

BREEDBAND OP-AMP VERSTERKER VOOR LOOP EN VERKORTE OPEN DIPOOL ANTENNE

door PE1KTH

Als voorversterker voor snelle ADC toepassingen worden steeds betere op-amp versterkers ontwikkeld met een lage ruis en een grote bandbreedte. Het ruisgetal wordt lager waardoor het dynamisch bereik toeneemt bij een lagere vervorming. Burr-Brown, onderdeel van Texas Instruments, maakt de OPA847. Deze versterker heeft een gain bandbreedte van 3,9 GHz en een spanningsruis van 0,85 nV/√Hz. Tevens is de vervorming erg laag: -105 dBc. Deze eigenschappen maken de versterker geschikt als antenneversterker, voorversterker in HF ontvangers en als buffer in HF systemen. Tijdens de experimenten is er naar gestreefd om deze eigenschappen maximaal te benutten voor een zo breed mogelijk frequentiebereik met een gain van ca. 20 dB. De stabiliteit van de versterker moet goed zijn bij een hoge gain en bandbreedte. In dit artikel een verslag van de experimenten en resultaten.

Inleiding

Voor HF versterking werden tot op heden veelal discrete componenten gebruikt zoals een FET of bipolaire transistor. Daarbij zijn nog een aantal omringende componenten nodig

voor realisatie van een HF-versterker. Met de OPA847 is het mogelijk om een goede HF-versterker te maken, rekening houdend met de ontwerpcriteria die voor op-amps gelden. Texas Instruments geeft in een uitgebreide datasheet en diverse application notes aanwijzingen voor het toepassen van de OPA847 in RF en IF schakelingen. Zie hiervoor de referenties.

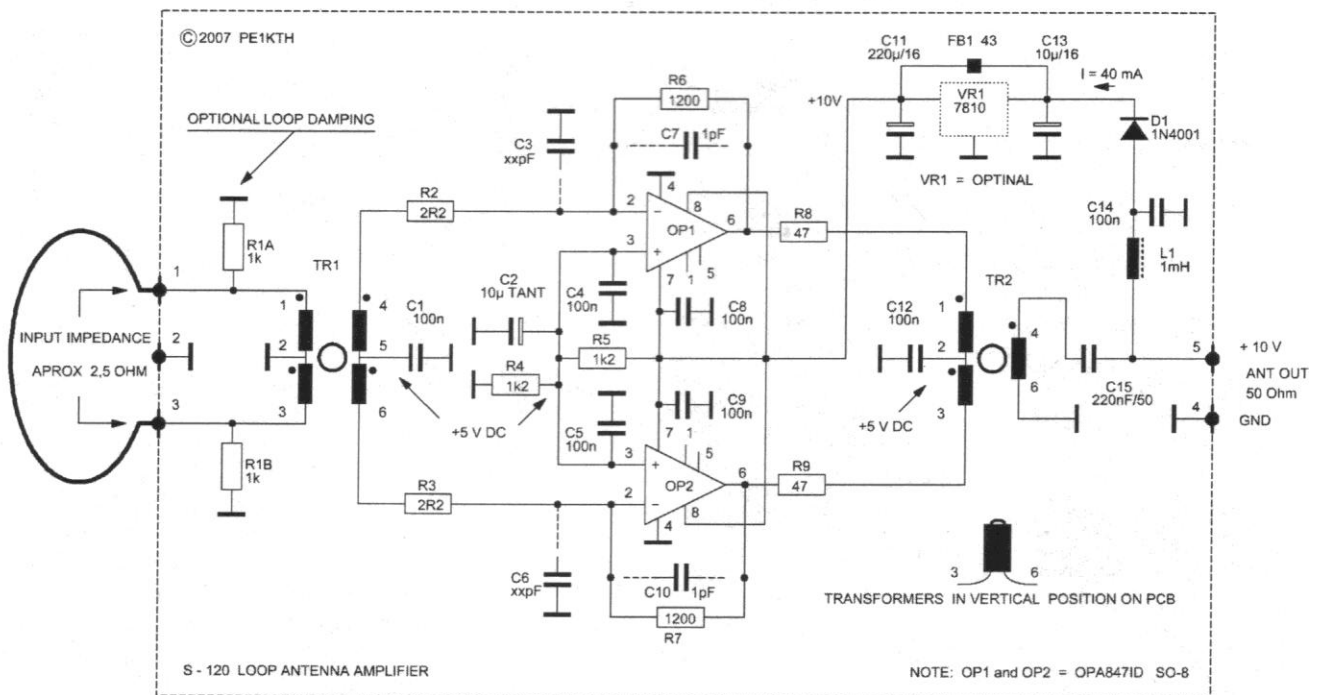
Specificaties OPA847

High gain bandwidth	3,9 GHz
Low input voltage noise	0,85 nV / √Hz
Very low distortion	-105 dBc
Low supply current	18 mA
Stable for gains	≤ 12
Single-supply	+ 10 V

Versterker opbouw

De versterker is opgebouwd in een balansschakeling, zowel aan de in- als aan de uitgang. Zie het schema in figuur 1.

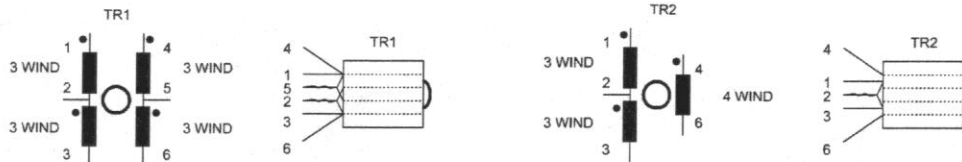
Door de grote gain-bandbreedte van het IC en het toepassen van breedband transformators is het mogelijk om over een groot frequentiegebied te versterken met een gain van ca. +20 dB. Het bereik loopt van ongeveer 100 kHz tot 180 MHz. Hiervoor zijn TR1 en TR2 uitgevoerd als breedbandtransformators. De kern is een Amidon FB-43 2402 balun model. De trafo TR1 heeft primair en secundair



C3, C6, C7, C10 ARE OPTIONAL FOR FREQ LIMITING

WIDE BAND TRANSFORMERS AMIDON FB-43-2402 BALUN TYPE

ALL WIRE 0.2 mm DIAM BIFILAIR



Figuur 1. Schema versterker

3 wikkelingen bi-filair gewikkeld met een tap in het midden. De primaire tap 2 van de wikkeling tussen 1 en 3 ligt direct aan massa. De secundaire tap ligt ook voor hoogfrequent aan massa via C1, 100 nF. Dit is gedaan omdat aan de ingangen 2 van de OPA847 de halve voedingsspanning (+5 V) staat.

De uitgangstrafo TR2 heeft primair 3 windingen bi-filair met tap 2 in het midden, die voor HF aan massa ligt via C12, 100 nF. Beide baluns staan recht op de print om de aansluitingen zo kort mogelijk te houden. Ze zijn gewikkeld met 2 x 0,2 mm diameter koperdraad. Het gebruikte draad dat ik hiervoor toepas bestaat uit 2 geleiders die tegen elkaar aan liggend verlijmd zijn zodat bi-filair draaien niet nodig is. Dat geeft wat meer ruimte in de kern tijdens het wikkelen en de symmetrie is beter gewaarborgd.

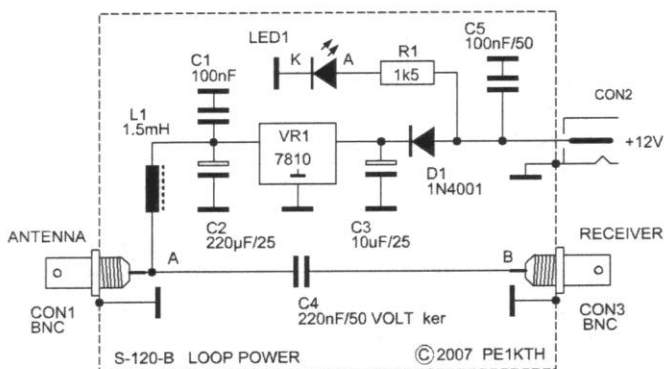
De weerstanden R2 en R3 en TR1 bepalen samen met R6 en R7 de versterking. R2 en R3 fungeren ook als een stopweerstand, maar zijn erg laag gehouden (tussen de 2,2 en 10 Ω) om de ruisfactor te beperken. De weerstanden R1A en R1B zijn dempingweerstand maar daarover later meer.

De condensatoren C3 en C6 kunnen worden benut om de bovengrens van het frequentiebereik te beperken. Dit geldt ook voor C7 en C10. De condensatoren C3, C6, C7 en C10 zijn niet geplaatst om de versterking aan de hoge kant niet te beperken.

De positieve ingangen van de op-amps worden op de halve voedingsspanning (+5 V) gebracht door de spanningsdelers R5 en R4. Het knooppunt is goed ontkoppeld met C2, C4, C5, C8 en C9. De condensatoren C8 en C9 zijn dicht bij voedingspunt 7 en 8 van het IC aangebracht voor ont koppeling. De uitgangsimpedantie wordt bepaald door de verhouding van TR2 en de weerstanden R8 en R9 van 47 Ω . De impedantie is op 50 Ω gebracht met 4 windingen tussen 4 en 6. De 10 V voeding komt via de coaxkabel en L1. VR1 is optioneel als de versterker op tafelniveau wordt gebruikt voor experimenten of de ontvanger de spanning via de antenne aansluiting levert. VR1 wordt dus niet geplaatst met een lange kabel en overbrugd met een draadje waarop een ferrietkraal is geschoven.

Voeding

De 10 V stabilisator wordt geplaatst aan de ontvangerkant van de kabel (zie figuur 2). De gestabiliseerde en goed gefilterde +10 V voedingsspanning kan zodoende geen

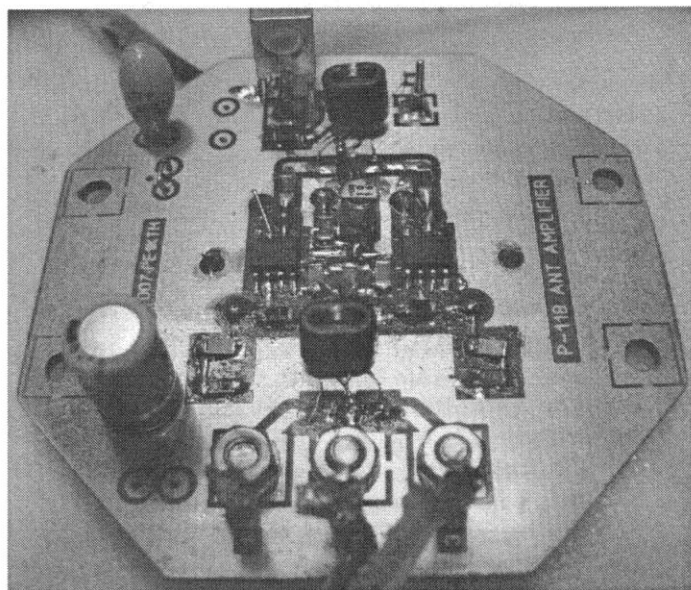


Figuur 2. Schema van loop power

storing veroorzaken op de antennesignalen. D1 is een ompoolbeveiliging. De ompoolbeveiliging op de antenneversterker print (D1) kan dan worden overbrugd om de 0,8 V spanningsval weg te nemen. De ompoolbeveiliging wordt dan gerealiseerd op het loop-power printje. Een LED geeft aan of de voeding naar de versterker aanwezig is.

De print

De print is dubbelzijdig ontworpen waarbij een symmetrische structuur is gemaakt voor de beide SMD op-amps en rekeninghoudend met de effecten op de hogere frequenties. Korte verbindingen zijn dan belangrijk evenals het aanbrengen van de diverse verbindingen naar het aardvlak. Om oscillatie te voorkomen zijn alle weerstanden en condensatoren in SMD1206-formaat uitgevoerd met uitzondering van de elco's en L1. Voor het aansluiten van de loop zijn 3 mm boutjes geplaatst op punten 1, 2 en 3 met soldeerlippen.

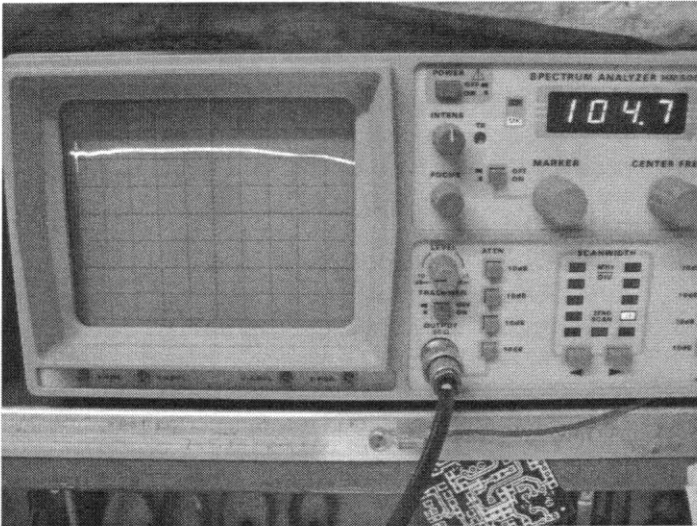


Figuur 3. Prototype print versterker

Experimenten

Nadat de print was bestückt en voorzien van een loop (gevormd door twee meetsnoeren aan elkaar te koppelen) trad er oscillatie op met het opstarten. Om de stabiliteit te verhogen werd de tegenkoppeling verhoogd door R6 en R7 naar 470 Ω te verlagen. De lagere versterking resulteerde echter weinig verbetering. Diverse wikkelverhoudingen en kernmaterialen zijn vervolgens uitgeprobeerd voor TR1 en TR2, waarbij bleek dat meer wikkelingen op TR1 en TR2 meer inductie met zich meebracht en dientengevolge de versterking aan de hoge kant sneller afviel en er tevens grotere variatie in de gain zichtbaar werd op hogere frequenties. Met 3 windingen voor TR1 en TR2 werd de versterking vlak in de eerste 100 MHz.

Vervolgens werd de middentap van TR1 en TR2 met de condensatoren C1 en C12 naar massa ont koppeld, waardoor de parasitaire capaciteit van deze wikkelingen naar massa ont koppeld werd. Hiermee werd de stabiliteit beter. Voor de 50 Ω aanpassing van TR2 aan de kabel waren 4 windingen nodig. De weerstanden R2 en R3 geplaatst aan de ingang tussen 2,2 en 10 Ω verbeterden eveneens de stabiliteit. De versterking werd nu opgevoerd door de tegenkoppeling R6 en R7 op 1200 Ω te brengen.



Figuur 5. Doorlaatspectrum versterker

Met deze verbeteringen was de versterker behoorlijk stabiel en kon worden gesweept om de frequentiedoorlaat en de gain van de versterker vast te stellen.

Figuur 5. geeft de doorlaat weer.

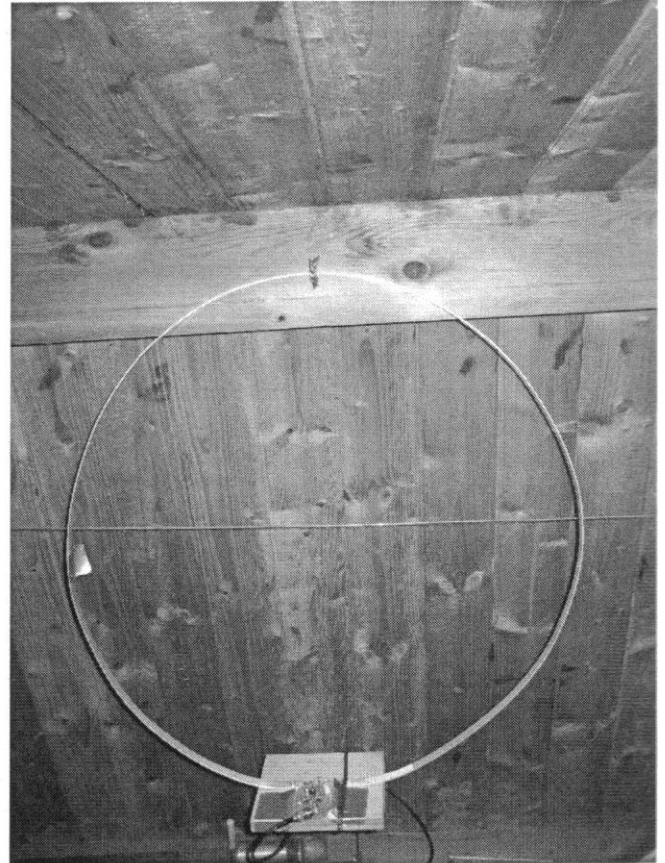
De versterker was stabiel met zowel open als gesloten ingang!

Vervolgens werd met 3 verschillende loops geëxperimenteerd op de werktafel:

- Een RG213 coax-loop van 50 cm doorsnede waarvan de mantel is gebruikt.
- Een draadloop van 4,5 meter montagedraad in een driehoek gespannen boven de werktafel.
- En een 2 meter lange aluminium strip, 15 mm breed, in een cirkel gebogen zoals is te zien in figuur 4.

Tijdens de experimenten bleek dat de loop een grote invloed heeft op de stabiliteit. Dat valt te verwachten omdat de versterker met 20 dB gain breedbandig is tot zo'n 300 MHz en elke loop een eigen resonantie heeft die niet bekend is, waarbij de Q-factor en parasitaire capaciteit zullen verschillen. Beïnvloeding van de loop door dichtbij-objecten kan de fase doen verschuiven waardoor oscillatie kan optreden. Een remedie was om de loop enigszins te dempen met de weerstanden 1AB en 2AB over de aansluitingen van de loop, met waarden tussen de 560 Ω en 8,2 k Ω . Ook bleek dat bij een vrije opstelling de dempingweerstand niet meer nodig waren om stabiliteit te krijgen. Het beste is dus om met deze weerstanden te experimenteren.

Er moet dus bij het in gebruik nemen en plaatsen van de loop worden gecontroleerd dat de versterker stabiel is in de opstelling. Dat kan worden gedaan door een mA-meter in de voedingslijn op te nemen. Als oscillatie optreedt wordt de stroomafname veel groter dan de 40 mA van de beide IC's. In de ontvanger is dan een sterke ruis te horen en de AVC drukt de ontvanger dicht en maakt hem ongevoelig. Wanneer zeer sterke zendstations in de omgeving aanwezig zijn die in het frequentiebereik van de versterker vallen kan dat leiden tot oversturing, met als gevolg oscillatie van de versterker. De loop verkleinen of verdraaien naar het minimum



Figuur 4. Loop onder het dakbeschoot

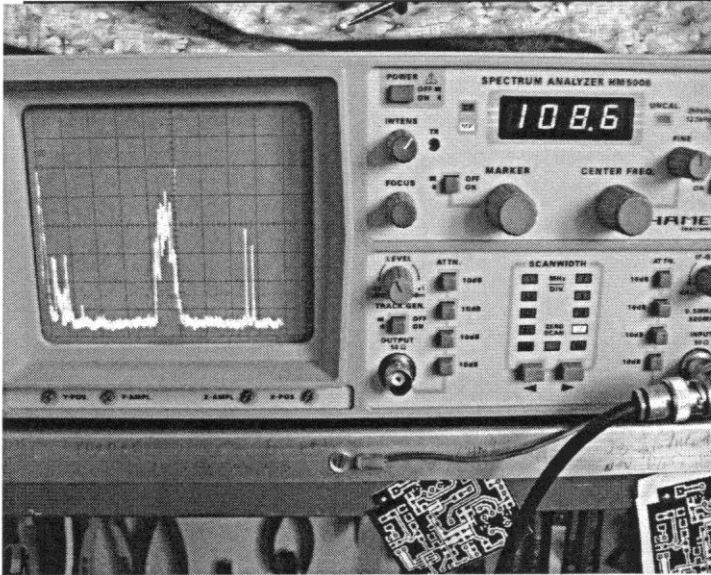
is dan een oplossing. Belangrijk is ook korte verbindingen te maken van de loop naar de print en de coax aansluiting.

Ontvangstresultaten

Lage ruis wordt niet alleen verkregen door een ruisarme opamp. De atmosferische ruis - vooral op de lage HF banden - en "man-made noise" bepalen de neembaarheid van de signalen. Een aardige demonstratie van de voordelen om alleen de magnetische component te ontvangen met een loop is om boven in het midden de loop te onderbreken en horizontaal open te vouwen. Er ontstaat dan een verkorte open dipool. De ruis en stoorsignalen nemen dan aanzienlijk toe doordat ook de elektrische component wordt ontvangen.

Met alle drie de loop-uitvoeringen zijn goede ontvangstresultaten vastgesteld. Van de ontvanger (ICOM 706 MK2) werd de voorversterker permanent uitgeschakeld en niet meer gebruikt. De 706 is op de lange golf behoorlijk doof. Het inschakelen van de voorversterker gaf meer ruis en verminderde de neembaarheid. Het oversturen van de ontvanger moet worden voorkomen.

- Met de 4.5 meter lange montagedraadloop boven de werkbank gaf dit sterke signalen, vooral op de lage banden tot ca. 10 MHz door het grote oppervlak van de loop. Oversturing werd niet waargenomen. Op de 706 kon nu ook de lange golf goed worden ontvangen: vanaf ca. 50 kHz werden stations gehoord. Ook DWD op 148 KHz met nautische RTTY kwam sterk en helder door met zeer weinig ruis.
- De coax RG213-loop met een diameter van 50 cm werkte



*Figuur 8. Midden: ontvangst FM band.
Rechts 2 maal marifoon zenders*

Vervolg

De print wordt geoptimaliseerd en geschikt gemaakt voor plaatsing in een waterdichte, solide aluminium behuizing. Een waterdichte voorziening voor het monteren van de loop-strip met nylon doorvoeren zodat de antenne buiten geplaatst kan worden. Figuur 7 geeft het idee weer.

73' Joris

E- mail: kthkit@xs4all.nl

Referenties:

Datasheets van BURR-BROWN products Texas Instruments:

- Data sheet van de OPA847
- Applicatie note's APNOTE 223 OPA847, APNOTE OPA027b, APNOTE OPA059, APNOTE RF OPA, AP NOTE RF OPA121, APNOTE RF-IF OPA102, APNOTE Ti069.

NB: Op het internet is onder de naam WL1030 een groepje amateurs bezig met een dergelijk loopversterker.

Lezenswaardig!

BREEDBAND OP-AMP VERSTERKER VOOR LOOP EN VERKORTE OPEN DIPOOL ANTENNE

Vervolg en afsluitend deel
door PEIKTH

In de voorgaande Nieuwsbrief nr.125 is verslag gedaan van de experimentele antenneversterker met de OPA847 op-amp's. Aangegeven is toen dat het printontwerp geoptimaliseerd zal worden en in een aluminium waterdichte behuizing kan worden geplaatst. Tevens was de stabiliteit nog een punt van onderzoek omdat onder bepaalde omstandigheden toch nog oscillatie kon optreden. De analyse en de daaruit voortvloeiende verbeteringen hebben geleid tot een onvoorwaardelijk stabiele breedband antenneversterker. Hierbij het vervolg, een verslag van de verbeteringen en praktische uitvoering.

Inleiding

Tijdens de vervollexperimenten zijn de volgende punten aan de orde gekomen en verwerkt in de uitvoering:

- Onderzoek naar oscillatie, oorzaak en remedie.
- Optimalisatie van het ontwerp.
- Wijziging van de breedband balanstransformatoren.
- Inbouw versterker, voedingsprint en loop.
- Eindresultaat.

Onderzoek naar oscillatie

Tijdens het opzetten van het ontwerp is in eerste instantie de aandacht uitgegaan naar het versterkerdeel. Omdat het doel was om een zo hoog mogelijke frequentie te bereiken bij een gain van ca +20 dB tot zo'n 200 MHz werd ervoor gekozen het ontwerp op een prototype print te zetten. Immers, met de dode kever constructie zou te veel parasitaire inductie en -capaciteit aanwezig zijn met verhoogde kans op oscillatie.

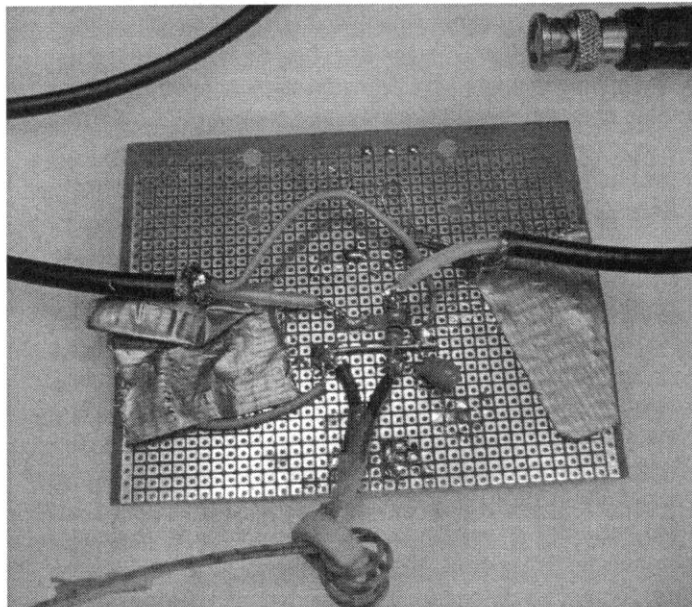
De eerste prototypeprint met opgebouwde versterker bleek tijdens het testen stabiel te zijn. Bij een open of kortgesloten loopingang op punt 1 en 3 trad er geen oscillatie op en bleef het ruisniveau gelijk. Echter, met een loop aangesloten kon er soms en onder bepaalde omstandigheden wel oscillatie optreden.

In principe zijn er twee mogelijkheden waarbij oscillatie kan ontstaan, namelijk op de versterkerprint zelf door een slecht PCB ontwerp of door signaal-inkoppeling buiten de versterker om via de antenne-ingang.

Oscillatie ontstaat alleen indien de versterking groter is dan 1 (wat met een gain van +20 dB dus het geval is) en hierdoor de pad-verliezen worden gecompenseerd.

Tevens moet het signaal in de in- en uitgang van de versterker in fase zijn.

Omdat de versterker met printontwerp stabiel was is onderzocht wat de effecten van instraling via de aangesloten loop waren. Om de versterker te kunnen voeden via de coaxkabel was tijdelijk op een stukje print de 1 mH smoorspoel en een scheidingscondensator gesoldeerd. Zie figuur 9.



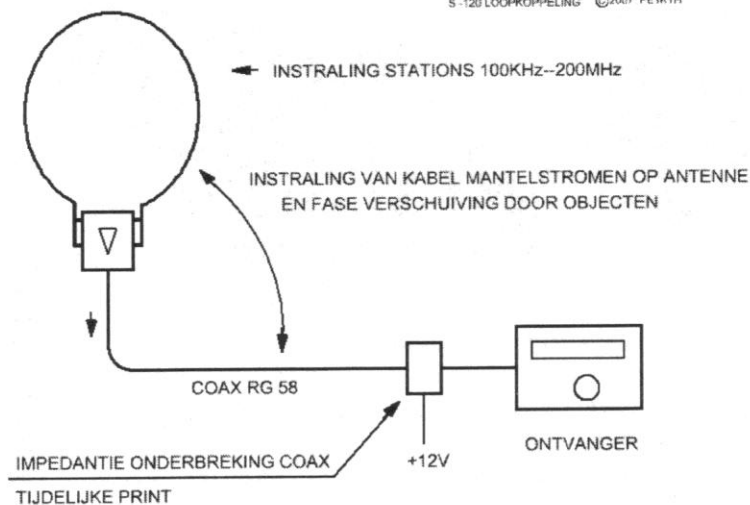
Figuur 9. Tijdelijke voeding

Doordat de loopantenne boven de tafel was opgehangen en het voedingsprintje op tafel lag trad er instraling op vanaf de coaxkabel en het printje naar de loop.

Dat kon worden vastgesteld door ze uit elkaar te halen en door de loop te draaien en oscillatie al dan niet kon worden waargenomen.

De oorzaak van de instraling was een niet goed afgesloten uitgaande coaxkabel met 50 Ω door onderbreking op de voedingsprint en het niet afgeschermd zijn van de voedingsprint. De hierdoor ontstane mantelstromen aan de buitenzijde van de coaxkabel kon worden vastgesteld door met de hand de kabel beet te pakken waardoor oscillatie al dan niet optrad. Ontkoppeling van de mantel, door deze enkele malen door een parse ringkern te halen, had geen effect omdat vanaf de print het versterkte signaal werd uitgestraald zoals is weergegeven in figuur 10.

S-120 LOOPKOPPELING ©2007 PEIKTH



Figuur 10. Instraling op loop

Door het breedbandig karakter van de antenne komen zeer krachtige stations binnen op de antenne vanuit de KG, mid-dengolf AM en FM-band, die ook nog eens +20 dB worden versterkt.

Bij de voedingsprint is dus een behoorlijk signaalniveau aanwezig. In het terugkoppelpad van kabel en tijdelijke print naar de loop is niet voorspelbaar hoe de fase en reflecties binnenkomen op de loop. Effecten zoals handeffect en metalen objecten veroorzaken faseverschuiving in het terugkoppelpad naar de loop. Als de uitgestraalde signalen in fase komen op de ingang ontstaat oscillatie, hetgeen ook werd vastgesteld.

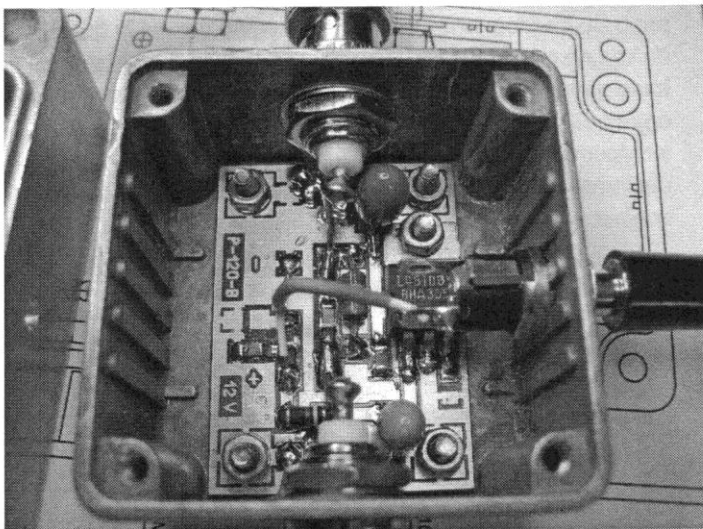
Na completeren van de uiteindelijke voedingsprint en inbouw in een metalen kastje was het niet meer mogelijk om oscillatie tot stand te brengen zoals boven omschreven, zelfs niet door de coaxkabel in de loopopening als een kabellus in te koppelen. Het is dus belangrijk om de 50 Ω impedantie vanaf de balanstransformator T2 tot aan de ontvangeringang zo goed mogelijk te handhaven en af te schermen.

Dat kan worden bereikt door bijvoorbeeld een 50 Ω stripline op het voedingsprintje toe te passen en zowel de connector middenpen als de onderbrekingcondensator op de stripline te solderen.

Het voedingsprintje **moet** in een metalen doosje worden geplaatst om uitstraling te voorkomen en de **coax-mantels worden met het kastje doorverbonden**.

In het voedingskastje (zie figuur 11) wordt daar zo goed mogelijk aan voldaan.

De BNC connectors zitten ca. 6 mm boven de stripline en dat werkt goed. Het kastje is van het merk Bimbox, type 5001/II. De 12 V afgevlakte voedingsspanning gaat via een connector vanaf de middenpen met een kabeltje naar het printje.

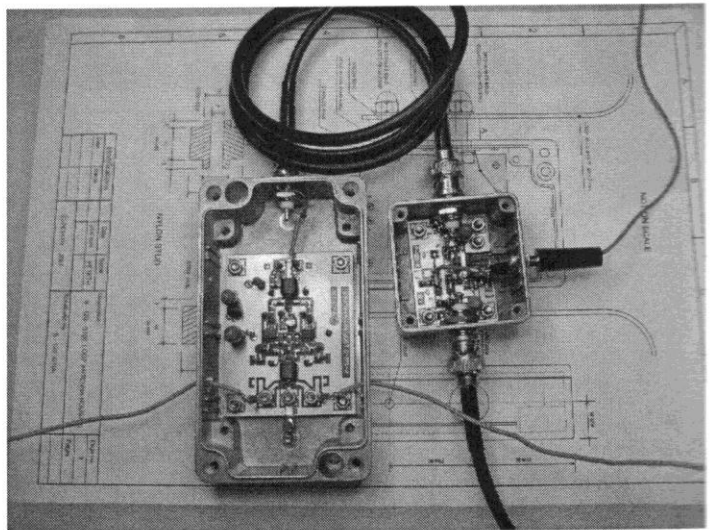


Figuur 11. Voedingskastje

Optimalisatie van de versterkerprint

Op de tweede prototypeprint zijn enkele verbeteringen doorgevoerd. De balanstrafo's liggen nu op de print waarbij de aansluitingen kort zijn.

Tevens kunnen ze nu worden vastgelijmd op de print voor een betere mechanische stabiliteit. De ontkoppelcondensatoren van de T1 en T2 middentap liggen onder de print op het aardvlak. De printafmetingen zijn aangepast voor plaatsing in een waterdichte aluminium behuizing. Het printontwerp en ontkoppeling van de op-amp's bepaalt mede in belangrijke mate de stabiliteit en bandbreedte van de versterker.

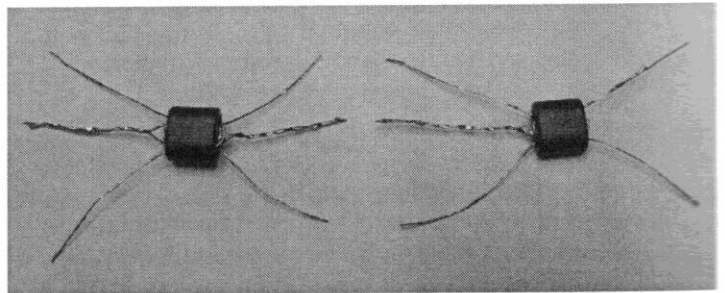


Figuur 12. De complete versterker

Wijziging van de breedband transformatoren

De breedband trafo's T1 en T2 zijn nu iets anders gewikkeld. In- en uitgang liggen aan weerszijden van de kern. Het aantal windingen is ongewijzigd.

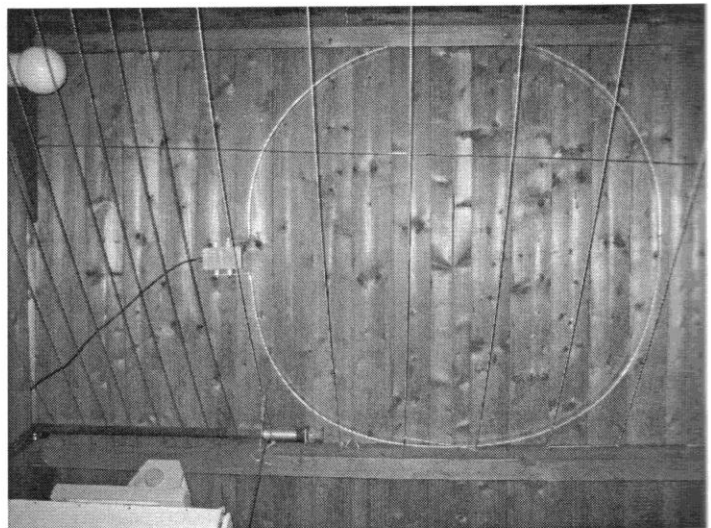
Het wikkelen moet met zorg worden uitgevoerd, en dat is een nauwkeurig werkje, net als het doorsolderen van de wikkelingen. Zie figuur 13.



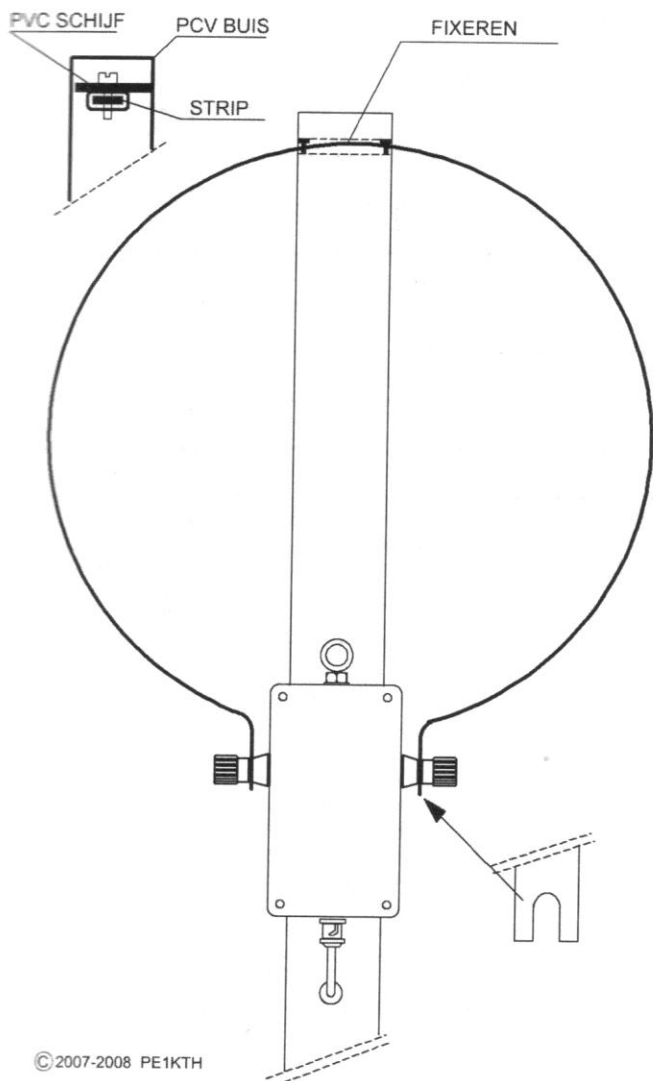
Figuur 13. Breedbandtrafo's. Links T1, rechts T2.

Inbouw versterker, voedingsprint en loop

De versterkerprint wordt ca 4 mm van af de bodem op M3-boutjes vastgezet. Er tussenin zit een M3 moer en een veerringetje waardoor de print goed wordt geaard aan het kastje. De voedingsprint is enkelzijdig en wordt direct op de bodem van het kastje vastgezet.



Figuur 14. Prototype 2 loopantenne tegen het dak (4 meter)



50 MM DIKWANDIGE WATERLEIDING PVC PIJP

LOOP LANGS EEN DOORLOPENDE PVC BUIS MONTAGE
EN ALS BOVEN STEUN VOOR DE LOOP

Figuur 15. Loop opstelling

Deze fungeert nu tevens als aardvlak voor de enkelzijdige print. De loopstrip wordt met apparaatklemmen, formaat 25 à 30 A, aan de zijkant van het kastje doorgevoerd. Het kastje draagt zodoende gedeeltelijk de aluminium loopstrip. Het bovengedeelte van de strip wordt door de PVC buis gedragen en is gefixeerd.

Zie figuur 15.

Het kastje wordt aan de achterzijde met 2 beugeltjes om de pijp bevestigd. De loop kan een diameter hebben van 60 cm tot ca. 120 cm (ca. 4 meter lengte). Voor de loop kan ook een enkele montagedraad, coaxkabel, of waterleidingbuis worden gebruikt, waarbij de loop met korte aansluitdraden op de klemmen van het versterkerdoosje wordt aangesloten. De versterker kan zodoende met een eigen loopconstructie worden toegepast.

Eindresultaat

De antenneversterker is nu permanent in gebruik, werkt goed en is onder alle omstandigheden stabiel gebleken. Het is een groot voordeel dat niet hoeft te worden afgestemd tijdens het gebruik, wat ook de bouw vereenvoudigt. De antenne kan zowel binnen als buiten worden toegepast of als een portabele versterker worden gebruikt voor ontvangst in het veld door de loop van bijvoorbeeld montage-draad of als een verkorte open dipool op te hangen in de bomen.

De ontvangst van DWD 147 KHz, de 160 meter band en 80, 40 en 20 meter is goed en ruisarm. Ontvangst op de hogere banden, 50 MHz, NOAA18 137.1 MHz, 144 MHz, FM en de marifoonband 162 MHz voor lokale ontvangst is een bonus.

Nabouw

Om nabouw eenvoudiger mogelijk te maken is het ontwerp uitgewerkt tot een bouwkit met documentatie, bestaande uit schema, stuklijsten, componentenopstelling en montage-instructie en de printen etc.

Indien er voldoende belangstelling mocht bestaan om deze versterker na te bouwen kan dat worden aangemeld (uitsluitend) via mijn E-mail: kthkit@xs4all.nl

Ik zal dan terugmelden of het door gaat, wat de kosten zijn, levertijd en omvang van de kit zal zijn.

NB. de firma Kent zal de Amidon balun-kernen en de op-amp OPA847ID in SO8 uitvoering in de leveringsvoorraad opnemen.

73' Joris

E-mail: kthkit@xs4all.nl

Referenties:

- *Elektromagnetische compatibiliteit Analyse en onderdrukking van stoornissen. Kluwer Techniek. Auteur ; Dr J.J.Goedbloed, ISBN 90-201-2220-7*
- *Benelux QRP Nieuwsbrief No-125 breedband op-amp versterker voor loop en verkorte open dipoolantenne. Door PE1KTH, pag 2.*
- *Data sheets van BURR-BROWN products Texas Instruments:*
- *Data sheet van de OPA847*
- *Applicatie note's APNOTE 223 OPA 847, APNOTE OPA 027b, APNOTE OPA 059, APNOTE RF OPA 121, APNOTE RF-IF OPA 102, APNOTE Ti 069*