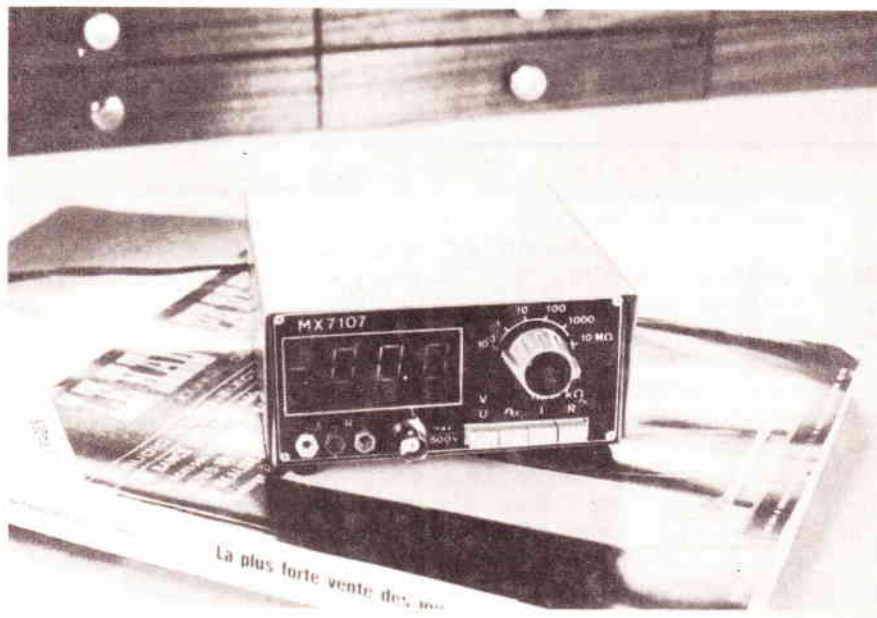


## MULTIMETRES A GOGO !



## IV - LE MX 7107

**A**PRÈS la description, les mois derniers, des trois multimètres numériques MX 130 (avec le LD 130 de Siliconix), MX 3501 (avec le ADD 3501 de NS) et le MX 2500 (avec le ADD 2500 de NS), nous avons le plaisir de vous présenter maintenant deux autres modèles équipés de circuits Intersil: les ICL 7107 et ICL 7106. Ces deux circuits à haute intégration sont globalement identiques mais se distinguent par le type d'afficheur associé :

Avec le ICL 7107, il faut monter des afficheurs à diodes LED.

Avec le ICL 7106, il faut monter des afficheurs à cristaux liquides (LCD).

Les caractéristiques communes des deux circuits sont :

- un 0 affiché garanti, pour une tension d'entrée nulle ;
- entrées à très haute impédance, supérieure à  $10^{12} \Omega$  ;
- courants d'entrées typiques de 1 pA ;
- intégration de tous les composants actifs nécessaires. Technologie CMOS : sont inclus, outre la section analogique, mais aussi toute la section digitale avec décodeurs à 7 segments, commande d'affichage, référence et oscillateur d'horloge. La commande rectangulaire du panneau arrière de l'afficheur à LCD est comprise dans le 7106 ;
- consommation extrême-

ment réduite : moins de  $10 \mu W$  typique ;

- sorties des afficheurs non multiplexées obligeant Intersil à l'emploi d'un boîtier DIL à 40 broches, mais permettant l'obtention d'un très faible bruit de fonctionnement : moins de  $15 \mu V_{cc}$  ;
- lecture sur 2 000 points (3 1/2 digits) pour une sensibilité de 200 mV ;
- très faible nombre de composants passifs périphériques nécessaires.

Pour éviter de fâcheuses répétitions, le mois prochain, à cause de la grande ressemblance des deux circuits, nous les étudierons simultanément ce mois.

### - I - Etude détaillée des ICL 7106 et 7107

La figure 1 donne le brochage du 7107.

La figure 2 donne celui du 7106. Remarquer la sortie de tous les segments nécessaires à l'affichage. Le digit des unités est le numéro 1, celui des dizaines, le 2, des centaines le 3, et celui des milliers, le 4. Le chiffre 1 des milliers sera seul à être éventuellement affiché et est noté AB4. Le signe - de polarité est noté « pol ».

NB. F2 désigne par exemple, le segment f du 2<sup>e</sup> digit, c'est-à-dire des dizaines.

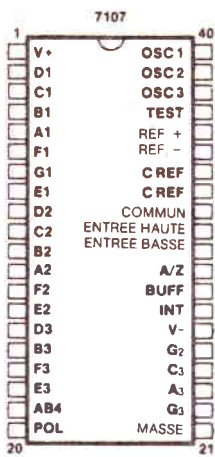


Fig. 1. - Brochage du ICL 7107.

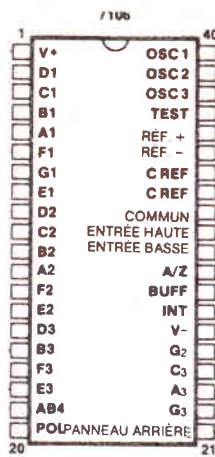


Fig. 2. - Brochage du ICL 7106.

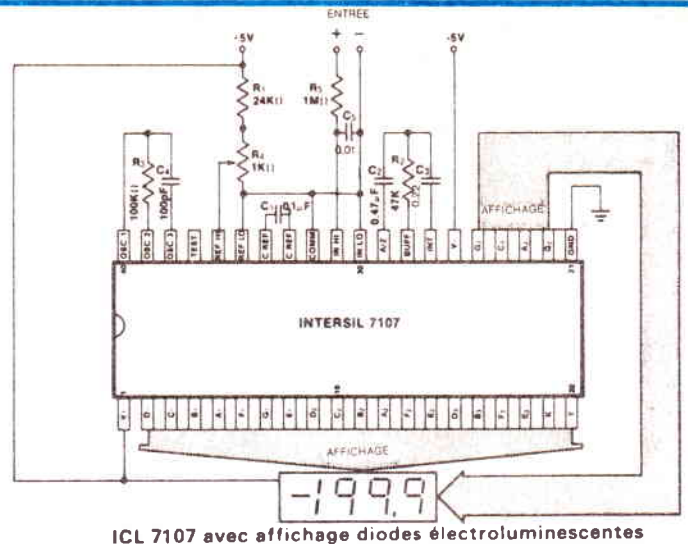


Fig. 3. - Montage typique du 7107.

La figure 3 donne le montage d'essai du 7107, avec usage de la référence interne. On remarquera la très grande simplicité de la mise en œuvre. Une alimentation double  $\pm 5$  V est nécessaire. La tension positive doit fournir le courant des afficheurs. La consommation sur la source négative est inférieure à 1 mA.

La figure 4 donne le montage du 7106. Le picot 21 fournit la tension rectangulaire de commande des afficheurs LCD. Une simple pile de 9 V est nécessaire et ne débite que 0,8 mA environ.

La technologie de conversion retenue par Intersil est celle de la double rampe, avec phase d'auto-zéro. La figure 5 indique le schéma-bloc de la partie analogique des deux circuits. Le temps de conversion se décompose en trois phases :  
 - **Phase d'auto-zéro** : Pendant cette phase, il se passe trois choses. D'abord, les entrées haute et basse sont déconnectées intérieurement et reliées au commun analogique. Puis, le condensateur de référence est chargé à la valeur de la tension de référence. Enfin, une boucle de contre-réaction est fermée autour du système de façon à charger le condensateur d'auto-zéro  $C_{AZ}$  et compenser la somme des erreurs d'offset dans l'amplificateur buffer, l'intégrateur et le comparateur. Puisque le comparateur est compris dans la boucle, la précision de l'auto-zéro est limitée

seulement par le bruit du système. De toute manière, la tension d'offset ramenée à l'entrée est inférieure à  $10 \mu V$ .  
 - **Phase d'intégration du signal à mesurer** : Pendant la phase d'intégration, la boucle d'auto-zéro est ouverte et les entrées haute et basse sont connectées à nouveau aux broches correspondantes. Le convertisseur intègre alors la tension différentielle existant entre l'entrée haute et l'entrée basse, pendant un temps prédéterminé de 1 000 périodes d'horloge. La tension de mode commun sur les entrées doit se trouver à l'intérieur de la gamme de mode commun admissible, soit au moins 1 V en deçà de chacune des tensions d'alimentation. Notons cependant qu'il est préférable

de référencer l'entrée basse à la tension de commun analogique. A la fin de cette seconde phase, la polarité du signal est déterminée.

- **Phase d'intégration de la référence** : L'entrée basse est connectée intérieurement au commun analogique et l'entrée haute au condensateur  $C_{REF}$  chargé précédemment à la tension de référence. Le circuit est conçu pour que ce condensateur soit connecté avec la polarité correcte qui conduira la sortie de l'intégrateur à retourner vers 0. Le temps nécessaire à ce résultat est proportionnel à la grandeur de la tension mesurée. La lecture digitale est :

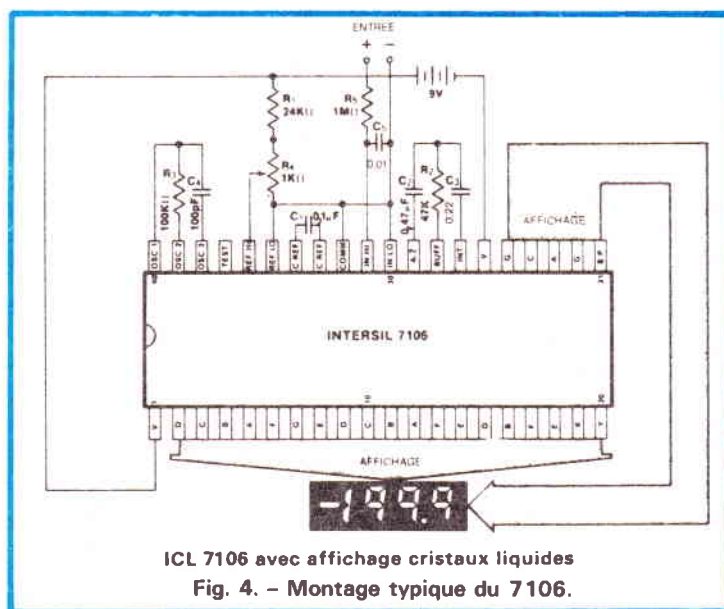
$$1000 \times \frac{V_e}{V_{ref}}$$

### Note sur le commun analogique et la référence

Le commun analogique est principalement prévu pour permettre de fixer la tension de mode commun dans le cas du fonctionnement sur pile du 7106 ou pour tout autre système où le signal d'entrée est flottant par rapport aux tensions d'alimentation. Le potentiel de cette broche est inférieur d'environ 2,8 V à la tension d'alimentation positive. Cette valeur a été choisie de manière à ce que la tension d'alimentation minimum de la pile soit de l'ordre de 6 V.

Cependant, le commun analogique a aussi les avantages d'une tension de référence. Lorsque la tension d'alimentation est suffisante pour que la zener interne règle ( $> 7$  V) le commun analogique a un taux de régulation élevé (0,001 %) une faible impédance de sortie, ( $\approx 15 \Omega$ ) et un coefficient de température typique inférieur à 80 ppm/°C. Cependant il faut tenir compte des limitations de cette référence interne. Avec le ICL 7107 l'échauffement du boîtier causé par les drivers des segments entraîne une dégradation des performances. Les boîtiers plastique étant à ce titre, plus mauvais que les céramiques. Bien entendu, dans ce cas, il est conseillé d'utiliser une référence externe.

Le ICL 7106 ne souffre pas de ces problèmes à cause de sa dissipation négligeable.



ICL 7106 avec affichage cristaux liquides  
 Fig. 4. - Montage typique du 7106.



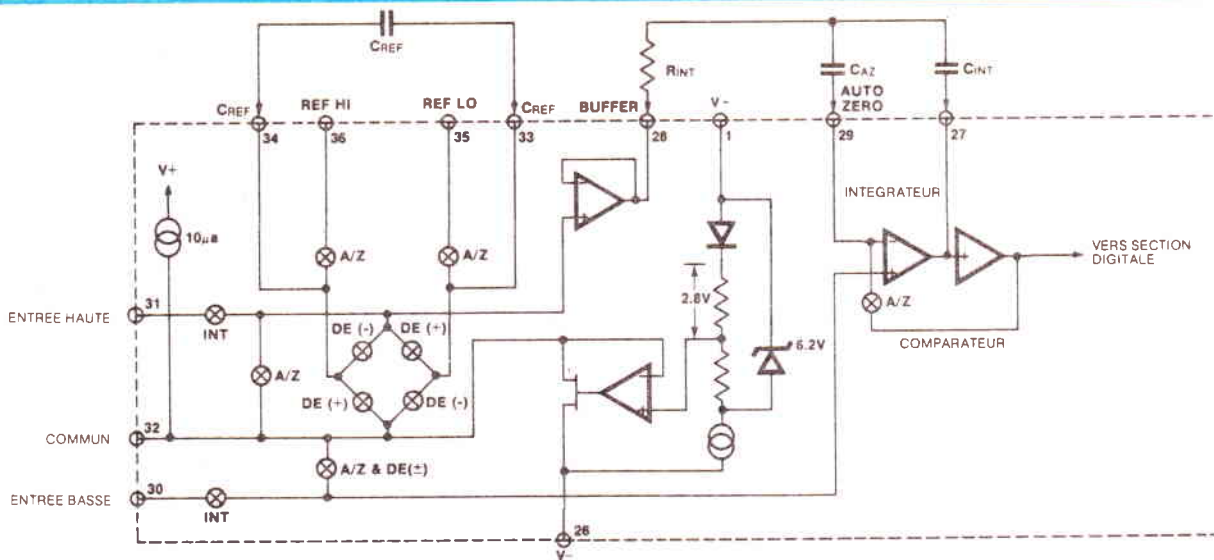


Fig. 5. - Section analogique du 7106/7.

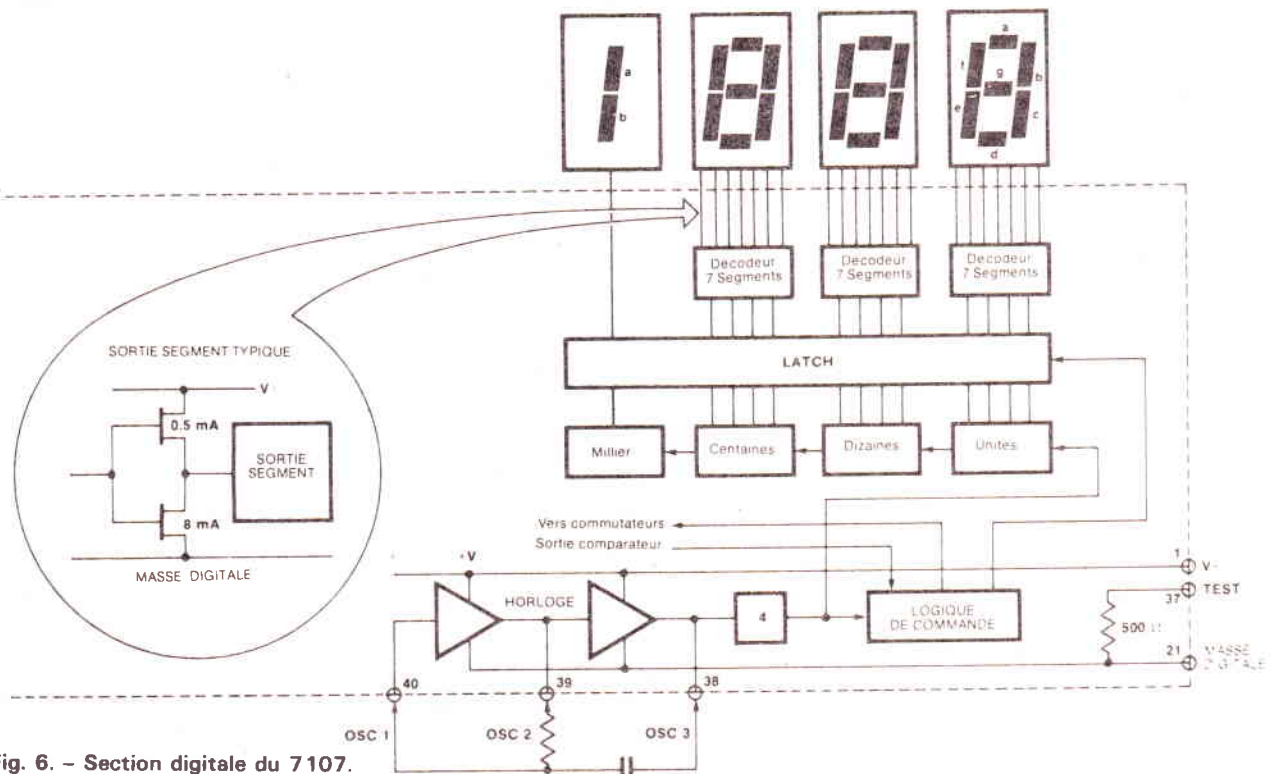


Fig. 6. - Section digitale du 7107.

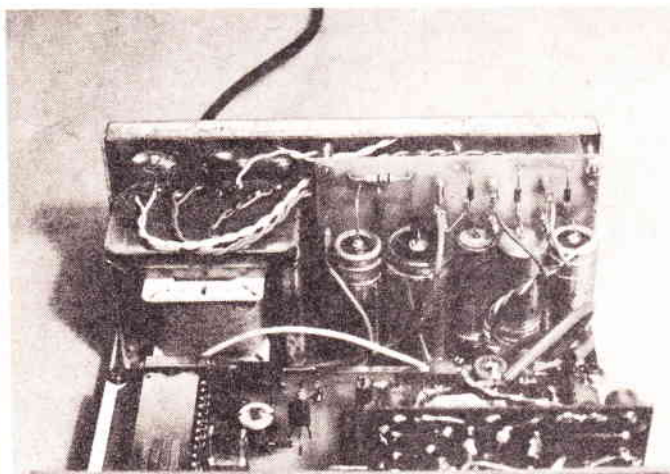


Photo B. - L'alimentation du MX 7107.

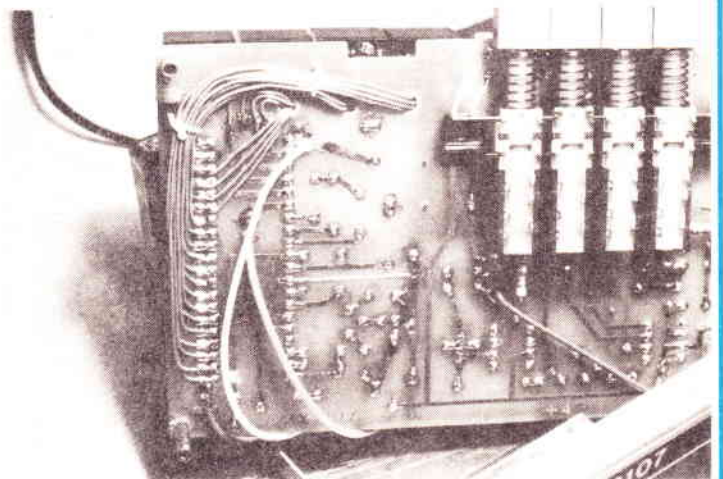


Photo C. - Le câblage des liaisons d'afficheurs est un travail assez délicat, à faire soigneusement.

Les figures 6 et 7 montrent l'organisation des sections digitales du 7107 et du 7106. Dans le 7106, une masse digitale interne est générée à partir d'une diode zener de 6,2 V et d'un MOS canal P, monté en suiveur de tension.

Cette alimentation est assez puissante pour absorber les courants capacitifs assez élevés pendant la commutation du panneau arrière. La fréquence de commutation de ce panneau est celle de l'horloge divisée par 800. Lorsqu'un segment est allumé, les tensions de ce segment et du panneau arrière sont en opposition de phase. Lorsque le segment est éteint, ces tensions sont en phase. Nous reviendrons sur le fonctionnement peu connu de ces afficheurs, le mois prochain.

Dans le cas du 7107, le schéma est globalement le même, avec suppression du diviseur par 200. Cependant les sorties de segments sont prévues pour délivrer 8 mA et

non plus 2 mA. Pour le 1 des milliers, la sortie donne 16 mA.

L'oscillateur interne peut être mis en œuvre à l'aide de 2 composants R et C. Avec les valeurs choisies la fréquence d'horloge est de l'ordre de 48 kHz, donnant à peu près 3 conversions par seconde.

La broche TEST a deux fonctions. Dans le cas du 7106 elle servira de masse digitale pour l'alimentation d'un CMOS 4030 supplémentaire nécessaire pour la commande rectangulaire des points décimaux. D'autre part, si ce point est relié au + de l'alimentation, tous les segments s'allument affichant -1888. Attention, cet essai est déconseillé sur le 7106, car il risque de détériorer l'afficheur LCD.

Les composants passifs des deux circuits doivent avoir les valeurs des schémas pour de bons résultats. Il est de plus nécessaire de choisir des condensateurs d'excellente qualité, sans fuite.

Ces généralités sur les cir-

cuits Intersil utilisés nous semblent suffisantes, nous allons passer maintenant à l'étude et à la réalisation du premier montage: le MX 7107 utilisant le ICL 7107.

## - II - Caractéristiques générales du MX 7107

- Multimètre à 2 000 points: de 0 à  $\pm 1999$ .
- Affichage type LED à chiffres de 13 mm.
- Alimentation par le secteur.
- Cinq fonctions: volts continus et alternatifs; intensités continues et alternatives; résistances.
- Cinq gammes de mesure des tensions. Résolution maximum de 0,1 mV. Maximum mesurable en pratique de 500 V (2 000 V théoriques). Précision en continu: 0,1 %.

- Cinq gammes de mesure des intensités. Résolution maximum de 0,1  $\mu$ A. Maximum mesurable de 2 A. Chute de tension maximum à 2 000 points: 200 mV. Précision en continu de 0,1 %.
- Six gammes de mesure des résistances. Résolution maximum de 0,1  $\Omega$ . Maximum mesurable de 20 M $\Omega$ . Précision: 0,1 %.
- Précision en alternatif: 1 à 2 % de 50 Hz à 15 kHz (signaux sinusoïdaux).
- Impédance d'entrée de 11,4 M $\Omega$  en voltmètre.
- Polarité automatique.
- Zéro automatique.
- Dépassement signalé par l'extinction des trois digits de moindre poids et allumage du 1 des milliers.
- Très bonne stabilité thermique, due au choix d'éléments performants de NS.
- Très bonne protection contre les surcharges.
- Utilisation aisée.
- Prix de revient très compétitif.

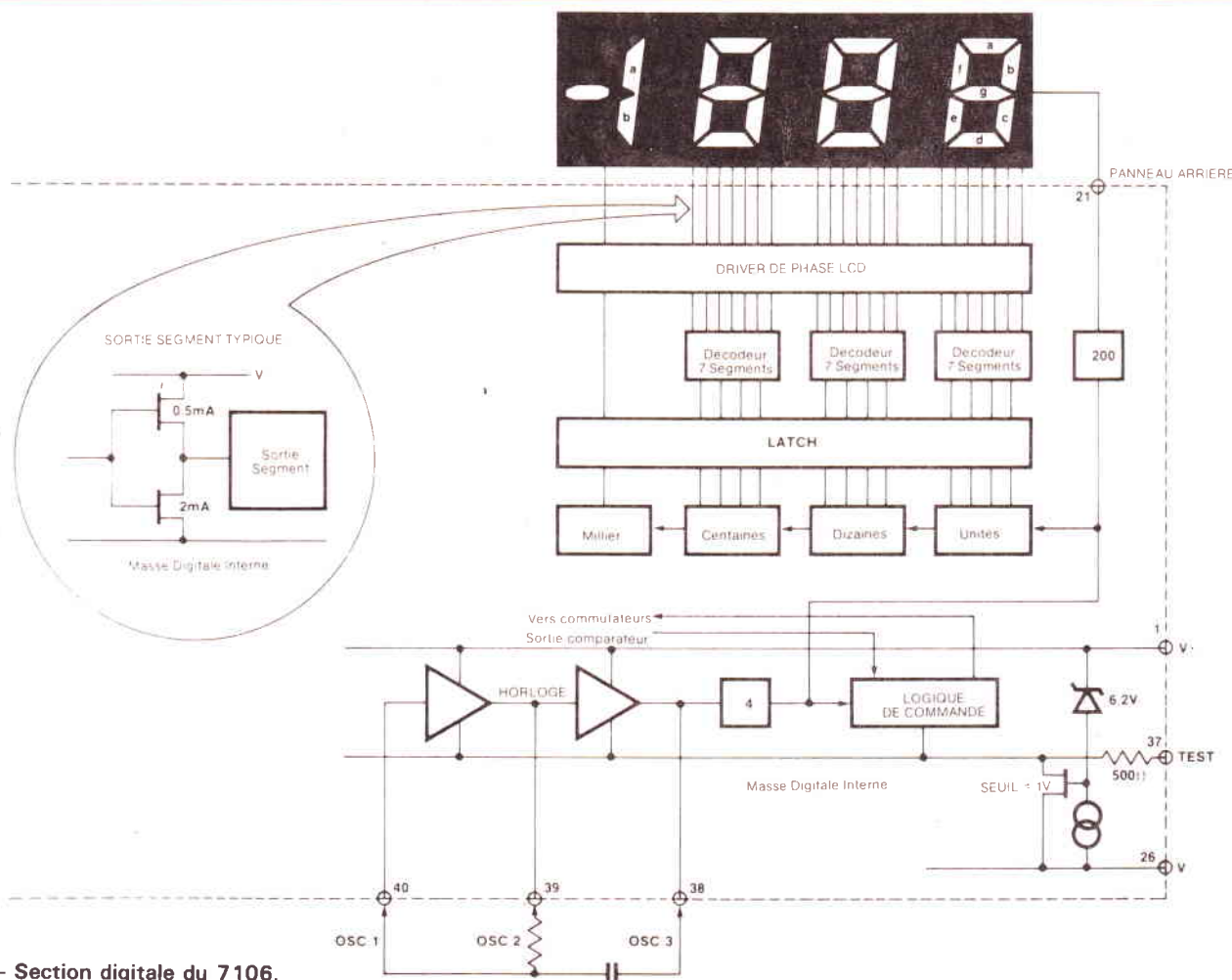


Fig. 7. - Section digitale du 7106.



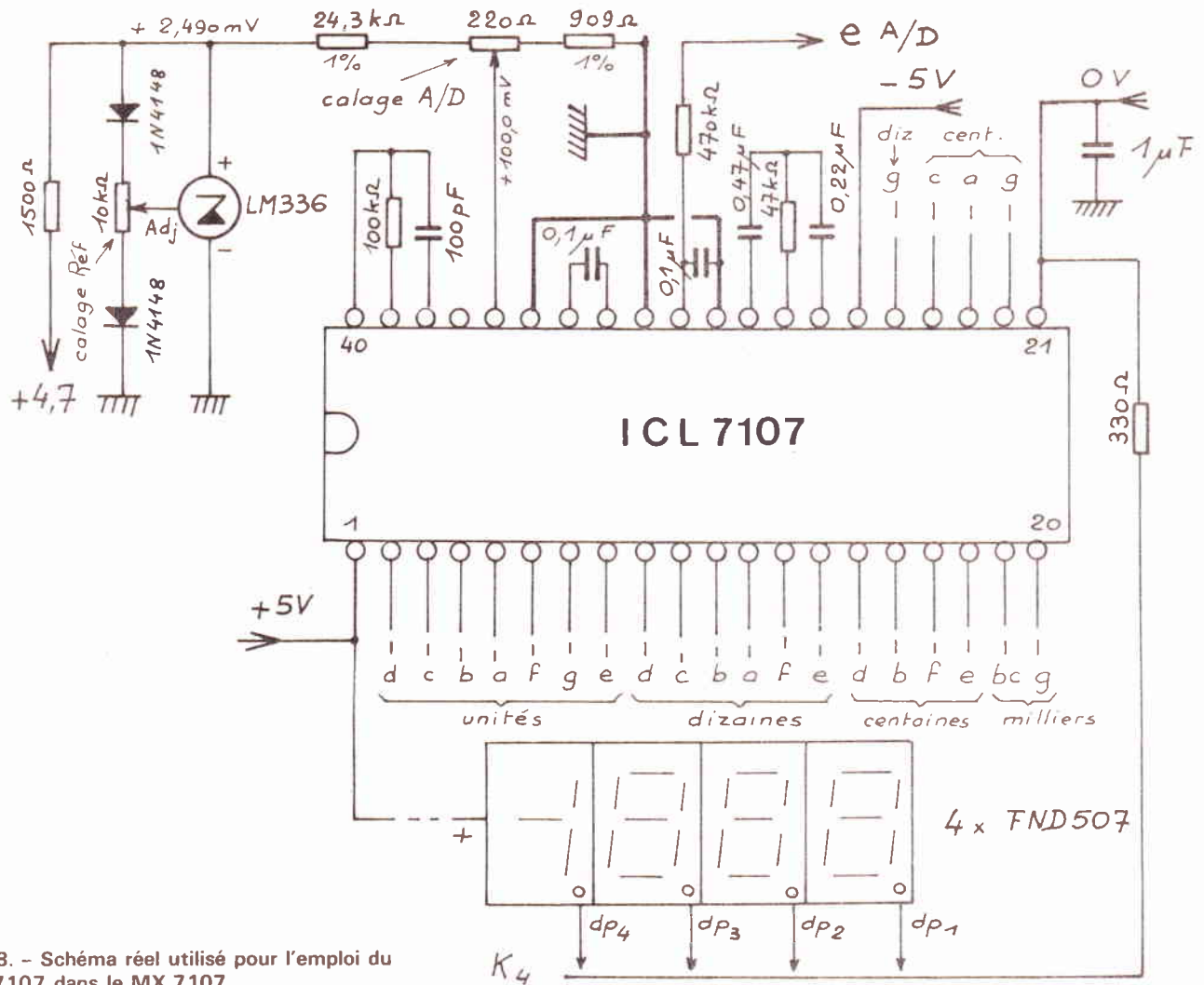


Fig. 8. - Schéma réel utilisé pour l'emploi du ICL 7107 dans le MX 7107.

- Réalisation particulièrement facile et rapide. Fonctionnement sans aléas.
- Dimensions réduites : 13 x 12 x 5,5 cm.

### - III - Etude théorique

#### 1. Le convertisseur A/D (voir figure 8)

Le schéma utilisé est pratiquement celui que conseille Intersil. L'oscillateur d'horloge est du type RC, réalisé autour des broches 40, 39 et 38. La fréquence est de l'ordre de 48 kHz, avec une période de l'ordre de 84 μs et un temps de conversion total de 4 000 périodes ce qui donne à peu près 1/3 s, d'où 3 conversions par seconde. Un fignoage serait possible, pour amener le rythme de conversion, en phase avec le secteur européen à 50 Hz, ceci afin de mini-

miser les inductions parasites. Nous ne l'avons pas fait.

Les valeurs des composants d'intégration sont adaptés à la sensibilité retenue de 200 mV pour 2 000 points. Il ne faudra pas les modifier.

La cellule d'entrée 470 kΩ / 0,1 μF donne une réjection importante du bruit et des inductions parasites. Elle est sans effet sur la précision, provoquant une chute de tension inférieure à 1 μV.

Comme nous l'avons dit, plus haut, la dissipation importante du 7107, à cause de la commande des afficheurs à LED, élève la température du boîtier, provoquant une certaine dérive de la référence interne. Nous avons donc fait appel à une référence externe : c'est la LM 336 de NS, déjà choisie pour le MX 3501. Cette « diode » genre zener donne entière satisfaction et se révèle insensible aux variations

de température normales : moins d'un point de variation entre l'appareil froid et l'appareil après plusieurs heures de marche ! L'électrode « Adjust » de la LM 336 permet d'amener la tension stabilisée à la valeur nominale de 2,490 V, assurant précisément, dans le montage à deux diodes, le coefficient de température minimal. Un pont diviseur à résistances 1 %, pour leur stabilité thermique, donne la tension de référence de 100 mV à ajuster par le multi-tours « Calage A/D ».

La documentation Intersil indique qu'il est possible de ramener l'entrée basse à un potentiel assez quelconque, entre les + et - d'alimentation. Par exemple, on doit pouvoir référencer cette entrée basse au point milieu 0 V de cette alimentation. Une telle solution nous aurait fort convenu, car elle évitait une seconde alimentation spéciale pour les

amplis Op des circuits de fonctions. Cependant, cette possibilité s'est avérée... impossible ! Le fait de ramener le picot 30 au 0 V produit un décalage important du 0, que le circuit ne parvient pas à corriger !

Intersil consulté a été... évasif ! Aussi nous avons ramené le picot 30 au commun analogique du 7107 pour retrouver un 0 parfait. Toutefois, ce commun donne la masse générale du multimètre et celle-ci est décentrée par rapport à l'alimentation du 7107.

Par exemple, il devient impossible d'alimenter la LM 336, à partir du +5 V, celui-ci étant seulement à +2,8 V au-dessus du commun. Il faut alors, pour cette diode et pour le reste de l'appareil, prévoir une seconde alimentation ± 4,7 V, cette fois, bien centrée sur la masse. La LM 336 est ainsi alimentée, par ce + 4,7 V, déjà régulé par

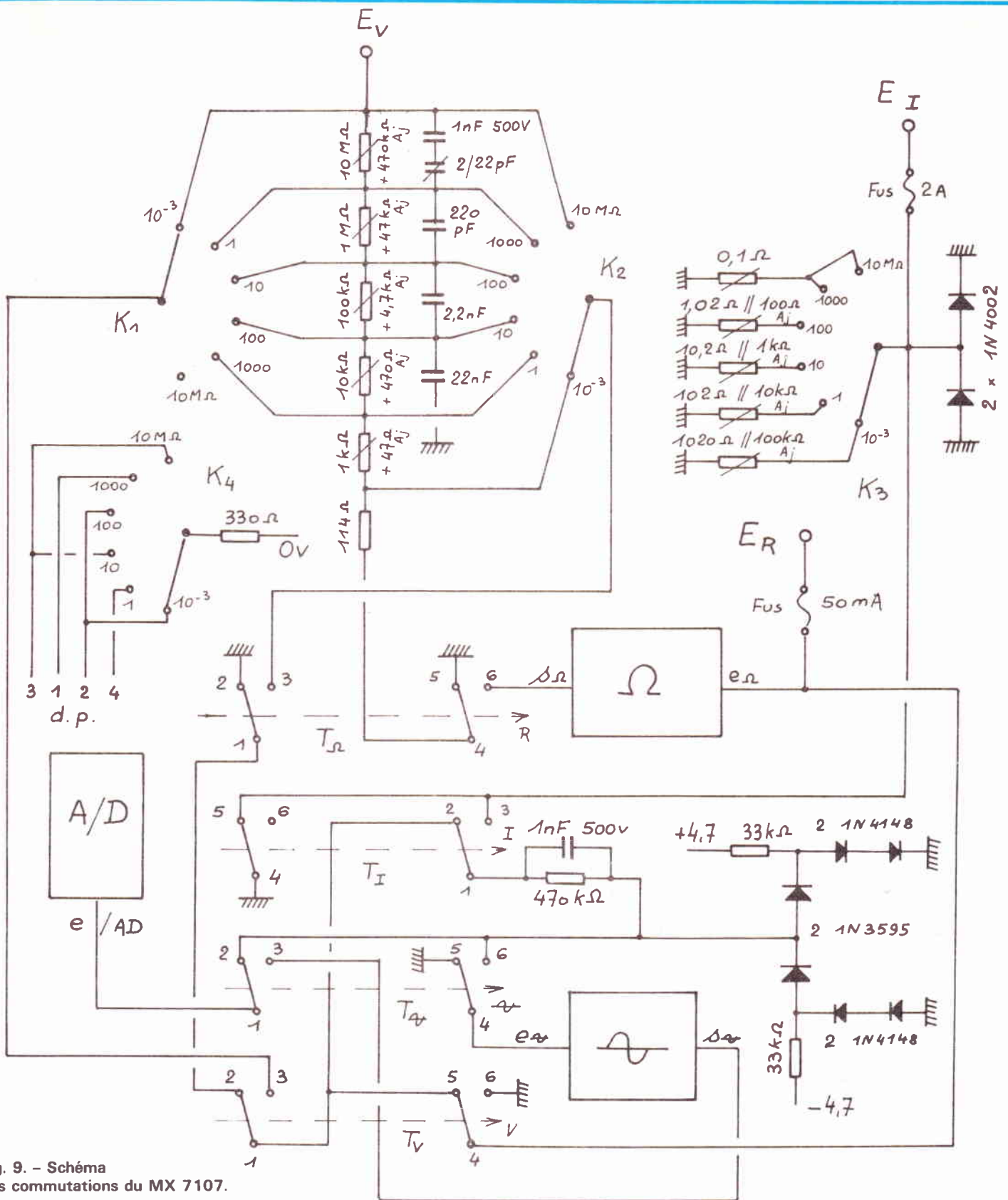


Fig. 9. - Schéma des commutations du MX 7107.

zener. La diode de référence travaille ainsi dans les meilleures conditions. L'alimentation  $\pm 5V$  étant rendue quelque peu « flottante » par rapport à la masse générale, le  $0V$  est relié à cette masse par un bon  $1\mu F$  non polarisé et sans fuite.

## 2. Les circuits de fonctions (voir figure 9)

Nous les étudierons très vite car ils sont presque identiques à ceux des multimètres précédents.

Le commutateur rotatif  $K$  assure les changements de gammes :  $K_1$  pour les tensions,  $K_2$  pour les résistances,  $K_3$  pour les intensités,  $K_4$  pour les points décimaux.

$K_1$  et  $K_2$  doivent avoir des contacts non court-circuitant

afin de ne pas court-circuiter une résistance d'atténuation en passant d'une gamme à l'autre, ce qui aurait pour effet de survolter inutilement l'entrée A/D, pendant une fraction de seconde.

$K_3$   $K_4$ , au contraire, doivent

être court-circuitants, afin de ne pas supprimer le shunt au changement de gamme, ce qui serait encore plus gênant que ci-dessus !

Le commutateur à 4 touches assure les fonctions :

- En enfonçant  $T_V$ , l'entrée  $E_V$  est raccordée, via  $K_1$  à l'entrée A/D et l'on peut mesurer les tensions continues. La cellule de protection à diodes interdit à l'entrée A/D de dépasser 3 tensions de jonctions silicium, soit à peu près 1,5 V. La résistance au claquage de la 470 k $\Omega$  et du 1 nF donne la limite de sécurité. Penser aussi aux claquages dans les commutateurs. Pour avoir une précision de 0,1 % dans toutes les gammes, on doit associer à chaque résistance à 1%, un petit talon ajustable. Un étalonnage soigné est indispensable, évidemment.

- En enfonçant la touche  $T_I$ , l'appareil mesure les intensités continues traversant les shunts sélectionnés par  $K_3$ . La valeur nominale de ces shunts doit être de 0,1  $\Omega$ , 1  $\Omega$ ... 1000  $\Omega$  à 0,1% près. Pour obtenir ce résultat, nous partons d'une valeur légèrement supérieure : par exemple 102  $\Omega$ , que nous ramenons à la valeur idéale à l'aide d'une résistance ajustable parallèle. Dans cet exemple, le calcul indique qu'il faut 5 100  $\Omega$  en parallèle pour obtenir 100  $\Omega$ . La résistance ajustable sera de 10 000  $\Omega$  sensiblement à mi-course. La protection des shunts est assurée par deux diodes 1N4002.

Dès que la tension à l'entrée  $E_I$  dépasse 0,5 V, ces diodes conduisent et si le courant s'avère trop élevé, le fusible 2A saute. Le shunt 0,1  $\Omega$  est réalisé en fil de constantan et doit être ajusté expérimentalement par variation de longueur.

- Pour les mêmes mesures en alternatif, on enfonce, en plus la touche  $T_A$ . Il s'intercale alors entre  $K_1$  et l'entrée A/D, un convertisseur  $\sim/\sim$  dont le schéma est donné à nouveau en figure 10. Nous n'insistons pas sur cet excellent montage dont la linéarité est absolument sans reproche. Le gain permettant l'étalonnage est réglé par  $A_{jA}$ . Comme le TL081 ne doit convertir que

Fig. 10. - Schéma du convertisseur  $\sim/\sim$ .

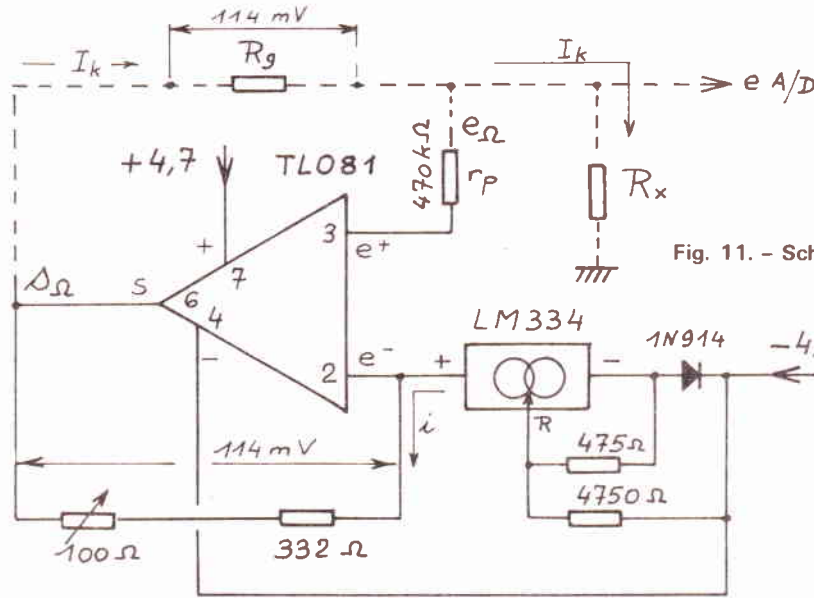
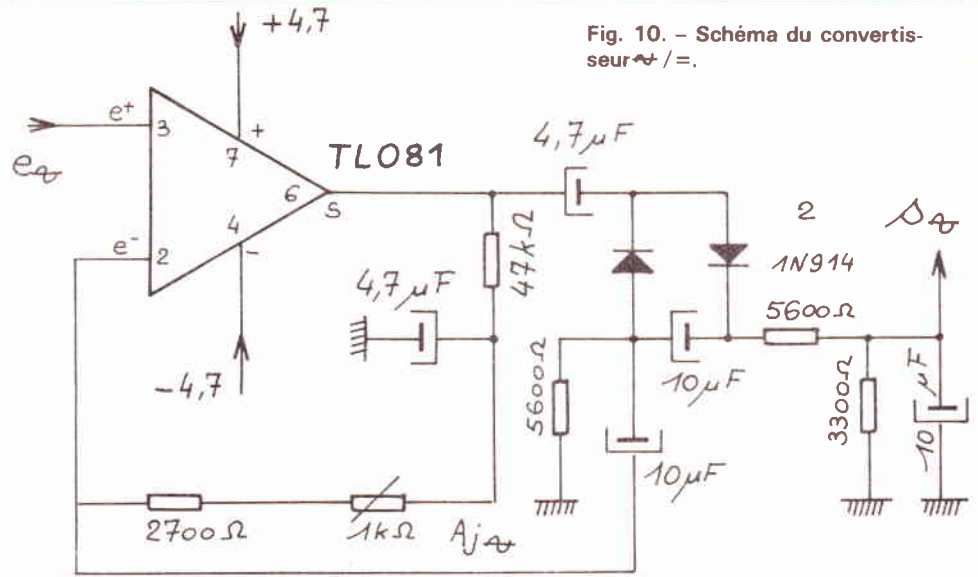


Fig. 11. - Schéma de l'ohmmètre.

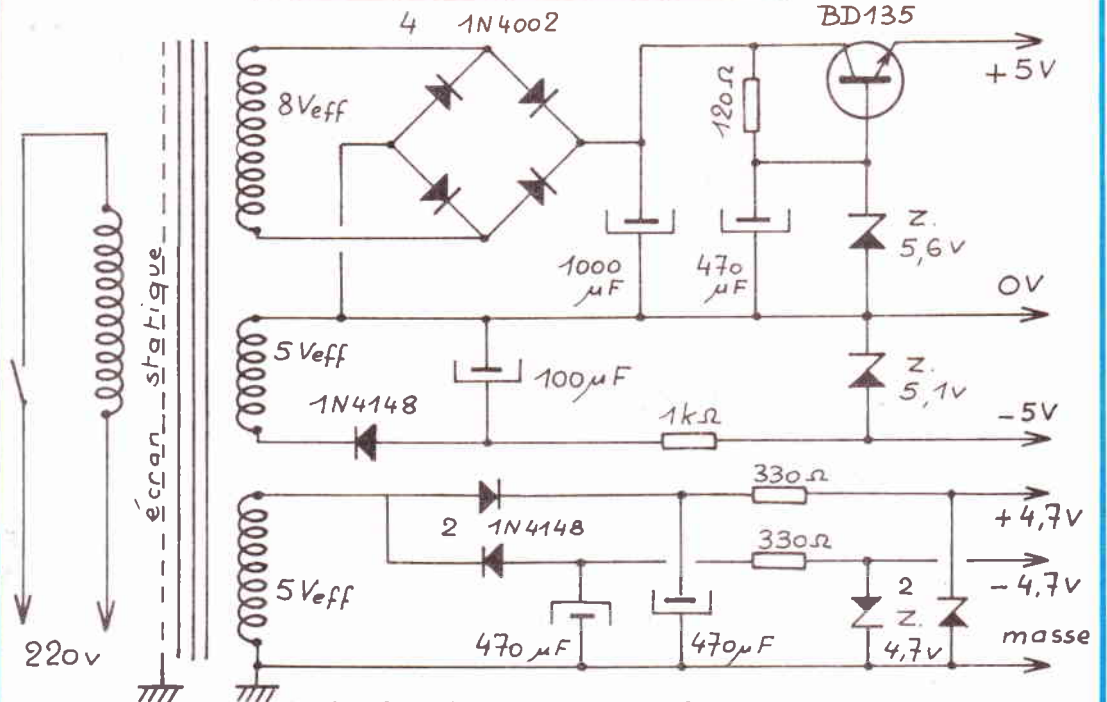


Fig. 12. - Alimentation du MX 7107.



des tensions maximales de 200 mV<sub>eff</sub> la tension d'alimentation de  $\pm 4,7$  V est suffisante.

– Pour mesurer les résistances, il faut enfoncer la touche T<sub>Ω</sub>. Le schéma du système est alors très modifié. Il fait intervenir le circuit de la figure 11. Encore un Bifet ! Remarquons immédiatement l'usage d'un second composant très spécial de NS, la LM 334, « diode » à courant constant programmable. Dans le montage retenu à cause de son coefficient de température quasi nul, le courant débité par la LM 334 est égal à

$$(67,7 \text{ mV} / 475 \Omega) \times 2$$

en mA, soit à peu près 0,28 mA. Ce courant i traverse la résistance ajustable située entre e et s et y développe une tension de 114 mV.

La résistance doit donc mesurer 407 Ω (332 Ω + 100 A<sub>j</sub>). La même tension apparaît entre s et e<sup>+</sup>, déterminant dans la résistance sélectionnée par K<sub>2</sub>, (R<sub>g</sub>) un courant constant I<sub>k</sub> qui traverse R<sub>x</sub> et crée entre ses pôles une tension proportionnelle à sa valeur et mesurée par le convertisseur A/D.

Ce dernier est toujours protégé par la cellule à diodes. Le Bifet l'est par r<sub>p</sub>. Au repos de la touche T<sub>Ω</sub> la douille E<sub>R</sub> est à la masse, à travers un fusible 50 mA. Signalons que comme en gamme 10<sup>-3</sup>, la résolution est de 0,1 Ω, il faudra veiller à avoir des liaisons à très faible résistance. Il sera d'ailleurs difficile d'éliminer 1 ou 2 points

résiduels dont on tiendra compte dans toute mesure sur cette gamme. Au contraire sur les gammes élevées, c'est un autre problème qui apparaît : le risque d'inductions parasites. Il faut, par exemple pour mesurer une résistance de plusieurs mégohms, s'entourer d'un minimum de précautions, par exemple liaisons ultra-courtes ou sinon blindées. Faute de cela, la lecture sera fluctuante. C'est normal et aucun circuit à impédance très élevée n'échappe à ce genre de difficulté.

Au repos de toutes les touches, l'entrée E<sub>V</sub> est en l'air, à travers K<sub>1</sub>, les entrées E<sub>L</sub> et E<sub>R</sub> sont directement à la masse. Comme on le verra plus loin, (fig. 26) la commutation retenue, permet sans modification de branchement, la mesure de l'intensité dans un circuit et celle de la tension d'alimentation. Il suffit d'enfoncer ou T<sub>V</sub>, ou T<sub>I</sub>, en sélectionnant bien sûr, la gamme correcte. Cette manipulation rapide n'est pas sans intérêt et il n'est pas évident qu'elle existe sur tel ou tel modèle commercial.

### 3. L'alimentation

Voir son schéma en figure 12. Simple et tout à fait classique.

En fait, nous trouvons deux alimentations séparées :

– Le  $\pm 5$  V destiné au 7107.  
Le + 5 V doit fournir 24 fois 8 mA au maximum de consommation, soit presque 200 mA. Nous avons donc

prévu un redressement en pont, un filtrage par 1 000 μF et une régulation par zener et transistor associés. Le - 5 V délivre à peu près 1 mA. Inutile de chercher des complications et des éléments de « puissance ». Une régulation à zener nous a paru souhaitable.

– Le  $\pm 4,7$  V assure l'alimentation des deux Bifets des circuits de fonctions. Ces éléments sont peu gourmands et là aussi, un redressement simple alternance, une régulation à zener suffit largement.

Attention, le 0 V n'est pas à la masse générale. Il y sera découplé par un 1 μF. L'alimentation du 7107 étant flottante, il nous a paru prudent de munir le transfo d'un blindage entre primaire et secondaire : c'est l'écran statique classique. Nous vous le conseillons vivement, sans pouvoir affirmer qu'il est indispensable ! (L'essai n'ayant pas été fait !).

## – IV –

### Réalisation du MX 7107

4 TND 507

#### 1. Liste des composants :

- 1 ICL 7107 CPL (plastique) ou ICL 7107 CDL (céramique) de Intersil
- 1 LM 334Z de NS
- 1 LM 336Z de NS
- 2 TL 081P de Texas Instruments ou LF 356N de NS
- 12 1N 4148 ou 1N 914
- 6 1N 4002
- 2 1N 3595
- 2 Zeners 4,7 V 400 mW

- 1 Zener 5,1 V 400 mW
- 1 Zener 5,6 V 400 mW
- 1 BD 135.

#### Résistances à 1%. 1/2 ou 1/4 W

- 1 1,02 Ω
- 1 10,2 Ω
- 1 102 Ω
- 1 114 Ω (113 Ω + 1 Ω)
- 1 332 Ω
- 1 475 Ω
- 1 909 Ω
- 1 1 000 Ω
- 1 1 020 Ω
- 1 4 750 Ω
- 1 10 kΩ
- 1 24,3 kΩ
- 1 100 kΩ
- 1 1MΩ
- 1 10 MΩ.

#### Résistances à 5%. 1/4 W

- 1 120 Ω
- 3 330 Ω
- 1 1 kΩ
- 1 1,5 kΩ
- 1 2,7 kΩ (de préférence à couche)
- 1 3,3 kΩ (de préférence à couche)
- 2 5,6 kΩ (de préférence à couche)
- 2 33 kΩ
- 2 47 kΩ
- 1 100 kΩ
- 3 470 kΩ.

#### Pot. ajustables

- 1 220 Ω multitours, genre T19S
- 1 100 Ω petit multitours, genre T9Y ou à défaut T7YA
- 1 47 Ω T7YA
- 1 100 Ω piste cermet, taille 0,5 Horizontal
- 1 470 Ω T7YA
- 1 1 kΩ T7YA
- 1 1 kΩ piste cermet, 0,5, horizontal

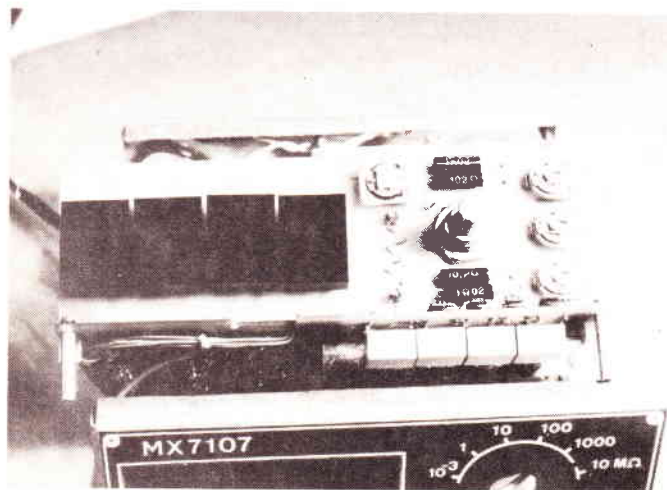


Photo D. – Les composants sur le CI. A.

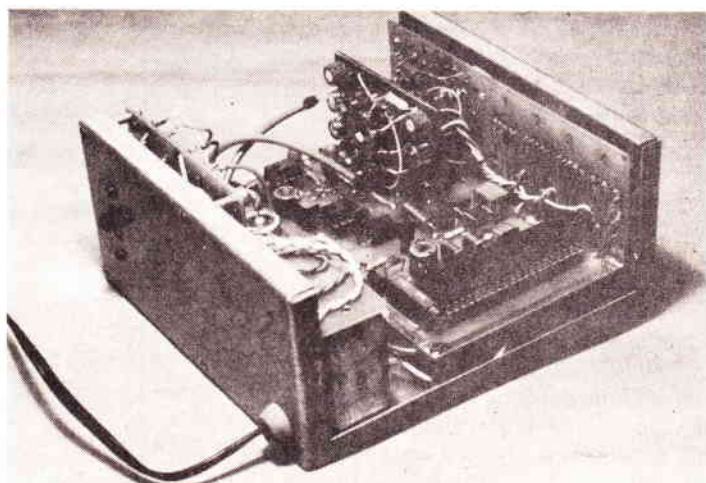


Photo E. – Un aspect du MX 7107.



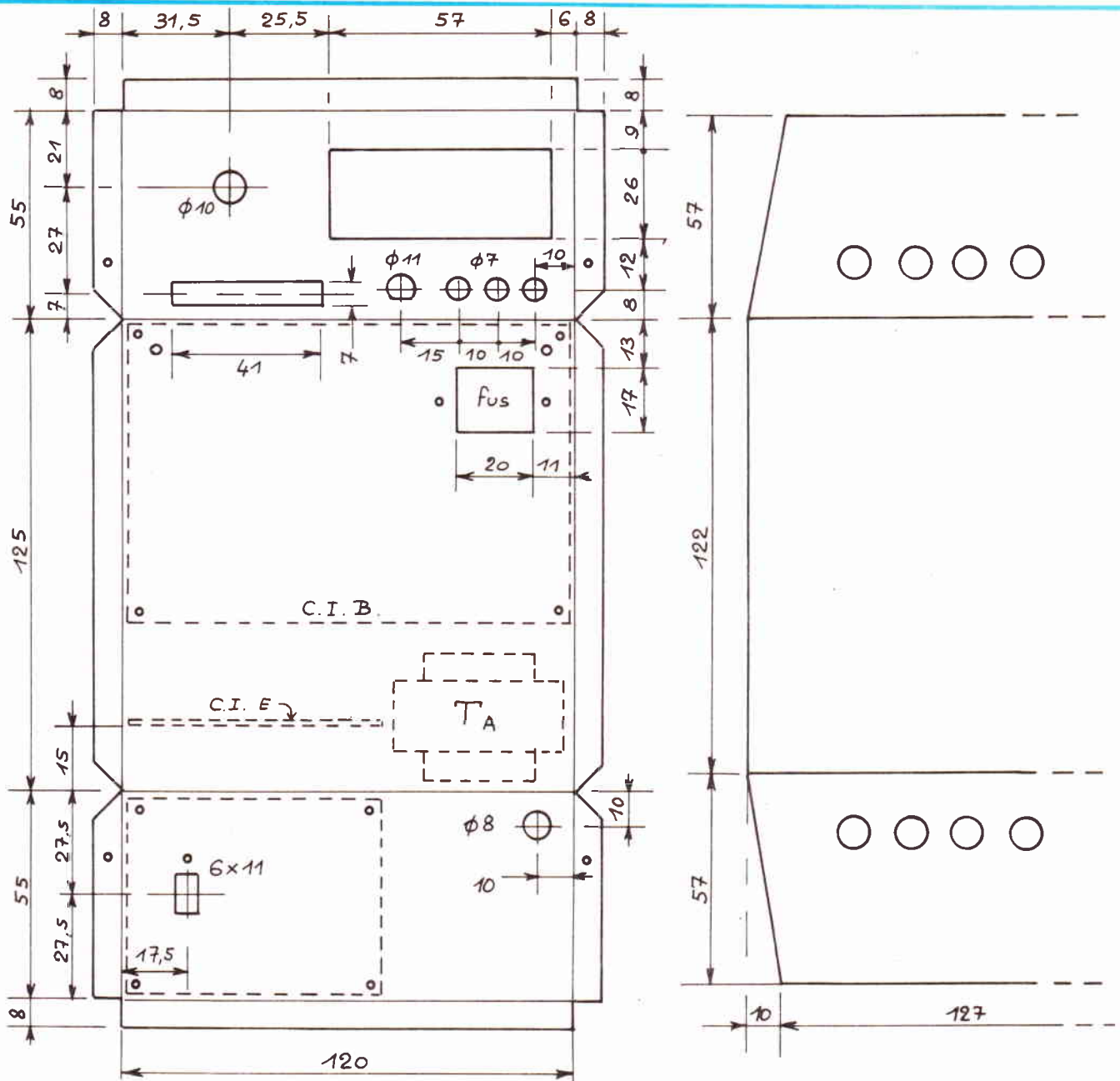


Fig. 13. - Boîtier du MX 7107 (Alu 10/10 - Côtes de traçage - Pliages vers l'observateur).

- 1 4,7 k $\Omega$  T7YA
- 1 10 k $\Omega$  T7YA
- 1 10 k $\Omega$  piste cermet, 0,5, horizontal
- 1 47 k $\Omega$  T7YA
- 1 100 k $\Omega$  piste cermet, 0,5, horizontal
- 1 470 k $\Omega$  T7YA.

#### Condensateurs

- 1 2/ 22 pF EA10 de RTC
- 1 100 pF styroflex
- 1 220 pF styroflex
- 2 1 nF 500 V, C655 de RTC
- 1 2 200 pF MKM de Siemens, pas de 7,5 mm
- 1 22 nF MKM de Siemens, pas de 7,5 mm
- 2 0,1  $\mu$ F MKM de Siemens, pas de 7,5 mm

- 1 0,22  $\mu$ F MKM de Siemens, pas de 7,5 mm
- 1 0,47  $\mu$ F MKM de Siemens, pas de 7,5 mm
- 1 1  $\mu$ F MKM, pas de 10 mm
- 2 4,7  $\mu$ F 35 V perle tantale
- 3 10  $\mu$ F 35 V perle tantale
- 1 100  $\mu$ F 63 V chimique
- 3 470  $\mu$ F 30 V chimique
- 1 1 000  $\mu$ F 25 V chimique.

#### Divers

- 1 transfo d'alimentation. Voir plus loin
- 1 jeu de circuits imprimés
- 1 boîtier
- 1 face avant Scotchcal
- 1 rhodoïd rouge 65 x 35 mm
- 1 commutateur rotatif OAK ou Jeanrenaud. Galettes de

- 25 mm. 1 encliquetage standard à caler sur 6 positions; 1 galette 2 circuits, 6 positions, type CC; 1 galette 2 circuits, 6 positions, type NCC.
- 1 commutateur à touches série TJ de Jeanrenaud. 4 cellules TJ à 2 inverseurs; 1 bâti pour 4 cellules, au pas de 10,16 mm; 1 verrou d'interdépendance pour 4 cellules, pas de 10,16 mm; 1 ressort de verrou; 4 touches n° 82, gris clair.
- 3 douilles banane de 2 mm, couleurs différentes
- 1 douille BNC de châssis, type UG625/U
- 1 interrupteur Jeanrenaud, type 74M

- 1 passe-fil et 1 cordon secteur
- 6 picots de 13/10 et cosses correspondantes
- 3 picots fendus
- Fil blindé et fil de câblage
- Visserie, entretoises en tube de laiton de modélisme  $\varnothing$  3 mm
- 3 à 4 cm de fil de constantan 4/10
- Supports de CI en bande, MOLEX
- Bouton pour K
- Cordons de mesure.

#### 2. Préparation mécanique

- a) Le boîtier : voir figure 13. A fabriquer en alu de 10/10. Découpes extérieures à la

cisaille Edma et intérieures à la scie Abrafil. Pliages sur formes de bois dur. Nous souhaitons que la réalisation de ce boîtier ne soit pas un obstacle pour d'éventuels réalisateurs. De toute façon, il est certainement possible de trouver dans le commerce un modèle convenant. Attention cependant aux coffrets plastique dont les parois ne constituent pas les blindages des tôles métalliques. Des ennuis peuvent survenir, par induction parasite sur les points sensibles du multimètre. Nous vous déconseillons ce genre de boîtier.

Peindre l'extérieur seulement et seulement les bords de la face avant.

Ne pas négliger les trous d'aération.

**b) La face avant :** voir photo A. On la fabriquera soit en carton noir mat à dessin avec symboles blancs, à report direct et vernis protecteur, soit en Scotchcal de 3M. La face avant Scotchcal ou similaire est disponible chez Selectronic.

**c) Les circuits imprimés :**

**Le A :** figure 14. En époxy simple face de 15/10. Ce circuit porte les afficheurs, les shunts d'intensités et leurs ajustables. Il reçoit également le commutateur rotatif.

**Le B :** figures 15 et 16. En époxy double face de 15/10. C'est le circuit principal. Il supporte toute l'électronique et le circuit A qui se soude sur B, bien à l'équerre.

**Le C :** figure 17. Simple face 15/10. Il est destiné aux composants de l'atténuateur d'entrée. Il se monte entre les galettes de K.

**Le D :** figure 18. Simple face de 15/10 reçoit les fusibles et les diodes de protection de l'entrée  $E_I$ .

**Le E :** figure 19. Simple face de 15/10. C'est la plaquette de l'alimentation. Ces circuits, une fois gravés, seront étamés puis percés. La plupart des trous à 7/10. Agrandir à 10/10 ceux des ajustables d'intensité, (A) des condensateurs de filtrage, (E) à 13/10, les trous des picots, (A, B, E). Percer à 30/10 les quatre trous d'angles de B, à 20/10 ceux de E. Percer à 20/10 les trous des vis de fusibles et de

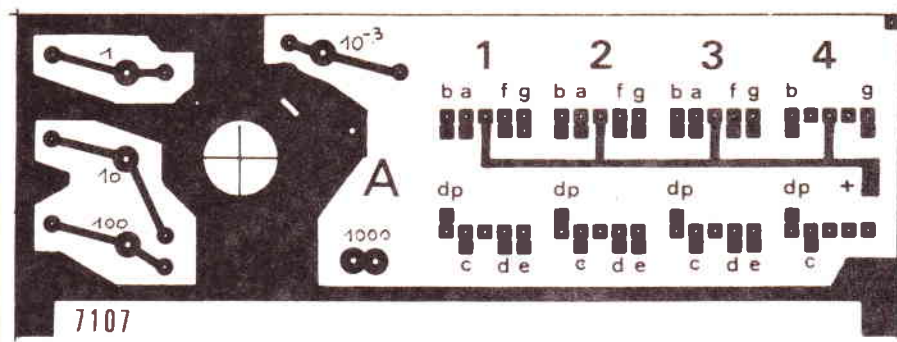


Fig. 14. - C.I. A.

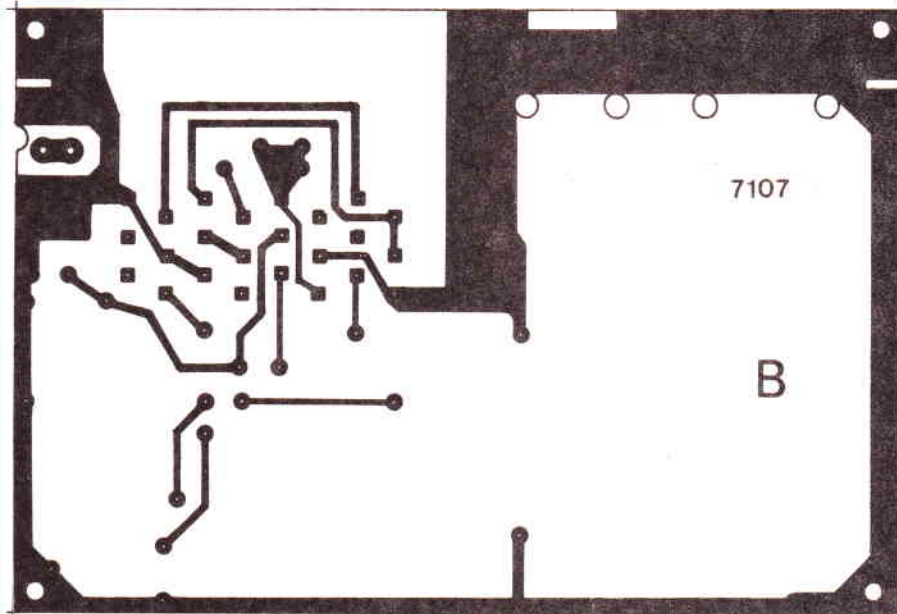


Fig. 15. - C.I. B (recto).

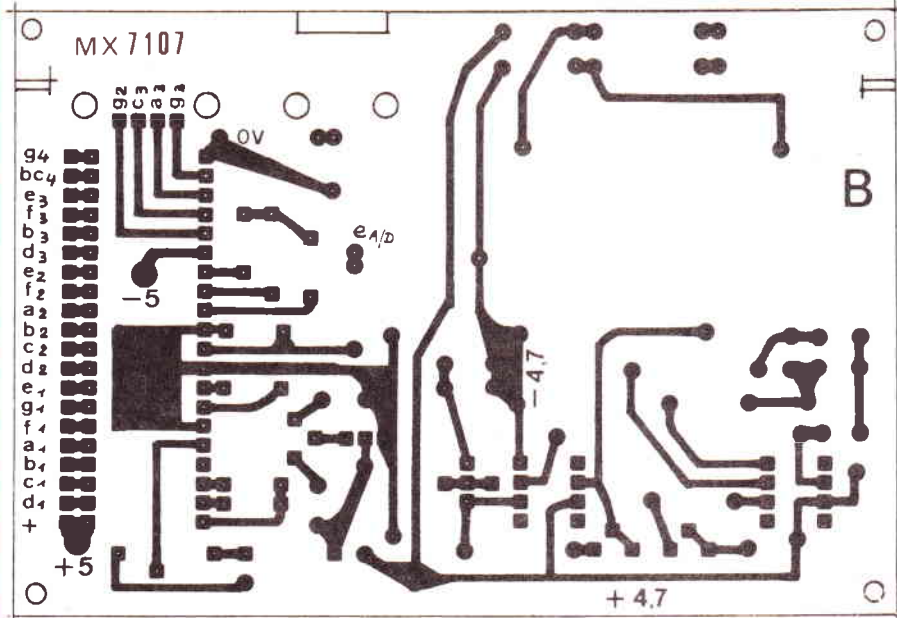


Fig. 16. - C.I. B (verso).

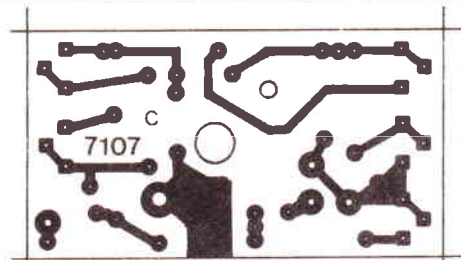


Fig. 17. - C.I. de l'atténuateur.

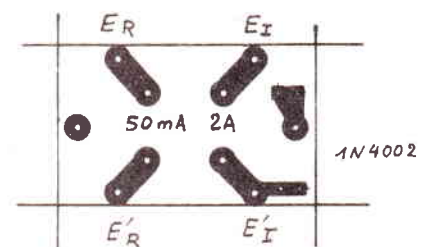


Fig. 18. - C.I. D.



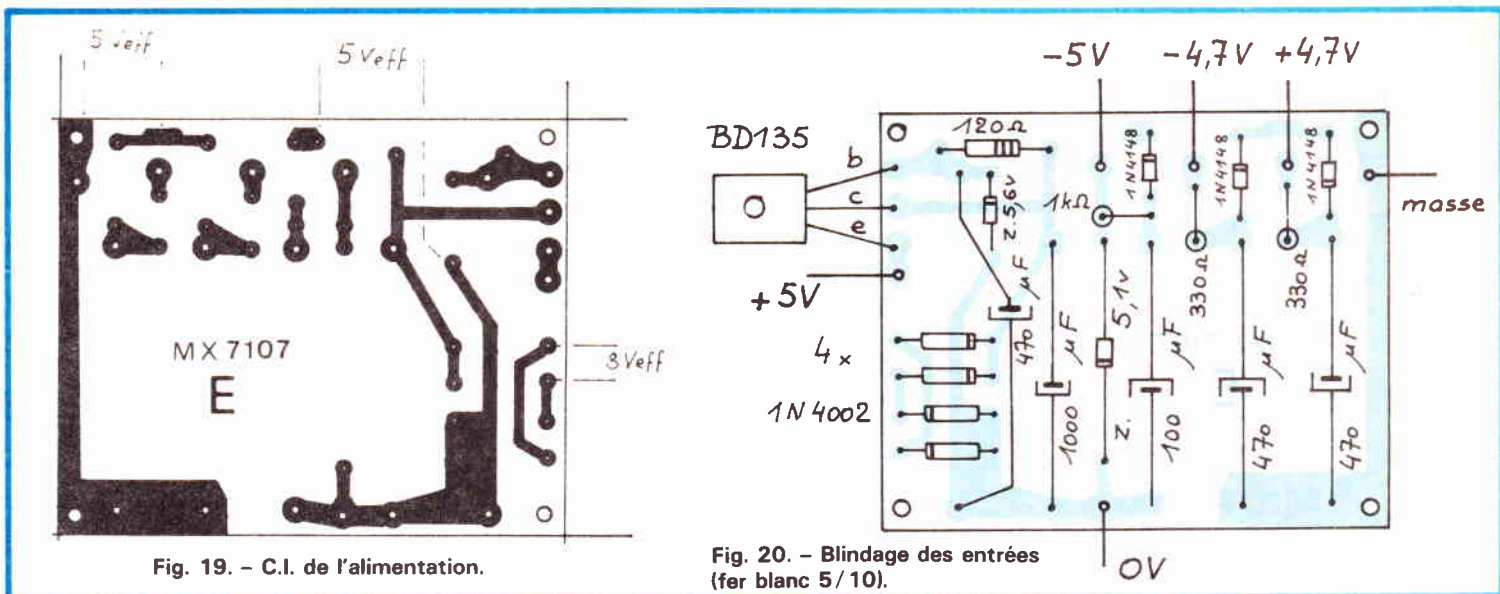


Fig. 19. - C.I. de l'alimentation.

Fig. 20. - Blindage des entrées (fer blanc 5/10).

fixation de D. Pour C: trou central à 50/10, de passage des tiges filetées de K à 25/10, du 2/22 pF à 12/10. Percer à 30/10 les quatre trous de passage des fils des afficheurs dans B.

Découper soigneusement les fentes d'emboîtement de A sur B.

Signalons que tous ces circuits imprimés sont disponibles, étamés et percés, chez le revendeur précédemment cité.

**d) Blindage des entrées.** Voir figure 20. A faire en fer blanc de 5/10. Ce blindage doit couvrir les entrées V, I et R ainsi que la plaquette des fusibles. A vrai dire, ce blindage est à peine nécessaire, les sorties d'affichage proches n'étant pas multiplexées. Nous l'avons cependant monté par prudence et nous vous conseillons d'en faire autant.

**e) Le transfo d'alimentation.** A réaliser sur un transfo de haut-parleur, marque Audax, type 37 x 44, Z = 5 ou 7 000 Ω. Détôler ce transfo, supprimer le secondaire.

Ajouter 1 800 spires de 10/100 au primaire (dans le même sens) pour passer à 220 V. Isoler et placer l'écran statique: une couche de clinquant de cuivre 3/100. Bien isoler et éviter tout contact entre début et fin de cet écran. Souder un petit fil souple sur le cuivre et sortir ce conducteur. Isoler.

Bobiner le premier secondaire 8 V<sub>eff</sub>: 160 spires de 22/100. Isoler.

Bobiner le deuxième secondaire 5 V<sub>eff</sub>: 100 spires de 10/100. Isoler.

Bobiner le dernier secondaire 5 V<sub>eff</sub>: 100 spires de 15/100. Isoler.

Remonter le circuit magnétique en croisant les tôles.

Préparer une nouvelle plaquette à 8 cosses. Voir photo B. Le fil de l'écran statique est soudé avec le début de l'enroulement du dernier secondaire. Bien repérer ce point qui doit être relié plus tard, à la masse du multimètre.

La plaque métallique de base n'est pas utilisée. Par contre

elle constituera un parfait gabarit pour tracer l'emplacement des quatre fentes à découper dans le fond du boîtier, afin de fixer le transfo terminé.

Essayer le transfo en mesurant les tensions fournies et en le laissant sous tension quelques heures pour constater un échauffement très faible.

**f) Prémontage**

Toutes les pièces mécaniques en main, préparer l'assemblage.

● Tailler dans du tube de laiton de 3 mm (modélisme) quatre longueurs de 17 mm. Les forcer dans les trous d'angles de B et régler la hauteur à 14 mm sous B. Souder au recto de B.

● Placer B dans le boîtier, le pousser vers la face avant en laissant 1/2 mm de jeu. Pointer dans le fond les deux trous arrières des angles de B. Percer à 25/10. La fixation se fait par deux vis à tôle.

● Souder A sur B, bien à l'équerre.

● Percer dans la face arrière du boîtier, les quatre trous de fixa-

tion de E, en se servant de la plaquette pour le traçage. Tailler quatre entretoises dans le tube laiton, 1 = 15 mm. Fixation par quatre boulons de 20 x 2 mm.

● Fixer l'interrupteur.

● Prendre D. Y souder, côté cuivre au-dessus, quatre écrous de 2 mm pour les fusibles et deux écrous de 2 mm pour la fixation. Souder les deux diodes de protection (toujours côté cuivre). Fixer sur le fond du boîtier en serrant énergiquement et en intercalant rondelles éventail et une cosse, côté fusible 50 mA.

● Découper le rhodoïd rouge et le coller à l'intérieur de la fenêtre.

● Découper le Scotchcal avec tout le soin nécessaire et le coller sur la face avant.

● Monter les quatre douilles des entrées. Serrer énergiquement la BNC.

● Souder un fil blindé sur E<sub>V</sub>, tresse à la cosse de masse de D. Relier E<sub>R</sub> et E<sub>I</sub> à D. Relier la douille de masse à la cosse. Un fil blindé, tresse à la cosse de

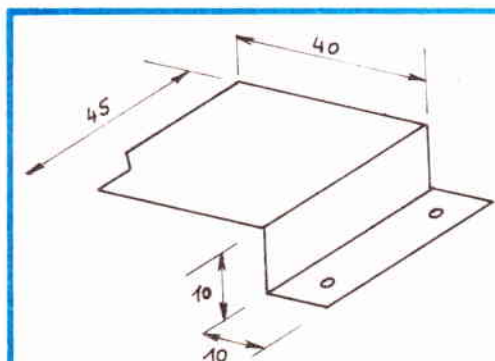


Fig. 21. - Composants de l'alimentation.

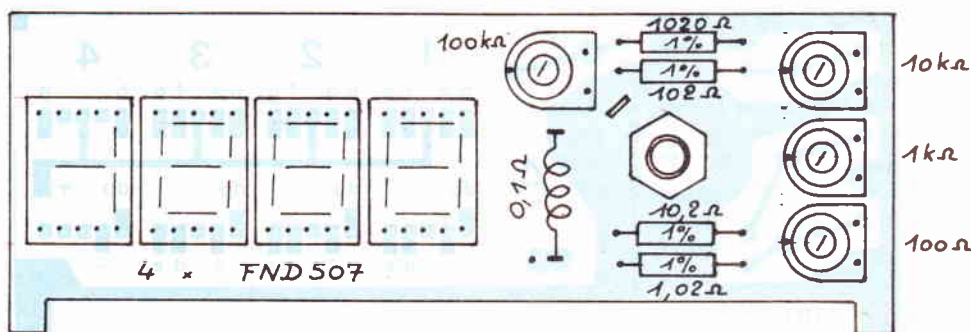


Fig. 22. - Pose des composants sur A.



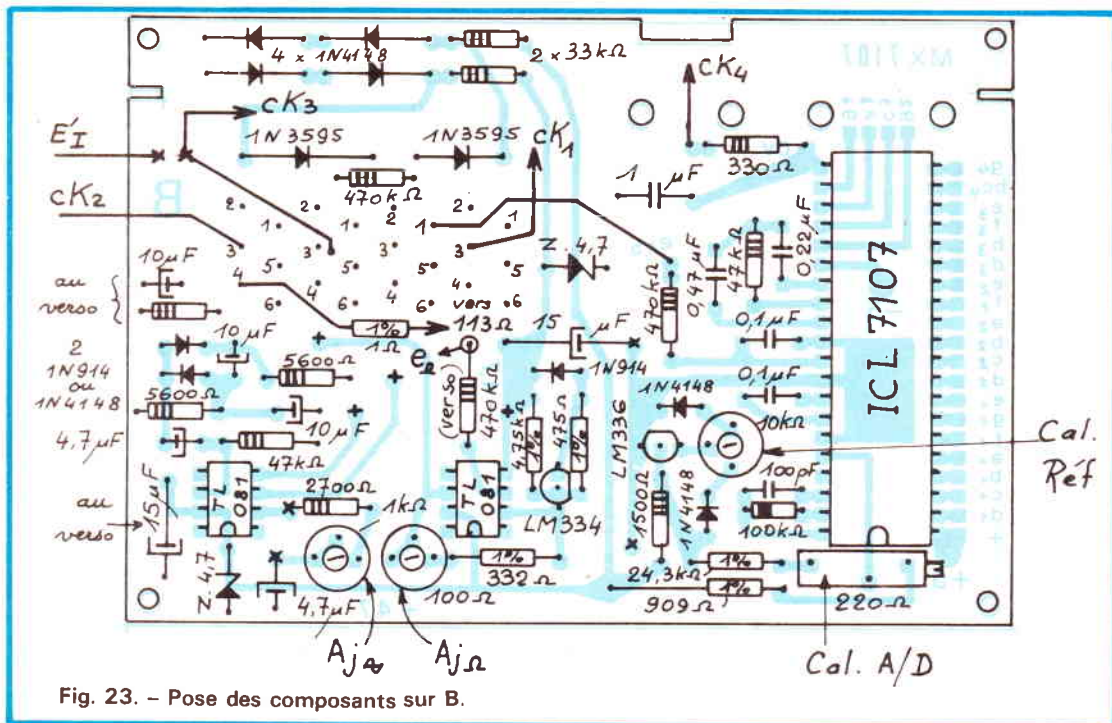


Fig. 23. - Pose des composants sur B.

masse part de  $E_R$ , un fil souple part de  $E_I$ .

- Ces connexions bien vérifiées, placer le blindage des entrées. Fixation par boulons de 2 mm.
- Monter le transfo, câbler le cordon secteur et l'interrupteur.

### 3. Montage électrique :

#### a) L'alimentation

Monter les composants en suivant la figure 21. Souder d'abord les 1N 4002, bien à plat. Puis les zeners. Souder aussi les picots 13/10. Placer les condensateurs. Le 470  $\mu$ F de gauche, au-dessus des 1N 4002. Placer enfin les résistances et les 1N4148. Attention aux polarités de tous ces éléments.

Souder au verso le BD 135. Plier ses fils pour le maintenir parallèle à E et à 10 mm environ. Attention au sens.

Souder au verso les fils de liaison avec le transfo. Utiliser du petit fil rigide de couleur. Torsader chaque liaison. Bien vérifier le travail.

Souder au transfo, de préférence, dans un premier temps, à l'extérieur du boîtier. Mettre sous tension et vérifier l'existence des potentiels de sorties. Le  $\pm 5$  V et le  $\pm 4,7$  V, lequel atteindra en fait, à vide  $\pm 7$  à 8 V environ.

Après cet essai, monter définitivement la plaque. Atten-

tion de bien brancher la cosse « écran statique - départ dernier secondaire » au point masse de E.

Refaire un essai. Décharger les condensateurs.

#### b) Le convertisseur A/D

Commencer par poser et souder les afficheurs (indications vers le bas).

Couper 2 fois 20 picots Molex et les souder pour constituer le support du 7107. Ne pas supprimer maintenant la barre de liaison des picots.

Le plus délicat du travail consiste maintenant à réaliser les 24 liaisons d'afficheurs. Il faut utiliser du très petit fil rigide. Nous avons pris du 4/10 sous téflon. Nous pensons que du fil de Wrapping devrait convenir. Il faut souder chaque fil, d'abord côté afficheur puis côté circuit intégré. Un trou est prévu pour le passage des liaisons de chaque afficheur. De plus, il faut commencer par les liaisons les plus courtes, soit dans l'ordre :  $G_3$ ,  $A_3$ ,  $C_3$ ,  $G_2$ ,  $G_4$  (-),  $BC_4$ ...  $D_1$ , +.

Plaquier le plus possible les liaisons sur B car on ne dispose que de 3 mm environ entre le blindage et le dessous de la platine. Essayer de faire un travail aussi propre que possible. Tous les fils posés, quelques ligatures amélioreront la tenue du faisceau. Voir photo C. Une vérification immédiate s'impose. Pour cela, casser les

barres de liaison des picots Molex, en pliant sur un réglé droit. Utiliser un ohmmètre en gamme la plus basse, (comme pour la vérification des diodes). Connecter le + ohmmètre au picot 1 (+ 5 V). Toucher avec le fil - tous les picots concernés en vérifiant à chaque fois l'allumage du segment correspondant.

Monter maintenant les quelques composants périphériques du 7107 : condensateurs MKM, résistances et éléments du circuit de référence. Attention au sens de la LM 336. Relier pour le moment l'extrémité eA/D de la 470 k $\Omega$  à la masse.

On soudera également : les deux zeners de 4,7 V et les deux condensateurs de découplage de 15  $\mu$ F. Faire à cette occasion les deux ponts recto-verso assurant le rapport d'une face à l'autre de la piste de masse, au centre de B.

NB : En soudant les composants des picots 30, 33, 38 et 39, aller assez vite pour ne pas dessouder ou faire bouger les bornes Molex.

Procéder à une bonne vérification et pré-régler tous les ajustables à mi-course. Souder les fils de liaison à l'alimentation, y compris ceux du  $\pm 4,7$  V et la masse. Faire ces fils assez longs pour pouvoir laisser B hors boîtier.

Embroider le 7107... dans le

bon sens. Il faudra sans doute plier les picots de ce circuit plus à l'équerre. Pour cela, appuyer l'ensemble d'une rangée sur une surface plane et faire une pesée en tenant le corps du circuit. Présenter sur les bornes Molex et bien vérifier que tous les picots se présentent au centre des pinces. Alors appuyer en assurant une introduction progressive et régulière. Faute de ces précautions, un ou plusieurs picots pourraient échapper, se tordre et se rabattre sous le circuit, par exemple.

Dernière vérification. Attention à la polarité de l'alimentation : la moindre inversion serait fatale pour le 7107 ! Mettre sous tension.

Si tout est correct, l'affichage se met rapidement à 000, avec le signe - qui clignote. Il est inutile de tenter pour l'instant, un autre essai.

#### c) Circuits de fonctions (figure 23)

Faire d'abord tous les ponts recto-verso qui restent.

Souder les 1N 4148, les 33 k $\Omega$ , les 1N 3595 et la 470 k $\Omega$  de la cellule de sécurité. Tous ces composants au recto. On limera, au verso les pointes des fils ou des soudures des trois derniers, pour limiter le risque d'un contact fâcheux avec le bâti du commutateur à touches. On pourra d'ailleurs recouvrir ces points d'une petite bande d'adhésif plastique.

Préparer le commutateur à touches : montage des 4 cellules sur le bâti, après pose du verrou d'interdépendance. Placer le ressort de verrou sur la cellule  $T_V$ . On éliminera, si ces éléments y sont, les cliquets en U et ressorts donnant le fonctionnement indépendant des touches. Couper toutes les cosses (en laissant 1 mm environ). Monter les touches 82 par pression. Placer le commutateur sous B. Souder légèrement 2 ou 3 points et engager dans le boîtier. Régler la position pour un passage des touches au centre de la découpe et pour avoir les cellules parallèles à B. Souder définitivement.

Souder maintenant tous les autres composants de cette partie, en suivant la figure 23.

Attention, trois de ces composants sont au verso. Se méfier du sens des perles tantale, de celui des diodes et de la LM 334.

#### d) Le commutateur rotatif K

Le circuit C est prévu pour les commutateurs référencés dans la liste des composants. L'utilisation d'un autre type supposerait sans doute une modification de ce circuit. La figure 24 indique la position des composants de C. Les souder sans trop faire souffrir les résistances de précision. Souder les fils de liaison. Placer un picot fendu en bas, à droite.

Monter l'encliquetage, réglé sur 6 positions et les galettes en respectant les intervalles suivants: 6 mm entre encliquetage et  $K_3/K_4$ , 6 mm entre  $K_3/K_4$  et C, 7 mm entre C et  $K_1/K_2$ .

Aucun blindage n'est nécessaire entre les galettes, les points décimaux n'étant pas multiplexés.

Câbler les liaisons entre C et  $K_1/K_2$ . Souder sur  $K_3$  les liaisons vers les shunts. Placer les deux ponts sur  $K_4$ .

Poser et souder les shunts et leurs réglages sur A. Voir figure 22. Le shunt  $0,1 \Omega$  est prévu un peu long, 3 cm environ. Prérégler les ajustables à mi-course. L'axe du commutateur est à raccourcir selon le type de bouton utilisé.

Souder sur les picots du commutateur à touches, les fils  $cK_1$ ,  $cK_2$ , la 1 du retour de l'atténuateur. Relier les points

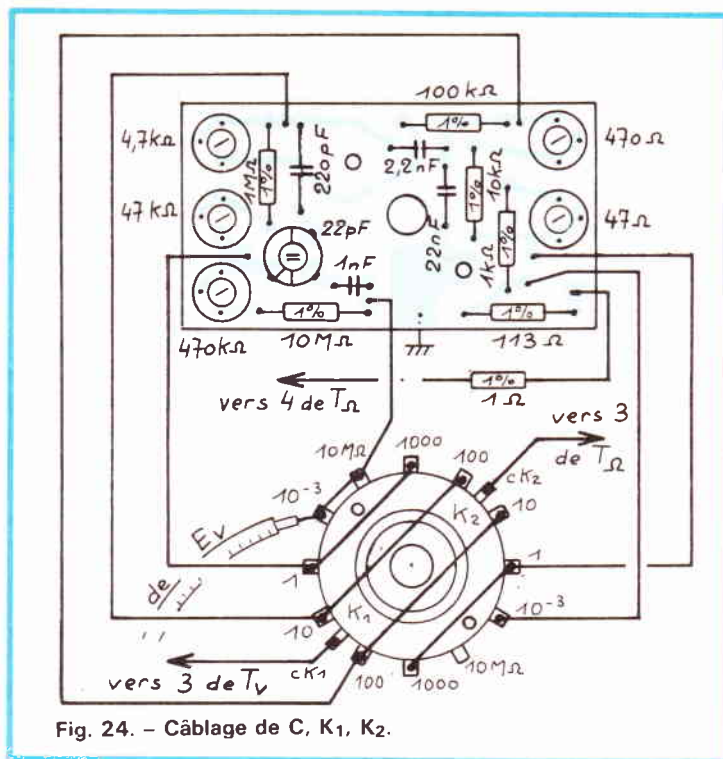


Fig. 24. - Câblage de C,  $K_1$ ,  $K_2$ .

3-5 de  $T_1$  aux pastilles relais voisines. Un picot fendu pouvant être placé sur la pastille de gauche, pour assurer la liaison facile avec  $E_1$ . Relier l'entrée eA/D au point 1 de  $T_{\Omega}$  (attention: court-circuiter le  $0,1 \mu F$  d'entrée du 7107, avec une pince crocodile, ou enlever le 7107, ou débrancher le fer du secteur).

Monter le commutateur K sur A et le bloquer énergiquement.

Faire les liaisons  $K_3$  -shunts. Relier le  $cK_3$  à la pastille relais.

Câbler les points décimaux vers  $K_4$  en utilisant de préférence du petit fil souple.

Relier  $cK_1$  et  $cK_2$ . Souder la  $1 \Omega$ .

Vérifier soigneusement tout ce travail. Ne pas enficher les amplis op. Prérégler tous les ajustables à mi-course.

#### e) Essais

##### - Atténuateur :

- Toutes touches au repos, mettre sous tension et retrouver le 000 précédent.

- Enfoncer  $T_V$  et vérifier que, même en gamme  $10^{-3}$ , ce zéro est conservé. Cependant se méfier des inductions parasites, cet essai étant fait hors boîtier.

- Injecter une tension connue entre le point  $10^{-3}$  de  $K_1$  et masse. Vérifier que la valeur affichée est sensiblement correcte. Faire des essais sur les différentes gammes. Ne pas trop se soucier maintenant de la précision.

##### - Ohmmètre :

- Souder une résistance de valeur connue entre e et masse.

- Poser le TL081 concerné.

- Enfoncer la touche  $T_{\Omega}$  dans la gamme correspondante et obtenir à l'affichage, un résultat compatible. Retoucher éventuellement  $A_{j\Omega}$ .

- Manœuvrer le commutateur de gammes et vérifier que l'affichage varie bien de 10 en 10.

##### - Alternatif :

- Embrocher le dernier TL081.
- Enfoncer les touches  $T_V$  et  $T_{\Omega}$ .

- Injecter une tension bien sinusoïdale à 50 Hz par exemple, d'amplitude connue, entre  $10^{-3}$  de  $K_1$  et masse. Vérifier que l'affichage est correct. Tourner éventuellement  $A_{j\Omega}$  pour plus d'exactitude.

Si tous ces essais sont positifs, le MX 7107 fonctionne normalement. Sinon, il faut dépister l'erreur ou le composant défectueux.

#### 4. Etalonnage

Nous vous conseillons, dans un premier temps, de ne pas vous occuper des circuits d'intensité. On y reviendra plus tard.

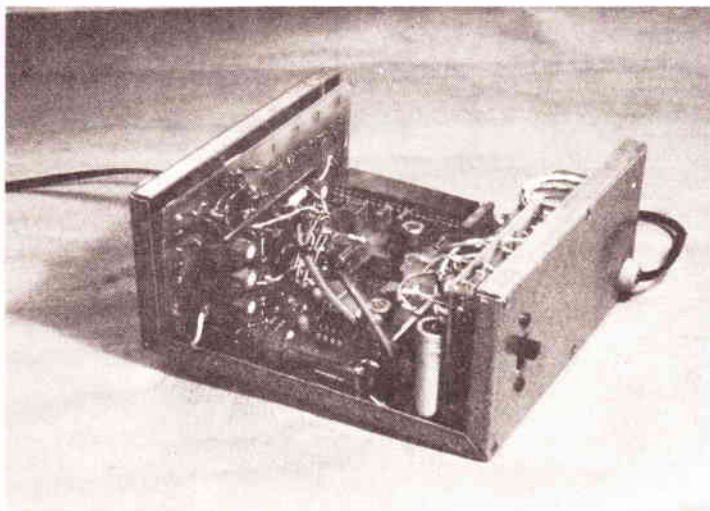


Photo F. - Autre aspect du MX 7107.

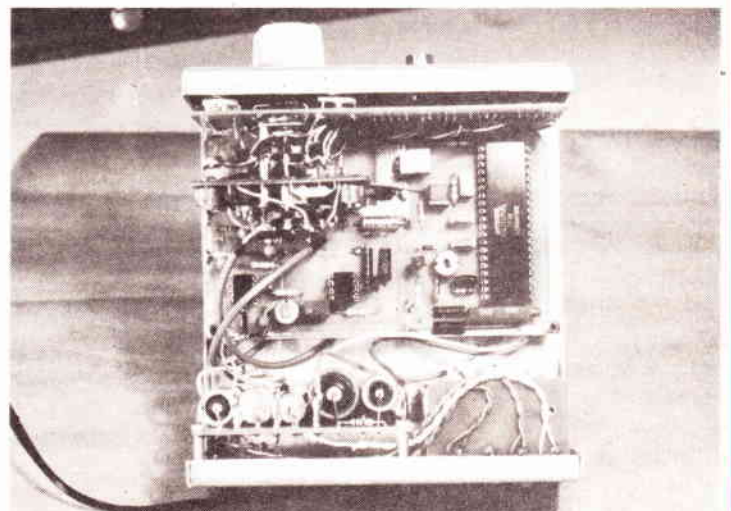


Photo G. - Vue plongeante sur les entrailles de MX 7107.



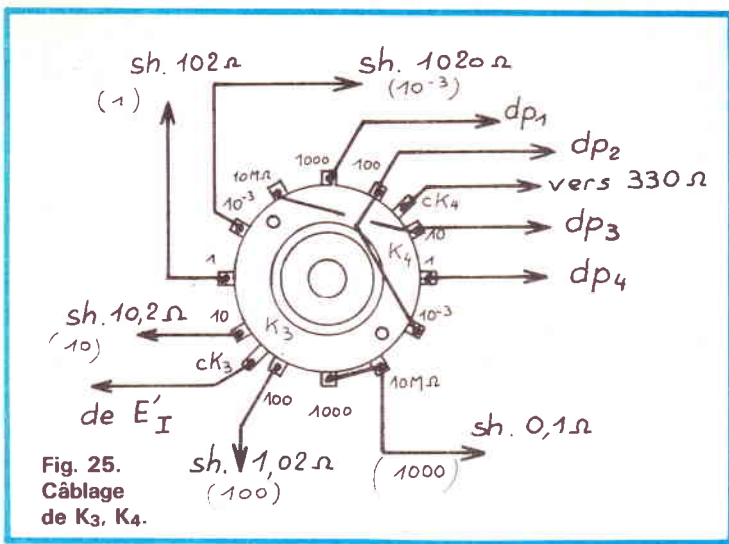


Fig. 25.  
Câblage  
de K3, K4.

Installer le MX 7107 dans son boîtier. Le faire fonctionner quelques heures. L'étalonnage suppose un préchauffage de 1/4 d'heure environ.

#### a) Calage de l'atténuateur

Dans l'idéal, il faudrait disposer d'une série de résistances en décades, à 0,1% (valeur choisie à base 1,8 : 180 Ω, 1 800 Ω...). Dans ce cas, mesurer la 180 Ω et amener l'affichage à cette valeur, en gamme 10<sup>-3</sup>, par A<sub>1</sub>Ω. Puis mesurer la 1 800 Ω en gamme 1 et obtenir le même affichage par la retouche de la résistance ajustable 47 Ω de C. Mesurer ensuite la 18 000 Ω en gamme 10 et régler la 470 Ω de C. Ainsi de suite, jusque la 470 kΩ de C. Dans ces conditions, l'atténuateur est calé à 0,1 % près.

Faute de disposer de ces résistances, il faudra se rabattre sur des modèles de même valeur, mais ordinaires. On mesurera la 180 Ω en gamme 10<sup>-3</sup>. On notera l'affichage qu'il n'est même pas utile de corriger. Passer en gamme 1 et régler la 47 Ω pour lire exactement le 1/10 du résultat précédent. Mesurer alors la 1 800 Ω en gamme 1 et passer en gamme 10. Régler la 470 Ω pour lire le 1/10. Ainsi de suite...

Reprendre le réglage plusieurs fois, toujours dans le même ordre.

#### b) Calage de la référence

Il faut amener la tension stabilisée par la LM 336 à 2,490 V. Cela ne peut se faire qu'avec un autre multimètre

numérique. Sinon on peut toujours se contenter de faire la mesure avec un bon voltmètre à aiguille. On peut aussi se contenter de positionner l'ajustable « cal/réf » à mi-course. Enfin on se souviendra que ce calage intervient sur la valeur du coefficient de température : lorsque la tension de la LM 336 augmente, son coefficient de température devient positif, ce qui provoque une baisse de l'affichage. On peut donc, simplement avec du temps et de la patience, régler la référence pour un meilleur résultat. Dans le cas d'un bon réglage, l'affichage ne doit pas bouger d'un point entier, entre l'appareil à 15° et à plus de 25 °C.

NB. Test à faire en gamme 10<sup>-3</sup> pour éviter toute variation due à l'atténuateur.

#### c) Calage du convertisseur A/D

Il faut normalement une pile étalon. Comme la tension d'une telle pile est de l'ordre du volt, se mettre en gamme 1.

Régler « Cal A/D » pour lire le nombre exact. Autres possibilités : utiliser un autre multimètre numérique et régler par comparaison. Acheter une pile à mercure, type photo. L'envoyer à l'auteur, avec enveloppe timbrée et adressée pour le retour. (Placer la pile entre deux plaquettes de bristol). Nous mesurerons la tension de votre pile, à température indiquée et nous vous retournerons la chose, avec indication du résultat à afficher. Comme l'opération ne durera que quelques jours, comme la température sera la même, comme la mesure se fera dans la même impédance, le résultat sera correct.

Le calage du convertisseur étant fait, vérifier en manœuvrant K, que les lectures sont bien divisées de 10 en 10 à 1 point près.

#### d) Calage de l'ohmmètre

Il faut avoir une résistance précise (0,1 %) de valeur comprise entre 180 et 200 à 10<sup>X</sup> près. Mesurer cette résistance dans la gamme convenant et caler A<sub>jΩ</sub> en conséquence.

Toutes les autres gammes sont automatiquement calées.

NB. Les signaleurs pourront rechercher le point de dérive minimale de la LM 334, en modifiant en plus ou en moins la 4 750 Ω. Pendant ces essais, ne tenir compte que de la variation, en fonction de la température et non du résultat lui-même, car chaque modification de la résistance entraîne aussi une variation de la valeur du courant constant fourni. Après obtention de la dérive minimale, caler A<sub>jΩ</sub> comme ci-dessus.

#### e) Calage de l'alternatif

Injecter une tension parfaitement sinusoïdale, à 1 000 Hz, en E<sub>V</sub>. Amplitude de l'ordre de 180 mV<sub>eff</sub>. Gamme 10<sup>-3</sup>. Noter le résultat affiché (de l'ordre de 1 800 points). Passer en gamme 1 et régler le 2/22 pF pour lire le 1/10 du résultat précédent. Injecter maintenant une tension sinusoïdale, 50 ou 1 000 Hz, de valeur parfaitement connue et régler A<sub>1</sub> pour lire un résultat correct. Rappelons que le plus simple est de se servir d'une tension 50 Hz, entre 100 et 200 V<sub>eff</sub>, dont la valeur exacte est déterminée par la mesure de sa tension crête. Voir précédents articles.

#### f) Calage des intensités

Ce dernier travail suppose le MX 7107 correctement étalonné en voltmètre et en ohmmètre. Il se fait hors boîtier. Il utilise le montage de la figure 26, dans lequel les résistances R ont été soigneusement mesurées au préalable. La source de tension est une alimentation stabilisée ou une batterie de bonne capacité, ne chutant pas sous les débits demandés.

- Gamme 10<sup>-3</sup> : R ≈ 100 kΩ  
U ≈ 12 V.

Enfoncer T<sub>V</sub> et mesurer U (par exemple : 12,34 V).

Enfoncer T<sub>I</sub> et amener par la 100 kΩ de A l'affichage à

$$I = \frac{U}{R + 1000}$$

Par exemple, si R = 101,2 kΩ,

$$I = \frac{12,34}{101200 + 1000} = 120,7 \mu A$$

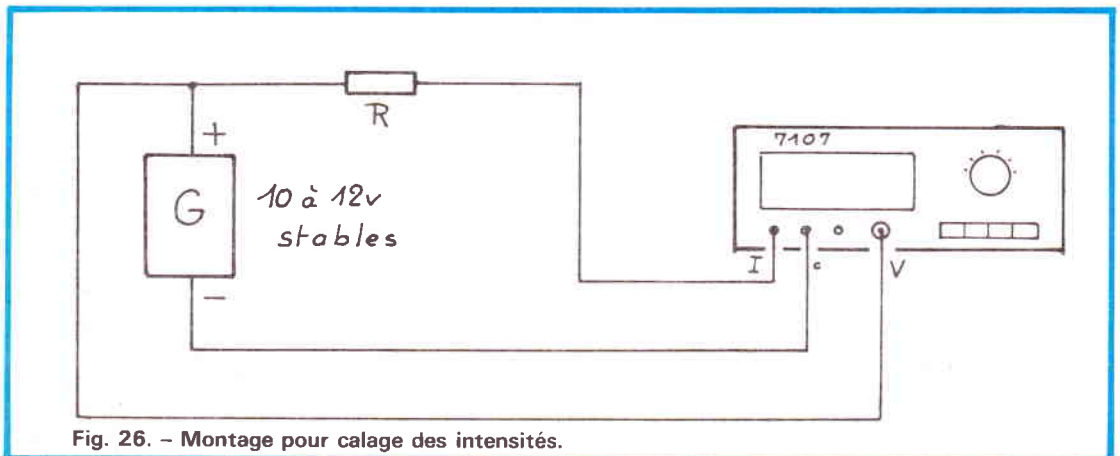


Fig. 26. - Montage pour calage des intensités.



L'affichage doit battre dans ce cas entre 1 207 et 1 208 points.

- **Gamme 1** : mêmes éléments.

On doit lire

$$I = \frac{U}{R + 100}$$

Par exemple, avec les valeurs précédentes :

$$I = \frac{12,34}{101200 + 100} = 121,8 \mu A$$

L'affichage est à régler par la 10 k $\Omega$  de A entre 121 et 122 points.

- **Gamme 10** : R  $\simeq$  1 000  $\Omega$   
U  $\simeq$  12 V.

Il faudra lire

$$I = \frac{U}{R + 10}$$

Régler par la 1 k $\Omega$  de A.

- **Gamme 100** : mêmes éléments.

On doit lire

$$I = \frac{U}{R + 1}$$

Régler par la 100  $\Omega$  de A.

- **Gamme 1000**. La gamme 100 étant réglée, faire R = 68  $\Omega$ /5 W, U  $\simeq$  12 V.

Mesurer l'intensité en gamme 100. On devrait trouver typiquement

$$I = \frac{12}{68 + 1}$$

soit de l'ordre de 175 mA (1 750 points).

Passer en gamme 1000 et régler par retouches, la longueur du shunt 0,1  $\Omega$ , jusqu'à lire

$$\frac{n \times 69}{10 \times 68,1}$$

(n étant le nombre précédent de points).

## 5. Mise en boîte

L'étalonnage terminé, installer le bloc électronique définitivement dans le boîtier. La

fixation mécanique ne requiert que les deux vis arrières de B.

Le fil des intensités longe la face avant et rejoint le picot prévu sur lequel il est soudé. L'encoche facilite le passage.

Les fils blindés V et R passent derrière B et rejoignent 10<sup>-3</sup> de K<sub>1</sub> et e.

Les fils de l'alimentation sont raccourcis raisonnablement.

Signalons qu'un blindage interne pourrait être disposé entre B et cette alimentation pour diminuer les possibilités d'induction secteur sur les points à impédance élevée.

Nous ne l'avons pas fait. Dans ces conditions, sur la maquette, coffret fermé, aucune anomalie n'apparaît en continu. En alternatif, gamme 10<sup>-3</sup>, et entrée en l'air, on affiche 7 à 8 points résiduels, ce qui vaut 0,7 à 0,8 mV<sub>eff</sub>. C'est dérisoire, d'autant que l'impédance est alors de 11,4 M $\Omega$ . Pratiquement, en mesurant toujours aux bornes d'une impédance très inférieure, ce résidu disparaît complètement. Il vous reste à préparer les cordons de mesure :

- un fil blindé à connecteur BNC, pour les tensions ;
- un fil blindé à fiches de 2 mm pour les résistances ;
- fils souples pour les intensités ;
- éventuellement, sonde divi-  
sant par 10 pour les tensions atteignant 5 000 V.

Nous espérons que les réalisateurs de cet excellent multimètre nous tiendront au courant de leurs résultats. Nous restons à leur disposition pour tout renseignement complémentaire.

F. THOBOIS

## Errata :

Dans le numéro précédent, article décrivant le MX 2500, les valeurs des résistances de la LM 334Z sont incorrectes et doivent être égales à celles indiquées ce mois. Donc remplacer la 221  $\Omega$  par 475  $\Omega$  et la 2 210  $\Omega$  par 4 750  $\Omega$ .