

Un affichage numérique pour SWR-mètre

Au dernier marché aux puces de Zofingen je me suis laissé tenter par un SWR-mètre Daiwa à aiguilles croisées de deuxième main pour les bandes VHF et UHF, car je ne disposais pas encore d'un tel accessoire fort utile quand on aime bricoler les antennes. Ça faisait plusieurs années que je me disais que j'aurais pu m'en construire un, mais faute de temps, je ne m'y étais jamais mis. Je pensais qu'en achetant un déjà tout fait j'aurais gagné du temps, mais je me trompais. Malgré que le vendeur m'ait assuré que l'appareil était en parfait état de marche, une fois arrivé à la maison et connecté le tout dans ma ligne d'antenne, je me suis vite rendu compte qu'il y avait un problème : l'appareil n'indiquait que la puissance directe et l'SWR était toujours de 1:1. Une fois ouvert l'appareil j'ai constaté que le problème était dans l'instrument à aiguilles croisées, la seule pièce impossible à remplacer sans racheter un autre appareil identique pour la récupérer...

Il ne me restait plus qu'une chose à faire pour ne pas tout mettre à la poubelle : changer de système d'affichage et passer en numérique pour calculer l'SWR correctement. J'ai gardé le coupleur directionnel original car il était encore en bon état, bien que j'aie pris la peine de changer les deux connecteurs PL avec des N bien plus adaptées à ces fréquences. J'ai pris un PIC, un affichage LCD de deux lignes de 20 caractères, et quelques composants que j'ai montés sur une plaque à trous. Le firmware s'occupe des calculs et affiche la puissance au choix en W ou en dBm. De plus, l'SWR est aussi affiché par un « bar-graph » pour une lecture plus intuitive (lors du réglage d'une boîte d'accord, par exemple), car la lecture directe sous forme de chiffres nous informe mal sur la tendance (hausse ou baisse) de la mesure.

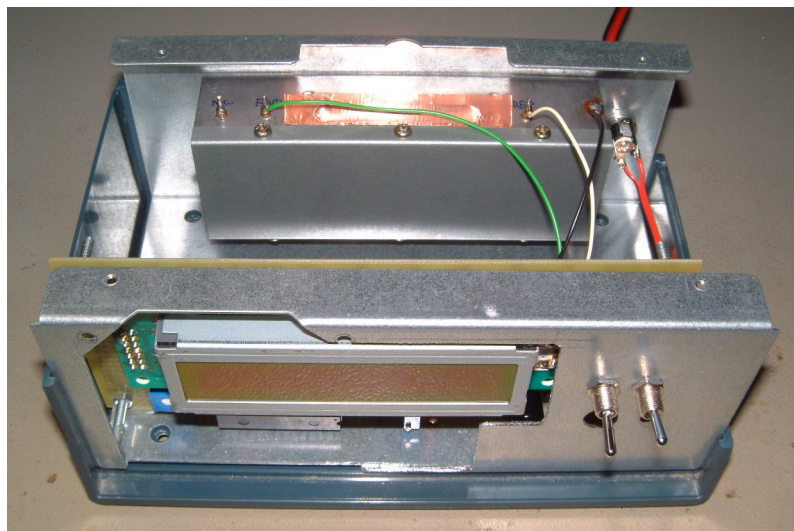


Figure 1: vue du SWR-mètre ouvert.

Je vous présente aujourd'hui ce montage, car il permet de donner une nouvelle vie aux SWR-mètres qui ont perdu leur affichage ou de donner un nouveau look moderne et numérique si on s'est lassé des instruments à aiguille, et je pense qu'il peut intéresser bien des OM. Le circuit s'adapte aussi aux SWR-mètres avec une seule aiguille et potentiomètre de calibration. Il faut juste récupérer le coupleur directionnel et le boîtier.

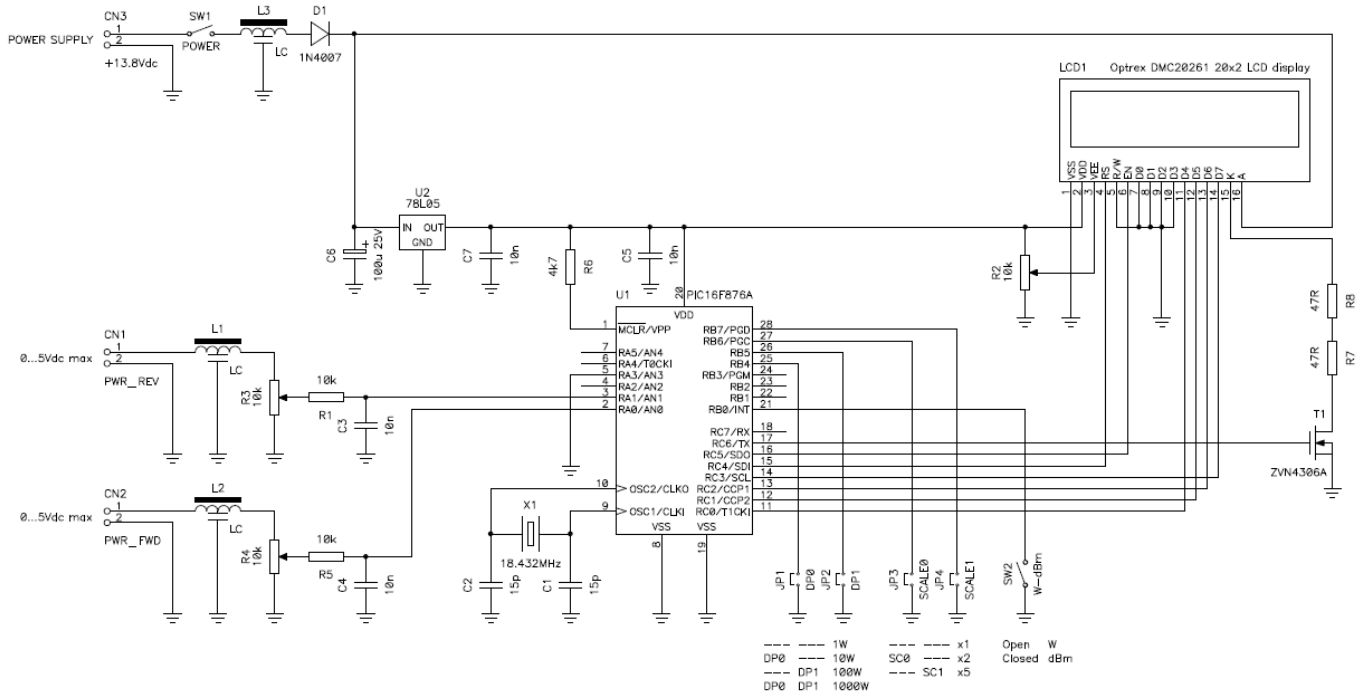


Figure 2: Schéma électrique.

Le schéma est visible en figure 1 et est très classique : il est basé sur un PIC16F876 et un affichage intelligent. R2 règle le contraste, T1 allume le retro-éclairage seulement quand on passe en transmission (on mesure une puissance plus grande que zéro). Le clock est généré par le quartz X1 à 18.432MHz. Cette fréquence n'est pas critique et n'importe quelle fréquence plus basse fait l'affaire, mais il est judicieux d'en utiliser une assez élevée pour avoir suffisamment de lectures à la seconde, notamment quand on fait des réglages au système d'antenne. En fait, le PIC à un peu de peine avec les opérations mathématique à virgule flottante nécessaires au calcul du SWR et des dBm. Quatre jumpers (JP1-4) permettent de choisir la pleine échelle souhaitée entre 1W et 5kW en fonction du coupleur directionnel qu'on a à disposition. L'interrupteur SW2 permet de choisir entre W ou dBm (dans ce dernier cas, à la place du SWR, c'est le « return loss » en dB qui est affiché). U2 s'occupe de fournir la tension de 5V nécessaire au PIC et à l'affichage et D1 protège le tout contre les inversions de polarité. Les trois filtres LC L1, L2 et L3 évitent que de la RF puisse aller perturber le PIC, mais je pense qu'ils ne soient pas vraiment nécessaires et qu'on peut s'en passer si le coupleur est bien blindé.

Les entrées se font par CN1 et CN2, où il faut appliquer une tension continue proportionnelle à la tension de crête présente sur la ligne d'antenne, ce qui fait chaque coupleur de SWR-mètre. Il faut veiller à ne jamais donner au PIC plus de 5V (attention à la puissance du TX !!!). Les trimmers R3 et R4 permettent de calibrer la lecture en fonction de la puissance appliquée et du facteur de couplage.

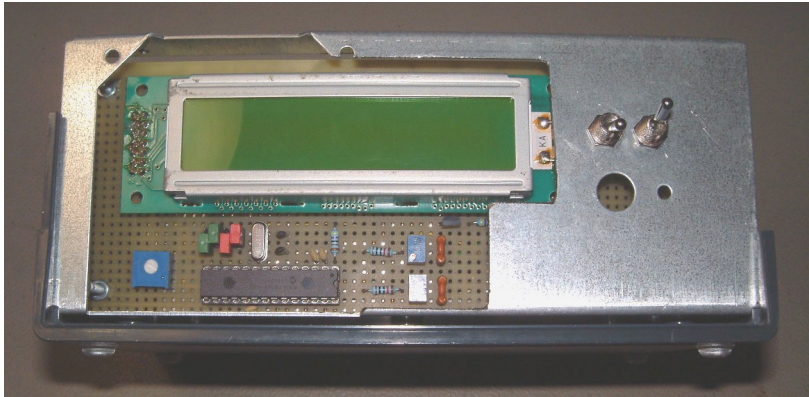


Figure 3: Vue du PIC et de l'affichage.



Figure 4: Affichage en W ou en dBm (pas de la même puissance !).

Le firmware mesure les tensions analogiques aux entrées « forward » (AN0, pin 2) et « reflected » (AN1, pin 3) avec une résolution de 10 bit en prenant la tension d'alimentation comme référence. La résolution est donc de 4.9mV et rend superflu tout changement d'échelle. La valeur lue est ensuite élevée au carré pour en déduire la puissance (car $P = U^2/R$). Pour calculer le SWR il faut d'abord calculer le coefficient de réflexion Γ et ensuite on calcule le rapport d'ondes stationnaires S :

$$\Gamma = \sqrt{\frac{P_{ref}}{P_{fwd}}} \quad S = \frac{1+\Gamma}{1-\Gamma}$$

Pour les puissances en dBm il n'y a plus qu'à calculer $L_P = 10 \log_{10} (P/1mW)$ et le « return loss » n'est rien d'autre que $RL = L_{Pref} - L_{Pfd}$.

Comme j'ai constaté que le coupleur à lignes qui se trouvait dans l'SWR-mère en question était complètement déréglé (je suppose dans une tentative désespérée de réparation de la part de l'OM qui me l'a vendu), je pense utile de dire quelque mot sur son fonctionnement. Comme on le voit sur la figure 2, le connecteur d'entrée et de sortie sont reliés entre eux par une ligne de 50Ω d'impédance en général réalisée sur un morceau de circuit imprimé (le boîtier métallique qui contient ce circuit imprimé fait partie intégrante de la ligne et doit toujours être fermé pour que l'impédance soit juste). Parallèlement et très proche à cette ligne se trouvent deux autres lignes plus courtes, qui aboutissent d'un côté sur une résistance et de l'autre sur une diode qui va redresser le signal.

Tout signal traversant la ligne principale de gauche à droite (de l'RTX (CN1) à l'antenne(CN2)) est couplée en partie dans les deux lignes plus courtes de droite à gauche et va aller vers R3-D1 et vers R2-R5. D1 va redresser cette tension et à la sortie « forward » (CN3) on a une tension proportionnelle à la tension de crête du signal transitant de l'RTX à l'antenne. R2-R5 jouent le rôle de charge adaptée et absorbent complètement le signal. Si ceci n'était pas le cas une partie se réfléchirait et arriverait sur la diode D2, produisant alors une erreur de lecture, d'où l'importance des trimmers R1 et R2 pour adapter parfaitement les impédances et minimiser les erreurs de lecture. Si le signal transite dans l'autre sens (de CN2 à CN1) il est couplé vers R6-D2 et R4-R1. Cette fois la tension se trouve à la sortie « reflected » (CN4).

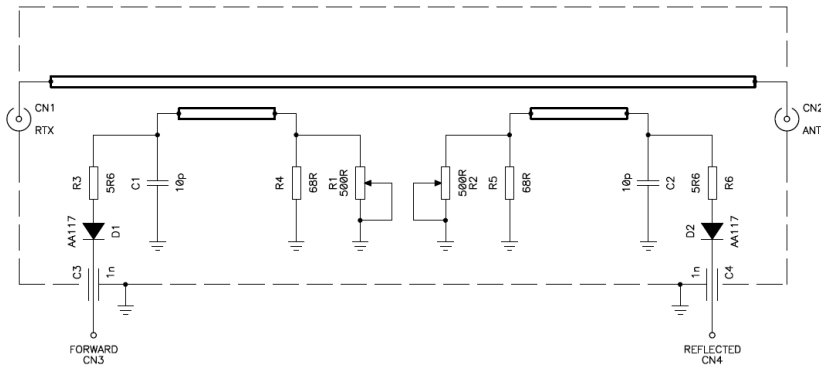


Figure 5: Schéma de principe d'un coupleur directionnel à lignes.

Pour calibrer le coupleur, on branche le transceiver au connecteur RTX (CN1) et une charge adaptée 50Ω de puissance convenable à la sortie antenne (CN2). On passe en émission et on mesure la tension à la sortie « reflected » (CN4). Comme la charge absorbe toute la puissance on devrait mesurer une tension nulle ; si ce n'est pas le cas on règle R2 pour avoir la plus faible tension possible. On répète ensuite la même procédure en inversant le transceiver et la charge. Cette fois on mesure à la sortie « forward » (CN3) et on règle R1 sur la tension la plus faible.

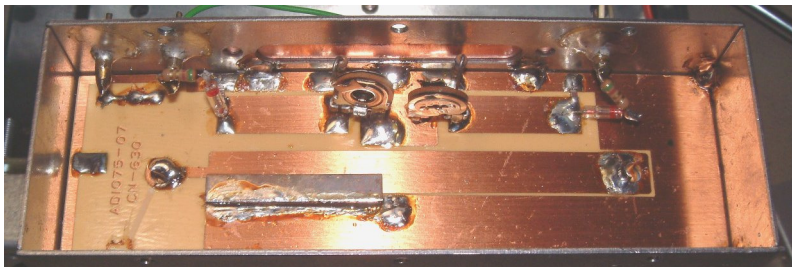


Figure 6: vue ouverte du coupleur directionnel.

Pour ceux qui s'intéressent à ce montage, je mets volontiers à disposition le firmware et le code source (écrit en C). À vos fers à souder et bon bricolage.

HB9DUL