple en effet que de prévoir un triple diviseur de tension calculé de façon à donner la même tension aux trois formes d'ondes. L'aspect général de ce diviseur est représenté par la *figure 1*. Les plus attentifs d'entre nos lecteurs remarqueront qu'il n'y a pas trois diviseurs distincts, mais qu'une seule des résistances est commutée. Le potentiomètre P4, sur le curseur duquel la tension de sortie est disponible, fait partie des trois diviseurs, ou plutôt de l'un des trois diviseurs. La résistance de 220 Ω fait partie du conformateur sinusoïdal, de même que le condensateur de 1 nF, repéré C5 sur le schéma.

un amplificateur opérationnel spécial

La tension aux bornes de P4 est constante quelle que soit la forme d'onde. Une fraction de cette tension (dépendant de la position du curseur) est appliquée à l'entrée de l'amplificateur de sortie. Le principe de l'étage de sortie est montré sur la *figure 1*, le schéma est détaillé par la *figure 2*. Bien que l'amplificateur opérationnel soit presque ordinaire, le montage n'est pas aussi simple qu'on aurait pu s'y attendre. Tout d'abord, le L465 n'est pas un habitué de nos colonnes. Nous l'avons utilisé dans le n°43 d'ELEX, mai 1992, pour un régulateur de vitesse de moteur à courant continu (en fait, il s'agissait du L165, parfaitement équivalent, quant aux caractéristiques qui nous intéressent). Nous n'avons pas non plus l'habitude d'utiliser des amplificateurs opérationnels qui débitent ou consomment un courant de sortie

Figure 2 - L'étage de sortie du générateur est organisé autour d'un amplificateur opérationnel spécial, capable de délivrer un courant important.

de 3 ampères. Celui-ci est un « géant », si on le compare aux 741, LM324 ou autres. Son utilisation n'est pas très différente de celle d'un amplificateur opérationnel ordinaire, aussi allons-nous le considérer comme tel. Il faut malgré tout tenir compte de quelques caractéristiques particulières. L'une d'elles est que le montage est instable si le gain est inférieur à 20. Moins le gain est important, plus la bande passante est large. La rapidité d'un amplificateur opérationnel est caractérisée, entre autres, par le produit gain × bande passante, réputé constant. En maintenant le gain à une valeur suffisamment importante, il est possible de limiter la bande passante à une valeur inférieure à la fréquence des oscillations spontanées. Les signaux de fréquence élevée se trouvent atténués, étouffés par les capacités internes du circuit intégré et les capacités parasites du montage.

Nous devons donc, en théorie, garder le gain du montage supérieur à 20. En pratique, compte tenu de l'amplitude des signaux du générateur, c'est impossible. Revenons à la *figure 1* : les signaux carrés à la sortie du comparateur ont une amplitude de 13 volts crête à crête. Le diviseur R10/P4 ramène cette tension à :

$$\frac{13 \text{ V} \times 2,5 \text{ k}\Omega}{10 \text{ k}\Omega + 2,5 \text{ k}\Omega} = 2,6 \text{ V}$$

Si le gain de l'amplificateur est fixé à 20 et que le curseur du potentiomètre est au maximum, la tension de sortie sera de 52 V. Il faudra prévoir l'alimentation en conséquence, puisque nous ne savons pas encore obtenir une tension de sortie supérieure à la tension d'alimentation. Comme nous n'avons pas l'intention d'utiliser de

*1pp est l'abréviation de *à un poil près*. Cette indication de la tolérance est propre à ELEX, elle signifie, dans un raccourci exemplaire, qu'il n'y a pas lieu de se soucier de la valeur exacte, qu'un ordre de grandeur est suffisant, que la dispersion des valeurs des composants n'a pas d'influence décisive sur le fonctionnement du montage, qu'une bonne estimation par le calcul mental vaut mieux qu'un calcul à huit décimales avec une erreur sur la position de la virgule, en un mot qu'il n'y a pas lieu de les couper en quatre.

elex-abc

bande passante

Tous les circuits conçus pour traiter des tensions alternatives le font dans une plage de fréquence limitée. C'est-à-dire que les signaux de fréquence comprise entre deux limites (les points -3 dB) sont traités de la même manière ; par exemple amplifiés avec le même gain par un amplificateur ou atténués dans la même proportion par un filtre. La largeur de bande est la différence entre les deux fréquences limites. Pour un grand nombre de circuits, comme les filtres passe-bas, la fréquence inférieure est 0 Hz (courant continu) et il n'y a donc qu'un point de coupure à -3 db.

produit gain-bande passante

Dans les amplificateurs opérationnels, la bande passante augmente à mesure que le gain diminue, et inversement. La relation entre ces deux grandeurs est la produit gain-bande passante. Le produit de ces deux grandeurs est constant pour un amplificateur donné. Il varie suivant les types.

tension de crête à crête

Toute tension alternative varie constamment entre deux valeurs extrêmes. La différence entre ces valeurs extrêmes s'appelle tension crête à crête.

alimentation symétrique

Alimentation qui fournit à la fois une tension positive et une tension négative par rapport à la masse, par exemple +10 V et -10 V. La tension entre les extrêmes est alors de 20 V.

telles tensions de sorties, comme le circuit intégré « n'encaisse » que 40 V de tension d'alimentation, nous sommes forcés de trouver un moyen de fixer le gain à une valeur inférieure à 20. Si vous vous reportez aux valeurs de résistances de la figure 1, vous pouvez calculer un gain de 4,7 fois.

Ce gain de 5 (1 pp) est nettement inférieur à la valeur minimale, et pourtant le L465 ne manifeste aucune tendance à l'oscillation. Le fabricant s'est-il trompé ? Non. C'est nous qui avons trompé le circuit intégré : il voit, quant à lui, la boucle de contre-réaction 22 k Ω /1 k Ω qui fixe le gain à 22. On peut considérer que R11 et R15 constituent un deuxième diviseur de tension de rapport 5 environ. On peut considérer aussi que la résistance R15 de 1 k Ω transforme l'amplificateur inverseur en un sommateur qui amplifie différemment les deux tensions : le signal du potentiomètre avec un gain de 5 (R12/R11), le signal de R15 avec un gain de 22 (R12/R15).

La gain de 22 permet de maintenir la bande passante en dessous de la valeur critique et d'éviter les oscillations intempestives. Fort bien, mais que faisons-nous de ce deuxième signal ? Rien. Ce signal n'existe pas, il est nul, puisque la résistance R15 est reliée à la masse. Une tension nulle, même amplifiée vingt fois, reste nulle.

y trouvons, comme dans les amplificateurs basse fréquence, un réseau de Boucherot, C9 et R14. Son rôle est d'empêcher l'amplificateur de fonctionner à vide. Il représente une charge surtout pour les hautes fréquences. Sans ce réseau, l'amplificateur risquerait d'entrer en oscillation lorsqu'il n'est pas chargé ou quand la charge est inductive (comme les haut-parleurs).

Le réseau de Boucherot n'a aucune influence sur les signaux carrés, triangulaires et sinusoïdaux, qui parviennent à la sortie avec la même forme. La figure 2 montre une autre sortie, repérée TTL. Elle est prévue pour fournir des signaux de fréquence variable et d'amplitude constante aux circuits intégrés TTL, qui sont assez pointilleux sur la tension appliquée aux entrées. Ils ne supportent pas longtemps des niveaux négatifs ou supérieurs à la tension d'alimentation de 5 V. La combinaison de R13 et de la diode zener D4 empêche la tension de dépasser 4,7 V. À l'opposé, D3 empêche la tension de dépasser -0,3 V, la valeur du seuil des diodes Schottky. La tension est certes négative, mais d'une valeur qui reste dans la plage de sécurité des circuits intégrés TTL. Le seuil de 0,7 V qui caractérise la jonction d'une 1N4148, par exemple, ne manquerait pas de poser aux circuits intégrés des problèmes existentiels. La sortie TTL n'est utile que pour les circuits intégrés des séries 74xx. Il faut alors placer S2 en position « carré » et tourner P4 à fond. Si vous utilisez cette sortie « logique » avec des circuits intégrés CMOS, veillez à les alimenter sous une tension de 5 volts.

normal ou TTL

Après tous ces avatars, le signal choisi par le commutateur S2 aboutit à la sortie de l'amplificateur IC4, sur sa broche 4. Nous

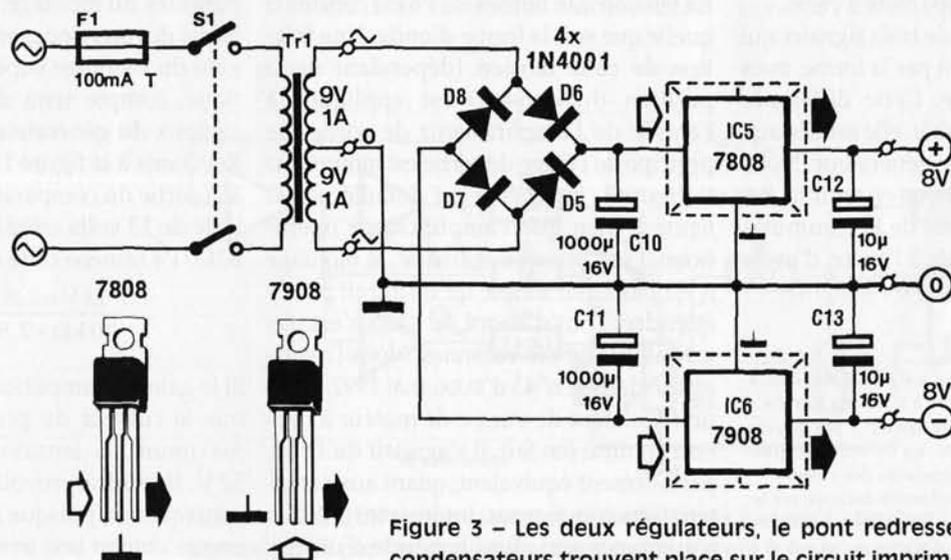
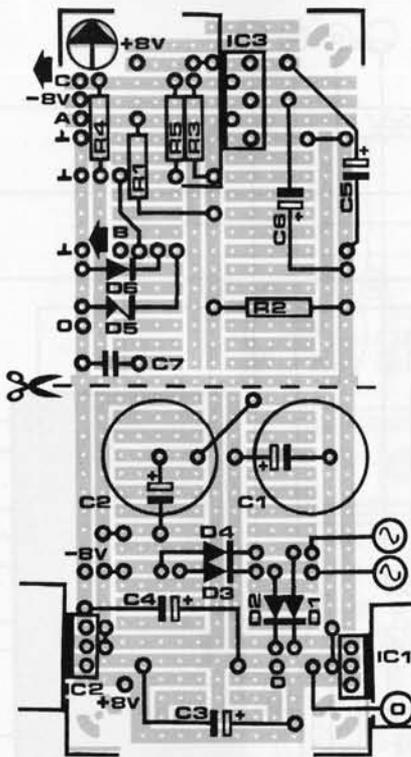


Figure 3 - Les deux régulateurs, le pont redresseur et les quelques condensateurs trouvent place sur le circuit imprimé alors que le transformateur est logé à part.

l'alimentation

La consommation de l'étage de sortie est telle que l'alimentation par deux piles de 9 V n'est pas possible. Il a donc fallu prévoir une alimentation *symétrique*. Il aurait été possible de concevoir un montage qui fonctionne avec une alimentation simple, mais le schéma aurait été beaucoup plus compliqué pour garder ses qualités au générateur. Comme le recours à une alimentation à partir du secteur s'imposait du fait de la consommation relativement importante, il n'était pas difficile de concevoir une alimentation double. Concevoir est un grand mot, car il suffit d'assembler quelques circuits intégrés conformément aux notices des fabricants. Le transformateur est évidemment un modèle à deux secondaires ou à point milieu. Il est protégé par un fusible retardé de 100 mA. Le pont redresseur n'est pas un modèle moulé : la place ne manque pas pour 4 diodes, lesquelles sont moins chères que leur équivalent moulé.



le câblage

L'amplificateur de sortie et l'alimentation trouvent place sur la surface d'une platine d'expérimentation de format 1. Sur la surface et non sur une platine, car il faudra la partager en deux, au moins électriquement en supprimant une piste. Le circuit imprimé publié dans le n° 54 d'ELEX (avril 1993) reçoit tous les composants à l'exception du transformateur, des potentiomètres et des commutateurs.

Commencez par monter les composants couchés (résistances et diodes), puis les supports de circuits intégrés, enfin les picots, les condensateurs et les circuits intégrés de puissance avec leurs radiateurs. Vérifiez l'orientation des diodes et des condensateurs. Si tout est correct, véri-

Figure 4 - Une platine d'expérimentation suffit pour loger l'amplificateur de sortie et l'alimentation. Si vous ne coupez pas la platine en deux, il faudra supprimer la piste cuivrée sous la ligne pointillée. Si vous ne le faites pas, l'alimentation négative sera en court-circuit.

fiez encore une fois avant d'alimenter le montage pour mesurer la tension de sortie des régulateurs.

Le raccordement des platines entre elles sera conforme à la figure 5. La toile d'araignée de la partie gauche résulte du mode câblage des alimentations : en étoile. Ne vous hasardez pas à « repiquer » l'alimentation d'une platine pour alimenter l'autre, c'est le meilleur moyen de per-

liste des composants

nécessaires pour le montage entier, sur trois platines ou sur le circuit imprimé.

- R1, R4, R5 = 2,2 kΩ
- R2, R6, R7, R10 = 10 kΩ
- R3 = 47 kΩ
- R8 = 220 Ω
- R9 = 470 Ω
- R11 = 4,7 kΩ
- R12 = 22 kΩ
- R13, R15, R16 = 1 kΩ
- R14 = 4,7 Ω

- P1 = 2,2 MΩ
- P2 = 10 kΩ
- P3 = 1 kΩ ajustable
- P4 = 2,5 kΩ

- C1 = 22 nF
- C2, C3, C4, C5, C9 = 100 nF
- C6 = 1 nF
- C7, C8, C12, C13 = 10 μF/16 V radial
- C10, C11 = 1000 μF/16 V radial

- D1, D2 = 1N4148
- D3 = BAT85
- D4 = zener 4,7 V
- D5, D6, D7, D8 = 1N4001 à 1N4007

- IC1 = LF356
- IC2 = LF357
- IC3 = CA3140
- IC4 = L465 ou L165
- IC5 = 7808
- IC6 = 7908

- S1 = inter. unipolaire
- S2 = commutateur
1 circuit 3 positions

circuit imprimé
3 radiateurs pour TO220
transformateur 2 × 9 V/1 A
14 picots à souder (quatorze)
coffret, face avant, boutons,
cordon secteur
2 prises BNC

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.

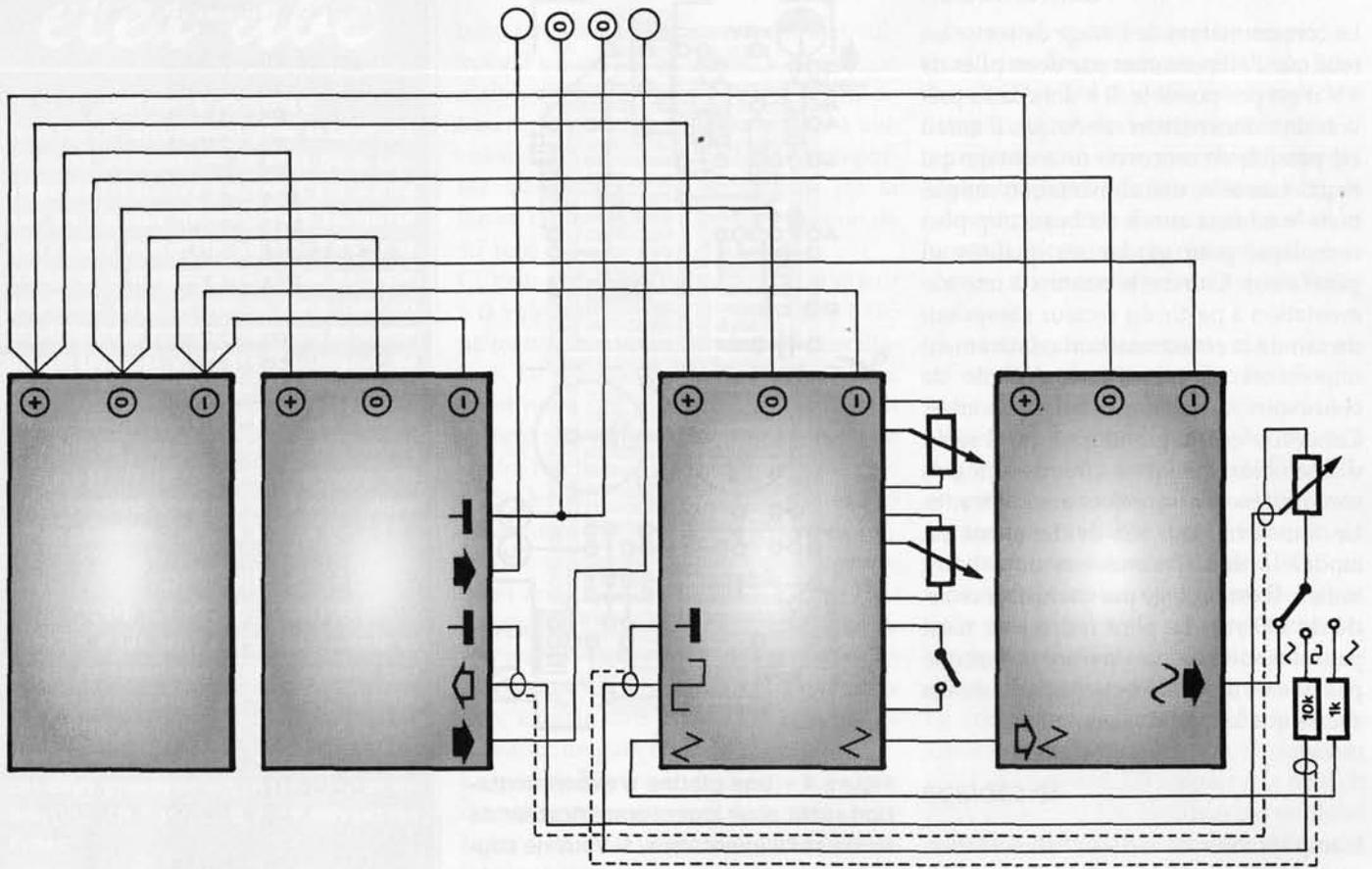
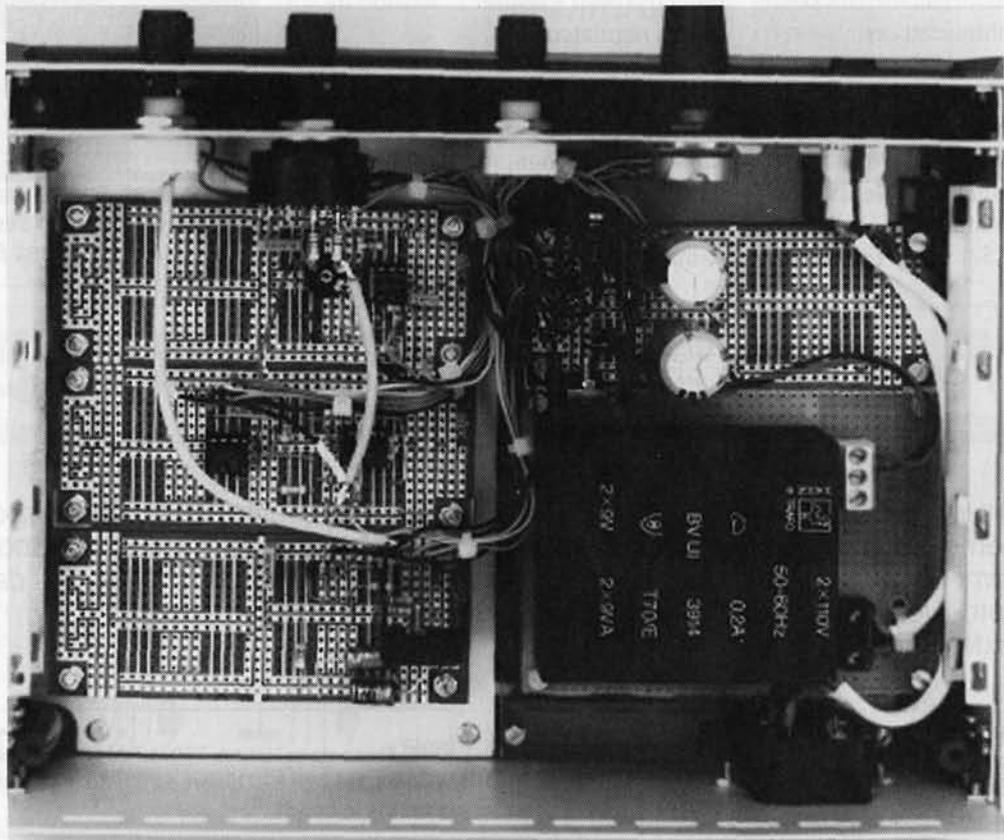


Figure 5 - Le schéma de câblage du générateur de fonctions réalisé sur des platines séparées. Pour éviter les effets réciproques entre les platines, il faut raccorder toutes les alimentations séparément, suivant un montage dit « en étoile ». Pour éviter que le signal carré perturbe le triangle et le sinus, il faut utiliser du fil blindé pour amener le signal carré au commutateur et pour ramener à l'entrée de l'amplificateur le signal du curseur du potentiomètre.



mettre aux différentes platines d'influer les unes sur les autres et de provoquer des oscillations indésirables. Les deux morceaux de fil blindé sont les seuls nécessaires : pour empêcher la sortie carré de rayonner sur les autres fils, pour éviter que l'entrée de l'amplificateur de sortie « ramasse » tous les parasites qui traînent. Le niveau des harmoniques dans le signal carré est énorme, comparé aux autres signaux, à tel point qu'il pourrait les déformer.

L'autre point délicat du câblage est le raccordement du secteur 220 V. Vous n'êtes pas sans savoir que c'est une tension dangereuse et qu'il faut prendre des précautions. Votre montage et vous-même êtes en danger si les fils qui véhiculent la tension du secteur sont mal isolés. Choisissez de préférence un transformateur moulé ; à défaut, reliez son paquet de tôles et le coffret métallique au fil jaune-vert du cordon secteur. La photo de la figure 6 montre comment raccorder et isoler ces fils dangereux. Sur ce prototype, l'amplificateur et l'alimentation avaient été câblés sur des platines séparées : bel exemple de lutte contre le chômage par le partage du travail.

Le coffret pourra être agrémenté par la face avant de la figure 7, photocopiée, collée, et protégée par un film adhésif transparent.

896035

Figure 6 - Même dans un prototype comme celui-ci, il est important de raccorder le secteur suivant les règles de l'art : porte fusible à l'arrière du coffret, soudures de l'interrupteur soigneusement isolées. Ne cherchez pas le fil de « terre », l'utilisation d'un transformateur moulé nous en dispense. Si vous utilisez un transformateur ordinaire, vous veillerez à raccorder à la terre (fil jaune-vert) le paquet de tôles du transformateur et le coffret s'il est métallique.

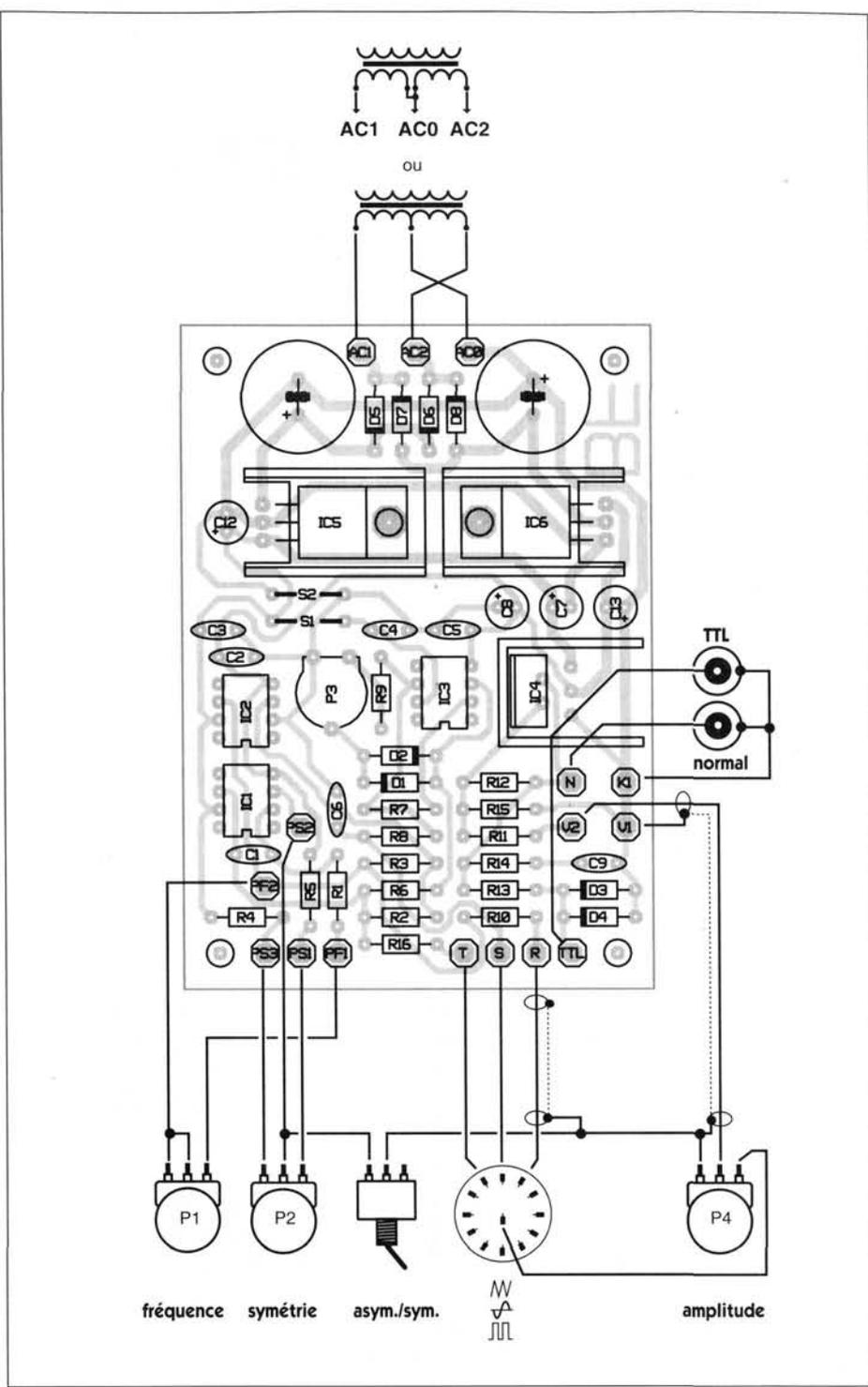
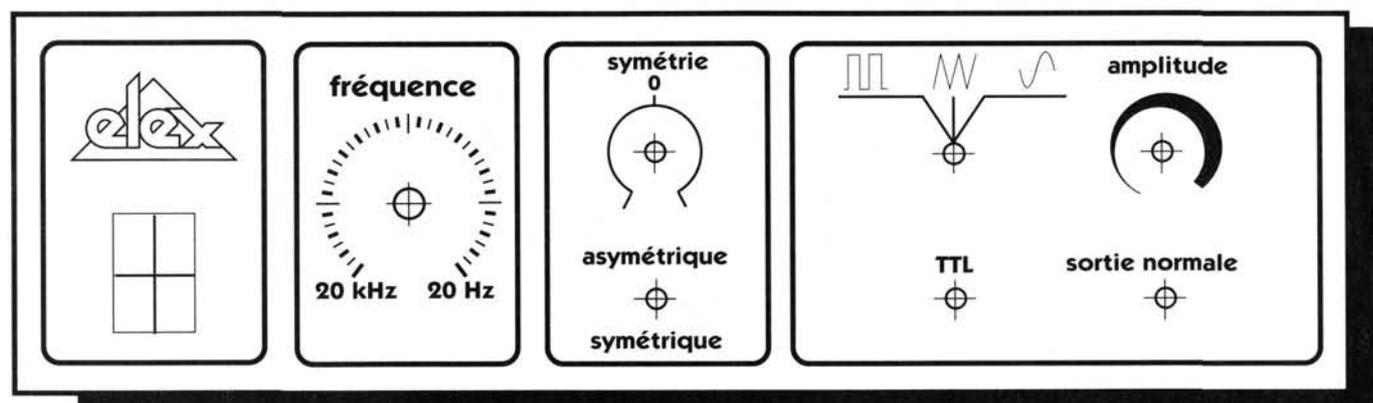


Figure 7 - La face avant de votre générateur de fonction peut s'inspirer de celle-ci.

Figure 8 - Le raccordement du circuit imprimé aux organes de la face avant. Le fil blindé n'est pas nécessaire partout.



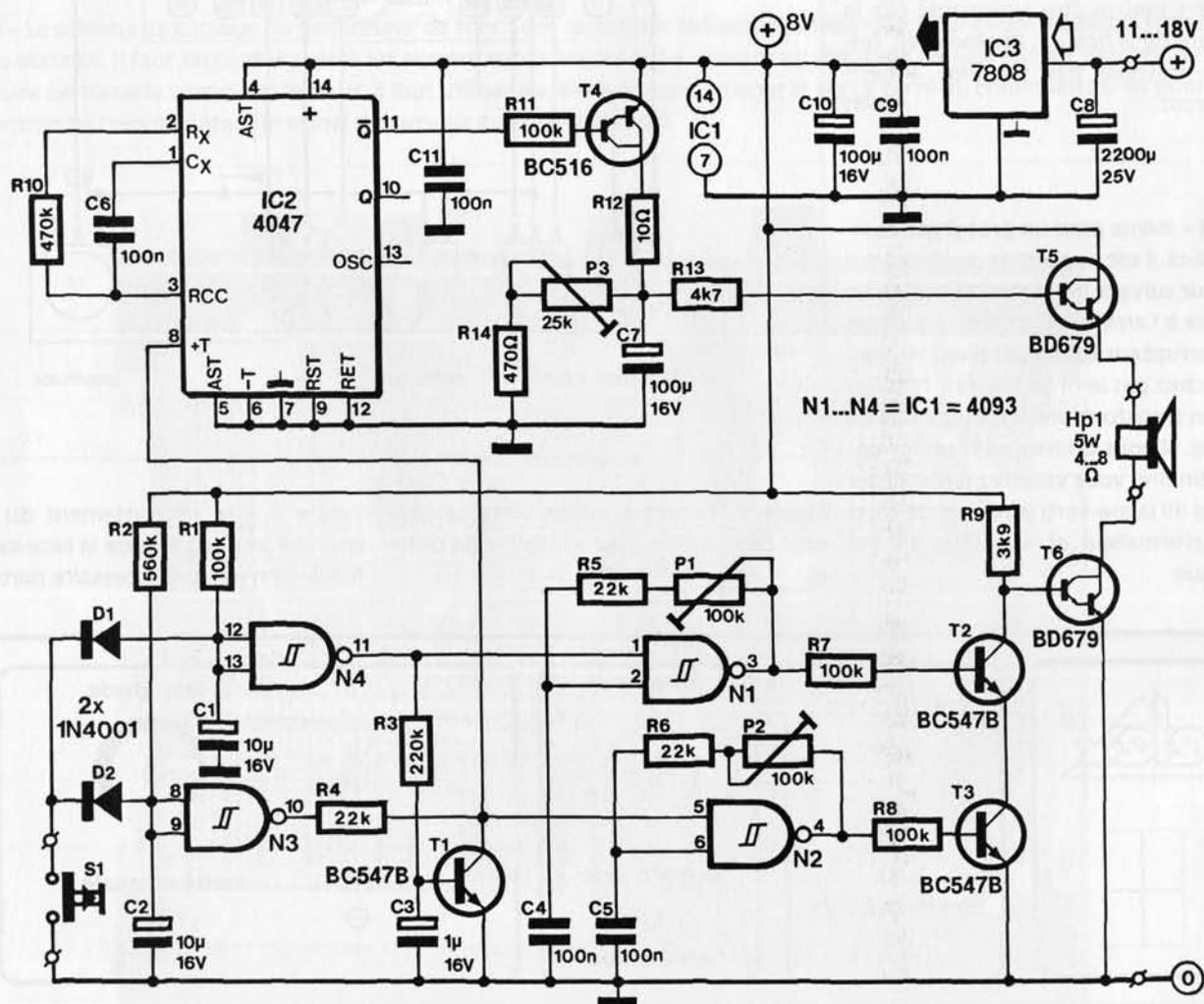
DEUX TONS AMORTIS POUR PORTE D'ENTRÉE

Les sonnettes de porte d'entrée sont, le plus souvent élect(ron)iques. Rares sont encore les demeures où pour s'annoncer il faille encore frapper, sonner de la trompe, ou tirer une cloche. On ne tire plus les sonnettes, on les pousse. Certaines se prennent pour le carillon de Westminster, où elles n'ont jamais mis les pieds, d'autres vous jouent les premières notes d'une berceuse, les plus anciennes font « drelin » ou « dring », celle que nous vous proposons ici produira quelque chose comme « dingggggggg ! dongggggggg ! » avec un e de plus en plus muet, deux sons dont vous pourrez choisir la hauteur et qui se succéderont en s'atténuant pendant une durée que quelques composants vous permettront d'accorder à votre patience.

Bon, ce qui vous intéresse, ce ne sont pas les diverses manières de se faire sonner. Vous préférez peut-être installer une bonne vieille cloche de bronze à votre porte, qui charmera les oreilles de vos visiteurs. Celle-ci vous offre pourtant une infinité de possibilités. Vous pourrez même en équiper votre automobile si vous habitez une contrée où le code de la route ne l'interdit pas... C'est l'électronique que vous attendez. Voilà, voilà...

bref survol

La complexité du schéma (figure 1) peut surprendre à première vue, puisque le montage n'a finalement que deux sons à produire. Elle cède à un examen plus attentif. Que nous faut-il en effet pour produire nos deux tons, l'un, le "ding" de fréquence plus élevée que l'autre, dit "dong", parce qu'il est plus grave ? Deux oscillateurs : ils sont là, construits autour de N1 et N2. Les deux tons doivent ensuite durer un certain temps et se succéder : c'est l'affaire des composants câblés autour de N3, N4 et T1. Quoi d'autre encore ?



Les deux signaux sonores n'ont pas une amplitude constante et sont progressivement amortis, ce dont se préoccupent IC2, T4, C7 et les composants qui les environnent. Ils forment une sorte de générateur de signaux en dents de scie (musicale). Le rôle de stabilisateur de la tension, interprété par IC3, ne doit pas vous échapper, non plus que celui d'amplificateur de commande du haut-parleur, joué par T5 et T6. Quelques autres composants permettent à tous ceux que nous venons de voir de remplir pleinement leurs tâches respectives. Voilà le circuit débrouillé, nous allons maintenant en détailler chaque fonction avec, sous les yeux, les chronogrammes de la **figure 2** qui décrit (*grammê*, trait, ligne en grec) l'allure des signaux intéressants en fonction du temps (*chronos* en grec).

production du son

Le circuit est bien sûr sous tension si bien que tous les condensateurs qui l'ont pu se sont chargés. Que se passe-t-il lorsqu'un visiteur appuie sur S1 ? Les condensateurs C1 et C2 sont court-circuités à la masse par l'intermédiaire de D1 et D2. Ils se déchargent rapidement. En l'absence des diodes, qui isolent les condensateurs l'un de l'autre, S1 aurait été bipolaire. Le niveau logique des entrées des triggers de Schmitt N3 et N4, câblés en inverseurs, est donc bas et celui de leur sortie est haut. Cet état demeure tant que le niveau de la tension aux bornes de C1 et C2 ne s'est pas relevé de sa chute - C1 se charge à travers R1 plus vite que C2 à travers R2, comme vous le lisez sur la figure 2 où t_1 , l'intervalle de temps pendant lequel la sortie de N4 est à 1, est plus court que t_3 qui concerne la sortie de N3. L'intervalle de temps t_1 est celui pendant lequel le montage "dingue" (nous le verrons "donguer" plus tard) puisqu'il maintient à 1 l'une des broches de l'opérateur ET-NON N1. Ce 1 appliqué à l'entrée de l'oscillateur permet à sa sortie de produire le signal représenté à la quatrième ligne du chronogramme (broche 3 de N1).

Figure 2 - Allure des signaux aux points stratégiques du circuit: un œil sur ces lignes, un autre sur le schéma pourrait suffire à vous faire tout comprendre.

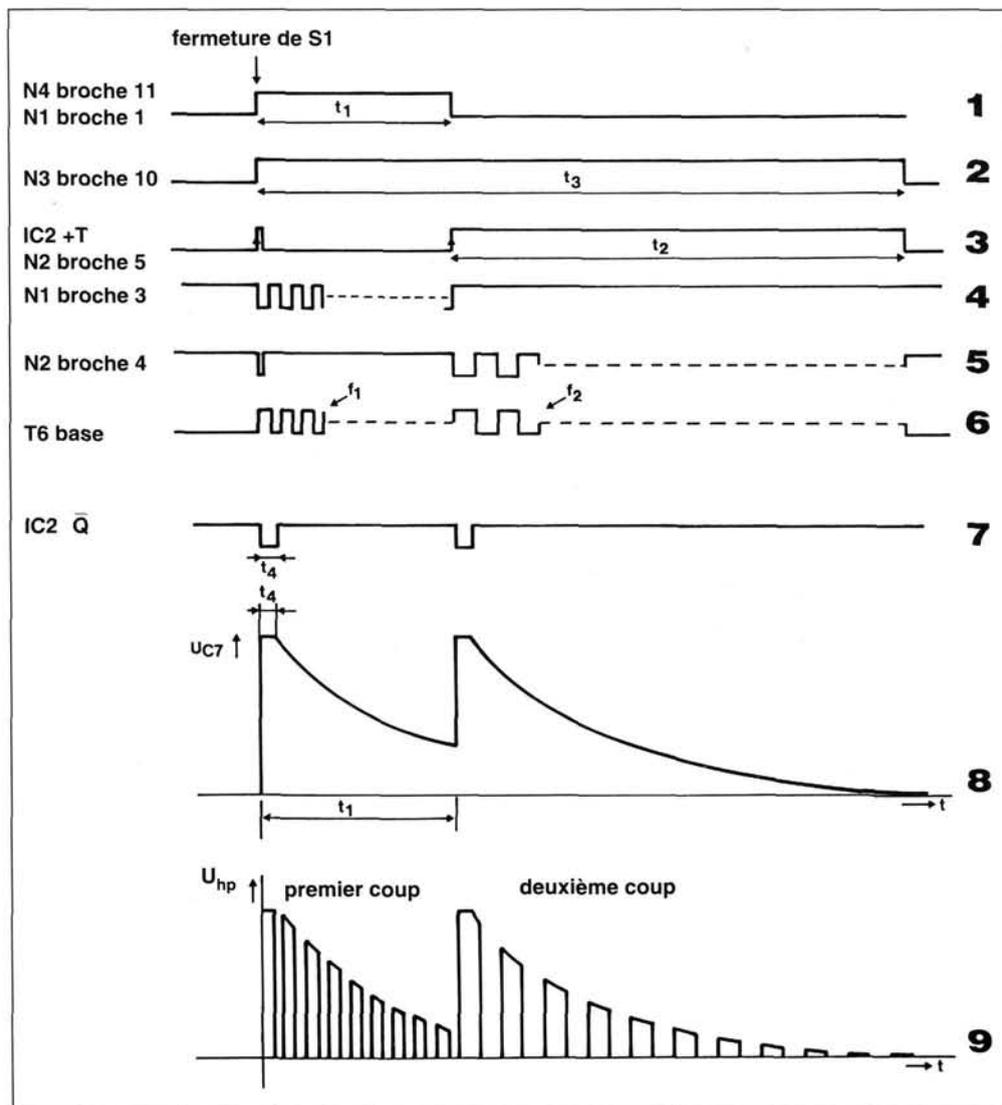
Figure 1 - En dehors de l'alimentation le schéma comprend deux parties: la moitié inférieure produit des sons (durée, fréquence), que la moitié supérieure module en amplitude.

Le "dong" est-il actif pendant toute la durée t_3 ? Tel n'était pas l'objectif de la manœuvre. Il y a donc un truc qui clôt le bec au "dong" tant que le "ding" n'a pas fini de s'exprimer. Le truc, c'est T1, commandé par la sortie de N4 qui court-circuite à la masse la broche 5 de N2 aussi longtemps que la différence de potentiel entre sa base et son émetteur est supérieure à 0,6 V. Le niveau haut à la sortie de N4 inhibe donc les effets de celui de la sortie de N3 - si l'on excepte la courte impulsion due à la charge de C3 dont nous verrons plus tard l'utilité. À la fin de l'intervalle de temps t_1 , la sortie de N4 retombe à 0, celle de N3, toujours haute, peut enfin remplir sa fonction puisque le transistor T1 se bloque. L'oscillateur N2 démarre et pendant l'intervalle de temps t_2 ($t_3 - t_1$) réjouit l'auditeur d'un signal en forme de "dong" dont l'image est tracée à la ligne 5 du chronogramme. Ce signal sature et bloque alternativement T3, qui bloque et sature de la même façon T6 puisque T2 l'y autorise. Une observation attentive des lignes 4, 5 et 6 de la figure 2

permet de conclure que les bases des transistors T2 et T3 sont les entrées d'un opérateur ET-NON dont la sortie est branchée à la base de T6, Darlington qui commande le passage du courant à travers le haut-parleur Hp1 avec son compère T5.

amplitude et amortissement des sons

Nous devons maintenant traiter les sons produits, leur donner, pendant un certain temps, une intensité maximale, puis les laisser décroître. Le circuit IC2, un 4047 monté en multivibrateur monostable, va nous rendre ce service (le 4047 permet beaucoup d'autres choses, nous le reverrons en détail à l'occasion d'un autre montage). Il réagit sur un front montant appliqué à son entrée de déclenchement +T (comme *Trigger*, broche 8) lorsque son entrée -T est au niveau bas. Comme l'indique la ligne 3 du chronogramme l'entrée +T passe à 1 en même temps que la broche 5 de N2, qui prend l'état de la sortie de N3 lorsque celle de N4 l'y auto-



rise. Le multivibrateur voit donc une transition positive au début de l'intervalle de temps t_1 , lorsque S1 se ferme, puis une transition négative, quand C3 a 0,6 V et plus à ses bornes, puis à nouveau une transition positive lorsque la sortie de N4 passe à 0 et bloque T1, au début de l'intervalle de temps t_2 . Aux deux transitions positives sur +T, IC2 répond par la mise à zéro de sa sortie \bar{Q} (broche 11) pendant un intervalle de temps t_4 de 0,1 s, déterminé par R10 et C6 (environ $2,5R_x C_x$). Cette durée, quoique brève, est suffisante pour débloquent T4 (un PNP darlington) le temps de charger C7 à travers R12 au potentiel de l'alimentation et de le maintenir un instant chargé. Lorsque T4 est à nouveau bloqué, le condensateur se décharge lentement par l'intermédiaire de P3 et R14. La tension à ses bornes a même allure que la courbe représentée à la ligne 8 de la figure 2.

La charge du condensateur ne présente d'intérêt que par la différence de potentiel, d'abord stable, puis décroissante qu'elle maintient aux bornes de R13 dont l'une est reliée à la base de T5. Un courant traverse la résistance, courant de base pour T5 qui se débloquent et alimente le haut-parleur. Le courant de collecteur de T5, pratiquement égal à son courant d'émetteur, est proportionnel à son courant de base, donc à la tension aux bornes de C7. Ce courant d'abord maximal pendant une durée t_4 , va diminuer jusqu'à la fin de l'intervalle de temps t_1 , puis revenir à son maximum pendant t_4 , pour à nouveau diminuer en fonction de la tension aux bornes de C7. En fait ce n'est pas le courant qui diminue ainsi progressivement, c'est l'amplitude de ses oscillations. N'oublions pas que T6, tantôt bloqué, tantôt saturé ne le laisse passer qu'alternativement. La différence de potentiel aux bornes du haut-parleur a ainsi la forme représentée à la ligne 9 de la figure 2: maximale pendant t_4 , elle diminue progressivement pendant t_1 à l'image du "ding", pour reprendre en "dong" majeur pendant t_4 , puis s'amortir et s'éteindre à la fin de t_2 .

accord de "ding" et "dong"

Le circuit ne comprend pas moins de trois potentiomètres qui permettront d'ajuster la fréquence et la durée des sons produits par cette sonnette. Nous verrons d'ailleurs quelles valeurs de composants modifier pour obtenir les résultats les plus conformes aux désirs de l'utilisateur.

Les potentiomètres P1 et P2 permettent de régler la fréquence des sons entre 100 Hz et 600 Hz (le la du téléphone est à 440 Hz) pour donner un ordre de grandeur très approximatif puisqu'il varie suivant la tension d'alimentation et les marques de 4093 dont disposent les fournisseurs. Si les fréquences limites obtenues vous paraissent trop élevées par exemple, vous pouvez les diminuer en augmentant la capacité de C4 ou C5. Pour les essais, il suffit de brancher provisoirement un condensateur en parallèle à leurs bornes. La durée des sons dont le réglage n'est pas prévu, dépend de la valeur des résistances R1 (premier coup) et R2 (second coup). Avec celles que nous avons choisies sur le schéma, il faut compter environ 1 s pour t_1 et 4,5 s pour t_2 (donc 5,5 s pour t_3 puisque telles sont les vertus de l'addition). Ces durées se décomposent en deux intervalles de temps chaque fois: la durée du coup (t_4) et celle de son amortissement. Il est possible, comme nous l'avons vu plus haut, d'allonger ou raccourcir t_4 , proportionnel à la capacité de C6. Celle de l'amortissement est inférieure à t_3 , on commence donc par positionner le curseur de P3 à mi-course puis on le tourne progressivement vers R14 jusqu'à ce obtenir l'effet sonore optimum. Optimum ne veut pas dire maximum. À ce propos, la puissance disponible en sortie est respectable pour un aussi petit montage, avec un maximum de 2,7 W sur un haut-parleur de 8 Ω ou 3,3 W sur un haut-parleur de 4 Ω . Trop bruyant? Augmentez alors un peu R13 pour limiter le volume sonore.

construction

Le circuit ne présente donc guère d'obstacles à la compréhension et pour simplifier sa construction nous avons prévu un circuit imprimé (figure 3). Le plus difficile est de le graver: certaines pistes sont assez fines pour mériter un examen et d'éventuelles retouches avant le passage au bain. Les dimensions des composants

liste des composants

- R1, R7,
- R8, R11 = 100 k Ω
- R2 = 560 k Ω
- R3 = 220 k Ω
- R4, R5, R6 = 22 k Ω
- R9 = 3,9 k Ω
- R10 = 470 k Ω
- R12 = 10 Ω
- R13 = 4,7 k Ω
- R14 = 470 Ω
- P1, P2 = 100 k Ω var.

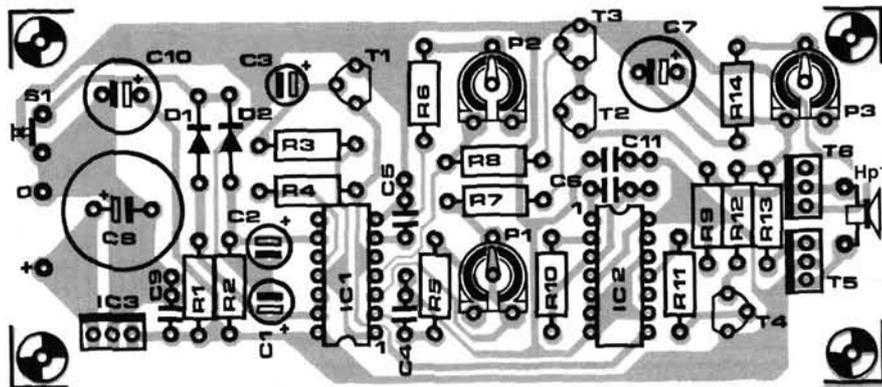
- P3 = 25 k Ω var.

- C1, C2 = 10 μ F/16 V rad.
- C3 = 1 μ F/16 V rad.
- C4 à C6,
- C9, C11 = 100 nF
- C7, C10 = 100 μ F/16 V rad.
- C8 = 2200 μ F/25 V rad.

- D1, D2 = 1N4001
- T1, T2, T3 = BC547B
- T4 = BC516
- T5, T6 = BD679
- IC1 = 4093 quadruple porte ET-NON à 2 entrées à trigger de Schmitt
- IC2 = 4047 multivibrateur monostable/astable
- IC3 = 7808 stabilisateur de tension

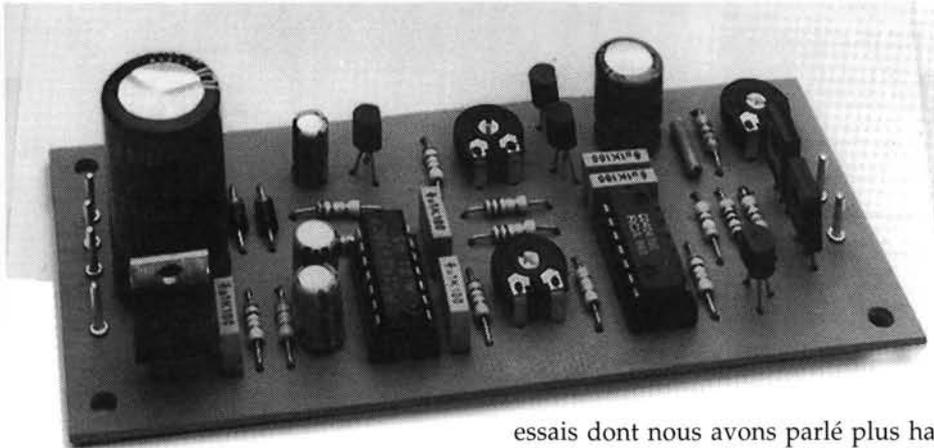
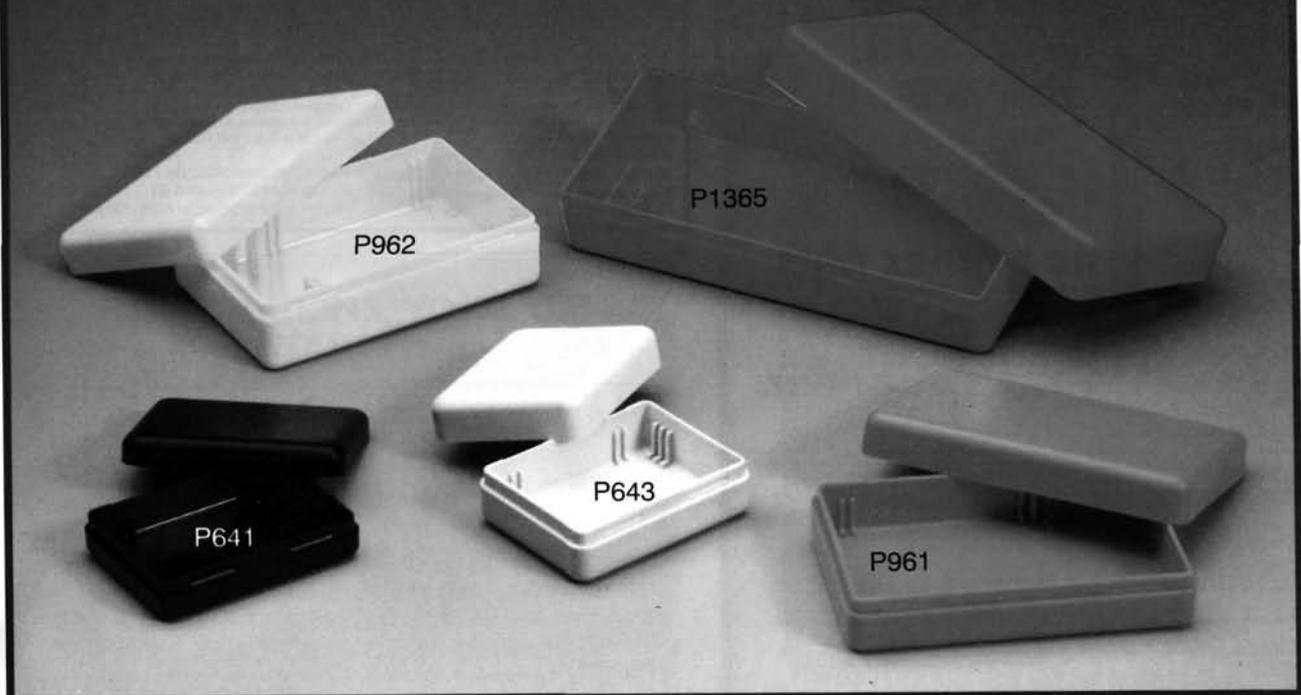
- S1 = bouton poussoir ouvert au repos
- HP1 = haut-parleur 5 W/4 à 8 Ω

dont vous disposez correspondent-elles à celles de leur implantation? Vous auriez dû le vérifier avant de procéder à la gravure. Si vous l'avez fait, les composants sont déjà rangés en ordre de bataille, il vous reste à les prendre un à un, à commencer par les moins hauts, après vérification éventuelle de leur polarité: attention par exemple à l'orientation des circuits intégrés qui ne sont pas tournés dans le même sens. Une alimentation à



diptal 01410 CHEZERY
 Tel. : 50 56 94 97
 Fax : 50 56 95 17

*Chassez vos idées noires.
 9 coloris disponibles.
 40 modèles différents.*



proximité, un bouton poussoir et un haut-parleur vont permettre de passer aux essais dont nous avons parlé plus haut, avant l'installation. Comme vous le voyez sur le schéma, la tension d'alimentation, à choisir entre

11 V et 18 V, est redressée mais non forcément stabilisée puisque le 7808 d'entrée s'en charge. Un transformateur de sonnette (12 V) pourvu d'un redresseur, un adaptateur secteur de 12 V, de puissance suffisante, conviennent parfaitement : rappelez-vous pour son choix que le circuit doit fournir à un haut-parleur de 8 Ω un courant-crête de quelques 600 mA. La puissance du haut-parleur indiquée sur le schéma peut être rabaisée à 2 W ou 3 W mais pas moins. Ne vous avisez pas de mettre en sortie un de ces minuscules haut-parleurs d'un watt ou moins de puissance : il serait condamné à mort. Les haut-parleurs d'autoradios sont en revanche tout indiqués vu leur excellent rendement et les puissances qu'ils supportent. Pour terminer, tout ce petit monde trouvera place dans un coffret que chacun choisira à sa convenance. Nous ne pouvons que vous conseiller de le prendre de bonnes dimensions puisqu'en principe il servira aussi de caisse de résonance. 896018

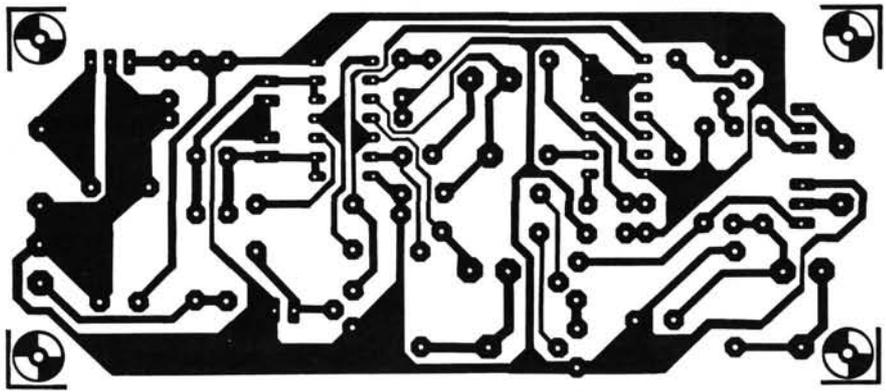


Figure 3 – Un circuit clair et compact où vous prévoyez des picots pour le bouton poussoir, l'alimentation et le haut-parleur qui faciliteront essais et réglages.

