PDF Page Organizer - Foxit Software

électronique

eet

nº 55

mai 1993
23 FF/168 FB/8,20 FS
mensuel

le calcul des composants

connaître et utiliser les Composants 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

PDF Page Organizer - Foxit Software

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
Elexcuse : Targui 46
Petites Annonces Gratuites 60

au sommaire d'elex 55, mai 1993

réalisations

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 !

Qui est l'auteur de ce philosophique bout-rimé :
« Sommes-nous pas un peu semblables aux moutons ?...
Nous fuyons celui qui, simplement, nous dérange,
Pour courir dans les bras de celui qui nous tond
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 – MAGNÉTIC 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 –

PDF Page Organizer - Foxit Software

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" télés 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),

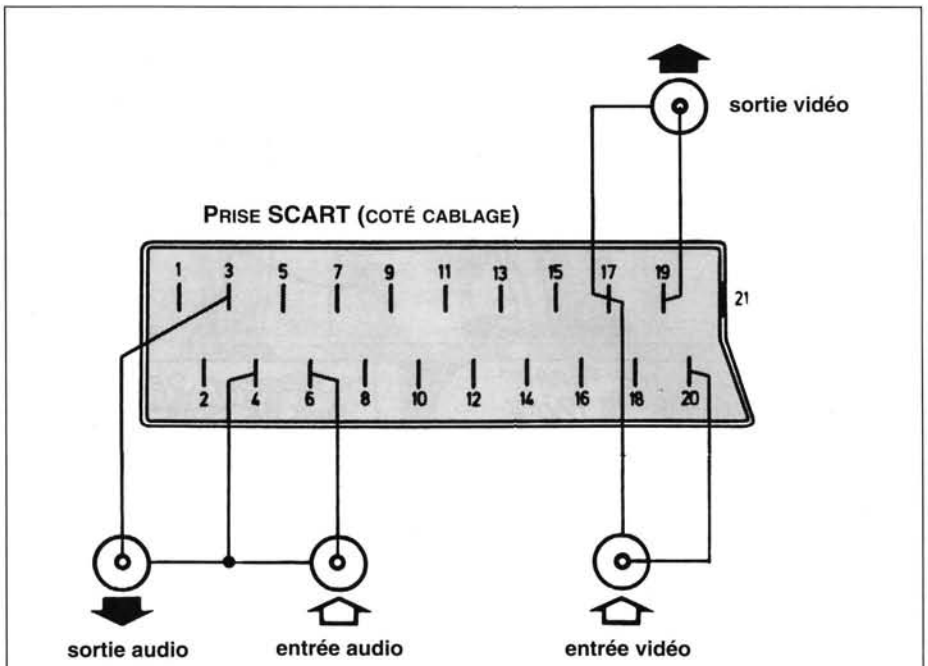


Figure 1 – Fabriquer un tel connecteur n'est pas la mer à boire, c'est en tout cas un bon exercice de soudure.

PDF Page Organizer - Foxit Software

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

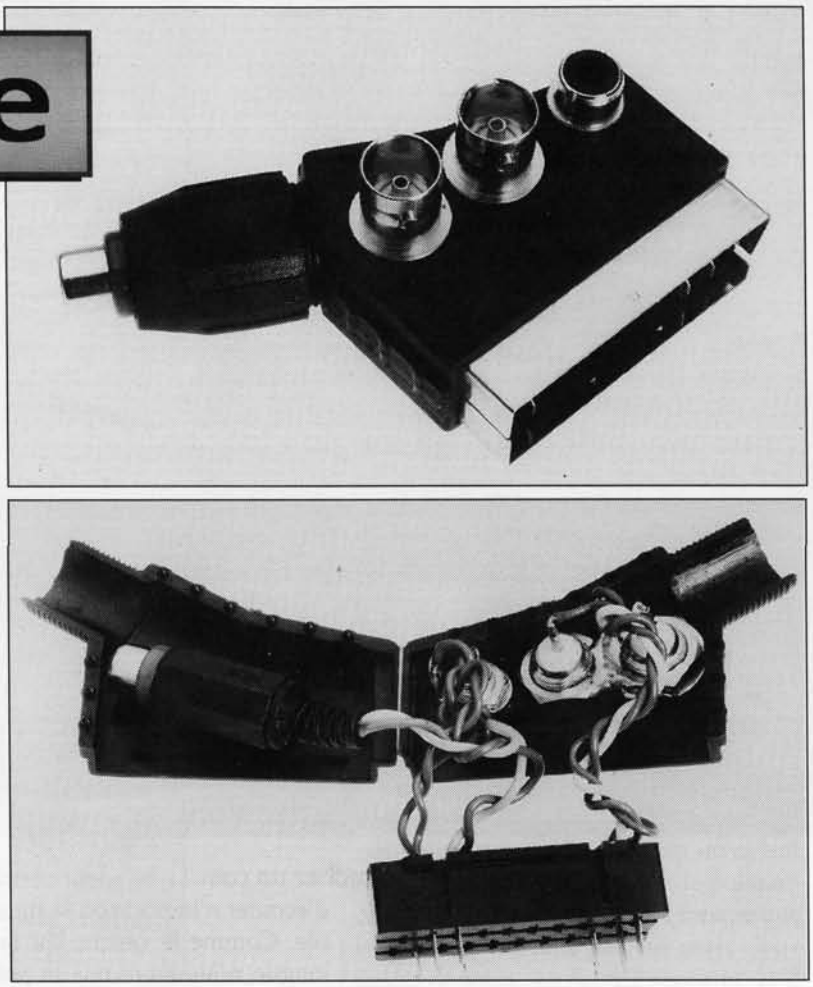


Figure 2 – L'entrée audio se fait par une fiche femelle *cinch* insérée dans le boîtier (sur la gauche). Les autres connexions, sortie audio, entrée-sortie vidéo, se font par des prises de châssis BNC et *cinch*.

GRAVURE

GRAV'CI 1 et 2,

MACHINES A GRAVER A MOUSSE

A partir de **1300 F**TTC

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 Ggraver 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 F**TTC

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 intéractive.
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.

~~2098 F~~TTC
PROMO **1055 F**TTC
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.

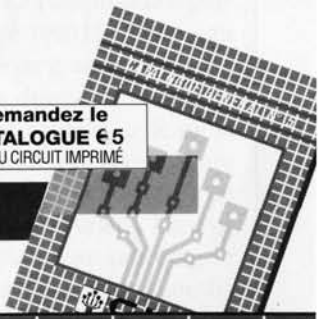
Menus déroulants, bibliothèque de composants avec éditeur. En option : autorouteur. Coefficient de satisfaction très élevé chez tous les utilisateurs. Prise en main aisée.

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

PDF Page Organizer - Foxit Software

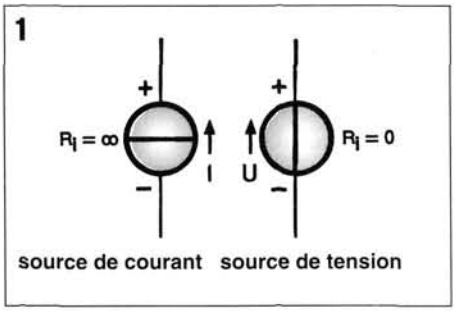
Les circuits électriques sont rarement de simples boucles dont la loi d'Ohm permettrait de connaître facilement toutes les caractéristiques de courant et de tension. Ils se présentent le plus souvent en réseaux aux multiples dérivations dont l'étude est compliquée par la présence de générateurs et de récepteurs. Des lois, formulées dès le milieu du siècle dernier par le physicien allemand Kirchhoff, 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

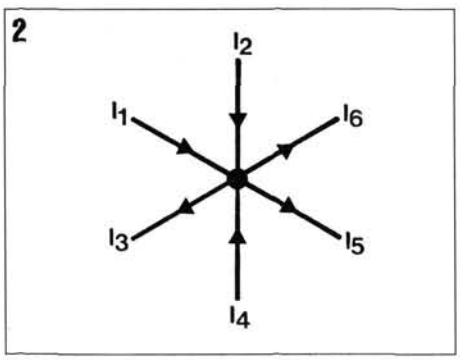
Dans le précédent numéro d'ELEX nous vous avons parlé de « sources de tension » sans définir ces termes. Ce ne serait pas très grave si les schémas qui accompagnaient le texte n'avaient représenté des « sources de courant ». On dit qu'un générateur (idéal) est une source de tension quand il maintient 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(rait) 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.

1



source de courant source de tension

2



nœuds et mailles : les lois de kirchhoff

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 kirchhoff

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 Kirchhoff 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 intensité des courants qui s'en éloignent. Autrement dit, en tout nœud, la somme algébrique des intensité 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.

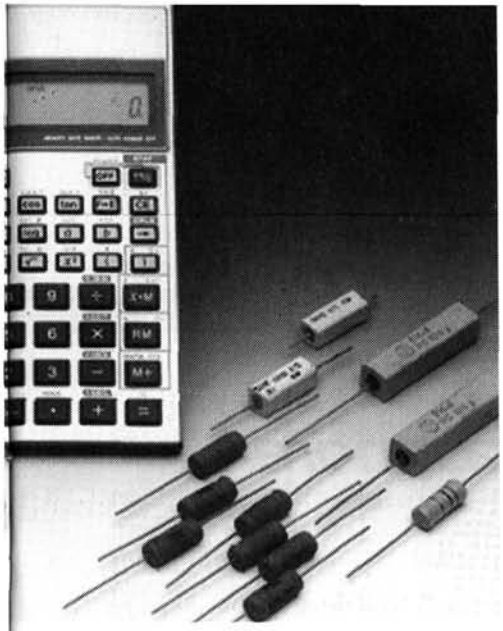
Prenons l'exemple simple du circuit de la **figure 3** qui ne contient que des générateurs et des résistances en série auxquels nous appliquons cette loi, dite des tensions. Nous parcourons le circuit en suivant la flèche du courant (dont le sens s'impose ici mais que dans d'autres cas il faut choisir arbitrairement) :

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

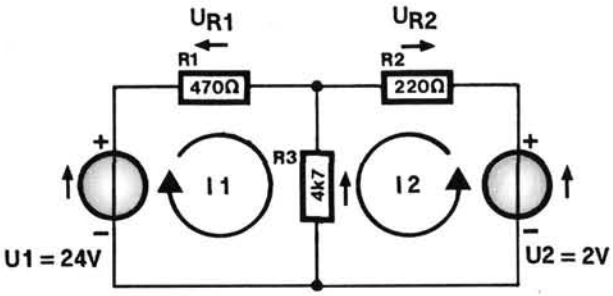
ou, en utilisant le symbole Σ :

$$\Sigma U = 0$$

PDF Page Organizer - Foxit Software



4



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

$$U_1 + U_2 - I\,(R1 + R2 + R3 + R4) = 0 \quad (1)$$

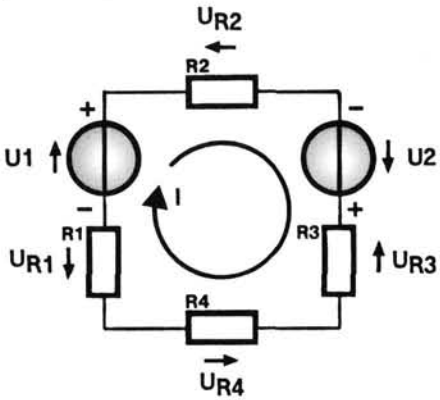
Les signes plus et moins de cette équation correspondent au sens des flèches par lesquelles les tensions sont représentées sur la figure : nous comptons positivement les différences de potentiel représentées par des flèches qui ont le sens de celle du courant et retranchons les différences de potentiel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

$U_1 = 24$ V
$U_2 = 12$ V
R1 = 47 Ω
R2 = 100 Ω
R3 = 1 kΩ
R4 = 220 Ω

3



Nous écrirons la relation (1) :

$$U_1 + U_2 - I\,(R1 + R2 + R3 + R4) = 0$$
$$24 + 12 - I\,(47 + 100 + 1000 + 220) = 0$$

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

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

donc $1367 \cdot I = 36$ et $I = 36 : 1367 = 26$ 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, R1, R2, 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 R1 et R3 multipliée par le courant I1 est égale à U1 ? Nous ne le pouvons pas. La résistance R3 est en effet parcourue par un courant qui dépend à la fois de I1 et I2**, nommons-le I3, tel que la chute de tension à ses bornes est différente de $(R3 \cdot I1)$ et $(R3 \cdot I2)$.

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

$$U_1 - (R1 \cdot I1) - (R3 \cdot I3) = 0$$
$$U_2 - (R2 \cdot I2) - (R3 \cdot I3) = 0$$

Nous pouvons appliquer la première loi de Kirchhoff au nœud (point de rencontre entre R1, R2, R3) puisque, tels qu'ils sont représentés, les courants I1 et I2 arrivent au nœud et le courant I3 s'en éloigne :

$$I1 + I2 = I3$$

Il est donc possible de remplacer, dans les équations de chaque maille, I3 par la somme des deux autres courants. On exprime ensuite I1 en fonction de I2 dans une équation, afin d'obtenir avec l'autre une équation où la seule inconnue est I2. Ceci permet de calculer I2, puis I1, puis I3. Si vous faites ces calculs, vous verrez que tous les courants ne circulent pas dans le sens que nous avions adopté, puisqu'on trouve un courant I2 de – 30,6 mA.

Pour vous exercer, changez par exemple le sens de I2 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 I3 circule toujours de haut en bas :

$$-U_2 - (R2 \cdot I2) + (R3 \cdot I3) = 0$$

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.

896063

** 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.

PDF Page Organizer - Foxit Software

sono ...

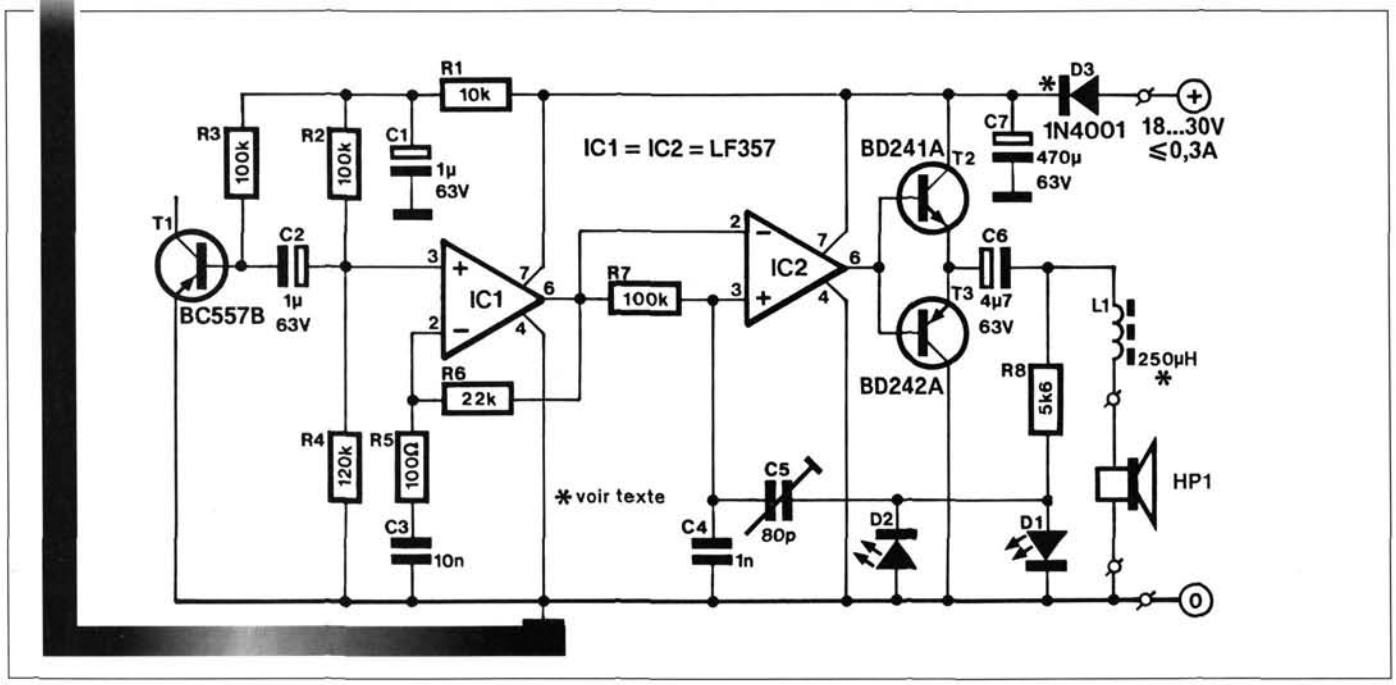
chasse-taupe ultrasonore

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.

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 quelqu'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



PDF Page Organizer - Foxit Software

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 atténuées 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 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.

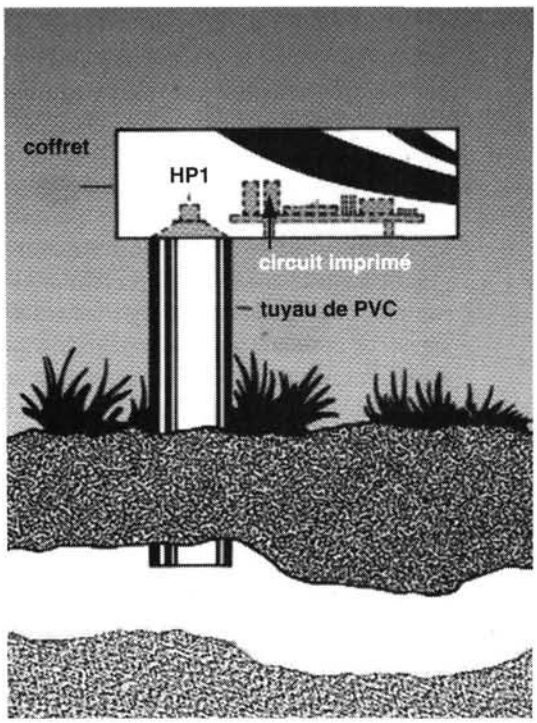


Figure 2 – Si vous installez le circuit dans *un coffret*, l'appareil aura cette apparence. Évaluez les dimensions du couloir de circulation à l'aide d'un bâton par exemple et installez le tuyau de façon que l'orifice de l'instrument en affleure le plafond.

* *La Recherche*, numéro 230 page 308.

PDF Page Organizer - Foxit Software

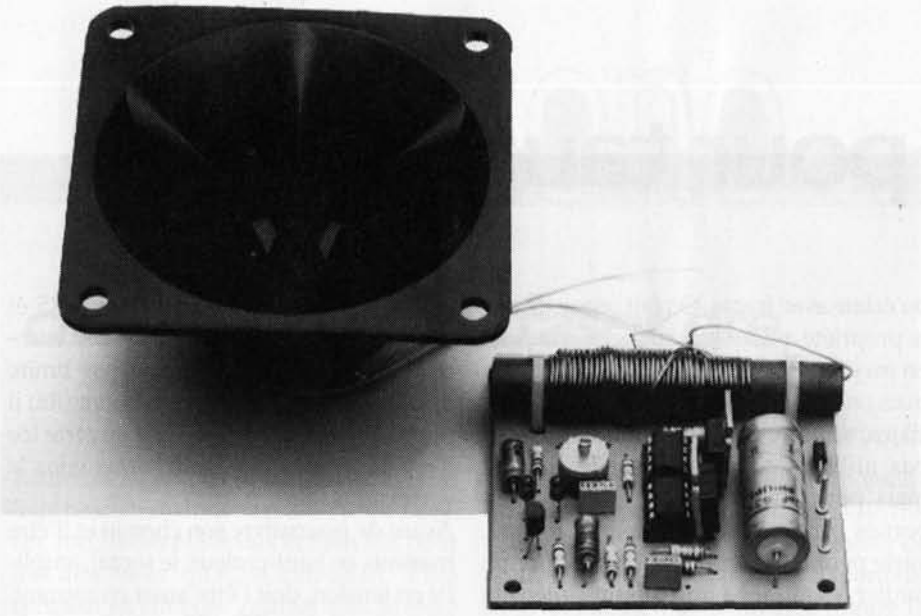
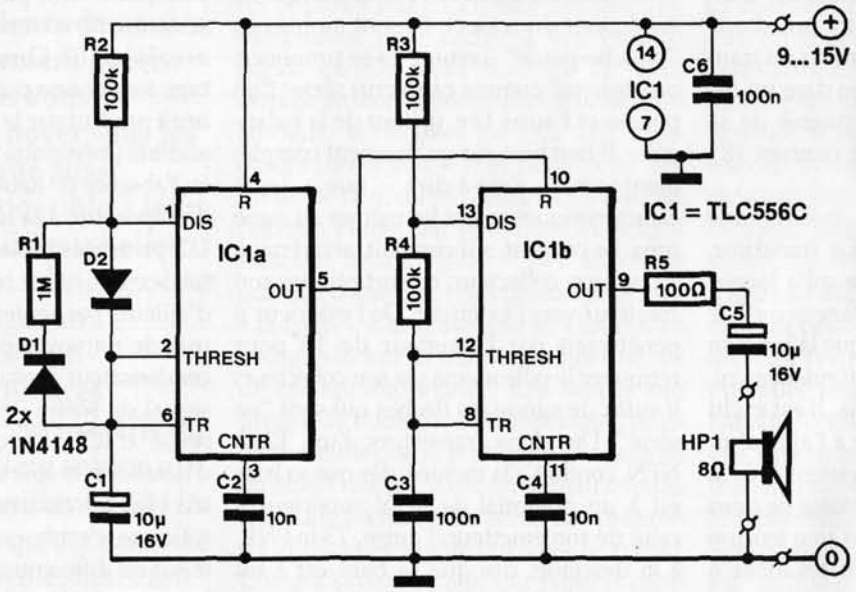


Figure 3 – Le "cadre" de ce circuit n'est pas un collecteur d'ondes mais une self qui, en série avec le transducteur piézo-électrique (équivalent à un condensateur) forme un circuit résonant série.

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

PDF Page Organizer - Foxit Software

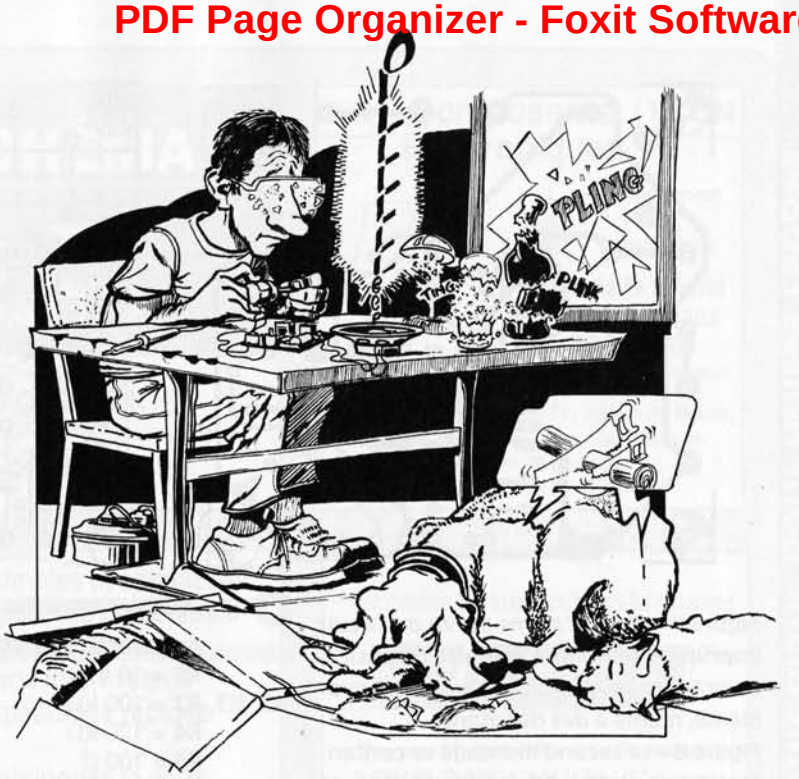


Figure 5 – Le premier magasin de bricolage venu vous fournira de quoi équiper le boulevard périphérique de votre amie la taupe d'une cheminée aussi élégante qu'étanche. Vous en tournerez l'ouverture vers le bas de façon à faire profiter l'animal de vos dons de facteur d'instrument. Le diamètre de la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

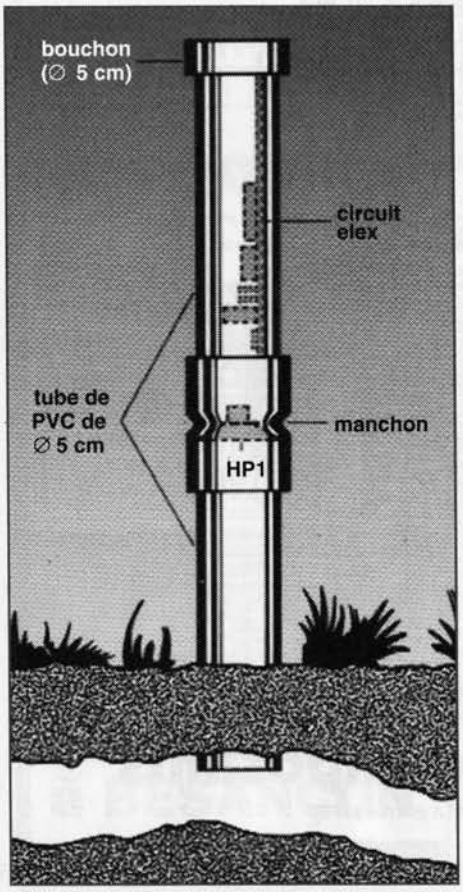
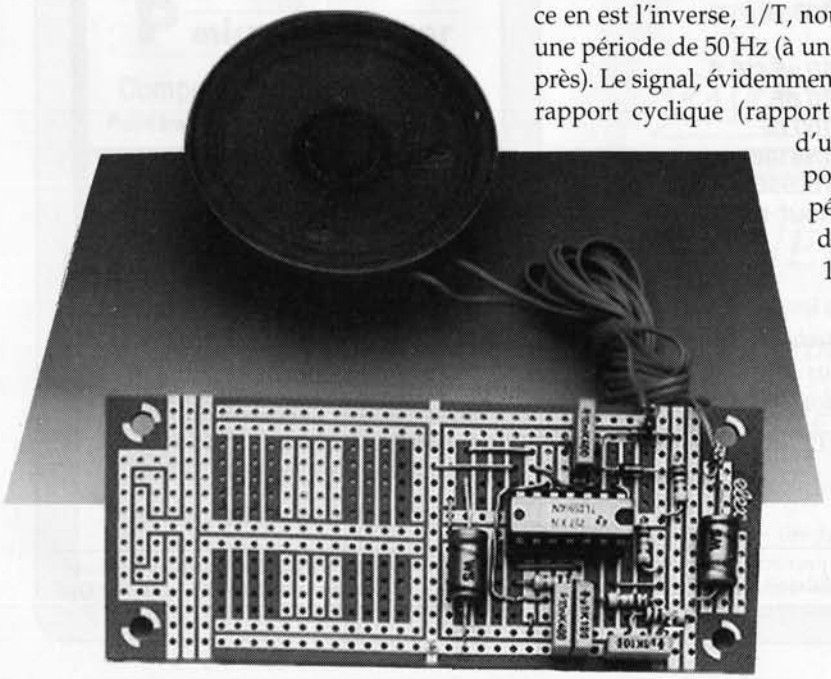


Figure 6 – "Radio-taupe", très basse fréquence



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 supposerons 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 ».

PDF Page Organizer - Foxit Software

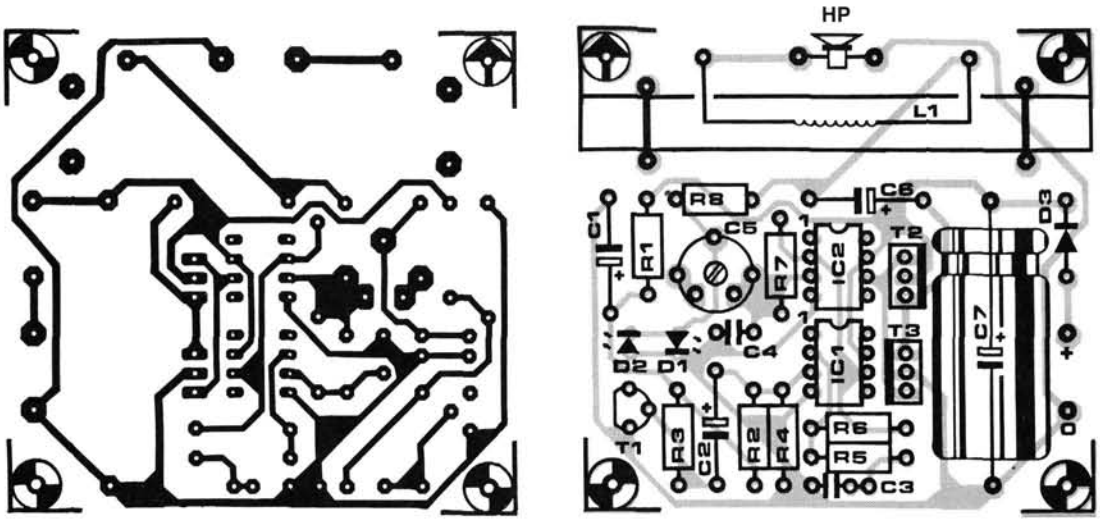


Figure 7 – Nous n'avons prévu de circuit imprimé que pour le premier dispositif. Sa gravure ne devrait pas poser de problème, même à des débutants.
Figure 8 – Le second montage se contentera d'une platine d'expérimentation de format 1.

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 le 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 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

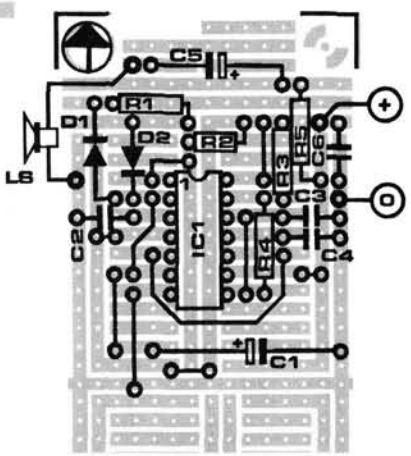
liste des composants

• 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 ∅ 0,8 mm sur bâton de ferrite de 5 à 10 cm de ∅ 5 cm
HP1 = tweeter piézoélectrique KSN-1005 Motorola (Monacor) ou équivalent

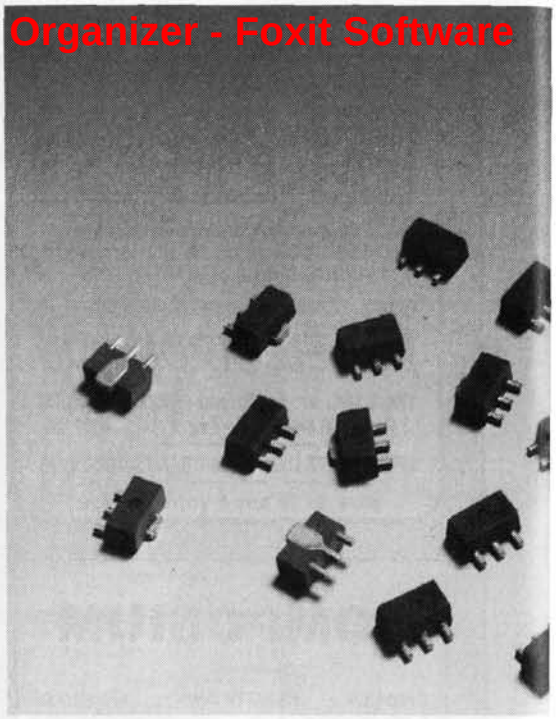
• second circuit

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

*** 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.

PDF Page Organizer - Foxit Software



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.

Composants Montés en Surface

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.

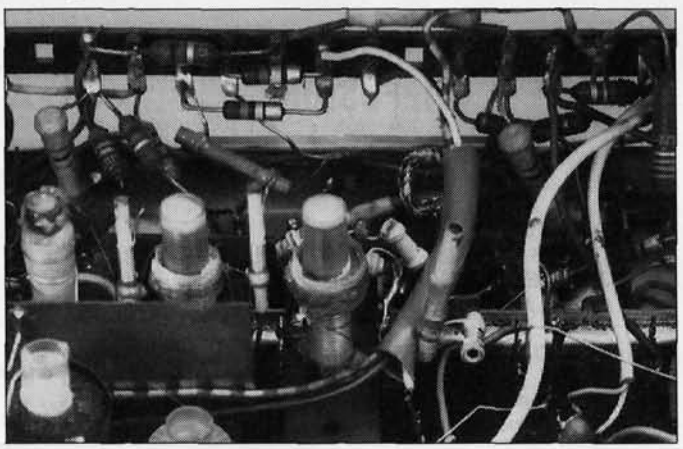
les ancêtres

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'usager 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

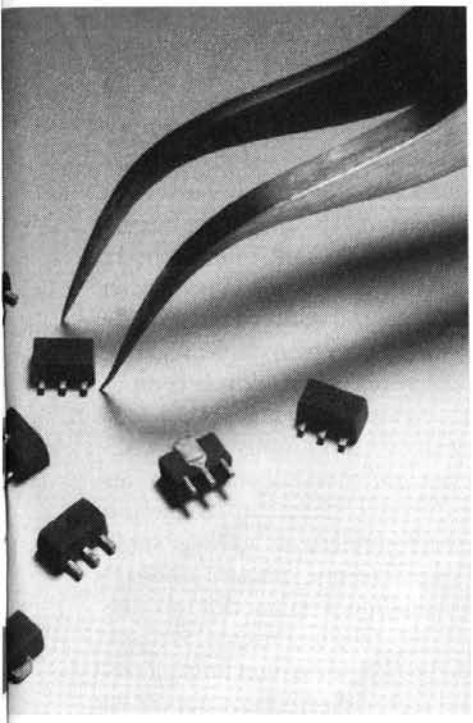
Au lieu de fixer directement chaque résistance, chaque condensateur aux organes avec lesquels ils sont en liaison, ou de faire des câblages "en l'air", les industriels se rendirent vite compte qu'il était possible d'en monter certains à part, groupés sur des plaquettes de bakélite ou de carton bakélisé.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



PDF Page Organizer - Foxit Software



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 permit 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 construit 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

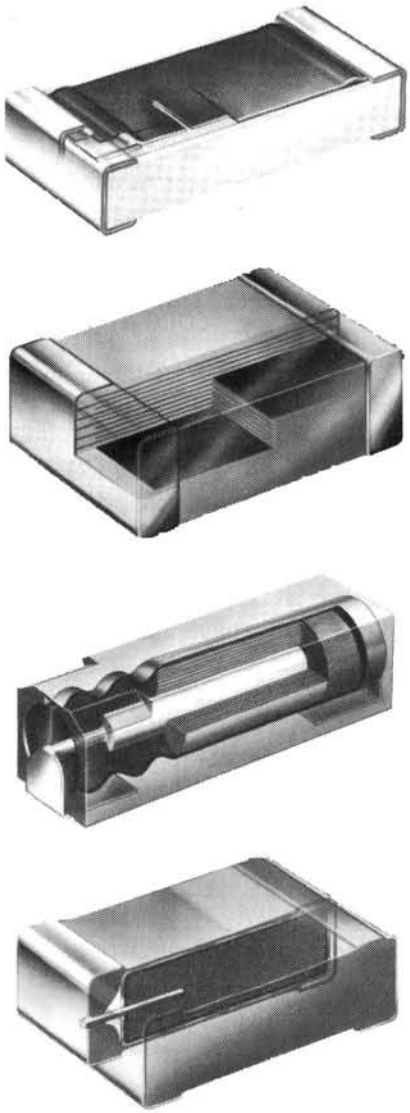


Figure 3 – De haut en bas, vous trouverez une résistance, un condensateur céramique, un condensateur électrochimique, un condensateur au tantale.

PDF Page Organizer - Foxit Software

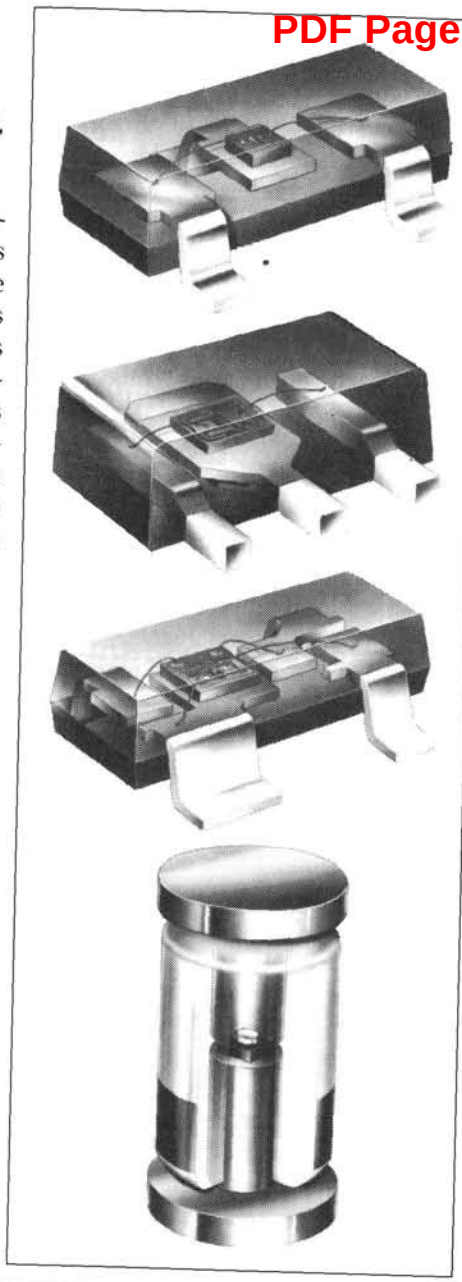


Figure 4 – Des transistors et, tout en bas, une diode.

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 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.

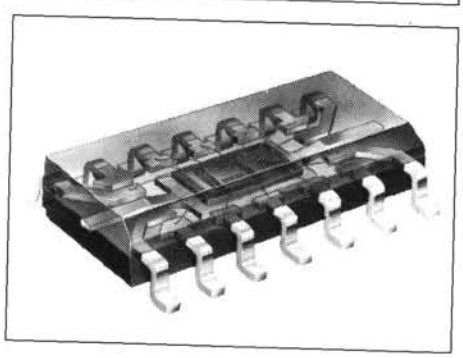


Figure 5 – On trouve aussi des circuits intégrés dans ces composants à monter en surface.

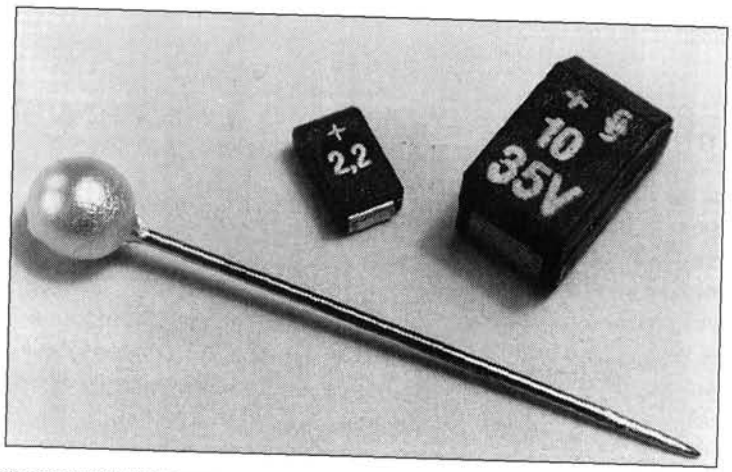


Figure 6 – Ne pas confondre CMS et tête d'épingle. L'une a une broche !

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.

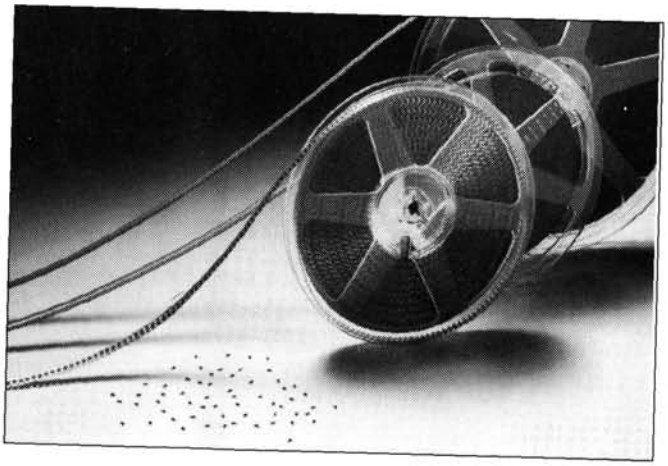


Figure 7 – Dans l'industrie, les CMS vont en bandes enroulées sur des bobines.

PDF Page Organizer - Foxit Software

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.

les CMS en modélisme

Pour les modèles de locomotives alimentés en courant continu (pratiquement 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 alimention : il faut pouvoir modifier, soit le branchement du rotor (induit), soit celui du stator (inducteur).

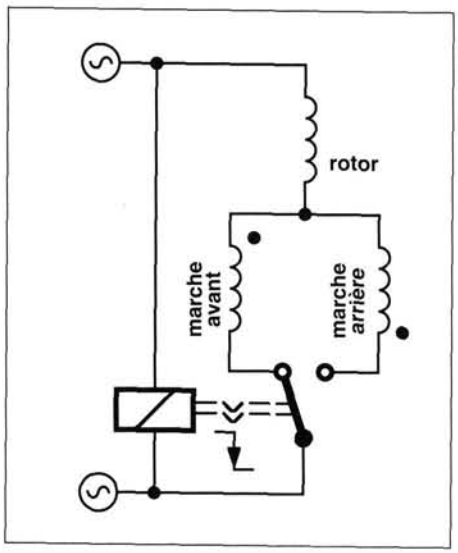


Figure 1 – Le rotor et le stator du moteur sont en série. Le stator comporte une prise intermédiaire qui permet de choisir le sens de rotation du moteur puisque les champs induits par chacun des enroulements (inducteurs) dans le rotor sont directement opposés. C'est un relais qui permet de choisir l'une 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.

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).

PDF Page Organizer - Foxit Software

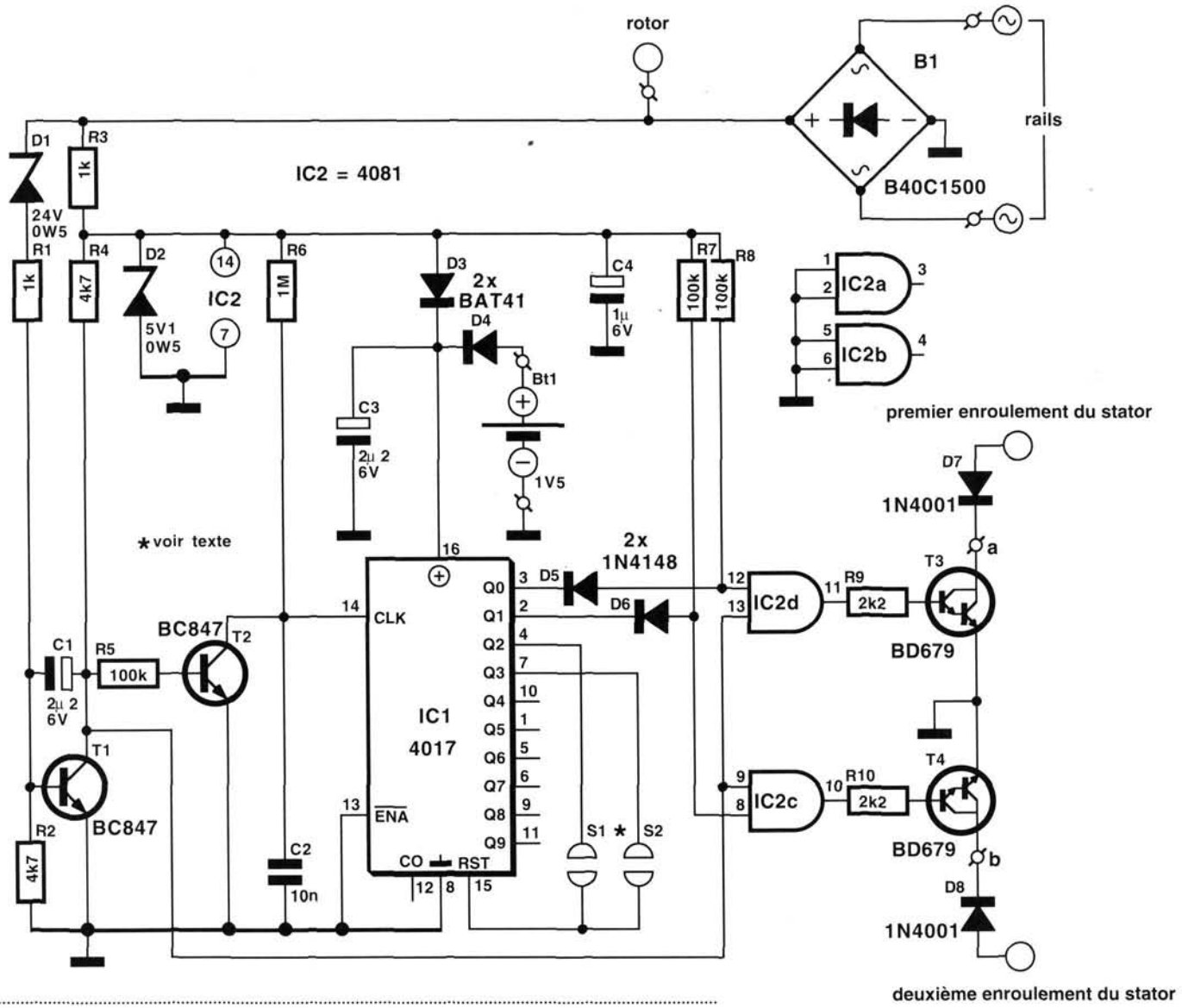


Figure 2 – Le courant redressé alimente aussi bien le moteur (c'est un moteur série) que son électronique de commande. Les contacts du relais électromécanique sont remplacés par une paire de darlington qui rendent le dispositif pratiquement inusable.

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'enfonce. 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 un 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 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**.

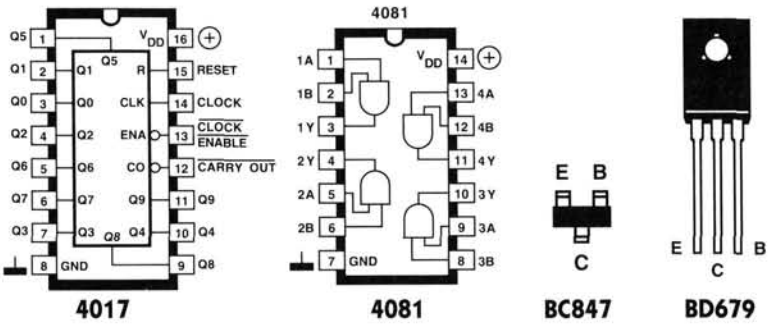
PDF Page Organizer - Foxit Software

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 ($\overline{\text{ENA}}$ 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 sortie 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

PDF Page Organizer - Foxit Software

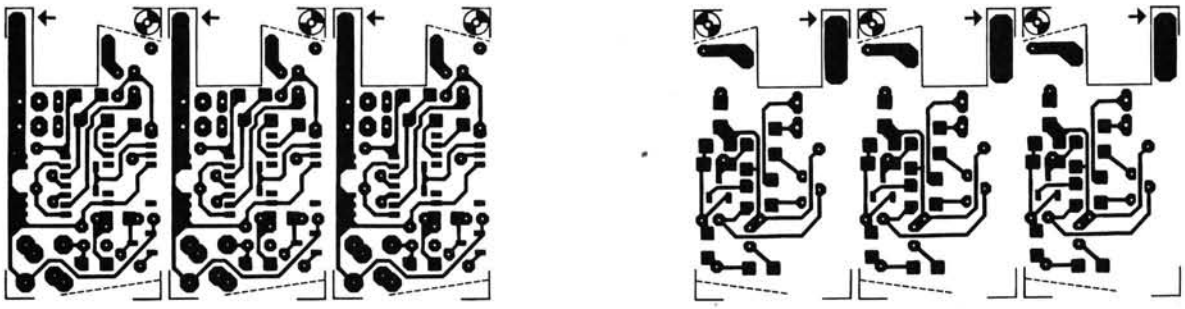


Figure 3 – Un circuit double face est une affaire assez rare dans ELEX pour que nous ne lésinions pas sur la quantité, d'autant qu'il faut plusieurs trains pour parler de trafic. Vous disposez ainsi de quoi équiper trois motrices. Il faudra bien sûr séparer ces triplées à la scie et adapter les dimensions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

Toutatilété 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.

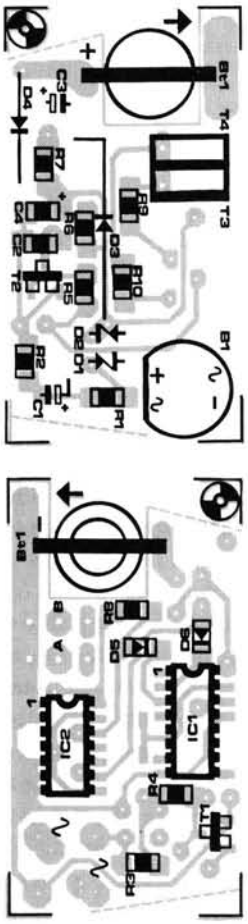


Figure 4 – Attention aux "trous-à-métalliser", à ceux surtout qui sont situés sous les composants. N'oubliez pas de relever les broches d'IC1 (5 et 6) entre lesquelles passe la piste commune à S2 et S1, ni de jeter un pont entre cette piste et la broche 4 (S1) ou la broche 7 (S2).

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
quadruple porte ET à 2 entrées
B1 = redresseur B40C1500

Bt1 = pile bouton de 1,5 V (392A par exemple)
circuit imprimé double face (triple)

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 semiconducteurs.

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

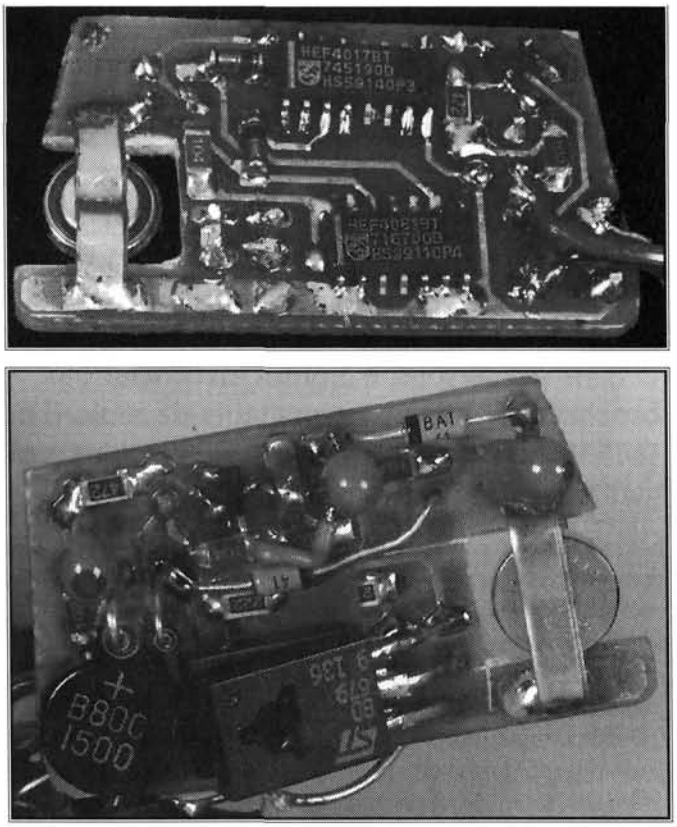
PDF Page Organizer - Foxit Software

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. Le 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 : laisser 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 brulées, 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 cependant 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

PDF Page Organizer - Foxit Software

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'ELEKTOR 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.

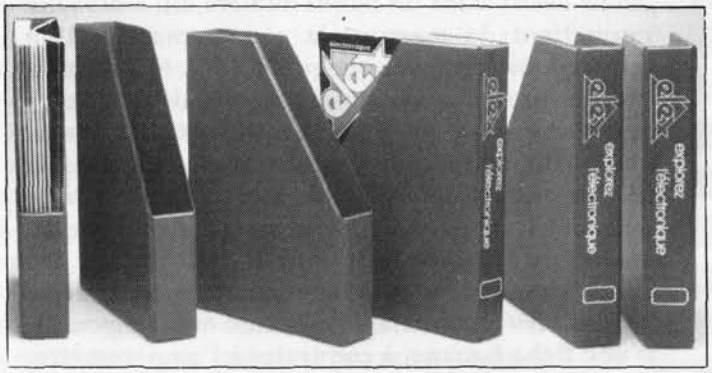
Moins graves sont les différences de numérotation des broches des circuits intégrés que l'on relève fréquemment entre théorie et pratique, c'est-à-dire entre schémas d'une part et implantation des composants de l'autre. Que l'on intervertisse les deux amplificateurs opérationnels logés dans un même boîtier 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.

pratiques

élégantes

pas chères

les cassettes de rangement



PRIX UNITAIRE : 49 F

FORFAIT PORT ET EMBALLAGE

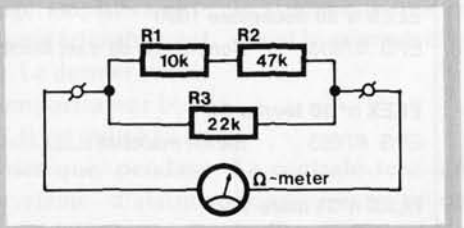
1 CASSETTE : 15 F

2 CASSETTES OU PLUS : 30 F

» Alors, sagace ? «

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



A. 79,0 kΩ
B. 30,2 kΩ
C. 15,9 kΩ
D. 26,0 kΩ
E. 16 kΩ

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).

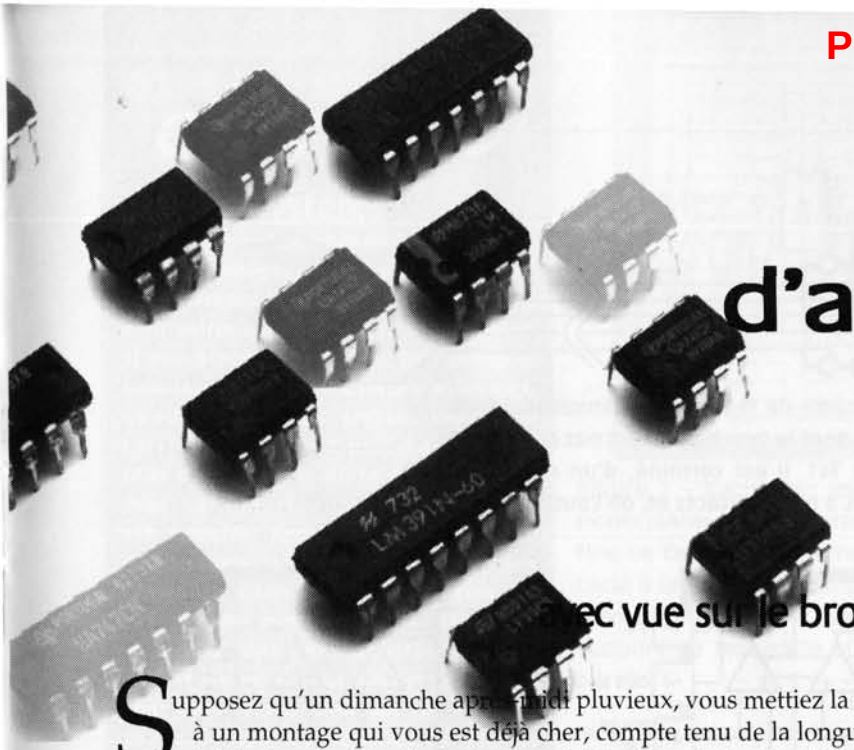
C'est aussi le 3615

SOMMAIRE

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

votre choix : ENVOI XSOM-XCOM-XPUB-XANN-XFOR-XMES-XABO

PDF Page Organizer - Foxit Software



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...

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.

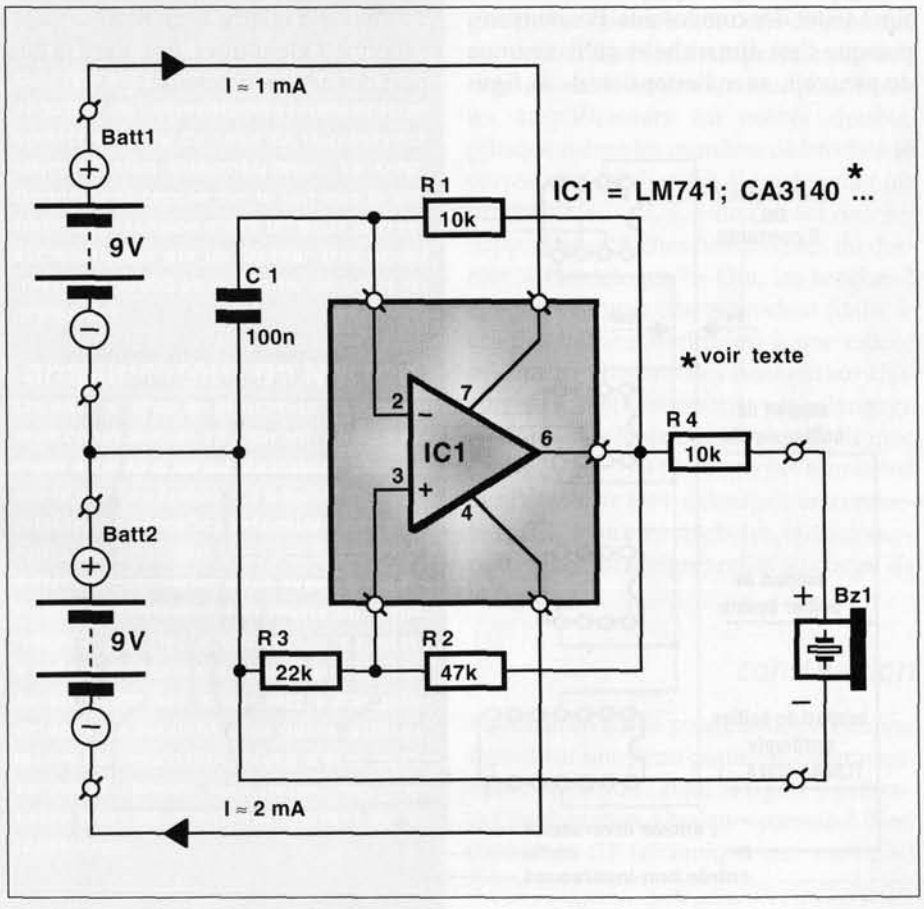


Figure 1 – Un multivibrateur astable ? Oui, pour faire siffler le résonateur piézoélectrique aux environs de 750 Hz.

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.

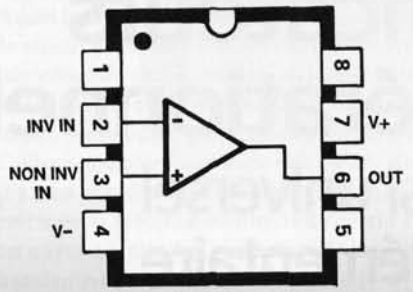
autres boîtiers

Il n'est donc pas possible à ce montage, sans complément, de vérifier le bon fonctionnement de tous le 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 : $2 \times R1 \times C1 \times (1 + 2 \times R3/R2)$

PDF Page Organizer - Foxit Software

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'écarter aussi du montage et lui sauver ainsi la vie.

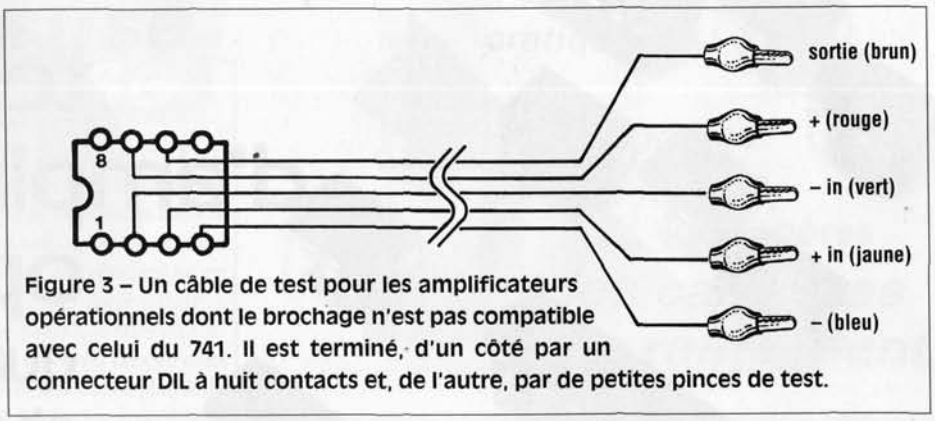
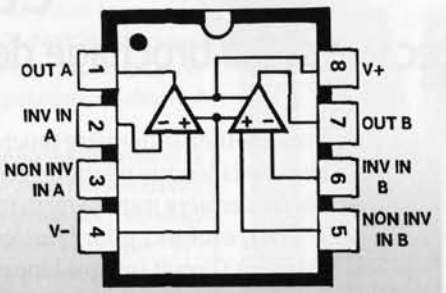
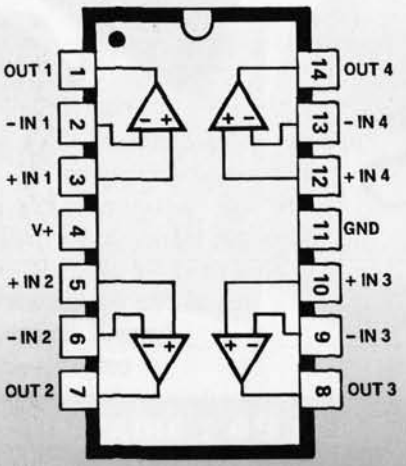


Figure 3 – Un câble de test pour les amplificateurs opérationnels dont le brochage n'est pas compatible avec celui du 741. Il est terminé, d'un côté par un connecteur DIL à huit contacts et, de l'autre, par de petites pinces de test.



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*.



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.

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-

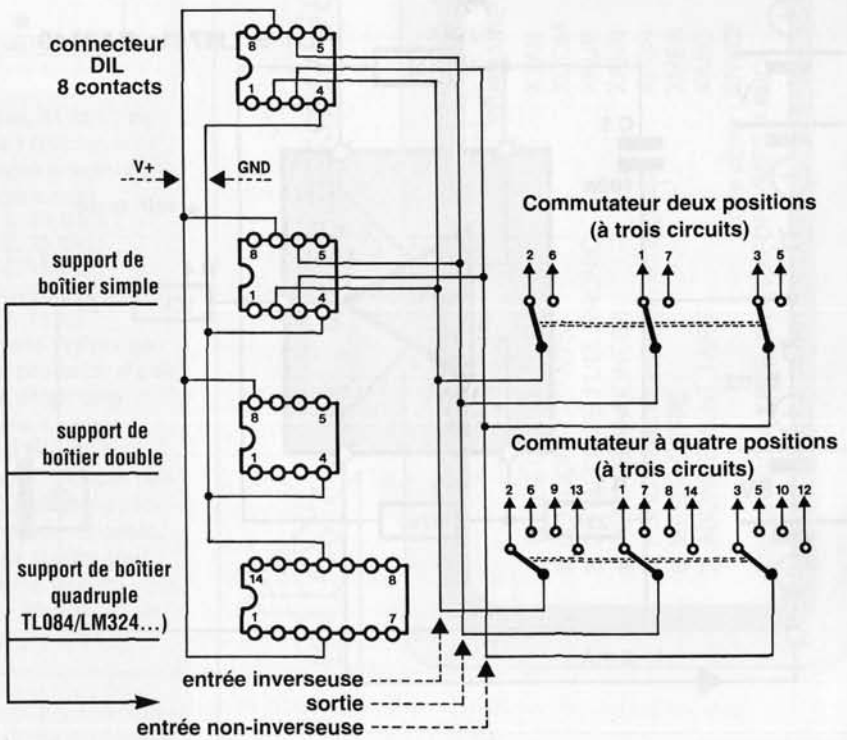


Figure 6 – Trois supports, plus un connecteur DIL à huit contacts (c'est aussi un support de circuit), deux commutateurs rotatifs, une platine d'essai et quelques fils permettront l'examen des amplificateurs contenus dans les boîtiers *dual* et *quad* (et *single* bien sûr). Les chiffres au bout des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

PDF Page Organizer - Foxit Software

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 succèderont 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.

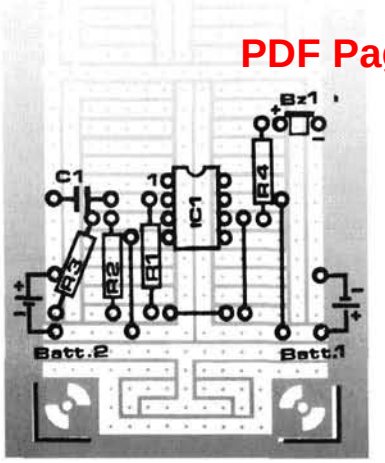


Figure 7 – Raccorder les piles par des picots placés à la face inférieure de la platine de façon qu'ils ne fassent pas obstacle à la fermeture du coffret. Pour la même raison, C1 est couché et seul le support de test saille sur le couvercle percé.

liste des composants

R1, R4 = 10 kΩ
R2 = 47 kΩ
R3 = 22 kΩ
C1 = 100 nF
Bz1 = résonateur piézoélectrique

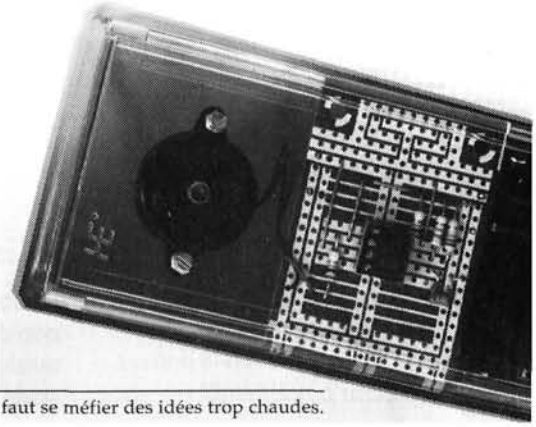
quatre picots à souder
deux connecteurs à pression pour piles de 9 V
deux piles de 9 V
un support de circuit intégré DIL à huit contacts

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) 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.