

FM transceiver til 29MHz.



Fig.1 Prototype af transceiver

At arbejde med FM på 10m båndet kan være en fantastisk oplevelse. Tilbage i 1970'erne kørte jeg mobil med en 5 W station på 29.600 MHz og havde i lange perioder daglig kontakt til bl.a. USA. Derfor har jeg i flere år puslet med tanken om at bygge en ny FM station til dette bånd og her er den så. Transceiveren dækker området fra 29,000 – 29,700 MHz der er den del af 10 m båndet hvor der benyttes FM. Frekvens indstillingen foregår ved hjælp af 2 taster (UP DW) på forpladen og der kan vælges 10 – 5 og 1 KHz step. Der er også mulighed for valg af repeater offset på 100 KHz, pilottoner (CTCSS), toneopkald (1750 Hz) og TX udgangseffekt 10W /1W .

Transceiveren er modul opbygget på 5 dobbeltsidede gennempleterede print og der er næsten udelukkende brugt SMD komponenter. Printene er forbundet sammen med fladkabelstik og print til printstik (Jeg HADER at lodde løse ledninger som forbindelse imellem printene !!!). Enheden er bygget ind i en kasse fra Hammond med målene 103 x 53 x 160 mm. Transceiveren bliver strømforsynet med 12 V DC og der er lagt vægt på at strømforbruget skal være så lavt som muligt.



Fig. 2 Transceiver set fra top

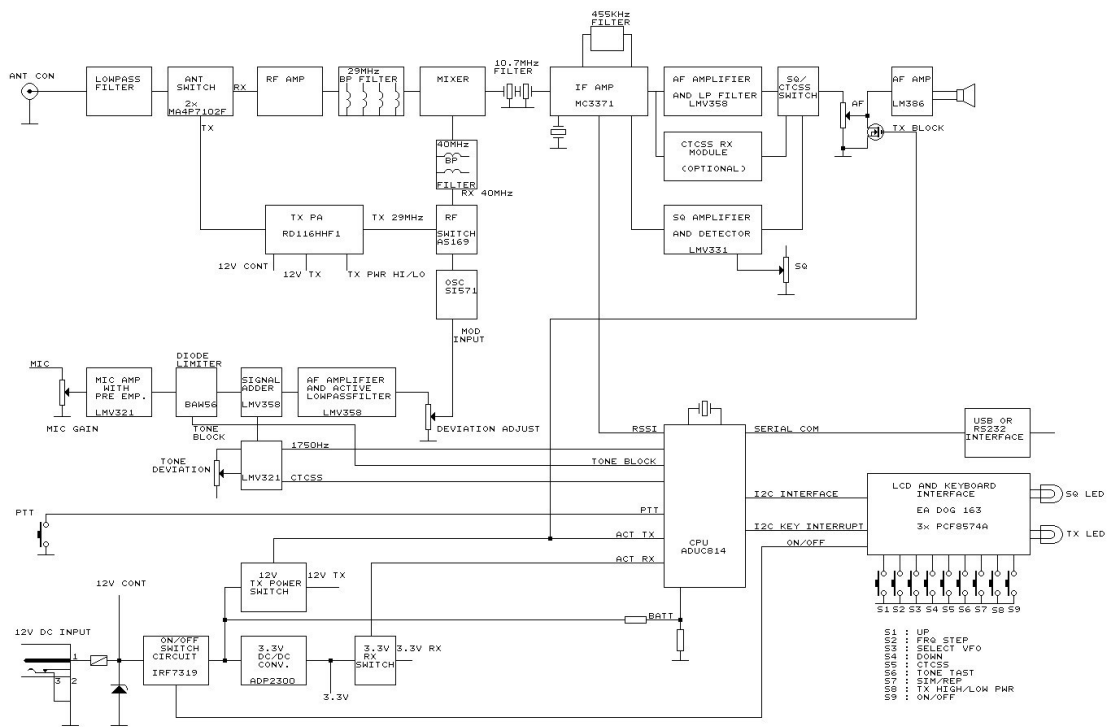


Fig. 3 Blokdiagram

Bundprint.

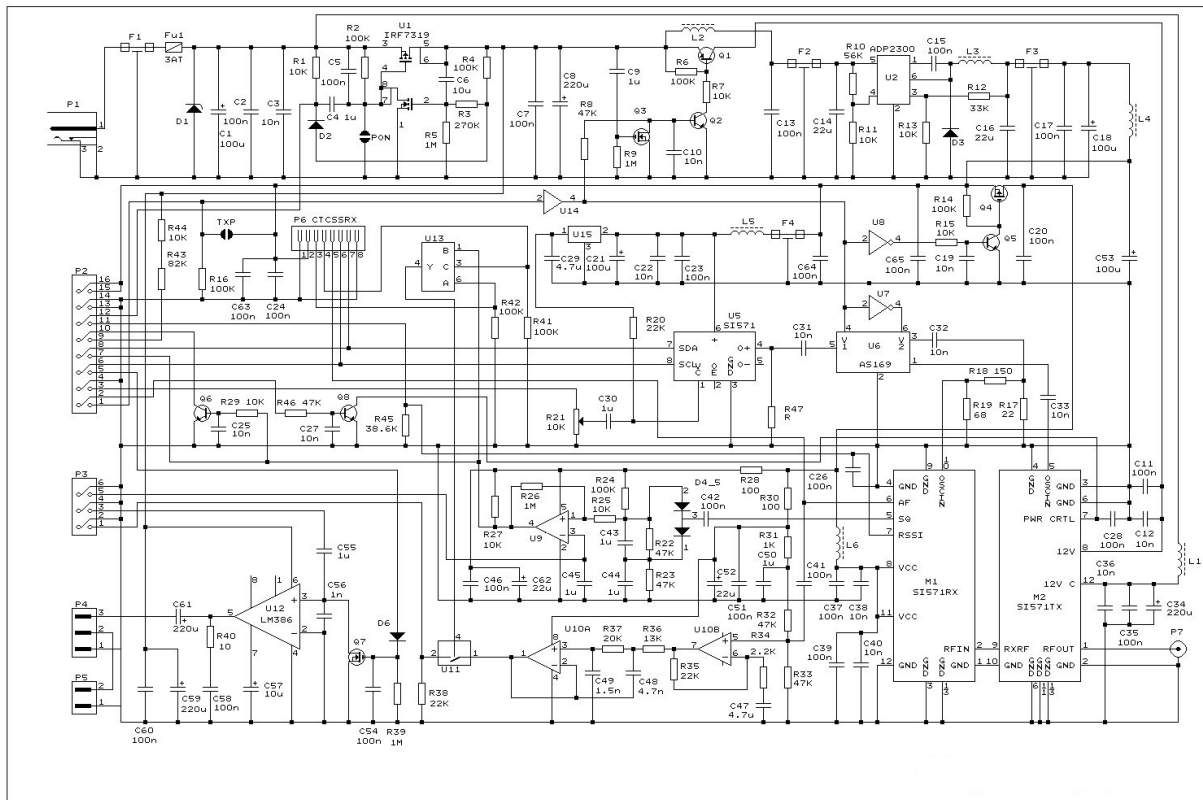


Fig. 4 Diagram af bundprintet

Diagram af bundprintet er vist på fig. 4. På bundprintet findes strømforsyningskredsløb, LF kredsløb til modtageren, oscillator kredsløb og forskellige hjælpe kredsløb. Sender og modtager er forsynet med printstik der sættes ned på bundprintet. Forsynings-spændingen (12V) tilsluttes via en DC konnektor og føres via en sikring (3,15 AT) til en elektronisk on/off switch der består af en N-MOS og en P-MOS transistor (IRF7319) der aktiveres med en af tasterne på forpladeprintet (se [1]). Spændingen til PA trinets forsynes dog direkte via en drosselspøle (og dermed udenom dette kredsløb). 12 V spændingen føres videre til yderligere en elektronisk switch der bruges når TX aktiveres samt en DC/DC konverter der "stepper" 12 V ned til 3,3 V. 3,3 V spændingen bruges af oscillatoren (SI571), cpu enheden, display enheden og modulator. Modtageren og kredsløbene til squelch og RX LF forstærkere forsynes med 3,3V via yderligere en elektronisk switch, dog er LF udgangsforstærken (LM386) forsynet fra 12V. På bundprintet findes også oscillatoren til både RX og TX. Denne består af en SI571 der kan generere frekvenser i området fra 10 - 160 MHz med bedre end 1Hz opløsning. Udgangssignalet fra oscillatoren styres via en I2C bus fra microcontrolleren og signalet fra oscillatoren er 39,7 MHz – 40,4 MHz i RX mode og 29,0 MHz – 29,7 MHz i TX mode. Signalet fra SI571 er ca. 14 dBm (25 mW) og dette signal føres via en RF switch (U6 AS169) til enten sender eller modtager. SI571 har en "analog" indgang hvor der tilføres et LF signal fra modulatorens i TX mode. I RX mode er denne indgang blokeret (ved hjælp af software). For at SI571 ikke skal blive "moduleret" med støj fra 3,3V switching kredsløbet er der indsat flere drosselspøler (100 uH) der er afkoblede med både keramiske kondensatorer samt ellytter med low ESR. Hvis der i stedet for en DC/DC konverter (12V – 3,3V) var brugt en lineær regulator ville det samlede strømforbrug (der nu er ca 70 mA i modtager stilling med backlight på displayet) blive meget større da SI571 alene bruger ca. 100 mA ved 3,3V. I en prototype blev der efter DC/DC konverteren indsat 2 lineære regulatorer med 3,3V udgangsspænding (DC/DC konverterens udgangsspænding var da 4,5V). Den ene regulator forsynede kun SI571 og den anden de andre kredsløb der bruger 3,3V. Målinger viste at der ikke var den store forskel i "støj" på 3,3 V forsyningen. Endvidere findes der følgende kredsløb der bruges under modtagning nemlig en LF forstærker med et aktivt filter med en 3 dB grænsefrekvens på 3 KHz samt en elektronisk switch der styres af squelch detektoren som også findes på dette print. LF udgangs

forstærkeren er en LM386 der kan afgive ca. 700mW i en 8 Ohms højttaler. Endvidere findes en 8 polet sokkel til et print med en CTCSS (pilottone) dekoder (NB. denne er ikke færdig endnu). Udgangen fra denne dekoder kan også styre den elektroniske switch (LF switchen) sammen med squelch detektoren således hvis CTCSS dekoderen er aktiveret (dvs sat op til at modtage en bestemt pilottone) styrer denne også LF switchen uafhængig af squelch kredsløbet.

CPU print.

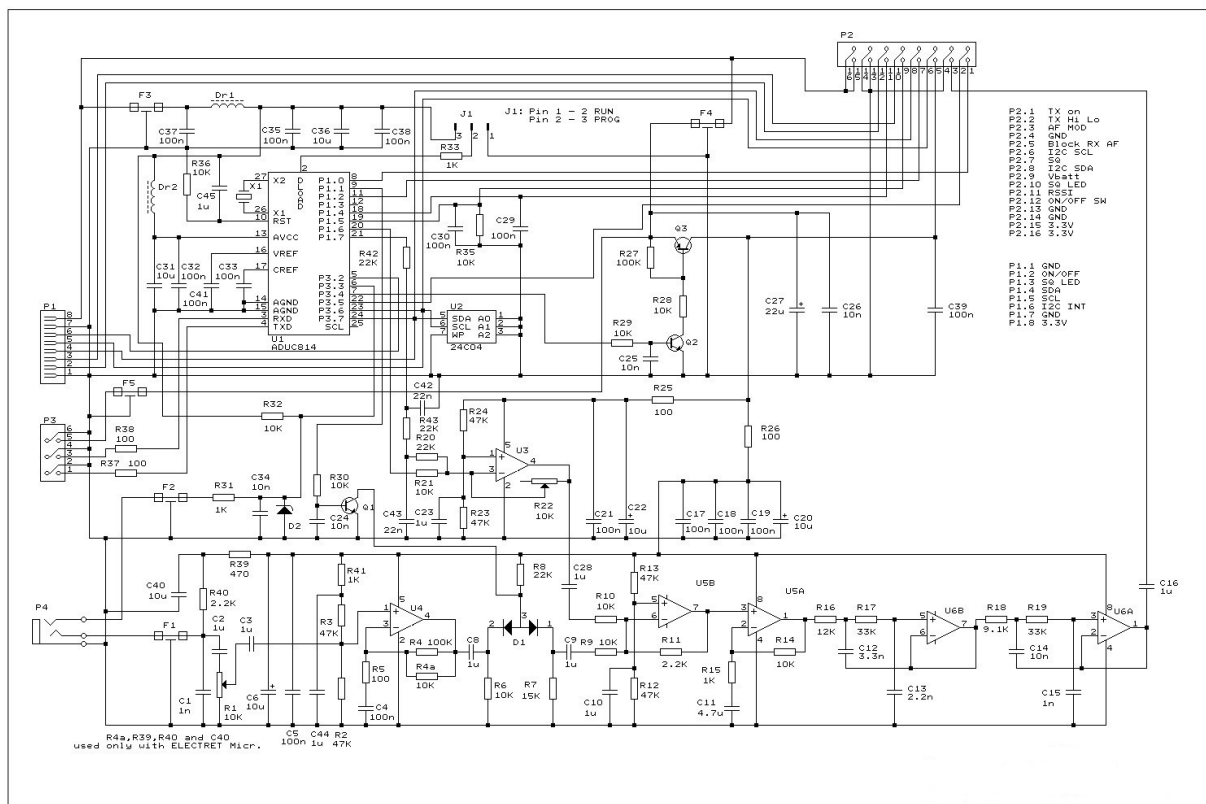


Fig. 5 Diagram af CPU og modulator

Diagram af CPU printet er vist på fig.5. På dette print findes en microconverter (ADuC814 fra Analog Device) der er af 8051 typen. Denne har 8 KB program hukommelse, 640 bytes EEPROM, 256 bytes RAM, 12 bits A/D convertere, to 12 bits D/A convertere og en 2,5V reference spænding til A/D og D/A convertterne. Endvidere findes der et serielt interface der bruges til setup og downloading af program (i hex kode) til microconverteren. Dette serielle interface er med "TTL" niveauer (0 eller 3,3V) og kan ikke forbindes direkte til en PC uden et interface der kan være USB, Bluetooth eller et RS232 interface. Jeg har selv valgt et USB interface fra det tyske firma ELV. Dette interface (UM2102) er nemt at tilslutte og koster ca. 6 EUR se (2) For at kunne downloade et (nyt) program skal jumperen J1 sættes mellem pin 2 og 3. Ved normal drift sættes jumperen mellem pin 1 og 2. A/D convertterne bruges til måling af batterispænding og feltstyrke, D/A convertterne bruges til at generere pilottonerne samt en 1750 Hz tone. Microconverteren styrer via en I2C bus SI571 oscillatoren på bundprintet og tastatur samt LCD på forplade printet. Udover kredsløb til tast af senderen og spændingsstyring i sendestilling findes modulatorens også her. Denne består af en forforstærker (LMV321) med en forbedring på 6 dB/Oktav (300 Hz - 4 KHz) der efterfølges af en diodeklipper således at LF niveauet fra forforstærkeren begrænses til maks. 500 mVpp. Komponenterne R4a,R39, R40 og C40 bruges kun hvis der anvendes en electret mikrofon. Denne giver et større signal ud og derfor mindsker forstærkningen i U4 ved at montere R4a. Efter diodeklipperen følger et "adder" kredsløb med U5B der bruges til at addere signaler fra klippe kredsløbet og tonegeneratorerne (pilottoner og 1750 Hz tone). Dette kredsløb efterfølges af en forstærker (U5A) og et 4 polet aktivt lavpasfilter (U6B og U6A) med en grænsefrekvens på 2,8 KHz. Det nu forstærkede og filtrerede signal føres via et potmeter til justering af senderens frekvenssving til den analoge indgang på SI571. Potmeter og SI571 findes på bundprintet. Til at lave pilottoner og 1750 Hz toner bruges

D/A converterne i microconverteren. D/A converterne har en opløsning på 12 bits men her bruges kun de 8 . Ved hjælp af en tabel i programmet genereres en (næsten) sinusform med 16 step med en udgangsspænding fra 0.6V til 2.5V. Da signalet fra D/A converterne ikke er helt sinusformet er der efter D/A converteren der genererer pilottonerne indsat et simpelt RC lavpasfilter (R42,C42,R43 og C43) med en afskæringsfrekvens på ca. 300 Hz. D/A converteren der genererer 1750 Hz tonen efterfølges ikke af noget filter da dette signal bliver filtreret i det aktive lavpasfilter (U6B og U6A). Disse to toner (pilottone og 1750 Hz) bliver nu samlet i et nyt adder kredsløb hvor 1750 Hz signalet forstærkes ca. 10 gange mere end pilottonesignalet. Med et potmeter (R22) kan man justere frekvenssvinget for tonerne og med et frekvenssving på 1,5 KHz for 1750 Hz tonen fås et frekvenssving på ca. 180 Hz for pilottonerne. 1750 Hz tonen aktiveres fra tasten på forplade printet og når denne tone udsendes bliver mikrofon kredsløbet blokeret ved hjælp af Q1. A/D converterne bruges til at måle forsyningspændingen og feltstyrke ved modtagning. Forsyningspændingen udlæses på LCD i både RX og TX mode med en opløsning på 100 mV. Feltstyrken udlæses også på LCD og kan enten være i S grader eller i dBuV (0 dBuV = 1uV) som jeg foretrækker da man her har en opløsning på 1 dB i modsætning til S grader hvor der er 6 dB mellem hver grad. S9 er her sat til 50uV (-73 dBm).

Forplade print.

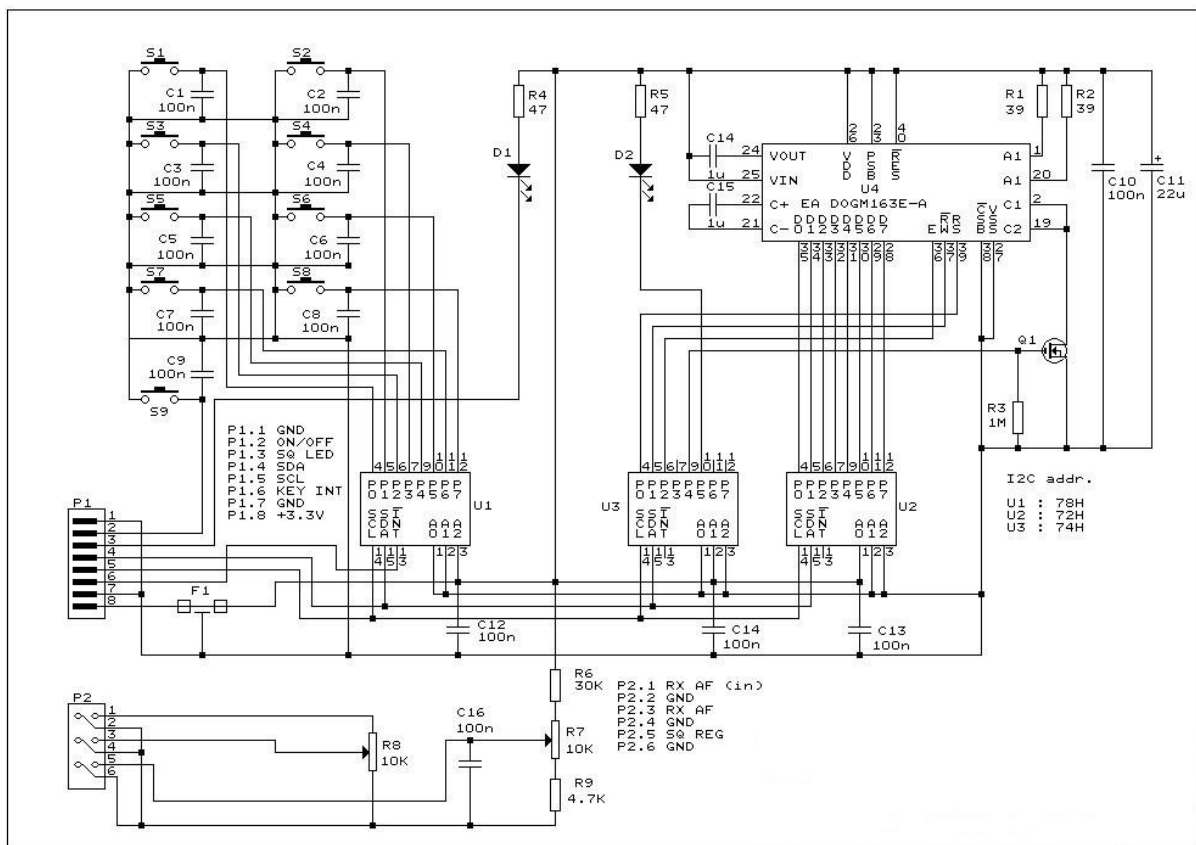


Fig. 6 Diagram af forplade print

Diagram af forpladeprintet er vist på fig. 6. Her findes 9 taster hvor de 8 er forbundet til en 8-bit I/O expander til I2C-bus. På denne kreds findes også en udgang der "går" lav hvis en af tasterne aktiveres. Denne udgang bruges til interrupt af microconverteren på CPU printet som derefter tjekker hvilken tast der er aktiveret. Den sidste tast bruges som afbryder og er forbundet til den elektroniske on/off switch på bundprintet der virker helt uden "hjælp" fra microconverteren. På forpladeprintet findes også et LCD display der har 3 linjer med 16 karakterer der kan drives direkte fra 3,3 V forsyningspændingen. Displayet er forsynet med et backlight og styres via I2C ved hjælp af endnu 2 stk 8-bit I/O expandere til I2C bus. Disse expandere bruges til data og styresignaler til displayet. På printet findes også potmètre til squelch og volumen kontrol samt 2 lysdioder til squelch og TX. Printet er forbundet til CPU printet med en 8 polet print til print konnektor og et 6 polet fladkabel (SQ og LF signaler) direkte til bundprintet.

Sender.

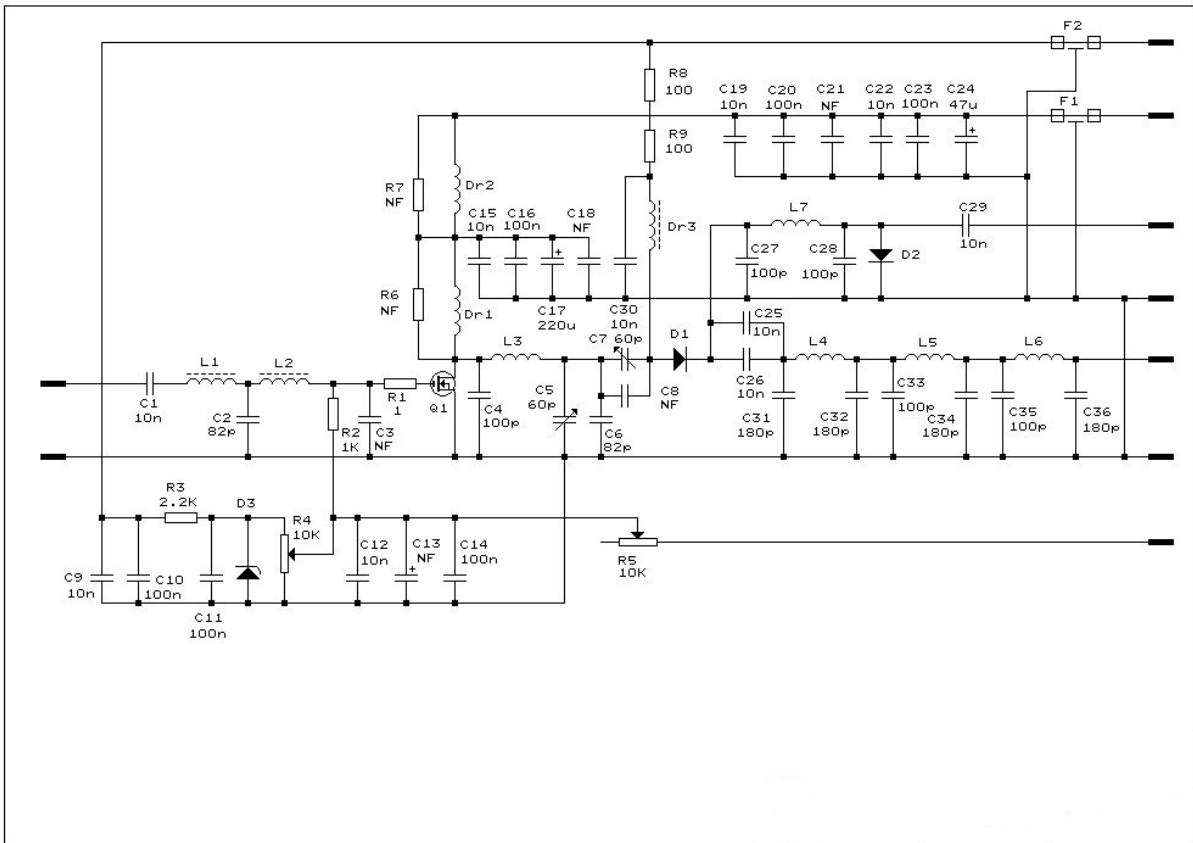


Fig. 7 Diagram af senderdel

Senderen består af SI571 (oscillator og FM modulator) der findes på bundprintet. Signalet på 29 MHz der er ca. 14 dBm bliver ført til TX printet (diagram fig. 7) hvor det forstærkes i Q1 (RD16HHF1). Et T-filter med spolerne L1 og L2 sørger for impedanstilpasning til indgangen på Q1 (og giver samtidig en dæmpning af de harmoniske fra SI571). I drain på Q1 findes en afstemt seriekreds med L3, C5, C6, C7 og C8 hvor C5 og C6 kan justeres. Denne afstemte kreds transformerer 50 Ohm ned til ca. 4 Ohm (som Q1 belastes med). Denne transformation betyder at Q1 kan levere en udgangseffekt på ca. 10W. Spænding til Q1 tilføres via en drosselspole på 2.2uH der evt. kan dæmpes med en modstand hvis der skulle vise sig ustabilitet af trinnet. Efter seriekredsen følger et 7 polet lavpasfilter (C31-C36 og L4 - L6). Dette filter giver en dæmpning på ca. 70 dB af de harmoniske fra senderen. Yderligere findes også en antenneskiftenhed med PIN dioderne D1 og D2 (MA4P7102F) og kredsen L7 med kondensatorerne C27 og C28. (Kredsen L7, C27 og C28 virker som en kvartbølge transformator og kunne også erstattes med en sådan bestående af et coaxkabel - dette kabel skal blot være ca 2.5 m langt !!) Når senderen aktiveres sendes der strøm gennem dioderne (ca 50 mA) og dette betyder at de begge er forspændt i lederetningen og derfor udviser en lille impedans. TX signalet sendes derfor direkte ud gennem lavpasfilteret til antnestikket. D2 som sidder på RX siden af L7, C26 og C27 vil nu "kortslutte" signalet til modtageren og på sendersiden vil kredsløbet se ud som en parallel kreds med L7 og C27 og denne kreds har resonans på 29 MHz og dermed udviser den en høj impedans for senderkredsløbet. Dioderne i antenneskiftenheden er PIN dioder der kan klare stor effekt og kan bruges i frekvensområdet 1 MHz - 1500 MHz. Antenneskiftenheden har været prøvet med andre PIN dioder men har ikke givet et godt resultat (Bemærk her at dioderne skal kunne bruges på 29 MHz så derfor er udvalget ikke så stort). Da Q1 er en MOSFET skal den forsynes med en forspænding på gaten. Forspændingen skal være mellem 3

og 6V og ved at ændre denne spænding kan man regulere udgangseffekten på senderen. Der findes 2 potmetre (R4 og R5) på senderprintet der bruges til at justere hhv. høj og lav udgangseffekt (10W /1W).

Modtager.

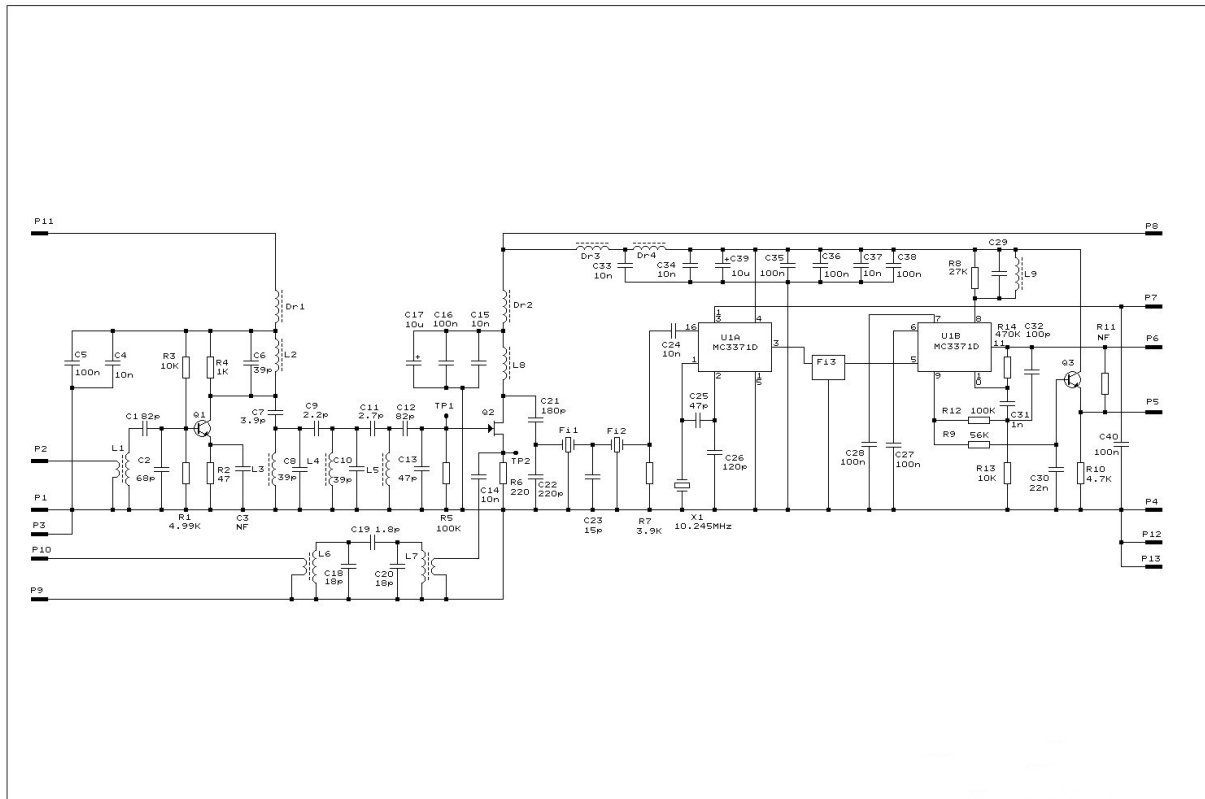


Fig. 8 Diagram af modtagerdel

Modtageren er en dobbeltsuper med mellemfrekvenserne 10.7 MHz og 455 KHz. Indgangs trinnet består en afstemt kreds (L1) samt et forstrærkertin med BFS20 efterfulgt af et 4 polet båndpasfilter (L2,L3,L4 og L5) der giver en god dæmpning af uønskede signaler (spejlet er dæmpet mere end 80 dB). Den første kreds i båndpasfilteret der er forbundet til collectoren er dæmpet med en modstand på 1 KOhm (R4) for at få en god stabilitet af indgangstrinnet. Båndpasfilteret efterfølges af et blandertrin med en FET BF861B . Oscillator signalet tilføres blandertrinets source via et 2 kreds båndpasfilter (L6 og L7) . Da oscillatorsignalet fra SI571 er ca. 14 dBm findes der på bundprintet en attenuator der dæmper osc. signalet til ca. -5 dBm. Oscillatorfrekvensen (39.7 - 40.4 MHz) er 10.7 MHz højere end modtagefrekvensen. Havde man valgt en oscillator frekvens der lå 10.7 MHz lavere dvs området fra 18.3 - 19.0 MHz ville 2. harmoniske af denne oscillatorfrekvens ligge i området 36.6 - 38.0 MHz og dette ville betyde modtageren kunne modtage spurius signaler i området 25.9 MHz - 27.3 MHz. Efter blandingstrinnet følger en afstemt kreds på 10.7 MHz (L8) med kapacitiv spændingsdeler for at lave tilpasning til det efterfølgende 4 poledede x-tal filter (Fi1 og Fi2) på 10.7 MHz. Dette filter har en 3 dB båndbredde på +-3.75 KHz og en 40 dB båndbredde på +-12.5 KHz. Resten af modtageren består af en IC (U1 MC3371D) der indeholder blandertrin (10.7 MHz til 455 KHz), krystalstyret oscillator (10,245 MHz), 455 KHz forstærker og begrænser, FM kvadraturdetektor, LF forstærker og RSSI . Denne IC bliver desværre ikke produceret mere men jeg har et stort antal liggende (> 500). For at få impedanstilpasning mellem x-tal filterets (10.7 MHz) udgang og indgangen på U1 benyttes en modstand (R7). Mellem blandingstrinnet i U1 og 455 KHz forstærkeren sidder et keramisk filter på 455 KHz (Fi3) der har en 6 dB båndbredde på +- 4.5 KHz og 50 dB båndbredde på +-10KHz der sammen med x-tal filteret giver en god nabokanalselektivitet (+- 10KHz).FM detektoren i U1 er af kvadraturtypen og båndbredden i denne bestemmes af den afstemte kreds på 455 KHz der består af L9, C29 og modstanden R (formindskes R8 fås en større båndbredde i detektoren men

også mindre LF signal).Det demodulerede LF signal føres nu via efterbetonings ledet (R9 og C30) der er et RC lavpasfilter med en 3 dB grænsefrekvens på ca. 150 Hz til emitterfølgeren med Q3. LF signalet føres herfra til bundprintet hvor det bliver yderligere filtreret og forstærket. I U1 findes yderligere et forstærkertrin der her bruges som et aktivt båndpasfilter der har et peak omkring 8 KHz. signalet til brug for resten af squelch kredsløbet der findes på bundprintet.

Opbygning / montering .

Tranceiveren er som tidligere nævnt opbygget på 5 dobbeltsidede print med smd komponenter. Til monteringen skal man bruge en loddekolbe med en lille spids der meget gerne må være temperatur styret f.eks. Weller , loddetin med en diameter på 0.5mm . Blyfri loddetin er OK men det er en del nemmere at bruge den "gamle" type med bly, udlodde tråd (solder wick) til at fjerne mulige kortslutninger mellem komponent benene og print øerne, en lille skævbidder, pincet lige eller krum, godt lys og en lup (må gerne være med lys). Yderligere vil jeg også anbefale at bruge en flux pen der er uundværlig når man skal montere smd komponenter.

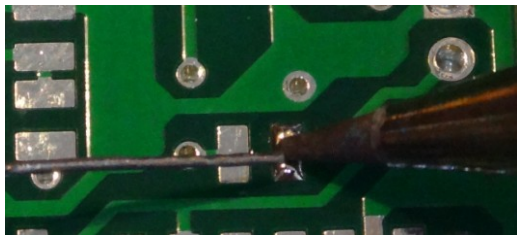


Fig. 9 Fortinning af loddeø

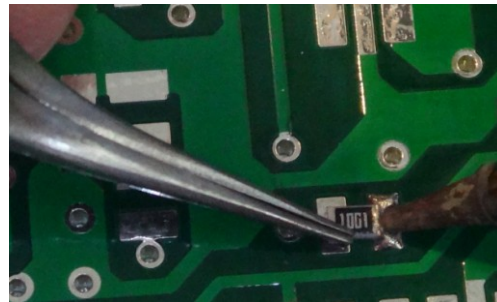


Fig. 10 Pincet på SMD komponent

Montering af modstande og kondensatorer er helt ukompliceret. Start med at tilføre lidt flux fra fluxpennen og fortin en af loddeøerne som vist (kun lidt loddetin!!). Derefter placeres komponenten og holdes fast med en pincet som vist på fig. 10 (men pas på ved for hårdt tryk fås flyvende komponenter og de er svære at finde igen) og loddes . Derefter loddes den modsatte ende og evt. loddes den første igen. Den største udfordring ved montering af smd komponenterne er IC'erne med lille benafstand. Dette kan f.eks. gøres på følgende måde:



Fig. 11 PCB, flux pen og pincet

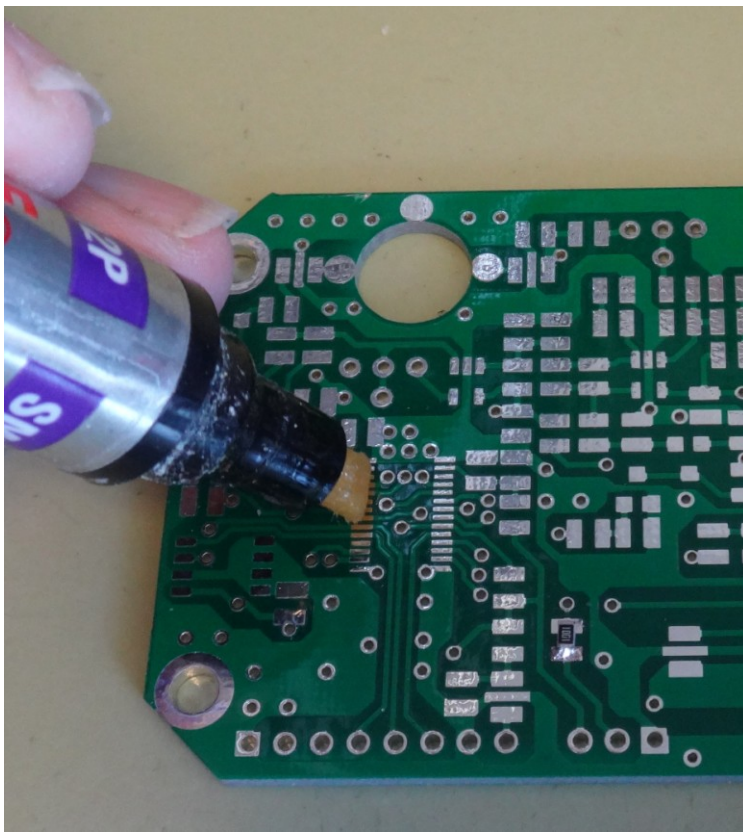


Fig. 12 Brug af flux pen

Ved hjælp af en flux pen tilføres rigeligt med flux på komponentens loddeøer som vist. Derefter placeres komponenten og loddes i det ene hjørne (sørg for at den sidder korrekt over loddeøerne og at pin 1 har den rigtige placering).

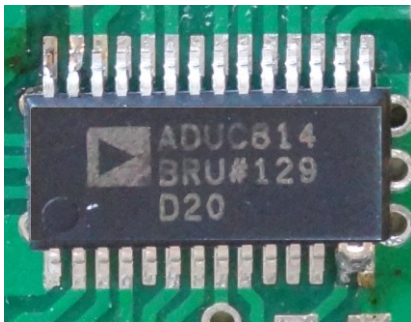


Fig. 13 Placering af IC

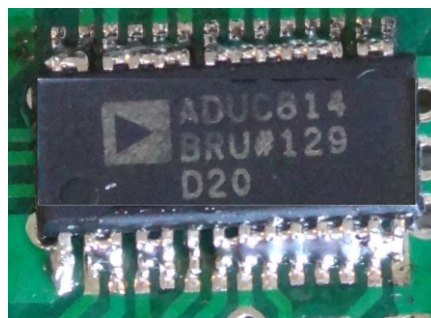


Fig. 14 Lodning af IC

Med forsigtighed loddes nu de andre ben og det gør ikke noget at der nu er tinbroer mellem benene evt. skal der bruges noget mere flux for at få loddetinet til at flyde..

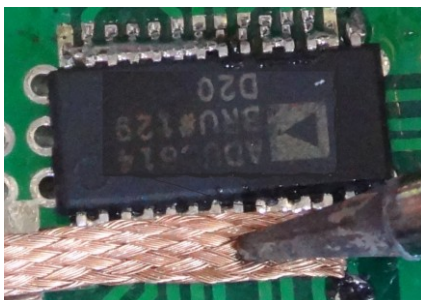


Fig. 15 Brug af udloddeetråd

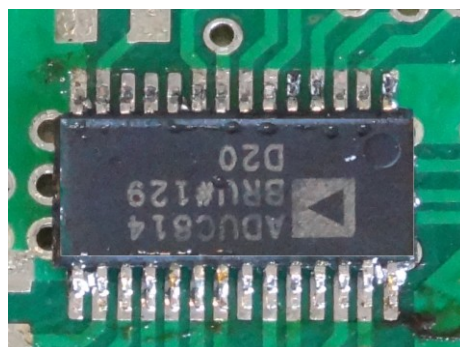


Fig. 16 Færdigt resultat

Brug nu udloddeetråd (Solder wick) til at fjerne det overskydende loddetin mellem komponent benene og til sidst tjekkes lodningerne med en lup. Derefter benyttes en god PCB cleaner eller isopropylalkohol til at fjerne det overskydende flux. Jeg venter nu altid med at fjerne flux til printet er færdigmonteret med smd komponenterne.

Efter denne korte vejledning i smd montering/lodning kan man starte med monteringen af de enkelte print.

Forplade print.

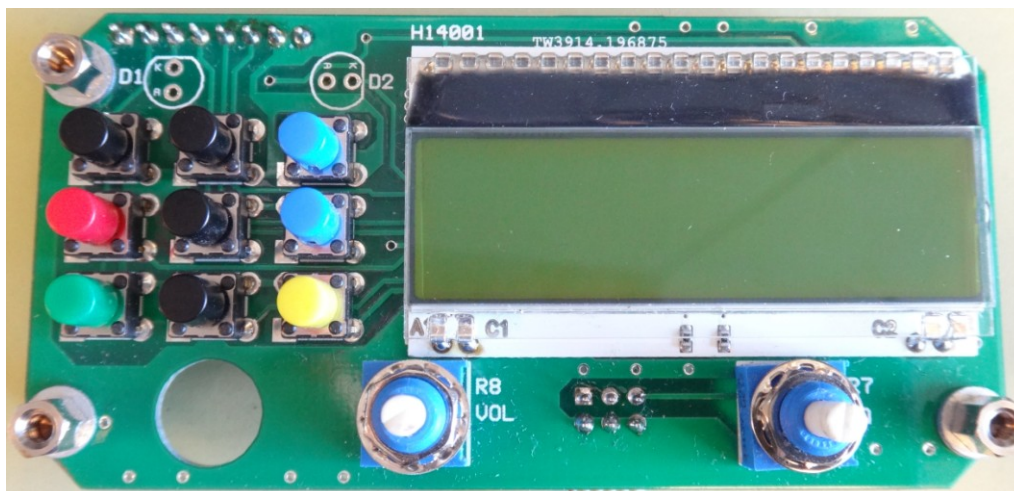


Fig. 17 Forpladeprint top

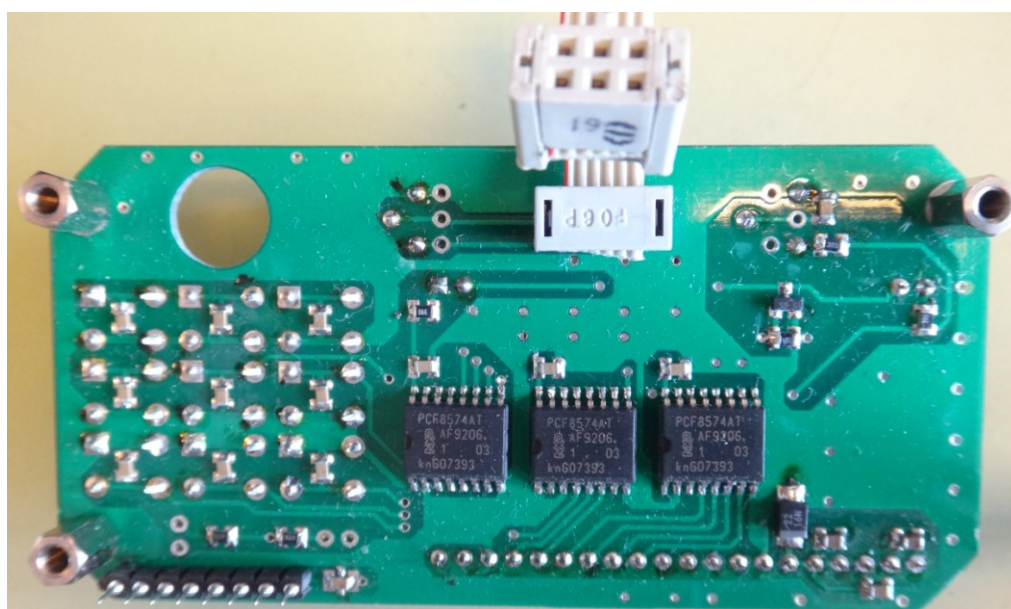


Fig. 18 Forpladeprint bund

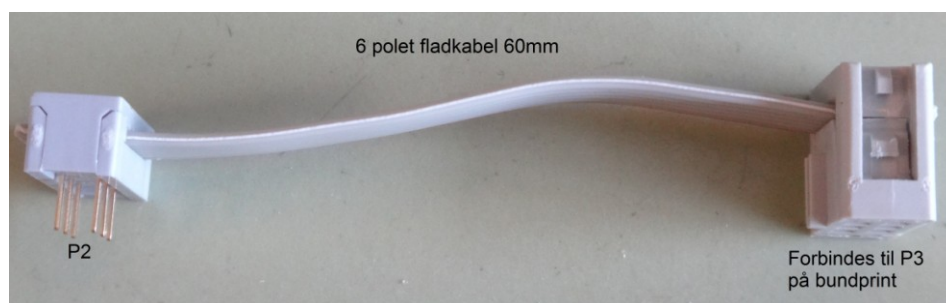


Fig. 19 Forbindelseskabel forpladeprint – bundprint



Fig. 20 T-filter

Forplade printet er det mindst komplicerede at montere. Her er vist både komponentplaceringer og billeder af over- og underside. Begynd med at montere IC'erne og derefter de andre komponenter på undersiden undtagen P1 og P2. Filteret F1 skal også loddet på midten som vist på billedet. På LCD fjernes beskyttelsesfolien på bagsiden (vent med at fjerne den på forsiden). På backlightet fjernes beskyttelsesfolien også og bemærk at benene mærket A1,C1 og A2,C2 skal loddet på oversiden når LCD er blevet monteret som vist på billedet. Monter derefter de 9 switche der ikke er af smd typen (for at få en nemmere mekanisk placering) og sæt

de farvede knapper på. For potmetrene R7 og R8 er der mulighed at anvende udgaver med forskellige ben konfigurationer. Til sidst monteres P2 med tilhørende kabel som vist på billedet. P1 monteres samtidig med P1 på CPU printet således at de 2 print sidder korrekt sammen. For at få lysdioderne D1 og D2 til at sidde korrekt monteres disse senere sammen med forpladen .

CPU print.

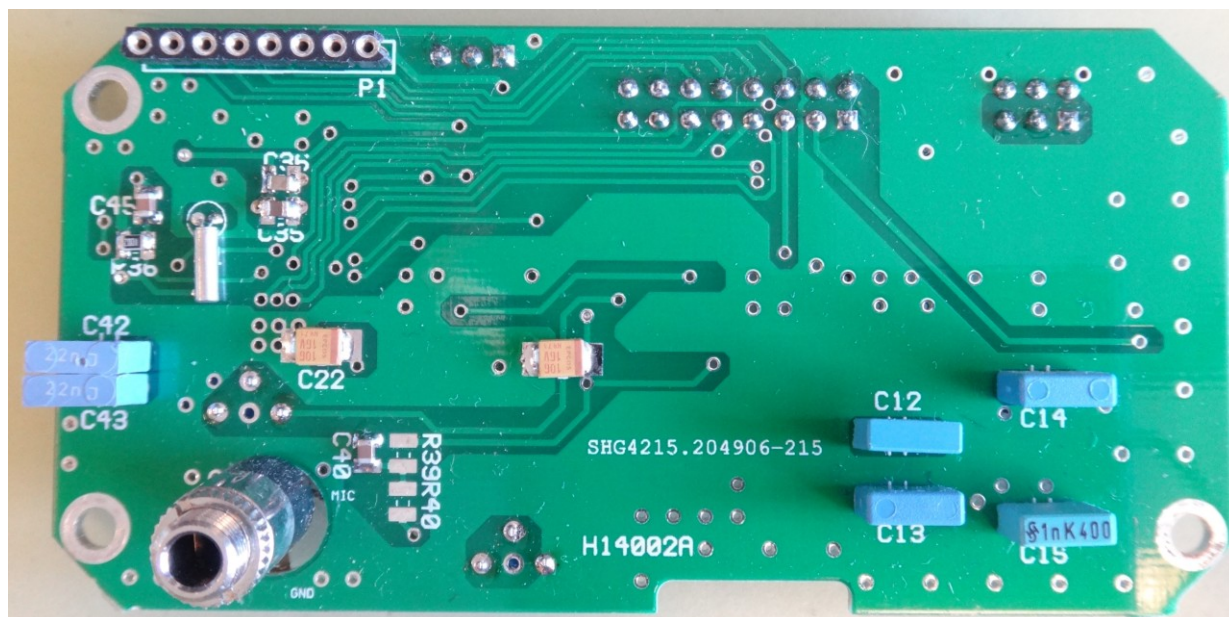


Fig. 21 CPU print top

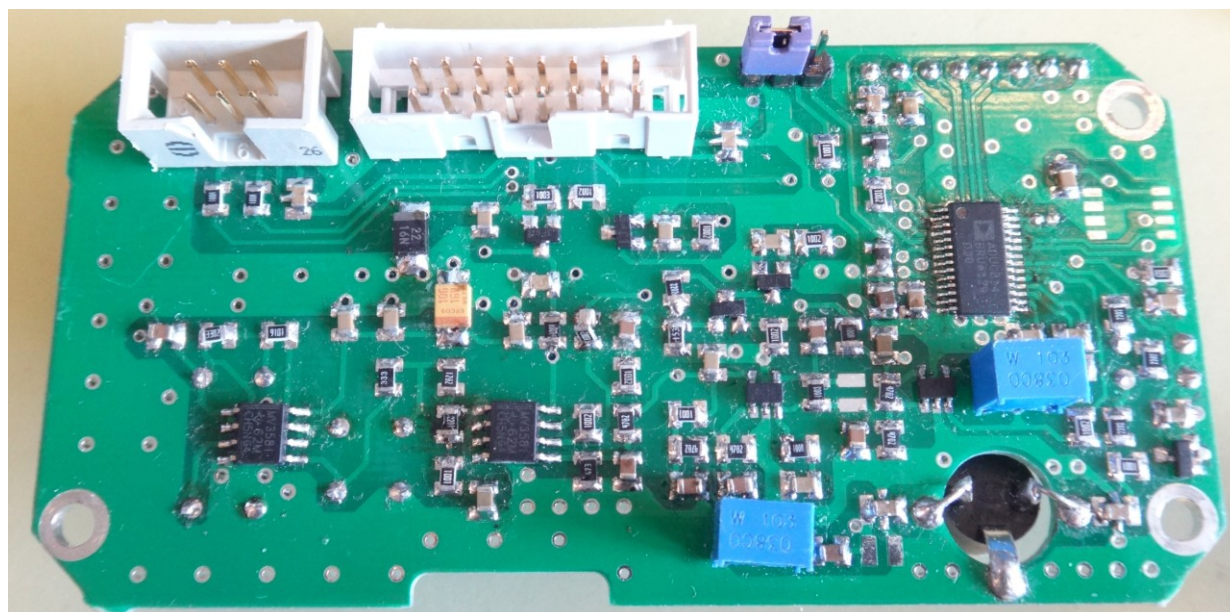


Fig. 22 CPU print bund

Ved montering af CPU printet er det en god ide at starte med IC'erne på undersiden da man så har god plads til at montere disse og det vil også være lettere at kontrollere lodningerne ved hjælp af en lup. Følg den tidligere beskrevne vejledning. Monter derefter de andre smd komponenter på undersiden og bemærk ved monteringen polariteten af tantal kondensatorerne. Vend printet og monter smd komponenterne på oversiden – bemærk her at R4a,R39,R40 og C40 kun skal monteres hvis man ønsker at bruge en mikrofon af electret typen. Fortsæt med at montere kondensatorerne C12,C13,C14, C15, C42 og C43 samt X1 (X1 bukes så det ligger vandret –se fig. 21).

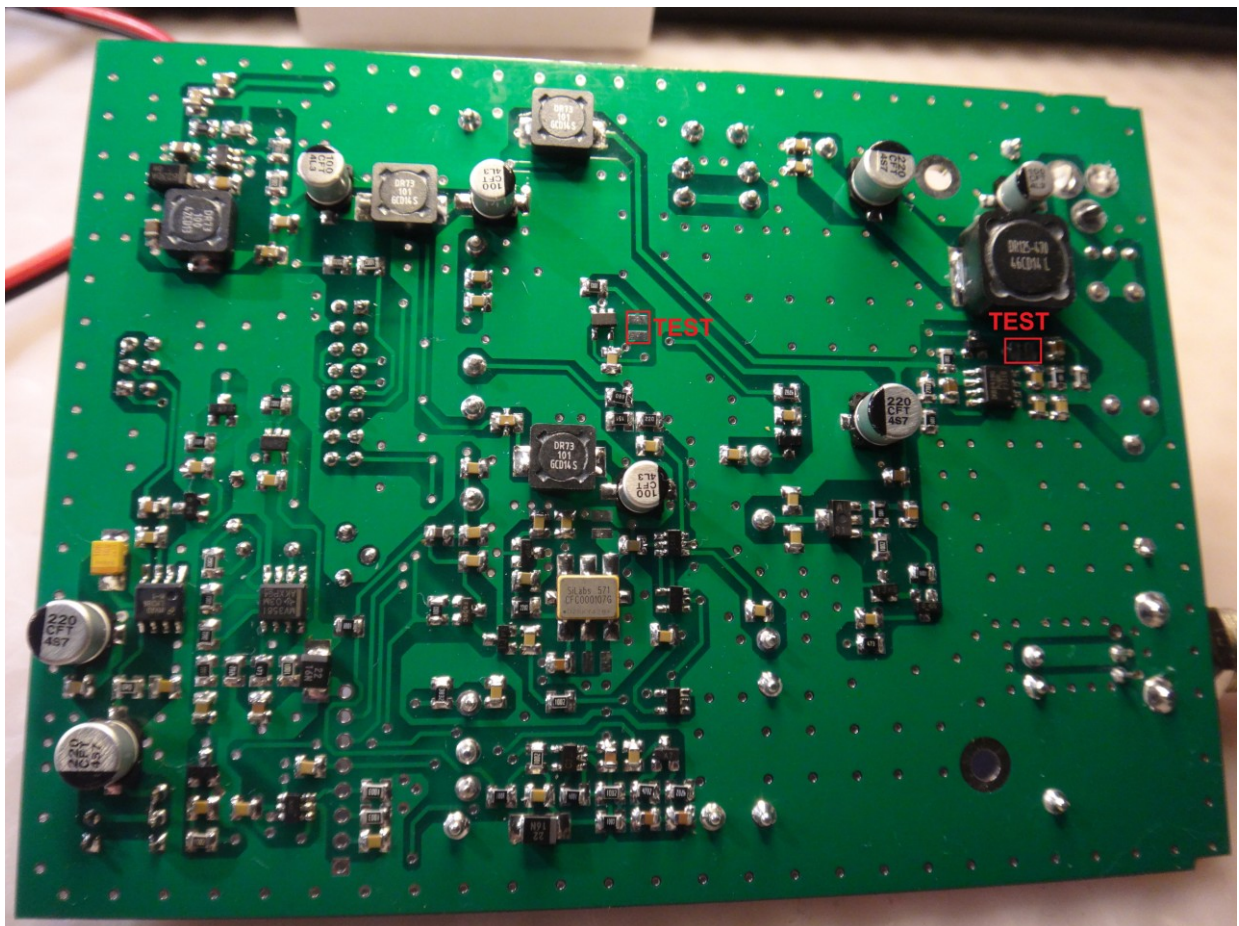


Fig. 26 Bundprint bund

Start monteringen af bundprintet med at isætte soklerne til sender og modtager (26 stk AP102) der på fig. 25 er markerede med røde cirkler og lod dem på undersiden af printet. På undersiden fortsættes med IC'erne og især ved de "små" med 6 ben bruges flux pennen flittigt og tjek igen og igen at de sidder korrekt (tjek med databladet for den aktuelle komponent). Fortsæt med modstande, kondensatorer og halvledere og bemærk polariteten på flere af kondensatorerne. Herefter monteres ellytter og drosselspoler. De 2 med rødt markerede "komponenter" skal ikke monteres – bruges ved test af printet. Vend printet og monter komponenterne på oversiden. Start med C48,C49, R21, D1 og F1. Fortsæt med P2,P3,P4,P5 og P6 og til sidst monteres sikringsholder Fu1 (2 dele) ,P1 og P7.

Sender print.

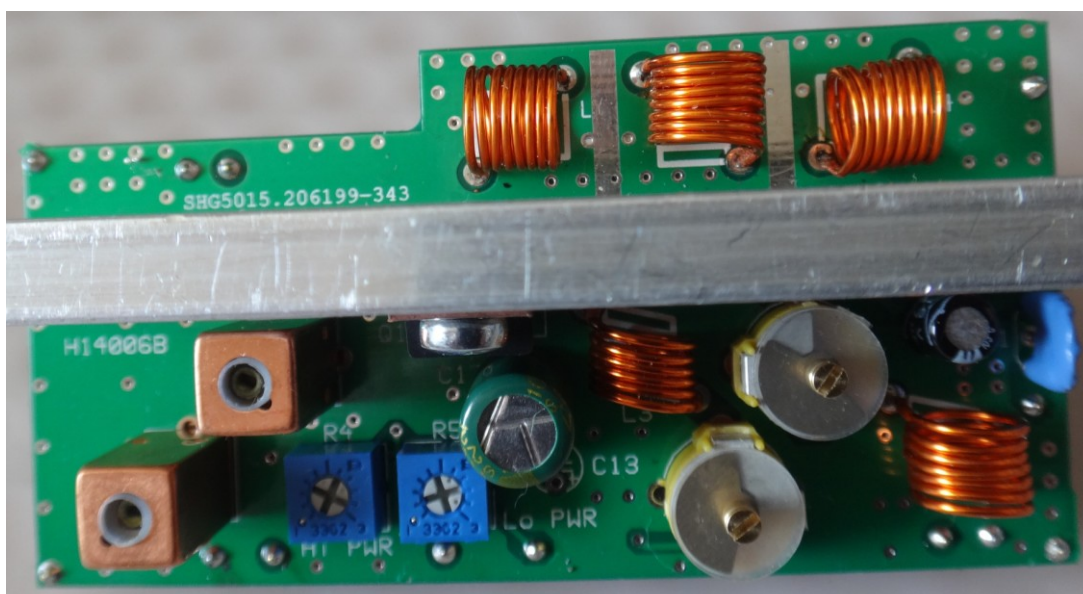


Fig. 27 Senderprint top

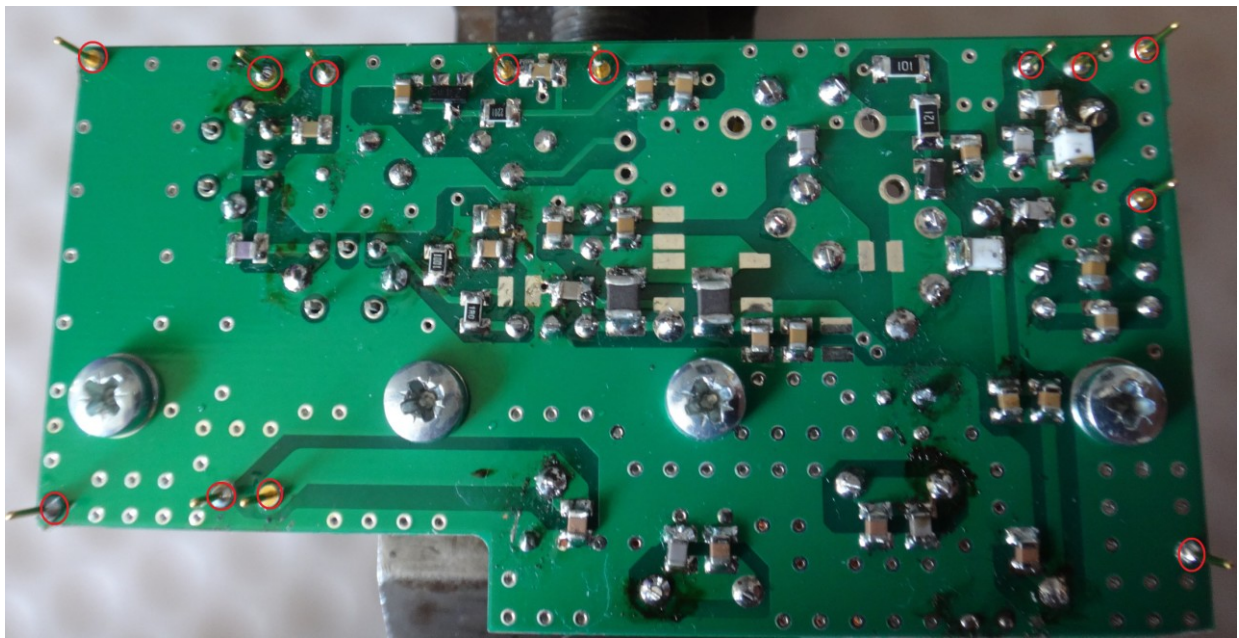


Fig. 28 Senderprint bund

Montering af senderprintet startes med smd komponenterne på undersiden af printet. Begynd med modstandene og bemærk at 2 (R8 og R9) er i et lidt større 1206 hus. Fortsæt med kondensatorerne og derefter DR1, Dr2, Dr3 samt antenneskift dioderne D1, D2 og zenerdioden D3. Inden komponenterne på oversiden monteres er det en god ide at vikle alle spolerne – se nedenfor – monter først de "lave" komponenter potmetrene R4, R5, C5, C7, C24 samt F1 på oversiden af printet og fortsæt med luftspolerne L3- L7 samt spolerne L1 og L2. PA transistoren monteres på kølepladen og sættes forsigtigt i printet – fastgør kølepladen med 2 M3 skruer og lod derefter PA transistoren på printet. Til sidst monteres 13 stk. AL23 printstifter disse er markeret med en rød cirkel på fig. 28.

Spoler.

Hvis der ikke bruges færdigviklede spoler fra TOKO (" oldgamle typer") kan man selv vikle disse på NEOSID 7.1S spoleforme.

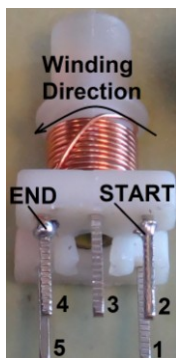


Fig. 29 vikling af spoler

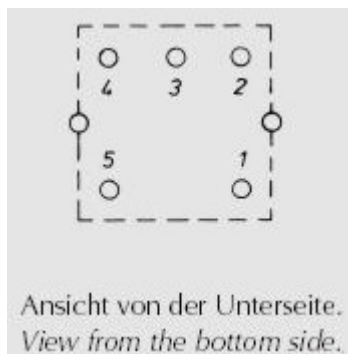


Fig. 30 Forbindelser på spoler

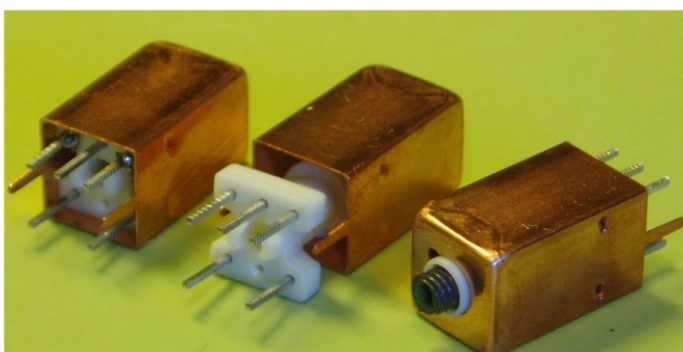


Fig. 31 Spoler monteres med skærm og gevindkærne

- L1 7 ¼ vindinger med 0,2 mm lakisoleret kobbertråd med F40 Ferrit kærne
Start med at fjerne ca. 5 mm af trådens isolation og fortin med en varm loddekolbe. Derefter vikles den fortinnede ende et par gange rundt om ben 2 og så vikles 7 ¼ vindinger på spoleformen (den kvarte vinding kommer af at der startes på ben 2 og ender på ben 4) . Fjern igen ca. 5 mm af trådens isolation hvorefter den vikles et par ganger rundt om ben 4. Lod forsigtigt og brug kun lidt loddetin (spoleformen er af plastik og bliver blød ved for megen varme). Sæt kappen på spoleformen og isæt en ferritkærne (F40 blå).

Der kan også bruges en færdigviklet spole TOKO 113SNS-2K256DC

- L2 13 ¼ vindinger med 0,2 mm lakisoleret kobbertråd med F40 Ferrit kærne
Start med ben 2 og slut med ben 4 brug samme metode som ved L1

Der kan også bruges en færdigviklet spole TOKO 113KNS-2K241DC

Luftspoler:

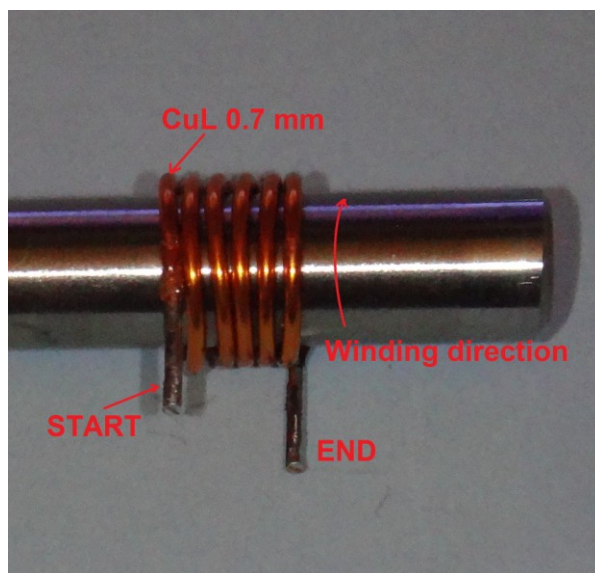


Fig. 32 Vikling af luftspoler

Start igen med at fjerne ca. 5 mm af laktrådens isolation og fortin enden med en varm loddekolbe. Når spolen er færdigviklet fortinnes den anden ende.

- L3 5 ¾ vindinger 0,7 mm lakisoleret kobbertråd indvendig diameter 6,5 mm
L4, L6 7 ¾ vindinger 0,7 mm lakisoleret kobbertråd indvendig diameter 6,5 mm
L5 7 ¾ vindinger 0,7 mm lakisoleret kobbertråd indvendig diameter 7,0 mm
L7 6 ¾ vindinger 0,7 mm lakisoleret kobbertråd indvendig diameter 7,0 mm

Modtager print.

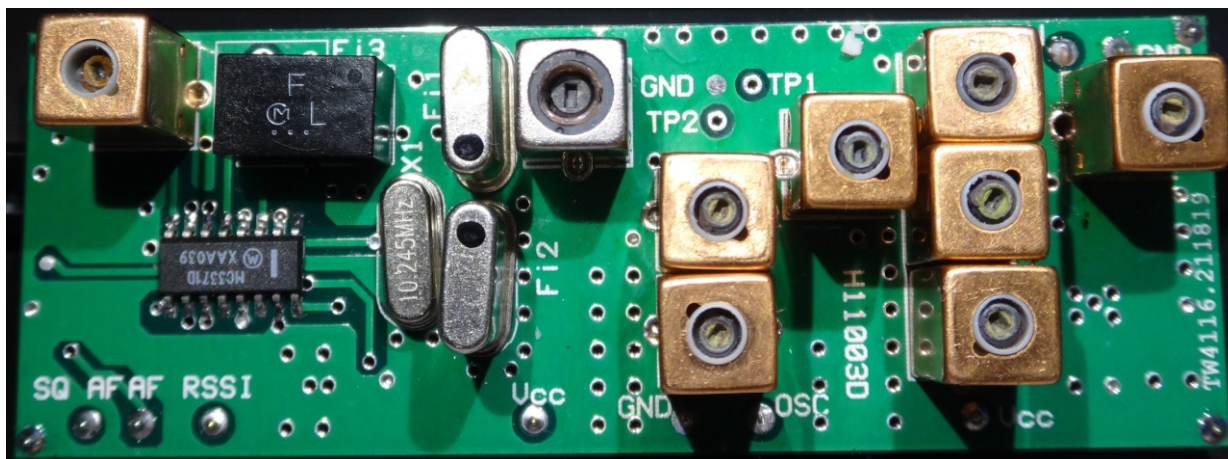


Fig. 33 Modtager top

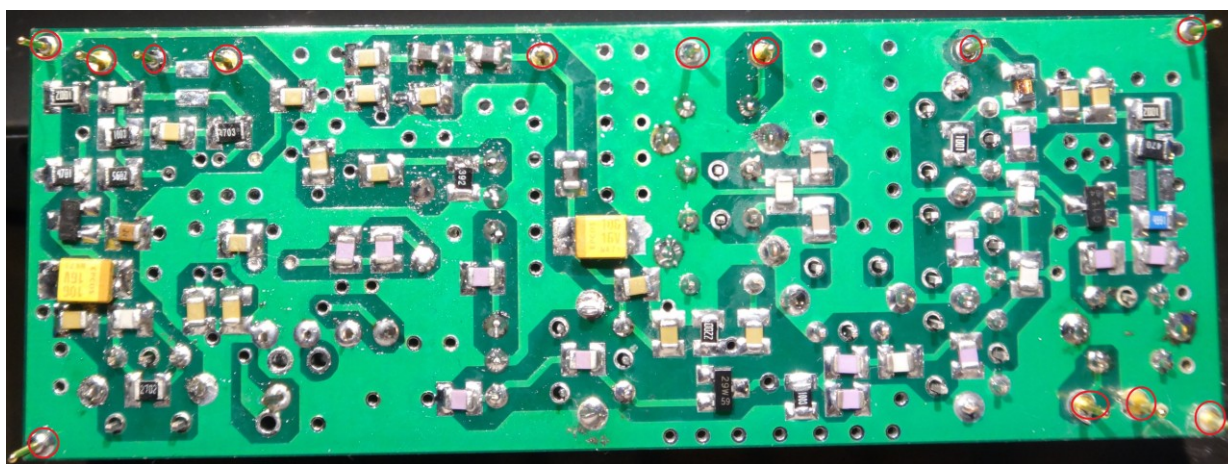


Fig. 34 Modtager bund

Montering af modtager printet starter igen med SMD komponenterne kondensatorer, modstande, drosselspoler Dr1,Dr2,Dr3 og Dr4 samt Q1,Q2 og Q3 og derefter tantal kondensatorerne C18 og C40. Bemærk at R11 ikke skal monteres og det samme gælder for C29 hvis der benyttes en færdigviklet spole for L9 da der er integreret en kondensator i denne. På oversiden startes med at montere U1 derefter krystallet X1 og filtrene Fi1,Fi2 og bemærk her markeringen (den sorte prik) på filtrene skal vende som vist på komponentplaceringen. Fortsæt med Fi3 hvor der er plads til 2 forskellige typer og spolerne L1- L9. Til sidst monteres 13 stk. AL23 printstifter disse er markeret med en rød cirkel på fig. 34.

Spoler.

Det er også her muligt at bruge færdig vikledede spoler fra TOKO ellers må man selv vikle dem på NEOSID 7.1S spoleforme.

L1,L6,L7 $3\frac{1}{4} + 12\frac{1}{4}$ vindinger med 0,2 mm lakisoleret kobbertråd med F40 ferrit kerne . Disse spoler er forskellige fra de tidligere beskrevne da de har 2 viklinger. Start med $3\frac{1}{4}$ vinding og start på ben 5 og slut med ben 1 – brug samme metode som beskrevet ved spolerne i senderdelen. Fortsæt med $12\frac{1}{4}$ vindinger med start på ben 2 og slut på ben 4.

Der kan også bruges færdigviklede spoler TOKO 113KNS-2K241DC

L2,L3,
L4,L5 $12\frac{1}{4}$ vindinger med 0,2 mm lakisoleret kobbertråd med F40 ferrit kerne. Start på ben 2 og slut på ben 4.

Der kan også bruges færdigviklede spoler TOKO 113KNS-2K241DC

- L8 15 $\frac{1}{4}$ vindinger med 0,2 mm lakisoleret kobbertråd med F10b ferrit kærne + F10b kappekærne. Start på ben 2 og slut på ben 4.

Der kan også bruges en færdigviklet spole TOKO 113CN-2255HM

- L9 142 $\frac{1}{4}$ vindinger med 0,1 mm lakisoleret kobbertråd med F2 ferrit kærne + F2 kappekærne. Start på ben 2 og slut på ben 4

Der kan også bruges en færdigviklet spole TOKO LMCS-4101A der også indeholder C29.

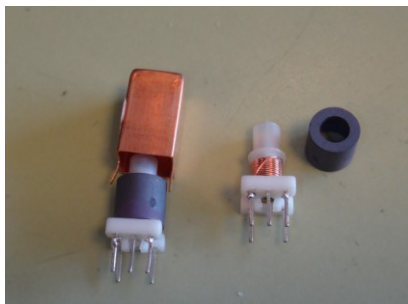


Fig. 35 Spoler med kappekærne

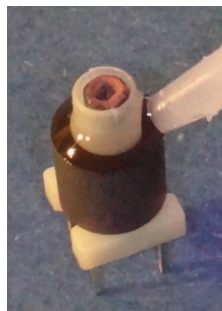


Fig. 36 Kappekærne limes

Afprøvning, programmering og justering.

Når printene er færdigmonterede og alle lodninger på printene er blevet tjekket for dårlige- eller over lodninger med en lup eller mikroskop startes med en test af bundprintet. Dette print testes alene uden de andre print er forbundne. Da der ikke er forbindelse til afbryderen på forpladeprintet er det nødvendigt at montere en modstand på 0 Ohm (smd 805) eller en "lus" som komponenten mærket "PON" på undersiden af printet (se komponentplaceringen – er indrammet med rødt). En strømforsyning på 12V med strømbegrænser sat til ca. 200 mA tilsluttes til P1 og derefter tjekkes at strømforbruget er ca. 40 mA. På oversiden af printet tjekkes 3,3 V spændingen på tilslutningen til RX printet (se fig. 37 3.3V RX) og spændingen 12V CONT der skal være 12V samt 12V TX der skal være 0V. På undersiden tjekkes spændingen på ben 6 på U5 (SI571 fig. 38). På U5 ben 1 skal spændingen være 1,5V. Tjek derefter om der er signal ud af U5. Dette gøres med et oscilloskop eller en frekvenstæller der tilsluttes mellem OSC og GND (RX OSC SIGNAL). Frekvensen på dette signal er start op frekvensen på SI571 og er typisk 10 MHz (Hvis SI571 er leveret fra "Funkamateur" i Tyskland er frekvensen 134,800 MHz). SI571 kan leveres med forskellige start op frekvenser men dette har ingen betydning da den "rigtige" frekvens bliver indlæst af mikroconverteren på CPU printet når dette er forbundet til bundprintet . Strømforsyningen afbrydes og på undersiden af printet monteres endnu en modstand på 0 Ohm (smd 805) som komponenten mærket "TXP" (se komponentplaceringen – er indrammet med rødt). Derefter tilsluttes strømforsyningen igen og på oversiden af printet tjekkes at spændingen på 12V TX er 12V. Tjek derefter at der er signal på "TX OSC SIGNAL" (igen med oscilloskop eller tæller). Denne frekvens er igen start op frekvensen på SI571. Afbryd strømforsyningen og fjern de 2 modstande på 0 Ohm (PON og TXP) der kun skulle bruges ved denne første test.

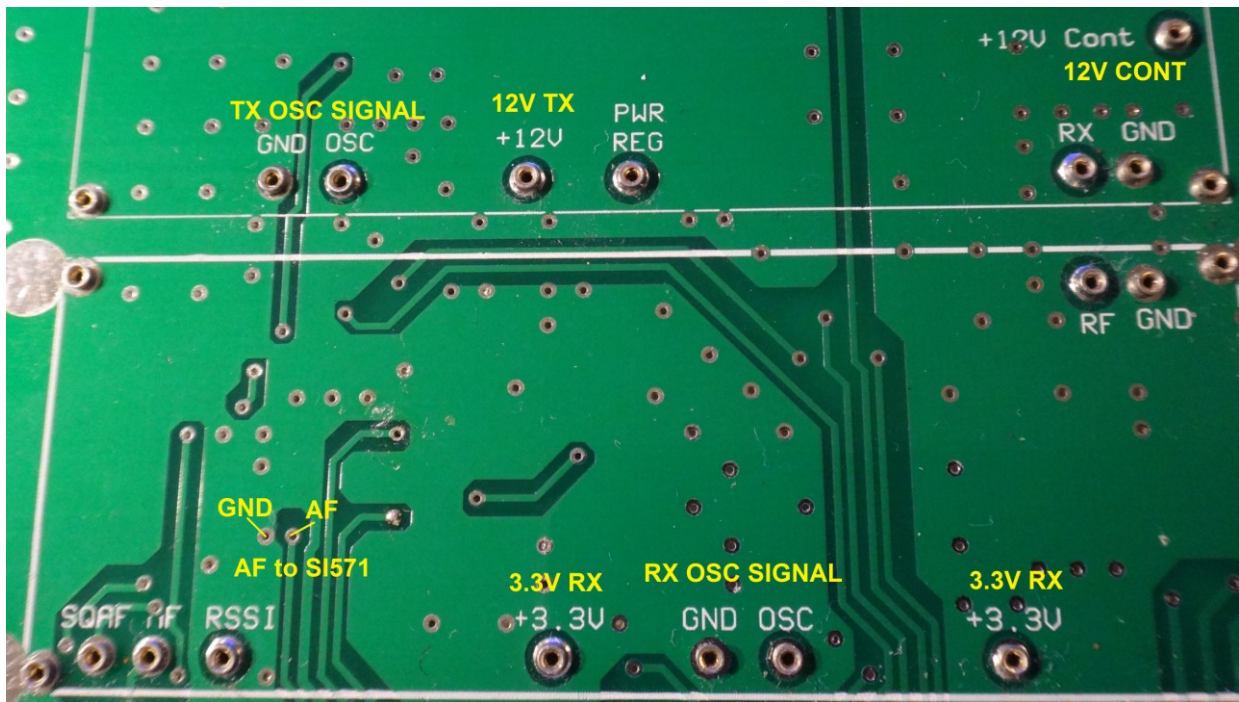


Fig. 37 Testpunkter på bundprint

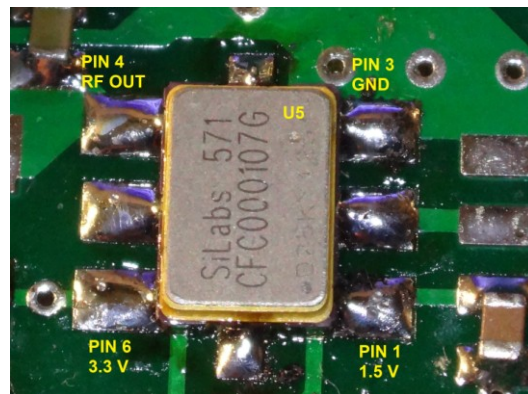


Fig. 38 Benforbindelser på SI571

Til at downloade data til microconverteren skal der bruges et program "wsd.exe" der kan hentes på Analog Device hjemmeside :

ftp://ftp.analog.com/pub/MicroConverter/ADuC8xx/WSD/v7.0/wsd_setup_v705.exe

Installer dette program ved at "køre" wsd_setup_v705.exe

og hent HEX filen fra:

www.oz4hz.dk/rxtx29mhz/files/hex

her vælges den nyeste (f.eks. [29MHz RXTX V100.HEX](#)) samt datafilen med data til EEPROMen :

EEPdata29Mhz.txt

Yderligere skal der bruges et program til kalibrering og indlæsning af data til microconverterens EEPROM der kan hentes her:

www.oz4hz.dk/rxtx29mhz/files/setup/SICalib.exe

Forbind herefter forpladeprint og CPU print med bundprintet ved hjælp af et 16 polet fladkabel mellem P2 på CPU printet og P2 på bund printet som vist på fig. 39

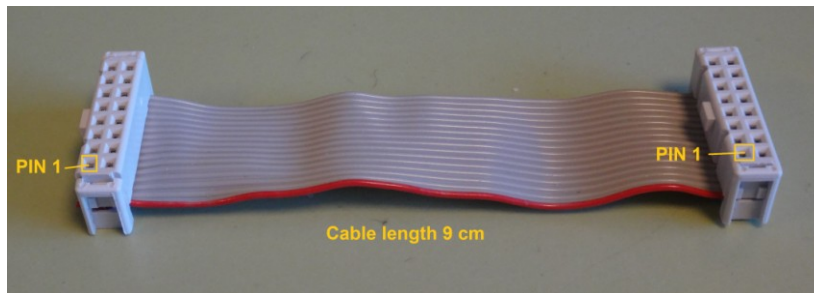


Fig. 39 Fladkabel til forbindelse mellem CPU og bundprint

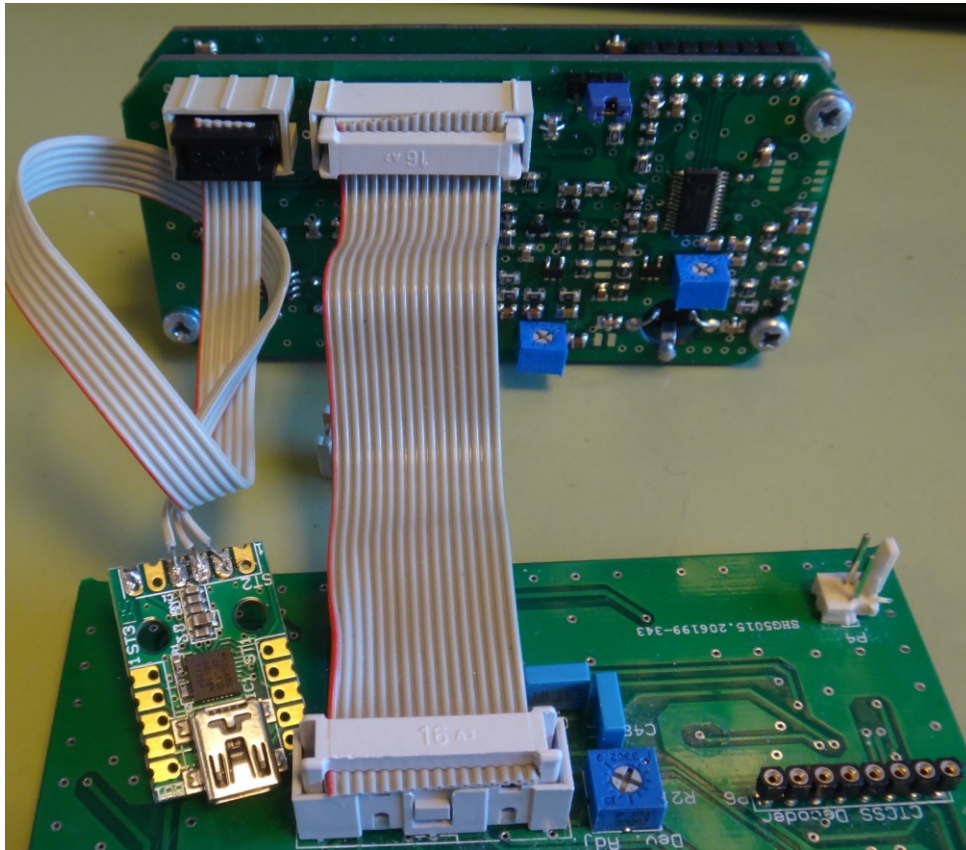


Fig. 40 Forbindelse mellem CPU og bundprint samt USB interface

Et USB eller RS232 interface forbindes til P3 på CPU printet (jeg har brugt et USB interface UM 2102 fra det tyske firma ELV. Forbindelserne til dette er vist på fig. 41)

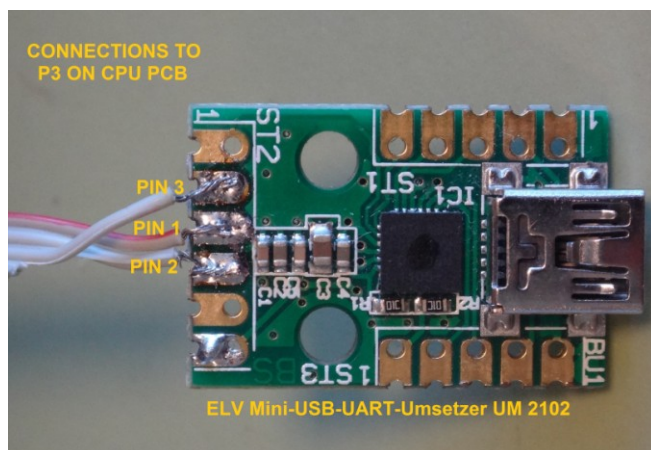


Fig. 41 USB interface fra ELV

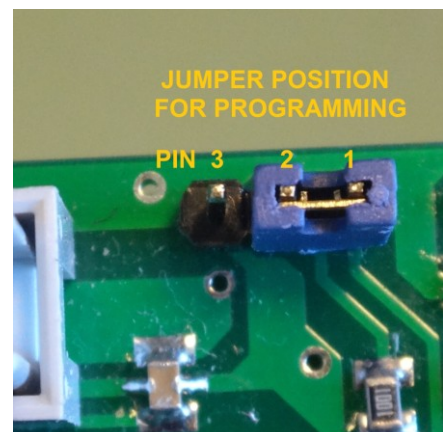


Fig. 42 Jumper settings

På CPU printet sættes jumperen J1 mellem pin 1 og 2 som vist på fig. 42. og tilslut et USB kabel til både interface og computer. Tilslut 12V til P1 på bundprintet og tryk på on/off knappen på forpladeprintet. Nu skulle der gerne komme lys i displayet men ingen tekst. Start programmet wsd.exe og sandsynligvis vil man se skærbilledet i

fig. 43. Tryk på knappen "Configuration" og i menuen Port vælges den comport USB interfacet bruger. (Hos mig var det COM6) I de andre menuer vælges de muligheder der er vist på fig. 44 – til sidst klikkes på "OK" og derefter på "Reset" knappen og hvis alt er i orden fås skærbilledet i fig. 45. tryk nu på knappen "Download" og de valgte HEX og data filer downloades nu til cpu'en. Når programmet er blevet downloadet luk programmet (wsd.exe) og tryk på on/off knappen på forpladeprintet (i ca. 3 sek.) indtil lyset i displayet slukkes.

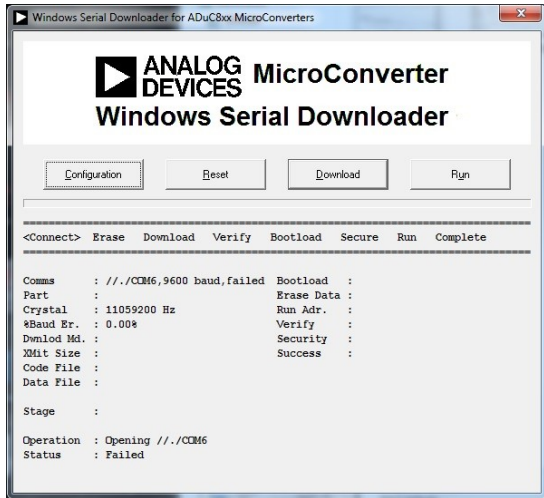


Fig. 43 WSD Start

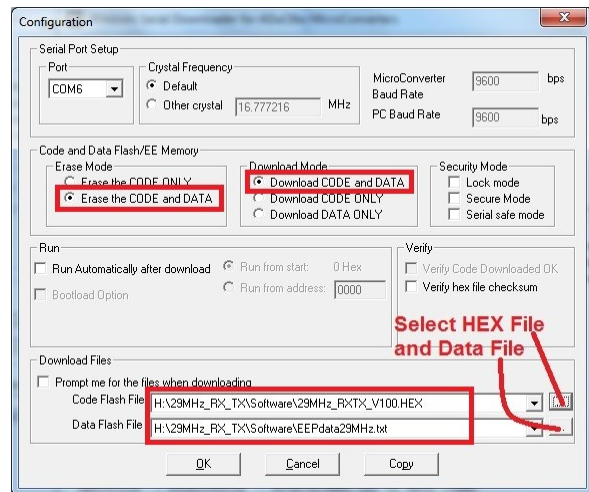


Fig. 44 Vælg HEX og EEP datafiler



Fig. 45 Klar til download

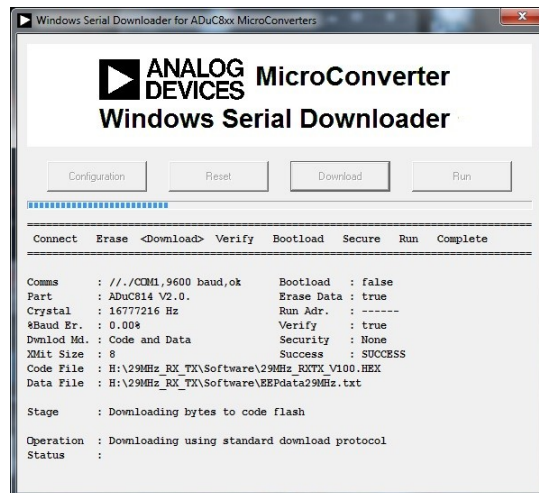


Fig. 46 Download til EEP

Flyt nu jumperen i fig. 42 til positionen 2-3 og tryk igen på on/off knappen. Nu skulle skærbilledet på LCD gerne se ud som på fig. 47

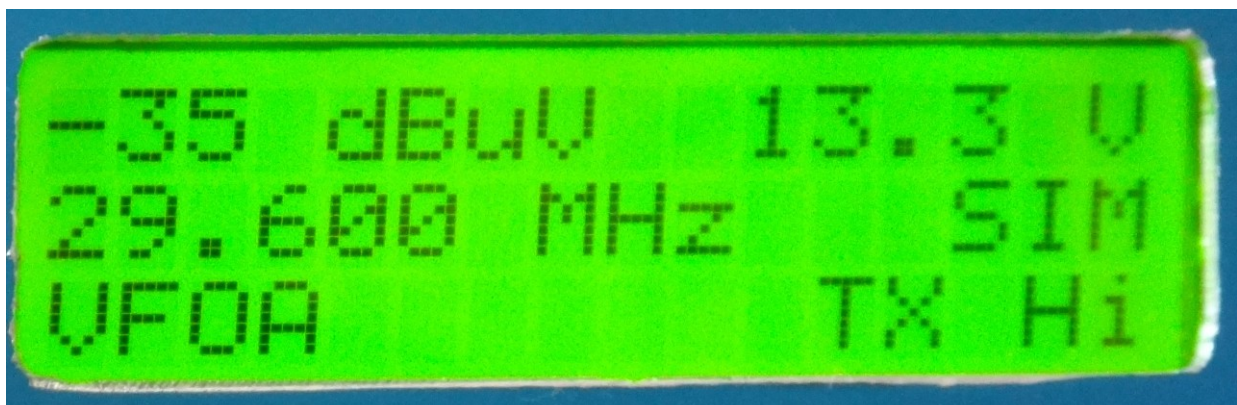


Fig. 47 LCD start

Inden RX og TX modulerne sættes på plads på bundprintet skal SI571 oscillatoren kalibreres og til dette benyttes en frekvenstæller der tilsluttes "RX OSC SIGNAL"

terminalerne på bundprintet. Denne kalibrering er nødvendig da oscillatoren i SI571 kan variere ± 2000 ppm (2KHz pr MHz). Til denne kalibrering bruges programmet SICALIB.exe der som tidligere omtalt kan downloades fra min hjemmeside. Det forudsættes nu at der stadig er forbindelse til bundprintet via et USB eller RS232 interface. Start programmet SICALIB.exe og vælg igen den aktuelle comport (se fig. 48).

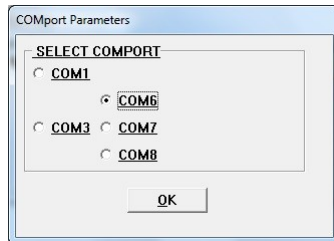


Fig. 48 Vælg COMport

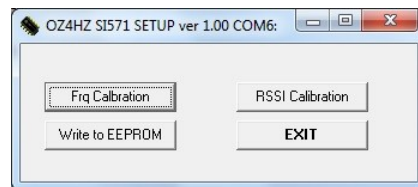


Fig. 49 Kalibrering af SI571

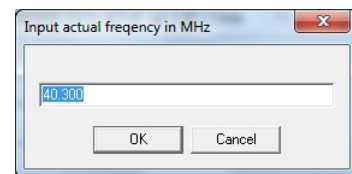


Fig. 50 RX osc. frekvens

På det næste skærmbillede (fig. 49) dobbeltklikkes nu på Frq Calibration og SI571 vil nu blive programmeret til frekvensen 40,300 MHz (RX kalibrering). Den aktuelle frekvens aflæses nu på frekvenstælleren og indtastes i dialogboksen som vist på fig. 51. Når frekvensen er indlæst klik da på OK og nu skulle den rigtige frekvens kunne ses på frekvenstælleren samtidig med dialogboksen i fig. 52. Klik igen på OK fortsæt med kalibrering af TX frekvensen og indtast den aktuelle frekvens aflæst på frekvenstælleren. Klik igen på OK og check at frekvensen er OK. Grunden til at det er nødvendigt med kalibrering af både RX og TX frekvenserne skyldes at i TX mode bruges den analoge indgang på SI571 til modulation og denne indgang er forspændt med en stabiliseret spænding på 1,5 V der fås fra U15.

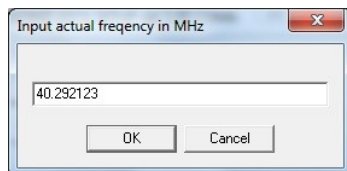


Fig. 51 Indlæs frekvens



Fig. 52 Check

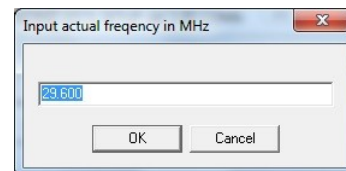


Fig. 53 TX frekvens



Fig. 54 Check

Efter denne kalibrering skal de beregnede data til SI571 downloades til EEPROMen i ADuC814 og dette gøres ved at klikke på Write to EEPROM knappen (Fig. 55) Vent indtil der fås skærmbilledet i fig. 56



Fig. 55 Gem frekvensopsætning til SI571

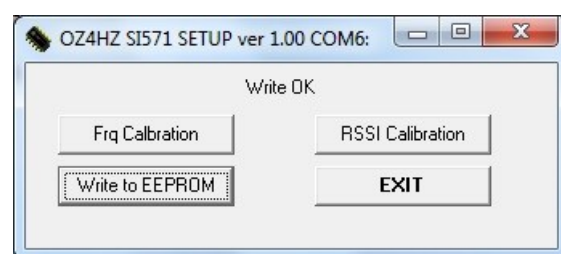


Fig. 56 Write OK

Tryk på on/off knappen for at afbryde og fjern DC kablet til 12V forsyningsspændingen. Fjern også USB interfacet og isæt nu RX og TX modulerne i soklerne på bundprintet. og tilslut en højttaler til P5 . Er der ikke tilsluttet en jackbøsning til P4 sættes en jumper mellem pin 2 og 3 på P4.

Tastaturet på fronten har følgende funktioner:

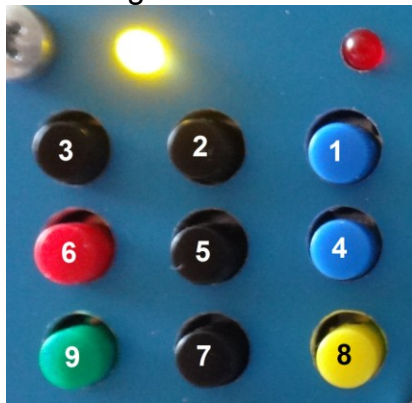


Fig. 57 Forplade tastatur

- 1 : Up. Er ingen af tasterne 2,4,7 aktive justeres frekvensen opad med det aktuelle frekvens step.
- 2 : Frekvens step 1 , 5 eller 10 KHz. Nyt step vælges ved at trykke på tast 1 eller 4 når valget er OK tryk igen på tast 2.
- 3: Valg mellem 6 forskellige frekvenser (VFOA-VFOF) og opsætninger
- 4: Down. Er ingen af tasterne 2,4,7 aktive justeres frekvensen nedad med det aktuelle frekvens step.
- 5 : Valg af CTCSS toner – ny tone vælges ved at trykke på tast 1 eller 4 når valget er OK tryk da igen på tast 5.
- 6: TX tonetast ved tryk på denne tastes senderen og der udsendes en 1750 Hz tone.
- 7 : Menu valg. Ved at trykke på 1 eller 4 kan der vælges følgende

SIMPLEX MODE (RX og TX same frekvens)
AUTO REP MODE (TX frekvens 100KHz lavere i frekvensområdet
29,620 – 29,680 MHz)
RSSI MODE S (Signalstyrke I S grader S9 = 50uV)
RSSI MODE dBuV (Signalstyrke I dBuV 0dBuv = 1uV)
BACKLIGHT ON (LCD lys ON)
BACKLIGHT OFF (LCD lys OFF)
Når valget er OK tryk på tast 7 igen.
- 8: TX høj eller lav effekt (10 / 1W)
- 9: ON/OFF tast – kortvarigt tryk og enheden tændes – langvarig (ca. 3 sek.) = sluk

De 6 hukommelser VFOA - VFOF er fra start sat til (fig. 58):

+00 dBuV 13.2 U	5 0 Batt 13.2 U
29.600 MHz SIM	29.700 MHz SIM
VFOA TX Hi	VFOD TX Hi
-27 dBuV 13.2 U	-35 dBuV 13.2 U
29.660 MHz -REP	29.350 MHz SIM
VFOB CTCSS TX Hi	VFOE TX Hi
-30 dBuV 13.2 U	-35 dBuV 13.2 U
29.000 MHz SIM	29.350 MHz SIM
VFOC TX Hi	VFOF CTCSS TX Hi

Fig. 58 Startopsætning af VFOA - F

VFOA : 29,600 MHz, Simplex ,RSSI i dBuV, TX high power.
VFOB : 29,660 MHz, Repeater offset(-100KHz) ,RSSI I dBuV, CTCSS (82,5Hz)
TX High power.
VFOC : 29,000 MHz, Simplex, RSSI I dBuV, TX high power
VFOD : 29,700 MHz, Simplex, RSSI I S grader, TX high power
VFOE : 29,350 MHz, Simplex, RSSI I dBuV, TX high power
VFOF : 29,350 MHz, Simplex, RSSI I dBuV, CTCSS (82,5Hz), TX high power

Justering af sender og modtager.

Til justering og afprøvning af transceiveren skal man bruge følgende instrumenter:

Strømforsyning variabel mellem 10 – 15V min. 3A

Multimeter.

Signalgenerator med FM modulation

Tonegenerator 100Hz – 10KHz med et variabelt output på 1.5 mV – 500 mV

Distortion / SINAD meter (til målinger på modtageren) På www findes nogle SINAD metre der bruger lydkortet i en computer- ellers må man nøjes med en god hørelse!

Oscilloskop (enten digitalt eller analogt)

Frekvenstæller (min. 50 MHz).

Modulationsmeter.

Power attenuator 20 eller 30 dB (skal kunne klare op til 20W).

Instrument til at måle senderens udgangseffekt - kan f.eks. være

HF Wattmeter / HF voltmeter, en diodeprobe eller allerbedst en spektrumanalysator.

Inden sender og modtager isættes bundprintet justeres modulationsforstærkeren der findes på CPU printet. Tilslut en strømforsyning indstillet på 13,2 V og tryk på ON/OFF tasten (tast 9) og vælg med tast 3 – VFOE der er sat til 29,350 MHz UDEN pilottone. Tonegeneratoren indstilles på frekvensen 1 KHz med et output på 2 mV (20 mV) og forbindes til jackstikket mellem MIC og GND og sættes i jackbøsningen i mikrofon indgangen. Benyttes en electret mikrofon sæt da en kondensator på 1uF i serie med som vist på fig. 59 MEN kun ved justeringerne p.ga der er DC (3,3V) på MIC terminalen og spændings angivelserne er her vist i (). Forbind PTT terminalen på jackstikket til GND for at aktivere senderdelen- husk at senderprintet ikke skal være monteret på bundprintet. R1 (fig. 60) mikrofon forforstærkning drejes med uret til stop for at få max. forstærkning. Forforstærkningen er afhængig af hvilken mikrofon der bruges og justeres derfor når den aktuelle mikrofon er tilsluttet. Med et oscilloskop tjekkes spændingen på udgangen af modulationsforstærkeren (fig. 61) på loddeøerne markeret med rød cirkel (Pokkers osse – jeg skulle have lavet et par ordentlige ”øer” med mere plads). Spændingen skal være ca. 680 mVpp (fig. 62). Tonegeneratorens spænding øges med 20 dB til 20 mV (200 mV) og spændingen målt med oscilloskopet øges nu til 1,9 V pp og det ses at klippekredsløbet nu er aktivt (fig. 63). Tryk på tast 6 (rød tonetast) og juster R22 til oscilloskopet viser 1,8 Vpp med en tone på 1750 Hz (fig.74) og kun denne idet forforstærkeren er blokeret når tonetasten er aktiv. Den her benyttede udgave af SI571 har en ”følsomhed” på 135ppm/V for LF signalet på den analoge indgang hvilket betyder at en spændingsændring på 1 V giver en frekvensændring på 135Hz ved 1MHz. På 29 MHz bliver det til en ændring på ca. 4 KHz og dermed giver et signal på 2 Vpp et frekvenssving på +- 4 KHz. På 29 MHz må det maximale frekvenssving være +-2 KHz og dette betyder at LF spændingen til SI571 max. må være +- 0,5V (= 1 Vpp). For at kunne lave justering af frekvenssvinget tilsluttes oscilloskop proben til testpunkterne AF og GND på bundprintet (Se fig. 37 AF to SI571) Potmeteret R21(også på bundprintet) justeres til en spænding på 960 mVpp frekvensen på tonegeneratoren ændres mellem 200 Hz og 5 KHz og tjek at spændingen ikke bliver større end 1 Vpp. Den endelige justering af frekvenssvinget foretages med et modulationsmeter når senderen er færdig justeret.

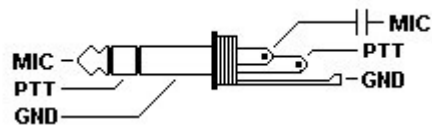


Fig. 59 Kondensator i serie med MIC KUN ved electret mikrofon

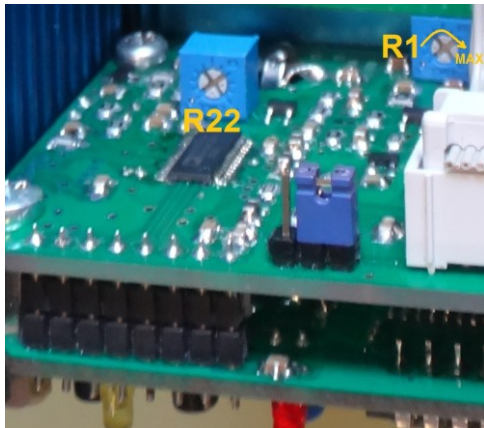


Fig. 60 TX LF just .R1 og R22

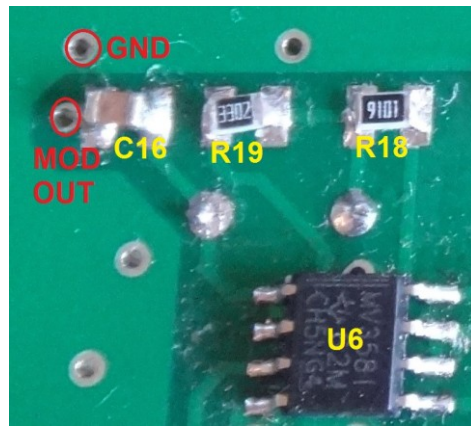


Fig. 61 Testpunkter for TX LF

For at tjekke niveauet for pilottonerne skal forbindelsen mellem PTT og GND fjernes. Tryk nu på tast 5 og vælg med tasterne 1 og 4 en pilottone på 82,5 Hz og tryk så igen på tast 5 eller vælg blot VFOF. På displayets nederste linje vises nu også CTCSS hvilket betyder at der nu også udsendes pilottone. Tast senderen igen (PTT til GND) afbryd signalet fra tonegeneratoren og tjek med oscilloskopet at signalet er ca. 240 mVpp som på fig. 65 Dette signal måles som vist på fig. 61. På fig. 66 er vist amplitude karakteristikken af senderen målt med et modulationsmeter og med et LF signal der med en tone på 1KHz giver et frekvenssving på 0,4 KHz (niveauet for tonerne ændres ikke) – dette for at sikre at klippekredsløbet ikke bliver aktiveret når tonerne ændres fra 100 Hz til 8KHz. De røde linjer viser grænserne på +1 og -3 dB. Der er benyttet et semi logaritmisk graf papir der kan downloades fra [3]

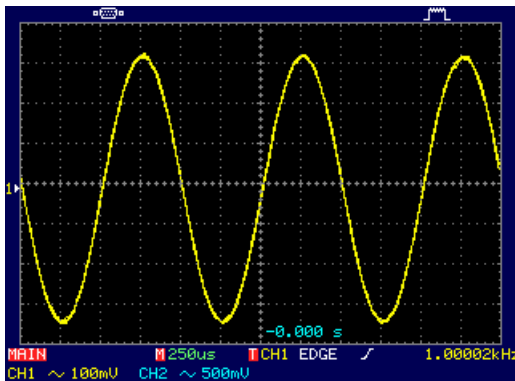


Fig. 62 1KHz tone i MOD OUT

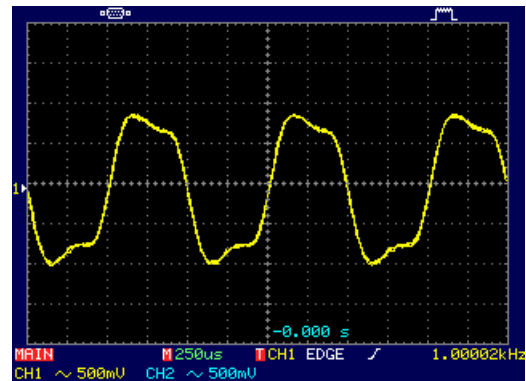


Fig. 63 1KHz klippet tone i MOD OUT

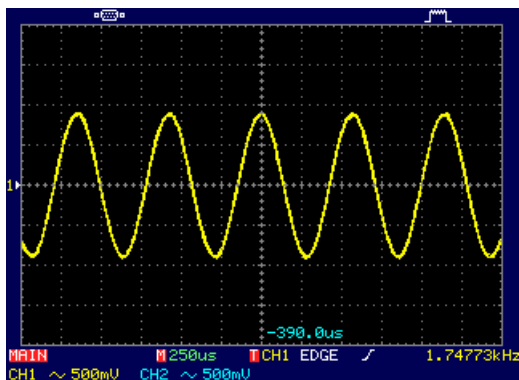


Fig. 64 1750 Hz tone I MOD OUT

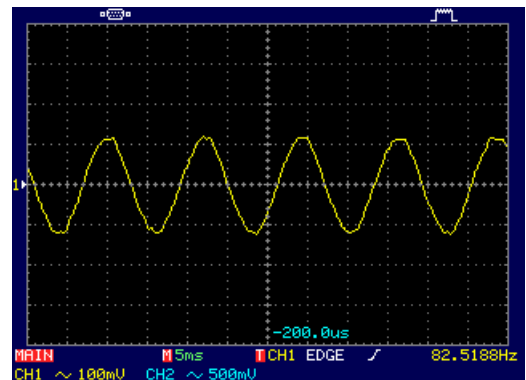


Fig. 65 82,5 Hz pilottone I MOD OUT

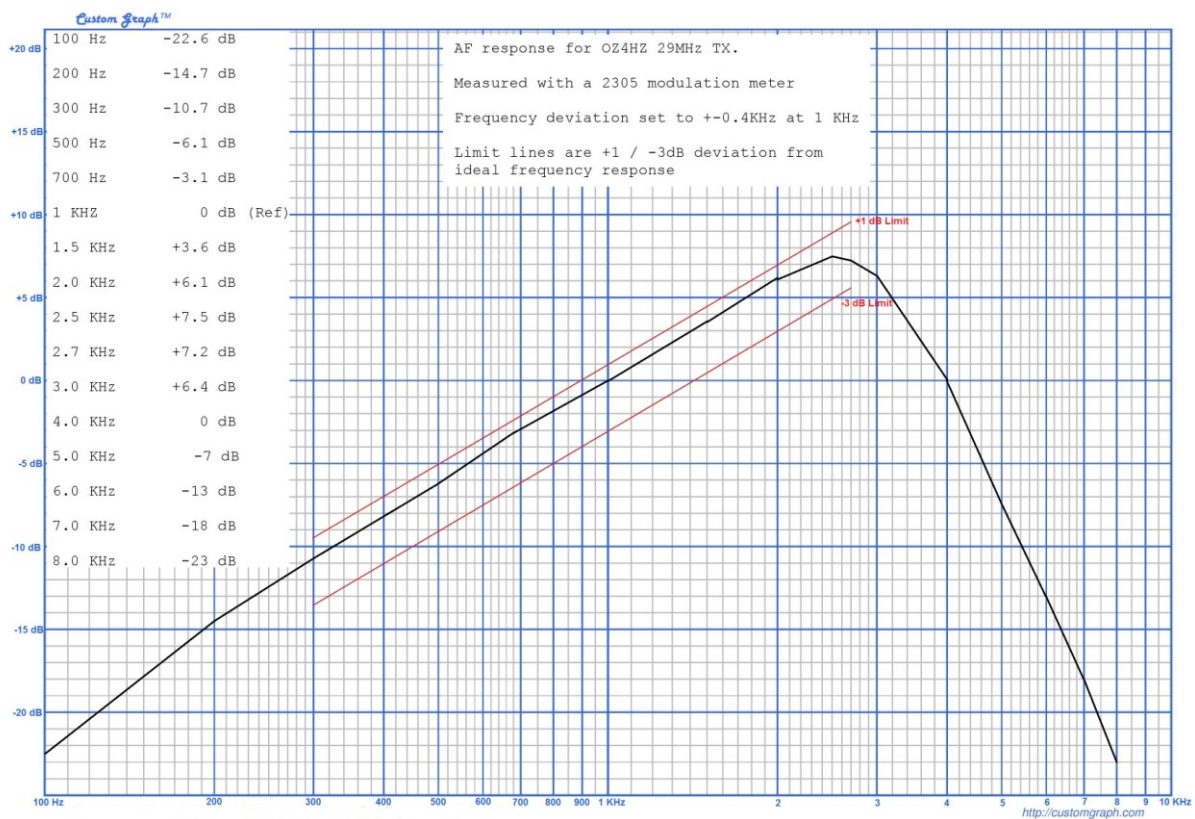


Fig. 66 TX LF frekvens karakteristisk

Justering af senderen.

Inden der tilsluttes spænding til enheden justeres potmetrene R4(Hi PWR) og R5 (Lo PWR) på senderprintet ved at dreje R4 med uret og R5 mod uret til stop se fig. 67.

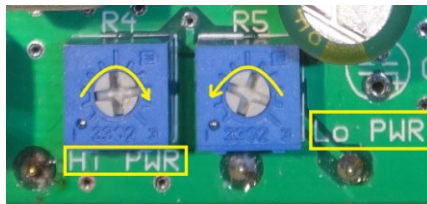


Fig. 67 High/ Low power just

Kondensatorerne C5 og C7 justeres så de er halvt inddrejede. Tilslut et HF wattmeter eller et andet instrument til måling af senderens udgangseffekt til BNC antennestikket på bundprintet evt. via en attenuator. (HUSK at senderen skal belastes med en 50 Ohms dummyload. Selv bruger jeg en spektrumanalysator med et 30 dB effekt-dæmpeled foran. Sæt strømforsyningen til 13,2 V – kan dette ikke vise strøm forbind da et multimeter til måling af strøm i serie med forsyningsspændingen (måleområde min. 3 A) og tilslut spænding til enheden, tryk på ON/OFF tasten og vælg med tast 3 VFOA der er sat til 29,600MHz. Senderen testes ved at kortslutte PTT til GND på mikrofon jackstikket (se fig. 59). I første omgang tilsluttes der ikke noget signal til MIC. Juster nu C5,C7, L1 og L2 til max. udgangseffekt og tjek samtidig strømforbruget. Gentag justeringerne til effekten er ca. 13W med et strømforbrug på ca. 2A. Juster R4 til en udgangseffekt på 10W og strømforbruget reduceres nu til ca. 1,8 A. For at indstille udgangseffekten til 1W trykkes på tast 8 (gul tast) displayet vil nu vise TX Lo – og juster R5 til en udgangseffekt på 1 W. Tryk igen på tast 8 for 10W udgangseffekt og varier spændingen mellem 10 og 14 V. Tjek at udgangseffekten er mellem 6 og 11 W. Skift nu frekvens til 29,000 samt 29,700 MHz og tjek udgangseffekten ved spændinger mellem 10 og 14 V både ved høj (10W) og lav (1W) effekt. Fig. 68 og 69 viser de værdier jeg har målt ved forskellige spændinger. Fig. 68 er udgangseffekten i Hi mode (10W) og fig.79 i Lo mode (1W). For at justere frekvenssvinget tilsluttes et modulationsmeter evt. via en attenuator. Tilslut igen en tonegenerator indstillet på

1 KHz og med en udgangsspænding på 20 mV (200 mV). Tilslutningen er som tidligere vist (fig. 59) . Tonegeneratorens frekvens varieres mellem 200 Hz og 5 KHz og potmeteret R21 på bundprintet justeres så frekvenssvinget ikke overstiger +- 2KHz. Tilslut nu den aktuelle mikrofon i stedet for tonegeneratoren og HUSK at der ikke skal være nogen kondensator i serie med MIC terminalen som vist på fig. 59. Indstil forforstærkningen med R1 på CPU printet (se fig. 61) til et passende niveau når der tales ind i mikrofonen.

	29,000 MHz	29,350 MHz	29,700 MHz
13,2 V	10 W	10,5 W	11,5 W
10,0 V	6,5 W	7,4 W	7,2 W
14,0 V	11 W	11,7 W	12,5 W

Fig. 68 TX Udgangseffekt (Hi)

	29,000 MHz	29,350 MHz	29,700 MHz
13,2 V	630 mW	1 W	1,2 W
10,0 V	500 mW	700 mW	850 mW
14,0 V	630 mW	1 W	1,4 W

Fig. 69 TX udgangseffekt (Lo)

Målinger på senderen.

Senderens udgangseffekts variation med spænding og frekvens er vist på fig. 68 for høj effekt (10W) og lav effekt (1W) fig.69. Til at lave målinger på en sender er det ideelle måleinstrument en spektrumanalysator. Disse er efterhånden kommet så langt ned i pris at det ligger indenfor mulighederne at anskaffe sig en. Nogle af de første målinger man vil lave er uønsket udstråling fra senderen men tilslut aldrig senderen direkte til spektrumanalysatoren se specifikationerne for denne for max. Input (typiske værdier er 10dBm (10 mW)). Senderen tilsluttes derfor via et dæmpeled (jeg bruger 30 dB). Senderen tages og man ser da billedet i fig. 70 hvor senderens udgangseffekt er 40dBm (10W) og 2 harmonisk er på -21 dBm. Fig. 71 viser det samme men nu er den 2 den harmoniske faldet til -29 dBm og der er ikke lavet nogen justering af senderen – forklaringen skal findes i de 2 bokse der er markeret med rødt. I fig. 70 er indgangs attenuatoren i spektrumanalysatoren 20 dB og i fig. 71 er den 30 dB. Dette betyder at signalet der kommer ind til blanderen i analysatoren er -10 dBm i fig. 70 og -20 dBm i fig. 71. For de fleste spektrumanalysatorer gælder at signalet der tilføres

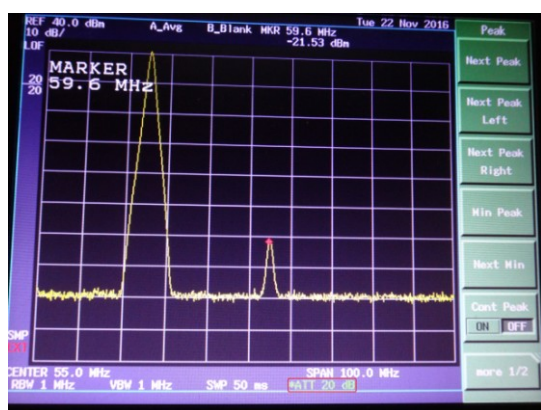


Fig. 70 TX 2. harm. (20dB attn)

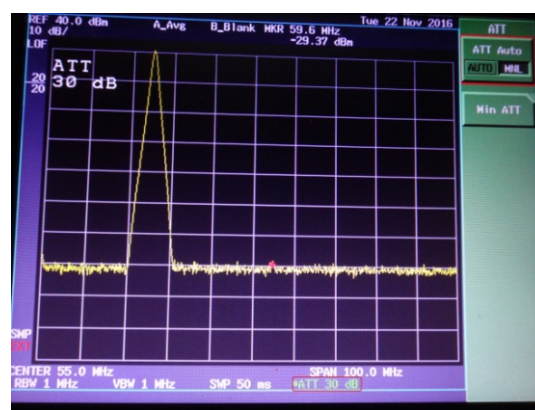


Fig. 71 TX 2. harm. (30dB attn)

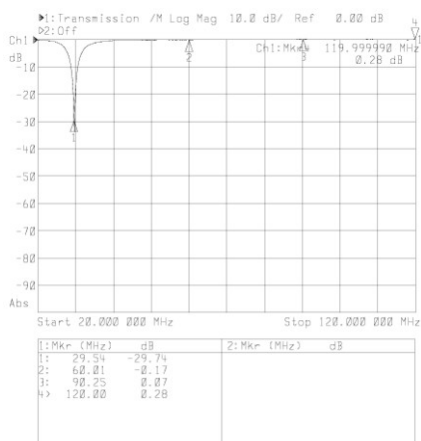


Fig. 72 29 MHz båndstop

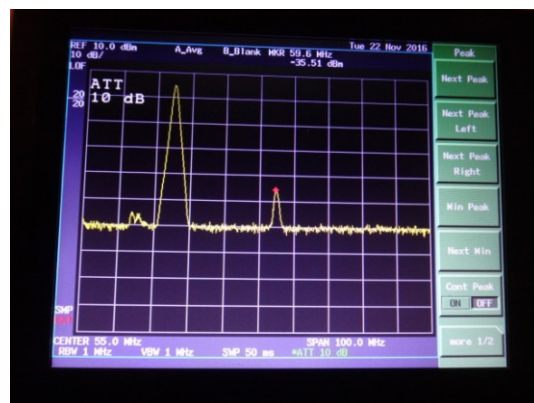


Fig. 73 TX 2. harm. med båndstop

blanderen ikke må være større end -30 dBm hvis man vil måle signaler der er 70 dB mindre. For at kunne måle de "rigtige" værdier af de uønskede signaler kan man indskyde et filter (f.eks. en sugekreds med højt Q) der dæmper grundfrekvensen på 29 MHz. Karakteristikken for det af mig benyttede filter ses på fig. 72 og det ses at der på 29 MHz er en dæmpning på ca. 30 dB. Dette filter indskydes nu mellem den udvendige 30 dBs attenuator og indgangen af spektrumanalysatoren og målingerne kan nu ses på fig.83. Vi har nu fået udvidet vores dynamik område med 34 dB og kan se at den harmoniske på 59 MHz er på -35 dBm som er den rigtige værdi. Den harmoniske på 59 MHz er dæmpet 75 dB (+40 dBm ned til ca. - 36dBm). De øvrige harmoniske er alle dæmpet mere end 70 dB. Senderen er her testet med en belastning på 50 Ohm – men når den bruges i praksis er det ikke altid at standbølgeforholdet er 1 og det er en god ide at teste senderen for ustabilitet ved andre standbølgeforhold. Til denne test har jeg lavet en enhed der kan belaste senderen med både ohmske , capacitive og induktive belastninger se fig. 74. Spolerne i diagrammet på fig. 74 er luftspoler af 2mm forsølvet tråd med en diameter på 15mm. Drejekondensatoren er en luftdrejekondensator med en kapacitetsvariation fra 15- 150 pF. Modstandene giver en dæmpning på ca. 1 dB og dette skulle give et standbølge- forhold på ca. 4. Smith kortet viser variationen af impedansen på 29,6 MHz når drejekondensatoren drejes 180 grader (min til max kapacitet). Fig. 75 viser en test af senderen med denne enhed og der har ikke vist sig tegn på ustabilitet ved denne test. Senderen er også afprøvet ved frekvenserne 29,000 og 29,700 MHz og har heller ikke her vist tegn på ustabilitet.

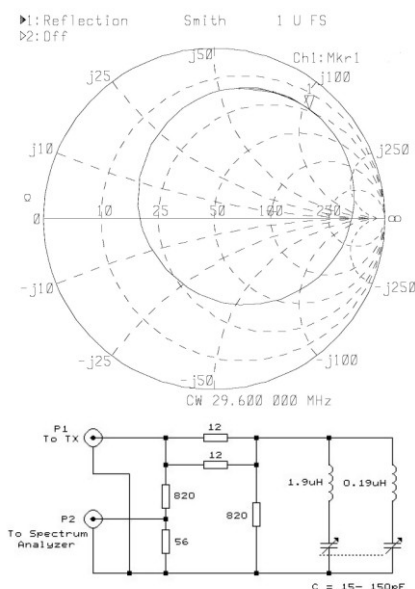


Fig. 74 SWR test

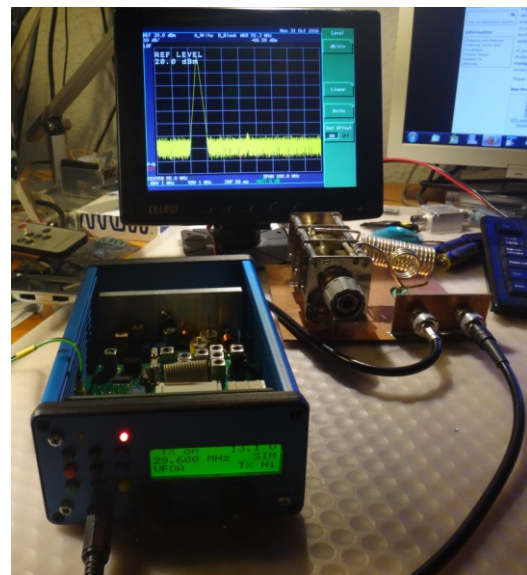


Fig. 75 TX test af ustabilitet

Justering af modtageren.

En signalgenerator indstillet på 29,350 MHz moduleres med en tone på 1KHz og et frekvenssving (deviation) på 1,2KHz. Set HF niveauet til ca. 5 mV (-33 dBm) og tilslut signalgeneratoren til BNC stikket (P7) på bundprintet – husk også at sætte transceiverens frekvens til 29,350 MHz (f.eks. VFOE). Squelchkontrollen drejes mod uret til stop (Squelchen er deaktiveret) og volumen kontrollen stilles til et passende niveau. Start med at justere 455 KHz spolen L9 til max signal. Et oscilloskop forbindes parallelt med højttaleren og det skulle nu være muligt at se (og høre) det demodulerede signal fra målesenderen. Haves et SINAD meter tilsluttes dette også parallelt med højttaleren. Sæt signalet fra signalgeneratoren til ca. 10uV og juster L2,L3,L4 og L5 til bedst mulig signal. Reducer signalet yderligere til ca. 1uV og juster spolerne igen til bedst muligt signal.(Da RSSI udlæses som dBuV kan denne også bruges som en hjælp ved justeringen) Juster derefter L1, L6, L7 og L8 til bedst mulig SINAD det skal være muligt at få en følsomhed på ca. 0,3uV ved 12dB SINAD. Sæt signalgeneratorens udgangsspænding til 300 uV (-57 dBm) og juster spolerne L8 og L9 til min. forvrængning (< 2%). Hvis man ikke har et SINAD meter kan man justere spolerne efter "øret" mens man ser LF signalet på oscilloskopet. Afbryd signalet fra

signalgeneratoren og juster squelch kontrollen på forpladen så squelchen lige lukker og den gule lysdiode slukkes. Start signalgeneratoren igen og check at squelchen åbner ved ca. 0,2uV og den gule lysdiode tændes. Juster squelch kontrollen til max. og check at squelchen åbner ved ca. 1uV. Herefter tjekkes følsomheden på frekvenserne 29,000 og 29,700 MHz. For at justere feltstyrke udlæsningen skal man igen tilslutte USB eller RS232 interfacet og forbinde dette til en computer – starte programmet SICalib.exe og vælg den aktuelle comport (fig. 58 og 59). Signalgeneratoren og transceiveren indstilles igen på 29,350 MHz .Klik på knappen "RSSI calibration" og følg instruktionerne fra programmet (fig 76 -77 og 78)

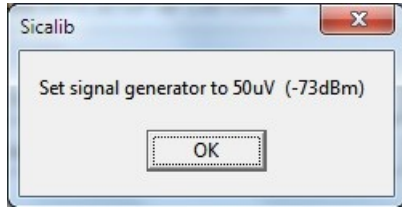


Fig. 76 RSSI just. 50uV

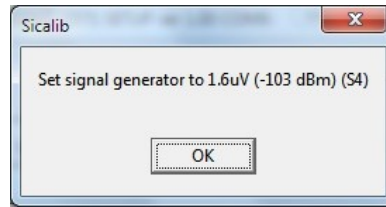


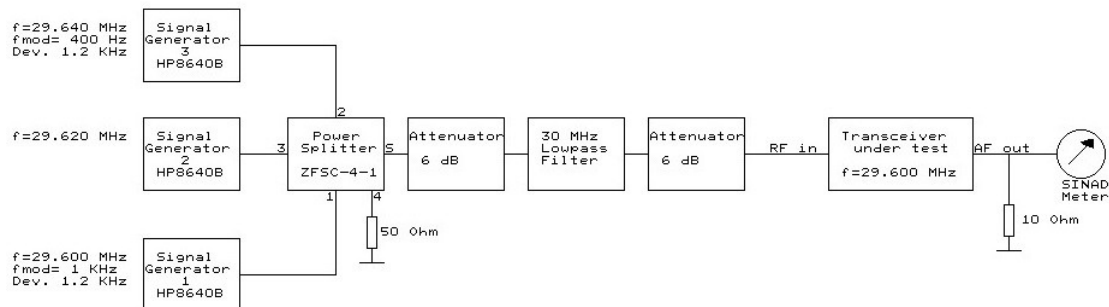
Fig. 77 RSSI just. 1,6 uV



Fig. 78 OK

Målinger på modtageren.

Der er på modtageren foretaget en del målinger udover målingerne af følsomhed f.eks. måling af intermodulation der er en ret krævende opgave hvortil der skal bruges 3 gode signalgeneratorer + splitter, dæmpeled og filter se fig. 79



Signalgenerator 1 indstilles så signalet giver 20 dB SINAD i modtageren og derefter øges signalerne i generator 2 og 3 indtil SINAD er reduceret til 14 dB (Signalgeneratorerne 2 og 3 skal have samme signal niveau) forskellen i signal mellem generator 1, generator 2 og 3 er intermodulations afstanden. Målingen gentages med signalgenerator 2 og 3 på frekvenserne 29,580 MHz og 29,540 MHz. Intermodulations afstanden er her målt til 55 dB og dette måtte godt have været lidt bedre – jeg vil prøve at få et bedre resultat ved at lave ændringer i HF og blandertrin. På fig. 80 er vist LF karakteristikken med +1 dB og -3 dB græselinjerne (med rødt) og på fig. 81 er vist karakteristikken for signalstyrken – den vandrette akse viser det tilførte signal og den lodrette det udlæste hvor S graderne er vist med rødt. Den lyse grå linje viser det ideelle forløb.

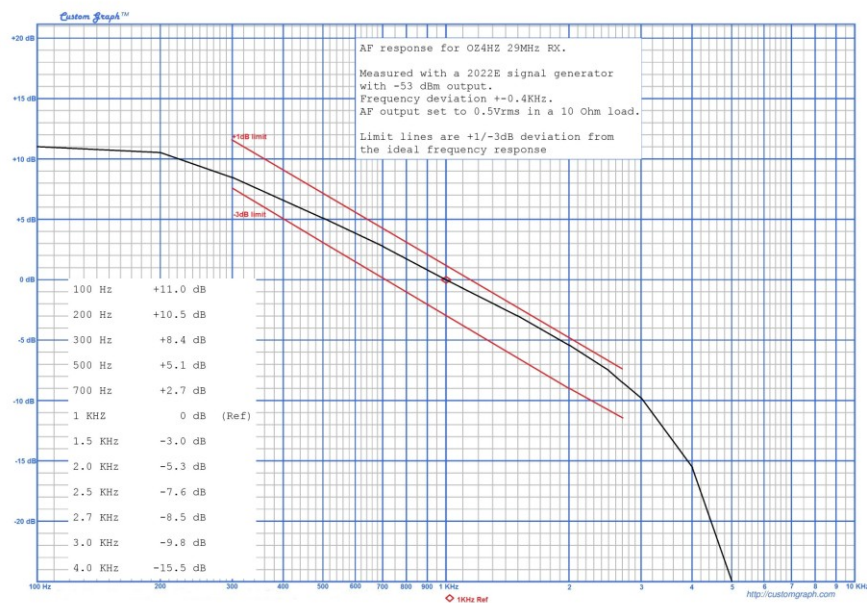


Fig. 80 Modtager LF frekvens karakteristisk

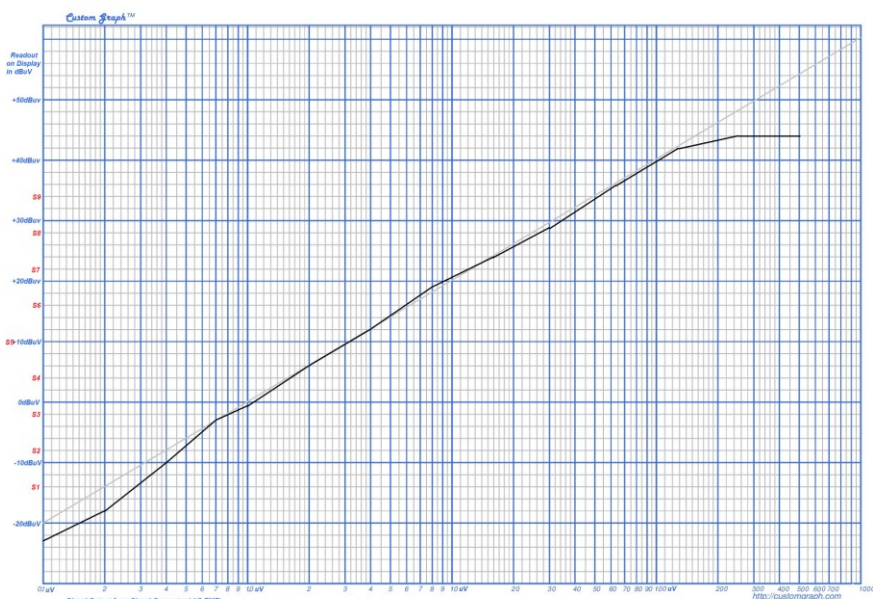


Fig. 81 RSSI karakteristisk

Slutbemærkninger.

Jeg omtalte under programmering/justering af enheden at der blev brugt et USB interface fra ELV. Jeg har senere købt nogle på EBAY fra Kina (til en pris på 69 Kr for 5 stk incl. Porto til DK). Dette interface virker også fint. Som signalgenerator kan man også bruge en VNWA 3 fra DG8SAQ da denne også kan bruges som FM moduleret signalgenerator – husk blot et udvendigt variabelt dæmpeled. (VNWA'en kan fås her [4]). Tegningerne for forplade og bagplade er lavet med et program "Front Panel Designer" (freeware) fra Schaeffer AG [5] og disse tegninger kan sammen med en tegning af køleprofilet til senderen findes på:

<http://www.oz4hz.dk/rxtx29mhz/files/mec/> .

I dette program har man også mulighed for at bestille for- og bagplade fra Schaeffer. På :

<http://www.oz4hz.dk/rxtx29mhz/files>

findes HEX filer ,styklister med komponent placeringer, gerber filer til printene samt kildekode til CPUen - kildekoden er skrevet i assembler. Hvis der er interesse for det kan jeg godt levere "nøgle" komponenterne og print til dette projekt.

Mit nye projekt skal være en RX og TX til 70 MHz der kan bruges i dette projekt.

Tekniske data:

Frekvensområde	: 29.000 - 29.700 MHz
Kanalafstand	: 10 KHz
Frekvensstep	: 10/5/1 KHz
Repeateroffset	: 100 KHz
Toneopkald	: 1750 Hz
CTCSS toner kun TX	: 67.0 - 254.1 Hz (ialt 42 toner)
Antenneimpedans	: 50 Ohm
Spændingsforsyning	: 12 V (10 - 15 V)
Strømforbrug	: RX ca. 70 mA SQ lukket ca. 150 mA ved fuld LF TX 10W ca 1.9 A TX 1W ca 0.6 A
Kabinet	: 103 x 53 x 160 mm (B, H, L) excl. konnektorer og knapper

Sender:

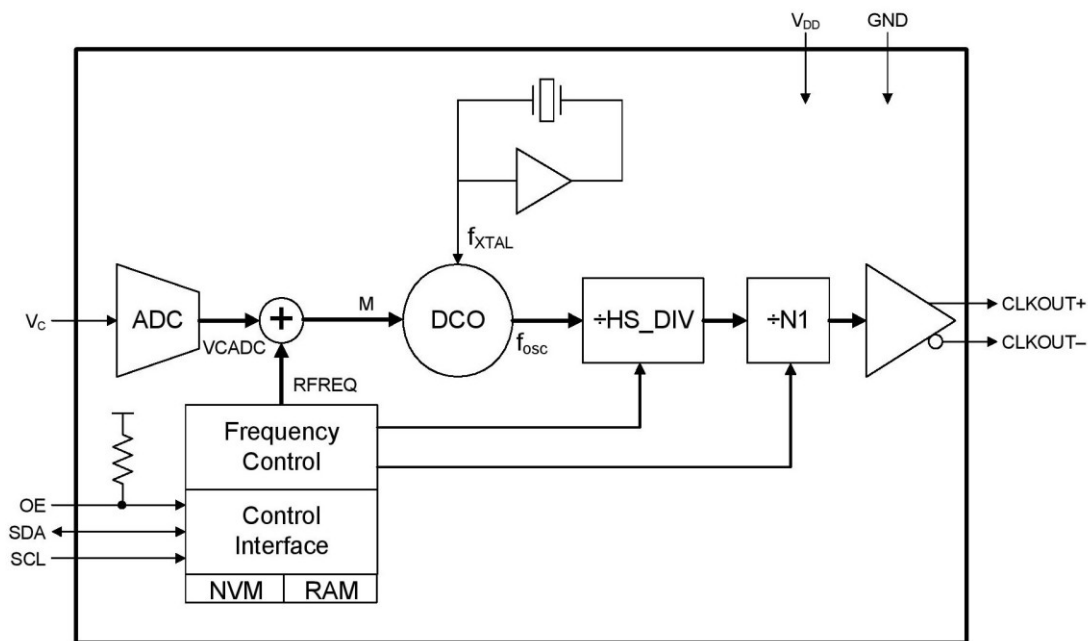
Udgangseffekt	: 10W / 1W (40 dBm/30 dBm)
Modulation	: FM med 6dB/oktav forbetoning
LF karakteristisk	: 6 dB/oktav forbetoning 300 Hz - 2500Hz +1/-3dB
LF niveau	: 2 mV/20 mV for et frekvenssving på 1.2 KHz med 1 KHz tone
Max.frekvenssving	: +-2 KHz
CTCSS frekvenssving	: 200 Hz nom.
Nabokanal effekt	: max -20 dBm (10uW) (+-10 KHz)
Uønsket udståling	: max -36 dBm (0.25 uW)

Modtager:

Følsomhed	: 0.3 uV ved 12dB SINAD frekvenssving på 1.2 KHz med 1 KHz tone
Squelch	: Elektronisk , justerbar
Nabokanalselektivitet	: 68 dB (+- 10KHz)
Spejlselektivitet	: 85 dB
Intermodulation	: 55 dB (målt med 3 signalgeneratorer HP8640B)
Forvrængning	: 2.5% (Input signal -60 dBm frekvenssving på 1.2 KHz ved 1 KHz tone)
LF udgangseffekt	: Max. 700 mW i 8 Ohm
LF Karakteristik	: 6 dB/oktav efterbetoning 300 - 2500 Hz +1/-3dB
Uønsket udstråling	: max -75 dBm (32 pW)

Appendiks.

Software i ADuC814 til styring af SI571. Den her benyttede SI571 er af CMOS typen kan generere frekvenser fra ca. 10 MHz til 160 MHz og har et output på ca. 14 dBm. Udgangsimpedansen der er blevet målt ved en simpel måling –først ubelastet og derefter belastet med 50 Ohm viste sig at være ca. 20 Ohm . Målingen blev foretaget med et RF voltmeter men kunne også være lavet med et oscilloskop. SI571 har en "digitally-controlled oscillator (DCO)" der styres af en x-tal oscillator og PLL kontrol loop parametre. (Se fig A1)



Si571 Detailed Block Diagram

Fig. A1 Blokdigram

Der er 3 parametre der med software skal indlæses i SI571 for at generere den ønskede output frekvens. De 3 parametre består af i alt 6 registre med hver 8 bits (se fig. A2).

Formlen til beregning af frekvensen er :

$$F_{out} = (F_{xtal} * RFREQ) / (HS_DIV * N1)$$

Hvor

F_{xtal} er krystallets (i SI571) frekvens på nominelt 114.285 MHz

RFREQ er en 38-bit variabel

HS_DIV kan antage værdierne 4, 5, 6, 7, 9 eller 11

N1 kan antage værdien 1 eller et lige tal mellem 2 og 128

Register	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
7	High Speed/ N1 Dividers	HS_DIV[2:0]			N1[6:2]				
8	Reference Frequency	N1[1:0]		RFREQ[37:32]					
9	Reference Frequency	RFREQ[31:24]							
10	Reference Frequency	RFREQ[23:16]							
11	Reference Frequency	RFREQ[15:8]							
12	Reference Frequency	RFREQ[7:0]							
135	Reset/Freeze/ Memory Control	RST_REG	NewFreq	Freeze M	Freeze VCADC				RECALL
137	Freeze DCO				Freeze DCO				

Fig. A2 SI571 Registere

For at kunne programmere SI571 til at generere en ny frekvens skal man indlæse de nye data i 6 registre med hver 8 bits (se fig A2) og for yderligere at gøre livet svært for den stakkels programmør er de forskellige registre blandet sammen og nogle af disse kan kun antage bestemte værdier. Registerne indeholder : HS_DIV (3 bits) , N1 divider (7 bits) og RFREQ (38 bits). Yderligere findes også 2 kontrol registre til styring af SI571. Hvis strømforbruget skal være mindst muligt skal HS_DIV være så stor som mulig og N1 så lille som muligt. Jeg har lavet et computer program til at bestemme HS_DIV , N1 og RFREQ når man kender den aktuelle krystalfrekvens. Det viste sig at der i de 2 frekvensområder (RX : 39,700 – 40,400 MHz og TX : 29,000 – 29,700 MHz) kan benyttes værdien 11 for HS_DIV og værdierne 16 (TX) og 12 (RX) for N1. Yderligere viste det sig at de øverste 5 bit af RFREQ (bit 0 – 5 i register 8) også har samme værdi i hele frekvensområdet således at værdierne for register 7 og 8 bliver : E3C2H i TXmode og E2C2H i RXmode. I appendiks A er vist hvordan man kan beregne værdierne til de 7 frekvensbestemmende registre i SI571. For ikke at belaste mikrokonverteren alt for meget med beregninger af de 7 registre har jeg valgt at gøre følgende. Ved hjælp af et PC program (SiCalib.exe) beregnes register værdierne for grænserne i de aktuelle bånd i TX og RX mode (29,00- 29,700 MHz for TX), (39,700 – 40,400 MHz for RX) samt værdier for frekvensstep på 1, 5, 10 og 100 KHz og alle disse værdier gemmes i den interne EEprom. Når der skal skiftes til en ny frekvens skal der blot adderes / subtraheres værdien af det ønskede step

Her er et eksempel på beregning af RFREQ til frekvensen $f_1 = 29,600$ MHz (TX mode). Vi får følgende formel for RFREQ :

$$RFREQ = f_1 * HS_DIV * N1 / F_{xtal}$$

Her er HS_DIV = 11 , N1 = 16 og $F_{xtal} = 114,285$ MHz får vi :

$$RFREQ = 29,600E6 * 11 * 16 / 114,285E6 = 45,5842849$$

Når man læser databladet for SI571 viser det sig at denne værdi af RFREQ skal multipliceres med 2^{28} og derefter omregnes til en hexadecimal værdi !!

$$RFREQ = 45,5842849 * 2^{28} = 12,2364383E9 = 02D9593B20H$$

(Her skal bemærkes at det ikke er alle lommeregner/PC programmer der kan håndtere så stor hexadecimal tal). Når registrenes værdier samles fås følgende hex værdier der skal indlæses i registrene 7 – 12 i SI571 :

E3 C2 D9 59 3B 20

Der er nu kun tilbage at beregne de sidste 32 bit (4 bytes) i RFREQ registrene (register 9,10,11 og 12)! At få en "gammel" 8051 mikrocontroller til at udføre 32 bits aritmetik er en ret tidskrævende opgave så det var nødvendigt at finde en simplere løsning. Formlen til at bestemme frekvensen f1 fra SI571 var :

$$f1 = Fxtal * RFREQ / (HS_DIV * N1)$$

Da HS_DIV og N1 ikke ændres behøver man kun at addere en værdi (k) til RFREQ for at få en ny udgangsfrekvens f2 (forudsat at f2 > f1)

$$f2 = Fxtal * (RFREQ + k) / (HS_DIV * N1)$$

Vi kan derfor finde k ved at løse ligningerne for f1 og f2

$$f2 - f1 = k * Fxtal / (HS_DIV * N1)$$

Da vi kender Fxtal samt HS_DIV og N1 er det muligt ved hjælp af et PC program at beregne k for 1KHz , 5 KHz, 10 KHz og 100 KHz step og disse værdier er konstante så længe HS_DIV og N1 ikke ændres. Et eksempel : I TX mode er HS_DIV = 11 og N1 = 16 . Fxtal sættes her = 114,285 MHz (nominel værdi) vi ønsker at finde k for 10 KHz step (f2 – f1) og får :

$$k = (f2 - f1) * HS_DIV * N1 / Fxtal$$

$$k = 10E3 * 11 * 16 / 114,285E6 = 0,015400096$$

$$k = 0,015400096 * 2^{28} = 4133931,859 = 03F142CH$$

dette betyder at de nye værdier for en frekvensændring på 10KHz til 29,610 MHz' bliver :

$$RFREQ = 02D9593B20H + 03F142CH = 0D9984F4CH$$

Da HS_DIV og N1 er konstante bliver den nye værdi der skal indlæses i registrene :

E3 C2 D9 98 4F 4C

Da de 2 øverste bytes er konstante skal der derfor kun indlæses de sidste 5 bytes i SI571's registre.

Links:

- (1) : <http://www.mosaic-industries.com/embedded-systems/microcontroller-projects/electronic-circuits/push-button-switch-turn-on/latching-toggle-power-switch>
- (2) : <http://www.elv.de/output/controller.aspx?cid=74&detail=10&detail2=28776>
- (3): <http://customgraph.com/piart.php?art=446>
- (4): <https://www.sdr-kits.net/>
- (5): <http://www.schaeffer-ag.de/en/>