

KTH - SDR ONTVANGER VAN 1.8 MHz tot 450 MHz

Door PE1KTH en PA0RWE

*De **Software Defined Radio (SDR)** ontvangers bestaande uit een fronteind met I - Q demodulator in samenwerking met een geluidskaart in een PC staat erg in de belangstelling. Op het internet is een grote groep radioamateurs succesvol bezig met de zelfbouw van de Softrock SDR modules voor de HF banden en de programmeerbare synthesizer Si570. De QRP2000 ontwerpgroep van Jan Verduyn heeft met succes een verbeterd SDR fronteind ontwikkeld voor de voor ontvangst tot 70 MHz. Zie de QRP nieuwsbrief van juni No-126.*

Tevens heeft de ontwerpgroep een synthesizer kit uitgebracht gebaseerd op de programmeerbare clock generator Si570 van de firma Silicon labs.

De kit kan via de USB poort worden bestuurd als een VFO.

In dit verslag zijn de resultaten weer gegeven van het demodulator deel van een HF/VHF/UHF SDR ontvanger fronteind en de opzet van de SDR ontvanger.

Er zijn twee experimentele prototypen QD modules gebouwd en getest door Joris van Scheindelen PE1KTH en Rob Engberts PA0RWE.

Inleiding.

Huidige **Quadrature Sampling Detectors (QSD)** van het type Softrock zijn opgebouwd met standaard snelle FET busschakelaars zoals de FST3125 en afgeleiden. Het toepassen van standaard digitale IC's en de noodzaak het oscillator signaal te delen met D flip flops beperkt de bovengrens in het frequentie bereik. Als er snellere IC's beschikbaar komen kan de frequentie nog wat omhoog.

De wens om naast de HF banden ook VHF, UHF en NOAA weersatelliten te kunnen ontvangen is aanleiding geweest voor dit ontwerp.

Producenten van IC's zoals Analog Devices en LINEAR brengen een aantal **Quadrature Demodulatoren (QD)** op de markt bestemd voor Base stations, Satellite, Set-top box en GPS ontvangers die tot in het GHz bereik kunnen worden toegepast.

In de hier gepresenteerde QD moduul No 3 is de LT5517 demodulator en een LT6231 low noise Op-Amp van de firma LINEAR toegepast. Hiermee is in principe een ontvanger met een frequentie bereik van 1.8 MHz tot 500 MHz mee te realiseren als tevens een Si570 LVDS synthesizer VFO die tot 1400 MHz kan opwekken wordt toegepast.

SDR ontvanger configuratie.

In fig. 1. is het blokschema weergegeven van een dergelijke SDR ontvanger.

Met de huidige SDR software zoals POWER SDR, Rocky 3.6, SD Radio en M0KGG Decoder is met deze software een all-mode ontvanger te realiseren met relatief weinig componenten in het fronteind.

Door het ontwerp in afgeschermd module uit te voeren is er veel ruimte voor aanpassing tijdens de ontwikkeling zonder de kwaliteit van het eindresultaat aan te tasten.

Het SDR fronteind bestaat uit de volgende modulen,

- Moduul 1. en 2. een RF moduul met instelbare verzwakker bandfilter(s) en een low noise versterker.
- Moduul 3. de Quadrature Demodulator (QD) en differentiaal Op-Amp voor de I en Q kanaal versterking en buffer uitgang.
- Moduul 4. de USB synthesizer, microprocessor, de I2C clock-generator type Si570LVDS. Met een frequentie bereik ca 10 MHz tot 1400 MHz.
- Optioneel I2C - LCD display, pulsgever en of een I2C toetsenbord.

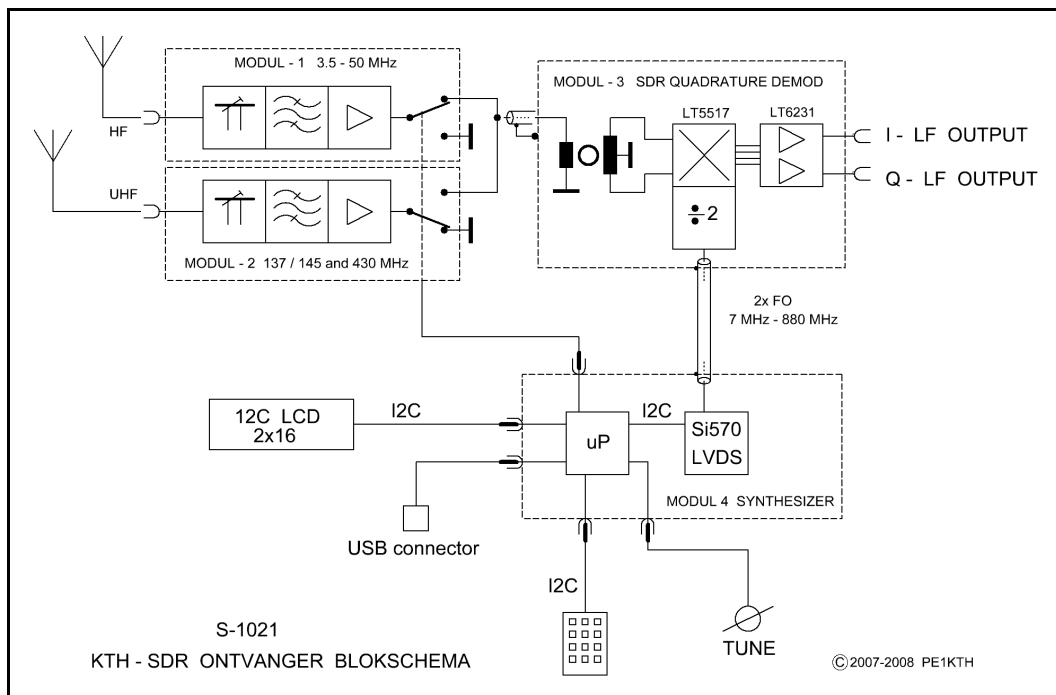


Fig. 1. Blokschema KTH-SDR ontvanger

De modulen worden op een EURO kaart moederbordje met 30 polige connector gestoken. Hoogfrequent verbindingen tussen de modulen gaan via dunne coax kabeltjes. Het moederbordje en modulen passen in een aluminium kastje en vormen een geheel. De ontvanger is modulair van opgezet en nog in een experimenteel stadium. Het is dus mogelijk dat er nog wijzigingen worden aangebracht. Hierover later meer.

Moduul 3. SDR Quadrature Demodulator.

In Fig.2. is het schema van de demodulator gegeven. De demodulator is op een dubbelzijdige print in SMD opgebouwd en in een afgeschermd doosje geplaatst. Het RF en VFO signaal komt via een SMB connector in de moduul. Alle overige aansluitingen gaan via een kaart connector.

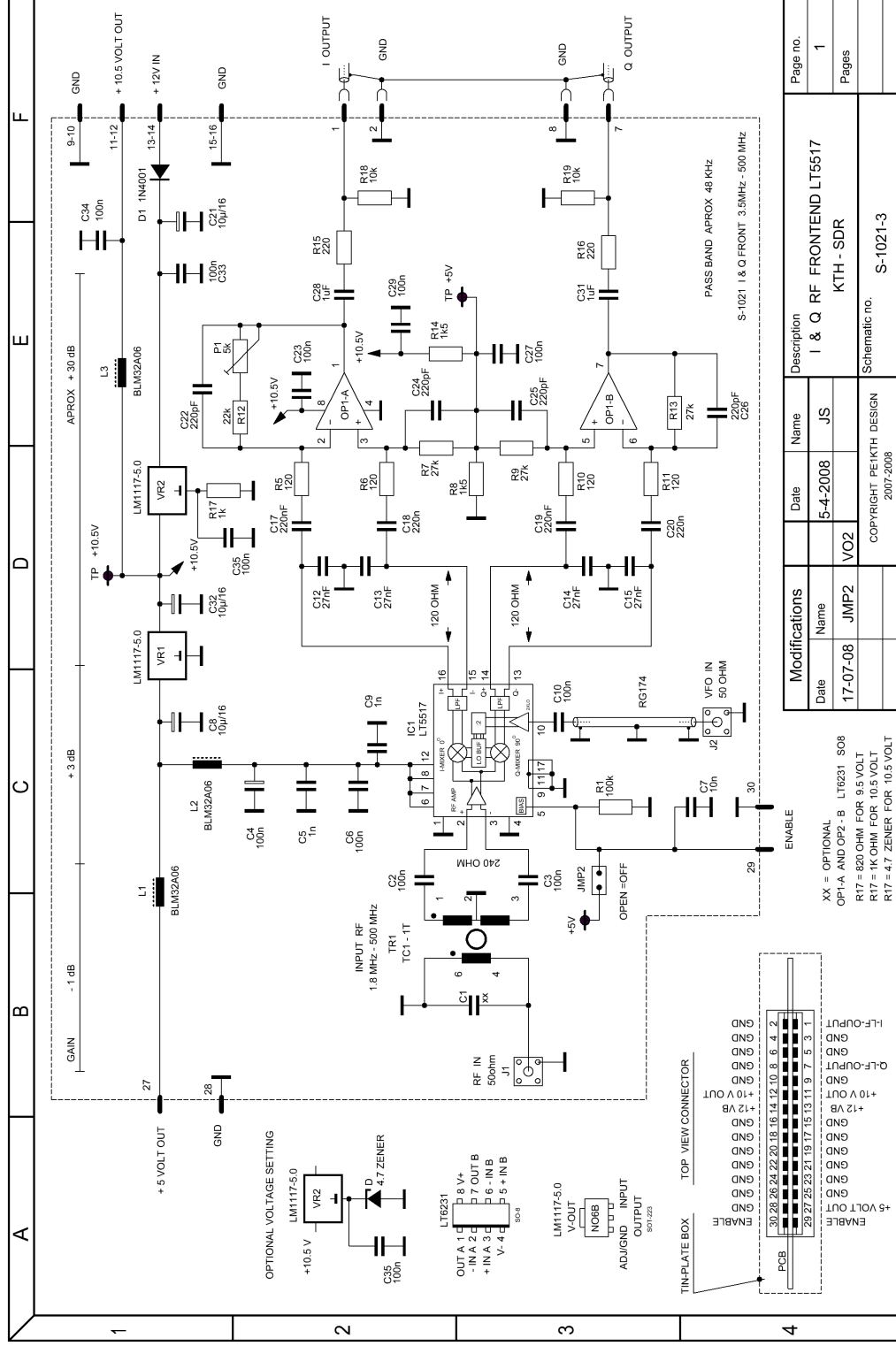


Fig. 2. SCHEMA I & Q FRONTEND LT5517

Page no.	1
Pages	

Description	I & Q RF FRONTEND LT5517 KTH - SDR
Schematic no.	S-1021-3

Modifications	Date	Name
	17-07-08	JMP2
	5-4-2008	JS

Date	17-07-08
Name	JMP2

Date	5-4-2008
Name	JS

Date	17-07-08
Name	JMP2

LT5517 Quadrature Demodulator.

Om ontvangst van de hogere banden mogelijk te maken is na bestudering van de data sheets van diverse fabrikanten gekozen voor de LT5517 demodulator van de firma LINEAR.

Omdat voor de lagere HF banden 80 en 40 meter een extra QD moduul minder gewenst was is onderzocht hoe laag in frequentie de LT5517 nog inzetbaar is. De grafieken in de data sheet wekten de indruk dat de LT5517 ook lager dan 40 MHz kan werken.

Dat werd bevestigd door een vermelding in een product catalogus dat de LT5517 ook voor ISM toepassingen op 13 MHz te gebruiken is. De officiële LINEAR specificatie is als volgt.

- RF input frequentie Range: 40MHz to 900MHz.
- Input IP3: 21 dBm at 800 MHz.
- Input IP2: 58 dBm at 800 MHz.
- I / Q Mismatch: 0.3 dB max.
- I / Q Phase Mismatch: 0.7 grad.
- Noise Figure 12.4 dB at 800 MHz.
- Conversion Gain: 3.3 dB at 800 MHz.
- Max VFO input power: + 10 dBm.
- Base Bandwidth: 130 MHz.
- Single Ended, 50 ohm Matched 2x LO Input.
- Supply Voltage 5 volt.
- Supply Current 90 mA.
- Shutdown Mode (mute).
- Package 16-lead QFN (4mmx4mm) with exposed Pad.

De LT5517 heeft een goede specificatie voor een SDR ontvanger met een IIP3 van meer dan 21 dBm een gain van 4 dB en een breed frequentie bereik.

De RF ingang is voorzien van een versterker waardoor goede gevoeligheid wordt verkregen. De ingang impedantie van 50 ohm constant is over het gehele frequentiebereik. Het twee maal VFO signaal wordt door een versterker versterkt (en waarschijnlijk in verzadiging gestuurd) en daarna aan de 2 deler toegevoerd.

Hierdoor is de conversie gain constant en vrijwel ongevoelig voor amplitude variaties van het VFO signaal binnen een bereik van ca 0 dBm tot -10dBm. De 2 maal VFO frequentie lekkage van het VFO signaal naar de RF ingang bij 80 MHz wordt opgegeven als meer dan -100dB.

Het door twee gedeelde VFO signaal gaat via de buffer naar de beide I en Q mixers.

Door 2 deling zijn beide mixer uitgangssignalen 90 graden ten opzichte van elkaar verschoven. Doordat alles in het IC gebuurd is ook de nauwkeurigheid van het fase verschil beter dan 0.7 graden wat belangrijk is voor de zijband onderdrukking.

De I en Q mixers zijn waarschijnlijk gebalanceerde "Gilbert-cell" vermenigvuldigers waarmee een breed frequentiegebied kan worden gerealiseerd met gain.

In de I en Q uitgang is een low-pass filter opgenomen met een kantelpunt op 130 MHz. Het LPF filter heeft geen invloed op het 48 kHz signaal welke naar de computer geluidkaart gaat. Zie fig.3.

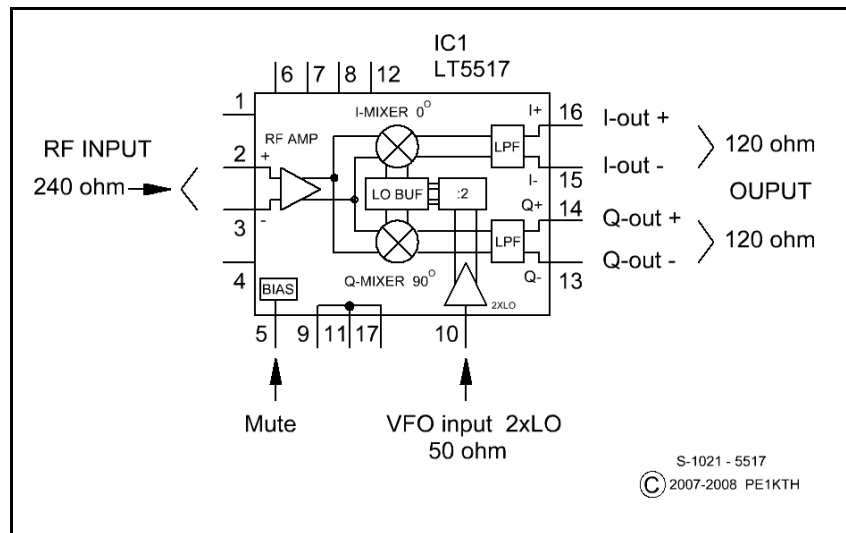


Fig. 3. LT5517 demodulator IC.

De RF ingang, de VFO en de I & Q uitgangen moeten galvanisch geïsoleerd worden aangesloten omdat deze een bias spanning hebben.

De uitgang I + en I - en de Q + en Q - zijn differentiaal uitgevoerd en moeten differentiaal worden aangesloten. De condensatoren C12 - C13 en C14 - C20 plus de differentiaal geschakelde Op-Amp ingangen zorgen hiervoor.

De common-mode vervorming afkomstig van de mixers worden hiermee uitgebalanceerd in de uitgang en onderdrukt omdat ze een tegengesteld teken hebben.

RF ingang.

Het gefilterde en versterkte antennesignaal van de voorversterker uit Moduul 1 of 2 komt binnen via TR1 een verlies arme breedbandtransformator TC1-1T van Mini-Circuits met een doorlaat van 400 kHz tot 500 MHz. Hiermee is tevens de bovengrens van de ontvangst bepaald op 500 MHz. TR1 zorgt tevens voor een goede ruisaanpassing en verhoogd de gain. De 50 ohm ingang wordt opgetransformeerd naar 200 ohm en via de twee scheiding condensatoren op de ingang 2-3 van de LT5516 aangesloten.

VFO ingang.

De VFO ingang pin 10 is over het gehele frequentiebereik 50 ohm. De DC bias is 1 volt en de maximum input power mag niet hoger zijn dan +10dBm (is 1volt over 50 ohm) omdat de versterker en deler anders blokkeren.

Enable.

Met de ENABLE kan de LT5517 worden uitgeschakeld. Het stroomverbruik wordt dan zeer laag. Deze optie is handig voor toepassing in een transceiver of in draagbare apparatuur om de accu te sparen. Met de jumper JMP2 op +5 volt wordt de demodulator

aan gezet. Wanneer JMP2 open is zal R1 de EN (mute) op massa potentiaal zetten en staat de demodulator uit.

Demodulator ontwerp.

De demodulator is zoveel mogelijk universeel opgezet. Op de print bevindt zich ook de low noise Op-Amp LT6231 en de twee spanningsstabilisatoren voor de +10.5 en +5 volt. De demodulator werkt op 5 volt en trekt ca 95 mA. De +10.5 volt spanning gaat ook naar de connector pen 11-12. hiermee kan eventueel een voorversterker in moduul 1 of 2 worden gevoed. Zie Fig.4.

Met de potmeter P1 wordt de amplitude op de I en Q uitgang gelijk afgeregeld wat van belang is voor een goede zijband onderdrukking.

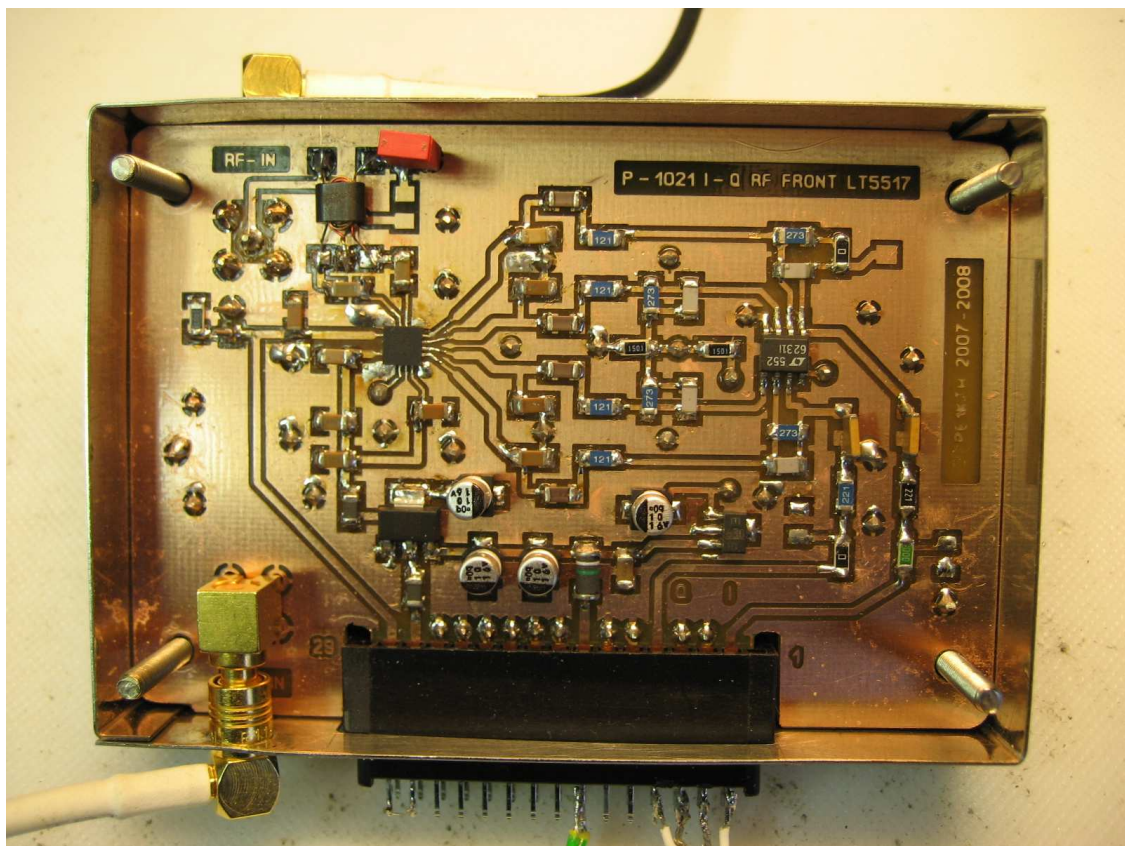


Fig.4. Prototype KTH - QD moduul in SMD.

Ontvangst beneden de 40 MHz.

Er zijn testen uitgevoerd met de signaal generator als VFO om te onderzoeken tot welke lage frequentie de demodulator nog wilde werken.

Hierbij bleek dat onder de 10 MHz het VFO input vermogen groter moest worden dan de opgegeven 0 tot -10 dBm voor boven de 40 MHz. LINEAR data geeft geen inzicht hoe de buffer en delerschakeling is ingericht.

Omdat de demodulator voor 40 MHz en hoger is ontworpen zijn er vermoedelijk koppelcondensatoren in de schakeling opgenomen die een voldoende lage impedantie

hebben voor de 40 MHz en hoger maar te veel verzwakking geven onder de 7.0 MHz en lager. Met een input power van + 7dBm (500 mV) op de 50 ohm VFO ingang kon de gehele 80 meter band goed worden ontvangen.

Met een Si570 synthesizer en een bufferschakeling er achter bleek dat de Si570 omlaag verstemt kon worden tot 3445 KHz, gedeeld door 2 is 1722 KHz ontvang frequentie. De 160 meterband was hiermee goed te ontvangen. De ruis was hierbij erg laag en de modulatie helder! Blijkbaar is het blokvormige signaal uit de Si570 van invloed. De Si570 synthesizer bepaald in hoofdzaak de laagste te ontvangen frequentie. Silicon Labs geeft voor de Si570 LVDS versie 10 MHz op als onderkant maar het blijkt dat deze ook naar een lagere frequentie is te verstemmen met stappen kleiner dan 1 MHz. Doordat buiten de IC specificaties van de LT5517 wordt gewerkt is het op dit moment onzeker of door productie spreiding en temperatuur effecten de LT5517 altijd tot de 160 meterband kan komen. Hier ligt nog een experimenteer terrein braak!!

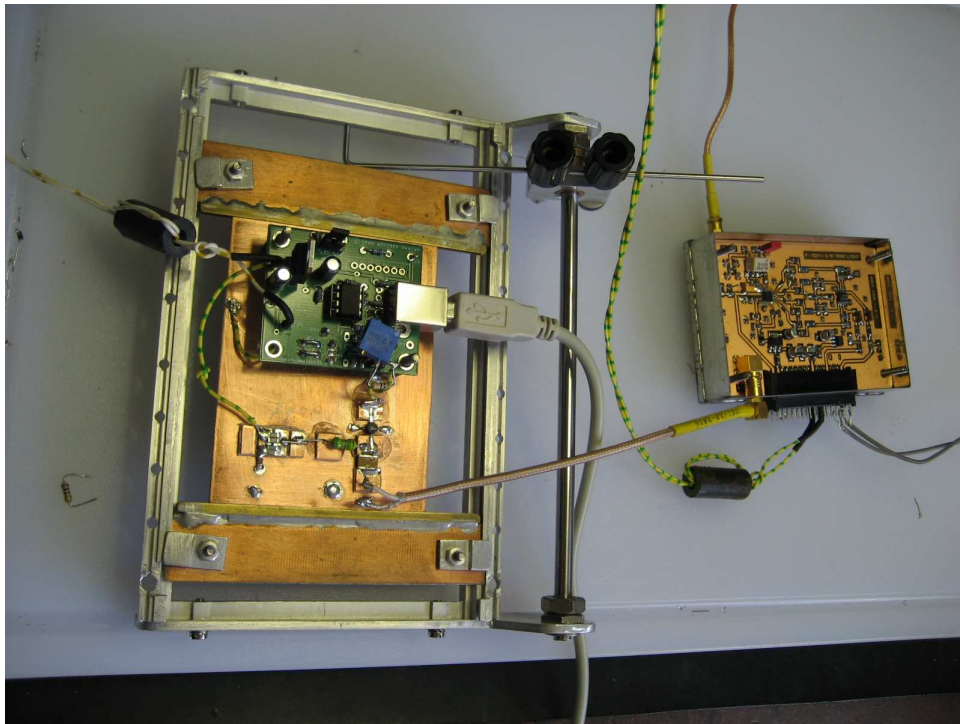


Fig. 5. Moduul 3. SDR quadratuur demodulator in testopstelling met USB-QRP2000 kit.

Operationele testen.

Met de beide prototypen zijn uitgebreide luisterproeven uitgevoerd met een signaal generator als VFO en de Si570 zowel de C-MOS als de LVDS versie.

De KTH, 2.2 GHz PC was uitgerust met een 24 bits CREATIVE Soundblaster Audigy kaart. Als SDR software is gebruikt Rocky versie 3.6, SD-Radio van Alberto I2PHD en de M0KGK Decoder.

De PC van Rob was ook uitgerust met POWER SDR en Rocky 3.6. er is geluisterd met een verticale antenne. Met beide systemen zijn bemoedigende luister resultaten ervaren.

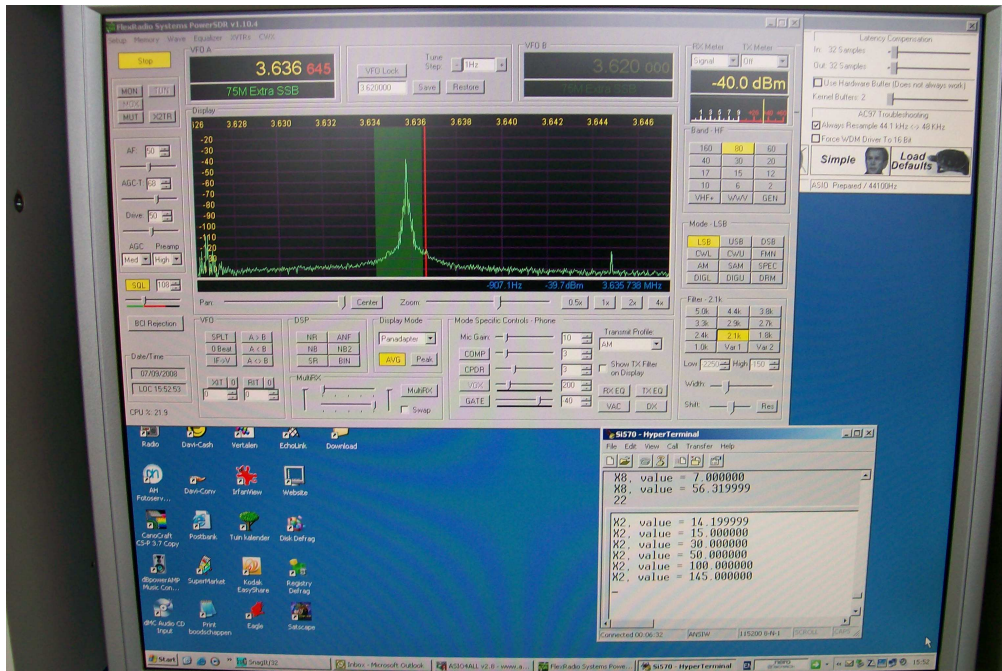


Fig. 6. POWER SDR afgestemd op 145 MHz SSB 2.1 kHz met 2 uV signaal op de ingang TR1. met moduul PA0RWE (negeer de frekwentie aanduiding van PowerSDR!)

Bij KTH werd op de demodulator een 120 cm diameter breedband loopantenne met +23 dB versterker aangesloten. (eerder in de BQC Nieuwsbrief 125 en 126 gepubliceerd). Hierbij is geen selectief filter tussen de actieve antenne en de demodulator geschakeld. Waardoor het hele doorlopende spectrum vanaf 140 kHz tot en met 180 MHz op de LT5517 ingang binnen kwam met alle sterke omroep stations!!

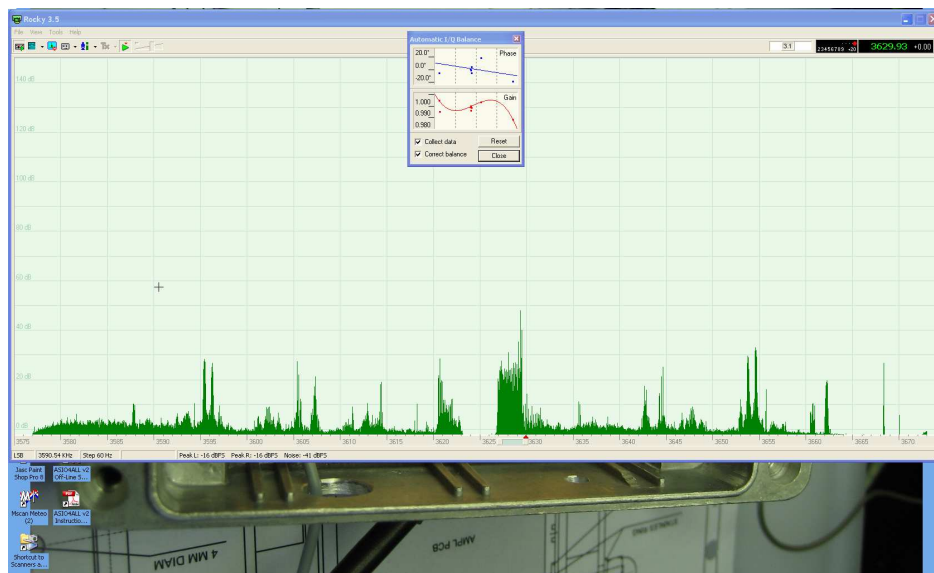


Fig. 7. Rocky 3.6 ontvangst van NL net op 3630 kHz SSB.

Ondanks dit grote spectrum aanbod met zeer sterke zenders kon de amateur banden van af de 160 meterband en tot 2 meter (lokaal) goed worden ontvangen. Wanneer dicht bij omroepfrequenties werd afgestemd was er wel doorbraak van omroep stations aanwezig zoals te verwachten is. Bandfilters moeten dan ook worden toegepast om overbelasting door de megawatt zenders te voorkomen. Door de voorversterker in de LT5517 is de ingangsgevoeligheid van de demodulator op microvolt niveau over het hele bereik aan de ingang van T1.

Tijdens de luisterproeven zijn stations op de volgende banden goed ontvangen 160, 80, 40, 20 meter in SSB en op 50 en 145 MHz FM/SSB. Ook de NOAA 18 op 137 MHz kwam met 20 dB boven de ruisvloer op het scherm. Lokale marifoon uitzendingen op 162 MHz waren goed te ontvangen. Vooral op de laagste banden was de ruis soms merkbaar minder dan op de ICOM 706MkII met uitgeschakelde voorversterker die op dezelfde loopantenne uitgang was aangesloten ter referentie.

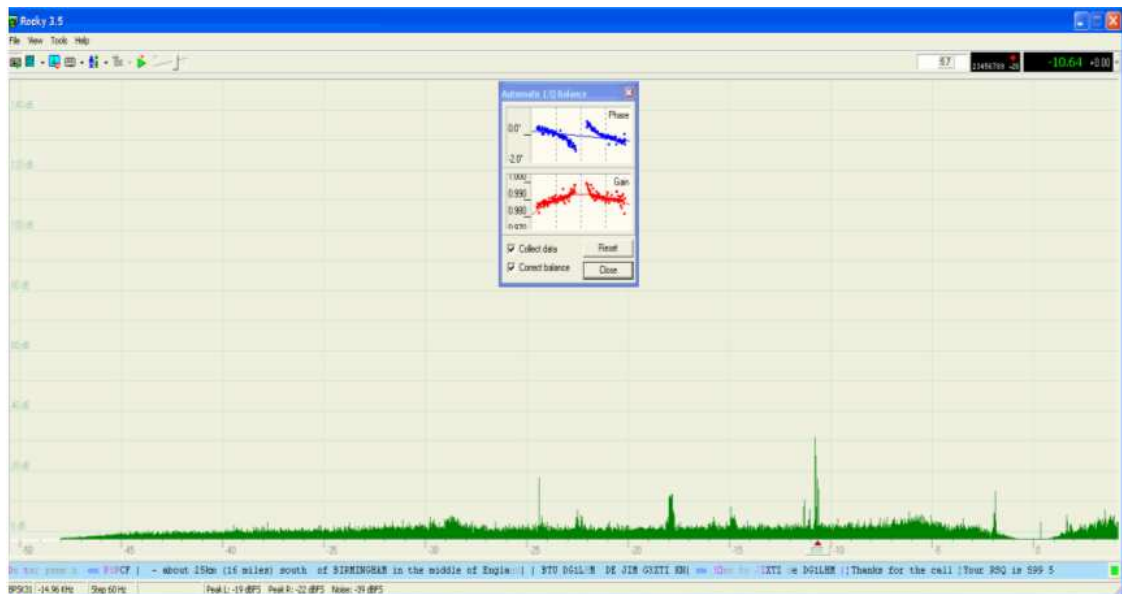


Fig. 8. Rocky 3.5 decodeert BPSK31 op 80 meter.

Er moeten nog proeven worden uitgevoerd op de 430-440 MHz band. Door het ontbreken van een signaalgenerator met 880 MHz output en een Si570 LVDS die tot 1400 MHz gaat is dat nog niet getest. De verwachting is dat ook de 70 cm band kan worden ontvangen.

Moduul 4. Synthesizer.

Er is een schema opzet gemaakt voor een synthesizer moduul met een PIC18F2550 en de LVDS versie van de Si570 tot 1400 MHz. De grotere controller maakt ook bediening mogelijk met een encoder en LCD uitlezing en bandfilter omschakeling. Het ontwerp is nog in een ontwikkel stadium. Rob heeft hiervoor al het nodige software voorwerk gedaan. Hierover later meer.

Samenvatting.

We zijn beiden onder de indruk van de prestaties van de LT5517 quadratuur demodulator. Tijdens de experimenten is de QD meermalen overbelast geweest maar ging niet defect. De volgende conclusie kan worden getrokken;

- De LT5517 maakt een SDR ontvanger fronteind mogelijk voor de ontvangst van 1.8 tot 440 MHz met All-mode software en een gering aantal componenten.
- Het groot signaalgedrag IIP3 van meer dan 21 dBm is voldoende voor deze toepassing.
- De gevoeligheid is constant over het bereik (precieze metingen worden nog later uitgevoerd met de filter modulen).
- De ontvangst met genoemde geluidkaart en software programma's is helder en met minder ruis dan de ICOM 706 op de laagste banden. Mede door de goede filters in de software en de lagere ruis bij lagere frequenties van de LT5517.
- Door IC integratie zitten de belangrijkste functies in het IC en is er weinig terugwerking en impedantie problemen.
- Mede door de gemeten en geselecteerde weerstanden en condensatoren in de QD moduul hoefde Rocky de fase fout weinig uit te middelen en bleef de aanwijzing tussen de 0.06 en 0.12 graden.

Overwegingen.

- Door de kleine footprint van de LT5517 met een afmeting van 4x4 mm en 16 pootjes is een hoge nauwkeurigheid van de print noodzakelijk. Sporen van 0.28 mm breed zijn snel beschadigd. Er is veel SMD vaardigheid en hulp gereedschap nodig voor de montage. Het zal niet voor een ieder mogelijk zijn dat onderdeel te monteren.
- Het print ontwerp dient nauwkeurig te worden ontworpen en rekening te houden met VFO frequenties tot 880 MHz om ook de 70 cm band te kunnen ontvangen.
- Het VFO signaal moet zorgvuldig worden aangeboden aan de QD en mag niet boven de bias uit komen.

De resultaten zijn positief en een volgende stap is de ontwikkeling van de synthesizer moduul. Een belangrijk aspect is de signaalconditionering en de interface tussen de Si570 en de LT5517 VFO ingang.

Wordt vervolgt.

73' PE1KTH en PA0RWE

Referenties:

- Data sheet's LINEAR LT5517, LT6231, LM1117-5.0
- Data sheet Silicon Labs Si570.
- Handleiding synthesizer kit QRP2000 USB-Controlled synthesizer, SDR-kits.net
- Mini-Circuits
- Yahoo Softrock40 groep.