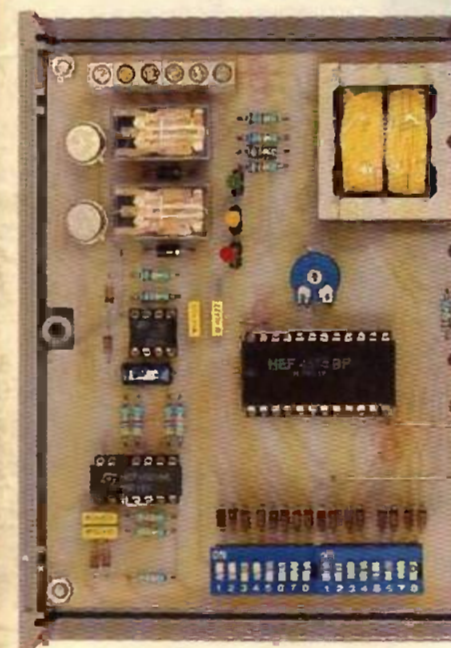
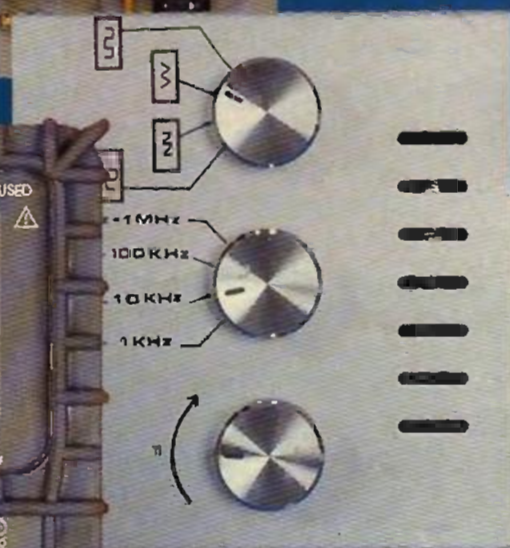
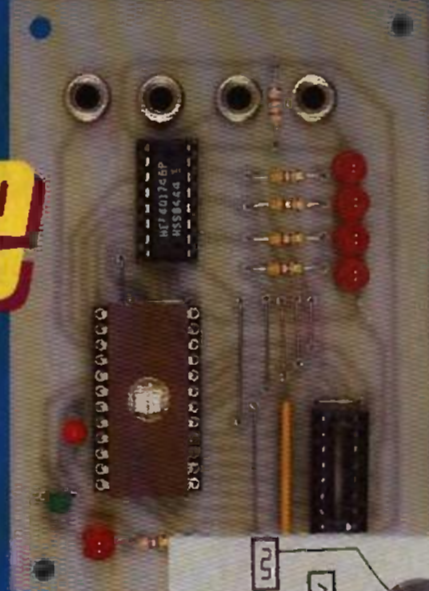


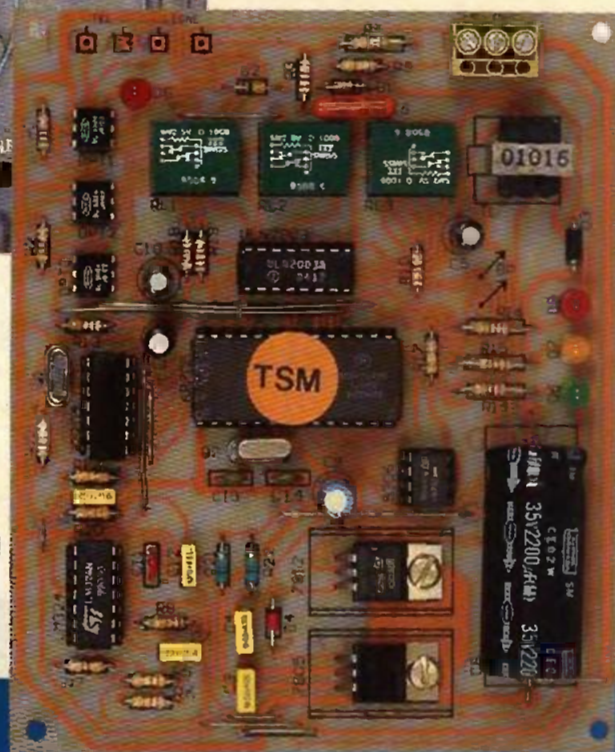
Electronique pratique

MODULE LOGIC : MODULE LO 6
GENERATEUR DE FONCTIONS
BOITIER D'EXPERIMENTATION
TELEPHONE LISTE ROUGE
TESTEUR DE TENSIONS AC/DC
MULTIMETRE MAX 3000, etc.



MAI 1991

T 2437 - 148 - 22,00 F



UN PUPITRE D'EXPERIMENTATION (3/3)



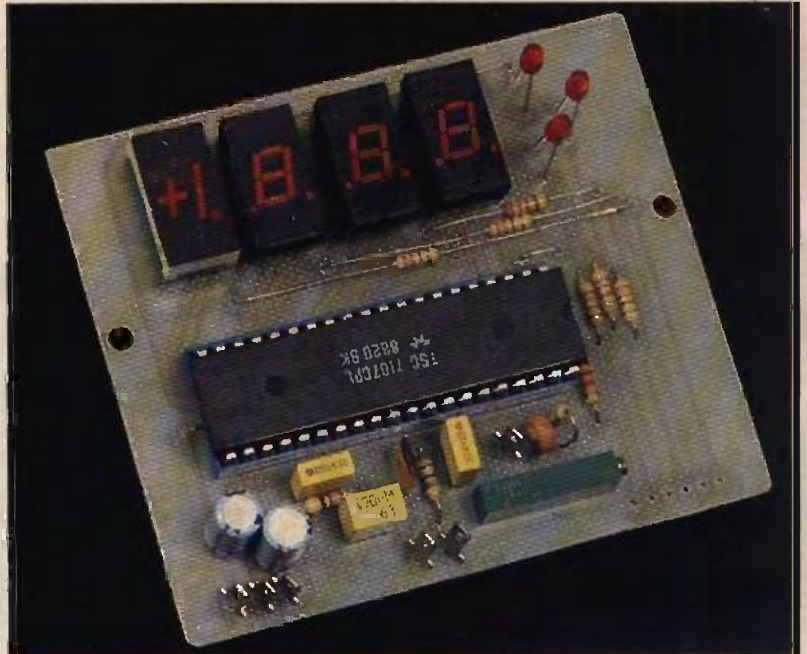
Troisième et dernier volet de cette série, cet article présente les cartes de mesure numérique, ainsi que l'ensemble des blocs-alimentation nécessaires pour concilier le bon fonctionnement de ce « mini laboratoire ».

LES VOLTMETRES

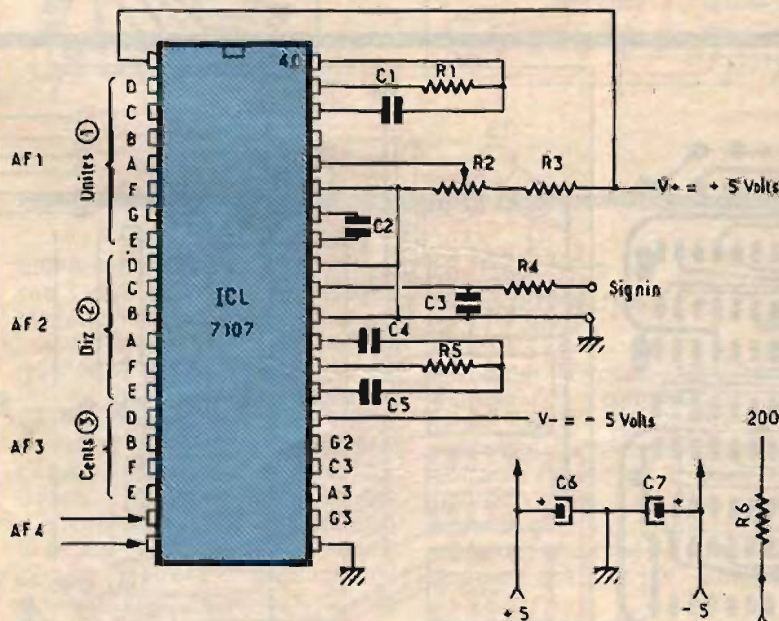
a) Les voltmètres 3 1/2 digits (fig. 1)

Ceux-ci n'appellent que fort peu de commentaires car ils utilisent un circuit intégré spécialisé de type ICL 7107 qui pilote des afficheurs 7 segments à LED beaucoup plus lumineux que leurs homologues à LCD mais aussi, et c'est un petit reproche que l'on peut faire à ce choix, plus gourmands en courant. Néanmoins, comme l'alimentation de l'ensemble est prélevée sur le secteur, ceci n'est pas un handicap.

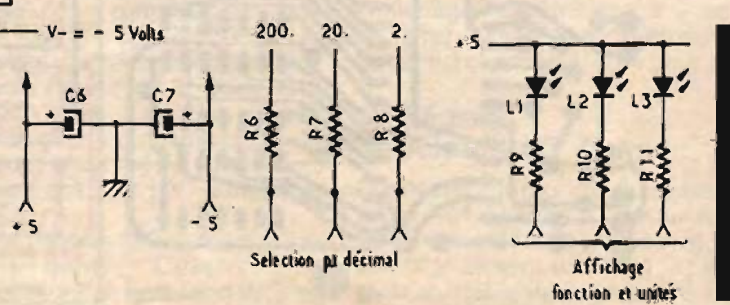
Etant donné que les deux modules ont des valeurs pleine échelle différentes, trois composants, R₂, R₅, C₄, changent de valeur



1
Schéma de principe du voltmètre conçu autour de l'ICL 7107.



d'une version à l'autre (voir nomenclature). Les autres composants sont rigoureusement identiques. Le voltmètre dont la valeur pleine échelle est 2 V sera associé à la carte fréquencemètre et celui dont la valeur pleine échelle est 0,2 V à la carte voltmètre-milliampèremètre. Les afficheurs utilisés sont du type à anode commune (rouge) et fixés eux aussi sur support comme le ICL 7107.



2

Le voltmètre des alimentations internes. Il s'articule autour des circuits 3161 et 3162.

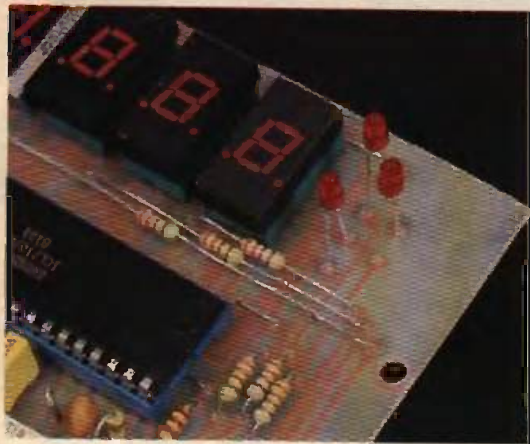
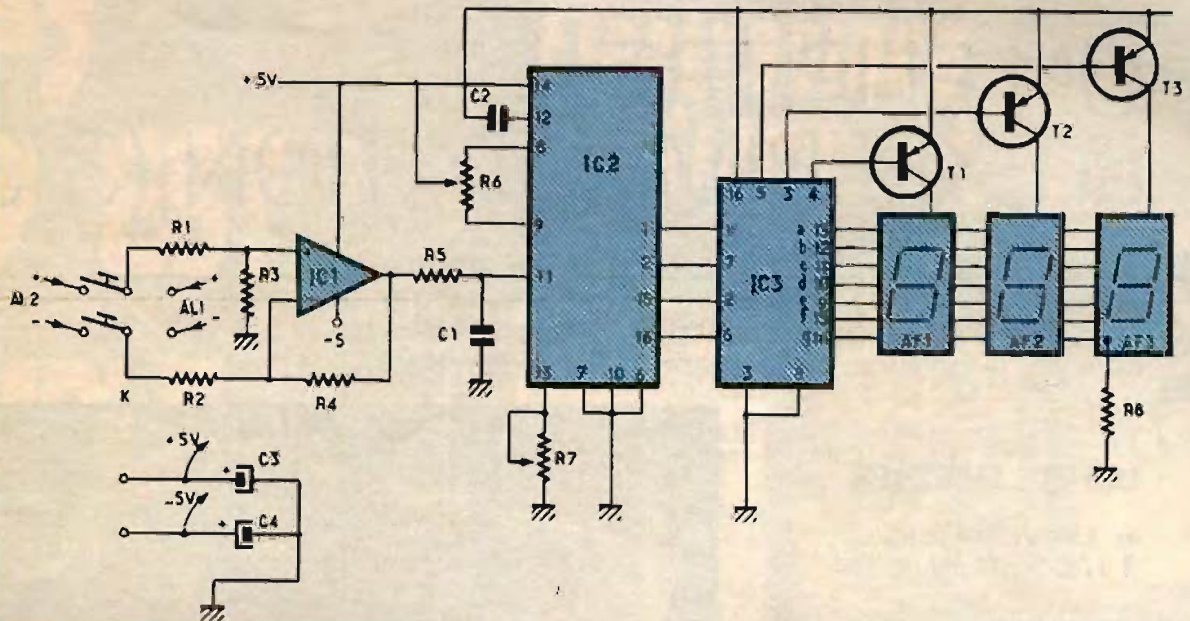


Photo 1. - Gros plan de la carte voltmètre.

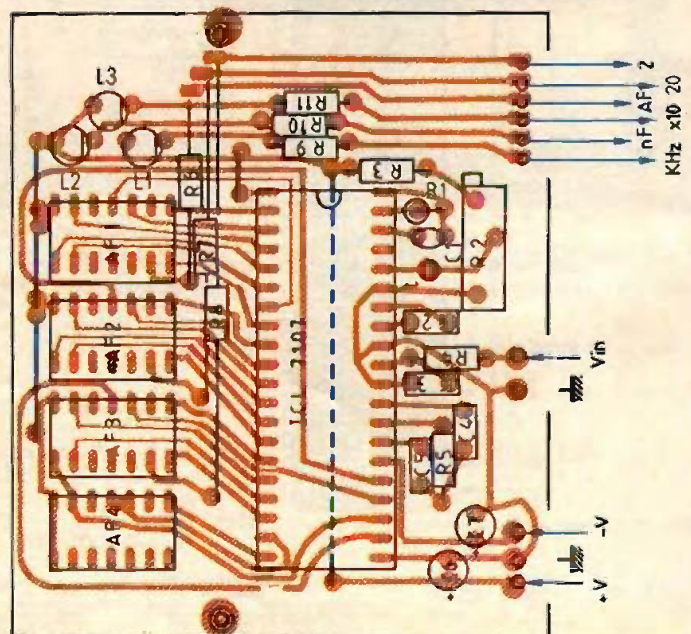
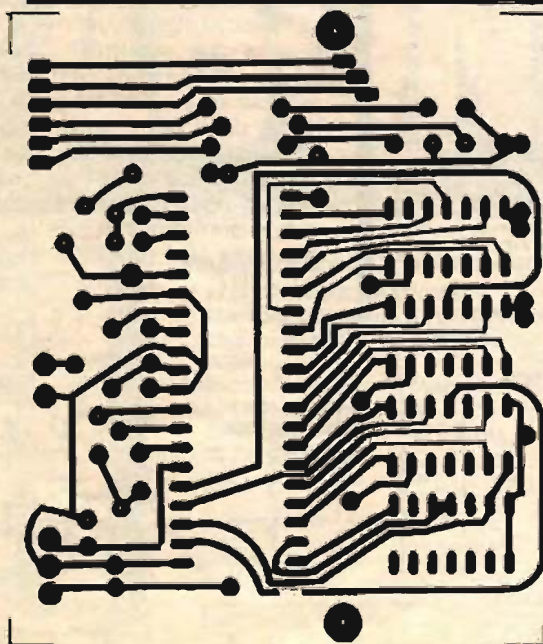
b) Le voltmètre 3 digits des alimentations réglables (fig. 2)

Celui-ci nécessitant une précision moindre, nous avons fait appel au tandem désormais classique 3161-3162 qui pilote là encore des afficheurs à anode commune. Etant donné que les deux alimentations réglables peuvent être connectées de différentes façons et pour éviter tout problème de masse, un étage adaptateur de niveau ainsi qu'un inverseur à deux circuits précèdent le

voltmètre. Les résistances R₁, R₃ (et R₂, R₄) assurent une division par 100 de la tension différentielle d'entrée, ce qui correspond à une précision du dixième de volt au niveau de l'affichage. Le point décimal fixe est alimenté via la masse par R₈.

c) Réalisation pratique des voltmètres

Concernant les voltmètres 2 000 points (3 1/2 digits), le circuit imprimé et le schéma d'implanta-



3

Dessin du circuit imprimé du voltmètre 2 000 points.

4

Implantation des composants. N'oubliez pas le strap qui passe sous le 7107.

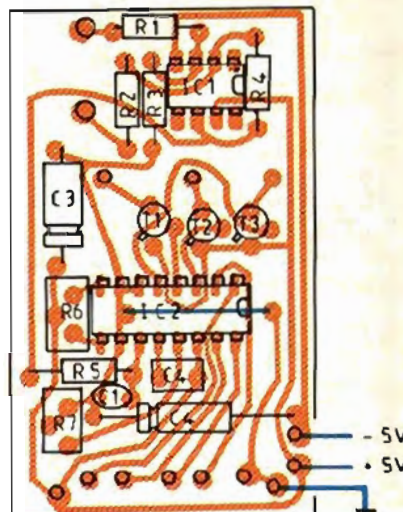
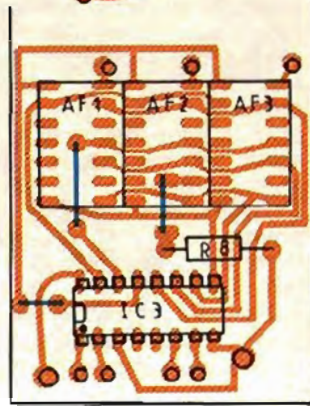
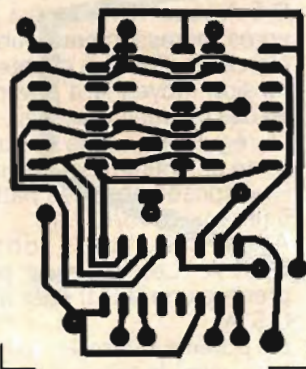
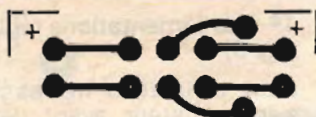


Photo 2. - La carte d'affichage du voltmètre 1 000 points.



Photo 3. - Notez la présence du strap sous le circuit intégré.

tion ont été représentés aux figures 3 et 4. On notera au passage la présence d'un strap sous le circuit 7107. Il faudra en conséquence le câbler en tout premier lieu, de façon à ne pas l'oublier. La réalisation du voltmètre 1 000 points (3 digits) fait appel à deux circuits imprimés fixés l'un au-dessous de l'autre, celui équipé d'afficheurs occupant la position la plus élevée. Les liaisons inter-circuits pourront être effectuées à l'aide de conducteurs rigides (fig. 5 à 8). L'inverseur k assurera, pour finir, la fixation des modules au boîtier.

d) Réglages des voltmètres 3 1/2 digits

Alimenter le module 2 V pleine échelle par l'alimentation AL4 (+ 5, - 5). Connecter un voltmètre numérique calibre 2 V entre la masse et le point test (pin 36 curseur de R₂). Régler alors R₂ pour que la tension indiquée par le voltmètre témoin soit exactement de 1 V (affichage 1.000). Pour le module 0,2 V, le principe est le même. Celui-ci est connecté à l'alimentation AL3 et

R₂ est réglée de façon à obtenir au point test une tension de 100 mV. On notera de plus que lorsque l'entrée Vin est reliée à la masse, l'affichage doit être égal à 0 sur les afficheurs des voltmètres, le signal (-) clignotant.

e) Réglage du voltmètre 3 digits

Connecter ce module à l'alimentation AL4. Court-circuiter les entrées soit côté alimentation AL2, soit côté alimentation AL1, et régler l'ajustable R₆ pour obtenir un

affichage nul. Appliquer ensuite, en lieu et place du court-circuit d'entrée, une tension (mesurée avec un voltmètre numérique de préférence) de valeur comprise entre 10 et 20 V et régler R7 pour que l'affichage corresponde à celui du voltmètre témoin.

f) Les alimentations

Nous distinguerons sous cette rubrique les alimentations destinées aux appareils de mesures de notre pupitre de celles destinées aux montages à l'essai qui, elles, sont réglables alors que les autres sont fixes.

Nous conviendrons d'appeler 1 et 2 les deux alimentations identiques réglables. Le numéro 3 sera celle qui alimente la carte V/mA et le n° 4 celle qui alimente le GBF, la carte fréquencemètre-capacimètre et le module voltmètre des alimentations. Certains peuvent se demander pourquoi autant d'alimentations sont néces-

saires. La réponse est simple. Premièrement, de nombreux appareils sont alimentés à partir de tensions différentes. Deuxièmement, si certains appareils ont toujours un point référencé à la masse des montages, cas des oscilloscopes, GBF, fréquencemètre, il n'en va pas de même pour les appareils tels que voltmètre et milliampèremètre qui sont amenés à mesurer des d.d.p. ou des courants en des points non reliés à la masse. Cette dernière remarque impose donc une alimentation individuelle pour ce tandem. Pour ce qui est de la fonction capacimètre mesurant des capacités hors montage, même si l'un des points du composant testé est à la masse, ce n'est pas gênant. Nous en arrivons donc tout naturellement à la solution adoptée puisque l'alimentation n° 4 sert à la fois au GBF, au f + c mètre et au voltmètre des alimentations réglables.

1° Les alimentations réglables (fig. 9)

Leur structure nécessite un transformateur ayant deux secondaires distincts délivrant 0,5 A sous 18 V, ce qui permet, après redressement double alternance et filtrage, d'obtenir une tension moyenne d'environ 20 V en cas de débit maximal.

Le régulateur utilisé est un L200 limité en courant par la résistance R1 disposée entre les pattes 2 et 5 (Imax = 0,45/R1).

Avec 1 Ω, nous obtenons 0,45 A. Les puristes pourront prendre une 0,9 Ω pour atteindre 0,5 A.

Le potentiomètre R3 permet de faire varier la tension de sortie de 2,8 à environ 16 V. La formule qui donne Vs est :

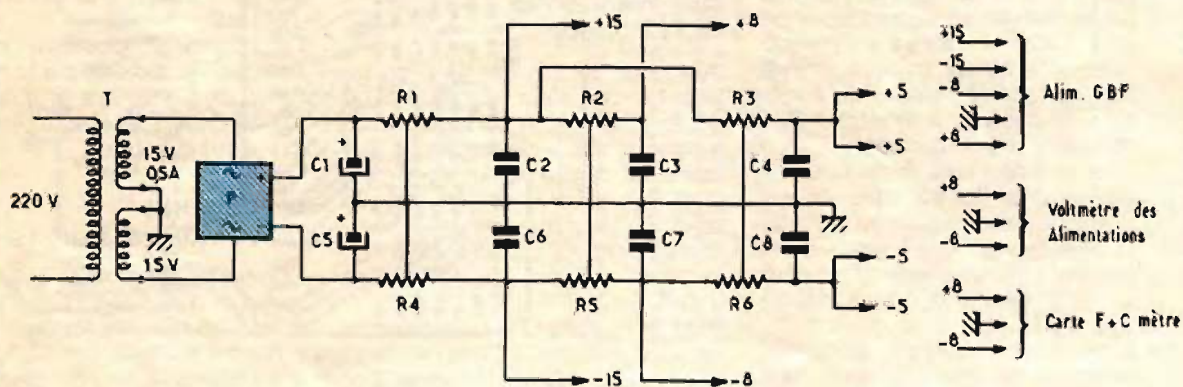
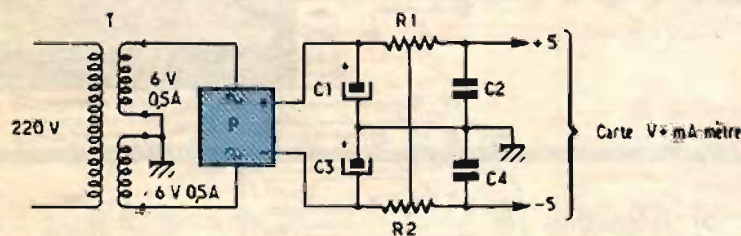
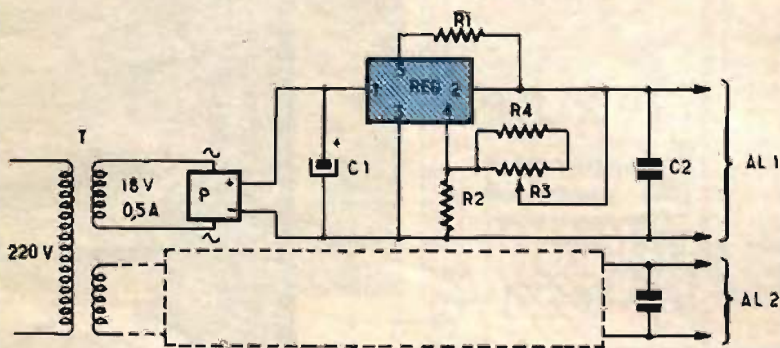
$$V_s = 2,8 \times \left(1 + \frac{R_3}{R_2}\right)$$

Ici, R2 = 820 Ω et R3 = 4,7 kΩ. Compte tenu de la dispersion des valeurs des potentiomètres, il a été nécessaire de placer en parallèle sur R3 une résistance de valeur telle que, lorsque le curseur est au maximum, on ait au plus 16 V (nous disions dispersion car, sur une alimentation, R3 est schuntée par 27 kΩ, et sur l'autre par 47 kΩ). Ces deux valeurs donnent un ordre d'idée de la valeur à adopter pour ne pas dépasser les 16 V, mais peut-être n'aurez-vous rien à rajouter.

2° Les alimentations fixes (fig. 10 et fig. 11)

De façon à n'utiliser qu'un pont, les deux secondaires sont réunis pour former un point milieu. Cette configuration impose cependant d'utiliser des régulateurs des deux types : positifs et négatifs.

Pour AL3, le transformateur ne délivre que deux tensions de 6 V sous 0,5 A.



9
Structure de l'alimentation réglable. Elle se voit confiée au classique régulateur L 200.

10/11
10. Schéma de l'alimentation AL 3 /
11. Schéma de l'alimentation AL 4.

12/ 13

12. Dessin du circuit imprimé de l'alimentation AL 3 /
13. Implantation des composants de AL 3.

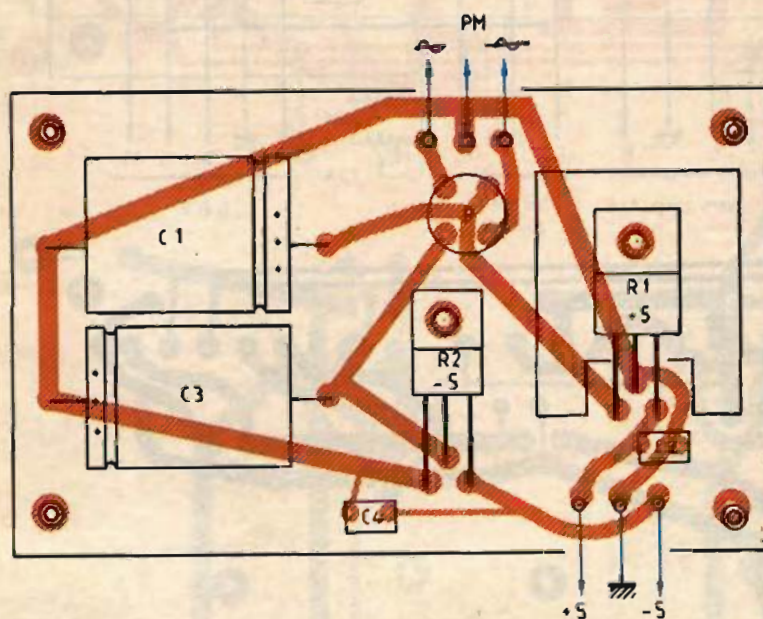
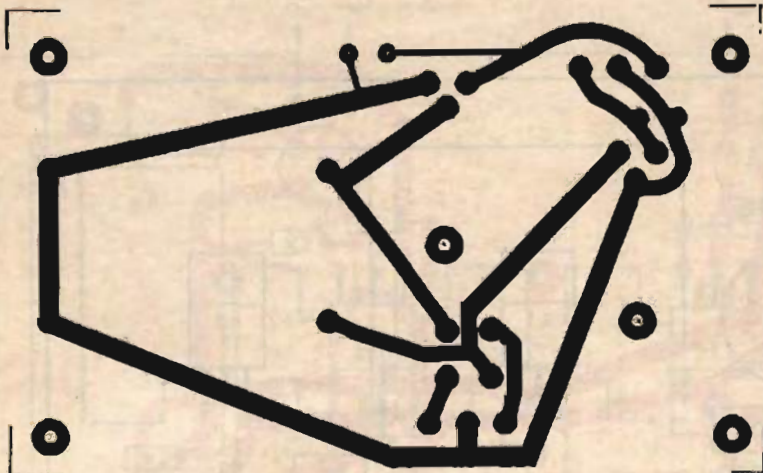
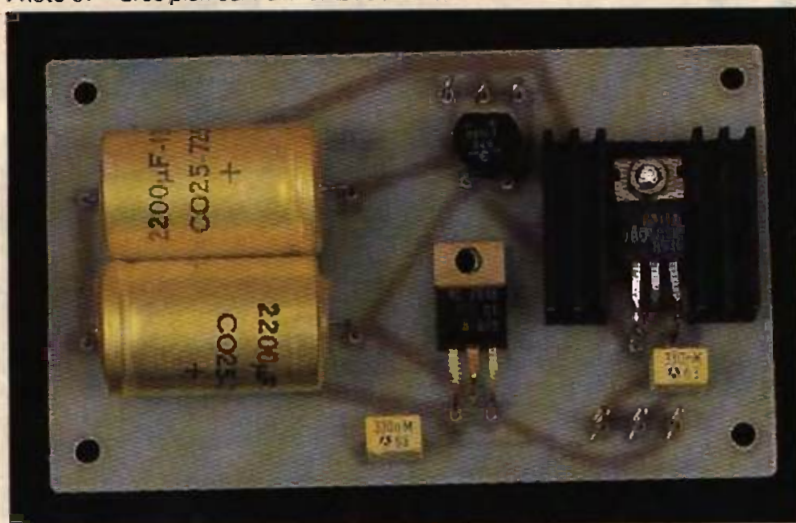


Photo 5. - Gros plan sur l'alimentation AL 3.



Pour AL4, le transformateur délivre deux fois 15 V sous 0,5 A. La cascade de régulateur permet d'obtenir du + 15 V par R₁, du + 8 V par R₂ et du + 5 V par R₃. Pour les tensions négatives, il en va de même avec R₄, R₅, R₆. Côté positif, les régulateurs 1 et 3 sont munis de radiateurs car le débit sous + 5 V atteint à peu près 300 mA. En revanche, le débit sous + 8 V est de quelques mA, ce qui fait que R₂ n'est pas muni de radiateur.

Côté négatif, pas de radiateur car le débit global est faible quelle que soit la sortie.

Pour AL3, il en va de même, un radiateur côté positif, mais pas du côté négatif. A noter d'autre part que toutes les sorties sont découplées par un condensateur de 220 nF, ce qui évite les entrées en oscillation des régulateurs et assure un meilleur découplage des signaux haute fréquence.

g) Réalisation pratique des alimentations

Trois circuits imprimés distincts supportent ces alimentations (fig. 12, 13, 14, 15, 16, 17). Dans tous les cas, les tensions de sortie s'effectuent sur cosse poignard, ce qui permet d'assurer la liaison avec les autres modules sans devoir souder sous les circuits imprimés des alimentations.

h) Réglage des alimentations

Pour AL1 et AL2, le seul élément qu'il convient d'ajuster si nécessaire est la résistance R₄ qui vient en parallèle sur le potentiomètre R₃ de 4,7 k Ω .

Pour cela, on branche en sortie de ces alimentations un voltmètre et on règle R₃ au maximum. On monte alors en parallèle sur R₃ une résistance de quelques dizaines de k Ω de façon que la tension de sortie ne dépasse pas 16 V. Cette résistance est à souder directement sur R₃.

Pour AL3 et AL4, aucun réglage ne sera à réaliser, donc la simple mesure des tensions délivrées sera suffisante comme bon test de fonctionnement.

CONCLUSION

Nous voici arrivés au terme de cette série d'articles. Eu égard à la quantité d'informations techni-

14/
15

14. Implantation
des composants
de l'alimentation
AL 4/
15. Dessin du
circuit imprimé
de AL 4.

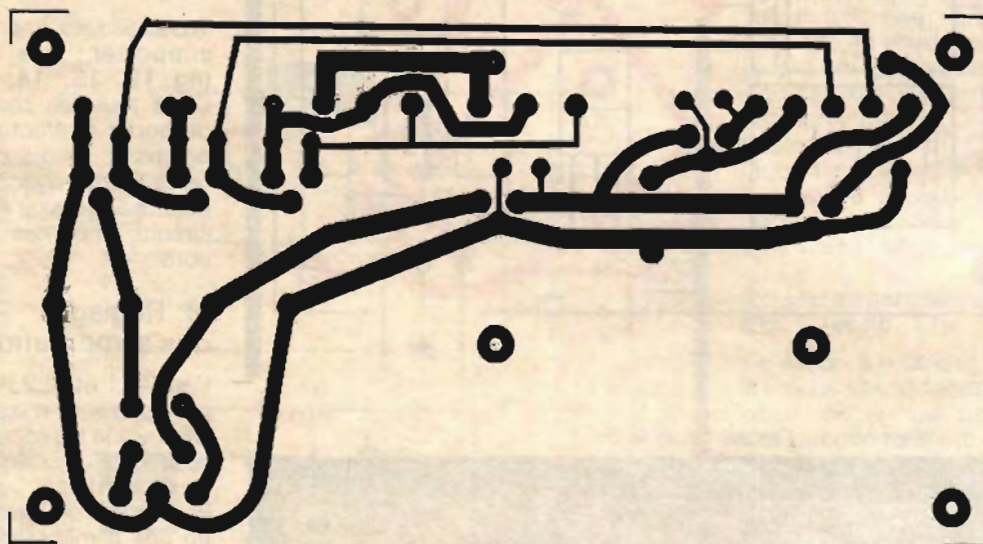
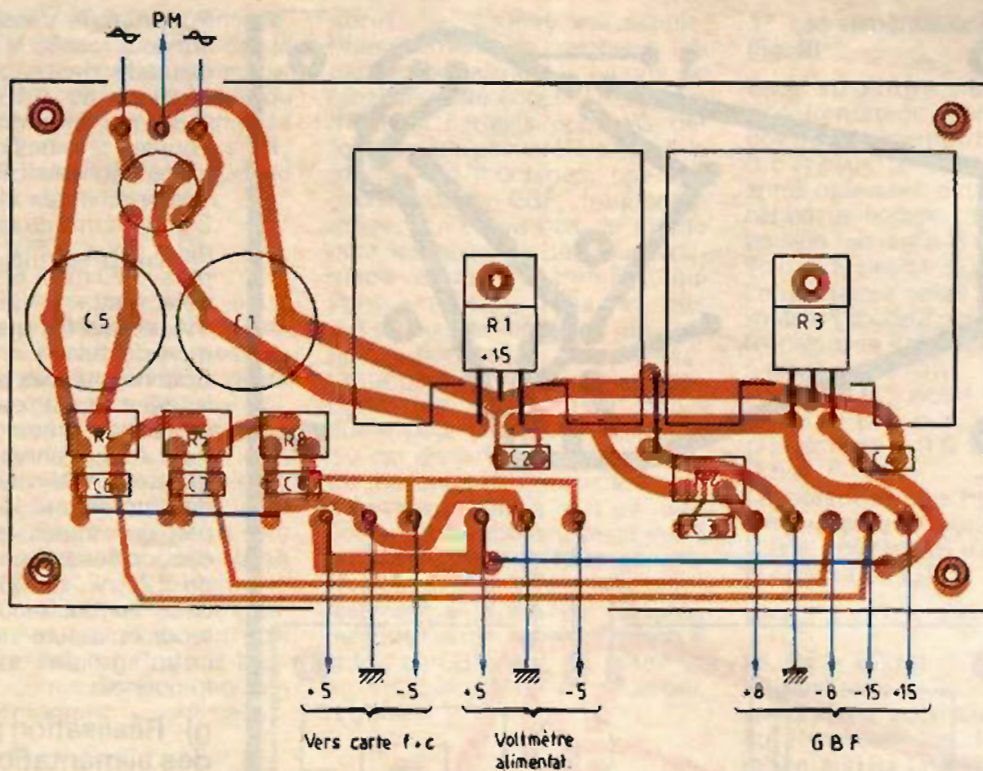


Photo 6. - Les circuits régulateurs R₁-R₃ munis de leurs radiateurs.



16/
17

16. L'alimentation
régulée
réglable,
implantation des
composants /
17. Le dessin
du circuit
imprimé à
l'échelle.

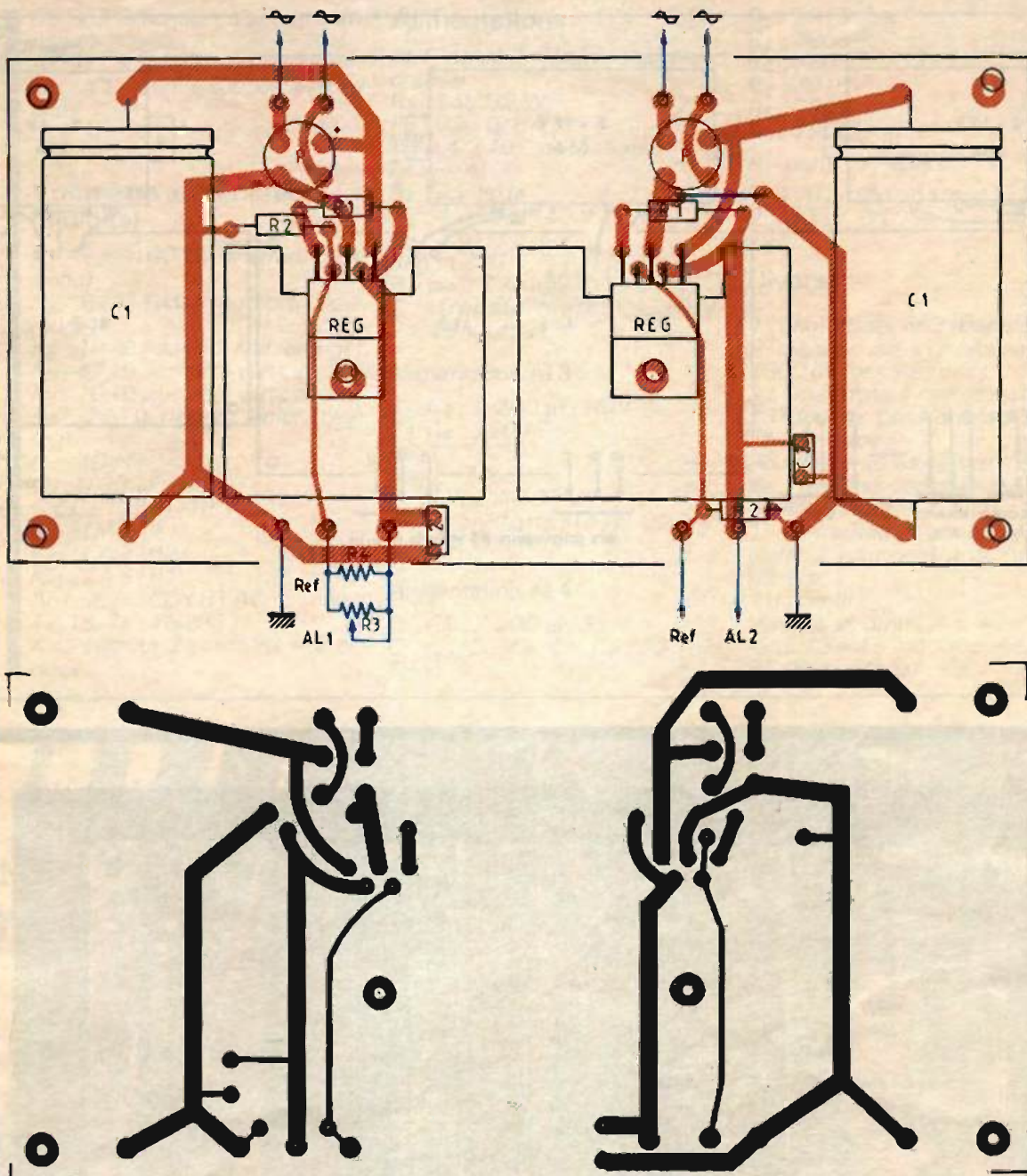
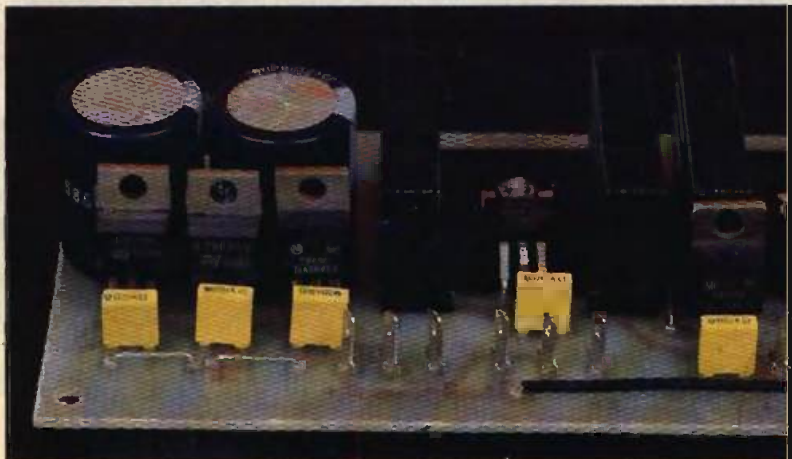


Photo 7. - Des cosses poignard permettent de réaliser les sorties sur les cartes.



ques à dériver et au nombre de montages décrits, nous nous sommes trouvés dans l'obligation de scinder la description de ce pupitre en trois parties, ne nous en veuillez pas !

Chers lecteurs, vous disposez à cet instant de la totalité des éléments nécessaires à la réalisation. Vous pourrez ainsi vous inspirer des diverses photographies publiées ainsi que de l'agencement des modules proposé à la figure 18.

A présent, bonne réalisation.

François JONGBLOET

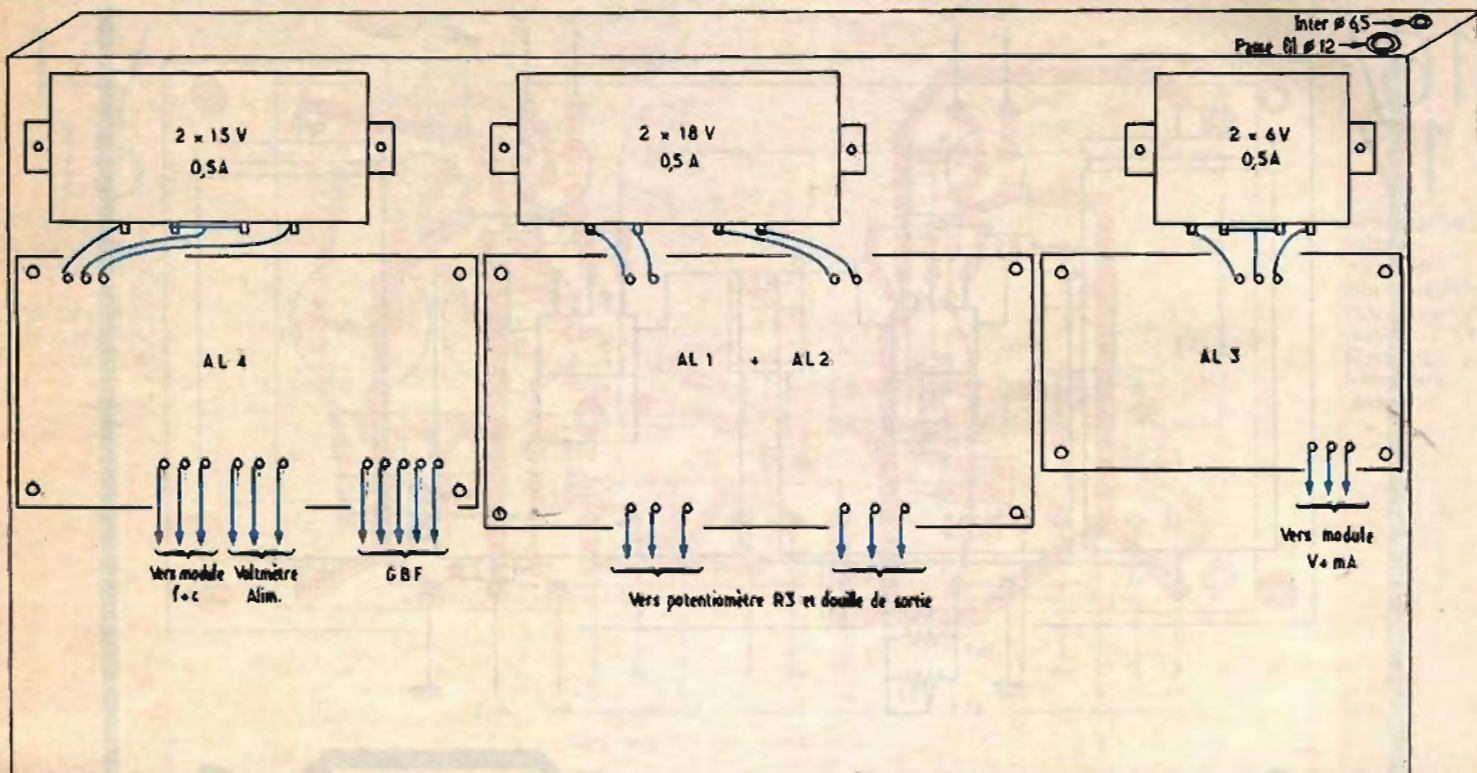
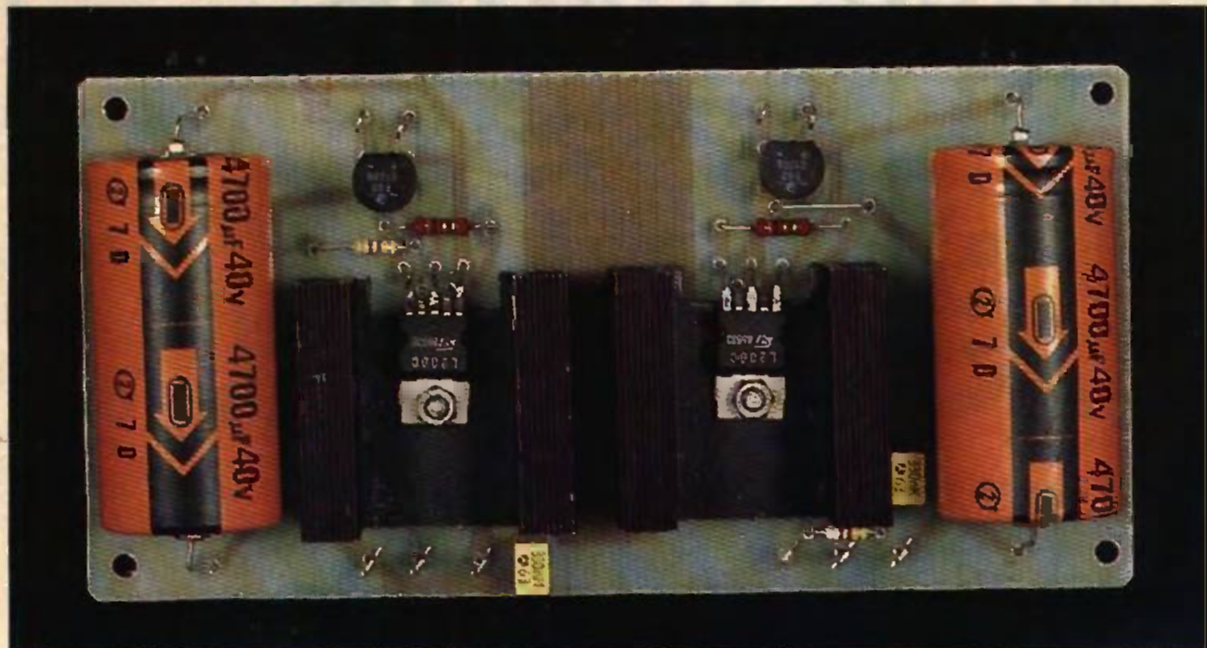


Photo 8. - Vue des deux alimentations réglables.



NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

Voltmètres 3 1/2 digits

R_1 : 100 k Ω (marron, noir, jaune)

R_2 : 22 k Ω (cal. 2 V), multitour
10 tours ou 1 k Ω (cal. 0,2 V),
multitour 10 tours

R_3 : 22 k Ω (rouge, rouge,
orange)

R_4 : 1 M Ω (marron, noir, vert)

R_5 : 470 k Ω (cal. 2 V) (jaune, vio-
let, jaune) ou 47 k Ω (cal. 0,2 V)
(jaune, violet, orange)

$R_6, R_7, R_8, R_9, R_{10}, R_{11}$: 330 Ω
(orange, orange, marron)

C_1 : 100 pF

C_2 : 0,1 μ F

C_3 : 10 nF

C_4 : 47 nF (cal. 2 V) ou 470 nF
(cal. 0,2 V)

C_5 : 0,22 μ F

C_6, C_7 : 47 μ F 25 V

L_1, L_2, L_3 : LED 3 mm

AFF 1, 2, 3 : COY 81 AC ou

DL 307 (afficheurs à anode commune)
 AFF 4 : ± 1 (anode commune)
 C1 : ICL 7107 + support 40 broches

Voltmètre alimentation (3 digits)

R₁, R₂ : 100 k Ω (marron, noir, jaune)
 R₃, R₄ : 1 k Ω (marron, noir, rouge)
 R₅ : 10 k Ω (marron, noir, orange)
 R₆ : 47 k Ω ajustable vertical
 R₇ : 10 k Ω ajustable vertical
 R₈ : 270 Ω (rouge, violet, marron)
 C₁ : 10 nF
 C₂ : 0,33 μ F
 C₃, C₄ : 22 μ F/16 V
 IC₁ : LM 741
 IC₂ : CA 3162
 IC₃ : CA 3161
 AF₁, 2, 3 : COY 81 AC
 T₁, T₂, T₃ : 2N2907
 K : inverseur 2 positions - 2 circuits

Alimentations

AL1 et AL2 : (composants en double)
 R₁ : 1 Ω /1/2 W
 R₂ : 820 Ω /1/4 W
 R₃ : 4,7 k Ω / potentiomètre linéaire (A)
 R₄ : voir texte
 C₁ : 4 700 μ F/40 V
 C₂ : 330 nF/63 V
 Reg : L200
 P = pont 2 A-100 V
 T : transformateur 220 V/2 x 18 V/0,5 A

Alimentation AL3

C₁, C₃ : 2 200 μ F/16 V
 C₂, C₄ : 220 nF
 Reg₁ : 7805
 Reg₂ : 7905
 P : pont 2 A-100 V
 T : transformateur 220 V, 2 x 6 V, 0,5 A

Alimentation AL4

C₁, C₅ : 2 200 μ F/35 V
 C₂, C₃, C₄, C₆, C₇, C₈ : 220 nF/63 V

R₁ : 7815
 R₂ : 7808
 R₃ : 7805
 R₄ : 7915
 R₅ : 7908
 R₆ : 7905

P = pont 2 A/100 V

T = transformateur 220 V, 2 x 15 W, 0,5 A

Divers

1 coffret Retex RA5 (Depelec)
 2 plaques de connexion LAB 1000 (Sieber Scientific)
 3 bornes dyna 4 mm (transfert)
 13 douilles pour châssis 2 mm couleur à voir
 Boutons avec vis de serrage pour les différents commutateurs et potentiomètre
 1 interrupteur-inverseur (2 circuits, 2 positions), marche-arrêt général
 1 passe-fil
 Visserie \varnothing 3mm, 4 x 40 mm de long, 18 x 15 mm long. + écrous
 Fil + prise-secteur, etc.

ANTICHOCS

MAN'X : les analogiques
 champions de la protection



- Les seuls multimètres en boîtier antichocs pour environnement sévère
- Hautes performances ■ Protections électroniques et fusibles HPC
- Douilles et cordons de sécurité ■ Simplicité d'emploi ■ Accessoires pour extensions de mesures
- Nombreux autres modèles numériques et analogiques

CDA LA MESURE DES PROFESSIONNELS

Liste des distributeurs et documentation détaillée sur demande
 CDA - 5, rue du Square Carpeaux 75018 PARIS - Tél. : (1) 46.27.52.50 - Telex 772 081 - Telecopie : (1) 46.27.73.89

CDA
 la mesure française

BADGE A EPROM



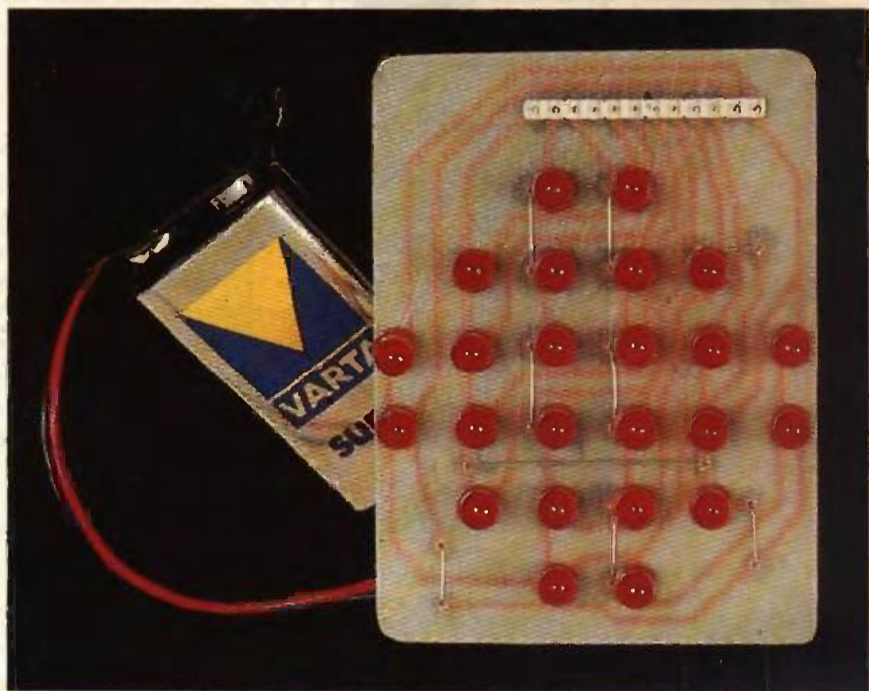
Ce badge permet des visualisations et animations du plus bel effet, sur vingt-quatre DEL disposées en cercle. Il n'utilise aucun circuit spécialisé, mais beaucoup d'astuce. Fixé sur votre poche ou dans votre véhicule, vous ne pourrez passer inaperçu...

LE PRINCIPE

Les possibilités offertes et le nombre restreint de composants utilisés nécessite une approche originale : une EPROM (mémoire reprogrammable) est le cœur du montage. La figure 1 présente le schéma fonctionnel décomposé en six blocs.

Un oscillateur (bloc 1) commande un compteur (bloc 2) qui génère une succession de codes binaires sur 9 bits, décomposés en 6 bits de composition du motif, M, et 3 bits de sélection du type de motif, T. Ces codes sont décodés par l'EPROM (bloc 3), qui fournit, à chaque combinaison d'entrée, un octet (code à 8 bits). Ainsi, successivement, on commande les DEL, selon les octets mémorisés.

Mais quelle est l'astuce qui permet de commander 24 DEL avec 8 bits ? C'est le multiplexage ! Un autre compteur, MUX (bloc 4), commande à tour de rôle un des trois groupes de huit DEL, au travers d'un étage amplificateur (bloc 5) ; comme on a 24 DEL (bloc 6), donc trois groupes de huit DEL, le compteur les commande successivement (compteur en anneau modulo 3). Mais l'EPROM nécessite de connaître le groupe de DEL commandées, sinon les trois groupes



afficheraient la même valeur, d'où les deux bits d'informations, G. C'est l'EPROM 2 Ko, avec ses onze entrées d'adresse, qui a imposé les limitations du module, soit huit motifs différents, décomposés chacun en 64 étapes. Les motifs se succèdent au rythme du compteur (2), chaque motif étant répété deux fois. Mais on peut décomposer un motif en

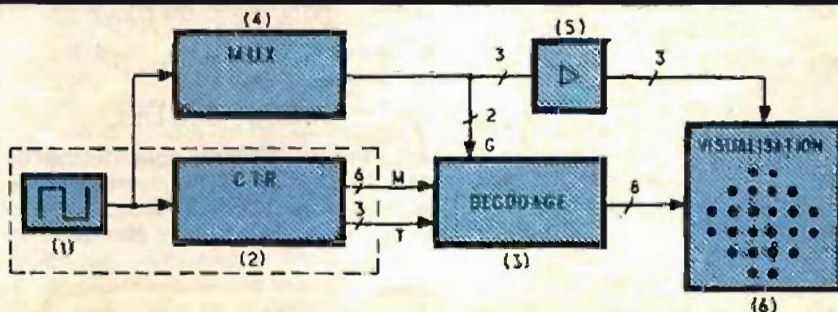
moins d'étapes, ce qui augmente le nombre de répétitions, comme on le constatera lors des essais.

ANALYSE DU SCHEMA

La disposition des blocs décrits est respectée dans l'agencement des structures (composants) du schéma présenté en figure 2. L'EPROM impose une tension de + 5 V, d'où l'emploi d'un régulateur intégré IC₄, qui permet d'alimenter le module avec une tension comprise entre 8 V et 24 V ; l'emploi d'une alimentation par une petite pile de 9 V (type 6LR61) est possible.

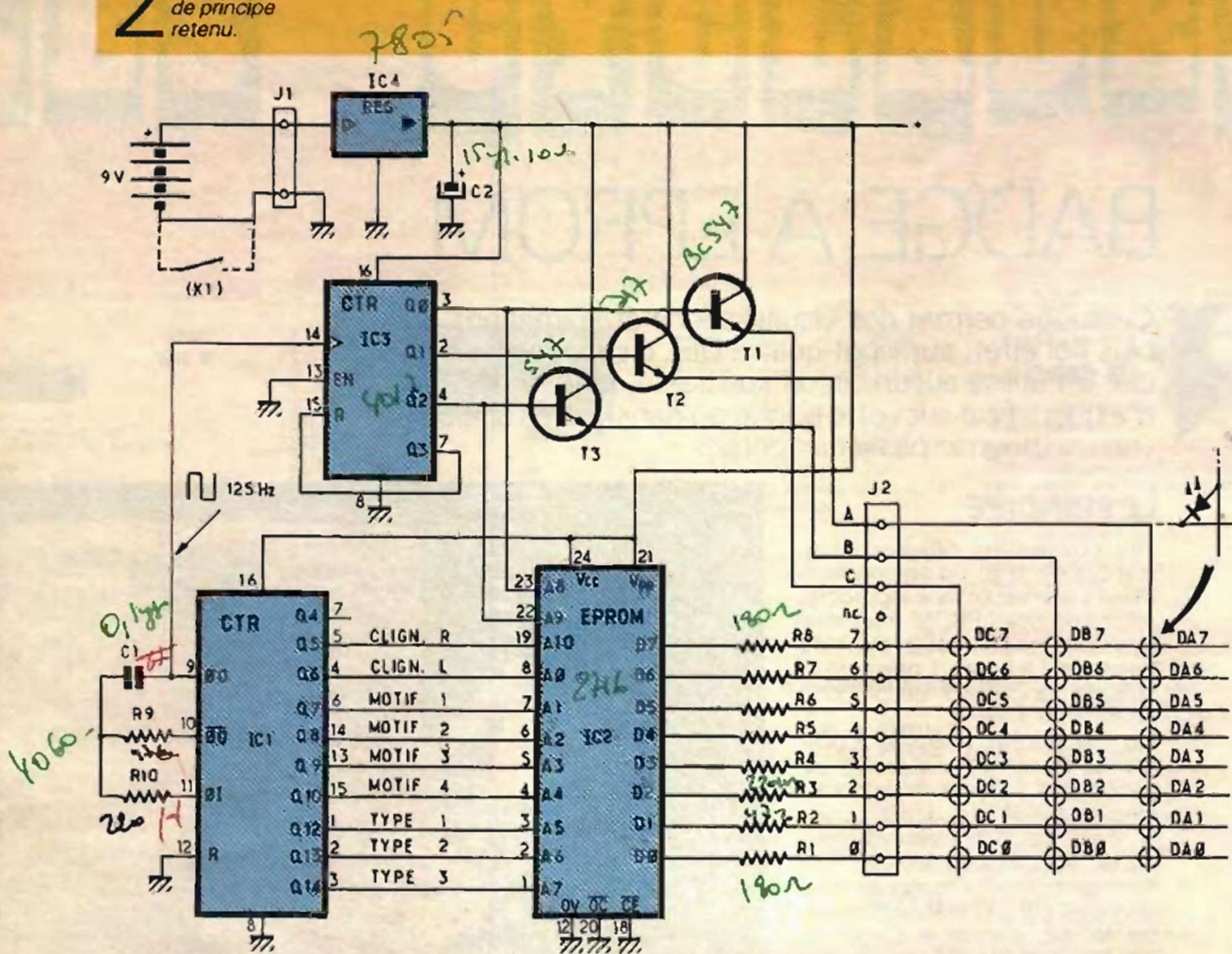
Le compteur

Le compteur et l'oscillateur (blocs 1 et 2) sont intégrés dans un circuit CMOS bien connu, le 4060, IC₁ ; les composants R₉,



1

Synoptique du montage.



R₁₀ et C₁ permettent le fonctionnement de l'oscillateur, et le couple R₉-C₁ fixe la fréquence à environ 125 Hz. Le choix de la fréquence est dicté par le multiplexage qui doit rendre invisible l'allumage successif des DEL. Le compteur effectuant des divisions successives de fréquence (par 2), on obtient : une fréquence de 4 Hz en Q₅ (CLIGN.R, - clignotement rapide) ; une fréquence de 2 Hz en Q₆ (CLIGN.L - clignotement lent) ; puis une succession de 16 états binaires, toutes les secondes, en Q₇ Q₈ Q₉ Q₁₀ (MOTIF.1 à 4) ; et une succession de motifs, toutes les 16 secondes, en Q₁₂ Q₁₃ Q₁₄ (TYPE.1 à 3). On retrouve les 9 bits précédemment cités et la durée du cycle complet est de 128 s, soit environ 2 min.

Le multiplexeur

Il emploie IC₃, le classique 4017. En rebouclant la sortie Q₃ sur l'entrée de remise à zéro (R), on obtient un compteur modulo 3 ; commandé par l'oscillateur à une

fréquence de 125 Hz, il active successivement l'une des trois sorties Q₀, Q₁ ou Q₂ tous les 40^e de seconde, cadence suffisante pour rendre invisible cette succession (« rémanence » de l'œil). Les sorties sont amplifiées en courant par des transistors, T₁, T₂ et T₃, montés en « suiveur » (collecteur commun) ; ils peuvent fournir jusqu'à 100 mA.

Le décodage

C'est l'EPROM IC₂, une 2716, qui effectue cette fonction. Elle se voit appliquer, sur ses onze connexions d'adresses (entrées), les informations de codage du motif en A₁₀ A₀ A₁ A₂ A₃ A₄ (CLIGN.R, CLIGN.L, MOTIF.1 à 4), les informations du type de motif en A₅ A₆ A₇ (TYPE.1 à 3) et les informations de multiplexage en A₈ A₉. Les sorties, 8 bits de données D₇ à D₀, commandent les DEL (DC₇ à DC₀, DB₇ à DB₀, DA₇ à DA₀) au travers de résistors de limitation de courant (J₂ est un connecteur de

liaison). Les bits A₈ et A₉ permettent de distinguer les codes à appliquer aux DEL : ainsi, si T₁ conduit, on commande les DEL DC₇ à DC₀, et on applique, sur l'EPROM, A₉ = 0 et A₈ = 1 ; si T₂ conduit, on commande les DEL DA₇ à DA₀, A₉ = 0 et A₈ = 0 ; enfin, si T₃ conduit, on commande les DEL DB₇ à DB₀, A₉ = 1 et A₈ = 0 ; tout ceci s'effectuant à une cadence de 40 Hz. Selon le contenu de l'EPROM aux adresses définies par A₁₀, A₀, A₁, A₂, A₃, A₄, on obtient la succession d'octets qui compose le motif. Les bits A₅, A₆, A₇ sélectionnent le type de motif, donc de nouvelles combinaisons.

Codage des DEL

Les 24 DEL sont disposées en cercle, comme indiqué en figure 3. Pour effectuer leur commande correcte afin de créer un motif, il faut donc connaître les 3 octets à mémoriser dans l'EPROM, et ceci pour chacune

des étapes qui composent le motif. La figure précise cette disposition, en indiquant par une lettre (comme sur J₂) le groupe de DEL et en inscrivant, dans le rond qui symbolise la DEL, le numéro du bit considéré. Il faut savoir également qu'une DEL sera allumée si le bit est à l'état 0, et évidemment éteinte s'il est à l'état 1. Par exemple, pour allumer la diode en haut, à l'extrême droite (DC₁), on applique un état 0 sur le bit 1 du groupe C.

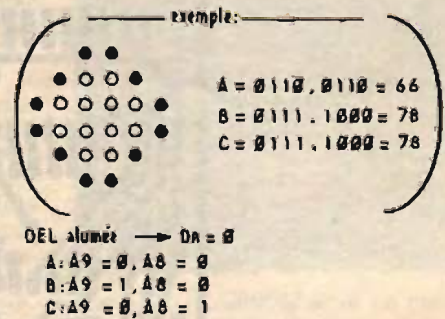
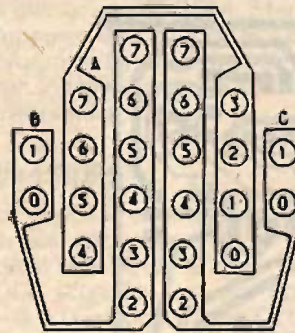
La figure rappelle l'état des adresses A8 et A9, selon le groupe choisi, A, B ou C. Elle fournit également un exemple, duquel on en déduit les valeurs binaires A = 01100110, B = C = 01111000, dont A = 66 et B = C = 78 en hexadécimal. Cet exemple constitue une étape d'un motif, et nous y reviendrons lors de la programmation de l'EPROM.

REALISATION

La fabrication du module se décompose en deux circuits pour rendre l'ensemble plus compact (il rentre dans un paquet de cigarettes !) et masquer l'électronique derrière les DEL, sans faire appel à un circuit double face ou à des composants CMS. Les figures 4 et 5 présentent le tracé des circuits ainsi que l'implantation des composants.

Les circuits

Sur deux plaques d'époxy de 55 x 85 mm (ou même de 55 x 75 mm), vous reportez le tracé proposé par la méthode que vous employez usuellement. L'auteur recommande le tracé sur calque et transfert photographique aux ultraviolets, bien que les autres méthodes (transferts autocollants, feutre...) restent parfaitement applicables. Tracez avec soin les connexions sous IC₃, seule difficulté du montage. Une fois le tracé effectué, gravez les circuits dans du perchlore de fer à 40 °C ou dans une autre solution acide (1/3 acide chlorhydrique, 1/3 eau oxygénée, 1/3 eau ; attention gravure très rapide !). Quand le circuit apparaît nettement, rincez-le abondamment pour éviter toute gravure ultérieure et séchez-le. Si l'époxy est présensibilisé, aucune protection n'est nécessaire (la résine autorise la soudure et protège de l'oxydation) ; sinon, effectuez un



étamage ou pulvériser du vernis de protection. Enfin, percez tous les trous à un diamètre de 1 mm et vérifiez la correspondance avec le tracé proposé.

Implantation des DEL

On commence par le circuit d'affichage, en câblant d'abord les neuf straps (fil rigide fin dénudé), puis le connecteur mâle J₂. Soudez rapidement les 24 DEL, plaquées contre le circuit, en respectant leur sens (méplat vers la droite avec J₂ au-dessus ; si vous vous attardez avec votre fer à souder, vous risquez de détruire les DEL !). Bien plaquées contre le circuit, les DEL sont normalement correctement alignées. Vous pouvez déjà apprécier votre travail en vérifiant le fonctionnement du module d'affichage : utilisez une pile de 9 V avec un résistor de 330 Ω, en série sur son pôle - ; appliquez le pôle + en A et successivement l'extrémité libre du résistor sur les bornes 7 à 0 du connecteur J₂, pour vérifier l'illumination des DEL, conformément à la figure 3. Procédez de

même avec le pôle + en B, puis en C. Si une DEL ne s'allume pas, elle est détruite ou montée à l'envers.

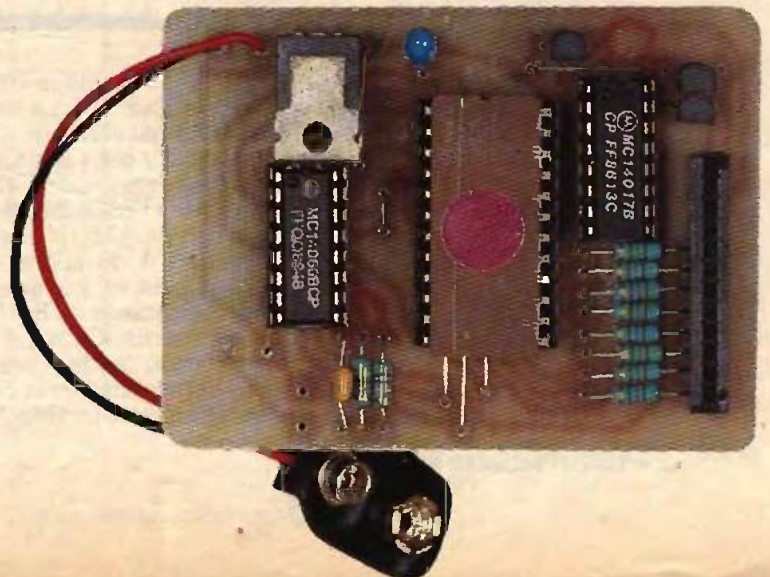
Le circuit principal

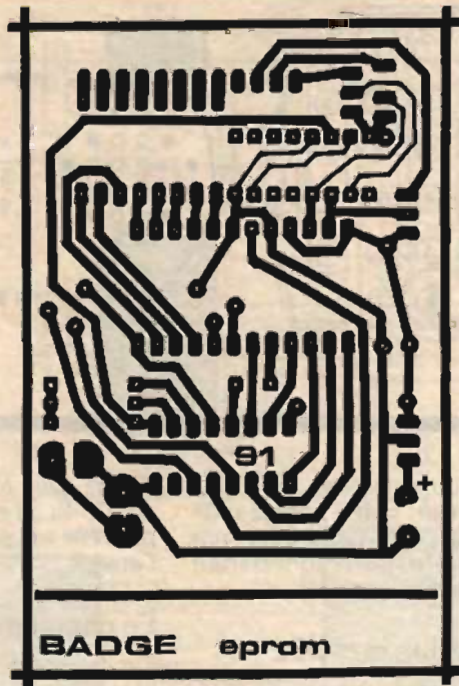
On respecte les règles de câblage, en soudant dans l'ordre : les six straps, les dix résistors, les supports de circuit intégré (il y a trois straps sous le support de IC₂, alors n'oubliez pas de les souder avant d'implanter ce support !), le connecteur J₂, les deux condensateurs (en veillant au sens de C₂), les trois transistors (méplat vers J₂), le régulateur IC₄ (face isolée vers IC₁, en le reliant comme en témoignent les photos) et le connecteur de pile J₁. L'interrupteur K₁ est facultatif, disposé horizontalement ou verticalement, le (-) du connecteur J₁ étant alors relié à la borne libre.

L'essai préliminaire

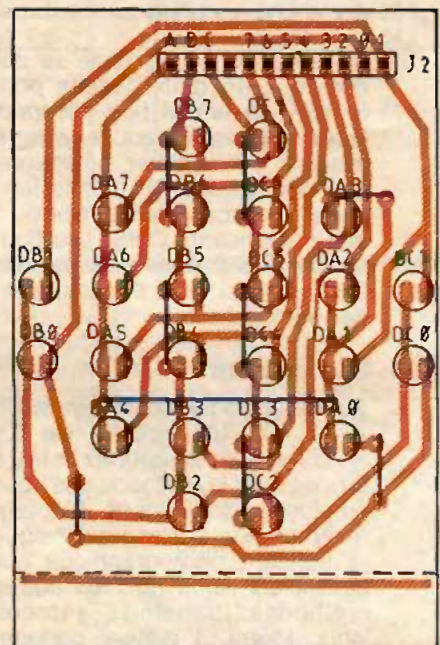
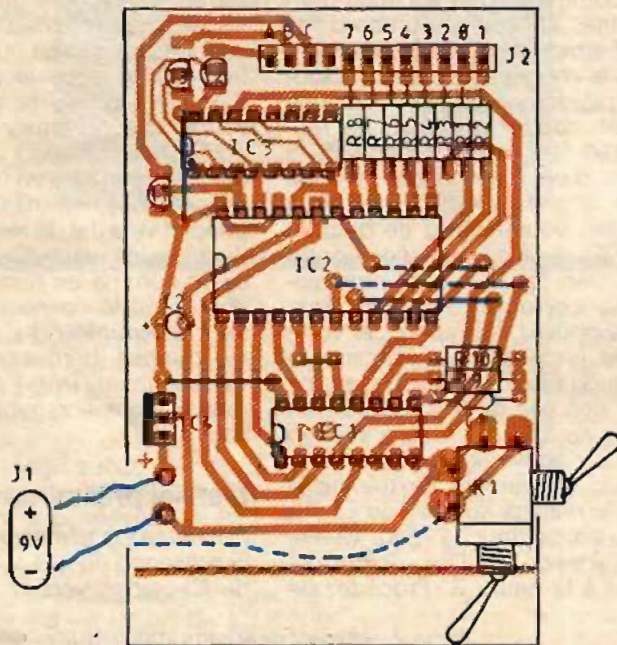
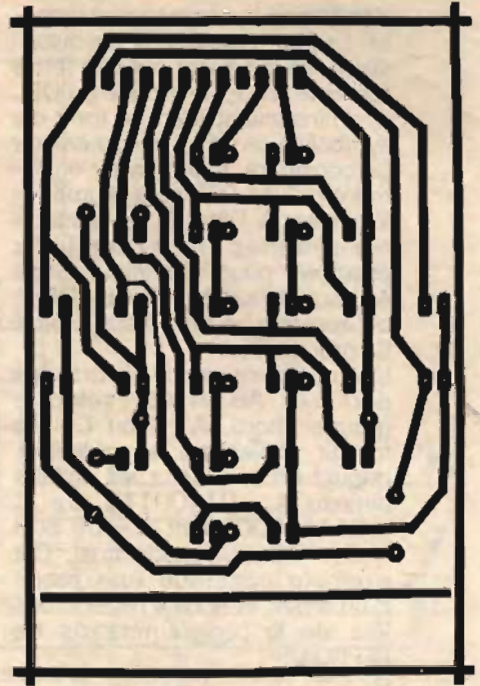
Connectez la pile en J₁ et relevez la présence du + 5 V aux bornes de C₂, sinon vérifiez IC₄ ou C₂.

Photo 2. - Aspect de la carte imprimée principale.





BADGE epram



Reliez avec un fil rigide les broches 12 et 9 du support de IC₂ et avec un autre fil les broches 16 et 2 du support de IC₃ ; insérez le module d'affichage en J₂, la DEL DA₀ doit s'allumer ; sinon, vérifiez R₁ ou T₃. Procédez de même, en reliant la broche 12 de IC₂ successivement aux broches 10, 11, 13, 14, 15, 16 et 17 (laisser la liaison sur le support IC₃) pour vérifier l'allumage des DEL DA₁ à DA₇. Reliez les broches 12-2 de IC₂ et 16-3 de IC₃ pour

observer l'allumage de DB₀, sinon vérifiez T₂. La commande des DEL est correcte. Insérez IC₁ dans son support, déconnectez le circuit d'affichage et relevez, à l'oscilloscope, une fréquence de 125 Hz environ sur la broche 14 du support de IC₃ ; l'oscillateur est correct, sinon vérifiez le câblage de R₉, R₁₀, C₁ et IC₁. Insérez IC₃ dans son support, reliez les broches 12-9 de IC₂ et reconnectez le circuit d'affichage ; les DEL DA₀, DB₀, DC₀

sont allumées, avec une intensité trois fois plus faible que précédemment, ce qui est normal (multiplexage) ; sinon, vérifiez le câblage de IC₃. Reliez successivement la broche 9 aux broches 19, 8, 7 (support IC₂) pour relever respectivement un clignotement des trois DEL DA₀, DB₀ et DC₀ à une fréquence de 4 Hz, 2 Hz, 1 Hz ; puis avec une période de clignotement de 2 s, 4 s, 8 s, 32 s, 64 s, 128 s, en reliant la broche 9 respective-

ment aux broches 6, 5, 4, 3, 2 et 1 ; sinon, vérifiez le câblage de IC₁. L'ensemble est maintenant fonctionnel, il ne reste plus qu'à programmer l'EPROM et à l'insérer dans le support IC₂ pour admirer le fonctionnement (une EPROM vierge sera sans effet !).

PROGRAMMATION

C'est malheureusement un travail assez long, si vous disposez d'un programmeur manuel, puisqu'il va falloir programmer les 2 048 octets de l'EPROM, surtout après avoir fait la recherche des motifs et effectué les essais proposés. Vous vous référerez, si nécessaire, à la figure 3 et à son analyse. La figure 6 propose deux exemples, mais auparavant rappelons le principe : le type du motif est défini par A7 A6 A5 donc huit motifs possibles ; les bits A9 A8 distinguent les groupes de DEL qui composent le motif, avec trois combinaisons (00 pour DAn, 10 pour DBn et 01 pour DCn) ; les bits A4 A3 A2 A1 A0 A10 définissent la succession d'états du motif ; un état 0 sur le bit considéré allume la DEL. En ignorant A10, on crée un motif en 32 étapes qui change à une cadence de 2 Hz ; en incluant A10, le motif est composé de 64 étapes, cadencées à 4 Hz ; en ignorant A10 et A0, le motif de 16 étapes est cadencé à 1 Hz ; c'étaient les possibilités initiales prévues par l'auteur, mais il est possible de mixer ces modes avec certaines précautions. Si vous n'êtes pas habitués

à utiliser une EPROM, il faut vous rappeler de l'effacer avant de la programmer, en l'exposant environ 20 min sous une source d'ultraviolets...

Exemple 1

Le premier exemple est le motif entier, clignotant. On le décompose en deux étapes : toutes DEL allumées, ce qui donne A = B = C = 00 et toutes DEL éteintes, donc A = B = C = FF (en hexadécimal). Pour faire un premier essai, motif clignotant à une cadence de 2 Hz, programmez, à toutes les adresses impaires de l'EPROM vierge, le code 00 ; il est inutile de programmer FF puisque c'est le code de chaque octet de l'EPROM vierge.

Le second essai tient compte du type, donc de A7 A6 A5 ; effacez l'EPROM et inscrivez 00 uniquement dans les adresses telles que A10 = X (0 ou 1), A9A8 = XX, A7A6A5 = 000 et bien sûr A4 - 0 = XXXX1 (A4-0 est une notation simplifiée de A4A3A2A1A0) ; donc A10 - 0 = XX000XXXXX1, soit aux adresses hexadécimales 001, 003, 005... 03F, puis 201, 203... 23F jusqu'à E01...E3F ; le motif sera clignotant pendant 16 s, puis éteint pendant 112 s (7 x 16 s), et le cycle reprendra. Reprenez ce premier exemple avec un troisième essai qui fera clignoter à la cadence de 4 Hz, alternativement toutes les 16 s. Quel meilleur moyen de comprendre le fonctionnement que de rechercher, vous-même, les



Photo 3. - L'EPROM et le connecteur.

adresses à remplir... Si vous n'y arrivez pas, voici la solution qui exprime l'état des bits A10 à A0, soit A10 - 0 = 1XXXXXXXXX).

Exemple 2

Plus complexe, il présente un motif dont les DEL centrales sont fixes ●, les DEL périphériques clignotantes lentement ○ et les DEL restantes clignotantes rapidement ◊, comme l'indique la figure 6. Le motif se décompose donc en quatre étapes : dans chaque étape les DEL DB₅ DB₄ DC₅ DC₄ sont allumées, car leur illumination est fixe ; les DEL clignotantes lentement (DB₀, DB₁, DB₂, DB₇, DC₀, DC₁, DC₂, DC₇, DA₀, DA₃, DA₄, DA₇) sont allumées pendant deux étapes (en bas sur la figure) ; les autres DEL clignotent rapidement, et sont donc allumées une étape sur deux (à droite) ; pour obtenir les clignotements désirés, il faut changer d'étape au rythme de A10. Sous chaque étape, sont indiqués les codes hexadécimaux de A, B et C. Ainsi pour A, il faut la succession (FF-99-66-00), pour B et C (CF-87-48-00), ceci au rythme de A10. Comme premier essai, ce motif est répété toute la durée du cycle, donc indépendamment de A7A6A5.

Il vous faut donc programmer, pour le groupe A : FF en 000, 002, 004, ... 1FE ; 66 en 001, 003, 005, ... 1FF ; 99 en 800, 802, ... 9FE ; 00 en 801, 803 ... 9FF. Pour les groupes B et C : CF en 400, 402, ... 5FE et 200, 202, ... 3FE ; 48 en 401, 403, ... 5FE et 201, 203, ... 3FF ; 87 en C00, C02, ... DFE et A00, A02 ... BFE ; 00 en C01, C03, ... DFF et A01, A03 ... BFF. Remarque : il est inutile de programmer FF (groupe A) !

MOTIF.	DÉCOMPOSITION	A10	A9, A8	A7, A6, A5	A4, A3, A2, A1, A0 → DATA
	 00, 00, 00 FF, FF, FF	X	00 (A)	000	FF, 00, FF, 00...
		X	10 (B)	000	FF, 00, FF, 00...
		X	01 (C)	000	FF, 00, FF, 00...
	 FF, CF, CF 99, 87, 87	0	00	001	FF, 66, FF, 66...
		1	00	001	99, 00, 99, 00...
		0	10	001	CF, 48, CF, 48...
		1	10	001	87, 00, 87, 00...
		0	01	001	CF, 48, CF, 48...
		1	01	001	87, 00, 87, 00...

● Lent
○ Rapide
● Fixe

Le second essai présente le premier motif pour A7A6A5 = 000, et ce nouveau motif pour A7A6A5 = 001, les DEL restant éteintes pour les six autres cas ; vous devez pouvoir facilement trouver quels octets vous devez programmer, et êtes donc prêts à programmer vos propres séquences ; si la vérification est incorrecte, ou l'effet peu satisfaisant, il suffit d'effacer l'EPROM et de recommencer.

Conclusion

Pour le prototype, l'auteur a utilisé un micro-ordinateur, écrit un programme Basic pour dessiner les motifs et calculer les valeurs de A, B, C pour chaque motif, imaginé la succession sur feuille de brouillon, et programmé l'EPROM avec le programmeur associé. Si vous disposez d'un micro-ordinateur, voilà l'occasion de le ressortir du placard, sinon procédez manuellement, comme indiqué (vous pouvez même modifier le programmeur proposé par la revue - n° 137, mai 1990 - en remplaçant les roues codeuses et interrupteurs par des car-

tes « entrées/sorties » à relais, connectées à votre micro-ordinateur...).

Le prototype représente successivement un cercle qui s'élargit et rétrécit, puis un axe qui tourne, un remplissage par quartier, une croix qui rétrécit, un segment qui tourne, un remplissage horizontal et diagonal, et un final multiclignotements ; mais vous aurez certainement plus d'imagination... Si le courrier des lecteurs le justifie, la revue peut proposer le contenu des 2 048 octets ou peut-être un service de recopie d'EPROM, mais vous disposerez des motifs choisis par l'auteur...

La consommation est de l'ordre de 100 mA, aussi pensez à munir IC₄ d'un dissipateur si l'alimentation est supérieure à 18 V, en prenant soin qu'il ne vienne pas en contact avec le module d'affichage. Le module d'affichage peut être déporté (liaison par câble 11 conducteurs en nappe) ; vous pouvez même relier en J₂ un module d'interface de puissance pour commander un nombre plus élevé de DEL, ou même d'ampoules, et créer ainsi un fabuleux jeu de lumières qui n'aura rien à envier à d'autres réalisations commercialisées.

P. WALLERICH

NOMENCLATURE

R₁ à R₈ : 180 Ω 1/4 W
 R₂ : 47 kΩ 1/4 W
 R₃ : 220 kΩ 1/4 W
 C₁ : 0,1 μF
 C₂ : 15 μF 10 V tantale
 IC₁ : compteur CMOS 4060B
 IC₂ : EPROM 2 Ko 2716
 IC₃ : compteur CMOS 4017B
 IC₄ : régulateur 78M05, 7805
 T₁ à T₃ : transistor NPN BC547A
 J₁ : connecteur de pile 9 V

J₂ : connecteur 12 broches M/F pas de 2,54 mm

K₁ : interrupteur unipolaire miniature (facultatif)

2 supports de circuits 16 broches bas profil

1 support de circuit 24 broches large et bas profil

2 plaques d'époxy 55 x 85 mm (ou 55 x 75 mm)

Dissipateur pour IC₄ si nécessaire

A VOS DIMENSIONS A PARTIR DE 300 PIECES

SERIE DB DPC

DESIGN PLASTIQUE

- SUPPORTS CIRCUIT IMPRIME AMOVIBLES
- SANS VIS
- FERMETURE PAR CLIPS SECURITE
- FORMAT EUROPE
- 4 PARTIES DEMONTABLES

DB1 : 25 x 53 x 103
 DB2 : 25 x 63 x 125
 DB3 : 30 x 83 x 163
 DB4 : 30 x 103 x 203

DB5 : 50 x 103 x 203
 DB6 : 17 x 38 x 83
 PUPITRES :
 DPC 1 : 17/25 x 103 x 163
 DPC 2 : 17/25 x 203 x 163



DEPARTEMENT : PRODUITS STANDARDS
 LA TOILERIE PLASTIQUE
 Z.I ROUTE D'ETRETAT Tél. : 35.44.92.92
 76930 OCTEVILLE/MER Fax : 35.44.95.99

UN SIMULATEUR DE PRESENCE



Pour lutter contre les cambriolages et autres effractions, il existe une arme sinon plus efficace, du moins complémentaire au traditionnel système d'alarme. Il s'agit de la simulation de présence dont le principe est basé sur un adage bien connu : mieux vaut prévenir que guérir.

Le montage que nous vous proposons dans cet article répond à cette définition en provoquant des mises en route et des extinctions, préalablement programmées, de récepteurs électriques, et cela sur deux canaux : l'un étant réservé au jour, l'autre à la nuit.

I - LE PRINCIPE (fig. 1)

Une base de temps fournit les impulsions nécessaires pour faire avancer un compteur diviseur dont les quatre derniers étages ont leur état logique décodé par un décodeur à 16 sorties.

A l'aide de 16 microswitches, on peut alors programmer une séquence complète au cours de laquelle un relais d'utilisation s'ouvre ou se ferme. En période de nuit, chaque position fermée d'un microswitch correspond à une durée de fermeture du relais « nuit » de l'ordre d'une heure.

En journée, la base de temps se caractérise par une fréquence plus grande. Il en résulte que la



durée de fermeture du relais « jour » pour une position fermée d'un microswitch est réduite à une vingtaine de minutes.

Le premier relais pourra commander l'allumage d'une ou plusieurs sources d'éclairage par exemple, tandis que le second, en journée, peut être à l'origine de la mise en route d'un récepteur radio, le principe consistant toujours à simuler une présence à l'intérieur de l'habitation ou de l'appartement.

l'enroulement secondaire délivre un potentiel alternatif de 12 V. Après le redressement des deux alternances réalisé par un pont de diodes, une capacité C_1 effectue un filtrage efficace du potentiel ainsi redressé. Un régulateur délivre sur sa sortie une tension continue de 9 V à laquelle la capacité C_2 apporte un complément de filtrage.

Le circuit aval est découplé de cette alimentation par la capacité C_3 , chargée également de faire office d'antiparasitage.

II - LE FONCTIONNEMENT

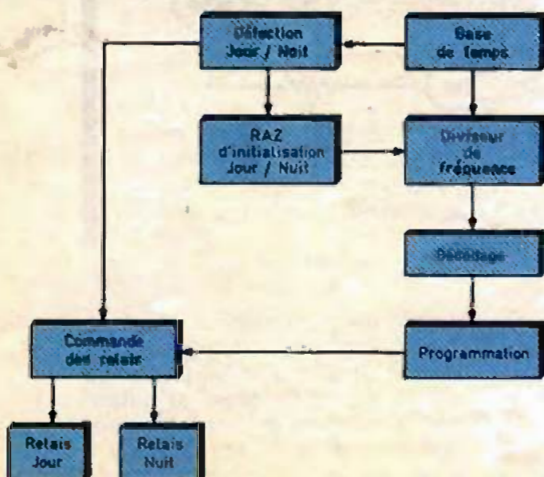
(fig. 2, 3 et 4)

a) Alimentation

L'énergie sera bien entendu fournie par le secteur 220 V par le biais d'un transformateur dont

b) Détection jour/nuit

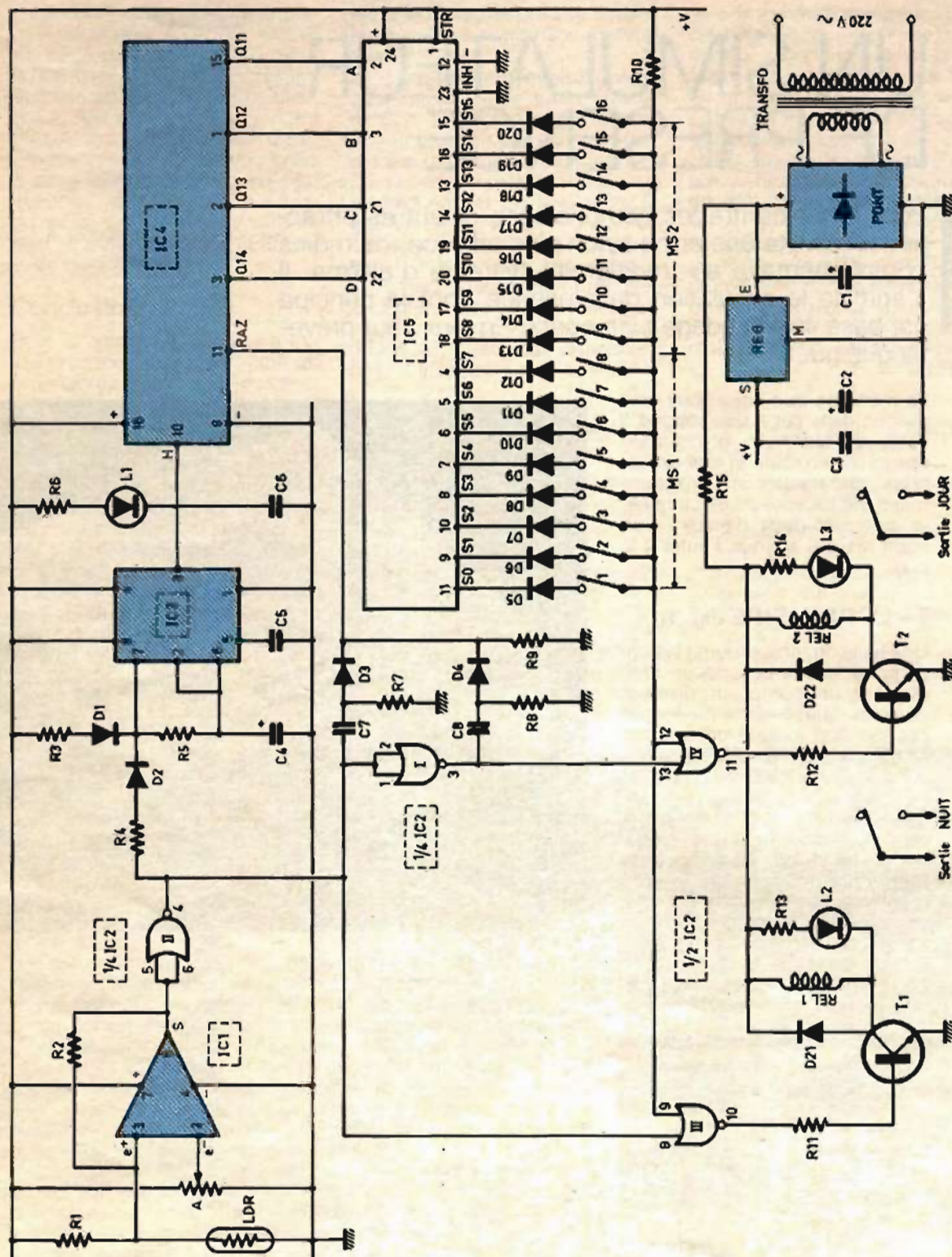
Une LDR, qui est une photorésistance, a pour mission de détecter le jour et la nuit. Rappelons qu'un tel composant présente une résistance ohmique de plusieurs centaines de kilo-ohms s'il se



1 Synoptique de fonctionnement.

2

Schéma de principe du simulateur.



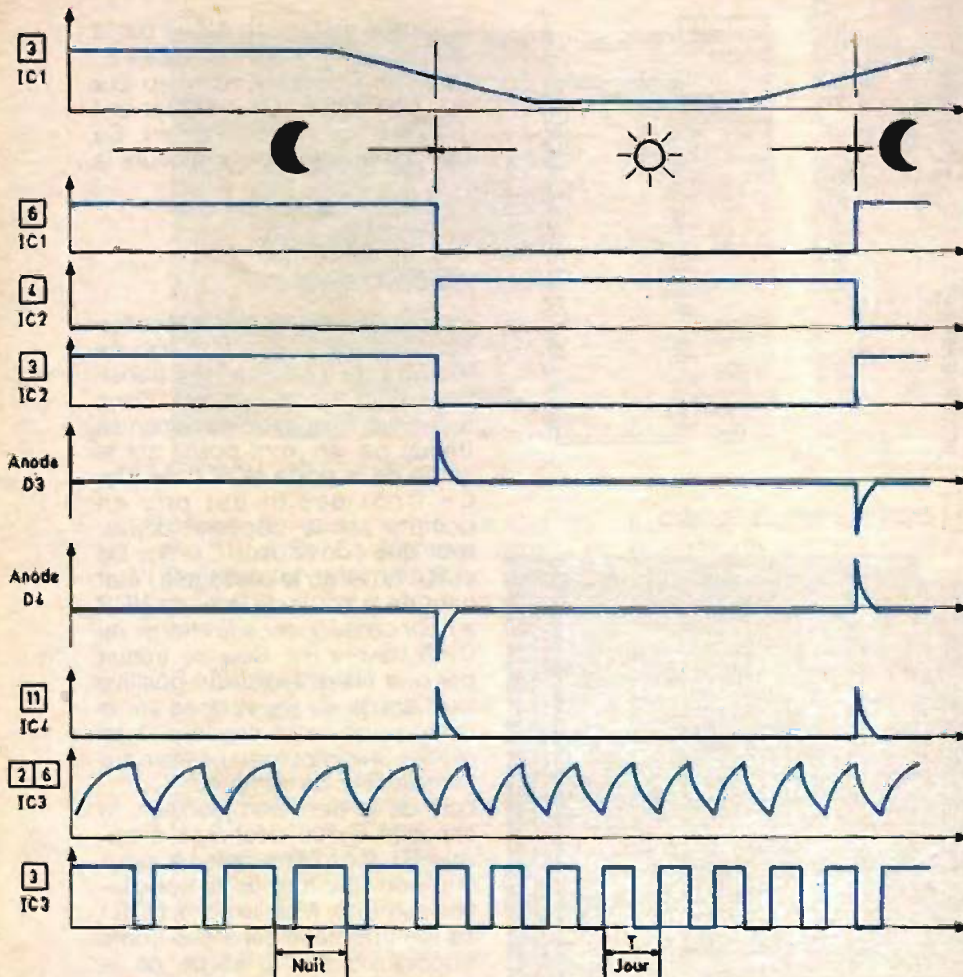
trouve placé dans l'obscurité. Cette résistance tombe à quelques centaines d'ohms si la LDR est soumise à un éclairage. Dans le cas présent, la LDR forme avec la résistance R1 un pont diviseur, dont le potentiel du

point commun évolue de la façon suivante :

- voisin de zéro le jour ;
- voisin du potentiel d'alimentation la nuit.

Ce potentiel est présenté sur l'entrée directe d'un « 741 »

monté en comparateur. L'entrée inverseuse de ce dernier est reliée au curseur d'un ajustable, ce qui permet d'en régler le potentiel à n'importe quelle valeur comprise entre le zéro et le maximum de la tension d'alimenta-



c) Base de temps à deux vitesses

Le boîtier référencé IC₃ est un « 555 », c'est-à-dire le traditionnel timer, familier de nos colonnes. Il présente sur la sortie 3 des créneaux dont la période est dépendante des valeurs de R₃, de R₄, de R₅ et C₄.

En situation de nuit, la résistance R₄ est non opérationnelle étant donné l'état bas sur la sortie de NOR II de IC₂.

Le « 555 » fonctionne en deux temps : d'abord une charge de C₄ à travers R₃ et R₅, ce qui fait varier le potentiel sur l'armature positive de C₄ de V/3 à 2 V/3, puis une décharge de C₄ à travers R₅ au cours de laquelle le potentiel C₄ repasse de 2 V/3 à V/3 et ainsi de suite.

De nuit, la base de temps des créneaux délivrés par IC₃ se caractérise par une période d'environ 3,6 s.

De jour, la charge de C₄ se trouve accélérée du fait de l'apport supplémentaire de courant par R₄ ; il en résulte une période plus faible qui est d'environ 1,2 s.

Les pulsations émises par IC₃ sont mises en évidence par la LED L₁ dont le courant est limité par R₆.

tion. Généralement, une position intermédiaire pratiquement médiane constitue un réglage acceptable.

Si donc la LDR est soumise à la lumière du jour, le potentiel de l'entrée inverseuse est supérieur à celui auquel est soumise l'entrée directe : la sortie de IC₁ présente un état bas à la tension de déchet près qui est de l'ordre de 1,8 V.

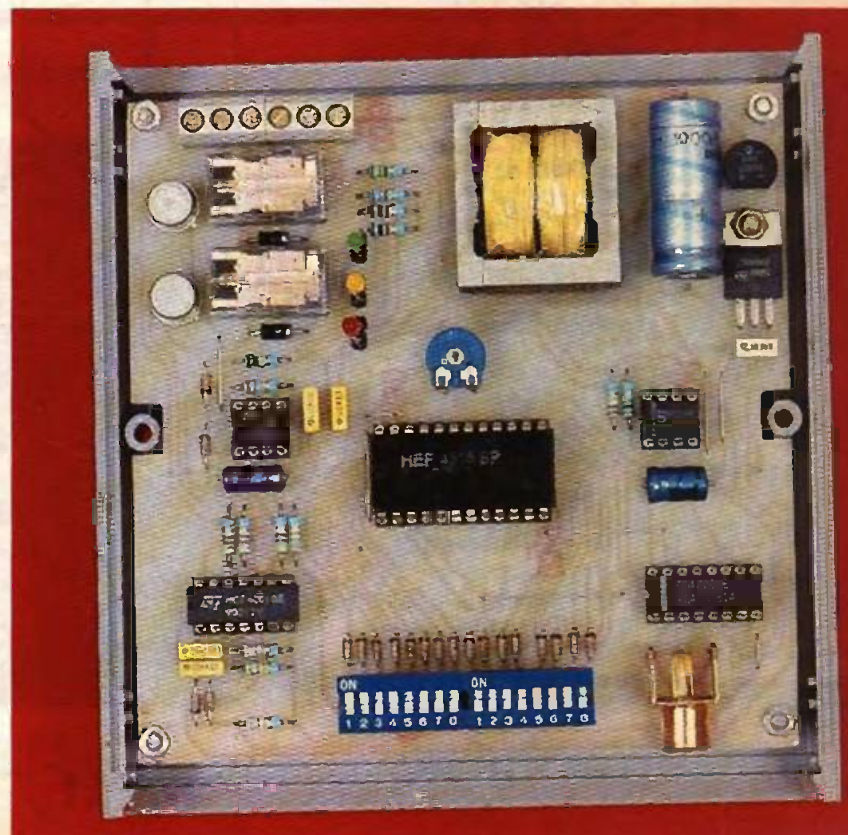
La situation s'inverse la nuit où la sortie de IC₁ passe à un état haut.

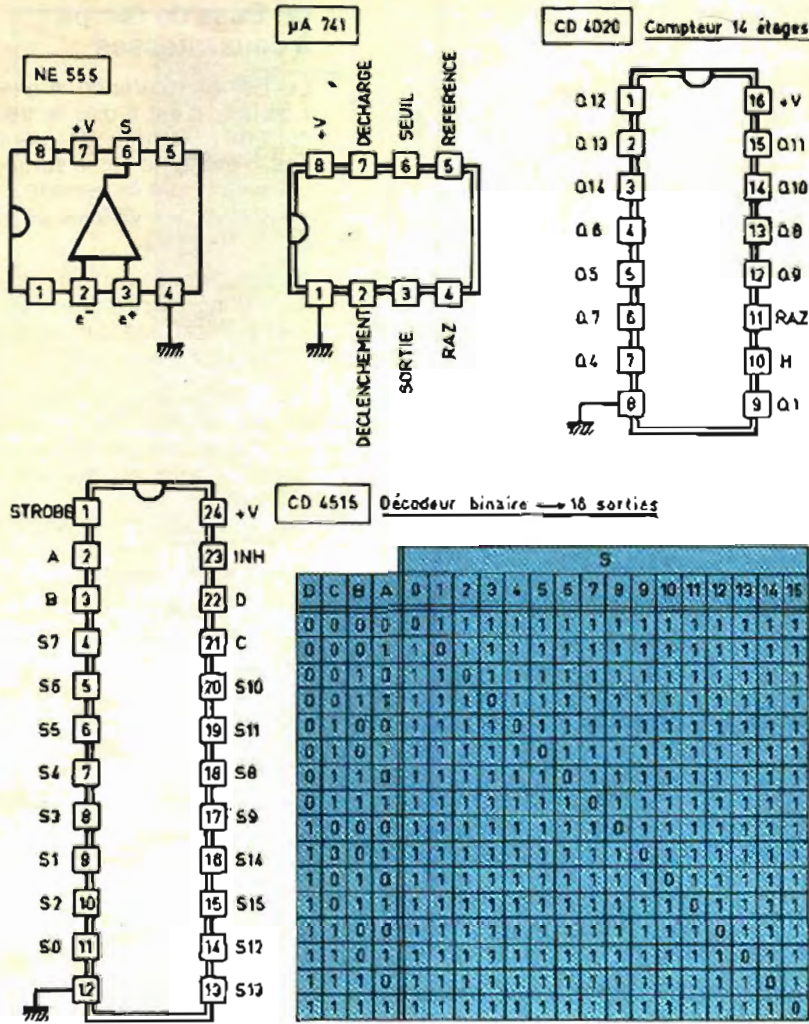
La porte NOR II de IC₂ inverse ces états logiques et présente sur sa sortie des niveaux haut et bas nettement définis suivant la règle :

- jour : état haut ;
- nuit : état bas.

La résistance R₂ introduit une réaction positive dans le système lors des basculements du « 741 ». Il en résulte une position plus stable dès que le basculement s'est produit dans un sens ou dans l'autre.

Photo 2. - La carte imprimée épouse les dimensions du coffret.





IC₃, celle de Q₁₀ se définit par la relation : $T = t \times 2^{10} = 1\,024 \times t$. Le « pas » correspondant au jour est alors de $1\,024 \times 1,2$ s soit 1 228 s ou environ 20 min. Ce pas passe à environ une heure la nuit.

e) Initialisation du compteur

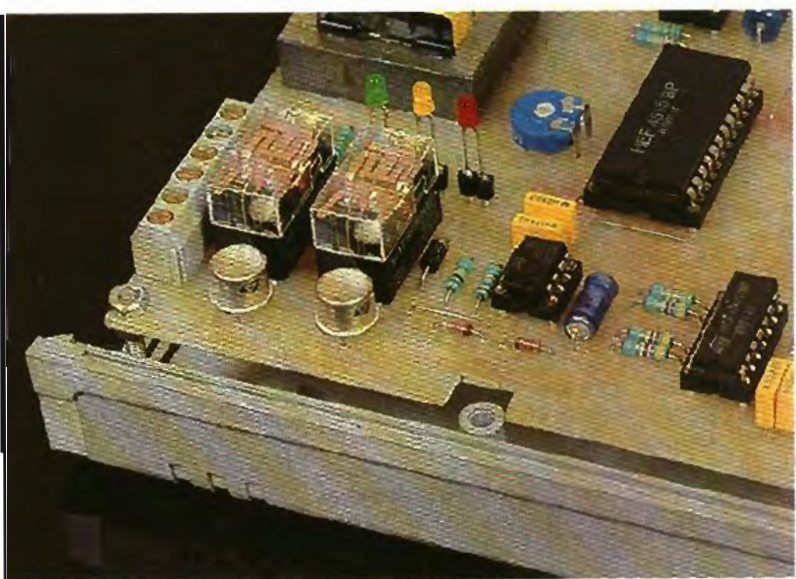
Le but du circuit d'initialisation est d'assurer la remise à zéro de IC₄ lors de chacune des transitions nuit/jour et jour/nuit. Dans le premier cas, cette transition se traduit par un front positif sur la sortie de la porte NOR II de IC₂. Ce front positif est pris en compte par le dispositif dérivateur que constituent C₇, R₇, D₃ et R₉. En effet, le passage à l'état haut de la sortie de la porte NOR a pour conséquence la charge de C₇ à travers R₇. Cela se traduit par une brève impulsion positive sur l'anode de D₃ et donc sur la cathode de cette dernière. Il en résulte une impulsion positive sur l'entrée RAZ du compteur IC₄. Lors de la transition jour/nuit, la capacité C₇ se décharge à travers R₇ afin d'être prête à assumer son rôle lors de la sollicitation suivante. Mais la porte NOR I de IC₂ inverse le sens des fronts disponibles sur la sortie de la porte NOR II. En particulier, la transition jour/nuit a pour conséquence l'émission d'un front positif sur la sortie de NOR I. Ce dernier est pris en compte par le

d) Division de la fréquence de comptage

Le circuit intégré IC₄ est un compteur binaire de 14 étages consécutifs. Un tel compteur avance au rythme des fronts négatifs des créneaux présentés sur l'entrée « Horloge », à condition toutefois que l'entrée « RAZ » soit soumise à un état bas. Si cette entrée est soumise à un état haut, même très bref, toutes les sorties du compteur passent aussitôt à l'état bas. C'est la remise à zéro générale.

Nous verrons ultérieurement que seules les quatre dernières sorties (Q₁₁ à Q₁₄) sont utilisées. Leurs niveaux logiques évoluent suivant le principe du comptage binaire, au rythme des fronts descendants des créneaux disponibles sur la sortie Q₁₀. Si « t » est la période du créneau délivré par

Photo 3. - Les deux relais d'utilisation.



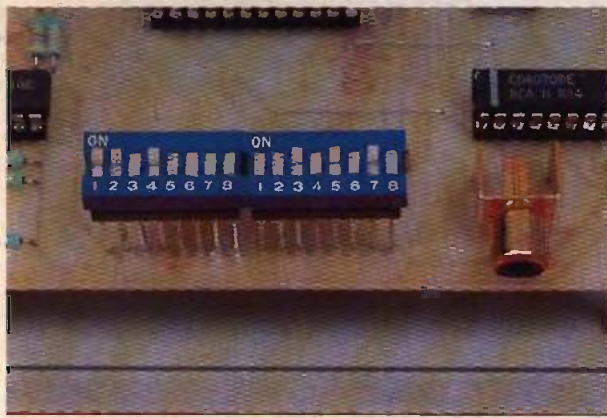


Photo 4. - Les microswitches de programmation.

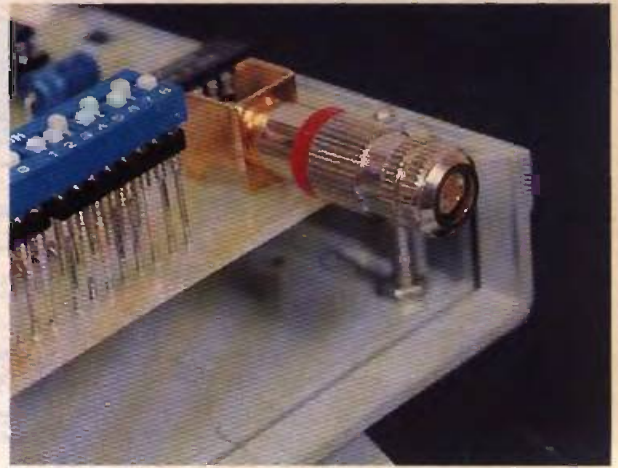


Photo 5. - Raccordement de la cellule.

circuit dérivateur formé par C_8 , R_8 , D_4 et R_9 . En définitive, dans les deux types de transition, il se produit la remise à zéro du compteur IC_4 .

f) Décodage et programmation

Les niveaux logiques délivrés par les sorties Q_{11} à Q_{14} de IC_4 sont présentés sur les entrées A, B, C, D, d'un circuit intégré décodeur qui comporte 16 sorties linéaires. Le fonctionnement d'un tel décodeur est très simple ; une seule sortie présente un état bas, tandis que toutes les autres sont à l'état haut. La sortie S_i présentant un état bas est celle dont le rang correspond à la valeur binaire des entrées D, C, B et A. Ainsi, si cette valeur est par exemple représentée par la configuration 0111, c'est la sortie S_7 qui présente un état bas, conformément au tableau de décodage rappelé en figure 4.

La programmation du simulateur se réalise par le biais de 16 microswitches dont le point commun est relié au « plus » de l'alimentation, par l'intermédiaire de R_{10} .

Grâce à cette disposition, ce point commun passe à l'état bas à chaque fois qu'est remplie la double condition : interrupteur de rang i fermé et sortie S_i de IC_5 à l'état bas.

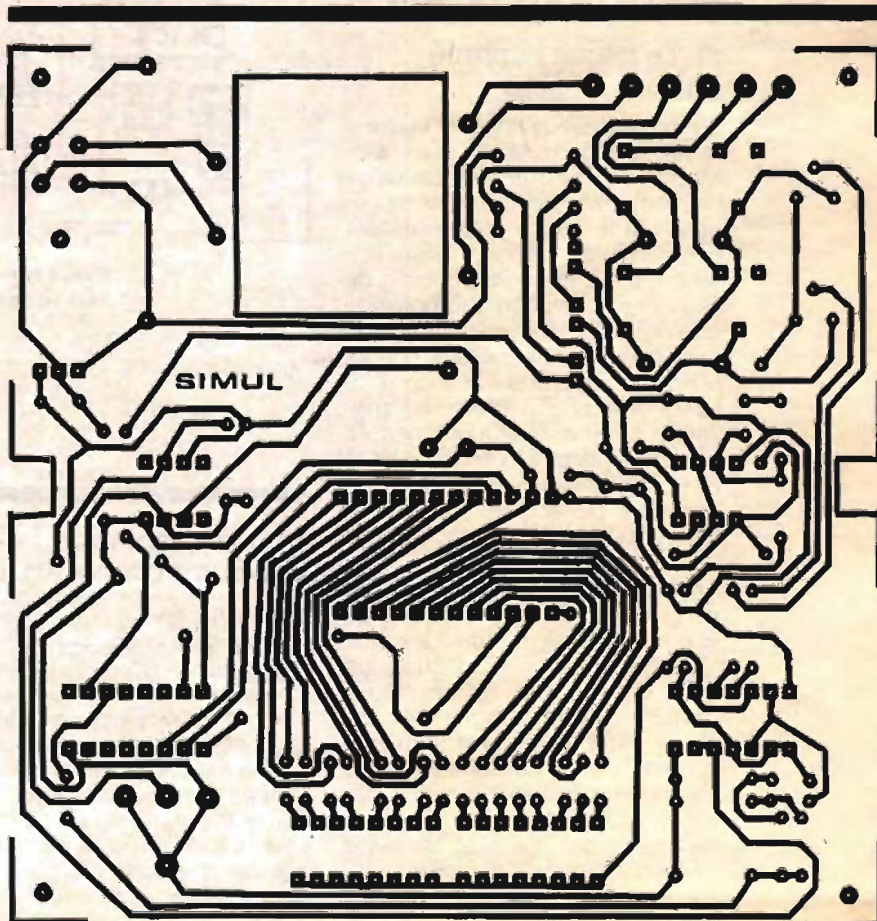
g) Circuits d'utilisation

Les portes NOR III et IV définissent le canal jour ou nuit qui devra être opérationnel lors du défilement du programme issu des positions des microswitches. De jour, la sortie de la porte NOR II présente un état haut. Il

en résulte un état bas permanent sur la sortie de la porte NOR III dont la partie située en aval se trouve de ce fait totalement neutralisée. En revanche, dans cette situation, les états bas issus de la programmation sont inversés en états hauts par la porte NOR IV, ce qui a pour conséquence, en cas de présence d'un état haut sur la sortie de la porte IV, la saturation du transistor NPN T_2 .

On montrerait de la même manière qu'en situation de nuit la programmation a pour conséquence la saturation éventuelle et exclusive du transistor T_1 .

Le circuit collecteur de chaque transistor comporte le bobinage d'un relais d'utilisation, qui se ferme à chaque saturation du transistor de commande correspondant. Les diodes D_{21} et D_{22} assurent la protection des tran-



Utilisation Canal "Jour"
Utilisation Canal "Nuit"

istors contre les effets liés à la surtension de self qui se manifestent lors des coupures. Les LED L2 et L3 matérialisent la fermeture de l'un ou de l'autre des relais en action. Enfin, la résistance R15 a pour rôle de faire chuter le potentiel aux bornes du bobinage du relais à une valeur proche de 12 V. En effet, le potentiel sur l'armature positive de C1 est en général supérieur à 12 V. Si R est la valeur de la résistance du bobinage et si U est le potentiel disponible sur l'armature positive de C1, la valeur de R15 peut se définir par la relation suivante :

$$R_{15} = \frac{U - 12}{12} \times R$$

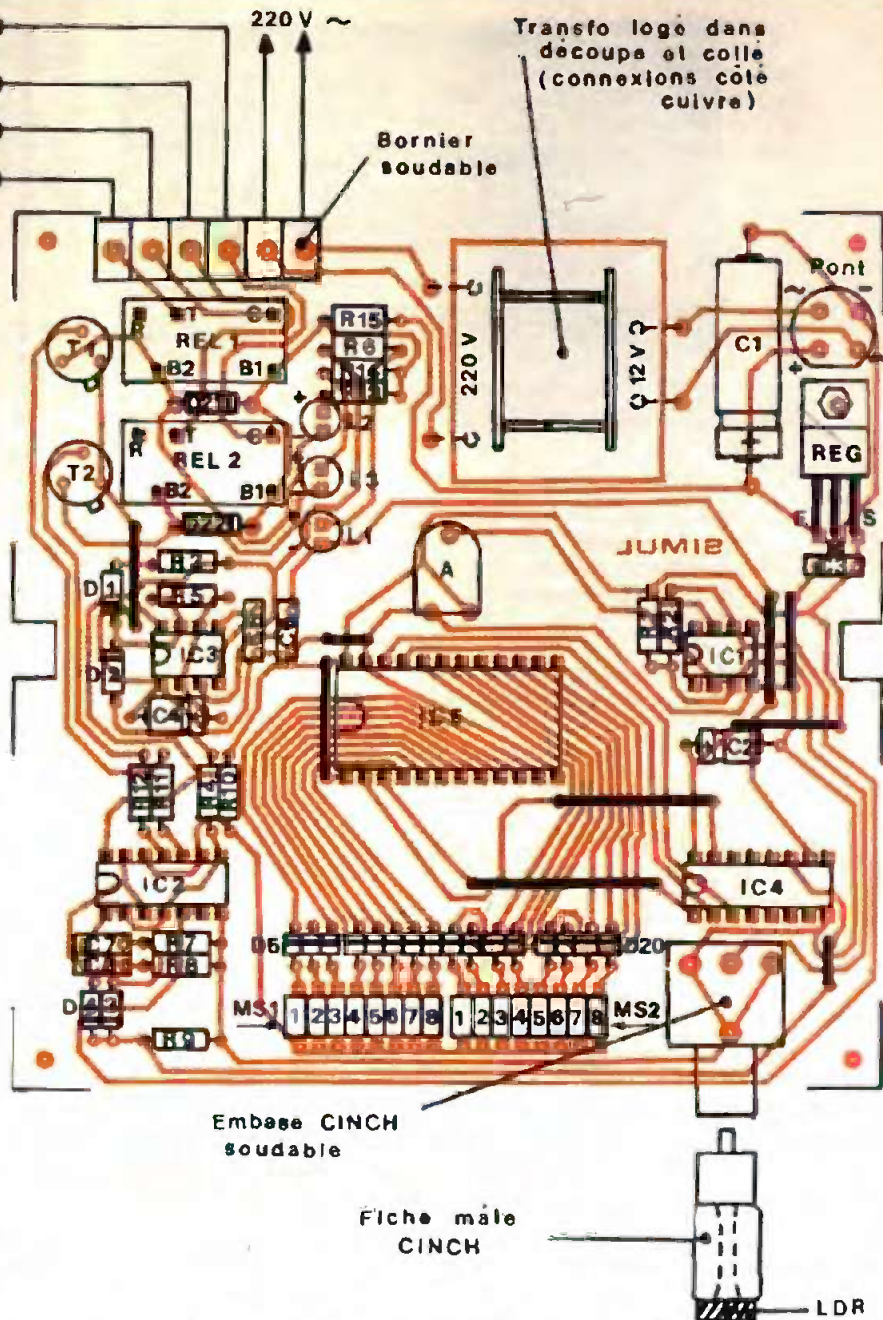
III - LA REALISATION

a) Le circuit imprimé (fig. 5)

Sa réalisation n'appelle aucune remarque particulière. Les éléments de transfert Mécanorma peuvent être directement appliqués sur le cuivre préalablement dégraissé de l'époxy. Bien entendu, il est toujours possible de recourir à la solution photographique du mylar. Dans tous les cas, il est cependant nécessaire de se procurer auparavant les composants prévus afin d'être en mesure d'adapter éventuellement le tracé des pistes aux brochages et dispositions des composants que l'on aura pu acquérir, s'ils sont différents de ceux proposés par l'auteur.

Après gravure dans un bain de perchlorure de fer, suivie d'un abondant rinçage, toutes les pastilles seront percées à l'aide d'un foret de 0,8 mm de diamètre. Certains seront à agrandir, afin de les adapter au diamètre des connexions de composants plus volumineux tels les grandes capacités et l'ajustable.

Pour terminer, l'auteur conseille toujours d'étamer les pistes, directement au fer à souder, pour une meilleure tenue



b) L'implantation des composants (fig. 6)



Après la mise en place des divers straps de liaison, on implantera les diodes, les résistances, les capacités, les transistors et le pont de diodes. Il va sans dire qu'il convient d'apporter un soin tout à fait particulier au niveau du respect de l'orientation des composants polarisés.

Les circuits intégrés seront montés sur support, ce qui les protège au moment de leur mise en place. De plus, une telle techni-

que facilite grandement un dépannage éventuel.

On notera que le transformateur a été logé dans une découpe rectangulaire pratiquée dans le module de verre époxy. Cette disposition a permis de diminuer sa hauteur au-dessus de la surface du circuit imprimé afin de pouvoir adapter la hauteur des microswitches qui devront bien naturellement être manœuvrables du couvercle du boîtier. Ces derniers sont par ailleurs montés sur des « échasses » constituées par des supports à wrapper.

MS1								MS2							
1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
X	X		X			X	X			X		X		X	


 19H 23H 0H 1H 3H 5H 7H 8H ———> JOUR

 9H 8H40 9H 9H20 10H 10H20 10H40 11H20 11H40 12H 12H20 12H40 13H
 13H20 14H 14H20 14H40 15H20 15H40 16H 16H40 17H 17H20 17H40 18H 18H20

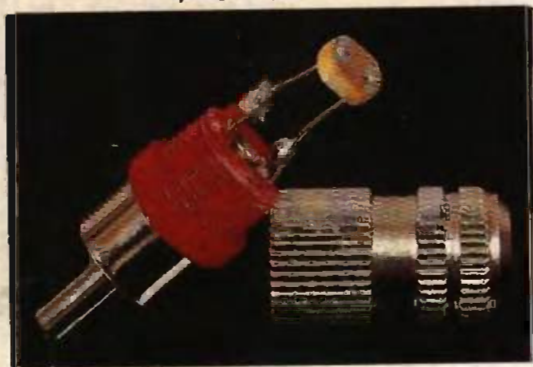
c) Réglage et programmation

Le réglage se résume à placer le curseur de l'ajustable sur une position convenable. Généralement, la position médiane convient. En le tournant dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, le point de transition jour/nuite se rapproche d'une plus grande clarté et inversement. La LDR doit être montée dans un endroit où elle ne se trouve pas influencée par un éclairage artificiel, notamment par celui que l'on commande par le relais d'utilisation de nuit.

La figure 7 illustre un exemple de programmation que chacun pourra adapter à ses besoins propres.

Robert KNOERR

Photo 6. — Aspect de la cellule et de sa prise Cinch.



LISTE DES COMPOSANTS

9 straps (4 horizontaux, 5 verticaux)
 R_1 : 220 Ω (rouge, rouge, jaune)
 R_2 : 1 M Ω (marron, noir, vert)
 R_3 : 100 Ω (marron, noir, jaune)
 R_4 : 4,7 Ω (jaune, violet, rouge)
 R_5 : 27 Ω (rouge, violet, orange)
 R_6 : 680 Ω (bleu, gris, marron)
 R_7 à R_{10} : 4 x 33 Ω (orange, orange, orange)

R_{11}, R_{12} : 2 x 4,7 Ω (jaune, violet, rouge)

R_{13}, R_{14} : 2 x 1 Ω (marron, noir, rouge)

R_{15} : 150 Ω (marron, vert, marron)

A : ajustable 100 Ω , implantation horizontale, pas de 5,08

LDR : photorésistance

D_1 à D_{20} : 20 diodes signal 1N4148, 1N914

D_{21} et D_{22} : 2 diodes 1N4004, 4007

L_1 : LED rouge \varnothing 3

L_2 : LED verte \varnothing 3

L_3 : LED jaune \varnothing 3

REG : régulateur 9 V 7809

Pont redresseur 1,5 A

C_1 : 1 000 μ F/25 V électrolytique

C_2 : 100 μ F/10 V électrolytique

C_3 : 0,22 μ F milfeuillet

C_4 : 22 μ F/10 V électrolytique

C_5 : 4,7 nF milfeuillet

C_6 : 1 nF milfeuillet

C_7, C_8 : 2 x 0,1 μ F milfeuillet

T_1, T_2 : 2 transistors 2N1711, 2N1613

IC_1 : μ A 741 (ampli op)

IC_2 : CD 4001 (4 portes NOR à 2 entrées)

IC_3 : NE555 (timer)

IC_4 : CD 4020 (compteur binaire à 14 étages)

IC_5 : CD 4515 (décodeur binaire → 16 sorties état bas)

2 supports 8 broches

1 support 14 broches

1 support 16 broches

1 support 24 broches

MS1 et MS2 : 2 microswitches de 8 interrupteurs

2 supports à wrapper 16 broches (rehaussement microswitch)

Embase femelle « CINCH » soudable

Fiche mâle « CINCH »

REL1 et REL2 : 2 relais 12 V / 1 RT National

Bornier soudable 6 broches

Transformateur 220 V / 12 V / 1,6 VA

Boîtier Teko série « CAB » modèle O11 (128 x 135 x 46)



Arrivé au quatrième tome de la collection, ce livre regroupe tous les éléments qui donnent aux techniciens de maintenance les principales caractéristiques des composants employés en télévision, terrestre et satellite.

Cet ouvrage, basé sur la documentation des plus grands fabricants de circuits intégrés, vous propose un ensemble de schémas d'applications où ils prennent une place privilégiée tout au long des 63 pages du livre. Ainsi, lorsque cela s'impose, l'auteur assiste le lecteur en lui présentant la forme et l'amplitude des signaux aux points cruciaux des schémas proposés. Vous trouverez également une foule de renseignements pratiques avec les valeurs des éléments électroniques. Les plus grandes marques sont représentées, et vous disposerez de cette façon d'une documentation sur du matériel Philips, Sony, Siemens, Plessey et Telefunken. L'ouvrage se veut délibérément généraliste et s'adapte aux besoins les plus courants du dépannage, ou même il offre à son lecteur un puits d'idées sur lequel vous pourrez toujours compter.

ETSF

Prix : 115 F

Distribution : Editions Radio
 11, rue Gossin
 92543 Montrouge Cedex

UN REPETITEUR OPTIQUE DE NUMEROTATION TELEPHONIQUE

Grâce à ce montage très simple, la numérotation téléphonique par fréquences vocales peut être mise en évidence sous la forme d'un affichage optique. Nous ferons connaissance, à cette occasion, d'un circuit décodeur spécialement conçu à cet effet : le SSI 202.

LE PRINCIPE

Nous avons déjà eu l'occasion, à deux reprises, de présenter un circuit intégré, générateur de fréquences vocales du système DTMF (dual tone multi frequency), dans nos numéros 145 et 146. Le circuit auquel nous faisons appel était le TC 5089. Dans la présente réalisation, nous étudierons le circuit inverse ; il s'agit en effet d'un décodeur de fréquences vocales qui restitue la couple de deux fréquences combinées présentées sur l'entrée, par une indication binaire directement exploitable.

Le montage est simplement à relier à une ligne téléphonique et la lecture se réalise par l'intermédiaire de dix LED placées suivant la configuration d'un clavier téléphonique.

LE FONCTIONNEMENT

(fig. 1, 2, 3 et 4)

1. Alimentation

L'énergie nécessaire au fonctionnement du montage étant relativement faible, il n'est pas nécessaire de faire appel au traditionnel et souvent volumineux transformateur intercalé entre le secteur et l'alimentation.

Nous utiliserons en effet le couplage capacitif. Lors d'une alternance positive issue du secteur, le courant traverse les capacités C_1 et C_2 montées en parallèle, la résistance R_1 et la diode D_2 . Il se produit alors la charge de la capacité C_3 avec un écrêtage imposé de 10 V, grâce à la présence de la diode Zener D_z . A l'occasion de l'alternance suivante qui est donc négative, la diode D_1 opère un shuntage (D_2 faisant blocage), ce qui permet aux capacités C_1 et

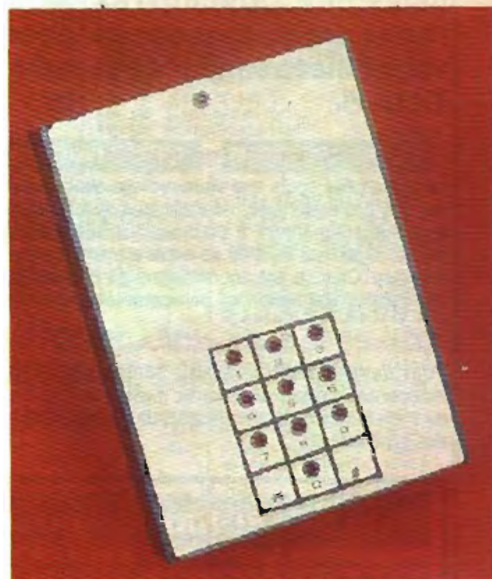
C_2 de se décharger afin d'être prêtes à assumer correctement leur rôle lors de l'alternance positive suivante. On relève ainsi un potentiel très légèrement ondulé, de 10 V, sur l'armature positive de C_3 .

La résistance R_2 , de grande valeur, a uniquement un rôle de sécurité. En effet, lorsque l'on débranche le montage du secteur, elle assure la décharge des capacités C_1 et C_2 , ce qui évite à l'amateur imprudent d'être la victime de désagréables secousses, s'il venait à toucher une pièce conductrice du module.

Le potentiel de 10 V est acheminé sur l'entrée d'un circuit intégré régulateur de tension, un 7805, qui délivre, sur sa sortie, un potentiel continu de 5 V. La capacité C_4 en assure le filtrage tandis que C_5 découple le montage aval de cette alimentation. Enfin, la LED L_{11} , dont le courant est limité par R_3 , matérialise le bon fonctionnement de l'alimentation.

2. Détection du signal DTMF

Rappelons que le principe du chiffage DTMF consiste à superposer, pour un chiffre donné, deux fréquences sinusoïdales parfaitement définies en valeur de fréquence (voir fig. 2). Ainsi, à titre d'exemple, le chiffre 5 est déterminé par un signal résultant de la superposition des deux fréquences de 770 Hz et de 1 336 Hz. Ce signal est pris en compte par l'enroulement primaire d'un coupleur magnétique. Un tel enroulement se caractérise en général par une résistance ohmique très faible. Il ne saurait donc être question de le monter directement sur la ligne télépho-

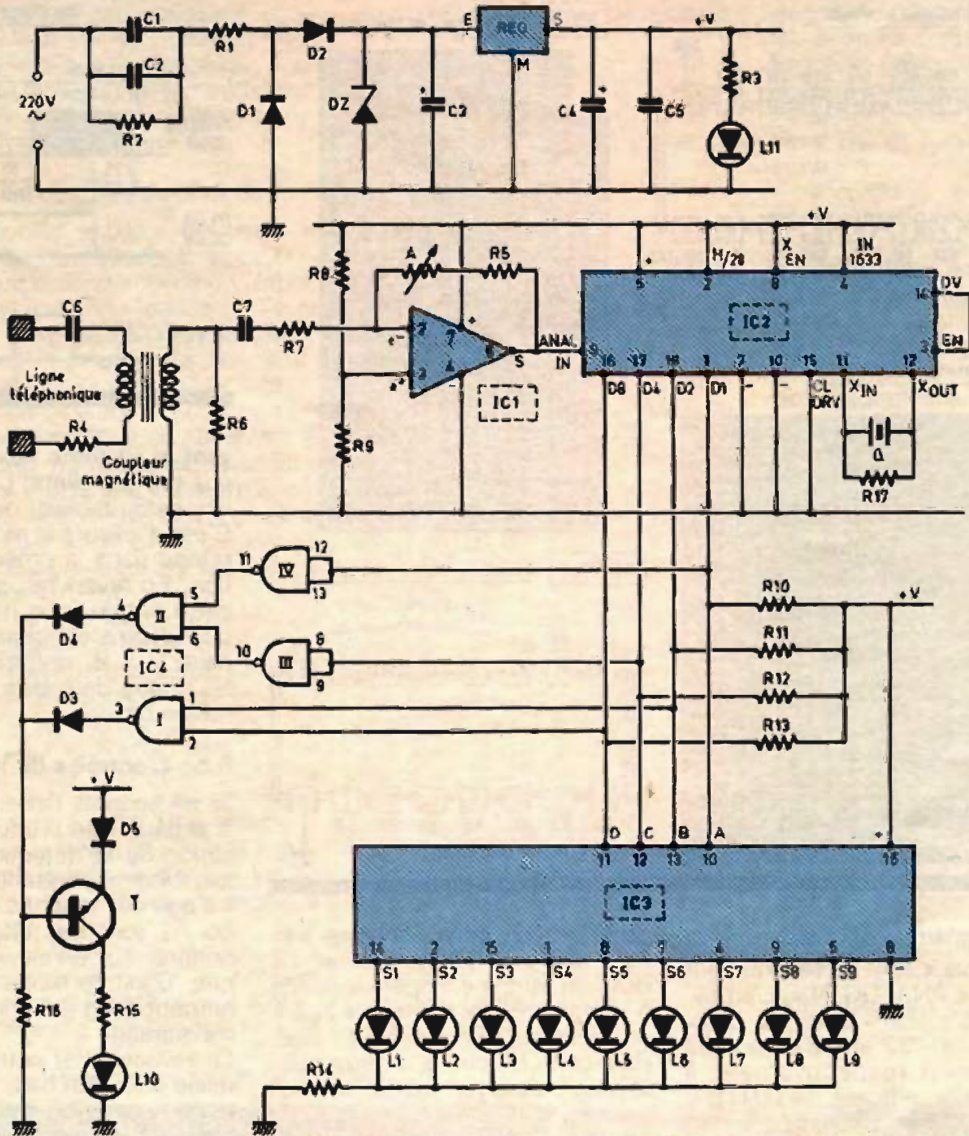


nique, qui disjoncterait d'ailleurs. La capacité C_6 a pour mission de bloquer la composante continue du signal tout en laissant transiter le signal DTMF. La résistance R_4 offre une sécurité supplémentaire : en effet, en cas de claquage, ou de mise en court-circuit de C_6 , le montage présenterait simplement la même caractéristique qu'un poste téléphonique dont le combiné serait décroché.

Le transformateur de couplage est d'un modèle courant, fréquemment utilisé dans les postes portatifs et autres applications audio : ses caractéristiques ne sont pas très importantes. On mesurera cependant la résistance ohmique de ses deux enroulements et on retiendra, pour le côté ligne téléphonique, celui dont la valeur mesurée est la plus élevée. Une autre possibilité consiste à utiliser un transformateur 220 V/2 x 6 V (ou 2 x 12 V), dont les enroulements

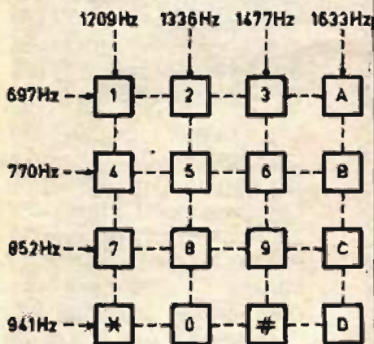
1

Schéma de principe.



2

Fréquences vocales du système DTMF.



secondaires sont obligatoirement séparés. Les deux enroulements secondaires constitueront alors le primaire et le secondaire du coupleur ; l'enroulement primaire 220 V, étant inutilisé dans ce cas. Naturellement, on a intérêt à

retenir un transformateur de très faible encombrement.

Le signal prélevé de l'enroulement secondaire est acheminé sur l'entrée inverseuse d'un « 741 », via la capacité C7 et la résistance R7. L'entrée directe est maintenue à un potentiel égal à la demi-tension d'alimentation, grâce au pont de résistances R8-R9. Grâce à l'ajustable A, il est possible de régler le gain de cet étage amplificateur, afin d'adopter l'amplitude du signal DTMF aux exigences du SSI 202. Nous en reparlerons ultérieurement.

3. Le circuit intégré SSI 202

Caractéristiques générales

Alimentation : 5 V (7 V au maximum).

Consommation : 10 mA.

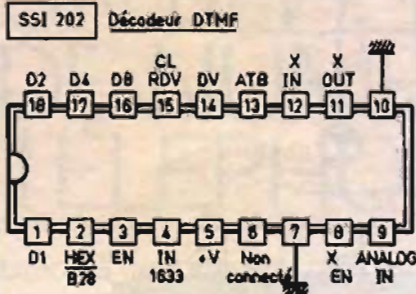
Le circuit est capable de traiter soit 12, soit 16 paires de fréquences du système DTMF.

Le décodage se réalise soit en code hexadécimal, soit en binaire codé 2 x 8.

Des filtres équipent l'entrée du signal analogique à décoder ; de plus, un dispositif de rejet automatique du 50 Hz est prévu dans la structure interne du CI.

Les sorties sont à trois états : bas, haut et haute impédance (c'est-à-dire isolées de la structure interne).

Le circuit intégré se présente sous la forme d'un boîtier rectangulaire de 18 broches « dual in line » (2 rangées de 9). Il commence à être disponible auprès d'un nombre grandissant de fournisseurs, au même titre que le TC 5089 d'ailleurs ; en particulier, il est possible de se le procurer chez Sélectronic.



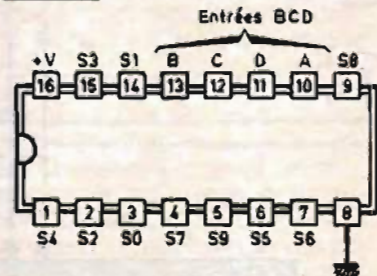
SSI 202 Tableau de décodage

	HEX/B28=1				HEX/B28=0			
	D8	D4	D2	D1	D8	D4	D2	D1
1	0	0	0	1	0	0	0	0
2	0	0	1	0	0	0	0	1
3	0	0	1	1	0	0	1	0
4	0	1	0	0	0	1	0	0
5	0	1	0	1	0	1	0	1
6	0	1	1	0	0	1	1	0
7	0	1	1	1	1	0	0	0
8	1	0	0	0	1	0	0	1
9	1	0	0	1	1	0	1	0
0	1	0	1	0	1	1	0	1
A	1	0	1	1	1	1	0	0
B	1	1	0	0	1	0	1	1
C	1	1	1	1	1	0	1	1
D	0	0	0	0	1	1	1	1

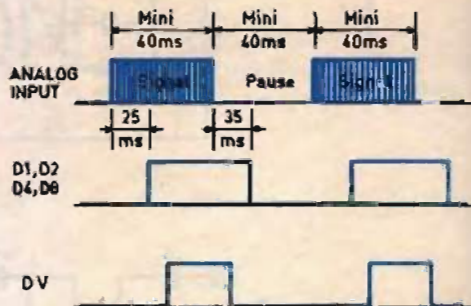
CD 4028 Tableau de décodage

D	C	B	A	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

CD 4028 Décodeur BCD → décimal



Oscillogrammes



vant le système hexadécimal repris par les quatre premières colonnes du tableau de la figure 4. C'est d'ailleurs le mode qui a été retenu dans la présente application. En revanche, si on soumet cette entrée à un niveau bas, le décodage s'effectue en mode binaire 2 x 8, comme l'indiquent les quatre dernières colonnes du même tableau.

3.5. L'entrée « IN 1633 »

Si on soumet cette entrée à un état haut, il se produit la neutralisation de la détection de la colonne correspondant à 1 633 Hz. Il s'agit des touches A, B, C et D, qui ne sont pas disponibles, en général, sur un clavier téléphonique. C'est ce mode de fonctionnement qui a été choisi dans notre montage.

En revanche, si cette entrée est reliée à un état bas, le circuit décode l'ensemble des seize combinaisons des paires de fréquences d'un clavier de quatre rangées et de quatre colonnes (16 touches).

3.6. Les sorties D1, D2, D4 et D8

Les niveaux logiques, résultat du décodage, sont disponibles sur les sorties D1, D2, D4 et D8, à condition que l'entrée « EN » soit soumise à un état haut. Si cette entrée est reliée à un état bas, les sorties Di prennent systématiquement le troisième état, encore appelé état de haute impédance, pour lequel les sorties en question sont totalement découplées de la structure interne du circuit intégré.

Si l'entrée « EN » est reliée à un état haut, les niveaux de décodage apparaissent après un certain délai (environ 25 ms) d'établissement du signal analogique

3.2. Signaux d'entrée

Ces signaux sont à présenter sur l'entrée « ANALOG IN ». L'amplitude des signaux doit être comprise entre -32 et -2 dB, ce qui correspond respectivement à une tension efficace de 0,019 V et de 0,615 V. On voit donc que le niveau des signaux présentés doit être relativement faible. C'est la raison pour laquelle le transformateur de couplage doit plutôt opérer un abaissement de niveau qu'un relèvement, quitte, en cas de nécessité, à réaliser de nouveau une amplification par le biais de l'ajustable A, dont nous avons déjà parlé au paragraphe précédent.

3.3. Base de temps

La base de temps est entièrement définie et générée intérieurement par le recours à un quartz de 3,579 545 MHz (le même qui est mis en œuvre pour le TCM 5089). Ce quartz est relié aux broches « XIN » et XOUT ». Une résistance de 1 MΩ est également à monter en parallèle sur ces mêmes broches. Ce sont les seuls composants périphériques nécessaires au fonctionnement

du SSI 202, ce qui montre son haut degré de sophistication. La base de temps est opérationnelle à condition que l'entrée « XEN » soit soumise à un état haut ; si on relie cette broche à un état bas, la base de temps interne est neutralisée.

La sortie « ATB » peut être utilisée pour reporter la base de temps interne, après division, vers d'autres circuits SSI 202, qui, dans ce cas, n'auraient pas besoin d'être équipés de quartz. Dans cette configuration, le SSI « pilote » est monté comme décrit ci-dessus ; en revanche, les SSI « pilotés » auront :

- leur entrée « XIN » reliée à un état haut,
- leur entrée « XEN » reliée à un état bas,
- leur broche « ATB » (qui devient ainsi une entrée) est à relier à la sortie « ATB » du SSI « pilote ».

3.4. Le décodage

Le circuit SSI 202 est capable de réaliser le décodage suivant deux versions différentes. Si on relie l'entrée « HEX/B28 » à un état haut, le décodage se réalise sui-

d'entrée et disparaissent (troisième état sur les quatre sorties) après le début d'une pause, également après une temporisation de 35 à 40 ms (voir les oscillogrammes de la figure 4).

3.7. Le contrôle du décodage

La sortie « DV » permet le contrôle du décodage. Si ce dernier est reconnu comme valable, la sortie « DV » passe à l'état haut. Elle passe à l'état bas, avec un certain retard, dès que le signal analogique d'entrée cesse. Mais ce passage à l'état bas se produit dans tous les cas avant le passage au troisième état des sorties D_i. Dans la présente application, la sortie « DV » est reliée à l'entrée « EN », ce qui donne encore davantage de fiabilité de fonctionnement.

Il existe un second moyen de faire passer cette sortie « DV » à l'état bas après la détection d'un décodage reconnu comme correct : c'est de soumettre l'entrée « CL DRV », même très brièvement, à un état haut. Dans ce cas, la sortie « DV » passe immédiatement à l'état bas, même si l'entrée « ANALOG IN » n'a pas encore détecté de pause et continue de recevoir le signal à décoder.

Nous n'avons pas fait appel à cette propriété dans le présent montage : l'entrée « ANALOG IN » n'a pas encore détecté

de pause et continue de recevoir le signal à décoder.

Nous n'avons pas fait appel à cette propriété dans le présent montage : l'entrée « CL DRV » restant soumise en permanence à un état bas.

4. Décodage des chiffres 1 à 9

Les sorties D₁, D₂, D₄ et D₈ de IC₂ sont reliées respectivement aux entrées A, B, C et D d'un décodeur BCD → sorties décimales, qui est un circuit intégré relativement courant : le CD 4028, référencé IC₃ sur le schéma. En rapprochant le tableau de fonctionnement de ce circuit de celui qui régit le fonctionnement du SSI 202, on peut faire trois remarques :

- le décodage des chiffres 1 à 9 de IC₂ correspond rigoureusement à celui qui est assuré par IC₃. Par exemple, le chiffre 5, fait présenter, sur les sorties D_i du SSI 202, la configuration binaire (ou BCD) du chiffre 5. En conséquence, la LED L₅, montée sur la sortie S₅ de IC₃, s'allume ;
- en l'absence de signal, les sorties de IC₂ prennent systématiquement le troisième état ; mais les résistances R₁₀ à R₁₃ forcent les entrées A, B, C, D de IC₃ à l'état haut, ce qui correspond au nombre binaire 1111, c'est-à-dire 15. Or le CD 4028 ne peut

décoder un nombre supérieur à 9 ; si on lui présente néanmoins une telle valeur sur ses entrées, aucune des dix sorties ne prend l'état haut : elles restent toutes à l'état bas et aucune LED ne s'allume ;

- le chiffre 0, en revanche, est particulier. En effet, il se présente à la sortie de IC₂ sous la forme 1010, c'est-à-dire 10. Aucune LED ne s'allume donc parmi celles qui sont alimentées par IC₃. Un décodage particulier est donc à réaliser : ce sera l'objet du paragraphe suivant.

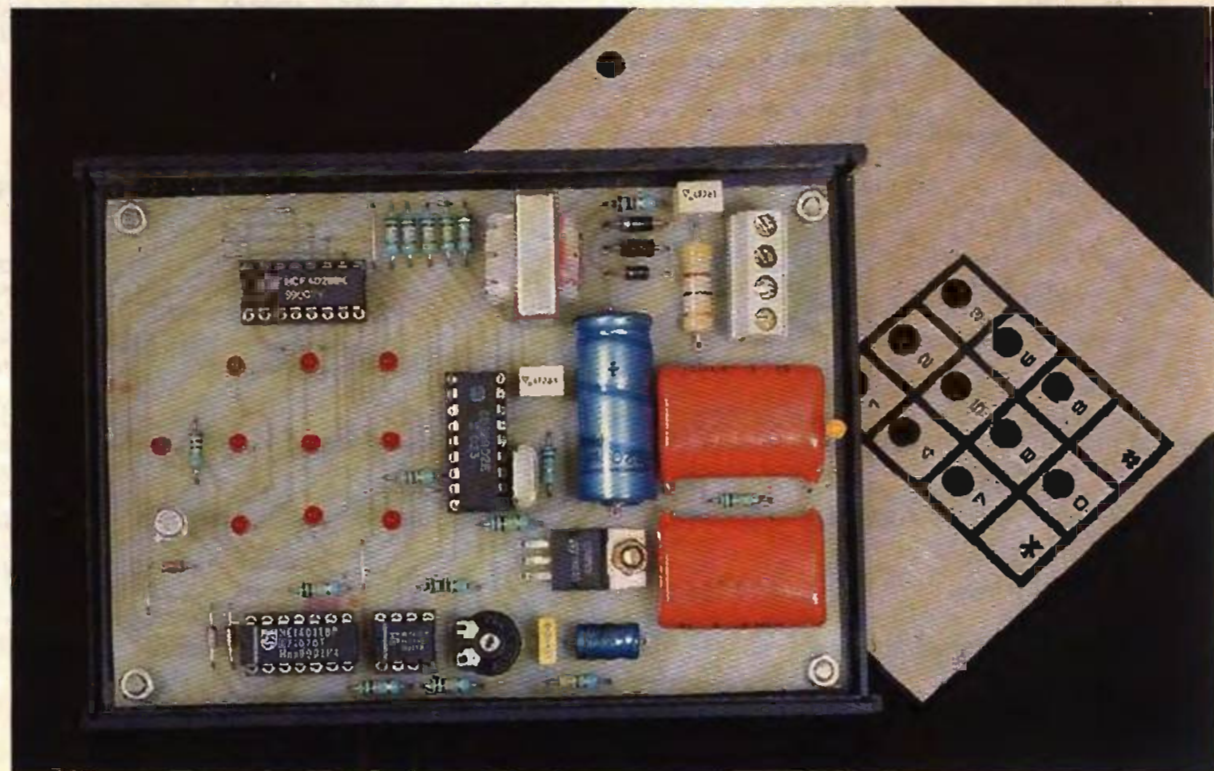
5. Cas particulier du zéro

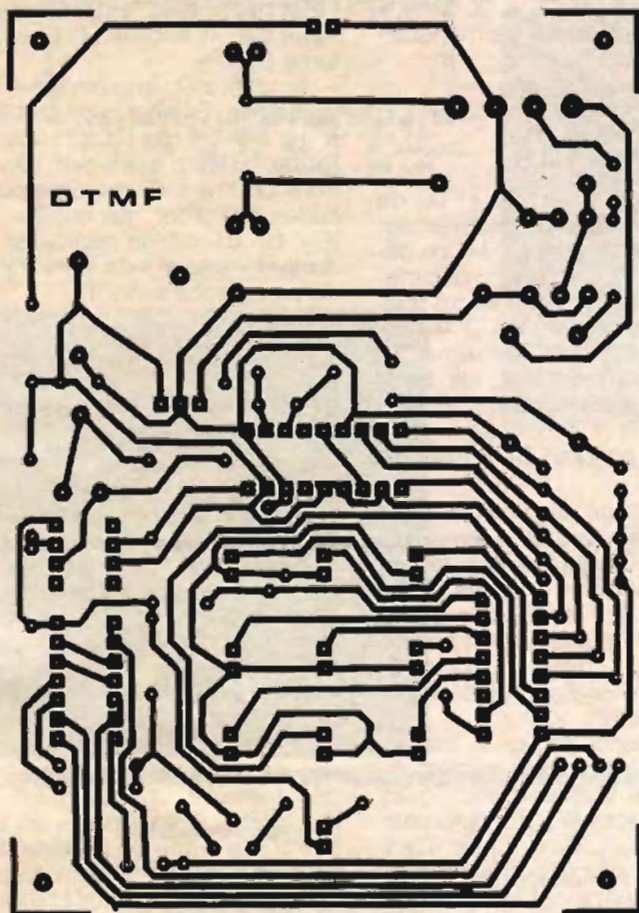
Il s'agit d'aboutir à un principe de décodage qui assure :

- l'allumage de la LED L₁₀ pour la configuration binaire 1010 présentée sur les entrées D, C, B, A de IC₃.
- l'extinction de cette même LED dans tous les autres cas. C'est le rôle des portes NAND I à IV de IC₄.

Les portes III et IV inversent les niveaux logiques respectivement disponibles sur les entrées A et C de IC₃. Dans le cas du « zéro », ces portes présentent donc simultanément un état haut sur leur sortie. Il en résulte un état bas sur la sortie de la porte II. A noter que cette situation se produit également pour les chiffres 2 et 8 en plus du zéro.

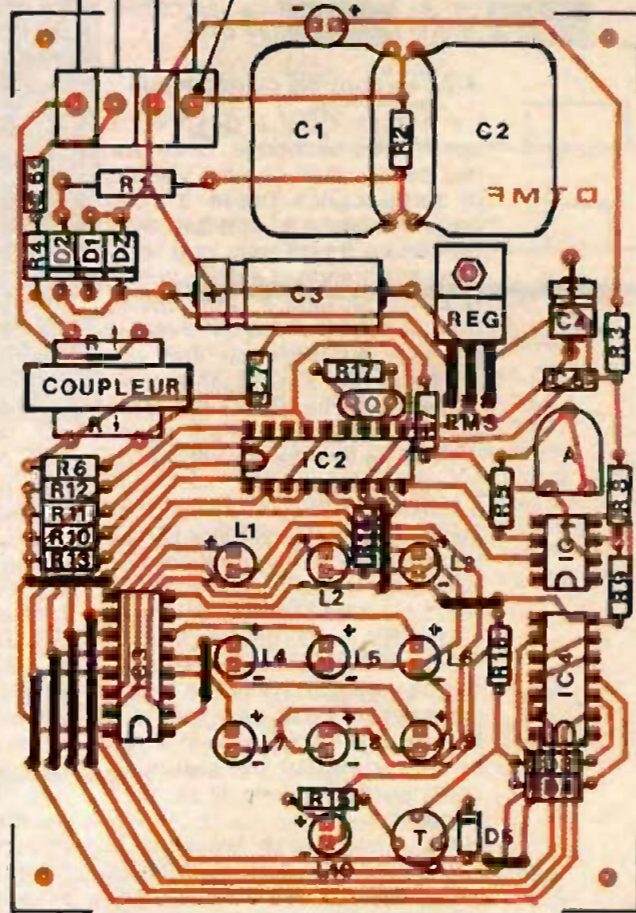
Photo 2. - Présentation de la carte imprimée.



Ligne
téléphonique

220-V ~

Bornier soudable



Mais dans la position « zéro », les entrées B et D de IC₃ sont également soumises simultanément à un état haut. La sortie de la porte I présente donc un état bas. Cela se produit également pour la position *, B et C.

En rapprochant ces deux situations, on peut dire que, grâce à R₁₆, le point commun des cathodes des diodes D₃ et D₄ est à :

- un état bas pour le décodage du « zéro » issu du SSI 202,
- un état haut dans tous les autres cas.

Dans le cas du zéro, le transistor T se sature ; de ce fait, la LED L₁₀, dont le courant est limité par R₁₅, s'allume. La diode D₅ a pour rôle de compenser le potentiel de jonction des diodes D₃ et D₄. En effet, si le potentiel d'alimentation est de 5 V, si l'une des portes NAND I ou II (ou les deux) présente un état haut, on relève en réalité un potentiel de 4,4 V sur la base de T. Si le potentiel de

jonction de T est légèrement inférieur à 0,6 V (ou si celui de D₃ ou de D₄ est un peu supérieur), il y a un risque d'allumage, même léger, de L₁₀. La présence de D₅, qui introduit une chute de potentiel supplémentaire de 0,6 V, évite ce désagrément.

LA REALISATION PRATIQUE

1° Circuit imprimé (fig. 5)

Sa configuration n'est pas très compliquée et il est relativement simple de le reproduire par application directe des éléments de transfert Mécanorma sur le cuivre bien dégraissé de l'époxy. Après gravure dans un bain de perchlore de fer, le module sera abondamment rincé à l'eau tiède. Ensuite, toutes les pastilles seront percées à l'aide d'un foret de 0,8 mm de diamètre. Certains

seront à agrandir si les connexions des composants le nécessitent. On terminera par un étage soigné des pistes.

2. Implantation des composants (fig. 6)

Après la mise en place des straps de liaison, on soudera les diodes, les résistances, les capacités, le transistor et les supports de circuits intégrés. On apportera un grand soin lors de l'alignement des LED. D'une manière générale, il est très important de bien veiller à l'orientation correcte des composants polarisés. Le curseur de l'ajustable sera à placer en position médiane. Attention également à la bonne orientation du transformateur de couplage ; nous l'avons déjà évoqué : l'enroulement de plus grande résistance est à relier du côté de la ligne téléphonique.



Photo 3. - On aperçoit les condensateurs de l'alimentation.

Il ne reste plus qu'à installer le module dans les boîtiers, puis à percer le couvercle de ce dernier afin de laisser passer les LED de signalisation.

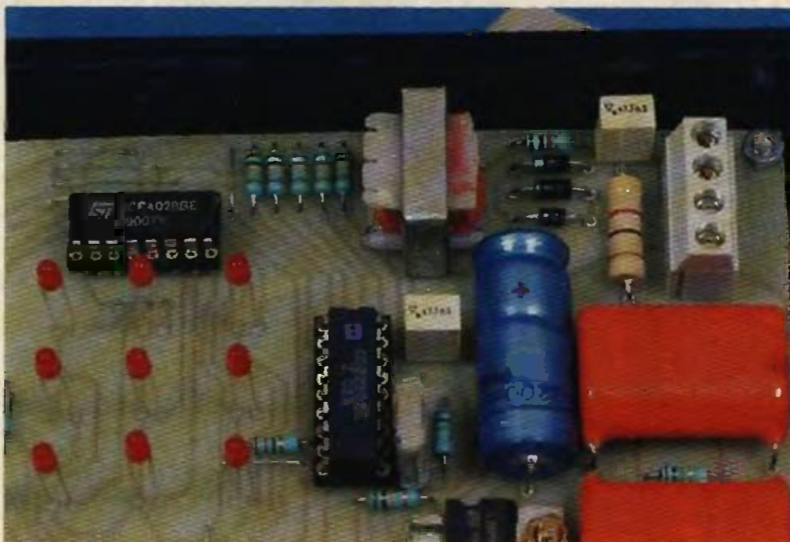
3. Réglage

Une fois le montage branché sur le secteur, on doit constater l'allumage de L₁₁. Après avoir relié la ligne téléphonique au montage, on fera les premiers essais en appuyant sur les touches du clavier téléphonique d'un poste à fréquences vocales. En règle générale, aucune LED ne s'allume parce que le signal d'entrée sur le SSI 202 est trop intense. On tournera donc progressivement le curseur de l'ajustable dans le sens inverse des aiguilles d'une montre pour diminuer le gain de IC₁. On repérera le point où le dé-

codage commence à se réaliser. On poursuit jusqu'à obtenir de nouveau le décrochage. Le curseur sera alors à placer dans la position intermédiaire entre ces deux points. Il peut même arriver que le décodage continue de se réaliser même en position extrême du curseur, sens inverse des aiguilles d'une montre. On placera quand même le curseur dans la bissectrice de l'angle délimité entre cette position extrême et le point de décrochage situé plus loin, vers la droite.

A noter qu'il convient d'être extrêmement prudent pendant ces réglages. En effet, toutes les parties conductrices du module sont à un potentiel de 220 V par rapport à la terre. On choisira donc un ajustable à noyau isolé et on se munira en plus d'un petit tournevis à manche isolé.

Photo 4. - Gros plan sur le coupleur magnétique.



Rappelons pour terminer que tout branchement sur une ligne téléphonique est normalement interdit par France Télécom. En revanche, rien ne s'oppose à un branchement sur une ligne privée.

L'indicateur de chiffrement est maintenant opérationnel. Indépendamment de son rôle de contrôleur d'une numérotation correcte, il peut même être utilisé à des fins frôlant l'espionnage, puisqu'il permet de noter le numéro de téléphone que d'autres composent...

Robert KNOERR

LISTE DES COMPOSANTS

9 straps (3 horizontaux, 6 verticaux)

R₁ : 47 Ω, 2 W (jaune, violet, noir)

R₂ : 1 MΩ (marron, noir, vert)

R₃ : 330 Ω (orange, orange, marron)

R₄, R₅ : 2 × 1 kΩ (marron, noir, rouge)

R₆ à R₁₃ : 8 × 10 kΩ (marron, noir, orange)

R₁₄, R₁₅ : 2 × 220 Ω (rouge, rouge, marron)

R₁₆ : 10 kΩ (marron, noir, orange)

R₁₇ : 1 MΩ (marron, noir, vert)

A : ajustable 47 kΩ (implantation horizontale, pas de 5,08) - noyau isolé

D₁, D₂ : 2 diodes 1N4007

D₃ à D₅ : 3 diodes-signal 1N4148, 1N914

Dz : diode Zener 10 V/1,3 W

L₁ à L₁₀ : 10 LED rouges Ø 3

L₁₁ : LED verte Ø 3

REG : régulateur 5 V - 7805

C₁, C₂ : 2 × 1 μF/400 V mylar

C₃ : 2 200 μF/16 V électrolytique

C₄ : 100 μF/10 V électrolytique

C₅ : 0,1 μF millefeuille

C₆, C₇ : 2 × 0,47 μF millefeuille

Q : quartz 3,579 545 MHz

T : transistor PNP 2N2907

IC₁ : μA 741 (ampli op)

IC₂ : SSI 202 (décodeur DTMF)

IC₃ : CD 4028 (décodeur binaire → décimal)

IC₄ : CD 4011 (4 portes NAND à 2 entrées)

1 support de 8 broches

1 support de 14 broches

1 support de 16 broches

1 support de 18 broches

1 coupleur magnétique (voir texte)

Bornier soudable 4 broches

Boîtier plastique (127 × 91 × 26)