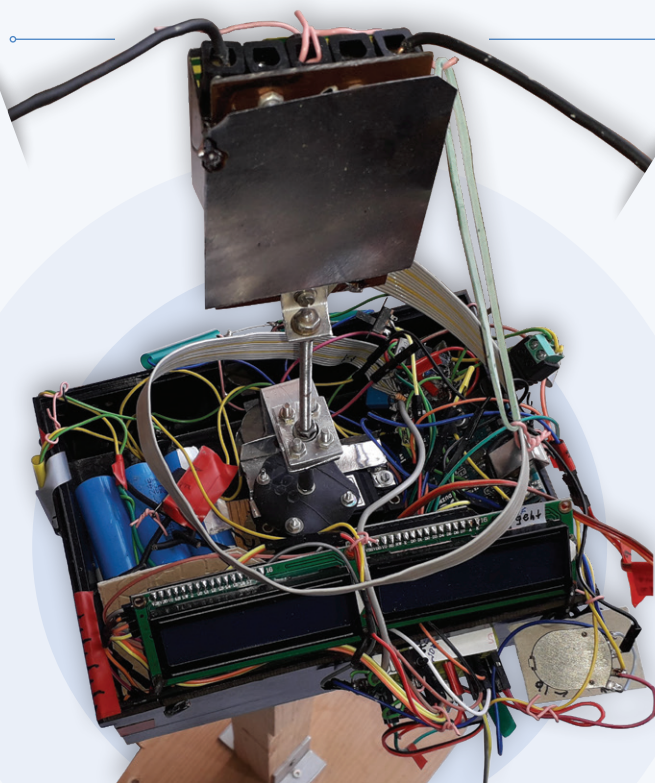


# Radio-richting-zoeker

spoor verloren weersensoren op



Prototype van de radiorichtingzoeker.

Rolf Hase (Duitsland)

Als je meerdere draadloze sensoren rond een weerstation hebt opgesteld, kan het gebeuren dat je een of meer van deze sensoren niet meer kunt vinden. Misschien zijn ze overwoekerd door struiken, of heb je gewoon vergeten waar je ze hebt geplaatst. Dit project kan helpen. Je kunt gebruik maken van radiorichtingzoekers om draadloze sensoren te lokaliseren.

Een goed weerstation kan niet alleen de luchttemperatuur, luchtdruk en luchtvochtigheid meten, maar ook min of meer betrouwbare informatie verschaffen over de verdere ontwikkeling van het weer. Daartoe moeten echter ook de windrichting, de windsnelheid, de hoeveelheid en duur van de neerslag, het niveau van de zonnestraling en andere parameters worden gemeten, die allemaal worden geëvalueerd door geavanceerde microcontroller-software in het weerstation. Hiervoor is een groot aantal passende sensoren nodig, die meestal draadloos met het weerstation zijn verbonden ("connect and forget"). Hier zijn we vooral geïnteresseerd in 433MHz-modules.

Om met behulp van radiorichtingzoekers (Radio Direction Finding, RDF) een zoekgeraakte weersensor te lokaliseren,

moet je eerst weten hoe een weerstation werkt. Dit betekent niet dat je het specifieke pulsschema van een bepaald merk moet kennen, maar wel dat je inzicht moet krijgen in het dataverkeer. Afgezien van Manchester- of Ethernet-codes zijn er niet zoveel verschillende manieren om een serieel bitpatroon uit te zenden, en met de rtl\_433 software [1] kun je het dataverkeer van elke sensor gemakkelijk decoderen, ook al is de software ontworpen voor een heel scala aan frequenties. Er is zelfs een gecompileerde versie online beschikbaar, maar alleen voor 433 MHz.

## De principes

We mogen aannemen dat de zendfrequentie van een weerstation in de ISM-band (industrial, scientific, medical) bij 433,92 MHz of 868 MHz ligt, gesta-

biliseerd door een resonator – daarmee verraden we geen geheimen. Maar dit is meteen het probleem: alle zenders in de omgeving – je eigen exemplaren en die van je burens – werken op één of beide van deze frequenties. Deze apparaten, die gewoonlijk worden gevoed door twee AA-batterijen, zenden met een afgestraald vermogen in het mW-bereik en met een zeer kleine duty cycle, zodat ze bijzonder energie-efficiënt zijn. Er worden één tot drie datapakketten verzonden, gescheiden door zeer lange intervallen, in ons geval 44 s (**figuur 1**). Dit gebeurt met een uiterst nauwkeurige timing, aangezien zelfs het eenvoudigste weerstation dezelfde nauwkeurigheid heeft als een kristalgestuurde klok.

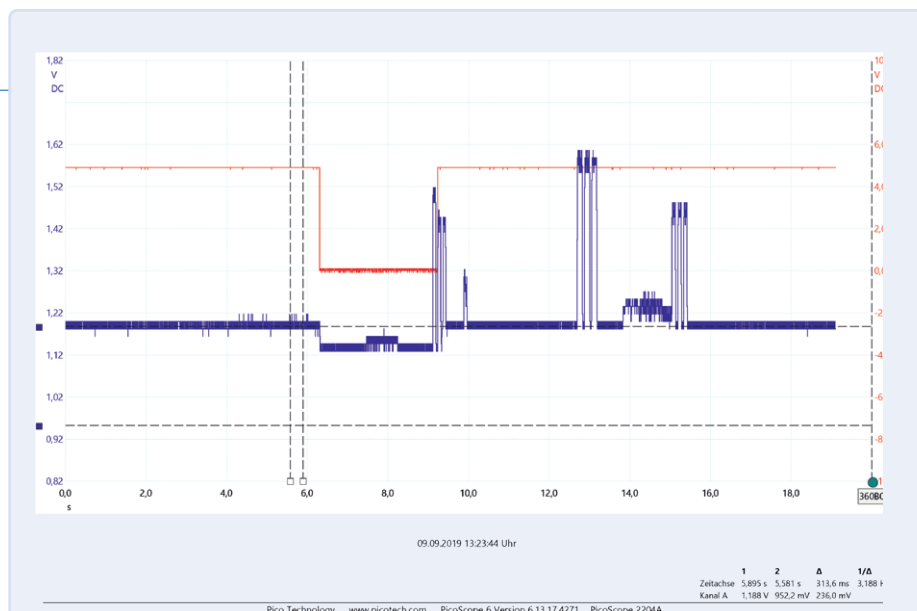
Dankzij deze precisie kan een slimme hobbyist of maker zijn eigen sensor prioriteit geven door een kleine DIL-schakelaar in de positieve voedingslijn van de ontvanger op te nemen. Wanneer de juiste knop gedurende twee tot drie seconden ingedrukt wordt gehouden, gaat het weerstation in de zoekmodus waarbij de ontvanger gedurende twee tot drie minuten van stroom wordt voorzien (waarover later meer). Het ontvangersymbool knippert dan. Zodra je sensor wordt gedetecteerd, druk je op de DIL-schakelaar. Op deze manier is je eigen sensor de enige die in het tijdsregister wordt gemarkeerd. Nadat

de zoekmodus is afgelopen, schakel je de stroom weer in, en alles werkt weer als vanouds gedurende langere tijd.

Een laag stroomverbruik is ook belangrijk bij ontvangers in weerstations, aangezien de meeste op batterijen werken. Ze maken gebruik van de uiterst nauwkeurige timing van de steeds terugkerende datapakket-transmissies om de ontvanger op het juiste moment in te schakelen, onder besturing van een schakelsignaal. Als je een breedbandontvanger (zoals mijn goede oude ICOM PCR1000 [2]) in de buurt van de ontvanger houdt, kun je het geluid van de superregeneratieve ontvanger (ook bekend onder de namen reflexontvanger of reflexaudion) horen opstarten vlak voordat het datapakket arriveert. Tegenwoordig is superregeneratieve werking zelfs in het UHF-bereik mogelijk dankzij de moderne halfgeleiderstechnologie. De ruis op de PCR1000 komt van de hoge versterking die wordt bereikt door afwisselend wel en niet te oscilleren. Natuurlijk worden op dit gebied ook superheterodyne ('superhet') ontvangers gebruikt. Het verschil is dat een superhet-ontvanger een gevoeligheid heeft van  $-112$  dBm, terwijl een eenvoudige ontvanger ongeveer 6 dBm slechter is. Daarmee genoeg over weerstations, RF en elektronica, als voorbereiding het echte onderwerp: radiorichtingzoeken.

## Van idee...

We hebben de volgende uitgangssituatie: de sensor en het weerstation werken naar behoren, maar we moeten de sensor terugvinden. Een oscilloscoop – zoals mijn PicoScope, gekocht bij de Elektor Store, met zijn uitstekende digitale triggerkarakteristieken – is hierbij een grote hulp. Voor mijn richtingzoekende ontvanger heb ik een compacte Aural RX 4MM5 superhet-ontvanger [3] gebruikt. Voor de eerste tests om de relevante datapakketjes op te nemen, is alles wat nodig is een korte antenne (ongeveer 16 cm lang) aangesloten op de superhet-ontvanger die hoog boven de rest van de hardware is gemonteerd. De bouw instructies in de datasheet moeten in zoverre in acht worden genomen dat ofwel een klein stuk printplaat ofwel op zijn minst relatief dikke draden moeten worden gebruikt als massa-soldeerpunt. Veel andere typen superhet-ontvangers die door de auteur zijn getest, vertoon-



*Figuur 1. De 433MHz-band is zeer druk bezet. Signalen van verschillende zendmodules zijn hier zichtbaar. De pulsreeks in het midden is degene die we willen.*



*Figuur 2. Timing is cruciaal voor de selectie van de middelste puls.*

den oncontroleerbare en aanhoudende oscillaties.

Voor de eerste oriëntatie heb ik een oortelefoon-interface, bestaande uit een weerstand van  $470\ \Omega$  en een kleine elektrolytische condensator, aangesloten op de pulsuitgang (pin 14 van de RX 4MM5). Parallel hieraan bewaakte ik alles op de PCR1000, ook met een korte draadantenne van ongeveer 16 cm lang. De oscilloscoop moet ingesteld worden op single-shot trigger mode, omdat dit de enige manier is om te triggeren op de gewenste gebeurtenis (de relevante pulsreeks).

Om het juiste gegevenspakket uit te filteren, heb ik een batterij-reset uitgevoerd op het ontvangende weerstation (door letterlijk de batterij eruit te halen en weer te plaatsen),

omdat dit automatisch het zoeken naar de sensor start. Het weerstation toont dan onmiddellijk een geldige waarde zodra die van de sensor komt, en de timing daarvan zou ook moeten overeenkomen met het signaal op de oscilloscoop als er geen interferentie is van een ander signaal.

De puls- en pauzeduur van het pakket kunnen worden afgelezen van het oscilloscoopscherm (figuur 2, opgenomen van het voltooid apparaat). De lengte van het betreffende pakket is 321 ms, terwijl een ander pakket een lengte had van 340 ms. Deze procedure is dus relatief tijdskritisch, maar uitvoerbaar, en het bespaart zoeken naar een ID-nummer binnen de pulsen. De op deze manier bepaalde tijden zullen niet veranderen, en zijn ingevoerd in de

software van de radiorichtingzoeker. De golfvorm toont ook de afname van het signaalniveau ten gevolge van het schakelen van de antennes door de PIN-diodes (waarover later meer). Door het grote dynamische bereik van deze meting worden diverse fouten vermeden die onvermijdelijk optreden bij handmatige richtingbepaling. De digitale L/H-overgang in de bovenste rode golfvorm in figuur 1 geeft aan dat de Arduino zowel de juiste (middelste) puls als de pulsonderbreking heeft herkend, en kort daarna het niveau van de tweede puls heeft gemeten, dat wordt weergegeven in de onderste regel van het display. De evaluatie van het signaalniveau houdt ook risico's in, aangezien het laagdoorlaatfilter een signaalfank produceert die, via de signaalsterkte (nabijheid van de zender) en de drempelwaarde, van invloed is op de tijd die de Arduino als evaluatiecriterium gebruikt. Deze methode is echter betrouwbaar gebleken. Een alternatieve benadering is het meten van de lengte van het datasignaal (de getriggerde pulsen) met behulp van een sample-and-hold schakeling, maar dit zou betekenen dat we te maken krijgen met tijdconstanten.

Omdat ik mij niet wilde uitsloven zoals de deelnemers aan een vossenjacht (zie **kader**), is het beter om de richtingzoeker te laten draaien door een servomotor in plaats van door de gebruiker. Het is maar een kleine stap van dit idee tot geautomatiseerde werking met een servo.

Het bleek echter niet zo eenvoudig om een bruikbaar apparaat te ontwikkelen. Ik bouwde namelijk eerst een 70 cm Yagi-antenne met zes elementen, vanwege de geringe bandbreedte, en gebruikte die voor tests in de tuin. Deze waren zeer tijdrovend vanwege de lange signaalintervallen, en leverden uiteindelijk geen bruikbare resultaten op. Een constructie vergelijkbaar met die van een vossenjachtontvanger [4][5] is eigenlijk beter: een los, hand-held apparaat met een RF-dichte behuizing en een eigen voeding, zonder een irritante kabel die bij beweging het RF-veld zou kunnen veranderen. Bovendien heeft de oscilloscoop voor daadwerkelijk gebruik op een weerstation een moeilijke taak: hij moet elke 44 seconden het juiste (en zeer korte) signaal uitfilteren uit talloze andere signalen en het signaalniveau relatief constant houden, ondanks grote fluctuaties. Dat is gewoon hopeloos, dus het gebruik van een servo om

de antenne(s) automatisch te laten draaien is het enige alternatief.

### ...naar schakeling

Boeken zoals Alois Krischke's *Rothammel's Antenna Book* staan vol met fraaie antennepatronen. Om zulke patronen vast te leggen heb je ideale vrije veld-omstandigheden en nauwkeurige testapparatuur nodig. In dit geval gaat het echter niet om exacte waarden voor elke hoek, maar alleen om de richting van het minimum. Bovendien wil je de buurt niet lastig vallen met een CW-zender. Om de te verwachten richtingskarakteristiek grofweg te meten, plaatste ik een kleine, goedkope zendmodule met resonator (een afstandsbediening voor een draadloos stopcontact die op 433,92 MHz werkt en waarvan de knop ingedrukt wordt vastgezet, kan ook kortstondig voor dit doel worden gebruikt) zo ver mogelijk van mijn huis vandaan (7 tot 8 m).

Aan ontvangerzijde gebruikte ik een potentiometer om de hoek van de servo proportioneel te regelen (wat toch al nodig was voor het dynamisch testen van de mechanische constructie), samen met een gradenboog om het antennenpatroon met intervallen van 30 graden te registreren. Hiervoor heb ik geschikte besturingsprogramma's geladen. Met wat ik van deze proeven had geleerd, stelde ik een richtingzoekende ontvanger samen die bestond uit de elementen die in het schema van **figuur 3** zijn aangegeven. De twee  $\lambda/4$  antennes staan haaks op elkaar. De PIN-dioden zorgen ervoor dat de twee antennes nooit tegelijk worden ingeschakeld en dat ze elkaar zo min mogelijk beïnvloeden.

Indien **filtering** noodzakelijk is, kan een laagdoorlaat T-filter bestaande uit twee luchtkernspoelen van verzilverd koperdraad (drie windingen op een vorm van 3 mm) en een condensator van 2,2 pF rechtstreeks op elke antenne worden aangesloten (niet afgebeeld in het schema). Een print is hier een goed idee omdat dit een lage, compacte constructie met antenneaansluitingen en PIN-diodes mogelijk maakt. De condensatoren dienen als soldeer'pennen'.

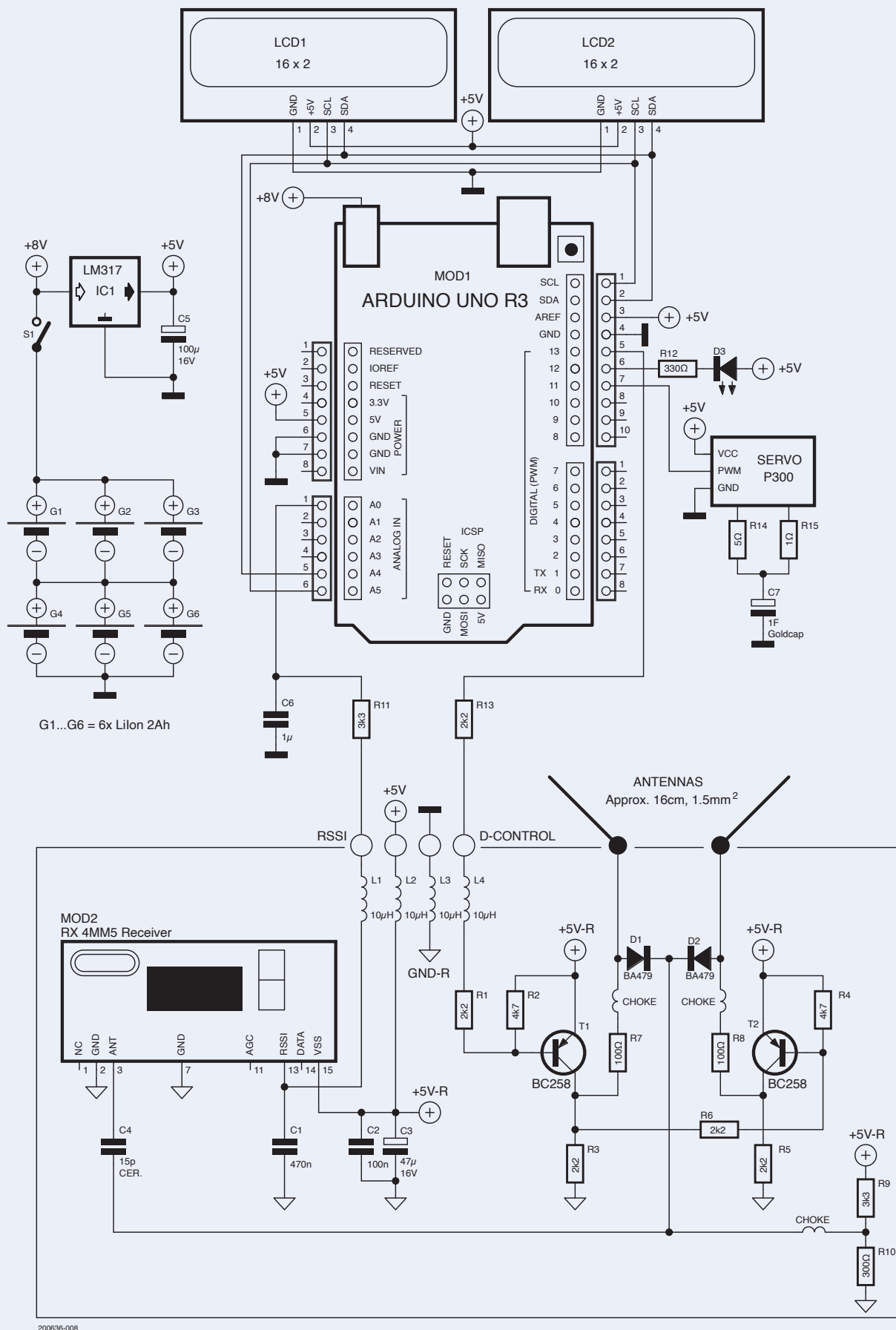
De superhet-ontvangermodule RX 4MM5 ontvangt de signalen van de antennes en geeft onder andere de signaalsterkte (RSSI) door. Dit analoge signaal, met een bereik van ongeveer 1,2 V (bij -120 dBm) tot 2,2 V (bij -30 dBm), is het enige signaal dat wordt

gebruikt. Het wordt afgevlakt door een laagdoorlaatfilter (3,3 k $\Omega$ /1  $\mu$ F) en aangesloten op analoge ingang AO van de Arduino. De **Arduino** voert drie taken uit: hij evalueert het gefilterde RSSI-signaal van de ontvanger en toont het resultaat op een tweetal 16x2-displaymodules; hij schakelt de twee antennes afzonderlijk in; en hij stuurt de servo in de juiste posities voor het uitvoeren van de metingen.

De **servo** heeft een bereik van ongeveer 180 graden in zes stappen van 30 graden, vanaf helemaal links, voor een totaal van zeven meetpunten. Wanneer een geldig datapakket wordt gedetecteerd, wordt de meetwaarde van de eerste puls, die overeenkomt met de linker antenne, weergegeven op de bovenste regel van het linker **display**. Vóór de tweede puls van hetzelfde pakket van drie pulsen wordt de rechterantenne door de PIN-diodes ingeschakeld, waarna de waarde van de tweede puls na een insteltijd van enkele milliseconden wordt gemeten en op de onderste regel van het display wordt weergegeven. Daarna draait de servo verder en wacht op het volgende datapakket.

Het minimum van de gemeten waarden geeft de richting aan naar de zender, zoals hieronder nader wordt besproken. Het rechter display is, samen met de potentiometer rechts en het breadboard, bedoeld voor diagnose en gedetailleerder onderzoek (zoals het aansturen van de servo met de potentiometer in het beginstadium van de ontwikkeling).

Zoals te verwachten is, staat het minimum ongeveer loodrecht op de schijnbare richtingsoriëntatie van de twee antennes, die in een hoek van 90 graden ten opzichte van elkaar zijn opgesteld, zoals te zien is in het prototype. Hoewel de antennes elektrisch gescheiden zijn door de BA479-diodes, werkt de linker antenne als een director voor de rechter antenne onder een bepaalde hoek (in overeenstemming met de theorie van Yagi-antennes met één of meer directors, een dipool en een reflector), maar omdat hij daarvoor te lang is, werkt hij meer als een reflector en verzwakt hij het signaal in die richting. Dit is goed te zien op het display (**figuur 4**), waar de antenne visueel naar de reeds bekende positie van een weersensor op ongeveer 5 m afstand wijst. Van links naar rechts zien we deze waarden (in paren): 4: 50/43, 5: 47/34 en 6: 51/46. Met name de waarde 34







Figuur 4. Informatie op het display.

voor de rechterantenne (onderaan op het display), die in deze positie door de linkerantenne wordt afgedekt, laat precies dit effect zien. De richtinggevoeligheid is dus duidelijk gedefinieerd. Een ander criterium is de grootte van de waarden, aangezien de veldsterkte afneemt met het kwadraat van de afstand ten gevolge van het groter wordende oppervlak.

Voor autonoom gebruik van de richtingzoeker-ontvanger wordt hij gevoed door zes lithium-ion batterijen (twee sets van drie in serie geschakeld). De uitgangsspanning van de batterijen wordt door een vaste spanningsregelaar (LM317) teruggebracht tot 5 V voor de voeding van de elektronica. Merk op dat de voedingsspanning van de antenneschakeling rechtstreeks van pin 15 van de ontvangermodule moet worden afgenomen.

## Softwaretaken

Iedereen die (zoals ik) veel heeft geprogrammeerd in assembleertaal, waar de software heel dicht bij de computer-hardware staat en real-time overwegingen meestal minder relevant zijn, heeft twijfels of een hogere taal, zoals de C-variant van de Arduino, wel real-time kan functioneren als het gaat om tijdkritische toepassingen. Alles lijkt heel eenvoudig, maar hogere talen hebben hun interne conventies die je moet kennen of met vallen en opstaan moet leren.

Het initialisatiegedeelte van de sketch [6] behoeft geen nadere toelichting. De drempelwaarde is daar gedefinieerd en moet eventueel worden aangepast. Een opmerkelijke parameter is een insteltijd van enkele seconden om de Arduino op te laten warmen. In tegenstelling tot de ESP32, die alleen schattingen van analoge waarden geeft, heeft de Atmel ATmega328 een nauwkeurige A/D-omzetter, die hier wordt gebruikt. De analoge waarde wordt gelezen aan het begin van de hoofd `loop()`. Hiervoor zijn er de twee routines `MessWert` en `TestWert`, die alleen verschillen in het aantal metingen afhankelijk van de beschikbare tijd. De lengte van de High-puls wordt gemeten na een ontdenderbewerking. Dit wordt gedaan

door het tijdsverschil te meten met de functie `millis()`, zodat de beginwaarde moet worden opgeslagen. Net als bij metingen met de oscilloscoop moet de High-puls een duur hebben van 63 tot 76 ms. Als aan deze voorwaarde is voldaan, wordt de vlag `Block1` op 1 gezet. Vervolgens wordt ook de pauzetijd gemeten. Als de totale tijd tussen 117 en 127 ms ligt, is de betreffende sensor gevonden en wordt `Block1` op 2 gezet. Na een wachttijd voor de opgaande flank van de tweede puls (`delay(20)`), wordt `Wert2` bepaald voor dezelfde horizontale draaiing en later op het display onder `Wert1` geschreven. De rest is ongecompliceerd. De zeven posities van het LCD kunnen met de parameter `k` worden geadresseerd, tot maximaal de 37ste seconde, of met voldoende afstand tot de 44ste seconde, waar de volgende meting van het sensor-datapakket plaatsvindt.

De vraag of de Arduino real-time taken aankan, kan softwarematig worden opgelost met precies deze opstelling van `while`- en `for`-lussen. Ik moest de lussen wel doorlopend nummeren, omdat ik anders na een tiental lussen de draad kwijtraakte. Terwijl de software op de puls wacht, mag hij niets anders doen dan wachten. Met name het aansturen van het display heeft bijna 20 ms nodig, wat natuurlijk niet mogelijk is bij een pulslengte van 75 ms of een pauze van 50 ms. We weten echter dat nadat een datapakket is gedetecteerd, het kanaal 44 seconden stil zal zijn. Dat is meer dan genoeg tijd.

De relevante puls- en pauzetijden worden met een bepaalde tolerantie bepaald. Ook de triggerdrempel voor de puls is belangrijk. Dit wordt geregeld door middeling over een redelijk tijdsinterval. Zoals eerder gezegd, werkt het allemaal precies zoals het hier is geprogrammeerd. Je moet daarom voorzichtig zijn met wijzigingen anders dan de numerieke parameters voor de pulsen, tenzij je de lusstructuur intact laat. Sommige van de hulpprogramma's die ik online vond en aanpaste, bijvoorbeeld voor de servobesturing, zijn opgenomen in de download bij dit artikel [6] en kunnen worden gebruikt voor je eigen experimenten.

## Compartmentatie

Goede afscherming is belangrijk voor radio-richtingzoekers, en de ontvanger is bovendien ondergebracht in een vertind plaatstalen behuizing als afscherming tegen sterke mobiele basisstations. Mijn ervaring met het bouwen van RF-apparatuur (versterkers en converters) met printplaten in gescheiden compartimenten kwam hier goed van pas. Ik heb de delen van de printplaat op maat geknipt voor de bestaande antenne-aansluitdoos en ze op hun plaats gesoldeerd, met tussenliggende compartimenten voor de versterkertrappen zo dicht mogelijk bij de antenne. Het informatieblad voor de superhet-ontvanger beveelt een groot massavlak aan, dus heb ik die op een stuk printplaat gemonteerd. Als je geen ervaring hebt met striplijnen, zijn geëetste printbanen problematisch in het UHF-bereik.

Het apparaat is gebouwd als een compacte eenheid, zodat geen afscherming van het binnencompartiment nodig is en alleen de ontvanger als geheel ter afscherming in gesoldeerd blik is behuïsd. Vrijstaande bouw of gebruik van de module in bijvoorbeeld een weerstation is alleen mogelijk als de massa-aansluitingen van de pinnen kort en niet te dun worden gehouden, met waar nodig ontkoppelcondensatoren.

Om de eerder genoemde redenen moet de mechanische constructie zo autonoom mogelijk zijn. De voeding wordt verzorgd door zes standaard lithium-ion cellen, wat meer is dan we elektrisch nodig hebben, maar dit zorgt voor een betrouwbare werking en een beetje reserve. Ik heb een vierkante staaf op een basisplaat geschroefd en bovenop een bakelieten doos gemonteerd voor de batterijen, de Arduino-print en de servo, met de servo in het midden. Boven de servo heb ik een metalen plaatje gemonteerd waarin een klein kogellager met een M4-draadeind is aangebracht. De ontvanger is aan de bovenkant van deze staaf met een kleine beugel gemonteerd. De elektrische verbinding met de ontvanger wordt verzorgd door een dunne, elastisch opgehangen 14-aderige lintkabel van ongeveer 50 cm lang. Dat correspondeert met  $3 \times \lambda/4$  en helpt de 10µH-smoorspoelen die in alle aansluitingen van de ontvanger zijn opgenomen.

Zoveel aansluitdraden als in de foto zijn

eigenlijk niet nodig, omdat alle signaal- en voedingslijnen aan weerszijden massalijnen hebben. Dit zorgt voor een goede afscherming en is slechts marginaal slechter dan coax.

Aanvankelijk installeerde ik een miniatuurservo omdat de antenneconstructie zeer gemakkelijk te roteren was. Dat bleek een vergissing te zijn, want er moet ook rekening worden gehouden met traagheid. De servo, waarvan de motor wordt aangedreven door een brugschakeling, is dom en geeft zijn volle vermogen zodra hij wordt ingeschakeld, zodat het kleine tandwielkastje al snel versleten was. Gelukkig had ik een servo van het type PS300 met een groter koppel in mijn onderdelenkast. Je leeft en leert. Voor de zekerheid heb ik meteen een RC-T-netwerk in de motoraansluiting opgenomen, bestaande uit twee weerstanden ( $1\ \Omega$  en  $5\ \Omega$ ) en twee Goldcaps (in totaal 1 F), waardoor het opstarten met ongeveer 1 seconde wordt vertraagd. Verder heb ik een rubberen sluitring uit een binnenband van een fiets gesneden en op de drager geschroefd. De draadstang wordt door deze ring aangedreven, waardoor schokkerige bewegingen worden gedempt. Deze maatregelen hebben het probleem van de (te) dynamische aandrijving opgelost.

Als het gaat om radiatorichtingzoekers in de radioamateurwereld, moet zeker de zogenaamde Spandau-richtingzoeker worden genoemd; deze is nog steeds verkrijgbaar bij Funkamateurl.de [7]. In het VHF-bereik wordt hij gebruikt met meer gekoppelde antennes dan hier geschikt zou zijn. In de tijd van de Koude Oorlog werd de Spandau-richtingzoeker in West-Berlijn gebruikt voor de jacht op Stasi-spionnen. Natuurlijk speelde de extreem geringe duty cycle van de weersensoren (400 ms in 44 s) toen geen rol. Op de technische schaal, die geen bovengrens kent, zou koppeling van de twee methoden met gebruikmaking van BA479-schakeldiodes zeker denkbaar zijn. ◀

200636-03

## De gewone radioamateur

Wie jaagt daar op vossen in veld, bos en weiland? De sportieve radioamateur, zo'n gezonde kerel!



(foto: K. Theurich, uit Funkamateurl 9/88, met vriendelijke toestemming van de Funkamateurl-redactie)

We kunnen niet zeggen dat de gewone radioamateur (imperitus scintillae vulgaris) een eenzaam, troosteloos koptelefoon-dragend bestaan leidt in zijn radiohut, luisterend naar vervormde, luidruchtig tsjilpende geluiden en zich voedend met lauwe pizza en zoete, kleverige drankjes. Een oplettende waarnemer kan soms kleurrijk geklede figuren met vreemde buisvormige metalen constructies over de velden zien bewegen en door de bosjes zien kruipen. Waarom doen radioamateurs zulke

dingen? Is het een gemeenschappelijke inspanning om voedsel te verzamelen, of misschien een ongewoon soort paringsritueel?

Nee, niets van dat alles. Deze radioamateurs doen aan vossenjacht, wat niet wil zeggen dat ze op onschuldige dieren schieten. In plaats daarvan doen ze mee aan een vreedzame radiosport, of meer formeel, aan radioamateur-richtingzoeken in de terminologie van de DARC. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een lichtgewicht draagbare ontvanger, in combinatie met een kaart en een kompas, om in het terrein verborgen zenders op te sporen, meestal opererend in de 80m-band (3,579 MHz) of – moeilijker – in de 2m-band (144,5 MHz). Dit kan een vriendelijke recreatieve activiteit zijn voor mensen van alle leeftijden, maar (vooral in Oost-Europa) zijn er ook serieuze en inspannende wedstrijden, tot en met wereldkampioenschappen. Voor beschrijvingen en meer informatie, zie [5].

## Vragen of opmerkingen?

Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de auteur via [rolf.hase@arcor.de](mailto:rolf.hase@arcor.de) of naar de redactie van Elektor via [redactie@elektor.com](mailto:redactie@elektor.com).



## GERELATEERDE PRODUCEN

- Arduino Uno Rev3 (SKU 15877)  
[www.elektor.nl/15877](http://www.elektor.nl/15877)
- PicoScope 2204A USB Oscilloscope (10 MHz) (SKU 17303)  
[www.elektor.nl/17303](http://www.elektor.nl/17303)



## WEBLINKS

- [1] rtl\_433 op GitHub: [https://github.com/merbanan/rtl\\_433](https://github.com/merbanan/rtl_433)
- [2] IC-PCR1000:  
[www.funkamateurl.de/typenblaetter-1.html?file=tl\\_files/downloads/typenblaetter/frei/IC-PCR1000\\_typ.pdf](http://www.funkamateurl.de/typenblaetter-1.html?file=tl_files/downloads/typenblaetter/frei/IC-PCR1000_typ.pdf)
- [3] RX 4MM5: [www.velleman.eu/downloads/7/rx4mm5\\_usersmanual.pdf](http://www.velleman.eu/downloads/7/rx4mm5_usersmanual.pdf)
- [4] Over "vossenjacht":  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Amateur\\_radio\\_direction\\_finding](https://en.wikipedia.org/wiki/Amateur_radio_direction_finding)
- [5] Wat is ARDF? (Duitstalig): <https://ardf.darc.de/pubrel/wasist.htm>
- [6] Downloads bij dit artikel: [www.elektormagazine.nl/200636-03](http://www.elektormagazine.nl/200636-03)
- [7] Spandau-richtingzoeker in "Funkamateurl" 9-11/2011 (Duitstalig):  
[www.box73.de/product\\_info.php?products\\_id=2503](http://www.box73.de/product_info.php?products_id=2503)