

UN THERMOMÈTRE NUMÉRIQUE LE TCF 3

TOUTE solution présente des avantages et des inconvénients. Ainsi le TCF2 est-il très agréable par son affichage lumineux visible de très loin, même dans la pénombre ou l'obscurité. Par contre cet affichage est gourmand et nécessite une alimentation secteur pour une utilisation permanente. Le « fil à la patte » qui s'en suit est souvent gênant. Par ailleurs, lorsque l'on veut faire des mesures de températures en milieu humide, le raccord au secteur est toujours inquiétant. Le TCF2 est donc essentiellement un thermomètre d'appartement, fonction dans laquelle il excelle !

Mais voulant un appareil plus versatile, libre de toute entrave et sans aucun danger d'emploi, nous avons étudié un autre modèle, alimenté par piles, équipé d'un afficheur à cristaux liquides assurant une très grande autonomie et possédant toute la précision et la gamme de température du TCF2 : c'est le TCF3 !!

Ce nouveau thermomètre numérique remplit par-

faitement les points précédents. Il a cependant les inévitables inconvénients de ses avantages, c'est-à-dire de l'affichage LCD : moins visible en intérieur peu éclairé, invisible dans l'obscurité. Il est tributaire de sa pile et par conséquent moins adapté à un emploi permanent. Mais passons au vif du sujet.

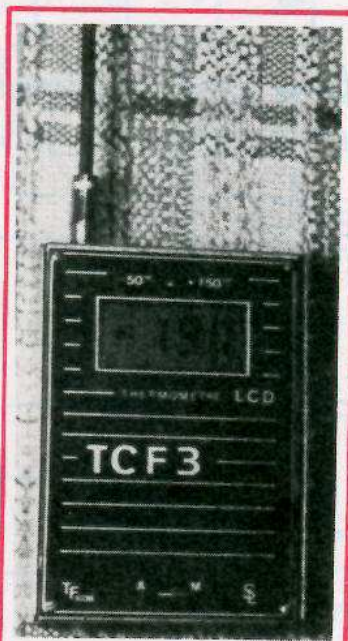


Photo A. - Le TCF3 en thermomètre d'appartement

- 1 -

Etude théorique du TCF3

1. Le voltmètre (fig. 1)

Le TCF3 a une structure classique et comporte donc un voltmètre numérique. Nous avons évidemment fait appel à l'excellent ICL7106 de Intersil, déjà retenu pour la réalisation de notre multimètre MX7106. Ce circuit est d'ailleurs utilisé par la plupart des fabricants de multimètres LCD. On pourra se reporter aux n° 1643 et 1644 dans lesquels la théorie et la pratique du ICL7106 a été longuement étudiées. Cela nous permettra d'être ici beaucoup plus rapide : le 7106 attaque directement un afficheur LCD de 3 1/2 digits, permettant d'afficher de - 1 999 à + 1 999. Le dépassement est signalé par la disparition des trois chiffres inférieurs et affichage de « 1 » seul. Les afficheurs LCD requièrent une logique spéciale alimentant l'électrode commune générale (BP = Back Plane) et les divers

segments en opposition de phase (segments visibles) ou en phase (segments invisibles) par des signaux rectangulaires de rapport cyclique exactement égal à 1. Cette logique est intégrée dans le chip du 7106.

Pour sa mise en œuvre, le 7106 nécessite quelques composants externes :

- Constante de temps de l'horloge interne : 100 pF et 100 kΩ.

- Constante de temps de l'intégrateur : 0,22 μF et 47 kΩ.

- Condensateur d'ato-zéro : 0,47 μF

- Condensateur de référence : 0,1 μF.

La référence est aussi intégrée dans le chip. Son coefficient de température est de 80 ppm/°C. Signalons que le 7106 ne fonctionne correctement que de 0 °C à + 70 °C. Toute mesure hors de cette gamme devra donc se faire par sonde reliée par câble à l'appareil lui-même, maintenu à température convenable.

Le 7106 affiche le « - » des tensions négatives. Disposant d'un afficheur Optronix permettant l'affichage du + ou du -, nous avons profité de l'occasion : la barre

horizontale « - » est activée en permanence. L'information « - » est inversée par une porte du circuit 4070 et alimente la barre verticale du « + ». On obtient ainsi aussi bien l'affichage du + que du -.

Le point décimal du deuxième digit est également activé en permanence. Enfin, comme l'afficheur possédait l'indication « bat », nous avons retenu un petit montage rencontré au hasard de nos lectures et qui permet d'activer cette indication lorsque la tension batterie devient insuffisante et risque de provoquer des affichages erronés. Il s'agit d'un simple comparateur à transistor.

La sensibilité du voltmètre est très voisine de 0,1 mV par point, avec les composants périphériques choisis.

2. La sonde

C'est évidemment le capteur KTY10 de Siemens. Se reporter à l'étude du TCF2 pour les renseignements théoriques sur ce composant particulièrement intéressant.

Comme le TCF3 doit avoir une autonomie aussi grande que possible, nous avons choisi une alimentation par courant constant de 100 μ A. Une LM334Z assure cette fonction dans d'excellentes conditions. Ainsi l'ensemble du TCF3 ne consomme-t-il que 2 mA, avec un 7106.

Avec 100 μ A dans la sonde, la variation de tension est de $V = R \times I_k$, soit $V = 10,19 \times 100 \cdot 10^{-6} = 1,019 \text{ mV}/^\circ\text{C}$, soit 0,1019 mV par 1/10 de degré. En réglant exactement à cette valeur, par le choix de la tension de référence, la sensibilité du voltmètre, on obtient l'affichage exact de 1 point par 1/10 de degré (réglage CAL).

A 0 $^\circ\text{C}$, la tension aux bornes de la sonde linéarisée est de $1290 \times 100 \cdot 10^{-6} = 0,129 \text{ V}$. Il faut faire l'offset de cette tension pour avoir l'affichage de 00,0 pour 0 $^\circ\text{C}$. Heureusement le 7106 a le gros avantage d'avoir une entrée de mesure différentielle ! Il suffit donc de porter l'entrée basse à une

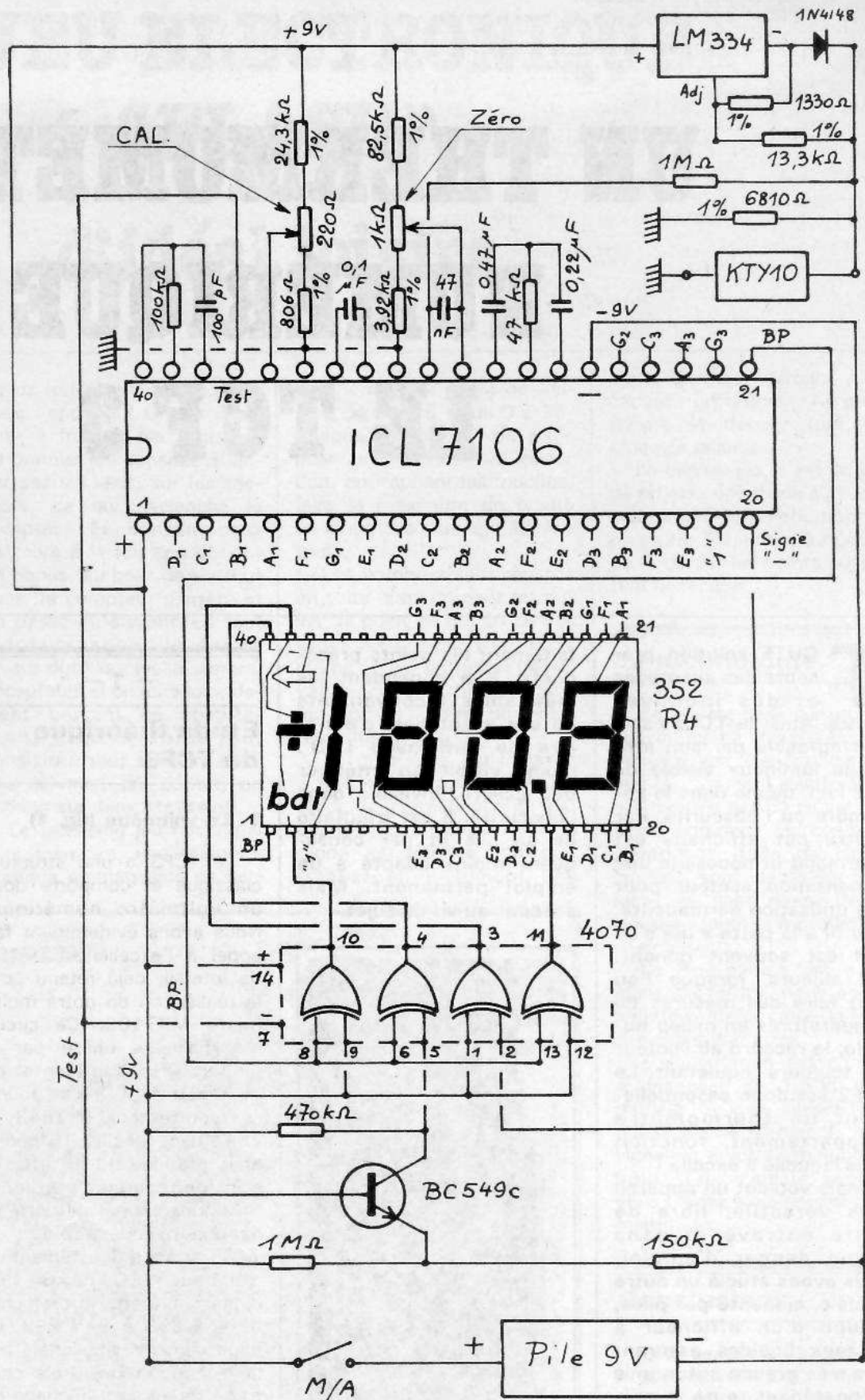


Fig. 1 - Schéma du TCF3

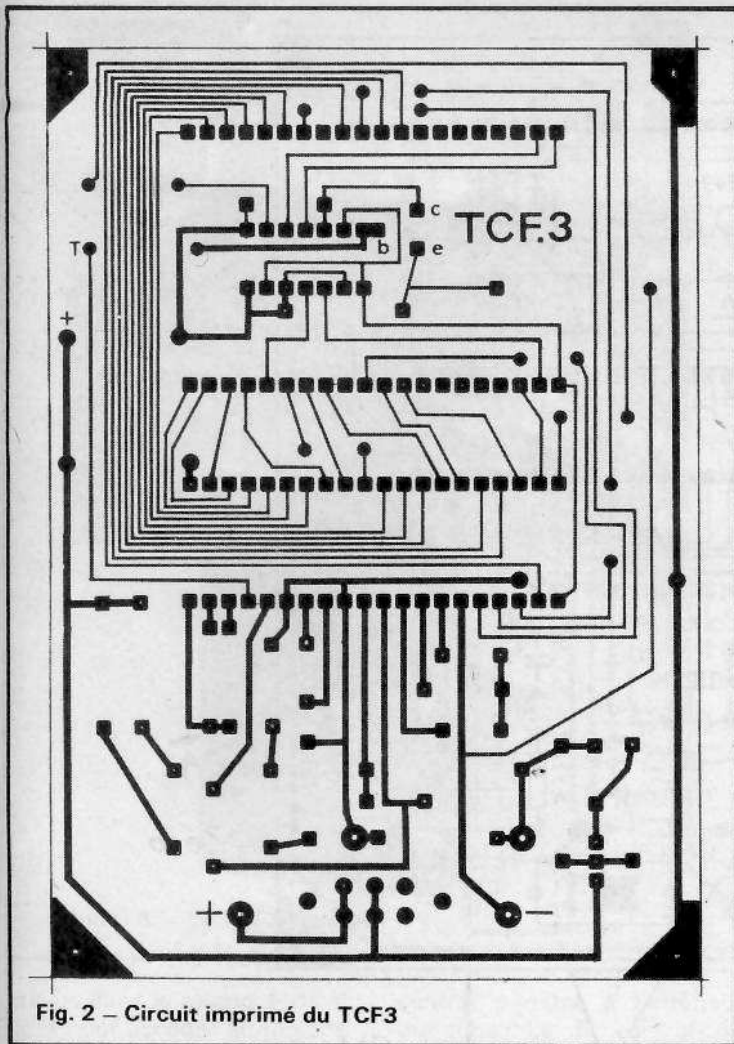


Fig. 2 - Circuit imprimé du TCF3

- 1 LM334Z
- 1 KTY 10 de Siemens (A ou C)
- 1 1N4148
- 1 BC549B
- 1 afficheur Optronix, type 352 R4

Résistances à 5 % 1/4 W

- 1 47 k Ω
- 1 100 k Ω
- 1 150 k Ω
- 1 470 k Ω
- 2 1 M Ω

Résistances à 1 % 1/4 W

- 1 806 Ω
- 1 1 330 Ω
- 1 3 920 Ω
- 1 6 810 Ω
- 1 13,3 k Ω
- 1 24,3 k Ω
- 1 82,5 k Ω
- 1 T19S de 220 Ω
- 1 T19S de 1 000 Ω
- 1 interrupteur 5 1MP de Jeanrenaud
- 80 picots DIL en bande Molex
- 1 boîtier spécial
- 1 décor de face avant
- 1 rhodoïd transparent blanc
- 1 circuit imprimé
- 4 entretoises
- 8 vis à tôle de 2 mm
- 1 prise CINCH de châssis
- 1 fiche CINCH

- 1 cordon rallonge CINCH (option)
- 1 pile 9 V miniature, alcaline de préférence. Contacts pour cette pile. 35 cm de fil blindé.

Condensateurs

- 1 100 pF styroflex
- 1 47 nF MKH
- 1 0,22 μ F MKH
- 1 0,47 μ F MKH
- 1 0,1 μ F MKH

2. Le circuit imprimé (voir fig. 2)

Toute l'électronique du TCF3 tient sur un seul circuit imprimé simple face. Nous avons voulu éviter les nombreuses liaisons par fils entre le 7106 et son afficheur, afin de faciliter au maximum le travail du réalisateur. Cela donne un circuit imprimé à tracé très fin et réalisable uniquement par photographie. Encore faut-il bien maîtriser la technique pour ne pas voir disparaître les fines liaisons dans le perchlorure !. Si vous n'êtes pas expert en la matière, nous vous conseillons d'acheter ce circuit tout fait chez Sélectronix à Lille, maison qui distribue d'ailleurs

contre tension de + 0,129 V pour afficher 000 lorsque l'entrée haute est elle-même portée à 0,129 V ! La contre tension est obtenue à l'aide d'un pont diviseur disposé entre V+ et le commun analogique, la ddp entre ces deux points étant régulée intérieurement à + 2,8 V typiques. C'est d'ailleurs la même tension qui donne la tension de référence du convertisseur A/D. Il n'est donc pas nécessaire de faire appel à un ampli OP supplémentaire comme dans le TCF2. Tant mieux pour la consommation et l'autonomie.

— II —

La réalisation du TCF3

1. Liste des composants

- 1 ICL7106 de Intersil
- 1 4070

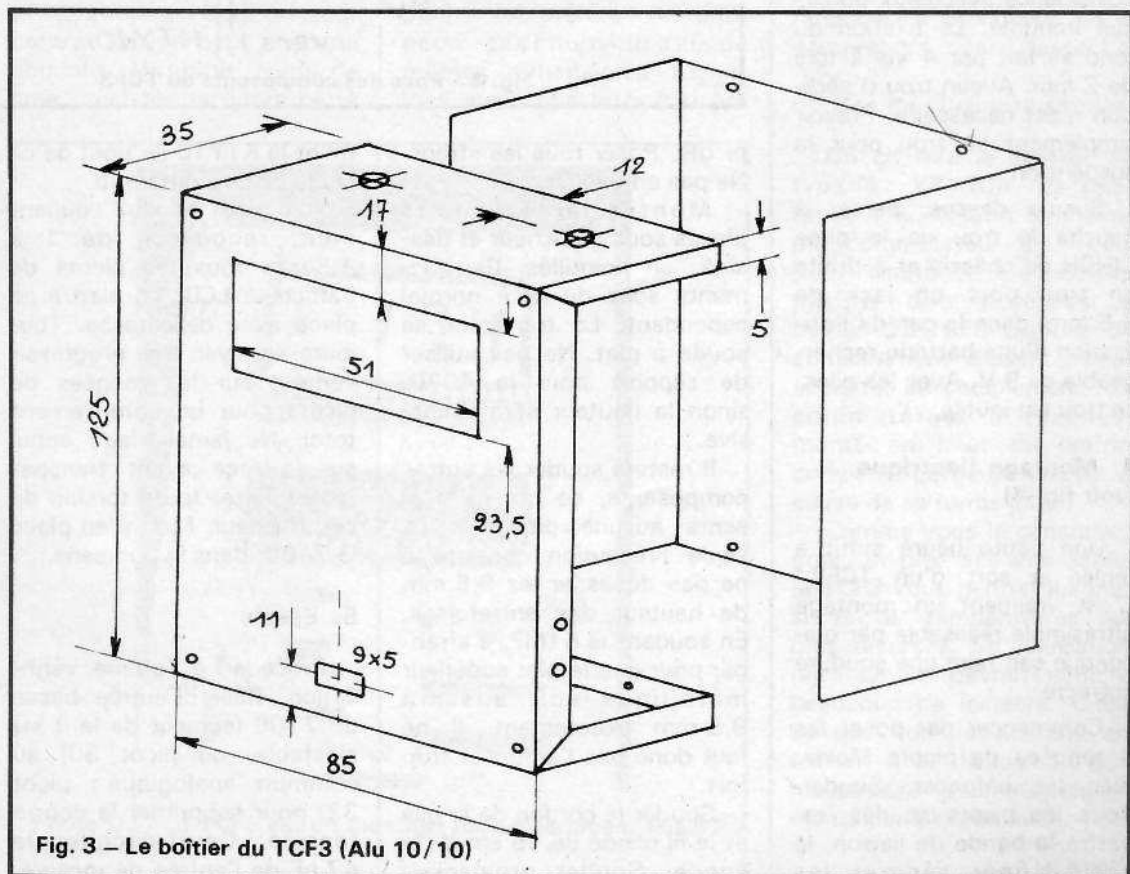


Fig. 3 - Le boîtier du TCF3 (Alu 10/10)

tous les autres composants de ce montage, y compris boîtier et face avant Scotchcal.

Le circuit gravé, il faut l'étamer et percer les trous à 8/10. Les quatre trous d'angles sont à percer à 30/10 pour du tube de laiton de 3 mm. Attention, le tube fourni par Sélectronic a un diamètre extérieur de 2,5 mm et non de 3 mm. Couper quatre entretoises de 12 mm et les souder de manière à avoir un écartement de 9,5 mm entre le CI et la face interne du boîtier.

3. Le boîtier (voir fig. 3)

Nous en donnons les dimensions pour que les amateurs intéressés puissent en entreprendre la réalisation. Utiliser de l'alu de 10/10. Attention les cotes sont celles de traçage. Le boîtier terminé doit avoir une hauteur intérieure de 125 mm, la largeur intérieure est de 85 mm.

Le décor de face avant est en Scotchcal 8005 de 3M. Les trous d'angles de la face avant doivent être percés en coïncidence avec ceux du circuit imprimé. La fixation du fond se fait par 4 vis à tête de 2 mm. Aucun trou d'aération n'est nécessaire. Prévoir simplement un trou pour la suspension.

Sur le dessus, percer à gauche le trou de la prise CINCH de châssis et à droite un trou pour un jack de 3,5 mm, dans le cas de l'utilisation d'une batterie rechargeable de 9 V. Avec les piles, ce trou est inutile.

4. Montage électrique (voir fig. 4)

Une petite heure suffit à régler le sort d'un TCF3 ! C'est vraiment un montage ultrasimple réalisable par quiconque sait faire une soudure correcte.

Commencer par poser les 4 rangées de picots Molex. Bien les enfoncer. Souder. Tous les picots soudés, rabattre la bande de liaison, la casser pour séparer les

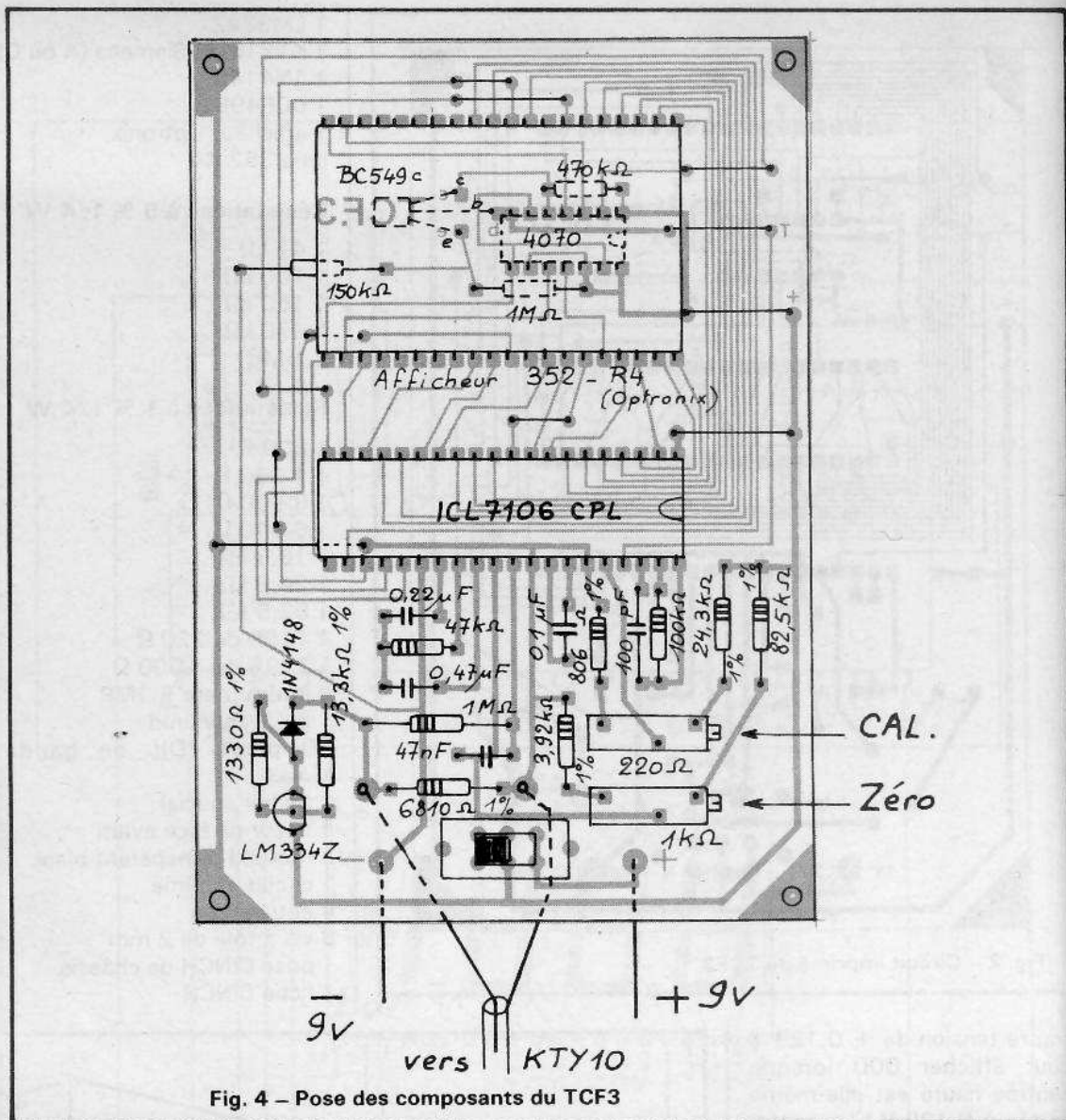


Fig. 4 - Pose des composants du TCF3

picots. Poser tous les straps. Ne pas en oublier.

Monter les éléments placés sous l'afficheur et dessinés en pointillés. Ces éléments sont du côté normal cependant. Le transistor se soude à plat. Ne pas utiliser de support pour le 4070, sinon la hauteur sera excessive.

Il reste à souder les autres composants, ce qui ne présente aucune difficulté. La seule précaution consiste à ne pas dépasser les 9,5 mm de hauteur des entretoises. En soudant le 51MP, s'arranger pour que le plat supérieur métallique soit aussi à 9,5 mm exactement. Il ne faut donc pas l'enfoncer trop fort.

Souder le cordon de la pile et le fil blindé de 15 cm de la sonde. Souder provisoire-

ment le KTY10 en bout de ce câble (sens indifférent).

Avec des ciseaux coupant bien, raccourcir de 1 à 1,5 mm tous les picots de l'afficheur LCD. Le mettre en place avec délicatesse. Toujours appuyer très progressivement sur les rangées de picots pour un enfoncement total. Ne jamais faire appui sur la face avant transparente. Eviter toute torsion de cet afficheur. Mettre en place le 7106, dans le bon sens.

5. Essais

Procéder à l'ultime vérification. Relier l'entrée basse du 7106 (courseur de la 1kΩ ajustable, ou picot 30) au commun analogique : picot 32, pour supprimer la contre-tension. Court-circuiter le 47 nF de l'entrée de mesure.

Mettre sous tension et vérifier que tout fonctionne normalement, ce qui se traduit par l'affichage de 00,0 avec clignotement irrégulier du +/- . Supprimer les deux courts-circuits. Remettre sous tension et vérifier que l'affichage donne une indication compatible avec la température ambiante à quelques degrés près. Vérifier l'action des deux ajustables.

6. Mise en boîtier

La platine est montée dans le boîtier et fixée par 4 vis à tête. Un rhodoïd transparent non coloré est placé dans la fenêtre d'affichage et protège le LCD. Il faut engager le haut de la platine d'abord pour une mise en place facile. On notera sur la figure 3 que deux trous sont

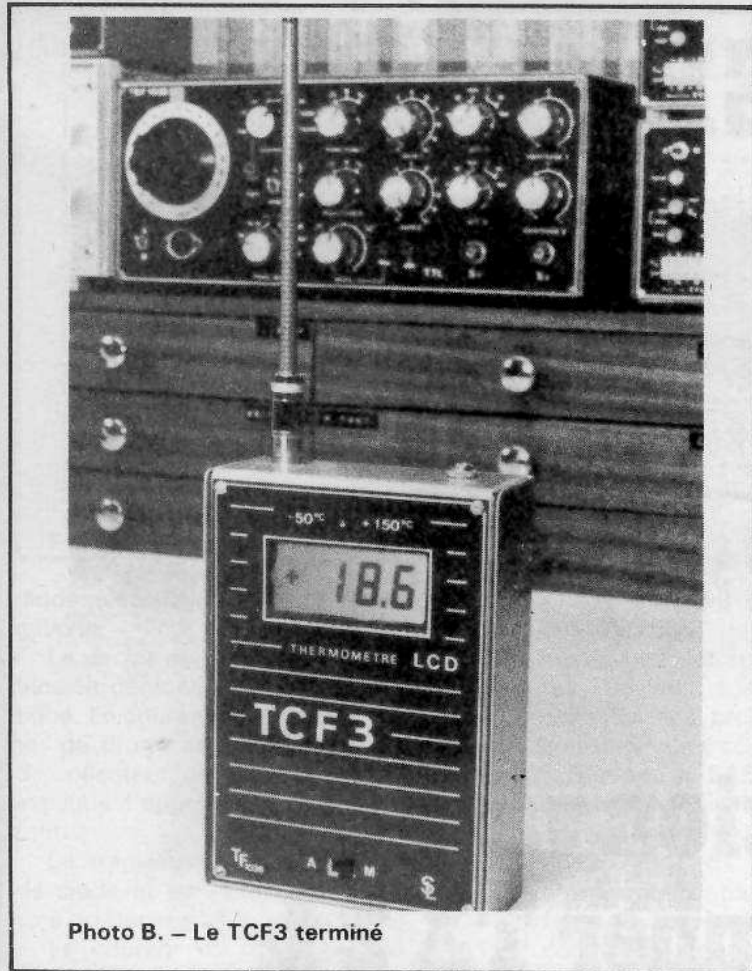


Photo B. – Le TCF3 terminé

prévus dans le rebord vertical droit pour accéder au réglage des deux multitours.

Monter la prise CINCH, éventuellement le jack de recharge. Souder le petit câble blindé sur la prise.

La pile miniature de 9 V peut être tout simplement emballée dans de la mousse plastique et placée vers le bas. Elle sera ainsi maintenue par l'arrière du boîtier fermé. On pourra aussi prévoir de la placer dans un petit sac de plastique pour supprimer tout risque d'attaque du CI par les fuites acides.

7. La sonde

Monter le KTY10 en bout d'un petit câble blindé de 20 cm de long. Bien isoler les soudures. Enfiler dans un tube plastique de diamètre extérieur égal à celui du capteur. Coller ce dernier à l'araldite en évitant toute fissure, provoquant à l'usage dans les liquides des infiltrations fâcheuses.

La fiche CINCH se colle en bout de tube. Le gros picot

central pénètre à l'intérieur du tube. Le fil central du câble traverse toute la fiche et est soudé en bout du picot central, par un petit point de soudure. Un petit coup de lime préalable facilitera cette

soudure. La masse du câble rejoint celle de la fiche. Attention à l'isolement entre cette masse et le picot central.

Bien positionner tout cela, vérifier que « ça tourne rond » et coller à l'araldite. Ne pas mettre de colle dans le filet du capuchon. Celui-ci se fixera plus tard en s'enfilant par l'extrémité sonde.

Vérifier enfin que la résistance entre pôles de la fiche est bien de l'ordre de 2 000 Ω . Un câble rallonge est à prévoir pour mesure à distance ou dans les liquides ou milieux agressifs.

8. Etalonnage

Procéder exactement comme pour le TCF2, en calant d'abord le zéro à l'aide de la glace fondante, puis un second point à l'aide d'un thermomètre de référence.

9. Usage

a) Thermomètre d'appartement

Le TCF3 est accroché ou posé. La sonde est directement enfichée sur le boîtier. Pour un usage permanent, la pile 9 V miniature peut ne pas être très économique. On pourra lui préférer un petit accu cadmium-nickel de mêmes dimensions. Signalons aussi que le boîtier ac-

cepte parfaitement 6 piles 1,5 V, type R6. L'autonomie est alors tout à fait considérable et atteint plusieurs mois. C'est sans doute la solution la plus économique.

b) Thermomètre de mesure

On intercalera généralement la rallonge de sonde. On peut alors mesurer les températures de liquides, d'intérieurs de réfrigérateurs, de congélateurs, d'étuves... Veiller à ne pas tremper la prise raccord dans le liquide, ou mieux, faire un long câble sans raccord.

c) Thermomètre médical

A condition de meuler l'extrémité de la sonde pour en faire disparaître les aspérités, le TCF3 peut parfaitement remplacer le classique thermomètre médical à mercure, tellement fastidieux à secouer !. Dans ce cas, on veillera à caler le second point de température à 40 °C, pour avoir un maximum de précision.

L'appareil n'étant pas relié au réseau, l'usage est absolument sans danger. Le câble rallonge est de rigueur, on le comprendra... sans dessin !

d) Cas de plusieurs sondes

On choisira le capteur de type A : KTY10A, de tolérance 1 %. Il suffit d'un simple commutateur à 1 pôle pour brancher successivement les diverses sondes. Le boîtier du TCF3 dispose de suffisamment d'espace pour accepter ce complément. Un commutateur à touches, monté en haut du coffret convient particulièrement à cause de sa forme plate.

Comme vous le constatez, pour un prix très abordable, le TCF3 vous permet les mesures de températures les plus diverses. Sa réalisation ultra-simple devrait séduire beaucoup de lecteurs. C'est ce que nous souhaitons en restant à la disposition des réalisateurs pour renseignements complémentaires.

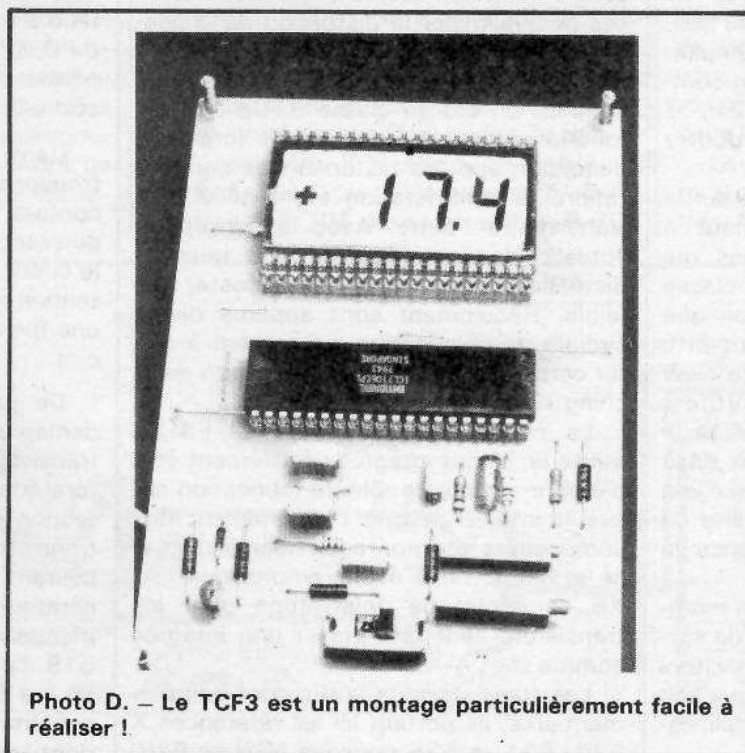


Photo D. – Le TCF3 est un montage particulièrement facile à réaliser !