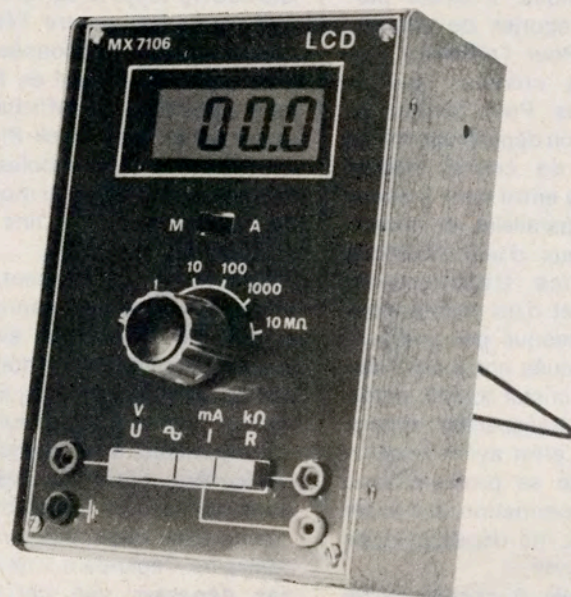


# MULTIMETRES A GOGO !



## V - LE MX 7106

**N**OUS avons le plaisir de vous présenter ce mois, le dernier des multimètres de la série initialement prévue : le MX7106. Il s'agit d'un appareil très séduisant conciliant une technologie « up to date », à une présentation esthétique et fonctionnelle, à un prix de revient très étudié pour être minimum, à une consommation dérisoire, grâce aux afficheurs à cristaux liquides dont il est muni.

Le MX7106 est construit autour du circuit intégré ICL 7106 de la firme Intersil. Comme à notre habitude, nous avons attaché beaucoup d'importance à l'étude de la conception mécanique : nous avons voulu une construction

facile, accessible même à un débutant. Nous pensons y être parvenu et l'étude qui suit devrait vous en convaincre. Un effort particulier a été fait sur le plan photographique, de manière à ne laisser dans l'ombre, aucun point de la construction de l'appareil.

Passons tout de suite à l'examen des possibilités du MX7106.

### I - Caractéristiques générales du MX7106

- Multimètre à 2 000 points (de 0 à  $\pm 1999$ ) soit 3 1/2 digits.

- Affichage à cristaux liquides. Chiffres de 13 mm.

- Alimentation par piles. Tension unique de 9 V (6 piles format R6). Consommation réduite : 5 mA typique, pour l'appareil complet. Autonomie de plusieurs mois, variable avec le type de piles et le style d'utilisation.

- Cinq fonctions : volts continus et alternatifs, intensités continues et alternatives. Mesure des résistances.

- Cinq gammes pour la mesure des tensions. Résolution maximum : 0,1 mV. Maximum mesurable : 500 V (2 000 V théoriques). Précision de 0,1 % sur toutes les gammes (en continu).

- Cinq gammes pour les mesures d'intensité. Résolu-

tion maximum : 0,1  $\mu$ A. Maximum mesurable : 2 000 mA ou 2 A. Précision de 0,1 % possible sur toutes les gammes.

- Six gammes pour les mesures de résistances. Résolution maximum : 0,1  $\Omega$ . Maximum mesurable : 20 M $\Omega$ . Précision de 0,1 % sur toutes les gammes.

- Autres caractéristiques :

- Impédance d'entrée du voltmètre : 11,4 M $\Omega$  dans toutes les gammes.

- Chute de tension parasite de l'ampèremètre : 200 mV pour 2 000 points.

- Possibilité de mesurer l'intensité et la tension dans un circuit, sans déconnexion.

- Polarité automatique : affichage du « - » pour les résultats négatifs.

- Dépassement marqué par l'extinction des trois digits de moindre poids.

- Excellente protection contre les surcharges.

- Dimensions réduites.

- Réalisation facile et sûre.

- Prix de revient compétitif.

- Tous composants disponibles en un seul point de vente.

Comme vous pouvez le constater à la lecture de ces données, le MX7106 est très bien « placé ». Nous espérons donc que sa réalisation tentera de nombreux lecteurs de la revue.

## II - Etude théorique

Nous rappelons que l'étude théorique du circuit ICL7106 a été faite dans le dernier numéro du Haut-Parleur (n° 1643 d'avril 1979). Nous n'y reviendrons donc pas.

### 1. L'affichage LCD

Par contre, nous verrons en quelques lignes comment fonctionnent les afficheurs à cristaux liquides.

Les cristaux liquides sont des composés organiques qui présentent dans leur phase liquide deux états très distincts : l'état anisotrope et l'état isotrope. La phase anisotrope (également appelée

mésophase) apparaît immédiatement après le point de fusion, dans le sens des températures croissantes. Le liquide possède alors des propriétés, telle la double réfraction qui n'appartiennent normalement qu'aux cristaux. Si la température continue à croître, le cristal liquide entre dans la phase isotrope après avoir franchi le point limite. Il ne présente plus alors, aucune propriété optique ou mécanique. Il existe plusieurs catégories de cristaux liquides. Pour l'affichage, on prend les cristaux liquides nématiques. Pour réaliser un afficheur, on dépose une mince pellicule de cristal liquide nématique entre deux plaques de verre parallèles et munies toutes deux d'une électrode conductrice transparente. Sous l'effet d'un champ électrique provoqué par une tension appliquée entre ces électrodes, le cristal liquide, primitivement transparent devient opaque. L'effet ayant la particularité de se produire avec une consommation d'énergie très faible, ne dépassant pas  $100 \mu W/cm^2$ .

La cellule à cristal liquide peut donc être considérée comme un condensateur à plaques parallèles dont le diélectrique serait justement ce cristal liquide. L'espacement des plaques est de 5 à  $20 \mu m$ . Les

cellules à transmission sont disposées entre l'observateur et une source de lumière : les faces avant et arrière doivent donc être transparentes. Les cellules à réflexion réfléchissent la lumière ambiante : la face avant est transparente et la face arrière est réfléchissante. C'est le cas de l'afficheur que nous utiliserons. Il existe aussi des cellules mixtes.

L'électrode arrière de la cellule couvre toute la surface de l'afficheur. Par contre l'électrode avant est fractionnée en autant de signes qu'il en faut faire apparaître à l'affichage. La face arrière (Back-Plane = BP) et tous ces symboles ou segments sont reliés au moyen de conducteurs très fins au système de connexion.

Pour activer un segment, on applique entre le panneau arrière et l'électrode avant concernée, une tension dont la valeur ne doit pas être inférieure à une tension de seuil  $U_s$  correspondant à la substance particulière utilisée. Au-dessus de cette tension il se produit une certaine augmentation du contraste. Cependant, il ne faut pas dépasser une certaine valeur maximale, sous peine de claquer la cellule. Particularité importante des cellules à cristaux liquides : elles ne supportent pas l'application d'une tension continue, mais doivent

toujours s'alimenter en tension alternative à tension moyenne NULLE. En l'absence de changement périodique de polarité ou si la tension alternative est dotée d'une composante continue notable (alternances inégales, par exemple) les cellules peuvent être détériorées en très peu de temps.

Cette détérioration se manifestant sous forme de taches, de bulles ou même de corrosion des électrodes. En général, on utilise des tensions alternatives de 50 à 200 Hz. En-dessous, le clignotement apparaît, au-dessus le contraste diminue vite. L'utilisation d'une tension provenant d'un transfo alimenté par le secteur est très possible, la symétrie des alternances étant suffisante. Cependant, les montages à LCD étant le plus souvent montés sur des appareils portatifs, le secteur n'est pas disponible et il faut fabriquer le signal rectangulaire. La solution de loin la plus simple est d'engendrer un signal rectangulaire à rapport cyclique de 1. Pour cela, une oscillation locale alimentera l'entrée horloge d'un basculeur, genre JK. On recueille sur les sorties Q et  $\bar{Q}$  des tensions en opposition de phase alimentant l'une le panneau arrière, l'autre le segment. Le rapport cyclique est automatiquement égal à 1.

Cependant, reste le problème de la commutation des segments à activer. On pourrait évidemment faire appel à des contacts mécaniques, ou à des transistors en régime de saturation/blocage : c'est la méthode dite de « commutation de courant ». Cependant l'intégration des circuits de commande fait presque toujours préférer une autre méthode dite de « commutation de phase ». Voir figure 1. Le signal H est aussi appliqué à l'une des entrées d'une porte logique du type « OU exclusif ». La seconde entrée de la porte est à 0 ou à 1 pour un segment invisible ou visible. La sortie de la porte alimente l'électrode « segment ». La table de vérité

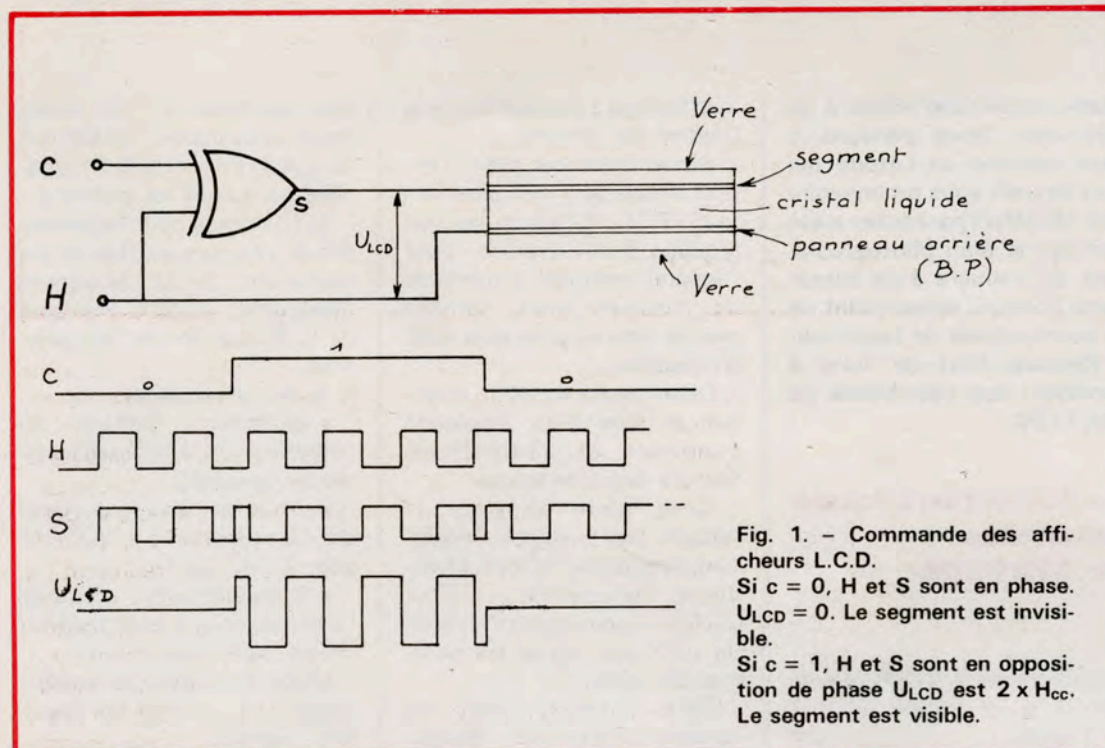


Fig. 1. - Commande des afficheurs L.C.D.

Si  $c = 0$ , H et S sont en phase.  $U_{LCD} = 0$ . Le segment est invisible.

Si  $c = 1$ , H et S sont en opposition de phase  $U_{LCD}$  est  $2 \times H_{cc}$ . Le segment est visible.

du OU exclusif est donnée ci-dessous :

e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>	S
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Nous constatons que la sortie S ne passe à 1 que si les deux entrées sont à des niveaux logiques DIFFÉRENTS. Voyons donc le fonctionnement du circuit de la figure 1.

Si  $c = 0$ , la sortie S passe à 1 quand l'entrée H est à 1. On obtient sur S une tension égale à H, c'est-à-dire de même amplitude et de même phase. Dans ces conditions, le segment et le panneau arrière sont toujours au MÊME potentiel : il n'existe entre eux aucune différence de potentiel, aucune tension et l'effet d'opacité n'apparaît pas : le segment est invisible.

Si  $c = 1$  la sortie S va passer à 1 lorsque H vaudra 0 et de ce fait, on obtiendra en S une tension en opposition de phase avec H. Lorsque le panneau arrière est à 0, le segment est à 1 et inversement. L'opacité apparaît et le segment est visible. Le diagramme des signaux de la figure 1 nous montre le détail de l'opération. Constatons que la tension appliquée à la cellule LCD est ou nulle ou parfaitement dépourvue de composante continue.

## 2. Le convertisseur A/D

La mise en œuvre du ICL7106 est illustrée par la figure 2 et on en constate la grande simplicité. Le montage est d'ailleurs presque conforme au schéma d'application de Intersil. L'horloge utilise l'oscillateur interne du circuit, en association avec la 100 k $\Omega$  et le 100 pF des picots 38, 39 et 40. Comme le ICL7106 ne souffre pas de l'échauffement propre au 7107 et causé par les drivers de segments et digits à LED, à forts courants, nous avons pu utiliser la référence interne. Dans les conditions « cristaux liquides » le coefficient de température de cette référence est

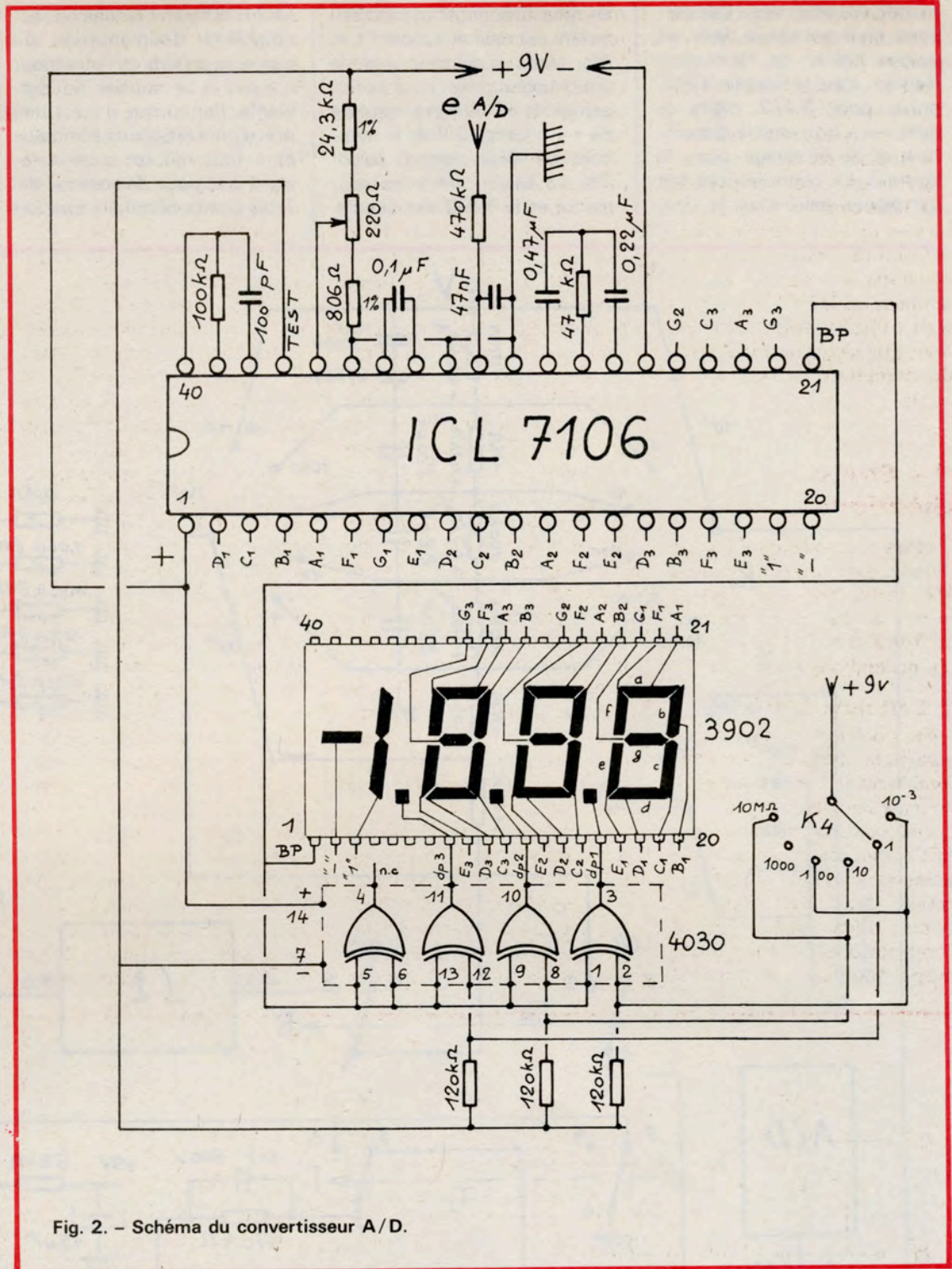


Fig. 2. - Schéma du convertisseur A/D.

de 100 ppm/°C typique (ppm = points par million). Un degré provoque donc une dérive de  $2\,000 \times 100 \cdot 10^{-6} = 0,2$  point pour un affichage de 2 000 points. Cela correspond à une stabilité de  $10^{-4}$  ou de 0,01%. La précision promise de 0,1% est ainsi tenue, dans une fourchette de 10 °C. On peut constater qu'employé dans des conditions normales, en intérieur, le MX7106 donnera toute satisfaction. Dans le

cas d'un usage en extérieur, avec de fortes variations de température (par exemple, technicien itinérant se déplaçant des pôles à l'équateur !), il faudrait revenir à une référence externe soigneusement compensée en température. Notons cependant que la logique interne du ICL7106 donne une précision un peu meilleure que 1/2 point de + 10 °C à + 50 °C, en dehors des problèmes de référence ! Par ailleurs

le circuit ne fonctionne qu'entre les limites absolues de 0 °C et 70 °C.

Pour faciliter le calage de la référence, nous utilisons un multitours encadré par deux résistances talon 1%, pour la stabilité et qui réduisent la course de réglage.

Les composants d'intégration, d'auto-zéro sont aux valeurs conseillées par Intersil. Le ICL7106 contient comme le 7107, toute la logique de com-

mande des afficheurs. Ces derniers sont contenus dans un unique boîtier de fabrication Hamlin : c'est le modèle 3902, prévu pour 3 1/2 digits et dont nous trouvons la disposition et le brochage dans la figure 2. La connexion se fait par picots genre Dual in Line,

en deux fois vingt. Le panneau arrière est relié aux picots 1 et 40. Nous n'utilisons pas le double point prévu pour horloges (picot 28), la barre verticale du « + » (picot 39) et le symbole de dépassement (picot 38). La liaison entre les segments et le 7106 est directe.

Le 7106 fournit la tension rectangulaire d'alimentation du panneau arrière et l'utilisateur n'a pas à se soucier du problème. Par contre, il n'est rien prévu pour les points décimaux et il faut monter extérieurement la logique de commande. Trois points décimaux existant

dans l'afficheur 3902, il faut trois portes du type OU exclusif. Nous les trouverons parmi les quatre d'un boîtier CMOS du type 4030. Heureusement le 7106 est prévu pour cette adjonction : le + du 4030 étant relié au + du 7106, le - du 4030 est donné par la broche

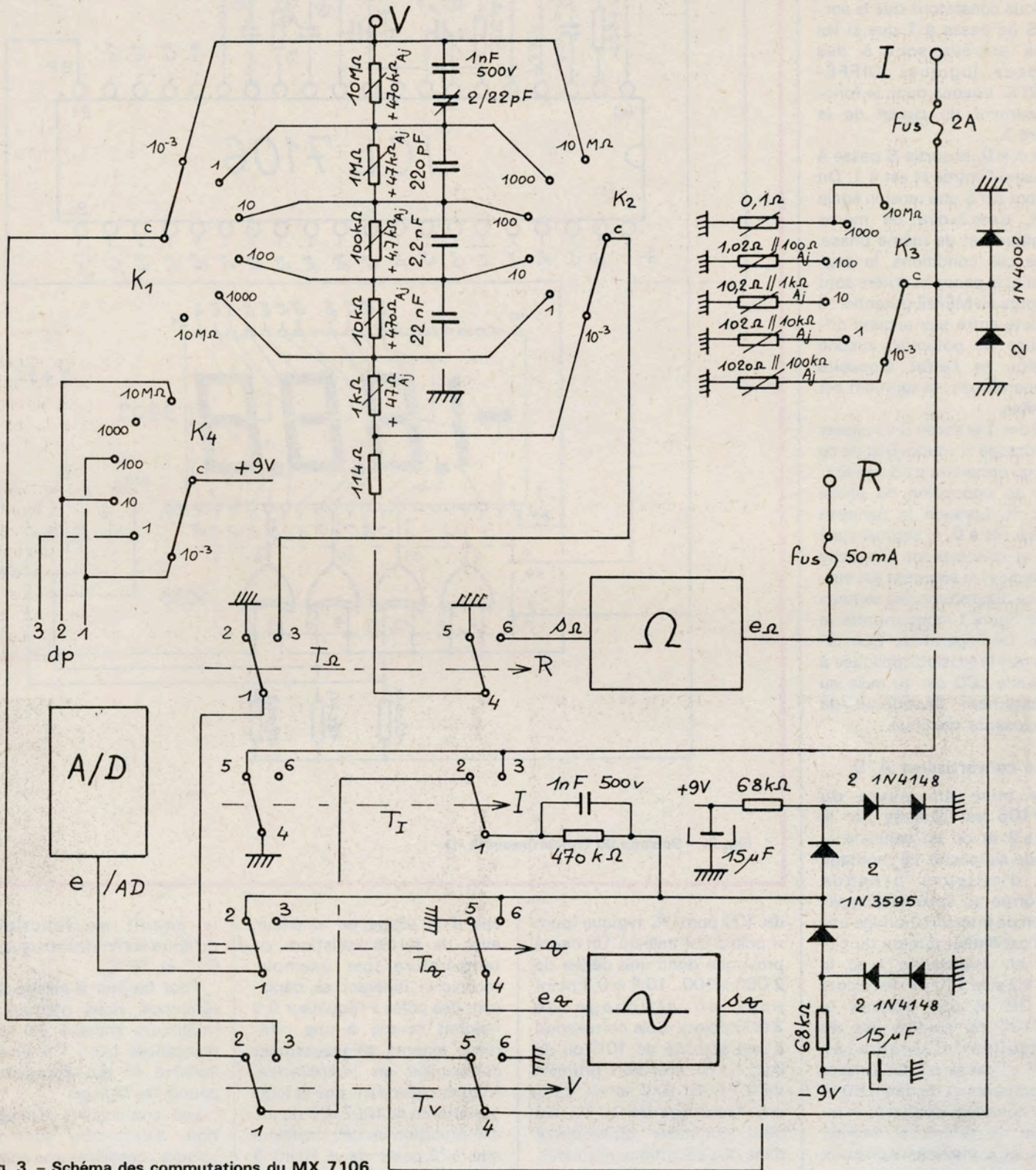


Fig. 3. - Schéma des commutations du MX 7106.

« test » (picot 37). Il suffit alors de prélever le signal issu du picot 21 et donnant le créneau rectangulaire de BP pour constituer le signal H de la figure 1. Les secondes entrées des trois portes sont normalement à 0 par les résistances de 120 k $\Omega$  : les points décimaux sont invisibles. Le commutateur K<sub>4</sub> amène telle ou telle entrée au niveau 1 (+9 V) et provoque l'apparition du point décimal correspondant. Les deux entrées de la quatrième porte sont toutes deux à BP et la sortie toujours à 0.

L'entrée du convertisseur A/D est filtrée par une cellule RC (470 k $\Omega$ / 47 nF) éliminant bruits et inductions parasites. Cette cellule contribue à la protection du circuit par surcharge.

La sensibilité du convertisseur est de 200,00 mV pour les 2 000 points, ce qui donne la résolution maximum de 0,1 mV annoncée au début. La référence est réglée à 100,00 mV pour un tel résultat.

Le point froid de l'entrée du circuit (picot 30) est à relier au commun (picot 32) pour un « bon zéro ». Ce potentiel, qui se situe à 2,8 V en-dessous du +9 V détermine la masse générale du multimètre.

L'alimentation du convertisseur se fait sous 9 V. La

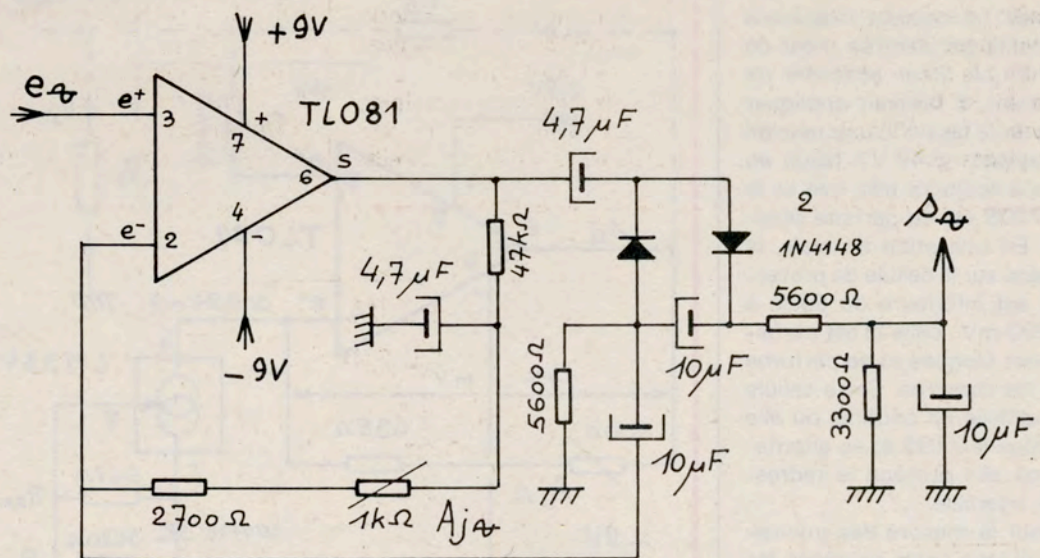


Fig. 4. - Schéma du convertisseur  $\sim / =$ .

consommation de cette partie principale du multimètre est de 2,2 mA environ.

### 3. Les circuits de fonctions

**a) Les commutations :** On en trouve le schéma en figure 3. Comme la disposition est identique à celle des multimètres précédemment décrits, nous renvoyons les lecteurs aux numéros précédents pour

une analyse plus détaillée. Rappelons simplement que :

- la touche T<sub>V</sub> donne la fonction voltmètre ;
- la touche T<sub>I</sub> donne la fonction ampèremètre ;
- la touche T<sub>A</sub> permet les mesures en alternatif, si elle est enfoncée et les mesures continues, au repos ;
- la touche T <sub>$\Omega$</sub>  donne la fonction ohmmètre.

Les touches sont interdépendantes : l'action sur l'une,

ramenant les autres au repos. Les mesures en alternatif se font en enfonçant simultanément les touches T<sub>V</sub> et T<sub>A</sub>, pour les tensions, ou T<sub>I</sub> et T <sub>$\Omega$</sub>  pour les intensités.

La cellule de sécurité, à diodes à très faible courant de fuite, type 1N3595, écrête à  $\pm 1,5$  V environ, toute tension excessive. Les seuils d'écrêtage sont donnés par les deux 1N4148 en série, côté positif comme côté négatif. La ten-

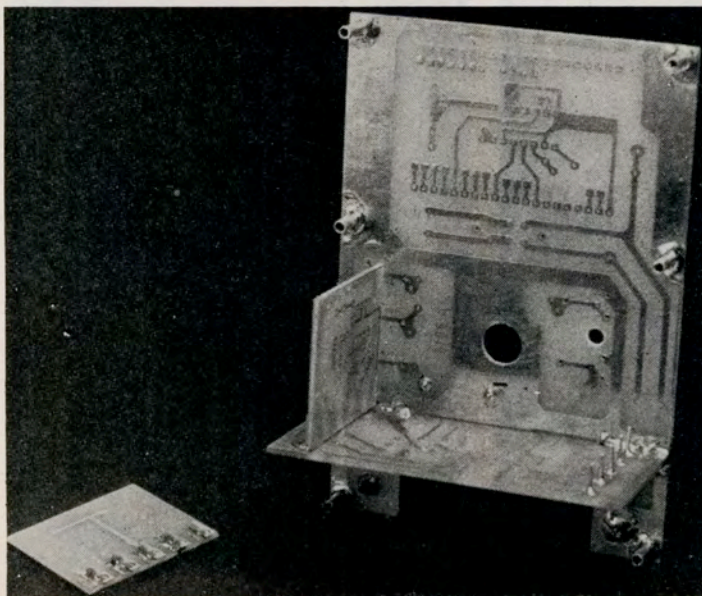


Photo A. - Préparation des circuits imprimés.

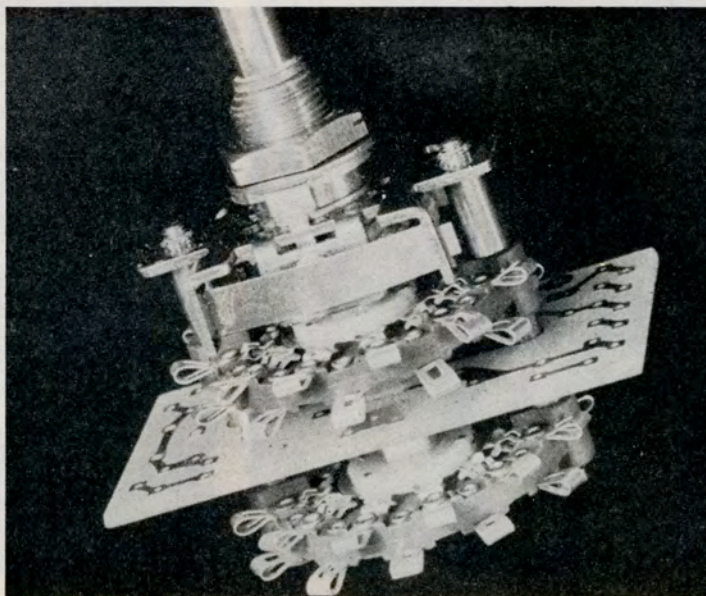


Photo B. - Préparation du commutateur rotatif et du circuit imprimé intercalé, S.

sion envoyée sur l'entrée e de A/D n'excèdera ainsi jamais ni  $V^-$  ni  $V^+$ , comme conseillé par Intersil. Le courant maximum tolérable par l'entrée e est de  $\pm 100 \mu\text{A}$ . Pour atteindre un tel débit, il faudrait appliquer en e de la figure 2, une tension dépassant  $\pm 47 \text{ V}$  ! Nous en serons toujours très loin et le ICL7106 est en parfaite sécurité. En utilisation normale, la tension sur la cellule de protection est inférieure ou égale à  $\pm 200 \text{ mV}$  : celle-ci est parfaitement bloquée et ne perturbe pas les mesures. Cette cellule est utilisée en continu, où elle protège le 7106 et en alternatif, où elle protège le redresseur intercalé.

Pour la mesure des intensités, il faut aussi protéger les shunts. Cela se fait en montant deux diodes 1N4002 entre  $E_1$  et masse. Dès que le potentiel appliqué dépasse la tension de seuil des diodes, soit  $0,6 \text{ V}$  environ, elles conduisent et dérivent le courant dangereux. Si le débit excède  $2 \text{ A}$ , le fusible saute.

Notons aussi que  $T_1$  et  $T_2$  au repos, les entrées I et R sont à la masse. Pour R le fusible de  $50 \text{ mA}$  évite une détérioration du commutateur en cas d'erreur. Le circuit de l'ohm-

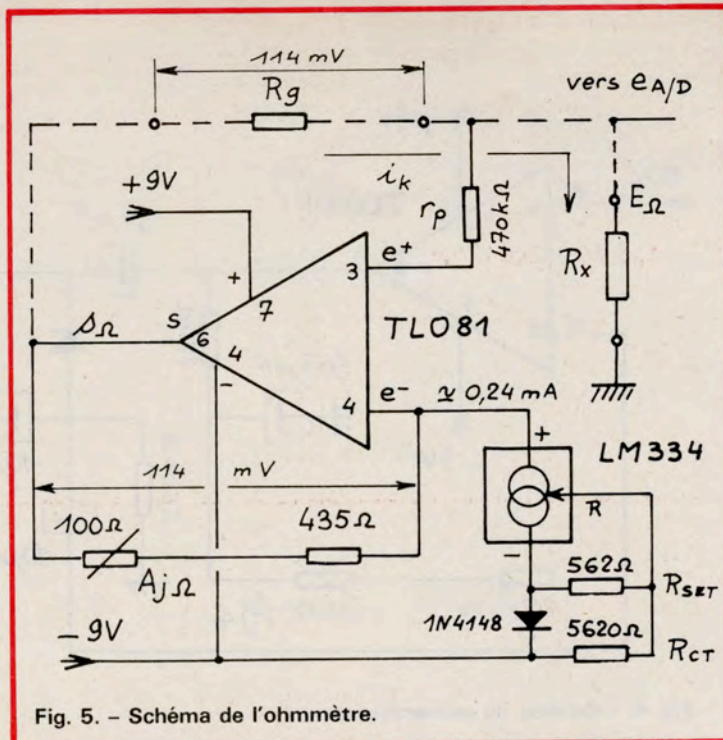


Fig. 5. - Schéma de l'ohmmètre.

mètre comporte une résistance de protection  $r_p$ .

Nous redonnons en figures 4 et 5 les schémas des modules de redressement des signaux alternatifs et de l'ohmmètre. Se reporter aux numéros précédents pour l'étude du fonctionnement. Les deux montages utilisent des amplis OP du type BIFET, c'est-à-dire à

entrées sur transistors à effet de champ. Les impédances d'entrée atteignent alors  $10^{12} \Omega$  et ne perturbent plus les circuits associés. Ces nouveaux amplis ont aussi une bande passante bien plus élevée que les ordinaires 741 très courants. Le modèle préconisé est le TL801 de Texas. Avec ce type de Bifet, la consommation

de chaque module est légèrement supérieure à  $1 \text{ mA}$ . La consommation globale du MX7106 se situant à  $5 \text{ mA}$ . Attention, si vous utilisiez les LF356 de NS, la consommation passerait à plus de  $3 \text{ mA}$  par module, amenant la consommation globale à plus de  $8 \text{ mA}$  et compromettant assez gravement l'autonomie. On peut monter aussi le LF355 moins gourmand que le 356 (la consommation plus élevée du 356 vient de ce que ce circuit a une bande passante de  $5 \text{ MHz}$ , contre  $2,5$  à  $3 \text{ MHz}$  pour les deux autres). Pour une consommation encore plus faible, prendre le TL061 de Texas dont la consommation typique est de ...  $150 \mu\text{A}$  ! Le MX7106 ne consommerait plus que  $3 \text{ mA}$  environ !

Dans toutes les fonctions du multimètre, la tension de sortie des Bifet ne dépasse jamais  $200 \text{ mV}$  au-dessus du potentiel de masse. Ce très faible décalage nous a permis d'obtenir un fonctionnement parfaitement satisfaisant des modules en les alimentant par la même pile de  $9 \text{ V}$  que le convertisseur A/D et cela malgré le décentrage important de la masse par rapport à  $V^+$  et  $V^-$ . Ce résultat est particulière-

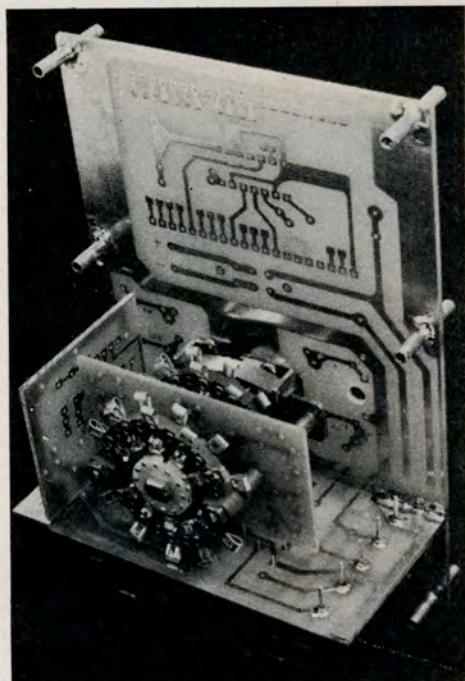


Photo C. - La préparation mécanique des circuits est achevée.

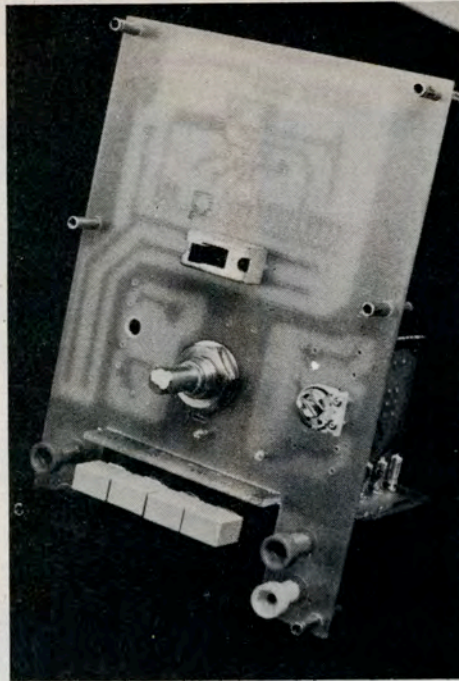


Photo D. - Le circuit A avec le 5 1MP, le commutateur rotatif K, le commutateur à touches et les quatre douilles d'entrées.

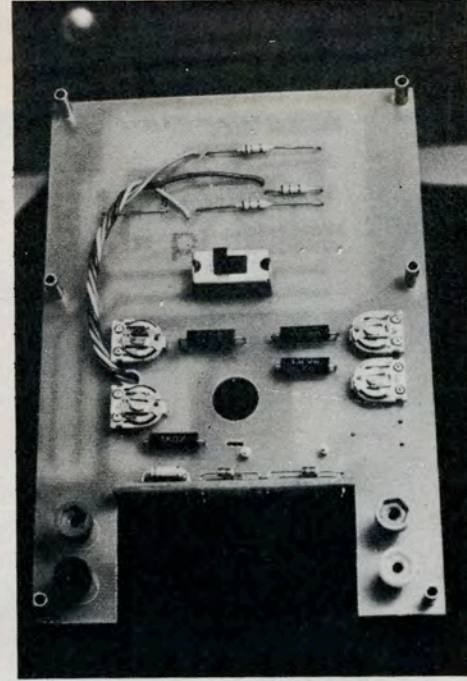


Photo E. - Mise en place des composants sur la platine A.

ment intéressant et à porter à l'actif du MX7106, d'autres multimètres commerciaux et non des moindres, nécessitent deux piles de 9 V distinctes.

Nous recommandons de ne pas dépasser 500 V en mesure de tension. Au-delà, des risques de claquage commencent à apparaître à la fois dans les condensateurs, dans les résistances et dans les commutateurs. Il est beaucoup plus sage de monter une sonde atténuatrice 1/10, présentant une résistance interne de 114 M $\Omega$

au total, ce qui a de plus l'avantage important d'améliorer le voltmètre dont la résistance par volt décroît au fur et à mesure que l'on monte dans l'échelle des tensions.

### III - La réalisation

#### 1. Liste des composants :

- 1 ICL7106 CPL de Intersil
- 1 afficheur type 3902 de Hamlin
- 1 4030

- 2 TL081 CP
- 1 LM334Z
- 7 1N4148
- 2 1N3595

#### Résistances à 1 %

- 1 1,02  $\Omega$
- 1 10,2  $\Omega$
- 1 102  $\Omega$
- 1 114  $\Omega$  (113  $\Omega$  + 1  $\Omega$ )
- 1 435  $\Omega$
- 1 562  $\Omega$
- 1 806  $\Omega$
- 1 1 000  $\Omega$
- 1 1 020  $\Omega$
- 1 10 k $\Omega$
- 1 24,3 k $\Omega$

- 1 100 k $\Omega$
- 1 1 M $\Omega$
- 1 10 M $\Omega$

#### Résistances à 5 %

- 2 47 k $\Omega$
- 2 68 k $\Omega$
- 1 100 k $\Omega$
- 3 120 k $\Omega$
- 3 470 k $\Omega$
- 1 2 700  $\Omega$  à couche
- 1 3 300  $\Omega$  à couche
- 2 5 600  $\Omega$  à couche

#### Résistances ajustables type

- T7YA ou P8SY ou VA05V
- 1 47  $\Omega$
- 1 100  $\Omega$

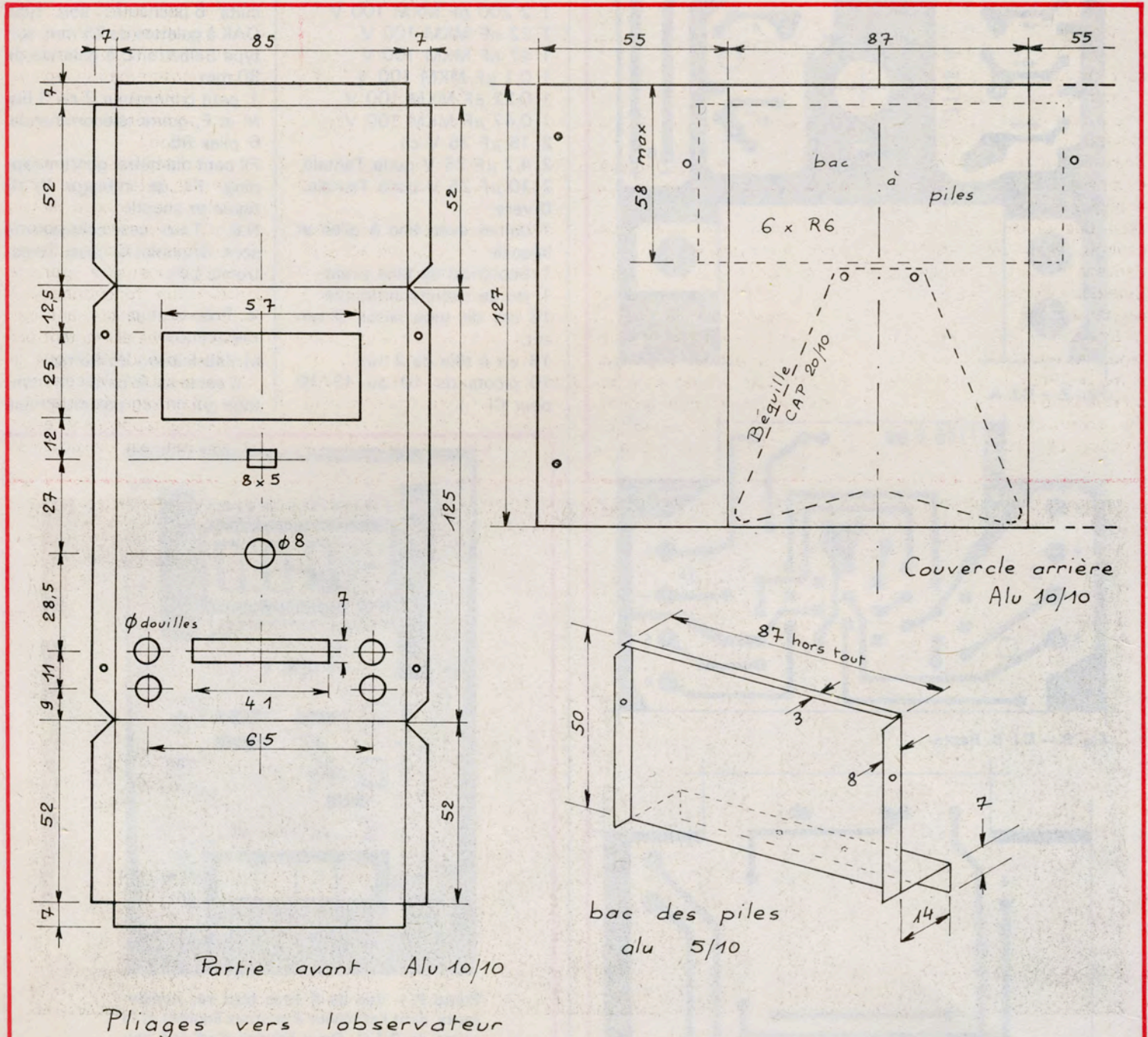


Fig. 6. - Boîtier du MX 7106.

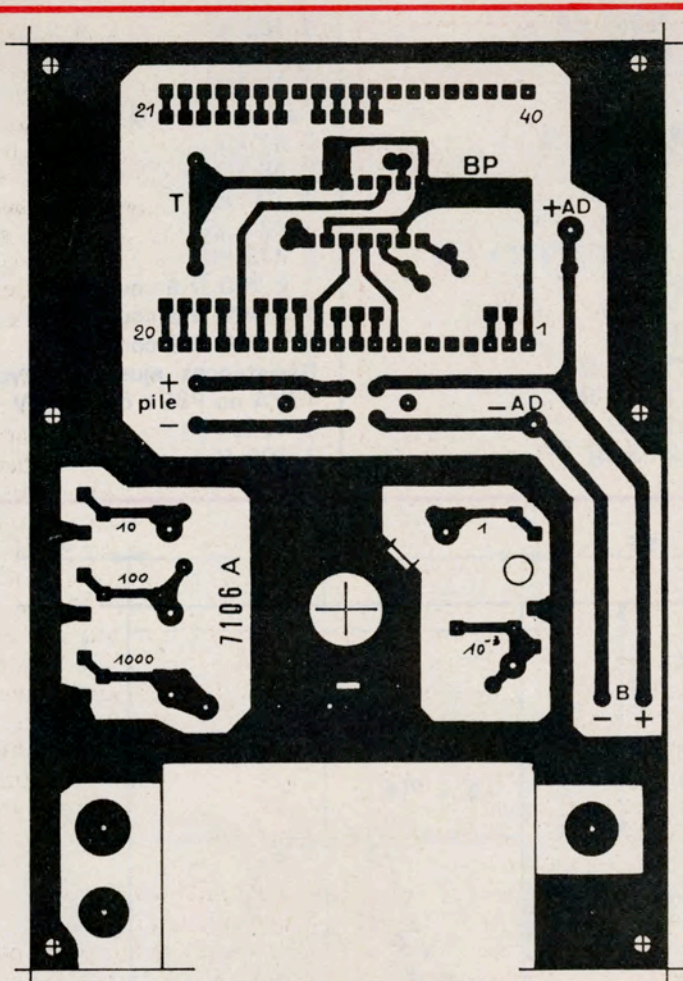


Fig. 7. - C.I. A.

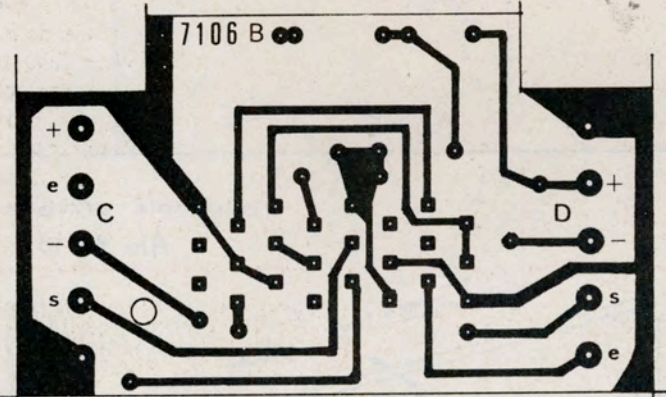


Fig. 8. - C.I. B. Recto.

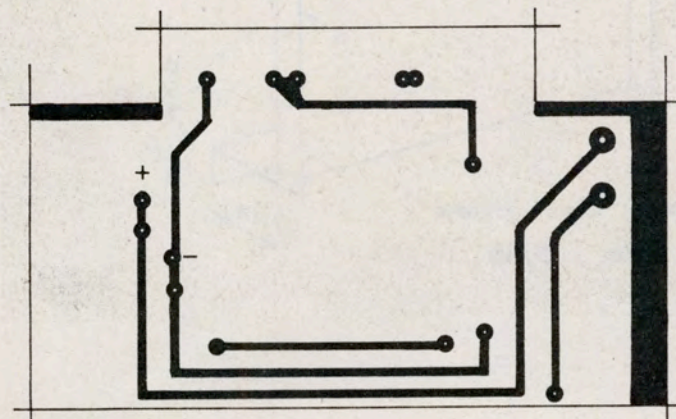


Fig. 9. - C.I. B. Verso.

- 1 470  $\Omega$
- 1 1 000  $\Omega$
- 1 4 700  $\Omega$
- 1 47 k $\Omega$
- 1 470 k $\Omega$
- Type VA05 H :
- 1 100  $\Omega$
- 1 1 000  $\Omega$
- 1 10 k $\Omega$
- 1 100 k $\Omega$
- 1 trimmer multitours, genre T19S, de 220  $\Omega$ .

- Condensateurs**
- 2 1 nF 500 V C655
  - 1 2/22 pF EA 10 de RTC
  - 1 100 pF styroflex
  - 1 220 pF styroflex
  - 1 2 200 pF MKM 100 V
  - 1 22 nF MKM 100 V
  - 1 47 nF MKM 100 V
  - 1 0,1  $\mu$ F MKM 100 V
  - 1 0,22  $\mu$ F MKM 100 V
  - 1 0,47  $\mu$ F MKM 100 V
  - 2 15  $\mu$ F 25 V ch
  - 2 4,7  $\mu$ F 25 V perle Tantale
  - 2 10  $\mu$ F 25 V perle Tantale.

- Divers**
- 1 boîtier avec bac à piles et béquille
  - 1 Scotchcal de face avant
  - 1 jeu de circuits imprimés
  - 15 cm de tube laiton 3 mm ext.
  - 16 vis à tôle de 2 mm
  - 10 picots de 10 ou 13/10 pour CI

- 10 cosses correspondantes
  - 2 picots fendus pour le shunt 0,1  $\Omega$
  - 4 douilles banane de 2 mm, isolées, de couleurs différentes
  - 4 cm de fil 4/10 constantan
  - 56 picots Molex en bande
  - 1 interrupteur 51MP
  - 1 commutateur à 4 touches de Jeanrenaud, comprenant : 4 cellules TJN à 2 inverseurs ; 1 bâti pour 4 touches au pas de 10,16 mm ; 1 verrou de liaison et son ressort ; 4 touches 82 ou rondes.
  - 1 bouton de 20 mm pour-K
  - 1 commutateur rotatif 4 circuits 6 positions : soit type OAK à galettes de 25 mm, soit type Sélectronique à galettes de 30 mm.
  - 1 petit connecteur 2 ou 3 fils, M et F, genre télécommande
  - 6 piles R6
  - Fil petit diamètre, genre wrapping.
  - Fil de câblage 7/10 rigide et souple.
- N.B. : Tous ces composants sont disponibles chez Sélectronique, Lille.

- 2. Préparation mécanique**
- a) **Fabrication du boîtier :**  
C'est la seule partie du montage qui ne soit pas disponible

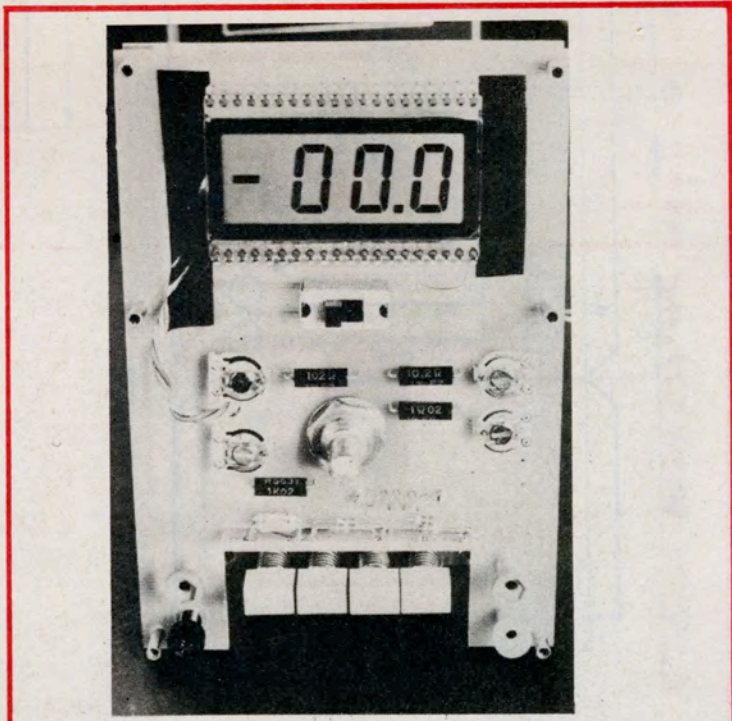


Photo F. - Vue de A avec tous ses composants, dont l'afficheur à cristaux liquides et le shunt de 0,1  $\Omega$ . Deux bandes d'adhésif noir sont collées de part et d'autre du 3902, pour masquer les bords du CI et le cordon de liaison.

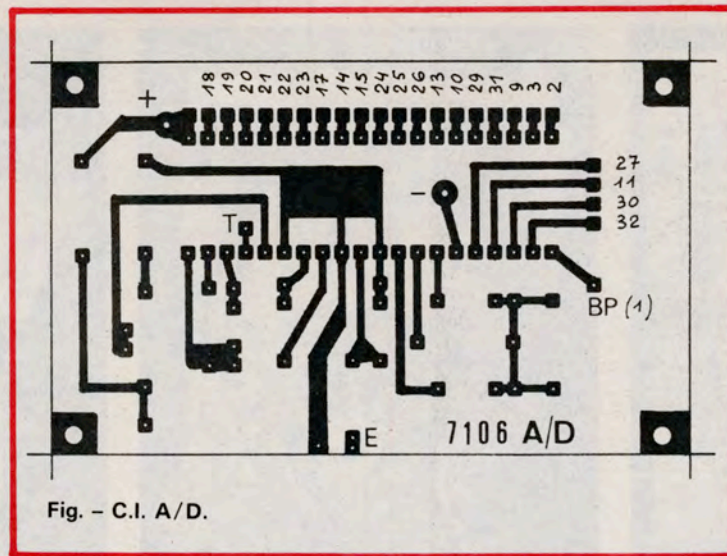


commerciallement. Si vous voulez un MX7106 conforme à la description, il faudra donc le réaliser. Il s'agit d'ailleurs d'un petit exercice de tôlerie tout simple ! Nous avons essayé de dessiner un boîtier fonctionnel, de dimensions réduites et aussi esthétique que possible. La photo de couverture vous montre le résultat de nos cogitations. Nous avouons ne pas être trop mécontents ! espérons simplement qu'il en sera de même pour une majorité de lecteurs !

La figure 6 indique les cotes de traçage, de découpage et de perçage. Utiliser de l'alu de 10/10. Découpages extérieurs à la scie à métaux ou à la cisaille Edma, découpes intérieures à la scie Abrafil. Attention, la maison Sélectronic vous fournira peut-être un commutateur à touches rondes. Dans ce cas, il faudra remplacer la découpe de 41 x 7 mm par 4 trous ronds de 9 mm, distants de 10 mm d'axe en axe.

Signalons à ce sujet la grande difficulté qu'il y a à approvisionner certains composants, surtout quand ils sont français ! (ceci expliquant sans doute cela !). Nous recommandons donc aux réalisateurs potentiels d'avoir un minimum... de patience.

Une réalisation d'amateur n'est tout de même pas une question de vie ou de mort et il faut savoir comprendre cer-



tains problèmes de distribution et prévoir un délai de livraison... raisonnable ! Mais revenons... à notre tôle ! Le boîtier est plié sur formes de bois dur. Il faut un bon étau de mécanicien ou mieux de menuisier. Les genoux... la table de cuisine... et la bonne volonté ne suffisent pas ! On plie en premier les rebords latéraux, puis ceux du haut et du bas. Enfin on rabat les parties haute et basse en serrant côté face avant, sinon les découpes amèneraient des déformations. Eliminer soigneusement tout vrillage de la partie pliée.

Le couvercle est un simple rectangle de tôle plié deux fois. Il faut cependant que l'intervalle des plis corresponde exactement à la largeur de la partie avant. Les côtés débordent

quelque peu à l'avant : meilleure protection du Scotchcal et amélioration de l'esthétique (avis personnel !). Le couvercle contient le bac à piles. La photo N donne une idée précise du résultat à obtenir. Découper le bas dans de la tôle alu de 5 à 7/10. Mettre en forme selon les données de la figure 6. Veiller particulièrement à ce que la largeur hors tout soit exactement égale à l'ouverture intérieure du couvercle. Fixation latérale par deux vis à tête fraisée de 2 mm et écrous.

Nous recommandons de peindre, intérieur du couvercle et bac à piles, pour réduire les risques de corrosion par les piles, que l'on choisira toujours blindées et de bonne qualité. Il faut également isoler le fond

du bac, soit avec du chatterton soit avec de la fine bakélite. Les dimensions ont été étudiées pour loger 6 piles type R6.

Attention : monter le bac aussi haut que possible. En principe, les rebords supérieurs de la partie avant doivent s'y appuyer lorsque le boîtier est monté. Il faut en effet éviter que le commutateur K ne soit gêné par ce bac.

La béquille est en corde à piano de 20/10. (Articles de modélisme). La plier comme indiqué en figure 6. Un gabarit pourra s'avérer utile pour obtenir une bonne symétrie. Le raccord est en haut, en principe. L'articulation sera faite en tôle de fer blanc de 5/10. On la formera à l'étau autour d'une chute de CAP de 20/10, en serrant fort. S'arranger pour que le frottement final soit assez dur. Des encoches d'arrêt limitent l'ouverture excessive de la béquille (voir photo O).

#### b) Le Scotchcal de face avant (photo P)

Nous vous prions de ne pas lésiner sur ce « détail ». Si vous n'êtes pas équipé pour faire vous-même cette face avant en alu pré-émulsionné de 3 M, la commander chez Sélectronic. Il serait grandement dommage de dévaluer votre MX7106 par une présentation bâclée. Attention au découpage du décor ! Se reporter au numéro 1642, page 192, où

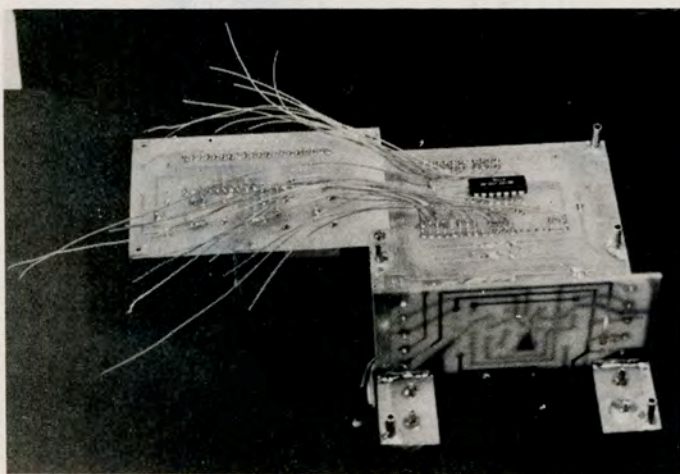


Photo G. - Début de l'opération délicate consistant à relier les platines A et A/D par 27 liaisons. Remarquer la manière de fixer A/D sur A. Souder d'abord, côté afficheur. Remarquer aussi le C.MOS 4030.

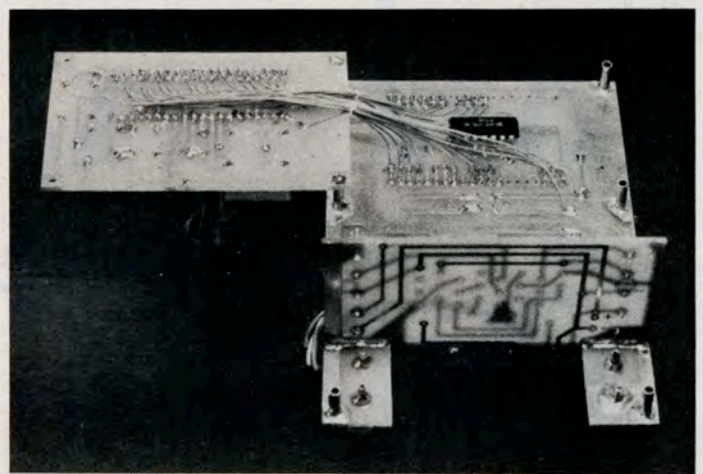


Photo H. - L'opération « Liaisons » est achevée !

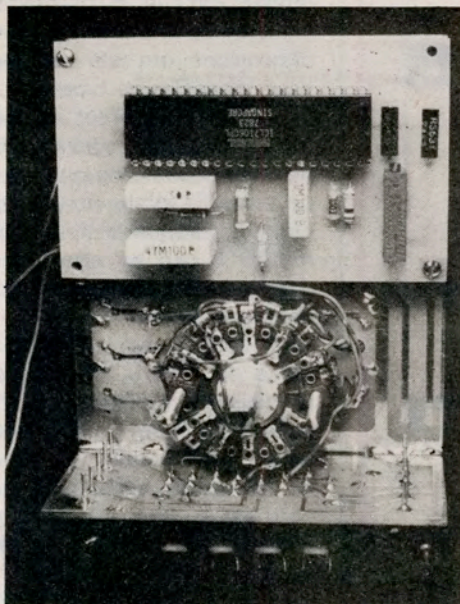


Photo I. - On peut maintenant rabattre A/D en position normale. La galette K<sub>3</sub>/K<sub>4</sub> est en place et reliée. Remarquer les cosses inférieures sectionnées. Voir aussi l'arc décrit par les fils d'entrée A/D.

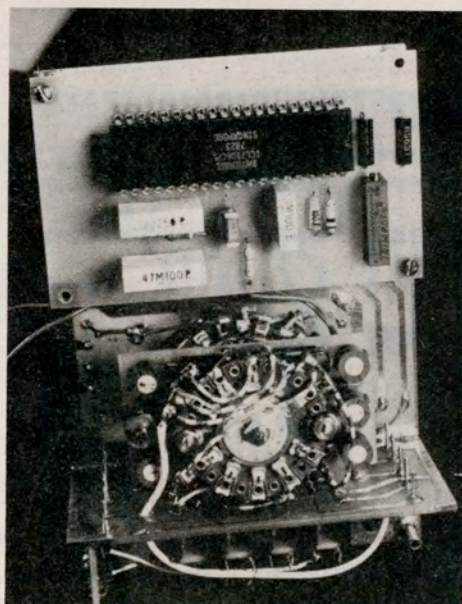


Photo J. - Le circuit S et la galette K<sub>1</sub>/K<sub>2</sub> sont montés et reliés. Noter le fil de liaison E<sub>V</sub>, traversant la plaquette B.

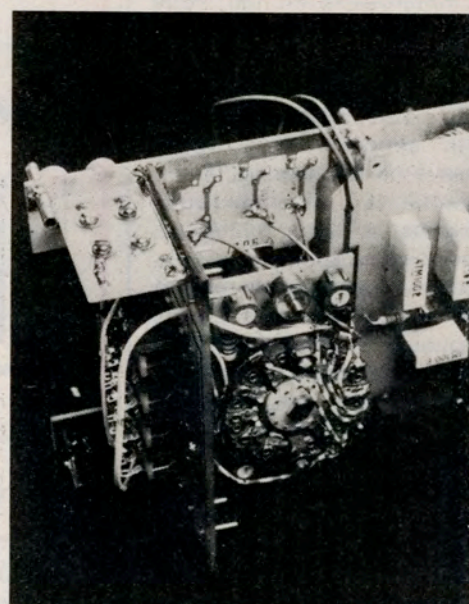


Photo K. - Gros plan sur la plaquette à fusibles E. Noter la soudure dans l'angle supérieur E/B.

nous donnons tous détails à ce sujet.

Ne pas coller le Scotchcal maintenant. Voir paragraphe 3a.

### c) Les circuits imprimés :

Ils sont tous en époxy de 15/10.

Le MX7106 a été conçu en un seul bloc pouvant être posé

et déposé en quelques secondes de son boîtier. Même les douilles d'entrées sont incorporées ! Les plaquettes imprimées assurent donc à la fois un rôle électrique et mécanique.

- **Le C.I.A.** Voir figure 7. C'est le circuit de base, en époxy simple face. Il porte l'afficheur 3902, le 4030, les shunts d'intensité, les douilles d'entrées.

Il supportera aussi le commutateur K, le circuit B et son commutateur à touches.

Il recevra la platine de conversion A/D.

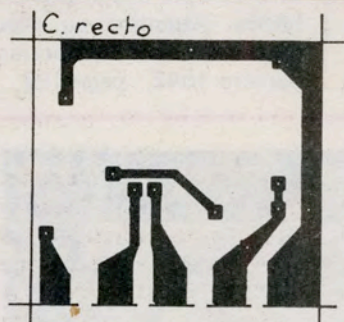
Cette plaque de base est fixée dans le boîtier par des vis d'angles prenant dans des entretoises soudées.

- **Le C.I.B.** Double face. Voir figures 8 et 9. C'est le support

du commutateur à touches et aussi l'interface entre le convertisseur et les modules de fonctions embrochables.

On y trouvera aussi la cellule de sécurité.

- **Le C.I.A/D.** Simple face. Voir figure 10. Il porte le ICL7106 et ses composants périphériques. Le dessin a été fait pour différents pas de



C. Verso

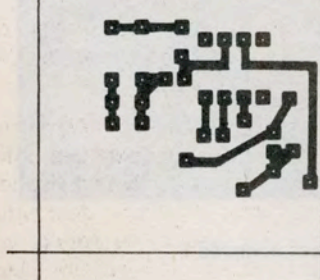
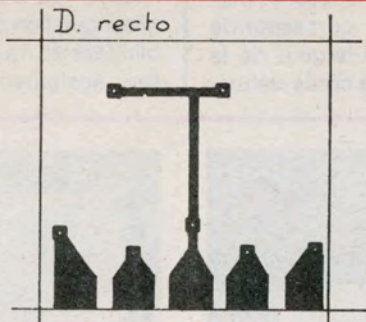


Fig. 11. - C.I. C.



D. Verso

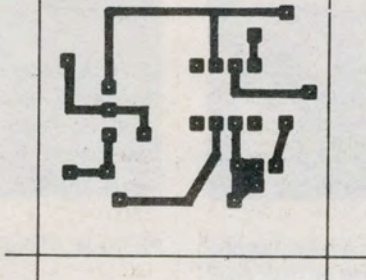


Fig. 12. - C.I. D.

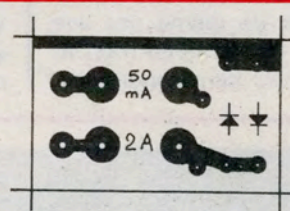


Fig. 13. - C.I. E.

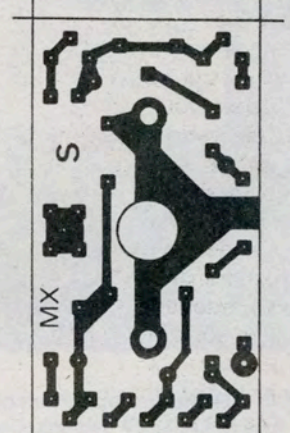


Fig. 14. - C.I. S.

condensateurs. En principe on prendra les MKM de Siemens, mais il est parfaitement possible de récupérer les composants du kit d'évaluation fourni par Intersil. Tous ces composants s'adaptent parfaitement au MX7106, y compris l'afficheur. Les amateurs ayant acheté ce kit pourront ainsi le valoriser, en le transformant en multimètre. La plaquette A/D est fixée par entretoises en haut de A.

- **Le C.I.C.** Voir figure 11. Double face. Il sert à monter le module de redressement de l'alternatif.

- **Le C.I.D.** Voir figure 12. Il sert à monter le module de l'ohmmètre. C'est également un double face.

- **Le C.I.E.** Voir figure 13. Simple face portant les fusibles de sécurité et les diodes de protection des shunts.

- **Le C.I.S.** Voir figure 14. Simple face à intercaler entre les deux galettes de l'atténuateur K. Il permet un câblage rationnel et court. Signalons que ce CI a été dessiné pour le commutateur type Sélectronic, à galettes de 30 mm. Ce type de commutateur pouvant être adapté sur tous les multimètres précédents, si l'on ne trouve pas les modèles OAK ou Jeanrenaud de 25 mm. Le CI S de la figure 14 étant à associer dans tous les cas. Notons qu'il est tout à fait possible de monter avec S les commutateurs de 25 mm. Il suffirait simplement de ramener l'écartement des trous de tiges filetées à 21 mm au lieu des 29,5 mm prévus sur le dessin. Qui peut le plus, peut le moins !

Tous les circuits imprimés sont disponibles, gravés, percés et étamés au rouleau, au point de vente signalé. Cependant les figures vous permettent une réalisation personnelle. Les tracés sont, à notre style, toujours simples et traçables à la main. Sinon, utiliser la technique des symboles à report direct transférés sur le cuivre, avec attaque au perchlore. Bien sûr, l'idéal est la méthode photographique. A ce sujet, sachez que, contrairement à l'avis de certains spécialistes, le transparent sur CALQUE ordinaire, donne TOUTE satisfaction. Il n'est

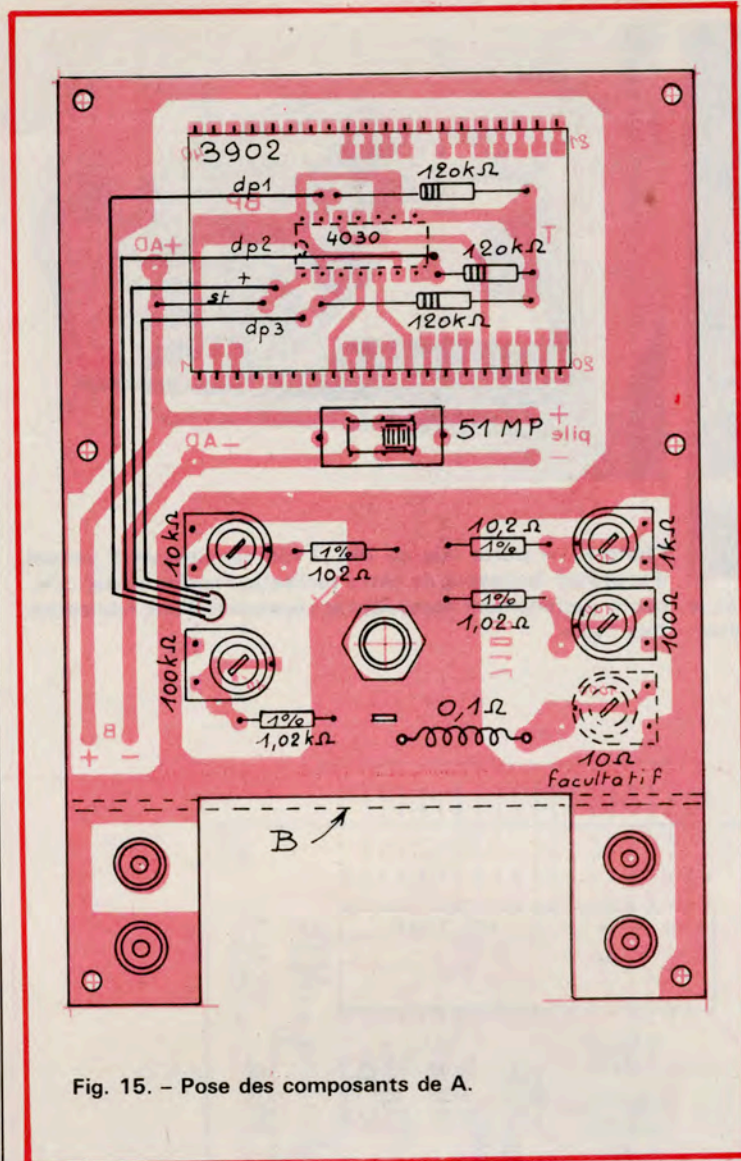


Fig. 15. - Pose des composants de A.

nullement besoin de mylar ou autre plan-film onéreux. Avec le calque, utiliser les symboles de report pour pastilles, traits et noircir à l'encre de Chine les larges surfaces.

Mais laisser sécher cette première couche et recouvrir à nouveau en éclairant par-dessous. On obtient finalement une opacité aussi bonne qu'avec les pastilles à report. L'insolation aux UV se fait sans problème (12 mm avec une lampe solaire Philips, type HP3202, placée à 50 cm). Développer, rincer et surtout bien durcir la résine au sèche-cheveux avant d'attaquer au perchlore. Signalons les résultats remarquables obtenus pour cette dernière phase, avec le bac à bulles décrit dans le numéro 3 (mars 1978) de Electronique Pratique.

Gravure effectuée, étamer au flux 2002 de Camping Gaz.

Nettoyer très sérieusement. Percer tous les trous à 7/10. Pour A, agrandir à 30/10, les trous des entretoises, à 10/10, ceux des ajustables. Percer les trous d'axe de K et de passage des fils de points décimaux. Pour A/D, trous d'angles à 25/10. Pour B, trous de picots à 10 ou 13/10. Pour S, trous de passage des tiges à 30/10, du sabre à 8 mm. On soignera la découpe de A et de B pour une jonction précise.

### 3. Montage mécanique (photos A et C)

a) Présenter la plaquette A dans le boîtier, dans le bon sens et l'appliquer contre la face avant, en amenant les 6 trous des picots du 5 1MP exactement au centre de la petite fenêtre prévue. Pointer les trous d'angles dans le boîtier. Percer ces trous à

25/10 mm. Pointer maintenant de la même manière les quatre trous des douilles d'entrées. Percer ces trous dans la face avant et les amener, à la lime ronde à un diamètre légèrement supérieur à celui de la collerette de ces douilles. La correspondance parfaite est ainsi assurée. Collez maintenant le Scotchcal et découpez les trous ronds à la fine lame X.Acto. Collez un rhodoïd transparent dans la fenêtre d'affichage.

b) Découper 6 entretoises de 20 mm dans du tube laiton de 30/10. Les placer sur A et régler pour avoir une longueur de 9 mm, côté face avant. Souder. Les 4 entretoises d'angles assureront la fixation dans le boîtier, par vis à tôle de 2 mm. Pour améliorer la prise de ces vis, faire un rétrécissement aux extrémités des tubes à l'aide d'une pince coupante, serrée modérément et tournée plusieurs fois autour de ce tube. La prise des vis devient très bonne. Les quatre entretoises supérieures servent à fixer vers l'arrière la platine A/D.

c) Souder le circuit B sur A, bien à l'équerre, à la fois au recto et au verso.

d) Monter les douilles d'entrée. Selon le modèle trouvé, ou on pourra souder le picot extrême sur A, ou la douille étant trop longue, il faudra percer A au diamètre du canon fileté de plastique et faire un collage à l'araldite. Dans tous les cas, la collerette des douilles doit dépasser de 2 mm environ hors du boîtier. La soudure et le collage se feront obligatoirement, A en place dans le boîtier, douilles dans leur trou de passage. Sinon, gare aux surprises au montage.

e) Souder les picots des modules C et D, sur le C.I.B. Bien les aligner.

f) Prendre les cosses des picots, les couper. Les enfiler sur les picots, fente d'élasticité à l'opposé du point de soudure sur la plaquette (donc vers l'extérieur du MX7106). Placer verticalement les plaquettes C, puis D et souder les cosses sur les plages prévues. Faire des

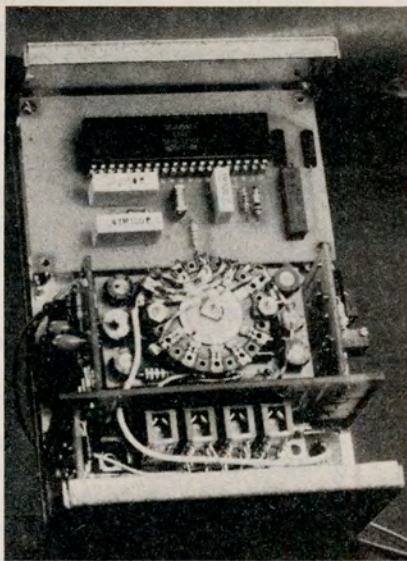


Photo L. - Le travail est terminé et le bloc électronique monté dans le boîtier.

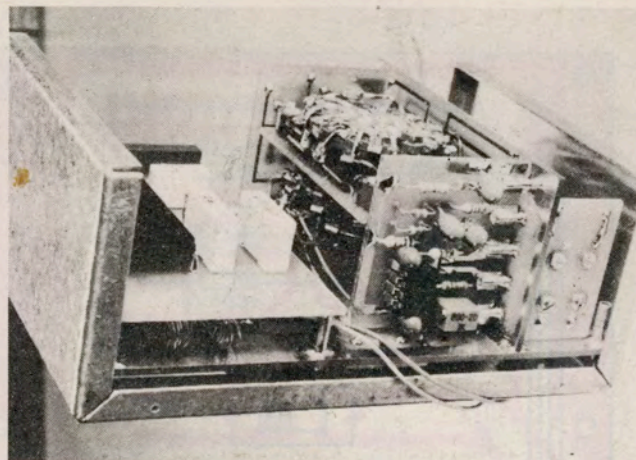


Photo M. - Cette vue du MX 7106 terminé vous permet d'apprécier la qualité de cette réalisation performante, compacte, parfaitement accessible et cependant d'une fabrication très facile.

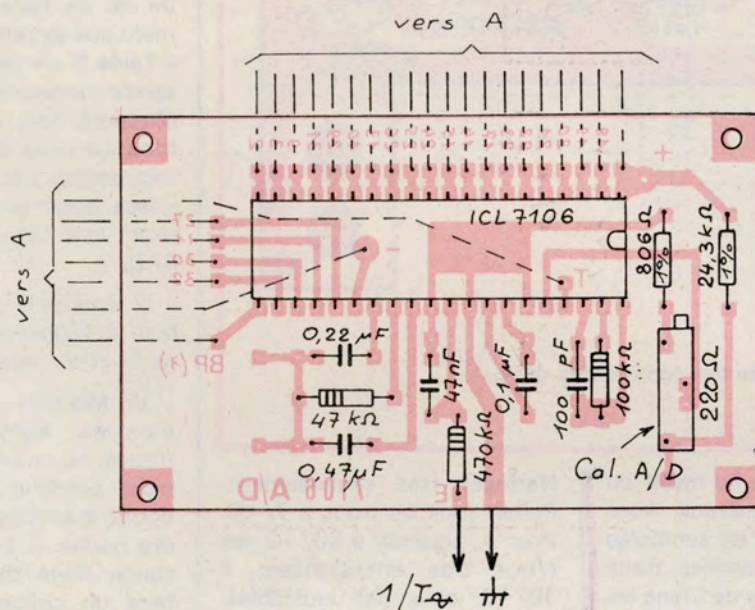


Fig. 16. - Pose des composants de A/D.

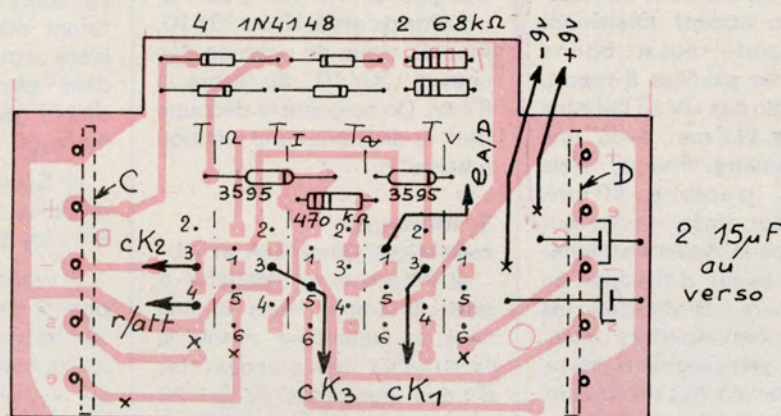


Fig. 17. - Pose des composants de B.

soudures légères mais solides. Voir la disposition en photo A.

Eviter de souder ensemble, cosses et picots !

#### 4. Montage électrique. Essais

a) Le convertisseur A/D (voir figure 15) :

Prendre la plaquette A. Commencer par la pose des 3 résistances de 120 kΩ. Souder les fils souples de liaisons aux points décimaux. Prévoir la longueur nécessaire pour rejoindre K, par le trou de passage prévu. Poser le strap du + 9 V. (photo E).

Le C.MOS 4030 se place, côté cuivre. Attention au sens. Souder les 14 picots avec les précautions d'usage. Poser l'interrupteur 5 1MP et l'enfoncer au maximum. Souder. Placer l'afficheur 3902, sans faire d'erreur de sens (observer les symboles par réflexion). Les picots dépasseront de 1 mm, côté cuivre. Les souder. (Photo F).

Attention, à partir du moment où l'afficheur est soudé, ne plus faire de torsion sur la plaquette A. Vous risqueriez de fêler la verrerie fragile de cet afficheur. Prendre la plaquette A/D. Poser les deux rangées de 20 bornes Molex. Casser la bande de liaison, côté composants périphériques, mais garder l'autre pour le moment. Souder les quelques condensateurs et résistances. Voir figure 16.

Un travail délicat vous attend maintenant, effectuer les liaisons entre les deux plaquettes. Pour cela, commencer par fixer A/D sur A, comme on le voit en photo F. Il faut utiliser du fil de très petit diamètre. Le fil fin de wrapping devrait convenir. Tous les conducteurs sont soudés d'abord côté afficheur. Voir la photo G. Puis souder l'autre extrémité sur A/D, en commençant par le picot 25, puis 24, 23 et ainsi de suite jusque 1. Pas de longueur excessive et une disposition aussi propre que possible. Voir photo H où le travail est fini. Séparer en deux torons les fils des picots hauts et bas de l'afficheur. Vérifier très soi-

gneusement à l'ohmmètre la continuité et l'exactitude de toutes ces liaisons. S'aider des figures 2, 7 et 10. Il y a 27 liaisons en tout :

- Les 21 segments normaux (3 fois 7).
- Le « 1 » et le « - ».
- Le « Back plane ».
- Le « Test ».
- Les + et - 9 V.

Souder les deux fils souples de liaison vers les piles, à l'entrée du 5 1MP. Souder 2 fils rigides à l'entrée A/D, point froid et point chaud, d'une dizaine de cm. Souder l'une sur l'autre, leurs extrémités.

Bien vérifier jusqu'à certitude d'un travail sain et sans erreur. Il n'est pas inutile de procéder à un bon examen à la loupe. Vous trouverez peut-être des soudures douteuses, sans doute « collées » ou des grains d'étain provoquant de bons courts-circuits entre picots de l'afficheur ou du ICL. Mieux vaut prévenir que guérir ! Sans oublier qu'il est fort difficile de guérir un circuit intégré... mort !

Vérification terminée, rabattre la plaquette A/D et la fixer normalement en place sur ses entretoises. Les liaisons deviennent invisibles et l'aspect impeccable ! Casser la deuxième barrette des bornes Molex. Enficher le 7106 avec précaution. Raccorder, sans faire d'erreur fatale de polarité, à la pile 9 V. Placer le 5 1MP sur marche. Après avoir affiché « 1 » pendant une fraction de seconde, le 3902 doit marquer « 000 », avec un clignotement du « - » à cadence irrégulière. Il est possible d'activer un point décimal en reliant successivement les extrémités des fils dp1 dp2 et dp3, au + 9 V.

Si tout cela est correct, arrêter et débrancher la pile. Si quelque chose ne marche pas, il y a ou erreur ou composant défectueux. Le nombre en étant limité, la recherche n'est pas longue. Elle ne peut malheureusement se faire que par élimination. C'est l'inconvénient de ces circuits à haute intégration, devant lesquels on est admiratif... quand ils fonctionnent et totalement impuissant quand ils ne marchent pas.

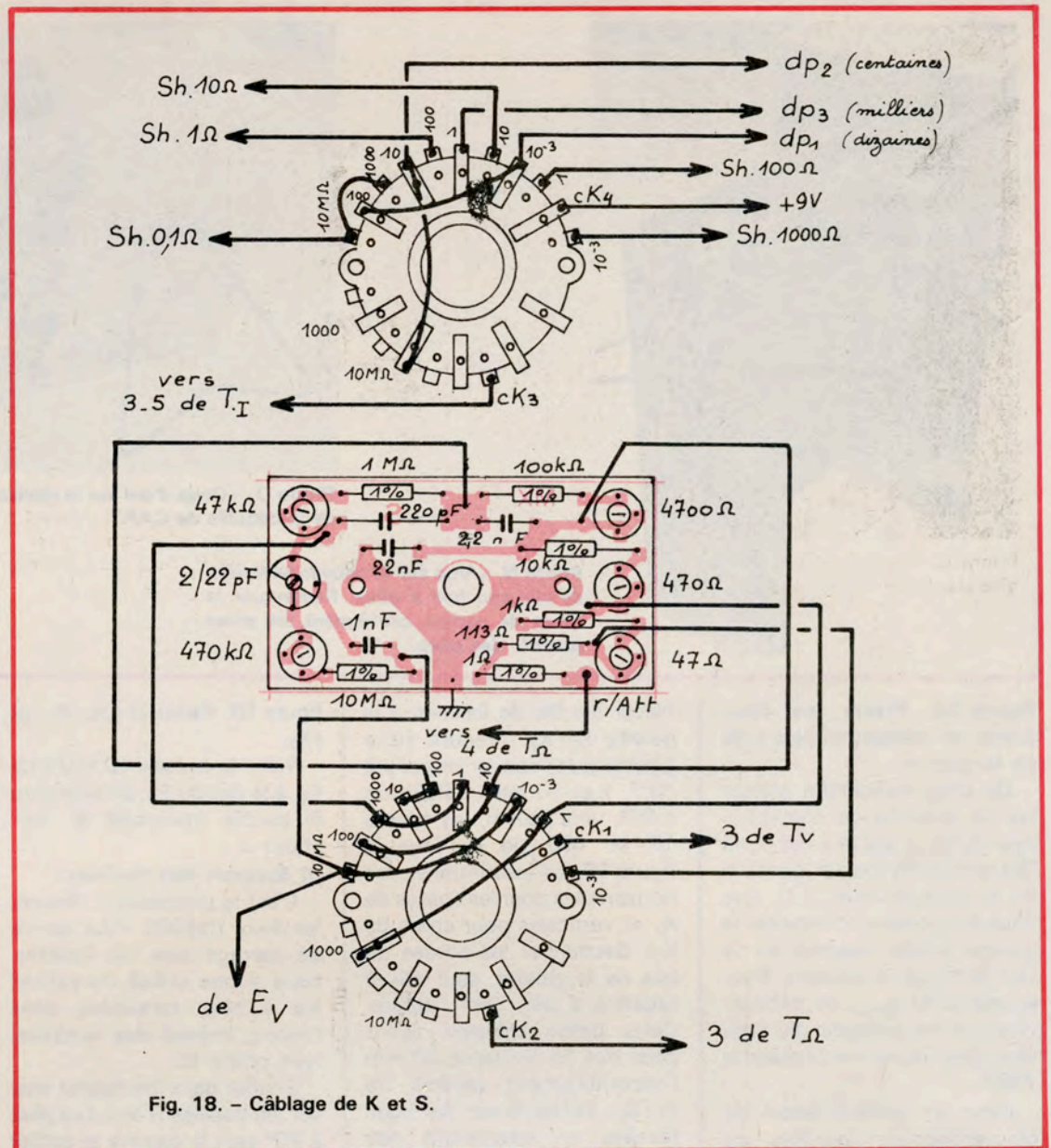


Fig. 18. - Câblage de K et S.

#### b) montage de la plaquette B :

Souder immédiatement les 1N4148 et les 68 kΩ de la cellule de sécurité. Voir figure 17. Souder ensuite les 1N3595 et la 470 kΩ, au plus près de la plaquette. Au verso, les fils et soudures de ces trois derniers composants ne dépasseront pas de plus de 1/2 mm. Effectuer les 6 ponts recto-verso et en profiter pour relier les + et - 9 V de A et de B. Souder, au verso, les deux condensateurs de 15 μF.

Préparer le commutateur à touches, s'il est en pièces détachées. Le placer sous B, tenu provisoirement par 2 ou 3 points de soudure. Présenter le bloc dans le boîtier et figoler la position du commutateur pour un centrage correct dans

la fenêtre de passage des touches. Le souder définitivement. Souder sur les plots concernés les fils cK1, cK2, cK3, r/Att. (5 cm suffisent).

#### c) Montage du commutateur K :

Poser et souder les shunts à 1% et leurs ajustables. Voir figure 15 et photos E et F. Notons que le shunt 0,1 Ω à faire avec 2 à 3 cm de fil de constantan de 4/10, étant ajustable, la résistance variable associée et dont l'emplacement est prévu sur A, est tout à fait facultative. Elle n'a pas été montée sur la maquette (elle serait de 10 Ω).

Préparer l'encliquetage de K en coupant axe et sabre à bonne longueur. Posé, le sabre ne devra pas dépasser l'arrière

de la plaquette B. Caler la mécanique sur 6 positions : avec le modèle de la photo B, l'ergot de positionnement étant à placer vers le bas, celui de la rondelle butée mobile doit être diamétralement opposé.

Couper les tiges filetées à la longueur du sabre. Bien repérer le sens des galettes en observant les photos. Préparer la galette K3/K4 : il faut sectionner les cosses du bas, sauf cK3 qu'il faut rabattre à plat vers l'arrière. Enfiler la galette sur ses tiges en intercalant des entretoises de 9 mm. Monter sur A.

Procéder à la liaison entre K3 et les shunts des intensités. Brancher cK3. Souder les fils des points décimaux aux cosses de K4. Se reporter à la

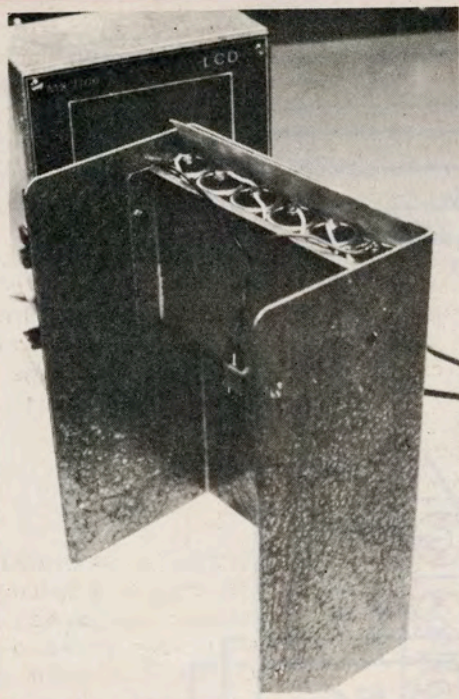


Photo N. - Vue sur le couvercle arrière et sur son bac à piles. Remarquer le rabat de carton, protégeant les pôles positifs des piles.

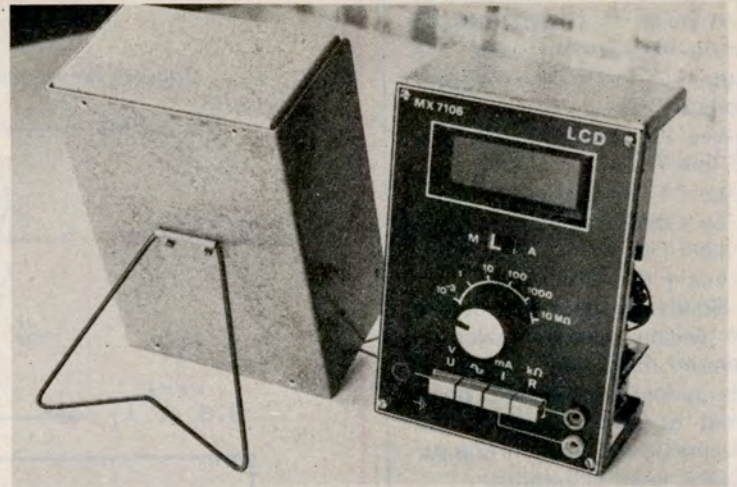


Photo O. - Coup d'œil sur la réalisation de la béquille de CAP.

figure 18. Placer les deux ponts, en passant au plus près de la galette.

On peut maintenant souder les fils d'entrée du convertisseur A/D : e sur le picot 1 de  $T_{AV}$  et le point froid à la masse de A, sous le shunt  $1\Omega$ . Ces deux fils doivent contourner la galette posée, comme on le voit bien sur la photo I. Pour souder le fil  $e_{A/D}$ , on débranchera le fer à souder du secteur, pour éviter de déposer le 7106.

Faire un second essai du convertisseur, touches au repos. Vérifier que le 0 est toujours aussi bon et que maintenant, les points décimaux sont bien commutés par K et correspondent bien à la gamme de mesure.

Prendre le Cl. S et y poser les composants. Voir figure 18.

Placer les fils de liaisons à la galette  $K_1/K_2$ . Prendre cette galette et sectionner les cosses  $10^{-3}$ , 1 et 10 de  $K_1$ . Rabattre à  $90^\circ$ , vers l'avant, les cosses 10 et 100 de  $K_2$  (sur la figure 18, les inscriptions sont horizontales pour les cosses de  $K_1$  et verticales pour celles de  $K_2$ ). Sectionner les cosses du bas de la galette, sauf  $cK_2$  à rabattre à plat vers l'arrière. Cette petite chirurgie ayant pour but de limiter à 30 mm l'encombrement vertical de  $K_1/K_2$ . Enfiler S sur les tiges filetées en intercalant des entretoises de 3 mm, puis la galette, en intercalant des entretoises de 6 mm. Bloquer par les deux écrous. Vérifier qu'aucun contact intempestif ne se produit dans le commutateur. Relier S et  $K_1/K_2$  en suivant les indications de la

figure 18. Relier r/Att,  $cK_1$  et  $cK_2$ .

Relier la cosse « 10 M $\Omega$  » de  $K_2$ , à la douille  $E_V$ , à l'aide d'un fil souple traversant B. Voir photo J.

#### d) Support des fusibles :

C'est la plaquette F. Souder les deux 1N4002. Pour les vis de serrage des fils fusibles, nous avons utilisé de petites vis à tôle, taraudées dans l'époxy. Prévoir des rondelles (voir photo K).

Souder deux fils rigides nus, sur les douilles R et I. Les plier à  $90^\circ$  vers la gauche et enfiler F sur ces fils. Mettre en forme pour amener F, bien dans l'angle A/B et à 4 mm en retrait. Souder les deux fils sur F. Parfaire la fixation de la petite plaquette en soudant la piste de masse à celle de B. Monter les fusibles.

Relier la sortie du fusible 50 mA à la cosse 4 de  $T_V$ , sous le commutateur. Relier la sortie du fusible 2A aux cosses 3 et 5 de  $T_1$ . En profiter pour souder le condensateur de 1 nF de la cellule de sécurité, entre les cosses 1 de  $T_1$  et 2 de  $T_{AV}$ .

Faire un essai du MX7106 en voltmètre continu, avec  $T_V$  enfoncée. Appliquer des tensions connues entre  $E_V$  et la masse et vérifier que l'affichage est correct, après retouche rapide du multitours, le cas échéant. Pour cet essai, les résistances ajustables de S restent à mi-course. On peut aussi faire un essai en ampèremètre, avec  $T_1$  enfoncée et les ajustables de shunts à mi-course. Se contenter de constater l'absence d'anomalie de fonctionnement. Eventuellement en voltmètre, gamme  $10^{-3}$ , l'essai étant fait hors boîtier, on pourra constater un zéro un peu fluctuant. Ne pas s'en inquiéter, tout devant rentrer dans l'ordre, boîtier utilisé et fermé.

#### e) Module de l'ohmmètre :

A monter sur la plaquette D suivant les indications de la figure 19. Faire d'abord les 3 ponts recto-verso. Monter le support du TL081, en picots Molex. Souder les quelques composants. Respecter évi-

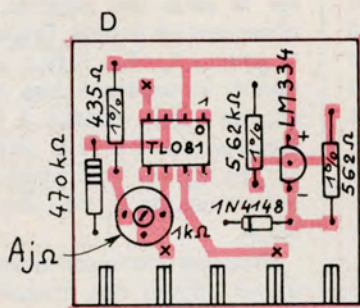


Fig. 19. - Composants de I.

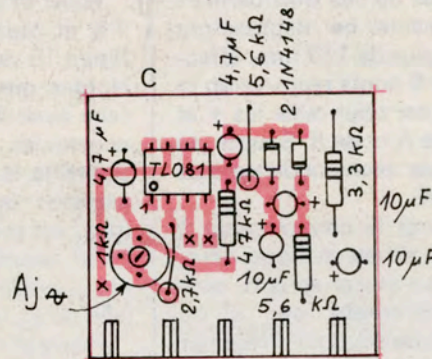


Fig. 20. - Composants de C.

demment le sens des LM334 et 1N4148. Placer le TL081. Enfiler le module du bon côté (à droite, vu de l'arrière). Mettre sous tension. Enfoncer  $T_{\Omega}$ . L'affichage part en dépassement dans toutes les gammes. Brancher une résistance connue entre  $E_R$  et masse. Tourner K en gamme correspondante. Obtenir l'affichage correct, après retouche de  $A_{j\Omega}$ . Faire des essais dans les différentes gammes.

#### f) Module alternatif :

Se monte sur la plaquette C. Faire les trois ponts recto-verso. Voir figure 20. Souder le support Molex. Poser tous les composants en suivant la figure. Veiller à la bonne polarité des perles tantale. Enfiler le TL081. Se mettre en volts alternatifs en enfonçant  $T_V$  et  $T_{\Omega}$ . Injecter entre  $E_V$  et masse une tension sinusoïdale connue et afficher sa valeur en touchant au réglage de  $A_{j\Omega}$ . Travailler en fréquence basse, 50 Hz par exemple, pour que le réglage du 2/22 pF soit sans importance.

Notons que le fonctionnement des deux modules est absolument sans problème. La mise en service est immédiate... sauf erreur ou composant défectueux.

#### 5. Etalonnage

Nous allons surtout rappeler le processus, en renvoyant les réalisateurs au numéro précédent, lequel donne tous les détails nécessaires.

#### a) Calage de l'atténuateur :

Se mettre en ohmmètre, gamme  $10^{-3}$ . Brancher une résistance de  $180 \Omega$  entre  $E_R$  et masse. Noter la valeur affichée, sans s'attarder à sa précision absolue. Passer en gamme 1 et régler la  $47 \Omega$  de S pour afficher exactement le 1/10 du résultat précédent. Mesurer maintenant une  $1800 \Omega$  en gamme 1. Noter l'affichage. Passer en gamme 10 et régler la  $470 \Omega$  pour lire le 1/10. Et ainsi de suite, jusqu'à la dernière gamme.

#### b) Calage du convertisseur A/D :

Brancher une pile étalon de Weston ou Eplab, à l'entrée  $E_V$ .

Gamme 1 et continu. Amener l'affichage à la valeur par le multitours de A/D. Voir le numéro précédent pour d'autres possibilités.

#### c) Calage de l'alternatif :

Injecter une tension très sinusoïdale, à 1000 Hz, de 180 mV eff, et la mesurer en gamme  $10^{-3}$ . Noter le résultat affiché. Passer en gamme 1 et régler le 2/22 pF pour lire le 1/10 du résultat de la première lecture.

Injecter maintenant une tension sinusoïdale connue avec précision et régler  $A_{j\Omega}$  pour lire la valeur correspondante. Voir numéro précédent.

#### d) Calage des intensités :

Toujours démarrer les essais, réglages à mi-course, donnant aux shunts leurs valeurs nominales. Le principe de réglage est de mesurer une intensité calculée dans un circuit alimenté par une tension mesurée et traversant une résistance également mesurée. On se reportera au numéro précédent pour le détail de

cette opération. Le shunt  $0,1 \Omega$  est ajusté par variation de la longueur du fil de constantan.

#### 6. Les piles

Le MX7106 est prévu pour un fonctionnement sous 9 V, fournis par 6 piles au format R6. Ces piles sont à relier en série à l'aide de conducteurs soudés. Utiliser un fer de taille suffisante pour des soudures rapides et de qualité. Toutes les piles sont placées dans le bas, le + vers le haut. Ne pas oublier d'isoler le fond du bac, sinon, l'autonomie sera... très courte ! Comme le montre la photo N, il faut aussi prévoir un rabat de carton, côté + pour éviter tout contact intempestif, au montage en boîtier. Une épaisseur de carton serait à ajouter si les piles étaient trop libres. Le cordon d'alimentation sera muni d'un petit connecteur 2 fils. Le couvercle est à placer, en engageant d'abord la partie haute. Quatre vis à tête assurent la tenue du couvercle.

La consommation du MX7106 ne dépassant pas 5 mA, la vie des piles sera très

longue. Ne monter que des piles blindées et de préférence alcalines. On peut compter sur plusieurs mois d'autonomie, voire une année ! Mais cela dépend par trop du style d'utilisation pour être chiffré précisément. Ainsi la maquette a toujours les mêmes piles depuis 10 mois, mais notre MX7106 n'est pas sous tension du matin au soir ! Il est certain que ce n'est pas de ce côté que nous trouverons le point faible du MX7106 !

## Conclusion

Nous voici arrivés au terme de cette série sur les multimètres. Le sujet n'est certes pas épuisé et nous aurons d'ici quelque temps l'occasion de vous présenter un autre modèle à circuits Texas. Nous pensons avoir cependant bien exploré la question et démystifié ce type d'appareil. Nous voudrions vous avoir persuadés que le multimètre numérique est un appareil FACILE à fabriquer par un amateur moyen ! Il ne faut pratiquement pas d'autre appareil de mesure pour entreprendre sa réalisation, sauf le vulgaire contrôleur que chacun se doit de posséder. Nous souhaitons aussi que de nombreux lecteurs aient l'envie et le courage d'entreprendre de telles réalisations, tellement plus enrichissantes que tant de montages plus ou moins ridicules, mais qui fleurissent dans les revues d'amateurs. Et si le multimètre que vous aurez fabriqué ne remplacera jamais le contrôleur à aiguille, pour certaines applications particulières (recherche d'un maximum par exemple !) il en sera le complément vite irremplaçable et dont vous ne regretterez certainement pas l'acquisition.

Bien entendu, nous restons à votre disposition pour tout renseignement complémentaire et nous comptons sur la bonne volonté et l'amabilité des réalisateurs pour nous tenir informés des résultats obtenus.



Photo P. - La face avant du MX7106. Le 0 est parfait, même en gamme  $10^{-3}$ , entrée  $E_V$  en l'air ! Avec un afficheur à cristaux liquides, plus la lumière incidente est forte et mieux on voit !