

FREQUENCEMETRES

par Charles BAUD F8CV

La description d'un fréquencesmètre, il y a quelques années, dans *Radio-REF*, avait été l'occasion d'un courrier important. Mais le temps passe, les composants changent... certains ne sont plus disponibles, d'autres sont apparus...

Nous pensons donc vous intéresser en décrivant ici quelques montages éprouvés.

Nous commencerons par un rappel du principe de fonctionnement. Que ceux qui savent déjà nous pardonnent !

Ce qu'on demande à un fréquencesmètre, c'est de compter, une par une, les alternances du signal à mesurer pendant une seconde et d'afficher le résultat du comptage pendant la seconde suivante. On affiche ainsi la fréquence à un hertz près. On peut également compter pendant 1/10 de seconde et afficher les dizaines de hertz.

Pour les fréquences plus élevées, on divise d'abord par dix, on compte ensuite. De toute évidence, dans ce cas, on ne compte plus des hertz mais des dizaines de hertz. On peut aussi diviser d'abord par vingt et compter pendant deux secondes (ou 2/10 de seconde). On augmenterait la précision de la lecture en prolongeant le temps de comptage, dix secondes par exemple. Mais cela ne peut se pratiquer que sur des fréquences très stables car, si la fréquence se modifiait, même légèrement en cours de comptage, la précision serait illusoire.

Aux fréquences élevées, on se trouve dans l'obligation de diviser par dix (ou par 20) avant de compter parce que les compteurs ne peuvent fonctionner au-delà d'une certaine fréquence: 10 MHz pour les ICM 7216, 30 MHz pour les 7490, 50 MHz pour les 74196... Evidemment, on a intérêt à utiliser les compteurs les plus rapides pour diminuer le nombre de diviseurs d'entrée aux fréquences élevées mais, pour des raisons d'encombrement, de prix de revient, on adopte parfois d'autres solutions.

La précision d'un fréquencesmètre est directement fonction du temps de comptage. Ce temps est obtenu, par divisions successives, à partir d'un oscillateur à quartz (horloge), qui pourra être thermostaté pour plus de stabilité. Comme nous le verrons un peu plus loin, d'autres signaux sont

élaborés en synchronisme avec les signaux «horloge» (H). Nous appellerons cet ensemble **Base de Temps**.

Pour que l'affichage soit stable, il faut intercaler entre le compteur et l'affichage une «mémoire». Cette mémoire étant reliée en permanence aux afficheurs, c'est le contenu de la mémoire qui est affiché.

Voici donc comment cela se passe:

La base de temps délivre un créneau d'une durée bien déterminée (H) qui est utilisé pour bloquer ou débloquer une «porte». Le signal à mesurer ne se retrouve à la sortie de la porte que pendant la durée du créneau. Ce sont donc des trains d'impulsions qui arrivent à l'entrée du compteur. Ce dernier totalise les impulsions et, à la fin de chaque groupe d'impulsions, le nombre total enregistré (en binaire) reste présent aux sorties du compteur.

Une fraction de seconde après la fin du comptage, la base de temps envoie une impulsion brève, dite de «transfert» (T), aux mémoires. Pendant la durée de cette impulsion, l'entrée de la mémoire est «ouverte», les niveaux (1 ou 0) présents aux sor-

ties du compteur sont enregistrés par la mémoire. C'est à cet instant précis que l'affichage est modifié, sauf si le contenu de la mémoire, fruit du précédent comptage, était le même. Aussitôt après la fin de l'impulsion de transfert, une autre impulsion, élaborée par la base de temps, est envoyée aux compteurs et provoque la remise à zéro (RAZ ou simplement R). Le compteur est prêt pour un nouveau comptage (voir figure 2).

De même que la sortie des compteurs, la sortie de mémoires se fait sur quatre conducteurs (quatre digits). Selon le type d'afficheurs utilisé, les signaux de commande peuvent être différents. Il faut intercaler un «décodeur» adéquat qui fera le nécessaire.

Signalons qu'il existe des afficheurs contenant le décodeur et la mémoire incorporés. Certains ont même, en plus, la décade (diviseur par dix). Cela simplifie beaucoup le montage mais cela coûte un peu plus cher...

Encore plus simple est le circuit intégré ICM 7216 qui réunit dans un seul boîtier 28 broches: les compteurs, les mémoires, les décodeurs et les circuits de base de temps. Il ne lui manque que le quartz et les afficheurs

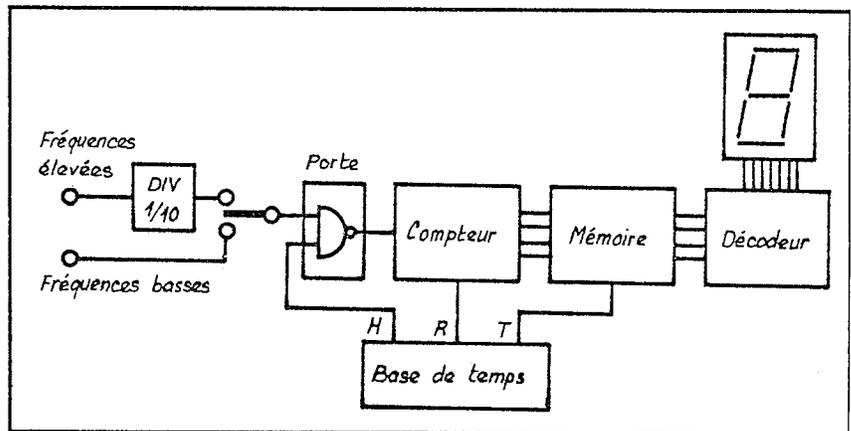


Fig. 1. - Synoptique d'un fréquencesmètre.

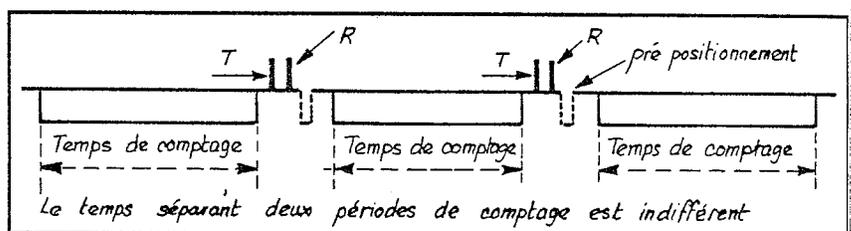


Fig. 2. - Principe de comptage d'un fréquencesmètre.

pour devenir un fréquencemètre. Et, en plus, les sorties vers les afficheurs sont multiplexées, ce qui réduit à 15 le nombre de conducteurs (au lieu de 57 pour 8 afficheurs 7 segments). Malheureusement, ce circuit n'est pas très rapide et, au-delà de 10 MHz, il faut le faire précéder de diviseurs.

C'est par ce modèle que nous commencerons, étant le plus simple, pour terminer par un modèle plus évolué, permettant un décalage de l'affichage, par exemple afficher la fréquence de réception en mesurant la fréquence du VFO.

Nous n'avons pas parlé du nombre d'afficheurs à prévoir. Si pour le «mini-frequencemètre» il est prévu d'origine 8 afficheurs, numérotés de 0 à 7, pour les autres modèles, on pourrait être tenté de minimiser la dépense en réduisant le nombre d'afficheurs et d'étages correspondants. Avec 8 chiffres, on affiche le hertz sur la première gamme, en cadence 1 seconde, même à 60 MHz (60000.000). Le dernier chiffre à droite est toujours entaché d'imprécision, on a une bonne précision des dizaines de Hz. Avec un chiffre en moins, ou bien on n'affiche pas le 6 de l'exemple ci-dessus, ou, en comptant par 1/10 de seconde, on affiche 60000.00. La précision sera réduite aux centaines de hertz, et aux kilohertz dès que la décade VHF sera en service. On peut bien sûr rétablir la lecture complète en passant d'une cadence à l'autre mais cela peut faire commettre des erreurs, si on n'y pense pas. Nous adopterons donc 8 chiffres, et nous verrons comment on peut, sur certains modèles, remplacer le chiffre de gauche par une LED, témoin de dépassement.

SENSIBILITE

Les circuits TTL demandent un signal d'amplitude importante pour fonctionner, d'où la nécessité d'un étage préamplificateur à l'entrée. La sensibilité se situe ainsi aux alentours de 40 millivolts, ce qui est suffisant pour les besoins courants.

Les décades VHF 11C90 et SP8505 ont un préampli incorporé, et un signal de 30 à 50 mV appliqué à leur entrée est suffisant pour un bon fonctionnement.

FREQUENCEMETRE AVEC CIRCUIT ICM 7216 D DE INTERSIL (3 gammes - 3 positions)

Ainsi que nous l'avons dit, le circuit intégré ICM 7216 est, à lui seul, un fréquencemètre complet, utilisable jusqu'à 10 MHz. Il est nécessaire de lui adjoindre un quartz 10 MHz. De la précision de cette fréquence dépend la précision du fréquencemètre. Un ajustage de la fréquence du quartz est prévu (C. ajustable 10 pF). Au besoin, modifier la valeur de C6 et C7.

Le ICM 7216 est un circuit MOS (attention au fer à souder !). Il faut le faire précéder d'un préamplificateur et d'un étage de mise en forme pour une bonne sensibilité, soit 40 à 50 millivolts. Le transistor d'entrée est un double-porte, ce qui procure une impédance d'entrée élevée. Tous les modèles conviennent. Signalons toutefois que les caractéristiques de ces transistors sont assez divergentes et, si par le réglage de la résistance ajustable de 470 Ω, on n'obtient pas le

résultat indiqué plus loin, remplacer le transistor. On pourrait trouver le point de fonctionnement en modifiant la valeur de R19 mais il est préférable de trouver un transistor qui fonctionne avec les valeurs indiquées. Le monter sur un support. Suivi d'un Trigger de Schmitt effectuant la mise en forme, il devient possible de mesurer des fréquences très basses. Un transistor 2N2369 assure au signal une amplitude suffisante pour exciter le Trigger, un 7413, dans de bonnes conditions.

En cas de surcharge accidentelle, bien qu'auto-protégé, le transistor d'entrée peut être détruit, mais aussi le 2N2369. Y penser en cas de «pépin»... Tel que présenté, on peut appliquer à l'entrée une tension de 2 ou 3 volts sans danger.

Ne pas oublier d'intercaler, en série dans l'entrée, un condensateur de 0,1 ou 0,22 μF ou, mieux, de 1 μF à condition qu'il soit de bonne qualité mais pas de chimique ici, même au tantale. La moindre tension continue appliquée à T1 modifie le point de fonctionnement et peut empêcher toute mesure.

Si le fréquencemètre n'est destiné qu'à la mesure de fréquences basses, la résistance de protection R1 peut

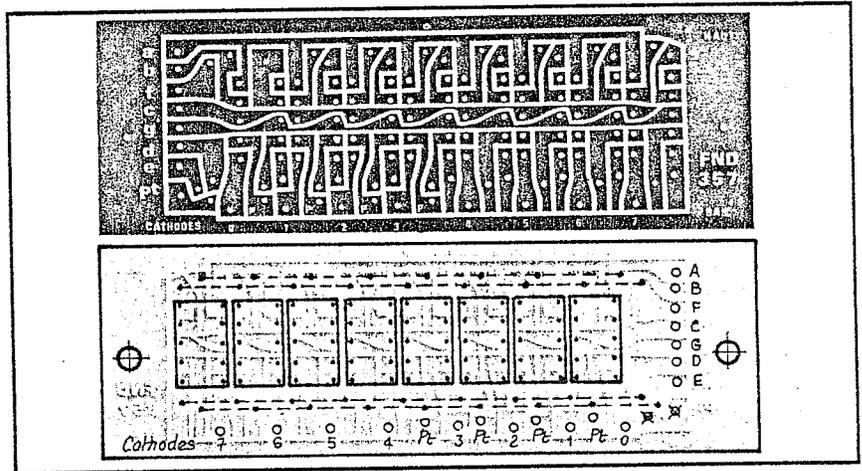


Fig. 9. - Circuit imprimé (tech. 1) et implantation des afficheurs.

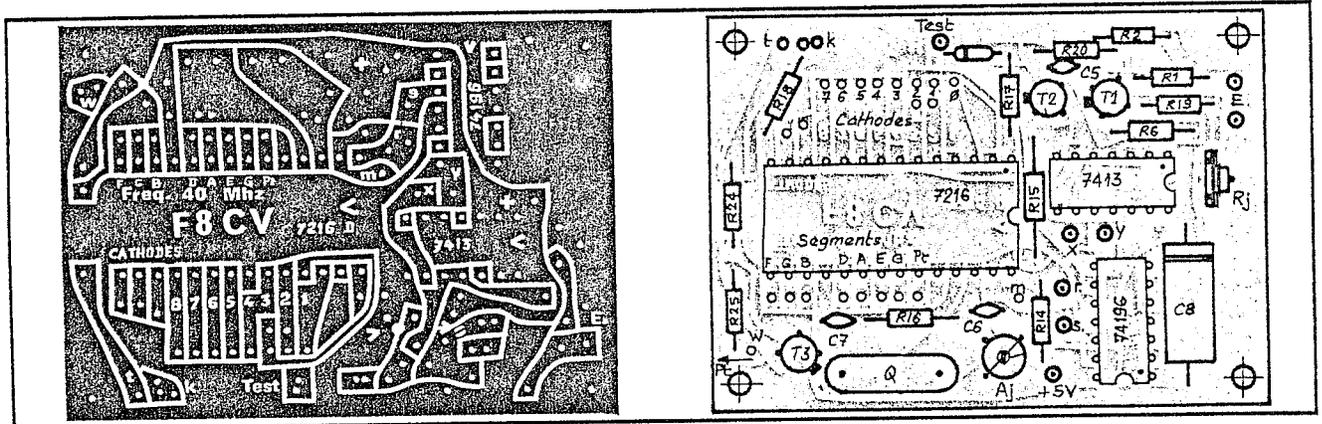


Fig. 4. - Circuit imprimé (tech. 1) et implantation du fréquencemètre 3 gammes - 3 positions.

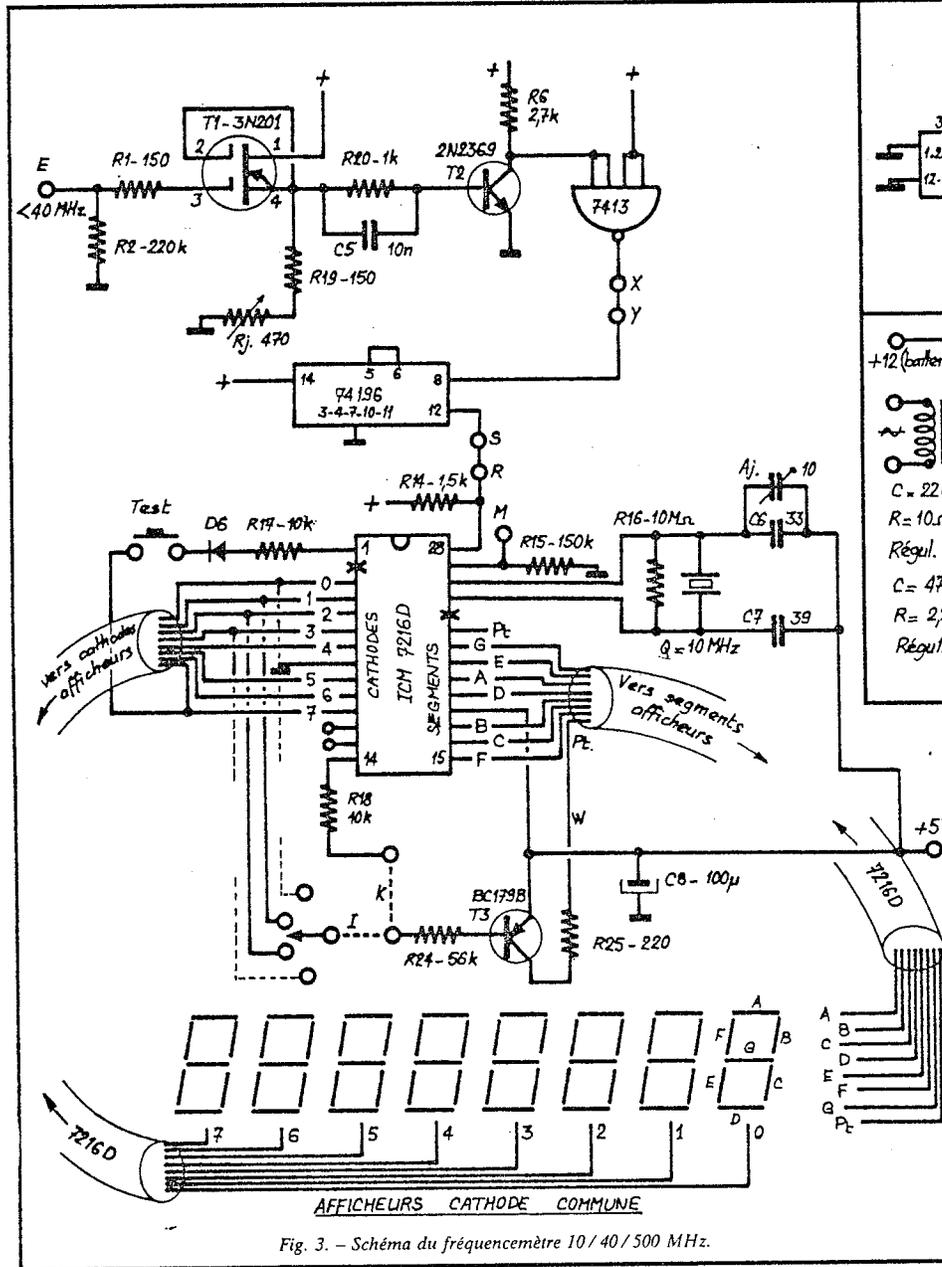


Fig. 3. - Schéma du fréquencemètre 10 / 40 / 500 MHz.

être augmentée notablement; la protection sera meilleure. Aux fréquences élevées, cela diminuerait la sensibilité. On retrouvera ces étages d'entrée sur les autres types de fréquencemètres dont nous parlerons ensuite.

Sur le schéma de la figure 3, un diviseur par dix (décade) 74196 est intercalé entre le 7413 et le 7216. Théoriquement, avec cet ensemble, on devrait mesurer jusqu'à 50 MHz, fréquence limite du 74196, mais le 7413, à de rares exceptions près, refuse tout service à partir de 40 MHz. Ce n'est déjà pas si mal !

Nous voyons des coupures (du circuit imprimé) prévues en x/y et en s/r. Si, après avoir coupé le cuivre, on relie par une connexion directe (un

strap), le point x au point r, on élimine le 74196. On mesure ainsi les fréquences les plus basses jusqu'à 10 MHz avec une résolution de 1 hertz.

Le 7216 permet plusieurs cadences de comptage de 1/100 à 10 secondes. Sur ce modèle simple, nous n'avons retenu que la cadence 1 seconde. Pour cela, le point k est séparé de t et relié en permanence à la broche 5 (sortie 2) du 7216.

Pour étendre à 500 MHz la gamme de mesure, laisser reliés les points s/r et relier à y la sortie de la décade VHF de la figure 5. Selon la gamme choisie, 10, 40 ou 500 MHz, on affiche les hertz, les dizaines ou les centaines de hertz. Pour une lecture facile, nous ferons éclairer le point décimal des afficheurs à l'endroit indiquant les kilo-

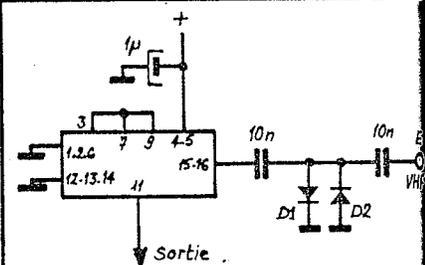


Fig. 5. - Schéma de la décade VHF.

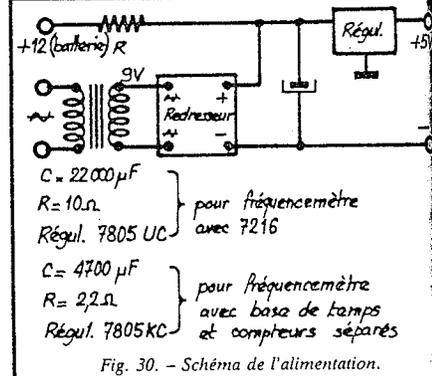


Fig. 30. - Schéma de l'alimentation.

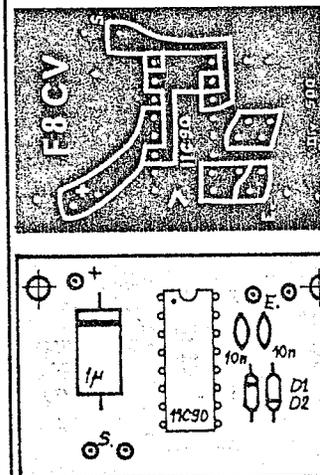


Fig. 6. - Circuit imprimé (éch. 1) et implantation de la décade VHF.

hertz, en reliant le point t à celle des sorties 1, 2 ou 3 du 7216 qui convie

Les changements de gamme au que le déplacement correspondant point décimal peuvent être effectués par un commutateur, mais attention les connexions courtes sont rigueur, les fréquences commutées peuvent atteindre 50 MHz.

La figure 7 donne un exemple d'implantation d'un commutateur.

Quels AFFICHEURS choisir ? Le circuit 7216 D que nous utilisons fonctionne avec des afficheurs segments à cathode commune. Les modèles sont nombreux, en quelques uns... il en existe d'autre

TIL 313, HP 7740: 8 mm

FND 3D57: 9 mm, faible encombrement
 HP 7760: 11 mm
 TIL 322, FND 500: 13 mm
 FCS 6400: 16 mm
 FND 800: 22 mm

On peut également utiliser un affichage de calculatrice (à cathodes communes, évidemment)

Il existe un autre circuit équivalent, le 7216 C prévu pour des afficheurs à anode commune. Mais le brochage est différent et nécessite un dessin spécial du circuit imprimé.

Huit chiffres sont prévus. L'affichage étant multiplexé, nous n'avons que 15 conducteurs: un par cathode et un par segment, plus un pour le point décimal. Les segments sont reliés entre eux par fonction sur la plaquette d'affichage. En l'absence de signal, tous les chiffres à gauche du point décimal sont éteints.

Il existe un point «TEST». En reliant ce point à la sortie «afficheurs No 7 (broche 11 du 7216), tous les afficheurs indiquent le chiffre 8. Une autre possibilité: la broche 27 est mise à la masse par une résistance de 150 k Ω , R15. Si on relie cette broche (point m) au + 5 V, le nombre affiché reste bloqué même si on supprime tout signal à l'entrée. C'est la fonction MEMOIRE. Les fonctions TEST et MEMOIRE sont d'un intérêt relatif. On réfléchira si on doit ou non compliquer le câblage en mettant ces commandes sur la façade de l'appareil.

Ce fréquencemètre consomme environ 250 mA. L'alimentation 5 volts doit être régulée car la fréquence du quartz est affectée par les variations

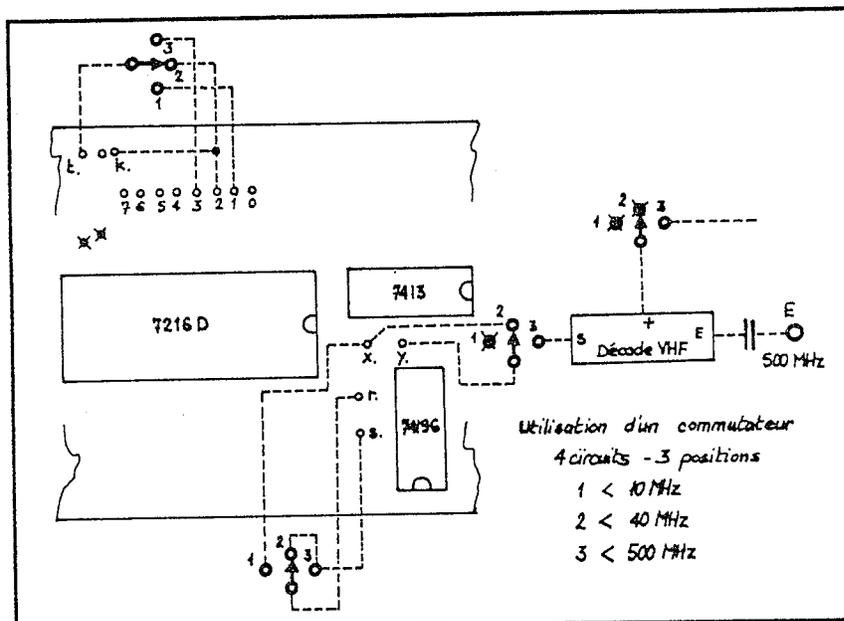


Fig. 7. - Utilisation d'un commutateur 4 circuits - 3 positions.

de la tension d'alimentation. Un régulateur intégré 7805 convient parfaitement.

Le montage doit fonctionner dès la mise sous tension. La mise au point est minime et se limite au réglage de la résistance ajustable de polarisation de T1. Lorsque cet ajustable est au minimum de résistance, la broche 6 du 7413 doit être «basse», moins de 0,5 volt. En tournant lentement le rotor de cette résistance ajustable, on doit voir la sortie du 7413 passer subitement à l'état «haut», plus de 2 volts. On arrêtera à cet endroit, sans aller plus loin. Si on n'obtient pas le basculement du 7413 par la manœuvre de l'ajustable, comme il est indiqué plus

haut, remplacer T1. Pour le réglage de la fréquence du quartz, il faut disposer d'une fréquence stable et connue avec précision, et faire coïncider l'affichage avec la valeur de cette fréquence. On ne peut pas mesurer directement la fréquence du quartz 10 MHz avec un autre fréquencemètre car le seul endroit où cette fréquence est présente, c'est aux bornes du quartz et le fait de brancher quoi que ce soit à cet endroit apporte une capacité parasite qui modifie la fréquence d'oscillation.

La figure 4 montre la disposition des éléments sur le circuit imprimé. La figure 6 montre la décade VHF.

à suivre... (O.C.I.)