

23cm FM-repeaterprater

Bas de Jong PE1JP
bdj@dutch.nl

Zelfbouw van een toegankelijke FM-transceiver voor 23cm. PE1JPD heeft er een kit voor gemaakt.

Inleiding

De 23cm is een erg leuke band. Hij loopt maar liefst van 1240 tot 1300 MHz en door deze grote bandbreedte van 60 MHz zijn er vele mogelijkheden, van smalband EME met JT65 met een bandbreedte van een paar hertz, tot FM-ATV van 20 MHz breed.

Ook zijn er in deze band een tiental FM-repeaters operationeel, zoals PI6NOS op 1298,375 MHz (Hilversum), PI6HGL op 1298,200 MHz (Den Haag) en PI6RTD op 1298,625 MHz (Rotterdam). Deze zijn vaak opgesteld op (zeer) hoge locaties en hebben een groot bereik. De repeaters hebben een grote shift van -28 MHz: de repeater ontvangt rond de 1270 MHz en zendt uit rond de 1298 MHz. Het is ook mogelijk dat de shift is omgedraaid (invers) waarbij de repeater zendt rond 1242 MHz en rond 1270 MHz ontvangt.

Ondanks de aanwezigheid van deze repeaters is het aantal actieve amateurs veel te laag. Een belangrijke oorzaak is dat er weinig fabrieksapparatuur te koop is voor deze band. Om de activiteit een 'boost' te geven heb ik een FM-transceiver ontworpen die als bouwkit door een beetje ervaren amateur eenvoudig is op te bouwen. Jaren geleden had ik al een datatransceiver voor high speed packet ontworpen voor de 23cm-band. Deze is in binnen- en buitenland in groten getale gebouwd. De in dit artikel beschreven FM-transceiver is een doorontwikkeling van dat concept.

Kenmerken van de 23cm-transceiver

frequentiebereik:	1240 tot 1300 MHz
stapgrootte:	25 kHz
modulatie:	smalband FM
gevoeligheid:	-127 dBm (nog waarneembaar)
ruisgetal:	ca. 3 dB
output:	0,5 - 1 W
shift:	instelbaar
CTCSS:	67,5 Hz of hoger

De set is verkrijgbaar als kit. Alleen de luidspreker, de microfoon en de antenne moeten nog worden aangesloten.

Ontwerp

Het blokschema van de transceiver is weergegeven in figuur 1 en in figuur 2 is het uitgewerkte schema te zien. Het hart van de transceiver is de VCO ALPS1679C

(IC7). Deze wordt zowel voor zenden als voor ontvangen gebruikt. Voor zenden werkt deze direct op de zendfrequentie van 1240 tot 1300 MHz. Voor ontvangen werkt de VCO van 1170,7 tot 1230,7 MHz waarbij rekening wordt gehouden met de eerste middenfrequentie van 69,3 MHz. De VCO wordt met een PLL (IC8) in fase en frequentie vergrendeld aan een referentiefrequentie van 12 MHz. Voor de PLL wordt een all-in chip van Analog Devices gebruikt: een ADF4113HV. Dit IC werkt tot ca. 4,5 GHz en bevat een dual-modulus teller waarmee een stapgrootte van 25 kHz is in te stellen. Ook wordt in dit IC de 12MHz-referentie gedeeld naar 25 kHz, de stapgrootte. De HV-extensie van het IC betekent overigens dat dit de versie is die een regelspanning tot 15 V kan hebben (in plaats van slechts 5 V in de standaarduitvoering). De referentiefrequentie wordt opgewekt met een simpele kristaloscillator van 12 MHz. De stabiliteit van dit 12MHz-signaal bepaalt direct de eindfrequentie: een afwijking van 50 Hz op 12 MHz leidt tot een afwijking van 5 kHz (immers x100) op 23cm! Het is daarom zaak deze 12 MHz goed stabiel te krijgen. In de PLL zit een charge pump gestuurd door een fase- en frequentievergelijker, en deze levert een regelspanning die op pin 2 beschikbaar is. Via een loopfilter bestaande uit R13, C39, R14 en C36 wordt deze regelspanning aan de VCO toegevoerd. Via C35 wordt bij zenden het modulatiesignaal op deze regelspanning gesuperponeerd. Voor het bereke-

nen van de weerstanden en condensatoren in het loopfilter bestaan handige tools op het internet [1]. De berekende waarden gebruik ik als startwaarde voor verdere experimenten, aangezien de modulatie en met name ook de subaudiotoon niet weggeregeld mogen worden door de faselus.

Het signaalniveau uit de VCO bedraagt 5 dBm, en dit wordt met een 10dB-verzwaker teruggebracht tot -5 dBm voor de ontvangstmixer IC2. Dit is een IAM81008, een actieve mixer met een conversieversterking van 8,5 dB.

Het antennesignaal wordt eerst versterkt door een MAR-8 (ca. +20 dB) en gaat via een banddoorlaatfilter voor de 23cm-band ook naar de mixer. Het mengproduct is 69,3 MHz, dat via een tweekringsbandfilter op deze frequentie naar IC4 gaat, een MC3362. Dit IC neemt de hele middenfrequentverwerking voor z'n rekening.

De eerste IF van 69,3 MHz is gekozen omdat deze met een standaard (computer)kristaloscillatorblokje van 80 MHz (IC3) gemengd wordt naar 10,7 MHz.

Deze tweede IF wordt gefilterd in een keramisch filter (F1) van 50 kHz breed, wordt dan versterkt en daarna gemengd met een 10,245MHz-signaal dat opgewekt wordt in de oscillator rond pin 1-3 van de MC3362.

Het mengproduct van 455 kHz wordt nogmaals gefilterd in een keramisch filter CFU455D (20 kHz) of CFU455E (15 kHz). Na verdere versterking wordt het audio gedemoduleerd dat op pin 13 van IC4 beschikbaar is.

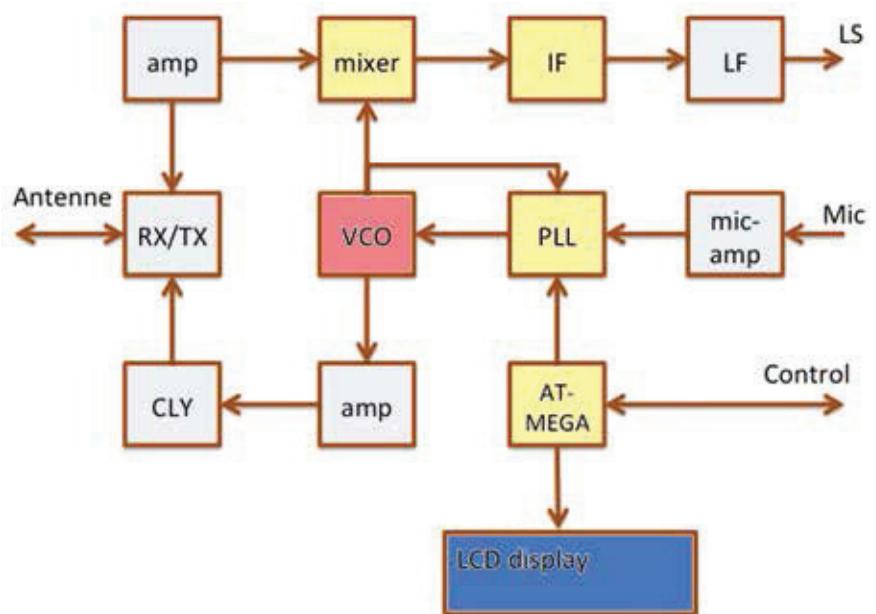


Fig. 1 Het blokschema van de transceiver

De MC33362 heeft een goede logaritmische RSSI-uitgang die een maat is voor de sterkte van het ontvangen signaal. Dit signaal wordt door de microcontroller met een Analoog naar Digitaal Converter (ADC) ingelezen. De mute is opgebouwd rond transistor T2. Als de RSSI onder een ingestelde drempelwaarde blijft, wordt T2 door de microcontroller in geleiding gebracht, waardoor het audio wordt kortgesloten naar aarde. (Ook bij zenden activeert de microcontroller deze mute.) Het audio wordt tenslotte via de volumepotmeter tot luidsprekerkerniveau versterkt door een LM386 (IC5). Bij zenden wordt een deel van het VCO-signaal (van 5 dBm) via een microstrip coupler (-15 dB) uitgekoppeld en versterkt in een MAR-8 (+20 dB). Daarmee komt een signaal van +10 dBm beschikbaar. De reden dat er via een coupler eerst verzwakt wordt uitgekoppeld en er dan weer versterking volgt, is dat hiermee de isolatie van de VCO via de zendversterker naar de antenne vergroot wordt. (Deze uitschakelbare versterker zorgt tijdens ontvangen verder voor verzwakking van het VCO-signaal dat via de zendversterker 'doorlekt' naar de ingang van de ontvanger, zodat deze niet blokkeert.) Het TX-signaal wordt vervolgens in een AH-1 versterkt tot 22 dBm (+12 dB) en in T7, een CLY5 FET, nogmaals met ca. 8 dB verhoogd tot maximaal zo'n 1 W. De CLY5 heeft een negatieve gatespanning nodig, die wordt opgewekt door gelijkrichting in de FET zelf van het aangeboden HF-signaal. Deze spanning valt over R46.

De VCO wordt gemoduleerd via de regelspanning door een microfoonvoorversterker rond een LM741. Op deze opamp wordt ook een eventueel (CTCSS) toontje bijgevoegd dat via een laagdoorlaatfilter uit de microcontroller komt. In de huidige versie van de software wordt een blokgolf opgewekt, maar de Atmel-controller kan ook een sinusvormig signaal opwekken door middel van PWM (pulsbreedtemodulatie). Leuk om eens mee te experimenteren.

De antenneschakelaar bestaat uit twee PIN-diodes. Bij ontvangen sperren deze allebei, zodat het antennesignaal direct naar de ingangsversterker wordt geleid. Bij zenden worden beide diodes in geleiding gebracht via L5 en R38. De uitgang van de CLY5 is nu verbonden met de antenne via D2, en D1 sluit een kwartgolf kort naar aarde waardoor deze kortschutting wordt getransformeerd naar een hoge impedantie, met als gevolg dat de RX-ingang eigenlijk 'onzichtbaar' is geworden vanaf de antenne.

Ten slotte wordt de RX/TX-spanning door de transistoren T3 t/m T6 geschakeld. Bij zenden stuurt de controller T5 in geleiding waardoor T4 de zendversterker van spanning voorziet. In dat geval is ook de basis van T3 hoog, waardoor deze transistor sperrt en de ontvangstzijde dus spanningsloos is. T6 is toegevoegd om het omschakelen te versnellen.

Opbouw

Voor de transceiver is een doorgemetaliseerde print ontworpen. Op enkele voedingslijnen na is de bovenkant volledig aardvlak. Het gebruik van extreem kleine

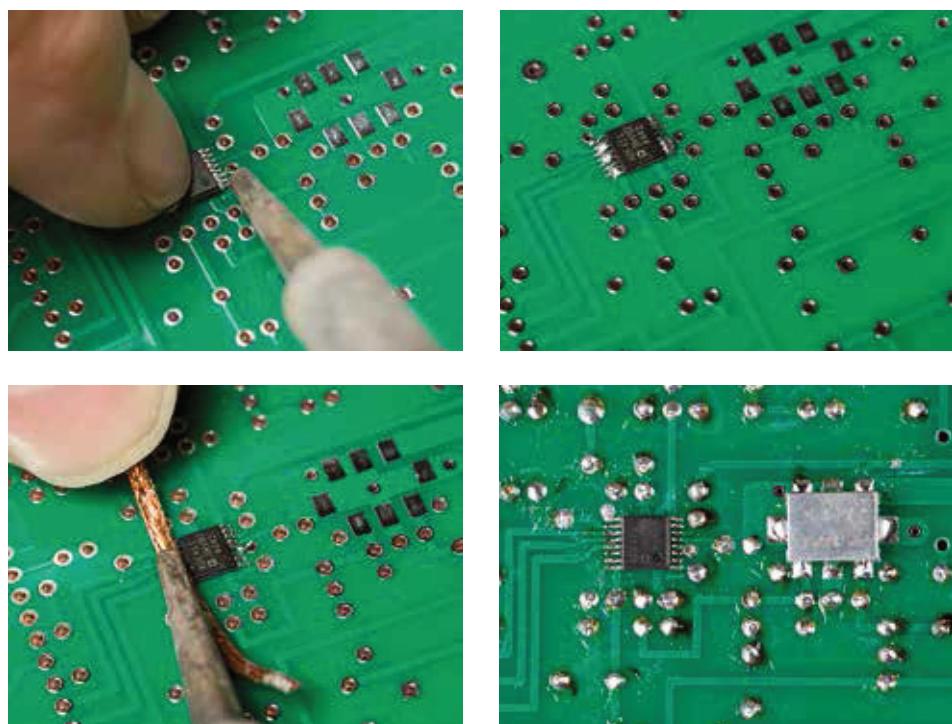


Foto 1a, 1b, 1c en 1d De montagestappen van het phase locked loop circuit. Eerst het IC met een pootje vastzetten. Als het goed zit de rest van de pootjes solderen. Ongetwijfeld loopt er soldeer tussen de aansluitingen. Dit met desoldeerlitze weghalen.

SMD-onderdelen is zo veel mogelijk voor te komen, alleen de ADF4113HV is mogelijk een lastige. Maar ook dit is best te doen, door het IC eerst met een pootje vast te zetten, en dan de resterende pootjes vast te solderen. De positie van pin 1 is op de print gemerkt. Hierbij mag het soldeer gerust tussen de potjes lopen, want met desoldeerlitze zuigen we vervolgens al het overtollige soldeer weg. Controleer met een loep en met een multimeter met 'piepfunctie' of er geen sluiting zit tussen de pootjes. Met name een sluiting tussen pootje 15 en 16 is fijn voor het IC en leidt tot vuurwerk.

De VCO is op zich niet moeilijk in te bouwen, maar heeft de pootjes aan de zijkant. Dus zet deze goed op de pads en soldeer een pootje vast. Als alles goed lijkt te zitten soldeer je de

overige pootjes vast. Hiervan zitten er verschillende aan massa en het huisje. Na de PLL en de VCO kunnen de overige SMD-onderdelen worden aangebracht. De ingang van de MAR-8 is gemarkerd met een stip. Na de SMD-onderdelen kunnen de overige onderdelen aan de bovenkant van de print gesoldeerd worden. Proefondervindelijk bleek dat een weerstand van 1 kΩ tussen pin 21 en 22 van IC4 de gevoeligheid van de IF verbetert. Deze weerstand zit echter niet in de lay-out. Soldeer deze daarom aan de onderzijde van de print. Ook een extra SMD-condensator van 1 nF parallel aan C2 is aan te bevelen, omdat de doorlaatdemping van het striplijnfilter daarmee sterk verminderd. Zorg verder dat de trimmer C48 zodanig wordt ingesoldeerd dat de schroefaansluiting aan aarde ligt.

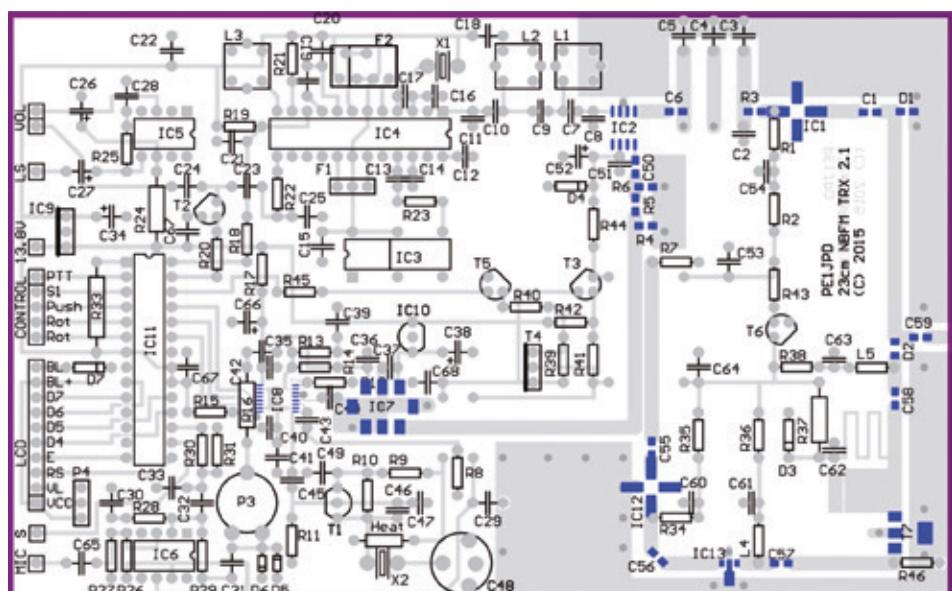


Fig. 3 De printlay-out en de opbouw van de componenten

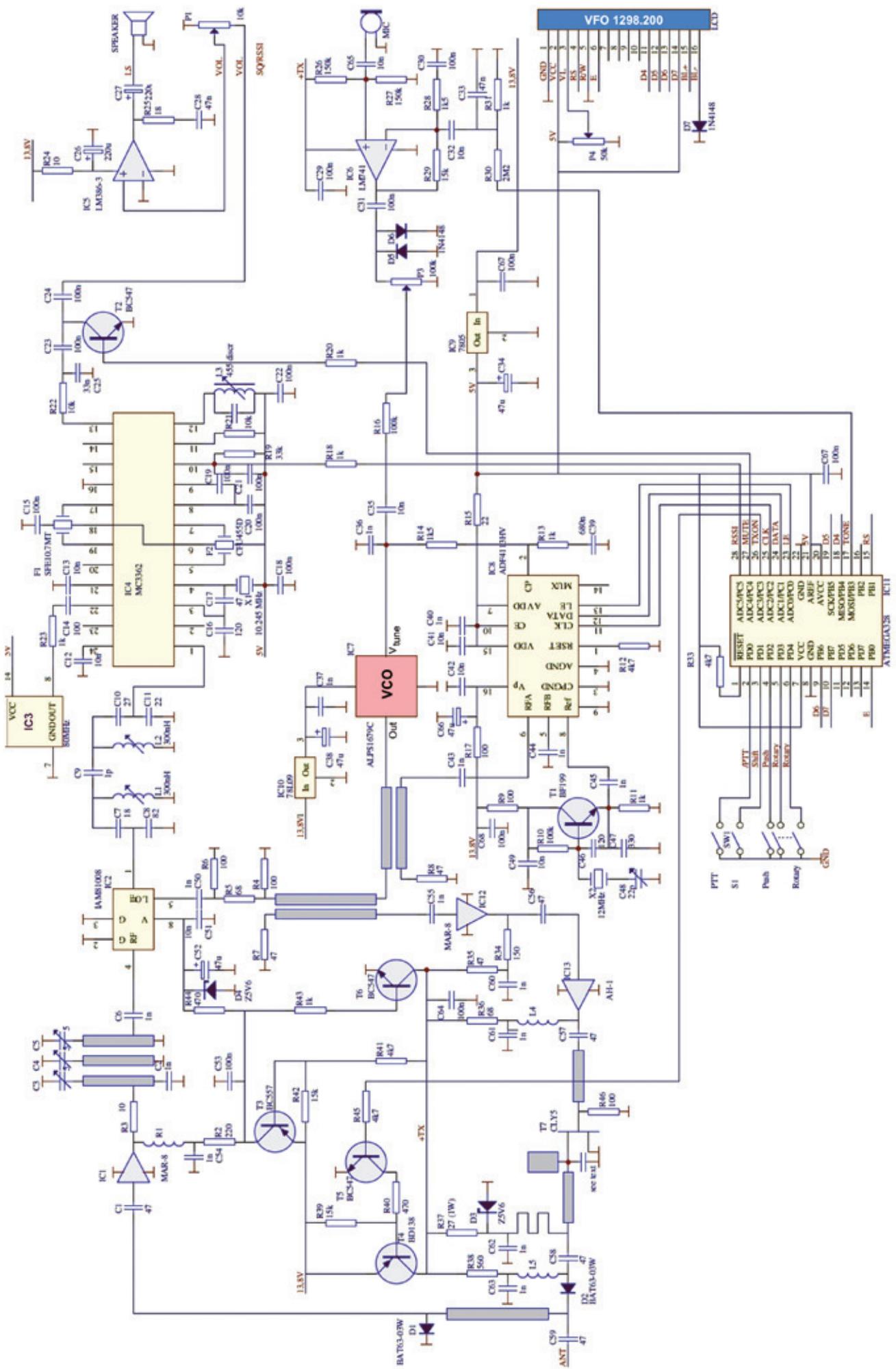


Fig. 2 Het schema van de transceiver

In het schema is C32 op de print vervangen door een weerstand van $150\text{ k}\Omega$. Hiermee verbetert de kwaliteit van de CTCSS-bromtoon. Na opbouw van de print wordt het blik geboord. Kies een oriëntatie voor de print in het blik en markeer de locatie van de 21 (mini)doorvoercondensatoren op een hoogte van 2 cm vanaf de bovenrand van het blik. Boor gaten van 2 mm en ontbraam deze met een wat grotere boor. Aan de andere kant van het blik zit de antenneaansluiting. Teken deze ook af aan de hand van de print en boor een gat van 2 à 3 mm op een afstand van 8 mm vanaf de onderzijde van het blik.

Vijf aan de zijde van de korte omgezette kanten van het blik een halve millimeter van de print en vijf de overige twee hoeken een beetje rond, zodat de print goed in het blik past. Soldeer de print nu op enkele punten in het blik, op een hoogte van 8 mm vanaf de onderrand. Let op dat je deze horizontaal monteert en het blik haaks houdt door het in een deksel te plaatsen. Check of het gat voor de antennecoax voor het printspoor valt. Als alles goed zit de print verder rondom vastsolderen; met name aan de zijde van de antenne is dit voor juiste RF-aarding essentieel. Ten slotte de doorvoercondensatoren met een platbektangetje van buitenaf in de geboorde gaten drukken en aan de binnenzijde solderen. De draadjes van deze C's worden nu op de corresponderende eilandjes op de print gesoldeerd.

Gebruik voor de verbinding naar de antenne dunne coax; twee tot drie millimeter dik. Tip: verzin de buitenmantel van de coax en kras deze rondom in met een scherp mesje. Daar kan je de buitenmantel dan afbreken met een keurig resultaat tot gevolg. Verwijder de binnenisolatie tot op 0,5-1 mm en steek die door het gat in het blik zodat de buitenmantel het blik raakt. Soldeer de buitenmantel rondom aan het blik vast. Sluit nu het blik aan op de bedieningsorganen. Als de rotary niet lekker werkt of maar een kant op wil, sluit dan de massa-aansluiting op een van de twee buitenste pennen aan.

Test en afregeling

Sluit de 13,8V-voeding aan en stel de contrastpotmeter R4 in voor optimaal beeld op het dis-

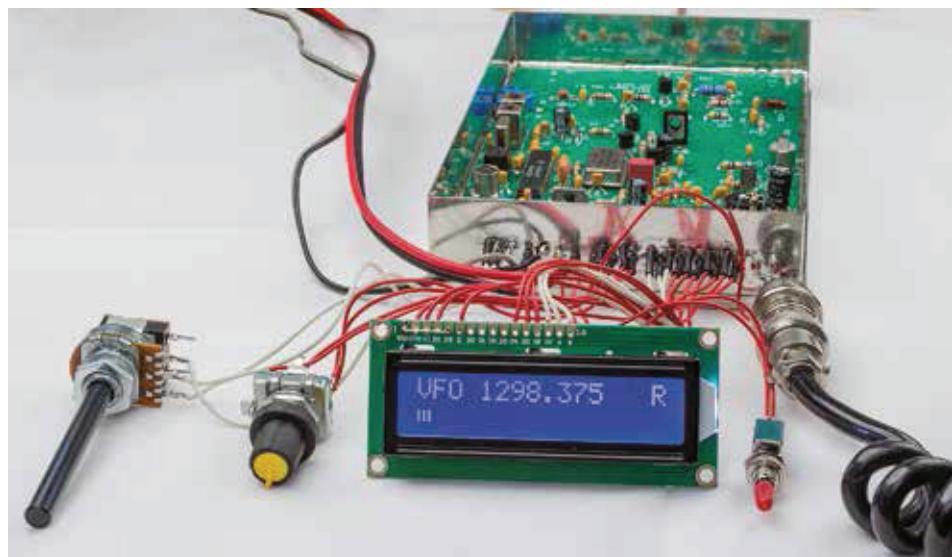


Foto 2 De transceiver in losse delen terwijl een signaal van 1298,375 MHz wordt ontvangen

play. Hierop moet dan de frequentie zichtbaar worden. Zo niet, dan uitschakelen en alles controleren. Let op dat de aansluiting voor 13,8 V geen contact maakt met z'n buren, dan is de microcontroller nl. meteen overleden (gebruik krimpkous).

Controleer eerst of de PLL in lock is. Dit kan uiteraard met een frequentieteller of spectrumanalysator, maar ook met een scope of multimeter: bij schakelen van RX naar TX en vice versa maakt de VCO van de PLL een sprong van 63,9 MHz. Dit is goed meetbaar op de regelspanning. Als de spanning netjes heen en weer schakelt is de PLL in lock. Met de trimmer C48 is de frequentie exact in te stellen. De discriminatorkring L3 staat over het algemeen af fabriek al op frequentie; eventueel kun je deze op maximale en symmetrische ruis op de scope afregelen. De ontvangststrip wordt met de S-meter op het lcd afgeregeld. Begin liefst met een signaal van 69,3 MHz voor de eerste IF. Eventueel kan ook de hele ontvangststrip in één keer afgeregeld worden als een redelijk sterk 23cm-signaal vorhanden is. De ervaring leert dat de Murata trimmers C3-C5 een beetje kraken; deze moeten dus secuur afgeregeld worden, bij voorkeur met een kunststof of keramische trimsleutel. Maak er

eventueel zelf een van een stukje printplaat dat je kaal en in de juiste vorm vijft. Van vooral de middelste trimmer is de afregeling vrij scherp. Bij zenden (PTT naar aarde) moet een signaal op een 23cm-ontvanger of scanner hoorbaar zijn op de op het display aangegeven frequentie, mits de PLL in lock is natuurlijk. Met C48 kan de frequentie worden nageregeld. De output bedraagt zonder afregeling ca. 0,5 W bij 13,8 V. Dit kan met een extra C'tje van 0,5 tot 1 pF tussen drain en source van de CLY5 tot 700 à 800 mW verhoogd worden. Ook kan geëxperimenteerd worden met de stub aan de uitgang van deze FET en/of met de gateweerstand R46 (100 Ω - 4,7 k Ω). Hoe groter deze weerstand, hoe negatiever de gatespanning wordt en hoe meer de FET wordt afgeknepen. Eventueel kun je experimenteren met een instelpot voor het vinden van de optimale waarde. Let op: bij geen of te weinig sturing is er geen negatieve gatespanning en trekt de FET veel stroom. En dat is te ruiken of te voelen aan de 27 Ω -weerstand van 1 W. Overtgens blijft de FET wel heel.

Zoals ik al aangaf is de stabiliteit van de 12MHz-oscillator belangrijk. Daarom is op de print ruimte voor een oventje op het kristal. Je kunt ook een PTC van ca. 80 Ω tegen het kristal aan solderen die wordt aangesloten op 12 V. Maar in plaats van de kristaloscillator kun je mogelijk ook een TCXO'tje inbouwen. Deze zijn op eBay voor een paar euro te koop. De frequentie hoeft geen 12 MHz te zijn (duur!); 12,8 of 13 MHz mag ook. In de software is het deeltal voor de referentiefrequentie namelijk instelbaar.

Ten slotte: mocht je dicht bij een gsm-paal of een andere sterke zender zitten, dan kan de ontvanger daar last van hebben. Er zit namelijk standaard geen selectiviteit voor de voorversterker. Met de antenne aangesloten kan de S-meter dan al vele streepjes uitslaan. In dit geval helpt een simpele zuigkring aan de ingang van de MAR: 15 mm draad in serie met een trimpot (5 pF) naar aarde, onder de print gemonteerd. Deze trimmer dan afregelen op minimum uitslag door de storing. Of neem een keramisch condensatorje van 2,7 pF met in totaal 15-18 mm aansluitdraad. Begin wat langer en knip de draad steeds iets korter tot de storing minimaal is.

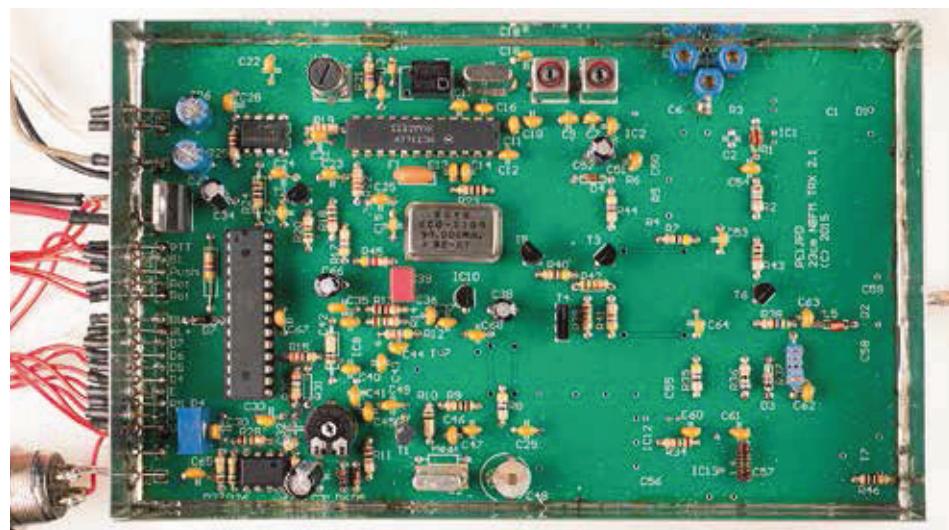


Foto 3 De kern van de transceiver

Software

De microcontroller is een Atmel AVR type: ATMEGA328. Deze chip zit ook in de bekende Arduino's. De controller bestuurt de diverse onderdelen in de transceiver: uitlezen van de rotary encoder voor het instellen van de frequentie en de menu-instellingen, de PTT- en andere schakelaars, de aansturing van het lcd met daarop de frequentieaanduiding en de S-meter, het programmeren van de PLL, en de besturing van de mute. De controller heeft een EEPROM aan boord waarmee instellingen kunnen worden bewaard, ook als de spanning afgeschakeld is. Dit opslaan gebeurt steeds na twee seconden inactiviteit. Ook wekt de controller de CTCSS-toon op.

De software biedt legio mogelijkheden om verder te experimenteren, bijvoorbeeld voor het aansluiten van een analoge S-meter (via puls-breedtemodulatie, waarmee een spanning van 0 tot 5 V kan worden gemaakt), of het toevoegen van geheugenkanalen of een scanfunctie.

De uitlezing van de rotary encoder gebeurt via een interrupt, zodat er geen pulsen verloren gaan. De overige invoer en het display worden in de hoofdlus van het programma afgehandeld.

Gebruik

Bij aanzetten van de transceiver toont het display de actuele frequentie vergezeld van een 'T' of 'R' voor zenden en ontvangen. De tweede regel van het display toont de S-meter als balk van streepjes. Mits goed afgeregeld komt volle schaal overeen met een signaal van -65 dBm op de ingang.

Bij één keer drukken op de rotary afstemknop verschijnt het menu. In dit menu kunnen verschillende zaken ingesteld worden: shift, squelchniveau en een CTCSS-subaudiotoon die sommige repeaters nodig hebben. Bij een CTCSS-instelling onder de 65,5 Hz is deze uitgeschakeld. Zoals al aangegeven kan in het menu ook de referentiefrequentie ingesteld worden.

Bouwpakket

Voor deze transceiver is een professionele doorgemetaliseerde print ontworpen. De hele transceiver is verkrijgbaar als kit bij de auteur [2] of bij de VERON afdeling 't Gooi. Nabouwers zijn van harte welkom op onze clubavonden op dinsdag- en donderdagavond bij de VERON in Hilversum voor ondersteuning bij de bouw of om het eindresultaat in een goed uitgeruste werkplaats door te meten.

In de afgelopen maanden zijn er meer dan dertig exemplaren van deze transceiver opgebouwd, hetgeen de activiteit op diverse repeaters al een boost heeft gegeven. Missie geslaagd dus!

Referenties

- [1] http://www.changpuak.ch/electronics/calc_04.php
- [2] <https://www.pe1jpd.nl>

Radio-amateur noodnet

Electron maart 1954

Met groot enthousiasme is de herdenkingsuitgave „Kanaal 3700“ door de amateurs ontvangen. Men hoort erover spreken op de amateurbanden en op de afdelingsbijeenkomsten en men is het er unaniem over eens, dat het waarde heeft dat het werk van de radio-amateurs bij de hulpverlening gedurende de rampdagen in Februari 1953, op een verantwoorde wijze in een boekje is vastgelegd.

Ook van „officiële“ zijde is de waardering voor „Kanaal 3700“ niet uitgebleven en wij vinden het een grote eer schriftelijke bewijzen daarvan te hebben mogen ontvangen o.m. van de Minister President Dr. W. Drees, de Minister van Verkeer en Waterstaat Mr. J. Algera, de Directeur-Generaal der PTT de heer L. Neher en de Directeur-Generaal van de Rijkswaterstaat Ir. A.G. Maris.

In verschillende dagbladen is het boekje met veel lof besproken.

Een ware verrassing is dat de Directeur-Generaal der PTT begin Februari jl. aan de pers bekend heeft gemaakt dat hij het gewenst acht, na de uitstekende prestaties van vele (zend) amateurs in de rampdagen van Februari 1953, dat in ons land wordt opgericht een Radio Amateur Noodnet, dat bij rampen en andere calamiteiten – zo nodig – in werking kan worden gesteld. Wij kunnen deze beslissing volledig toejuichen.

In tegenstelling tot het bericht dat in nagenoeg alle dagbladen heeft gestaan, is *niet* aan alle zendamateurs, maar slechts aan een aantal hunner door PTT een brief gezonden, waarin de betrokkenen gevraagd worden of zij *in principe* bereid zijn en vanzelfsprekend *op basis van vrijwilligheid*, aan bedoeld noodnet te willen medewerken.

De leiding van dit noodnet is blijkens deze berichten in handen gelegd van de Chef van de Bijzondere Radiodienst [1], onder supervisie van de hoofdingenieur, Ir. H. Mak.

Voorts zouden de richtlijnen, o.m. bevattende de proce-

dure van werken, de te bezigen formulieren, de frequentie waarop het noodnet zal werken, het contact tussen leiding en medewerkers omtrent proefwerken e.d. spoedig gereed zijn.

Het wordt in de genoemde brief noodzakelijk geacht, dat men t.z.t. beschikt over eenvoudige draagbare apparatuur, geschikt voor batterijvoeding.

Deze brief zou aan ca. 100 zendamateurs verzonden zijn, doelmatig verspreid over het gehele land.

Gezien de vragen die ons hebben bereikt en de vragen die men op de amateurbanden hoort stellen – omdat

nu eenmaal slechts weinigen zulk een brief hebben ontvangen – hebben wij gemeend er goed aan te doen alle gegevens die wij hier en daar gekregen hebben, te uwer kennis te brengen.

Uw hoofdbestuur is namelijk eveneens nog niet ter zake ingelicht geworden, hoewel dit op de VR-vergadering van 29 Maart 1953 te Utrecht door de Chef van de BRD blijkens de notulen wel was toegezegd. Dit alleen om aan te tonen dat er ook in dit opzicht voor ons aanleiding is om verrast te zijn. De aanvullende gegevens welke zullen verschijnen zijn ons nu echter zo juist ter kennisname toegezegd.

Intussen zullen wij ons met onze zusterorganisaties (IARU) in Amerika en Engeland, waar reeds dergelijke noodnetten bestaan, alsmede met het Bureau Region I in verbinding stellen om na te gaan hoe deze noodnetten aldaar werken. Ook uit Zwitserland is belangstelling getoond.

Uit de voorlopige gegevens is het duidelijk geworden dat de PTT zelf geen apparatuur beschikbaar stelt (alleen batterijen bij eventuele rampen e.d.) en dus alleen van een administratieve leiding kan worden gesproken.

Deze vorm is voor de overheid onder de gegeven omstandigheden o.i. inderdaad het meest juist en het minst kostbaar omdat deze centrale leiding voor ons kleine land uiterst eenvoudig kan zijn. Verder maakt men volledig gebruik van de mankracht en apparatuur der zendamateurs, die dan de schakels van het noodnet gaan vormen.

[1] De heer A. S. M. van Schendel