

électronique

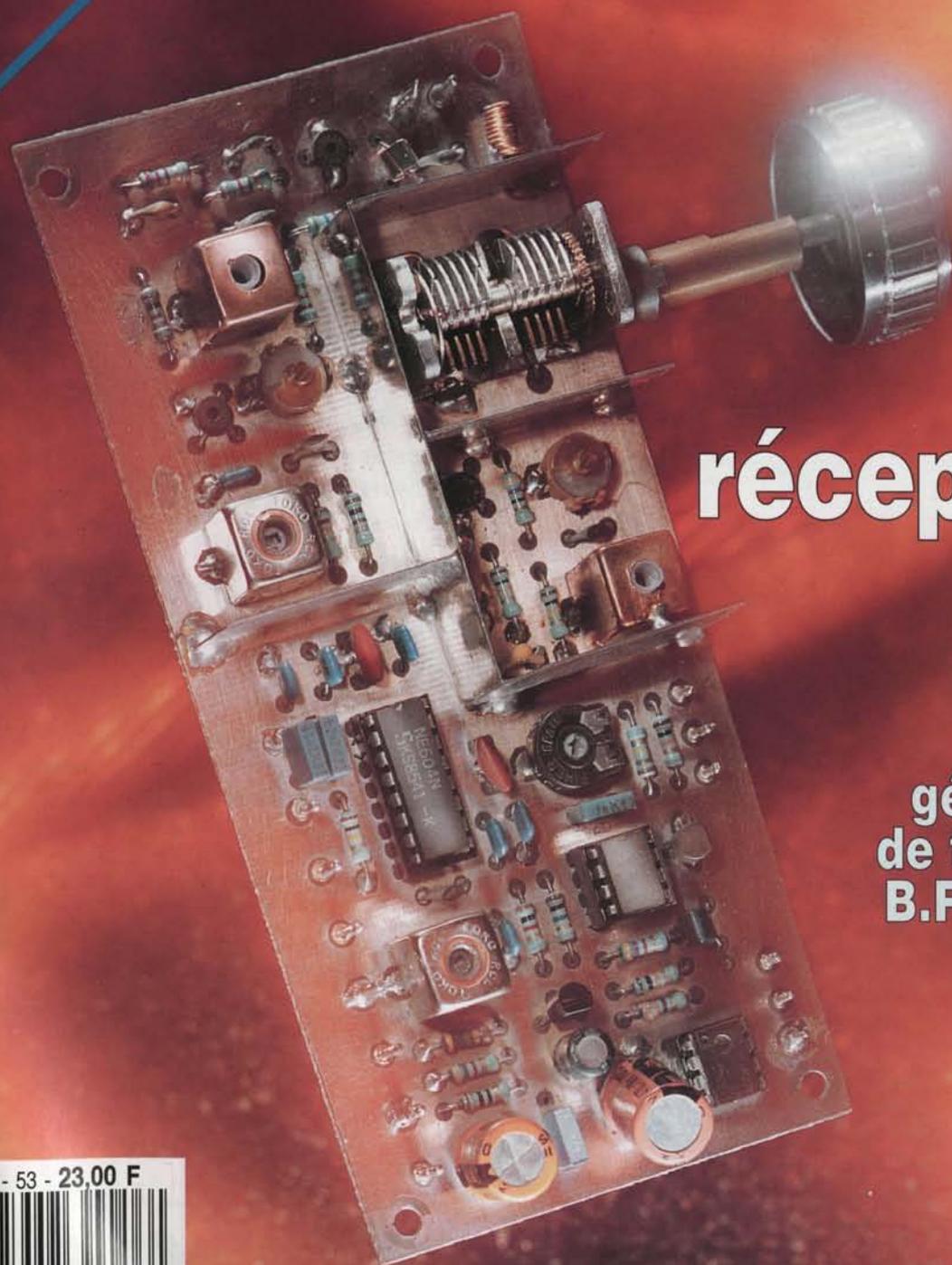
n° 54

avril 1993

23 FF/168 FB/8,20 FS
mensuel

**régulateur de vitesse
pour moteur C.C.**

**la logique : Boole,
De Morgan et
Karnaugh**



**récepteur
VHF**
2ème partie

**générateur
de fonctions
B.F. : le C. I.**

explorez l'électronique

M2510 - 53 - 23,00 F



Photo White Light - Genk (B)

ALARME AUTOMOBILE

CA-6000 SYSTEME 2 FILS A TELECOMMANDE

Ce nouveau système vient à point nommé pour tous ceux qui veulent équiper eux-même leur véhicule d'une alarme fiable et efficace en un temps record! Ce petit prodige détectera l'ouverture des portes, capot, coffre et le bris de vitre.

De plus, des modules additionnels sont disponibles pour interdire l'usage du démarreur, commander le verrouillage des portes, et mettre en fonction les clignotants en cas d'alarme.

Pour tout cela, vous n'avez que 2 fils à installer.

CA-6000 101.3480 **476F39 HT** **565F00 TTC**

CARACTERISTIQUES:

Télécommande par radio - Détecteur de choc incorporé ajustable - Détection de consommation de courant (avec prise en compte du cas particulier du ventilateur de refroidissement à démarrage automatique) - BIP sonore à la mise en/hors fonction - LED de signalisation - Fonction "panique" - Sirène puissante: 115 dB! - Remise en veille automatique - Haute fiabilité: système piloté par résonateur SAW (à onde de surface)



ACCESSOIRES OPTIONNELS:

RK-1: Module d'inhibition du démarreur
101.3481 **67F45 HT** **80F00 TTC**

DL-1 S: Module de télécommande des portes
101.3484 **185F50 HT** **220F00 TTC**

PL-1: Module d'activation des clignotants
101.3482 **84F32 HT** **100F00 TTC**

Emetteur supplémentaire: 6000-T
101.3495 **168F63 HT** **200F00 TTC**

VIDEO

CABLE PERITEL PROFESSIONNEL

Ce câble est le seul permettant d'exploiter toutes les possibilités de la prise péritel, en particulier sur les magnétoscopes de dernière génération et les lecteurs laser disc vidéo qui sortent en RVB.

Les coax et blindés sont à blindages séparés.
- 6 x coax 75 W vidéo - 4 x blindés BF
- 4 x tensions de commutation

Le mètre
101.3415 **37F94 HT** **45F00 TTC**
Les 10 m
101.3417 **303F54 HT** **360F00 TTC**

PLUS QUE JAMAIS ETONNIFIANT!

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

L'ensemble
101.3298 **119F00 TTC**
Par 10 **seulement 115F00 TTC**

LASER



POINTEUR LASER INNOX

Puissance d'émission: 0,9 mW min.
Longueur d'onde: 670 nm (rouge)
Alimentation: 2 piles R1 ("N") fournies
Autonomie: 2 heures en continu.
Le pointeur INNOX
101.3610 **716F69 HT** **850F00 TTC**

MESURE

AL 924 NOUVELLE ALIMENTATION etc 0 A 30V / 10 A

Les besoins en puissance des laboratoires et ateliers de SAV, de l'industrie ou de l'enseignement, seront satisfaits par l'AL 924. De plus sa précision et ses performances classent cet appareil au sommet de sa catégorie.

L'alimentation AL 924
101.3937 **2276F56 HT** **2700F00 TTC**

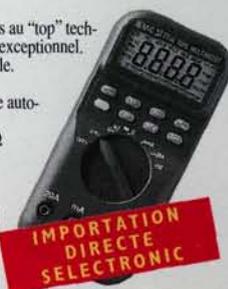


MULTIMETRES M.I.C.

Une nouvelle gamme de multimètres au "top" technologique et au rapport qualité/prix exceptionnel. Fournis avec piles, cordons, et fusible.

MIC-35
2000 points. Changement de gamme automatique ou manuel.
R 0,1 Ω à 20 MΩ

Test de continuité
Test de diodes
DATA hold
Dim.: 176x82x32 mm Poids: 220 g
MIC-35
101.1729 **333F05 HT** **395F00 TTC**



MIC-37
4000 points avec bar-graph. Mesures relatives. Mémoire des MIN et MAX. Changement de gamme automatique ou manuel.

R 0,1 Ω à 40 MΩ
C 1 pF à 40 μF
F 0,1 Hz à 600 kHz
Test de continuité
Test de diodes
DATA hold
Dim.: 176x82x32 mm Poids: 280 g
MIC-37
101.1740 **502F53 HT** **596F00 TTC**

L'OPERATION C.I.F. + SELECTRONIC CONTINUE!

Nous vous proposons de faire l'acquisition de votre "unité de fabrication" de circuits imprimés à des conditions particulièrement avantageuses!



OFFRE N° 1

Vous commandez:
1 MACHINE A INSOLER MI-1016 **2200F00 TTC**
1 MACHINE A GRAVER BB-4 **1495F00 TTC**
TOTAL 3695F00 TTC

NOUS VOUS OFFRONS:
- 6 plaques EPOXY 1 face 200x300 présensibilisé
- 10 sachets de révélateur positif
- 1 jerrycan 5L de perchlo suractivé
- 2 sachets de détachant pour perchlo
- 1 sachet de 10 gants de protection
- 1 bac AR-23
- 1 flacon 1/2 L étain chimique
- 1 stylo DALO
(Ensemble d'une valeur de **691F70 TTC**)
OFFRE N° 1
101.3750 **3115F51 HT** **3695F00 TTC**
Forfait PORT (transporteur) et EMBALLAGE en sus **150F00 TTC**



OFFRE N° 2

Vous commandez:
1 MACHINE A INSOLER EN KIT BC-6 **1068F00 TTC**
1 MACHINE A GRAVER BB-2 **1300F00 TTC**
TOTAL 2368F00 TTC

NOUS VOUS OFFRONS:
- 6 plaques EPOXY 1 face 150x200 présensibilisé
- 3 plaques EPOXY 1 face 100x150 présensibilisé
- 10 sachets de révélateur positif
- 3 sachets de perchlo en poudre
- 2 sachets de détachant pour perchlo
- 1 sachet de 10 gants de protection
- 1 bac AR-23
- 1 stylo CIF
(Ensemble d'une valeur de **430F00 TTC**)
OFFRE N° 2
101.3640 **1996F63 HT** **2368F00 TTC**
Forfait PORT (transporteur) et EMBALLAGE en sus **150F00 TTC**

3616 SELECTRO

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



CONDITIONS GENERALES DE VENTE

REGLEMENT A LA COMMANDE: Forfait port et emballage **28F00 TTC**
FRANCO à partir de **700F00**
CONTRE-REMBOURSEMENT: Frais en sus selon la taxe en vigueur.
Pour faciliter le traitement de votre commande, veuillez mentionner la REFERENCE COMPLETE des articles commandés.



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



Selectronic
LA PASSION DE L'ELECTRONIQUE

lecture

Rési & Transi : bande dessinée	4
Le calcul des composants : suite	6
Accumulateurs de sauvegarde	19
Composants à effet Peltier : quoi ? comment ?	42
Transistor commutateur	44
Transistor inverseur	50
Astuce : lampe de poche solaire	51
Petites Annonces Gratuites	58

au sommaire d'alex 54, avril 1993

- 8 un casse-tête logique
« Il était une fois un paysan, une chèvre et un chou... »
- 16 un générateur de fonctions B.F.
deuxième partie : sinus et... cuivre
- 22 un chenillard avec dessin de circuit imprimé !
- 26 un circuit de régulation de vitesse
pour moteur à courant continu
avec dessin de circuit imprimé !
- 32 une alarme universelle et simple
- 35 un récepteur VHF – suite et fin
avec dessin de circuit imprimé !
- 45 silence radio pour couper automatiquement la radio
dès que vous décrochez le téléphone
- 48 pile ou secteur
- 52 un bouchon électronique

réalisations

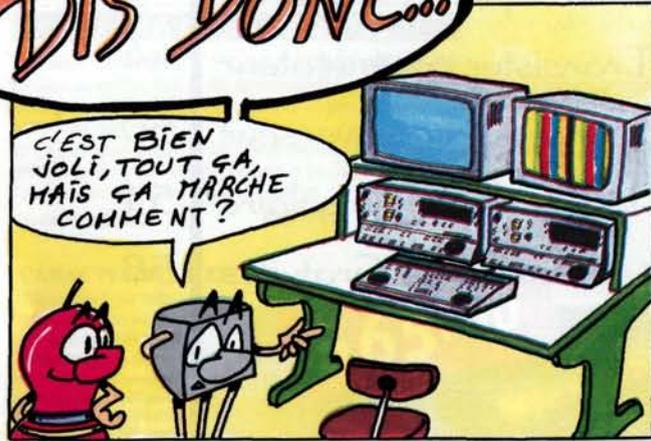
Annonceurs: AG ELECTRONIQUE p. 30 –
B.H. ÉLECTRONIQUE p. 31 –
CENTRAD p. 63 – CIF p. 57 – COMPOSIUM p. 31 –
DIPTAL p. 7 – ELC p. 63 – ELECTRON SHOP p. 30 –
JACKSON DIFFUSION ELECTRONIQUE p. 31 – J.REBOUL p. 31 –
LAYO FRANCE p. 31 – LOISIRS ELECTRONIQUES p. 31 –
MAGNETIC FRANCE p. 41 – MICROPROCESSOR p. 31 –
NICE COMPOSANTS DIFFUSION p. 31 –
PUBLITRONIC pp. 58, 59, 60, 61 et 62 –
SÉLECTRONIC pp. 2, 61, 62 et 64 – SPESYS p. 31 – SVE ELECTRONIC p. 31 –
TSME p. 31 – Urs MEYER ELECTRONIC SA p. 31 –



LES BIDOUILLES DE

DIS DONC

C'EST BIEN JOLI, TOUT ÇA, MAIS ÇA MARCHÉ COMMENT ?



TU TE SOUVIENS QUE LE DÉFAUT DE NOTRE PREMIER MONTAGE ÉTAIT L'IMPRÉCISION ?

TU PARLES !

AVEC CE BANC PRO, CE PROBLÈME DISPARAIT !

TIENS DONC !



D'ABORD, TU VAS POUVOIR SÉLECTIONNER LE MODE D'ENREGISTREMENT :

- IMAGE + SON 1 ET/OU 2.
- IMAGE SEULE
- SON 1 ET/OU SON 2,

PUIS QU'ON DISPOSE ICI DE 2 CANAUX AUDIO.



DEUX CANAUX AUDIO ??



SON SYNCHRONE

COMMENTAIRE OU MUSIQUE

OUI. TU POURRAS AINSI, TOUT EN GARDANT LE SON SYNCHRONE (AMBIANCE) RAJOUTER TOUT AUTRE SON DÉSIRÉ.

TOUTES LES COMBINAISONS SONT POSSIBLES ?



PRATIQUEMENT OUI. MAIS VENONS EN À L'IMAGE. GRÂCE À CETTE MOLETTE TU VAS POUVOIR CHOISIR TES SÉQUENCES AVEC UNE PRÉCISION À LA TRAME PRÈS



OUI. UNE FOIS QUE TU AS FAIS CE CHOIX, TU INTÈGRES LE DÉBUT DE TA SÉQUENCE SUR LE PILOTE (CÔTÉ "MAÎTRE") BOUTON "IN", ET LA FIN, BOUTON "OUT".

1 ÈME DE 25 SECONDE ?



ENSUITE, TU SÉLECTIONNES L'IMAGE DE FIN DE LA DERNIÈRE SÉQUENCE ENREGISTRÉE ("IN" SUR LA PARTIE COMMANDANT L'ESCLAVE) LEDS ALLUMÉES.



GRÂCE À LA TOUCHE "PREVIEW" TU VÉRIFIES QUE "ÇA COLLE".



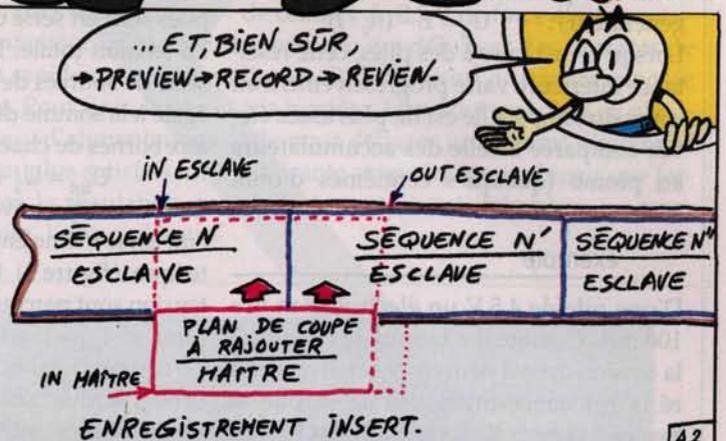
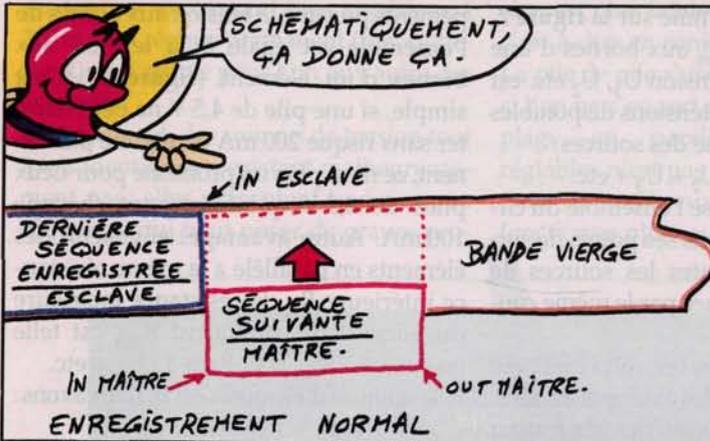
SI "ÇA COLLE", TU ENREGISTRES DÉFINITIVEMENT AVEC LA TOUCHE "RECORD"



RESI & TRANS[®]



DESSINS : YVON DOFFAGNE - COULEURS : COOKY F.



Un générateur électrique serait une source de tension parfaite si l'on mesurait toujours la même différence de potentiel entre ses bornes, quel que soit le courant qu'il débite. Lorsqu'il ne débite pas de courant, cette différence de potentiel (mesurée avec un voltmètre de très grande résistance qui représente donc une charge infime) nous l'appelons sa **force électromotrice** ou E . Comme aucun générateur électrique n'est parfait, lorsqu'il débite du courant dans une charge R_c plus grande (résistance plus petite) que celle représentée par le voltmètre dont nous parlions (figure 1), il provoque lui-même une chute de tension. La cause de cette chute de tension est appelée **résistance intérieure** du générateur ou R_i . Elle est proportionnelle au courant I débité. Nous pouvons donc écrire la tension U_u (différence de potentiel entre les bornes du générateur) :

$$U_u = E - (R_i \cdot I)$$

Lorsqu'on a à faire à des piles, cette résistance intérieure varie progressivement au cours du temps. Elle est de plus assez élevée comparée à celle des accumulateurs au plomb (quelques centièmes d'ohm seulement).

exemple

D'une pile de 4,5 V un électronicien tire 100 mA. Comme il a besoin de connaître la tension dont il peut disposer, il a mesuré la résistance intérieure de sa pile et trouvé 5 Ω pour R_i . La tension aux bornes de la pile est donc en fait :

$$U_u = E - (R_i \cdot I)$$

$$U_u = 4,5 - (5 \cdot 0,1) = 4 \text{ V}$$

La mesure de la résistance intérieure d'une pile s'effectue au voltmètre. On mesure la tension à vide aux bornes de la pile, puis la tension aux bornes d'une charge connue. Il est alors possible de calculer I , l'intensité du courant ($I = U/R_c$).

générateurs en série

Sans doute savez-vous que plusieurs générateurs en série permettent d'obtenir une source de tension plus élevée. Un baladeur qui contient par exemple deux piles de 1,5 V fonctionne sous 3 V. Ces

Nous poursuivons le rappel des notions élémentaires commencé le mois dernier puisque de nombreux lecteurs nous le demandent. Une lecture rapide devrait permettre aux plus savants de constater qu'ils n'ont rien oublié. Les autres ne s'attarderont pas non plus : tout ceci est assez simple quoiqu'important.

bases de calcul

OU générateurs de tension continue

calculs de base



sources de tension en parallèle (danger !)

piles sont en série comme sur la figure 2. La tension totale, U_{tot} aux bornes d'une série de sources de tension U_1, U_2 etc. est égale à la somme des tensions disponibles aux bornes de chacune des sources :

$$U_{tot} = U_1 + U_2 + U_3 + \text{etc.}$$

Le courant qui traverse l'ensemble du circuit est le même en tous ses points de sorte que (figure 2) toutes les sources de tension sont parcourues par le même courant :

$$I_{tot} = I_1 = I_2$$

Ce courant total est en fait celui que peut débiter le plus faible des éléments en série. La résistance intérieure du générateur équivalent est bien sûr égale à la somme des résistances intérieures de chacun des générateurs en série.

exemples

Combien d'éléments de 1,5 V de force électromotrice en série contient une pile de 4,5 V ? La réponse est immédiate : $4,5/1,5 = 3$. Autre exemple : la force électromotrice d'une batterie d'automobile est de 12 V. Combien d'accumulateurs en série contient-elle si la force électromotrice de chacun d'eux est de 2 V ? La réponse est bien sûr de six.

Il est aussi possible, théoriquement, de câbler des générateurs identiques en parallèle. Quel est l'avantage de tels grou-

pements puisque la tension aux bornes de l'ensemble est égale à la tension aux bornes d'un élément (figure 3) ? C'est simple, si une pile de 4,5 V ne peut débiter sans risque 200 mA en régime permanent, ce n'est plus un problème pour deux piles de 4,5 V qui fourniront chacune 100 mA. Autre avantage : si chacun des éléments en parallèle a la même résistance intérieure R_{i1} , la résistance intérieure du générateur équivalent R_{itot} est telle que :

$$1 : R_{itot} = 1 : R_{i1} + 1 : R_{i1} + \text{etc.}$$

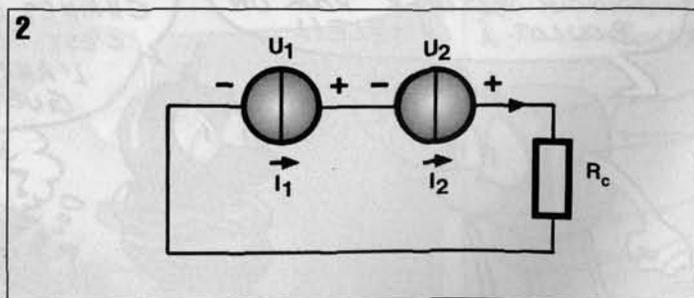
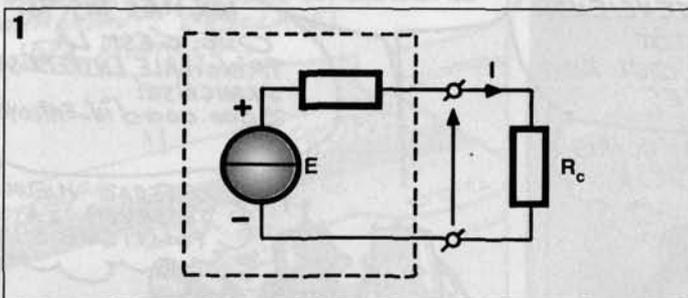
Si le nombre d'éléments est n , nous avons :

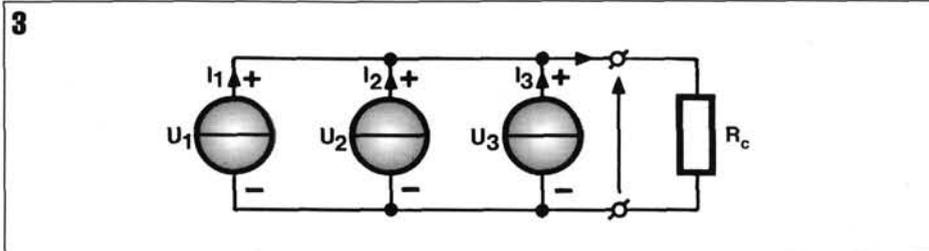
$$1 : R_{itot} = n : R_{i1}$$

d'où : $R_{itot} = R_{i1} : n$
La résistance intérieure du générateur équivalent est égale à la résistance intérieure d'un des générateurs divisée par le nombre de ceux-ci.

exemple

Reprenons la pile de 4,5 V de force électromotrice dont la résistance intérieure était de 5 Ω . Associons-lui en parallèle sa sœur jumelle (même fabrication, même âge, même usure) pour faire débiter 100 mA au générateur ainsi construit. Nous obtenons un générateur de 4,5 V de force électromotrice dont la résistance intérieure est de 2,5 Ω ($R_i/2$). Quelle est la





tension U_u à ses bornes s'il débite un courant de 100 mA (0,1 A) d'intensité ?

$$U_u = 4,5 - (2,5 \cdot 0,1) = 4,25 \text{ V}$$

Chaque pile ne débite cependant plus que 50 mA et il est possible de tirer de leur association un courant bien supérieur à 200 mA en régime permanent (théoriquement) sans risque pour l'un ou l'autre des éléments.

Pratiquement, des sources de tension tout à fait identiques n'existent malheureusement pas : elles présentent toujours une différence qui peut poser de graves pro-

blèmes. Une source de tension associée en parallèle avec une autre dont le niveau est plus élevé va recevoir du courant de cette dernière. Si nous avons à faire à des accumulateurs identiques qui n'ont pas la même charge, leur association en parallèle va permettre au moins chargé de se charger au détriment des autres. L'équilibre finira par se faire. En revanche, si ce sont des piles "non rechargeables" qui sont associées, le déséquilibre va transformer celles aux bornes desquelles la tension est plus faible en bacs d'électrolyse, c'est-à-dire en consommateurs d'énergie. La pile de pile s'usera rapidement, même si l'on ne s'en sert pas. Pour finir, le couplage en parallèle d'alimentations réglables n'est pas non plus satisfaisant : dans de nombreux cas la régulation ne fonctionne plus, ou pire, l'une ou l'autre

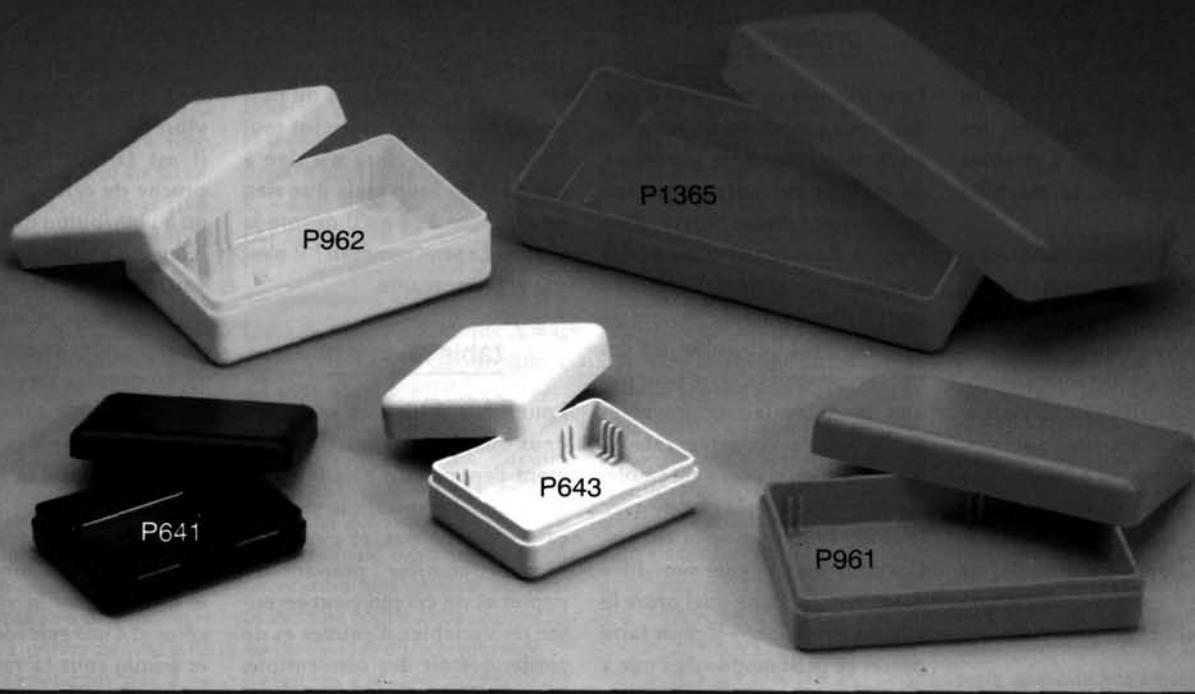
des alimentations avale son bulletin de naissance. Elles ne sont en effet pas faites pour recevoir du courant et, le plus souvent, aucune protection n'est prévue contre ce genre d'incident. Il est donc conseillé d'éviter le branchement en parallèle d'alimentations ou de piles même si leurs caractéristiques sont (apparemment) identiques. On trouve cependant des associations en parallèle de générateurs pour ne citer que les batteries solaires par exemple constituées d'un grand nombre de cellules de 0,5 V de force électromotrice environ qui délivrent des courants de l'ordre de 30 mA/cm² de surface exposée à la lumière. Elles sont associées en parallèle pour délivrer un courant d'intensité suffisante et en série pour obtenir une force électromotrice satisfaisante. 896052

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

Chassez vos idées noires.

9 coloris disponibles.

40 modèles différents.



il était une fois...

un paysan, un loup, une chèvre* et un chou.

Le quarantième anniversaire de la parution dans les *American Institute of Electrical Engineers Transactions* de « La méthode des tableaux pour la synthèse des circuits de logique combinatoire » de M. Karnaugh n'est pas la raison qui nous amène à vous proposer la conception et la fabrication d'une machine logique. Non, le traitement de l'information est un vaste domaine de l'électronique que nous nous devons d'aborder afin de poursuivre notre exploration. Le problème résolu ici pourrait s'énoncer de la façon suivante: comment, avec le minimum de circuits, réaliser une machine qui simulerait les différentes situations auxquelles peuvent être confrontés les acteurs d'un drame. Certaines sont dangereuses: la machine les détecterait.

Concevoir et réaliser une machine logique qui permette de simuler les diverses solutions d'un problème donné n'est pas très difficile si elles sont dénombrables: il suffit de les envisager toutes avec leurs conséquences. On se rend compte à l'usage que cette façon de procéder conduit d'abord à des schémas grands consommateurs de circuits, or plus les composants d'une machine sont nombreux:

- Plus le risque est grand que l'un d'eux défaille (fiabilité).

- Plus les coûts de fabrication, assemblage et prix des composants, sont élevés (prix de revient).

- Plus la surface qu'ils occupent est importante: ce que les concepteurs de circuits intégrés ont bien sûr toujours à l'esprit (miniaturisation).

Quelques outils, d'emploi très simple, permettent de minimiser c'est-à-dire de trouver des solutions qui utilisent moins de composants et moins de types de composants.

problème

Pour illustrer ce qui vient d'être dit, nous projetons de simuler, électroniquement, le problème de logique suivant: un paysan accompagné d'une chèvre, d'un loup et d'un (gros) chou désire traverser une rivière. La barque dont il dispose ne lui permet de prendre avec lui qu'un de ces trois compagnons. Il ne peut pas non plus les laisser traverser seuls. Pour les conserver intacts, il est exclu qu'il laisse ensemble, sur la même rive, la chèvre avec le chou, le loup avec la chèvre. Ces situations à éviter sont dites dangereuses. Dans quel ordre le paysan procédera-t-il pour faire passer ce petit monde de l'une à l'autre rive? Les quatre protagonis-

tes, paysan, loup, chèvre et chou, sont représentés par quatre interrupteurs (à bascule), tous dans la même position au début des opérations, tous dans leur deuxième position à la fin. Un interrupteur dans une position signifie que l'acteur concerné est sur une rive, s'il est dans l'autre, il a traversé. Après chaque déplacement, le « cerveau » (qui décide des mouvements) appuie sur une touche de test: de deux choses l'une, si le chou et la chèvre sont intacts, il ne se passe rien; si la chèvre s'est retrouvée avec le chou et/ou le loup, en l'absence du paysan, un sonnerie retentit.

Tout a-t-il été dit? Devons-nous préciser que la présence du paysan sur une rive en exclut tout danger, que le chou n'a rien à craindre du loup mais que rien ne s'oppose à ce qu'il dévore la chèvre. Le sens commun? Il n'est pas pris en compte.

table de vérité

Pour mener à bien un tel projet, deux manières: regarder fixement l'énoncé du problème en attendant l'inspiration, puis, si ça ne marche pas, et c'est là la seconde manière, prendre du papier et un crayon pour recenser les variables d'entrées et de sortie, définir des conventions et, à partir de là, construire une

table de vérité, dans laquelle apparaissent toutes les combinaisons possibles à l'entrée, avec, en face, leur résultat. Pour simplifier l'écriture, les symboles et les conventions adoptées sont les suivants:

A = chou
B = chèvre
C = loup
D = paysan

Lorsque les quatre protagonistes sont sur la rive gauche:

A, B, C, D = 1

S'ils sont sur la rive droite:

A, B, C, D = 0.

Pour le simulateur, "1" correspond à une tension proche de celle de l'alimentation, ou à la circulation d'un courant qui permet à un "effecteur" (ici un vibreur) d'effectuer ce pour quoi il est fait; "0" à une tension proche de celle de la référence ou à l'inhibition de l'effecteur.

Nous disposons donc de quatre variables d'entrée (de A à D), dites binaires puisque chacune peut prendre deux valeurs (0 et 1). Le nombre de combinaisons possibles est donc de $2^4 = 16$ toutes représentées sur la table de vérité (figure 1). Pour ne rien oublier, il est bon de procéder systématiquement: ainsi sous la variable D, vous trouvez 8 zéros et 8 uns; sous la variable C, 4 zéros et 4 uns succèdent à 4 zéros et 4 uns; sous la variable B les zéros et les uns vont par deux, ils

* la chèvre de Monsieur Boole

alternent sous la variable A. Cette façon de « mettre » la table permet d'exclure les erreurs et de représenter toutes les combinaisons possibles une fois et une seule. Les deux colonnes de droite indiquent les situations dangereuses (1) et les autres, sans risque (0) : les "1" et "0" n'ont pas le même sens à l'entrée qu'à la sortie. À l'entrée, "1" signifie que la variable concernée est sur la rive gauche, "1" en sortie signifie qu'il y a danger. De la façon dont la règle est fixée – aucun danger sur la rive où se trouve le paysan – il est facile de remplir à moitié les deux colonnes : lorsque le paysan est sur la rive droite (D = 0), un malheur (1) ne peut se produire que sur la rive gauche, nous n'avons que des 0 sur la rive droite. De même le danger n'existe pas sur la rive gauche quand le paysan y est (D=1). La première situation dangereuse se produit à la quatrième ligne, c'est-à-dire quand A ET B = 1 ET D = 0 : le chou, A et la chèvre, B sont ensemble sur la rive gauche (1) alors que le paysan D est sur la rive droite (0). Que le loup, C soit alors avec le paysan ne change rien à notre problème (éviter que la chèvre ou le chou soient agressés), comme nous le voyons sur la rive gauche à la huitième ligne ou sur la rive droite à la neuvième ; de même quand le loup est avec la chèvre, la présence du chou n'aggrave ni n'atténue le danger qui est toujours présent (= 1) si le paysan est sur l'autre rive. Nous recensons en tout six situations scabreuses, trois par rive. Comment passer maintenant de cette table à l'électronique ? La notation de Boole, va nous y aider.

Le but de George Boole (1815-1864) était de soumettre le raisonnement logique à des règles de calcul : Boole était un mathématicien. Il se trouve que les outils qu'il a créés vers le milieu du siècle dernier sont particulièrement bien adaptés à la résolution électronique des problèmes de logique. L'œuvre de Boole ne se résume cependant pas à ce que nous allons en dire, qui,

Figure 1 – Table de vérité décrivant les différents événements susceptibles de se produire.

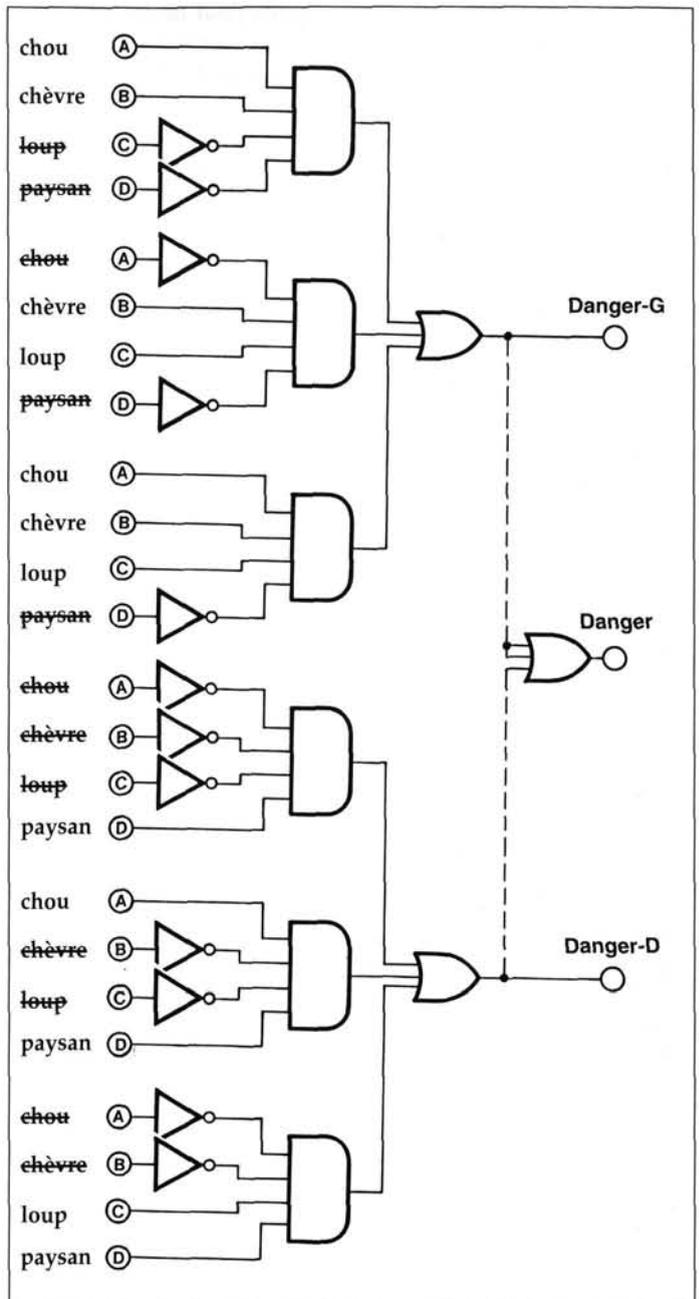
				Rive	
				G	D
D	C	B	A		
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	0
0	0	1	1	1	0
0	1	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0
0	1	1	0	1	0
0	1	1	1	1	0
1	0	0	0	0	1
1	0	0	1	0	1
1	0	1	0	0	0
1	0	1	1	0	0
1	1	0	0	0	1
1	1	0	1	0	0
1	1	1	0	0	0
1	1	1	1	0	0

Figure 2 – Première ébauche de logigramme : encore beaucoup trop compliquée.

comme vous allez le voir, n'est pas compliqué. Pour commencer quelques définitions :

1. – Une expression ne peut être que vraie (= 1) ou fautive (= 0).
2. – Un point gras (*) représente la fonction ET. Pour que A * B soit vrai (= 1) il faut qu'aussi bien A que B soient vrais.
3. – Un signe plus (+) représente la fonction OU. Pour que A + B soit vrai, il suffit que l'une ou l'autre des variables A et B soit vraie. Si elles le sont les deux, à plus forte raison.
4. – Une barre sur un symbole (Ā) représente la fonction NON (négation que permet d'obtenir un inverseur). Ā se dit « NON-A » (ou « A BARRE »). Lorsque Ā = 1, A = 0. Autrement dit, si NON-A est vrai, alors A est faux et réciproquement.

La relation avec les circuits logiques CMOS ou TTL ne doit pas vous échapper : portes (ou opérateurs ou fonctions) ET, OU, inverseurs (les portes ET-NON, OU-NON ne sont que des portes ET ou OU suivies d'inverseurs). Revenons à la table de vérité de la figure 1. Il y a danger (1)



lorsque, par exemple, D = 0 ET C = 0 ET B = 1 ET A = 1. Il est plus simple d'écrire :

$$A \cdot B \cdot \bar{C} \cdot \bar{D} = 1$$

(puisque C = 0, $\bar{C} = 1$ de même pour D.)

Toutes les situations dangereuses de la figure 1 peuvent se noter de la même façon. Puisqu'une seule d'entre elles suffit pour qu'il y ait une catastrophe, nous pouvons n'écrire qu'une égalité par rive en réunissant toutes les situations par des OU (+). Ceci donne pour la rive gauche :

$$A \cdot B \cdot \bar{C} \cdot \bar{D} + \bar{A} \cdot B \cdot C \cdot \bar{D} + A \cdot B \cdot C \cdot \bar{D} = 1$$

OU pour la rive droite :

$$\bar{A} \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot D + A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot D + \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C \cdot D = 1$$

le logigramme

Nous en savons assez pour dessiner le schéma avec des fonctions logiques (ou logigramme) de la figure 2 où chaque ligne des dernières relations est représentée par une fonction ET à quatre entrées précédée par des inverseurs, là où c'est nécessaire. Il nous faut ensuite deux fonctions OU à trois entrées pour obtenir le résultat. Comme un circuit intégré en contient trois, il nous en reste une que nous pouvons utiliser pour signaler le danger en

provenance de l'une ou l'autre rive.

Passons à l'inventaire des circuits utilisés: douze inverseurs (deux circuits intégrés contenant chacun six inverseurs); six fonctions ET à quatre entrées (trois circuits intégrés); trois opérateurs OU à trois entrées (un circuit intégré). En tout, six circuits intégrés. Il semble que, vu la simplicité du problème posé, il soit possible de le résoudre à moins grands frais.

La première simplification va de soi sur la figure 3, les signaux d'entrée et leurs inverses sont appliqués à une sorte de bus (autoroute) à huit voies, chaque opérateur ET relié de la façon qui s'impose à ce bus. Ça permet de supprimer huit inverseurs. Pour ne pas laisser inactifs les deux inverseurs de reste (le circuit intégré en contient six), nous les câblerons à la sortie de fonctions OU-NON au lieu de fonctions OU. Nous n'avons plus besoin que de cinq circuits intégrés:

- trois 7421 (2 ET à 4 entrées)
- un 7427 (3 OU-NON à 3 entrées)
- un 7404 (6 inverseurs).

(Vous voyez à leurs références que ces circuits sont des TTL). L'inconvénient du logigramme de la figure 3 est qu'il ne permet plus, faute d'une fonction OU libre de coupler les dangers des deux rives. L'opérateur OU-NON inutilisé ne satisferait pas à la règle fixée qui veut qu'un danger soit signifié par un "1" en sortie.

La notation de Boole permet donc de passer de la table de vérité à sa traduction électronique. Les noms de produit logique donné à l'opération (a • b) et de somme logique donné à l'opération (a + b) laissent supposer que les équations de départ obéissent à certaines règles. L'application de ces règles va nous permettre d'en simplifier l'écriture.

algèbre de Boole

Est-il encore possible de simplifier? Certainement, puisque vous avez pu constater, si vous avez feuilleté cet article, que le

schéma final ne contenait plus que trois circuits intégrés pour un résultat identique (voire plus intéressant). Nous allons nous servir maintenant de l'algèbre de Boole. Les règles en sont très simples. Attention cependant, si les opérateurs (•) et (+) ont quelques ressemblances avec les signes (x) et (+) des calculettes, ils n'ont pas toujours les mêmes effets (nous avons marqué d'une (*) les règles qui pourraient étonner un lecteur non averti). Quelles que soient A, B, C, variables binaires, nous avons:

- (a) $A + B + C = (A + B) + C = A + (B + C)$
- (b) $A + B = B + A$
- (c) $A + A = A^*$
- (d) $A + 1 = 1^*$
- (e) $A + 0 = A$
- (f) $A + \bar{A} = 1^*$

(g) $A \cdot B \cdot C = (A \cdot B) \cdot C = A \cdot (B \cdot C)$

- (h) $A \cdot B = B \cdot A$
- (i) $A \cdot A = A^*$
- (j) $A \cdot 1 = A$
- (k) $A \cdot 0 = 0$

(l) $A \cdot (B + C) = A \cdot B + A \cdot C$

(m) $A \cdot \bar{A} = 0$
 (n) $\overline{A + B + C} = \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot \bar{C}$

(o) $\overline{A \cdot B \cdot C} = \bar{A} + \bar{B} + \bar{C}$

Les deux dernières formules, dites de de Morgan (Augustus), rendent d'immenses services. Prenons quelques exemples pour illustrer le fonctionnement de ces règles. Supposez que vous ayez tiré d'une table de vérité la relation suivante:

$$X = A \cdot B + A \cdot \bar{B}$$

Le circuit de la figure 4 réalise toutes les opérations telles qu'elles sont écrites: il ne nécessite pas moins de quatre portes. La règle (l) aurait pourtant permis d'écrire:

$$X = A \cdot B + A \cdot \bar{B} = A \cdot (B + \bar{B})$$

Heureuse formule puisque l'application de la règle (f) qui pose que (B + \bar{B}) est toujours vrai (= 1) permet d'écrire:

$$X = A \cdot 1$$

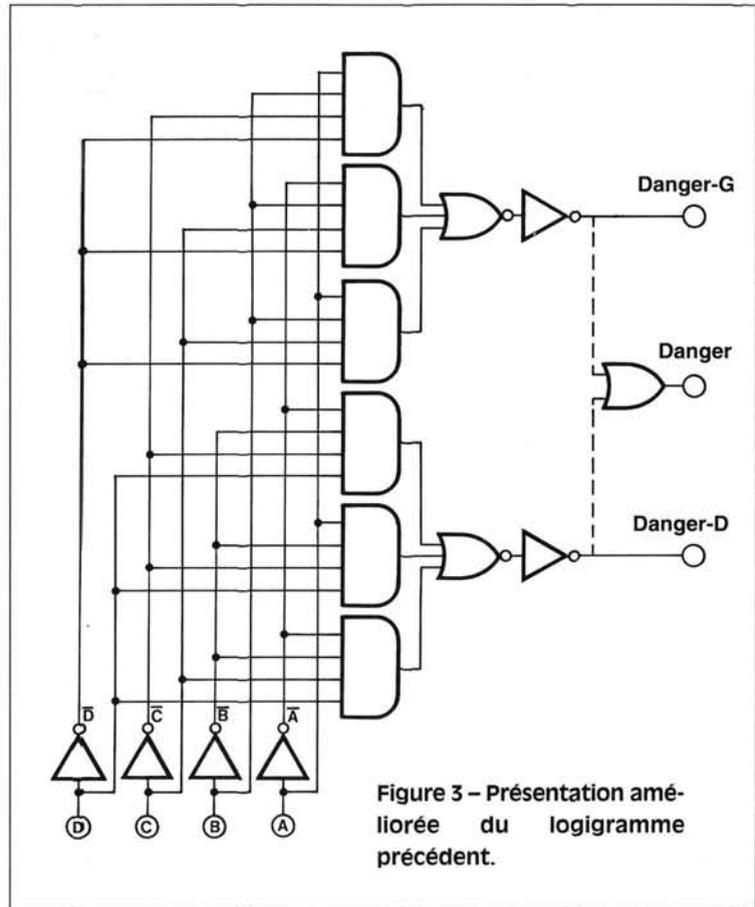


Figure 3 - Présentation améliorée du logigramme précédent.

D'où, si l'on applique la règle (j): $X = A$

La variable B, quelque valeur qu'elle prenne, n'a aucun effet sur la sortie X dont le niveau logique est toujours celui de A. Entre A et X il suffit d'introduire un opérateur OUI qui est l'inverse d'un inverseur!

Un autre exemple? Prenez l'expression:

$$X = \bar{A} \cdot B + A \cdot \bar{B} + \bar{A} \cdot \bar{B}$$

Sans minimisation, le logigramme comprendra deux inverseurs, trois fonctions ET à deux entrées et une fonction OU à trois entrées. C'est trop, l'équation

doit manifestement pouvoir s'écrire autrement:

$$\begin{aligned} X &= \bar{A} \cdot B + A \cdot \bar{B} + \bar{A} \cdot \bar{B} & (b) \\ &= \bar{A} \cdot B + \bar{A} \cdot \bar{B} + A \cdot \bar{B} & (l) \\ &= \bar{A} \cdot (B + \bar{B}) + A \cdot \bar{B} & (f) \\ &= \bar{A} \cdot 1 + A \cdot \bar{B} & (d) \\ &= \bar{A} \cdot (\bar{B} + 1) + A \cdot \bar{B} & (l) \\ &= \bar{A} \cdot \bar{B} + \bar{A} + A \cdot \bar{B} & (l) \\ &= \bar{B} \cdot (\bar{A} + A) + \bar{A} & (l) \\ &= \bar{B} \cdot 1 + \bar{A} & (f) \\ &= \bar{A} + \bar{B} & (j) \\ &= \bar{A} \cdot \bar{B} & (n) \end{aligned}$$

La dernière règle nous donne une équation minimale dont le logigramme ne comporte plus qu'une fonction ET-NON. Le calcul n'est pas forcément facile. Il

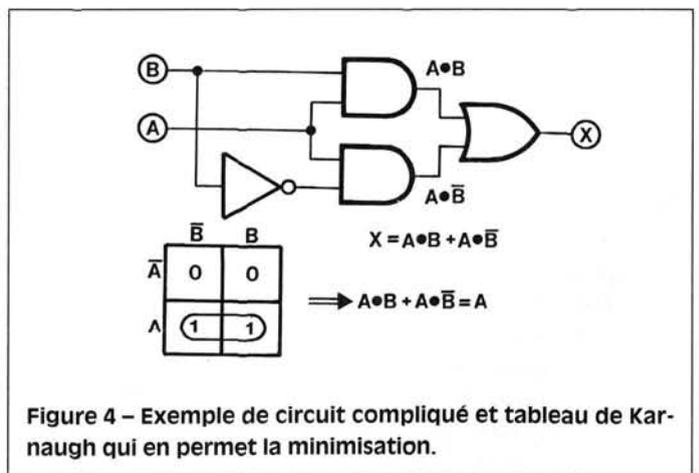


Figure 4 - Exemple de circuit compliqué et tableau de Karnaugh qui en permet la minimisation.

prend d'autant plus de temps que les équations sont plus compliquées, nécessite une certaine réflexion ou beaucoup d'entraînement. Certes, des programmes informatiques ont été écrits pour faire ce travail : nous avons supposé que vous n'en aviez pas sous la main (nous non plus d'ailleurs).

Il existe heureusement une autre méthode. Lorsque les variables deviennent trop nombreuses, on n'utilise plus de table de vérité. Il est en effet plus facile de recourir à des solutions graphiques pour minimiser des équations booléennes qu'au calcul.

les tableaux (ou diagrammes) de (Veitch-)Karnaugh

Un tableau de Karnaugh est une grille qui comporte autant de cases qu'il y a de lignes dans la table de vérité. Pour n variables binaires d'entrée, le nombre de cases est donc de 2^n . La figure 5 représente la situation pour deux variables binaires : à gauche le diagramme (pour deux variables, il est identique à celui de Carroll*), à droite le tableau décrivant la fonction ET. Soit X la variable de sortie, A et B les deux variables d'entrée : $X = A \cdot B$. À gauche et en haut du tableau, vous trouvez \bar{A} , les deux cases du haut contiennent toutes les combinaisons dans lesquelles A est faux ($= 0$). En dessous la rangée de cases contenant les combinaisons dans lesquelles A est vrai ($A = 1$). Les colonnes contiennent les combinaisons dans lesquelles B est faux, soit \bar{B} , colonne de gauche, ou vrai, soit B , colonne de droite. Appelons les deux cases à droite de \bar{A} *champ de \bar{A}* , les deux cases à droite de A , *champ de A* , les deux cases en dessous de \bar{B} , *champ de \bar{B}* etc. Nous avons rempli les cases du tableau de droite de la figure 5 avec des 0 lorsque l'équation $X = A \cdot B$ prenait la valeur faux, avec des 1 lorsqu'elle prenait la valeur vrai.

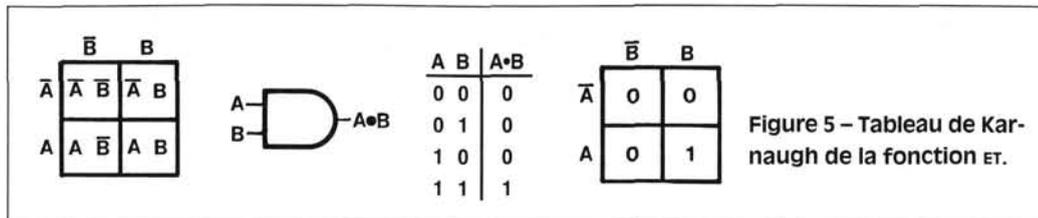


Figure 5 – Tableau de Karnaugh de la fonction ET.

Reprenons les équations brutes que nous avons minimisées plus haut par le calcul. Le tableau de Karnaugh de la première est dessiné sur la figure 4 où le champ de chaque variable est défini avec les règles que nous venons d'énoncer. Chaque case contient la valeur de X calculée avec celle des variables dans le champ desquelles la case se trouve. Prenons la première case en haut et à gauche : nous sommes dans le champ de \bar{A} et dans celui de \bar{B} où $A \cdot B$ et $A \cdot \bar{B}$ sont faux, le résultat X de leur réunion (symbolisé par OU) est aussi faux, c'est pourquoi nous marquons "0". Nous procédons de même dans les autres cases et nous constatons que X n'est vrai que dans deux d'entre elles ($= 1$). Nous entourons les deux uns voisins et c'est fini. La partie entourée est entièrement et exclusivement dans le champ de A , donc $X = A$. Elle est pour moitié dans le champ de B et pour moitié dans celui de \bar{B} ce qui veut dire que la valeur de B n'influe pas sur le résultat ; elle n'entre pas dans le champ de \bar{A} . Si vous revenez sur le calcul booléen, vous constatez l'absence de \bar{A} et la présence de $B + \bar{B}$ qui, toujours vrai, n'a pas d'effet sur le résultat (j). Le résultat du deuxième exemple traité avait un peu plus d'allure. Rappelons-en l'équation de départ :

$$X = (\bar{A} \cdot B) + (A \cdot \bar{B}) + (\bar{A} \cdot \bar{B})$$

Retrouvons l'équation minimale à l'aide de Karnaugh sur le tableau de la figure 6. Il n'est pas difficile de remplir les cases puisque X est vrai chaque fois qu'un des termes que nous venons de mettre entre parenthèses est vrai. L'équation minimale apparaît alors immédiatement. Nous allons cependant faire un petit détour afin de découvrir toutes les possibilités

d'un tableau de Karnaugh ainsi que les règles qui président à son usage.

Le plus difficile consiste à cercler les cases adjacentes contenant des "1". Que veut dire adjacent au sens de Karnaugh ? Donnons-en une définition : deux cases sont adjacentes si, lors du passage de l'une à l'autre, une seule variable change d'état. Il faut, autrement dit, n'entourer que les cases contiguës qui se trouvent ensemble dans au moins un champ. On groupe les "1" par paquets de 2^n (n le plus grand possible) de telle façon que chaque case d'un même paquet de 2^n cases ait n cases adjacentes dans le paquet. Vous saisirez parfaitement sur les exemples donnés ici et plus bas. Revenons pour l'instant à la figure 6. Si nous y entourons les trois "1" d'un seul trait, cela ne nous avance à rien (et nous ne respectons pas la règle que nous nous sommes fixée). Prenons par contre les deux paquets, l'un horizontal et l'autre vertical (ils se recouvrent partiellement mais ça n'a pas d'importance) : nous pouvons établir entre eux une relation OU. Le premier est tout entier dans le champ de \bar{A} qu'il occupe entièrement, le second recouvre de la même façon le champ de \bar{B} . Le résultat s'écrit : $X = \bar{A} + \bar{B}$ comme nous l'avions calculé. Nous avons encore minimisé (le logigramme nécessiterait encore deux inverseurs et une fonction OU) pour n'utiliser qu'une fonction ET-NON grâce à la loi de de Morgan et trouvé finalement :

$$X = \overline{A \cdot B}$$

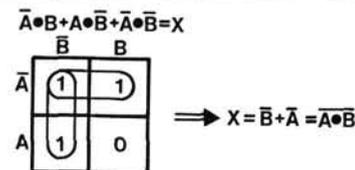
La solution "évidente" dont nous parlions plus haut résulte d'une

comparaison avec la table de la figure 5. La voyez-vous ?

tableau de Karnaugh de quatre variables

Revenons à nos moutons (chou, chèvre, loup, paysan), pour les compter : nous avons quatre variables et leurs seize combinaisons possibles. Le tableau contiendra autant de cases que la table de vérité de lignes, soit seize (2^4). Le plus difficile est de construire le tableau de façon que les différents champs en soient d'accès facile. On trouve dans la littérature plusieurs techniques de fabrication de ces tableaux, elles produisent toutes le même résultat. L'une d'elles, générale, est proposée sur la figure 7. Les champs de A et de A y occupent les rangées horizontales, de gauche à droite, sur huit cases. Ceux de C et de \bar{C} couvrent les quatre colonnes verticales. Les champs de B , D et de leurs compléments peuvent paraître bizarrement conformés. Considérez que les cases marquées (de droite à gauche) pour le champ de \bar{B} : 2, 3, 1, 0 sont adjacentes aux cases du bas a, b, 9, 8 (les bords se touchent) ; de même que pour le champ de \bar{D} de bas en haut, les cases de la colonne de droite sont adjacentes à celles de la colonne de gauche. Ces rangées (de droite à gauche) du haut et du bas forment le tout du champ de \bar{B} de même que les colonnes de gauche et de droite (de bas en haut) celui du champ de \bar{D} .

Figure 6 – Un exemple un peu plus intéressant de minimisation d'une équation grâce au tableau de Karnaugh.



* Qui ne connaît Lewis Carroll, de son vrai (?) nom G. Dodgson (1832-1898) l'auteur d'*Alice aux pays des merveilles* ?

équations minimales

Nous disposons maintenant de tous les outils nécessaires à la minimisation des expressions booléennes établies à partir de la table de vérité de la figure 1 :

Danger-G (sur la rive gauche) =
 $A \cdot B \cdot \bar{C} \cdot \bar{D}$
 $+ \bar{A} \cdot B \cdot C \cdot \bar{D}$
 $+ A \cdot B \cdot C \cdot \bar{D}$

Danger-D (sur la rive droite) =
 $\bar{A} \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot D$
 $+ A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot D$
 $+ \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C \cdot D$

Les tableaux de Karnaugh sont dressés sur le modèle de la figure 7, pour chaque rive, sur la figure 8. Dans le tableau de gauche nous trouvons trois "1" cerclés deux par deux (les paquets sont marqués 1 et 2). Le paquet numéroté 1 est tout entier dans le champ de \bar{D} ET le champ de C ET le champ de B; le paquet 2, dans le champ de A ET le champ de B ET le champ de \bar{D} . L'équation minimisée pour la rive gauche s'écrit:

Danger-G = $B \cdot C \cdot \bar{D} + A \cdot B \cdot \bar{D}$
 Vous trouverez de même pour la rive droite (paquets 3 et 4: établissez le résultat à l'aide du tableau de la figure 7 et de ce qui vient d'être dit avant de lire le résultat):

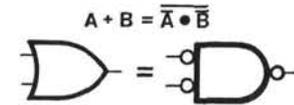
Danger-D = $\bar{A} \cdot \bar{B} \cdot D + \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot D$
 Ces dernières équations sont strictement équivalentes à celles données plus haut. Elles sont plus concises mais peuvent peut-être encore être minimisées. Essayez avant de poursuivre votre lecture.

Figure 7 - Construction d'un tableau de Karnaugh à quatre variables. Le champ de chaque variable occupe huit cases.

	CD	\bar{C}	C	
AB	0	1	3	2
\bar{A}	4	5	7	6
	c	d	f	e
A	8	9	b	a
	\bar{D}	D	\bar{D}	

A	B	C	D	
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	3
0	1	0	0	4
0	1	0	1	5
0	1	1	0	6
0	1	1	1	7
1	0	0	0	8
1	0	0	1	9
1	0	1	0	a
1	0	1	1	b
1	1	0	0	c
1	1	0	1	d
1	1	1	0	e
1	1	1	1	f

Figure 9 - Représentation électronique de la loi de de Morgan. On peut remplacer une fonction OU par deux inverseurs et une fonction ET-NON. La réciproque est aussi vraie.



de morgan

Les lois ou formules de de Morgan ont une énorme importance, c'est pourquoi il est bon d'y revenir. Nous écrivons la première d'une façon, nous l'énoncerons d'une autre:

$$A + B = \bar{A} \cdot \bar{B}$$

Ce qui peut se dire: A OU B équivaut à NON (NON A ET NON B), équation représentée sur la figure 9. Comme vous le savez, les petits ronds symbolisent des fonctions NON qui peuvent se trouver aussi bien aux entrées qu'aux sorties d'un opérateur. Quel est l'intérêt d'une telle transformation pour l'électronicien? Elle permet tout simplement de remplacer des fonctions OU ET par des fonctions ET-NON. Gardez bien à l'esprit le contenu de la figure 9 pour la suite, sur la figure 10. L'équation minimale de notre problème de chou-loup-chèvre-paysan y est traduite: en 10a, danger-G, en 10b, danger-D. Avez-vous remarqué les erreurs? La lecture des équations minimales laissait supposer que la solution du problème nécessitait deux fonctions ET à trois entrées et une fonction OU à deux entrées par rive, or le logigramme ne fait usage que de fonctions ET-NON. L'erreur supposée est vite corrigée si vous remplacez par la pensée l'opérateur ET-NON de sortie et les deux boulettes qui sont sur ses entrées par une fonction OU comme y autorise la formule de Morgan. Vous découvrez que vous obtenez

les fonctions attendues: un regard sur la figure 9 confirme la justesse de l'erreur. Les deux rives sont enfin couplées en 10c.

de mieux en mieux!

Le logigramme de la figure 10c, plus ou moins complété, nous donne celui de la figure 11. Quelles fonctions sont nécessaires à sa réalisation? Un 7410 (trois opérateurs ET-NON à trois entrées), un 7420 (deux opérateurs ET-NON à quatre entrées) plus un 7404 (six inverseurs). Le circuit de la figure 12, plus symétrique, nécessite deux circuits 7410 et un 7404: dans les deux cas, trois circuits intégrés. Grâce aux travaux de Messieurs Boole, Karnaugh et de Morgan, les progrès accomplis depuis la figure 3 sont manifestes! N'y aurait-il plus moyen de simplifier? Si fait. Reprenez les équations obtenues grâce au tableau de Karnaugh. L'algèbre de Boole permet des « mises en facteur » (l) de $(B \cdot \bar{D})$ dans Danger-G et de $(\bar{B} \cdot D)$ dans Danger-D. Essayez, vous obtiendrez:

Danger-G = $(B \cdot \bar{D}) \cdot (A + C)$
 (figure 13a, la fonction OU y est remplacée par une fonction ET-NON et deux inverseurs)

Danger-D = $(\bar{B} \cdot D) \cdot (\bar{A} + \bar{B})$
 $= (\bar{B} \cdot D) \cdot (A \cdot C)$
 (figure 13b, les deux inverseurs et la fonction OU ont été remplacés par une fonction ET-NON lors du calcul.)

Comme il importe peu que le

	CD	00	01	11	10
AB	00	0	1	1	0
	01	0	0	0	0
	11	0	0	0	0
	10	0	1	0	0
			1		

GAUCHE

	CD	00	01	11	10
AB	00	0	0	0	0
	01	0	0	0	1
	11	1	0	0	1
	10	0	0	0	0
					1

DROITE

Figure 8 - Tableaux de karnaugh du problème du paysan pour chaque rive.

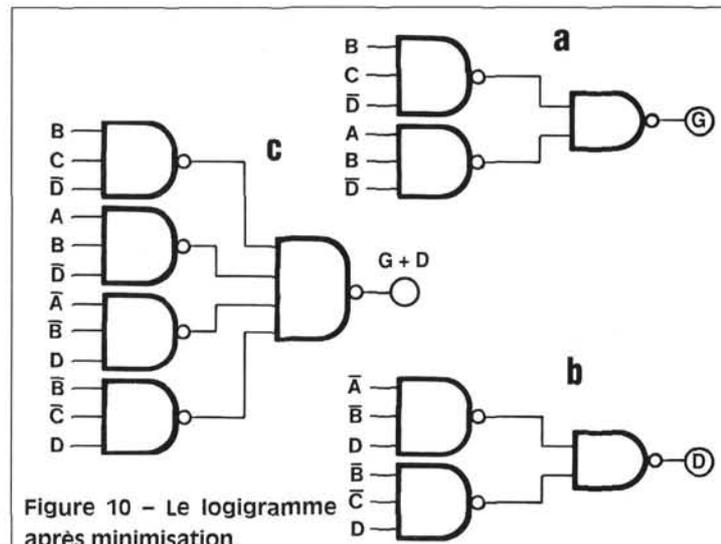
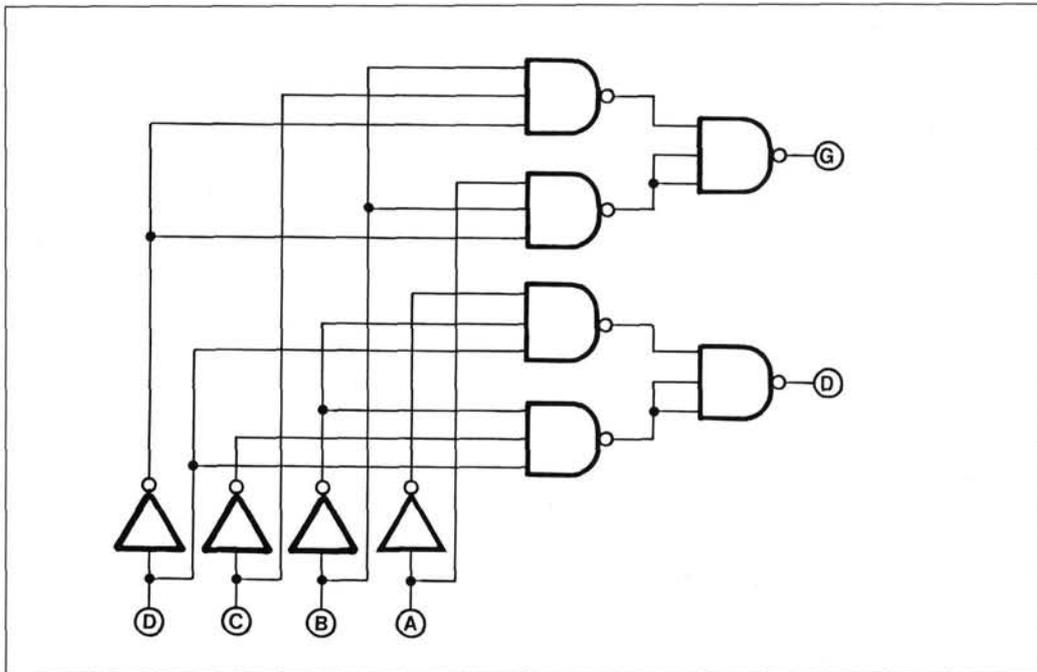
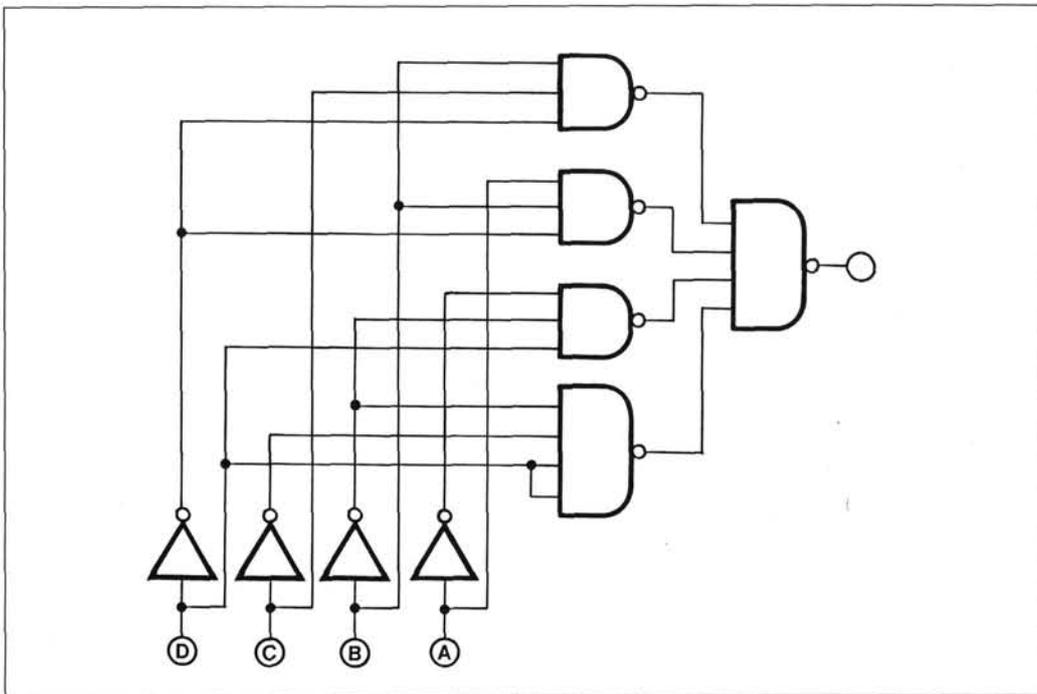
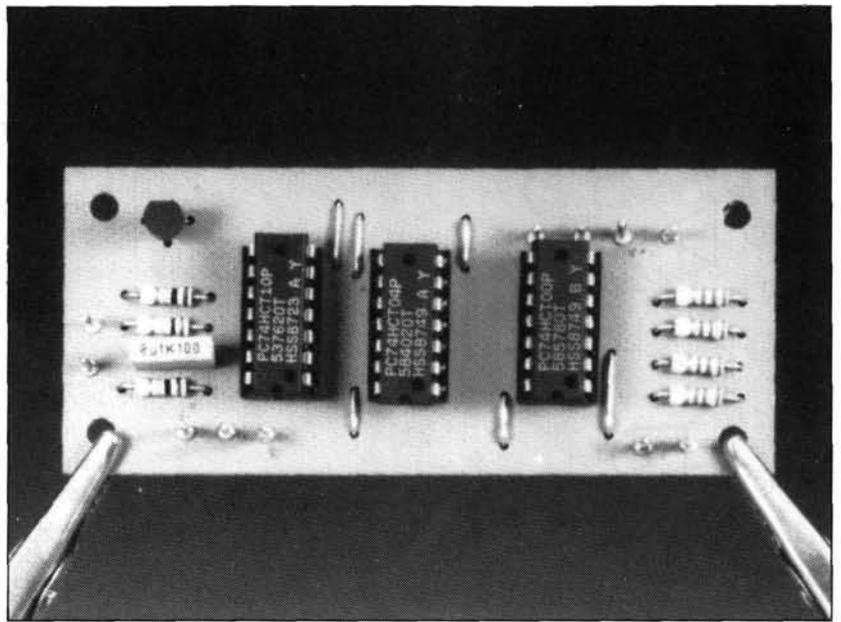


Figure 10 - Le logigramme après minimisation.

chou soit dévoré par la chèvre ou celle-ci par le loup sur l'une ou l'autre rive, vous pouvez n'écrire qu'une équation dans laquelle vous remplacerez, mais vous l'aviez sans doute trouvé, $(A + C)$ par $\text{NON}(\bar{A} \cdot \bar{C})$ cette expression entre parenthèses surmontée d'une barre (comme sur la figure 9, à droite) si vous ne voulez pas écrire le NON. Le logigramme 13c correspond à l'équation finale qui associe les deux logigrammes 13a et 13b par une fonction OU. Celle-ci est bien sûr transformée



en une fonction ET-NON précédée de deux inverseurs comme sur les figures 9 et 10: un opérateur OU et deux opérateurs ET sont convertis en trois opérateurs ET-NON. Combien de boîtiers pour réaliser ces fonctions? Trois, qui sont: 7404, 7410 et 7400 (ce dernier contient quatre portes ET-NON à deux entrées). N'aurions-nous rien gagné aux dernières simplifications? Si, deux portes et toujours deux inverseurs, qui ne resteront pas inutilisés bien longtemps, comme vous pouvez le constater sur la figure 14 que nous allons commenter.

le résultat

La construction de la partie gauche du schéma final, jusqu'à la porte N13 comprise vient d'être vue en détail. Il n'y a plus rien à en dire. Les opérateurs restant, N9 et N10, sont montés en bascule RS, commandée, aussi bien pour la mise à un que pour la remise à zéro, par des impulsions négatives: il faut appliquer, sur l'une ou l'autre des entrées de commande, un zéro pour modifier la sortie. L'inverseur N5 sur la sortie de N13, qui passe à 1 lorsqu'il y a danger, permet de transformer ce "1" en un "0" de

Figures 11 (en haut) et 12 (en bas) – Le circuit final pourrait se présenter ainsi, mais il n'est encore pas idéal.

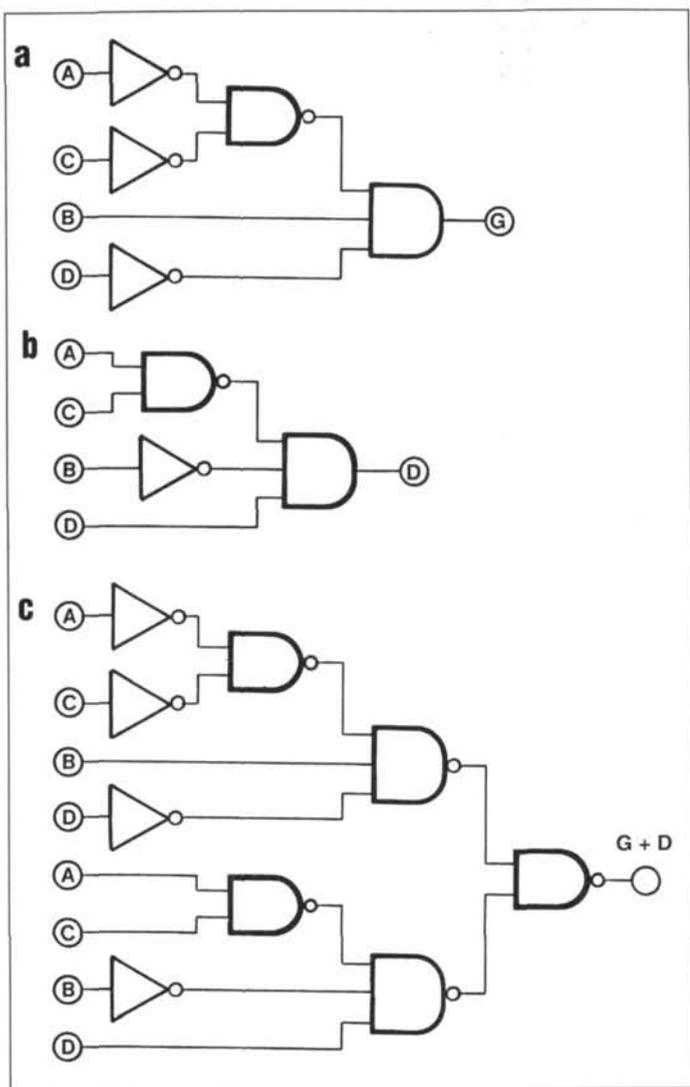


Figure 14 - Le circuit tel qu'il sera finalement câblé.

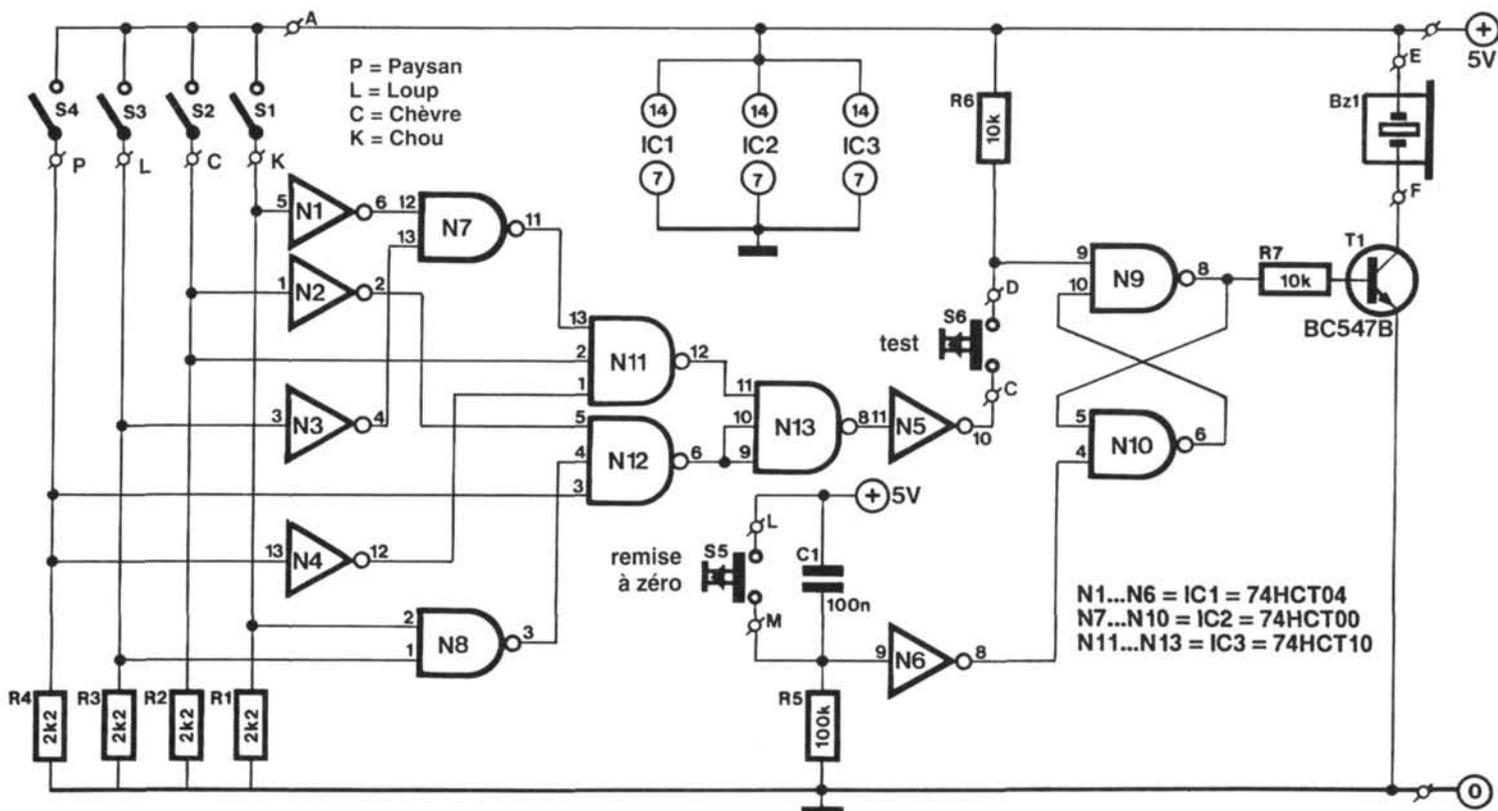


Figure 13 - « Le » logigramme permet de libérer des fonctions nécessaires au circuit final.

commande qui force la sortie de la bascule à 1. Sa remise à zéro est l'effet de S5 dont l'ordre (mise à "1") à l'entrée de N6 est converti en un "0" par cet inverseur. La mise à "1" de la bascule permet à T1 de conduire: le vibreur Bz1 qui doit impérativement fonctionner en courant continu (c'est donc un modèle à oscillateur incorporé) est alors alimenté. La remise à zéro (S5) ramène le calme. La mise sous tension déclenche la remise à zéro de la bascule (*power-on reset*) grâce à la combinaison R5/C1. La touche de test S6 permet, pendant la répartition, de l'homme, des bêtes et du chou sur l'une et l'autre rive, de vérifier qu'aucun client ne risque d'être consommé. Désirez-vous savoir à quoi servent les résistances? À l'exception de R7 (limitation de courant) toutes les résistances sont des résistances « d'amarrage » si vous permettez l'expression. Elles empêchent les entrées des opérateurs de « flotter » à vau-l'eau lorsqu'elles ne sont pas commandées: une entrée en l'air est presque toujours cause d'incident.

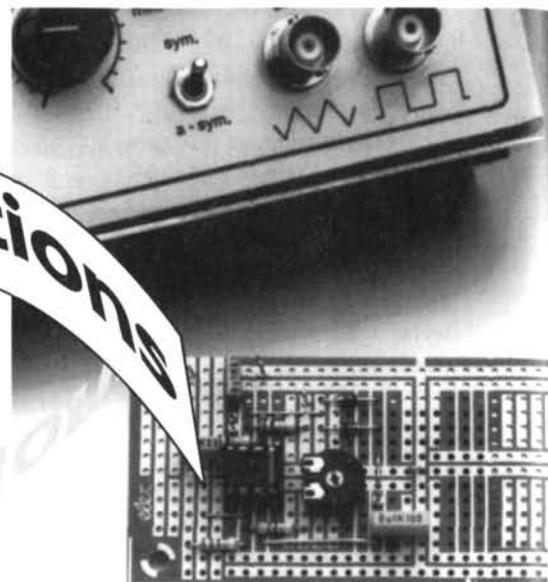
Pour finir: afin de limiter la consommation du circuit nous avons choisi des circuits intégrés HCT, produits CMOS compatibles broche à broche avec les circuits TTL.

construction

Un circuit imprimé (figure 15) s'impose (nous ignorons pour l'instant si nos annonceurs le produiront). Après gravure, étamage, perçage, les quelques composants seront implantés comme l'indique la figure 16. L'utilisation de supports le circuits intégrés n'est pas obligatoire mais permet d'éviter bien des incidents.

Le circuit fonctionne en principe sous 5 V disponibles aux bornes d'une alimentation de laboratoire ou d'une pile de 9 V suivie d'un stabilisateur de tension de type 78L05. ELEX en a décrit suffisamment pour qu'il ne soit pas utile d'y revenir. En général, les circuits HCT fonctionnent encore sous 4,5 V de sorte qu'une pile plate peut vraisemblablement convenir. Au lieu de circuits HCT on peut aussi câbler des

Générateur de fonctions



deuxième partie : le conformateur sinusoïdal

Vous avez réalisé le générateur de triangles et de carrés du mois dernier ? Voici le conformateur qui fournira les ondes sinusoïdales, essentielles pour la plupart des mesures.

Un bon générateur doit être capable de fournir un signal sinusoïdal. C'est pourquoi nous n'en avons pas terminé avec le générateur du mois dernier. Le montage nécessaire n'est pas imposant, car nous disposons déjà d'une onde de forme proche du sinus : le triangle. Il nous suffira de « raboter » les pointes aiguës pour obtenir un sinus acceptable. La forme obtenue n'est pas une sinusoïde parfaite, mais elle en est suffisamment proche pour permettre des tests et des mesures valables. Le principe utilisé par notre conformateur est le même que celui des circuits intégrés générateurs de fonction du genre XR2206 ou ICL8038 (l'ensemble du montage est une sorte de XR2206 éclaté). La courbe produite n'est jamais une vraie sinusoïde, mais sa distorsion est assez faible pour l'usage que nous voulons en faire.

écrêteur à diodes

Pour commencer, essayons de voir quelles sont exactement les différences entre triangle et sinusoïde. L'une et l'autre formes sont représentées par les photos d'écran de la page ci-contre. Les signaux photographiés proviennent de notre prototype. La sensibilité verticale de l'oscilloscope est réglée à 1 volt par division (chaque carreau représente donc 1 volt sur l'axe vertical). À proximité du passage par zéro, il n'y a guère de différence entre le triangle et la sinusoïde, mais dès que la tension dépasse 0,8 V, le sinus prend une forme plus arrondie. Il est vraisemblable que le conformateur renferme un composant qui commence à conduire quand la tension atteint 0,8 V et laisse passer davantage de courant à mesure que la tension augmente. Ceux qui connaissent un peu les composants électroniques usuels n'auront pas

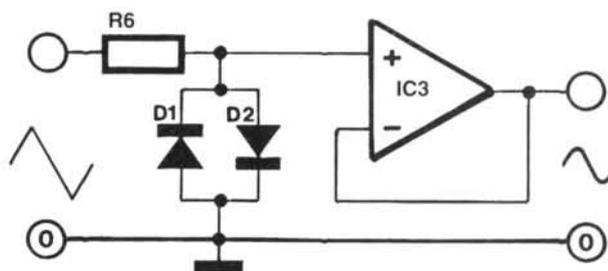


Figure 1 - Le conformateur sinusoïdal transforme une onde triangulaire (fig. 4a) en une onde de forme assez proche de la sinusoïde (fig. 4b).

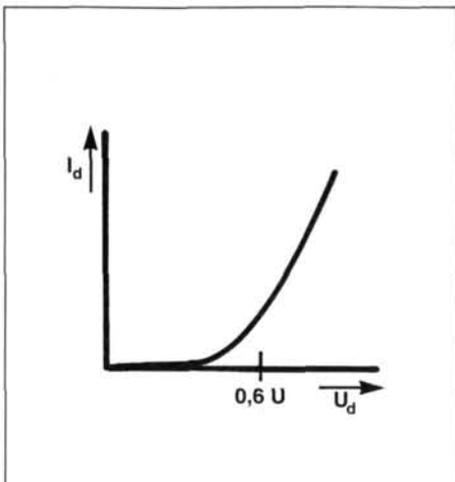


Figure 2 - Le conformateur utilise la forme arrondie de la caractéristique de la diode pour transformer le triangle en sinus.

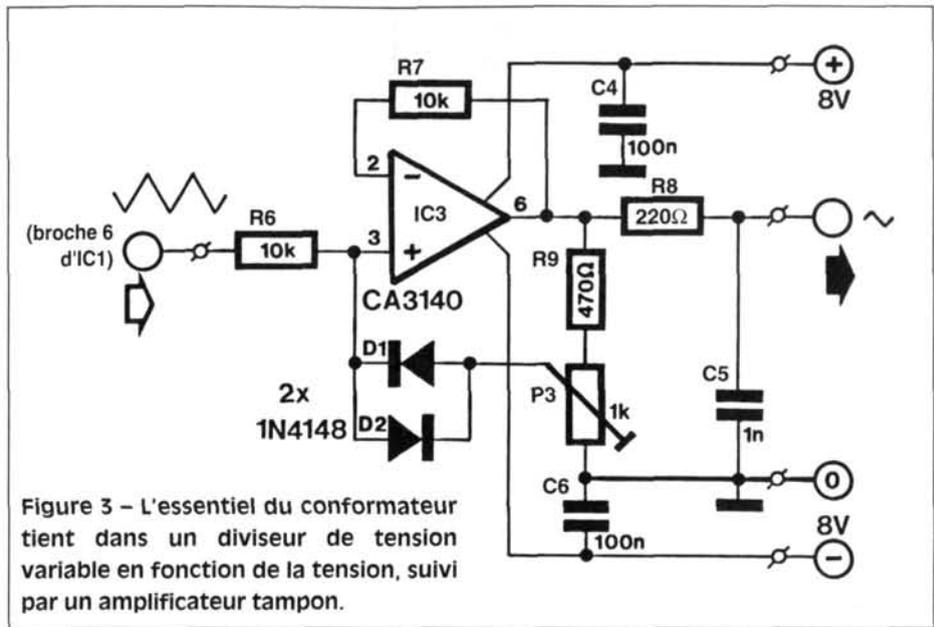


Figure 3 - L'essentiel du conformateur tient dans un diviseur de tension variable en fonction de la tension, suivi par un amplificateur tampon.

de mal à deviner qu'il s'agit d'une diode. Les diodes ont la particularité de ne commencer à conduire qu'à partir de 0,6 V. Cette particularité est visible sur la caractéristique tension-courant de la figure 2. Si nous pouvons transposer sur le triangle la partie arrondie de la courbe, nous aurons une bonne approximation de la forme sinusoïdale. Nous le pouvons, et la figure 1 montre comment.

Des quatre composants représentés, seuls R6, D1 et D2 effectuent le travail proprement dit ; l'amplificateur IC3, monté en suiveur de tension, évite que la charge montée en sortie modifie la forme de la sinusoïde. Le fonctionnement est le suivant : R6 et les deux diodes (une pour les alternances positives, l'autre pour les alternances négatives) constituent un diviseur de tension particulier. La tension de sortie de ce diviseur dépend de l'intensité du courant qui traverse les diodes ; cette intensité dépend, elle, de la tension d'entrée, de la valeur de R6 et de la caractéristique des diodes. Puisque la tension d'entrée présente une variation linéaire

(elle est triangulaire), que la résistance de R6 est constante, c'est principalement la caractéristique des diodes qui détermine, pour une tension d'entrée donnée, le courant dans les diodes, et par suite la tension de sortie.

Cette description du fonctionnement n'est valable que si le diviseur n'a pas à fournir d'énergie à un autre circuit. Si un circuit extérieur consomme de l'énergie, le courant qui traverse R6 est supérieur à celui qui traverse les diodes. Ce courant supplémentaire est proportionnel à la tension d'entrée, il provoque aux bornes de la résistance une chute de tension supplémentaire, triangulaire comme la tension d'entrée, ce qui déforme la sinusoïde. Cette déformation ne se produit pas, car le courant d'entrée d'un amplificateur opérationnel est (presque) nul. L'amplificateur opérationnel monté en suiveur permet donc au montage de délivrer une puissance suffisante tout en gardant en sortie une tension identique à celle des diodes.

presque suffisant

Le paragraphe précédent pourrait laisser croire que le montage de la figure 1 est un conformateur sinusoïdal parfait. Hélas, la réalité est fort différente de la théorie. Il suffit de se reporter à la photographie d'écran d'oscilloscope de la figure 4b. L'onde de forme aplatie n'est plus un triangle, mais nous sommes encore loin d'une sinusoïde. Il semble que les diodes écrètent trop la tension d'entrée. Pour obtenir une forme d'onde plus proche de la théorie, il convient de compléter le diviseur de la figure 1 par un autre diviseur, qui réinjectera à l'entrée une fraction de la tension de sortie. La figure 3 montre la réalisation pratique. La réaction permet aux diodes d'être comme « suspendues », avec comme conséquences que la tension à leur bornes n'augmente pas autant, et que l'écrêtage est moins énergétique. Si la tension d'entrée augmente, une tension apparaît entre la masse et le curseur du potentiomètre P3. La tension entre R6 et masse change peu par rapport à la figure

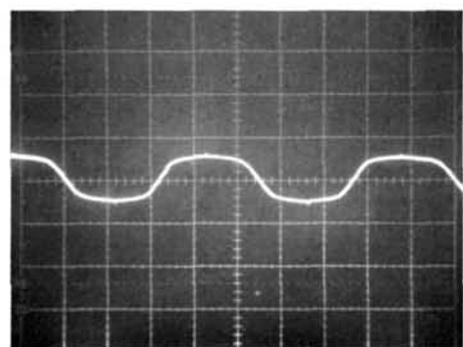
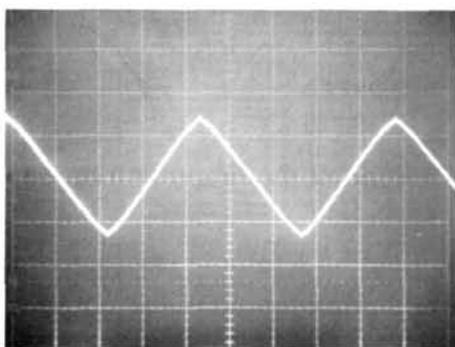


Figure 4 - A gauche, le signal triangulaire à l'entrée du montage de la figure 1. A droite, le signal de sortie du montage de la figure 1 est encore loin du sinus. Les points sont beaucoup trop aplatis.

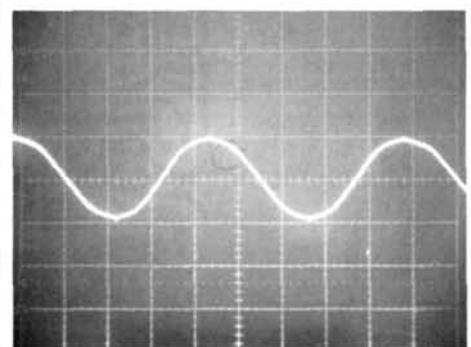
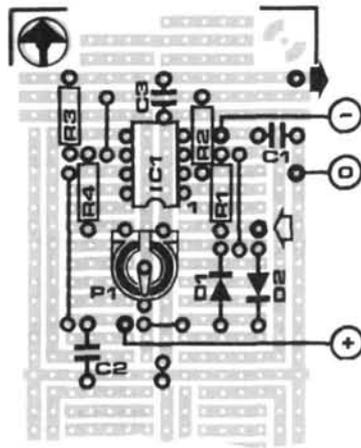


Figure 5 - Si la tension aux bornes des diodes est liée à la tension de sortie, la distorsion est nettement moindre.

re 1. Simplement la tension aux bornes des diodes est nettement inférieure. En d'autres termes, c'est une petite partie seulement de la caractéristique de la diode qui sera « décalquée ». Si le potentiomètre est bien réglé, la tension aux bornes des diodes dépassera à peine le coude des 0,6V. Le résultat de cette réaction est représenté par la figure 5, il est très proche de la sinusoïde. Il faut remarquer cependant que la sinusoïde ne serait pas aussi belle en l'absence de R8 et de C5. Ils constituent un filtre passe-bas qui améliore la forme de la sinusoïde. Il reste une différence entre le schéma de la figure 1 et celui de la figure 3: la sortie n'est pas reliée à l'entrée inverseuse directement, mais par l'intermédiaire de la résistance R7. Elle n'est inutile qu'en théorie, car en pratique, comme le courant des entrées n'est que **presque** nul et non parfaitement nul, le comportement de l'amplificateur est amélioré si les deux entrées voient la même résistance en série (R6 = R7).

construction et réglage

La figure 6 montre que le montage tient sur une demi-platine d'expérimentation de format 1. Les composants et les ponts sont peu nombreux, et la construction facile. Le circuit imprimé de la figure 7 est prévu pour recevoir, en plus des deux parties que nous avons déjà examinées, l'alimentation et l'amplificateur de sortie que nous verrons dans le prochain numéro.

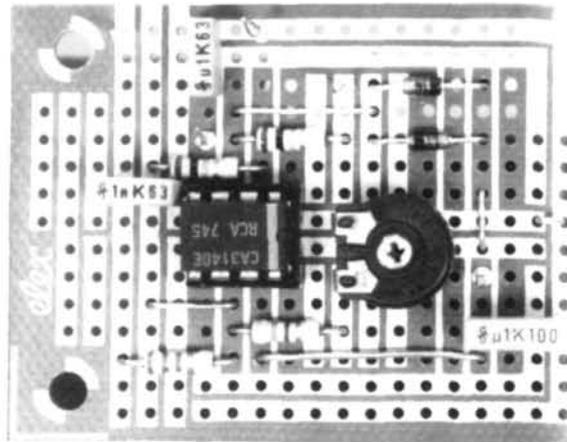


liste des composants

- R6, R7 = 10 kΩ
- R8 = 220 Ω
- R9 = 470 Ω
- P3 = 1 kΩ variable
- C6 = 1 nF
- D1, D2 = 1N4148
- IC3 = CA3140

Figure 6 – Le conformateur tient sur une demi-platine d'expérimentation de format 1. N'oubliez pas les ponts de câblage et orientez correctement le circuit intégré.

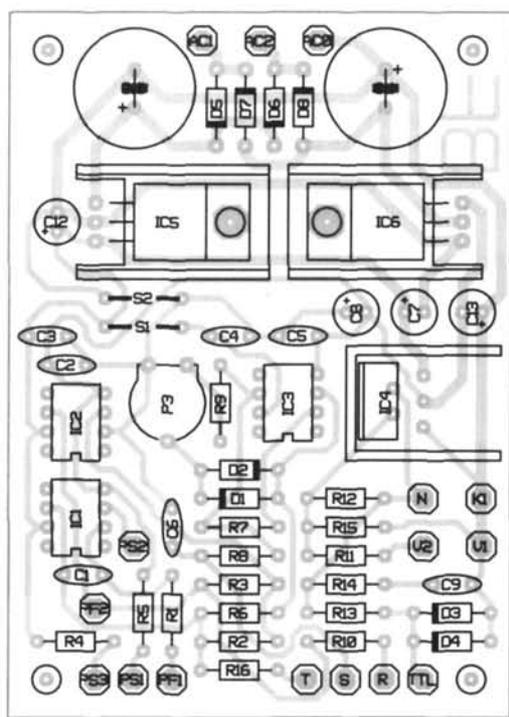
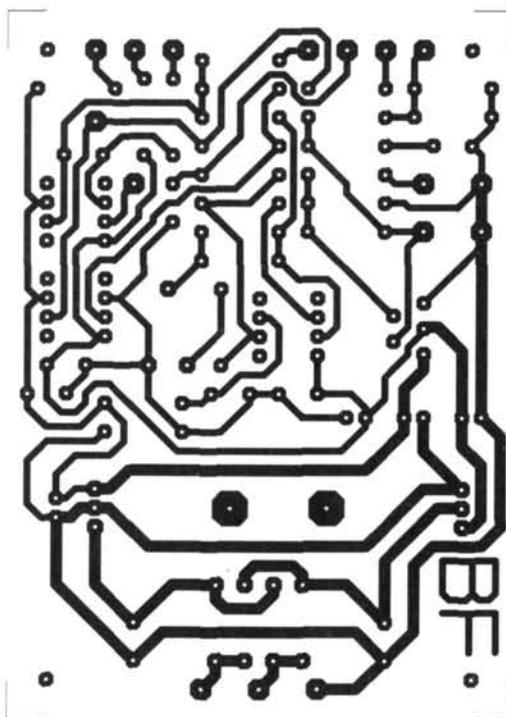
Si vous construisez votre générateur sur des platines séparées, vous pouvez passer au test du conformateur. Raccordez-le à



une alimentation symétrique et au générateur de triangle du mois dernier. Placez P3 au milieu de sa course et connectez un oscilloscope à la sortie. Si la construction est conforme au schéma, une onde à peu près sinusoïdale doit apparaître. Réglez P3 pour la rendre aussi proche que possible d'une sinusoïde. Vous pouvez vous aider de la forme de la tension de sortie d'un transformateur alimenté par le secteur (l'idéal est de disposer d'un oscilloscope à deux voies).

896005

Figure 7 – C'est dans le prochain numéro d'ELEX que vous trouverez les schémas qui compléteront le générateur de fonction tel qu'il est monté sur le circuit imprimé dessiné pour vous par J.-P. Brodier à l'aide du programme LAYO.



accumulateurs de sauvegarde

Pour éviter l'utilisation de piles, il suffit de se brancher sur le secteur, par l'intermédiaire d'une petite alimentation. L'inconvénient est que si la tension vient à tomber brusquement (suite à une panne de "courant") l'alimentation ferme boutique : si l'appareil n'a pas de garde-manger, de réserve d'énergie, il ne fonctionne évidemment plus.

Ne craignez plus les coupures de tension du secteur

Vous avez par exemple monté une superbe alarme pour protéger votre foyer et vos biens contre toutes sortes de malheurs... L'appareil tire cependant son énergie du secteur, ce qui le rend inapte à remplir sa fonction si celui-ci vient à défaillir. Faut-il prévoir une alimentation par piles ?

télécommunications. Si les amateurs d'électronique que nous sommes sont loin d'avoir de tels besoins, leurs appareils, lorsqu'ils ne dépassent pas certaines proportions, peuvent être équipés d'accumulateurs de sauvegarde. Un regard sur la figure 1 vous convaincra de la simplicité du montage.

cadmium-nickel

tour de diode

Une chance que l'on ait inventé les accumulateurs. Il ne faut ajouter qu'une paire de composants à une alimentation ordinaire, et bien sûr un accumulateur, pour qu'en principe n'importe quel appareil devienne insensible aux perturbations du secteur.

En principe, parce qu'en pratique le système a ses limites : la consommation de l'appareil alimenté ne doit pas être excessive. Les banques, les hôpitaux, tous les établissements qui ne peuvent pas subir, sans dommages graves, une panne d'électricité disposent de groupes électrogènes voire de batteries de batteries qui occupent des édifices entiers dans le cas des

Les exemples que nous donnons par la suite sont basés sur des alimentations de 5 V (100 mA) pourvues d'un stabilisateur de tension 78L05, d'un accumulateur de 9 V et d'un transformateur qui fournit à l'ensemble une tension alternative de 10 V (plus loin nous adapterons le circuit à un bloc secteur ordinaire). Il est important de se rappeler qu'il faut fournir à un stabilisateur du type 78XX, avec ou sans L, une tension supérieure d'au moins 3 V à sa tension de sortie ; de même, il est impératif que la tension redressée et filtrée soit supérieure de quelques volts à celle de l'accumulateur.

Figure 1 - Exemple d'une alimentation de 5 V équipée d'un accumulateur de sauvegarde. La valeur de R1, qui assure une charge goutte à goutte de l'accumulateur, dépend de la tension délivrée par le transformateur et de la capacité de l'accumulateur. La position du témoin de fonctionnement, D2, évite qu'en cas de panne de secteur l'accumulateur n'y gaspille son énergie.

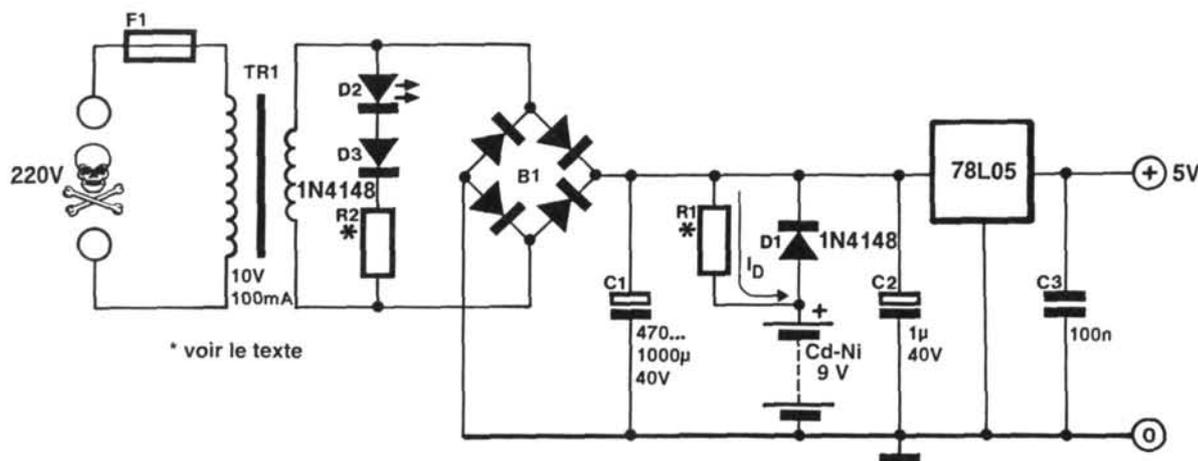
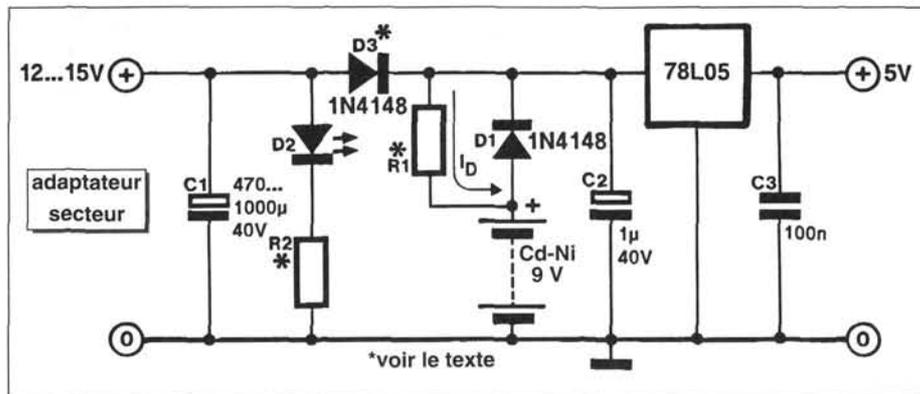


Figure 2 - Le même circuit présente moins de danger s'il est branché à la sortie d'un bloc de secteur.



À part les LED dont la situation, en amont du pont redresseur, peut paraître étrange, on ne voit guère sur la figure 1 qu'une alimentation ordinaire. Quelques composants, R1, D1 et les accumulateurs au cadmium-nickel, laissent quand même supposer que c'est un peu plus. Il faut pour commencer faire abstraction de R1. Sur la cathode de D1, à l'entrée du stabilisateur, on peut mesurer une tension de 14 V (oui, 14, à cause d'une racine de 2 sur laquelle nous reviendrons). Il n'est pas essentiel que nous ayons cette valeur très précisément, elle peut varier en fonction du transformateur utilisé. Sur l'anode de D1, la tension est celle de l'accumulateur de 9 V. Il va de soi dans ces conditions que la diode n'est pas passante : aucun courant ne circule de l'accumulateur vers l'entrée du stabilisateur (mais oui) ; l'accumulateur ne reçoit pas de courant du pont de diodes. Aussi longtemps que le secteur remplit son office, les choses restent en l'état. Si la tension qui règne sur la cathode de D1 vient à tomber en dessous de 8,4 V (9-0,6), en cas de panne du secteur, l'accumulateur prend le relais sans se faire prier. Est-ce assez simple ? C'est assez simple. Encore faut-il qu'il soit chargé.

décharge

Les accumulateurs ont aussi leurs défauts. Sans parler de leur prix, de leur durée de vie quand même limitée, des poisons qu'ils contiennent (le cadmium n'est pas un ami de la nature), ils ont une fâcheuse tendance à se décharger. Un accumulateur chargé à bloc peut se vider en quelques semaines ou quelques mois (le délai dépend de la température à laquelle il est stocké) sans qu'on lui demande rien : un accumulateur de sauvegarde vide n'est pas d'un très grand intérêt. Il ne se vide cependant que goutte à goutte, nous allons donc compenser les pertes de la même façon. Comment cela ? Vous le savez sans doute, la charge d'un accumu-

lateur au cadmium-nickel s'effectue à courant constant. Pour connaître ce courant, il suffit de lire l'étiquette, puisque son intensité est de 10% de sa capacité. (Si vous ne trouvez pas le court-circuit dans la dernière phrase, vous n'êtes pas très attentif...) Lisez l'étiquette d'un petit accumulateur de 9 V : sa capacité est de 100 mAh, il faut donc le charger sous un courant de 10 mA (pendant 14 h s'il est vide). Une fois qu'il est plein, on peut continuer la charge au goutte-à-goutte sous un courant I_D d'environ 20% du courant précédent. De cette façon, nous ne faisons pas courir à l'accumulateur le risque d'une surcharge qui le ferait chauffer, le détruisant sans remède.

résistance

Le rôle de R1, que nous remettons maintenant dans le circuit de la figure 1 ne doit plus vous échapper. Cette résistance laisse circuler I_D du pont de diodes vers l'accumulateur. Son choix nécessite quelque soin, nous allons donc donner un exemple de la façon dont on peut la calculer.

Pour commencer nous mesurons la tension (toujours par rapport à la masse lorsqu'aucune autre précision n'est donnée) aux bornes du condensateur de lissage C1. Nous trouvons 14 V par exemple, après avoir attelé notre alimentation à l'appareil dont elle devra assurer le fonctionnement. Si nous avions procédé autrement, la tension mesurée aurait été plus élevée et le calcul faussé. Nous disposons d'un accumulateur de 9 V, d'une capacité de 100 mA. Le courant de charge, selon nos critères, est de 10 mA, celui de goutte à goutte de 20% de 10 mA sera de 2 mA. Nous avons ainsi tous les éléments pour calculer R1 : la chute de tension à ses bornes de 14-9 = 5 V et le courant qui la traverse, 2 mA. En appliquant la loi d'Ohm, nous obtenons :

$$R1 = 2,5 \text{ k}\Omega$$

la valeur normalisée la plus proche est de 2,7 k Ω . Comme vous le voyez, un accumulateur de sauvegarde n'est ni long ni difficile à calculer.

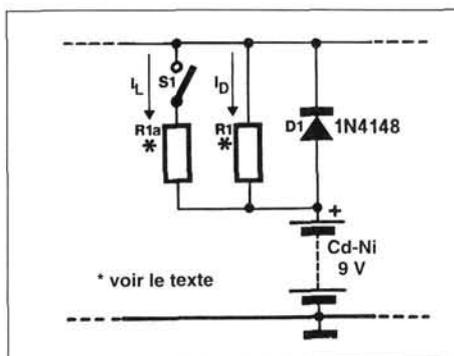
témoin de fonctionnement du secteur

Revenons sur D2, la LED dont la position peut paraître étrange. Elle doit servir d'indicateur de fonctionnement à notre alimentation. Pourquoi l'avoir placée là ? Tout simplement parce que, même si les pannes de secteur sont de courtes durées (rarement supérieures à une heure), il était malséant d'en confier la consommation (20 mA environ) à l'accumulateur qui a déjà assez à faire. En la plaçant avant le pont de diodes, nous ne permettons pas que la sauvegarde l'alimente. Reste qu'avant le pont de diodes, la tension n'est pas redressée, ce qui veut dire que la LED conduit la moitié du temps, restant bloquée pendant l'autre. Or une LED n'est pas une diode ordinaire. Une diode comme la 1N4148, peut supporter, sans claquage irréversible, une tension de 75 V en inverse, une LED ne tient que quelques trois à cinq malheureux volts : associations, nous aurons la lueur de l'une et la tenue en inverse de l'autre. Va-ce clignoter ? Bien sûr, à 50 Hz, la LED, s'éteindra 10 ms sur 20 de chaque période, elle brillera moitié moins à vos yeux, c'est tout... ou ne brillera qu'une fois si nous négligeons la résistance-talon R2. Son calcul serait simple en continu, il n'est guère plus compliqué en alternatif. Supposons que le transformateur fournisse une tension de 10 V, la LED se contentera d'un courant de 20 mA de sorte que, si la chute de tension provoquée par la diode et la LED est de 2,2 V :

$$R2 = (10 - 2,2) : 20 = 390 \Omega$$

Cette valeur est une valeur normalisée, qui tombe plutôt bien. C'est parce que nous avons pris par erreur la tension efficace alors que nous aurions dû prendre la

Figure 3 – Une résistance en parallèle à R1 et un interrupteur pour mettre en circuit cette dérivation, c'est tout ce qu'il faut pour compléter le montage d'un rechargeur d'accumulateur.



tension crête de 14 V... Ce calcul peut n'être qu'approximatif pour la (bonne?) raison que la LED peut supporter entre 20 et 50 mA (au maximum).

adaptateur secteur

Nous avons décrit les choses avec une alimentation classique, alors que nous avons l'habitude de vous recommander les adaptateurs secteur (les plus rudimentaires), pour de pures raisons de sécurité: ils sont "aux normes". En fait, tout ce qui précède peut leur être appliqué. La tâche vous sera cependant facilitée si vous prenez modèle sur la figure 2. Le transformateur et le pont de diodes y sont remplacés par une prise adaptée à l'adaptateur. La présence du condensateur C1 n'est pas obligatoire si la tension est lissée convenablement en amont. Il ne peut cependant causer de dommages que si sa capacité est trop élevée (trop fort appel de courant pendant une trop longue durée à la mise sous tension), nous le recommandons donc. Les autres points, déjà énoncés, concernent la tension fournie à l'entrée du stabilisateur qui doit être de 3 V supérieure à sa tension de sortie. Si la tension fournie par le bloc de secteur est de quelques volts supérieure à celle de l'accumulateur, nous roulons sur l'or. Seul problème à résoudre d'une manière un peu différente, celui du témoin de fonctionnement: la diode D3 fournit la solution qui évite à l'accumulateur de s'en occuper lorsqu'il a à faire en aval lors d'une panne. Il faut toujours prendre garde, pour le calcul de R1, de mesurer la tension sur les cathodes de D1 et D3, en chargeant le circuit. Le calcul de la résistance de limitation de courant dans la LED ne devrait pas poser de problème puisqu'elle est alimentée en continu.

le chargeur en prime!

Puisqu'il ne faut pas grand chose pour compléter le circuit d'une remise en charge "normale" de l'accumulateur après utilisation, ne nous en privons pas: une résistance supplémentaire, R1_a parallèle à R1 et un interrupteur pour la mettre en circuit lorsque le besoin s'en fait sentir (figure 3). La résistance équivalente à ces deux résistances en parallèle permet à un courant plus important de circuler. Calculons R1_a avec les valeurs que nous avons prises plus haut. Le courant de charge de l'accumulateur est de 10 mA. La résistance équivalente laissant passer ce courant est R_T:

$$R_T = 5 : 10 = 500 \Omega$$

Nous savons aussi que:

$$1/R_T = 1/R_{1a} + 1/R1$$

Le calcul de R1_a n'est pas compliqué:

$$R_{1a} = (R1 \times R_T) / (R1 - R_T)$$

Nous avons choisi R1 égale à 2,7 kΩ donc:

$$R_{1a} = (2700 \times 500) : (2700 - 500) = 614 \Omega$$

Avec une valeur normalisée de 680 Ω choisie dans la série E12, nous en sommes assez près.

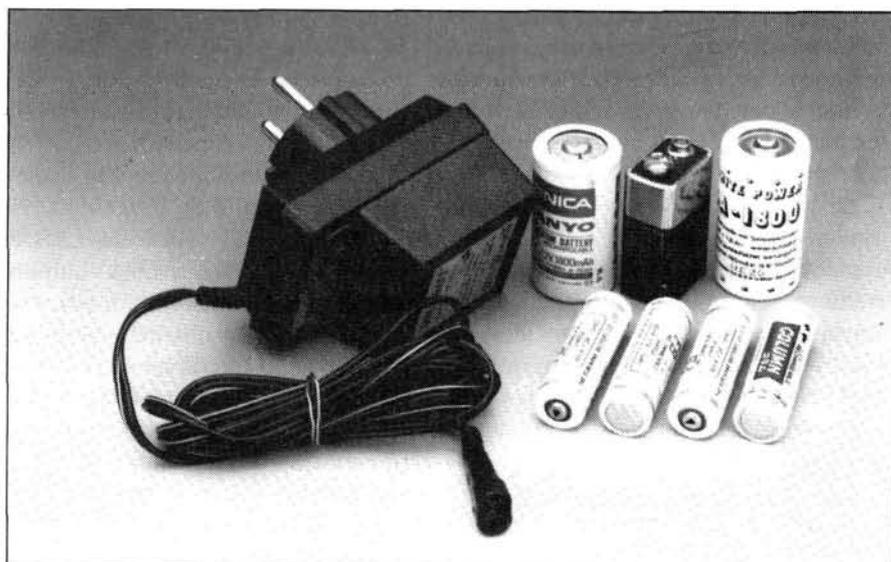
Cd-Ni ou Pb

Les accumulateurs au cadmium-nickel (Cd-Ni) sont assez chers. Si vous préférez utiliser une batterie au plomb (Pb) pour cette sauvegarde, ne câblez pas R1, puisque le goutte-à-goutte n'a plus lieu d'être ici. Nous ne nous étendrons pas sur les précautions à prendre pour l'utilisation de ces batteries puisqu'elles sont connues de ceux qui les possèdent.

avertissement

Les applications de ce circuit de sauvegarde ne sont pas limitées aux montages maison. On peut aussi l'utiliser pour alimenter un appareil du commerce, comme un radio-réveil par exemple. Devons-nous vous en dissuader? Nous le devons. Les constructeurs ne sont pas responsables des accidents qui peuvent survenir aux utilisateurs s'ils interviennent sur leurs appareils alimentés par le secteur, même si c'est pour les améliorer. Si vous disposez de leurs schémas, étudiez-les soigneusement avant d'opérer et retirez les prises avant de mettre vos pinces, celles d'Adam ou d'autres, ou vos tournevis dedans.

886104



chenillard

Qui ne connaît *Knightrider* ou *Battlestar galactica**, films qui utilisent un montage identique à celui décrit plus loin pour équiper d'un intimidant "regard électronique" aussi bien les véhicules que les robots. Ce regard électronique mobile (et aveugle quoiqu'éclairant) n'est en fait constitué que d'une rangée de lampes ou de LED qui s'allument puis s'éteignent les unes après les autres. Elles donnent l'illusion à celui qui les voit d'un œil qui explore l'espace de gauche à droite puis de droite à gauche.

le circuit

Le schéma (figure 1) ne compte pas moins de 16 LED** dont les anodes sont reliées au pôle plus de l'alimentation (12 V) par l'intermédiaire de la résistance R1. Une LED brille si son autre extrémité, la cathode, est à un potentiel suffisamment bas par rapport à celui qui règne sur son anode: le potentiel de l'autre pôle de l'alimentation convient parfaitement. Nous n'obtiendrons l'effet désiré que si une seule LED brille à la fois, si donc une seule cathode est au potentiel de la référence. Le circuit intégré IC3 fait ainsi passer à tour de rôle ses sorties (marquées S0 à S15) à l'état bas. La première, S0, passe à zéro puis revient à un lorsque S1 passe à zéro, qui revient à un lorsque S2 passe à son tour à zéro et ainsi de suite jusqu'à S15. À ce moment-là le processus s'inverse, le niveau zéro se propage de S15 à S0. Comment fonctionne IC3 ?

décodeur

Le 4515 est un circuit CMOS connu comme « décodeur-démultiplexeur 4 vers 16 ou 1 parmi 16 avec entrée de validation du verrou et sorties inversées ». Il a quatre entrées, marquées D1 à D4 (D comme données) et seize sorties. Les entrées peuvent prendre deux niveaux: haut, lorsqu'elles sont à un potentiel proche de celui de l'alimentation (12 V); bas lorsque ce potentiel est voisin de celui de la référence (0 V). Ces niveaux hauts et bas peuvent représenter des chiffres, "1" et "0" qui, pris dans un certain ordre formeront un nombre. Les anglophones appellent cette façon de faire *digital* (de *digit*, doigt ou chiffre) les francophones numérique, faute de disposer d'un adjectif correspondant à *digital*. Les seize sorties du circuit intégré

* En français: « Genou ridé » (sous entendu, « nous voir si belle ») et « Bath étoiles à galettes ».

** Un ouvrage (à compte d'auteur) qui conterait la façon dont les schémas comptent, compterait-il beaucoup de lecteurs contents ?

Prévu pour enrichir un modèle réduit (robot ou véhicule) d'un œil lumineux mobile, ce montage met en œuvre deux circuits intégrés, un compteur programmable et un décodeur, qui méritent de figurer dans votre schémathèque. Les fanatiques de modèles réduits se précipiteront à la fin de l'article pour graver le circuit imprimé et câbler sans plus attendre, les autres prendront le chemin des écoliers et verront en notre compagnie dans tous leurs détails les CMOS 4515 et 4029 pour leur trouver peut-être des applications plus prosaïques.

sont à 1, sauf une. À cette sortie, dite active, correspond un nombre sur les entrées de données. Combien de nombres est-il possible de représenter avec ces quatre entrées ? Avec une entrée nous pouvons en représenter deux, 0 et 1. Avec deux entrées 2x2 (00, 01, 10 et 11), avec trois, deux fois plus et encore deux fois plus avec quatre, ce qui donne 2⁴ soit seize nombres, chacun correspondant à une sortie parmi les 16. Les petits ronds signifient que les sorties d'IC3 sont pourvues d'inverseurs (si cela vous ennuie, remplacez IC3 par un 4514 qui n'a pas d'inverseurs en sortie mais ne vous trompez pas dans le câblage des LED).

compter en base deux

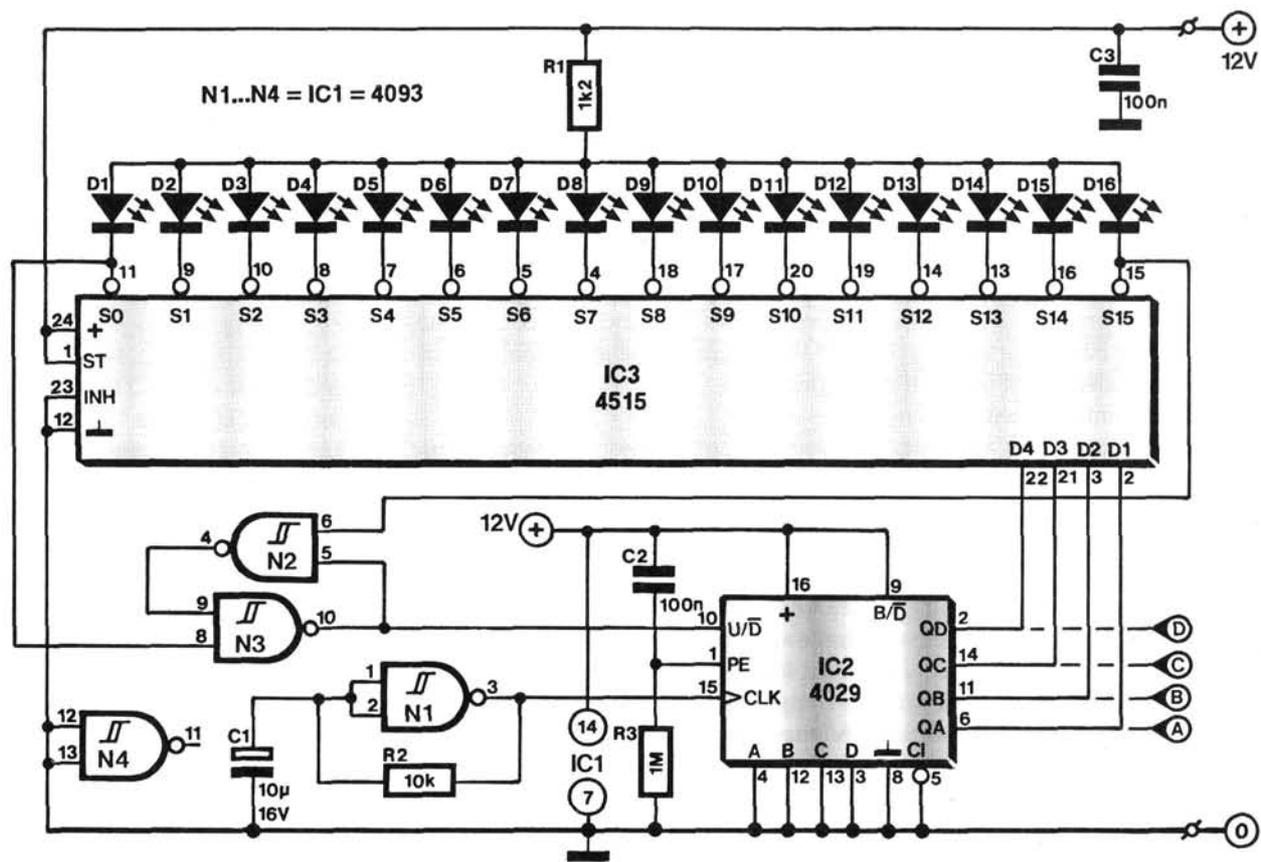
Les nombres présents à l'entrée d'IC3 se suivent: il suffit d'ajouter 1 à 0001 pour obtenir 0010. Ceux de nos lecteurs qui sont familiers du système de numération à base deux ont compris que les seize nombres qu'il est possible de mettre à l'entrée du circuit sont les nombres de 0 à 15 ou plus exactement de 0000 à 1111 que l'on retrouve sur le tableau 1 avec leur transcription décimale.

Si nous pouvons faire prendre aux entrées d'IC3 les valeurs de la table, de 0000 à 1111, puis de 1111 à 0000, les LED, de D1 à D16, puis de D16 à D1 s'allumeront à tour de rôle. Il nous faut donc un compteur-décompteur binaire, ce sera IC2. Le nombre de sorties de celui-ci de QD à QA correspond au nombre d'entrées D4 à D1 d'IC3: c'est un compteur à quatre bits (*Binary digiT* ou chiffre binaire). Un tel circuit contient quatre bascules en cascade. Chacune de ces bascules fonctionne en diviseur (de fréquence) par deux. L'application à l'entrée de la première d'une ten-

sion carrée de fréquence donnée permet de recueillir à sa sortie une tension carrée dont la fréquence est de la moitié. Ce signal de sortie injecté à la seconde bascule, voit sa fréquence à nouveau divisée par deux et ainsi de suite. La sortie de chaque bascule est accessible à l'utilisateur en QA, QB, QC et QD. L'entrée de la première est tout simplement l'entrée d'horloge CLK à laquelle on applique la tension en créneaux initiale.

Tableau 1 – Dans la colonne de gauche se trouvent les nombres de 0 à 15 du système en notation hexadécimale ("A" pour 10, "B" pour 11, "C" pour 12, "D" pour 13, "E" pour 14 et "F" pour 15). Puis sur quatre colonnes, à droite, leur version binaire (de 0000 à 1111) et enfin, pour chaque nombre, les niveaux logiques correspondant aux sorties du décodeur.

D0 à D3	S0 à S15															
	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15
0 0000	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1 0001	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2 0010	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3 0011	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4 0100	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5 0101	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6 0110	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7 0111	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
8 1000	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
9 1001	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
A 1010	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
B 1011	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
C 1100	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
D 1101	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
E 1110	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
F 1111	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0



Cette tension se retrouve avec une fréquence divisée par 2 en QA, par 4 en QB, par 8 en QC, par 16 en QD. C'est précisément ce qu'il nous faut pour obtenir les seize positions successives du compteur. Regardez-les, de haut en bas, colonne du milieu, sur le tableau 1 : le bit de droite (le LSB de l'anglais *Least Significant Bit*, le moins significatif, que nous pourrions appeler "le bit des unités") change de valeur à chaque tour de roue, pardon, à chaque ligne, au début de chaque période du signal d'horloge (figure 1b); le suivant, celui des "deuzaines", change de valeur chaque fois que le LSB a fait un tour de roue, pardon, a changé deux fois de valeur, toutes les deux lignes, et ainsi de suite pour les deuzaines de deuzaines (quatraines) toutes les quatre lignes, les huitaines, toutes les huit lignes. En numération décimale, celle qu'utilise un compteur kilométrique, le chiffre des dizaines "augmente" (un chiffre peut-il augmenter?) lorsque celui des unités a augmenté dix fois, autrement dit, le chiffre des unités augmente dix fois plus vite que celui des dizaines (les diviseurs de fréquence divisent par dix). En numération binaire nous avons la même chose à la différence près qu'un chiffre augmente deux fois plus vite que celui qui lui succède à gauche au lieu de dix fois. Tout ceci parce que nous n'avons que deux chiffres (0 et 1) à notre disposition pour compter. Serait-

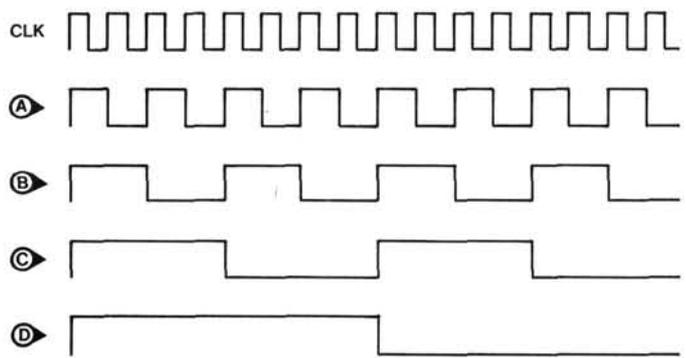


Figure 1 - Le décodeur IC3 commande l'éclairage d'une LED à la fois sur les seize, qu'il sélectionne en fonction de l'information codée sur quatre bits qu'il reçoit d'IC2, compteur/décompteur binaire. L'information codée, c'est le nombre de périodes du signal d'horloge que transmet à IC2 le multivibrateur câblé autour de N1. La bascule RS formée par N2 et N3 commande IC2 en compteur ou décompteur. Si le chronogramme en 1b ne "compte" pas, que fait-il ?

ce plus simple si nous vous parlions de compter "à l'anglaise" sur les doigts? À la sortie d'IC2 nous avons quatre doigts qui n'ont pas le même poids, l'un (A) représente les unités, le second (B) les deuzaines, le troisième (C) les quatraines, le dernier (D) les huitaines. Chacun de ces doigts peut prendre deux états, replié pour 0 (absence de tension) étendu pour 1 (présence d'une tension). Le doigt de plus petit poids s'appelle le LSD (*Low significant Digit* celui dont le poids est le plus grand le MSD (*Most Significant Digit*) ou plus précisément LSB et MSB (B pour bit) puisque ces *digit* sont des "binaires digit",

qui ne peuvent prendre que deux valeurs 0 et 1. La figure 1b nous donne le chronogramme des sorties d'IC2, c'est-à-dire l'image de la tension sur ces sorties en fonction du temps (au "décomptage" pour répondre à la question posée dans la légende). La division de la fréquence par deux ou le doublement de la période y est manifeste. Il nous reste à produire le signal du haut de cette figure, le signal d'horloge.

générateur d'horloge

Le signal en créneaux, dont les bascules contenues dans IC2 divisent la fréquence, est fourni par le multivibrateur astable construit autour de N1, un inverseur à trigger (déclencheur) de Schmitt dont, par définition, l'état de la sortie est toujours opposé à celui de l'entrée: si la tension à son entrée dépasse une certaine valeur (niveau haut), celle présente à sa sortie tombe à 0 V (niveau bas); si la tension à son entrée tombe en dessous d'une autre valeur, la sortie présente une tension sensiblement égale à la tension d'alimentation. Si la différence de potentiel entre la sortie et l'entrée de l'inverseur n'est jamais nulle, un courant traverse R2. S'il circule de la broche 3 vers la broche 1 de N1, comme l'inverseur ne laisse passer qu'un courant négligeable, le condensateur C1 se charge jusqu'à ce que l'entrée de N1 reconnaisse le potentiel de l'armature qui lui est liée pour un niveau haut. La sortie de N1 passe alors au niveau bas de sorte que le courant qui traverse R2 circule maintenant dans l'autre sens: le condensateur se vide et la tension à l'entrée de l'inverseur diminue progressivement jusqu'à être prise pour un niveau bas. Lorsque le condensateur se charge, la tension à la sortie de N1 proche de 12 V est pratiquement constante. Lorsque le condensateur se décharge, la sortie de N1 est pratiquement à la masse. La sortie de N1 présente donc une tension en créneaux dont la fréquence est fonction des dimensions de C1 et de R2: un condensateur se remplit d'autant plus rapidement que sa capacité est plus petite et que l'intensité du courant de charge est plus élevée. Une grande capacité et/ou une grande résistance donneront à la sortie de N1 un

signal de fréquence basse (période longue); une petite capacité et/ou une petite résistance provoqueront des changements d'états plus fréquents à la sortie de l'inverseur. Quelle conséquence pour le chenillard? Dans un cas (fréquence basse) chaque LED restera plus longtemps allumée mais s'allumera moins souvent; dans le second cas (fréquence élevée) chaque LED s'allumera plus souvent mais moins longtemps.

bascule

Les LED, comme nous l'avons dit, s'allumeront à tour de rôle de D1 à D16, en ordre croissant, puis en ordre décroissant, de D16 à D1. Il faut donc que le compteur puisse aussi compter à rebours. C'est prévu: le 4029 est pourvu d'une entrée U/\bar{D} de comptage, si elle est au niveau haut, de décomptage si elle est au niveau bas. Comme vous le voyez sur la figure 1a cette entrée est reliée à une bascule bistable RS fabriquée avec deux opérateurs ET-NON N2 et N3. Un opérateur ET-NON fonctionne comme un opérateur ET suivi d'un inverseur. La sortie d'un opérateur ET n'est à 1 que si toutes ses entrées sont à 1. La sortie de l'inverseur sera donc à 0 lorsque toutes les entrées seront à 1 et à 1 dans tous les autres cas.

Comment fabrique-t-on une bascule avec des opérateurs ET-NON? Regardez le schéma: la sortie de N2 est reliée à une entrée de N3 comme la sortie de N3 à une entrée de N2. Les entrées libres de chaque opérateur sont utilisées soit pour mettre (Set) une sortie dite Q (broche 10 de N3) de la bascule à 1, soit pour la remettre (Reset) à 0; l'autre dite Q ou NON-Q (broche 4)

prend l'état opposé. Lorsque la sortie Q est à 1, le passage à 0, même fugitif, de la broche 6 de N2 la fait basculer à 0. Pour que cette sortie revienne à 1 il faut que la broche 8 voie à son tour un 0.

Dans le présent circuit, la bascule est mise à 1 par le passage à zéro de S0 ou remise à 0 par celui de S15. Dès que la sortie S0 d'IC3 passe à 0, ce qui a pour effet d'allumer la LED D1, la bascule est mise à un en conséquence de quoi IC2 compte, puisque son entrée U/\bar{D} voit ce "un" de la sortie de la bascule. Le compte d'IC2 s'arrête lorsque toutes ses sorties sont à 1, comme sur la dernière ligne du tableau. À ce moment en effet, la sortie S15 d'IC3 passe à zéro (la LED D16 s'allume), zéro qui commande la mise à zéro de la bascule par l'intermédiaire de sa broche 6. L'entrée U/\bar{D} est donc à 0: c'est le \bar{D} qui est actif. Au lieu de recommencer son compte à 0000, position qui suit normalement 1111, IC2 décompte: 1110 puis 1101 jusqu'à 0000. Les LED D15, D14 jusqu'à D1 s'allument successivement. Nous ne savons cependant pas encore dans quel état se trouveront les sorties du compteur à la mise sous tension. Est-ce laissé au hasard?

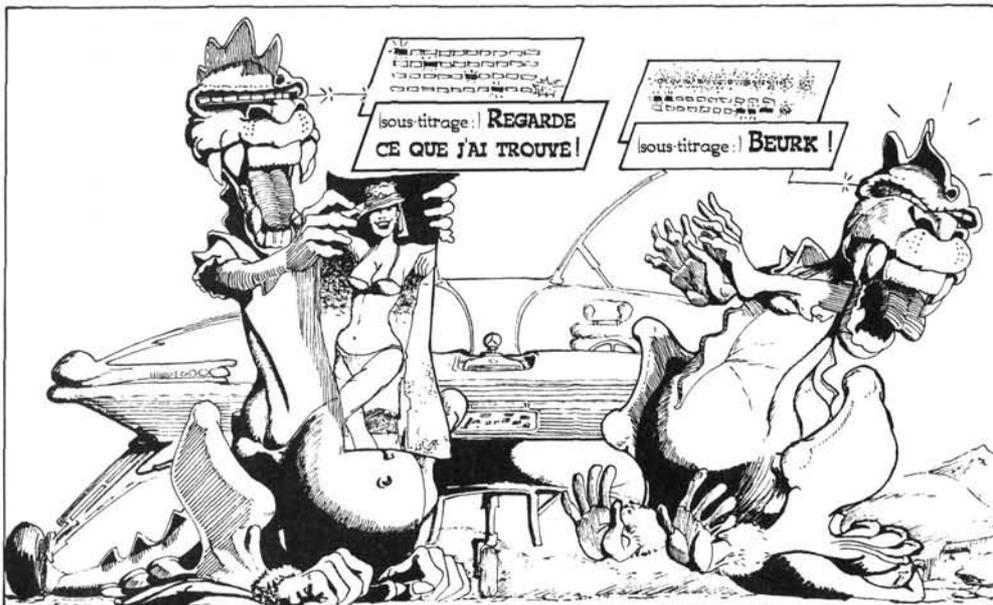
elex-abc

bascule

Les bascules sont des cellules de mémoire. Elles peuvent en effet conserver une information sous la forme d'un niveau de tension (correspondant le plus souvent à celui d'une des bornes de l'alimentation). Elles conservent ce niveau jusqu'à son remplacement par un autre ou jusqu'à leur remise à zéro. Leur mode de fonctionnement permet d'utiliser certaines bascules en diviseurs (de fréquence) par deux (ou diviseurs binaires).

trigger de Schmitt

Un trigger (littéralement "poussoir à ressort") de Schmitt est un dispositif à seuil, ou à retard (hystérésis) comme la détente d'une arme à feu (ce que tout le monde appelle improprement « gâchette »). Sa sortie ne change d'état que si le niveau de son entrée monte au-dessus d'un seuil supérieur de tension ou descend en dessous d'un seuil inférieur de tension. La différence entre les tensions du seuil supérieur et du seuil inférieur est appelée tension d'hystérésis.



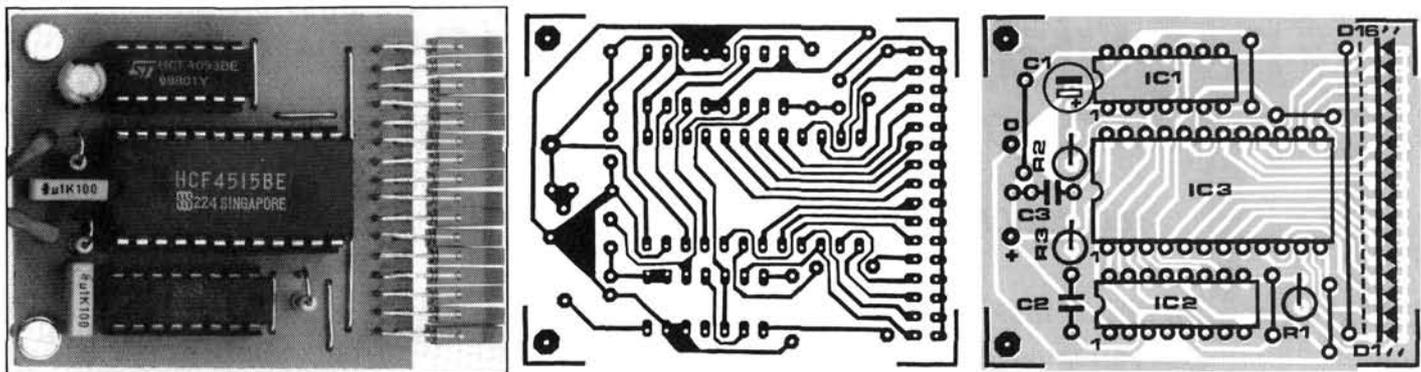


Figure 2 – Les LED ne seront peut-être pas implantées directement mais reliées par des fils à cette platine. N'oubliez pas les ponts de câblage !

Non, le câblage de certaines de ses broches n'a encore pas été expliqué. Que sont par exemple les entrées A, B, C, D, CI, PE et B/ \bar{D} ou, pour IC3, ST et INH ? C'est ce que nous allons voir.

programmation du compteur/décompteur et particularités du décodeur

Les quatre entrées A à D d'IC2 sont des entrées de « brouillage » (*Jamming*) ou de préselection ou de programmation, qui permettent d'imposer au compteur sa position de départ. Comme nous voulons qu'à la mise sous tension le compte démarre à zéro, elles sont reliées à la masse du circuit. Pour que les informations présentes sur ces entrées soient chargées dans le compteur, il faut que l'entrée de validation de la programmation (PE comme *Preset enable*) soit au niveau logique haut quel que soit l'état des autres entrées. Cette mise à niveau temporaire est confiée à C2 et R3 : à la mise sous tension la différence de potentiel entre les armatures du condensateur est nulle. L'entrée de validation de la programmation est donc à 12 V si bien que les informations présentes aux entrées A, B, C, D sont introduites dans le compteur. Le condensateur finit par se charger et PE prend le potentiel de la masse, ce qui l'inactive et permet aux autres entrées de prendre les commandes. Les sorties du compteur changent alors d'état sous la houlette du signal d'horloge, à partir des données programmées (0000 ici) et en fonction des niveaux imposés aux autres entrées : U/ \bar{D} que nous avons vu plus haut, CI et B/ \bar{D} dont nous allons maintenant parler.

Pour commencer, CI est une entrée de retenue (*carry-in* et *clock enable*) sans effet (dans cette application) au niveau logique bas. Si CI était au niveau haut, le compteur ne compterait plus et resterait insen-

sible au signal d'horloge. Nous fixons donc CI au niveau bas.

L'entrée B/ \bar{D} au niveau logique haut permet d'avoir toutes les positions à sa sortie de 0000 à 1111. Au niveau logique bas, sa dernière position serait 1001 soit 9 en numération décimale, après laquelle il reprendrait à 0000 ou compterait à rebours si l'entrée U/ \bar{D} passait au niveau bas. Ceci permet de l'utiliser comme compteur décimal. Dans cette application, dite binaire, l'entrée B/ \bar{D} est donc reliée au pôle plus de l'alimentation.

Les deux entrées d'IC3 dont la position doit être déterminée sont INH et ST. La première est une entrée d'inhibition, qui bloque à un toutes les sorties indépendamment de l'état des autres entrées. Comme cette fonction n'a aucun intérêt ici elle est inactivée par une liaison avec le pôle moins de l'alimentation. L'entrée ST (*Strobe* ou *LE Latch Enable* entrée de validation du verrou) est en revanche fixée au niveau haut. Lorsqu'elle est utilisée, au moment où elle passe au niveau bas, les données présentes aux entrées sont chargées dans le verrou et les sorties restent sans changement jusqu'à ce qu'elle repasse au niveau haut. Nous n'avons pas besoin ici de cette fonction de verrouillage. Les informations en provenance du compteur sont donc immédiatement décodées et présentées aux sorties dont les états successifs sont notés dans le carré de droite du tableau 1.

construction

Le grand nombre de liaisons établies entre les divers composants en rendrait le câblage difficile sur une platine d'expérimentation, c'est la raison d'être du circuit imprimé de la **figure 2**. Commencez par établir les ponts de fil, puis montez les composants qui posent le moins de problèmes : les résistances « à la mode japo-

liste des composants

- R1 = 1,2 k Ω *
- R2 = 10 k Ω *
- R3 = 1 M Ω

- C1 = 10 μ F/16 V (radial)*
- C2 à C3 = 100 nF

- IC1 = 4093 quadruple porte ET-NON à deux entrées à trigger de Schmitt
- IC2 = 4029 compteur/décompteur synchrone programmable binaire/décimal
- IC3 = 4515 décodeur/démultiplexeur 1 parmi 16 avec entrée de validation du verrou et sorties inversées
- D1 à D16 = LED rouge (plate)

Circuit imprimé

* Voir le texte

naise », verticales, les condensateurs. Si les broches des LED sont trop courtes pour le robot ou le véhicule sur lequel le circuit est monté, connectez-les par l'intermédiaire de fils. L'utilisation de supports pour les circuits intégrés est encore recommandée mais non obligatoire. Le problème de l'alimentation n'est pas difficile à régler puisqu'il est possible d'alimenter le montage entre 5 V (minimum) et 15 V. La résistance R1 est cependant prévue pour une alimentation de 12 V : pour une tension plus faible il faudra la recalculer (compter 10 mA environ pour l'intensité du courant et 1,6 V de chute de tension pour la LED). De même, l'alimentation a une influence sur la fréquence du multivibrateur astable construit autour de N1 : vous choisirez R2 et/ou C1 de façon expérimentale. Quoiqu'il en soit, la vitesse à laquelle l'œil lumineux se déplace est fonction de ces deux composants qu'il faudra donc adapter à vos goûts.

896072

régulateur de vitesse pour moteur à courant continu

régulation par modulation de largeur d'impulsion (PWM)

Une régulation qui ne dissipe pas énormément de chaleur, une commande réellement asservie à la vitesse du moteur, aucun composant très spécial, pas de dynamo tachymétrique, pas de micro-contrôleur... Cela existe, le fonctionnement est même assez simple pour que les rédacteurs d'ELEX comprennent tout. C'est la régulation idéale pour les petits moteurs à courant continu, comme ceux des modèles réduits de trains ou des perceuses.

La plupart des dispositifs de régulation proposés pour les petits moteurs sont en fait des sources de tension variable et régulée. À faible régime, donc à faible tension, les frottements et la charge du moteur font souvent qu'il se bloque ou tourne d'une façon heurtée. Le dispositif que nous proposons ici est une véritable régulation de la vitesse et non de la tension. Il convient pour les perceuses, aussi bien que pour les petits moteurs Meccano, Fischer ou Lego...

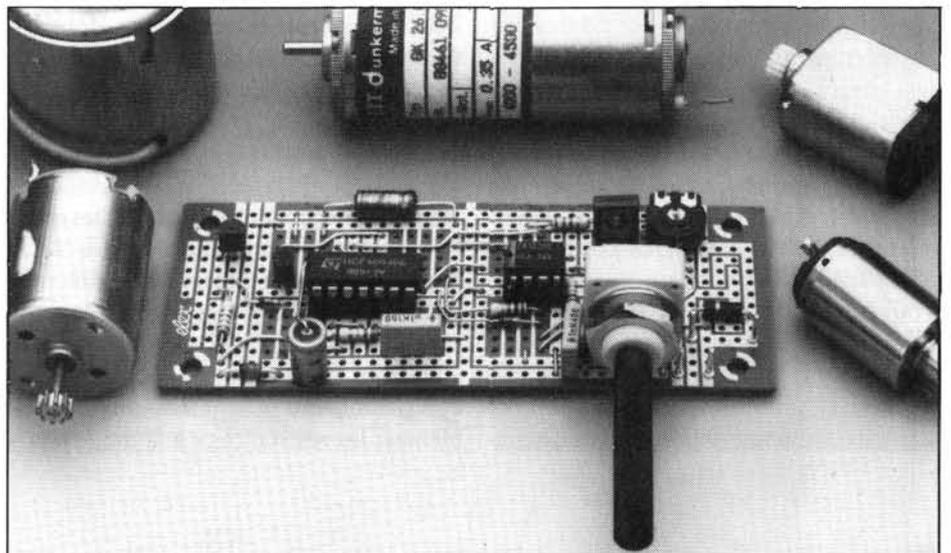
Il existe plusieurs façons de faire varier la vitesse de rotation d'un moteur à courant continu. La première, on pourrait dire la plus primitive, consiste à insérer une résistance variable en série dans le circuit d'alimentation. L'inconvénient est évident: si la charge mécanique du moteur augmente, l'intensité consommée augmente, et avec elle la chute de tension dans la résistance de réglage de vitesse; ainsi la tension d'alimentation, et la quantité d'énergie disponible, diminuent quand il faudrait qu'elles augmentent. C'est exactement le contraire de ce que nous voulons: le moteur a besoin

de plus d'énergie pour garder un régime constant.

Pour savoir de quoi nous avons réellement besoin en matière de réglage de vitesse, voyons comment procède un ferrovipathe*: il ne se reporte ni aux graduations du bouton de commande, ni à un voltmètre, il regarde le train lui-même. Il règle la position du bouton en fonction de la vitesse réelle de la motrice. Si elle attaque une forte pente et que la longueur de la rame risque de lui faire perdre trop de vitesse, le « mécanicien » compense l'augmentation de charge en tournant un peu plus le bouton. Autrement dit, il évalue la vitesse et adapte l'alimentation aux besoins.

Nous savons donc ce qu'il faudrait faire: mesurer électroniquement la vitesse du moteur et faire varier la tension d'alimentation. Si nous y parvenons, la vitesse de rotation sera constante et indépendante, dans une large mesure, de la charge mécanique du moteur. Il suffit pour cela que la tension d'alimentation soit déterminée par la vitesse du moteur. Si la charge augmente et que le régime a tendance à diminuer, la tension augmente automatiquement, jusqu'à ce que le régime revienne à sa valeur de consigne. Ce procédé s'appelle asservissement, la tension est « esclave » de la vitesse.

*Amateur de chemins de fer en modèle réduit. C'est une maladie incurable.



Pour réaliser un asservissement, il faut d'abord connaître, d'une façon ou d'une autre, la vitesse réelle du moteur. Ensuite, il faut comparer la vitesse réelle à la vitesse théorique ou souhaitée, la valeur de consigne. Pour finir il suffit, en fonction de l'écart constaté, de corriger la tension d'alimentation dans l'un ou l'autre sens.

Les régulations de moteurs industriels font appel, pour la mesure de vitesse, à un dynamo tachymétrique installée sur l'arbre. Cette dynamo délivre une tension proportionnelle à la vitesse de rotation, appliquée au régulateur électronique. Nous exploitons ici la propriété qu'ont les moteurs électriques de se comporter en dynamos (ou génératrices). Pour vous en convaincre, raccordez un petit moteur à un voltmètre, puis faites-le tourner à la main : le voltmètre dévie. Quand le moteur est alimenté par une tension continue, il se comporte aussi en génératrice, il produit une tension dite *force contre-électromotrice* proportionnelle à la vitesse de rotation. La vitesse du moteur est stable quand la *fcem* est égale à la tension d'alimentation. C'est ainsi qu'un moteur électrique adapte sa consommation de courant à l'effort mécanique qu'il doit fournir. Si la charge augmente, la vitesse diminue, de même que la force contre-électromotrice. Comme la tension d'alimentation est constante, le courant qui traverse le moteur augmente, ce qui produit une augmentation du couple et permet une augmentation de la vitesse, jusqu'à un nouvel équilibre. Cette adaptation a des limites : celles de la puissance du moteur et de la source de tension. Un moteur bloqué consomme autant de courant que la source peut en fournir sans exercer un couple suffisant à le faire tourner. Il n'y

a pas de force contre-électromotrice, l'intensité n'est limitée que par la résistance interne du moteur et celle de la source.

Nous voulons que la vitesse reste constante quand la charge augmente, donc que la force contre-électromotrice reste constante. Or le moteur a besoin de plus de courant pour répondre à l'augmentation de la charge, il faut donc augmenter la tension d'alimentation.

Nous avons déjà présenté un régulateur de vitesse avec compensation de la résistance interne du moteur (ELEX n°44, mai 1992, page 43). Il s'agissait d'une régulation linéaire, avec un amplificateur opérationnel de puissance et un radiateur, de puissance lui aussi. La régulation que nous vous proposons aujourd'hui se rapproche plus de l'alimentation à découpage que de la régulation linéaire. La tension d'alimentation est constante, mais elle est appliquée en impulsions, dont la durée (ou largeur) détermine la vitesse de rotation. Plus les impulsions sont larges, plus la tension moyenne appliquée au moteur est importante, plus il tourne vite. Un moteur alimenté de cette façon ne risque guère de se bloquer à bas régime, car la tension de chacune des impulsions est nettement supérieure à la tension minimale à partir de laquelle la rotation commence. Comme le « commutateur » est un transistor saturé ou bloqué, la dissipation de chaleur est réduite à un minimum.

Un autre avantage de cette méthode est que nous disposons des pauses (les intervalles entre les impulsions) pour mesurer la force contre-électromotrice, image de la vitesse. En effet, en l'absence d'alimentation, la tension aux bornes d'un moteur qui tourne est égale (ou presque) à la *fcem*. Nous n'avons donc pas besoin d'installer une dynamo tachymétrique, ou un deuxième moteur pour la remplacer, sur la perceuse miniature ou dans la

motrice ; nous allons utiliser le même moteur à la fois comme moteur, quand il est alimenté, et comme dynamo, pendant les pauses. La mesure de la tension et la régulation ne mettent en œuvre que des circuits connus.

schéma synoptique

Le rapport entre la durée de l'impulsion et la durée de la période est au maximum de 50%. C'est-à-dire que la tension appliquée au moteur est une tension rectangulaire qui peut, au maximum, être carrée : la durée de l'impulsion est égale à celle de la pause. Pour que le moteur puisse délivrer toute sa puissance, il faut donc que la tension d'alimentation soit le double de la tension nominale. Par exemple, un moteur prévu pour fonctionner sous 6 V doit voir une tension de 12 V pendant la moitié du temps. Le reste du temps, il fonctionne en générateur dont nous pouvons mesurer la *fcem*. Le schéma synoptique de la figure 1 montre quels sont les organes nécessaires. L'état de la bascule RS détermine le mode de fonctionnement du moteur, récepteur ou source de tension. La tension produite par le moteur-générateur est comparée par un circuit *ad hoc* à la tension du curseur d'un potentiomètre. Suivant le résultat de la comparaison, la bascule, normalement à l'état zéro est, ou non, mise à un. Quand la bascule est à zéro, le transistor-commutateur alimente momentanément le moteur. Nous disons momentanément, car l'oscillateur à 400 Hz (à gauche du schéma) remet périodiquement la bascule à un. Plus souvent le comparateur arrive à la conclusion que la tension est trop basse, plus souvent il remet la bascule à zéro, et plus le moteur est sollicité comme moteur. Le moteur ne reçoit les impulsions provoquées par l'oscillateur que si la tension a tendance à devenir trop bas-

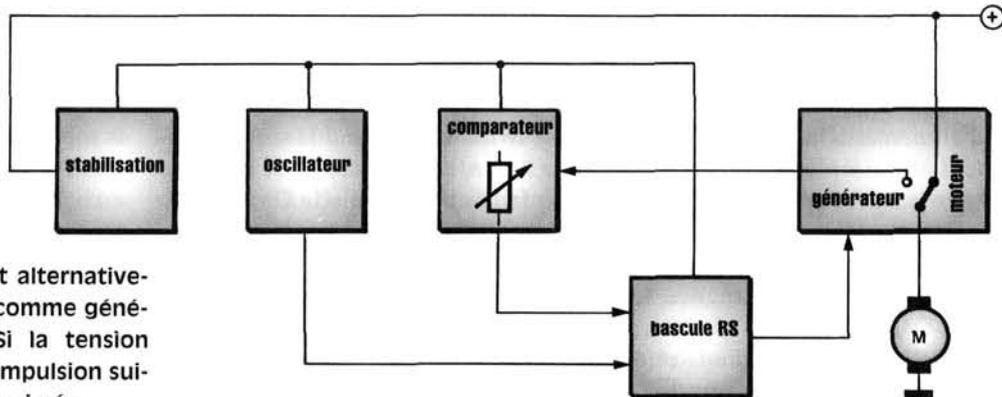


Figure 1 - Le moteur sert alternativement comme moteur et comme génératrice tachymétrique. Si la tension mesurée est trop forte, l'impulsion suivante est écourtée ou supprimée.

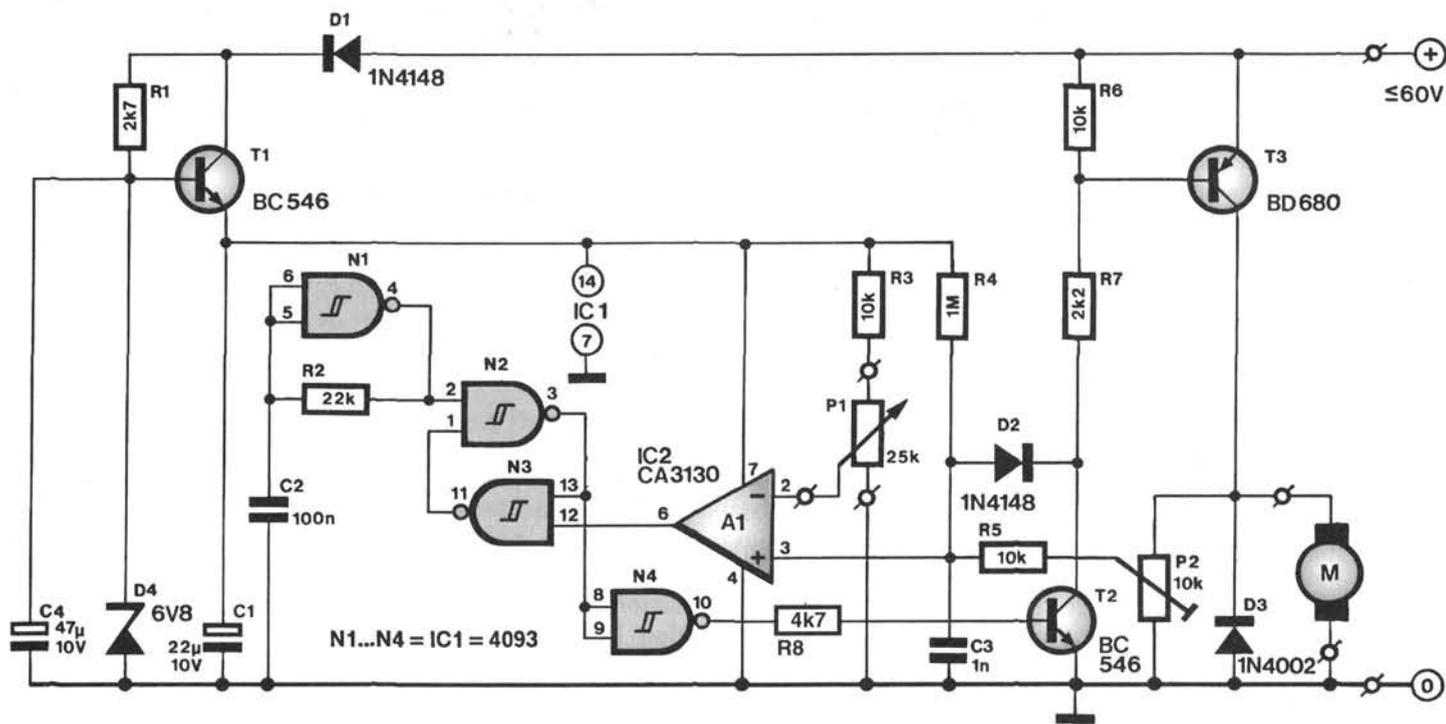


Figure 2 - Les impulsions d'alimentation produites par l'oscillateur N1 ne sont transmises à l'étage de puissance que si le comparateur A1 n'a pas décidé que la tension de la génératrice est trop élevée.

se. Si la tension est trop élevée, le comparateur bloque l'impulsion en cours. Le carré repéré *stabilisateur* à l'extrême gauche (comme si l'extrême gauche avait jamais été un élément de stabilité) fournit à la partie électronique du régulateur une tension d'alimentation continue stable et filtrée. Le moteur, lui, se contente d'une tension brute de redressement, non stabilisée, et relativement élevée. En résumé, le moteur reçoit de l'énergie par petites quantités successives, sans mesure. Dans les intervalles entre ces « pichenettes », le système mesure leur effet sur la vitesse. Suivant que la vitesse (la *fcm*) est suffisante ou non, l'impulsion suivante sera transmise ou non : la boucle de régulation est fermée.

schéma détaillé

Le transistor T1 et les quelques composants qui l'entourent, à gauche du schéma de la figure 2, fournissent la tension stable dont le régulateur a besoin. La tension d'alimentation, qui arrive par la droite, peut être simplement redressée, elle peut être perturbée par le moteur lui-même, sans que cela ait de conséquence sur la régulation. La diode D1 joue le rôle de redresseur mono-alternance. La diode zener D4, alimentée par R1, fournit à la base de T1 une tension de référence stable. La tension d'émetteur de T1 est égale à la tension de zener diminuée

de 0,6 V, la tension de seuil de la jonction base-émetteur du transistor. Autrement dit, l'émetteur de T1 présente une tension stabilisée égale à la tension de zener moins 0,6 V. Le condensateur C4 élimine le ronflement que peut comporter la source d'alimentation, alors que C1 évite que les impulsions perturbent le fonctionnement d'IC1 et IC2.

La partie « puissance » du circuit, T2, T3 et la suite, ne demande pas de tension continue stabilisée. La tension d'alimentation peut même ne pas être filtrée. Le transistor T3 est en série avec le moteur, il sert d'interrupteur pour appliquer la tension ou la couper. Il est mis en conduction par l'intermédiaire de T2, lui-même commandé par la porte N4. Quand la sortie de N4 est au niveau haut (quand la bascule est dite "à zéro"), elle fournit un courant de base à T2. Le collecteur de T2 passe au niveau de la masse, le courant qui traverse R7 est suffisant pour saturer le transistor de puissance T3 : c'est alors un interrupteur fermé qui alimente le moteur. Quand la sortie de N4 passe à zéro, le transistor T2 se bloque et T3 en fait autant. La diode D3 empêche que les pointes de tension négatives produites au collecteur du moteur soient transmises à l'entrée (broche 3) du comparateur. Voilà pour le fonctionnement de la partie *puissance* du régulateur de vitesse. Nous verrons comment elle est

commandée après avoir envisagé la partie mesure et comparateur.

Comme nous l'avons dit, le moteur est soumis à une tension rectangulaire de rapport cyclique 50%. Pendant le temps de pause, on mesure la tension que fournit le moteur qui tourne alors en génératrice. La figure 3 montre cette tension tachymétrique. Il s'agit des plateaux entre les pointes d'alimentation. La courbe

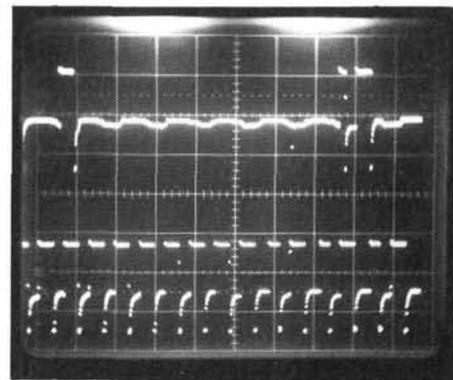


Figure 3 - Un oscilloscope à mémoire permet d'économiser la pellicule et surtout la sueur du photographe : les deux traces n'ont rien à voir l'une avec l'autre. Celle du haut montre la tension aux bornes du moteur à vide ; les quelques impulsions de ci de là compensent simplement les pertes par frottement. Sur la trace du bas, le moteur est freiné, il consomme davantage pour maintenir constante sa vitesse de rotation malgré l'augmentation de la charge mécanique.

liste des composants

- R1 = 2,7 k Ω
- R2 = 22 k Ω
- R3,R5,R6 = 10 k Ω
- R4 = 1 M Ω
- R7 = 2,2 k Ω

- P1 = potentiomètre 25 k Ω
- P2 = 10 k Ω variable

- C1 = 22 μ F/10 V radial
- C2 = 100 nF
- C3 = 1 nF céramique ou MKT
- C4 = 47 μ F/10 V radial

- D1,D2 = 1N4148
- D3 = 1N4002 à 1N4007
- D4 = diode zener 6,8 V 400 mW
- T1,T2 = BC546
- T3 = BD680
- IC1 = 4093
- IC2 = CA3130

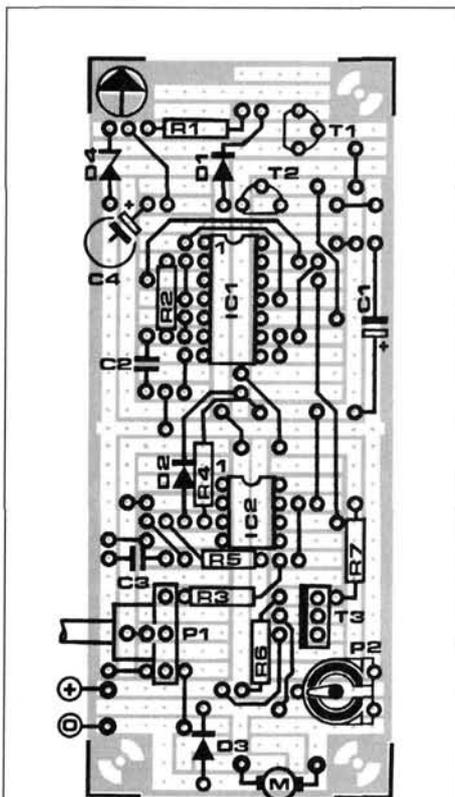


Figure 4 – Une platine d'expérimentation de format 1 suffit à loger la totalité du régulateur. Pas de problème pour le choix et le montage du radiateur, puisqu'il n'y en a pas. En revanche les ponts de câblage sont assez nombreux et de formes biscornues. On ne peut pas être génial tous les jours !

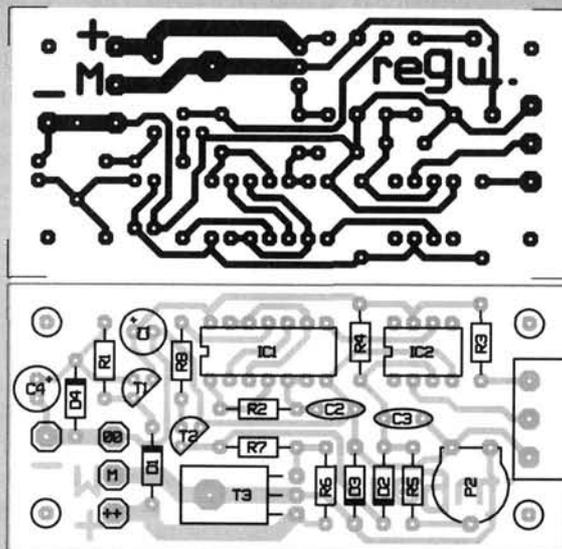


Figure 5 – Le circuit imprimé du régulateur est de dimensions très réduites. Le picot de masse a été doublé pour faciliter le raccordement des fils du moteur. Si vous voulez faire des mesures sur le montage, notez que le repérage des portes Non-ET du schéma de principe a été modifié pour des raisons de commodité du dessin. Il aurait été dommage de faire passer des pistes entre les broches des circuits intégrés ou de prévoir des *straps* pour un circuit aussi simple. C'est ainsi que N4 (12, 13, 11) et N3 (8, 9, 10) ont été interverties, comme les broches 1 et 2 de la porte N2. La sortie du comparateur attaque maintenant N3 (anciennement N4) par la broche 8. Les repères du schéma sont ceux de la platine d'expérimentation.

supérieure montre la tension aux bornes d'un moteur à vide. Les impulsions d'alimentation sont peu nombreuses, elles ne servent qu'à compenser les pertes par frottement. Les pics descendants après les impulsions d'alimentation sont des pointes négatives produites par l'inductance du moteur au moment où le courant d'alimentation s'annule. Elles sont court-circuitées par la diode D3. Sur la courbe du bas, qui n'a aucun lien avec la première, le moteur est chargé et les impulsions plus nombreuses. Le plateau entre les impulsions est à la même hauteur, ce qui signifie que le moteur tourne à la même vitesse.

La tension produite par le moteur-générateur est appliquée aux bornes du potentiomètre P2. Une fraction est appliquée par R5 à l'entrée non-inverseuse de l'amplificateur opérationnel A1. Le réseau R5/C3 est un filtre passe-bas qui élimine autant que possible les pointes de tension parasites. Plus le moteur tourne vite, plus la tension de l'entrée non-inverseuse est élevée. Cette tension est comparée à celle du curseur du potentiomètre P1. Ce potentiomètre est l'organe de commande du régulateur, il fixe la tension de référence du comparateur, ou tension de consigne du régulateur. Si la tension de l'entrée non-inverseuse

(broche 3) est supérieure à celle de l'entrée inverseuse (broche 2), la sortie du comparateur est haute. Elle est basse si la tension de l'entrée non-inverseuse est inférieure à celle de l'entrée inverseuse. C'est la définition du fonctionnement du comparateur. Suivant le résultat de la comparaison, c'est-à-dire l'état de la sortie, l'étage de puissance réagira différemment.

cycle mesure-alimentation

Nous avons examiné en détail la section de puissance et la section de mesure du régulateur. Il reste une zone d'ombre dans le schéma synoptique : la bascule et la façon dont elle commande la section de puissance pour commuter entre alimentation et mesure.

Venons-y. La commutation est obtenue au moyen d'une tension carrée à 400 Hz environ. Cette tension est produite par l'oscillateur N1, R2, C2. Elle n'est pas appliquée directement par la porte N4 à la section de puissance, mais à une bascule RS constituée par N2 et N3. Convenons pour la suite que la sortie de la bascule RS est la broche 3 de N2; la broche 12 de N3 est la broche de remise à 0 (*RESET*), la broche 2 de N2 est la broche de mise à 1 (*SET*). Ces deux

entrées sont actives au niveau bas, si les deux sont au niveau bas en même temps, la sortie est à 1. La sortie est à 1 quel que soit le niveau de l'entrée *RESET* si l'entrée *SET* est active, autrement dit quand la sortie de l'oscillateur est au niveau bas. Le moteur est alimenté quand la bascule est à zéro, du fait de l'inversion par N4.

Pour que le moteur soit alimenté, il faut donc que deux conditions soient réunies : d'abord que la sortie de l'oscillateur soit au niveau haut, ensuite que la sortie de la porte N3 soit aussi à 1, et pour cela que la sortie du comparateur soit à zéro. La sortie de l'oscillateur est au niveau haut 400 fois par seconde, celle du comparateur n'est basse que si la tension « tachymétrique » (en fait la fraction d'icelle utilisée pour la mesure) est inférieure à la consigne. Si la vitesse est assez élevée pour que la sortie du comparateur soit au niveau haut, l'impulsion de l'oscillateur se terminera sans que la moteur reçoive de tension d'alimentation. Si, au contraire, la vitesse est inférieure à la consigne, l'impulsion de sortie de l'oscillateur est transmise au moteur par l'intermédiaire de l'étage de puissance T2/T3 vu plus haut.

On pourrait craindre que le fait d'appliquer au moteur la tension d'alimentation, forcément supérieure à la tension de consigne, fasse basculer le comparateur au même instant et coupe l'alimentation. Ce serait compter sans l'ingéniosité du concepteur (après tout il est payé pour cela) qui a prévu fort à propos la diode D2 entre le collecteur de T2 et l'entrée non-inverseuse du comparateur. Grâce à cette diode, aussitôt que l'étage de puissance est sollicité par l'entrée en conduction de T2, la sortie du comparateur est bloquée à l'état bas, ce qui permet à l'impulsion commencée de se terminer. Quand la sortie de l'oscillateur repasse au niveau bas, T2 et T3 se bloquent, le condensateur C3 peut se recharger pour la prochaine mesure de vitesse. Cette commutation alimentation-mesure se produit environ 400 fois par seconde, à la fréquence de l'oscillateur. La résistance R4 ne mérite pas plus, malgré sa grande valeur (un million d'ohms), que quelques mots rapides. Elle confère au condensateur C3 une faible tension positive même quand le moteur est à l'arrêt. Ainsi abusé, le comparateur « voit » le moteur tourner en permanence. Sans cette astuce, et faute d'avoir mis en œuvre une alimentation symétrique et une compensation de la tension de déca-

lage (*offset*) du CA3130, il serait impossible, sur certains exemplaires de circuit intégré, du fait des dispersions inévitables, d'obtenir l'arrêt du moteur par le seul réglage du potentiomètre P1. Ces quelques mots n'étaient pas moins nécessaires que la résistance R4.

construction

Toute l'astuce du montage tient, concentrée, sur une platine d'expérimentation de format 1, *figure 4*, ou sur le circuit imprimé, encore plus petit, de la *figure 5*. Commencez toujours par souder les condensateurs et résistances, finissez par les semi-conducteurs, plus vulnérables. Vous pouvez alimenter le montage avec un transformateur de train ou un bloc secteur, à condition qu'ils délivrent une tension continue. Au besoin, vous pouvez intercaler un pont redresseur, et un condensateur de lissage. L'important, si vous comptez utiliser le moteur à pleine puissance, est que la tension soit le double de la tension nominale du moteur. Pour un moteur de train électrique de 12 V, il faut une tension secondaire de 24 V. Pour un moteur de 24 V, le secondaire doit être de 48 V. C'est à cause de ces tensions élevées que les transistors utilisés ne sont pas des types habituels (BC546 au lieu de BC547). Pour un moteur puissant qui consomme une forte intensité, il peut être nécessaire de prévoir une ailette de refroidissement pour le « commutateur » T3.

Le réglage se fera très simplement. Avant de mettre sous tension, tournez le potentiomètre P1 en position de vitesse maximale (vers R3, à gauche sur la platine, à droite sur le circuit imprimé), le curseur de P2 vers la masse. Appliquez la tension d'alimentation, le moteur tourne à toute *berzingue**. Ramenez maintenant P2 en arrière jusqu'au moment où le régime commence à diminuer. Le réglage est terminé, vous pouvez fixer la consigne de vitesse à votre gré au moyen du potentiomètre P1. Si vous essayez de freiner l'axe à la main, l'électronique, dans la limite de la puissance du moteur, augmentera le nombre d'impulsions pour maintenir la vitesse constante. À l'oreille, vous aurez peut-être l'impression que le moteur accélère. Nos sens nous trompent : le bruit du moteur change parce que le nombre d'impulsions augmente, mais la vitesse reste la même. 896110

*Pleins pots.



**Ne ratez pas,
le mois prochain,
la présentation
des enceintes
actives
miniature
pour baladeur.**



<p>ELECTRON SHOP 20-23, avenue de la République 63100 CLERMOND-FERRAND</p> <ul style="list-style-type: none"> - Etude et réalisation de circuits imprimés - Composants électroniques - CB et accessoires - Antennes paraboliques - Les kits - La sono et la lumière - Les appareils de mesure - La vidéo Surveillance <p>TÉL. : 73 90 86 11 (BUREAU) 73 92 73 11 (COMPOSANTS) 73 90 99 93 (SONO)</p>
<p>VOUS VENDEZ DU MATÉRIEL D'ÉLECTRONIQUE ? DES KITS ? DES ACCESSOIRES ? ACHETEZ CET ESPACE PUBLICITAIRE VOUS EN FEREZ UN.</p> <p style="font-size: 1.5em; font-weight: bold;">point de rencontre</p> <p>ENTRE VOUS ET LES JOURNAUX LECTEURS D'</p>



Composants électroniques
Dépositaire de grandes marques
Professionnel et grand public

RADIO - TÉLÉVISION - VIDÉO - INFORMATIQUE

B.H. ÉLECTRONIQUE

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

SPÉCIALISTE DES COMPOSANTS JAPONAIS
plus de 20 ans à votre service

TSME

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

VENTE COMPTOIR ET
CORRESPONDANCE

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

AG Composants LYON
Electroniques



Professionnel
et
Grand Public

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

Vente Comptoir et Correspondance

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

Des Kits simples et complexes
Des composants disponibles
Des offres temporales
Des prix intéressants
Des expéditions rapides

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

SPESYS Téléphone
42800 Tartaras 77 75 80 56

à **BESANÇON**

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

µP microprocessor

Composants
CI - kits
Aérosols
HP etc

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

NOUVEAU : Point de traçage CIAO

À GENÈVE

Loisirs électroniques

Servette **LESA S.A.**

composants, Instruments, outillage, kits

13, rue de la Servette - CH-1201 GENÈVE

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

LES CARRÉS D'ADRESSES

COMPOSANTS ▲ OUTILLAGE ▲ CATALOGUES ▲ KITS ▲ MATERIEL

SCHÉMA
+
LAYO

Mintel 3617 Layo Rubrique LOGI

LAYO FRANCE

Château de Garamache - Vallée de Sauvebonne
83400 HYÈRES

Tél. : 94.28.22.59 - Fax : 94.48.22.16
Mintel 3614 Layo France

Composants électroniques/Micro-Informatique



PLACE DU MARCHÉ (29, RUE DE BOUCHERIES)
25000 BESANÇON/FRANCE

TÉL. : 81.81.02.19

FAX : 81.82.16.79

MAGASIN INDUSTRIE : 72, RUE TRÉPILLOT
BP 1525 BESANÇON

TÉL. : 81.50.14.85 - FAX : 81.53.28.00

JACKSON DIFFUSION
ELECTRONIQUE

74140 EXCENEVEX

Tél. : 50.72.86.58 - Fax : 50.72.91.28

COMPOSANTS - MESURE - OUTILLAGE
CONNECTIQUE - ACCESSOIRES AUDIO
HI-FI ET COMMUNICATION - ACCESSOIRES
SONO - DISCO ET EFFETS SPECIAUX

PRIX ET QUALITÉ

Liste de nos prix contre votre adresse et 2 timbres

Nice **COMPOSANTS**
DIFFUSION
JEAMCO

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

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

PROMOTIONS PERMANENTES

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

COMPOSIUM

CHOLET ELECTRONIC MORLAIX
6, rue Nantaise 16, rue Gambetta
Tél. 41.58.83.64 Tél. 98.88.60.53
Fax 41.58.21.14 Fax 98.63.84.55

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

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

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

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

URS MEYER ELECTRONIC SA

Avenue Robert 12

CH - 2052 FONTAINEMELON

Tél : 038 / 53 43 43

URS MEYER
ELECTRONIC

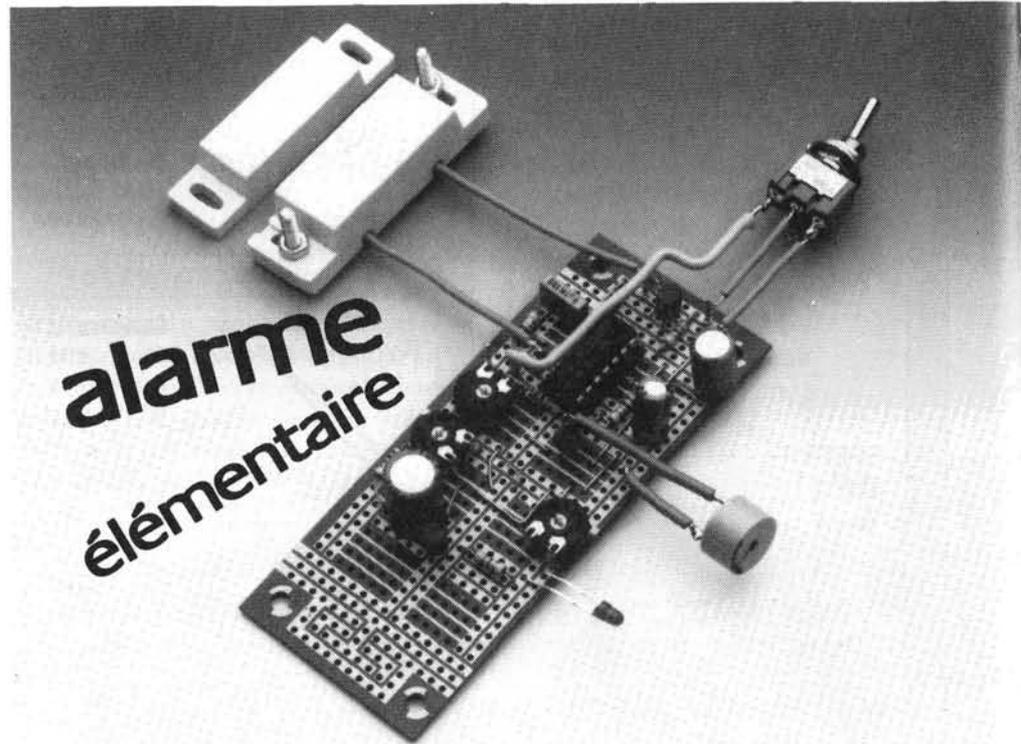
L n'est pas possible d'être partout à la fois et, lorsque l'on s'absente d'un lieu dont on aimerait, pour une raison ou pour une autre, que personne ne franchisse le seuil, une surveillance électronique peut se révéler nécessaire. Le circuit décrit ici l'assure : il détecte l'ouverture des portes ou des fenêtres qui sont pourvues d'un capteur, et déclenche un signal.

La meilleure protection contre les visites abusives reste l'affaire des serruriers. Il est cependant des locaux que l'on ne peut pas fermer à clef chaque fois qu'on les quitte : un atelier de bricolage par exemple, dans lequel on aimerait que personne ne pénètre parce qu'on est le seul à en connaître l'ordre dont la perturbation peut faire perdre un temps précieux et irriter ; une armoire qui contient des produits dangereux pour qui n'en connaît pas l'usage ; un bureau où tourne un ordinateur ; une bibliothèque, où les volumes empruntés sans autorisation sont toujours ceux dont leur propriétaire a un besoin urgent*. Le présent montage permet de surveiller les ouvertures de ces espaces personnels ou dangereux : il déclenche une alarme quand un intrus en franchit les limites.

le circuit

Il est possible de distinguer trois blocs sur la figure 1, qui correspondent aux trois étages d'une alarme classique : une temporisation de mise en service, assez longue pour que l'utilisateur puisse s'éloigner de l'installation mise en veille sans la déclencher, une temporisation de remise à zéro, qui lui donne le temps de la neutraliser lorsqu'il revient sur place et un moyen d'alerte dont la durée de fonctionnement est réglable.

Commençons par la mise en service, commandée par S1. Lorsque cet inverseur est poussé vers le haut, le collecteur de T1 et les entrées de N2 sont portées au potentiel de l'alimentation. La tension aux bornes du condensateur C1, d'abord nulle, croît très lentement puisque sa capacité est grande et que l'intensité du courant de charge est limitée par P1 et R2. Il va de soi que plus la résistance et plus la capacité sont élevées plus la charge du condensateur est longue : le produit RC, de la résis-



tance en ohms par la capacité en farads, est un paramètre du circuit, homogène à un temps, que l'on appelle sa **constante de temps**. On la désigne par τ (lettre grecque « tau ») et on l'exprime en secondes. Dans le cas présent, si P1 est au maximum, la constante de temps est maximum :

$$\begin{aligned} \tau &= C1 \cdot (R2 + P1) \\ &= 100 \cdot 10^{-6} \cdot (10 \cdot 10^3 + 10^6) \\ &= 100 \text{ secondes} \end{aligned}$$

La rapidité de la charge de C1 dépend de τ , ce qui ne veut pas dire qu'elle lui est proportionnelle. La charge d'un condensateur suit une loi exponentielle : le taux (c'est pas le même taux que τ) dont varie la charge à chaque instant est fonction de la charge à chaque instant. Comme la différence de potentiel U entre les armatures est proportionnelle à la charge Q (pour une capacité C, $Q = CU$), il en est de même pour elle. Quand la tension aux bornes du condensateur augmente, celle aux bornes de la résistance (R2 et P1) diminue – nous n'avons toujours que 5 V, tension d'alimentation (V_{cc}), aux bornes de l'ensemble. Si à la mise sous tension la charge de C1

est nulle, pour une constante de temps τ de 100 s, la tension U_{C1} à ses bornes, en fonction du temps t s'écrit :

$$U_{C1} = V_{cc} (1 - e^{-t/100})$$

Ne vous effrayez pas si vous ne savez pas ce qu'est cette lettre e, nous allons vous le dire : c'est l'initiale du mot « exponentielle » qui désigne la base des logarithmes** népériens dont une valeur approchée est $e = 2,7$. Qu'allons nous faire de ce 2,7 qui plus est à la puissance $-t/100$? Après 100 s par exemple, donc pour $t = 100$ s, puisque la tension d'alimentation est de 5 V :

$U_{C1} = 5 \cdot (1 - e^{-1}) = 3,1$ V ($e^{-1} = 1/e$). La tension à l'entrée de N2 n'est plus que de $5 - 3,1 = 1,9$ V. L'inverseur N2 (une porte ET-NON dont les deux entrées sont reliées l'une à l'autre fonctionne comme un inverseur) prendra cette tension pour un niveau bas si bien que sa sortie passera au niveau haut et ceci au

* Voir aussi les raisons de Jorge de Burgos dans *Le Nom de la rose* d'Umberto Eco et les moyens employés pour la protection de la bibliothèque (Deuxième jour – Nuit).

** Pour plus de détails sur les fonctions logarithme et exponentielle, se reporter au numéro 22 d'ELEX ou à un ouvrage de mathématiques (le *Que sais-je ?* sur les logarithmes d'André Delachet est complet sur la question mais on peut trouver plus élémentaire).

maximum une centaine de secondes après la mise sous tension. N'avons-nous pas eu raison de ne pas reculer devant une exponentielle? Puisque nous en sommes là, retenons qu'au bout d'un temps τ la tension aux bornes des résistances est d'environ les 1/3 (37%) de la tension d'alimentation (le condensateur est chargé aux 2/3), au bout de trois fois le temps τ elle serait de 5%, au bout de 5 fois ce temps, de 1% (0,7% pour être précis).

La présence d'une tension – très supérieure à 0,6 V – sur la base de T1 permet à ce transistor de se saturer. Le reste du circuit est à son tour sous tension jusqu'à D1 qui en témoigne. C'est seulement après cette centaine de secondes que l'alarme est prête à fonctionner: son utilisateur a eu le temps de quitter le local protégé et d'en fermer la porte sans la déclencher.

bascule de déclenchement

L'alarme est elle-même commandée par un (ou plusieurs) relais ILS (Interrupteur à Lames Souples) fermé(s) quand la ou les

constante de temps

La charge ou la décharge d'un condensateur placé dans un circuit non inductif de résistance R n'est pas immédiate. La constante de temps (en secondes), égale au produit de sa capacité (en farads) par la résistance (en ohms), est le temps nécessaire pour que la tension à ses bornes, nulle au départ, atteigne les deux tiers de la tension d'équilibre. Après deux constantes de temps, on considère que le condensateur est chargé à 95%, il est pratiquement chargé à 100% après cinq constantes de temps. Un condensateur chargé, court-circuité par une résistance, est de même déchargé au 2/3 après une durée égale à une constante de temps.

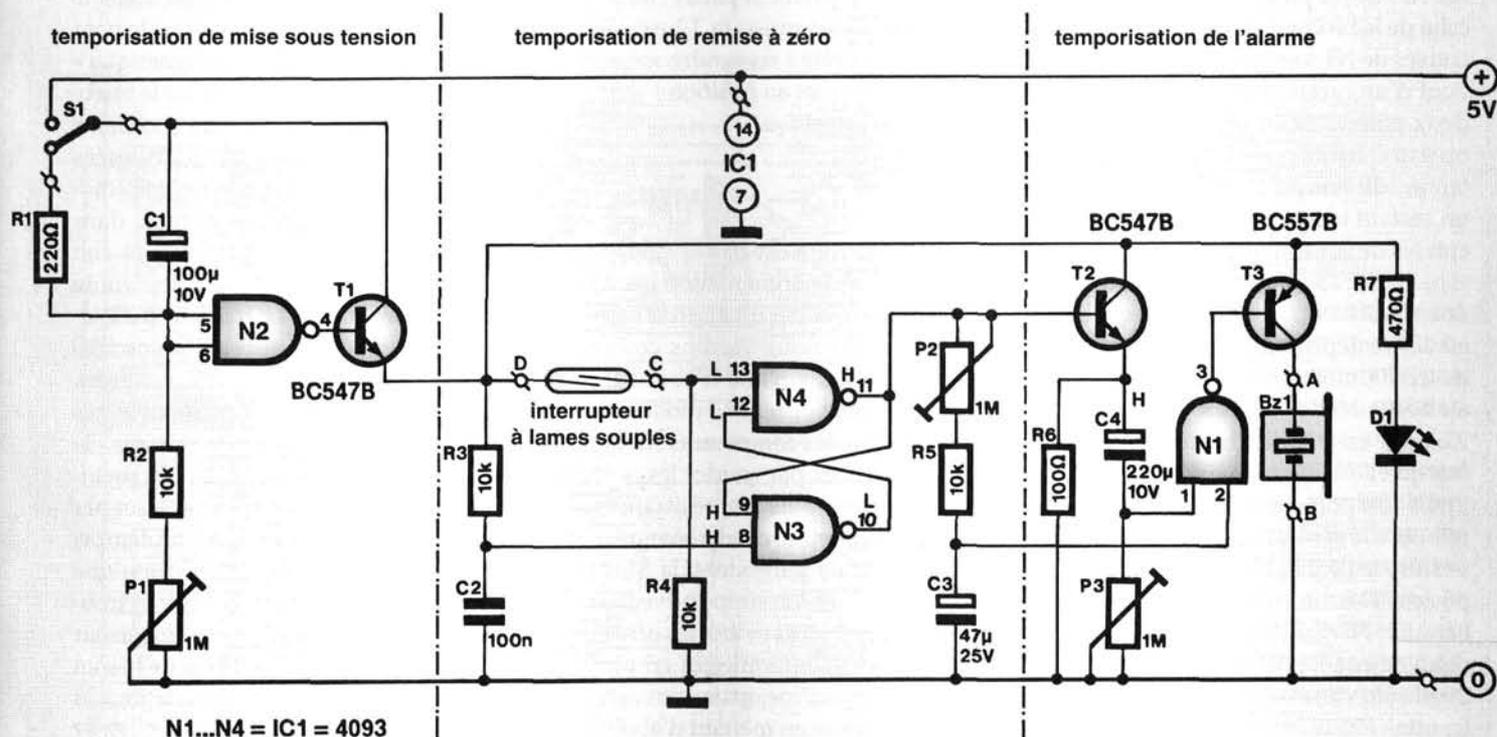
ouvertures qu'il(s) protège(nt) le sont (en série s'il y en a plusieurs puisqu'ils sont « normalement fermés »). Lorsque T1 devient passant, le niveau de la broche 13 de N4 est haut. Celui de la broche 8, d'abord bas, monte au fur et à mesure de la charge de C2 à travers R3. Considérons le fonctionnement de la bascule: elle est

constituée de fonctions ET-NON. Or nous savons:

- qu'il suffit qu'une entrée d'un opérateur ET-NON soit à 0 pour que sa sortie soit à 1.
- que les sorties de la bascule, sorties de N3 et N4, sont complémentaires. Ceci veut dire que si l'une est à 1, l'autre est à 0.

Recherchons les 0 aux entrées, puisqu'il suffit d'un seul pour que l'état de la sortie correspondante soit connu: nous en avons d'abord un sur la broche 8, donc la sortie de N3 est à 1. Celle de N4, complémentaire, doit donc être à 0, ce qui veut dire que ses deux entrées sont à 1. Nous vous laissons le soin de vérifier. Nous avons dit plus haut que la broche 8 de N3 ne restait pas à 0 puisque la charge de C2 la porte au niveau haut: ça ne change apparemment rien pour l'instant puisque l'autre entrée de N3 reste à 0. Pour que la situation change, il faut qu'une des entrées de N4 voie un 0. Alors seulement la sortie de N4 est mise à 1 et celle de N3 passe bien sûr à 0. Ce 0 à l'entrée de N4 est dû à l'ouverture du relais et à la résistance R4. Nous n'attendons que lui pour poursuivre.

Figure 1 – Ce circuit d'alarme, bien que simple est universel. Tel qu'il est dessiné, il vient de fonctionner: la porte que surveillait le relais ILS a été ouverte, les états (H pour High, "haut" et L pour Low "bas") notés aux entrées et sorties de la bascule sont ceux qui correspondent à cette situation, juste avant que l'utilisateur ne réinitialise son installation en basculant S1 vers R1.



liste des composants

R1 = 220 Ω
 R2 à R5 = 10 k Ω
 R6 = 100 Ω
 R7 = 470 Ω

P1 à P3 = 1 M Ω ajustable

C1 = 100 μ F/10 V (radial)
 C2 = 100 nF
 C3 = 47 μ F/25 V (radial)
 C4 = 220 μ F/10 V (radial)

IC1 = CD4093
 quadruple porte ET-NON à 2 entrées
 à trigger de Schmitt

T1, T2 = BC547B
 T3 = BC557B
 D1 = LED

Bz1 = ronfleur avec oscillateur intégré (5 V CC)

S1 = inverseur unipolaire
 interrupteur à lame souple (ILS) avec aimant
 (ou détecteur magnétique d'ouverture)

6 picots à souder
 1 platine d'expérimentation de format 1

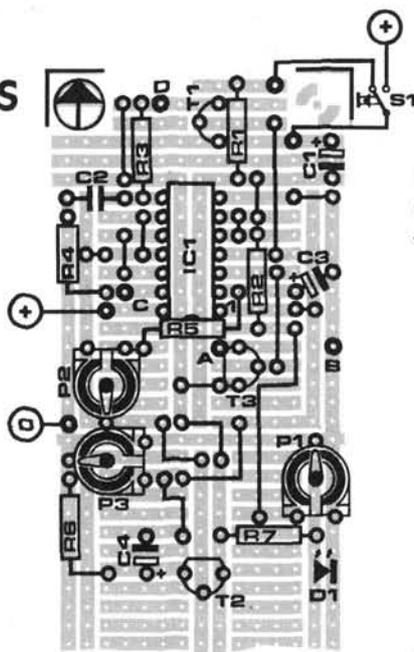


Figure 2 – Implantation des composants sur une platine d'expérimentation de format 1.

(5 V) et procéder aux essais : un simple fil peut remplacer le relais, un autre l'inverseur, Bz1 fixé provisoirement mais dans le bon sens puisque ce composant est polarisé.

Une fois les constantes de temps réglées de façon satisfaisante, soit à vue de nez (bien centré, le nez : se repérer sur les oreilles), soit au chronomètre, il reste à choisir les positions respectives du circuit, du capteur, du ronfleur, de S1 (en principe caché) et de l'alimentation. La place du circuit dépend de vous uniquement : vous pouvez le cacher dans une horloge comtoise ou un bahut breton, s'il s'en trouve à proximité, ou l'encastrier. Le capteur (entre les picots C et D) est disponible dans le commerce, prêt au montage, sous le nom de « détecteur d'ouverture magnétique » (ou à ILS). Il est aussi possible de le bricoler avec un aimant (sur la partie mobile) et un relais ILS, les deux pièces disposées assez près l'une de l'autre (quelques millimètres) éventuellement cachées dans l'épaisseur de la porte (aimant) et son encadrement (relais, auquel une toute petite rainure suffit). Le ronfleur maintenant est un modèle pourvu d'un oscillateur qui fonctionne sous 5 V continus. Disposé sur le panneau d'un meuble, ses effets sonores seront mieux perçus, le meuble lui servant de caisse de résonance. Il est aussi possible de le remplacer par un relais pour commander une lampe, une sirène, une herse à poils durs, une charge de cavalerie (légère) etc. Vous trouverez enfin le moyen de cacher l'inverseur S1 de façon à le retrouver en cas de besoin mais sans que l'éventuel visiteur de vos domaines puisse le dénicher.

896007

La sortie de N4 est reliée à deux réseaux RC : l'un constitué par P2, R5 et C3, l'autre par P3 et C4. Quand la sortie de N4 passe au niveau haut, les condensateurs ne sont pas chargés. La potentiel de la broche 2 de N1 va s'élever progressivement tandis que celui de la broche 1 diminuera. Comme les entrées de N1 sont à trigger de Schmitt, au bout d'un certain temps, les niveaux des deux entrées seront reconnus pour des niveaux hauts : au bout d'un certain temps, dit **temps de réponse** et pendant un certain temps seulement. Lorsque les entrées de N1 sont à 1, sa sortie passe à 0 si bien que T3 conduit et alimente le ronfleur Bz1. La durée pendant laquelle Bz1 est activé dépend du réglage du potentiomètre P3, alors que le temps de réponse est lié à celui de P2.

L'alarme est à déclenchement unique. Une fois qu'elle a été déclenchée par l'ouverture d'une porte ou d'une fenêtre, il faut la remettre à zéro pour qu'elle soit à nouveau redéclenchable. La fermeture de la porte n'a aucun effet sur elle : pour que la bascule N3-N4 détecte à nouveau un mouvement, il faut la remettre à zéro par application d'un niveau bas sur l'entrée R (comme *Reset* sur la broche 8). Cette réinitialisation s'effectue à l'aide de S1, R1 et

R6. L'inverseur basculé, même brièvement, dans la position où il est dessiné sur la **figure 1**, permet à C1 de se vider rapidement par l'intermédiaire de R1. Le transistor T1 bloqué coupe le jus au circuit d'alarme à proprement parler : R6 permet à C4 de se vider puisque T2 est bloqué. L'alarme est prête à reprendre son service dès que S1 revient en position « marche » et que T1 est débloqué.

construction

Le plus difficile n'est pas le câblage sur une platine d'expérimentation mais l'installation du circuit à un endroit judicieusement choisi : nous verrons ce dernier point plus loin, voyons d'abord le premier. Si vous prenez modèle pour l'implantation des composants sur la **figure 2**, commencez par souder les ponts de fils, les picots, puis les résistances, les potentiomètres et les condensateurs. Finissez par les trois transistors, la LED et le circuit intégré ou son support éventuel : ne chauffez pas trop et évitez les erreurs de polarité. Les potentiomètres en position médiane (en principe, mais vous accélérerez la manœuvre en mettant d'abord P1 à zéro) vous pouvez brancher l'alimentation

récepteur VHF

2^e partie

Modulation d'amplitude, modulation de fréquence, de 80 à 135 MHz, bandes police, radiodiffusion FM, aviation. Vous faut-il autre chose ? Ce récepteur peut être adapté facilement à d'autres bandes de fréquence.

amplificateur à fréquence intermédiaire

C'est ainsi que commençait déjà la première partie de cette description, le mois dernier. Vous avez eu le temps de cogiter sur le fonctionnement du *superhétérodyne*, il nous reste à examiner de près les entrailles du circuit intégré NE604, et nous passerons enfin à la construction et au réglage de votre récepteur.

Un coup d'œil au schéma (ELEX n°53 mars 93, pages 40 et 41) montre que le circuit intégré NE604N remplit les fonctions d'amplificateur à fréquence intermédiaire et de démodulateur, aussi bien en modulation d'amplitude qu'en modulation de fréquence. Ces trois fonctions vont être examinées séparément et successivement.

Si le schéma de principe avait dû représenter toutes les fonctions remplies par le circuit intégré, il aurait occupé une page de plus, car le synoptique interne est aussi une représentation simplifiée de la réalité. Cette simplification permet de faire ressortir les cinq étages d'amplification (les triangles) qui ont, ensemble, un gain maximal de 90 dB. Ce petit nombre de décibels recouvre une réalité plus impressionnante : le rapport entre la tension d'entrée et la tension de sortie est de 31000. Pour la plupart des signaux qui se présentent à l'entrée, cela signifie que la tension de sortie est suffisante pour saturer les amplificateurs. La conséquence est

que les signaux, sinusoïdaux à l'entrée, sont écrêtés et transformés en carrés. Il s'agit là d'une distorsion, et plutôt énergétique, mais elle n'a pas d'effet néfaste ; au contraire elle ne présente que des avantages.

Les signaux parasites provenant par exemple d'un moteur de voiture, qui présentent les caractéristiques d'une onde modulée en amplitude, sont limités à une amplitude constante et n'ont plus aucun effet. L'amplificateur est donc en même temps un limiteur pour tous les signaux modulés en amplitude.

détecteur de quadrature

Le détecteur intégré à la plupart des circuits intégrés amplificateurs à fréquence intermédiaire est du type *détecteur de quadrature*. Le NE604N ne fait pas exception, avec son détecteur représenté en bas à droite de la figure 6. Il reçoit de la chaîne d'amplificateurs un signal symétrique produit par un réseau de trois résistances et deux diodes Schottky. Les deux diodes ont pour rôle de limiter à 0,3 V l'amplitude du signal, ce qui constitue une deuxième

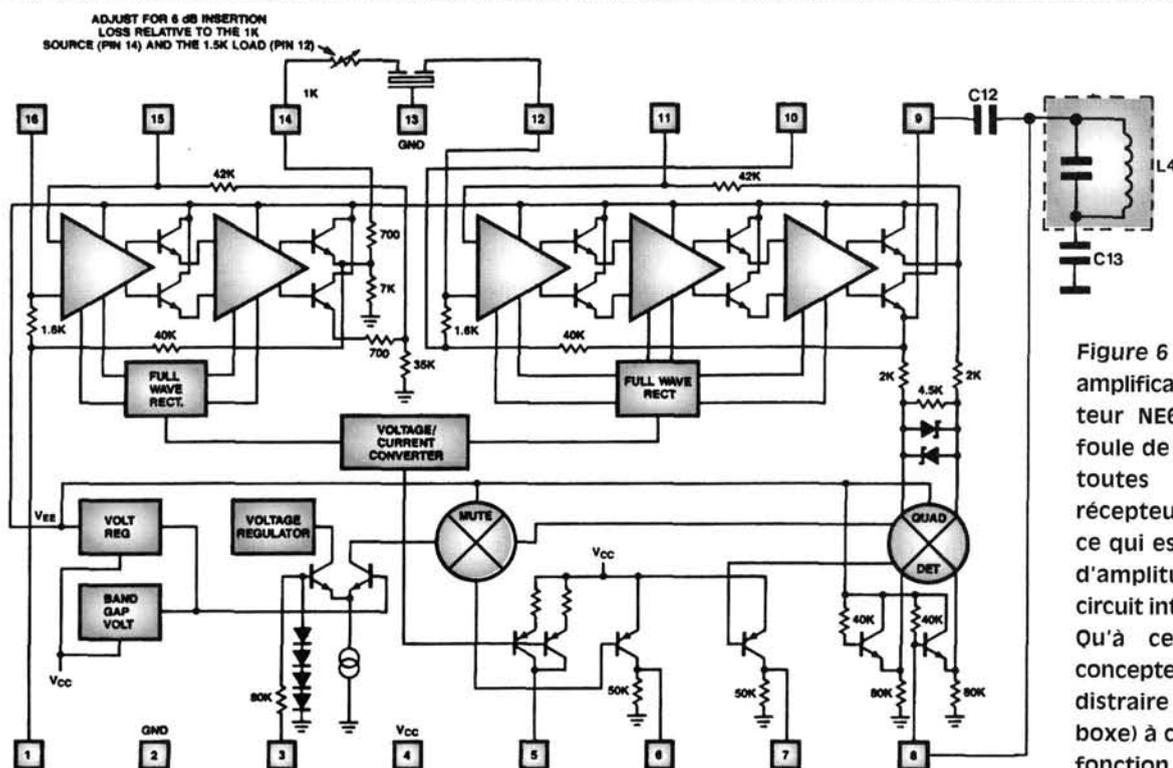


Figure 6 - Le circuit intégré amplificateur-limiteur-détecteur NE604 rassemble une foule de fonctions, presque toutes utilisées dans la récepteur VHF AM/FM. Pour ce qui est de la modulation d'amplitude, le fabricant du circuit intégré n'a rien prévu. Qu'à cela ne tienne, le concepteur du montage a su distraire (avec des gants de boxe) à cet usage une autre fonction de la puce.

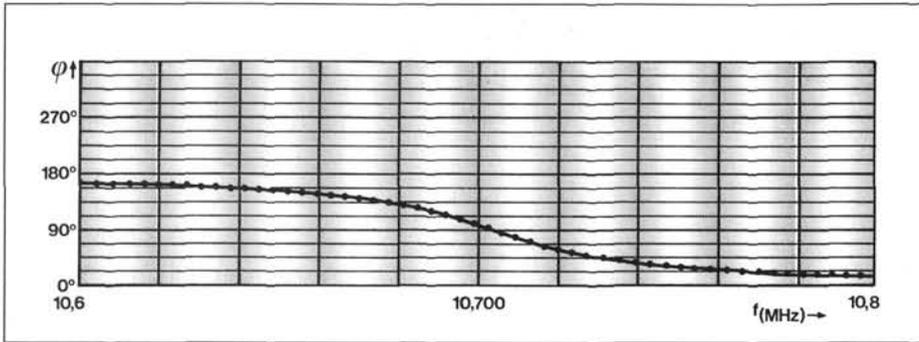


Figure 7 - On dit que deux tensions alternatives de même fréquence sont en quadrature quand elles sont déphasées de 90°, ou un quart de tour. Un diviseur de tension attaqué en alternatif produit un déphasage entre l'entrée et la sortie. Quand le diviseur comporte un circuit résonnant LC, il devient un détecteur de quadrature.

me limitation. Le signal qui est appliqué au détecteur parvient aussi, par la broche 9, à un diviseur d'un genre particulier. Nous sommes habitués à voir des diviseurs de tension constitués de deux résistances, mais celui-ci comporte des condensateurs et un circuit oscillant parallèle. Première conséquence : le rapport de division dépend de la fréquence du signal ; deuxième conséquence : le déphasage introduit par le diviseur dépend aussi de la fréquence. C'est surtout le déphasage en fonction de la fréquence qui est essentiel pour le fonctionnement du détecteur de quadrature.

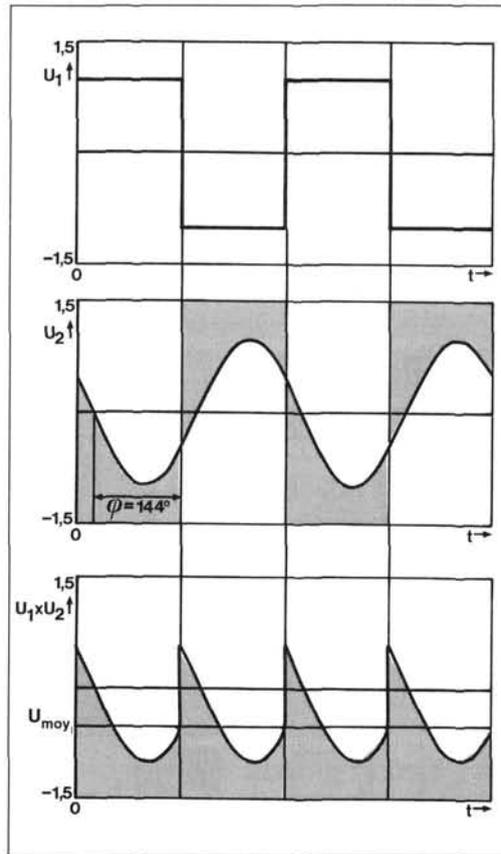
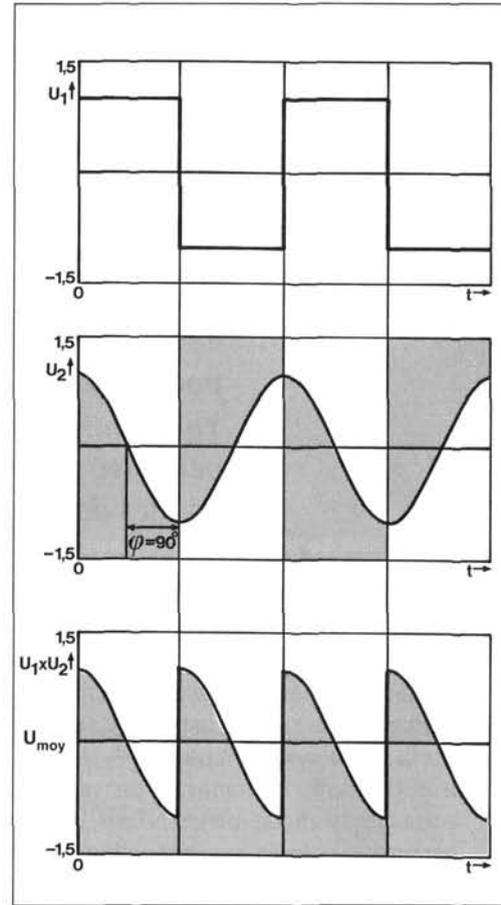
Supposons pour commencer que la fréquence du signal appliqué au détecteur est la même que celle du circuit résonnant (L4 et le condensateur en parallèle). Le circuit résonnant se comporte à cette fréquence comme une résistance de très forte valeur (on l'appelle **circuit-bouchon**), ce qui fait que le seul signal qui atteint la broche 8 est celui qui traverse le condensateur C12, avec un déphasage de 90°. Pour des fréquences plus basses, le circuit résonnant se comporte comme une inductance et nous pouvons considérer le diviseur comme l'association en série d'une inductance et d'un condensateur. Le déphasage va donc augmenter. Pour des fréquences supérieures à la fréquence de résonance, le circuit parallèle se comporte plus comme un condensateur que comme une inductance ; nous obtenons donc un montage de deux condensateurs en série. Ce montage provoque une diminution du déphasage. La **figure 7** représente, en fonction de la fréquence, le déphasage introduit par le réseau LC entre les signaux des broches 8 et 9. En la regardant

de près, on constate que le déphasage n'est pas exactement de 90° pour l'égalité des fréquences. Ce petit écart entre la théorie est la pratique s'explique par le fait que nous avons négligé l'impédance d'entrée du circuit intégré.

Comme le signal produit par l'émetteur est modulé en fréquence, la fréquence du signal appliqué au détecteur varie en permanence. La tension appliquée à la broche 8 sera toujours déphasée par rapport à celle qui parvient directement au détecteur de quadrature ; c'est sur ce déphasage que repose le fonctionnement du démodulateur. Le détecteur de quadrature est en fait un multiplieur analogique (une paire d'amplificateurs différentiels associés d'une façon particulière) qui multiplie le signal direct de l'amplificateur FI par le signal déphasé. Le résultat de la multiplication est représenté par les **figures 8, 9 et 10**.

La figure 8 représente trois signaux : la sortie des étages amplificateurs (U1), le signal de la broche 8 (U2) rendu sinusoïdal par sa traversée du réseau déphaseur, et enfin le produit* de U1 par U2. Comme le déphasage est de 90°, nous pouvons considérer que la fréquence est exactement de 10,7 MHz et correspond à la fréquence de résonance du réseau LC. Pour simplifier la représentation, nous supposons que les tensions U1 et U2 varient entre +1 V et -1 V. Il est possible ainsi de calculer facilement les produits. La première partie de U2 doit être multipliée par +1, ce qui donne une tension de même forme. Au moment où U1 bascule vers -1 V, il se produit un saut de phase dans le produit, car U2 est alors multipliée par -1. La forme précise du signal qui représente le produit n'est pas importante en elle-même. Ce qui importe, c'est la valeur moyenne de la tension. À la sortie à basse fréquence du circuit intégré (broche 6), est raccordé un condensateur qui se charge avec une polarité variable correspondant au produit, et détermine la valeur moyenne du signal. La valeur moyenne est diffi-

* Le résultat d'une multiplication s'appelle produit.



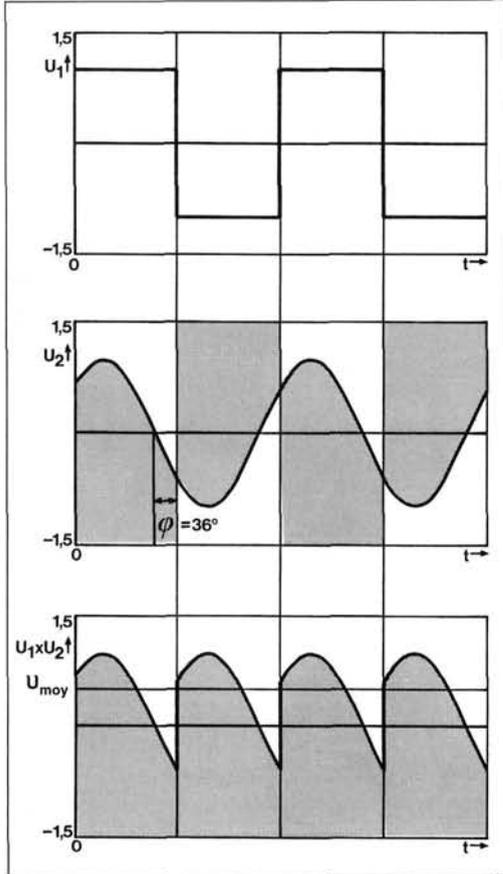
cile à distinguer sur la figure 8, puisqu'elle est nulle (les parties positives sont aussi importantes que les négatives).

La **figure 9** montre l'apparition brutale d'une tension moyenne négative, alors que les signaux d'entrée n'ont pas changé.

Figure 8 – Si la fréquence du signal est égale à la fréquence du circuit oscillant, le déphasage est de 90° , on dit que les tensions sont en quadrature, ou déphasées d'un quart de 360° . La tension moyenne du signal de sortie est nulle, mais ça ne va pas durer.

Figure 9 – La fréquence du signal est inférieure à celle du circuit résonnant, le déphasage est supérieur au quart de tour, la tension moyenne est négative.

Figure 10 – Les mêmes causes produisent les mêmes effets, rien d'étonnant à ce que des causes symétriques produisent des effets symétriques: la tension moyenne est positive car la fréquence du signal est supérieure à celle du réseau LC et le déphasage a diminué.



Ce qui a changé, c'est le déphasage entre U_1 et U_2 . Il est maintenant de 144° , ce qui signifie que la fréquence qui attaque le détecteur est devenue inférieure à $10,7$ MHz.

Ce changement de déphasage fait que l'inversion du signe de la multiplication se produit à un autre moment. La fraction de signal multipliée par -1 n'est plus comprise entre deux crêtes de la tension. Sur la figure 10, c'est exactement le contraire qui se produit : le déphasage est inférieur à 90° , donc la fréquence est supérieure à $10,7$ MHz. Dans ce cas, la tension moyenne du produit est positive.

En résumé, nous pouvons dire que la tension de sortie du détecteur (une fois déterminée la tension moyenne) est nulle si le déphasage entre U_1 et U_2 est de 90° , qu'elle est positive si le déphasage est inférieur à 90° , et négative si le déphasage est supérieur à 90° . Autrement dit, si la fréquence du signal d'entrée est supérieure à la fréquence de résonance du réseau LC, la tension de sortie est positive, ou négative pour une fréquence inférieure.

Nous avons raisonné avec trois valeurs de la fréquence. Un signal modulé en fréquence n'a pas une, ni trois fréquences fixes, sa fréquence varie en permanence. La vitesse du changement dépend d'abord de la vitesse à laquelle le signal est modulé. Ensuite les limites entre lesquelles la fréquence varie sont déterminées par l'amplitude du signal modulant. La forme du signal de produit délivré par le détecteur de quadrature se modifie constamment. La tension moyenne est donc alternative, sa forme dépend de celle du signal qui module l'émetteur : nous avons démodulé le signal.

détection de la modulation d'amplitude

Le NE604 ne comporte pas de détecteur de modulation d'amplitude. De toute façon, même les signaux les plus faibles sont amplifiés et écrêtés à un point tel qu'ils sont tous carrés en sortie. Il est évident qu'on ne peut plus tirer aucune information quant à l'amplitude du signal d'une onde transformée en carré. Heureusement, il existe une voie détournée. Parmi les cinq étages amplificateurs de la figure 6, il est possible de trouver un signal qui contient l'information souhaitée car l'écrêtage ne se produit pas forcément dans le premier amplificateur. Un ou deux exemples ne seront pas de trop. Supposons que le signal incident ne vienne à saturation que dans le dernier étage amplificateur. Les quatre premiers étages travaillent en régime linéaire et traitent donc un signal qui a encore sa forme originale. Chaque amplificateur délivre une tension qui reflète l'amplitude du signal,

toutes ces tensions sont additionnées. La valeur du total dépend principalement du dernier étage, puisque c'est lui qui produit la tension la plus forte.

Si le récepteur est accordé sur une station puissante qui conduit déjà le troisième étage à saturation, le signal somme se compose de trois fois la tension maximale et deux fois une tension inférieure. La somme ne cesse d'augmenter que quand les cinq étages sont saturés. Cela signifierait que le récepteur se trouve très près de l'émetteur ou que ce dernier déverse dans l'éther un nombre respectable de kilowatts.

L'addition des tensions présentes dans chaque étage amplificateur donne une indication très précise de l'amplitude du signal capté par l'antenne. Cette tension est destinée, normalement, à piloter un galvanomètre ou une rangée de LED et à indiquer la puissance du signal reçu. En pratique, elle est parfaitement utilisable comme détecteur de modulation d'amplitude.

l'alimentation

Les schémas indiquent une tension d'alimentation de 9 V, mais il faut faire quelques remarques. La tension d'alimentation du NE604 peut atteindre une tension maximale de 9 V, mais il est souhaitable qu'elle soit un peu inférieure. Si nous alimentons le récepteur par deux piles de $4,5$ V ou une pile de 9 V, il n'y a rien à craindre car une pile ne donne jamais de tension supérieure à sa valeur nominale; en pratique, la tension est même toujours un peu inférieure, du fait de la résistance interne.

Si vous comptez utiliser un adaptateur secteur, des problèmes risquent de se poser. La tension de ces sources n'est pas stabilisée et risque d'atteindre des sommets dangereux à faible charge. Il n'est pas rare de mesurer une tension de 15 V sur un adaptateur de 9 V, soit la tension de crête de $12,72$ V augmentée de la marge prévue par le fabricant pour compenser les pertes à pleine charge. Heureusement, il existe des régulateurs tripolaires faciles à utiliser. Nous choisirons un 7808 qui laisse une marge de sécurité, de préférence à un 7809 qui se trouverait exactement à la limite.

circuit imprimé à double face

La réalisation d'un montage de cette taille ne pouvait guère s'envisager sur une série de platines d'expérimentation. De plus, les

- R1 = 10 Ω
- R2,R19 = 330 Ω
- R3,R10 = 10 k Ω
- R4,R7 = 4,7 k Ω
- R5 = 4,7 M Ω
- R6,R21,R22 = 100 k Ω
- R8 = 10 M Ω
- R9 = 10 M Ω
- R11,R18 = 100 Ω
- R12 = 82 k Ω
- R13 = 8,2 k Ω
- R14 = 220 Ω
- R15 = 820 Ω
- R16 = 5,6 k Ω
- R17,R24 = 1 k Ω
- R20 = 220 k Ω
- R23 = 47 Ω
- P1 = 47 k Ω log.
- P2 = 4,7 k Ω lin.
- P3 = 10 k Ω variable

- C1 = 220 μ F/10 V radial
- C2 = 10 μ F/10 V radial
- C3 = 47 nF
- C4,C8,C9,
C10,C11,C13,
C14,C27 = 100 nF céramique
- C5,C19,C22 = 1 nF céramique
- C6,C7 = 2,2 nF
- C12,C23 = 10 pF
- C15,C24 = 10 pF ajustable

- C16 = condensateur variable 2 \times 14 pF
- C17 = 100 pF
- C18 = 3,9 pF
- C20 = 22 pF
- C21 = 10 nF céramique
- C25 = 47 pF
- C26 = 470 μ F/10 V radial
- C28 = 1 nF CMS (montage en surface)

- L1,L2 = 4,5 spires sur mandrin NEOSID 10V1 (fig. 2 et 3)
- L3,L4 = bobine TOKO KAC6400A
- L5 = 4 spires sur une perle de ferrite
- L6 = bobine à air 8 spires diamètre 3 mm
- IC1 = LM386
- IC2 = CA3130E
- IC3 = NE604N
- T1 = BC547B
- T2 = BF256B
- T3 = BF982
- T4 = BFG65
- T5 = BF981

- FL1,FL2 = filtre 10,7 MHz SKM1
- S1 = inverseur unipolaire
fiche et douille pour l'antenne
(BNC, SO239, PL259)
haut-parleur 8 Ω /300 mW
circuit imprimé
coffret métallique
fer-blanc pour le blindage
alimentation 8 V

Composants

Les composants suivants doivent être soudés des deux côtés de la platine. Une broche de : R4,R5,R6,R13,R17,R21,R22, C3,C6,C7,C8,C9,C13,C14,C18,C19,C21,C22,C27, C28,L6,FL1,FL2 (milieu),T1,T3,P1,S1,HP, antenne, masse alimentation. Deux broches de : P3,T4,C15,C24, boîtier de L1,L2,L3,L4.

Il est souhaitable de souder des deux côtés aussi : les broches 2 et 4 d'IC1, la broche 4 d'IC2, les broches 2 et 13 d'IC3, la broche 1 de L1 et L2, la broche 4 de L3 et une connexion de C26. Si les broches des circuits intégrés rendent la soudure impossible, n'insistez pas. Vérifiez tout de même que C3, C9, FL2 et les boîtiers de L1, L2 et L3 sont soudés à la masse.

circuits à haute fréquence ne se sentent pas très à l'aise sur ce genre de support. L'idéal pour ces montages est un circuit imprimé à double face avec un côté complètement recouvert de cuivre. Cette feuille de cuivre constitue un blindage qui évite toute oscillation intempestive. Si la fabrication d'un circuit imprimé double face vous effraie, vous pouvez vous tourner vers les sources habituelles, qui le proposent tout prêt, percé, verni et sérigraphié.

L'implantation des différents composants est représentée par la figure 11. Le câblage n'est pas difficile en soi, mais il faut veiller à souder certains composants des deux côtés de la platine. Lesquels ? Leur liste est reprise dans l'encadré.

Figure 11 - Même si le circuit intégré NE604 s'acquitte d'une bonne partie des tâches, il reste une tripotée de composants à loger, et pas n'importe comment, s'il vous plaît. Sur un circuit imprimé soigneusement dessiné et doublé par un plan de masse.

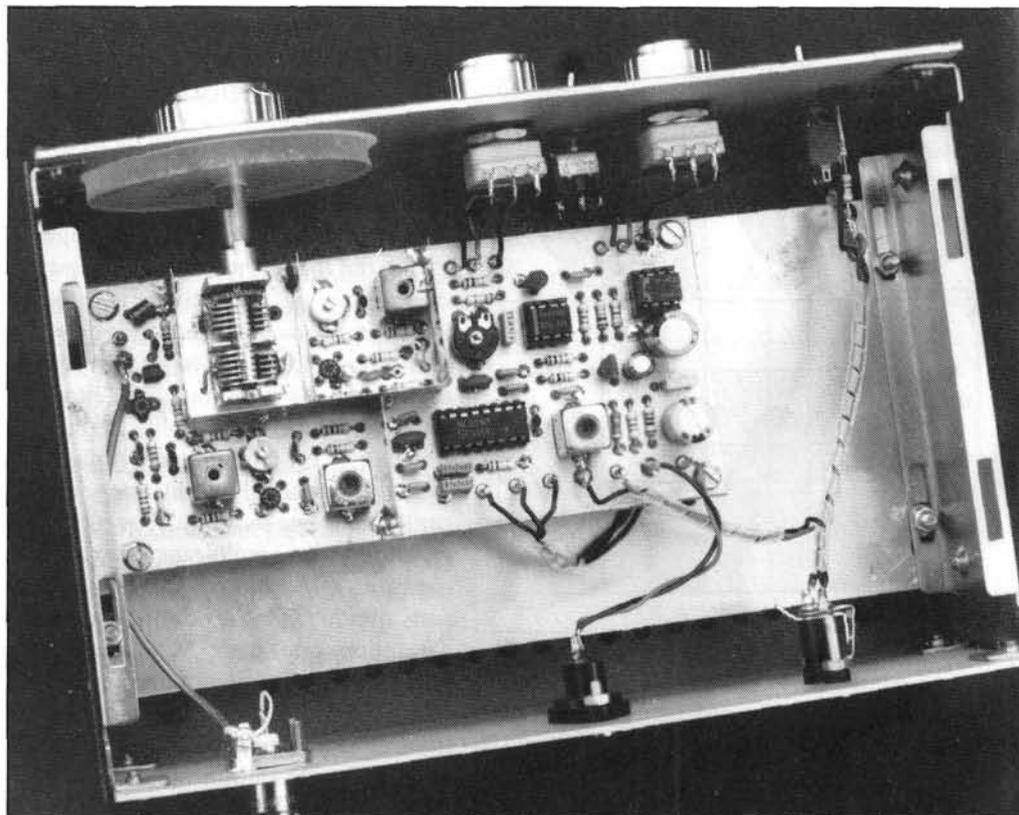
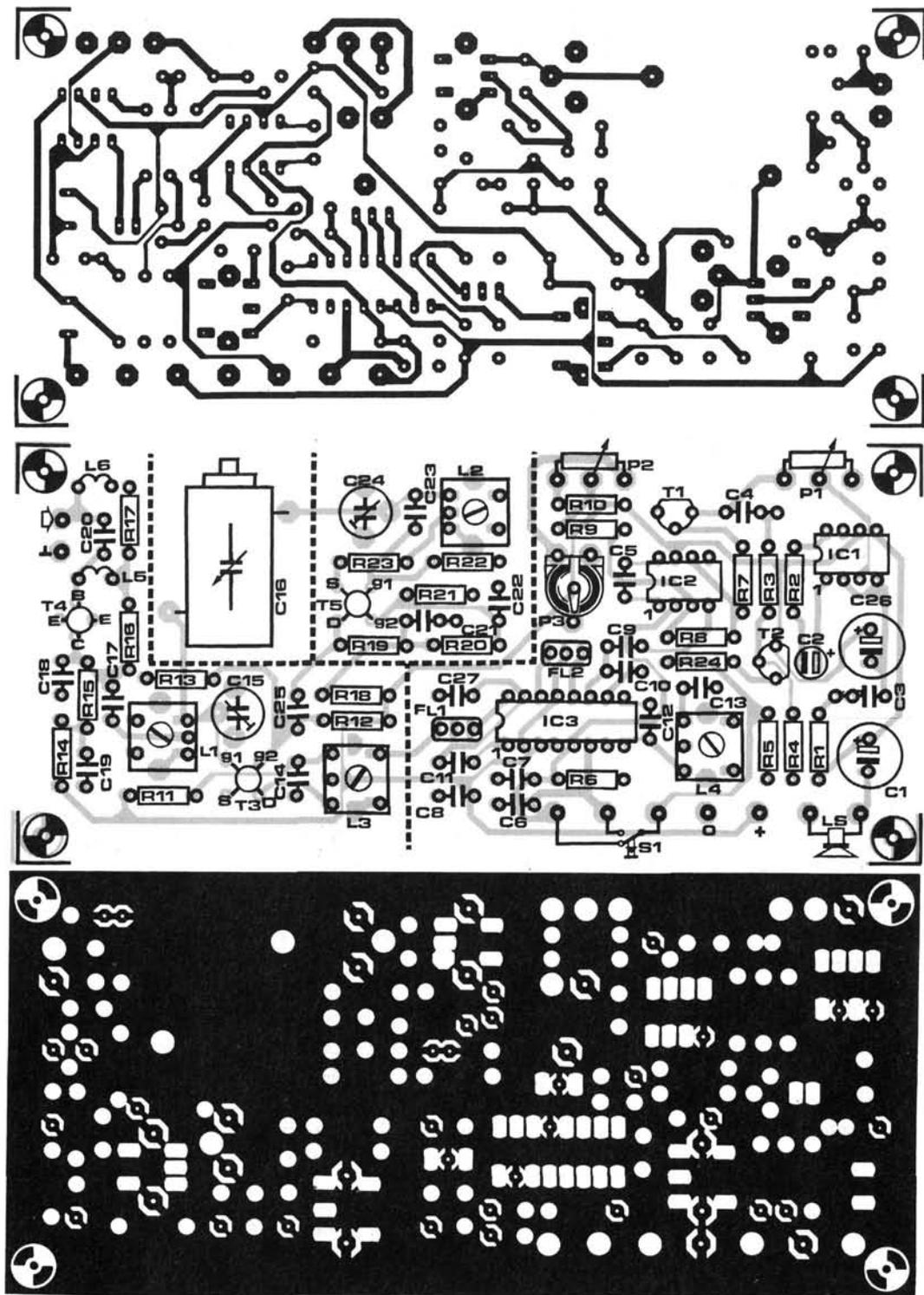


Figure 12 - Rien ne peut donner une meilleure idée de la réalisation mécanique qu'une petite photo (sauf peut-être une grande photo), en particulier pour la disposition inhabituelle du condensateur C28.



N'installez pas tous les composants immédiatement, car certains demandent une manipulation spéciale. Il faut bobiner les inductances L1, L2, L5 et L6 et modifier une des connexions du condensateur variable C16. Commençons par ce dernier. D'origine, ses deux connexions sont situées d'un même côté. Pour notre circuit imprimé, cela signifie que la liaison est trop longue et que des phénomènes d'oscillation s'ensuivent. Le fonctionnement est meilleur si nous déplaçons une connexion de l'autre côté du paquet de lames. Ce travail n'est pas des plus faciles,

car il faut veiller à ne pas désolidariser les lames du paquet. Procédez comme suit : dessoudez la connexion « arrière » avec un fer assez petit. Faites cela rapidement, sans trop chauffer la soudure, ou bien coupez le fil au ras du joint. Laissez le condensateur refroidir un moment. Pendant ce temps-là nettoyez la panne du fer et étamez le nouveau fil de connexion. Soudez-le ensuite de l'autre côté, vite et sans chauffer excessivement.

Une fois ce petit travail mené à bien, le condensateur variable peut être installé. Comme il ne comporte pas de trous pour

la fixation par vis, il convient de le souder sur le circuit imprimé. Utilisez pour cela un fer plutôt gros, et décapez soigneusement la surface. Après le condensateur variable, c'est au tour des bobines.

Commençons par L6, une bobine à air de 8 spires de fil de cuivre émaillé de diamètre 0,3 mm, formées sur une queue de foret de 3 mm de diamètre. Décapez les extrémités du fil, étamez-les puis installez la bobine à sa place.

L'inductance L5 est constituée de 4 spires enfilées dans une perle de ferrite. Le fil de cuivre émaillé est ici de 0,2 mm de dia-

mètre (ce n'est pas critique). Pour les deux inductances qui restent à fabriquer, L1 et L2, nous recommandons le mandrin NEOSID 10V1. Il se compose de 4 pièces : la carcasse, le noyau de ferrite, le blindage en cuivre rouge, et enfin un profilé carré en matière plastique. Ce dernier est utilisé s'il faut isoler le blindage, ce qui n'est pas souhaitable ici ; vous n'en avez donc pas besoin. Bobinez sur la carcasse 4,75 spires de fil de 0,3 mm. Ce nombre de spires peut paraître bizarre, c'est pourquoi la figure 2 illustre le bobinage. La prise intermédiaire de la bobine pose un problème. Si nous voulons la réaliser après le bobinage, nous risquons de surchauffer et d'endommager la carcasse en matière plastique. C'est pourquoi nous allons réaliser la prise intermédiaire pour commencer. Prenez un morceau de fil de 12 cm. Soudez un deuxième morceau de fil au milieu avec très peu d'étain, puis bobinez à partir de cette prise. Placez le fil et la soudure sur la carcasse et faites décrire à la partie supérieure du fil deux tours sur la carcasse et un demi-tour sur la partie inférieure. Attention ! L2 doit être bobinée en sens contraire de L1. C'est-à-dire que L1 doit être bobinée exactement comme le montre la figure 2, alors que L2 doit être bobinée dans l'autre sens. Si la bobine est réalisée correctement, le point 1 est à l'arrière de la carcasse, alors que le point 3 est à l'avant.

Après le bobinage coupez les extrémités du fil de façon à pouvoir les souder facilement sur les picots de la carcasse, puis montez les deux bobines sur le circuit imprimé. Attention à l'orientation, vérifiez que L1 et L2 viennent à leur place, sans quoi la prise intermédiaire risque d'être mal connectée. Il reste à installer les blindages.

Glissez-les sur la carcasse jusqu'à ce que le manchon en plastique dépasse du blindage.

Le tour du condensateur C28 est venu. Il s'agit d'un composant à monter en surface qui présente un comportement excellent en haute fréquence du fait de ses faibles dimensions. Vous pouvez voir sur le schéma qu'il est monté en parallèle avec C22, et vous demander pourquoi cette débauche de composants. Regardez où C22 est installé sur le circuit imprimé et pensez qu'une piste de cuivre, même rectiligne, comme n'importe quel conducteur, possède une inductance. La distance entre la grille 2 de T5 et le condensateur de découplage C22 est suffisamment grande pour que l'inductance provoque à coup sûr l'entrée en oscillation. Mais T5 ne doit-il pas osciller ? Si, bien sûr, mais il doit osciller à la fréquence déterminée par le circuit parallèle L2/C16, alors que l'inductance de la piste et la capacité de C2 déterminent une fréquence beaucoup plus élevée.

Comme il n'est pas souhaitable que T5 oscille sur plusieurs fréquences, le condensateur C28 doit compenser l'excès de longueur de la piste. C'est pourquoi il est soudé directement entre la masse et la grille du transistor, au ras du boîtier en plastique.

Pour finir, il reste à poser quelques tôles de blindage. Elles pourront être en fer-blanc ou en époxy cuivré, de 2 cm de hauteur ; vous les soudez suivant les lignes pointillées du plan d'implantation.

Le circuit imprimé est prêt et peut être testé et réglé. Pour le réglage final, il faudra installer le récepteur dans un coffret métallique, comme le montre la photo.

le réglage

Puisque tout le reste du travail est terminé, nous pouvons attaquer le réglage. Ce n'est pas particulièrement difficile, mais ce sera laborieux si vous ne disposez pas d'un fréquencemètre et d'un générateur de signaux. Il est possible cependant de mener le réglage à bien. La procédure de réglage commence avec C15 et C24 en position médiane, les lames de C16 complètement rentrées. Nous réglons maintenant la fréquence de l'oscillateur à 90,7 MHz, au moyen de L2. Pour cette mesure, le fréquencemètre est connecté au drain de T5. Si vous ne disposez pas d'un fréquencemètre, vous pouvez régler votre oscillateur à l'aide d'un récepteur à modulation de fréquence normal ; il rayonne suffisamment de puissance pour pouvoir être capté par un récepteur tout proche. Accordez votre récepteur sur 90,7 MHz et tournez L2 jusqu'à ce que vous entendiez le signal de l'oscillateur. Placez ensuite S1 en position **modulation d'amplitude** et réglez L1 et L3 pour entendre le maximum de bruit. Si vous repassez S1 en position MF, vous pouvez déjà capter quelques stations en tournant le condensateur variable C16 (à condition d'avoir raccordé une antenne). Accordez le récepteur sur une station entre 80 et 90 MHz, par exemple la balise sur 88 MHz, et réglez L1 pour obtenir un bruit minimal (remplacez éventuellement l'antenne par un fil de 75 cm). Réglez ensuite L4 pour minimiser la distorsion, après avoir accordé le récepteur sur une station de radio-diffusion. Cherchez maintenant une station faible, audible avec du bruit, et reprenez le réglage de L1, L3 et L4. Le récepteur est maintenant réglé pour la partie basse de la bande, mais le réglage n'est peut-être pas parfait pour la partie haute.

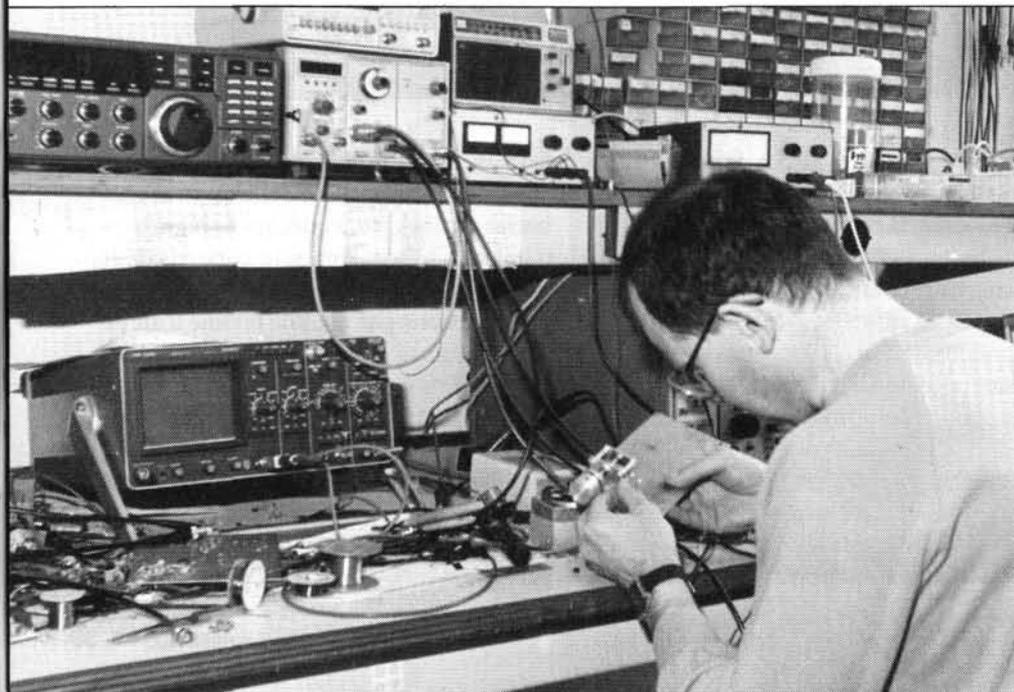


Figure 14 – Quelle que soit la surface de l'établi d'un électronicien, quelle que soit la taille du prototype, quelle que soit la quantité d'appareils de mesure, on finit par travailler sur un carré de 10 cm de côté. Le concepteur du récepteur VHF ne s'est même pas retourné pour la photo, absorbé qu'il est dans la conception du récepteur de l'an 3000. Le photographe, lui, n'a pas attendu qu'il se retourne, il voulait rentrer pour voir le match à la télé. Tant pis, à défaut de savoir à quoi ressemble le spécialiste maison des hautes fréquences, nous saurons à quoi ressemble son poste de travail.

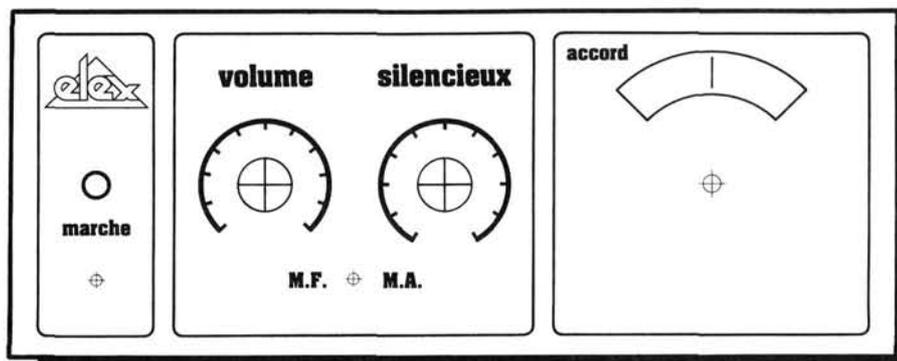


Figure 13 – La face avant ne comporte que le réglage de silencieux en plus des commandes habituelles d'accord et de volume.

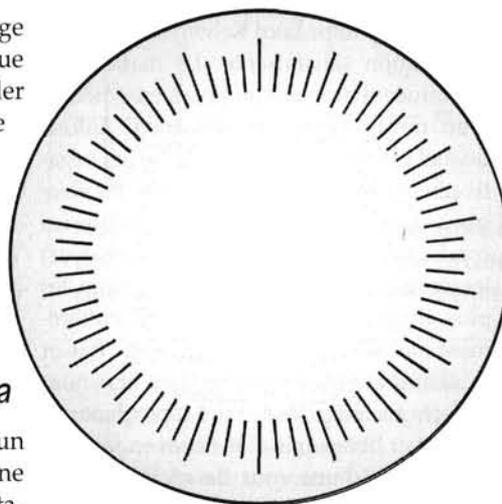
Cherchez une station faible aux environs de 135 MHz (les lames de C16 complètement sorties) et réglez C15 pour minimiser le bruit. Revenez à la station faible aux environs de 90 MHz et reprenez le réglage de L1 pour le bruit minimum. Répétez quelques fois le réglage de C15 vers 135 MHz et celui de L1 vers 90 MHz. Si vous en venez à rentrer ou à sortir complètement les lames de C15, cela signifie qu'il faut décaler légèrement le réglage de C24 et reprendre le réglage de l'oscillateur par L2 sur 90,7 MHz (C16 à sa capacité maximale).

Nous avons supposé pour tout ce réglage que P2 et P3 sont réglés de façon telle que le silencieux reste inactif. Il reste à régler P3 pour déterminer à partir de quelle position P2 mettra le silencieux en action. Placez P2 au premier quart de sa course, puis réglez P3 jusqu'au moment où le silencieux commence à agir.

antenne, fréquence, et cetera

Vous aurez probablement utilisé un simple morceau de fil comme antenne pour les réglages. Pour la réception de sta-

tions éloignées, cette solution est insuffisante et nous vous conseillons de monter une bonne antenne sur le toit. Pour utiliser le récepteur au mieux, il faut une antenne à large bande, comme celle que nous avons décrite dans le n°52 d'ELEX, février 1993, page 12. Quelle que soit l'antenne choisie, raccordez-la au récepteur par un câble coaxial de 50 Ω. Utilisez un véritable connecteur haute fréquence du type BNC ou PL259. Remarquez que le type BNC est nettement supérieur au PL259.



Comme nous le signalions au début de la description, il est possible d'adapter le récepteur sans trop de difficultés à d'autres bandes de fréquence. La seule chose à faire est de régler L1 et L2 sur une autre fréquence de début. Par exemple sur 100 MHz au lieu de 90 MHz.

Pour donner un aspect agréable au récepteur, vous pouvez vous inspirer de la face avant de la figure 13. Le dessin suppose que vous découperez le boîtier à côté du mot « accord » et que vous collerez sur l'axe du condensateur variable un disque gradué avec des lettres-transfert. Ne tracez l'échelle qu'une fois le récepteur terminé et réglé. Connectez un fréquencemètre à l'oscillateur et tournez C16 jusqu'à ce qu'il indique 90,7 MHz. Inscrivez 80 au crayon dans le milieu de la fenêtre. Tournez C16 jusqu'à ce que le fréquencemètre indique 91,7 et inscrivez 81 sur l'échelle. Continuez ainsi jusqu'à la fin de la gamme. Démontez le disque et remplacez les inscriptions au crayon par des lettres-transfert. Collez derrière la fenêtre un rectangle de matière plastique transparente avec, comme index, une rayure noircie au feutre ou une bande de papier noir.

886127

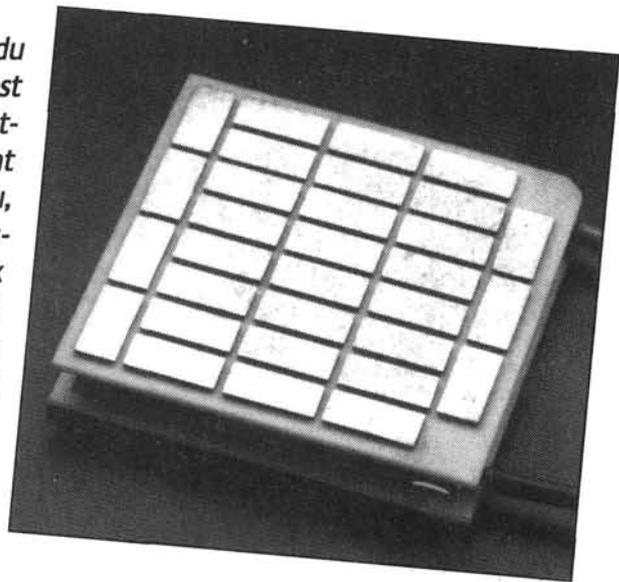
MAGNETIC-FRANCE

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

Bon à découper pour recevoir le catalogue général
Nom
Adresse
Envoi : Franco 35 F - Vendu également au magasin

11, Place de la Nation, 75011 PARIS **43793988**
Télex 216 328 F - Ouvert de 9 h 30 à 12 h et de 14 h à 19 h
Fermé le Lundi.

Comme nous le savons depuis quelque temps, lors du passage du courant dans un conducteur une partie de l'énergie électrique est convertie en énergie thermique, le plus souvent indésirable. Cette conversion a lieu quel que soit le sens de passage du courant et n'est pas réversible : c'est l'effet Joule. Nous avons pourtant vu, dans un numéro déjà ancien (celui d'avril 1992), qu'il était possible de faire naître, dans un circuit fermé constitué par deux métaux différents, une force électromotrice (dite de Seebeck) rien qu'en élevant la température d'une de leurs connexions par rapport à l'autre. Nous allons voir que le passage d'un courant dans une jonction formée de deux conducteurs peut donner lieu à la production ou à l'absorption de chaleur et qu'il existe des composants qui utilisent cet effet, dit de Peltier, pour réfrigérer.



des effets réfrigérants du courant électrique

composants à effet Peltier

Un composant qui utilise l'effet Peltier est quelque chose d'étonnant : on le prend entre le pouce et l'index, on lui fournit du courant et un doigt se réchauffe alors que l'autre se refroidit. Un composant à effet Peltier est une pompe à chaleur électrique qui prélève de la chaleur sur une de ses faces pour la restituer à l'autre. Il est en cela comparable à un réfrigérateur qui extrait de la chaleur à l'intérieur d'une enceinte calorifugée pour la rayonner à l'extérieur. Un réfrigérateur est une machine relativement compliquée où les ferrailleurs trouvent leur bonheur puisqu'il contient outre un compresseur, un évaporateur, un condenseur pour ne parler que de ses composants les plus importants. Une pompe à chaleur à effet Peltier, à l'opposé, est simplement constituée de deux minces plaques de céramique entre lesquelles sont soudés de petits dés (2 mm d'arête) d'un matériau semi-conducteur au nom sympathique de tellurure de bismuth*. Ces composants de faible encombrement qui peuvent être associés en série sont faciles à commander électroniquement : ils permettent de réfrigérer localement certains dispositifs ou de régulariser des températures de façon très fine. Cependant, vu leur faible rendement, ils ne sont pas près de remplacer les compresseurs de nos armoires à glaçons. Comment fonctionnent-ils ?

Il nous faut regarder d'un peu plus près la matière pour nous faire une idée (simple donc fautive mais utilisable, eût dit Paul Valéry) des effets de Seebeck et Peltier dont Thomson (le futur Lord Kelvin) donnera une formulation satisfaisante. La matière est constituée d'atomes composés eux-mêmes d'un noyau chargé positivement autour duquel gravitent des électrons chargés négativement. Tout se passe comme si les électrons étaient disposés en couches. Dans un conducteur (de l'électricité ou de la chaleur) les électrons de la couche la plus externe, les plus éloignés du noyau sont particulièrement mobiles : ils n'ont pas de poste fixe et sautent d'atome en atome, d'où leur nom d'électrons libres. Ils ne sont cependant pas tout à fait libres, pas plus libres en fait que les écoliers d'une cour de récréation qui s'agitent dans tous les sens à grande vitesse sans pourtant s'éloigner plus qu'il n'est permis des bâtiments dans lesquels l'enseignement leur est dispensé. Il faut fournir aux électrons une certaine énergie pour les faire sortir de leur cour, pour qu'ils passent par exemple dans un autre métal. Établissons le contact entre deux conducteurs, l'un, le cuivre par exemple, dont les électrons libres

théorie sont moins liés, plus nombreux et plus agités, l'autre le constantan**, dont les électrons libres se déplacent moins facilement. Les électrons, comme on le sait, peuvent passer d'un conducteur à l'autre. Il ne fait aucun doute qu'ils passeront en plus grand nombre du cuivre vers le constantan que du constantan vers le cuivre. Le constantan, qui reçoit plus d'électrons qu'il n'en rend, va se charger négativement par rapport au cuivre. Nous aurons entre les deux métaux une différence de potentiel dite de contact (**figure 1**). Si les électrons n'étaient pas agités, s'ils avaient moins d'énergie, ils ne passeraient pas ainsi d'un métal à l'autre : au zéro absolu il n'y aurait aucune tension de contact. Il n'est malheureusement pas possible dans l'état actuel des choses d'utiliser ou même de mesurer cette tension de contact. Pour fermer le circuit et qu'un courant circule, il faut au moins deux connexions et comme vous le voyez sur la **figure 2**, les tensions de contact sont forcément opposées si bien que le courant ne circule pas dans le circuit. Comment faire pour y remédier ? Introduire un certain déséquilibre. On maintient les connexions à des températures différentes : on chauffe l'une et refroidit l'autre comme sur la **figure 3**. La résistivité du cuivre augmente lorsque la température s'élève (les électrons perdent en mobilité) alors que celle

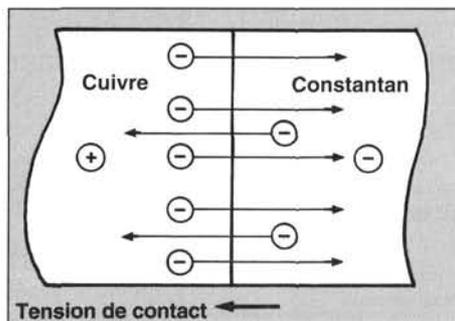


Figure 1 - Dans les conducteurs les électrons périphériques se déplacent librement. Ils peuvent passer sans problème d'un conducteur à l'autre. Si les électrons libres du second conducteur sont liés par une plus grande force, ils s'y concentrent et créent un déséquilibre des charges qui donne lieu à une tension de contact.

* Bi_2Te_3 : sel de bismuth de l'acide tellurhydrique, comme nous avons le sel de sodium de l'acide chlorhydrique connu depuis la plus haute antiquité puisqu'on le trouve déjà chez Plutarque : « Passe-moi le sel » aurait en effet dit Cléopâtre à César, alors qu'elle l'avait sous le nez (de la longueur duquel Pascal put ainsi avoir une idée).

** Le constantan est un alliage de cuivre et de nickel dont la résistivité (élevée) ne varie pas avec la température.

du constantan ne varie pas. Les électrons passent (statistiquement) en plus grand nombre du cuivre vers le constantan. À la jonction froide le courant d'électrons circule du constantan vers le cuivre. Une différence de tension entre les deux jonctions permet la circulation d'un courant dans la boucle. Il est possible de réaliser cette expérience avec peu de moyens : une longueur de fil de constantan - éventuellement tirée d'une vieille résistance de puissance cassée - torsadée et reliée à ses deux extrémités à deux bornes de cuivre aboutissant à deux bornes. Un multimètre sensible (calibre 0,3 V DC) mesurera la différence de potentiel entre celles-ci. Un point de raccordement cuivre-constantan plonge dans une eau aussi froide que possible (*on the rocks*) l'autre est chauffé au briquet. L'aiguille du multimètre dévie alors sensiblement même si c'est avec peu d'amplitude. Les tensions de contact sont en effet minuscules : entre le cuivre et le constantan la tension thermoélectrique est de $42,5 \mu\text{V}$ par degré celsius de différence de température entre les deux points de raccordement. Elle est évidemment plus élevée lorsque l'on associe plusieurs de ces couples thermoélectriques en série, où les points de raccordement chauds alternent avec les froids. L'expérience inverse, qui consiste, au lieu d'un multimètre, à raccorder au circuit un générateur donne lieu à un effet inverse, comme nous allons le voir.

effet Peltier

L'effet Peltier est l'inverse de l'effet Seebeck. Nous prenons pour le mettre en évidence un module à effet Peltier du commerce constitué de tellure de bismuth au lieu de constantan. Une pile raccordée comme précédemment l'appareil de mesure, fait circuler un courant dans le circuit. On constate qu'une connexion se refroidit alors que l'autre se réchauffe. Tel que le courant circule sur la figure 4, le point de raccordement de gauche est le point froid, du côté du pôle moins du générateur, le point chaud de l'autre côté. Tout se passe comme si les électrons faiblement liés et peu énergétiques du cuivre passaient vers le semi-conducteur en pompant de l'énergie au milieu extérieur du côté froid alors que de l'autre côté, c'est le cuivre qui reçoit des électrons d'énergie supérieure à celle qu'ont normalement ses électrons libres : cette énergie est cédée sous forme de chaleur au milieu ambiant. L'énergie empruntée d'un côté au milieu extérieur lui est restituée de l'autre : le dispositif fonctionne comme une pompe à chaleur. Pour en accroître les possibilités on associe en

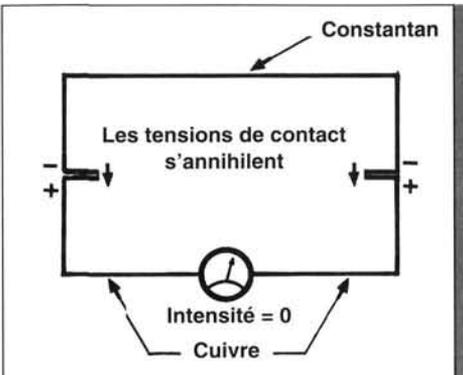


Figure 2 - Circuit fermé et pourtant aucun courant ne circule : les deux tensions de contacts sont opposées.

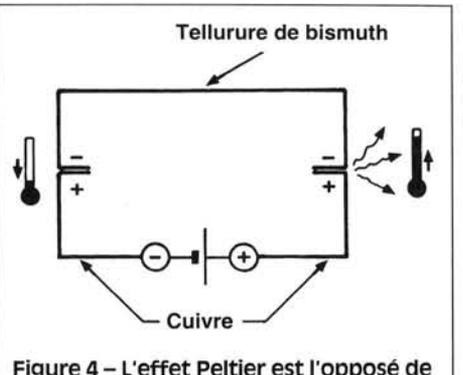


Figure 4 - L'effet Peltier est l'opposé de l'effet Seebeck. Le circulation du courant dû à la pile provoque l'échauffement d'une jonction (à droite) et la réfrigération de l'autre.

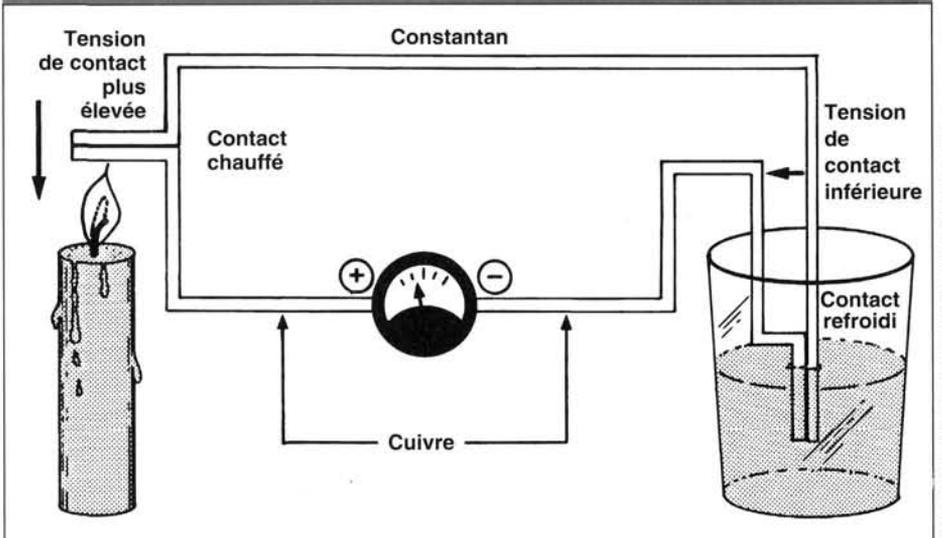
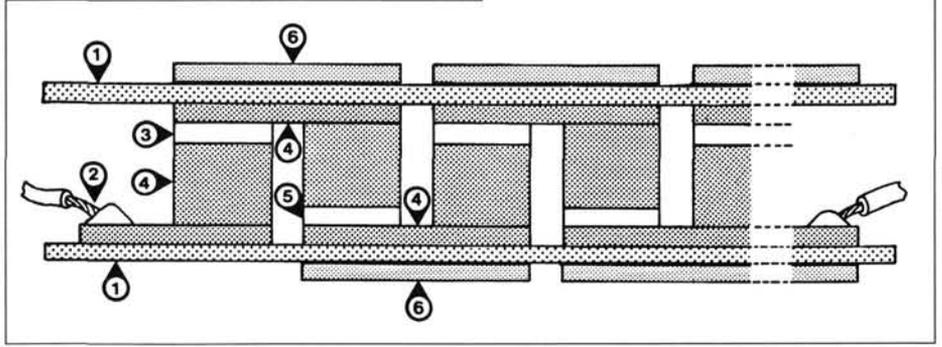


Figure 3 - Si l'on élève la température d'une des deux jonctions, on élève la tension de contact : le courant peut circuler dans la boucle. L'application de ce principe permet des mesures de différence de température précises.

série un grand nombre de ces éléments que l'on répartit entre deux plaques de céramique, comme sur la figure 5. On trouve dans le commerce de petits composants à effet Peltier à 2×64 jonctions. Ces parallélépipèdes de $30 \text{ mm} \times 30 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$, consomment quelque 8,5 A sous 3,5 V. On en trouve de plus petits (jusqu'à 0,32 W) et de plus grands.

Figure 5 - L'association en série de plusieurs éléments permet d'augmenter les performances du composant. La borne de droite reliée au pôle plus et l'autre au pôle moins d'un générateur provoque l'échauffement de la face supérieure et le refroidissement de l'autre.

- ① Support de céramique
- ② Jonction tellure-cuivre
- ③ Matériau de liaison
- ④ Jonction cuivre-tellure
- ⑤ Surface de cuivre pour l'amélioration des échanges calorifiques avec le milieu ambiant
- ⑥ Borne



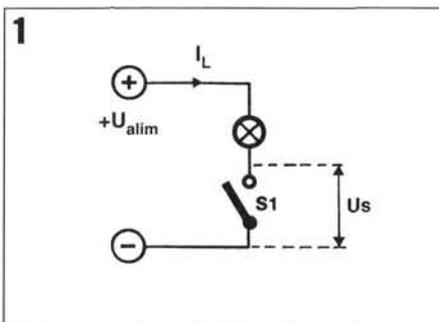
commutateur

le transistor

En règle générale, le transistor est utilisé pour amplifier des courants. Le courant d'entrée est celui de la base, le courant de sortie, celui de collecteur qui en est une image agrandie. On appelle rapport d'amplification H_{FE} , caractéristique du transistor, le rapport de l'intensité du courant de collecteur I_c à celle du courant de base I_b .

$$\text{Ceci s'écrit: } I_c = H_{FE} \cdot I_b$$

Il est visible que si le courant de base I_b est nul, le courant de collecteur l'est aussi: le transistor est bloqué. En revanche, si le courant de base est suffisamment élevé, un courant certain de collecteur circulera. Nous pouvons donc utiliser le transistor pour commander ou non le passage d'un courant. C'est en principe ce que fait un interrupteur ordinaire (figure 1) ou plus précisément un relais. Complétons maintenant ce que nous avons dit: lorsque le transistor n'est pas commandé, si sa base est à un potentiel tel qu'aucun courant ne peut circuler entre elle et l'émetteur (la différence de potentiel est le plus souvent inférieure à 0,6 ou 0,7 V), la différence de potentiel U_{ce} entre le collecteur et l'émetteur est, à peu de chose près, celle de l'alimentation U_s . L'émetteur est pratiquement au potentiel de la masse, le collecteur à celui de l'alimentation. Si la différence de potentiel entre la base et l'émetteur dépasse 0,6 V, un courant de base circule. S'il est suffisant, le transistor se sature, c'est-à-dire qu'il laisse passer un maximum de courant, uniquement limité par la charge représentée ici par une lampe. La chute de potentiel provoquée par le



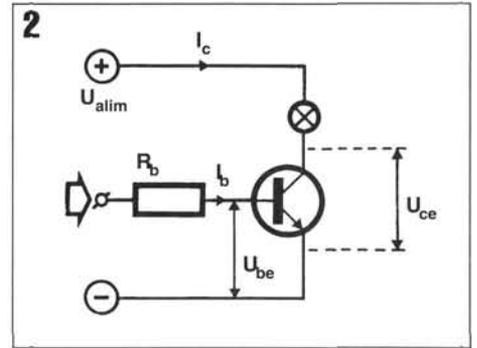
transistor est assez petite pour que nous la négligions: U_{ce} est quasiment nul.

Insérons notre transistor dans un circuit, comme sur la figure 2. Pour qu'il conduise, nous élevons le potentiel de son entrée au moyen par exemple d'un circuit numérique. Cette tension est, comme nous l'avons dit, supérieure à U_{be} , seuil de la jonction base-émetteur. Ceci est valable pour un NPN. Pour un PNP, les choses se passeraient différemment puisque les courants circulent dans l'autre sens. Nous n'en parlerons pas plus aujourd'hui puisque ce sont des NPN que nous utilisons le plus souvent.

La résistance R_b limite le courant de base à la valeur souhaitée. Son choix prend en compte la tension d'entrée, celle de la jonction base-émetteur et, bien sûr, le courant de base. Les calculs sont des plus simples comme nous allons le voir.

choix des composants et calculs

Avant toute chose, il nous faut évaluer les besoins, l'intensité du courant de collecteur en particulier. Dans notre exemple, le courant sera celui consommé par la lampe connectée aux bornes de l'alimentation. Nous choisirons ensuite un transistor qui supporte ce courant dans un recueil de caractéristiques (data book). Prenons l'exemple d'une lampe consommant 6 W sous 12 V: le courant de collecteur du transistor sera au minimum de 500 mA.



Pour disposer d'une marge suffisante, nous prendrons un transistor dont I_{cmax} sera du double. Inutile de chercher un recueil de données, puisque nous avons sur le tableau 1 les BD135, BD137, BD139, NPN qui conviennent. Nous avons aussi noté que la tension maximale supportée par les transistors n'était pas inférieure à celle de l'alimentation.

Quel courant de base? Il nous faut le gain. Comme vous le remarquez sur le tableau, ce gain se trouve quelque part entre 40 et 250. Nous sommes sûrs d'avoir le minimum, 40 c'est donc ce que nous prendrons pour le calcul, ce qui nous donne un courant de base (minimum) de:

$$500 : 40 = 12,5 \text{ mA.}$$

Pouvons-nous maintenant choisir R_b ? Non pas encore, puisque nous ignorons par quoi la base sera commandée. Le plus souvent il s'agira de la tension d'alimentation du circuit: 12 V ici. La chute de tension provoquée par R_b sera donc de:

$$12 - 0,6 = 11,4 \text{ V}$$

(nous déduisons comme convenu 0,6 V de la tension base-émetteur). Il n'y a plus qu'à appliquer la loi d'Ohm:

$$R_b = U_{Rb} : I_b = 912 \Omega$$

Les valeurs les plus proches dans la série E12 sont 1 k Ω et 820 Ω . Nous prendrons 820 Ω pour être tout à fait sûrs que le courant de base est suffisant, sans être trop élevé. Un courant de base trop élevé pourrait en effet endommager le transistor.

886052

Tableau 1

type	P = PNP N = NPN	P_{max} (W)	U_{max} (V)	I_{max} (A)	gain en courant
BD 135	N	7,5	45	1,5	40 à 250
BD 136	P	7,5	45	1,5	40 à 250
BD 137	N	7,5	60	1,5	40 à 160
BD 138	P	7,5	60	1,5	40 à 160
BD 139	N	7,5	80	1,5	40 à 160
BD 140	P	7,5	80	1,5	40 à 160
BD 233	N	25	45	6	40 à 250
BD 234	P	25	45	6	40 à 250
BD 235	N	25	60	6	40 à 250
BD 236	P	25	60	6	40 à 250
BD 237	N	25	80	6	40 à 160
BD 238	P	25	80	6	40 à 160

Vous savez combien il est gênant de décrocher le téléphone quand la radio marche à fond. Moins parce que cela perturbe votre dégustation du dernier tube (il passe vingt fois par jour) que parce que ni vous ni votre correspondant ne vous entendez. Comme vous n'avez pas le bras assez long pour atteindre le récepteur, comme le fil du téléphone est trop court pour vous permettre de vous déplacer jusque là, vous appelez quelqu'un au secours ou vous posez le combiné. Installez donc un esclave électronique qui coupera la radio chaque fois que vous décrocherez le téléphone, pour répondre ou pour appeler.

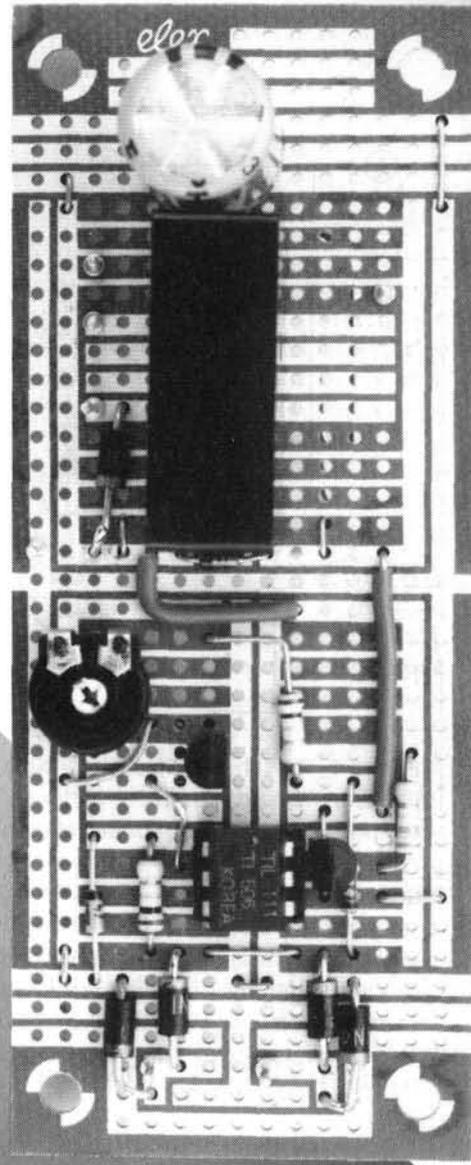
silence-radio

décrochez pour couper le sifflet à votre T.S.F.

La télévision, chez certains, n'est guère plus qu'une veilleuse. D'autres sont *accro*, pour calmer leurs angoisses, à la présence sonore de la radio. Ils ne supportent pas le silence d'une maison ou d'un bureau calme, il leur faut un signe de vie, peu importe ce qui sort du haut-parleur. Il y a assez de censeurs pour porter un jugement et de psychiatres pour analyser, nous nous contenterons de proposer un moyen simple de concilier les débordements de la radio et la communication acoustique par le téléphone. La radio, moyen de communication, peut empêcher la communication : si elle marche à fond, il faut crier pour s'entendre ; que le téléphone vienne à sonner, c'est une vraie catastrophe. On s'aperçoit vite qu'il est impossible d'entendre et de se faire entendre, à moins de baisser le volume ou d'arrêter complètement la radio. En fait, même à volume raisonnable, la radio empêche de suivre correctement une conversation téléphonique. Celui qui travaille avec la radio peut placer le récepteur à proximité de son poste de travail (et de son téléphone) pour pouvoir l'arrêter sans se déplacer, mais à la longue, on commence à être fatigué de couper la radio et de la rallumer.

automatique

Si nous envisageons une commande automatique de la radio par le téléphone, nous ne pourrions pas nous passer d'une liaison entre les deux appareils. Une fois ce principe accepté, comment concevoir l'interrupteur automatique ? Il suffira, pour



baisser le son ou couper l'alimentation, d'un simple relais en sortie du montage. Nous pouvons utiliser un contact à ouverture (repos) pour couper l'alimentation ou insérer une forte résistance en série avec le haut-parleur, ou un contact à fermeture pour créer un court-circuit après le potentiomètre de volume. Ce détail ne pose pas de gros problème.

Du côté de l'entrée du « silencieux », les choses sont moins simples au premier abord. À quoi devra réagir le circuit ? Au signal électrique de la sonnerie, au son de la sonnerie, au son de la voix, ou à autre chose encore ? En pratique, tous les essais menés avec des microphones ont été décevants, car ils captent tout et n'importe quoi. Le moyen le plus sûr est un capteur relié à la ligne téléphonique elle-même. Il règne entre les deux fils (repérés A et B) d'une ligne au repos une tension continue de 50 V environ ; la ligne est en attente, le combiné « raccroché ». Dès que quelqu'un vous appelle, une tension alternative de 75 V remplace par intermittence la tension continue. Au moment où vous décrochez votre combiné, la tension alternative disparaît et la tension continue tombe de 50 V

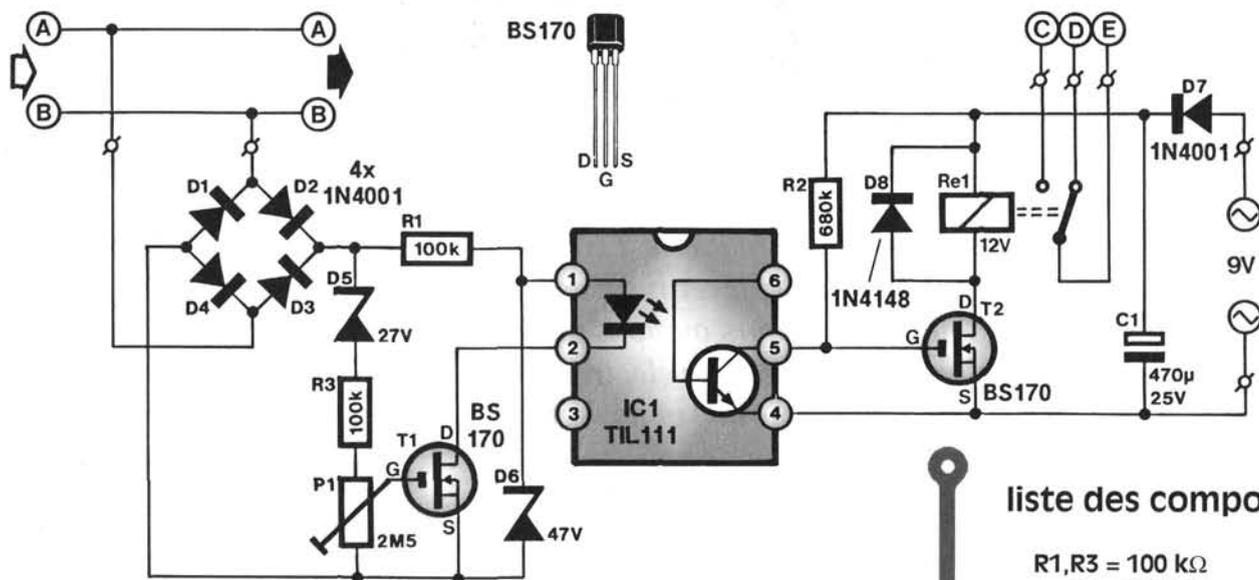


Figure 1 – Le schéma du silence-radio. Le relais, excité quand le combiné prend la ligne (on ne peut plus guère parler de « décrocher », vu les formes que prennent les téléphones modernes), coupe l'alimentation du poste de radio.

liste des composants

R1, R3 = 100 kΩ
R2 = 680 kΩ

P1 = 2,5 MΩ

C1 = 470 µF/25 V
D1 à D4, D7 = 1N4001 à 1N4007
D5 = zener 27 V/400 mW
D6 = zener 47 V/400 mW
D8 = 1N4148
T1, T2 = BS170
IC1 = TIL111

Re1 = relais Siemens
V23027 12 V 1RT

à quelque 10 V. Le passage de 50 à 10 V semble tout indiqué pour actionner le relais, d'autant plus qu'il se produit exactement au moment où la liaison commence, donc au moment où il faut que la radio se taise.

le schéma

La figure 1 montre comment nous sommes passés des quelques idées du paragraphe précédent à un circuit pratique. Vous trouvez à la sortie le relais promis (Re1), alors que l'entrée est raccordée à la ligne téléphonique. Entre les deux, outre quelques composants ordinaires, il faut remarquer un opto-coupleur (ou photo-coupleur). Il n'est pas indispensable au fonctionnement, mais absolument impératif pour la sécurité: tout circuit raccordé à la ligne téléphonique doit en être isolé galvaniquement.

Le fonctionnement est assez simple à comprendre. Pour ne pas avoir à nous soucier de la polarité de la ligne, nous avons prévu à l'entrée un pont redresseur (D1 à D4) qui nous évite en même temps que la tension alternative de la sonnerie provoque des dégâts. La sortie du pont présente donc une tension de 50 V environ tant que la ligne est en attente. La diode zener D5 soustrait 27 V de cette tension, il reste donc quelque 23 V aux bornes du diviseur R3/P1. À condition que le curseur ne soit pas à zéro, cela signifie que le FET (transistor à effet de champ) T1 voit une tension de grille suffi-

sante pour être conducteur. La LED de l'opto-coupleur (IC1) s'éclaire et le transistor devient conducteur. Aussi longtemps que le transistor de l'opto-coupleur est conducteur, la grille de l'autre FET, T2, est court-circuitée à la source, ce qui suffit à le bloquer. Le relais est donc au repos aussi longtemps que la ligne téléphonique est en attente.

Au moment du décrochage, la tension de la ligne tombe à 10 V. Cette basse tension ne suffit pas à faire conduire T1, si bien que dans l'opto-coupleur la LED s'éteint et le transistor se bloque. De l'autre côté

de la barrière galvanique, la grille du transistor n'est plus court-circuitée, le transistor T2 conduit grâce à R2: le relais Re1 est excité.



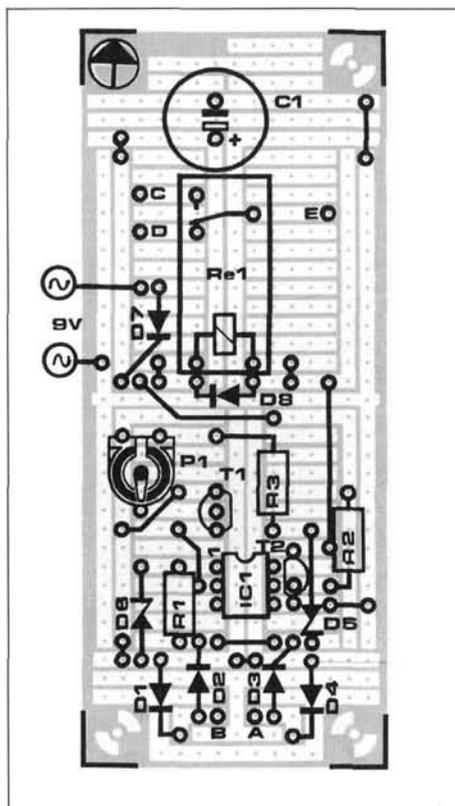


Figure 2 - La construction du silence-radio est assez simple pour se faire sur une platine d'expérimentation. Si votre poste de T.S.F. est du genre *nostalgie* comme celui de la photo ci-dessous (clin d'œil !), vous pourrez installer la platine à l'intérieur.

Il reste quelques composants que nous n'avons pas examinés. La diode zener D6, avec la résistance R1, limite la tension à une valeur sans danger pour la LED de l'opto-coupleur. La diode D8, de l'autre côté, fonctionne en diode de roue libre

pour le relais, la diode D7 et le condensateur C1 ont deux fonctions : redresseur mono-alternance si vous utilisez une tension alternative pour alimenter le montage ; anti-inversion de polarité et filtrage complémentaire si vous utilisez un tension continue de 9 V.

Vous avez remarqué que malgré les symboles de tension alternative du schéma, vous avez le choix entre alternatif et continu pour l'alimentation du circuit. N'importe quel transformateur ou bloc secteur conviendra ; vous pouvez aussi prélever quelques dizaines de milliampères sur l'alimentation du poste de radio puisqu'il n'en aura plus besoin à ce moment-là.

construction et utilisation

La figure 2 montre l'implantation des composants sur la platine d'expérimentation de format 1. Un amateur moyen doit s'en sortir en un quart d'heure. Attention à l'orientation des composants polarisés, c'est-à-dire tous sauf le potentiomètre et les trois résistances.

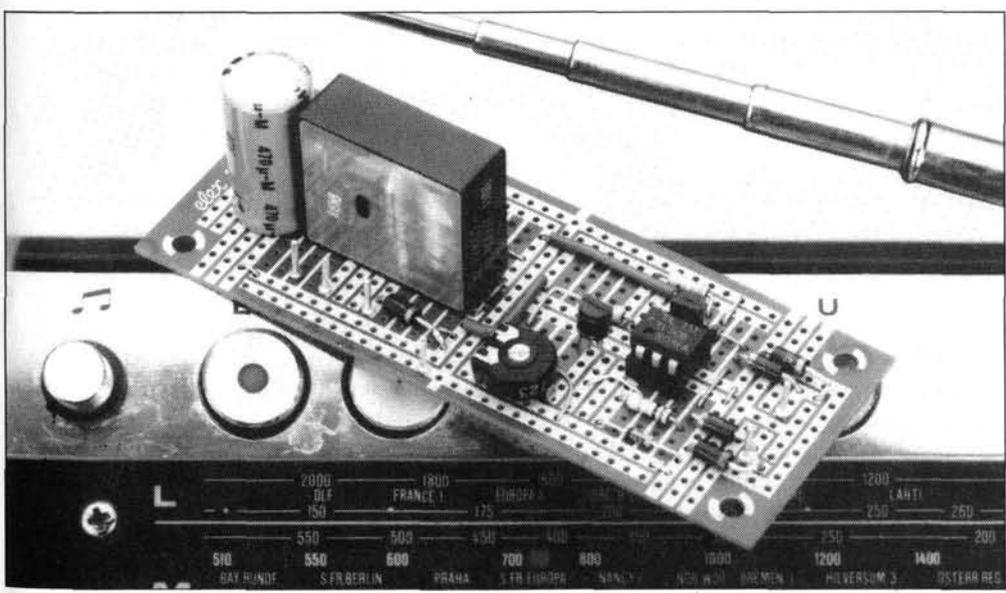
Tous les points de raccordement sont repérés clairement sur le schéma et le plan d'implantation de la platine : A et B sont les deux fils de la ligne téléphonique, C, D et E les contacts du relais. Les symboles « alternatif » signalent les bornes d'alimentation. Si votre source d'alimentation est continue, il faut raccorder son pôle positif à la diode D7. Pour le raccordement à la ligne téléphonique, utilisez un

câble blindé à deux conducteurs, et si possible une fiche gigogne qui, d'une part, vous évitera de bricoler la prise téléphonique, d'autre part vous permettra de transporter facilement le dispositif d'une prise à l'autre. Les deux bornes qui nous intéressent, sur les six ou huit que compte* la fiche, sont les deux plus hautes de la rangée de gauche, quand on la regarde par le côté vis, avec la base du T en bas.

Le circuit pourra être installé dans le poste de radio ou dans un petit coffret disposé à proximité. Un mot sur le poste de radio : nous supposons que c'est un modèle portable ou en tous cas alimenté à basse tension, car il n'est pas question de commuter la tension du secteur avec le petit relais prévu. Il faudra interrompre l'un des fils d'alimentation du poste de radio et les raccorder aux points D et E de la platine. Il existe une autre solution, déjà évoquée au début : introduire une résistance d'une centaine d'ohms dans la ligne du haut-parleur. Elle sera court-circuitée par les contacts du relais (toujours les points D et E), et la radio fonctionnera normalement aussi longtemps que la ligne restera en attente. Dès que le téléphone est décroché, le contact s'ouvre et le haut-parleur, avec cette résistance en série, se tait sans que le circuit de l'amplificateur de puissance soit ouvert, ce qui est important.

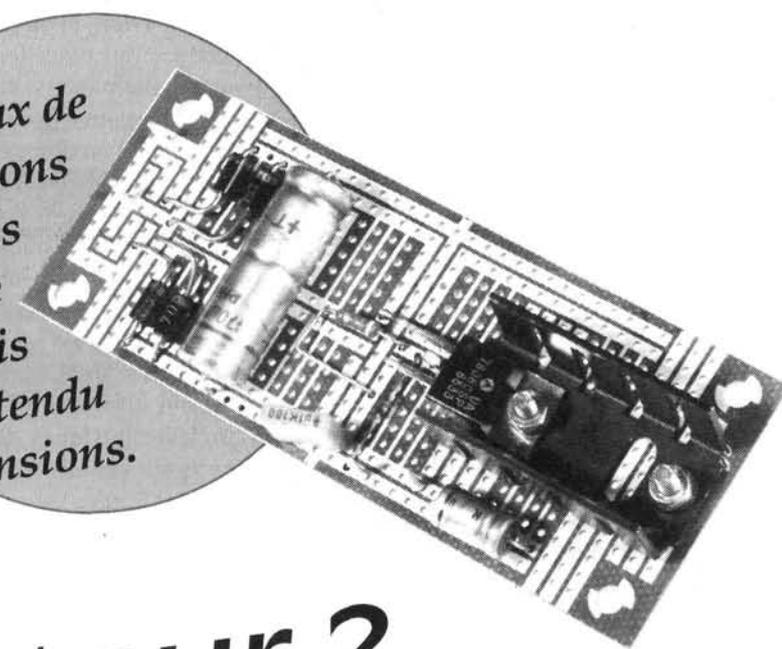
Le réglage de P1 est fait de telle façon que le relais ne soit pas excité aussi longtemps que la ligne est en attente. À propos de la ligne, vous pouvez concevoir quelques scrupules à consommer en permanence le courant nécessaire à exciter la LED de l'opto-coupleur. Ces scrupules vous honorent, mais qu'en est-il exactement de cette consommation ? Sous 50 V environ, en négligeant la tension aux bornes de la LED, l'intensité à travers R1 de 100 kΩ est de l'ordre de la moitié d'un milliampère. Comme le coefficient de transfert du TIL111 est de 10% environ, son transistor conduit un cinquantième de milliampère, ce qui est amplement suffisant pour provoquer aux bornes de R2 une chute de tension égale à l'alimentation. Il reste que la consommation sur le réseau téléphonique est insignifiante, du même ordre de grandeur que le courant de fuite d'un mauvais condensateur dans le circuit de sonnerie d'un vieux poste. Or les vieux postes téléphoniques sont autorisés, non ?

Si les fiches se mettent à compter les bornes, maintenant...



896060

Il est quelquefois plus avantageux de se servir du secteur. Nous traitons ici le problème pour les appareils ou les montages qui se nourrissent de piles de 9 V mais ce que nous disons peut être étendu à d'autres tensions.



pile ou secteur ?

Des piles de piles de 9 V usagées et la seule usine au monde⁽¹⁾ à les recycler est saturée ! Il est grand temps de faire quelque chose. Que faut-il aux appareils qui les consomment ? Une tension de 9 V continue, régulière et stable. Quel courant ? Un calcul rapide permet de le trouver : si la pile est à changer après deux heures de fonctionnement, vu sa capacité d'environ 300 mAh⁽²⁾ (pour une pile "ordinaire", attention, certaines piles tiennent 500 mAh), l'appareil lui pompe 150 mA. Ceci est un cas extrême, une pile tient le plus souvent quatre ou cinq heures avant de se mettre à genoux, mais il vaut mieux prévoir large. Que nous proposent les catalogues ? Des blocs d'alimentation bon marché dont la tension présente, le plus souvent, une ondulation résiduelle des plus ronflantes et un certain manque de stabilité. Nous avons vu dans le numéro 34 d'EleX qu'un régulateur de la série 78XX pouvait corriger ces défauts. Voyons pas à pas comment ce circuit permet de fabriquer un ersatz de pile.

9 V, pas plus

Dans la série des régulateurs 78XX, les XX désignent la tension disponible en sortie. On peut chercher, il n'y a pas de

7809 : 7808 et 7810. Prenons 7808, parce qu'aux bornes d'une pile de 9 V en service, on ne mesure pas 9 V et comme la résistance intérieure d'une telle source augmente avec l'âge, la tension moyenne disponible pour l'utilisation est plus proche de 8 V que de 10 V. Un artifice doit d'ailleurs permettre de fixer la tension de sortie à 8,6 V. Un autre point à noter : tous les circuits de la série ne conviennent pas à toutes les utilisations. Un 78L08 ne peut fournir que 100 mA, un 78M08 va jusqu'à 500 mA, un 78T08 jusqu'à 3 A et un 7808, sans lettre séparant les chiffres caractéristiques de la série et ceux de la tension, est construit pour délivrer 1 A.

choix des composants

Il faut maintenant alimenter le régulateur pour qu'il suffise à sa tâche sans avoir trop de puissance à dissiper. Celle-ci est fonction de la différence de tension entre son entrée et sa sortie, soit un minimum de 2 V, et du courant débité, soit 150 mA, pris pour maximum. En amont (figure 1), un condensateur de lissage, C1 de 470 µF, aux bornes duquel la tension est donc de 10 V. À cela il faut ajouter une ondulation estimée à 2 V⁽³⁾. Un transformateur de 12 V capable de délivrer entre

100 mA et 150 mA fait parfaitement l'affaire. Il peut débiter plus, sans aucun problème, le circuit ne prend que ce qui lui est nécessaire. La tension délivrée par le transformateur ne doit pas par contre excéder 12 V puisque, comme nous l'avons dit, la puissance à dissiper par le régulateur en dépend. Un radiateur n'est en principe pas nécessaire, mais si vous prenez un transformateur de 16 V par exemple, la puissance à dissiper sera de $6 \times 0,150$ (pour un courant de sortie de 150 mA) au lieu de $2 \times 0,150$ avec un transformateur de 12 V. Soit trois fois plus de watts. Le choix du pont de redressement n'est pas fait non plus à la légère puisque les diodes supportent, à la mise sous tension, le courant de charge du condensateur, uniquement limité par la résistance des enroulements du secondaire du transformateur. Si cette résistance est de 3 Ω par exemple, la tension crête de $12\sqrt{2} = 17$ V, les diodes doivent donc supporter une brève impulsion de courant d'environ 6 A. Le condensateur de lissage C1 voit aussi cette tension crête d'un peu moins de 17 V, d'où la ten-

⁽¹⁾ À notre connaissance, Recyvet en Suisse.

⁽²⁾ Le milliampère-heure est la quantité d'électricité transportée en une heure par un courant de 1 mA (3,6 coulombs).

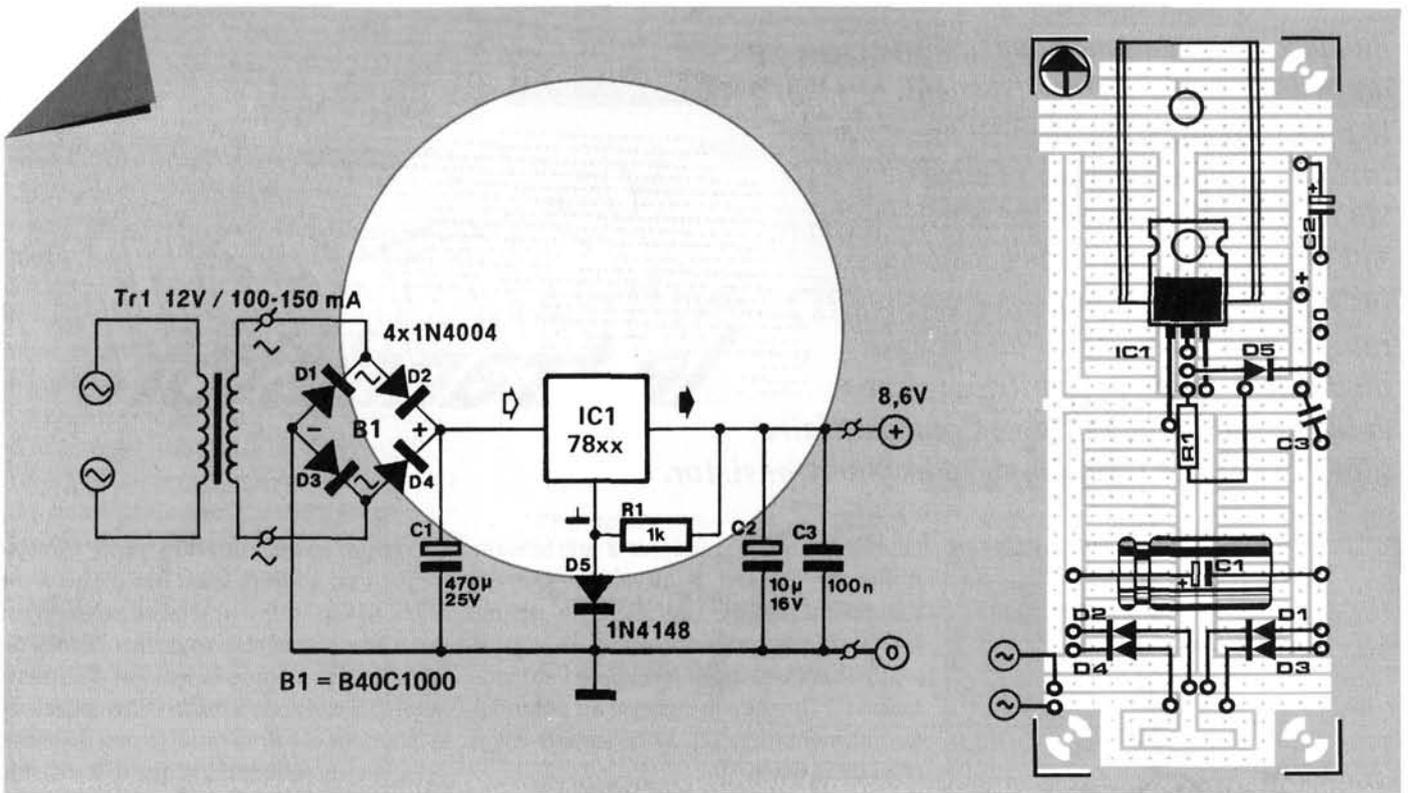


Figure 1 - Pour alimenter les appareils prévus pour fonctionner avec une pile de 9 V, et c'est le cas d'un grand nombre de circuits décrits dans cette revue, ce montage fait parfaitement l'affaire. Il va de soi que si vous ne changez la pile qu'une fois tous les deux ans, vous pouvez vous en passer.

sion de service de 25 V (chaudement) recommandée.

Le truc maintenant, qui permet d'élever la tension de sortie d'un coude de diode, soit 0,6 V à 0,7 V. Il est extrêmement simple et consiste à donner sa référence au circuit par l'intermédiaire d'une diode, ici D5 qu'il faut bien sûr polariser, c'est le rôle de R1. Ce truc peut avoir d'autres applications : si vous ne disposez par exemple que d'un régulateur de 5 V (un 7805), une diode zener de 3,6 V convenablement câblée vous permet de disposer de la même façon de 8,6 V en sortie.

Le circuit a-t-il besoin d'un radiateur ? Il va sans dire qu'en en mettant un d'office, on se rassure. On s'épargne d'ailleurs cette dépense en fixant le régulateur par sa languette de refroidissement sur le couvercle du coffret s'il est métallique, avec les précautions d'usage (isolement électrique et amélioration de la conductibilité thermique par de la graisse aux silicones). Le boîtier du circuit intégré (TO 220) dissipe cependant sans problème ses quelque 600 mW (différence entre

les tensions d'entrée et de sortie multipliée par le courant fourni) et même si vous le trouvez un peu chaud, il n'y a aucun souci à se faire : les jonctions des transistors qu'il contient tiendront jusqu'à 120 °C et une protection thermique interne les garantit contre la surchauffe. Les condensateurs de sortie, comme nous vous l'avons déjà répété à la page 45 du numéro 20 d'EleX (voir aussi le numéro 12), sont là pour répondre aux appels de courant trop brusques de la charge, auxquels le régulateur ne pourrait pas immédiatement faire face (C2), et bloquer les composantes à haute fréquence susceptibles de nuire à la régularité de la tension (C3).

L'ensemble, à l'exclusion du transformateur (pour des raisons de sécurité), tient sur une platine d'expérimentation de format 1. Si vous le câbliez différemment de ce que nous vous proposons sur la figure 2, pour en réduire le volume par exemple, placez les condensateurs le plus près possible des broches du régulateur. Si les liaisons étaient trop longues entre C1 et l'entrée du circuit, une capacité de 0,33 µF ou plus (tantale ou mylar) directement aux bornes de celui-ci, garantirait la stabilité de la tension de sortie.

Figure 2 - Il est évidemment possible d'implanter les composants sur une platine de plus petites dimensions et de visser le régulateur sur la paroi métallique (isolée de la masse du circuit) d'un coffret par exemple. Gainez aussi les broches des composants, elles vous en seront reconnaissantes.

LISTE DES COMPOSANTS

R1 = 1 kΩ

C1 = 470 µF/25 V

C2 = 10 µF/16 V

C3 = 100 nF

D1 à D4 = 1N4004

(ou pont moulé B40C1000)

D5 = 1N4148

IC1 = 7808

(régulateur de tension positive)

1 transformateur

12 V/100 à 150 mA (1,2 à 1,8 VA)

platine d'expérimentation de format 1

⁽³⁾Calculée empiriquement, cette ondulation résiduelle est égale, en volts, à sept fois le rapport du courant exprimé en milliampères, à la capacité du condensateur de lissage exprimée en microfarads.

En électronique numérique, un inverseur est un opérateur d'un usage fréquent. On le trouve le plus souvent sous forme d'une « porte » intégrée dans un circuit TTL ou CMOS. Un boîtier DIL courant en contient six. Si l'on n'a besoin que de un ou deux inverseurs dans un montage, le circuit intégré n'est exploité qu'au sixième ou au tiers de ses possibilités : c'est évidemment du gaspillage. Comment faire alors ? Se servir tout simplement d'un transistor.

l'inverseur le transistor

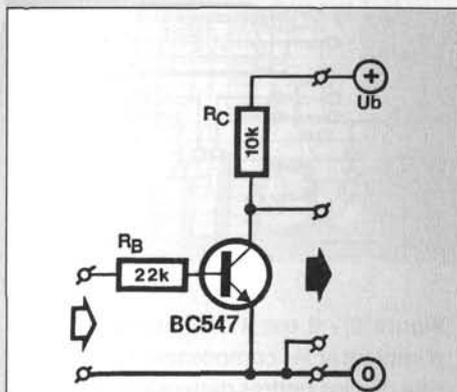


Figure 1 – Avec un transistor et deux résistances, nous pouvons fabriquer un inverseur compatible aussi bien avec les circuits intégrés logiques TTL que CMOS.

La figure 1 vous montre à quoi ressemble ce montage dont les niveaux d'entrée et de sortie sont compatibles aussi bien avec les circuits TTL qu'avec les circuits CMOS. Si vous pensez que ce schéma ressemble à celui d'un transistor utilisé comme commutateur, vous avez parfaitement raison. Le transistor utilisé comme inverseur fonctionne en commutation. Dans les deux cas, il se comporte comme un relais (statique) ou un interrupteur. Le plus important cependant pour l'inverseur, n'est pas de permettre ou non la circulation d'un courant dans une résistance placée dans son circuit de collecteur, c'est la tension qui règne sur le collecteur par rapport à la masse. Elle présente deux valeurs intéressantes, que nous appelons "1" et "0" : si le transistor est bloqué (1), la tension qui règne sur le collecteur est à peu de chose près celle de l'alimentation ; si le transistor est saturé (0), cette tension est nulle, le collecteur est au potentiel de la masse. La circulation d'un courant, même si l'on considère ceci comme quelque chose de "positif", si "ça marche" puisque si R_c est une lampe, elle s'allume, c'est "0", parce que nous avons appelé "0"

la présence sur le collecteur d'une tension nulle par rapport à la masse. Où est l'inversion ? Entre l'entrée et la sortie : lorsque la base est au potentiel de la masse (0), le collecteur est à celui de l'alimentation (1) ; lorsque la base est au potentiel de l'alimentation (1), le collecteur est à celui de la masse (0).

Bien que les états intéressants soient des tensions, les courants continuent de circuler. Lorsque l'entrée du circuit est à "1", le courant traverse la résistance de base R_b qui le limite et la jonction base-émetteur. Ce courant de base autorise la circulation d'un courant de collecteur I_c qui est proportionnel. Si le facteur d'amplification en courant du transistor est H_{FE} , nous avons :

$$I_c = H_{FE} \times I_b$$

Avec une tension d'alimentation de 5 V, et une résistance de base de 22 k Ω , $I_b = 5 : 22 = 0,2$ mA (le calcul, approximatif, néglige la différence de tension de 0,6 V entre base et émetteur). Pour un gain, H_{FE} de 100 le courant de collecteur serait de $100 \times 0,2$ mA = 20 mA, s'il n'était limité par R_c de 10 k Ω à $5 : 10 = 0,5$ mA. Le courant de collecteur est donc bien inférieur au

maximum ce qui veut dire que le transistor est tout à fait passant (on dit qu'il est saturé). Le courant qu'il laisse passer n'est limité que par la résistance aux bornes de laquelle règne toute la tension d'alimentation. La chute de tension entre collecteur et émetteur est alors nulle (à peu de chose près, le plus souvent, lorsque le transistor est saturé, la différence de potentiel entre collecteur et émetteur est d'environ 0,2 V). En résumé : le courant de base doit être assez grand pour que le courant de collecteur maximum soit supérieur au courant circulant dans la résistance lorsque celle-ci a toute la tension d'alimentation à ses bornes. Dans ce cas seulement nous pouvons négliger la chute de tension provoquée par le transistor.

Nous venons de voir ce qui arrivait lorsque l'entrée de notre inverseur était au niveau logique "1", appliquons-lui maintenant un "0", c'est-à-dire que nous portons pratiquement la base au potentiel de la masse. La jonction base-émetteur est bloquée : aucun courant de base ne circule. Si le courant de base est nul, celui de collecteur l'est aussi. Si aucun courant ne traverse la résistance R_c , nous n'avons à

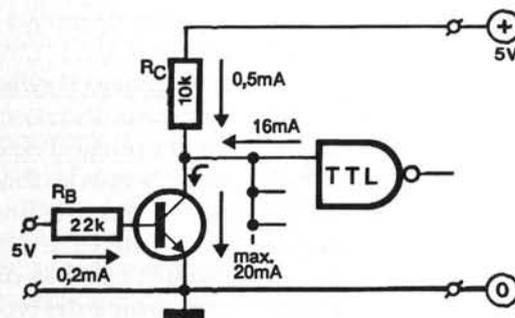
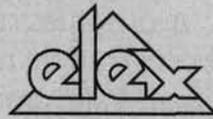
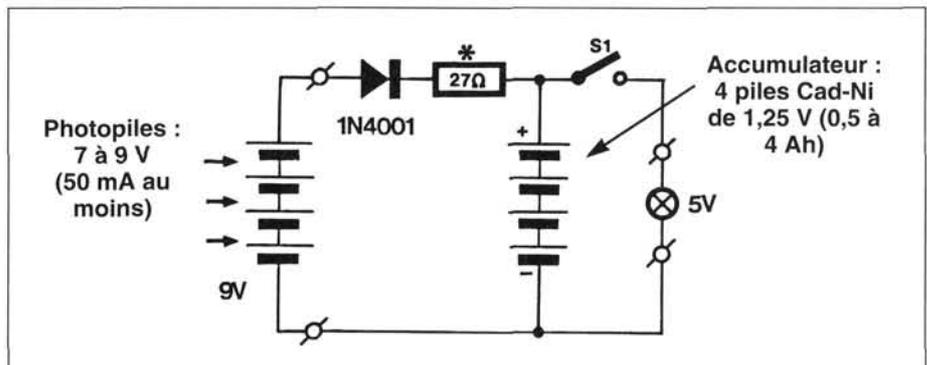


Figure 2 – Si nous câblons en sortie une dizaine d'opérateurs logiques TTL standard, le transistor devra supporter un courant de collecteur de 16,5 mA. La résistance de base R_b , si le transistor a un gain de 100, permet un courant de collecteur maximum de 20 mA. Elle a donc été judicieusement choisie, ce que nous ne pouvons pas dire de R_c .



+lampe+de+poche+solaire+



ses bornes aucune chute de tension. La différence de potentiel entre la sortie et la masse est donc égale à la tension d'alimentation, son niveau logique est passé à "1".

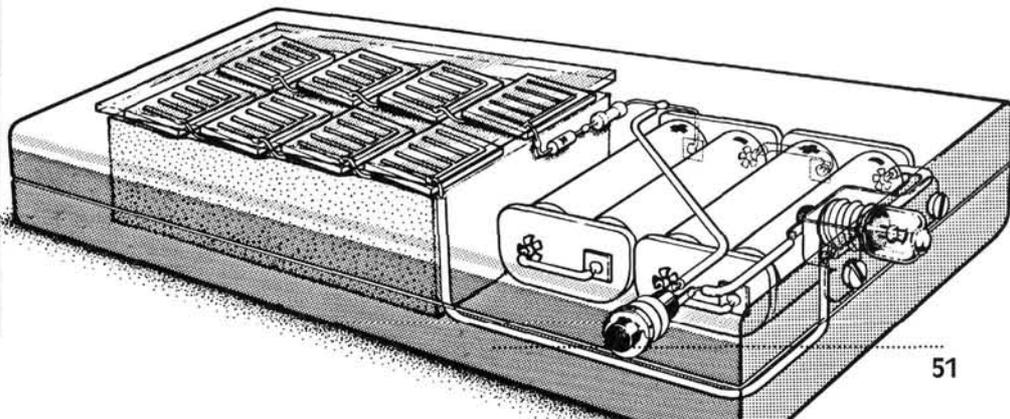
Il est peut-être temps de dire comment nous avons choisi R_b et R_c . Pour cela rappelons-nous que nous avons voulu notre inverseur compatible avec un maximum d'opérateurs logiques, TTL standard, TTL-LS et CMOS. Si nous voulons que la sortie de notre inverseur puisse commander l'entrée d'une dizaine de portes (figure 2), il faut aussi en tenir compte. En logique CMOS ou TTL-LS, cela ne pose aucun problème, pas plus qu'avec les plus récentes familles logiques HC et HCT dont le comportement des entrées est comparable à celui de la famille CMOS. En revanche, en TTL standard, les choses sont plus compliquées. En effet, lorsque l'entrée d'un tel circuit est au "0" logique, à la masse pour tout dire, il en sort un courant de 1,6 mA, soit de 16 mA pour dix portes. Ceci veut dire que le transistor devra supporter un courant de collecteur supplémentaire de 16 mA qui s'ajouteront aux 0,5 mA que laisse passer R_c . Le courant de collecteur sera donc au total de 16,5 mA. C'est possible puisque, notre transistor ayant un gain de 100, R_b a été choisie pour laisser passer un courant de base de 0,2 mA donc un courant de collecteur maximum de 20 mA. Mais pourquoi R_c est-elle de 10 k Ω ? Il ne fallait pas que cette résistance soit trop petite pour limiter suffisamment le courant. Il fallait qu'elle soit assez petite pour que le niveau logique "1" soit bien défini en sortie, ou plus précisément aux entrées TTL standard. Dans ce cas en effet, si le courant ne circule pas du collecteur vers l'émetteur du transistor, il circule vers les portes et traverse R_c qui provoque une certaine chute de tension: si l'on compte 40 μ A par porte, soit 0,4 mA pour dix portes, R_c provoquera une chute de tension de $10 \times 0,4 = 4$ V! Nous aurons sans nul doute des problèmes en TTL standard si nous câblons plus de sept portes à la sortie de notre inverseur, parce que ces opérateurs ne reconnaissent un niveau logique "1" en entrée qu'à partir de 2 V.

Ajoutons, pour conclure, que la réponse d'un tel inverseur est beaucoup plus lente que celle de ces collègues intégrés, ce qui en peut en limiter les applications.

Non, même s'il n'est pas exclu qu'un moderne Diogène s'y intéresse, cette lampe n'est pas faite pour éclairer en plein jour. Elle n'est pas non plus prévue pour rester dans l'ombre, mais pour restituer dans l'obscurité l'énergie qu'elle aura emmagasinée à la lumière. Il s'agit en fait d'une lampe de poche rechargeable. Son boîtier, d'assez grandes dimensions, contient donc un accumulateur (quatre piles bâton rechargeables au cadmium-nickel), un chargeur-convertisseur d'énergie « lumineuse » (énergie électro-magnétique) en énergie électrique (cellules solaires, dites aussi cellules photovoltaïques), une ampoule, un interrupteur et quelques fils. Voyez le schéma ci-dessus : une batterie de cellules photo-voltaïques charge, par l'intermédiaire d'une diode et d'une résistance, une batterie d'accumulateurs. Pourquoi une diode, les cellules solaires délivreraient-elles un courant alternatif ?

Non, bien sûr, la diode évite aux accumulateurs de se décharger dans les cellules photovoltaïques qui n'apprécieraient pas. D'un autre côté, le courant de charge ne doit pas dépasser 50 mA, c'est la raison de la présence de la résistance de 27 Ω qui en limitera l'intensité. Pour la charge, il suffit de ranger la lampe en un lieu suffisamment bien exposé à la lumière pour que les photopiles fassent leur office. Rien n'oblige cependant à rendre le générateur solaire indissociable de la lampe: si l'ensemble se présente en deux blocs, il va de soi que la lampe sera moins encombrante et fonctionnera tout aussi bien, à condition de ne pas oublier de la remettre en charge. Nous vous laissons choisir les photopiles sur votre (vos) catalogue(s) ou chez votre revendeur préféré. Question prix, tailles et performances, chacun trouvera le produit qui lui convient.

86729



Le poisson semble revenu dans nos cours d'eau puisque l'on voit de plus en plus de pêcheurs sur leurs bords. Pour favoriser les rencontres (non, pas celles des bords), un de nos lecteurs, Monsieur Ferré de Dinant-Ville, amateur de carpe et de tanche, nous réclame une sonnette avec obstination. Nous lui proposons celle-ci, qui fonctionne avec ou sans obstination, qui signale, bruyamment ou, en option, d'une façon lumineuse, les touches. Vous n'êtes pas pêcheur ? Sachez alors que le montage utilise un double compteur binaire, le 4520, dont la mise en œuvre ne peut vous laisser indifférent.

sonore ou lumineux :

le bouchon électronique

Sans rentrer dans les détails, il existe deux techniques de pêche chez les amateurs ou les sportifs : la pêche à la ligne et le lancer. À la ligne, le poisson prévient le pêcheur qu'il a mordu à l'hameçon à l'aide d'un bouchon qu'il tire à lui. Lorsque ce bouchon s'agite et plonge, le pêcheur sait quelles mesures il lui faut prendre. À la pêche au lancer, c'est l'extrémité de la gaule qui signale la touche. Il n'y a pas de flotteur à tenir à l'œil, il faut simplement surveiller le mouvement de la pointe de la gaule, qui bouge lorsque le poisson essaye de la remorquer.

Le détecteur de touche décrit dans cet article concerne la pêche au lancer à l'arrêt, dite « au fond » où la ligne est maintenue par des plombs (pour la carpe ou la tanche par exemple). Les gens qui pratiquent ce sport se reconnaissent à leur regard qui semble fixer sempiternellement le même point à quelques mètres d'eux. Grâce à nous (et à Monsieur Ferré) ils pourront étendre leur champ de vision et s'adonner à la lecture de leur canard préféré ou se mettre à l'affût s'ils sont aussi chasseurs (d'images éventuellement). Dès qu'un poisson aura trouvé l'hameçon, l'électronique entrera en jeu et leur signalera, par le clignotement d'une LED (en option) ou les pépiements d'un résonateur, que la bête voudrait prendre l'air et qu'il est temps de l'y aider.

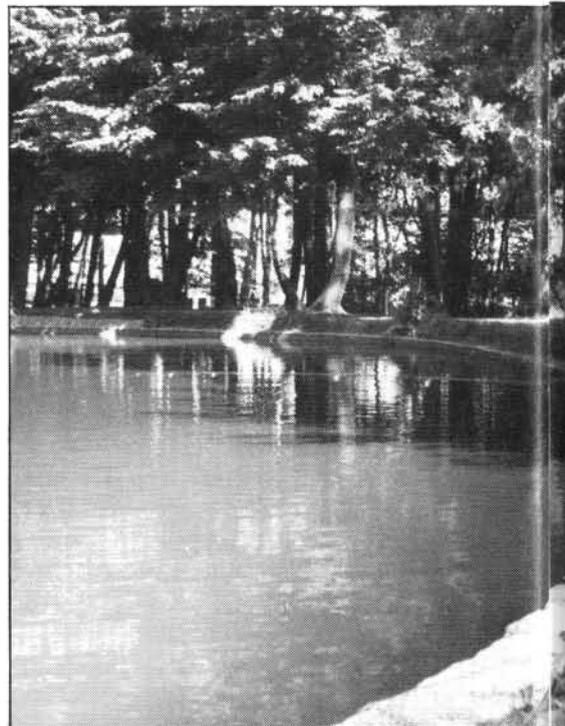
le capteur

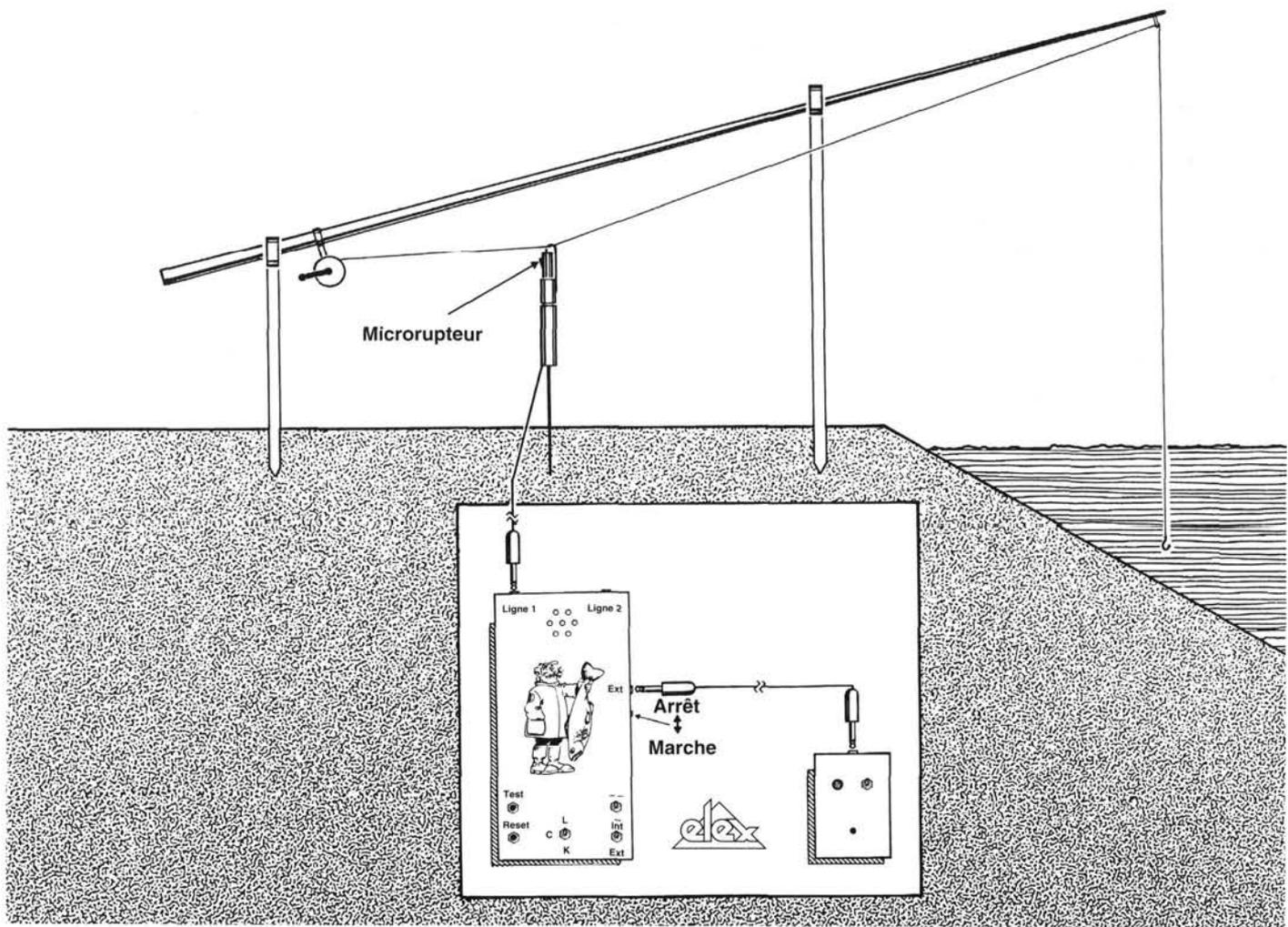
Il fallait, pour commencer, traiter le problème de la liaison entre l'électronique et la mécanique (la canne à pêche) du détecteur de touche : le capteur. Après de mul-

tiples essais nous avons retenu le modèle présenté sur la **figure 1**, pour sa simplicité. Sa fabrication ne nécessite que deux longueurs de tube de PVC de 15,8 et 19 mm (5/8" et 3/4"), un microrupteur et un bout de fil de cuivre rigide. Le microrupteur, ouvert au repos, se loge à l'intérieur du tube de plus petit diamètre. Son levier, dont l'extrémité est tordue (choisir en conséquence un microrupteur dont le levier se laisse tant soit peu déformer), dépasse du tube sur une longueur de quelques millimètres. Voyez-vous où nous voulons en venir ? Le tube de 19 mm viendra coulisser sur le tube de 15,8 et repousser l'extrémité du levier du microrupteur vers l'intérieur. Le capteur est virtuellement terminé lorsque le gros tube coulisse librement sur le petit et que le microrupteur se ferme chaque fois. Il va de soi que l'on peut traiter le problème avec des tubes dont les diamètres sont différents de ceux que nous indiquons, pourvu que le microrupteur soit facile à installer dans le petit tube et que le gros coulisse sur lui sans effort.

Ces essais heureusement conclus, on passe à la fabrication proprement dite. On coupe pour commencer une longueur de 8 cm du gros tube dans laquelle on colle la partie inférieure du petit (à l'opposé du microrupteur). Les deux tubes ainsi collés l'un dans l'autre sont ensuite percés latéralement de façon à laisser passer les fils du microrupteur. Il n'est pas indispensable de fermer l'orifice inférieur du tube mais on peut le faire avec une douille de châssis qui permettra de planter le capteur sur un piquet pourvu d'une fiche banane. Une fois le microrupteur installé dans le

petit tube, on bouche celui-ci pour protéger son contenu des intempéries. Dans ce qui reste du gros tube on recoupe une longueur de 4 cm environ à l'extérieur de laquelle on colle un crochet de fil de cuivre (à gauche sur le cliché). C'est cette bague, qui, soulevée grâce au crochet par le fil de pêche tiré par le poisson, commandera la fermeture du microrupteur. Le capteur est maintenant prêt à être installé, ceci une fois que la gaule est posée sur son support. Le fil de pêche est alors accroché au capteur, de préférence entre le moulinet et le premier anneau de la canne. Le capteur est ensuite posé sur son piquet à une hauteur telle que lorsque la ligne se tend le microrupteur se ferme. Si le capteur est fixé sur son piquet à l'aide d'une fiche banane, ainsi que nous le recommandons, le pêcheur n'aura aucune peine





à en dégager sa ligne, ce qu'il doit de toute façon faire pour mouliner le moment venu.

le circuit de détection

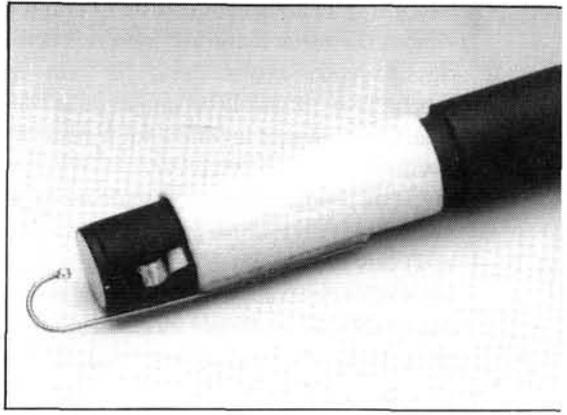
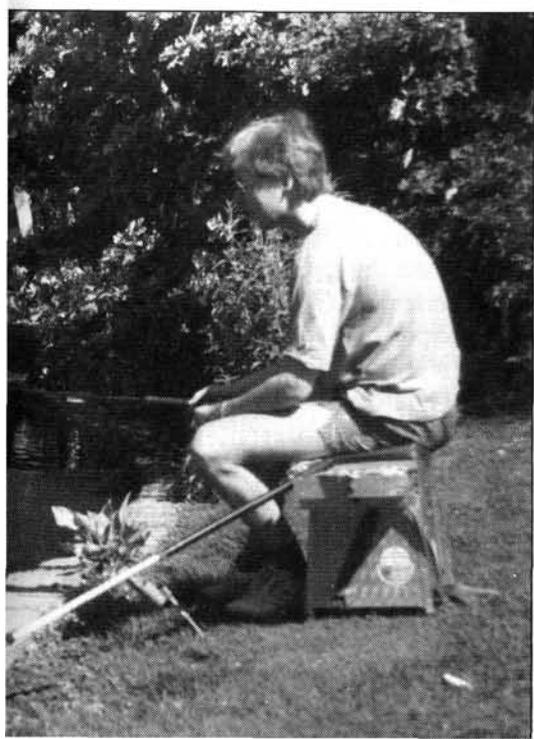
Le capteur est une pièce indispensable au montage et sa réalisation nécessite le plus grand soin. Il ne peut cependant rien faire tout seul. Le circuit de détection développé à la suite offre au pêcheur une gamme de possibilités très étendue. Il permet

pour commencer de tenir deux cannes. Les autres options, choisies à l'aide d'interrupteurs, sont recensées sur le **tableau 1**. Nous les verrons successivement en détaillant les différentes fonctions du circuit.

Le détecteur que nous venons de terminer est à fermeture. On le câble en parallèle sur S6, où, vous pouvez le constater sur la **figure 2**, il y a de la place pour deux, aux entrées IN1 et IN2. Il n'y a d'ailleurs aucune raison qu'il n'y en ait pas plus. Laissons-les pour l'instant de côté et consacrons-nous à l'inventaire des fonctions du circuit. Nous y reconnaissons une bascule RS construite autour de deux opérateurs ET-NON, deux multivibrateurs astables autour de N1 et N2, une poignée d'inverseurs et IC1 qui semble bien être un double compteur. Voyons tout ce petit monde au repos ou plus précisément en veille en attendant que le poisson morde. Le sort de la bascule est vite réglé puisque nous savons qu'il suffit qu'une de ses entrées soit à 0 pour que la sortie correspondante soit à 1 et que ses deux sorties sont complémentaires (si l'une est à 1, l'autre est obligatoirement à 0). Fermons S1 (tout en bas) pour mettre sous tension : la différence de potentiel aux bornes de C5, d'abord nulle, porte l'entrée de N8 au niveau haut, donc la sortie de cet inver-

Figure 1 – La partie mécanique du détecteur ne met pas en jeu de composants coûteux. Elle n'est pas difficile à fabriquer et fonctionne à la perfection si on la réalise avec soin. Vous pouvez vous aider du cliché sur lequel vous reconnaitrez, à gauche, le crochet, puis l'extrémité du levier du microrupteur que vient repousser la bague de PVC.

seur au niveau bas : c'est la broche 13 de N4 qui se colle un 0 et la sortie de N4 qui est à 1. L'autre sortie de la bascule, celle de N3, est à 0 comme vous pouvez le vérifier, puisque ses deux entrées sont à 1. Ce niveau bas sur la broche 13 de N4 n'est que passager puisqu'au bout d'une constante de temps (produit de R1 en ohms par C5 en farads, soit 0,2 s), le



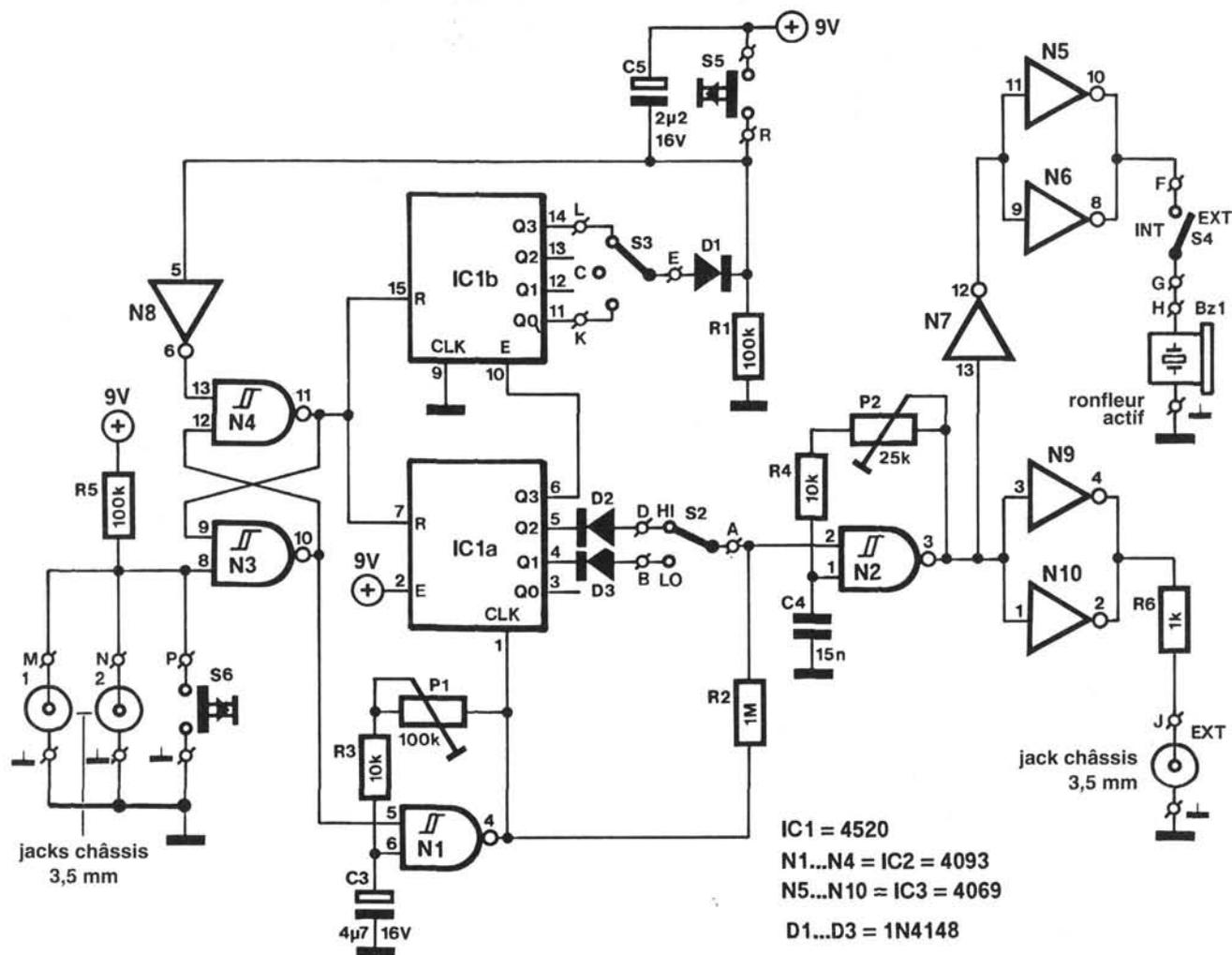
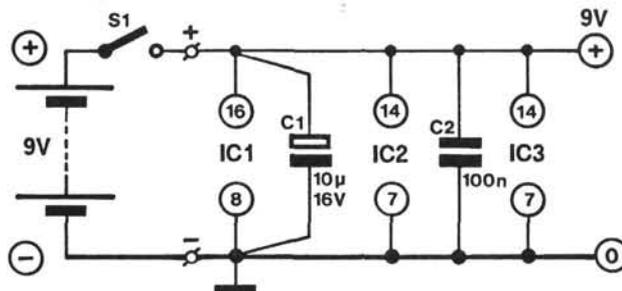


Figure 2 - Les fonctions des différentes entrées et des interrupteurs sont recensées sur le tableau 1. Le circuit n'est pas difficile à comprendre malgré ses nombreuses options et si l'halieutique ne vous intéresse pas, vous pourrez sans problème adapter les connaissances que son étude vous permettra d'acquérir à d'autres applications.



condensateur est chargé aux deux-tiers : l'entrée de N8 est retombée à 0 et sa sortie passée à 1. La sortie de N4 ne changera d'état que si sa broche 12 voit un 1. Pour l'instant elle reste à 1 (elle est à la merci de N3). Si nous appelons l'autre sortie de la bascule Q, celle-ci est la sortie \bar{Q} et nous venons d'assister à une razz (remise à zéro) de Q. Nous avons donc "1" sur la broche 11 et "0" sur la broche 10 de la bascule. Quels en sont les effets sur le reste du circuit ?

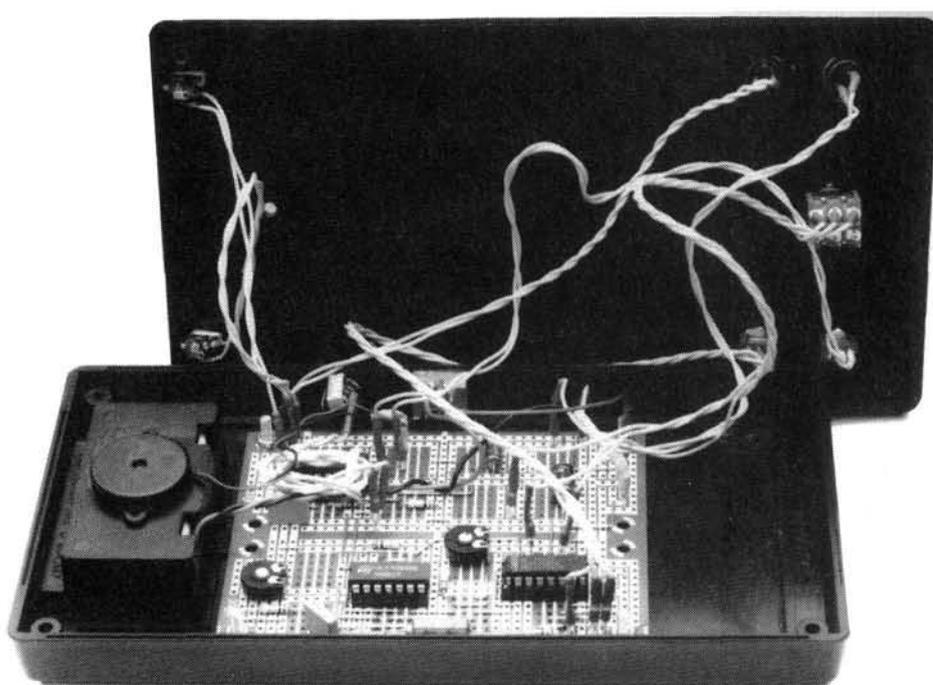
L'état de la sortie \bar{Q} de la bascule est celui des entrées de Remise à zéro (broches 15 et 7) des compteurs contenus dans IC1. Les sorties des compteurs sont donc maintenues à 0 (R est efficace au niveau haut). La sortie Q de la bascule (broche 10 de N3) impose son niveau bas à une entrée de

N1. La sortie de cet opérateur ET-NON dont une entrée est fixée à 0 reste à 1. Ce niveau haut a-t-il une influence sur N2 ? À priori oui, mais comme les sorties d'IC1a sont à zéro (à la masse pour ainsi dire), le point A à l'entrée de N2 est à un potentiel de 0,6 V (un coude de diode) par rapport à la référence, niveau assez bas pour que N2 le tienne pour un 0. La règle n'a pas changé : la sortie d'une fonction ET-NON est à 1 si une seule de ses entrées est à 0. Le multivibrateur fait le mort et comme le résonateur piézoélectrique Bz1 ne se réveille que si la tension à ses bornes est alternative, il ne siffle pas pour ne pas faire fuir le poisson qui justement vient de tirer la sonnette pour demander qu'on le remonte. La fermeture d'un microinterrupteur a le même effet qu'une action sur la touche de

test : elle court-circuite à la masse la broche 8 de N3. Refrain : la sortie d'une fonction ET-NON est à 1 si au moins une de ses entrées est à 0. Les sorties de la bascule changent d'état : les compteurs dont les entrées R sont passées à 0 peuvent compter et les multivibrateurs multivibrer. Voyons cela. Les deux entrées de N1 sont à 1 de sorte que la sortie est à 0. La différence de potentiel entre les broches 6 et 4 de N1 n'est plus nulle : le condensateur C3, en parallèle à R3 et P1, se vide à travers ces résistances jusqu'à ce que le niveau de la tension sur la broche 6 soit assez bas pour que N1 fasse basculer sa sortie à 1. Le sens du courant s'inverse et le condensateur se recharge etc. L'entrée d'horloge CLK d'IC1a ne voit de ces opérations de charge et décharge alternées

Tableau 1

- S1 interrupteur de mise sous tension
- S2 durée des trilles, longues (Hi) ou courtes (Lo)
- S3 durée de l'alerte L, longue; C, continue; K, courte
- S4 commande du résonateur incorporé
- S5 remise à zéro manuelle
- S6 essai à vide
- S7 alarme optique ou acoustique auxiliaire (figure 3)
- IN1, IN2 entrées de capteurs
- EXT entrée d'alarme auxiliaire
- P1 réglage de la fréquence d'horloge
- P2 réglage de la fréquence du signal



qu'un signal en créneaux. Les sorties successives Q0 à Q3 présentent à leur tour un signal en créneaux dont la fréquence est chaque fois la moitié de celle du signal qui précède: en Q0, la fréquence du signal d'horloge est divisée par 2, par 4 en Q1, par 8 en Q2 et par 16 en Q3. L'entrée E d'IC1a (*Enable*) fixée au potentiel de l'alimentation autorise cette manœuvre. Que fait la liaison de Q3 (broche 6) à E d'IC1b? Comment ce compteur compte-t-il puisque son entrée d'horloge est constamment à 0? Dans ces conditions, c'est l'entrée E qui sert d'entrée d'horloge. Lors de chaque front descendant du signal en provenance de Q3, la sortie Q0 d'IC1b changera d'état. La fréquence du signal en Q0 est celle du signal présent à l'entrée E divisée par deux. Le compteur IC1b fonctionne comme le précédent si bien qu'à sa sortie Q3 nous aurons un signal dont la fréquence sera celle du signal d'horloge divisée par 16 fois 16 (ou 256). Pourquoi IC1b commence-t-il à compter sur un front descendant? Lorsque IC1a a compté jusqu'à 1111, toutes ses sorties sont à 1 (celles d'IC1b sont encore à 0000). À la transition positive suivante de l'horloge (N1) il faut que Q0 d'IC1b passe à 1 de façon que nous ayons 0001 0000, position qui suit 0000 1111 en numération binaire. Ceci a lieu lorsque la dernière sortie d'IC1a repasse à 0, donc sur une transition négative en Q3 (ou un front descendant si vous préférez) que l'entrée E prend donc en compte. Cette transition négative correspond cependant à un front montant sur l'entrée d'horloge d'IC1a qui continue de gérer toute l'affaire puisque le poisson l'en a prié. Au fait pourquoi toutes ces complications? Le circuit n'aurait-il d'autre effet que de distraire le pêcheur de ses occupations?

Non, bien sûr, le compteur ne sert pas non plus à compter le poisson: il compte les impulsions en provenance de l'horloge pour, d'une part (S3), mesurer la durée de

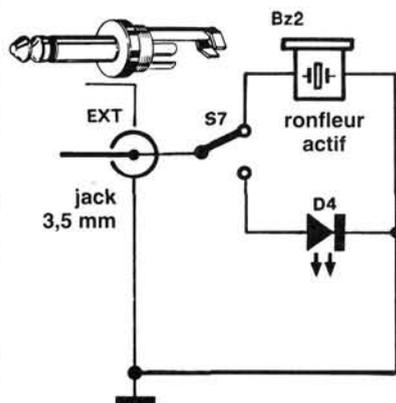
l'alarme et, de l'autre (S2), lui donner son rythme. Nous avons vu, au repos, que l'entrée de N2 qui correspond à la sortie de N1 la voyait à 0 tant que les sorties d'IC1a étaient à 0. Lorsqu'elles sont à 1, pas de problème, tout se passe comme si le point A ne donnait que sur l'entrée de N2. Le multivibrateur fonctionne donc lorsque la sortie d'IC1a à laquelle il est relié par S2 est au niveau haut en même temps que celle de N1. Il va de soi que la fréquence de son signal de sortie est sensiblement plus élevée que celle de l'horloge (ce que l'on déduit d'une comparaison entre les composants, résistances et condensateurs, qui la déterminent). Si S2 est en position B, N2 oscillera puis cessera d'osciller au rythme imposé par l'horloge pendant deux périodes d'horloge

auxquelles succéderont deux périodes de pause, jusqu'à la remise à zéro; en position D, les pauses et les oscillations-non-oscillations dureront chaque fois quatre périodes d'horloge. En commutant S2 à grande vitesse, peut-être est-il même possible de dialoguer avec les morses ou les marsouins s'il y en a dans les parages (rivières salées uniquement). Concrètement, en position B, les séries de « pîi » comptent moins d'éléments mais reviennent plus souvent qu'en position D où les pauses sont deux fois plus longues. Ce ne sont assurément pas les oscillateurs qui par leurs ronflements réveilleraient le pêcheur: ils alimentent en sortie un résonateur piézoélectrique par l'intermédiaire d'inverseurs qui lui donnent de la « pêche ». L'interrupteur S4 permet même de le mettre hors-circuit et de n'utiliser pour signaler la présence du poisson que la moitié de l'option suivante représentée sur la figure 3.

Le signal de sortie de N2 peut en effet servir à un deuxième résonateur Bz2 ou à une LED D4 au bout d'un long fil (les tampons N9 et N10 le permettent) raccordés par un jack à la sortie EXT. Cette option est prévue pour les amateurs qui préfèrent attendre à la buvette voisine que le poisson les appelle – où sont les pêcheurs d'antan? Elle peut aussi servir aux ennemis du bruit, lesquels mettront Bz1 hors-circuit grâce à S4, et D4 en service avec S7: c'est le clignotement de la LED qui les avertira des touches.

Elle vient d'ailleurs de cesser de clignoter, la LED. La pile (9 V) serait-elle déjà morte? Non, la remise à zéro est automatique après une durée réglée au moyen de S3. Ce commutateur a trois positions: celle du milieu, C sur la figure 2, inactive la razz automatique. Les autres positions sont dites de remise à zéro courte (K) ou

Figure 3 – Le circuit auxiliaire, avec avertisseur lumineux ou sonore, au choix, relié par un fil qui peut être long au circuit principal, permet au pêcheur de s'éloigner de sa (ou ses) ligne(s). Il n'est pas obligatoire mais pourtant recommandé, de déplacer R6 (de la figure 2) et de la câbler en série avec D4.



liste des composants

R1, R5 = 100 kΩ
 R2 = 1 MΩ
 R3, R4 = 10 kΩ
 R6 = 1 kΩ

C1 = 10 μF/16 V
 C2 = 100 nF
 C3 = 4,7 μF/16 V
 C4 = 15 nF
 C5 = 2,2 μF/16 V

D1, D2, D3 = 1N4148
 D4 = LED (verte)
 IC1 = 4520 double compteur binaire
 IC2 = 4093 quadruple porte ET-NON à 2 entrées à trigger de Schmitt
 IC3 = 4069 sextuple inverseur

P1 = 100 kΩ ajustable
 P2 = 25 kΩ ajustable

S1, S4 = interrupteur unipolaire
 S2, S7 = inverseur unipolaire
 S3 = inverseur unipolaire à trois positions stables
 S5, S6 = bouton poussoir, contact travail
 microrupteur, contact travail

Bz1, Bz2 = résonateur piézoélectrique (AC)

connecteur à pression pour pile de 9 V
 4 prises de châssis jack femelles (3,5 mm)
 4 fiches jack mâles de cordon (3,5 mm)
 poisson frais (tanche ou carpe)

construction

longue (L). Nous savons que la fréquence du signal d'horloge d'IC1b est le seizième de celle du signal d'horloge donné par N1. Après 32 périodes d'horloge (puisque la fréquence est encore divisée par deux), la sortie Q0 d'IC1b passe à 1. Ce 1 est appliqué par l'intermédiaire de S3 et D1 à l'entrée de N8 dont la sortie met à zéro l'entrée de N4 (même situation qu'à la mise sous tension, voyez plus haut). Pour une durée plus longue, S3 est relié à Q3 d'IC1b qui passe à 1 après 256 périodes d'horloge. Un ordre de grandeur de la période d'horloge peut-être? Elle varie, pour le 4093 qui contient N1, suivant les fabricants. Elle varie aussi en fonction de la tension d'alimentation. Elle varie enfin en fonction du réglage de P1, disons, puisque vous insistez, mais c'est très approximatif, entre 0,1 s et 1 s. Le mieux est encore de chronométrer. Pour finir, avant de passer à la mise en boîte, le circuit au repos a une consommation de l'ordre de 10 μA sous 9 V. Si le résonateur (Bz1) tire 1 mA, c'est un grand maximum. La LED, avec un peu moins de 10 mA, serait un peu plus gourmande. Une même pile fera quelques saisons de pêche.

Tous les composants du montage tiennent sur une platine d'expérimentation de format 2 (figure 4). Des picots à souder marquent l'arrivée des fils en provenance des prises châssis de jack, de la pile, des interrupteurs, des boutons poussoir et du résonateur. On commence, comme d'habitude, par souder ces picots et les ponts de câblage, puis vient le tour des composants dits passifs, résistances, condensateurs, diodes (attention à la polarité), supports de circuits intégrés, etc. Les curseurs des potentiomètres sont temporairement positionnés à mi-course, leur réglage est une question sur laquelle nous reviendrons plus loin. Il va de soi qu'un tel montage nécessite un coffret, étanche autant que possible, résistant aux chocs, ça va sans dire, sur la face avant duquel les emplacements et fonctions des leviers

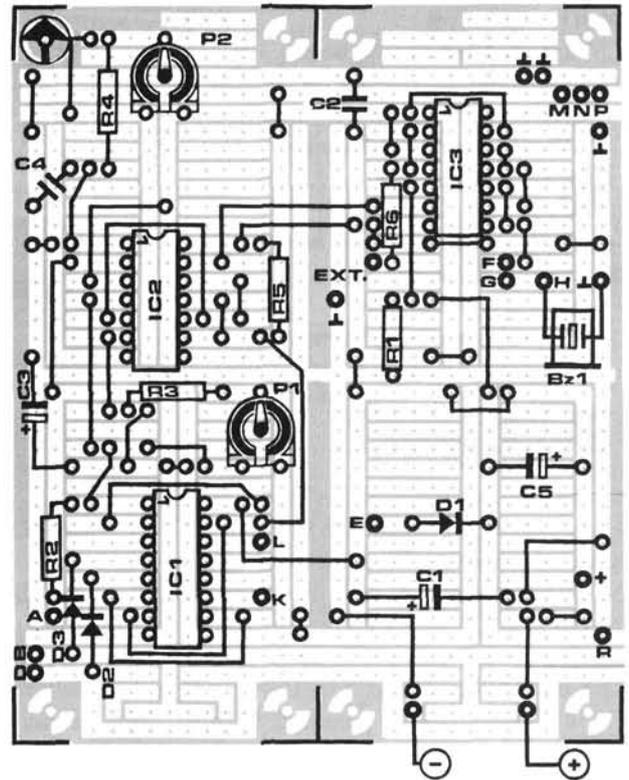


Figure 4 – À condition de n'oublier aucun pont de fil, le câblage de cette platine est une affaire vite traitée.

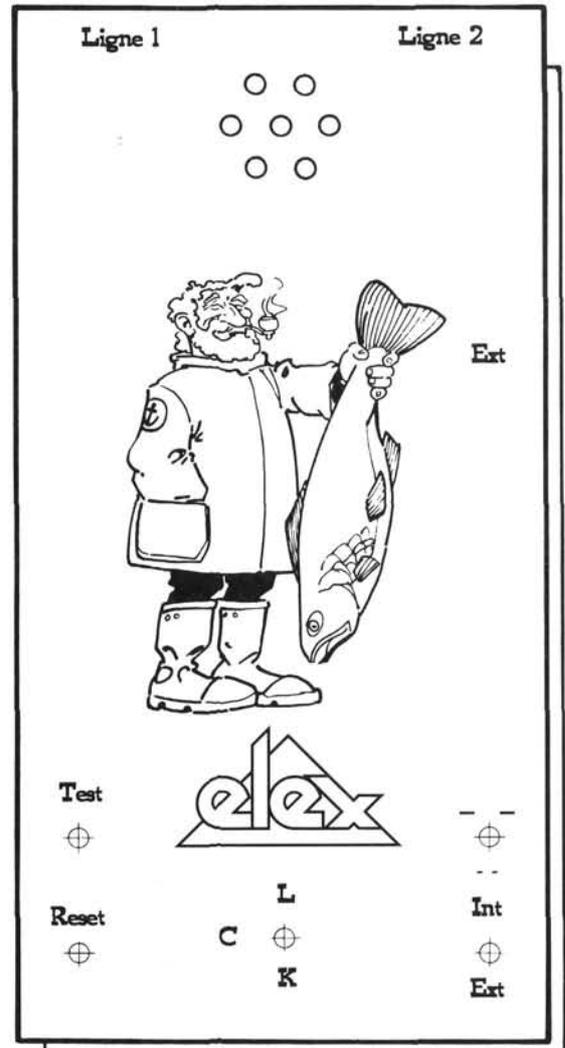


Figure 5 – Nous vous souhaitons des prises de cette taille!



réglages et mode d'emploi

résonateur sera grave. Est-il utile de dire qu'il faut fermer S4 et appuyer sur la touche de test S6 pour cette opération? Réglez ensuite avec P1 la rapidité avec laquelle se succéderont les salves de « piii » (c'est ainsi que résonne le nôtre). Le montage de l'avertisseur auxiliaire de la figure 3 ne mérite pas qu'on s'y attarde. Il est câblé en l'air dans une petite boîte, voire un tube d'hasbirhine (ou de paracétadur) pharmaceutique muni d'un câble bifilaire long, souple et léger. Les plus malins d'entre vous (environ 100%) déplaceront R6 du grand coffret vers celui-ci, en série avec D4.

Rappelons l'usage des boutons: S2 permet de choisir le rythme de l'avertisseur et S3 sa durée de fonctionnement. Si la ràz automatique n'est pas en circuit (S3 en position "continu"), on rétablit le silence manuellement avec S5. Le bouton de test S6 permet l'ultime vérification après l'installation du montage. Si vous connaissez les bons coins, si vous savez « entretenir le coup », si vos amorces sont efficaces et vos appâts bien choisis, le détecteur aura du travail. Bonne pêche! (et bonne atmosphère).

896084

de commande seront repérés: recopiez ou photocopiez, en l'agrandissant, le modèle de la figure 5 de façon qu'il s'adapte à votre coffret. Disposez ensuite les interrupteurs et soudez les fils, assez longs pour permettre les interventions, de réglage et de dépannage, sur le circuit après montage, mais pas trop (les connexions sont comme les plaisanteries, les plus courtes sont les meilleures). Terminez-les par des cosses adaptées à vos picots ou

par des clips adaptés à vos cosses. Ne lésinez pas sur la gaine isolante aux endroits où vous jugez que les risques de court-circuit ne sont pas nuls. Les trois prises de châssis (3,5 mm de diamètre) sont disposées sur les côtés du boîtier. Les réglages sont affaire de goût et à faire à l'extérieur de préférence. Commencez par accorder le résonateur au moyen de P2: plus la résistance du potentiomètre est grande, plus le son que vous tirerez du

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 F TTC

PERCEUSE 30 000 TOURS

220 V direct
avec ou sans
variateur de
vitesse
640 F TTC

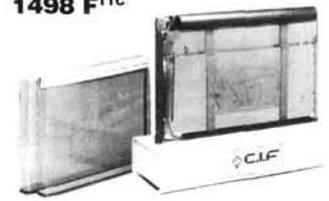
+ support
à colonne
stable rigide
poids 6 kg
840 F TTC



MACHINE A GRAVER VERTICALE

2 faces avec chauffage (PVC soudé).

1498 F TTC



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 interactive.

CIAOP Permet de percer en automatique les circuits imprimés.
903 F TTC
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 MSDOS. 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 F TTC

FINDER PRO

Nouvelle Version

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

2095 F TTC
PROMO 1055 F TTC
Version multiposte sur demande

BORDMAKER II

En Français

Saisie de schémas, dessins de circuits imprimés 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.

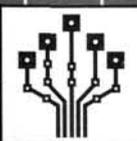
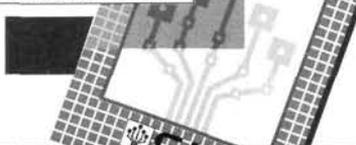
NOUVEAU

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 IMPRIME



C.I.F.
CIRCUIT IMPRIMÉ FRANÇAIS

Le
N°1
du C.I.

C.I.F. distribue en exclusivité

■ les coffrets ESM

■ OK TOOLS

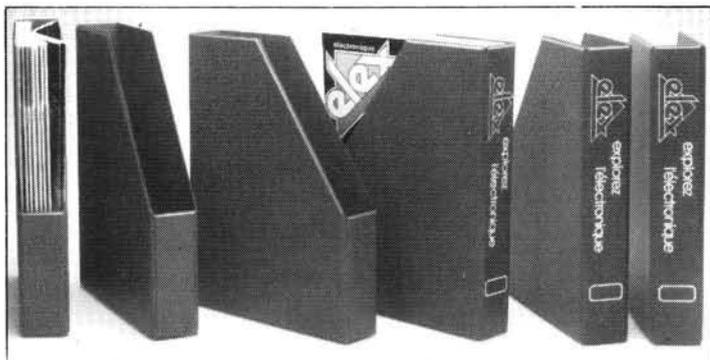
Outillage
Soudage
Wrapping

6000 PRODUITS, 150 MACHINES

11, rue Charles-Michels - 92220 BAGNEUX
Tél. : 16 49 45 47 48 00 - Télex : 631 446 F - FAX : (1) 49 47 18 14

Distributeur exclusif pour la Belgique et le Luxembourg ERGONOMY 413, Bd de l'humanité 1190 BRUXELLES - Tél. : 02/332 07 00 - Fax : 02/332 09 12

pratiques
élégantes
pas chères
**les cassettes
de rangement**



PRIX UNITAIRE : 49 F

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

C'est aussi le 3615



SOMMAIRE

- | | | | |
|---|--------------------------------|------|------------------------------------|
| 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 | |
| | | | vos choix : ENVOI |
| | | | XSOM-XCOM-XPUB-XANN-XFOR-XMES-XABO |

SERVICE DES PLATINES

Les platines sont gravées, percées, étamées et sérigraphiées.

Platines d'expérimentation ELEX

Format 1 : 40 mm X 100 mm	_____	23,00 FF
Format 2 : 80 mm X 100 mm	_____	38,00 FF
Format 3 : 160 mm X 100 mm	_____	60,00 FF
EPS 83601	DIGILEX _____	88,00 FF

ELEX n° 5 novembre 1988

EPS 886087 Traceur de courbes de transistors ___ 47,60 FF

ELEX n° 17 décembre 1989

EPS 86799 Testeur d'amplis op _____ 30,45 FF

EPS 886077 Mini-clavier _____ 120,60 FF

ELEX n° 22 mai 1990

EPS 86765 Modules de mesure : l'afficheur _____ 43,00 FF

ELEX n° 23 juin 1990

EPS 86766 Modules de mesure : l'atténuateur ___ 34,00 FF

ELEX n° 24 juillet 1990

EPS 86767 Modules de mesure : le redresseur ___ 55,60 FF

ELEX n° 25 septembre 1990

EPS 86768 Modules de mesure : A et O-mètre ___ 47,00 FF

ELEX n° 26 octobre 1990

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

ELEX n° 28 décembre 1990

EPS 87636 Commande de train électrique _____ 51,00 FF

ELEX n° 30 février 91

EPS 87653 Bandit manchot _____ 71,20 FF

ELEX n° 31 mars 1991

EPS 87022 Vumètre stéréo universel _____ 20,85 FF

ELEX n° 36 septembre 1991

EPS 886034 Récepteur DC _____ 83,00 FF

EPS 886071 Dipmètre _____ 46,00 FF

ELEX n° 44 mai 1992

EPS 916073-1 API préampli _____ 72,00 FF

EPS 916073-2 API ampli de puissance _____ 55,00 FF

ELEX n° 50 décembre 1992

EPS 896038 Fondu Enchaîné _____ 66,40 FF

ELEX n° 54 avril 1993

EPS 886127 Récepteur VHF _____ 89,20 FF

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

PUBLITRONIC - BP 59 - 59850 NIEPPE

ouvrages et cassette vidéo disponibles chez certains revendeurs de composants,
chez les libraires spécialisés et chez

PUBLITRONIC

B.P. 59 - 59850 NIEPPE

UTILISEZ LE BON ENCARTÉ EN FIN DE REVUE
PRATIQUE AUSSI, LE MINITEL 3615 + ELEX (MOT CLE PU)



RESI ET TRANSI : LA CONQUÊTE DE L'ÉLECTRONIQUE

Ce film se déroule en quatre épisodes :

- description du montage et des composants utilisés, présentation de leurs caractéristiques et de leur fonction dans le montage,
- fabrication du circuit imprimé avec présentation des méthodes d'insolation, de développement, de gravure et de perçage,
- implantation et soudure des composants, câblage du circuit, technique des bonnes soudures, défauts et maladroites à éviter,
- vérification et test de l'appareil monté, à l'aide notamment d'un multimètre, conseils pour le dépannage, explication du schéma théorique.

Vous recevrez en plus de cette cassette vidéo, le descriptif complet du montage ainsi que la représentation du circuit imprimé reproductible à 100 %.

Vous pouvez aussi obtenir le circuit imprimé gravé, perçé et sérigraphié.

PRIX : 167 F

L'électronique, pas de panique ! Fini le complexe d'infériorité parce que vous avez l'impression de "ne rien y comprendre à l'électronique" !

Format : 14 X 21 cm - 184 pages - prix : 159 FF

Le cours technique Etude des montages fondamentaux, conception et calcul des étages amplificateurs ou des oscillateurs. Mode d'emploi des semiconducteurs discrets

Format : 14 X 21 cm - 112 pages - Prix 69 FF

Resi et Transi : Echec aux mystères de l'électronique Initiation à l'électronique par la BD

Format : 21 X 29,7 cm - 50 pages - Prix 80 FF

Guide des applications 1 - Applications variées d'intérêt universel. En anglais avec lexique anglais-français.

Format : 14 X 21 cm - 350 pages - Prix : 198 FF

Guide des applications 2

Format : 14 X 21 cm - 336 pages - Prix : 199 FF

Guide des circuits intégrés périphériques 1 - Tout sur les périphériques des familles des 6800, 6502, 8086 et apparentés. En anglais avec lexique anglais-français.

Prix : 14 X 21 cm - 416 pages - Prix : 215 FF

Le calcul des enceintes acoustiques - Guide de réalisation "pour le constructeur d'enceintes acoustiques"

Format : 14 X 21 cm - 136 pages - Prix 135 FF

Créations électroniques - 42 montages sélectionnés parmi les meilleurs publiés dans la revue ELEKTOR

Format : 14 X 21 cm - 296 pages - Prix 119 FF

Guide des circuits Intégrés 1 - brochages et caractéristiques essentielles de 269 circuits intégrés. En français

Format : 14 X 21 cm - 244 pages - Prix 159 FF

Les "30X circuits" sont des recueils de schémas et d'idées pour le laboratoire et les loisirs de l'électronicien amateur. Les deux premiers "300 et 301 circuits" contiennent de nombreux inédits. Les autres reprennent en partie des montages publiés par ELEKTOR dans ses numéros Hors Gabarit.

300 Circuits - Format 14 X 21 cm - 264 pages - Prix : 105 FF

301 Circuits - Format 14 X 21 cm - 376 pages - Prix : 114 FF

302 Circuits - Format 14 X 21 cm - 368 pages - Prix : 129 FF

303 Circuits - Format 17 X 23,5 cm - 384 pages - Prix : 163 FF

