

6,50f
556 PAGES
ANNÉE - N° 1521 DU 15 OCTOBRE 1975

LE HAUT-PARLEUR

JOURNAL DE VULGARISATION

SON

TÉLÉVISION

RADIO

ÉLECTRONIQUE

■ **RÉALISEZ** : UN MULTIMÈTRE NUMÉRIQUE LE MX 38 ■ UN COMMUTATEUR ÉLECTRONIQUE PHARES-CODES ■ UN GÉNÉRATEUR SIMPLE POUR TESTS HI-FI ■ **BANC D'ESSAIS** : PLATINE PHILIPS GA209 ■ AMPLI-TUNER PIONEER SX770 ■ CHAÎNE COMPACTE B et O1800.



PHILIPS

sommaire détaillé page 3

SUISSE : 5 FS
ITALIE : 1 000 LIRES
ALGÉRIE : 6,50 DINARS
TUNISIE : 6,50 MIL
ESPAGNE : 125 PESETAS

REALISONS NOS APPAREILS DE MESURE

UN MULTIMETRE NUMERIQUE ECONOMIQUE



LE MX 38

IL y a quelques mois (n° 1441 à 1454) nous avons le plaisir de vous présenter la description détaillée d'un premier multimètre numérique: le DMM1038. Cet appareil permettait enfin aux amateurs de réaliser un appareil de mesure jusqu'alors réservé aux seuls laboratoires professionnels bien équipés. Malheureusement, le DMM1038, peut-être légèrement en avance sur son temps (au niveau des amateurs, du moins !) était assez coûteux : son prix de revient en pièces détachées approchant les 1 000 F, aussi son acquisition rebuta-t-elle quelques-uns ! De plus certains incidents de parcours émaillèrent la vie du DMM : des

composants difficiles à trouver (particulièrement les résistances de précision) puis tout dernièrement, l'arrêt de fabrication aussi brutal qu'imprévu des deux circuits intégrés, constituant le cœur même du montage. C'en était trop !

Nous décidâmes donc de reprendre le problème, non pas à zéro, car l'expérience acquise était précieuse, mais tout de même avec suffisamment de recul pour pouvoir obtenir un multimètre gardant les qualités du précédent, mais n'en possédant pas (... si possible) les défauts.

Et c'est ainsi que naquit le MX38, construit autour du circuit intégré LSI le GZF 1200 D de la RTC, un nouveau-né lui aussi, remplaçant

les FEY101 B et FEJ271 B et à qui la RTC promet quelques années de vie commerciale !

Examinons donc les quelques points sur lesquels nous avons fait porter nos efforts.

DISPONIBILITE DES COMPOSANTS

— Le GZF1200D est déjà sur le marché, se trouve facilement, sera fabriqué assez longtemps pour justifier cette étude, peut s'obtenir par une seconde source.

— Les composants discrets sont très classiques, se trouvent chez tous les grands revendeurs.

— Toutes les résistances de précision sont de la série E96 à 1% et ne dépassent en

aucun cas le 1 MΩ fatidique, ce qui assure entre autre, un prix minimum.

— Les contacteurs Jeanraud sont faciles à trouver.
— Enfin, la maison RD. Electronique, qui assure la diffusion des pièces, nous a promis un effort particulier pour une livraison rapide. Nous en prenons acte !

FACILITE DE LA CONSTRUCTION

La conception mécanique du MX38 a été minutieusement étudiée pour permettre une réalisation facile : trois ou quatre blocs compacts, réunis par un minimum de connexions rendront la tâche du réalisateur particulière-

ment simple. Tout lecteur, ayant une expérience suffisante du fer à souder, peut entreprendre sans crainte le montage. Il faudra tout de même un peu de soin (si possible, un peu plus...!) car il est toujours navrant de claquer un circuit intégré coûteux parce que deux fils se touchent! C'est pourtant ce qui est arrivé à quelques constructeurs du DMM1038 tout simplement parce qu'ils avaient oublié, ou ne savaient pas que dans toute réalisation électronique, il y a 75 % de mécanique (découpage, pliage, perçage, ajustage, fignage...) et 25 % d'électricité.

Les trop fréquents « montages volants » sont absolument à prohiber avec les circuits intégrés, surtout si ceux-ci sont à structure MOS ou COSMOS. Ces montages sont à manipuler comme s'ils étaient explosifs. C'est sans doute ce qui rebute quelques « anciens » qui évoquent avec nostalgie, ces bonnes « pétoches » qu'il fallait vraiment soumettre à un régime d'apocalypse pour les détruire! D'accord, c'était le bon temps, mais il n'y était pas question de monter un multimètre numérique à lampes! Alors pas de regrets inutiles, bien au contraire! En électronique, le bon temps, ce n'est pas avant, mais c'est aujourd'hui! Finalement d'ailleurs, la principale différence avec l'époque des lampes, c'est que, alors c'était l'amateur qui était en danger, toujours sur le point de se faire électrocuter avec « ses hautes tensions » tandis que maintenant, il ne risque plus rien, le danger ayant changé de camp!

AFFICHAGE

Les afficheurs Sperry utilisés dans le DMM1038 ont été abandonnés pour des modèles à diodes électroluminescentes de type économique. On verra ainsi disparaître sans trop de regrets ce vestige du passé qu'était l'alimentation à haute tension. Cette modification simplifie

aussi les problèmes d'interface avec le reste du montage. Evidemment les chiffres ne sont pas très jolis, mais tant pis! On finit par s'y habituer.

PRIX DE REVIENT

Au départ, nous nous étions fixé un prix plafond de 500 F! Si vous fabriquez vous-même tout ce qui est possible. Il faut malgré tout compter avec les inévitables hausses intervenues, de l'instant de la conception à celui où vous achèterez le matériel. Evidemment, si vous voulez du Kit presque fini, ce sera sans doute plus cher! Le prix de revient dépend aussi du choix des composants, professionnels ou grand public et surtout du mode d'alimentation que vous choisirez.

ALIMENTATION

Nous avons voulu un appareil autonome, sans « fil à la patte », afin de se placer dans les conditions d'utilisation d'un contrôleur classique. Malheureusement l'affichage à diodes LED est gourmand: plus de 200 mA sous 5 V, un accumulateur de capacité convenable est donc nécessaire pour donner une autonomie de quelques heures.

NB. Un affichage à cristaux liquides serait bien préférable sur ce plan, mais il est encore inaccessible pour le moment.

Ce problème nous a

conduit à retenir trois solutions:

a) Solution **Piles-Accu**. Un accumulateur de 4,8 V, 0,5 Ah type RC, assure l'affichage et l'alimentation du GZF1200D. Par contre, toutes les autres tensions sont données par un bloc de 5 piles 4,5 V débitant très peu. Dans ces conditions, la décharge de l'accumulateur n'affecte que la luminosité de l'affichage, jusqu'au moment où la tension est insuffisante pour assurer le fonctionnement des circuits digitaux. Mais la précision est sauvegardée jusqu'à la fin. Cette solution que nous trouvons très bonne est moyennement économique.

b) Solution **Accu-Convertisseur**. Les piles sont remplacées par un petit convertisseur, lui-même alimenté par l'Accu de 4,8 V dont le débit augmente en conséquence. Alors il faut choisir un modèle de capacité plus importante, au moins égale à 1 Ah (1,5 à 1,8 Ah de préférence). C'est une solution de luxe car un tel accumulateur coûte cher. Certains pourront toutefois la préférer, car elle est techniquement plus élégante.

c) Solution **Secteur**. Enfin pour ceux qui n'envisagent pas du tout le fonctionnement en dehors de l'atelier, ou si le prix de revient est un élément déterminant, l'alimentation secteur est la bonne solution: la plus simple et la plus économique.

A noter que dans les cas a) ou b) un bloc de recharge est nécessaire, bloc qui peut se brancher à l'atelier pendant l'utilisation en donnant alors une autonomie quasi illimitée (système des petites calculatrices rechargeables).

I. PERFORMANCES DU MX38

5 fonctions:

Voltmètre continu $Z_c = 4,25 M\Omega$

Voltmètre alternatif $Z_c = 4,25 M\Omega$

Ampèremètre continu. Chute de tension: $100 \mu V$ par point.

Ampèremètre alternatif. Chute de tension: $100 \mu V$ par point.

Ohmmètre.

5 gammes (voir tableau 1):

Affichage. 3 1/2 digits avec un maximum absolu de 2048 points.

Polarité automatique pour les tensions et les intensités.

Bande passante de 20 Hz à 100 kHz à 1%.

Précision: 0,2% ± 1 point en gamme 1 V continu.

Sur les autres gammes la précision dépend de celle des résistances d'adaptation. En principe, elle sera donc de $\pm 1\%$ puisqu'il est fait usage de résistances à 1%. Un réalisateur exigeant pourrait choisir des résistances à 0,1%, mais ces résistances sont difficiles à trouver et fort chères.

TABLEAU I

	VOLTS \approx			INTENSITES \approx			RESISTANCES		
	Résol.	Pt mil.	Max.	Résol.	Pt mil.	Max.	Résol.	Pt mil.	Max.
0,1	0,1 mV	100 mV 0,1 V	200 mV	0,1 μA	100 μA 0,1 mA	200 μA	0,1 Ω	100 Ω 0,1 k Ω	200 Ω
1	1 mV	1 000 mV 1 V	2 V	1 μA	1 000 μA 1 mA	2 mA	1 Ω	1 k Ω	2 k Ω
10	10 mV	10 V	20 V	10 μA	10 mA	20 mA	10 Ω	10 k Ω	20 k Ω
100	100 mV	100 V	200 V	100 μA	100 mA	200 mA	100 Ω	100 k Ω	200 k Ω
1 000	1 000 mV 1 V	1 000 V		1 000 μA 1 mA	1 000 mA 1 A	2 000 mA 2 A	1 000 Ω	1 000 k Ω 1 M Ω	2 000 k Ω 2 M Ω

II. ETUDE THEORIQUE

1. Le convertisseur analogique-digital (A/D)

a) Cette partie importante de l'appareil, est bâtie autour du circuit intégré GZF1200D qui en assure toutes les fonctions essentielles. Le principe de fonctionnement retenu est toujours le procédé Philips, analysé en détail dans la description du DMM1038 à laquelle nous renvoyons les lecteurs intéressés (n° 1441). La structure interne du GZF1200D est donnée en figure 1. On y retrouve la bascule d'entrée de type D (FF) commandée par la sortie du comparateur externe et actionnée par les impulsions d'horloge (clock) dont l'oscillation est assurée par un circuit accordé externe. Ce basculeur FF connecte successivement les tensions de référence positive et négative sur l'entrée du comparateur, au point même où se trouve appliquée la tension à mesurer. Les basculements successifs de FF sont comptés et décomptés par le « Up Down » counter, puis envoyés vers les circuits de multiplexage. D'autres circuits assurent la réalisation des séquences de mesure (Timing) le décodage de la polarité (polarité-zéro détection) l'élaboration des signaux nécessaires à des changements automatiques de gammes (Result detector et Range counter) possibilité non exploitée dans le MX38.

Le brochage du GZF1200D est donné en figure 2. Rappelons que ce circuit est de technologie Locmos (Local Oxydation Complementary MOS) variante des COSMOS plus connus. Voyons l'utilisation des différentes entrées et sorties :

— **Signal Input** (entrée) : Broche n° 1. Doit être raccordée à la sortie du comparateur. Haute, elle fait passer la sortie chopper au + V référence. Basse, elle la relie à - V référence.

— **Chopper Output** : Broche n° 3. Doit être raccordée à l'entrée du comparateur.

— **Polarity Output** (indication de la polarité) : Broche n° 20. Haute si le signal mesuré est négatif. Basse si ce signal est positif.

— **Clock Input** (n° 26) **Clock Output** (n° 25) : Entrée et sortie d'horloge. La fréquence d'oscillation est déterminée par les composants externes. Cette fréquence est 16 fois la fréquence d'échantillonnage (Fs) et le temps de mesure correspondant est de 65536 oscillations.

— **Serial Input** (n° 21) **Serial Output** (n° 19) : Entrée et sortie série. L'une doit être reliée à l'autre. La sortie 19 correspond à celle du compteur-décompteur. L'entrée 21 est celle des circuits de multiplexage des informations. A la sortie Shift Pulse Output

(n° 9) apparaît un train de 16 impulsions entre deux séquences de mesure. Ces impulsions servent intérieurement à faire passer le résultat de mesure du compteur-décompteur à son étage de sortie.

— **Start Input** (n° 22) **Stop Output** (n° 8) : Entrée de mise en fonctionnement et sortie d'arrêt. Les circuits internes de changement automatique de gammes choisissent une gamme plus haute si le résultat du comptage dépasse 1999 et une plus basse s'il est inférieur à 180. Un changement de gamme donne un niveau BAS sur 8. De manière à permettre aux circuits extérieurs de répondre à cet ordre, le GZF1200D ne repartira pour une nouvelle séquence de mesure que si l'entrée 22 est maintenue HAUTE pendant un minimum de 16 impul-

sions d'horloge.

— **Range outputs** (nos 5, 6 et 7) : Sorties de gammes. Elles se présentent en code binaire de 000 à 111, soit 8 positions. Lorsque le circuit a atteint la 8^e gamme, l'affichage continuant à dépasser 1999, la sortie Overload (n° 23) de dépassement, se met au niveau Haut.

— **BCD Data Outputs** (nos 15, 16, 17 et 18) : Sorties d'informations. Ces sorties donnent le contenu du digit à l'affichage en code BCD.

— **Scan Outputs** (nos 10, 11, 12 et 13) : Sorties de balayage. Elles fournissent les signaux d'exploration permettant « d'ouvrir » le digit concerné par les informations précédentes.

— **Reset input** (n° 24) : Entrée de remise à zéro. Si cette entrée est basse pendant 32 impulsions d'horloge au

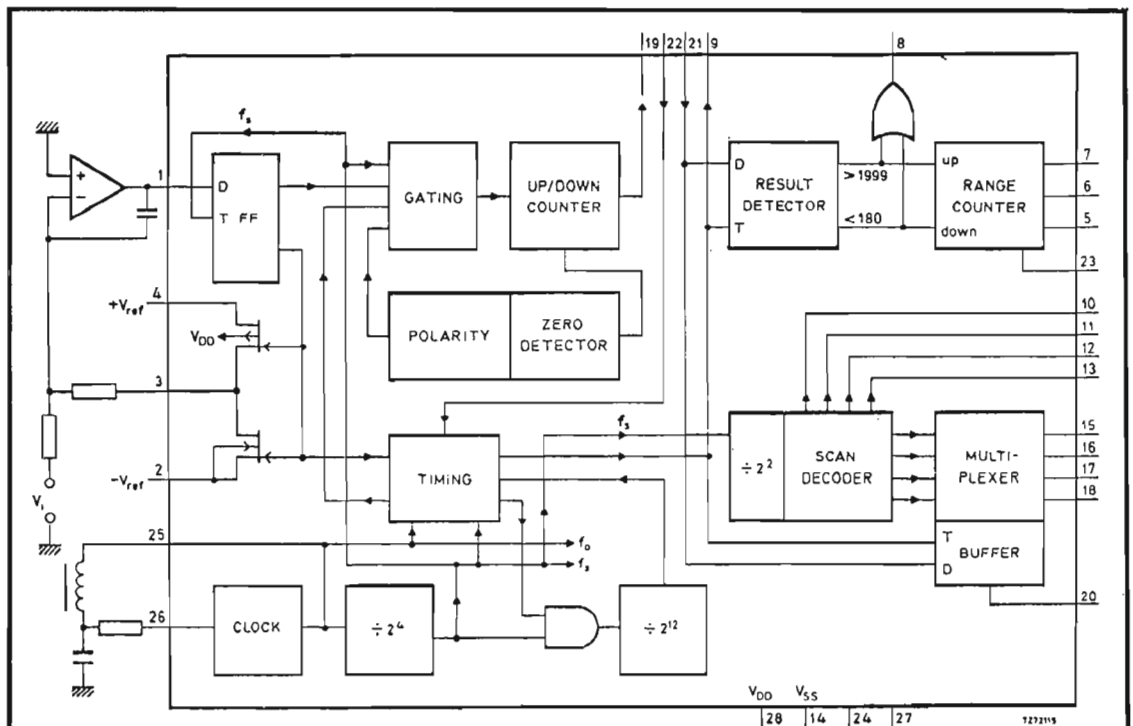


Fig. 1. - Structure interne du GZF 1200 D.

DIGITAL VOLTMETER CIRCUIT

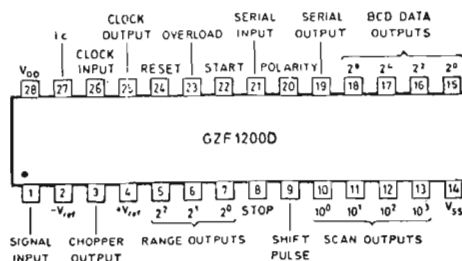


Fig. 2. - Brochage du GZF 1200 D.

moins, le GZF1200D est complètement remis à zéro.

La tension de fonctionnement du GZF1200D va de 4,75 V à 10,5 V. Sa consommation maximum absolue est de 10 μ A. Notons encore une particularité des circuits LOC-MOS ou COSMOS (C.MOS) : les sorties à l'état Haut sont à très peu de chose près, au potentiel positif de l'alimentation (V_{DD}). Ainsi, avec +5 V elles sont à +4,99 V, avec +10 V, elles sont à 9,99 V. A l'état Bas, elles sont pratiquement à celui du

potentiel négatif (V_{SS}) : 0,01 V dans les deux cas.

Nous disposons donc de créneaux de tensions calibrés par l'alimentation. C'est un avantage précieux sur les circuits TTL. Ajoutons à cela que les entrées sont toujours à très haute impédance, puisque constituées de transistors MOS : elles consomment ainsi un courant dérisoire, enfin la marge importante laissée à la tension d'alimentation rend l'usage de ces circuits très souple. Il est certain que les COSMOS vont tendre à rem-

placer les TTL, dans tous les montages où la vitesse de fonctionnement n'est pas importante. Car, et c'est là leur point faible, les COSMOS plafonnent à quelques mégahertz : 8 MHz en général (2 MHz pour le GZF1200D), ce qui est, en fait, bien suffisant pour de très nombreuses applications. Sur le plan de la consommation, l'avantage apporté par les COSMOS est écrasant : le facteur de réduction étant toujours supérieur à 1000.

b) Etude du schéma complet (Voir fig. 3).

Ce schéma est remarquable par sa simplicité. Une chaîne de résistances de précision établit les diverses tensions nécessaires au fonctionnement : un potentiel initial de l'ordre de -13 à -15 V est ramené à -10 V par une diode zener, pour l'alimentation du comparateur d'entrée, réalisé avec un LM741 très classique. La chaîne délivre alors les tensions de références positive +2,04 V et négative -2,04 V, par rapport à

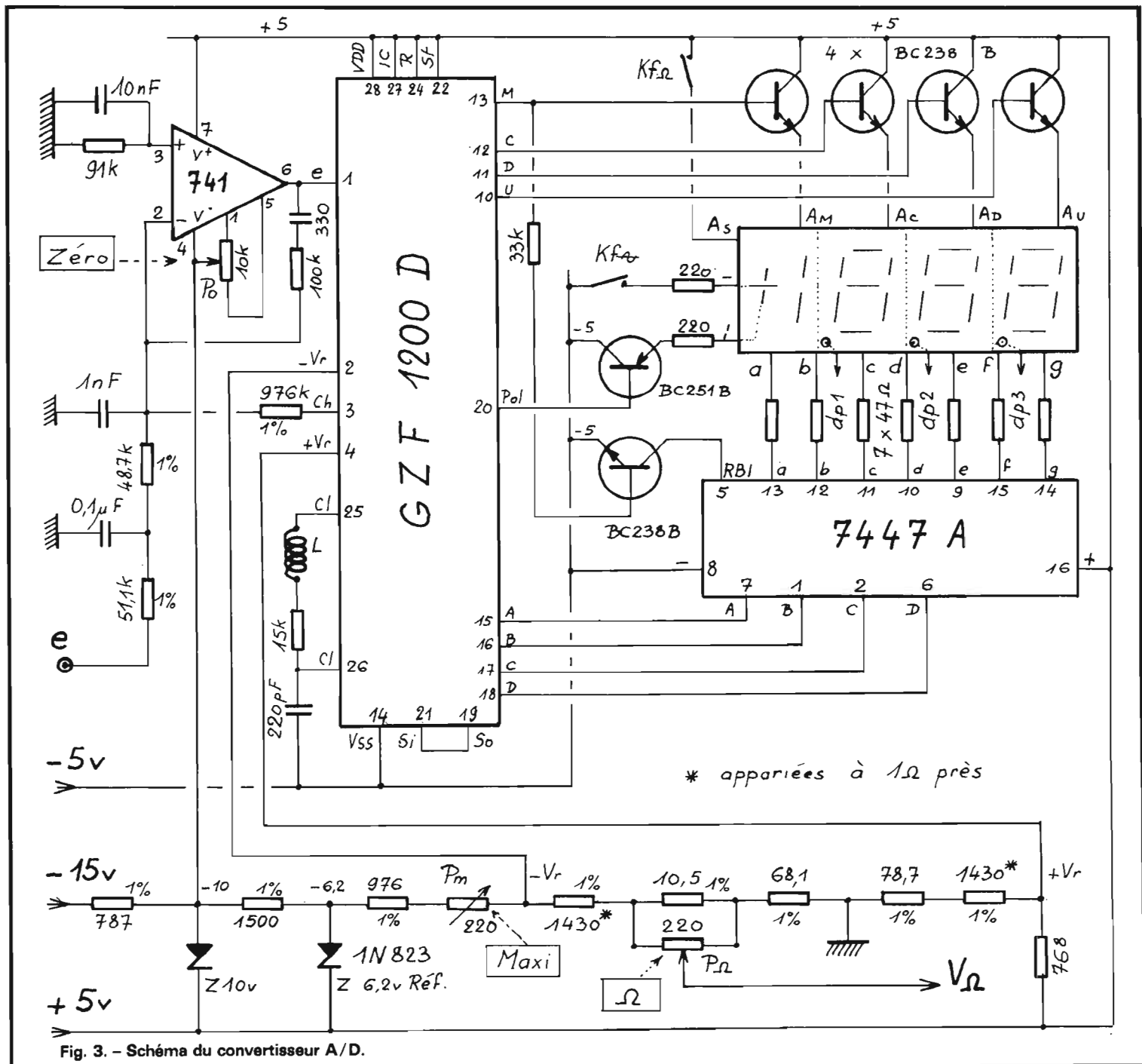


Fig. 3. - Schéma du convertisseur A/D.

la masse. Les résistances utilisées doivent être assez précises pour garantir l'égalité des valeurs absolues de ces tensions à 0,1 % près. Les exemplaires fournis par la maison RD seront appariés pour respecter cette condition. On remarquera la présence d'une prise donnant une tension de référence marquée $V\Omega$ (de l'ordre de -100 mV) nécessaire à l'ohmmètre. On évite ainsi le besoin d'une seconde source stabilisée qui augmenterait le coût de l'appareil et sa consommation. Une diode de référence 1N823, à très faible coefficient de température suffit pour le MX38.

Le GZF1200D est alimenté en 5 V, ce qui permet une comptabilité directe avec le circuit TTL, SN7447 nécessaire au décodage des informations.

Le comparateur d'entrée fonctionne en inverseur. Son entrée positive est à la masse par une résistance égale à celles de l'autre entrée en parallèle, ceci afin d'équilibrer les tensions résiduelles.

Si la tension d'entrée est positive, la sortie du 741 (6) devient négative (basse): la sortie Chopper est alors reliée à la tension de référence négative (voir plus haut). La résistance de $976\text{ k}\Omega$ apporte donc un courant contribuant à ramener à zéro la tension positive de l'entrée e_+ . Il y a toutefois, un dépassement, alors le 741 bascule en sens contraire. Donc, comme dans le DMM1038, il s'établit un régime d'oscillations du 741 de manière à maintenir l'équilibre aux bornes du condensateur de 1 nF de e_+ . Le niveau moyen de cette entrée est toujours de 0 V. Le rapport entre les résistances de signal et de sortie Chopper fixe la sensibilité du système: ici il est de l'ordre de 10 ($976/99,8$). Donc pour les 2 V de référence, il suffit de $0,2\text{ V}$ à l'entrée pour avoir l'équilibre. La sensibilité du convertisseur est donc de 200 mV pour 2 000 points, soit $0,1\text{ mV}$ par point, c'est-à-dire 10 fois

mieux que le DMM1038. L'offset du 741 doit être corrigé par le potentiomètre P_0 pour que un zéro à l'entrée affiche bien un zéro en sortie. Une résistance ajustable P_m permet de figurer la valeur absolue des tensions de référence pour permettre l'étalonnage de l'appareil.

Le GZF1200D, avec les éléments choisis, oscille sur une fréquence d'horloge de l'ordre de 100 kHz , ce qui donne un temps de mesure légèrement supérieur à la $1/2$ seconde.

Les afficheurs utilisés sont à diodes électro-luminescentes, type économique: ils comportent une seule diode par segment, avec un dispositif optique répartiteur de lumière. Ce sont les DL707 et DL701 de Litronix, dans lesquels c'est l'anode des diodes qui est commune: c'est donc par cette anode qu'ils

seront actionnés par les signaux de multiplexage. Pour cela, il est fait usage de transistors montés en « transdiodes », solution idéale puisque ne nécessitant aucun composant supplémentaire. Chaque NPN, BC238B, a son collecteur au $+5\text{ V}$, son émetteur alimente l'anode de l'afficheur. Si la base est au niveau Haut ($+5\text{ V}$) le BC238B conduit, si elle se trouve au niveau Bas (-5 V), il est bloqué.

Les cathodes des afficheurs, reliées en parallèle (tous les « a », tous les « b »... ensemble) retournent au -5 V par le SN7447A. Les résistances de $47\ \Omega$ limitent le courant à une valeur raisonnable, constituant un compromis entre la luminosité, la dissipation du 7447 et la consommation.

Une remarque: le 7447 délivre les chiffres 6 et 9 sous

une forme que nous trouvons bien laide: voir figure 4, à laquelle on finit par s'habituer. Il existe de nouveaux circuits: les SN74247 qui corrigent ce défaut. Mais ils sont difficiles à trouver et plus chers.

En continu, le - est affiché en permanence. La barre verticale: donnant le + est commandée par un BC251B, monté lui aussi en transdiode. Si la tension d'entrée est positive, la sortie polarité est Basse (voir plus haut). La base du BC251 est alors reliée au collecteur et le transistor conduit affichant le +.

Avec une tension négative, la base passe au $+5\text{ V}$ et le BC251 est bloqué. Reste le - à l'affichage.

Reste le problème de l'effacement du zéro sur le digit des milliers: il est résolu très simplement en commandant l'entrée RBI du 7447 (Ripple

Fig. 4. - Affichage du 6 et du 9.

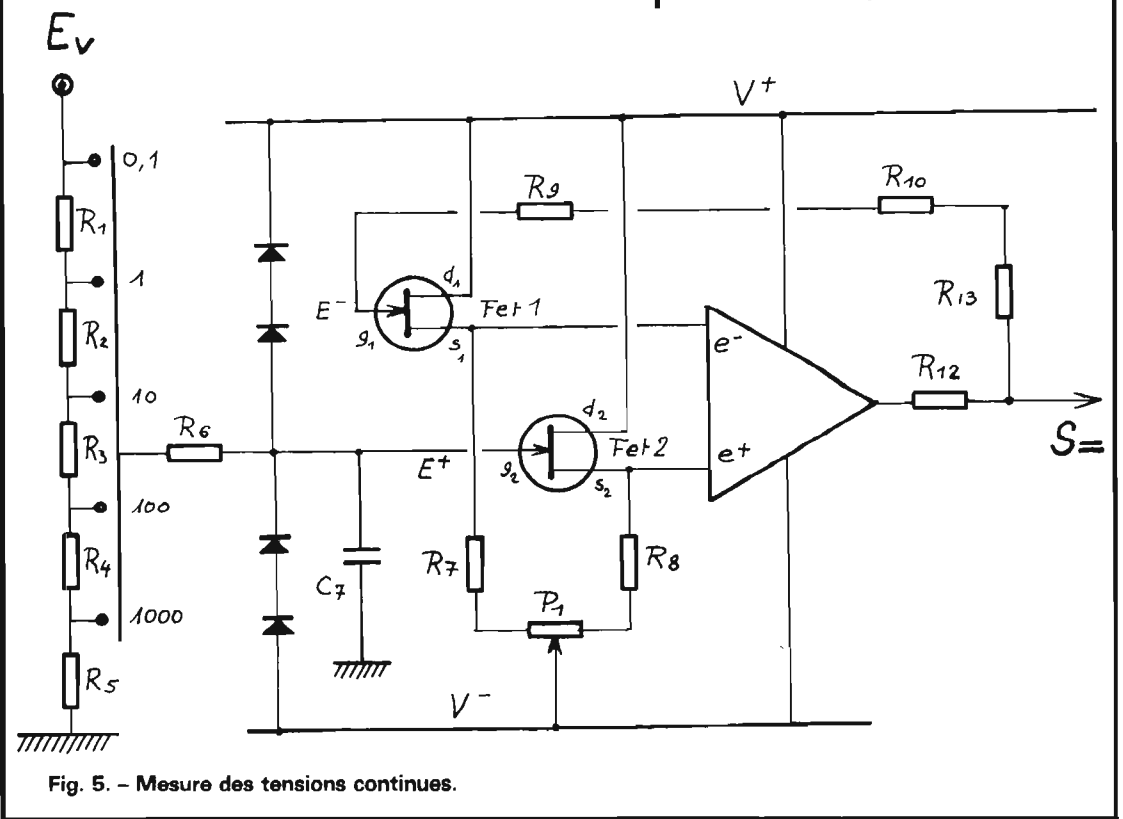
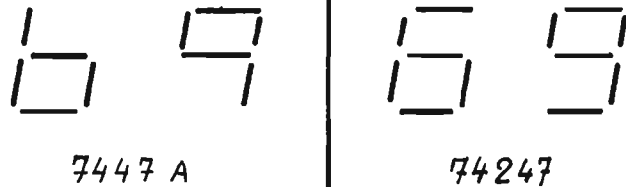


Fig. 5. - Mesure des tensions continues.

Blanking Input) par un BC238B dont la base est reliée à la sortie d'exploration du digit en question. Ainsi, à l'instant de l'exploration de ce digit, le transistor conduit, amenant RBI au niveau BAS, ce qui interdit l'affichage du zéro. Pendant l'exploration des autres digits, le BC238 est bloqué, permettant l'affichage des zéros.

Pour terminer signalons que doivent être reliées :

- au +5 V (V_{DD}) les broches : 28, alimentation du circuit ; 27, I.C., broche de test ; 24, broche de remise à 0 ; 22, broche de départ de séquence ;
- au -5 V (V_{SS}) uniquement la broche 14 d'alimentation.

2. Circuits de fonctions.

a) Voltmètre continu.

La platine précédente permet les mesures de tensions continues de $\pm 0,1$ mV à ± 200 mV, sous une impédance d'entrée de 90 k Ω environ. Ces deux performances sont insuffisantes en pratique et il est nécessaire de faire précéder notre convertisseur A/D par un étage à haute impédance, précédé lui-même par un atténuateur pour la

mesure des tensions élevées. On trouve le schéma de principe en figure 5. Il s'agit du montage classique d'un amplificateur opérationnel avec un double FET pour en augmenter les performances. L'impédance d'entrée devient très élevée et le courant résiduel très faible.

L'amplificateur opérationnel choisi est le banal 709 qui présente l'avantage des éléments de compensation de fréquence externe, permettant un ajustage de la bande passante en alternatif.

Le choix du double FET n'est pas simple, car il faut concilier économie et performances. Les critères essentiels sont le courant résiduel d'entrée I_g , la qualité de l'appariement et la dérive de l'offset.

Le courant résiduel d'entrée provoque, lorsque celle-ci est en l'air, l'affichage d'une tension résiduelle parasite en gamme 0,1 : comme la résistance de l'atténuateur est de 4,25 M Ω , 1 point d'affichage est provoqué par un courant I_g de

$$\frac{0,1 \text{ mV}}{4,25 \text{ M}\Omega}$$

soit 20 pA environ.

Il serait donc souhaitable de choisir un FET répondant à ce critère. Remarquons cependant que, en mesure normale, l'entrée est refermée par le circuit sous mesure dont l'impédance est toujours très inférieure à ces 4,25 M Ω . On peut donc parfaitement tolérer l'usage d'un FET moins performant, ayant par exemple un courant résiduel de 200 pA, donnant 10 points à vide mais des résultats de mesure parfaitement corrects dès que le circuit sous test fait moins de 500 k Ω .

Le modèle utilisé pour la mise au point du prototype est un FM1111 de NS mais d'autres modèles pourront être fournis par RD, selon la disponibilité du moment.

La protection de ce FET d'entrée est un autre difficile problème. La solution classique retenue fait appel à des diodes connectées en sens inverse entre gate et V^+ , V^- . Hélas, aucune diode n'est parfaite : alors que, ainsi branchée, elle ne devrait pas conduire, en fait elle « fuit ». Une quelconque 1N4148 est donnée pour un courant inverse I_R de 10 nA sous 10 V. C'est très peu ! Mais si

l'entrée est en l'air, une telle intensité développe dans les 4,25 M Ω d'entrée une tension de : $10 \cdot 10^{-9} \times 4,25 \cdot 10^6$ soit 42,5 mV, donc 425 points d'affichage. C'est catastrophique ! Heureusement le courant de fuite des diodes reliées à V^+ tend à annuler celui des diodes reliées à V^- . En appariant très soigneusement des 1N4148 on pourrait donc parvenir à compenser le défaut.

Toutefois, pour minimiser la difficulté, il est fait usage de diodes spéciales à très faible courant de fuite inverse : une 1N3595 de Sescosem à un I_R de 1 nA sous 125 V, ce qui est beaucoup mieux que les 10 nA sous 10 V des 1N4148.

Malgré cela il est fait usage de deux diodes en série vers chaque pôle de l'alimentation. Le « grand art » consiste à réussir la compensation du courant résiduel I_g du FET, par la différence des courants I_R des diodes.

En fait, nous « pinaillons » un peu, mais c'est pour vous faire comprendre les difficultés apparaissant avec ces hautes impédances.

En cas de surcharge, soit positive, soit négative, la ten-

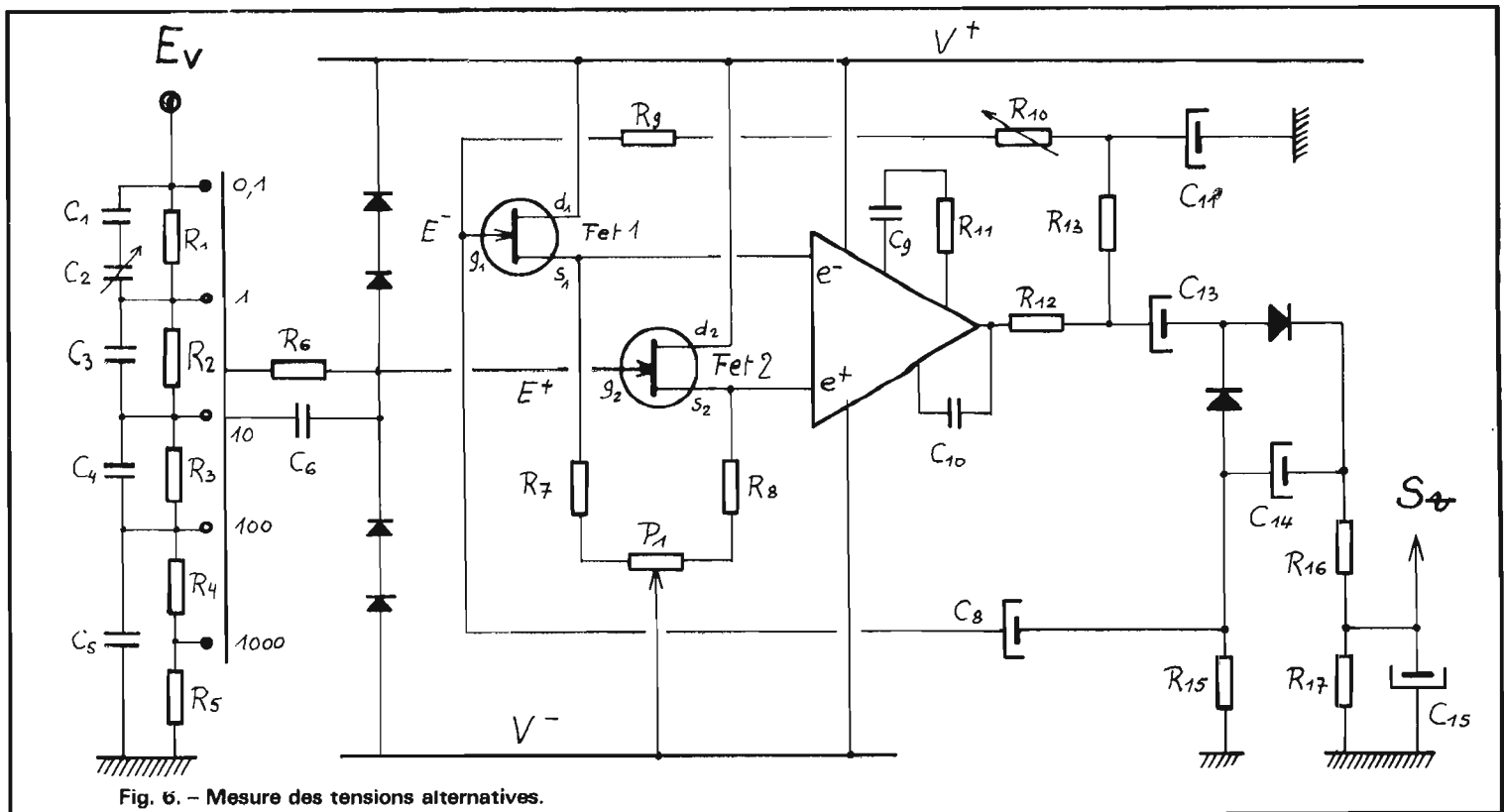


Fig. 6. - Mesure des tensions alternatives.

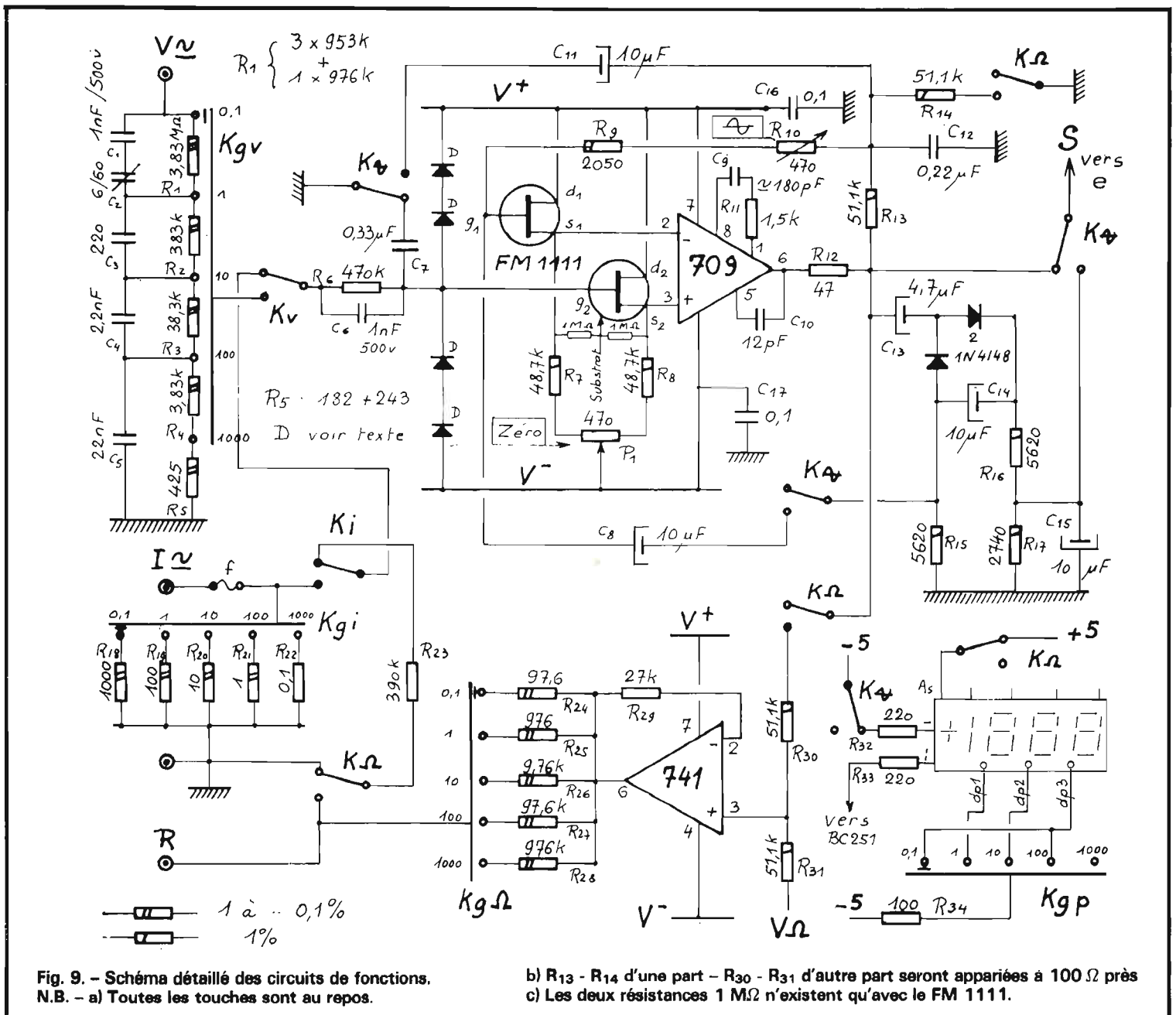


Fig. 9. - Schéma détaillé des circuits de fonctions.
N.B. - a) Toutes les touches sont au repos.

b) R₁₃ - R₁₄ d'une part - R₃₀ - R₃₁ d'autre part seront appariées à 100 Ω près
c) Les deux résistances 1 MΩ n'existent qu'avec le FM 1111.

dernière pour permettre l'éta-
lonnage.

Notons que le condensateur C₇ est supprimé.

Les éléments C₉, C₁₀, R₁₁ assurent la compensation en fréquence du 709. La valeur de C₉ étant ajustée pour avoir les meilleures performances. La tension de sortie S est positive.

c) Intensités.

Aucune astuce particulière n'a été recherchée. De simples shunts de faible valeur sont traversés par les courants à mesurer et y développent les tensions envoyées à l'entrée du voltmètre précédent. Voir figure 7.

Un fusible assure une légère protection des shunts, mais il ne faudra pas trop s'y fier. On pourrait améliorer la sécurité en disposant des diodes de puissance, comme indiqué sur la figure. Cette adjonction n'a pas été prévue.

En effet les mesures de tension se feront avec un câble blindé terminé par un probe, celles des intensités et des résistances avec des fils ordinaires. Il faudrait donc être particulièrement distrait pour faire la confusion entre ces types de mesures. Dans les pires conditions, seul sera détérioré le shunt correspondant au calibre concerné.

d) Ohmmètre.

Désirant un prix de revient minimum, il fallait éviter un circuit indépendant pour la mesure des résistances, donc utiliser au maximum les composants disponibles. Evidemment le circuit choisi est considérablement plus astucieux que celui du DMM. On le trouve en figure 8.

On retrouve le double FET et le 709 des paragraphes précédents, mais montés cette fois en amplificateur à contre-réaction de tension et de gain 2. Ceci est obtenu par la mise en place de R₁₄ égale à R₁₃.

$$\text{Gain} = \frac{R_{13} + R_{14}}{R_{14}}$$

On a ainsi :

$$E^- = E^+ = \frac{V_s}{2} = V_A$$

Un second amplificateur opérationnel LM741 est monté en suiveur de tension pour avoir une forte impédance d'entrée au point D, lequel étant point milieu des potentiels V_s et V_Ω (car R₃₀ = R₃₁) est tel que :

$$V_D = \frac{V_s + V_{\Omega}}{2}$$

Cette tension se retrouve en B (suiveur de tension).

La différence de potentiel qui existe aux bornes de la

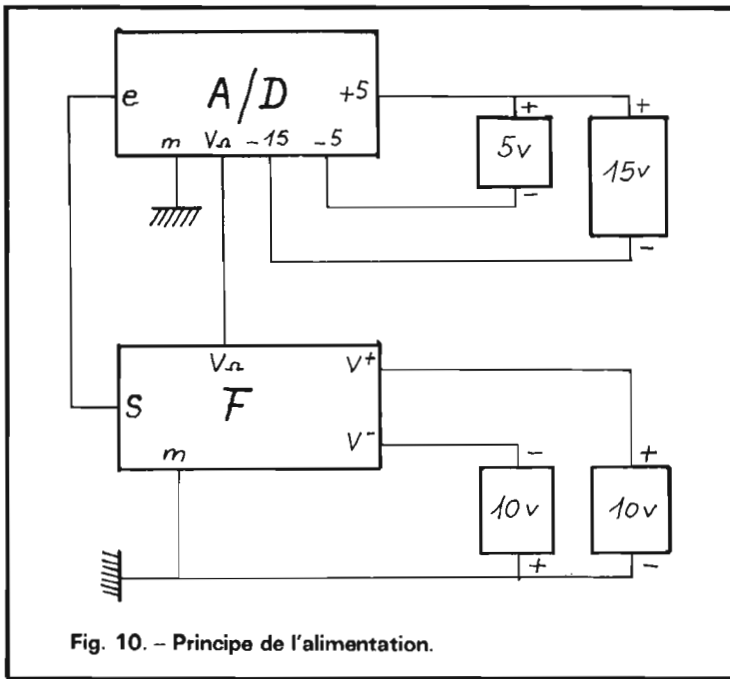


Fig. 10. - Principe de l'alimentation.

résistance de gamme R_g est donc :

$$V_A - V_B = \frac{V_s}{2} - \frac{V_s + V\Omega}{2}$$

$$= - \frac{V\Omega}{2}$$

Le courant qui traverse cette résistance R_g , et par conséquent la résistance à mesurer R_x (puisque l'entrée E^+ du FET a une consommation quasi nulle) dépend uniquement de $V\Omega$ et de R_g :

$$I_k = \frac{V_A - V_B}{R_g} = - \frac{V\Omega}{2R_g}$$

Prenons par exemple le cas de la gamme 1000 : $R_g = 976 \text{ k}\Omega$. $V\Omega$ est calibré pour toutes les gammes à $-97,6 \text{ mV}$.

D'où :

$$I_k = - \frac{-97,6 \text{ mV}}{976 \text{ k}\Omega} = +0,1 \mu\text{A}$$

si $R_x = 1 \text{ M}\Omega$, $V_A = 0,1 \cdot 10^{-6} \times 1 \cdot 10^6 = 0,1 \text{ V}$ ou 100 mV , tension qui provoque un affichage de 1 000 points.

NB :

$$V_A - V_B = - \frac{V}{2}$$

$$= - \frac{-97,6}{2} \text{ mV} = +48,8 \text{ mV} :$$

Le potentiel de A est donc supérieur à celui de B. Le courant I_k circule de A vers

$= 2 V_A$, les tensions de sortie, mesurées par le convertisseur A/D seront donc négatives.

Pour respecter fidèlement les équations du montage, il faut que les égalités $R_{13} = R_{14}$ d'une part et $R_{30} = R_{31}$ d'autre part, soient respectées à 0,1 % près. Les résistances de $51,1 \text{ k}\Omega$ fournies par RD seront appariées pour respecter cette condition.

La correction de l'offset du 741 n'est pas nécessaire, bien que nous l'avions prévue sur nos prototypes (voir P_2 de la fig. 8).

Le condensateur de $0,22 \mu\text{F}$ (C_{12}) évite une auto-oscillation du montage.

e) Etude du schéma complet (voir fig. 9).

On retrouve les schémas que nous venons d'étudier, convenablement mis en œuvre par le jeu de deux commutateurs.

— Le commutateur de fonction à 4 touches.

● K_v assure la fonction volt-mètre en reliant l'entrée E^+ à l'atténuateur, lui-même relié à la douille BNC de $V \approx$. L'atténuation de 10 en 10 est compensée en alternatif par les condensateurs habituels.

● K_i enfoncée, relie E^+ aux différents shunts et permet les mesures d'intensité.

● K_{\approx} au repos réalise la fonction « continu », alors que enfoncée, elle permet la mesure des tensions ou des intensités alternatives. Ses 4 inverseurs provoquent alors :
 — La déconnexion du $0,33 \mu\text{F}$ d'entrée, mais la connexion du $10 \mu\text{F}$ de sortie.
 — La connexion sur E^- du $10 \mu\text{F}$ de contre-réaction.
 — Le branchement de l'entrée du convertisseur A/D sur le point de sortie convenable.

— La coupure de la barre horizontale du +. Ainsi, la mesure des tensions et intensités alternatives sera matérialisée par l'affichage du signe « : ».

B, donc de la masse vers A, point qui est **négatif** par rapport à la masse. Ce renseignement est important pour les mesures de certaines résistances de semi-conducteurs. D'autre part, on sait que V_s

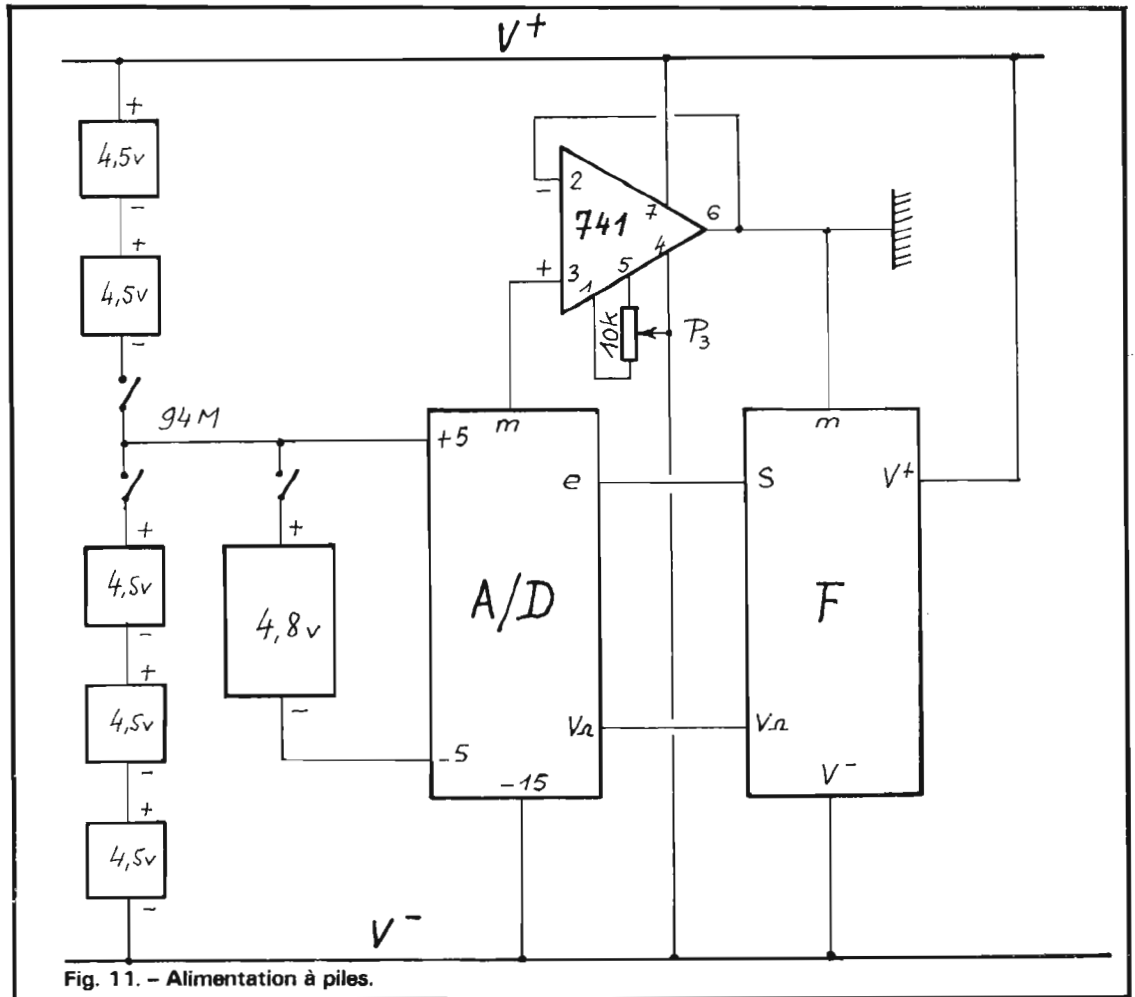


Fig. 11. - Alimentation à piles.

● **KΩ** enfoncée commande la fonction ohmmètre. Ses 4 inverseurs réalisent :

— Le branchement de la 51,1 kΩ à la masse (gain de 2).

— La liaison entre la sortie du 709 et l'entrée du 741.

— Le branchement des résistances R_g.

— La coupe complète de l'affichage des signes de polarité.

NB : Toutes les touches au repos, l'entrée E⁺ est à la masse par KΩ. Cette position peut constituer la position d'attente dans le cas des mesures de résistances. En effet, en fonction ohmmètre, et avec l'entrée R en l'air, l'affichage se met en butée, ce qui est gênant (mais normal, puisque la résistance R_x est dans ces conditions, infiniment grande).

— Le commutateur rotatif des 5 gammes.

4 circuits distincts sont nécessaires, ce qui impose 2 galettes de 2 circuits chacune.

● **KgV** commute les résistances de l'atténuateur.

● **Kgi** connecte le shunt nécessaire.

● **Kg** choisit la résistance R_g.

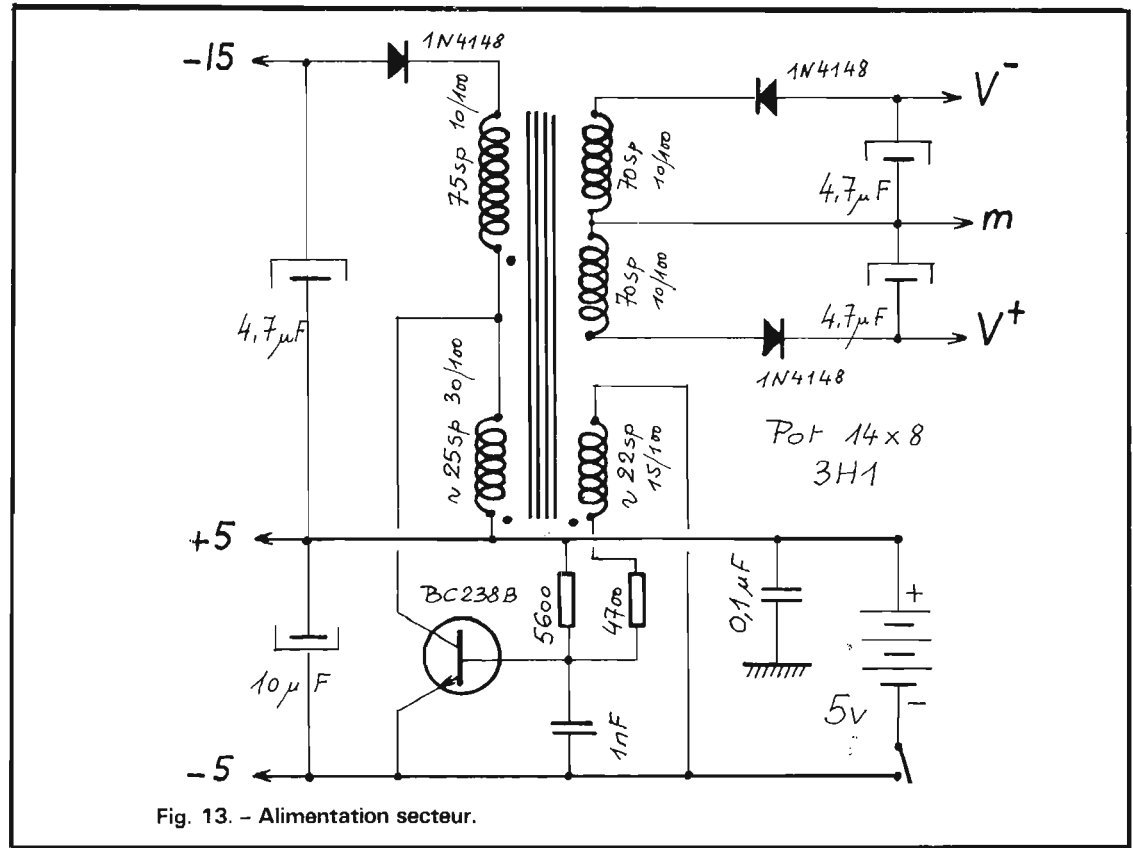


Fig. 13. - Alimentation secteur.

● **Kgp** allume le point décimal correspondant à la gamme.

3. L'alimentation.

L'ensemble du MX38 nécessite :

— Une source de 5 V sous 200 mA pour le convertisseur

A/D, dont plus des 3/4 sont utilisés pour l'affichage.

— Une source de -15 V sous 4 mA pour la même platine. Les pôles positifs de ces deux sources sont communs.

— Une source double de ±10 V sous 3 à 4 mA pour

la platine de fonctions et qui doit être électriquement séparée des deux précédentes. En effet le potentiel de masse du convertisseur A/D est flottant, déterminé par la chaîne des résistances de précision donnant les références. Le point milieu de la source double y sera relié, ainsi qu'à la masse générale (voir fig. 10).

Comme nous l'avons indiqué précédemment, trois solutions ont été retenues :

a) Alimentation Piles/Accu.

La source de 5 V est un petit accumulateur cadmium-nickel de 4,8 V 500 mAh donnant la possibilité de travailler une journée en service discontinu (2 heures de mesures effectives). Les sources de 15 V, 10 V et 10 V sont réalisées avec un seul groupement de 5 piles de 4,5 V, type Gnomma. Ces piles débitant fort peu et de manière intermittente dureront très longtemps, périssant plutôt par vieillesse. Se reporter à la figure 11.

Le convertisseur A/D est alimenté en -13,5 V par les 3 piles inférieures, tandis que la platine de fonctions l'est par

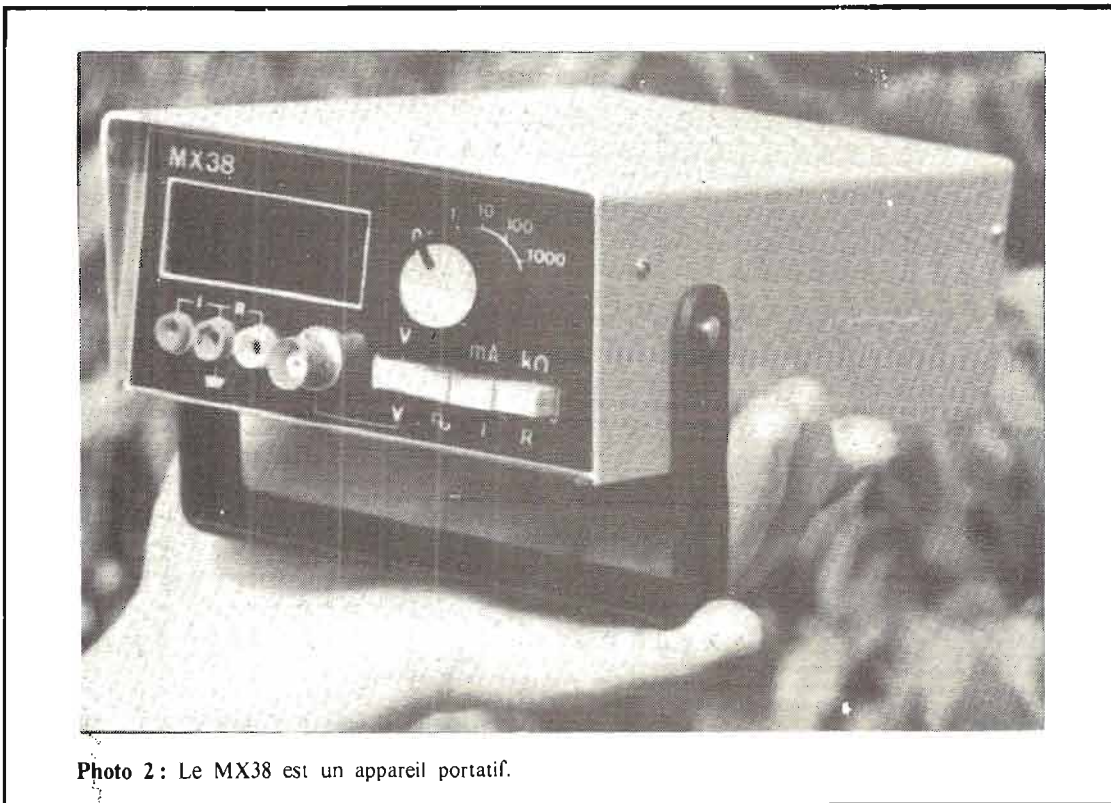


Photo 2 : Le MX38 est un appareil portable.

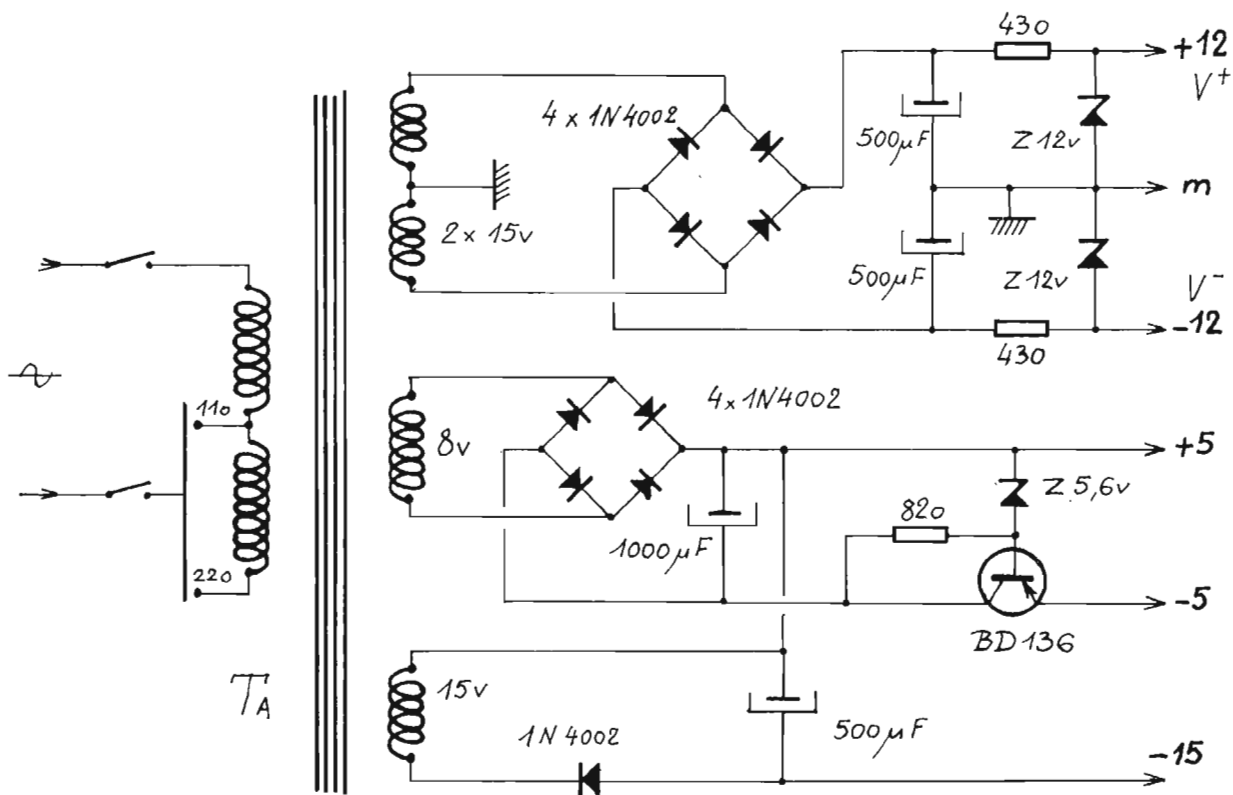


Fig. 12. - Convertisseur de tension.

la totalité des 5 piles, soit sous 22,5 V, ainsi qu'un suiveur de tension 741, piloté par le potentiel de masse du convertisseur A/D. On réalise ainsi, pour la platine de fonctions, un point milieu fictif sur l'alimentation et cela sans réaction sur le convertisseur. Sans cette précaution, toute différence de consommation entre V⁺ et V⁻ déséquilibrerait totalement le pont des tensions de référence et provoquerait d'importantes erreurs de mesure. Le fait se produirait plus particulièrement sur les gammes inférieures de la fonction ohmmètre.

Bien sûr, on ne mettra le MX38 sous tension que « si l'on s'en sert » et cela se fera par l'intermédiaire d'un triple interrupteur.

b) Alimentation Accu/Convertisseur.

Un petit convertisseur du type asymétrique, à un seul

transistor, permet d'obtenir toutes les tensions nécessaires au fonctionnement, à partir d'une seule source de 5 V. Le schéma est donné en figure 12. Il s'agit d'un montage courant, adapté d'une note d'application de la RTC.

Le transformateur est réalisé sur un pot ferroxcube. Nous en donnerons les caractéristiques plus loin. Les points indiquent les débits d'enroulements. La consommation en charge s'établit aux environs de 75 mA. La consommation de l'ensemble du MX38 est de l'ordre de 275 mA. Il y a donc intérêt à choisir une batterie de capacité suffisante. Il existe maintenant des éléments cylindriques CadNi convenant très bien :

Ex. : éléments VR 1200 mAh, Ø 22 mm h 42 mm. Éléments VR 1800 mAh, Ø 25 mm h 48 mm.

Ces deux types de batteries présentent les qualités suivantes :

- Étanchéité.
- Recharge rapide.
- Grande durée de vie.
- Stabilité de la tension en décharge.
- Bonnes performances de -40° à +75°.

Les deux modèles sont possibles dans le MX38, puisque nous disposons d'un compartiment batterie de 80 x 54 x 54 mm.

Le seul revers de la médaille reste le prix relativement élevé de ces accus. Avec les VR 1200 mAh, on peut compter sur une autonomie de 5 à 6 h. Avec les VR 1800 mAh, on aura presque 10 h, ce qui nous semble plus que suffisant pour une journée bien remplie, une nuit de recharge au 1/10 de la capacité, permettant de retrouver pour le lendemain

des éléments « gonflés à bloc ».

c) Alimentation secteur.

C'est sans nul doute la plus économique, surtout si vous bobinez le transformateur vous-même sur une carcasse de récupération. Le schéma est donné en figure 13. Etant donné le classicisme du montage, il ne nous semble pas nécessaire d'insister. La consommation de l'ensemble est inférieure à 2 W. Léger inconvénient de l'alimentation secteur : une certaine sensibilité du MX38 aux parasites véhiculés. Ce n'est pas bien gênant, les possesseurs de DMM1038 pourront le dire, mais en des lieux très perturbés, un filtre « ad hoc » pourrait être nécessaire.

F. THOBOIS

(à suivre)