

Homing Toutes Bandes LCD numérique

(Partie 1)

Jean-Paul YONNET
F1LVT / ADRASEC 38
F1LVT@yahoo.fr
www.F1LVT.com

Ce nouvel article présente une version numérique du « Homing Toutes Bandes », « HTB » en abrégé. Alors que la précédente version fonctionnait de façon entièrement analogique avec un galvanomètre à zéro central, cette nouvelle version est basée sur l'utilisation de microcontrôleurs programmés et un afficheur LCD. C'est pour cela que nous l'appellerons « Homing LCD » ou « HTB LCD », en comparaison avec la version précédente que nous appellerons « Homing analogique ». Tout comme son prédécesseur, c'est un montage original.

Pour ce Homing numérique, l'affichage « Gauche – Droite » est confié à un afficheur LCD standard à 2 lignes de 16 caractères (Photo 1). Cet afficheur est nettement plus facile à trouver que le galvanomètre à zéro central du HTB analogique. Le montage utilise le principe d'affichage déjà décrit dans un article précédent [6]. Autre originalité de ce montage, toutes les fonctions de base de temps et de pilotage des commutations sont effectuées par un microcontrôleur. Il en résulte une carte électronique relativement simple et facile à reproduire.



Photo 1 : Le « Homing Toutes Bandes » numérique avec son afficheur LCD en position « Homing AM »

Tout comme son prédécesseur le HTB analogique, le boîtier du « Homing Toutes Bandes LCD numérique » est intercalé entre l'antenne Homing et le récepteur AM (ou récepteur FM en fonctionnement TDOA). Il faut une antenne Homing taillée pour la fréquence écoutée, avec son commutateur central à diodes PIN.

Ce « Homing Toutes Bandes LCD » fonctionne de façon similaire au Homing analogique (avec son galvanomètre à zéro central « Gauche - Droite »), en y ajoutant des fonctions programmées. De ce HTB analogique, le HTB LCD numérique ne reprend que la démodulation synchrone avec un CD4066. Les autres fonctions sont réalisées de façon différente : étage d'entrée, base de temps, comparaison Gauche – Droite et affichage.

Le HTB numérique fonctionne avec 2 microcontrôleurs PIC de Microchip :

- un PIC 16F88 fait l'acquisition des tensions différentielles et pilote l'afficheur,
- un PIC 12F683 génère tous les signaux de commande.

Le montage fonctionne aussi avec 2 circuits intégrés et un régulateur de tension. Il est prévu pour fonctionner en 9V, alimenté par une pile. Mais on peut utiliser sans problème toute tension entre 8 et 15V.

Ce montage est le résultat de toute une série de prototypes successifs, pour la mise au point de la base de temps et l'affichage. La Photo 2 montre trois de ces prototypes successifs. La version finale est la troisième, avec son circuit imprimé de couleur verte, en fabrication industrielle.

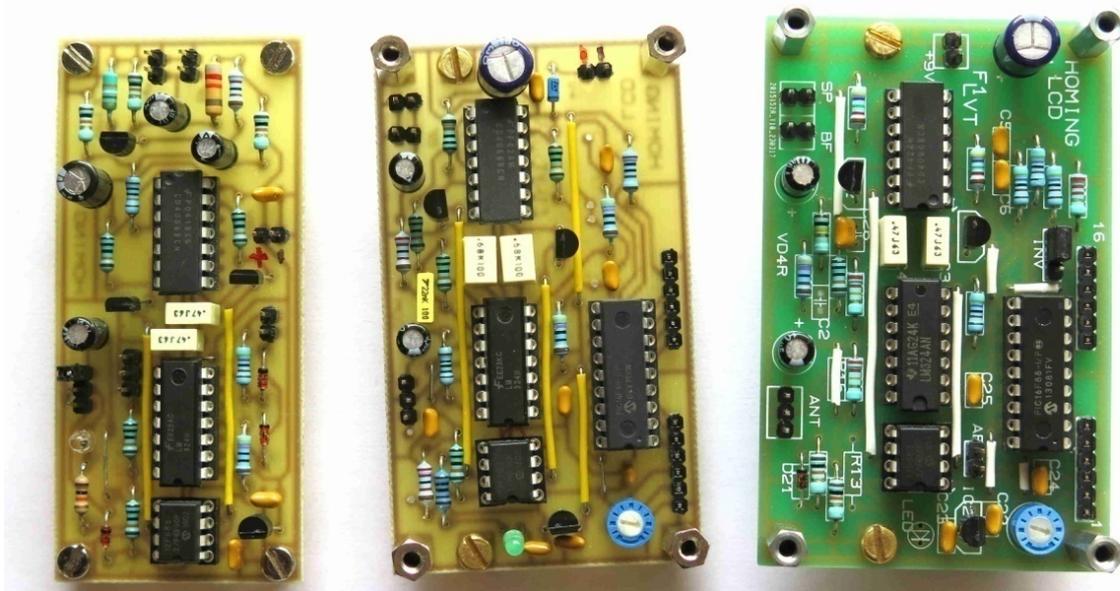


Photo 2 : Trois versions successives de la carte électronique pour la mise au point du montage du Homing Toutes Bandes LCD numérique. La version finale est à droite, avec son circuit imprimé en fabrication industrielle.

Ce HTB LCD numérique présente de nombreuses originalités :

- il fonctionne avec un afficheur LCD standard beaucoup plus facile à trouver qu'un galvanomètre à zéro central ;
- tout est programmé dans 2 microcontrôleurs PIC, un 12F683 (8 broches) et un 16F88 (18 broches), ce qui rend le montage facile à construire et à reproduire en série quand on dispose des PIC programmés ou quand on sait programmer les PIC ;

-- le montage peut fonctionner en Homing AM avec un récepteur AM ou bien en TDOA FM avec un récepteur FM. La commutation entre les deux modes est effectuée par un cavalier interne ou par un interrupteur extérieur. Comme les fréquences de commutation sont différentes, le type de mode est indiqué en permanence sur l'afficheur pour éviter toute erreur ;

-- une inversion « Gauche – Droite » est prévue sur la carte pour s'adapter aux deux montages possibles de l'antenne.

Le circuit imprimé a été conçu en simple face, avec des composants standards pour être facilement reproductible (Photo 3). Tous les circuits intégrés sont orientés dans la même direction pour limiter les erreurs. La numérotation des composants suit le schéma électronique. La sérigraphie permet de faciliter l'implantation des composants

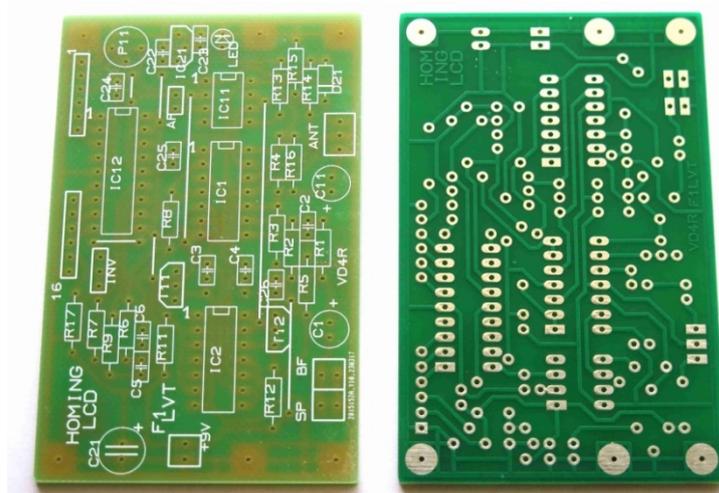


Photo 3 : Le circuit imprimé étamé, percé et sérigraphié.

Schéma électronique

Le schéma est présenté en 5 planches : les circuits analogiques, puis la partie numérique, et enfin les alimentations.

Amplificateur d'entrée

Le rôle du premier étage consiste à amplifier les signaux BF venant de la prise casque du récepteur et envoyés sur le haut parleur (Figure 1). Ce niveau BF dépend directement du réglage du potentiomètre de volume du récepteur. Chargée avec un haut parleur de 8 ohms, la tension BF est généralement inférieure au volt.

Cet étage d'entrée va amplifier ce niveau par l'AOP IC1-3. Le gain est donné par « $R2 / R1$ » ; ce gain peut être de 5 à 10. En cas de niveau trop élevé ou trop faible, on peut jouer sur la valeur de R2 pour ajuster le gain de cet étage d'entrée.

Le condensateur C2 permet de filtrer les hautes fréquences dans les signaux d'entrée (filtre passe bas R2 - C2). En principe il faut utiliser C2 = 1 nF. On peut augmenter C2 en cas de besoin.

Le pont « R3, R4 » permet de centrer la tension de sortie autour de $V / 2$, c'est-à-dire à la moitié de la tension d'alimentation.

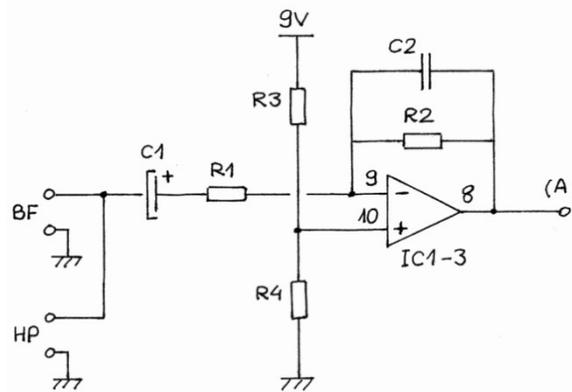


Figure 1 : Amplification du signal BF venant du récepteur

Valeurs des composants

R1 (*)	22 kΩ
R2	100 kΩ
R3, R4	22 kΩ
C1	10 μF / 25V électrochimique
C2 (*)	1 nF
IC1-3	¼ LM324 AOP
(*) Voir texte	

Démodulation synchrone

Le second étage réalise une détection synchronisée avec les signaux de commutation de l'antenne (Figure 2). Cette fonction est effectuée par le CD4066. Les tensions des 2 signaux de sortie pilotent les ampli-suiveurs IC1-2 et IC1-1. C'est un montage de type « échantillonneur – bloqueur ».

Le pont diviseur « R5, R6 » abaisse le niveau pour être compatible avec l'acquisition par le PIC 16F88. Les filtres « R7 – C5 » et « R8 – C6 » lissent ces 2 signaux.

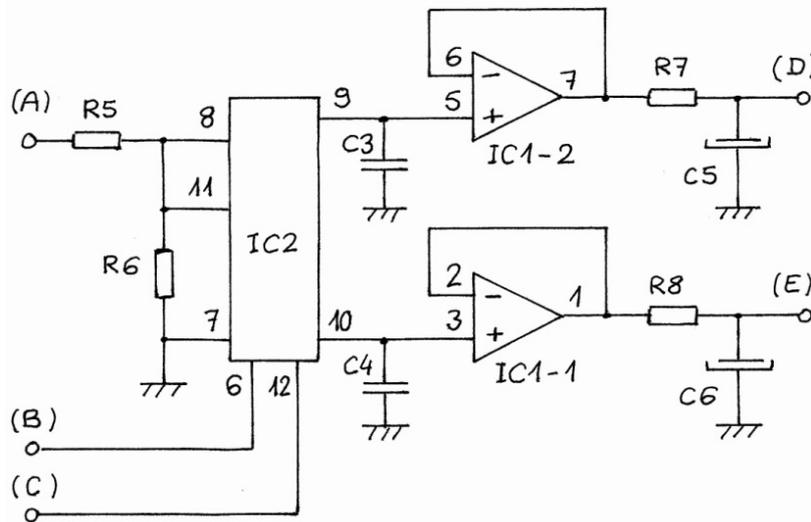


Figure 2 : Démodulation synchrone des signaux

Valeurs des composants

R5, R6	100 k Ω	
R7, R8	4,7 k Ω	
C3, C4	470 nF	
C5, C6	10 μ F	Condensateur tantale
IC1-1, IC1-2	1/4 LM324	AOP
IC2	CD4066	

Base de temps et pilotage de l'antenne

Ces fonctions sont réalisées par un PIC 12F683 (Figure 3).

Pour le pilotage de la commutation de l'antenne, les créneaux sont générés par le PIC (broche 6) puis amplifiés par IC1-4. En sortie de l'AOP la résistance R16 peut être utilisée pour limiter le courant dans C11, mais avec un AOP bien adapté comme le LM324, cette résistance est inutile ; il faut alors remplacer R16 par un pontage.

La broche 3 du PIC va sur un cavalier permettant de la mettre à la masse. Le cavalier est marqué « AF » sur la Figure 3 ; c'est pour **AM** (« Homing AM ») ou **FM** (« TDOA FM »). Broche 3 isolée, c'est le fonctionnement en « Homing AM ». La mise à la masse de la broche 3 donne le fonctionnement « TDOA FM ».

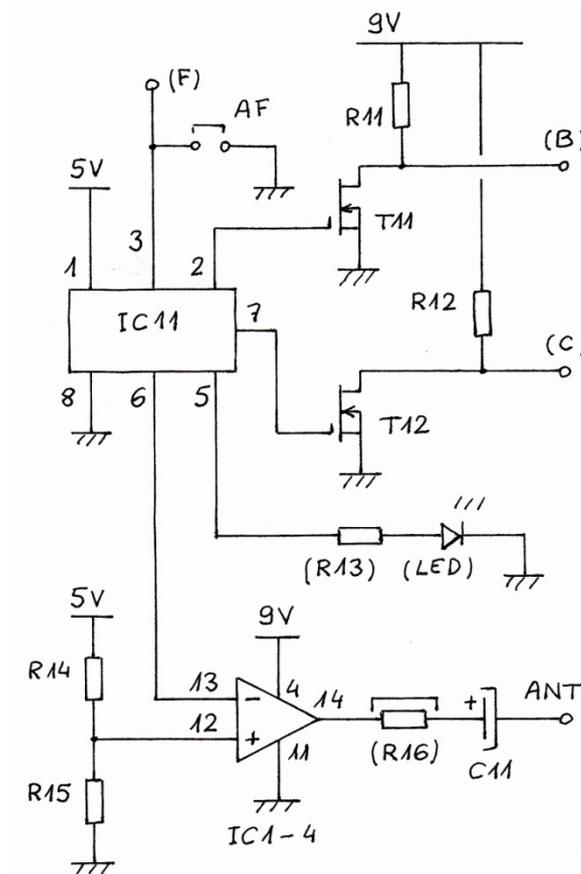


Figure 3 : Base de temps et pilotage de l'antenne

Composants

R11, R12	47 k Ω	
R13 (*)	4.7 k Ω	facultative
R14, R15	10 k Ω	
R16 (*)	pontage (ou résistance de faible valeur)	
C11	10 μ F / 25V électrochimique	
LED (*)		
T11, T12	2N7000	ou équivalent Transistor MOSFET
IC1-4	LM324, TLC274, TS274 ou équivalent	
(attention les AOP FET TL084, LF347 ou eq. ne fonctionnent pas en débit capacitif)		
IC11	PIC 12F683 programmé	
(*) Voir texte		

La broche 5 du PIC est reliée à une diode LED via la résistance R13. Quand on fonctionne avec un afficheur LCD, les informations sur l'afficheur sont suffisantes pour visualiser le fonctionnement. Il est inutile de monter cette LED ... Mais le HTB peut être utilisé dans certains systèmes embarqués, sans afficheur, dans un drone par exemple. Le HTB permet alors de guider le système autonome directement vers la balise. Le fonctionnement et le type de fonctionnement peuvent alors visualisés par la LED : clignotement lent pour le « Homing AM » et clignotement rapide pour le « TDOA FM ».

Les signaux de pilotage du démodulateur synchrone sont fournis par les broches 2 et 7. Ils sont envoyés sur les transistors T11 et T12. Ce sont des MOSFET de type 2N7000. On peut les remplacer par d'autres types de MOSFET canal N comme les BS170, mais il faut faire très attention au brochage. La sérigraphie sur la carte correspond au 2N7000 ; avec des BS170 il faut retourner les transistors de 180°.

Comparaison « Gauche – Droite » et pilotage de l'affichage

Les deux signaux venant du démodulateur synchrone sont numérisés par le PIC 16F88. La comparaison « Gauche – Droite » est effectuée par comparaison entre les 2 valeurs (D) et (E). Cette fonction est réalisée par un PIC 16F88 de Microchip qui fait l'acquisition des 2 tensions et leur différence (Figure 4). Ce PIC fait aussi le pilotage de l'afficheur LCD (Photo 4).



Photo 4 : L'affichage du « Homing Toutes Bandes » numérique en position « TDOA FM »

Il faut que la déviation indiquée par l'afficheur LCD corresponde à la direction de la balise. Avec l'affichage à galvanomètre du « Homing analogique », si la déviation Gauche – Droite est inversée, il suffit de retourner les connexions de ce galvanomètre pour retourner la direction de la déviation. Avec notre Homing LCD numérique, il n'existe que la solution d'inverser l'orientation des diodes PIN dans le commutateur de l'antenne. Pour éviter d'arriver à une telle extrémité, nous avons ajouté un inverseur sur le PIC 16F88. Si la direction est inversée, il suffit de déplacer le cavalier à côté de la broche 9 du PIC, marqué « INV », pour avoir le fonctionnement correct.

Le PIC 16F88 pilote l'afficheur LCD. La Photo 4 montre l'affichage en mode « TDOA FM », avec le rappel « FM » en permanence sur l'écran. En début d'article, la Photo 1 montrait ce même affichage en Homing AM. L'information du type de fonctionnement, « Homing AM » ou « TDOA FM », est transmise du PIC 12F683 vers le PIC 16F88 par la broche 1 (F).

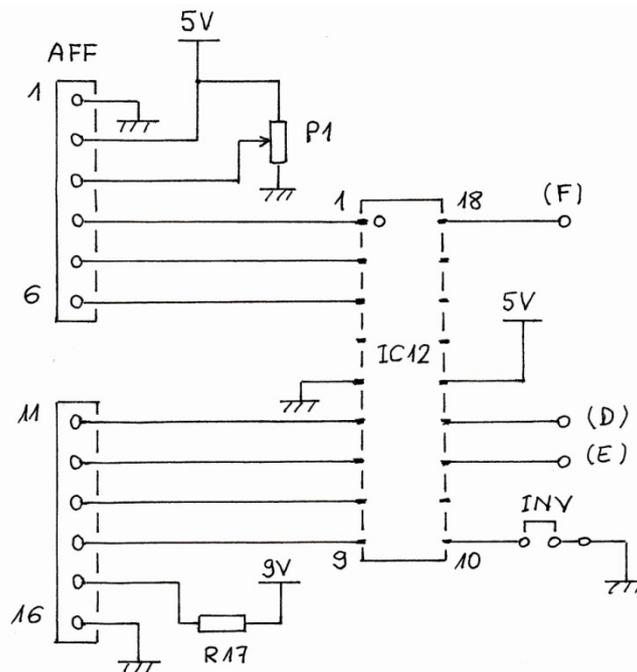


Figure 4 : Comparsateur « Gauche – Droite » et pilotage de l'afficheur par un PIC 16F88

Composants

R17	2,2 kΩ
P1	10 kΩ
IC12	PIC 16F88 programmé
AFF	Afficheur LCD / 2 lignes de 16 caractères

Alimentations

Le montage est prévu pour être alimenté en 9V (Figure 5), par une pile par exemple. Mais il peut tout aussi bien être alimenté en 12V. Comme les microcontrôleurs fonctionnent en 5V, cette tension est fournie par le régulateur IC21, de type 78L05. La tension d'environ 4V pour bloquer l'antenne en directive est fournie en abaissant cette tension de 5V par une diode série D21.

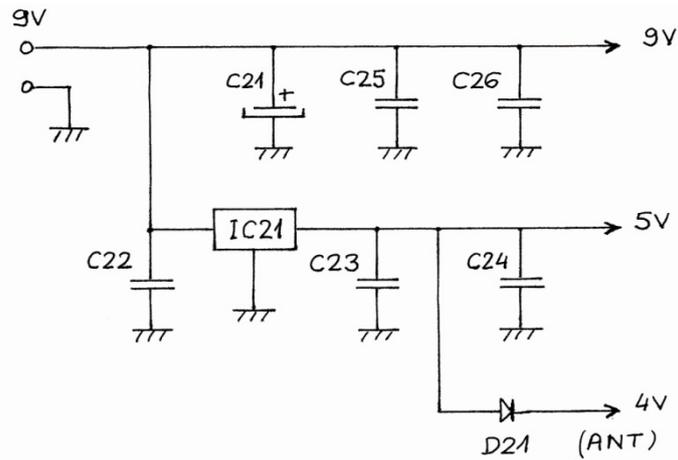


Figure 5 : Alimentations du montage

Composants

C21 =	100 μ F / 25V	Condensateur électrochimique
C22 = C23 = C24 = C25 = C26	100 nF (104)	
IC21 =	78L05	Régulateur 5V – 100 mA
D21 =	1N4148	Diode

Implantation des composants

Le circuit imprimé est relativement dense. Ses dimensions sont 82 mm x 52 mm. Ce circuit imprimé simple face, avec quelques pontages.

La sérigraphie du circuit imprimé apparaît sur la Figure 6. Pour simplifier l'implantation des composants, leur nom est imprimé sur la carte.

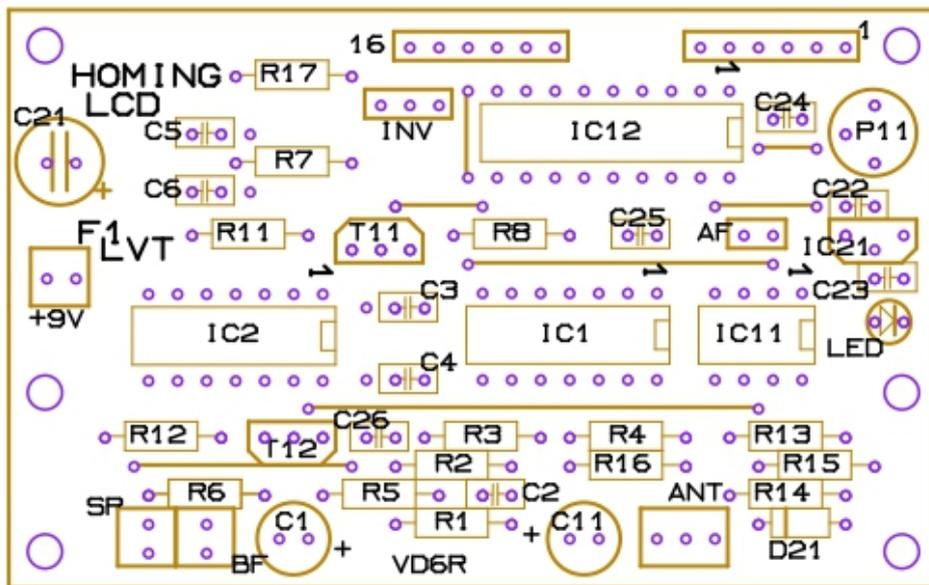


Figure 6 : Sérigraphie de la carte

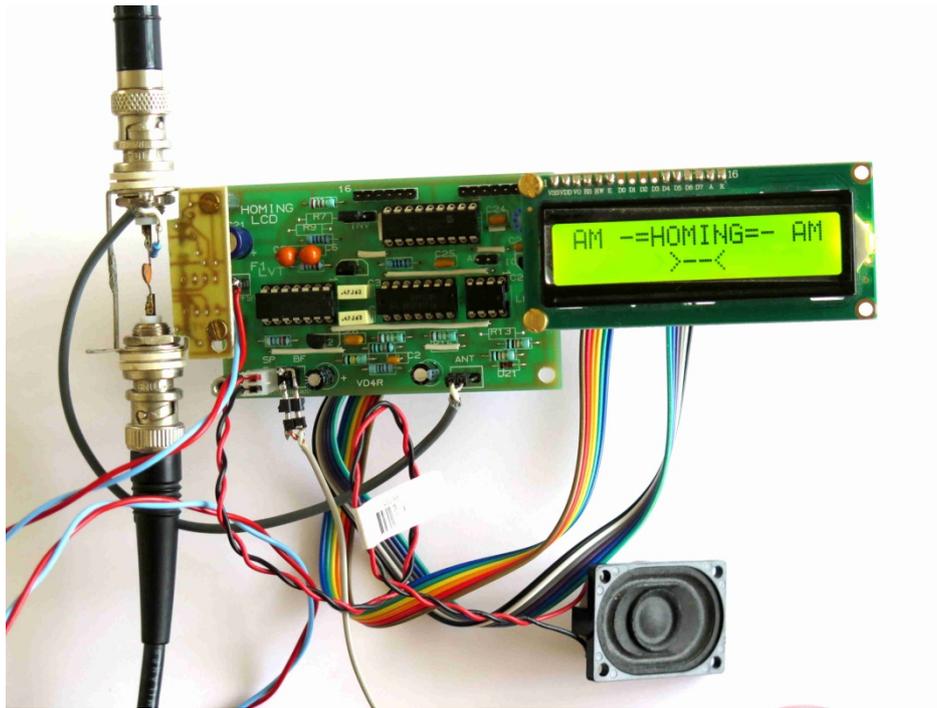


Photo 5 : Prototype du HCB LCD en cours de mise au point

Synthèse

Cette première partie montre les schémas électroniques du boîtier central de ce « Homing Toutes Bandes LCD numérique ». La construction pas à pas de la carte électronique sera décrite dans la partie suivante.

La Photo 5 montre un prototype du HTB LCD en cours de développement. Le filtrage doit être plus poussé que celui du HTB analogique parce qu'on ne peut pas utiliser l'inertie du galvanomètre.

Lors des essais pour la mise au point du montage en Homing AM sur la fréquence 121,500 MHz, nous avons été surpris de détecter une émission de bruit permanent sur cette fréquence. La radiogoniométrie effectuée avec le HTB numérique a permis de localiser très rapidement la source de la perturbation : un éclairage à LED qui rayonnait, situé à plus de 100 m. C'était la première utilisation de ce radiogoniomètre sur le terrain, et le HTB a montré sa remarquable efficacité ...

Références

[1] JPY / F1LVT « Le système TDOA (Time Difference Of Arrival) en radiogoniométrie et sa transformation en Homing »

<http://www.f1lvt.com/files/432-TDOA-Homing.89.pdf>

[2] JPY / F1LVT « Homing Toutes Bandes »

<http://www.f1lvt.com/files/432a-HomingToutesBandes-P1.266.pdf>

[3] JPY / F1LVT « Construction d'un Homing Toutes Bandes »

<http://www.f1lvt.com/files/432b-HomingToutesBandes-v3-P2.275.pdf>

[4] JPY / F1LVT « Montage et Fonctionnement du Homing Toutes Bandes »
<http://www.f1lvt.com/files/432c-HomingToutesBandes-v3-P3.276.pdf>

[5] JPY / F1LVT « Optimisation du fonctionnement du HTB et Homing pour les balises 121,5 MHz »
<http://www.f1lvt.com/files/432d-HomingToutesBandes-P4.277.pdf>

[6] JPY / F1LVT « Affichage LCD en remplacement d'un galvanomètre à zéro central -- Application au Homing »
<http://www.f1lvt.com/files/433-HomAffLCD.105.pdf>

Cette série d'articles porte sur le « Homing Toutes Bandes », « HTB » en abrégé. Le premier article concerne la transformation d'un système TDOA en Homing [1]. La description du « Homing Toutes Bandes » a commencé par une première partie qui décrivait cet appareil et son antenne [2]. La deuxième partie porte sur la construction du boîtier et de sa carte électronique [3]. La troisième partie concerne les premiers essais de cet appareil et son fonctionnement [4]. La quatrième partie porte sur l'optimisation du HBT (« Homing Toutes Bandes ») pour la radiogoniométrie sur les balises de détresse VHF 121,5 MHz [5]. L'utilisation d'un afficheur LCD pour ce système a été décrite dans un article précédent [6].