

Construction d'un « Homing Toutes Bandes »

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

Le Homing est un appareil particulièrement bien adapté à la radiogoniométrie en mobile ou en portable. Ce système a été initialement développé comme dispositif embarqué sur les avions pour se diriger vers une balise radio. C'est la technique dite de « homing », mot anglais pour dire « retour à la maison ».

Pour la recherche des balises ou des radiosondes, ou pour la localisation de toute émission VHF UHF, on peut monter un tel système sur un véhicule, ou en faire un système portable. La différence est surtout au niveau de l'antenne.

Alors que les systèmes Homing conventionnels fonctionnent avec un récepteur intégré, nous avons choisi de scinder le système en 2 parties : d'une part un récepteur AM, VHF ou UHF, d'autre part un boîtier « Homing Toutes Bandes » qui génère les signaux de commutation de l'antenne, et qui traite les informations provenant de la sortie BF du récepteur.

Pour simplifier nous utiliserons les abréviations **HTB** pour « Homing Toutes Bandes » (Photo 1), et indicateur **GD** pour le galvanomètre à zéro central pilotant l'information « Gauche – Droite », et **BF** pour le signal audio provenant de la prise écouteur du récepteur.

Le récepteur AM est strictement de série. Le son est coupé par l'introduction d'un Jack 3,5 mm dans la prise écouteur. En conséquence le boîtier HTB comporte un haut-parleur pour pouvoir entendre le son.



Photo 1 : « Homing Toutes Bandes »

Le niveau BF est directement lié au réglage du potentiomètre de volume. Il faut entendre correctement le son dans le haut-parleur du boîtier HTB pour que le système fonctionne correctement et que l'indicateur GD affiche la direction de l'émetteur.

La commutation des antennes Homing est effectuée à une fréquence de l'ordre de 300 Hz. Cette fréquence est en limite inférieure de la bande passante de la BF du récepteur, allant généralement de 300 Hz à 3000 Hz. En dessous de 300 Hz, tous les signaux sont coupés. C'est par exemple dans cette bande de fréquences en dessous de 300 Hz que sont transmises les tonalités CTCSS.

L'amplitude de déviation de l'indicateur GD et son amortissement sont directement liés à la fois au niveau du volume BF audible et au niveau de la modulation à 300 Hz. Ces 2 niveaux sont liés et ils sont aussi fonction du récepteur utilisé.

Pour notre « Homing Toutes Bandes », on peut utiliser n'importe quel récepteur AM en VHF ou UHF. Nous avons utilisé un ICOM IC-Q7 (Photo 1) à cause de son faible poids et de sa large couverture en réception. Avec un émetteur-récepteur, il faut faire attention à ne pas passer en émission car le HTB n'est pas du tout conçu pour supporter une émission. Notre montage a aussi été testé avec un récepteur portable large bande AOR. Avec d'autres récepteurs, il est possible que certaines valeurs de composants doivent être ajustées.

Quel que soit le récepteur utilisé, quel que soit le signal à localiser, comme le Homing fonctionne par comparaison entre 2 niveaux, le récepteur doit fonctionner en **AM** – Modulation d'Amplitude. Même si le signal est modulé en FM, voire sans porteuse comme les balises aviation VHF, le fonctionnement du Homing impose que la démodulation du signal soit en **AM**. Ne pas confondre ce fonctionnement avec celui du TDOA (Time Difference Of Arrival), parfois appelé lui aussi 'Homing'. Le TDOA fonctionne en FM avec une tonalité audible entre 500 Hz et 1 kHz, et il ne peut fonctionner correctement que pour la localisation d'un signal avec porteuse.

Boîtier du « Homing Toutes Bandes »

Le boîtier du « Homing Toutes Bandes » (HTB) porte un connecteur BNC femelle au-dessus et en dessous pour la HF, ainsi qu'une prise jack 3,5 pour la BF (Photo 1).

Sur la face avant se trouvent l'indicateur Gauche Droite (GD) (Figure 1), une LED rouge pour vérifier la mise sous tension et un interrupteur à 2 positions : Homing ou directif. En position Homing les antennes sont commutées à 300 Hz pour mesurer la direction. En position « directif », l'antenne est bloquée dans une position ce qui donne une directivité pour un lever de toute.

A l'intérieur du boîtier du HTB, la carte est alimentée par une pile 9V. Pour éviter que cette pile ne se vide à cause d'un interrupteur resté en position ON, nous avons utilisé la prise jack stéréo comme interrupteur. Dans la fiche jack 3,5 stéréo, le signal BF est envoyé entre l'anneau du jack stéréo et la masse, et la pointe du jack est reliée à la masse. Dans la prise jack stéréo, le « - » de la carte électronique est connectée à cette pointe. En enlevant la fiche jack de la prise, le « - » de la carte électronique est isolé, alors qu'un introduisant ce jack le « - » est mis à la masse et le Homing fonctionne.

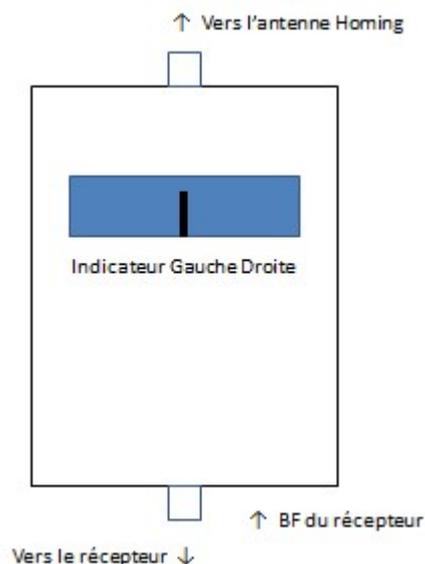


Figure 1 : Boîtier du « Homing Toutes Bandes »

Schéma du « Homing Toutes Bandes »

Le schéma final du montage a été obtenu par approches successives. Au départ c'est un circuit proposé par Mike Mladejovsky / WA7ARK pour faire un TDOA (goniomètre FM) [4]. Il est basé sur 3 circuits intégrés : un AOP pour la partie amplification et oscillateur, un CD4017 pour la base de temps et un CD4066 pour la séparation Gauche Droite. Ce montage a ensuite été adapté pour en faire un Homing AM en lui ajoutant un préamplificateur et en abaissant la commutation à 300 Hz, en limite de la bande BF du récepteur. Le préamplificateur a été repris du montage de Joe Leggio / WB2HOL [3]. La première transformation et utilisation en Homing AM a été effectuée par Robert Pré / F1GHO. Pour notre part, nous avons surtout travaillé sur le cœur du Homing, en particulier sur le pilotage de la commutation Gauche Droite entre les CI CD4017 et CD4066, tout en conservant les circuits d'entrée et de sortie.

Nous allons présenter la version analogique de ce Homing AM. Le schéma est présenté en 2 parties principales : la Figure 2 montre le circuit de commande du galvanomètre à partir des informations de la BF du récepteur, et la Figure 3 présente la partie oscillateur et pilotage de l'antenne.

Schéma du « Homing Toutes Bandes », de la BF au galvanomètre Gauche Droite

Sur la Figure 2, on voit que la BF du récepteur (sortie écouteur), connectée au haut-parleur interne (HP), est envoyée sur un amplificateur à transistor (T1). Le condensateur C2 permet d'isoler la composante continue, qui est centrée par le réseau R5 – R6. Le signal est ensuite orienté par IC1 soit vers C3 – IC2-1, soit vers C4 – IC2-2. Le filtre R7 – C3 ou C4 permet de couper les fréquences élevées. Les signaux Gauche Droite sortant des amplificateurs suiveurs IC3-1 et IC3-2 sont envoyés vers le galvanomètre à zéro central.

Le circuit CD4066 constitue la partie centrale du montage. Il contient des interrupteurs bidirectionnels pilotés par les signaux de commande (A) et (B). Ces signaux de commande sont générés par la seconde partie du montage.

De part et d'autre de ces interrupteurs bidirectionnels, le signal BF est aiguillé soit vers C3 soit vers C4. Ce système réalise une détection synchrone de la modulation d'amplitude à la fréquence de 300 kHz. Cette modulation est provoquée par le basculement entre les antennes Gauche Droite.

Comme le niveau de BF est ajustable, et que les caractéristiques des galvanomètres peuvent être assez différentes selon les modèles, quelques commentaires sur la valeur des composants sont nécessaires :

-- La résistance R7 et les condensateurs C3 – C4 constituent un filtre RC à quelques Hertz. C'est ce qui donne la dynamique du galvanomètre. Avec et 0,5 μF pour C3 et C4, nous avons utilisé 100 k Ω pour R7, mais cette valeur peut être légèrement réduite (à 47 k Ω par exemple) pour augmenter la rapidité du galvanomètre, mais pas trop pour limiter la sensibilité à la modulation du signal.

-- Le potentiomètre P1 est une protection du galvanomètre ; il limite le courant qui le traverse. Certains galvanomètres ont une résistance de 700 Ω , la mesure de certains autres donne 1200 Ω à 1500 Ω . Avec un galvanomètre de grande taille et très sensible (50 μA), le courant de l'ohmmètre provoque la déviation maximale, alors que l'aiguille ne bouge que très légèrement avec d'autres galvanomètres plus petits. Pour P1, on peut utiliser une valeur de 5 à 10 k Ω et l'ajuster en fonction du galvanomètre utilisé. Après réglage, le remplacer par une résistance fixe est une bonne solution. Par précaution, il faut mettre 2 diodes tête-bêche sur les bornes du galvanomètre pour limiter la tension à ses bornes à 0,6 ou 0,7 V maximum (Figure 5).

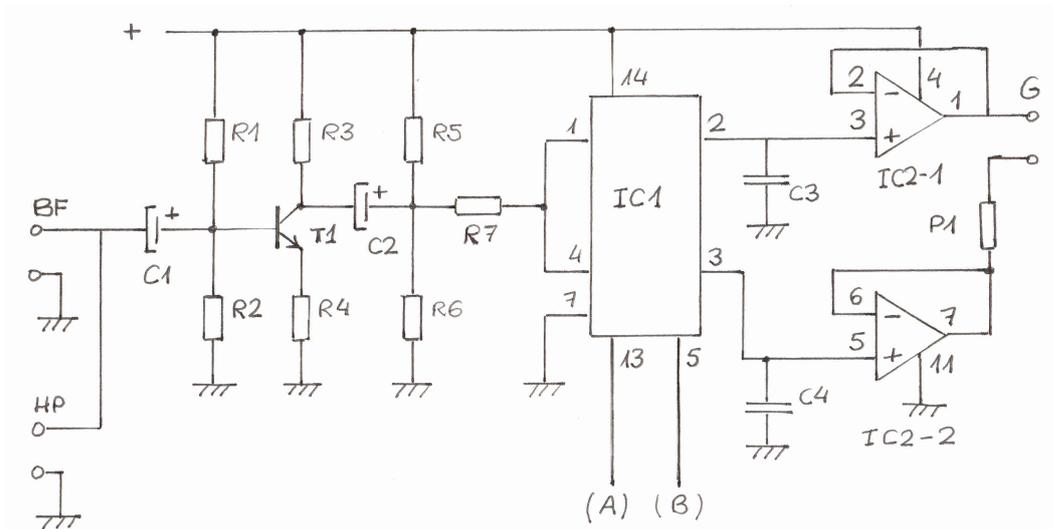


Figure 2 : « Homing Toutes Bandes », de la BF au galvanomètre Gauche Droite

Liste des composants de la partie BF vers le galvanomètre GD

-- Résistances

R1	82 k Ω
R2	10 k Ω
R3	8,2 k Ω
R4	390 Ω
R5, R6	10 k Ω
R7	100 k Ω (voir texte)
P1	Potentiomètre 10k Ω (voir texte)

-- Condensateurs

C1, C2	10 μ F à 33 μ F électrochimique
C3, C4	470 nF

-- Transistors et Circuits intégrés

T1	BC550	Transistor NPN
IC1	CD4066	Quadruple interrupteurs
IC2	Quadruple AOP	LM324, TLC274, TS274 ou équivalent

(attention les AOP FET TL084, LF347 ou eq. ne fonctionnent pas en débit capacitif)

-- Divers

2 Supports DIL14

Schéma du « Homing Toutes Bandes », de l'oscillateur au pilotage de l'antenne

La Figure 3 montre la base de temps du HBT et le pilotage de l'antenne Homing. Cette base de temps est constituée par un oscillateur construit autour de l'AOP IC2-4, suivie par un diviseur par 10 (IC3 / CD4017). Sur ce diviseur, les sorties « 1 sur 10 » sont dirigées vers les signaux de commande du circuit CD4066, et la sortie « 5 sur 10 » pilote le signal de commutation de l'antenne. Les sorties « 1 sur 10 » sont ajoutées par groupes de 3 pour constituer les signaux (A) et (B). Cette addition est réalisée par les diodes D11 à D16.

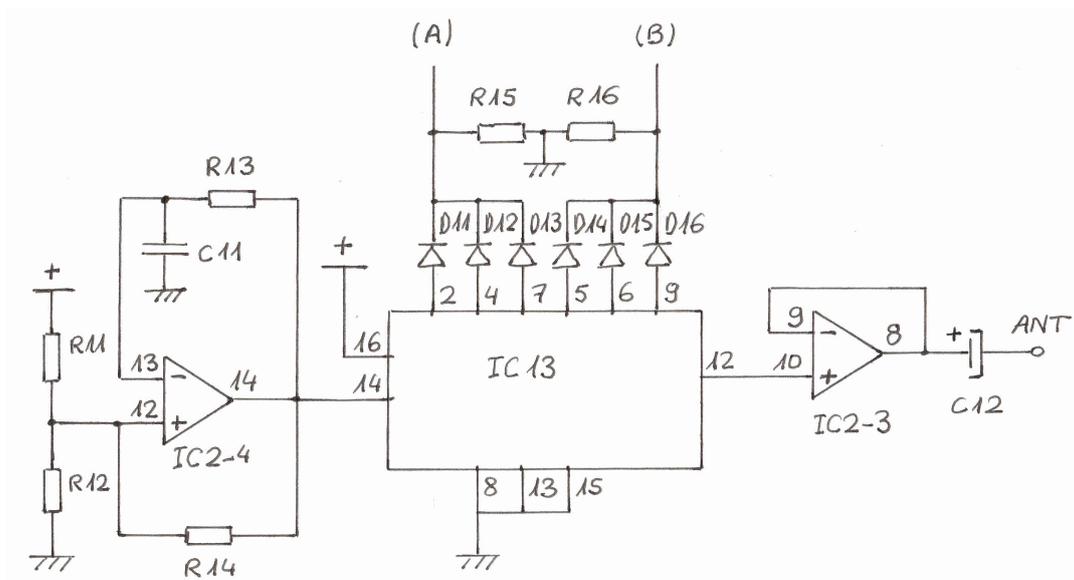


Figure 3 : « Homing Toutes Bandes », de l'oscillateur au pilotage de l'antenne

La sortie 12 du circuit 4017 est amplifiée par IC2-4, puis la composante continue est enlevée par C12. Le signal de pilotage de l'antenne, sortie ANT sur la Figure 2, est un signal en créneaux de 4V d'amplitude autour de 0V ($\pm 4V$).

Liste des composants de la partie « BF vers le galvanomètre »

-- Résistances

R11, R12 47 k Ω
 R13 33 k Ω
 R14 10 k Ω
 R15, R16 100 k Ω

-- Condensateurs

C11 1,5 nF
 C12 10 μ F à 33 μ F électrochimique

-- Circuits intégrés et Diodes

(IC2 Quadruple AOP LM324, TLC274 ou équivalent)*

* IC2 a été mis entre parenthèses car il est commun avec la première liste de composants

IC13 CD4017
 D11 à D16 Diodes 1N4148
 -- Divers
 1 Supports DIL16

Schéma du « Homing Toutes Bandes », alimentation

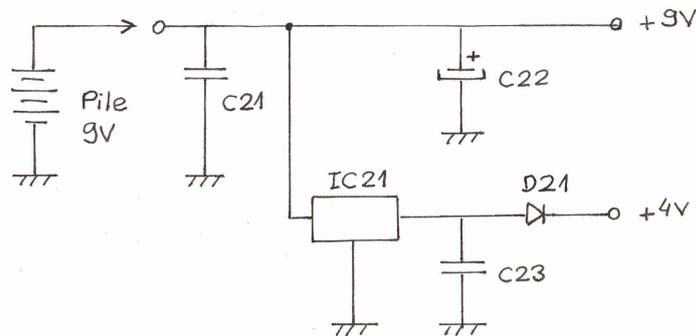


Figure 4 : « Homing Toutes Bandes », alimentation

Liste des composants de la partie alimentation

-- Condensateurs

C21 100 nF
 C22 47 μ F à 100 μ F électrochimique
 C23 100 nF

-- Circuits intégrés et Diodes

IC21 78L05 Régulateur 5V
 D21 1N4004 ou équivalent

La carte électronique est directement alimentée par la piste 9V.

Le circuit intégré IC21 est un régulateur de tension 5V (Figure 4). La diode série D21 permet de réaliser une source de tension régulée à 4V. Ceci permet d'envoyer vers les diodes PIN de l'antenne par l'interrupteur K1 (Figure 5) soit une tension en créneaux de $\pm 4V$ par la sortie ANT, soit une tension continue qui donne une directivité permanente de l'antenne.

Schéma du « Homing Toutes Bandes », implantation dans le boîtier

Autour de la carte électronique, plusieurs composants sont montés directement sur le boîtier (Figure 5). Sur la face avant on trouve :

-- le galvanomètre « Gauche –Droite », avec éventuellement ses 2 diodes de protection D31 et D32.

-- la LED « LED31 » indique que le montage est sous tension. Elle est montée directement sur le boîtier du HTB pour indiquer que le montage est alimenté. Nous avons utilisé une LED à forte luminosité avec une résistance série de 10 k Ω (R31). Cela permet de visualiser que le montage est sous tension, tout en limitant la consommation à moins de 1 mA.

-- l'interrupteur K1, qui permet d'envoyer sur l'antenne soit des créneaux de $\pm 4V$ (fonctionnement Homing ») soit une tension continue (fonctionnement en antenne directive).

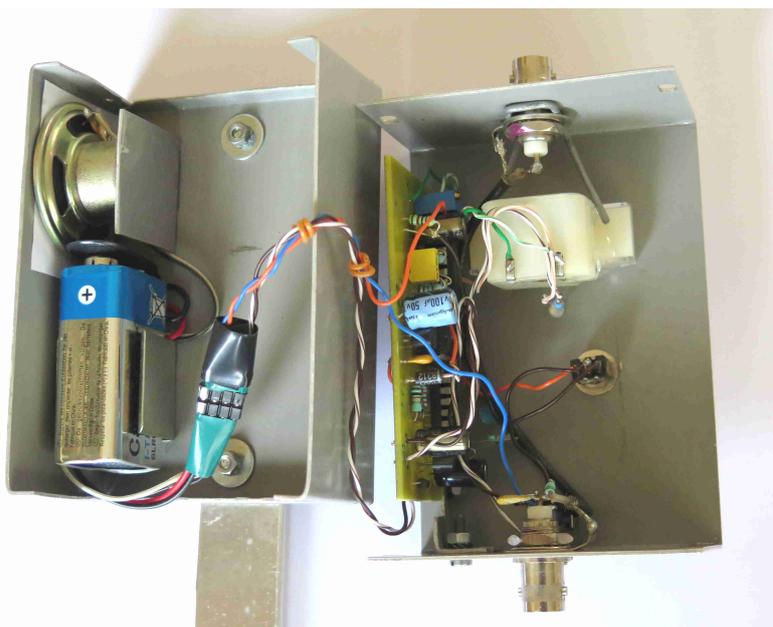


Photo 2 : Vue de l'intérieur du boîtier du « Homing Toutes Bandes ». La carte électronique, la pile et le haut-parleur sont montés de champ pour laisser de la place derrière le galvanomètre GD.

Au-dessus et en dessous du boîtier se trouvent les 2 prises BNC. Celle du dessus est reliée à l'antenne, celle du dessous va au récepteur. Elles sont reliées ensemble par un câble coaxial à l'intérieur du boîtier du HTB. La prise BNC supérieure reçoit les signaux de commande de l'antenne venant de K1 au travers d'une résistance série R21.

Le récepteur est isolé de cette composante continue $\pm 4V$ par le condensateur C31. Ces 2 composants C31 et R21 sont soudés directement sur le centre de la prise BNC.

Sur la face inférieure, à coté de la prise BNC qui va vers le récepteur, l'entrée BF est effectuée par une prise jack 3,5 stéréo. Une voie est utilisée pour le signal BF, et l'autre pour la mise sous tension du boîtier du HTB comme nous l'avons vu précédemment.

A l'intérieur du boîtier Homing se trouve la pile 9V et le haut-parleur (HP). Le boîtier utilisé est un TEKO 3/B.

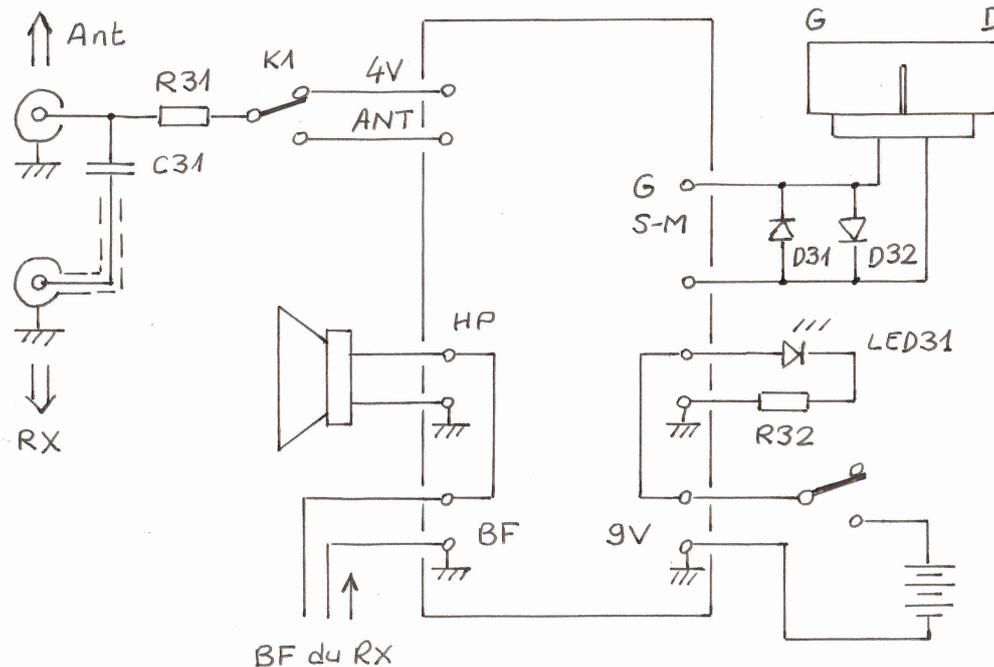


Figure 5 : « Homing Toutes Bandes », implantation dans le boîtier

Liste des composants de la partie boîtier

-- Résistances

R31 1 k Ω
R32 10 k Ω

-- Condensateurs

C31 1 nF céramique

-- Diodes

LED31 Diode LED
D31, D32 Diode 1N4148

-- Divers

K1 Interrupteur
HP Haut Parleur
2 x BNC Prises BNC
Pile 9V
Prise jack 3,5 mm stéréo
Galvanomètre Gauche – Droite

Construction de la carte électronique du « Homing Toutes Bandes »

La Figure 6 et la Photo 3 montrent l'implantation des composants. La carte ne fait que 82 mm x 39 mm. Pour réduire la taille de cette carte, certaines résistances sont montées verticalement.

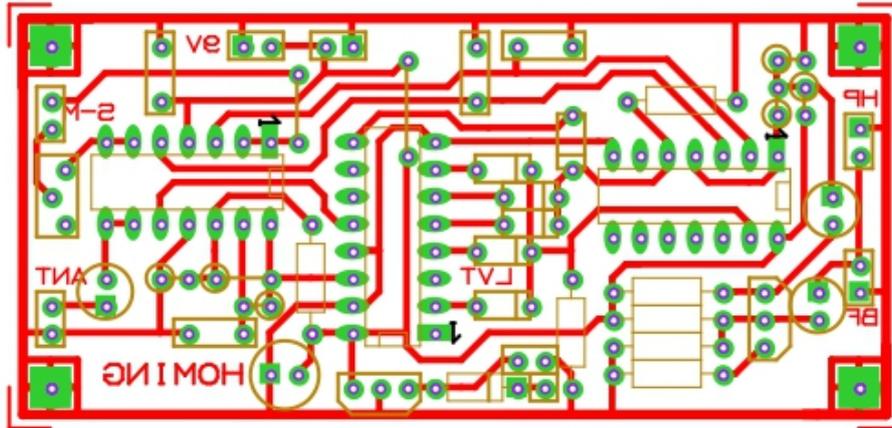


Figure 6 : La carte électronique du « Homing Toutes Bandes »

Sur le haut de la carte (Figure 6) se trouvent le connecteur d'alimentation et la liaison avec la LED de visualisation. Près du bord gauche de la carte, on voit le connecteur du galvanomètre (S-M), et en dessous la sortie des signaux de pilotage de l'antenne, marquée « ANT ». Coté opposé, c'est-à-dire près du bord droit de la carte, se trouvent les connecteurs pour la BF sortant du récepteur et la connexion du haut-parleur « HP ». Près du bord inférieur se trouve l'alimentation 4V permanente pour l'antenne en position directive.

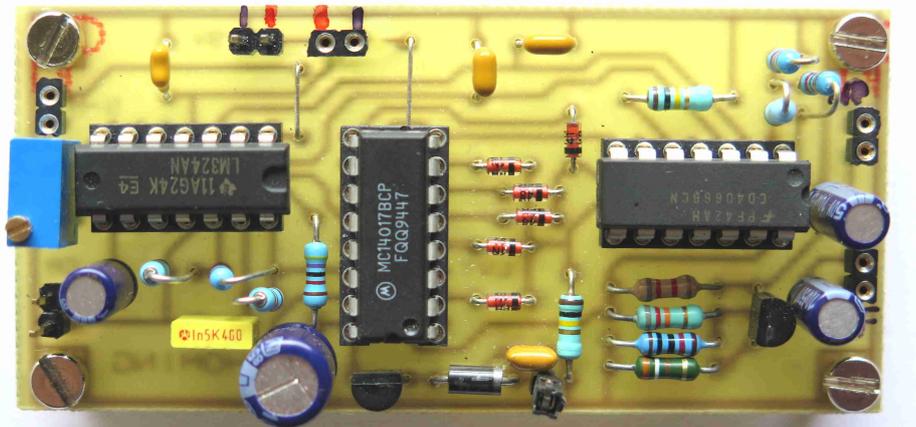


Photo 3 : Carte électronique du « Homing Toutes Bandes ».
Les 3 circuits intégrés sont un LM324, un CD4017 et un CD4066.

Sur la photo 3, le potentiomètre en série avec le galvanomètre peut être avantageusement remplacé par une résistance. Son rôle est juste de protéger le galvanomètre. Dans nos prototypes où nous faisons des essais avec différents galvanomètres, nous avons besoin d'ajuster cette valeur, mais pour une réalisation où le galvanomètre à zéro central a été caractérisé en résistance et en sensibilité, une simple résistance suffit.

La Figure 7 montre le circuit imprimé vu côté composants. C'est un circuit simple face, sans piste fine pour être facile à reproduire. Avant de commencer à souder les composants sur la carte, il ne faut pas oublier de mettre les 2 pontages entre les pistes qu'on voit bien sur la Photo 3.

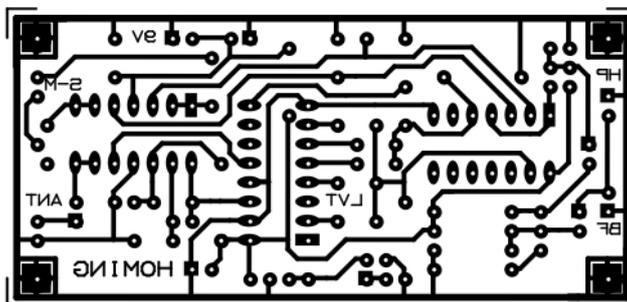


Figure 7 : Circuit imprimé du « Homing Toutes Bandes ». Taille : 82 x 39 mm

Synthèse

Cette partie décrit la partie centrale du « Homing Toutes Bandes », c'est-à-dire le boîtier intercalé entre l'antenne et le récepteur, avec sa carte électronique. La suite portera sur le test de ce montage et l'utilisation de ce système de radiogoniométrie.

Le « Homing Toutes Bandes » décrit ici est un système entièrement analogique, qui fonctionne avec un galvanomètre à zéro central. Il faut être sûr de pouvoir disposer de ce type de galvanomètre avant de se lancer dans cette construction.

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 « Affichage LCD en remplacement d'un galvanomètre à zéro central -- Application au Homing »
<http://www.f1lvt.com/files/433-HomAffLCD.105.pdf>
- [3] Joe Leggio / WB2HOL, "SIMPLE Time-Difference-Of-Arrival RDF"
<http://theleggios.net/wb2hol/projects/rdf/tdoa1.htm>
- [4] Mike Mladejovsky, WA7ARK, « Switched Capacitor Matched Filter FM DF Circuit »
The Utah Amateur Radio Club: "Homing-type" DF antenna units
http://www.utaharc.org/rptr/ark_df_desc.html
- [5] Joseph D. MOELL /K0OV, Thomas N. CURLEE : WB6UZZ, « Transmitter Hunting – Radio Direction Finding Simplified », Chapitre 8 intitulé « Homing DF Units », TAB Books Inc Editor, 1987, p 99 – 119.

Annexe : Récapitulatif des composants du « Homing Toutes Bandes »

Résistances

R1	82 kΩ
R2	10 kΩ
R3	8,2 kΩ
R4	390 Ω
R5, R6	10 kΩ
R7	100 kΩ (voir texte)
R11, R12	47 kΩ
R13	47 kΩ
R14	10 kΩ
R15, R16	100 kΩ
R31	1 kΩ
R32	10 kΩ
P1	Potentiomètre 10kΩ (voir texte)

Condensateurs

C1, C2	10 μF à 33 μF électrochimique
C3, C4	470 nF céramique
C11	1,5 nF
C12	10 μF à 33 μF électrochimique
C21, C23	100 nF
C22	47 μF à 100 μF électrochimique
C31	1 nF céramique

Composants actifs : Transistors, Diodes et Circuits intégrés

T1	BC550	Transistor NPN
D11 à D16	Diodes 1N4148	
D21	1N4004	ou équivalent
D31, D32	Diode 1N4148	
LED31	Diode LED	
IC1	CD4066	Quadruple interrupteurs
IC2	Quadruple AOP	LM324, TLC274 ou équivalent
IC13	CD4017	
IC21	78L05	Régulateur 5V

Divers

2 Supports DIL14	
1 Supports DIL16	
K1	Interrupteur
HP	Haut Parleur
2 x BNC	Prises BNC
Pile 9V	
Prise jack 3,5 mm stéréo	
Galvanomètre Gauche - Droite	

Antenne

D1a, D2a	Diodes PIN BA243 ou BA244
R1a, R2a	470 Ω