

Multimètres numériques

METRIX

Il n'y a pas tellement longtemps, l'idée de posséder un multimètre numérique paraissait séduisante à la plupart des techniciens, mais beaucoup hésitaient, essentiellement à cause du prix, et tout le monde se contentait d'appareils à aiguille. Loin de nous l'idée de critiquer ces derniers qui, pour certaines mesures (réglage d'un minimum ou d'un maximum, par exemple) sont même préférables aux « numériques », mais nous pensons que le moment est venu où il devient utile de faire le point et de voir, sans idée préconçue quelconque, où en sont ces deux types d'appareils et ce qu'ils peuvent nous donner. Comme les « analogiques », à aiguille, sont bien connus, nous parlerons essentiellement des numériques.

Mais avant d'aller plus loin, liquidons la question du prix. On constate, en consultant les différentes annonces publicitaires, catalogues etc., qu'il existe déjà sur le marché, des multimètres numériques moins chers que certains modèles analogiques (à aiguille). C'est, très certainement, une tendance qui s'amorce et qui ne peut que s'accroître, répétant, toutes proportions gardées, ce qui s'est passé avec les petites calculatrices électroniques il y a quelques années. Cependant, si ces dernières ont pratiquement éliminé du marché les règles à calcul classiques, nous ne croyons pas à la disparition prochaine et complète des appareils à aiguille dans la gamme d'appareils de mesure électrique ou électronique. Les données du problème, dans les deux cas, ne sont guère comparables.

Affichage des résultats et leur lecture

La particularité de pratiquement tous les multimètres numériques courants, et des Metrix MX522 et MX562 également, est d'afficher le résultat d'une mesure par quatre chiffres au maximum lorsque le premier est 1, et par trois chiffres dans tous les autres cas. Bien que les différents calibres soient désignés, en règle générale, par un multiple décimal de 2 de l'unité mesurée (200 mV, 200 V, 2 mA, 20 k Ω , etc.),

ces chiffres n'apparaissent jamais sur l'écran si on utilise le calibre correspondant, mais on lira, respectivement, 199,9 mV, 199,9 V, 1,999 mA et 19,99 k Ω , si on mesure une tension théoriquement de 200 mV ou 200 V, un courant de 2 mA ou une résistance de 20 k Ω . De plus, si la vraie valeur de la grandeur mesurée dépasse, même de très peu, d'un « cheveu », la limite supérieure du calibre, par exemple tension alternative de 200 V « pleins » mesurée sur la position 200 V du contacteur, tout chiffre ou signe disparaissent de l'écran du mul-

timètre, où s'inscrit seulement, à gauche, un « 1 » marquant un dépassement. Ce signal se reproduit sur tous les calibres, en tensions, intensités et résistances, sauf sur celui de 1 000 V en continu et de 750 V en alternatif.

Il est important de noter encore que la place de la virgule (qui est, en fait, un point), ne varie pas dans les limites d'un calibre et que, de plus, elle est toujours la même pour tous les calibres semblables, pourrait-on dire, autrement dit attribués à un même nombre d'unités de nature différente (volts, millivolts, milliampères, ohms, mégohms etc.). Cela signifie que le point sera placé de la même façon pour les calibres de 2 V, 2 mA, 2 k Ω et + 2 M Ω , soit .000, le résultat pouvant comporter un « 1 » devant la virgule, ce qui donnerait 1.852, par exemple (volts, milliampères, kiloohms, mégohms), ou présenter l'aspect tel que .682, ou encore .068 etc.

Pour résumer, voici un tableau montrant la position du point pour les différents calibres « au repos » (multimètre sous tension, mais avec ses bornes d'entrée libres) et au maximum :

Unités	Calibre	Affichage	Maximum
V, mA, k Ω , M Ω	2	.000	1.999
V, kV, mA, k Ω , M Ω	20	0.00	19.99
mV, V, mA, Ω , k Ω	200	00.0	199.9
V	1000 et 750	000	1000 et 750



Photo A. - Vue extérieure du multimètre MX522. Affichage en 2000 points de mesure par chiffres 7 segments à cristaux liquides. Polarité affichée automatiquement pour les valeurs négatives. Calibres : 5 pour les tensions continues ou alternatives. Résistance d'entrée 2 M Ω . Résolution maximale : 100 μ V ; 3 pour les intensités continues ou alternatives. Résolution maximale : 1 μ A ; 5 pour les résistances. Résolution maximale : 0,1 Ω . Contrôle des diodes.

Quelques cas particuliers complètent ce tableau. En premier lieu, ceux où il s'agit de la mesure des tensions très élevées : continues ou alternatives jusqu'à 3 kV ; ondulées positives (T.H.T. d'un tube-image) jusqu'à 30 kV ; fortement impulsionnelles en lancée positive ou négative et superposées à une composante continue (tension des étages de sortie lignes, tubes ou transistors).

Pour les tensions de 3 kV on doit utiliser une sonde spéciale, qui comporte un di-

viseur par 1 000 (20 MΩ/20 kΩ). Suivant la nature de la tension mesurée, on enfonce (AC) ou on relâche (DC) la touche AC/DC, on enfonce la touche V, on commute le sélecteur de calibres sur 20 V ; on branche la sonde entre VΩ et COM (masse) et on lit la tension mesurée en kV, à partir de la « formule » 0.00, ce qui peut donner, par exemple, 2.35 (2 350 V), 0.83 (830 V) etc., avec un maximum de 3.00 (3 000 V) à ne pas dépasser.

La sonde spéciale pour

T.H.T. contient une résistance de 990 MΩ qui, avec la résistance d'entrée de l'appareil (10 MΩ) constitue un diviseur de tension de rapport 100, ce qui permet de mesurer des tensions soit jusqu'à 20 kV (19.99 kV), « formule » 0.00, soit jusqu'à 30 kV (« formule » 000 à 300 à diviser par 10, avec 30 kV à ne pas dépasser). Pour ces mesures la sonde se branche entre COM et VΩ, avec la touche AC/DC relâchée, la touche V enfouée et le sélecteur de calibres sur

200 (pour 20 kV) ou 1 000 V (pour 30 kV).

Observer de grandes précautions lors des mesures des tensions élevées, car une décharge de plusieurs milliers de volts peut non seulement être douloureuse, mais dangereuse et même mortelle, dans certaines circonstances défavorables (tout dépend à quel instant du cycle cardiaque se produit le choc). Or, lorsqu'on fait joujou avec des T.H.T., il ne faut jamais oublier que vous pouvez être « électrocuté » sans contact

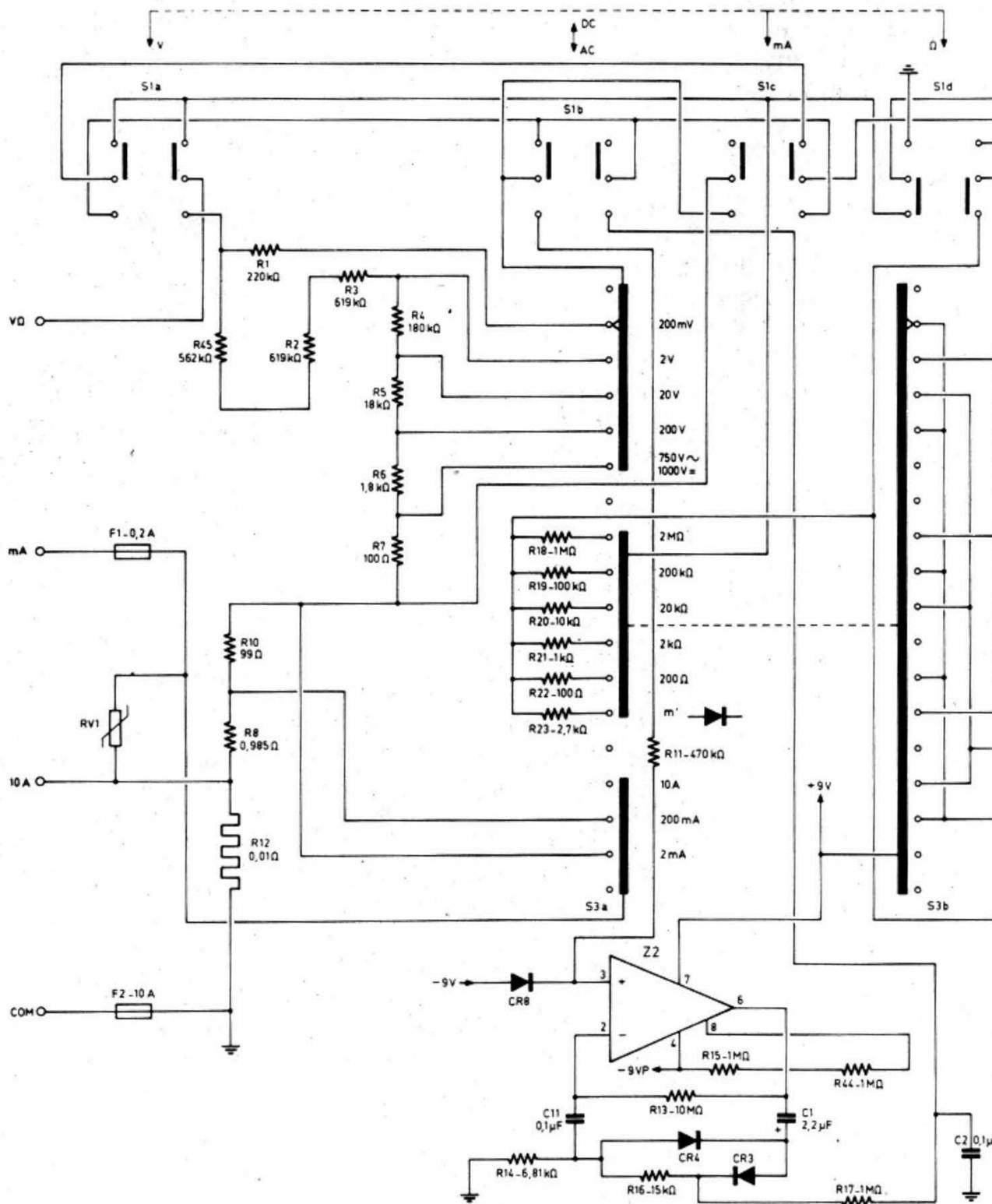


Schéma du multimètre MX522, le sélecteur de calibres étant en position 200 mV. Les transistors Q₁ et Q₂ sont des MPSA92 (Motorola), analogues aux BF259. Le transistor Q₃ est un BC237B, identique à BC107B, BC547B etc. Les différentes diodes sont : CR1 = 1N4004 ; CR2 = BZX46-C12 (Zener) ; CR3, CR4, CR5, CR6, CR7, CR8 = 1N4148 ou analogue.

direct, car, suivant une règle empirique, un arc peut s'amorcer entre deux points distants de M millimètres si la tension entre ces deux points est égale ou supérieure à M kilovolts. Précisons que nous avons eu le plaisir (involontaire, cela va sans dire) d'éprouver sur notre peau la confirmation de cette règle, avec 8 kV (= 8 à 9 mm). La précaution très simple et efficace, lorsqu'on se trouve en présence de tensions de ce niveau, est d'opérer d'une seule main, en te-

nant l'autre dans la poche, dans un lieu sec et sur un tapis isolant.

Reste la mesure des tensions élevées fortement impulsives des bases de temps lignes, que l'on mesure à l'aide d'une sonde-filtre, pour protéger le multimètre contre les impulsions de très grande amplitude superposées à une tension continue. Ce filtre passe-bas, avec $R = 100\text{ k}\Omega$ et $C = 100\text{ nF}$, bloque les impulsions et ne laisse passer que la composante continue à mesurer. La

tension maximale admissible par la sonde est de 1 500 V en continu. Les cordons de la sonde doivent être branchés entre COM et $V\Omega$, avec la touche AC/DC relâchée, la touche V enfoncée et le sélecteur de calibres sur 1 000 V. Ne pas appliquer la tension à mesurer pendant plus d'une minute, surtout si elle dépasse un peu 1 kV.

En ce qui concerne la possibilité de mesure de certaines grandeurs non électriques, signalons celle de températures, que l'on peut

effectuer à l'aide de sondes spéciales dans la plage s'étendant de $-50\text{ }^\circ\text{C}$ à $+350\text{ }^\circ\text{C}$.

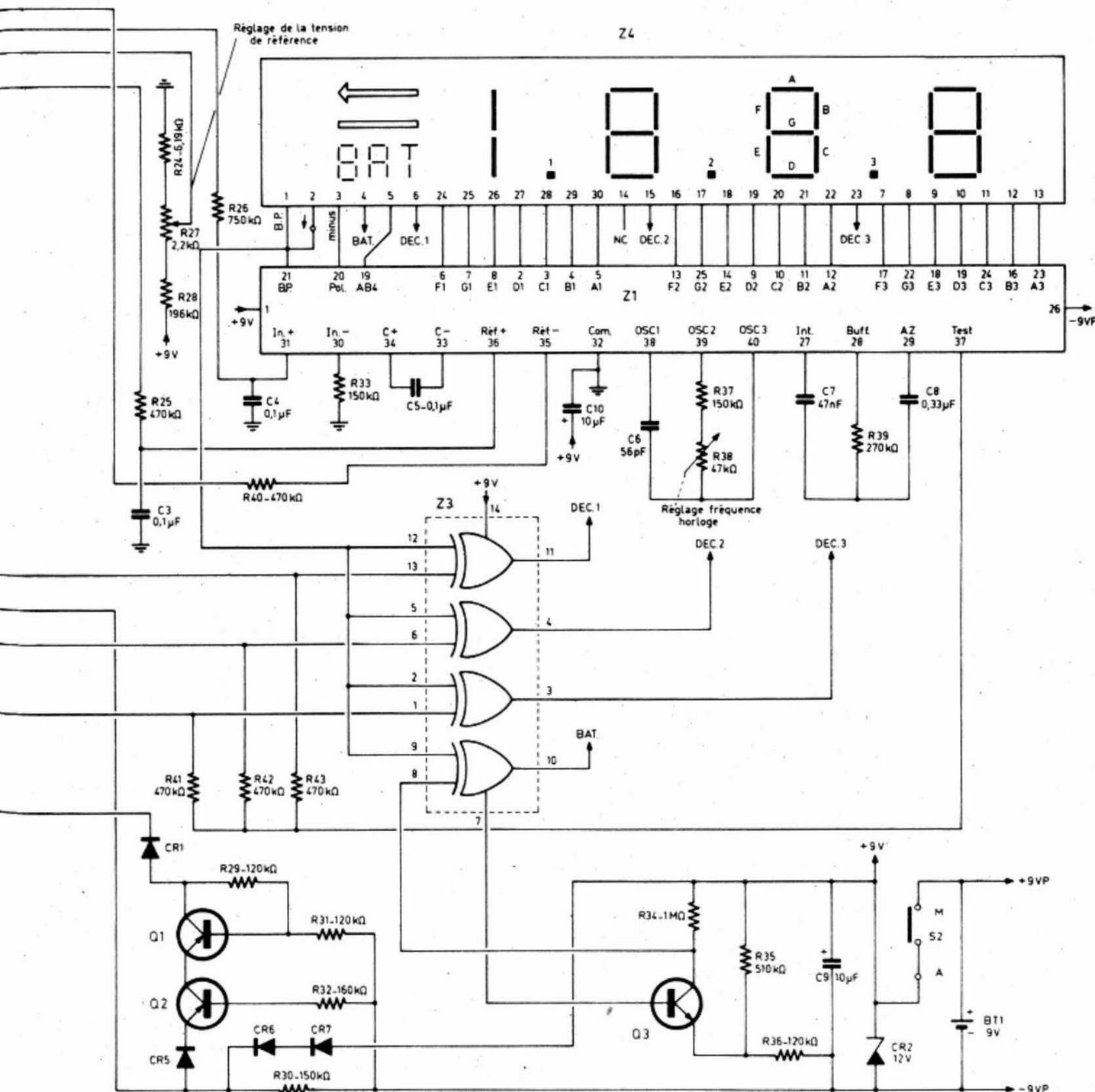
Une précision : l'affichage de la valeur mesurée se fait par des chiffres 7 segments à cristaux liquides, c'est-à-dire noirs sur fond grisâtre, la hauteur de ces chiffres étant de 12,7 mm, parfaitement lisibles à plus d'un mètre.

Surtensions, surcharges et polarité

C'est dans la façon dont les multimètres du type MX522 et MX562 se comportent en présence de surtensions très importantes à l'entrée qu'apparaît un de leurs avantages essentiels par rapport aux multimètres à aiguille. Il n'est pas nécessaire de rappeler à n'importe quel technicien le triste spectacle qu'offre le cadran d'un tel multimètre, « oublié » sur le calibre 5 V et qui en a reçu 500. Si le même accident se produit sur l'un des deux multimètres numériques dont il est question, il ne se passe rien, même si la tension appliquée sur n'importe quel calibre de tensions atteint 1 100 V (en continu) : l'écran affiche l'indication « Dépassement » par l'apparition du chiffre 1 à gauche, et c'est tout.

La protection contre une surcharge éventuelle en intensité, lors d'une mesure en continu ou en alternatif sur les calibres 2, 20 et 200 mA ou 10 A, est assurée par l'un ou l'autre des fusibles F_1 ou F_2 , calibrés en conséquence.

Enfin, encore un avantage : on n'a pas besoin de tenir compte de la polarité d'une tension continue mesurée. Si on a affaire à une tension négative par rapport à la douille d'entrée COM, qui correspond le plus souvent à



la « masse » du circuit examiné, un signe « moins » (–) apparaît devant le résultat de mesure affiché. C'est tout.

Précision, résolution et bruit

Toutes les indications sur la précision de lecture sont abondamment fournies dans la notice – mode d'emploi accompagnant chaque appareil et nous n'allons pas les répéter ici. Soulignons simplement un chiffre, parmi d'autres, qui donne une idée sur cette précision. Lors de la mesure des tensions continues, le chiffre affiché nous donne la valeur de la tension inconnue avec une précision de $\pm 0,2\% \pm 1$ digit.

En d'autres termes, si nous lisons, sur le calibre 200 V, une tension de 105,2 V, par exemple, la vraie valeur doit se trouver dans la « fourchette » L (valeur lue) $\pm 0,21$ (0,2 % de cette valeur) ± 1 digit. Il est évident qu'une telle précision laisse rêveur, et il est dommage de penser que dans le cas d'un SAV elle demeure parfaitement inutile. Heureusement qu'il n'en est pas

toujours ainsi comme nous le verrons plus loin.

Bien que ce ne soit pas sa définition rigoureuse, on peut dire, pour simplifier, que la résolution représente la plus petite grandeur mesurable, c'est-à-dire lisible avec certitude, d'un calibre. La résolution maximale pour les tensions continues, par exemple, se situerait dans le domaine d'un millivolt ou même d'une fraction de millivolt dans le calibre correspondant. D'une façon générale, on peut dire aussi que la résolution correspond au nombre de lectures distinctes que l'on peut faire dans les limites d'un calibre. Et on se rend compte immédiatement que si on utilise un appareil à aiguille, gradué de 0 à 200, ce qui suppose une échelle de cadran longue de 90 à 100 mm au moins si on veut une lisibilité suffisante, on aura, dans le meilleur cas, 200 points de lecture. Or, n'importe quel calibre des multimètres dont il est question ici donne 2000 points de lecture (sauf 750 V en alternatif et 1 000 V en continu), qui ne sont pas des graduations plus ou moins faussées par la parallaxe, mais des chiffres en clair. Il en résulte que la résolution maximale pour les calibres de

tensions continues ou alternatives serait de :

$$200 \text{ mV} / 2000 = 0,1 \text{ mV} \\ = 100 \mu\text{V}.$$

Lorsqu'on établit un contact entre les pointes de touche et les deux points entre lesquels on veut mesurer une tension, le résultat n'est pas immédiat, en ce sens qu'on assiste d'abord à une petite agitation désordonnée de chiffres sur l'écran, agitation qui dure quelque 5-6 secondes et qui se calme pour afficher le résultat avec, cependant, le dernier chiffre qui continue à sautiller d'une façon irrégulière, surtout si le calibre choisi est « bas » (200 mV), par exemple). Ainsi, à circuit d'entrée ouvert, l'affichage va sautiller entre 00.0 et 00.1. Si on approche le doigt de la borne d'entrée $V\Omega$, le phénomène s'accroît et peut gagner les deux derniers chiffres : 02.3, 01.5, 00.6, etc., mais se calme au bout d'un certain temps. Il s'agit là de la « visualisation » du bruit propre du multimètre ou, plus exactement, de son amplificateur, car il suffit de « descendre » en sensibilité, commuter sur le calibre 200 V ou 1 000 V pour le faire disparaître ou le rendre exceptionnel.

Mesure des intensités

Les deux multimètres décrits diffèrent par le nombre de calibres attribués à la mesure des intensités en continu et en alternatif : MX522 (2 mA, 200 mA, 10 A) ; MX562 (2 mA, 20 mA, 200 mA, 10 A). Etant donné que chaque calibre offre 2000 points de lecture, l'absence du calibre 20 mA n'est pas gênante et les intensités de cet ordre de grandeur sont parfaitement lisibles sur le calibre 200 mA avec un peu moins de précision simplement.

Mais ce qui est plus important, c'est que les deux multimètres diffèrent complètement par la chute de tension à leurs bornes, dont il faut tenir compte lors de toute mesure d'intensité, l'avantage étant toujours acquis à l'appareil qui présente une chute de tension

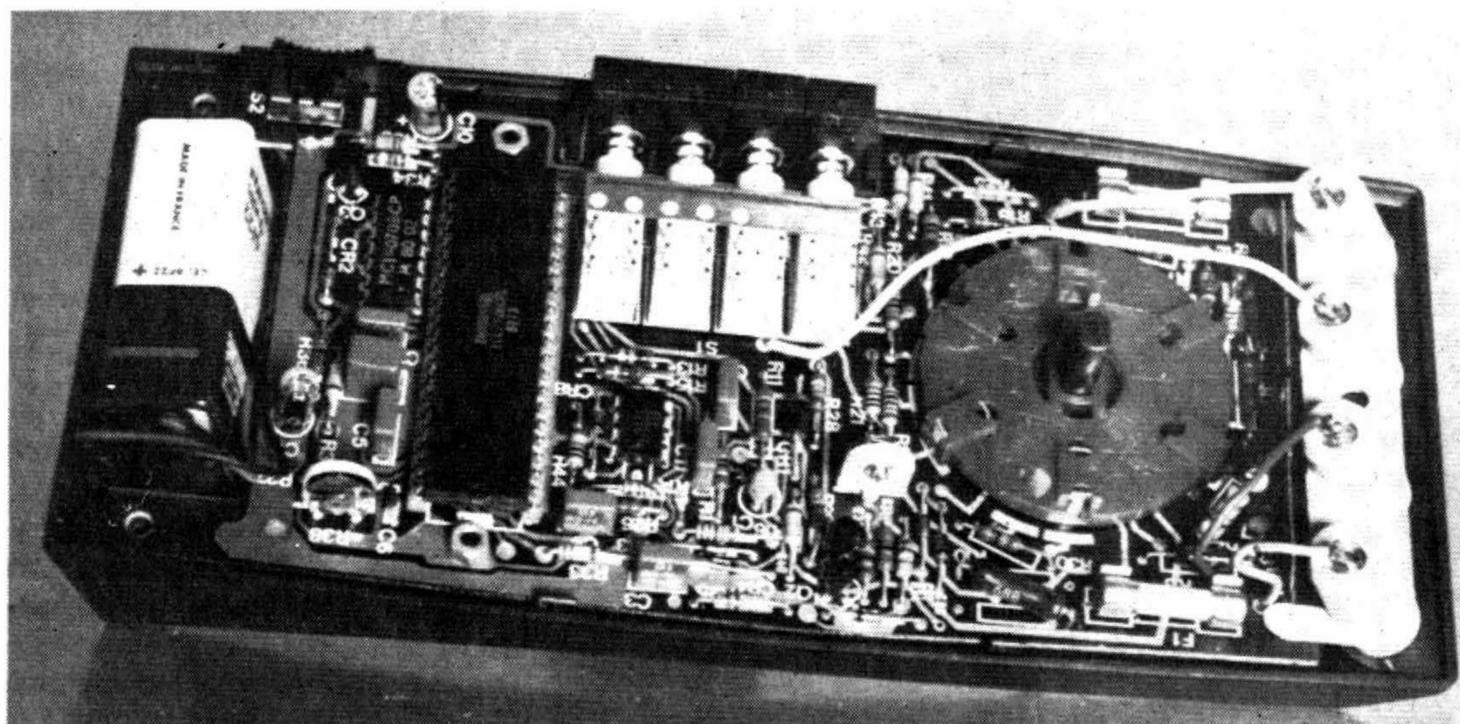


Photo B. – Vue intérieure du multimètre MX522, avec la pile d'alimentation de 9 V (à gauche) et, un peu plus à droite, le circuit intégré principal, 7126 CPL.

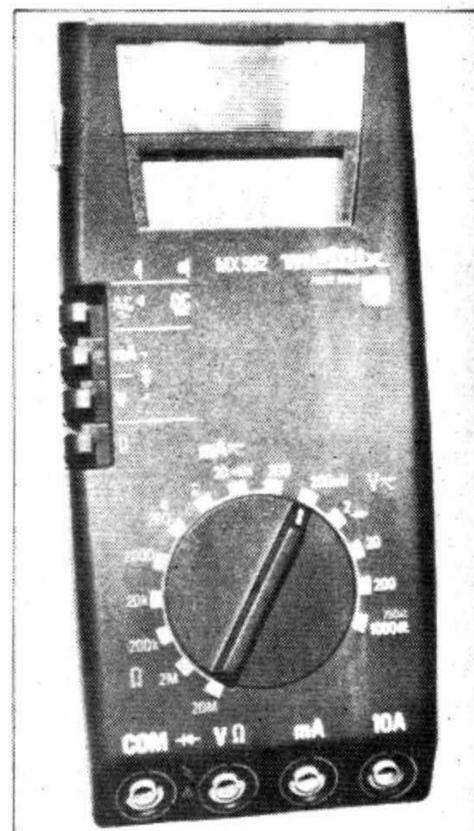


Photo C. – Vue extérieure du multimètre MX562, dont les possibilités sont un peu plus larges que celles du MX522 : un calibre d'intensités continues et son « analogue » en alternatif (0 à 20 mA) ; un calibre de résistances, permettant d'aller jusqu'à 20 M Ω .

la plus faible. Or, si nous nous fions aux indications du constructeur, le MX562 présente une chute de tension maximale uniforme, pour tous les calibres de 1,2 V en continu comme en alternatif. C'est beaucoup, car cela correspond à la moyenne de la plupart des multimètres à aiguille, mais on pourrait réduire, dans une certaine mesure, l'inconvénient qui pourrait en résulter en n'utilisant qu'une portion d'un calibre. Par exemple, pour mesurer une intensité qui, d'après nos prévisions, doit se situer vers 15-18 mA, nous pouvons utiliser le calibre 200 mA, sur lequel un courant de cette intensité ne provoquera qu'une chute de tension de l'ordre de 0,1 V, avec un affichage de la forme 15.5, par exemple, ce qui est largement suffisant dans la pratique.

En ce qui concerne le multimètre MX522, utilisé pour la mesure des intensités, provoque une chute de tension inférieure à 0,35 V sur 2 mA, inférieure à 2 V sur 200 mA et 0,5 V sur 10 A. La chute de tension qui semble assez importante sur 200 mA peut être « contournée » en utilisant le calibre 10 A, car il comporte quand même 1 000 points de lecture valant 10 mA chacun, de sorte que les 20 premiers points suffiront pour couvrir le calibre 200 mA.

Mesure des résistances

C'est dans ce domaine que la supériorité d'un multimètre numérique sur celui à aiguille se manifeste d'une façon particulièrement éclatante. Il suffit de repenser à tous les ohmmètres faisant partie des multimètres ordinaires, avec leur cadran non linéaire, sur lequel aucune lecture à peu près précise n'est possible à partir du milieu, et de les com-

parer avec les 2 000 points de lecture d'un calibre « Résistances » du MX522 ou MX562, chaque point correspondant à 3 ou 4 chiffres significatifs, ce qui donne une précision de mesure supérieure à celle de beaucoup de ponts RLC.

Pratiquement, cela permet à tout technicien qui a besoin d'une ou de plusieurs valeurs bien précises, pour réaliser ou réparer un appareil de mesure, un atténuateur etc., de trouver rapidement ce dont il a besoin dans le fond de ses tiroirs, en triant les résistances dont il dispose. Par la même occasion, il apprendra quelque chose de très utile : il ne faut jamais croire tout ce qui est écrit dans les livres de technologie, les catalogues, les prospectus etc., mais uniquement les résultats de ses propres mesures. Ainsi, tout le monde sait, ou croit savoir, que les résistances marquées en code de couleurs comportent une bande indiquant la tolérance en pour-cent par rapport à la valeur définie par la couleur des trois autres bandes : pas de bande de tolérance, $\pm 20\%$; bande argent, $\pm 10\%$; bande or, $\pm 5\%$. C'est simple et précis. Voyons maintenant la réalité, qui se présente sous la forme d'un tas de résistances (99 exactement) de 10 k Ω de valeur nominale, neuves pour la plupart ou ayant servi à des essais ou mises au point, leur dissipation s'étalant de 0,125 W à 1 W.

Commençons par les moins précises (pas de bande de tolérance). Elles sont 14, et leurs valeurs, mesurées, se répartissent comme suit (en k Ω) : 9,51 - 9,57 - 9,60 - 9,73 - 9,88 - 10,1 - 10,13 - 2 x 10,15 - 10,17 - 10,38 - 11,85 - 12,33 - 13,89. Résultat inattendu et remarquable pour ces résistances qu'on aurait tendance à considérer un peu comme « marginales » et qui se placent presque toutes (sauf les

3 dernières) dans la zone $\pm 5\%$ ou mieux.

Bande argent. Elles constituent le groupe le plus important (71) mais contrairement aux « sans bande » 26 seulement peuvent prétendre à la tolérance annoncée de $\pm 10\%$. Les autres se répartissent entre $> 10\%$ et 20% (15), $> 20\%$ et 30%

2 V et la diode essayée connectée entre COM (cathode) et V Ω (anode). L'écran affichera, en volt, la chute de tension aux bornes de la diode, qui nous indiquera, entre autres, s'il s'agit d'une germanium ou d'une silicium : chute de tension inférieure à 0,4 V - germanium ; supérieure à 0,5 V - silicium.

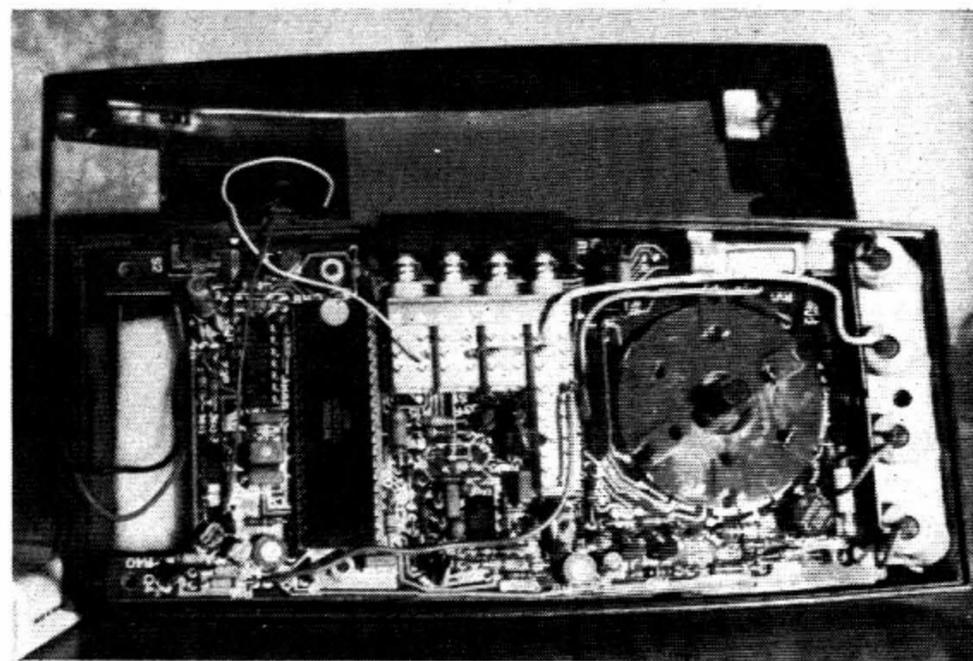


Photo D. - Vue intérieure du multimètre MX562.

(16), $> 30\%$ et 40% (9) et même $> 40\%$ (2). Ces deux dernières atteignent même la « tolérance » à peine croyable de + 48,1 % et + 49,3 %. Autrement dit elles sont pratiquement des 15 k Ω à bande or.

Bande or. L'échantillonnage comporte 14 résistances et les mesures montrent que toutes, sauf une, se trouvent dans les limites du $\pm 5\%$ avec même certaines valeurs pratiquement « parfaites » : 9,98 k Ω 9,99 k Ω (3 fois), 9,94 k Ω etc.

Essais des diodes

Cette opération consiste à mesurer la chute de tension aux bornes de la diode essayée, parcourue par un courant de 1 mA. La mesure se fait en continu (touche AC/DC relâchée), avec les touches mA et V enfoncées, le sélecteur de calibres sur

Les essais que nous avons effectués ont montré que pour les diodes germanium la tension normale se situe entre 0,3 et 0,38 V et pour les silicium entre 0,52 et 0,61 V.

Si l'écran affiche « 1 » c'est que la diode est connectée à l'envers ou coupée. Si on voit apparaître .000, la diode est en court-circuit.

En dehors des diodes, il est parfaitement possible d'essayer les transistors en vérifiant leurs jonctions et l'espace émetteur-collecteur, suivant la façon de procéder bien connue, sur laquelle nous aurons peut-être l'occasion de revenir. A préciser que le multimètre commuté pour l'essai des diodes n'accuse qu'une tension de 2 V entre les entrées COM et V Ω , c'est-à-dire sans aucun danger pour un transistor.

W. SOROKINE