

Emetteur ATV 1,2GHz / 2,3GHz agile en fréquence

Pierre Marie GAYRAL – F5XG

Cet émetteur analogique ATV couvre les deux bandes 1,2 GHz et 2,3GHz. Une interface constituée de quatre boutons poussoirs permet l'exploitation de cet appareil.

La puissance de sortie est supérieure à 50mW (17dBm/50Ω), le niveau de sortie est variable de la puissance maximum à 50μW, soit -30dB sous cette puissance maximum (-13dBm/50Ω = 50μW).

La définition des fonctionnalités ont été discutées au sein de notre radio-club, en vue de disposer d'un appareil convivial, lors de nos démonstrations participatives annuelles au semi-marathon de Thionville .

| Caractéristiques- fonctionnalités | |
|---|--|
| 1,240 GHz à 1,299.5 GHz, pas de 500kHz | |
| 2,300 GHz à 2,399 GHz, pas de 1MHz | |
| Puissance : ≥ 50mW (17dBm) | |
| Niveau de sortie réglable 0 à -30dB | |
| Mesure et affichage du niveau de sortie, en mW (W) et dBm | |
| Mesure et affichage de la tension d'alimentation | |
| Mesure et affichage du SWR(ROS) et du R.L. en dB | |
| Reconnaissance automatique du PA externe raccordé | |
| Mémorisation automatique des paramètres | |
| Extensions possibles (à la fois l'ICSP... | |



Photo 1 : Face avant de l'ensemble en coffret Schubert n° 218. 200x175x80mm

◆ Préambule

Le cahier des charges a été établi pour disposer d'une ergonomie facile, de commandes et fonctionnalités que nous n'avions pas trouvés dans des modules commerciaux disponibles.

Les contraintes énoncées étaient d'utiliser au maximum des composants traditionnels et éviter autant que possible les Composants Montés en Surface (CMS).

Voici ce qu'il est possible de faire entre autres avec cet ensemble :

- Affichage LCD sur deux lignes de 16 caractères
- Utilisation sur 1,2 ou 2,3GHz
- Réglage du niveau de sortie dynamique 30dB
- Mesure et affichage du niveau de sortie, également avec un amplificateur externe
- Mesure et affichage du ROS et R.L.
- Mesure et affichage de la tension d'alimentation
- Identification automatique du module de puissance externe (1,2 ou 2,3GHz)
- Mémorisation de tous les paramètres.

Le synoptique de la figure 1 ci-contre montre trois cartes différentes avec leurs interconnexions.

Le connecteur Sub-D9Femelle situé sur le panneau arrière reçoit les tensions du coupleur directif (mesure de la puissance directe et réfléchie) associé ou présent dans l'amplificateur de puissance raccordé.

Le connecteur Sub-D9Mâle solidaire de cet amplificateur de puissance comporte

un pont renvoyant une tension sur une broche de différentiation vers le microcontrôleur(μC). Cette tension est reconnue par le μC, et le logiciel en prendra compte.

La carte "Interfaces Exciter MC145151.DSN" comme son nom l'indique est le centre d'aiguillage et de traitement des signaux.

La carte "Affichage et Commandes.DSN" contient le μC, l'afficheur, et les boutons poussoirs de commande.

A noter un connecteur J2 nommé ICSP, (In

Circuit Serial Programming). Ceci permet les mises à jour du logiciel sans déposer le μC de la carte.

La carte "Exciter MC145151.DSN" et "Video&AudioExciter.DSN" tiennent en fait sur un seul circuit imprimé. Il y a deux dessins différents pour cette carte unique.

Cette carte est montée dans un boîtier blindé.

Les cartes suivantes sont également contenues dans ce coffret :

- mire avec incrustation et commutation automatique Audio-Vidéo
- Incrustateur sur la vidéo externe
- Batteries NiCd avec chargeur inclus avec anti-décharge profonde

◆ Description de la partie Vidéo et Audio

Voir figure 2 page suivante.

Le signal vidéo composite est appliqué au connecteur J5. Le circuit IC10 MAX4643 [1] est un double commutateur CMOS qui

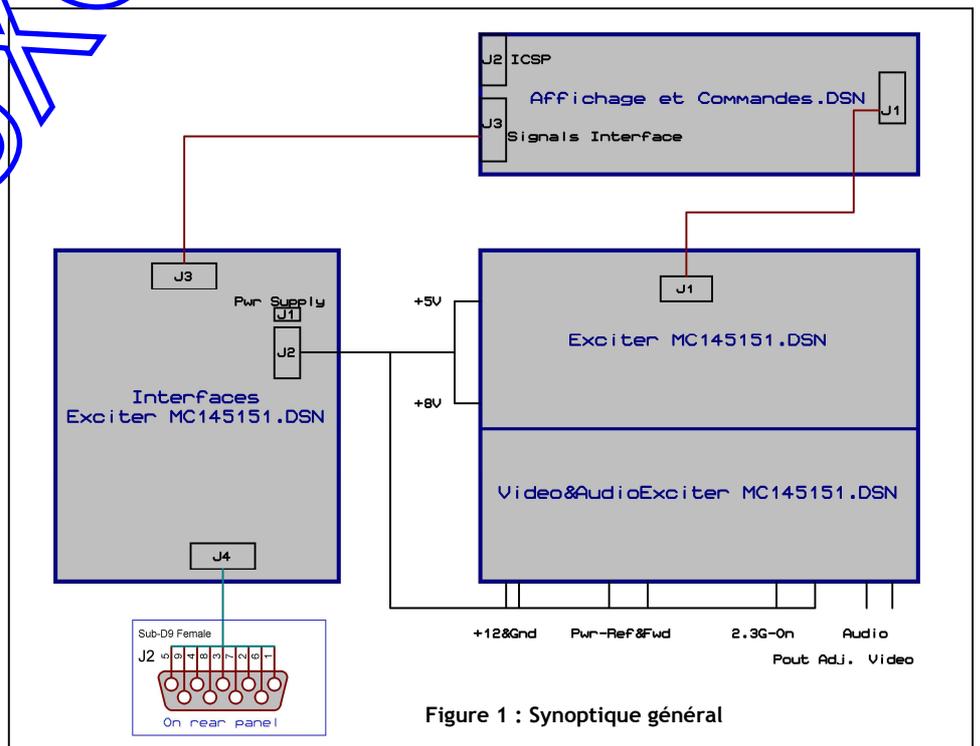


Figure 1 : Synoptique général

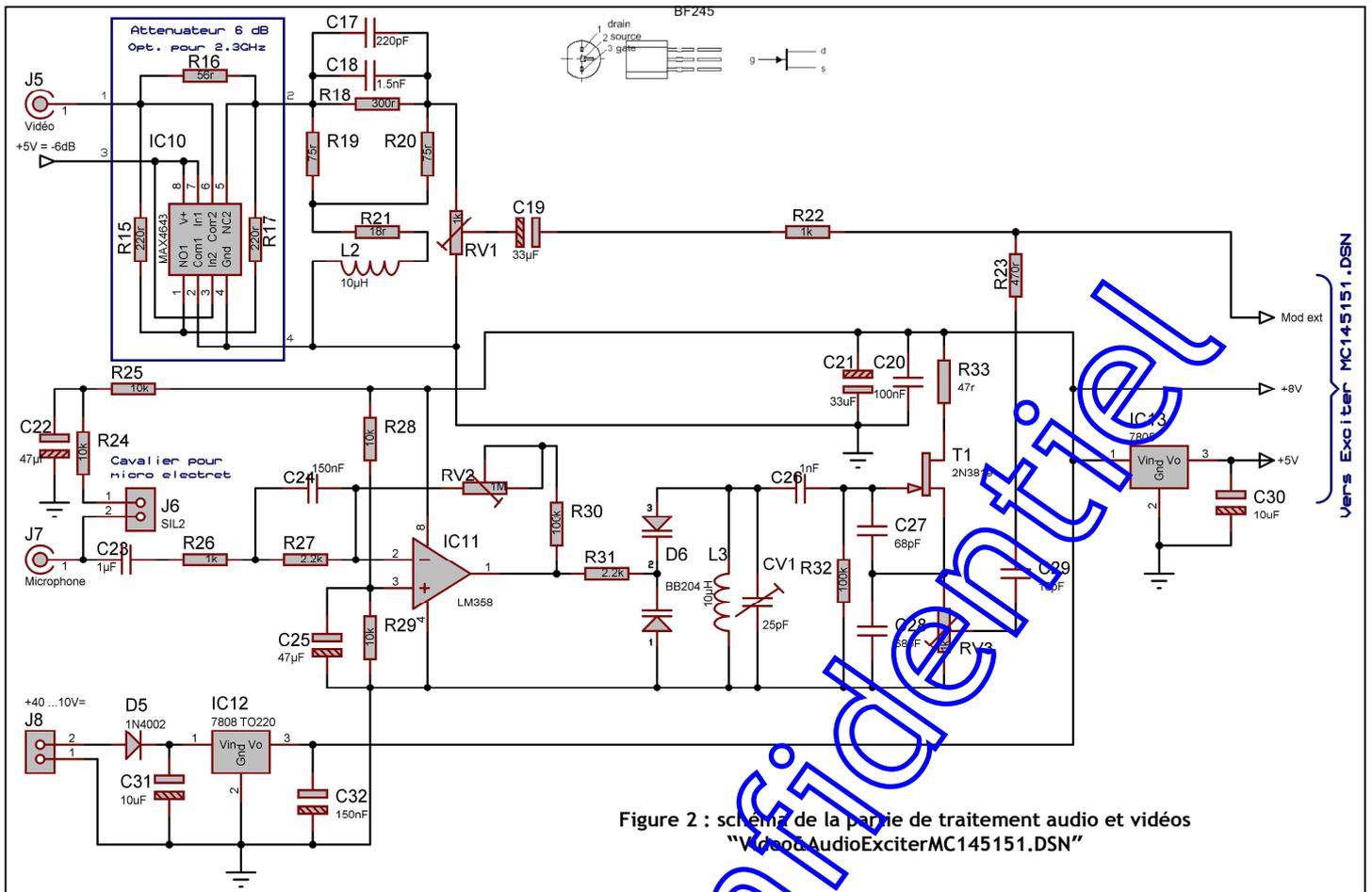


Figure 2 : schéma de la partie de traitement audio et vidéos
"Vers AudioExciterMC145151.DSN"

insère un atténuateur de 6dB/75Ω si une tension de +5V est appliquée sur ses broches 7 et 3, en bande 2,3GHz.

Cet atténuateur est nécessaire dans le cas de fonctionnement en 2,3GHz, car le principe est un doubleur de fréquence dans cette bande. Il y aurait donc double excursion de fréquence si l'on ne réduisait pas l'amplitude du signal vidéo entrant de six dB, soit par deux en tension.

Ce petit module est monté sur un circuit imprimé additionnel à quatre picots. Si l'option 2,3GHz n'est pas câblée un pont relie les broches 1 et 2.

On trouve ensuite le circuit de préaccentuation CCIR classique [4] et un ajustage du niveau vidéo d'entrée, déterminant l'excursion de fréquence. NB : le VCO utilisé est particulièrement linéaire et l'excursion est quasi constante dans toute la gamme concernée (voir description plus loin). Le signal vidéo se trouve en sortie sur R22.

J7 reçoit le signal basse fréquence soit d'un microphone 600Ω ou d'un electret si le pont J6 est présent.

IC11 amplifie ce signal dont le gain est déterminé par RV2. Ce signal basse fréquence est appliqué à une diode varicap double D6 qui associée à L3 et CV1 détermine la fréquence de la sous-porteuse son qui est ajustable de 5MHz à 6,5MHz.

Nous utilisons 6,5MHz de façon à nous éloigner d'un signal vidéo fréquence riche en signaux de 5 à 5,5MHz. Si toutefois vous voulez utiliser une sous-porteuse à

5,5MHz un filtre basse pass 5MHz devra être inséré avant J5. T1 associé à C27, C28 et RV3 constituent l'oscillateur de sous porteuse son. RV3 ajuste l'amplitude de ce signal qui est sommé à R22 à travers C29 et R23. A ce point de liaison "Mod ext" nous avons donc la vidéo composite pré accentuée et une fréquence à 6,5MHz qui est appliquée au VCO.

Nous trouvons également sur ce schéma deux régulateurs IC12(8V) précédé de la diode D5 prévenant les inversions de polarité, suivi de IC13(5V) avec leurs condensateurs de découplage.

L'accolade "Vers Exciter MC145151.DSN", indique clairement le chemin de ces signaux, vers le schéma désigné.

◆ Description de la partie exciter

Voir le schéma figure 3 sur la page suivante.

Beaucoup de VCO à diodes varicap et transistor associé ou MMIC ne sont pas linéaires, du fait de la pente V_c/C de la varicap et qui de plus, souvent doit avoir une tension supérieure à 12V pour couvrir la bande 1,2GHz.

Ce qui fait par exemple que sur 1250 MHz la vidéo après réception et détection a une amplitude correcte (théoriquement $1V_{c\text{ac}}/75\Omega$) et à 1280MHz l'image est moins lumineuse, car l'amplitude de la vidéo est plus faible, il faut augmenter le

niveau vidéo à l'émission.

Après plusieurs essais de VCO divers, j'ai trouvé le VCO MAX2754 [3] que j'utilise depuis bientôt quatre années et qui fonctionne sous 5V.

Ce VCO a une excellente linéarité en fréquence. C'est-à-dire que le rapport tension de centrage pour la fréquence de travail sur l'excursion de fréquence est quasi constant.

Rien n'étant parfait en ce bas monde le MAX2754 est en boîtier CMS, entorse à la consigne demandée en préambule...

Mais le jeu en vaut largement la chandelle.

"Mod ext" est appliqué à la broche 2 de IC1 VCO MAX2754, la tension de commande en fréquence est également appliquée à ce point via R7 (plus d'explications sur le PLL plus loin).

De nombreux découplages sont prévus sur IC1 pour une bonne stabilité des signaux. Sa sortie est sur la broche 7 qui attaque via C5 un amplificateur MMIC IC2 ERA2-SM [4] sur mon prototype, R4 et la self de choc L1 servent à l'alimentation de IC1, attention de bien utiliser une résistance de 40Ω(39Ω), le courant est déterminé par la chute de tension (lire le datasheet du constructeur).

Si un autre MMIC est monté, il faudra ajuster R4 en fonction de ses spécifications.

C6 est nécessaire pour ne pas envoyer d'alimentation dans IC3 AT-110 [5], qui est un atténuateur ayant une dynamique supérieure à 30dB jusqu'à plus de 2GHz.

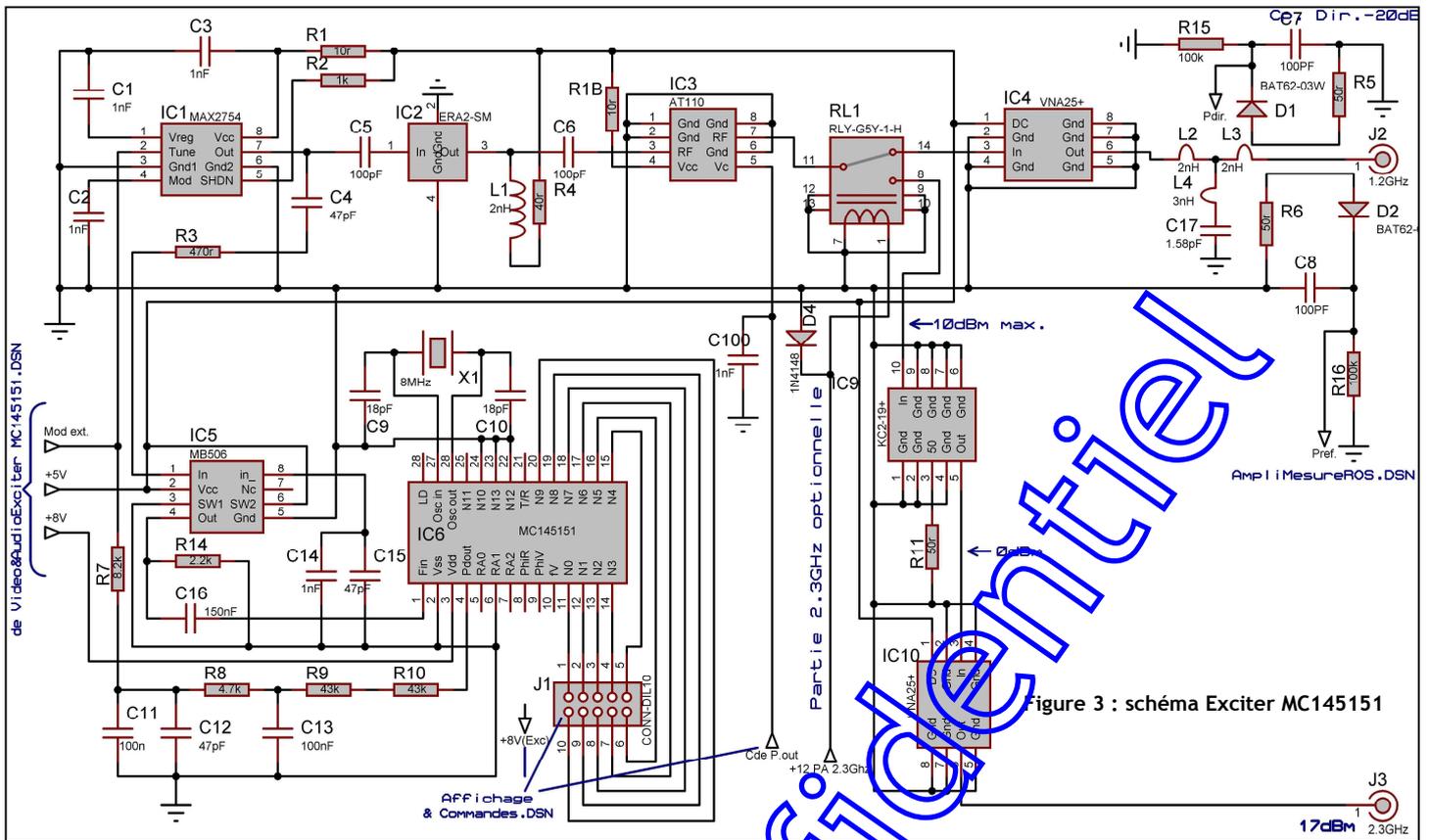


Figure 3 : schéma Exciter MC145151

Ce circuit est largement utilisé dans les téléphones cellulaires pour adapter la puissance du mobile en fonction de la proximité ou non du répéteur de la cellule dans laquelle il se trouve.

C'est un atténuateur économique au regard de ce que l'on peut faire avec celui-ci, mais...

Il a une perte d'insertion de 3 dB (puissance disponible divisée par deux!), tant pis le rapport qualité/(prix + performances) est toujours en sa faveur, je l'ai utilisé. C'est un boîtier CMS...

A la sortie de cet atténuateur se trouve RL1 qui est un véritable relais RF. Au repos ses contacts attaquent la broche 7 de IC4 VNA25+ [6] un MMIC de chez Minicircuits à fort gain et haut niveau de sortie (+17dBm) jusque 2,5GHz. Le signal amplifié est disponible sur sa broche 6 qui attaque un filtre passe-bas constitué de L2, L3, L4 et C17.

Ce filtre atténue l'harmonique 2 de plus de 30 dB.

Ensuite nous disposons d'un coupleur directionnel à deux voies et à 20dB de couplage associées à une détection par diodes Schottky BAT62 [7] D1 et D2.

Nous disposons à ce niveau des tensions (correspondantes à la puissance) directe et réfléchie, qui sont appliquées à deux entrées A/D du μ C. Après traitement et calcul dans le μ C nous obtenons le ROS et le Return Loss (R.L.).

Une remarque à ce propos, un ROS suffisamment précis sera obtenu avec le niveau maximum de puissance de sortie de l'exciter seul. Si l'on effectue une mesure avec une puissance de -10 dBm, la tension réfléchie est insuffisante pour donner une mesure précise. Le logiciel en tient compte.

Si un amplificateur de puissance est

raccordé en sortie et si cet amplificateur nous fournit les tensions directes et réfléchies, l'amplitude de ces tensions sera suffisante.

En bande 2,3GHz le relais RL1 est collé et le signal RF est appliqué au doubleur de fréquence IC9 un XC2-19+ [8] de Minicircuits. Ce doubleur a une perte de conversion de 10dB. Il est ensuite suivi d'un amplificateur VNA25+ qui pourra élever le niveau de sortie jusqu'à +17dBm.

La boucle de verrouillage de phase (PLL) utilise un classique MC145151 [9] largement utilisé depuis des années. Il est précédé par un diviseur MB506 [10] câblé en division par 128.

Une faible partie du signal de sortie du VCO est prélevée par C4 et R3 qui est appliquée à l'entrée 1 du prédiviseur IC5 MB506. Sa sortie divisée sur la broche 4 attaque IC6 MC145151 sur sa broche 1. La fréquence de ce signal est inférieure à 10MHz, ce qui est tout à fait dans les spécifications de ce PLL.

La référence de fréquence est un quartz de 8MHz. La commande de fréquence est issue de la carte "Afficheur et commandes" via le connecteur 2x5 points J1 vers les entrées de division N0 à N9.

Le filtrage du signal de comparaison est réalisé par R9, R10, C13, R8, C12 et C13 et appliqué via R7 à l'entrée 2 du VCO.

◆ Description de la partie affichage et commandes

Voir le schéma figure 4 sur la page suivante.

J3 est un connecteur 2x7 points DIL qui interconnecte via la carte interface la carte Exciter et le connecteur Sub-

DFemelle du panneau arrière.

Définition des broches de J3 :

- ◆ 1 et 14 +5V
- ◆ 2 et 13 masse signal
- ◆ 3 tension présence PA 1,2GHz
- ◆ 4 tension alimentation externe/ batterie
- ◆ 5 tension Puissance réfléchie
- ◆ 6 tension Puissance directe
- ◆ 7 tension continue de commande de l'atténuateur
- ◆ 8 + 8V
- ◆ 9 tension présence PA 2,3GHz
- ◆ 10 Réserve
- ◆ 11 SCL
- ◆ 12 S DA

J2 est le connecteur de ICSP décrit plus avant dont en fonction normale les broches 10-1, 9-2, 8-3, 7-4 et 6-5 sont pontées par un connecteur de court-circuit.

Le microprocesseur utilisé est un PIC18F458 [11], qui comporte quatre convertisseurs A/D 10 bits, 4 ports E/S à huit bits et un port E à trois bits, et surtout 32Ko de mémoire flash.

Il est cadencé à 8 MHz par le quartz X1 et les condensateurs C1 et C2.

Un circuit de reset simple est constitué de R8 et C4 à la mise sous tension, à noter que ce signal transite par les broches 10 et 1 du connecteur 2x5 points DIL J2.

Les broches 2-3-19-20-21-22-27-28-29-30 sont les sorties des bits de commande de fréquence du MC145151 via le connecteur J1.

La broche 4 reçoit la tension amplifiée ou non de la carte interface et qui correspond à la tension de puissance directe issue des coupleurs directionnels de

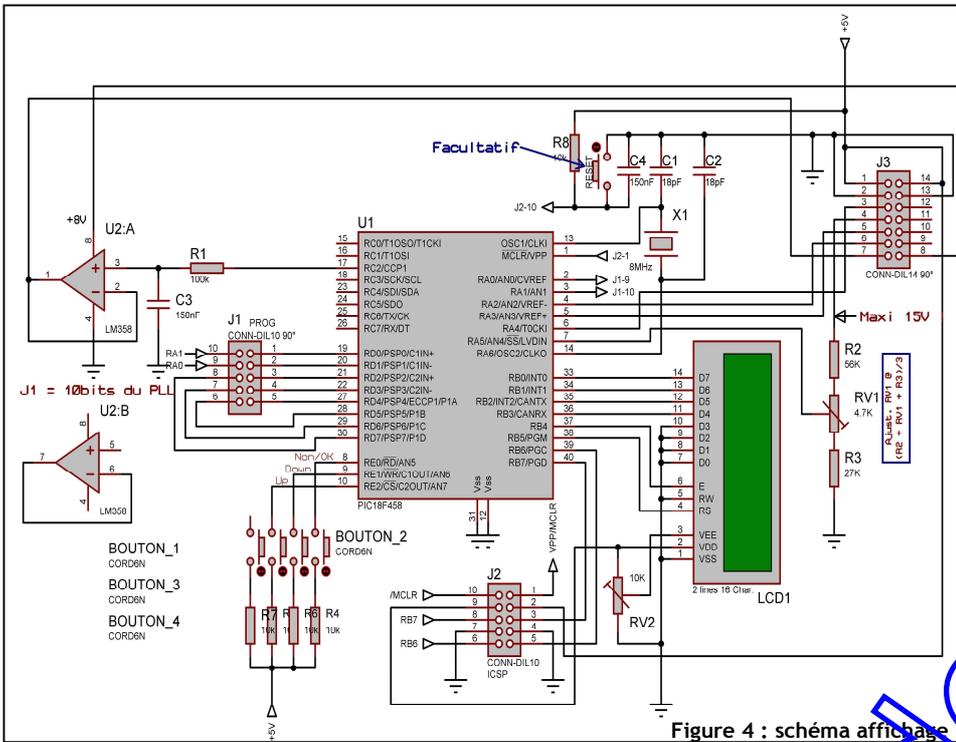


Figure 4 : schéma affichage

mesure (exciter ou PA).

La broche 5 reçoit la tension amplifiée ou non de la carte interface et qui correspond à la tension de puissance réfléchie issue des coupleurs directionnels de mesure (exciter ou PA).

La broche 6 reçoit la tension de présence d'un PA 1,2GHz.

La broche 7 reçoit la tension d'alimentation précédée d'un diviseur de 1/3 qui donne 5V maximum pour 15V de tension d'alimentation. R2, RV1 et R3 constituent ce diviseur. RV1 permet un ajustage précis de la tension affichée via le convertisseur A/D AN4 de 10 bits.

Les broches 8, 9 et 10 sont connectées aux boutons poussoirs de commande.

Le port B est dévolu pour sa plus grande partie à l'afficheur LCD commandé sous quatre bits, plus deux signaux de contrôle. RV2 sert au réglage du contraste des caractères de l'afficheur.

A noter que j'ai ajouté une résistance de 100Ω entre le +5V et la broche 15 du LCD pour le rétro éclairage, la broche 16 étant reliée à la masse.

En fonction du type de rétro éclairage du LCD utilisé il faudra vérifier que la broche 15 est bien le plus et la broche 16 le moins. Ceci n'est quelquefois pas respecté et j'ai certains afficheurs dont 15 et 16 sont inversés.

Sur le port C seule la sortie 17 est utilisée. C'est le mode modulation de largeur d'impulsion (Pulse Width Modulation) de ce port qui est utilisé. Ces impulsions de largeur variable mais de fréquence fixe sont filtrées par R1 et C3 de façon à produire une tension proportionnelle à ces impulsions. C'est un moyen simple pour produire une tension variable dont la précision n'a pas trop d'importance. Ceci économise un convertisseur D/A supplémentaire.

Les ports restants ont été réservés pour l'interfaçage vers le monde extérieur : I²C(SDA-SCL), RS232C(TX-RX) etc.

Le bus I²C(SDA-SCL) sera utilisé pour les compléments d'utilisation grâce aux circuits intégrés de la famille PIC entre autres.

La carte d'interface est destinée à évoluer dans le futur.

◆ Description du synoptique carte interfaces

Voir le synoptique de la figure 5 ci-dessous.

Une protection par fusible à réarmement automatique de type polyswitch est prévue.

Les tensions de l'extérieur via R13, R14 et R19 sont ramenées à +5V par des diodes zener D1, D2 et D3.

Un OU câblé constitué de D4 et D5 commande un quadruple inverseur CMOS qui détermine le gain d'un amplificateur suiveur pour les tensions directe et réfléchie (gain unitaire = PA ou par dix = exciter).

Les tensions directe et réfléchie d'un PA transitent directement des broches 2 et 3 de Sub-D Femelle J2 par le connecteur J3 vers U3 (voir page suivante le schéma). Les tensions directe et réfléchie de l'exciter sont connectées aux broches 6 et 5 de J3 vers U3.

La broche 7 de J3 amène la tension PWM liée à l'atténuateur IC3 AT-110 de la carte exciter.

Le connecteur J2 situé dans le cadre bleu (à ne pas confondre avec l'embase Sub-D Femelle) renvoie les tensions +5V, +8V, les tensions du coupleur directionnel de l'exciter, +12V et masse vers l'exciter.

◆ Description du schéma carte interfaces

Voir le synoptique de la figure 6 page suivante.

U3 74HCT4066 [12] est un interrupteur à quatre circuits, qui est câblé en double inverseur. La tension Exc.Alone commande U3:A et U3:B et la tension PA#(On) commande U3:C et U3:D. Leurs sorties

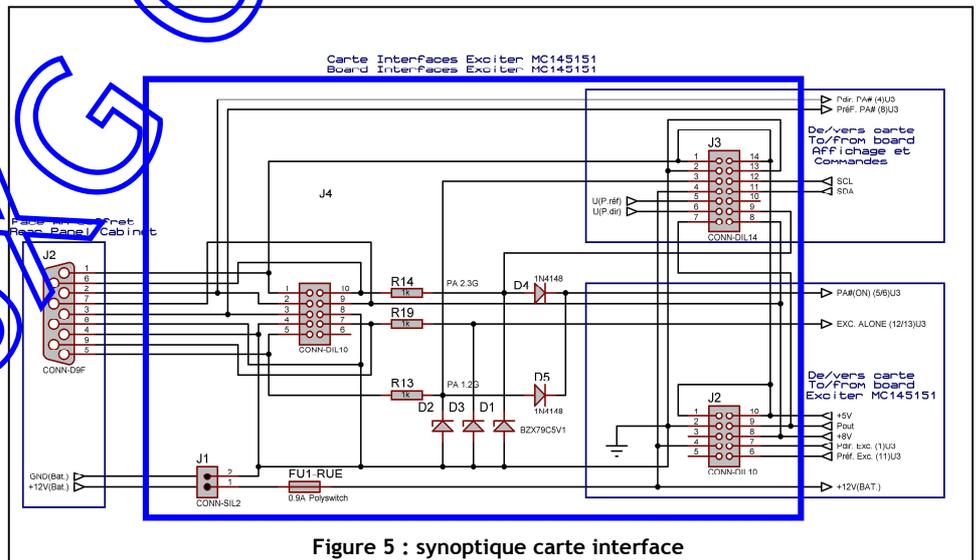


Figure 5 : synoptique carte interface

L'embase Sub-D Femelle J2 située sur le panneau arrière est de type à sertir pour connecteur plat. Une nappe relie donc cette embase au connecteur mâle J1, ceci facilite grandement le câblage et permet une intervention sur cette carte. En fait toutes les cartes sont reliées entre elles par des câbles en nappe. Voir photos.

J1 reçoit la tension d'alimentation soit +12 à 13,8V issu d'un petit bloc secteur ou bien la tension des batteries incluses.

vont vers U1:A et U1:B, dont le gain est fixé par le court-circuit ou non de R5 et R11.

Chaque circuit U1:A et U1:B est identique.

Q1 2N2222 est normalement bloqué par R1 qui met sa base à la masse. La liaison collecteur émetteur est ouverte, donc R5 est en série avec R4. dans ce cas le gain est de un. Si la tension de +5V "Exc. alone" est présente Q1 passe en

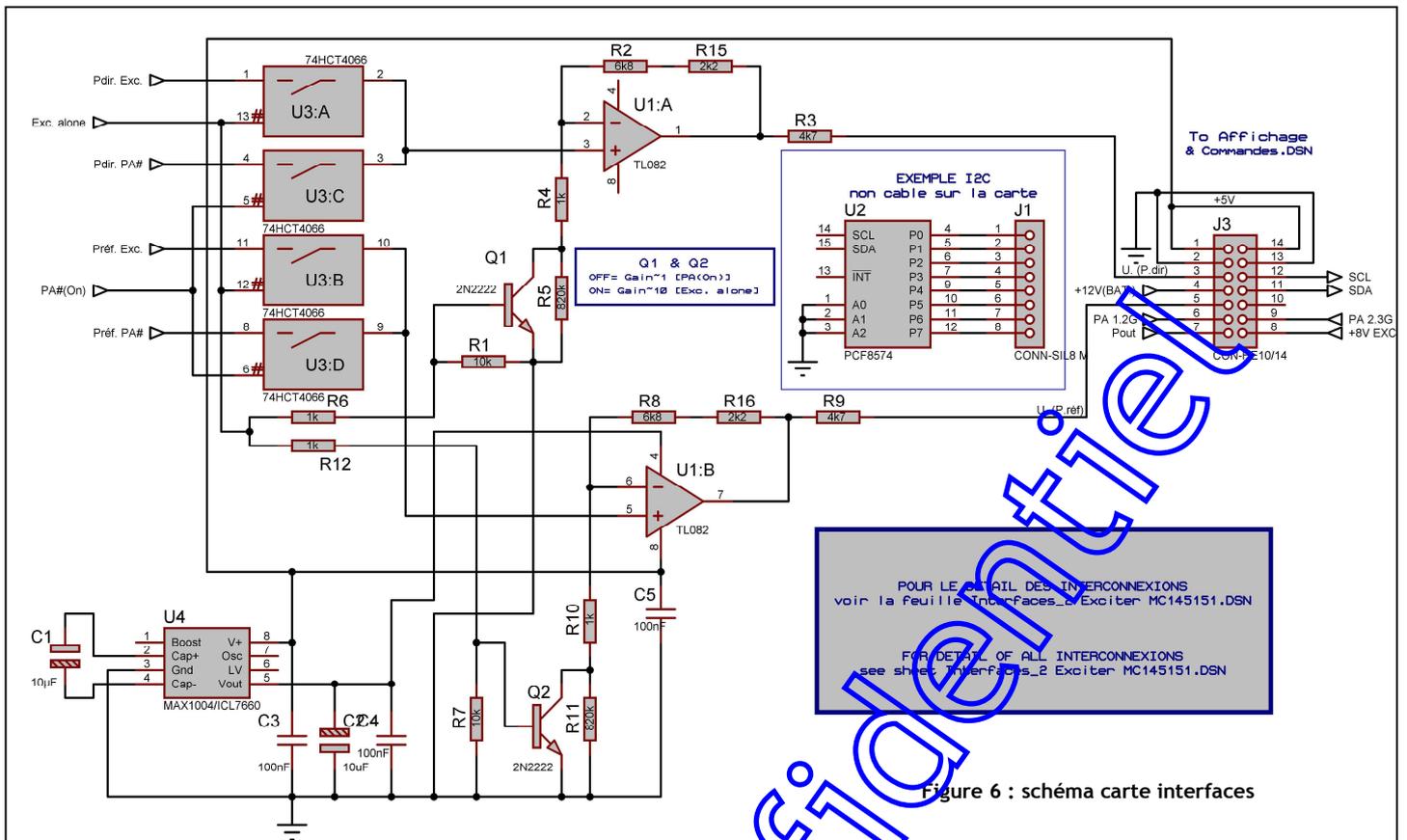


Figure 6 : schéma carte interfaces

mode saturé. R5 est en court-circuit par la conduction collecteur / émetteur de Q1, le gain de U1:A est de 10.

U4 MAX1004/ICL7660 [13] est un circuit qui délivre en V_{out} une tension négative miroir de celle appliquée à son entrée $V+$. Donc un $-5V$ est disponible sur sa sortie 5.

Un filtrage approprié envoie cette tension vers la broche 4 de U1 qui fonctionne donc en $\pm 5V$.

U2 donne un exemple d'utilisation d'un circuit PCFxxxx [14] qui est une gamme de composants destinée à exploiter le bus I²C. Au moment de la rédaction de cette article la carte n'est pas implantée avec ce composant de cette famille.

◆ Description du logiciel et commandes

Lors de la mise sous tension, la version du logiciel s'affiche pendant environ 1,5 seconde :



Les commandes s'effectuent via les boutons poussoirs de sélection marqués F1, F2, F3 et F4.

Un texte simplifié, un logo, ou un acronyme en correspondance au-dessus de chaque touche indique quelle action sera exécutée.

Parmi les fonctionnalités via les touches F1, F2, F3 et F4 :

- Choix de la bande de travail
- Réglage de la fréquence actuelle (ligne inférieure)
- Possibilité de deux mémoires de fréquence VFO A et VFO B par bande (sur 1,2 et 2,3GHz)
- Réglage du niveau RF de sortie (dynamique 0 à $\geq -30dB$)
- Entrée du gain en dB de l'amplificateur externe (1,2 et 2,3GHz)

Choix de l'affichage de l'information sur la ligne supérieure :

- Tension d'alimentation externe (entrée maximum 15V)
- Puissance de sortie en dBm et mW, ou Watts lors de l'insertion d'un amplificateur externe reconnaissance automatique (configuration de la connectique Sub-D du PA)
- SWR(ROS) et R.L. en dB
- Valeur du gain de l'amplificateur externe

A la fin d'une séquence de modifications, mémorisation automatique des



Photo 2 : vue de dessus de l'exciter

paramètres.

Lors de d'une remise sous tension on retrouve la dernière configuration utilisée.

L'écran de démarrage

Après l'affichage de la version, apparaît un écran de ce type :



Ligne supérieure : ligne d'information, dans ce cas puissance et ligne inférieure toujours la fréquence en mode utilisation.

La fréquence est affichée sur la ligne du bas.

Le sigle double triangle inversé est affiché au dessus de la touche F4 qui est la seule active (voir figure ci-dessus).

appui sur F4 = appel du menu.

Le menu



F2 / Rst = Réinitialisation

F3 / Set = Réglage des paramètres

F4 / Top = Choix affichage de la ligne

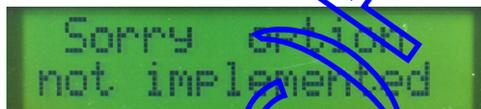
Un appui sur F3 affiche le choix de la bande :



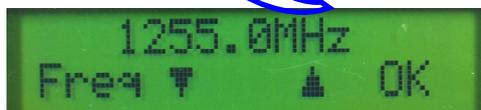
F3 = Bande 1,2GHz

F4 = Bande 2,3GHz

Si l'option n'est pas présente s'affiche en mode clignotant le message ci-dessous :



Appui sur F2 ou F3, modification de la fréquence :



F2 = ▲ décrémentation

F3 = ▼ incrémentation

F4 = OK valide le choix, écran suivant

Réglage du niveau de sortie :



F2 = ▲ décrémentation

F3 = ▼ incrémentation

F4 = OK valide le choix, écran suivant

L'affichage sur la ligne supérieure

L'écran suivant permet le choix de l'affichage de la ligne supérieure :



Sel : indique que l'on est en mode de sélection du type de l'affichage sur la ligne supérieure

La différenciation du mode de sélection de l'affichage sur la ligne supérieure est indiquée par Sel: voir ci-dessus.

La version logicielle 4.2 dispose de quatre options d'affichage, dans le cas de la photo ci-dessus : affichage de la tension d'alimentation.

Affichage du gain du PA externe :



F2 = ▲ ligne précédente

F3 = ▼ ligne suivante

F4 = OK valide le choix affiché sur la ligne supérieure, sortie vers affichage principal

Affichage du SWR et R.L. :



F2 = ▲ ligne précédente

F3 = ▼ ligne suivante

F4 = OK valide le choix affiché sur la ligne supérieure, sortie vers affichage principal

Affichage de la puissance :



F2 = ▲ ligne précédente

F3 = ▼ ligne suivante

F4 = OK valide le choix affiché sur la ligne supérieure, sortie vers affichage principal

Liens utiles

[1] <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/MAX4641-MAX4643.pdf>

[2] http://f5xg.org/Pre_Des_acc.aspx

[3] <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/MAX2754.pdf>

[4] <http://www.minicircuits.com/pdfs/ERA-2+.pdf>

[5] <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/71523/MACOM/AT-110.html>

[6] <http://www.minicircuits.com/pdfs/VNA-25+.pdf>

[7] <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/44197/SIEMENS/BA162.html>

[8] <http://www.minicircuits.com/pdfs/KC2-19+.pdf>

[9] http://www.lansdale.com/datasheets/ML145151_ML145152_ML145155_ML145156_ML145157_ML145158_revA.pdf

[10] <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/95687/FUJITSU/MB506.html>

[11] <http://www1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/41159e.pdf>

[12] <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/15615/PHILIPS/74HCT4066.html>

[13] <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/CL7600-MAX1044.pdf>

[14] http://www.nxp.com/documents/application_note/AN10216.pdf

Pierre Marie GAYRAL F5XG

f5xg@orange.fr

<http://f5xg.org>