

DDF96 DOPPLER PEILSYSTEEM

© Henk A.J.M. Jenniskens

PE0SSB Breda

20 augustus 2002

Zolang het medium radio bestaat, is er ook altijd al belangstelling geweest voor radiopeilingen. Binnen het werk- en hobbyterrein van radiozendamateurs en professionele diensten worden peiltechnieken gehanteerd, die steeds verder worden ontwikkeld. Zo komen er steeds betere ontwerpen van vossenjachtontvangers ter beschikking en zo hier en daar duiken ook ontwerpen op van meer geavanceerde peilsystemen. De Doppler radiopeiler is zo'n systeem waarvan in de hobbyliteratuur nog maar weinig zelfbouwprojecten zijn verschenen.

Het hier gepubliceerde ontwerp, met als werktitel DDF96, is een zeer interessant nabouwbaar systeem met een compleet printontwerp. De samengestelde printen passen in standaard verkrijgbare behuizingen en zorgen voor een fraai resultaat.

Principe:

De Oostenrijkse wis- en natuurkundige Christian Doppler (1803-1853) heeft als eerste het naar hem vernoemde effect beschreven. De toon van een geluidsbron is hoger als deze naar je toekomt en wordt lager als deze van je afgaat. Als het Doppler effect optreedt, verandert namelijk het aantal golflengtes welke per tijdseenheid worden gepasseerd. Dit komt niet alleen voor bij geluidsbronnen maar ook bij licht- en radiobronnen. Het Doppler effect wordt o.a. gebruikt bij het meten van snelheid, door het verschil in frequentie op te meten tussen de uitgezonden en de teruggekaatste radargolf, de Potitie maakt van dit effect gebruik bij snelheidsmetingen van verkeer. Ook in de sterrenkunde heeft het zo zijn toepassingen.

De eerste werkende doppler peiler is ontworpen door H.T. Budenbom die gebruik maakte van een mechanische motorgestuurde schakelaar om de antennes om te schakelen. Hierbij traden veel transient effecten op en veel verlies van HF-signalen. De DDF96 maakt gebruik van elektronische omschakeling zoals dit tegenwoordig gebruikelijk is.

Dit DDF96 Doppler peilsysteem biedt de mogelijkheid om zowel in stabiele als mobiele opstelling de richting te bepalen van een te ontvangen hoogfrequent signaal. Naast het hier beschreven ontwerp is een ontvanger benodigd voor de gewenste peilfrequentie en een viertal gelijke antennes. Elke smalband FM-ontvanger in het bereik van 20 tot 300 MHz kan dienst doen als ontvanger. Dit kan een scanner-ontvanger zijn, maar bijvoorbeeld ook een portofoon.

Aan de hand van het blokschema zullen we proberen om globaal de werking uit te leggen van de DDF96.

Aan de ingang van de antenne switch bevinden zich vier antennes met dezelfde specificaties. In de antenne switch worden de antennes d.m.v. diodes één voor één aangeschakeld, zodat een roterend effect ontstaat. Om transient (inschakel) verschijnselen te voorkomen en het roterende effect zo natuurlijk mogelijk te maken, worden de antennes "vloeiend" aan- en uitgeschakeld. De bij elkaar gemixte signalen van de antennes worden naar de ontvanger gestuurd.

Door het roterende effect van de antenne ontstaat in het ritme van de rotatie een fasemodulatie op alle ontvangen signalen.

Het signaal wordt in de ontvanger gedetecteerd. Het LF-signaal bestaat uit de fasemodulatie van het doppler-effect en de (spraak)modulatie die op het HF-signaal aanwezig is. Dit signaal wordt toegevoerd aan een bandfilter die het fasesignaal uitfiltert voor verdere verwerking. Deze fase wordt toegevoerd aan een (de-)multiplexer, waar het vergeleken wordt met een kloksignaal. Vanuit de multiplexer wordt nu het leddisplay aangestuurd dat de richting van het ontvangen signaal aangeeft.

Bespreking schema:

Het systeem is in twee delen op te splitsen nl.:

- De basiseenheid waar d.m.v. fasevergelijking de richting van de zender wordt bepaald.
- De antenne omschakeleenheid of antenne switch, waar de antennesignalen bij elkaar gemengd worden.

Op de antenne omschakeleenheid worden de vier gelijkvormige antennes aangesloten. Na versterkt te zijn door de HF-versterkers Q6 t/m Q9, worden de signalen d.m.v. de pindiodes D1 t/m D4 bij elkaar gemixed. Het mixen vindt plaats door de stroom door deze diodes te regelen. De transistoren Q1 t/m Q5 regelen dit. De spanning op de emitters van de transistoren bepaalt de vorm van de diodestroom. Dit wordt weergegeven in figuur 1. Doordat deze golfvormen voor de antennes elkaar 90 graden in fase opvolgen, wordt de roterende antenne nagebootst. De fase van het LF-sigitaal uit de ontvanger t.o.v. het rotatie-effect wordt bepaald door de richting waarin de zender zich bevindt.

De vier identieke golfvormgeneratoren, U1 t/m U5, worden aangestuurd door de deler U7. Hieruit zijn vier blok golfsignalen beschikbaar met elk 90 graden faseverschil. Vanuit de PLL (U6) wordt ervoor gezorgd dat de antenne omschakeleenheid altijd de juiste schakelfase heeft t.o.v. hetingangssigitaal dat op J1 vanuit de basiseenheid wordt gestuurd. J1 wordt d.m.v. één coaxkabel met de basiseenheid verbonden. Vanuit de basiseenheid worden de voedingsspanning en het laagfrequent stuursigitaal naar de antenne omschakeleenheid gestuurd. Het hoogfrequent geschakelde sigitaal wordt over dezelfde coaxkabel naar de basiseenheid teruggestuurd. Hier wordt het hoogfrequent sigitaal gescheiden van de andere componenten en naar de ontvanger geleid. Door deze combinatie van signalen is slechts één kabel tussen de twee delen nodig.

Het laagfrequent sigitaal uit de ontvanger wordt toegevoerd aan de laagfrequent ingang van de basiseenheid (J4). Na door een zeer smal bandfilter (U6) met instelbare bandbreedte (P2) geleid te zijn, wordt het sigitaal verder versterkt en tot een blok golf omgevormd d.m.v. comparators U9 en de schmidtrigger U7A. De fase van dit sigitaal t.o.v. de klokgenerator U12, wordt zichtbaar gemaakt d.m.v. de 4515 demultiplexer (U5). De fasemeting zal niet afhankelijk zijn van de nauwkeurigheid van de klokfrequentie, omdat alle signalen in de peiler worden afgeleid van dezelfde klokgenerator (Q1 en U12).

De antenne omschakeleenheid wordt gevoed vanuit de basiseenheid. Hiervoor wordt de voedingsspanning via Q7, D14 en D15 naar de aansluitbus geleid. Een spoel L4 en een condensator C29 worden aangebracht, omdat hier ook een HF-sigitaal naar de ontvanger overgaat. Hierdoor wordt dit sigitaal gescheiden van de voedingsspanning. Q7 en Q3 staan samen met D1 en D2 in een stroombronschakeling om de stroom naar de antenneschakelaar te begrenzen. D14 en D15 staan in serie met de voedingsbron naar de antenneschakelaar en worden op het ritme van de klokfrequentie door Q2 kortgesloten. Hierdoor ontstaat het 1V kloksigitaal op deze voedingsspanning.

Op het frontpaneel zijn de volgende bedieningsorganen en indicaties geplaatst:

- LED geel:
Hi level. Deze LED gaat branden bij een te sterk audio ingangssignaal. De peiling is dan meestal nog wel nauwkeurig.
- LED rood:
Low level. Deze gaat branden indien geen audio ingangssignaal aanwezig is.
De juiste instelling van de volumeregelaar van de ontvanger is dus als beide LED's uit zijn:
- Aan/uit-volume:
Aan/uit schakelaar en volumeregelaar voor luidspreker. Deze regelaar heeft geen invloed op de werking van de peiler.
- Bandbreedte:
Hiermee wordt de bandbreedte van de detector ingesteld. Door de bandbreedte minimaal te regelen, dit is rechtsom, zal de reactie van het display zo traag mogelijk zijn. Hiermee wordt het systeem "rustiger" en minder gevoelig voor omgevingsinvloeden.
- Calibratie:
Hiermee is de peilhoek te kalibreren op bijvoorbeeld een testsignaal.
Intern is 180 graden fasedraaiing in te stellen d.m.v. een jumper extra. Eventueel is hiervoor een schakelaar te plaatsen op het front. Zie hiervoor de bouwbeschrijving.
In de bouwbeschrijving worden de optionele bedieningsorganen besproken.

Op de achterzijde van de basiseenheid zijn de navolgende aansluitingen geplaatst:

- J3, Antenne array:
Aansluiting naar de antenneschakeleenheid.
- J1, Ext. Ant.:
Hierop kan een externe antenne worden aangesloten. Zodra op de RX aansluiting een zendsignaal wordt aangesloten, zal het relais K1 omschakelen en de RF energie naar de Ext. Ant. aansluiting leiden. Het verdient aanbeveling om uitsluitend met lage vermogens tot 2,5 Watt te werken. Een te groot signaal kan de HF-versterkers op de antenneschakelaar beschadigen, ondanks de aanwezigheid van de beschermdiodes D6 en D7.
Als het apparaat wordt uitgeschakeld wordt de externe antenne voor ontvangst en zenden doorgeschakeld naar de RX-aansluiting.
- J2, RX:
Antenne-aansluiting voor de ontvanger.
- J4, Audio:
Audio ingang. Hierop wordt de luidspreker-uitgang van de ontvanger aangesloten.
- J5, +12V:
12 Volt spanningsvoorziening.

DE BOUW:

De printenset bestaat uit totaal 4 printen waarvan 2 voor de basiseenheid en 2 voor de antenneschakelaar.

De **basisprint** en de **displayprint** worden met 2 kleine stukjes blik of dun dubbelzijdig printplaat haaks op elkaar gesoldeerd.

Monteer echter wel eerst alle componenten op de printen. De basisprint is door-gemetalliseerd, doorsolderen aan beide zijden is dus niet nodig. Het is ook niet nodig om de IC's op voetjes te plaatsen. Op voetjes plaatsen bevordert de betrouwbaarheid niet. Indien de LED's ongeveer 16mm uit de displayprint steken kan altijd nog een schakelaar op het frontpaneel geplaatst worden indien dit achteraf wenselijk is. Zorg wel dat deze afstand voor alle LED's gelijk is.

Standaard componenten passen meestal probleemloos op de printen. Voor de diverse condensatoren zijn meerdere steekstanden mogelijk omdat hiervoor meerdere pads gelegd zijn. Let er wel op dat de condensatoren op de juiste pads geplaatst worden en niet "doorverbonden" zijn.

De potmeter in het centrum van de LED-roset is niet voorgeboord in de displayprint omdat op deze plaats ook een LED geplaatst kan worden. Boor indien een potmeter geplaatst wordt, precies tussen de gaatjes van de LED een gaatje van 2 mm en boor het dan op naar 6,5 mm. Verbind alle punten tussen de basis- en displayprint met dun geïsoleerd montagedraad. De punten op de basisprint komen overeen met de aangegeven punten op de displayprint, op het

aansluitoverzicht wordt dit weergegeven. De displayprint is in spiegelbeeld afgebeeld. Er ontstaat hierdoor een aanzicht aan de binnenzijde van het apparaat. De displayprint geeft de mogelijkheid voor een aantal varianten. Deze zijn naar eigen inzicht te kiezen.

Standaard zijn als bedieningsorgaan aanwezig;

- Volume - aan/uit
- Bandbreedte
- Calibratie (in centrum van LED-roset)

SW1 en SW2 zijn dan als jumpers op de print aangebracht. De standaardinstelling is op het aansluitoverzicht af te lezen. SW1 is voor auto-dim en SW2 is voor 180 graden display. Soldeer 3-polige headers op deze plaatsen waarop de bekende computerjumpers passen. Als deze functies binnen handbereik gewenst zijn, dan kunnen hier ook schakelaars op het front- of achterpaneel voor geplaatst worden en dan op deze headers aangesloten worden.

De mogelijke uitbreidingen of plaatsingen voor de bedieningsorganen zijn:

- Dim-mogelijkheid voor de LED-roset d.m.v. een schakelaar of potmeter
- 180 graden display omschakelaar
- Auto dim indien geen signaal.
- Calibratie (in plaats van in centrum van LED-roset).

Omdat buiten de standaardopstelling nog 2 posities beschikbaar zijn op het frontpaneel kunnen maar 2 van bovenstaande opties gekozen worden. De printlayout is hierin voorzien. Indien voor de standaard oplossing wordt gekozen dan ziet het geheel eruit volgens voorbeeld. Houdt hier rekening mee bij het boren van het frontpaneel.

Indien de calibratiepotmeter naast de LED-roset geplaatst wordt dan kan hiervoor in de plaats een LED geplaatst worden. Ook is het voor de ware knutselaar mogelijk om in de knop van de calibratie een LED in te bouwen.

Het gat in de frontplaat dient dan wel enkele mm groter te zijn om de (soepele) aansluitdraden van de LED door te laten. Gebruik in dit geval een 6mm knop op een 4mm potmeter, de sparring van het verloopbusje doet dan dienst als doorvoer van de LED-draden. Draai de aansluitdraden enkele malen om de potmeteras zodat er geen spankrachten in de draden ontstaan.

Als alles samengebouwd en aangesloten is dan kan het geheel in de Velleman kast (D50) gebouwd worden. Dit kastje is intussen uit productie maar met een beetje zoeken zijn er ook andere kasten te vinden.

Plaats eerst het geheel in de kast voordat de voorplaat van de kast wordt geboord!

Bepaal de hoogte van bijvoorbeeld de potmeterassen en houdt deze aan als referentie om de rest van de gaten af te tekenen en te boren.

Teken het frontpaneel aan de binnenzijde af door eerst de boormal aan de binnenzijde op de juiste plaats te plakken. De boormal in de bouwaanwijzing is voor dit doel in spiegelbeeld afgedrukt. Tik met een centreerpen (spijker kan ook) de gaten af. Tik de niet gebruikte posities ook af, later heeft u daar nog plezier van. Niet te hard aftekenen anders zijn de inslagpunten aan de voorzijde zichtbaar, dat is niet mooi bij de nog niet gebruikte opties. Let op boor uitsluitend de te gebruiken gaten!! en boor de LED's op 3 of 5 mm afhankelijk van de gebruikte LED's.

Voor de achterkant van de kast is ook een boormal getekend. Ga hier hetzelfde te werk. Zorg dat de chassisdelen op de juiste maat geboord worden. De gaatjes voor de luidspreker op 4mm boren.

Lijm de luidspreker op de achterkant met een randje Bison-kit. Dit gaat uitstekend. Plak eventueel een lapje stof ertussen om stof en andere ongerechtigheden buiten te houden.

Tip: Soldeer op de 4 bevestigingspunten van de basisprint aan de onderzijde 4 messing moertjes. Hiermee wordt het geheel dan aan de bodem van de kast vastgeschroefd waardoor meteen afstandsbusjes worden vermeden. Vijl of schuur de moertjes wel eerst even blank, dit soldeert een stuk sneller.

Indien alles nauwkeurig is uitgevoerd zal alles precies passen.

De **antennekoppelaar** en de stuurprint worden boven elkaar ondergebracht in de Schyllerbox. Ga als volgt te werk: (suggestie). Plaats alle componenten op de printen. Indien specifieke onderdelen zijn aangegeven dan heeft dit te maken met de nauwkeurigheid. Deze waarde van deze componenten hebben een grote invloed op de goede werking.

Samenstellen:

Monteer op de schakelprint (de dubbelzijdige) 7 massieve koperen draden van ca. 0,8 mm doorsnede op de plaatsen welke doorverbonden dienen te worden met de antenne-logica (lengte ca. 5cm). Deze draden steken dan onder de print uit (dus niet of nauwelijks er bovenuit). Monteer 5 massieve koperen draden met een lengte van 2,5cm op de resp. antenne ingangen en de uitgang maar dan naar boven.

Plaats de logicaprint aan de onderzijde van de print door de 7 draden door de soldeerpaden te steken en ze vast te solderen. Zorg dat de componenten van de logicaprint niet tegen de onderzijde van de schakelprint komen. Knip daarna de draden aan de onderkant af.

Test eerst de goede werking van deze eenheid alvorens deze printen in het kastje te bouwen! Zie hiervoor het hoofdstuk controle.

AANVULLENDE INFORMATIE:

De basiseenheid wordt weergegeven op 2 schema's, 1 en 2. Het verschil in deze versies is de HF-vox. Indien een HF signaal op de uitgang naar de ontvanger wordt zet van een zender, dan treedt de HF-vox in werking en wordt het systeem uitgeschakeld. Tegelijkertijd wordt het HF-signaal omgeschakeld naar de externe antenne uitgang. Deze functie is handig als met een zend/ontvanger wordt gewerkt. Let echter op dat het HF-vermogen niet boven 2,5 Watt uitkomt. Indien deze functie niet nodig is dan kunnen de relevante componenten weggelaten worden. Zie hiervoor schema 2.

Ook C44, D6 en D7 op de antenne-eenheid kunnen worden weggelaten.

MONTAGE IN DE KAST:

Buig de massalipjes van de 5 BNC-chassisdelen (eengatsmontage) haaks om zodat de moeren nog vrij kunnen draaien en soldeer ze vast aan de rand van het massavlak aan de bovenzijde van de dubbelzijdige print.

Plaats de printen in de behuizing met het massavlak van de schakelprint naar boven.

Teken de plaatsen van de lipjes af aan de binnenzijde van de behuizing, hier dienen de gaten (9,5mm) voor de 5 BNC-chassisdelen geboord te worden.

Verwijder de printen en boor de gaten 2mm boven de afgetekende plaats zodat na montage de onderste print vrij hangt.

Plaats de printen, de BNC-chassisdelen en schroef deze vast.

Belangrijk is om daarna de massalipjes definitief aan het massavlak vast te solderen om mechanische spanningen van het vastschroeven op te heffen.

Op de boden van de kast kan eventueel een dun stukje piepschuim gelegd worden om trillen te voorkomen.

Verbindt de koperdraadjes met de chassisdelen en knip de overtollige lengtes af.

Om dakschade van de auto te voorkomen kunnen plastic zuignapjes onder het kastje gelijmd worden. Een magneetvoet eronder schroeven kan natuurlijk ook, let wel op dat schroefkoppen geen sluiting veroorzaken op de printen.

Alternatief is om niet met BNC-verbindingen te werken maar met warteldoorvoeren.

Er dienen dan soldeerstiften of schroefconnectoren op de print aangebracht te worden voor de coax antenneaansluitingen en de uitgang. Nadeel is dat het geheel dan niet eenvoudig op en af te breken is. Voor vaste opstelling heeft dit wel de voorkeur.

De onderlinge afstand van de antennes kan variëren tussen 0,3 en 0,05 x de golflengte. Voor 2 meter betekent dit tussen 0,1 en 0,6 meter. Bij 60cm werkt het systeem het meest nauwkeurig. Enig experimenten geeft het beste resultaat. Zorg er wel voor dat de kabellengte tussen de antennes gelijk is.

CONTROLE:

Als alles goed is samengebouwd dan kan de 12 Volt voedingsspanning aangesloten worden. Na het inschakelen zal van de roset één LED gaan branden en de LO LED. Alle andere LED's zijn uit (geen ingangssignaal op audioingang).

Controleer met een oscilloscoop op de anode van D13 het signaal van de 440-KHz oscillator (10 Vtt).

Als een LF signaal wordt aangeboden dan zal de LOW LED uitgaan en er zal een beweging van het display zichtbaar zijn. Het aangeboden signaal moet nu hoorbaar zijn in de luidspreker en in volume regelbaar zijn.

Sluit de antennekoppelaar aan. Meet met een voltmeter of de voedingsspanning van alle IC's ongeveer 5,5 Volt is. Meet met de scope op de emitters van Q2 t/m Q5 of hier de regelspanning gelijkvormig is volgens de tekening volgens fig.1 van deze beschrijving. Indien deze golfvorm onderling sterk afwijkt dan is in dit deel van de print bij de bouw een fout opgetreden.

Soms komt het voor dat de ingangsversterkers Q7 t/m Q9 in de antennekoppel eenheid oscilleren op ca. 2 GHz. De oorzaak hiervan is dat dan emitterweerstand gebruikt zijn met een te hoge zelfinductie. Dit probleem is op te lossen door betere weerstanden te nemen, bijv. SMD versies of voor de transistoren types te nemen zoals de BFR96.

AFREGELING:

Verbind de audioingang met een van de aansluitpunten van de schakelaar (of jumper) SW2. De LED HIGH moet nu branden (er staat nu ongeveer 5 Volt tt op de ingang).

Zet de bandbreedte regelaar op minimum (geheel rechtsom). Meet met de scope de spanning op C19 (punt 9 van U9) en regel T1 af op maximum. Het signaal dat hier staat is ongeveer 200mVtt sinus en ongeveer 880Hz. Hiermee is de klokfrequentie afgeregeld op maximum doorlaat van de passieve filters.

De golfvorm op de emitters van Q2 t/m Q5 dienen gelijk te zijn. De "platte kanten" aan de bovenzijde dienen zo klein mogelijk te zijn. Indien deze groter zijn dan 100 usec. dan dienen deze aangepast te worden door R3, R9, R15 of R21 kleiner te maken. Het eenvoudigst gaat dit door een weerstand aan de onderzijde over deze weerstand(en) te plaatsen. De waarde kan liggen tussen 1k en 47k. Dit wordt bepaald door de onderlinge verschillen tussen de golfvormen. Meestal is wijziging van de waarden niet nodig.

INSTALLATIE:

Als alles goed werkt dan komt het moment om de installatie in de praktijk te testen.

Plaats de vier antennes op een werktafel of op de grond en sluit de antenneschakelaar aan op de antennes en de basiseenheid. Stel de ontvanger af op een frequentie waar radioverkeer plaats vindt.

Door de luidspreker van de basiseenheid is een licht fluittoon hoorbaar. Op de ontvanger is deze fluittoon sterker hoorbaar omdat in de basiseenheid deze "rotatietoon" uitgefilterd wordt. Dit is de bevestiging dat de installatie werkt.

Op de roset zullen nu meerdere LED's gaan branden en afhankelijk van de bewegingen van de personen in de omgeving van de antenne's zal de uitlezing stabiel zijn. Als de installatie in een vrije omgeving wordt opgesteld dan zal de uitlezing veel rustiger en nauwkeuriger zijn dan in de nabijheid van voorwerpen. Zo zal in een auto buiten de bebouwde kom en in een woonwijk rijdende grote verschillen laten zien. D.m.v. de bandbreedte regelaar zijn de onbedoelde richting aanwijzingen te beïnvloeden.

Tot zover deze beschrijving.

Succes met de bouw en veel plezier met de DDF96.

H.A.J.M. (Henk) Jenniskens, PE0SSB
Tel. 076-5418333 (na 18.00 uur),
email: pe0ssb@amsat.org