

Dopplerpeiler

voor de ballonvossenjacht

Auteur: Berrie Schuurhuis (PB4PT)

Inhoudsopgave

1 Een dopplerpeiler voor de ballonvossenjacht.....	3
1.1 achtergrond.....	3
1.2 Een jaarlijks evenement.....	4
2 Hoe werkt een dopplerpeiler.....	6
2.1 Het dopplereffect.....	6
2.2 Het dopplereffect bij bewegende antennes.....	7
2.3 richtingsbepaling met de fasemethode.....	9
3 Functioneel ontwerp van de dopplerpeiler.....	13
4 Technisch ontwerp en constructie.....	16
4.1 Eerste prototype voor doppler antennes.....	16
4.2 Een tweede ontwerp.....	17
4.3 Kwart-golf antenne sprieten.....	19
4.3.1 Metingen aan een enkele antenne.....	21
4.4 Schakelende antennes.....	22
4.5 Doppler aansturing en richtingsmeting.....	25
4.5.1 Aansturing schakelende antennes.....	25
4.5.2 Filtering van het ontvangen signaal.....	30
4.5.3 De doppler controller.....	32
4.5.4 fase detectie en richtingsbepaling.....	35
4.5.5 Constructie van de doppler controller.....	36
4.6 Leveranciers.....	38
5 Functioneel testen.....	40
6 Referenties.....	43
Bijlage 1: montage dakdrager bij een Toyota Verso.....	44
Bijlage 2: Hulp programma voor het genereren van de antenne aansturing.....	50

1 Een dopplerpeiler voor de ballonvossenjacht

1.1 achtergrond

Sinds een aantal jaren nemen we als equipe deel aan de ballonvossenjacht die jaarlijks wordt georganiseerd. Deze equipe bestond in 2006 uit:

- Ron de Vries (PA3DAM)
- Berrie Schuurhuis (PB4PT, toen nog NL13069)
- Ronald Schuurhuis en
- Peter Schuurhuis

Het resultaat was met een vijfde plaats prima te noemen. De foto hieronder is genomen juist na het vinden van de ballon, met van links naar rechts Peter, Ron en Berrie. Ronald staat achter de camera.



Afbeelding 1: Peter, Ron en Berrie net na het vinden van de vos in 2006

Voor het doen van een prognose over de route die de ballon zal gaan volgen is een uitgebreid model ontwikkeld, waarbij een aantal software tools de route zichtbaar maken. Daarbij wordt gebruik gemaakt van een server die allerlei atmosferische informatie verzamelt en bewerkt tot een atmosfeer model. Dit atmosfeer model wordt vervolgens gebruikt voor het bepalen van de route die de ballon zal gaan volgen. In 2005 en 2006 heeft dit model laten

zien erg bruikbaar te zijn: de gevolgde route is zeer vergelijkbaar met de prognose, en de plaats waar de ballon landt, ligt binnen een cirkel van 10 kilometer van de prognose.

Tijdens het laatste deel van de vossenjacht is het doel door middel van een richtingsbepaling de gelande “vos” te vinden. Tot 2006 werd hiervoor gebruik gemaakt van een HB9CV antenne op het dak van de auto.



Afbeelding 2: HB9CV antenne op de auto voor de vossenjacht

De bedoeling van dit project is een dopplerpeiler te ontwikkelen waarmee de meting sneller en nauwkeuriger kan worden uitgevoerd.

1.2 Een jaarlijks evenement

Jaarlijks wordt op een zondag in September vanaf het KNMI terrein in De Bilt de ballonvossenjacht georganiseerd. Daarbij worden radiobakens op 2- en 80-meter onderaan een stratosfeer ballon gehangen. Na de oplating van de ballon is het de uitdaging de bakens te volgen. Op een zeker moment is de hoogte van de ballon zodanig groot dat de buitenlucht druk nog maar enkele tientallen hPa is. Daardoor is het verschil tussen de druk in de ballon ten opzichte van de druk buiten de ballon zo groot, dat de ballon knapt. Aan een parachute valt het geheel dan weer terug richting de aarde, waar de vossenjagers de restanten na de landing proberen terug te vinden. Hierbij worden ze geholpen door de baken zenders onder de ballon. Zodra de ballonlading zich boven de 1500 meter bevindt, is het baken in heel Nederland te horen. Zodra de ballon zich aan de grond bevindt, is de straal waarin het baken (2 meter) te horen is, met een peilontvanger slechts enkele kilometers.

Behalve een tweetal bakens, bestaat de lading van de ballon ook nog uit een 70/2 transponder en een ATV baken dat beelden uitzend van een gemonteerde camera.

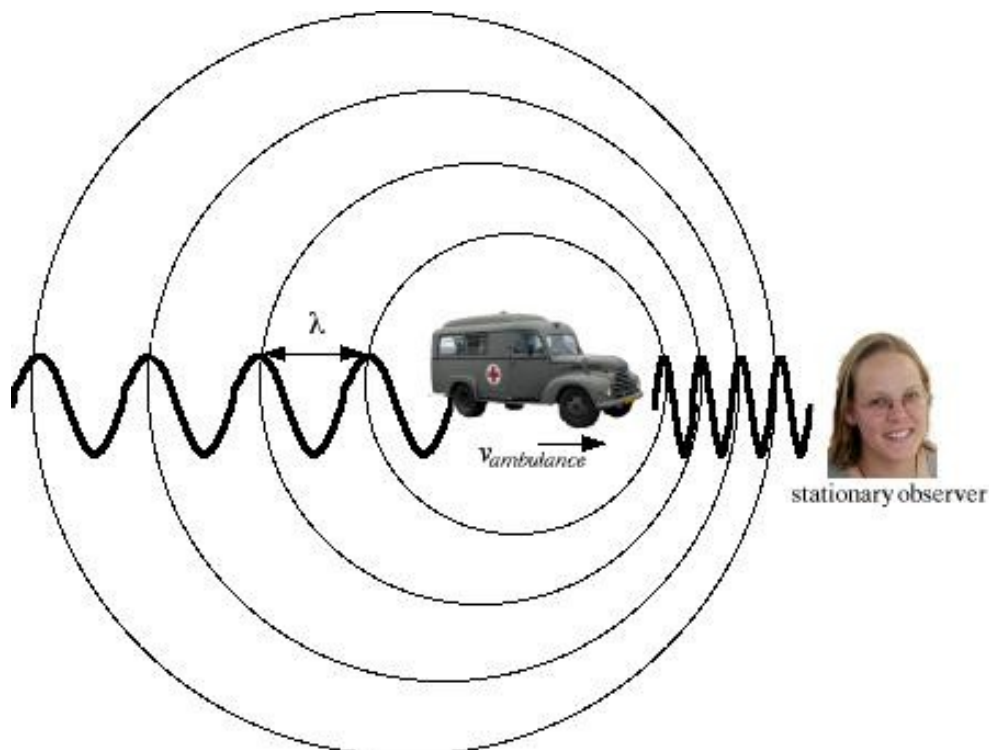
De begeleiding vindt plaats vanuit het commando centrum bij de scouting in Maarssen. Voor

de communicatie wordt gebruik gemaakt van een herhaalzender (repeater) die voor een dag op grote hoogte in de toren van Lopik wordt gemonteerd. Meer details over dit evenement kunnen op internet worden gevonden: <http://www.ballonvossenjacht.nl>

2 Hoe werkt een dopplerpeiler

2.1 Het dopplereffect

Dit is het verschijnsel dat de frequentie van een signaal hoger of lager wordt als de afstand tussen de bron en de waarnemer verandert. Een bekend voorbeeld hiervan is het geluid van een trein terwijl je langs de overweg staat te wachten, of de claxon van een passerende auto. De hoorn van de aanstormende trein is te horen als een hogere toon, ten opzichte van het hoorn geluid van de juist gepasseerde trein. Alleen op het moment waarop de trein ons passeert, horen we het daadwerkelijke signaal.



Afbeelding 3: doppler verschuiving bij verplaatsende geluidsbron

De waargenomen frequentie (f) van een signaal met golflengte (λ) is in formulevorm op te schrijven als:

$$f_{\text{waargenomen}} = \frac{v_{\text{geluid}}}{\lambda} \quad (\text{formule 1})$$

Hierbij is de geluidsnelheid (v_{geluid}) op het aardoppervlak vrijwel een constante van circa 300 m/s . Als we stil langs de overweg naar de voorbijrazende trein kijken, dan is de verandering in golflengte van het geluid wat naar ons toekomt, op te schrijven als:

$$\Delta \lambda = \frac{v_{\text{trein}}}{v_{\text{geluid}}} * \lambda \quad (\text{formule 2})$$

Bij de aanstormende trein wordt de golflengte (λ) van het gehoorde geluid bij de overweg

kleiner gemaakt, waardoor de gehoorde frequentie (f) toeneemt. In formule vorm ziet dit er als volgt uit:

$$f_{\text{waargenomen}} = \frac{v_{\text{geluid}}}{\lambda} * \frac{v_{\text{geluid}}}{v_{\text{geluid}} - v_{\text{trein}}} \quad (\text{formule 3})$$

Deze formule werkt ook voor de frequentie van het geluid van de gepasseerde trein, als voor de snelheid van de trein (v_{trein}) een negatieve waarde wordt genomen. Een soortgelijke formule geldt als er vanuit de trein wordt geluisterd naar een auto die stilstaand de claxon indrukt. De frequentie die dan in de trein wordt gehoord, kan worden genoteerd als:

$$f_{\text{waargenomen}} = \frac{v_{\text{geluid}} + v_{\text{trein}}}{\lambda} \quad (\text{formule 4})$$

Als de trein zich naar de claxon toe beweegt, is de gebruikte snelheid (v_{trein}) een positief getal, als de trein zich van de claxon af beweegt, dan is de snelheid (v_{trein}) een negatief getal.

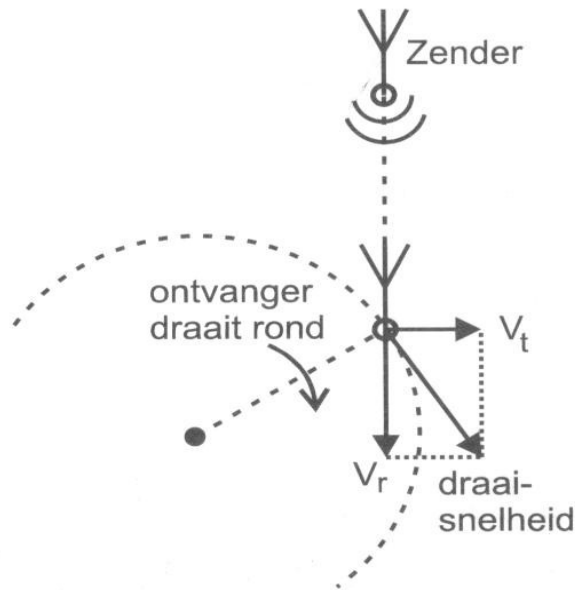
2.2 Het dopplereffect bij bewegende antennes

Het voorbeeld in de vorige paragraaf wordt gegeven, is voor geluidsgolven die zich voortplanten als longitudinale golf in de ons omringende lucht. Voor radio signalen, is er echter sprake van elektromagnetische golven. Het dopplereffect treedt dan óók op, alleen moet rekening worden gehouden met het feit dat radio signalen zich voortplanten met de snelheid van het licht: (c) die ongeveer $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ bedraagt.

Als een ontvangende antenne zich verplaatst ten opzichte van de zendantenne, dan treedt een dopplerverschuiving op, waardoor het ontvangen signaal in frequentie verandert. Dit is uit te drukken in de formule:

$$f_{\text{ontvangen}} = \frac{c + v_{\text{antenne}}}{\lambda_{\text{uitgezonden}}} \quad (\text{formule 5})$$

Als we een antenne in een cirkel laten ronddraaien, dan verandert de afstand tussen de zend- en ontvangstantenne continue. Hierdoor treedt dan een dopplereffect op. Dit experiment is weergegeven in afbeelding 4



Afbeelding 4: draaiende ontvangst antenne

Veronderstel nu dat de antenne $f_{\text{omwentelingen}}$ keer per seconde ronddraait. De snelheid die de draaiende antenne dan heeft ten opzichte van de zender is getekend als de radiële snelheid v_r . Door het ronddraaien van de antenne, verandert steeds de hoek tussen de straal van de cirkel (die het middelpunt met de antenne verbind) en de pijl die de snelheid van de antenne ten opzichte van de zender weergeeft. Met behulp van goniometrie kan de grootte van de snelheid tussen draaiende antenne en zender worden geschreven als:

$$v_r = 2 * \pi * f_{\text{omwentelingen}} * r * \cos(2 * \pi * f_{\text{omwentelingen}} * t) \quad (\text{formule 6})$$

In deze formule is r de straal van de cirkel waarlangs de antenne ronddraait. Daarbij wordt aangenomen dat de afstand tussen de ontvanger en de zender vele malen groter is dan de straal van de cirkel waarlangs de draaiende antenne zich beweegt. Deze aanname zorgt ervoor dat v_r steeds in exact dezelfde richting kan worden verondersteld. Formule 6 kan nu worden gebruikt voor het bepalen van de dopplerverschuiving die optreedt bij een antenne die wordt rondgedraaid, door formule 6 in te vullen in formule 5:

$$f_{\text{ontvangen}} = \frac{c + (2 * \pi * f_{\text{omwentelingen}} * r * \cos(2 * \pi * f_{\text{omwentelingen}} * t))}{\lambda_{\text{uitgezonden}}} \quad (\text{formule 7})$$

Deze formule lijkt heel erg complex, maar als we iets beter kijken valt dit erg mee, omdat de meeste delen bestaan uit waarden die bij een doppler opstelling niet veranderen. Een nadere beschouwing laat zien dat:

1. de ontvangen frequentie beweegt zich rond de uitgezonden frequentie:

$$f_{\text{ontvangen}} = \frac{c}{\lambda_{\text{uitgezonden}}} = f_{\text{uitgezonden}}$$

2. het ritme van de verandering van de ontvangen frequentie vindt plaats met een snelheid die gelijk is aan de omwentelings frequentie van de draaiende antenne. Het ontvangen signaal is dus in frequentie gemoduleerd met de frequentie van het

ronddraaien van de ontvangende antenne.

3. het maximale verschil tussen uitgezonden en ontvangen frequentie (frequentie zwaai)

bedraagt:
$$\Delta f = \frac{(2 * \pi * f_{\text{omwentelingen}} * r) * f_{\text{uitgezonden}}}{c}$$
 (formule 8)

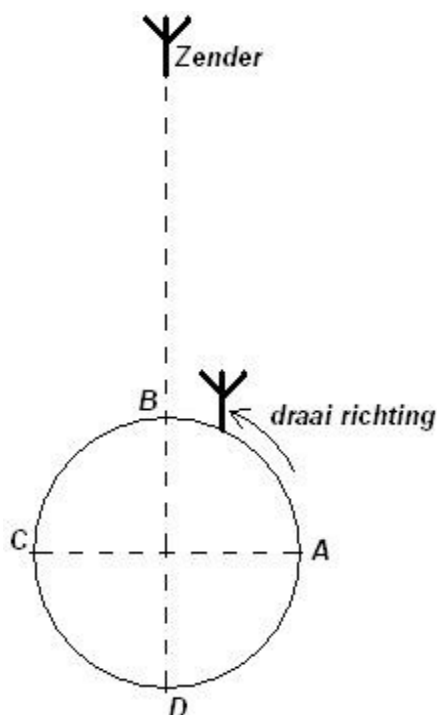
Als we het ontvangen signaal aansluiten op een FM ontvanger, dan wordt de frequentie van de ronddraaiende antenne dus hoorbaar als audio signaal. De grootte van dit signaal wordt bepaald door het aantal omwentelingen van de antenne per seconde (een hogere frequentie geeft een groter audiosignaal) alsook door de straal waarlangs de antenne draait (een grotere straal geeft een groter audiosignaal).

De dopplerverschuiving is minimaal als de draaiende antenne een radiale snelheid v_r heeft die gelijk is aan nul. Dit treedt tweemaal per omwenteling op als beide antennes en het middelpunt van de cirkel van de draaiende antenne in één lijn staan.

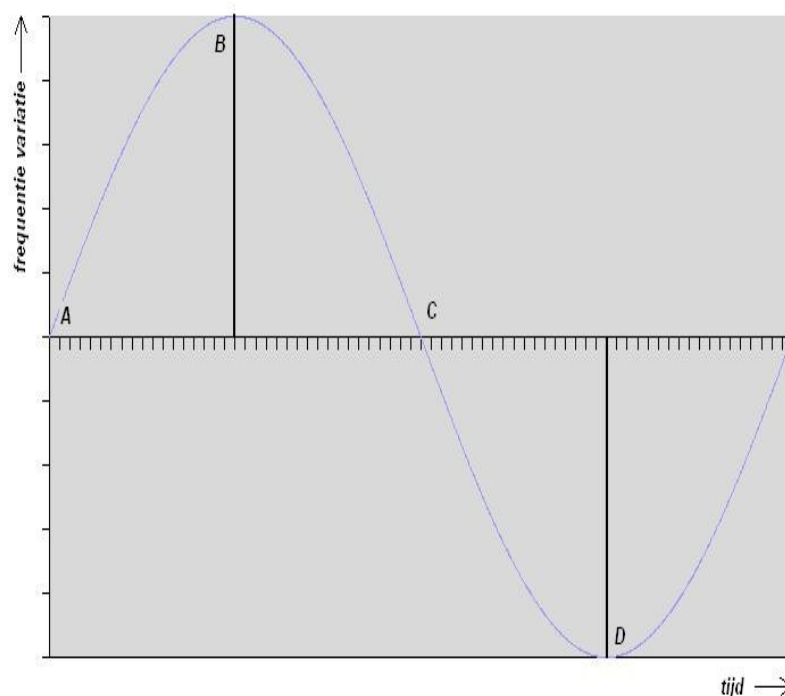
In de praktijk zal het lastig blijken een antenne rond te laten draaien. Als gebruik wordt gemaakt van een FM ontvanger voor detectie van audio signalen, zal de antenne dus met snelheden tussen bijvoorbeeld 300 – 3000 (Hz) keer per seconde rond moeten draaien. Dit is praktisch vrijwel onmogelijk. Er zal hiervoor dan ook naar andere oplossingen moeten worden gezocht.

2.3 richtingsbepaling met de fasemethode

Uit de vorige paragraaf is gebleken dat het ontvangen signaal na FM detectie een audiosignaal oplevert wat in fase is met het ronddraaien van de antenne. Als de ontvangen frequentie verandering minimaal (nul) is, dan bevindt zich de ontvangst antenne zich in één lijn met de zendantenne en het middelpunt van de cirkel. Deze frequentie variatie is in de afbeeldingen 5 en 6 weergegeven.



Afbeelding 5: fasedraaiing



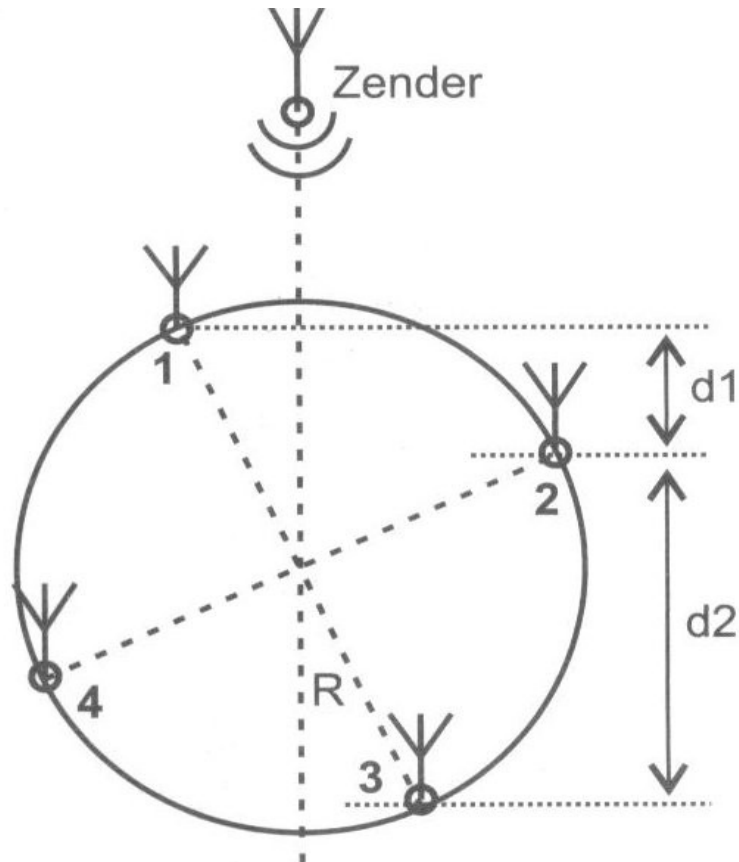
Afbeelding 6: frequentie variatie door antenne draaiing

Als het ontvangen signaal vanuit een andere richting komt, dan zal het signaal uit een FM ontvanger, in fase verschoven zijn. Als referentie wordt daarom een signaal genomen met eenzelfde frequentie als de omwentel frequentie van de antennes. Het faseverschil tussen deze referentie en het signaal uit de ontvanger is dan een maat voor de richting van waaruit het signaal wordt ontvangen.

Overigens neemt de detectie van een ontvangen signaal een zekere hoeveelheid tijd in een ontvanger, waardoor er nog een fase verschuiving optreedt. Deze fase verschuiving die in de ontvanger optreedt, is echter constant (voor een vaste frequentie). Hierdoor blijft het fase verschil tussen het audiosignaal uit een FM ontvanger en de fase waarin de bewegende antenne zich bevindt, een maat voor de richting van waaruit het ontvangen signaal komt.

Het laten ronddraaien van een antenne met een omwentel frequentie die door een gangbare FM ontvanger kan worden gedetecteerd, is een lastig punt. Daarom wordt in de praktijk gebruik gemaakt van meerdere antennes die op de straal van een denkbeeldige cirkel worden geplaatst. Door middel van schakel logica, worden deze antennes beurtelings geactiveerd. Het signaal van de geactiveerde antenne wordt dan aan een FM ontvanger gekoppeld.

In onderstaande afbeelding 7 is het mechanisme waarbij gebruik wordt gemaakt van antennes die beurtelings worden geactiveerd, weergegeven. Door het beurtelings activeren van antennes in plaats van een draaiende antenne, zullen er in het ontvangen signaal fase sprongen ontstaan. De grootte hiervan is afhankelijk van de antenne opstelling en de hoek naar de zender. De fasesprong bij het omschakelen naar een andere antenne, is ook direct in te zien als wordt ingezien dat het ontvangen signaal een kortere/langere weg moet afleggen tot de andere antenne waar naartoe wordt omgeschakeld. Een theoretische beeld van een dergelijke fasesprong is getekend in afbeelding 8.



Afbeelding 7: fase verschuiving per antenne

Een dergelijke fasesprong die in oneindig snel plaatsvindt, geeft een oneindig grote frequentie verandering. Een dergelijke verandering wordt door de beperkte bandbreedte van de ontvanger gelimiteerd. De FM-detector geeft een spanning af die evenredig is met het verschil tussen de momentane frequentie en de centrale frequentie waarop is afgestemd. Een grote fasesprong geeft na demodulatie dus een hoge spanning en vice-versa.

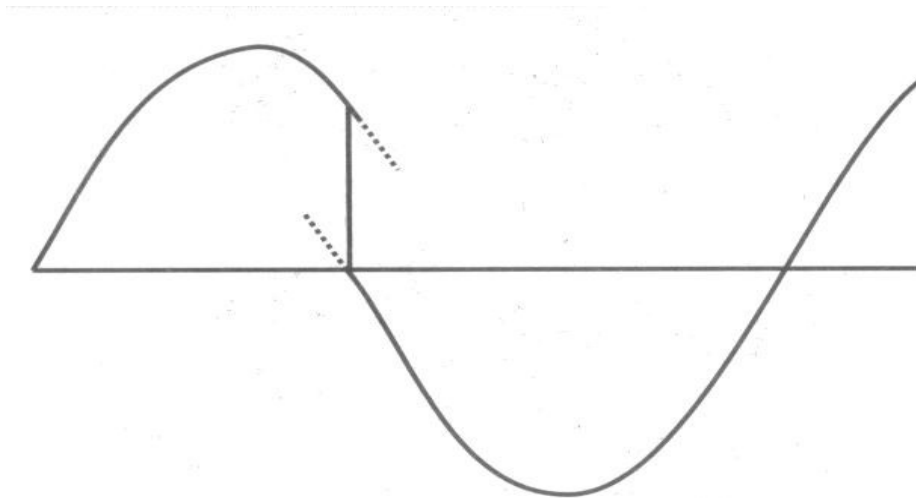
Het faseverschil tussen de signalen van antenne 1 en antenne 2 (in radialen), is:

$$\omega_1 = \frac{d_1}{\lambda} * 2 * \pi$$

En het faseverschil tussen de signalen van antenne 2 en antenne 3 (in radialen), is:

$$\omega_2 = \frac{d_2}{\lambda} * 2 * \pi$$

Hierin is λ de golflengte van het uitgezonden signaal in dezelfde eenheid als de afstanden d_1 en d_2 .



Afbeelding 8: fasesprongen

Als de fasesprong groter kan worden dan een halve golf periode, dan is niet meer eenduidig vast te stellen of een sprong voor- of achteruit wordt gemaakt. Daardoor is dan geen eenduidige richtingsbepaling meer mogelijk. Daarom moet steeds gelden dat:

$$d < \frac{\lambda}{2}$$

En als gevolg daarvan ontstaat ook een beperking voor de cirkel straal waarop de antennes worden geplaatst:

$$R < \frac{\lambda}{2}$$

3 Functioneel ontwerp van de dopplerpeiler

Het fysiek ronddraaien van een antenne met een frequentie die ligt in het detectie gebied van een gangbare FM ontvanger is praktisch niet te realiseren. Daarom wordt gebruik gemaakt van meerdere antennes die op een denkbeeldige cirkel staan, en die beurtelings worden geactiveerd. Daarmee wordt hetzelfde effect bereikt als een ronddraaiende antenne.

Voor het functioneel ontwerp wordt uitgegaan van een aantal parameters die kunnen worden gebruikt in de formules die eerder werden vastgesteld.

De frequenties die worden gebruikt door de bakenzender waarvan de richting moet worden bepaald, ligt in de 2 meter amateurband, die loopt van 144.000 MHz tot 146.000 MHz. Het baken voor de ballonvossenjacht, gebruikt steeds de frequentie 145.450 MHz

De snelheid waarmee de antennes virtueel ronddraaien is een directe maat voor het audio signaal wat door een FM ontvanger wordt afgegeven. Daarom is het een logische keuze een punt midden in het audio spectrum van de ontvanger te nemen. Gangbare ontvangers voor het gebruikte frequentie gebied hebben een audio spectrum van 300 tot 3000 Herz.

Gepubliceerde ontwerpen gebruiken frequenties van bijvoorbeeld 750 en 1000 Herz. De exacte keuze is niet kritisch zolang het eventueel door het baken uitgezonden audio maar voldoende wordt weg gefilterd, daar dit anders tot interferenties in de meting zou leiden.

Voor een dergelijke constructie van virtueel draaiende antennes is het van belang dat de antennes allen een signaal produceren wat exact in fase is in een situatie waarbij de afstand van de antenne tot de zender exact gelijk is. Faseverschillen zouden immers een meetfout geven in de richtingsbepaling.

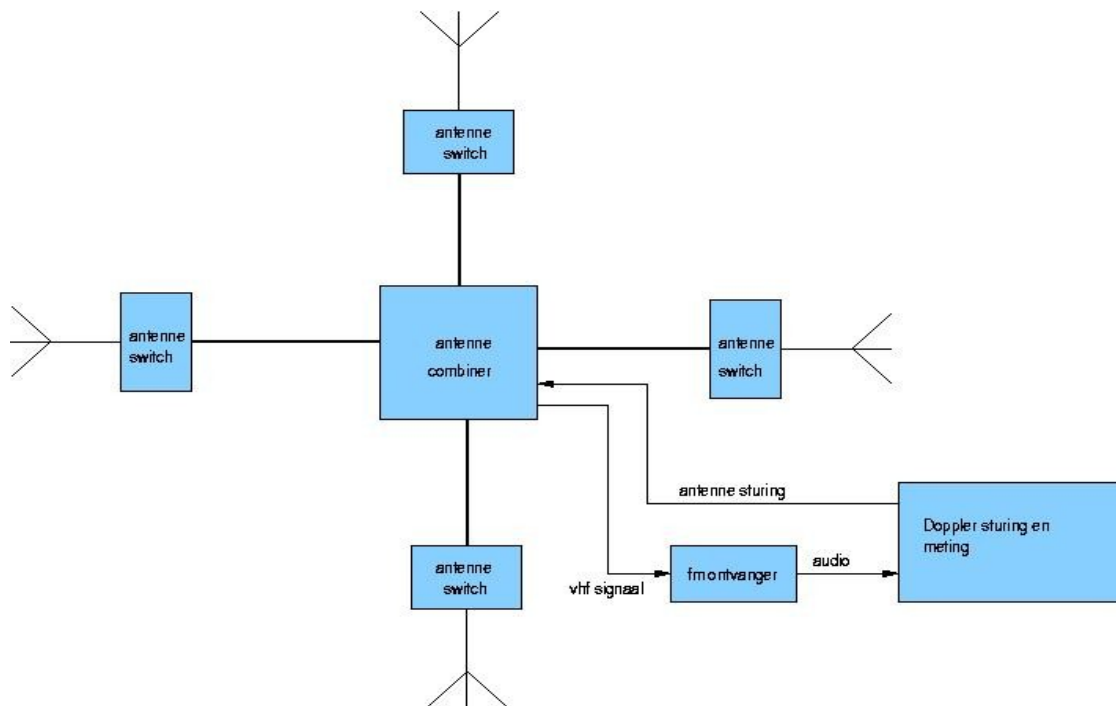
Bij gebruik van RG-58 coax kabel met een verkortingsfactor van 0.66 geldt dat een golflengte van 2.07 meter (die past bij 145 MHz) past in 136 cm coax kabel. Als een richtingsbepaling een richting in graden oplevert tussen 0° en 360° graden, dan geeft een centimeter lengte verschil van coax kabels naar de antennes al een meetfout van bijna 3°

Het combineren van de antenne signalen gebeurt in een antenne combiner. Hierin wordt het activeren van de antennes aangestuurd, en wordt het ontvangen signaal gecombineerd naar een enkel signaal wat aan een ontvanger kan worden toegevoerd. Om te voorkomen dat bij het combineren van antenne signalen alsnog faseverschillen ontstaan, is het van belang dat de antenne combiner symmetrisch wordt opgebouwd.

Voor het activeren van de antennes in de goede volgorde en met de juiste timing, is een antenne driver (doppler sturing) nodig. Voor het bepalen van de richting waaruit het signaal van een zender wordt ontvangen, is een relatieve tijdmeting nodig ten opzichte van een bekend punt; dit kan bijvoorbeeld het moment zijn waarop een antenne wordt geactiveerd.

De frequentie zwaai die door de dopplerverschuiving in het ontvangen signaal wordt bereikt is vastgelegd met formule 8. Voor een frequentie van 145.000 MHz en een virtuele draaisnelheid van de antennes van 750 Hz, terwijl deze antennes op een straal van 36 centimeter staan, zal de frequentiezwaai 820 Hz bedragen. Dit is voor gangbare ontvangers geen probleem.

Een grafische weergave van dit ontwerp is in de volgende tekening weergegeven.



Afbeelding 9: module overzicht dopplerpeiler

In het onderstaande is nog eens kort weergegeven welke functie de verschillende blokken hebben.

Antenne switch

- het in- en uitschakelen van de antenne
- het doorgeven van het VHF signaal als de antenne is ingeschakeld
- het niet-doorgeven van het VHF signaal als de antenne is uitgeschakeld

Antenne combineren

- het combineren van de antenne signalen zodat er een uitgaand signaal beschikbaar komt vanuit een van de aangesloten antennes
- distributie van het antenne in- en uitschakel signaal naar de individuele antennes over dezelfde coax kabel als gebruikt voor het transport van het VHF signaal van de antenne

fm ontvanger

- externe FM ontvanger die geschikt is voor de frequentie van het ontvangen signaal
- bandbreedte en frequentiezwaai die past in het gebruikte concept

doppler sturing

- schakeling die signalen opwekt voor het in- en uitschakelen van de antennes
- opwekken van een referentie signaal voor richtingsbepaling

doppler meting

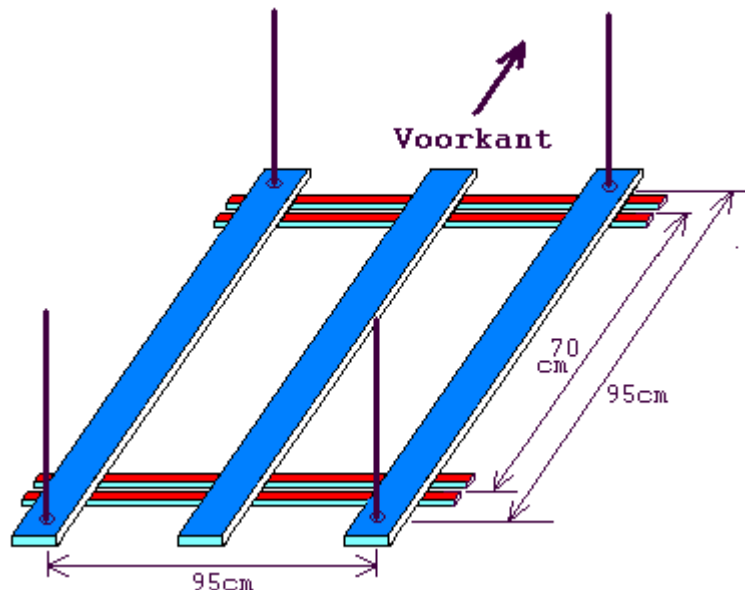
- filteren van de doppler frequentie uit het ontvangen audiosignaal
- meting van het fase verschil tussen ontvangst signaal en het activeren van antennes
- richtingsbepaling en weergave uit gemeten faseverschil

4 Technisch ontwerp en constructie

In dit hoofdstuk wordt het technische ontwerp tot in detail uitgewerkt. De functionele modules uit het vorige hoofdstuk krijgen daarbij een detail invulling.

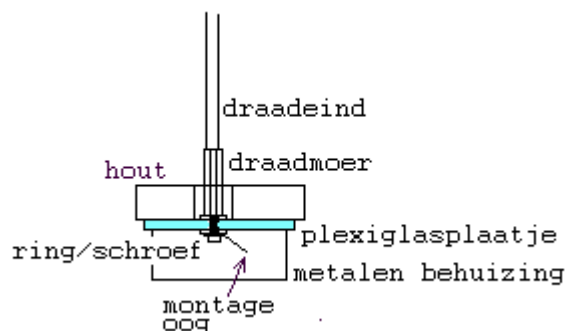
4.1 Eerste prototype voor doppler antennes

Aanvankelijk was voor de antenne constructie een houten frame bedacht waarop kwart golf antennes worden gemonteerd. Deze hout constructie kan op een tweetal dakdragers worden gemonteerd. Een plaatje van dit idee is hieronder weergegeven.



Afbeelding 10: constructie voor de houten opbouw

De balkjes die in de lengte richting van de auto liggen worden van gaten voorzien waardoor de antenne naar boven steekt. Onder deze balkjes zit een metalen doosje waarop de antenne wordt bevestigd.



Een aantal maten voor het gebruikte materiaal:

- draadeind M4 (minimale lengte 550)
- koppelmoer M4 x 30

- schroef voor montage koppelhoek aan behuizing en antenne spriet: M4 x 20
- montage metalen behuizing/plexiglas aan houten frame: 4 x M3 x 30
- vierkante spuitgiet aluminium behuizing 50 x 50 x 31 mm (Hammond, artno. 1590LB)
- schroef voor aard-contact M4 x 10
- BNC connector met achterplaat
- 4 x M2 x 6 mm voor montage BNC connector
- plexiglas plaatje 50 x 50 x 6mm

Een plaatje van het eerste prototype is hieronder weergegeven. Het houten frame staat hier nog in de workmate, met een enkele antenne gemonteerd.

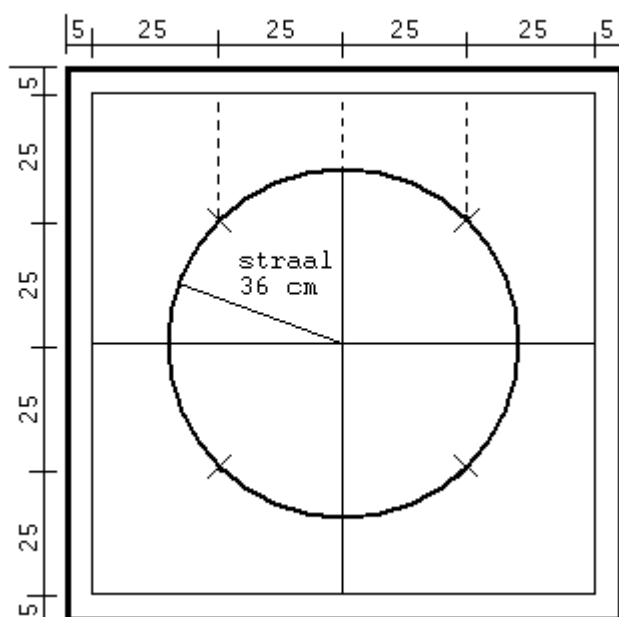


Afbeelding 11: prototype in de werkbank

Een eerste prototype heeft laten zien dat de afstand van het houten frame tot het dak van de auto (die als aardoppervlak dienst doet) niet voldoet. Zo was de best bereikbare SWR verhouding slechts 1 : 1,5.

4.2 Een tweede ontwerp

Na het eerste prototype is besloten in plaats van een houten frame wat afhankelijk is van het autodak als aardvlak, gebruik te gaan maken van een plaat van 110 x 110 centimeter triplex waarop met aluminium plaat van 100 x 100 centimeter een aardvlak wordt gemaakt. Dit idee is een copy van wat PA0SOM beschrijft in het Electron van februari 2007.



Afbeelding 12: maten dakconstructie

Vervolgens wordt op dit aardvlak een viertal SO-239 coax chassisdelen gemonteerd. Aan de bovenzijde kunnen daarin met PL-239 stekers kwartgolf antenne sprieten worden geplaatst. Hiermee komen de 4 antennes op de cirkelboog te staan met een straal van 36 cm. Aan de onderkant van de constructie worden kleine 50 x 50 x 30 mm spuitgiet aluminium kastjes gemonteerd. Deze Hammond 1590LB behuizing zorgt voor een afgeschermd omgeving waarin de antenne schakeling wordt gebouwd waarmee de antennes worden in- en uitgeschakeld.



Afbeelding 13: onderaanzicht van de triplex plaat van 110 x 110 cm

Op de triplex plaat worden 2 balkjes gemonteerd die kunnen worden vastgemaakt aan de dakdragers van de Toyota Corolla Verso die wordt gebruikt met deze dopplerpeiler. Details van deze dakdragers zijn als bijlage aan dit document opgenomen.

De gaten voor SO-239 chassisdelen worden zowel in de aluminium plaat als in de aluminium kastjes gemaakt. Vervolgens wordt het geheel met verzonken M3 schroefjes aan elkaar vastgezet. Een tweetal detail foto's hieronder maakt dit duidelijk.



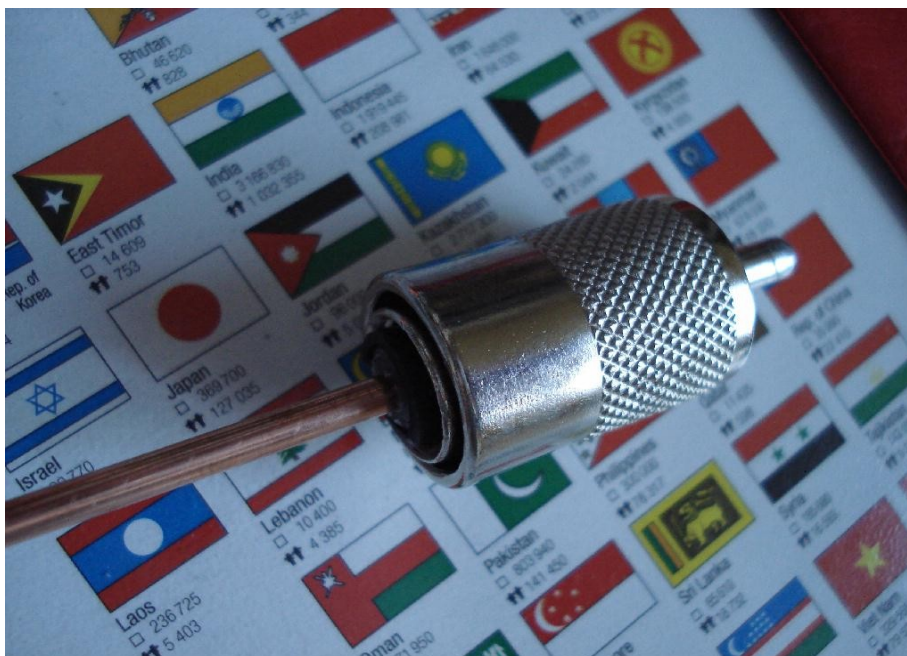
Afbeelding 15: SO-239 connector vanaf de bovenzijde



Afbeelding 14: SO-239 connector vanaf de onderzijde

4.3 Kwart-golf antenne sprieten

De antenne sprieten worden gemaakt uit 3 millimeter dikke las elektroden die juist passen in een PL239 connector voor dikke coax. Om te voorkomen dat de spriet contact maakt met de buitenkant (aarde) van de connector, wordt een stukje diëlectricum van een dikke coax gebruikt. Bij een goede metaal handel (bijvoorbeeld Van de Winkel in Eindhoven), worden las elektroden verkocht als rechte staven van verkoperd rond metaal op lengtes van één meter. Dit is een perfect startpunt voor het maken van een kwart golf antenne voor de 2 meter amateurband.



Formule 9: 3 mm dikke laselectrode in PL-239 plug

Voor de doppler peiler wordt gebruik gemaakt van frequenties in de 2 meter amateurband. Het baken voor de ballonvossenjacht gebruikt normaliter de frequentie 145.450 MHz. De transponder in de ballon gebruikt 145.475 MHz. In de onderstaande tabel is weergegeven wat dit betekend voor een kwart golflengte antenne.

frequentie	golflengte (λ)	antenne lengte ($\lambda/4$)
144.000 MHz	2.083 m	52.1 cm
145.450 MHz	2.063 m	51.6 cm
145.475 MHz	2.062 m	51.6 cm
146.000 MHz	2.055 m	51.4 cm

Tabel 1: antenne lengte voor kwartgolf sprieten

Dit betekent dat de antenne lengte zou moeten variëren van 51.4 cm tot 52.1 cm (0.7cm). Door de grootte van de bandbreedte van deze antennes is dit praktisch niet nodig, en wordt op een minimale SWR in het midden van de band afgestemd.

4.3.1 Metingen aan een enkele antenne

Voor het afknippen van de antennes op de juiste lengte, wordt een stuk van circa 60 centimeter las elektrode vastgesoldeerd in de SO-239 connector. Deze spriet wordt op de dakdrager geplaatst. onderaan de connector, wordt direct een stuk coax kabel gemonteerd zonder de onderdelen die nodig zijn voor het schakelen van de antenne.

In deze opstelling wordt de antenne verbonden met een 2 meter set met SWR meter, danwel met een antenne analyzer. In deze opstelling kan vervolgens de antenne zover worden ingekort. dat deze in resonantie is midden in de 2 meter amateurband. Vervolgens kan dit proces worden herhaald voor de andere antennes.



Afbeelding 16: testopstelling voor kwartgolf antennes

Deze afregeling heb ik zelf uitgevoerd in samenwerking met PA3DAM (Ron). Doordat we een defect stuk coax kabel gebruikten veranderde SWR verhouding niet bij het inkorten van de spriet, waardoor we met een te korte spriet te maken hadden...

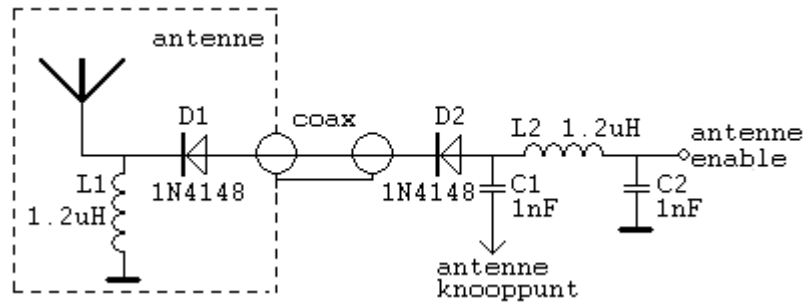


Afbeelding 17: waarom verandert de SWR niet bij het inkorten van de antennespriet???

Gelukkig is het vervangen van een laselectrode in een SO-239 stekker eenvoudig. Wel hebben we ons de nodige tijd het hoofd gebroken over het waarom de SWR niet veranderde bij het inkorten van de antenne. Uiteindelijk bleek dat (ondanks dat een weerstand meting op DC alle verbindingen goed bevond) al het VHF vermogen in de coax werd opgenomen.

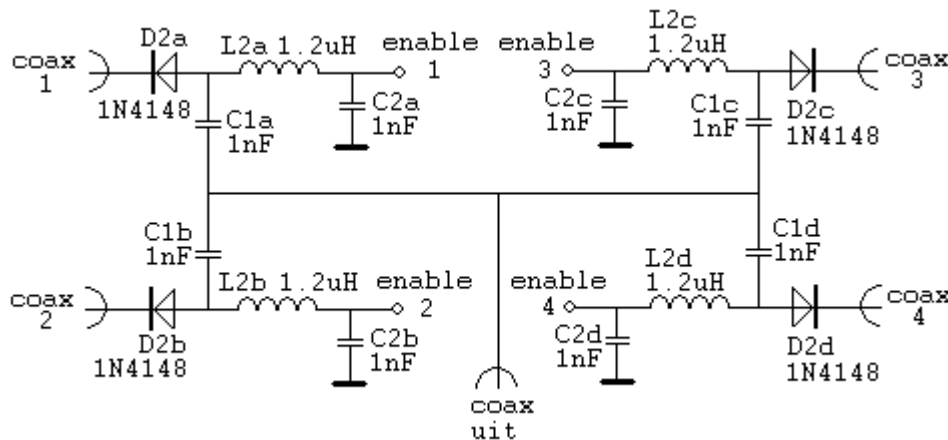
4.4 Schakelende antennes

De volgende stap is het ontwerp van een schakeling waarmee de vier antennes beurtelings kunnen worden geactiveerd. In onderstaande afbeelding 18 is dit voor een enkele antenne getekend. De schakeling met D1 en L1 wordt direct onder elk van de vier antennes gemonteerd in elk van de 4 aluminium kastjes onder de SO-239 coax chassisdelen die in de aluminium plaat zijn gemonteerd.



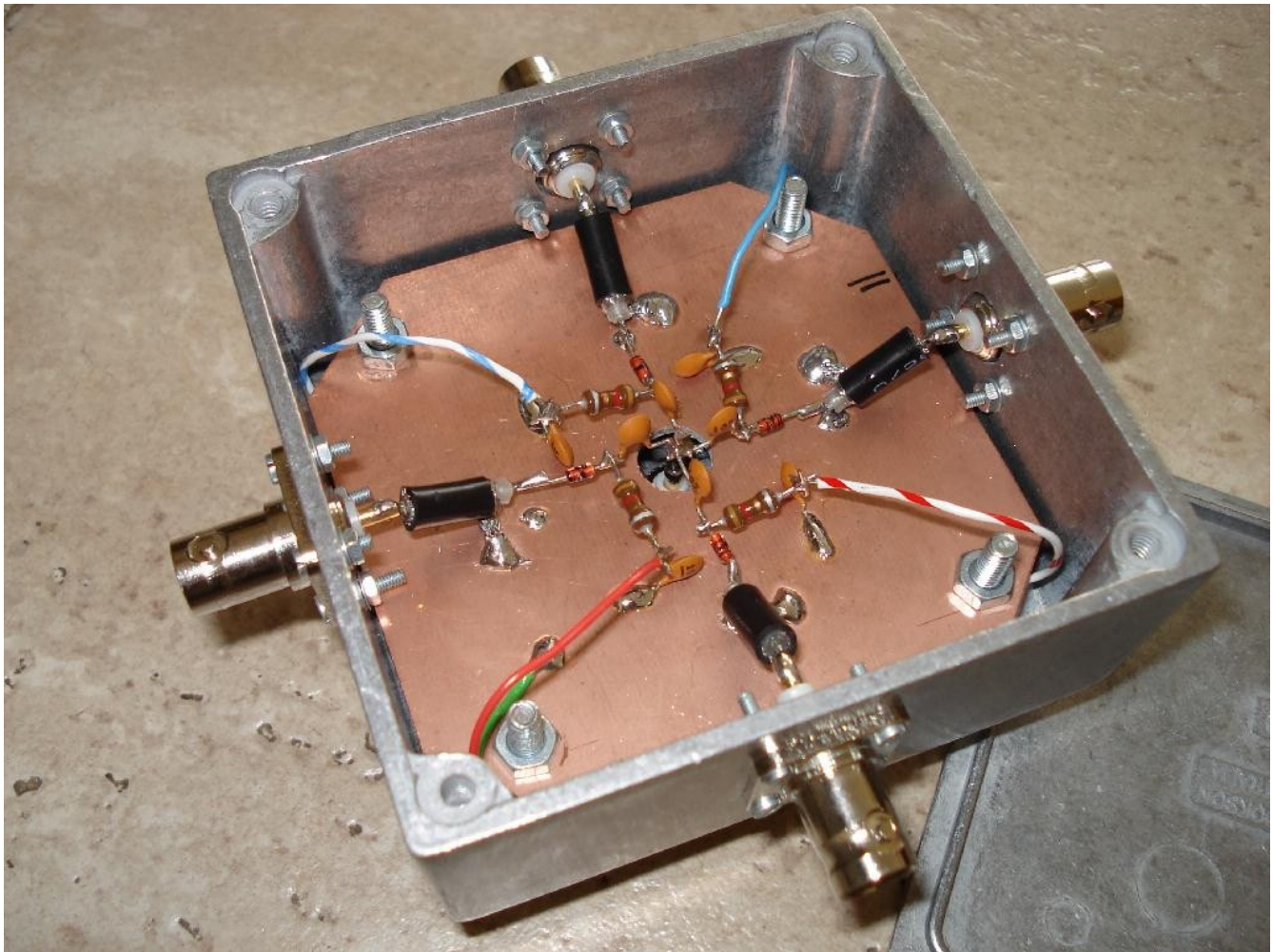
Afbeelding 18: Antenne inrichting

Het doel van de diode D1 is een doorgang te vormen als een positieve gelijkspanning op de coax wordt aangeboden. De spoel L1 zorgt voor het geleiden van de kleine stroom, terwijl deze voor VHF een zeer grote weerstand vormt. Het blokkeren van de antenne gebeurt door een negatieve gelijkspanning op de coax aan te bieden, waardoor de diode spert en er geen signaal wordt doorgelaten. In dit geval zorgt de spoel L1 voor de gelijkspanning aarde.



Afbeelding 19: Antenne combiner

Een schakeling voor het aansturen van de vier antennes en het combineren van de antenne signalen gebeurt in een kleine schakeling waarin de coax kabels van de vier antennes bij elkaar komen. Dit is in afbeelding 19 getekend. Met de enable signalen kunnen de betreffende antennes worden geactiveerd, terwijl de antenne signalen met C1a-d worden samengevoegd. De spoelen (L2a-d) en condensators (C2a-d) zorgen ervoor dat het VHF signaal wordt onderdrukt in de richting van de enable signalen.

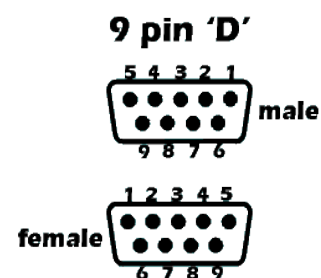


Afbeelding 20: opgebouwde antenne combiner

Voor een juiste meting van de ontvangen signalen is het van het grootste belang dat deze schakeling waarin de antenne signalen worden gecombineerd zo symmetrisch mogelijk is.

De kabel tussen de antenne combiner en de aansturing van de antennes maakt gebruik van een 4 aderig afgeschermd kabel met 9 polige sub-D connectoren. De aansluitingen hiervoor zijn in onderstaande tabel gegeven.

Pen nummer	Functie	Draad kleur in kabel
1	Antenne 1	rood
2	Antenne 2	wit
3	Antenne 3	groen
4	Antenne 4	geel
5	aarde	afscherming/aarde



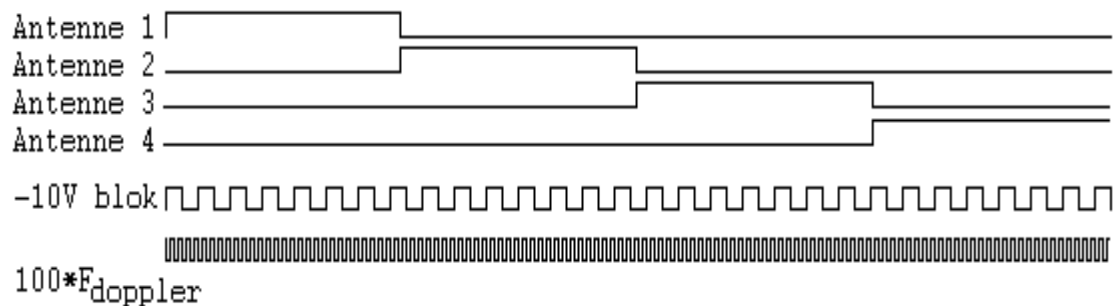
4.5 Doppler aansturing en richtingsmeting

In dit hoofdstuk wordt het ontwerp van de aansturing van de antennes en de meting waaruit de richtsbepaling wordt gedaan verder uitgewerkt.

4.5.1 Aansturing schakelende antennes

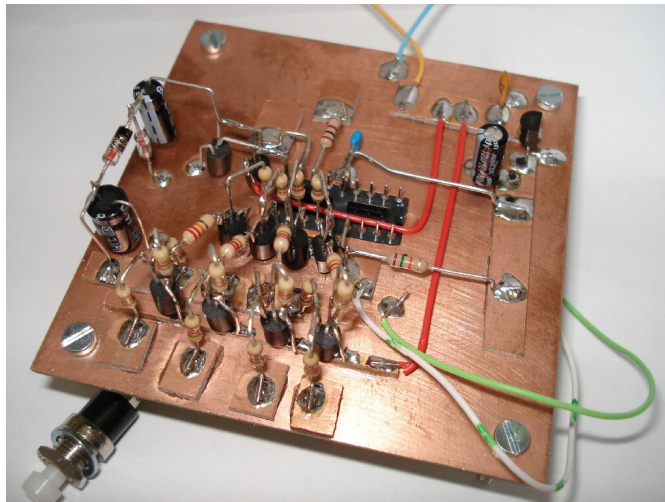
Voor het aansturen van de antennes is het timing diagram gemaakt zoals weergegeven in afbeelding 21, waarin het activeren van de 4 antennes is weergegeven. De gebruikte frequentie is niet erg kritisch en ligt tussen 750 en 1000 Herz. Dat betekent dat elke antenne 750-1000 maal per seconde wordt geactiveerd.

Behalve de aansturing van de antennes, worden nog een tweetal signalen opgewekt. Een blok golf van een paar kilohertz waaruit een negatieve voedingsspanning wordt gemaakt voor het uitzetten van de niet gebruikte antennes, en een blok golf met een frequentie die exact 100 keer de doppler frequentie is waarmee de antennes worden aangestuurd. Dit laatste signaal kan later door het filter worden gebruikt voor een exacte filtering van de ontvangen signalen.

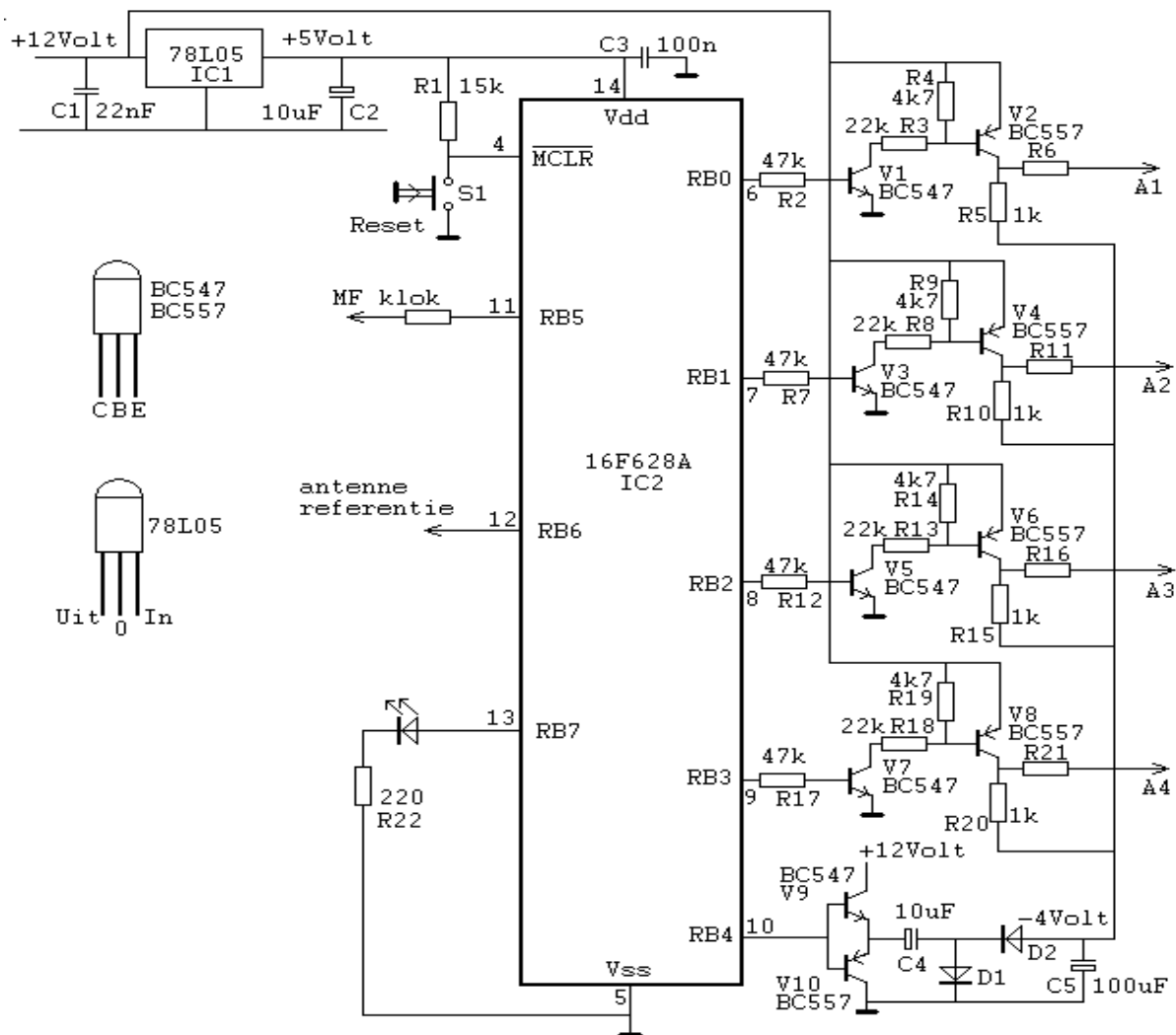


Afbeelding 21: timing voor de antenne sturing

De schakeling waarmee deze antenne sturing wordt gerealiseerd, maakt gebruik van een programmeerbaar IC, waardoor de hoeveelheid logische bouwstenen erg kan worden beperkt. De extra externe componenten zijn uitsluitend nodig voor het aanpassen van de signaal niveaus.



*Afbeelding 22: opbouw van de antenne
aansturing*



Afbeelding 23: schakeling voor de antenne aansturing

Met de reset schakelaar (S1) kan de software in de PIC (16F628A) eventueel opnieuw worden opgestart. Voor het goed aan/uit-schakelen van de antennes worden spanningen gebruikt die rond de +12Volt en -4Volt liggen. De 12 Volt spanning is gekozen door zijn eenvoudige beschikbaarheid in de auto.

De -4Volt wordt opgewekt uit een blokgolf die door de PIC wordt gemaakt. De transistor buffer schakeling (V9 en V10) zorgt ervoor dat als de uitgang RB4 een spanning van +5 Volt afgeeft, de NPN transistor geleidt (PNP is dan gesperd). Als de uitgang van RB4 laag (0 Volt) is, dan komt de PNP transistor in geleiding (NPN is dan gesperd). Als de NPN transistor open staat, dan laadt de positieve spanning de volgende condensator C4 op. In de tweede helft van de blokgolf komt de PNP transistor in geleiding, waardoor de positieve kant van de opgeladen condensator aan de aarde komt te liggen. Daardoor wordt aan de andere kant een negatieve spanning opgewekt waardoor diode D2 in geleiding komt. Op deze manier wordt de negatieve voeding voor de antenne aansturing opgewekt. Een buffer condensator C5 aan de uitgang van deze schakeling zorgt ervoor dat de spanning constant blijft.

De PIC wordt zodanig geprogrammeerd dat hij gebruik maakt van zijn interne 4 MHz klok. Hierdoor duurt iedere instructie cyclus $1\mu\text{s}$. De hoogste frequentie die daarmee kan worden geprogrammeerd (schakel een I/O pen aan en uit) is dus 2 maal $1\mu\text{s}$, wat een frequentie geeft van 500kHz. In de tabel is zichtbaar welke frequenties kunnen worden opgewekt met een gegeven aantal cycli per periode.

Aantal cycli voor één periode	Periode tijd	Frequentie
2	$2\mu\text{s}$	500.000 Hz
4	$4\mu\text{s}$	250.000 Hz
6	$6\mu\text{s}$	166.666 Hz
8	$8\mu\text{s}$	125.000 Hz
10	$10\mu\text{s}$	100.000 Hz
12	$12\mu\text{s}$	83.333 Hz
14	$14\mu\text{s}$	71.428 Hz
...		
120	$120\mu\text{s}$	8333 Hz
1200	1,2 ms	833 Hz

Er is gekozen de volgende frequenties op te wekken:

- activeren antennes: 833 Herz (1200 cycli)
- blok golf voor het maken van de negatieve voedingsspanning: 4166 Herz (240 cycli)
- klok frequentie voor een digitaal doppler filter: 83 kHz (12 cycli)

In de praktijk is gebleken dat het maken voor een compacte lus met instructies voor het maken van deze signalen, niet mogelijk is. Daarom is gekozen voor een een grote lus van 1200 cycli (instructies) waarbij voor elke cyclus de juiste I/O pennen worden geactiveerd. In de cycli waar niets hoeft te gebeuren wordt de tijd gevuld met NOP instructies die alleen maar tijd kosten.

Het schrijven van een assembler programma wat sequentieel 1200 cycli doorloopt is gevoelig voor fouten. Daarom is een hulp programma gemaakt, dat het assembler programma genereert. Welke I/O moet worden aangestuurd in welke cyclus van het programma, is in onderstaande tabel te zien.

I/O pen	Functie	Aan in cyclus	Uit in cycle
RB0	Antenne Links voor	0	300
RB1	Antenne Rechts voor	300	600
RB2	Antenne Rechts achter	600	900

RB3	Antenne Links achter	900	0
RB4	Blokgolf voor negatieve voedingsspanning	$12 * n \ (0 \leq n \leq 99)$	$6 + 12 * n \ (0 \leq n \leq 99)$
RB5	Klok frequentie voor digitaal filter	$240 * n \ (0 \leq n \leq 9)$	$120 + 240 * n \ (0 \leq n \leq 9)$
RB6	Antenne referentie	0	300
RB7	Activiteits LED	0	600

De eerste metingen aan de antenne sturing zijn gedaan op een white-board samen met Peter. De software liep direct goed en de resultaten zoals hierboven waren ook prima. Hieronder is Peter aan het werk met deze eerste opzet.



Afbeelding 24: Peter werkt aan het prototype

Door de gekozen opzet zal de frequentie verhouding tussen de antenne aansturing en het opgewekte klok signaal voor het volgende filter, altijd exact 100 zijn. Variaties in de opgewekte frequenties, zullen daardoor geen verloop of afregeling geven in het volgende doppler filter.

De aansluitingen tussen de PIC en de Sub-D connector op de kast zijn in onderstaande tabel weergegeven, inclusief de kleuren van de bandkabel die is gebruikt in de kast.

Antenne	PIC aansluiting	Bandkabel (kleur)	Sub-D
Antenne 1	RB0 (pen 6)	paars	Pen 1
Antenne 2	PB1 (pen 7)	blauw	Pen 2
Antenne 3	RB2 (pen8)	groen	Pen 3

Antenne 4	RB3 (pen 9)	geel	Pen 4
-	aarde	oranje	Pen 5

4.5.2 Filtering van het ontvangen signaal

Het audiosignaal van de ontvanger wordt zodanig gefilterd dat alleen de frequentie waarmee de antenne ronddraait wordt doorgelaten. Hierdoor wordt eventuele spraak op het ontvangen signaal uitgefilterd.

Ontwerpen op internet gebruiken voor dit filter wel schakelende condensator filters.

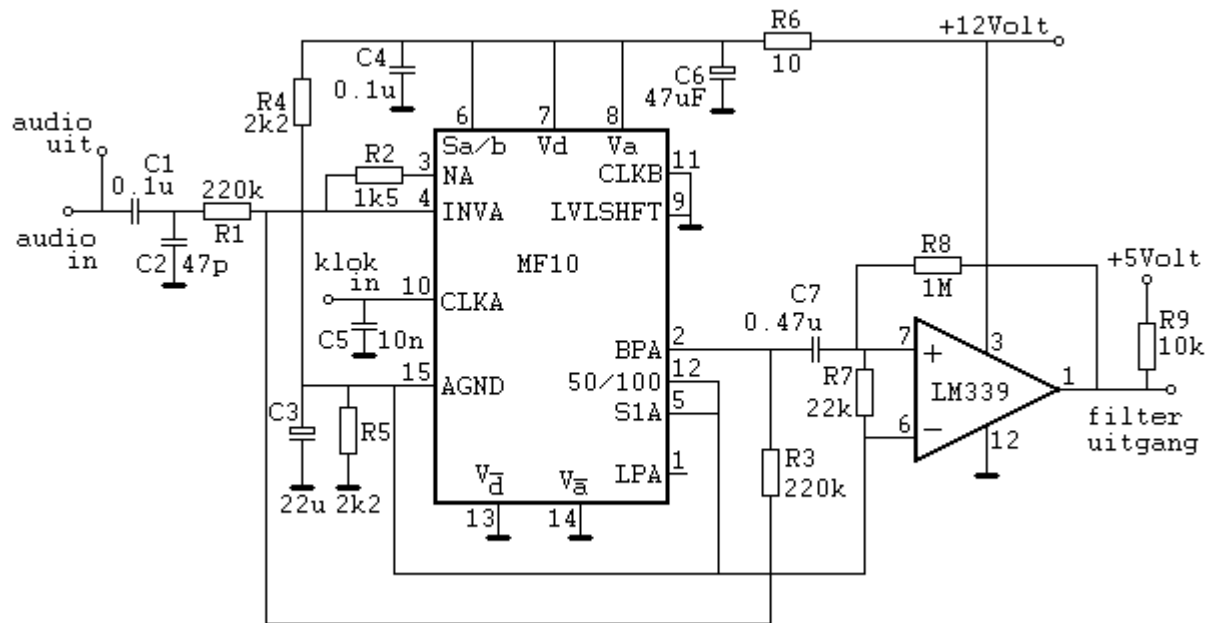
Het ontwerp van SM0VPO is eenvoudig, en gebruikt een RC fasedraaiings oscillator die juist niet oscilleert door het beperken van de terugkoppeling. Hierdoor ontstaat een versterker met een zeer kleine bandbreedte van enkele herzen. Deze bandbreedte is wel sterk afhankelijk van de grootte van de terugkoppeling. Met deze schakeling kan spraak uit het signaal eenvoudig wordt uitgefilterd. Het nadeel van dit ontwerp is de grote verloop van frequentie en bandbreedte bij kleine wijzigingen van componenten en voedingsspanning. Daarom is dit idee, ondanks zijn eenvoud, vanwege stabiliteits overwegingen terzijde gelegd.

Na overleg met ON9CVD (Bob) heb ik aanvankelijk een ontwerp gemaakt rond een dubbel T-filter. Door de terugkoppeling van het signaal, wordt de bandbreedte van het dubbel T-filter kleiner. Door het regelen van de terugkoppeling, kan de bandbreedte worden veranderd. Kleine veranderingen in de center frequentie van het dubbel T-filter kunnen worden gemaakt, door de weerstand in de "staart" van het filter enigszins te veranderen.

Bij het simuleren van dit teruggekoppelde filter in Spice, ontdekte ik dat het nog helemaal niet zo eenvoudig is om met dit ontwerp een smal band filter te maken. Uit de literatuur heb ik ondertussen gevonden dat een Q van 15 als te klein wordt ervaren, terwijl een Q van boven de 100 acceptabele resultaten oplevert. Bij een frequentie van 830 Herz betekent een Q van 100 overigens dat de bandbreedte van het filter nog maar 8.3 Herz bedraagt!

In dezelfde periode publiceert PA0SOM (Joep Somers) in Electron van februari 2007 zijn gebouwde doppler peiler. In dat ontwerp, oorspronkelijk van N0GSG, wordt gebruik gemaakt van een digitale filter chip, de MF10. Dit is geen gangbaar IC, maar het blijkt in Nederland wel goed leverbaar te zijn (o.a. Via Brigatti in Eindhoven en Barend Hendriks in Brummen).

Dit ontwerp wordt gekozen voor de doppler peiler volgens het onderstaande schema.



Afbeelding 25: doppler filter

De klok ingang van dit filter heeft een frequentie van exact 100 maal het midden van het bandpass filter (mode 1 van het MF10 IC). Dit klok signaal wordt opgewekt door de antenne aansturing en bedraagt circa 83kHz. De kwaliteits factor Q van het filter bedraagt dan:

$$Q = \frac{R3}{R1} = \frac{220\text{kohm}}{1.5\text{kohm}} = 147$$

Bij een filter frequentie van 833 Herz voor het band doorlaat filter, betekent dit een -3dB bandbreedte van:

$$BW = \frac{f}{Q} = \frac{833}{147} = 5.7 \text{ Herz}$$

De versterking voor een band doorlaat filter is

$$G(MF10) = -\frac{R3}{R1} = -\frac{220\text{k}}{220\text{k}} = -1$$

Door de voedingsspanning van de MF10 is de output van dit filter beperkt tussen 1..11Volt.

Van de MF10 wordt maar de helft (A) gebruikt. De andere (identieke) helft B blijft voor deze schakeling ongebruikt.

De opamp schakeling rond de LM339 die na het schakelende filter komt, is opgezet als Schmitt-trigger, waardoor het gefilterde signaal als blok golf beschikbaar wordt gemaakt aan

de uitgang. De uitgang van de opamp is open collector van een transistor waarvan de emitter aan de aarde ligt. Daardoor is het eenvoudig, het uitgangssignaal aan te passen aan de benodigde 5 Volt. De uitgang van de Schmitt-trigger zal dus 0 of 5 Volt zijn, wat prima aanpast naar de ingang van de 16F628A PIC.

Hoewel niet getekend in het schema zijn de ongebruikte ingangen (pennen 4, 5, 8, 9, 10 en 11) van de LM339 opamp aan de aarde gelegd om ongewenste oscillaties te voorkomen. Overigens blijkt dat PA0SOM in zijn uitvoering van de doppler peiler gebruikt heeft gemaakt van de LM358, hoewel dat niet in zijn artikel in Electron staat vermeld. De LM358 heeft echter ook geen open collector uitgang, waardoor meer wijzigingen nodig zijn.

4.5.3 De doppler controller

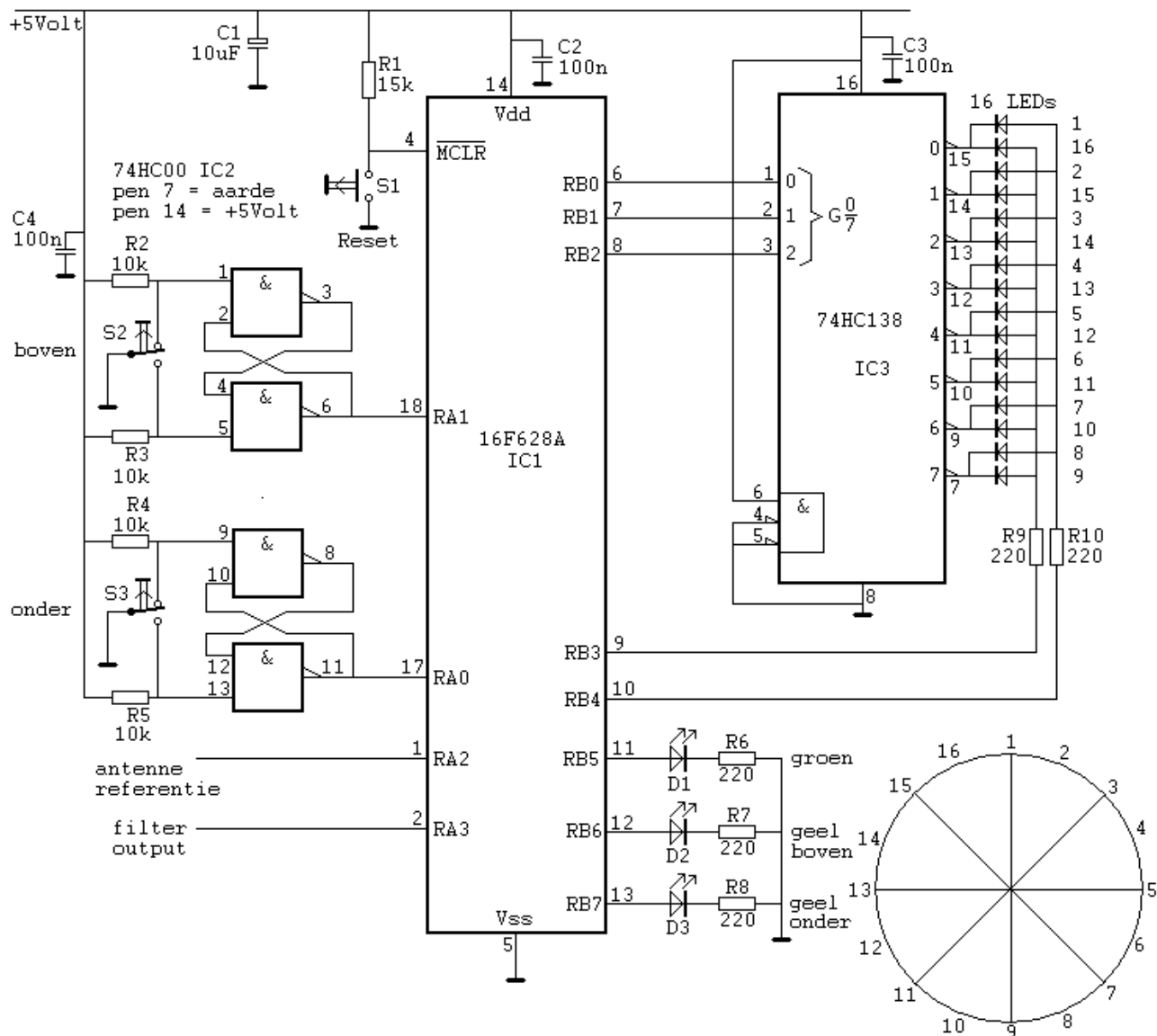
Voor het bepalen van de richting waaruit ontvangen radio signaal komt, wordt een controller gebruikt die het fase verschil tussen antenne aansturing en ontvangen doppler signaal bepaalt. Dit fase verschil is de maat voor de richting van waaruit het signaal wordt ontvangen.

De controller maakt gebruik van een schakeling rond een PIC waarmee de input en output worden bestuurd.

De input bestaat uit 2 moment schakelaars voor calibratie van de controller, en daarnaast zijn er 2 ingangen voor het antenne referentie signaal en de uitgang van het dopplerfilter.

De output bestaat uit een kompasroos met 16 LEDs en een drietal LEDs waarmee status informatie kan worden afgegeven. Voor de LEDs op de kompasroos is het voldoende als maximaal 1 van de 16 LEDs kan worden aangezet. Voor de status LEDs is het van belang dat ze onafhankelijk van elkaar kunnen worden aangestuurd.

Het ontwerp van de controller is hierna gegeven. Daarin is ook de kompasroos met 16 LEDs symbolisch weergegeven, zodat de nummering van de LEDs duidelijk wordt.



Afbeelding 26: schema van de controller

De schakelaars S2 en S3 worden gevolgd door een klassieke schakeling met NAND poorten waardoor het signaal van de schakelaars zonder dender wordt doorgegeven aan de PIC ingangen. Het voordeel hiervan is dat geen software nodig is voor het ontdenderen van de schakelaars. Dit kost weliswaar een extra schakel contact op elke schakelaar plus een 74HC00 voor de NAND poorten.

Voor het aansturing van de LEDs op de kompasroos zijn 16 lijnen nodig, waarvan er steeds slechts één in gebruik is. Gezien het beperkte aantal I/O lijnen op de PIC, is ervoor gekozen hiervoor een 3-naar-8 decoder (74HC138) te gebruiken.

Poort A kan daardoor worden gebruikt voor de ingangen, terwijl Poort B voor de uitgangen is gereserveerd.

Voor de aansturing van de LEDs op poort B van de controller, is de volgende tabel gemaakt.

LED	RB4	RB3	RB2	RB1	RB0	hex
1	1	0	0	0	0	\$10
2	1	0	0	0	1	\$11
3	1	0	0	1	0	\$12
4	1	0	0	1	1	\$13
5	1	0	1	0	0	\$14
6	1	0	1	0	1	\$15
7	1	0	1	1	0	\$16
8	1	0	1	1	1	\$17
9	0	1	1	1	1	\$0F
10	0	1	1	1	0	\$0E
11	0	1	1	0	1	\$0D
12	0	1	1	0	0	\$0C
13	0	1	0	1	1	\$0B
14	0	1	0	1	0	\$0A
15	0	1	0	0	1	\$09
16	0	1	0	0	0	\$08

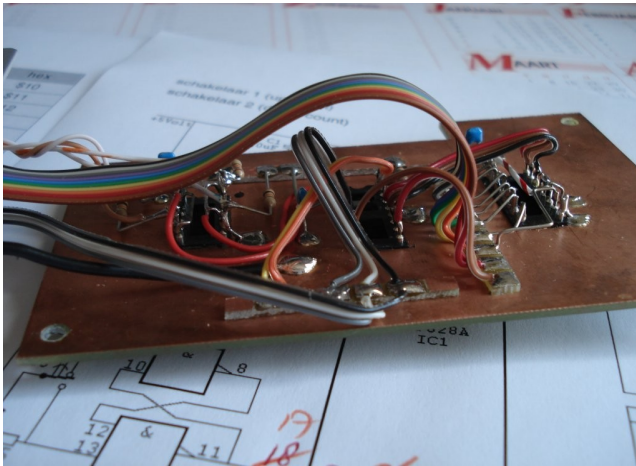
Voor het aansturen van de status LEDs is de volgende tabel gemaakt.

LED	I/O pen	Hex waarde
Groene LED	RB5	\$20
Bovenste gele LED	RB6	\$40
Onderste gele LED	RB7	\$80

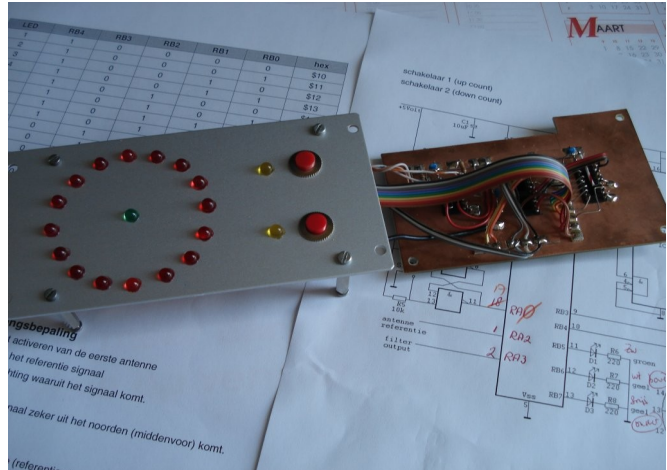
De mechanische constructie van de controller bestaat uit 2 delen.

Het eerste deel is een stuk print materiaal waarin de LEDs en schakelaars zijn bevestigd. Het patroon van de benodigde gaten is vervolgens doorgeboord in de aluminium voorkant van de kast die voor de controller wordt gebruikt.

Het tweede deel is een stuk print materiaal van dezelfde maat als de voorplaat, waarop alle overige componenten zijn gemonteerd. De verbindingen tussen de twee delen is gemaakt met bandkabel, waardoor de twee delen uit elkaar te vouwen zijn zoals in onderstaande foto's zichtbaar is gemaakt.



Afbeelding 27: componenten print



Afbeelding 28: opbouw van de controller

4.5.4 fase detectie en richtingsbepaling

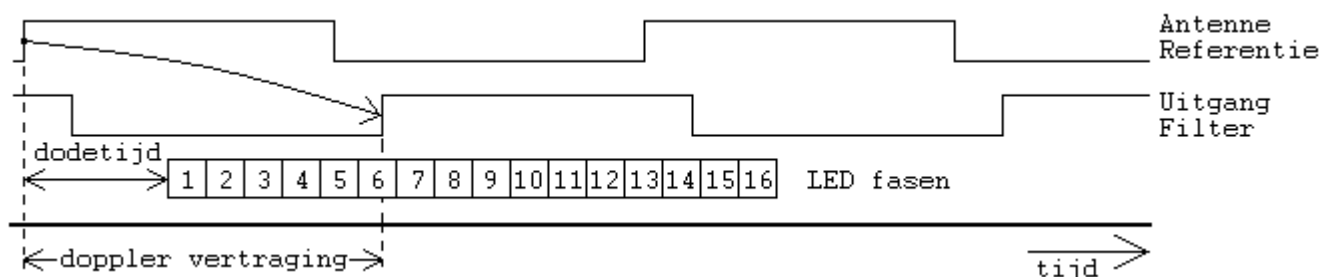
Bij het initialiseren van de controller wordt een LED test uitgevoerd waarbij alle LEDs van de kompasroos in een rondgaande beweging met de klok mee worden aangestuurd.

Daarna gaat de controller software in een oneindige meetlus. Daarbij wordt actief gewacht op het activeren (laag-hoog overgang) van het antenne referentie signaal. Vervolgens wordt gedurende een gedefinieerde dode-tijd gewacht; dit is de tijd die ontvanger/detectie/filtering nodig heeft voor het teruggeven van het ontvangen signaal. Tenslotte worden 16 periodes afgeteld waarin wordt gekeken of het filter signaal activeert (laag-hoog overgang). Zodra de filter uitgang activeert in een van deze fasen, dan wordt de bijbehorende LED aangezet, waardoor de richting van het ontvangen signaal kan worden afgelezen.

Als een goede meting kan worden uitgevoerd (filter activeert in één van de 16 fasen) dan wordt ook de groene LED aangezet. Activeert het filter niet gedurende één van de fasen, dan wordt de onderste gele LED aangezet, terwijl de laatste gemeten richting op het kompasroos blijft staan.

De PIC in de controller loopt (identiek aan de PIC die wordt gebruikt voor de antenne sturing) op een interne klok van 4 MHz, waardoor elke instructie 1 μ s duurt. Bij het opwekken van de antenne aansturing worden voor een complete omgang van de antennes een periode van 1200 cycli gebruikt. Dit betekent dat 1200 cycli over 360° worden verdeeld. Voor de LED fasen in de controller fasen zijn er dus $1200 / 16 = 75$ cycli (75 μ s) beschikbaar. Dit betekent tegelijkertijd dat elke LED een bereik van 22,5° op het kompas weergeeft.

In het onderstaande plaatje is het verloop van de meetlus nog eens weergegeven.



Afbeelding 29: Doppler meting

Met de twee schakelaars kan de lengte van de dode tijd worden verlengt (bovenste) of ingekort (onderste). Hierdoor loopt de aanduiding op de kompasroos respectievelijk linksom of rechtsom. Bij het indrukken van een schakelaar, wordt de bijbehorende gele LED aangezet.

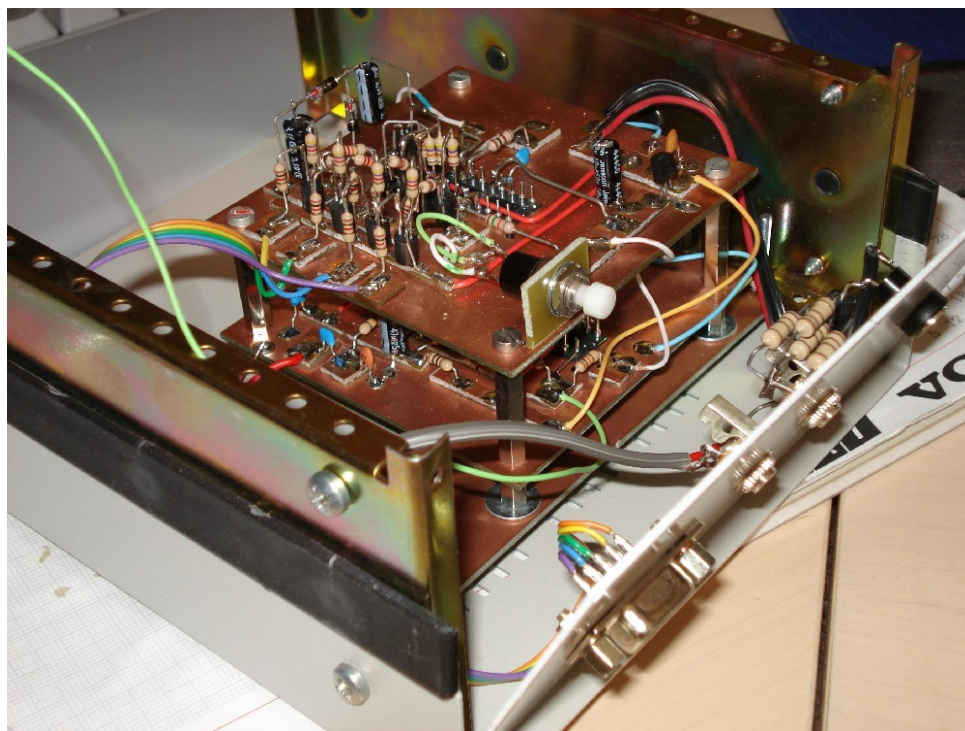
Als de andere schakelaar tegelijkertijd wordt ingedrukt, dan wordt de huidige waarde voor de dode tijd in de EEPROM van de PIC (non-volatile) opgeslagen.

Voor het testen van de controller software zijn verschillende tussen versies gemaakt, zodat elk deel van de software los is getest op de juiste functionaliteit. In de laatste fase is de input genomen die daadwerkelijk uit de antenne aansturing en het doppler filter komt. Door de vier signalen voor het aansturen van de antennes beurtelings te verbinden met de ingang van het doppler filter, kon ook de fase meting worden getest. Respectievelijk werd 0, 90, 180 en 270 graden afgelezen van de kompasroos, wat overeenkomt met het faseverschil van deze signalen. Ook het instellen van de dode tijd is op deze manier getest: voor de verschillende antenne aansturingen signalen bleek een instelling mogelijk, waardoor de LED voor het noorden werd aangestuurd. Als vervolgens de andere antenne aansturingen signalen worden gebruikt, dan wordt de juiste richting afgelezen.

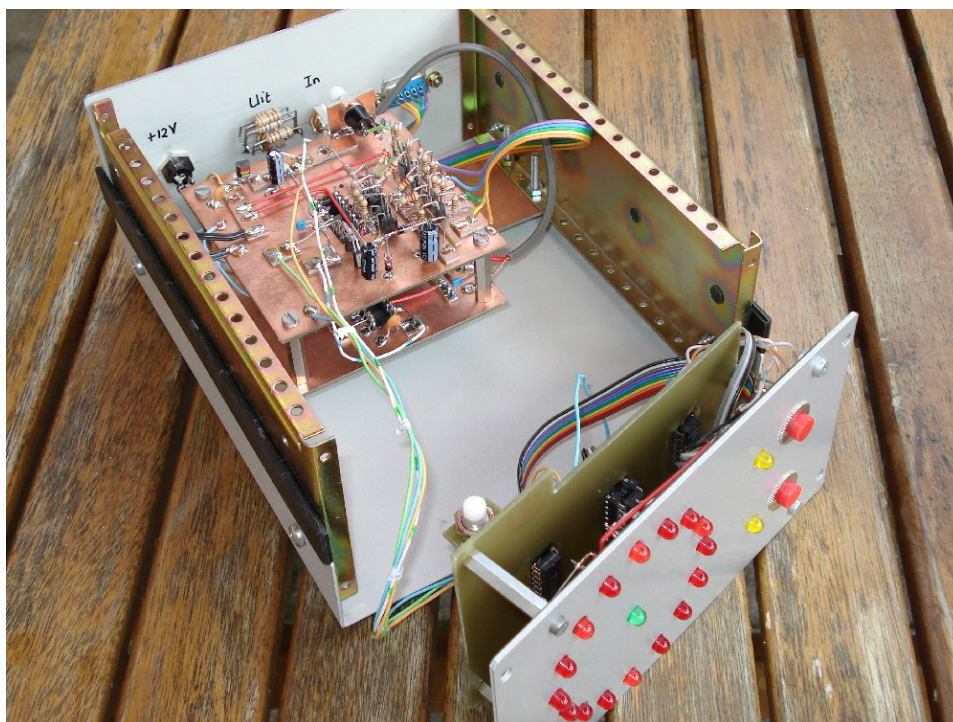
4.5.5 Constructie van de doppler controller

Voor het inbouwen van de antenne aansturing, het doppler filter en de controller is gekozen voor een behuizing met de aanduiding: LC840 van Client Solutions. De maten van deze behuizing zijn: breedte x hoogte x diepte = 150 x 80 x 180mm

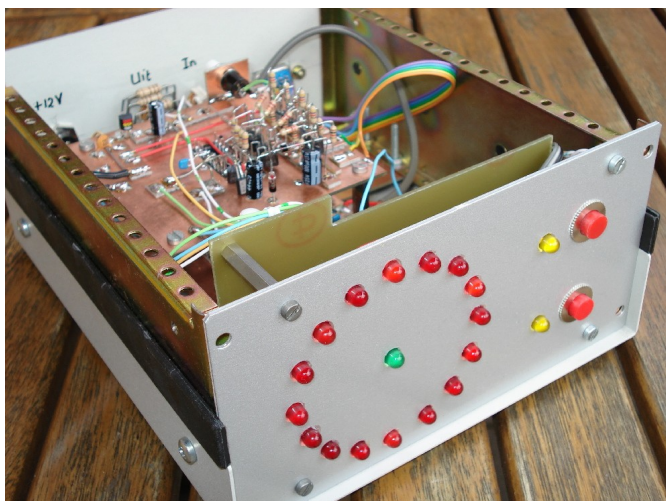
Na het inbouwen van de antenne sturing en het dopplerfilter ziet het geheel er als volgt uit:



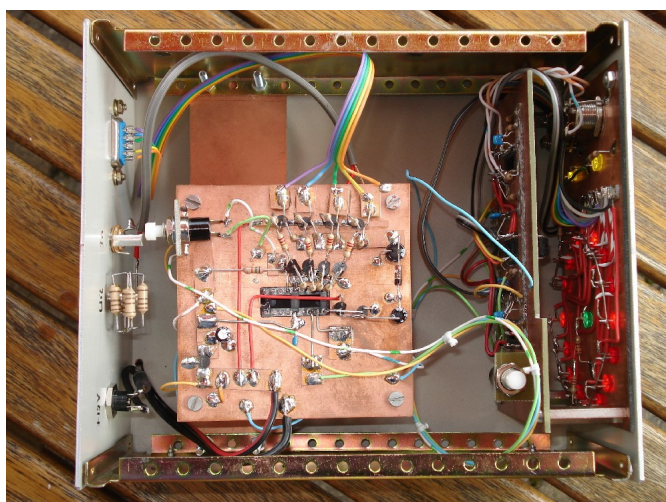
Afbeelding 30: behuizing na inbouw van filter en sturing



Afbeelding 31: alle modules voorlopig op zijn plaats



Afbeelding 32: Alles lijkt goed te passen



Afbeelding 33: bovenaanzicht

4.6 Leveranciers

Voor het programmeren van de Microchip PICs maak ik gebruik van het PIC programmer board K8076 van Velleman. Dit bouw pakket is eenvoudig in elkaar te zetten en wordt geleverd met PicProg2006 waarmee de PICs feilloos kunnen worden geprogrammeerd. Wellicht was zelfbouw goedkoper geweest, maar ik wilde in dit project niet te veel complexe sub-projecten opstarten. De programmer is goed verkrijgbaar voor een prijs van circa 40 Euro. De gebruikte 16F628A PICs worden door Velleman aangemerkt als "ondersteund". Voor vragen over de programmer, kan overigens gebruik worden gemaakt van een forum op internet.

Hoewel vermeld wordt dat de programmer software ook op Windows ME wordt ondersteund,

heb ik dit niet werkend gekregen. Nadat de PC was voorzien van Windows XP, functioneerde de programmer aanvankelijk prima. Na een aantal malen gebeurt het echter regelmatig dat de programmer software (PICProg2006) de melding geeft dat er geen Velleman programmer is aangesloten. Na een groot aantal pogingen lukt het echter meestal wel de PIC alsnog te programmeren.

Mijn leverancier voor de programmer, en allerhande andere componenten en behuizingen voor dit project is:

Brigatti Electronics (www.brigatti.nl)
Hobbemastraat 18
5613 HL Eindhoven
040 2459163

De gebruikte PICs (16F628A) zijn geleverd door:

Van Ooijen Technische Infomatica
Utrechtseweg 173
3818 ED Amersfoort
<http://www.voti.nl/> (alleen een web-winkel)
wouter@voti.nl

Om er zeker van te zijn dat ik voldoende chips zou hebben, heb ik er 6 besteld (2 nodig). Bij het ontwikkelen van software is er bij het verplaatsen van de chips tussen de programmer en de schakeling altijd een risico op verbogen en/of gebroken pennen. Daarom heb ik uit voorzorg de PICs in een gedraaid voetje geplaatst. Deze voeten zijn voldoende betrouwbaar, goedkoop en stapelbaar.

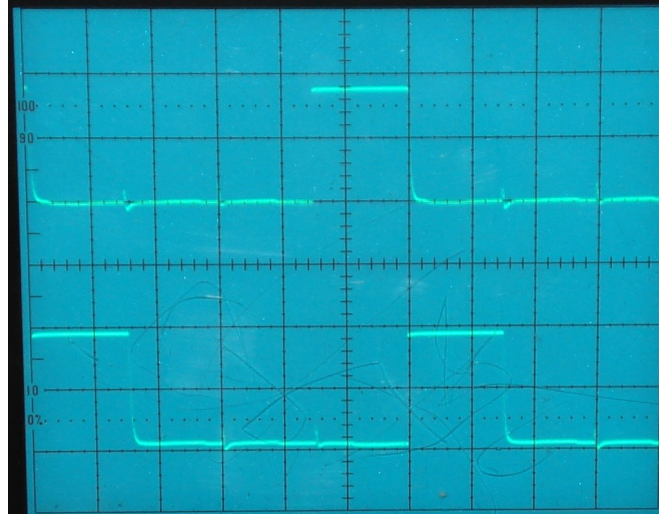
Het hout en de aluminium plaat voor de antenne constructie is geleverd door

Fixet Geldrop – Klusmarkt (van Heeswijk)
Emopad 19
5663 PA Geldrop
T. (040) 285 53 64
F. (040) 285 63 72
E. fixet.geldrop@fixet.nl

5 Functioneel testen

Nadat alle modules (antennes, combiner en filter/antennesturing/controller) voor zover mogelijk afzonderlijk zijn getest, zijn alle modules samengebracht.

Bij de eerste metingen zijn de signalen in de antenne combiner bekeken voor de antenne aansturing, direct op de aansluiting vanaf de sub-D connector. Op een oscilloscoop ziet dat er als volgt uit:



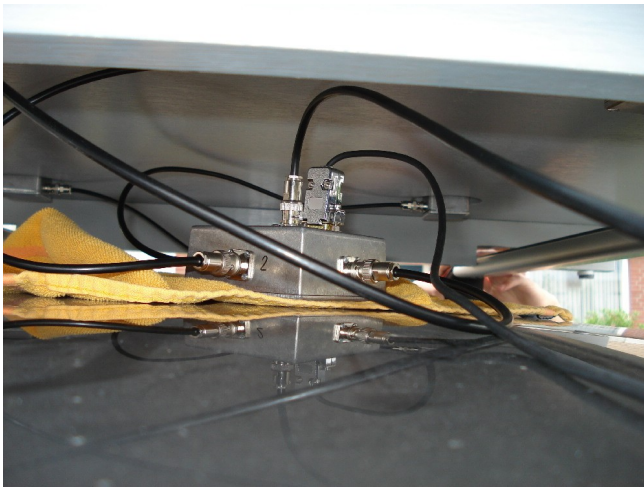
Afbeelding 34: antenne sturing in combiner

Hierbij is de scope ingesteld op: 0.2 ms/div en verticaal op 2 Volt/div. Waarbij de “nul-lijn” precies tussen de 2 signaal uitersten (ca +2 Volt en -2Volt) ligt. Dat is voldoende voor het openen en sluiten van de diodes.

De volgende stap is alle delen samen te bouwen in de uiteindelijke omgeving: op de auto.

Op dat moment waren er nog een aantal kleine dingen niet helemaal af: de antenne combiner was nog niet vast gemonteerd aan de houten dak constructie, waardoor deze nog even los op het dak van de auto moest liggen. Bovendien zijn de antennes nog onder constructie, nadat deze te kort waren geworden bij de afregeling op minimale SWR. Daarom wordt voor een eerste functionele test gebruik gemaakt van antennes uit 2 mm las electrode.

Op de volgende fotos is duidelijk te zien dat de ruimte voor de montage van de antenne combiner minimaal is.



Afbeelding 35: de ruimte onder de dakconstructie is beperkt



Afbeelding 36: Toch past het allemaal precies

Ook de behuizing voor de controller past prima in de Toyota. De hoogte in het middelste dashboard kastje is juist goed voor de gekozen behuizing. Achterin blijft dan nog voldoende ruimte over voor het aansluiten van de kabels.



Afbeelding 37: Doppler controller

De eerste metingen zijn verricht in de straat voor mijn woning. Daar lijkt het erop dat de doppler min-of-meer werkt, maar soms wat rare aanwijzingen geeft. Nu is de straat waar ik woon in een typische nieuwbouw wijk niet erg breed, en staan er aan beide zijden rijtjes woningen met 2 woonlagen + zolder. Het vermoeden ontstaat dat de vreemde aanwijzingen door reflecties van het ontvangen signaal tegen de woningen ontstaat. Daarom besluit ik de metingen eens te herhalen in het open veld. Op een parkeerplaats aan de rand van Heeze, worden inderdaad veel betere resultaten verkregen. De ontvanger die wordt gebruikt is dan een tot 2 meter transceiver omgebouwde Teletron T813.

Wel valt op dat als de ontvangen dopplertoon wat rafelig klinkt, de aanwijzing niet echt goed is. Testen door de auto rondjes te laten rijden terwijl iemand met een porto op een vaste plaats (ca25 meter afstand van de auto) staat, werkt ook beter dan rondlopen met de porto.

Ook wordt met deze test vastgesteld dat de dakconstructie op de auto goed vast op de auto blijft zitten, ook bij snelheden tot 100 km/h.

De overige testen en resultaten moeten hier nog worden toegevoegd.

6 Referenties

1. Harry Lythall (SM0VPO)
<http://web.telia.com/~u85920178/rx/df-00.htm>
2. Joe Moell KØOV
<http://members.aol.com/homingin/DSEfix.html>
3. Joep Somers PA0SOM
<http://home.scarlet.be/~joep/doppler/>
4. Operationele Versterkers
Drs. Th. Mollinga mmv. ir. H. Zoete
ISBN 90-6674-701-3

Bijlage 1: montage dakdrager bij een Toyota Verso

ROOF RACK

INSTALLATION INSTRUCTIONS

**COROLLA
VERSO**

Model year: 2004

Vehicle code: **R1**-G****W

Partnumber

Roof Rack Kit PZ403-E8612-GA



LHD/RHD



Manual Ref. no. AIM 000 319-0



NL**VEILIGHEIDSTIPS:**

Toegestane imperiaalbelasting en toegestaan totaalgewicht van de auto overeenkomstig de gegevens van de fabrikant in acht nemen (toegestane imperiaalbelasting 75 kg/165lbs, gewicht van een dwarsbalk van de imperiaal ca. 6,0 kg). De maximale imperiaalbelasting is de som van het eigen gewicht van de imperiaal, de accessoires en de lading.

- De schroefverbindingen moeten de eerste keer nadat u een stuk heeft gereden en vervolgens met passende tussenpozen, afhankelijk van de toestand van het wegdek, worden aangedraaid en er moet worden gecontroleerd of de lading goed zit en goed bevestigd is.
- Rijgedrag aan de veranderde rijomstandigheden aanpassen.
- Lading gelijkmatig met een zo laag mogelijk zwaartepunt over het laadvlak verdelen en beslist tegen verschuiven borgen.
- In verband met de veiligheid van andere verkeersdeelnemers, het besparen van energie en het verminderen van windgeruis, moet de imperiaal worden gedemonteerd als ze niet worden gebruikt.

DK**SIKKERHEDSFORSKRIFTER:**

Overhold den tilladte taglast og køretøjets tilladte totalvægt, som er fastlagt af fabrikanten (den tilladte last på tværdragerne er 75 kg/165lbs, en tagtværdrager vejer ca. 6,0 kg). Ved den maks. taglast forstås tagholderens egenvægt, tilbehør og selve lasten.

- Spænd skrueforbindelserne første gang efter kort tids kørsel og derefter med regelmæssige mellemrum - afhængigt af vejforholdene - og kontrollér at lasten stadigvæk er anbragt og fastgjort rigtigt.
- Tilpas kørslen i forhold til vejforholdene.
- Fordel lasten jævnt over hele fladen for at undgå punktuelle tyngdepunkter og sikre den, så den ikke kan rutche.
- Tværdragerne bør tages ned fra køretøjet af energibesparende grunde og til sikkerhed for de øvrige trafikanter.

N**SIKKERHETSHENVISNINGER:**

Det må tas hensyn til produsentens angivelser angående tillatt bærelast og tillatt samlet vekt på kjøretøyet (tillatt bærelast 75 kg/165lbs, vekten på en tak-tverrbærer er ca. 6,0 kg). Den maksimale bærelasten blir sammensatt av egenvekten på takgrinden, tilbehøret og lasten.

- Etter en kort kjøretur, og også av og til senere, avhengig av veibanen, må skrueforbindelsene etterskrues, og lasten må kontrolleres at den sitter godt fast.
- Kjøremåten må tilpasses kjøretøyets forandrete kjøreegenskaper.
- Det må tas hensyn til at vekten på lasten blir fordelt jevnt med så lavt tyngdepunkt som mulig over lasteflaten, og at lasten ikke kan skli.
- Av hensyn til sikkerheten av andre trafikanter og energisparing, bør tverrbærerne tas av bilen når de ikke er i bruk.

S**SÄKERHETSANVISNINGAR:**

Beakta tillåten taklast och tillåten totalvikt för bilen enligt tillverkarens uppgifter (tillåten last på lasthållarna är 75 kg/165lbs, vikten av en lasthållare är ca 6,0 kg). Den maximala taklasten sammansätts av lasthållarnas egenvikt, tillbehören och själva lasten.

- Efterdra skruvförbanden första gången efter en kort körsträcka och därefter med lämpliga intervall, beroende på körbanans beskaffenhet, och kontrollera dessutom lastens läge och fastsättning.
- Anpassa körsättet till bilens ändrade köreegenskaper.
- Fördela lasten jämnt över lastytan med så låg tyngdpunkt som möjligt och spänn fast den så att den absolut inte kan förflytta sig.
- För andra trafikanters säkerhet och för att spara energi bör lasthållarna tas bort från bilen när de inte används.

FIN**TURVAOHJEITA:**

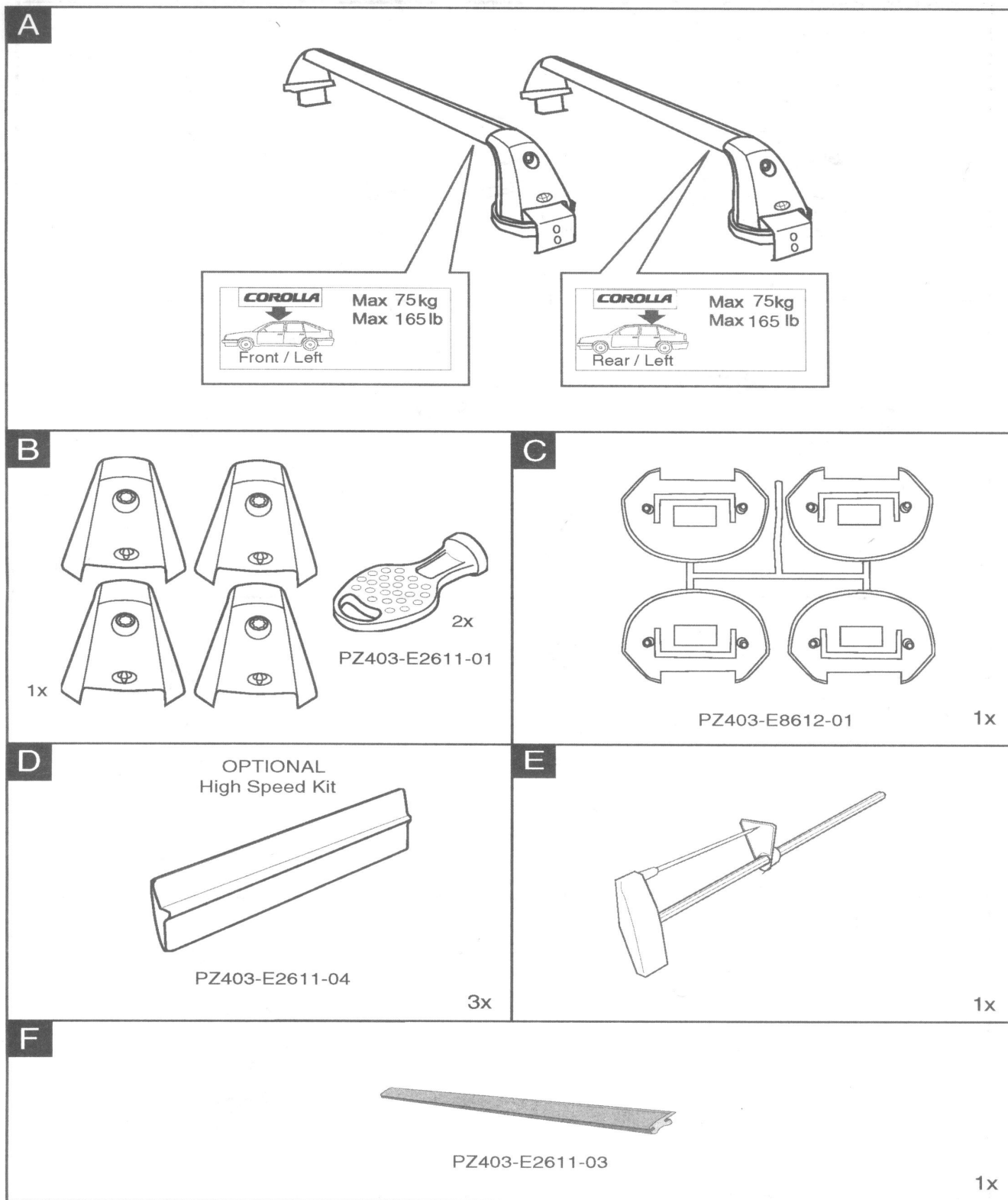
Ota huomioon valmistajan ilmoittama sallittu kuormattavuus ja ajoneuvon sallittu kokonaispaino (sallittu kuorma 75 kg/165lbs, poikkikannattimen paino noin 6,0 kg). Suurin sallittu kuorma koostuu taakkatelineen omasta painosta, tarvikkeista ja kuormasta.

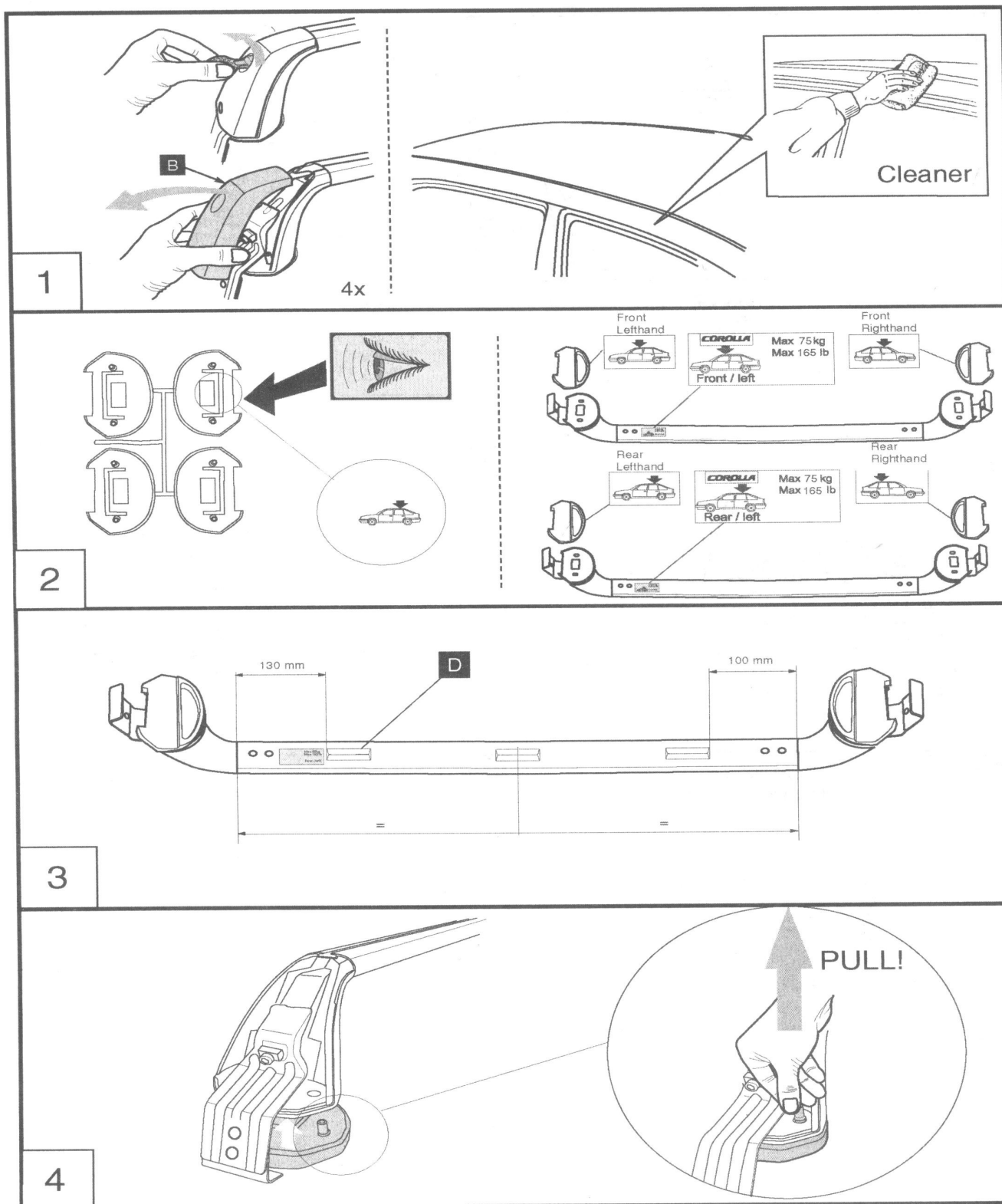
- Ruuviliitokset kiristetään ja kuorman sijainti ja pitävyys tarkistetaan ensimmäisen kerran lyhyen ajomatkan jälkeen ja sitten sopivin väliajoin tien kunnosta riippuen.
- Sovita ajotapa muuttuneisiin olosuhteisiin.
- Jaa kuorma tasaisesti koko alueelle välttää suuria painopisteitä ja varmista ehdottomasti liukumiselta.
- Jos poikkikannatinta ei käytetä, on se hyvä ottaa pois muiden tiellä liikkuvien turvallisuuden vuoksi ja energian säästämiseksi.

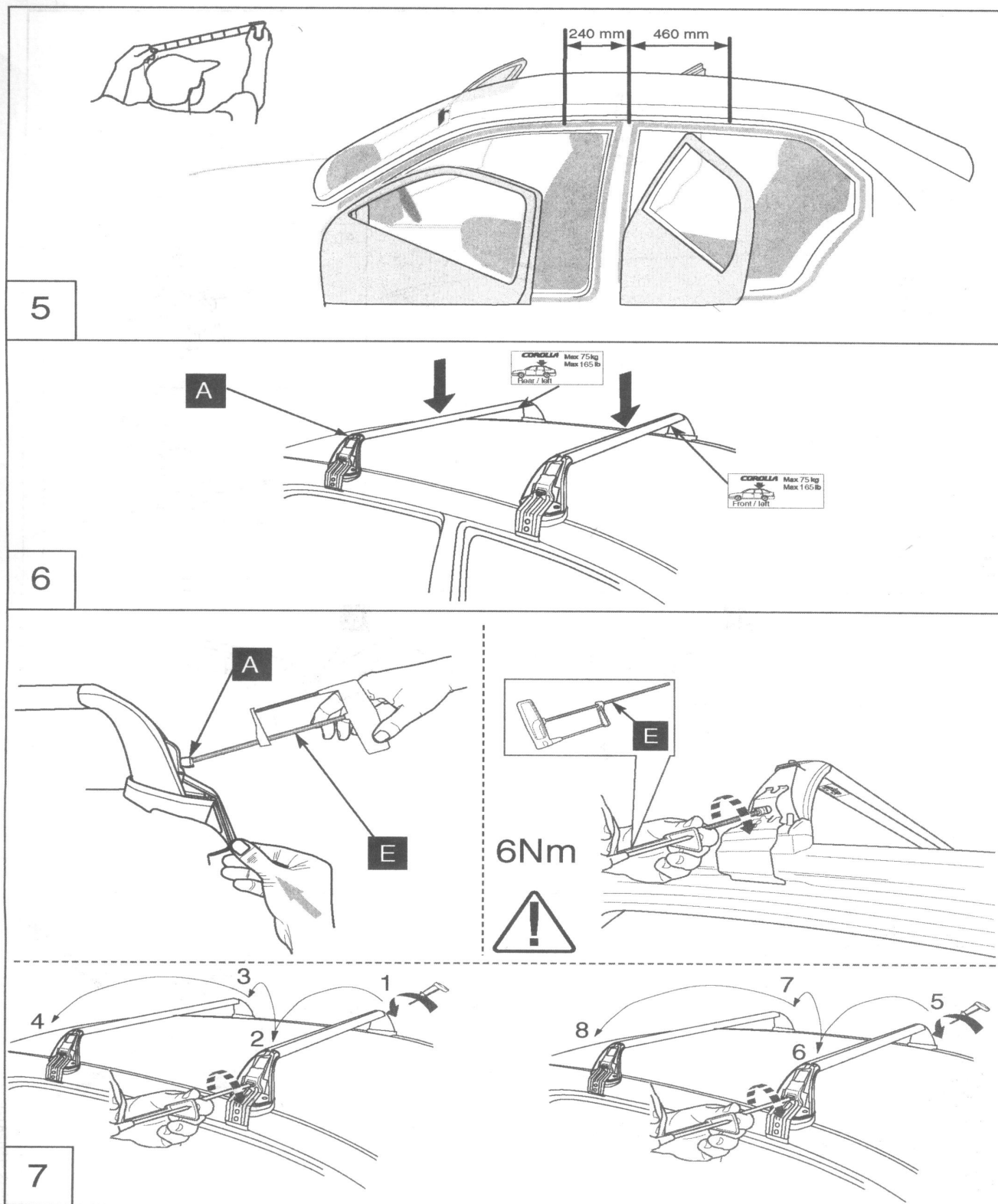
CZ**BEZPEČNOSTNÍ POKYNY:**

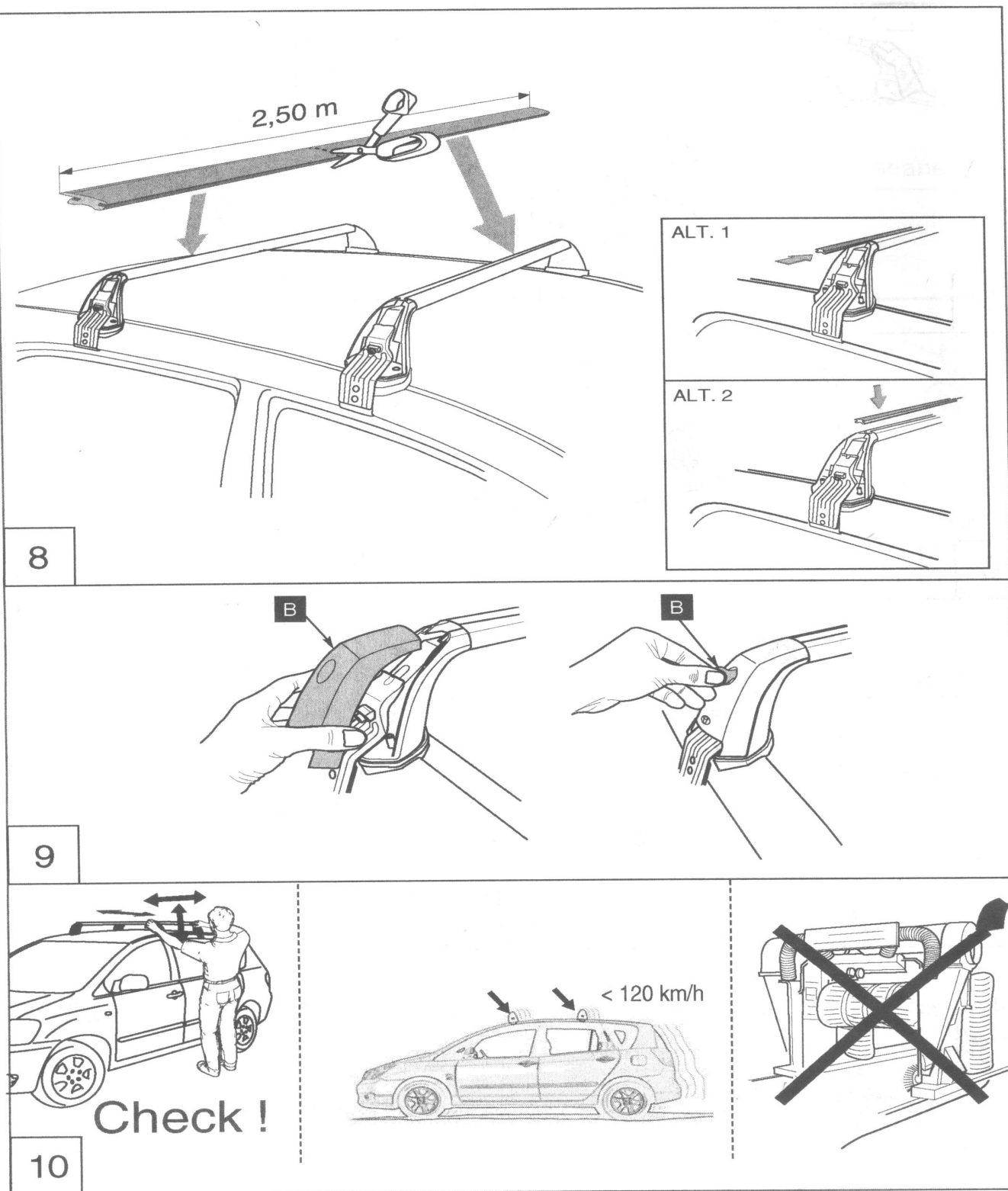
Dodržujte přípustné zatížení nosiče a přípustnou celkovou hmotnost vozidla podle údajů výrobce (přípustné zatížení 75 kg/165lbs. Hmotnost střešního nosiče je cca 6,0 kg). Maximální zatížení nosiče se skládá z vlastní hmotnosti střešního nosiče, příslušenství a nákladu.

- Po ujetí krátké vzdálenosti a poté v přiměřených časových intervalech, které jsou závislé na povaze vozovky, je třeba dotáhnout šroubové spoje a zkontrolovat uložení a upevnění nákladu.
- Způsob jízdy je třeba přizpůsobit změněnému chování vozidla za jízdy.
- Rozložte náklad na ložné ploše rovnoměrně, pokud možno s nízkou uloženým těžištěm, a bezpodmínečně zajistěte proti posunutí.
- Pokud se příčné nosiče nepoužívají, měly by se z důvodů bezpečnosti ostatních účastníků silničního provozu a úspory energie z vozidla sejmout.









0503 150281-1

Bijlage 2: Hulp programma voor het genereren van de antenne aansturing

```
/**
*** PIC 16F628A code generator for the Doppler Antenna driver
***
*** To compile use:
*** cc -o genC genC.c
***
*** PIC running at 4MHz
*** RB0 - output - Antenna Left Front (1)
*** RB1 - output - Antenna Right Front (2)
*** RB2 - output - Antenna Right Rear (3)
*** RB3 - output - Antenna Left Rear (4)
*** RB4 - output - square wave for -10V generation
*** RB5 - output - 100 x clock for MF10 filter
*** RB6 - output - antenna Left Front reference signal
*** RB7 - output - activity LED
***
*** one instruction takes 1 us at 4 MHz clock speed.
***
*** A constant is used to define the amount of cycles for half a period
*** of the highest frequency. When considering BASE to be set to 6
*** cycles this means:
***
*** Highest frequency: RB5 -> 6 cycles high + 6 cycles low (~83kHz)
*** Medium frequency: RB4 -> 120 cycles high + 120 cycles low (~4.2kHz)
*** Lowest frequency: RB<3:0> -> switch to next antenna every 300 cycles
*** full loop is 4 x 300 = 1200 cycles.
*** LED: RB7 -> toggle every 600 cycles (833 Herz)
***
*** History:
*** 01-JUN-2007 - creation
*** 20-JUN-2007 - make tool more abstract using the BASE constant instead
*** of fixed (hardcoded) values in the source
*** 25-JUN-2007 - decrease the Medium frequency for the -10Volt generation
*** from 8.3kHz to 4.2kHz, as the old setting only generates
*** about 3..4 Volts.
***/
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

#define BASE 6
#define ANT_LF 0x01
#define ANT_RF 0x02
#define ANT_RR 0x04
#define ANT_LR 0x08

#define NEGVOLT 0x10
#define MFCLK 0x20
#define ANTREF 0x40
#define ACTLED 0x80

void gen_header(void)
{
    printf("; COPYRIGHT 2007 BY BERRIE SCHUURHUIS (PB4PT). PERMISSION IS GRANTED TO\n");
    printf("; FREELY USE THIS SOFTWARE FOR NONCOMMERCIAL PURPOSES.\n");
    printf(";\n");
    printf("; NOTE: USE AT YOUR OWN RISK. THE AUTHOR ASSUMES NO LIABILITY FOR DAMAGE\n");
    printf("; INCURRED FROM THE USE OF THIS SOFTWARE.\n");
    printf(";\n");
    printf("; Dit is een gegenereerd programma voor de aansturing van de doppler\n");
    printf("; antennes. Uitgaande van een klok frequentie van 4MHz worden de antennes\n");
    printf("; aangestuurd met een rondgaande frequentie van rond de 1000 Herz.\n");
    printf(";\n");
    printf("; hoogste frequentie: RB5 -> %d cycles hoog + %d cycles laag (~%dkHz)\n", BASE, BASE, 1000/(2*BASE));
    printf("; midden frequentie: RB4 -> %d cycles hoog + %d cycles laag (~%dkHz)\n", BASE*20, BASE*20, 100000/(4*BASE));
    printf("; laagste frequentie: RB<3:0> -> activeer de volgende antenne na elke %d cycles\n", 50*BASE);
    printf("; een rondgang is dan 4 x %d = %d cycles.\n", 50*BASE, 200*BASE);
    printf("; LED: RB7 -> toggle elke %d cycles (%d Herz)\n", 100*BASE, 10000/(2*BASE));
    printf(";\n");
    printf("; RB0 - output - Antenne Links Voor (1)\n");
    printf("; RB1 - output - Antenne Rechts Voor (2)\n");
    printf("; RB2 - output - Antenne Rechts Achter (3)\n");
    printf("; RB3 - output - Antenne Links Achter (4)\n");
    printf("; RB4 - output - Blok golf voor de -10V opwekking\n");
    printf("; RB5 - output - 100 x klok snelheid van antenne draaiing voor het MF10 filter\n");
    printf("; RB6 - output - antenne Links Voor referentie signaal\n");
    printf("; RB7 - output - Activiteit LED\n");
    printf(";\n");
    printf("; Deze software is geschreven voor gebruik van Microchip MPLAB v5.40\n");
    printf(";\n");
    printf("; Voor vragen, opmerkingen en suggesties kan contact worden opgenomen\n");
    printf("; met de auteur: Berrie Schuurhuis (pb4pt)\n");
    printf("; pb4pt@veron.nl\n");
    printf(";\n");
    printf("; Gegenereerd op:\n");
    printf("; datum: %s\n", __DATE__);
    printf("; tijd: %s\n", __TIME__);
    printf(";\n");
    printf("; Compiler directives:\n");
    printf(";\n");
    printf("; Vertel de compiler dat de code is geschreven voor een PIC van\n");
}
```



```

printf(", het type 16F628A\n");
printf("\n");
printf("    list    p=16f628a\n");
printf("\n");
printf("; Het radix commando vertelt de compiler dat alle getallen\n");
printf("; zonder verdere aanduiding als decimale getallen moeten worden\n");
printf("; geïnterpreteerd.\n");
printf("\n");
printf("    radix    dec\n");
printf("\n");
printf("; Het __config commando is gebruikt voor het instellen van de\n");
printf("; configuratie bits van de PIC chip. In dit geval is voor de\n");
printf("; volgende configuratie gekozen:\n");
printf(";    _CP_OFF      - code protectie UIT\n");
printf(";    _DATA_CP_OFF - data code protectie UIT\n");
printf(";    _BOREN_OFF    - Brown Out Reset enable UIT\n");
printf(";    _PWRTE_ON     - Power-up Timer Enable AAN\n");
printf(";    _MCLRE_ON     - RA5 Pin Function Select is MCLRE\n");
printf(";    _LVP_OFF      - Low Voltage Programming Enable UIT (anders is RB4 niet beschikbaar)\n");
printf(";    _WDT_OFF      - Watchdog Timer Enable UIT\n");
printf(";    _INTOSC_OSC_NOCLKOUT - Interne Osc (4MHz) zonder clock output op RA6\n");
printf("\n");
printf("    __config _CP_OFF & _DATA_CP_OFF & _BOREN_OFF & _PWRTE_ON & _MCLRE_ON & _LVP_OFF & _WDT_OFF & _INTOSC_OSC_NOCLKOUT\n");
printf("\n");
printf("; Het include commando zorgt ervoor dat PIC register en bit\n");
printf("; specifieke namen al zijn gedefinieerd. Dat scheelt veel\n");
printf("; definities (en risicos op fouten).\n");
printf("\n");
printf("    include \"p16f628a.inc\"\n");
printf("\n");
printf("; Hier begint het programma.\n");
printf("\n");
printf("    clrwdt      ; clear de watchdog timer\n");
printf("    bcf          INTCON,GIE      ; disable alle interrupts\n");
printf("\n");
printf("; Definieer RB<0-7> als outputs\n");
printf("\n");
printf("    clrf        PORTB      ; clear alle output latches voor PORTB\n");
printf("    bcf          STATUS,RP1  ;\n");
printf("    bsf          STATUS,RP0  ; selecteer bank 1\n");
printf("    movlw        0x00        ; RB0-7 is output\n");
printf("    movwf        TRISB\n");
printf("    bcf          STATUS,RP1  ; selecteer bank 0\n");
printf("    bcf          STATUS,RP0\n");
}

void main(void)
{
    int arr[BASE * 2 * 100]; /* 1200 PIC cycles */
    int n;
    int lastval;
    int skip=0;

    for(n=0; n<(BASE * 2 * 100); n++) {
        arr[n] = 0x00; /* initialise all to 0x00 */
        if(n % (2*BASE) >= BASE) /* MFCLK 6 cycles on, 6 cycles off */
            arr[n] |= MFCLK;
        if(n % (40*BASE) >= 20*BASE) /* NEGVOLT 120 cycles on, 120 cycles off */
            arr[n] |= NEGVOLT;
        if(n / (50*BASE) == 0) /* Antenna Left Front is active */
            arr[n] |= ANT_LF;
        if(n / (50*BASE) == 1) /* Antenna Right Front is active */
            arr[n] |= ANT_RF;
        if(n / (50*BASE) == 2) /* Antenna Right Rear is active */
            arr[n] |= ANT_RR;
        if(n / (50*BASE) == 3) /* Antenna Left Rear is active */
            arr[n] |= ANT_LR;
        if(n / (50*BASE) == 0) /* Antenna Reference */
            arr[n] |= ANTREF;
        if(n / (100*BASE) == 0) /* ACT LED toggling */
            arr[n] |= ACTLED;
    }

    gen_header();

    lastval=-1;
    printf("Loop:\n");
    for(n=0; n<(BASE*200); n++) {
        if(lastval != arr[n]) {
            printf("Antennes(%s,%s,%s,%s) MF-Klok:%s BlokGolf:%s Referentie:%s LED:%s\n",
                (arr[n] & ANT_LF) ? "AAN" : "UIT",
                (arr[n] & ANT_RF) ? "AAN" : "UIT",
                (arr[n] & ANT_RR) ? "AAN" : "UIT",
                (arr[n] & ANT_LR) ? "AAN" : "UIT",
                (arr[n] & MFCLK) ? "AAN" : "UIT",
                (arr[n] & NEGVOLT) ? "AAN" : "UIT",
                (arr[n] & ANTREF) ? "AAN" : "UIT",
                (arr[n] & ACTLED) ? "AAN" : "UIT");
            printf("    movlw    0x%02x      ;Cycle %d\n", arr[n], n);
            printf("    movwf    PORTB      ;Cycle %d\n", n+1);
            lastval = arr[n];
            skip = 1;
        } else {
            if(skip == 1) {
                skip = 0;
            }
        }
    }
}

```

```

    } else {
        if(n >= (BASE*200)-2) {
            printf(";  nop (uitgecommentarieerd omdat de volgende instructie 2 cycles kost)\n");
        } else {
            printf("      nop                ;Cycle %d\n", n);
        }
    }
}
printf("      goto  Loop                ;Cycle %d\n", n);
printf("\n");
printf("      end                ;\"end\" betekent het einde van de code\n");
}

```