



SQUIRRELY

Transceiver portable 2m USB/LSB/CW



F5RCT : Dernière mise à jour 13 janvier 2012

Présentation du projet

L'idée de ce projet est venue lors d'une discussion au radio-club de Strasbourg entre F4AVI, F4EGX et moi-même F5RCT. Un tel projet ne tente pas à révolutionner le monde parmi les transceivers 2 mètres du commerce. Mais il démontre que l'amateur peut construire son propre matériel à partir de composants courants en gardant pour objectif d'atteindre des performances élevées.

Peut-on encore réaliser soi-même un émetteur-récepteur simple en bande latérale unique (BLU) ? Au cours des discussions, nous avons eu la même demande : ajouter telle ou telle fonction, pouvoir y adjoindre un transverter et aussi trafiquer en portable. Pas si simple, car très vite nous nous sommes rendu compte de l'ampleur d'un tel projet en temps de développement ainsi qu'en difficultés techniques. Afin d'obtenir de bonnes performances radio et prendre le temps d'étudier chaque fonctions, nous avons achevé le projet sur une durée de cinq ans de développement (l'occupation professionnelle et personnelle prennent aussi du temps !). Les compromis ont visé, avant tout, à rechercher les performances radio, l'autonomie d'emploi et la mobilité.



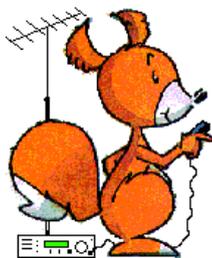
PRESENTATION

Nos anciens se souviennent du fameux IC-202 à la fois simple et possédant d'excellentes qualités HF tant en pureté à l'émission que pour sa sélectivité en réception. Face à cet ancêtre, les appareils modernes sont beaucoup plus sensibles mais manquent de tenue en signaux forts. D'autant plus que nous n'avons pas forcément besoin de fonctions superflues. Mais y a-t-il encore des appareils 2 mètres BLU simples ? Un poste QRP de 2 W comme l'IC-202 c'est bien peu de puissance HF !

Partir dans la nature avec un appareil de 10 W à 50 W de puissance HF ou plus demande des batteries lourdes et limite les objectifs pour atteindre les sommets avec en plus l'antenne 4 à 9 éléments et un petit mât léger. Il faut donc se limiter à ne pas dépasser 10 W ce qui représente 2 A sur 12,5 V et privilégier les fonctions qui rendent l'appareil autonome en matière de protections, gestion de l'énergie et branchement d'accessoires.

Ces idées ont fédéré une équipe de cinq radioamateurs prêts à réaliser ce projet. Chacun y a apporté ses idées et remarques : le savoir faire en HF de F5RCT et l'équipe pour définir l'ergonomie en trafic. Les idées simples de F4EGX et F4AVI furent parfois complexes à concrétiser ; comme le RIT continu et la protection du PA. Finalement, ce projet dit « QRP » (petit) devint un petit poste de course !

Ce projet a été soutenu par des fournisseurs de composants à qui nous adressons nos remerciements. Les sociétés Elexience, Epcos, Infineon Philips, Würth Elektronik et Equipements scientifiques nous ont offert quelques échantillons de composants pour le développement. Nos remerciements vont aussi à F1MK pour son aide précieuse en conversion numérique-analogique et à F1CLQ pour les mesures et son apport en littérature sur les oscillateurs fiable bruit de phase.



Modules VHF et Fi



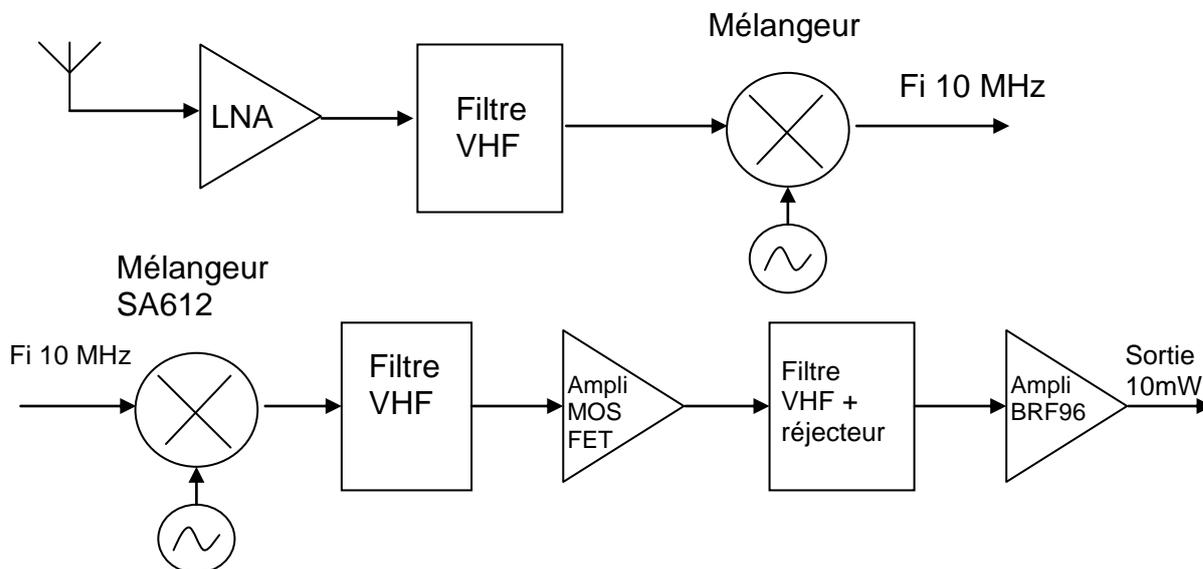


Le Squirrely : « Comme un écureuil ! »

Plutôt que de parler d'une personne pour désigner cet appareil, ou de trouver une anagramme tordu, nous avons adopté la mascotte d'un écureuil ! Nous avons nommé ce projet « Squirrely » qui veut dire « comme un écureuil »

Comme un écureuil, synonyme de mobilité, pour emporter son appareil avec une batterie 12V de 7 Ah et déployer son équipement le temps d'une promenade ou d'un contest QRP. Toujours comme un écureuil, laisser à l'opérateur des réserves lui permettant d'étendre les possibilités de l'appareil : adjonction d'un PA externe et d'une prise pour y brancher les fonctions audio d'un PC portable. Son PA interne de 10 W peut aussi accepter un module hybride de 20 W (réalisation de F6HOK). Doublement protégé en cas de puissance excessive en retour et limité en courant, le PA est indestructible face à toute désadaptation. Nous avons laissé à chacun les possibilités de câbler ou non certaines fonctions. Cet appareil est réalisé de façon modulaire ce qui autorise des évolutions futures sans remettre en cause l'ensemble. L'architecture de ce transceiver comprend quatre modules principaux :

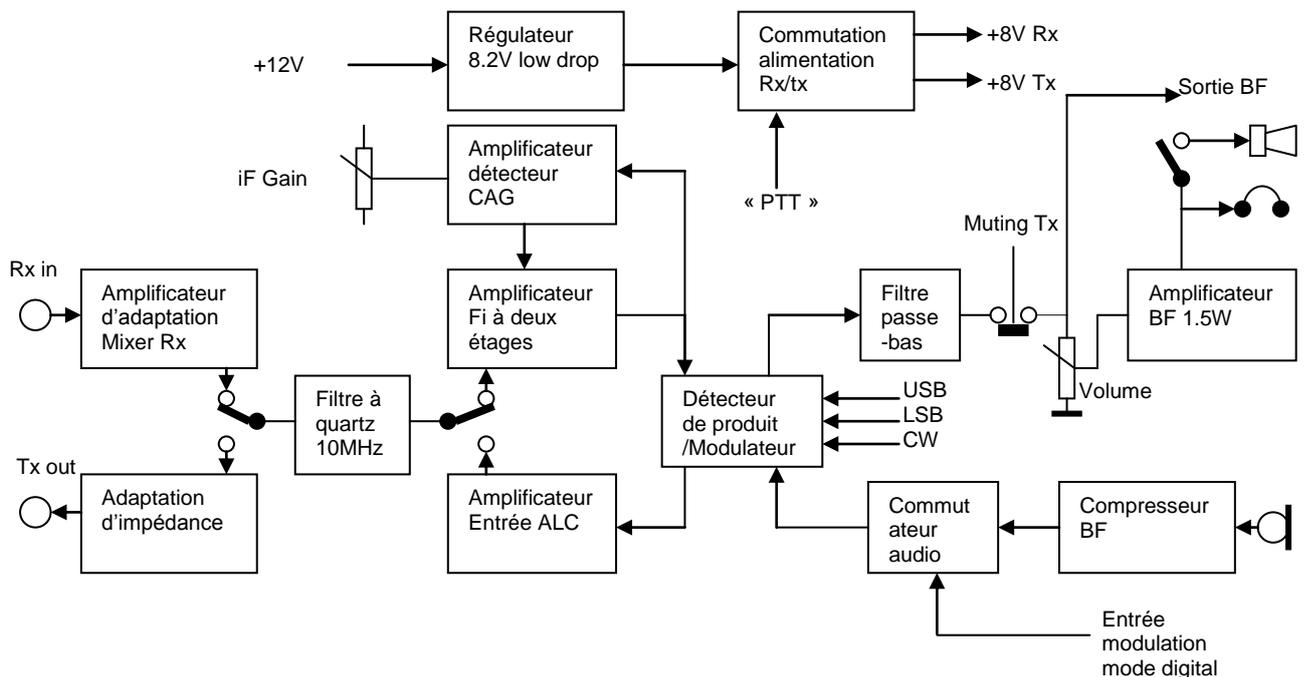
- Le module VHF convertit les signaux VHF en une fréquence intermédiaire à 10 MHz. En réception ce module est doté d'un excellent étage préamplificateur VHF pour ne pas se retrouver à en rajouter un autre en externe. Puis nous avons un filtre VHF chargé de rejeter la fréquence image de plus de 70 dB. Un mélangeur à diodes SBL-1 convertit les fréquences vers une sortie Fi sous 50 Ohms déjà débarrassée des produits non désirables par un filtre diplexeur. La voie émission de ce module se charge de transposer le signal BLU du module Fi vers la bande 144 MHz. Un mélangeur actif à NE 612 convertit les signaux vers sa sortie symétrique chargée par un filtre passe-bande à circuits couplés. Un transistor MOSFET amplifie le signal vers un second filtre passe-bande. Un dernier amplificateur à transistor bipolaire polarisé en classe A délivre un niveau linéaire jusqu'à +13 dBm (20 mW). En sortie les produits de mélange sont atténués à plus de 70 dB, ce qui couvre largement les exigences imposées par la réglementation radioamateur Européenne. Les réglages des filtres de ce module nécessitent un minimum d'instrumentation. La connexion à un transverter peut se faire à bas niveau et se passer du module PA. Le niveau réglable sur le module Fi de 0 à +13 dBm (1 à 20 mW) suffit largement pour attaquer le mélangeur de la voie émission du transverter.





PRESENTATION

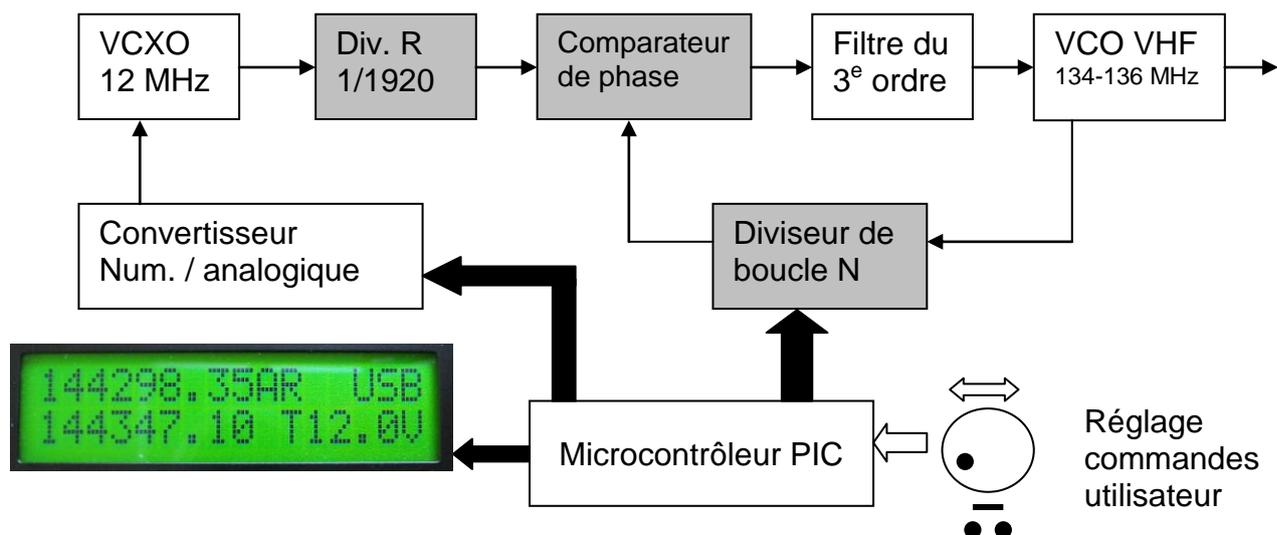
- Le module de fréquence intermédiaire réalise les fonctions de modulation et démodulation du signal HF et le traitement audio. Un filtre à quartz et un oscillateur-mélangeur sont commun aux voies d'émission et réception. Le filtre à quartz est centré sur la résonance série de 6 quartz triés. Le circuit de contrôle automatique de gain a une constante de temps unique et fixe. Nous avons choisi la particularité de différer son action à partir de S7 environ pour éviter le pompage du bruit entre les mots et garder des performances optimales en rapport signal / bruit sur les signaux faibles. Si nécessaire, l'utilisateur peut agir manuellement sur le gain Fi au moyen d'un potentiomètre et neutraliser l'action de la CAG. Une sortie S-mètre à l'image de la tension de CAG est prévue pour piloter un petit galvanomètre de 50 à 500 μ A. Le S-mètre dévie à partir de S7 environ et jusqu'à la saturation du poste vers -20 dBm. Il faut le constater par soi-même, ce concept de CAG à action différée apporte un confort d'écoute remarquable. La qualité du signal audio a fait l'objet de plusieurs essais comparatifs, la réponse en fréquence du filtre à quartz est plate de 300 Hz à 2400 Hz et ne dépasse pas +/-1 dB d'ondulation dans ce dernier domaine. Un filtre du 3^e ordre coupe les fréquences au-delà de 2400 Hz pour éviter les sifflements en cas d'interférences. Par le design des filtres, le bruit de fond est assez bas et reposant à l'oreille. L'amplificateur audio délivre 1,5 W sous 8 Ohms. La prise casque accepte aussi bien des modèles stéréo que mono. Nous avons décidé de mettre un interrupteur en série avec le haut-parleur pour laisser la possibilité d'une écoute simultanée avec casque branché. Cette fonction fut demandée pour l'utilisation en multi-opérateur ou en mode numérique pour couper le son. Le signal de sortie casque est également acheminé sur la prise micro pour y raccorder un micro-casque. En émission ce module est équipé d'une commande d'ALC (Automatic Level Control) externe pour comprimer la modulation et limiter la puissance en cas de défaillance de l'antenne. Le signal du microphone est également contrôlé et limité en dynamique par un compresseur BF avec un circuit spécifique d'Analog Device. La pré-compression avant la modulation BLU augmente la puissance moyenne et améliore le rapport signal/bruit côté correspondant. Pour relier ce transceiver à un lanceur d'appels ou un ordinateur en modulation numérique (PSK, Hell, ...), le module Fi est également équipé d'une entrée de modulation externe et d'une commande spécifique de passage en émission qui désactive automatiquement l'entrée microphone et le compresseur de modulation.





PRESENTATION

- Le module synthétiseur est le cœur de cet appareil. La stabilité et le bruit de phase sont très importants en BLU. La dérive en fréquence est tolérable si elle ne dépasse pas une centaine de Hz en cours d'utilisation. Le bruit de phase de l'oscillateur intervient sur la pureté à l'émission et surtout sur le pouvoir de sélectivité en présence de signaux forts. Ce phénomène s'appelle remontée de bruit hétérodyne et cela se traduit par une modulation du bruit au rythme de l'enveloppe de la station puissante. Si nous écoutons les puristes, seuls les oscillateurs à quartz sont garants d'un faible bruit de phase. F5RCT a décidé d'opter pour un synthétiseur direct à VCO L/C qui couvre la plage de 144 à 146 MHz prévoyant l'usage pour des transverters hyperfréquences. Tout a été mis en œuvre pour minimiser le bruit de phase : résonateur hélicoïdal, régulateur spécifique pour le VCO, faible couplage de la varicap, transistor JEFT, fréquence de comparaison élevée. Le pas fin de 50 Hz est obtenu par décalage de l'oscillateur de référence au moyen d'un convertisseur numérique / analogique. Le microcontrôleur qui pilote le synthétiseur apporte les fonctions de double VFO (A et B), transfert de A vers B, Rx(A) et Tx(B), changement du pas de 50 Hz à 100 kHz, mémorisation de la fréquence pour rappel à la mise sous tension. Sur l'afficheur LCD de deux lignes de 16 caractères le microcontrôleur affiche en permanence la tension d'alimentation et le mode du VFO.

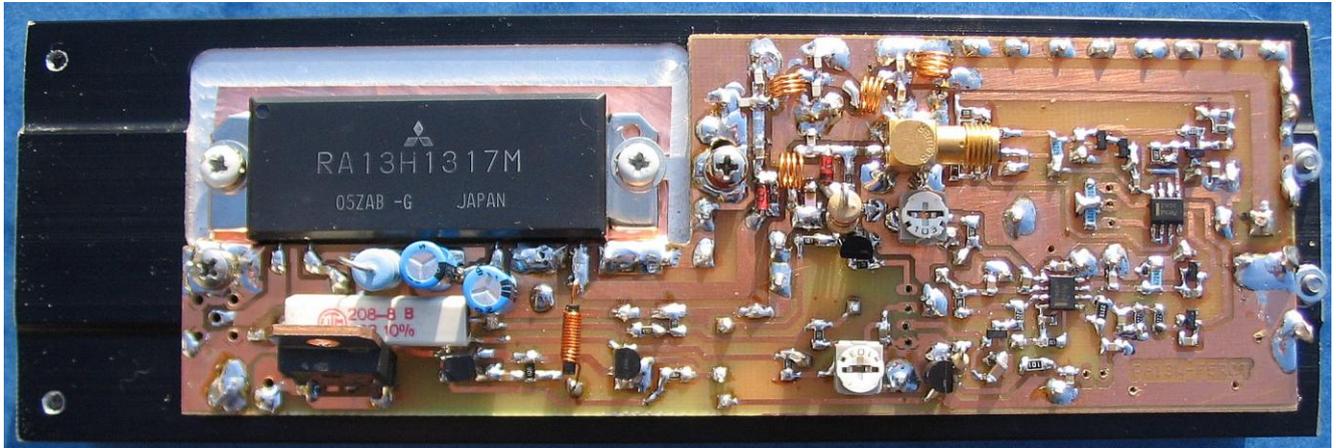


- Le module PA (amplificateur de puissance) à base d'un module hybride à transistor MOSFET délivre 10W de puissance efficace sur les crêtes de modulation. L'usage d'un module hybride simplifie la réalisation et garanti les performances sur toute la bande. En sortie de ce module hybride se trouve un relais d'antenne à diodes PIN ; préférable à un relais mécanique lent et peu fiable. Le filtre passe-bas en sortie se charge d'éliminer les harmoniques de l'émetteur. Ce module est monté sur un radiateur profilé avec une embase N pour y connecter l'antenne. Un shunt dans l'alimentation de l'hybride palpe le courant pour protéger ce dernier par limitation de la puissance de sortie. Ce circuit assure également le réglage et la compression du niveau HF. Une position réduit la puissance à 1W pour ainsi économiser l'énergie de l'accumulateur. L'appareil est prévu pour être raccordé à un amplificateur de puissance supérieure ; une prise spéciale permet d'imposer de puissance différent quand le PA externe est activé. Un coupleur directif sur la sortie antenne prélève l'onde incidente et réfléchi pour afficher sur le galvanomètre du S-mètre la puissance

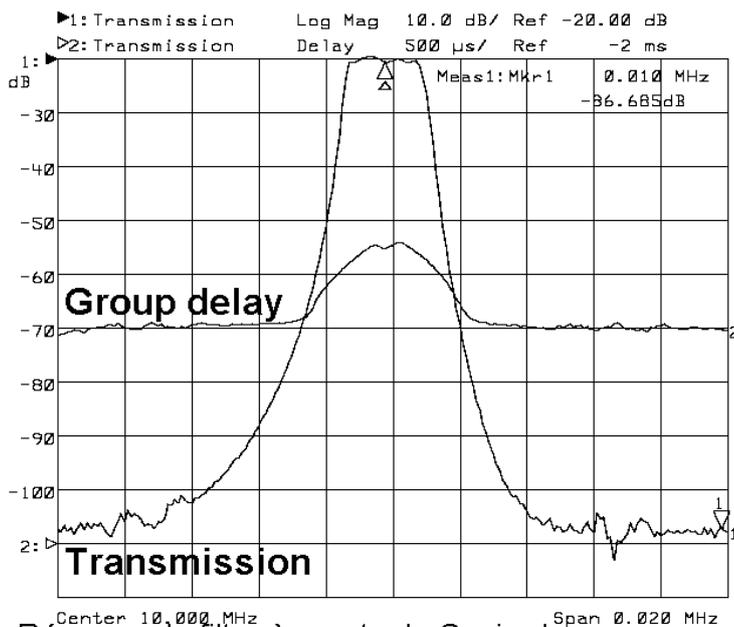


PRESENTATION

envoyée et en retour de l'antenne. Ce module PA est également protégé contre les inversions de la tension d'alimentation par une diode Schottky qui se bloque en cas d'inversion de polarité.



Chacun de ces quatre modules fait l'objet d'une description technique et d'une notice de montage très détaillée. Ainsi qu'une notice d'assemblage des modules.



Réponse du filtre à quartz du Squirrelly

Les inductances fixes ont été privilégiées aux bobinages de type réglables Néosid qui sont plus chers et moins courants. Autant que possible nous avons mis en œuvre des structures sans réglage ou des bobinages faciles à réaliser.

Le choix de la fréquence intermédiaire à 10 MHz fut adopté pour la facilité d'obtention de quartz courants. Nous avons ainsi évité la recherche d'un filtre à quartz couteux, le nôtre revient à 7 Euros environ. (Voir courbe ci-contre)

Pour la fiabilité nous avons réduit au strict minimum le nombre de condensateurs électrochimiques qui vieillissent mal dans le temps.

La plage de la tension d'alimentation en fonctionnement s'étend de 10 V à 16 V par rapport à la tension nominale de 12 à 13,5 V. Une telle plage couvre largement l'autonomie d'un accumulateur au plomb. La protection contre les inversions de polarités ne comporte pas de fusible et l'appareil ne demande aucune intervention en cas d'erreur de branchement, cela évite de se trouver en pleine campagne sans fusible de rechange !

Globalement, les premiers essais furent très concluants. En réception, la CAG à action différée apporte un confort d'écoute remarquable sur les signaux faibles. Les quelques radioamateurs qui l'on réalisé et écouté n'en reviennent pas de son niveau de bruit très bas. Les signaux moyens et forts se détachent du bruit de fond à un point que l'on dirait que le correspondant est vraiment très proche, ceci avec une qualité réellement téléphonique sans bruit. La caractéristique gaussienne du filtre à quartz donne un rendu exceptionnel tant à l'émission qu'à la réception, la voix n'est pas déformée ni métallique. Le bruit de fond à



PRESENTATION

l'écoute, comme celui d'une chute d'eau, ne fatigue pas l'oreille de l'opérateur. Le filtre audio du premier ordre commutable procure un arrondi très doux dans les aigus. Le réglage manuel du gain Fi ou le débrayage de la CAG sont finalement peu utiles. Les stations très puissantes se distinguent très bien avec le S-mètre à forte dynamique (80 dB).

Le compresseur de modulation apporte une intelligibilité indéniable vers les correspondants lointains. Les reports reçus sont excellents et les correspondants reconnaissent bien la voix de l'opérateur. L'indicateur de puissance incidente ou réfléchi ainsi que la LED « SWR » donnent à tout moment un retour sur le moindre incident en cours d'émission.

En exploitation, le voltmètre d'alimentation est un atout pour le trafic portable sur batterie. Le double VFO facilite la recherche en laissant en attente une fréquence ainsi repérée.

La finesse d'accord au pas de 50 Hz, ainsi que le RIT, permettent un accord parfait pour une restitution impeccable du timbre de la voix du correspondant. Le mode LSB est aussi prévu bien qu'il n'a pas vraiment d'intérêt en VHF, sauf pour l'adjonction d'un transverter HF ou sur un transpondeur satellite.

Pour l'ensemble de cette réalisation, nous avons tenté d'assurer la meilleure reproductibilité possible avec le minimum de composants difficiles à approvisionner. Dans les compromis, nous avons comparé les performances, le coût, la reproductibilité, et la fiabilité. L'équipe ayant passé déjà beaucoup de temps au développement **n'assure pas la distribution d'un kit**, mais délivre un CD ROM de l'ensemble du projet. Les principales notices sont sur <http://www.f5kav.org/>, puis lien vers technique&projets > réalisations F5RCT ; dossier *realisations > Squirrelly*



F5RCT Jean-Matthieu STRICKER
F4AVI Fabrice BRAUN
F4EGX Nicolas CHATELAIN

F6CMB, F6HOK, F4AVI, F1ULQ, F4DOE, F4EGX et F5RCT l'on réalisé, voici leurs commentaires :

« Superbe modulation, rien à dire - l'ampli est également très bien en version 20 W - Les réglages du compresseur de modulation sont bien optimisés - Un QSO parfait entre les Squirrelly de F6CMB et F6HOK par-dessus les Vosges- 2^e place au concours AGCW-DL VHF/UHF de septembre 2011 avec mon Squirrelly ». F6HOK

« On reconnaît bien la voix de son maître ! » F4AVI

« La réception semble manquer un peu d'aigu sur mon IC-910, mais je crois que ça vient de mon récepteur ! » F4EGX

« Excellents reports de modulation même avec un PA de 100 W » F6CMB

« Tenue exceptionnelle en présence de signaux forts, on discerne bien les stations faibles au pied des stations DL puissantes - Avec un bouton de réglage de la puissance HF en continu de 1 à 10 W, je veux le même pour attaquer un PA de 100W » F1OET avec le Squirrelly de F5RCT.

« Je suis très satisfait de la CAG à seuil. Ayant trafiqué avec plaisir sur ce poste en 2 mètres, cela ne me donne pas forcément envie de l'utiliser derrière un transverter pour les hyperfréquences. La récompense d'un long développement et le plaisir de trafiquer avec une réalisation personnelle. Merci à tous pour le 1^{er} prix au concours de réalisations personnelles à Ségy 2010 » F5RCT



Caractéristiques techniques du SQUIRRELY.

Alimentation :

Plage de tension d'alimentation :	10 V à 24 V sans PA 10 V à 16 V avec PA Affichage de la tension de 8,5 V à 25 V Résolution 0,1 V
Protection contre les inversions :	-24 V minimum ; pas de fusible dans l'appareil
Courant en réception :	< 150 mA sans signal, sans rétro-éclairage.
Courant en émission :	< 200 mA sans PA 2 A crête avec PA pour 10 W 0,8 A crête avec PA pour 1 W
Afficheur LCD rétro-éclairé :	Coupage automatique si pas appui touche, durée et mode d'éclairage configurable.

Emetteur :

Plage de fréquence	144,000 à 146,000 MHz
Modes	LSB, USB, CW
Compresseur BF	Taux réglable par potentiomètre interne
Puissance HF Consommation en émission	10 W pep maxi à 40% de rendement 2 A crête sous 12,5 V (PA type Mistubishi RA13H1317M)
Position basse puissance :	- 10 dB à -15 dB réglable de 0,5 W à 2 W
Réjection de la bande latérale : Bruit de phase à 10 W en mode CW	> 40 dB -85 dBc/Hz à 100 Hz -92 dBc/Hz à 1 kHz -111 dBc/Hz à 10 kHz -120 dBc/Hz à 20 kHz
Résidus de synthèse	-70 dBc à 6,25 kHz -93 dBc à 12,5 kHz -107 dBc à 18,75 kHz
Mode CW :	- Porteuse CW par décalage de l'oscillateur BLU et réception en mode USB - Entrée externe pour sidetone. - Ajout du QRP keyer de DL4YHF. - Brake'in automatique
Keyer suggéré : DL4YHF	http://www.gsl.net/dl4yhf/index.html



PRESENTATION

Récepteur :

Plage de fréquence	144,000 à 146,000 MHz
Sensibilité sans filtre BF	-128,6 dBm soit 0,083 μ V pour 10 dB S/(S+B)
Facteur de bruit global	3,7 dB
Point d'interception du 3e ordre	$P_{IP3e} = -6$ dBm
Rapport signal sur bruit limite	60dB pour un signal CW de -70 dBm (100 μ V) à S9 + 3dB.
Gain Fi	CAG ou réglable manuellement, CAG débrayable
Sortie audio :	HP interne grand diamètre avec inter de coupure. 1 W audio sous 8 Ohms Prise casque 32 Ohms mono ou stéréo 6.35mm Prise HP extérieur sur le prise microphone.
RIT	- plage du RIT +/-800Hz commutable en Rx.
CAG	- Automatique rapide - Seuil d'action à partir de S7, - Commutable pour réglage manuel du gain Fi.
S-mètre	A aiguille sur 80dB de dynamique, indication de S7 à S9 sur 50% de la déviation, jusqu'à la saturation sur le 50% restant.

Raccordements :

Prise DIN mode digitaux	Entrée modulation : niveau BF de 200 mV crête maxi. Sortie récepteur : niveau BF de 100 mV crête Réponse en fréquence : 200 à 2700 Hz à 3 dB. Commande d'émission et sortie +12 V 500 mA
Prise DIN PA externe	Sortie +8V émission Entrée ALC Sortie collecteur ouvert commande retardé pour le relais d'antenne externe Entrée de consigne de puissance de 0,5 - 10 W
Prise manipulateur CW	Jack stéréo 6,35 mm pour clé iambique
Prise d'alimentation	Type NL2FC « speakon » de Neutrik
Connecteur antenne	Embase N 50 Ohms