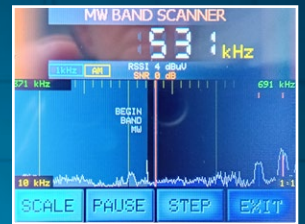
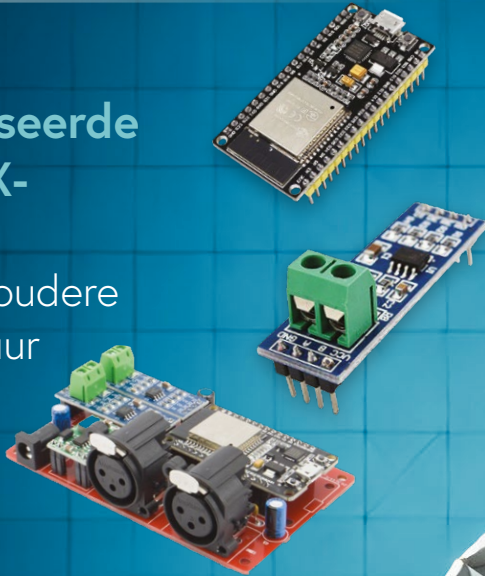


FOCUS OP

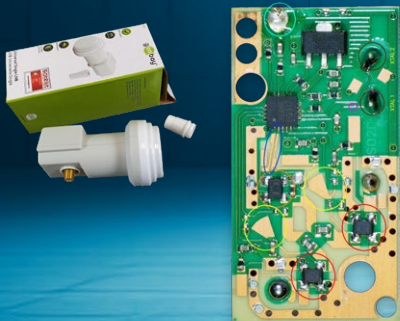
## Draadloos & Communicatie

De ATS25 max-Decoder  
een ultra-draagbare ontvanger

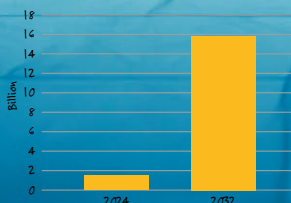
ESP32-gebaseerde  
ArtNet/DMX-  
converter  
upgrade voor oudere  
DMX-apparatuur



Modificeer  
satelliet-LNB's voor  
10GHz-experimenten  
goedkope ontsluiting  
van de X-band



Infographics  
draadloos en  
communicatie



# Word lid van de Elektor Community



Neem nu een  
lidmaatschap!



- ✓ Toegang tot het compleet web-archief t/m 1960!
- ✓ 8x Elektor Magazine (Print)
- ✓ 8x digitaal (PDF)
- ✓ 10% korting in de Elektor Store, en exclusieve aanbiedingen
- ✓ Toegang tot meer dan 5000 Gerberfiles



Ook verkrijgbaar

Het digitale  
lidmaatschap!



- ✓ Toegang tot het compleet web-archief
- ✓ 10% korting in de Elektor Store
- ✓ 8x Elektor Magazine (PDF)
- ✓ Toegang tot meer dan 5000 Gerberfiles

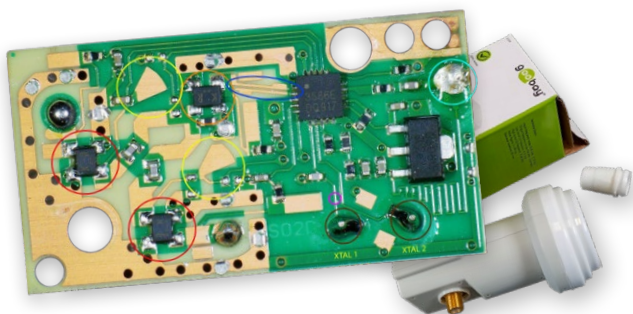


[www.elektormagazine.nl/abo](http://www.elektormagazine.nl/abo)



# IN DIT NUMMER

- 3 Voorwoord
- 4 **Modificeer satelliet-LNB's voor 10GHz-experimenten**  
goedkope ontsluiting van de X-band



- 10 **Complexiteit en schaalbaarheid doorbreken met een uniform ontwikkelplatform**
- 12 **De ATS25 max-Decoder – een ultra-draagbare ontvanger**
- 16 **Nieuw tijdperk van elektrische energie**
- 18 **Elektor infographic: draadloos en communicatie**
- 20 **ESP32-gebaseerde ArtNet/DMX-converter**  
upgrade voor oudere DMX-apparatuur

De gedrukte editie  
Het september/  
oktober-nummer  
2024 van ElektorMag is  
verrijgbaar aan kiosken  
en in de Elektor Store.



## C. J. Abate

Content Director, Elektor

## Bonus-content voor draadloze vernieuwers!

Als u op zoek bent naar meer draadloos-gerelateerde inhoud, bent u hier aan het juiste adres. Deze bonuseditie van ElektorMag bevat extra content om u te inspireren bij het ontwerpen en ontwikkelen van nieuwe toepassingen. Wilt u meer te weten komen over low noise blocks (LNB's) voor satellietontvangst? Lees "Modificeer satelliet-LNB's voor 10GHz-experimenten" als u aan de slag wilt met de X-band. Bent u een liefhebber van amateurradio of knutselt u aan ontvangers? Werp dan eens een blik op de ATS25 max-Decoder, die Jan Buiting (sinds vele jaren redacteur van Elektor) grondig onder de loep heeft genomen. Jan laat zien dat de afstem- en luisterervaring van de ATS25 max-Decoder niet onderdoet voor die van veel duurdere ontvangers. Nieuwsgierig naar ArtNet en DMX? Terwijl nieuwe ArtNet-apparaten achterwaarts compatibel zijn met de DMX-standaard, zijn oudere DMX apparaten niet inherent compatibel met ArtNet. In dit nummer introduceren we een interface-oplossing waarmee u uw oudere DMX-apparaten kunt moderniseren, zodat ze naadloos samenwerken met de ArtNet-standaard. We hopen dat u veel plezier beleeft aan deze Bonuseditie. Ons doel is om u te inspireren bij uw DHZ-elektronica-reis door u te voorzien van praktische inzichten en innovatieve concepten. Vergeet niet om bij het werk aan uw eigen projecten uw voortgang te documenteren op het Elektor Labs-platform!

### Ons team

**Internationaal hoofdredacteur:** Jens Nickel | **Content Director:** C.J. Abate | **Internationale redactie:** Asma Adhimi, Roberto Armani, Eric Bogers, Jan Buiting, Stuart Cording, Rolf Gerstendorf (RG), Ton Giesberts, Ouafae Hassani, Hedwig Hennekens, Saad Imtiaz, Alina Neacsu, Dr. Thomas Scherer, Jean-Francois Simon, Clemens Valens, Brian Tristram Williams | **Vaste medewerkers:** David Ashton, Tam Hanna, Ilse Joostens, Prof. Dr. Martin Ossmann, Alfred Rosenkränzer | **Vormgeving & Layout:** Harmen Heida, Sylvia Sopamena, Patrick Wieters | **Directeur:** Erik Jansen | **Technische vragen:** redactie@elektor.com

### COLOFON

64<sup>e</sup> jaargang nr. 690B  
september/oktober 2024 bonus editie

Elektor verschijnt acht keer per jaar  
en is een uitgave van

**Elektor International Media B.V.**  
Postbus 11, 6114 ZG Susteren (Nederland)  
Tel.: +31 (0)46 4389444

www.elektor.nl | www.elektormagazine.nl

**Voor al uw vragen:** service@elektor.nl

**Lid worden:** www.elektormagazine.nl/abo

#### Advertenties

Raoul Morreau  
Tel. +31 (0)6 4403 9907 – raoul.morreau@elektor.com  
www.elektormagazine.nl/adverteren

#### Auteursrecht

© Elektor International Media B.V. - 2024

Niets uit deze uitgave mag vervoelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De auteursrechtelijke bescherming van Elektor strekt zich mede uit tot de illustraties met inbegrip van de printed circuits, evenals de ontwerpen

daarvoor. In verband met artikel 30 van de Rijksconventie mogen de in Elektor opgenomen schakelingen slechts voor particuliere of wetenschappelijke doeleinden vervaardigd worden en niet in of voor een bedrijf. Het toepassen van de schakelingen geschiedt buiten de verantwoordelijkheid van de uitgever. De uitgever is niet verplicht ongevraagd ingezonden bijdragen, die hij niet voor publicatie aanvaardt, terug te zenden. Indien de uitgever een ingezonden bijdrage voor publicatie aanvaardt, is hij gerechtigd deze op zijn kosten te (doen) bewerken. De uitgever is tevens gerechtigd een bijdrage te (doen) vertalen en voor haar andere uitgaven en activiteiten te gebruiken tegen de daarvoor bij de uitgever gebruikelijke vergoeding.

# Modificeer satelliet-LNB's voor 10GHz-experimenten

goedkope ontsluiting van de X-band

**Sebastian Westerhold, AI5GW (Duitsland)**

De IEEE X-band loopt van 8 tot 12 GHz en herbergt vele nuttige diensten, zoals amateurradio, radar en radioastronomie. Met dit betaalbare project wordt het mogelijk om de magische wereld van dubbelcijferige GHz te betreden! In plaats van een RF-microgolfschakeling vanaf nul te ontwerpen, wat een heikele onderneming is, wordt hier een oplossing gepresenteerd in de vorm van een gemodificeerde commerciële LNB.

Met de lancering van de geostationaire TV-satelliet Es'hail 2 (ook bekend onder de naam Quartar-OSCAR 100 of QO-100), die ook een lineaire transponder heeft voor amateurradio, met een downlink gecentreerd rond 10,45 GHz, hebben doe-het-zelf X-band-projecten een aanzienlijke opleving gezien. Omdat de Ku-band, die vaak wordt gebruikt voor TV-satellietontvangst, dicht in de buurt ligt, vormen goedkope LNB's voor televisieontvangst een goed uitgangspunt voor de wereld van dubbelcijferige GHz-DHZ-projecten.

Of het doel nu is om naar radioamateurs uit heel Europa te luisteren of om een bestaande spectrumanalyzer te upgraden naar 10...12 GHz voor minder dan € 10, dit artikel toont wat nodig is. We laten zien hoe men een goedkope LNB voor TV-ontvangst kan veranderen in een stabiele X-band downconverter met instelbare lokale oscillatorfrequentie.

## Principe van de ombouw

In Europa bevinden Ku-band satelliet TV-downlinks zich voornamelijk in het frequentiebereik van 10,70...12,75 GHz, wat dicht ligt bij het bereik van 10,45...10,50 GHz dat wordt gebruikt door amateurradio-satellieten zoals QO-100. Het ligt er zelfs zo dichtbij dat een commerciële TV low-noise downconverter (LNB) in theorie direct kan worden gebruikt zonder dat er aanpassingen nodig zijn.

Helaas zijn de eisen voor frequentiestabiliteit voor breedbandige TV-signalen veel minder streng dan wat wenselijk is voor de smalbandige enkelzijband (SSB) spraak- of zelfs CW-signalen die door radioamateurs



Figuur 1. Goobay 67269 Universal Single-LNB voor satelliet-TV-ontvangst.

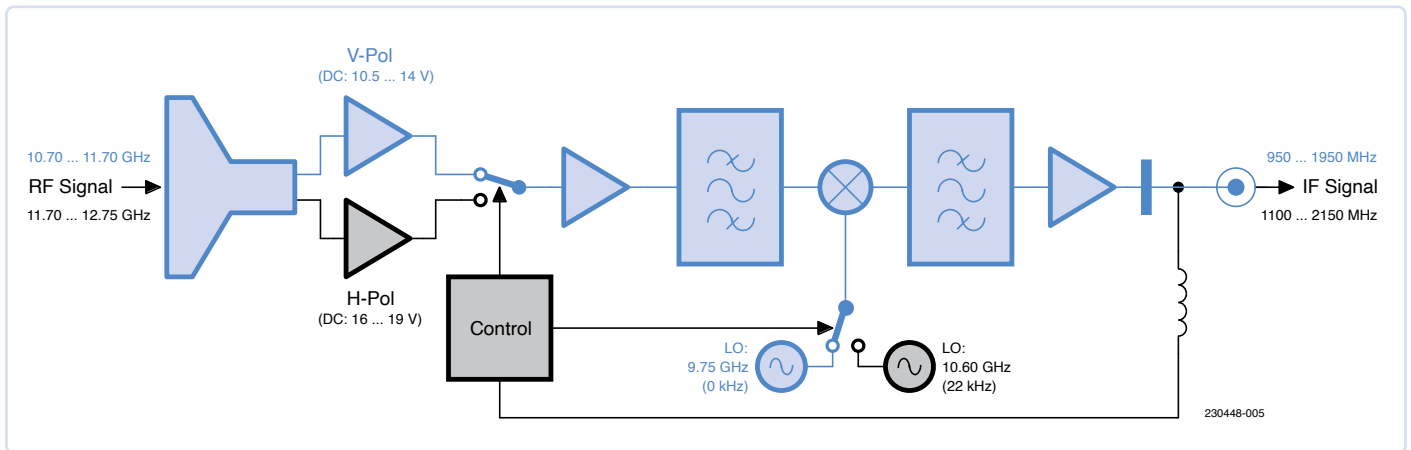
worden gebruikt. Daarom is het primaire doel van de hier getoonde modificatie het vergroten van de stabiliteit van de lokale oscillator van de LNB. Dit wordt bereikt door het injecteren van een extern referentiesignaal voor de PLL. De frequentie van de lokale oscillator (LO) kan vrij worden aangepast na het uitvoeren van de modificatie, waardoor de LNB een goedkope en krachtige downconverter wordt.

## Een beetje theorie

**Figuur 1** toont welke LNB we voor dit artikel hebben gekozen. Het is een universele enkelvoudige LNB (Goobay 67269) met een adviesprijs van ongeveer € 6 [1], dus als er iets fout gaat is dat geen catastrofe. Het ontvangstvlak is lineair gepolariseerd. De exacte polarisatie wordt ingesteld door de voedingsspanning te variëren. Verticale polarisatie wordt ingesteld door 11...14 V<sub>DC</sub> aan de LNB te leveren. Door de voedingsspanning te verhogen naar 16...18 V wordt de polarisatie horizontaal. Het blokschema van de LNB is geschetst in **figuur 2**, inclusief een blauw geaccentueerd voorbeeld van een mogelijke keuzeschakeling.

Een grote versterking – meestal 57 dB – compenseert voldoende voor eventuele verliezen van de naastgelegen frequentiebanden. Hoewel cirkelgolfsgeleiders en (golf)hoornantennes van nature extreem breedbandig zijn, hebben ze een afsnijfrequentie waarbeneden de verzwakking snel toeneemt.

De LNB is bedoeld voor ontvangst tussen 10,70 GHz en 11,70 GHz (lage



Figuur 2. Blokschema van een Ku-band satelliet-TV-LNB.

band) en 11,70...12,75 GHz (hoge band). Het middenfrequentiebereik (IF) loopt van 950 MHz tot 1950 MHz (lage band) en van 1100 MHz tot 2150 MHz (hoge band). Dit komt overeen met lokale oscillatorfrequenties van 9,75 GHz (lage band) en 10,60 GHz (hoge band). Omschakelen van lage band naar hoge band gebeurt met een extern 22 kHz stuur-sig-naal. Als er geen 22 kHz stuursig-naal wordt gedetecteerd, wordt standaard de lage band geselecteerd. De frequentiereferentie voor de phase-locked loop (PLL) is een 25MHz-kristal. De frequentie van het kristal wordt vermenigvuldigd met 390 in de lage-band-modus, terwijl in de hoge-band-modus de vermenigvuldigingsfactor 424 bedraagt. Wanneer we een extern referentiesig-naal kunnen injecteren, wordt het mogelijk om de LO-frequentie te wijzigen zodat bestaande communicatieontvangers die zijn ontworpen voor de 2m- of 70cm-amateur-radioband (144 MHz resp. 432 MHz) kunnen worden gebruikt (zie tabel 1). Een voorbeeld: het injecteren van 26,525 MHz in plaats van 25 MHz resulteert, vermenigvuldigd met 390, in een LO-frequentie van 10,345 GHz en dus een IF van ongeveer 144 MHz bij 10,489 GHz.

### De LNB van binnen

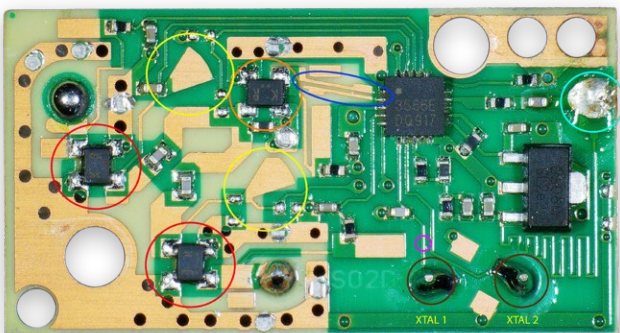
Na het verwijderen van het plastic deksel met een gewone schroevendraaier, kan het metalen deksel van de printbehuizing worden verwijderd na het losdraaien van twee schroeven (Torx T8). Zoals u ziet in figuur 3 is de schakeling van de LNB gecentreerd rond een volledig geïntegreerde PLL-/LO-/downconverter-chip met het typenummer

Tabel 1. Mogelijke referentiefrequenties en het resulterende IF-frequentiebereik voor QO-100 smalbandontvangst.

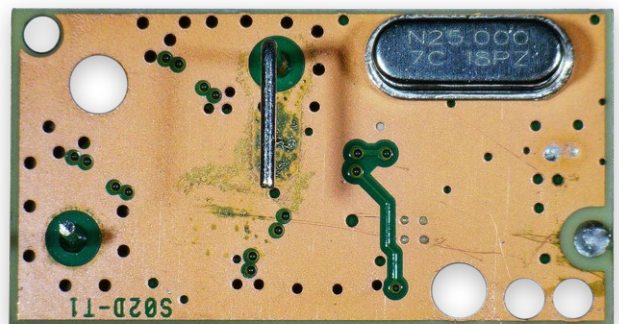
Referentie	LO	IF (bij 10.489,5 MHz)	IF (bij 10.490,0 MHz)
25,000 MHz	9.750,00 MHz	739,50 MHz	740,00 MHz
25,780 MHz	10.054,20 MHz	435,30 MHz	435,80 MHz
25,788 MHz	10.057,32 MHz	432,18 MHz	432,68 MHz
26,525 MHz	10.345,53 MHz	144,36 MHz	144,86 MHz

3566E. Er is heel weinig informatie over deze chip te vinden. Als men het algemene werkingsprincipe van zo'n IC kent, kan men de relevante delen van de schakeling reverse-engineeren zonder specifieke informatie over de chip ter beschikking te hebben.

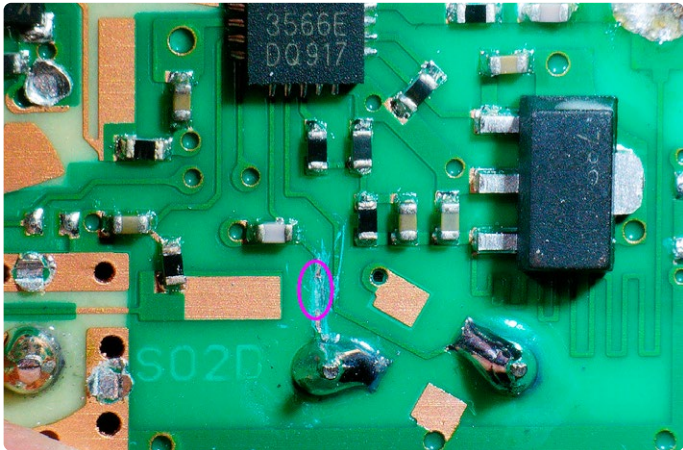
Afgezien van twee radiale stubs in de voedingslijnen van de twee FET front-end-versterkers (een voor elk polarisatievlak – geel omcirkeld in figuur 3) zijn er bijna geen filters op de print, wat goed is voor het gebruik van de LNB buiten de ontwerp-parameters. Na de tweede versterkertrap (gemeenschappelijk voor beide polarisaties, oranje omcirkeld) is er een enkel 'coupled-line' banddoorlaatfilter (binnen de blauwe ellips), dat signalen buiten de doorlaatband waarvoor het is ontworpen onbedoeld zal verzwakken. Maar nogmaals, er is voldoende versterking om de te verwachten verliezen te compenseren.



Figuur 3. Bovenaanzicht van de print van de LNB. Zie de tekst voor de identificatie van de verschillende onderdelen.



Figuur 4. Onderaanzicht van de print, met het 25MHz-referentiekristal rechtsboven.



Figuur 5. Onderbreek het spoor naar XTAL1 waar aangegeven.

De gelijkspanning van de F-connector (waarvan de soldeerzijde lichtblauw is omcirkeld) wordt via een spoel op de print doorgegeven aan een spanningsregelaar van het type 7806, waardoor de 3566E wordt voorzien van stabiele 6 V<sub>DC</sub>. De bruin omcirkelde XTAL 1- en XTAL 2-pinnen in figuur 3 zijn verbonden met het 25 MHz-referentiekristal op de achterzijde (massavlak) van de print, zoals te zien in **figuur 4**. Na het desolderen van een enkele verbinding net boven de F-connector kan de print uit de behuizing worden gehaald. Het bleek het beste om met een schroevendraaier lichte opwaartse druk uit te oefenen op de print terwijl de soldeerverbinding verwarmd wordt.

### De modificatie

De modificatie kan worden samengevat als het verwijderen van het 25MHz-kristal en dit te vervangen door een LC-seriebanddoorlaatfilter dat is aangesloten op de ingangsconnector, zodat een extern referentie-kloksignaal zijn weg kan vinden naar de PLL. De grootste uitdaging is om de componenten in de krappe aluminium behuizing te passen. Uit de beschikbare standaardwaarden wordt een zelfinductie van 2,2 µH en een capaciteit van 18 pF gekozen. De resulterende impedantie  $Z_{LC}$  volgt dan uit

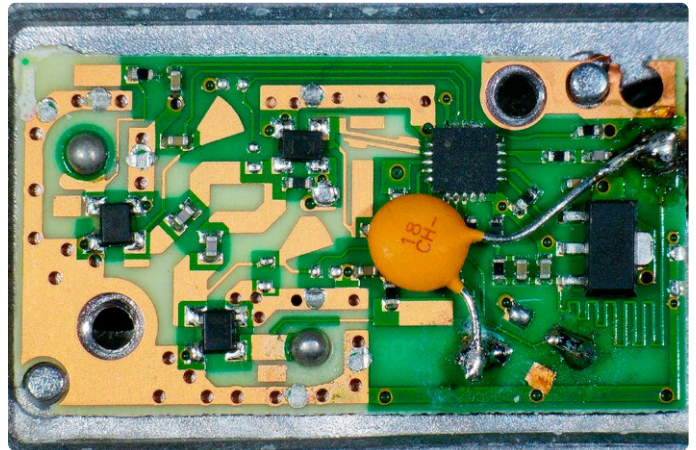
$$Z_{LC} = |2 \pi f L - (1/2 \pi f C)|$$

waarbij  $f$  de frequentie in Hz is,  $L$  de zelfinductie in H en  $C$  de capaciteit in F. Bij 25 MHz resulteert dit in een impedantie van  $\approx 8,1 \Omega$ .

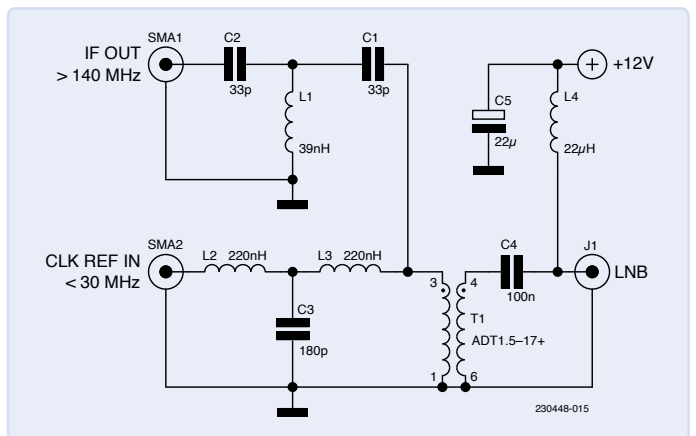
Het kristal werd gesoldeerd; de spoel komt daarvoor in de plaats. Het printspoor tussen PIN XTAL 1 en de 3566E (in **figuur 5** paars geaccentueerd) werd onderbroken met een scherp mes. Hierbij moet voorzichtig te werk worden gegaan om de dunne en kwetsbare print niet kapot te maken. Vervolgens wordt een verbinding gemaakt tussen XTAL 1 en de middelste pin van de ingangsconnector met behulp van de 18 pF condensator, zoals te zien in **figuur 6**. Zowel de spoel als de condensator worden met isolerende tape (polyimide) beschermd tegen toevallig contact met de behuizing of andere printsporen. In plaats daarvan kan een ander materiaal of zelfs papier worden gebruikt.

### Diplexer met geïntegreerde bias-T (triplexer)

Voor het gebruik van de gemodificeerde LNB is een manier nodig om verschillende signalen – via dezelfde coaxkabel – van en naar de LNB

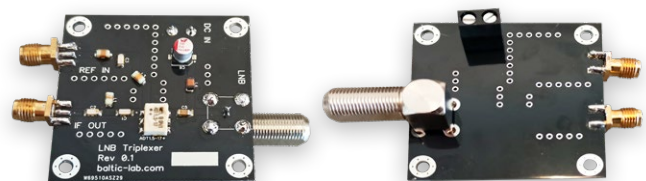


Figuur 6. De 18pF-condensator wordt gesoldeerd tussen XTAL1 en de F-connector-ingang.

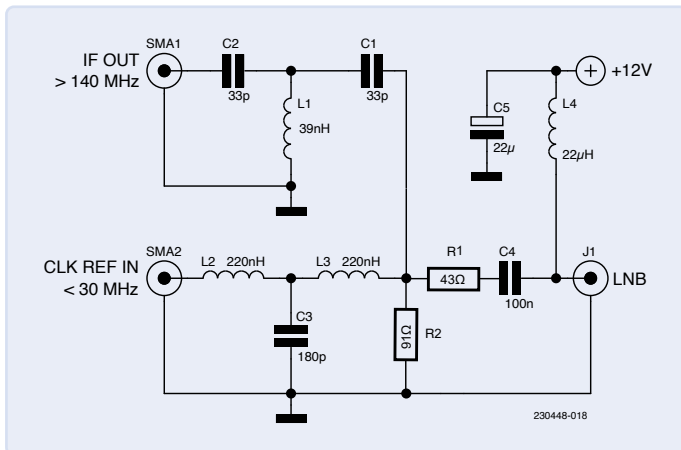


Figuur 7. Schema van de triplexer.

te leiden. De LNB moet worden voorzien van de juiste gelijkspanning en het referentie-kloksignaal. Bovendien moet het via dezelfde coaxkabel terugkomende IF-signaal ook worden uitgesplitst. De voeding wordt meestal geleverd door een 'bias-T'. Het scheiden van het referentie- en IF-signaal kan worden gedaan met een diplexer. Door de twee in één schakeling te combineren wordt het een triplexer. Diplexers en triplexers worden heel vaak gebruikt door radioamateurs als een soort RF-combiner/splitter, met het doel om twee of drie RTX-apparaten te verbinden met twee of drie antennes via een enkele 50Ω- of 75Ω-coaxkabel, waarbij aan het andere uiteinde een vergelijkbare schakeling de verschillende frequentiebanden scheidt.

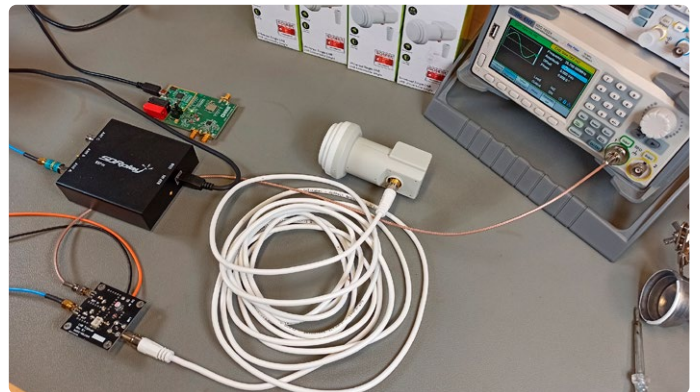


Figuur 8. De triplexer voor het scheiden van de referentiefrequentie en het IF-signaal en de injectie van de voedingsspanning. Aan de achterkant (rechts) bevinden zich de F-connector voor de LNB en de printkroonsteen voor de ingangsspanning.



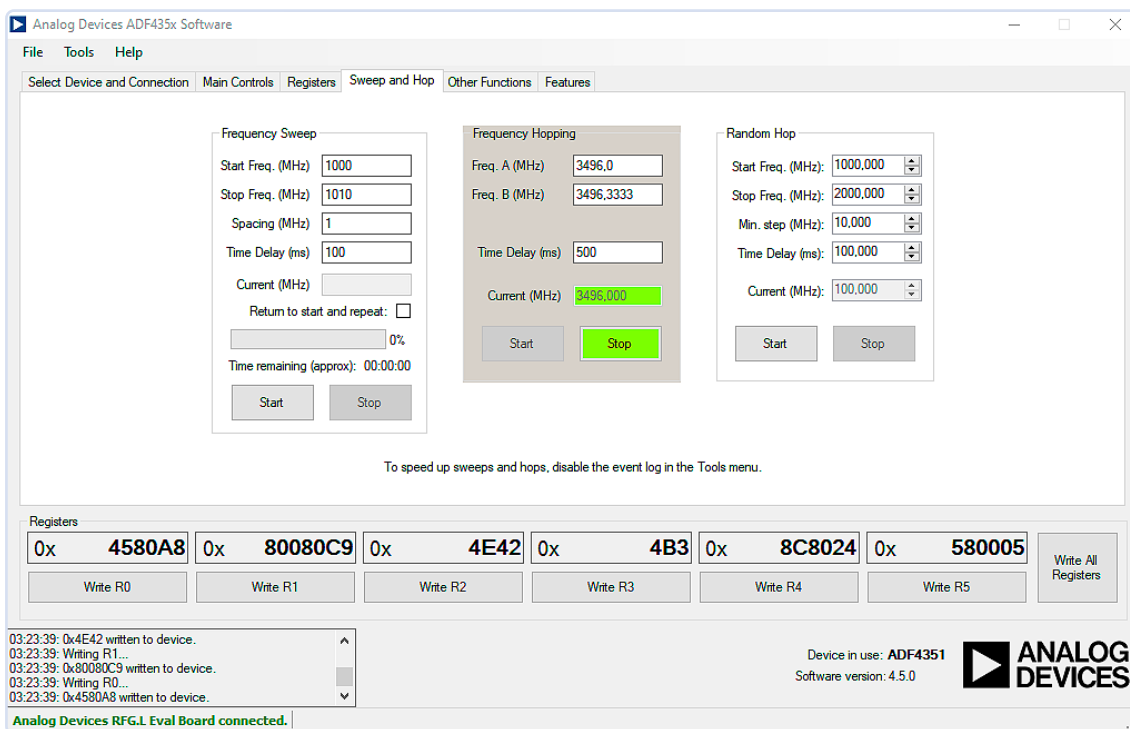
Figuur 9. De triplexerschakeling, zonder de HF-transformator en met de toevoeging van R1 en R2 in een configuratie voor minimaal verlies.

In ons geval moet de triplexer, waarvan het schema is getekend in **figuur 7**, ook zorgen voor een aanpassing tussen de 75Ω-systeemimpedantie van de LNB en de meer gebruikelijke 50 Ω van de IF-ingang en de referentie-klokgenerator. Deze schakeling werkt als een HF-mixer en injecteert het signaal van de externe generator in de LNB. Dit signaal bereikt T1 via het 'T'-laagdoorlaatfilter dat bestaat uit L2, C3 en L3, terwijl het IF-signaal dat uit de LNB komt via T1 het 'T'-hoogdoorlaatfilter bereikt dat bestaat uit C1, L1 en C2. Opgemerkt moet worden dat de impedantieafwijking veilig kan worden genegeerd voor de eerste experimenten. Het resulterende misaanpassingsverlies zonder impedantieaanpassing is 0,18 dB, wat overeenkomt met een voorwaarts vermogen van 96% of een gereflecteerd vermogen van 4%.



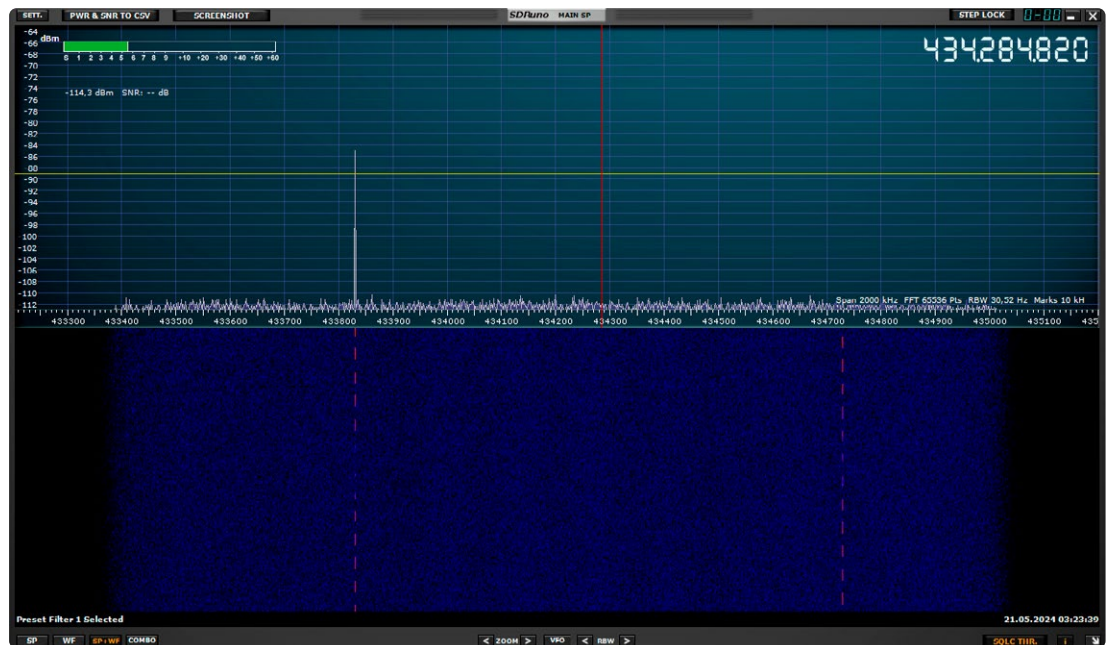
Figuur 10. Testopstelling met een signaalgenerator, triplexer, SDR-ontvanger en ADF4351 (gebruikt als derde-harmonische X-band signaalgenerator).

**Figuur 8a** en **figuur 8b** tonen mijn implementatie van een triplexer met SMD's en een Minicircuits ADT1.5-17+ transformator. Natuurlijk kan de hele schakeling ook worden opgebouwd met conventionele componenten, en kan de transformator worden vervangen door een 'minimum-loss pad' (MLP) met een 43Ω-weerstand in serie met de 75Ω-kant en een 91Ω-shuntweerstand over de 50Ω-kant, zoals getekend in het aangepaste schema van **figuur 9**. Merk echter op dat deze modificatie zal resulteren in een vermogensverlies van ongeveer 6 dB, wat meer is dan het misaanpassingsverlies als de impedantieaanpassing wordt weggelaten. Maar het zorgt er wel voor dat de signalen die door de coax gaan, zich netjes gedragen.



Figuur 11. Analog Devices ADF4351-software, gebruikt om frequentiehopping tussen 3496 en 3496,333 MHz in te stellen voor het genereren van het derde-harmonische X-band

Figuur 12. De SDRuno-spectrumweergave van het ontvangen IF-sigitaal, met duidelijk zichtbare frequentiehops die 1 MHz uit elkaar liggen.



## Tests en resultaten

**Figuur 10** toont een testsessie, waarbij de LNB is aangesloten op de triplexer met behulp van een paar meter 75 $\Omega$ -coax. De ingang voor de referentieklok is aangesloten op een signaalgenerator en de IF-uitgang gaat naar een SDRplay RSPdx SDR-ontvanger (zie [2] en het kader **Gerelateerde producten**) via een 10dB-verzwakker. Met de uitgang van de signaalgenerator nog steeds uitgeschakeld, wordt een spanning van 14 V<sub>DC</sub> aangelegd op de LNB via de triplexer. De stroomopname bedraagt ongeveer 60 mA. De signaalgenerator wordt ingesteld op een frequentie van 25,78 MHz (LO = 10054,20 MHz) en de signaalamplitude wordt langzaam opgevoerd. Bij ongeveer 2 V top-top kan een toename van het stroomverbruik tot ongeveer 90 mA worden waargenomen. De PLL is nu vergrendeld met het externe klok-referentiesignaal.


Voor een test worden twee signalen – 3,496 MHz en 3,496,333 MHz – gegenereerd met behulp van een ADF4351-evaluatiekaart. De derde harmonischen leveren geschikte testsignalen met frequenties van respectievelijk 10,488 GHz en 10,489 GHz. Zoals te zien in het screenshot van **figuur 11** is de ADF4351-evaluatiekaart ingesteld om tussen beide frequenties om te schakelen in een tempo van 500 ms.

Het verwachte IF-uitgangssignaal, gecentreerd rond 434,3 MHz, wordt bekeken met SDRuno, een geavanceerd softwaregedefinieerd radioapplicatie-platform [3] (**figuur 12**). Om er zeker van te zijn dat het IF-sigitaal inderdaad de gewenste omlaaggemengde X-band-harmonische is, wordt de frequentie van het gegenereerde signaal een klein beetje veranderd en wordt de verandering in de IF-frequentie genoteerd. De frequentieverandering van het IF-sigitaal moet gelijk zijn aan de verandering in de fundamentele frequentie maal het nummer van de harmonische. In het geval van de signalen van de ADF4351 is de verwachte en waargenomen verandering tussen de twee frequenties 1 MHz, wat de ontvangst van de juiste harmonische bevestigt.

Door de grote versterking van de LNB kan zelfs de 23ste harmonische van een zendontvanger die is afgestemd op 456 MHz worden opgepikt op 10,448 GHz. Dit is erg handig als er geen testbronnen voor hogere frequenties beschikbaar zijn, en bewijst dat deze modificatie en de bijbehorende experimenten budgetvriendelijk zijn.

## Ruimte voor verbetering

Dit artikel laat zien dat het mogelijk is om een goedkope TV-LNB aan te passen om een extern referentiesignaal te accepteren; de experimenten tonen aan dat de LNB in staat is om X-bandsignalen buiten het door de fabrikant bedoelde frequentiebereik omlaag te mengen. Er is op veel gebieden ruimte voor verbetering; dat en wordt alleen beperkt door uw verbeelding. De printspool kan bijvoorbeeld worden vervangen door een grotere SMD-spoel om de belasting van het externe referentiesignaal te beperken. Zowel de radiale stubs als het coupled-line banddoorlaatfilter kunnen worden verbeterd door een kleine hoeveelheid geleidend materiaal toe te voegen. Het is ook mogelijk om de feedhorn helemaal te verwijderen en een SMA-connector toe te voegen door een stuk stugge kabel direct aan de ingang van de FET-versterker te solderen, via een kleine condensator om de DC-instelspanning op de gate van de FET te blokkeren.

Het aantal mogelijke toepassingen is enorm en in dit artikel worden slechts enkele voorbeelden genoemd. Gezien de lage prijs van de LNB zelf – en van de gebruikte componenten – nodig ik u graag uit om te experimenteren met uw eigen ideeën en toepassingen! 

230448-03 (vertaling: Willem den Hollander)





### Over de auteur

Sebastian Westerhold is als autodidact een onafhankelijk onderzoeker en blogger met een passie voor RF en DSP. Hij begon voor Elektor te schrijven in 2008 en heeft sindsdien talloze artikelen gepubliceerd op zijn blog [4], YouTubekanaal [5] en in Elektor. Momenteel studeert hij Electrical Engineering aan de University of Applied Sciences Kiel. Voorafgaand aan zijn studie had hij al studiepunten voor hogere semesters behaald bij de leerstoel Hoogfrequentietechnologie van de Christian-Albrechts-Universität te Kiel via een junior-studieprogramma voor hoogbegaafde studenten, toen hij nog op een middelbare technische school zat.

### Vragen of opmerkingen?

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



### Gerelateerd product

> **SDRplay RSPdx - Single-Tuner 14-bit SDR Receiver (1 kHz to 2 GHz)**  
[www.elektor.nl/20422](http://www.elektor.nl/20422)

### WEBLINKS

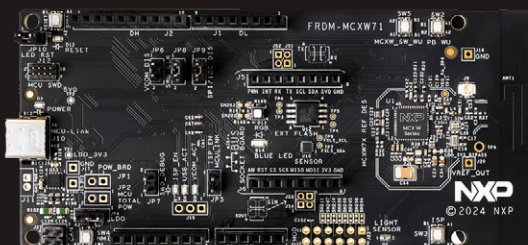
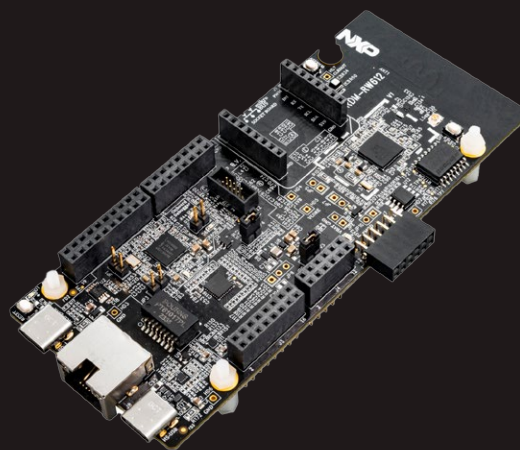
- [1] Goobay Universal Single LNB (Wentronic): <https://wentronic.com/de/universal-single-lnb-67269>
- [2] SDRplay RSPdx: <https://sdrplay.com/rspdx>
- [3] SDRUno: <https://sdrplay.com/sdruno>
- [4] Baltic Lab-website: <https://baltic-lab.com>
- [5] Baltic Lab-kanaal op YT: <https://www.youtube.com/c/balticlab>



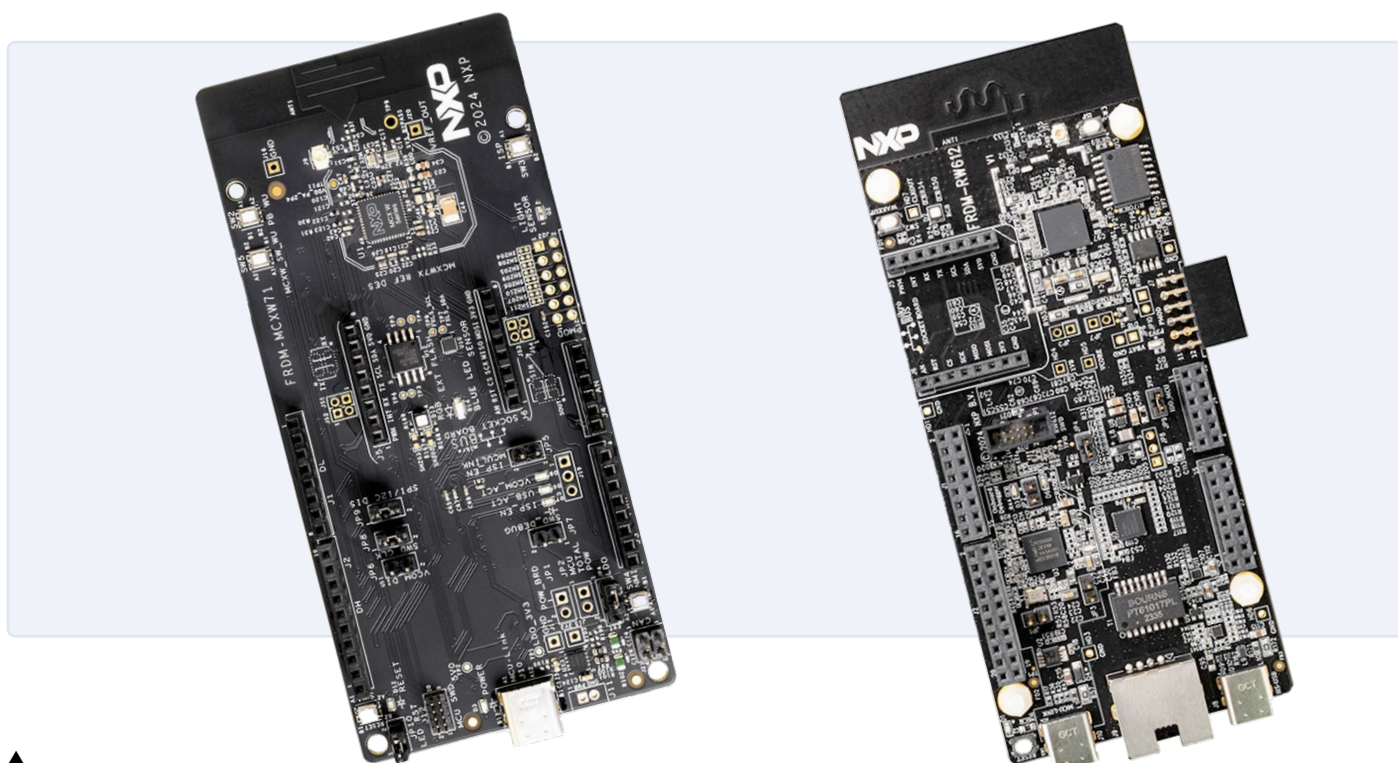
## Ga voor draadloos

NXP's nieuwste draadloze MCU's maken een snelle ontwikkeling mogelijk naar Bluetooth, Matter, Wi-Fi, Thread en Zigbee met behulp van FRDM boards en de MCUXpresso developer experience

Bezoek [www.nxp.com/mcxw](http://www.nxp.com/mcxw) en [www.nxp.com/rw612](http://www.nxp.com/rw612) voor meer informatie



# Complexiteit en schaalbaarheid doorbreken met een uniform ontwikkelplatform



Figuur 1. MCX W en RW61x FRDM-boards.

## Charlie Ice (NXP Semiconductors)

Het IoT heeft ongelooflijke innovaties gebracht die fabrieken, gebouwen en huizen hebben veranderd. Tegelijkertijd heeft het IoT een steeds grotere complexiteit met zich meegebracht voor embedded ontwikkelaars. Klanten, zowel consumenten als bedrijven, verwachten een reeks producten met verschillende functies, mogelijkheden en connectiviteit. IoT-producten moeten voldoen aan strenge voorschriften voor energie-efficiëntie en vereisen geavanceerde motorbesturing en energiebeheer. Veel producten bevatten AI/ML om intelligentie naar de eindapparaten te brengen. Tot slot staat veiligheid centraal in het IoT, met nieuwe regels zoals de Cyber Resilience Act (EU) en de Cyber Trust Mark (US) die de lat voor veiligheid van IoT-apparaten hoger leggen. Geconfronteerd met deze ontelbare productvarianten en geavanceerde systemen worden ontwikkelaars

geconfronteerd met een ongekende complexiteit. Door echter een platformbenadering te gebruiken voor de geïntegreerde ontwikkelomgeving (IDE), software en hardware, kunnen ontwikkelaars die complexiteit effectiever beheren, hun inspanningen opschalen en voldoen aan de eisen van het steeds veranderende IoT.

## Geïntegreerde ontwikkelomgeving (IDE)

De interface die een embedded ontwikkelaar waarschijnlijk het meest gebruikt is de IDE, die het portaal is voor het bewerken van code, programmeren en debuggen van een embedded microprocessor. Veel ontwikkelaars werken met meerdere processoren van verschillende leveranciers, waardoor ze vaak gedwongen worden om met meerdere IDE's van verschillende



fabrikanten te werken. Het configureren en onderhouden van de build-scripts en debug-instellingen in verschillende IDE's wordt al snel een tijdrovende klus. Het standaardiseren van een IDE voor alle embedded processoren vereenvoudigt het ontwikkelproces in belangrijke mate. Daarom hebben veel leveranciers van embedded devices Visual Studio Code (VS Code) gekozen als hun IDE. Met ondersteuning voor Windows, Mac en Linux biedt Microsoft VS Code aan als een gratis ontwikkelomgeving met de nieuwste functionaliteit, zoals eenvoudige toegang tot GitHub, een geavanceerde teksteditor en werkruimteconfiguratie. Leveranciers van embedded devices bieden plug-ins voor VS Code waarmee hun processoren direct in VS Code geprogrammeerd en gedebugd kunnen worden. De plug-in van NXP biedt bijvoorbeeld ondersteuning voor het hele MCU-portfolio, inclusief MCX, wireless en i.MX RT MCU's. Door VS Code te kiezen als hun IDE-platform kunnen ontwikkelaars hun IDE instellen en die configuratie gebruiken voor alle producten, leveranciers en embedded processoren, wat tijd en moeite bespaart.

### Software development kit (SDK)

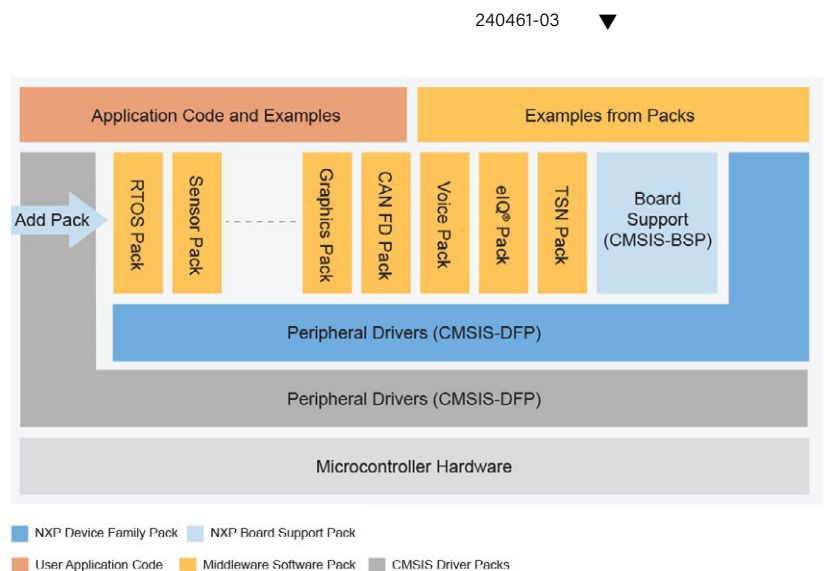
Het volgende belangrijke onderdeel voor een embedded ontwikkelaar is de software development kit (SDK) die het embedded device ondersteunt. De meeste ontwikkelaars die IoT-producten ontwerpen, gebruiken niet alleen verschillende processoren in hun producten, maar moeten ook verschillende middleware, zoals aanraak-, spraak- of grafische functies in het product opnemen. Het gebruik van embedded devices met een gemeenschappelijk SDK-platform versnelt de softwareontwikkeling aanzienlijk. Bovendien maakt een gemeenschappelijk SDK-platform het mogelijk om eenvoudig middleware toe te voegen of te verwijderen, afhankelijk van de productvariant. Veel leveranciers van embedded processoren bieden nu een gemeenschappelijke SDK voor hun devices. Zoals in **figuur 2** te zien is, ondersteunt de MCUXpresso SDK van NXP bijvoorbeeld alle op Arm Cortex-M gebaseerde processoren van NXP, inclusief MCX, RW61x en i.MX RT. Hierdoor kunnen ontwikkelaars verschillende processoren gebruiken in hun ontwerpen en toch dezelfde SDK gebruiken. Daarnaast bevat de MCUXpresso SDK-middleware, zoals eIQ voor AI/ML, die eenvoudig aan een project kan worden toegevoegd of daaruit kan worden verwijderd. Een gemeenschappelijk SDK-platform versnelt niet alleen de ontwikkeling, maar stelt ontwerpers ook in staat om hun werk op te schalen door hun code te hergebruiken in verschillende projecten en processoren.

### Gemeenschappelijk hardware-platform

Naast software-ontwikkeling vermindert het gebruik van een gemeenschappelijk hardware prototype-plat-

form de complexiteit en stelt het ontwerpers in staat om nieuwe ontwerpen snel te testen. De meeste IoT-aanbiedingen omvatten een reeks producten met verschillende processoren. Daarom moet het hardware prototype-platform gemeenschappelijk zijn voor verschillende processoren, terwijl ontwikkelaars ook gemakkelijk nieuwe functionaliteit kunnen toevoegen. Het opnieuw produceren van een board om een nieuwe functie uit te proberen of het moeten leren van nieuwe hardware voor elke processor zorgt voor onnodige complexiteit en inefficiëntie. In plaats daarvan moeten ontwikkelaars hun eigen gemeenschappelijke hardware-platform creëren of een leverancier van processoren kiezen die zo'n platform aanbiedt. Zoals in **figuur 1** te zien is, biedt het FRDM-boardplatform van NXP bijvoorbeeld goedkope, compacte ontwikkelboards voor het gehele MCX- en RW61x-portfolio. Daarnaast heeft een hardware-platform eenvoudige prototyping nodig, wat vaak wordt bereikt door middel van uitbreidingsboards. Door gebruik te maken van gemeenschappelijke headers, zoals de Arduino- en mikroBUS-headers die gebruikt worden op de NXP FRDM-boards, kunnen ontwerpers gebruik maken van het brede aanbod aan beschikbare add-on boards of snel hun eigen add-on board maken. Een flexibel en gemeenschappelijk hardware-platform voor alle embedded processoren verbetert de efficiëntie en zorgt ervoor dat ontwerpers zich kunnen concentreren op innovatie. Door een enkel platform te kiezen voor de IDE, SDK en de prototype-hardware wordt de complexiteit van het IoT-ontwerp sterk verminderd en kunnen ontwerpers de juiste processoren en functies voor hun ontwerp kiezen. Door gemeenschappelijke software- en hardware-ontwikkelplatforms te kiezen, kunnen ontwerpers de schaal en efficiëntie bereiken om te voldoen aan de steeds toenemende complexiteit en eisen van het IoT. ◀

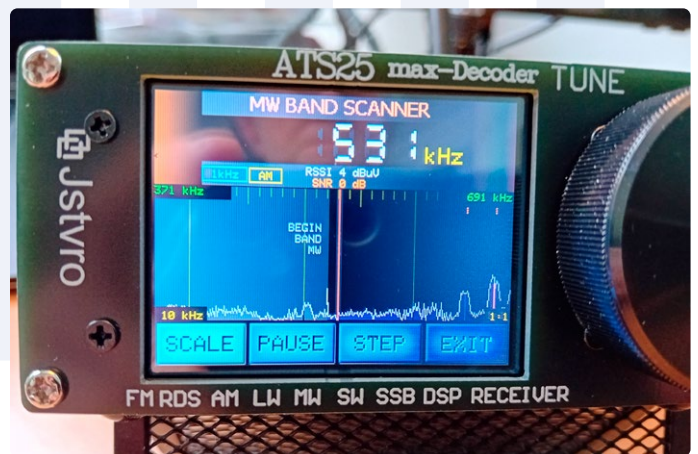
Figuur 2. MCUXpresso SDK-structuur.



# De ATS25 max-Decoder een ultra-draagbare ontvanger

Jan Buiting (Elektor)

73, zendamateurs en radiofanaten! Elektor heeft opnieuw een uitgesproken combinatie van embedded en radiotechnologie in de aanbieding, in de vorm van de ATS25 max-Decoder. Dit is een krachtige, ultra-compacte multimode LW/SW/MW/FM/Ham-band DSP-ontvanger, met onder de motorkap een ESP32-core en voorzien van WiFi-connectiviteit voor geavanceerde decodeermodi.



Figuur 1. De MW-band scannen op activiteit met de ingebouwde spectrumanalyzer. Overdag is er niet veel te horen, maar tegen de schemering wordt het leuk.

Radio in het algemeen en amateurradio in het bijzonder zijn baanbrekende, uitdagende en lonende toepassingsgebieden voor liefhebbers van microcontrollers, programmeren en kleine embedded systemen. Dit is vooral te danken aan de komst, nog niet zo lang geleden, van IC's en geïntegreerde drop-in modules die alle hoogfrequente signaalconditionering voor hun rekening nemen en vervolgens een set pinnen beschikbaar stellen die reageren op digitale signalen voor de besturing en die zelfs digitale signalen kunnen uitvoeren. Wat wil een programmeur nog meer?

## Embedded - en met een radio

Een IC-familie die zelfs de grootste voorstanders van volledig analoge RF-technologie heeft verleid om 'digitaal' te omarmen (of op zijn minst te accepteren), is de SkyWorks Si473x-serie. Hiervan is de Si4735 [1] een '100% CMOS AM/FM/SW/LW radio-ontvanger', wat betekent dat daar de complete tuner-functionaliteit van antenne-ingang tot audio-uitgang in is geïntegreerd. Hoewel de chip viraal ging onder radioamateurs en andere liefhebbers toen er Arduino-software verscheen die de chip aanstuurde, werden de uitstekende prestaties pas ten volle benut toen een internationale

groep van radioamateurs en programmeurs een iets krachtigere microcontroller (de ESP32) inzetten en ingenieuze software gingen schrijven, niet alleen voor de LW/MW/SW/FM-omroepbanden maar ook voor de amateurbanden van 160 m tot 10 m en de bijbehorende 'ham-modi' zoals CW, RTTY, USB/LSB, FAX en andere. De Si4735-chip en de ESP32-micro deden voor het eerst samen hun intrede in de 'ATS25' multimode-ontvanger, die nu al een paar jaar meegaat en goed presteert als een universele radio voor het beluisteren van uitzendingen en ham-communicatie. Onlangs voegde de 'Jstvro'-groep echter een heleboel opties, geavanceerde digitale decoding, WiFi en intelligentere DSP-audioverwerking toe aan de standaard-ATS25, die daarmee in feite een complete make-over kreeg op het gebied van de besturingssoftware.

## Kan niet geloven dat hij zo klein is

Het eerste wat me opviel toen ik mijn recensie-exemplaar van de ATS25 max-Decoder uit de doos haalde, waren de geringe afmetingen, de stevigheid, het geringe gewicht en het feit dat er maar één knop op het voorpaneel zat: een knop met een diameter van 40 mm die meteen aanvoelt als een draai-encoder met drukknopfunctie.



Figuur 2. Mijn geïmproviseerde SMA-naar-BNC-adapter (in twee stappen, maar overal 50  $\Omega$ ), de onmisbare stylus (links) en de gedrukte handleiding.

Aan de achterzijde van de radio vinden we twee antenne-ingangen – een SMA-aansluiting voor de WiFi-antenne (2,4 GHz) en een BNC-connector voor de ‘gewone’ antenne. Er is ook een USB-C-connector die dient voor het opladen van de interne Li-Ion-accu en voor communicatie met uw PC. Een hoofdtelefoonaansluiting en twee kleine schuifschakelaars maken de ‘gebruikersinterface’ aan de achterzijde compleet.

Ik was aangenaam verrast door de aanwezigheid in het pakket van een aanraakstift (stylus), een opvouwbare WiFi-antenne, een telescoopantenne voor FM, een USB-C-kabel en zelfs een doekje (tegen stof of om het touchscreen schoon te maken, denk ik). Afgezien van de radio was de beste vondst in de doos natuurlijk de handleiding voor de ATX25 max-Decoder die, hoewel niet perfect, een klasse beter is dan de gebruikelijke rommel die met Chinese elektronica wordt meegeleverd. De handleiding van 24 pagina's is naar behoren uitgevoerd, heeft duidelijke foto's met legenda en bijschriften om de belangrijkste functies te demonstreren, en is echt de moeite waard om door te bladeren met de radio uit! Ik heb gehoord dat Elektor overweegt de handleiding nog te verbeteren en een eigen versie uit te brengen.

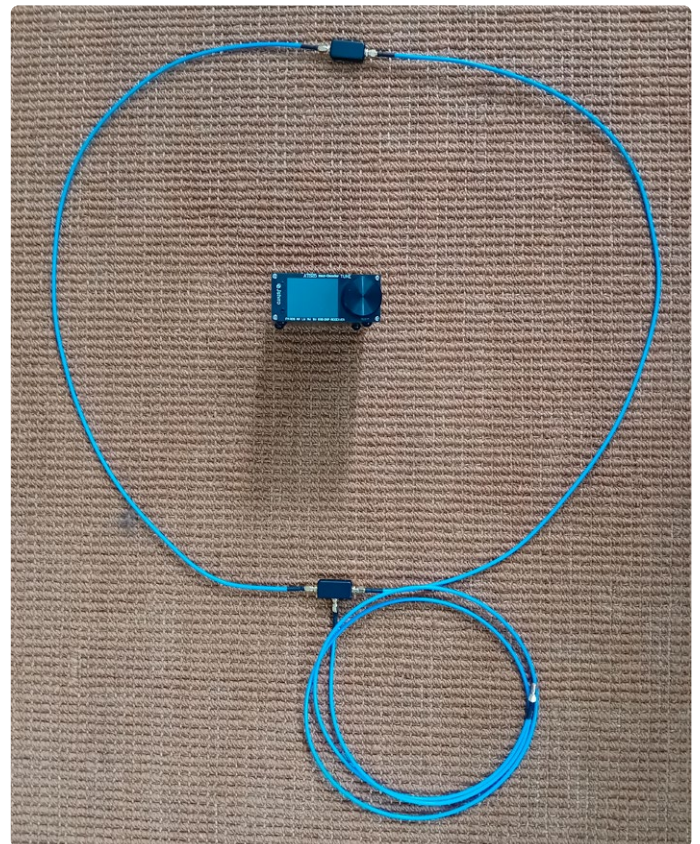
### In den beginne is er de antenne - altijd

Alle microcontroller-fans moeten één ding onthouden: niet bits en bytes, maar een goede antenne is de beste vriend van een radio. De meegeleverde telescoopantenne is geweldig voor de FM-band als hij helemaal is uitgeschoven, maar als u hem gebruikt op LW/MW/SW- of ham-banden, zult u teleurgesteld zijn. Rol in plaats daarvan minstens 10 meter soepel draad uit, knoop het buiten vast en klem het vrije uiteinde aan de telescoopantenne. Dan kan de pret beginnen, tenzij... in mijn geval bijvoorbeeld is er enorm veel storing van (digitale) bronnen zoals LED-verlichting, computers, smartphones en mijn 7,5kWp-zonnepaneelinstallatie, in het bijzonder de SolarEdge driefase-omvormer. Dus heb ik die uitgeschakeld en ben ik verlost van harmonischen om de 180 kHz en ongewenste signalen tot ver boven de 60 MHz. De interne ruis van de ATX25 is aanwezig maar beheersbaar, zoals ik ontdekte door de antenne-ingang af te sluiten met een 50 $\Omega$ -terminator. De resterende ruis is burst-achtig en is afkomstig van de draai-encoder en het OLED-display.

Door de propagatie van radiogolven is de ontvangst overdag in de MW- en LW-banden slecht, zelfs met een draadantenne. De ATX25 max-Decoder was echter in staat om verschillende stations rond 675 kHz en 1000 kHz te vinden en bleek net zo goed te werken als mijn Grundig Yacht-Boy en zelfs een Philips 'BX'-buisenradio uit de jaren '60, die allebei ferrietantennes gebruikten. Ik vond ook het goede oude Droitwich op 198 kHz LW met een BBC-verslag van een cricketwedstrijd. Vooral de MW-band komt tot leven in de avonduren en het is erg leuk om piraten- en 'low-power'-stations voor privégebruik te vinden.

Op mijn ATX25 max-Decoder strekt de FM-band zich uit van 64 tot 108 MHz, wat ik nog niet eerder heb gezien en waardoor ik in ieder geval de 4-meter-band (70 MHz) kan monitoren, die niet beschikbaar is onder de 'HAM'-banden. Hij pikte ook wat 80 MHz politie-radioverkeer op van net over de grens in Duitsland.

Uiteindelijk heb ik de antenne vervangen door een lusantenne, die reageert op magnetische in plaats van elektrische velden, net als de gewone draadantenne. De kleine lusantenne die verkrijgbaar is bij Elektor heeft echter een SMA-connector, terwijl de ATX25-ontvanger een BNC-connector heeft. Dus heb ik een adapter gemaakt door een SMA-naar-BNC-adapter en een BNC-male-naar-male adapter in elkaar te schuiven. Dit werkte goed en verminderde door de mens veroorzaakte ('man-made') ruis enorm, dankzij het feit dat de lus richtinggevoelig is en dus kan worden opgesteld om ruisbronnen zoals LED-lampen, LC-displays enzovoort te elimineren.



Figuur 3. De 'YouLoop' uit de Elektor-shop is een prima uitgangspunt voor een goede antenne. Denk er wel aan dat deze niet echt geschikt is voor permanent gebruik buitenshuis. Ook mag er niets in de lus zitten :-)



Figuur 4. Ik heb een goedkope smartphone-houder gebruikt om de ontvanger onder een comfortabele hoek vast te zetten voor een aangename bediening via het display. De stylus heeft ook een plaatsje.

U kunt de lusantenne het beste buiten opstellen, zo ver mogelijk uit de buurt van storingsbronnen, en de kabel naar uw ontvanger binnenshuis leiden.

### Welkom in de radiowereld

Als u eenmaal bekend bent met de eigenaardigheden van de propagatie van radiogolven [2], is de afstem- en luisterervaring van de ATS25 max-Decoder vergelijkbaar met die van veel 'volwassen' ontvangers. In het begin kon ik mijn stylus niet meer vinden en moest ik sommige van de ultrakleine velden en pictogrammen op het aanraakscherm met mijn vinger selecteren, maar ook dat werkte. Een ander klein probleem was om de radio stabiel te houden en onder een kleine hoek te plaatsen terwijl de tamelijk stijve coaxkabel van de lusantenne die aan de achterkant was ingestoken. Ik loste dit op door de radio op een smartphonehouder te zetten. Ja, ik ben gewend aan SW-ontvangers met een gewicht van 20 kg en meer (Collins, Hallicrafters – enfin, u weet wel). Ik kon veel lokale QSO's op 80 meter SSB (3,5 MHz) beluisteren, wat een echte 'chat'-band is waar overdag afstanden tot 300 km tussen stations kunnen worden overbrugd. Op 20 meter (14 MHz) was ik in staat om ouderwetse RTTY te ontvangen en zelfs wat SSTV dat



Figuur 5. Jstvro-team (en Elektor-lezers), kunnen we alsjeblift ook VLF, 4 meter (70 MHz) en 2 meter (144 MHz) krijgen?

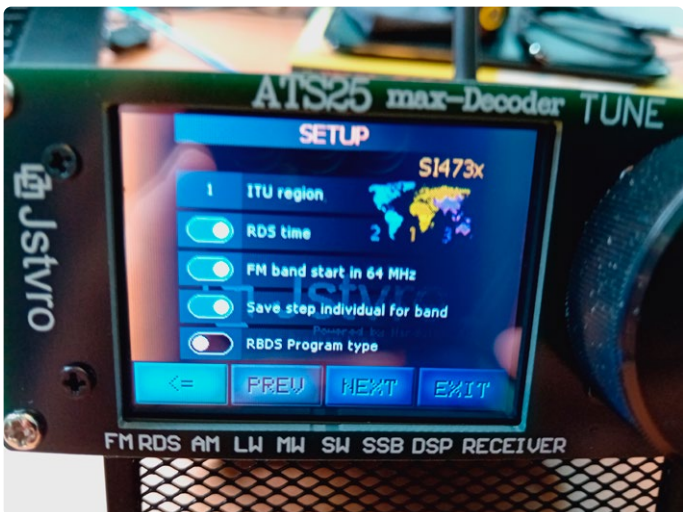
ik echter niet probeerde te decoderen op mijn PC. De 40m-band (7 MHz) is geweldig om met de automatische CW-decodeermogelijkheden van de ATS25 max-Decoder te spelen, op voorwaarde dat de radio verbonden is met uw lokale WiFi-netwerk.

Ik vond de automatische versterkingsregeling (AGC) en RF-verzwakingsfuncties een beetje inconsistent en niet in staat om stations met hoog vermogen in de banden te blokkeren, zoals bij sommige Chinese uitzendingen.

### Online gaan met WiFi

Veel van de geavanceerde digitale decodeerfuncties zoals FT8 en CW, maar ook NTP-tijdmeting, zijn geheel of gedeeltelijk afhankelijk van een verbinding met het internet. De ATS25 max-Decoder is eenvoudig online te krijgen, maar het proces is voor verbetering vatbaar wat betreft de instructies. De WiFi-verbinding, hoewel cruciaal voor de werking van de radio, wordt nogal vaag uitgelegd op de laatste (!) pagina van de handleiding. Verschillende stappen worden niet genoemd.

Het meest geruststellende om te weten is dat Elektor de ATS25 max-Decoder compleet met al geregistreerde productsleutel levert, dus u hoeft die niet aan te vragen bij de fabrikant. De productsleu-



Figuur 6. Menu's... de ATS25 max-Decoder heeft er pagina's vol van.



Figuur 7. Ere wie ere toekomt. 73 aan de ontwikkelaars!

tel wordt duidelijk weergegeven wanneer u de radio inschakelt. Ik stel voor dat u deze opschrijft en op een veilige plek bewaart. Vervolgens is het de kunst om het menu te vinden om de radio te laten inloggen op uw WiFi-netwerk. Geloof het of niet – dat is op een van de laatste pagina's van het SETUP-menu! Nadat u de radio hebt aangezet, drukt u op NEXT, dan SETUP, dan NEXT (zo'n 15 keer!) tot u het BT/WiFi-menu ziet. Schakel daar Wireless on en vervolgens Select AP in. De volgende stap is de keuze van het gewenste WiFi-netwerk en het invoeren van het wachtwoord. Mijn WiFi-scan mislukte een aantal keer, de software bleef hangen en ik moest de radio uit- en weer inschakelen. Verlaat het menu en sla uw instellingen op. Terug in de radiomodus raakt u het WiFi-symbool op het scherm aan (dat is piepklein!) en het zal groen oplichten. U bent nu verbonden en klaar om te profiteren van de briljante online-hulpprogramma's die de Jstvro-groep speciaal voor de ATS25 max-Decoder heeft gemaakt.

Met de geregistreerde productsleutel komt u ook in aanmerking voor software-updates. Mijn radio geeft aan dat hij versie 'Air 4.17 Beta' gebruikt en ik was niet in staat om Bluetooth te selecteren in het BT/WiFi-menu, dus ik denk dat dit een update of een of andere uitbreiding in de nabije toekomst vereist.

## Wat goed is

De 'retro'-afstemschaal en S-meter, maar ook de FT8-modus en de CW-decoder werden al snel mijn favoriete functies van deze ESP-radio met zijn ongelooflijke aantal opties en mogelijkheden. De draagbaarheid van de radio en de oplaadbare accu met een gebruiksduur van vele uren maken hem een geweldige keuze voor gebruik buitenshuis, ver weg van man-made storingen. Het afstemmen en bedienen van de ATS25 max-Decoder is een genot als u eenmaal het gebruik van de bijgeleverde stylus onder de knie hebt om de juiste menu's te kiezen. De geluidskwaliteit van de interne luidspreker is goed, maar ik sluit liever mijn hoofdtelefoon aan – geleend van mijn Samsung smartphone. Die werkt beter en zal uw huisgenoten niet storen.

Voor deze bespreking had ik geen tijd om een IDE op mijn PC in te stellen, PUTTY op 115.200 baud te draaien en gedecodeerde berichten en zenderinformatie op mijn PC te lezen. Ook was ik niet in staat om de WiFi access point-functionaliteit van de radio uit te proberen.

Wat ontbreekt er nog? Niet veel en wat er ontbreekt kan in de toekomst worden toegevoegd aangezien de radio echt een software-krachtpatser is. Ik had graag:

- > ontvangst van de VLF-band, zeg 50 kHz tot 200 kHz voor DCF/MSF-tijdseinzenders, lowfers enzovoort;
- > ontvangst van de 2m-band (144...146/148 MHz);
- > ontvangst van de VHF-luchtvaartbando (niet in alle landen toegestaan);



Figuur 8. Uiterst charmant: de 'retro'-modus voor de frequentieschaal!

- > NBFM voor de CB-band (40 kanalen, Europees);
- > iets minder Italiaans in de (Engelstalige) handleiding;
- > betere begeleiding bij het inrichten van WiFi.

Aangezien de ATS25 max-Decoder met een ESP32 werkt en er veel deskundige Elektor-lezers die voor dit platform coderen, ben ik ervan overtuigd dat alle bovenstaande wensen kunnen worden vervuld, zo niet met 'S9' worden overwonnen (met groot succes dus). De ATS25 max-Decoder met geregistreerde productsleutel is verkrijgbaar als een Elektor Labs Selected product in de Elektor-shop. ◀

240348-03



## Gerelateerde producten

- > **ATS25 max-Decoder FM/HF Full-Band DSP Receiver**  
www.elektor.nl/20869
- > **YouLoop Portable Passive Magnetic Loop Antenna for HF and VHF**  
www.elektor.nl/20681
- > **The RF & Communications Collection (USB Stick)**  
www.elektor.nl/20825

## WEBLINKS

- [1] Si4735: <https://www.skyworksinc.com/en/products/audio-and-radio/si4734-35-am-fm-sw-lw-radio-receivers/si4735>  
 [2] Propagatie van radiogolven: [https://en.wikipedia.org/wiki/Radio\\_propagation](https://en.wikipedia.org/wiki/Radio_propagation)



# Nieuw tijdperk van elektrische energie

De sleutelrol van YMIN vaste stof & vaste vloeistof hybride condensatoren in 5G-basisstations

## Een bijdrage van YMIN

Door snelle evolutie en wijdverspreide toepassing van 5G-technologie, is er wereldwijd een sterke toename van 5G-basisstations in de telecommunicatie-infrastructuur. Deze basisstations zijn de spil in het faciliteren van razendsnelle netwerkverbindingen, en stimuleren de digitale transformatie in verschillende sectoren. De zeer hoge eisen aan elektronische componenten in 5G-basisstations vereisen echter geavanceerde oplossingen.

YMIN ([www.ymin.com/en](http://www.ymin.com/en)) is een pionier op het gebied van capacatieve technologieën en biedt een reeks innovatieve oplossingen die speciaal afgestemd zijn op de eisen van 5G. Tot hun paradepaardjes behoren de **VPL-serie** (vaste aluminium elektrolytische condensatoren) en de baanbrekende **VHT-serie** (vaste-vloeistof hybride aluminium elektrolytische condensatoren). Deze componenten zorgen voor een paradigmaverschuiving in energiebeheeroplossingen, met prestatiekenmerken die perfect zijn afgestemd op de hoge eisen van 5G-basisstations.

In de ingewikkelde dans van datatransmissie en -ontvangst in 5G-netwerken, zijn betrouwbaarheid en efficiëntie onontbeerlijk. YMIN's condensatoren voldoen niet alleen aan deze verwachtingen, maar overtreffen ze zelfs. Ze leveren robuuste power managementoplossingen die een naadloze werking garanderen onder de meest veeleisende omstandigheden. Terwijl het wereldwijde 5G-ecosysteem zich blijft uitbreiden en volwassen wordt, blijft YMIN vooroplopen door innovatie en de volgende generatie van hogesnelheidsconnectiviteit mogelijk maken.

## De rol van YMIN vaste stof & vaste vloeistof hybride condensatoren in 5G-basisstations

De belangrijkste rol van de vaste aluminium elektrolytische condensatoren (**VPL-serie**) en vaste-vloeistof hybride aluminium elektrolytische condensatoren (**VHT-serie**) die door YMIN in **5G-basisstations** worden geïntroduceerd, is het bieden van vermogensfiltering en stabiele ondersteuning voor vermogensversterkers, signaalverwerkingseenheden en andere belangrijke modules. Deze componenten moeten bestand zijn tegen hoogfrequent gebruik en grote temperatuurschommelingen, en de producten van YMIN kunnen aan deze eisen voldoen.

## Voordelen van YMIN-condensatoren

- > Ultra-lage ESR en sterke rimpelweerstand:** De ESR-waarde van de condensatoren in de VPL-serie en VHT-serie kan lager zijn dan  $6 \text{ m}\Omega$ . Dat betekent dat ze krachtige filtercapaciteiten hebben met behoud van een ultra lage temperatuurstijging van de rimpel.
- > De condensator is bestand tegen een grote inschakelstroom** van meer dan 20 A.

Polymeer vaste stof & vaste-vloeistof hybride aluminium elektrolytische condensatoren

**YMIN**

### Ultra-lage ESR en sterke rimpelweerstand

Ultra-grote weerstand tegen inschakelstromen.  
Lange levensduur, stabiele prestaties,  
lage lekkage, ultrahoge capaciteitsdichtheid



VPL 105°C 5000H 2.5-100V  
VHT 125°C 4000H 16-80V

5G-basisstation  
schakelende voeding uitgangdeel

Condensatorfunctie:  
soepel, filteren, energieopslag, voeding



Deze eigenschap maakt de condensatoren van YMIN zeer geschikt voor omgevingen met hoge stroompieken in 5G-basisstations, waardoor de basisstations worden beschermd tegen schade door stroompieken.

- > **Lange levensduur:** Producten uit de VPL- en VHT-serie kunnen een standaard levensduur van 4.000 uur bereiken bij 125°C, en kunnen in toepassingen een levensduur van meer dan tien jaar bereiken. Dit is cruciaal voor 5G-basisstations die een langdurige stabiele werking vereisen.
- > **Stabiele prestaties:** Zelfs na langdurig gebruik blijven de parameters van deze condensatoren stabiel, hun capaciteitsverandering bedraagt niet meer dan -10%. En de ESR-verandering bedraagt niet meer dan 1,2 keer de initiële specificatiewaarde, waardoor de betrouwbaarheid van het basisstation wordt gegarandeerd.
- > **Zeer hoge capaciteitsdichtheid en ultraklein formaat:** Deze eigenschap betekent dat er meer energie kan worden opgeslagen in een beperkte ruimte, wat vooral belangrijk is voor het ontwerpen van compacte 5G-basisstations.

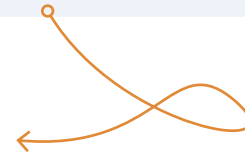
## Samenvatting

De vaste aluminium elektrolytische condensatoren (**VPL-serie**) en vaste-vloeistof hybride aluminium elektrolytische condensatoren (**VHT-serie**) van YMIN hebben een zeer lage ESR, sterke rimpelweerstand, ultra-grote piekstroomtolerantie, lange levensduur en hoge capaciteitsdichtheid, waardoor deze zeer geschikt is voor 5G-basisstation toepassingen. Deze condensatoren verbeteren de stabiliteit en betrouwbaarheid van 5G-basisstations en voldoen aan de behoeften van snelle en efficiënte netwerkcommunicatie.

240445-03

### Meer informatie

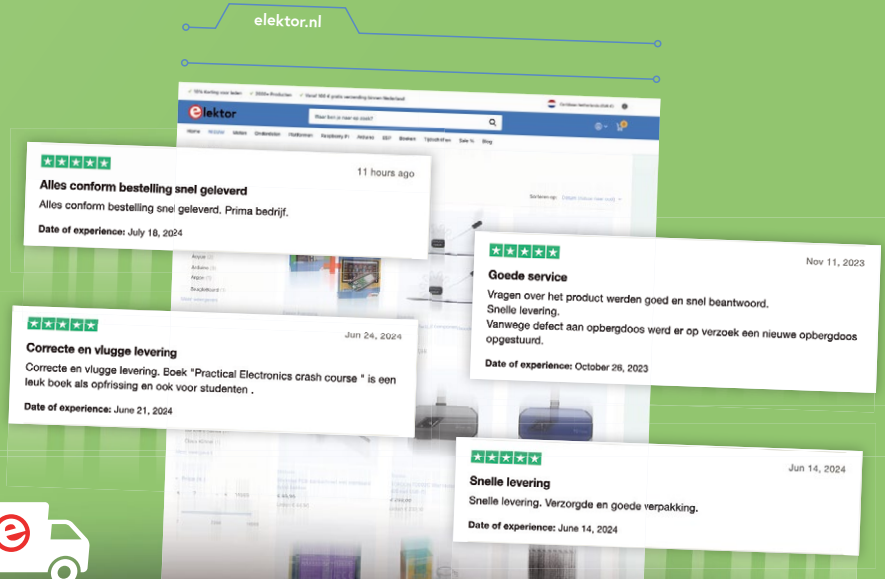
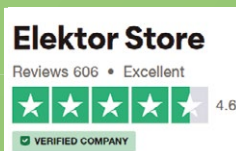
<http://informat.ymin.com:281/surveyweb/0/vt9z2e1233y4mnnvb6r3jv>



# Zij vertrouwen ons, u ook?

Wij houden van elektronica en van projecten, en doen ons uiterste best om aan de behoeften van onze klanten te voldoen.

De Elektor Store:  
'Nooit duur,  
altijd verrassend'



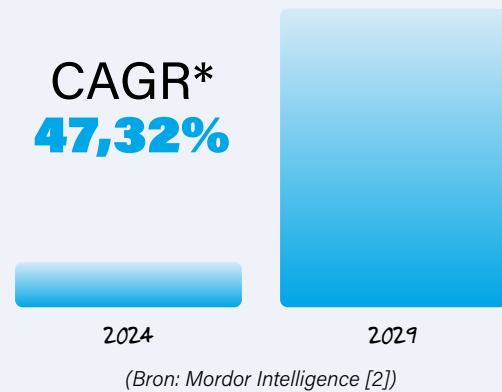
Bekijk meer beoordelingen op onze Trustpilot-pagina:  
[www.elektor.com/TP/nl](http://www.elektor.com/TP/nl)  
of oordeel zelf door een bezoek te brengen aan onze  
Elektor Store, [www.elektor.nl](http://www.elektor.nl)



## De toekomst van WiFi 7

De introductie van WiFi 7, de volgende generatie draadloze technologie, zal naar verwachting belangrijke verbeteringen met zich meebrengen [1], waaronder Multi-Link Operation (MLO), dat een efficiënter gebruik van het spectrum belooft en interferentieproblemen in drukke omgevingen aanpakt. De invoering van WiFi 7 brengt echter uitdagingen met zich mee, met name de hoge kosten in vergelijking met WiFi 6, waardoor het gebruik in markten met een lagere gemiddelde verkoopprijs (ASP) beperkt zou kunnen zijn. Bovendien zal de introductie van WiFi 7 leiden tot een gevarieerder ecosysteem van de WiFi-infrastructuur, wat resulteert in meer diverse regionale markten met en zonder ongelicentieerde 6GHz-toegang. Deze diversificatie zal leiden tot een breder scala aan producten en meer maatwerk om aan de specifieke behoeften van verschillende markten te voldoen.

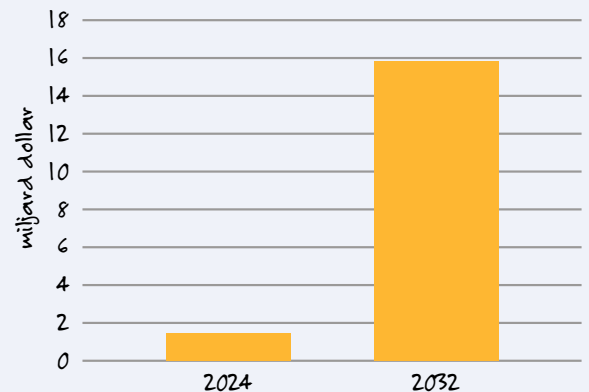
WiFi-marktomvang



## De impact van AI op draadloze netwerken en telecommunicatie

Kunstmatige intelligentie (AI) wordt geïntegreerd in draadloze netwerken en telecommunicatie, wat belangrijke veranderingen in de sector met zich meebrengt [3]. Deze integratie verbetert de netwerkefficiëntie door zelfoptimaliserende netwerken (SON), die zich in realtime kunnen aanpassen aan veranderende omstandigheden. De betrokkenheid van klanten wordt ook verbeterd met geavanceerde 'diepe' neurale netwerken die mensachtige taken en interacties mogelijk maken. AI-gestuurde softwaregedefinieerde netwerken (SDN) en netwerkfunctie-virtualisatie (NFV) diversifiëren het netwerkverkeer, waardoor geavanceerdere diensten en klantinteracties mogelijk worden. Deze synergie geeft vorm aan een nieuw tijdperk in telecommunicatie, met naadloze connectiviteit en verbeterde gebruikerservaringen.

Verwachte marktomvang



### Belangrijkste drijfveren

- › Toenemende vraag naar datadiensten
- › Uitrol van 5G-netwerken
- › Proliferatie van IoT-apparaten
- › Behoeftte aan netwerkautomatisering

### Uitdagingen

- › **Privacy en beveiliging van gegevens**  
Naleving van GDPR, CCPA  
Behoeftte aan robuuste encryptie en authenticatie
- › **Standaardisatie en interoperabiliteit**  
Gemeenschappelijke protocollen en interfaces vereist

**33,68%**  
**CAGR\***

Verwachte groei van 2024 tot 2032 [4].

\*Compound annual growth rate

# Van gegevensverwerking tot analytics

Edge computing is recentelijk een game-changer geworden, die een nieuwe vorm heeft gegeven aan gegevensverwerking en -analyse. Edge computing krijgt steeds meer invloed in verschillende sectoren en de marktomvang zal naar verwachting groeien [5]. Bezorgdheid over beveiliging en privacy drijft innovatie in encryptie en access control aan, terwijl edge-to-cloud integratie het gebruik van resources optimaliseert.

**\$21,41  
miljard**

De verwachte marktomvang in 2024.

**\$216,76  
miljard**

De verwachte marktomvang in 2032 [5].



## De verschuiving naar interoperabiliteit met meerdere aanbieders

Open RAN (radio access network) is een aanpak die de interoperabiliteit tussen cellulaire netwerkapparatuur van verschillende aanbieders bevordert. De O-RAN Alliance streeft ernaar om het traditionele monolithische, hardware-centrische RAN-ontwerp om te vormen tot een open, gevirtualiseerde en volledig interoperabele architectuur [6]. Hierdoor kunnen leveranciers van draadloze netwerkapparatuur zich richten op specifieke softwarecomponenten in plaats van complete RAN-systemen te bouwen, waardoor leveranciers van draadloze diensten componenten van verschillende leveranciers naar wens door elkaar kunnen gebruiken.

De marktomstandigheden zullen op de korte termijn uitdagend blijven, maar de vooruitzichten op de lange termijn zijn positief. Volgens de Dell'Oro Group [7] zal Open RAN tegen 2028 naar verwachting 20 tot 30% van de wereldwijde RAN-inkomsten vertegenwoordigen, een aanzienlijke stijging ten opzichte van de 7 tot 10% die voor 2024 wordt verwacht.



240232-03

### WEBLINKS

- [1] ABI Research, "Wi-Fi 7 and Standard Power 6 GHz to Boost Wi-Fi Infrastructure Market Rebound in 2024 With 12.3% Year-on-Year Shipment Growth," Dec 2023: <https://tinyurl.com/wi-fi-7-6-ghz>
- [2] Mordor Intelligence, "Wi-fi 7 Market Size & Share Analysis," 2023: <https://mordorintelligence.com/industry-reports/wi-fi-7-market>
- [3] E. Jordan, "Part 1: The Synergy of AI and Wireless Technologies," 2024: <https://tinyurl.com/the-synergy-of-ai>
- [4] Market Research Future, "AI in Telecommunication Market," June 2024: <https://marketresearchfuture.com/reports/ai-in-telecommunication-market-6803>
- [5] Fortune Business Insights, "Edge Computing Market," May 2024: <https://fortunebusinessinsights.com/edge-computing-market-103760>
- [6] MathWorks, "What Is Open RAN (O-RAN)?": <https://mathworks.com/discovery/o-ran.html>
- [7] Dell'Oro Group, "Open RAN Now Projected to Comprise 20 Percent to 30 Percent of Global RAN by 2028," Feb 2024: <https://tinyurl.com/challenging-open-ran>

# ESP32-gebaseerde ArtNet/DMX-converter

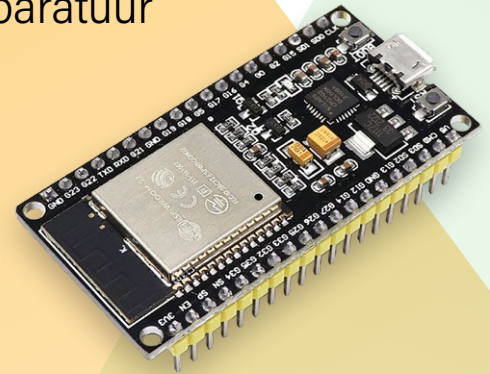
upgrade voor oudere DMX-apparatuur

Emanuele Signoretta (Italië)

Het ArtNet-protocol heeft de DMX-standaard naar het netwerk gebracht. Nieuwe ArtNet-apparatuur is uiteraard compatibel met de oude DMX-standaard, maar omgekeerd is dat niet het geval. Dus wat te doen met oude DMX-apparaten? De interface die in dit artikel wordt beschreven, maakt het mogelijk ze te upgraden en compatibel te maken met de nieuwe standaard.

Het idee voor dit project is spontaan ontstaan toen ik nadacht over de achterwaartse compatibiliteit van de ArtNet-standaard. Een *universe* bestaat, bij zowel ArtNet als DMX, uit maximaal 512 kanalen met elk een waarde tussen 0 en 255. De meeste op afstand te bedienen apparaten (remote-controlled devices of RDM's) die in de entertainment-in-

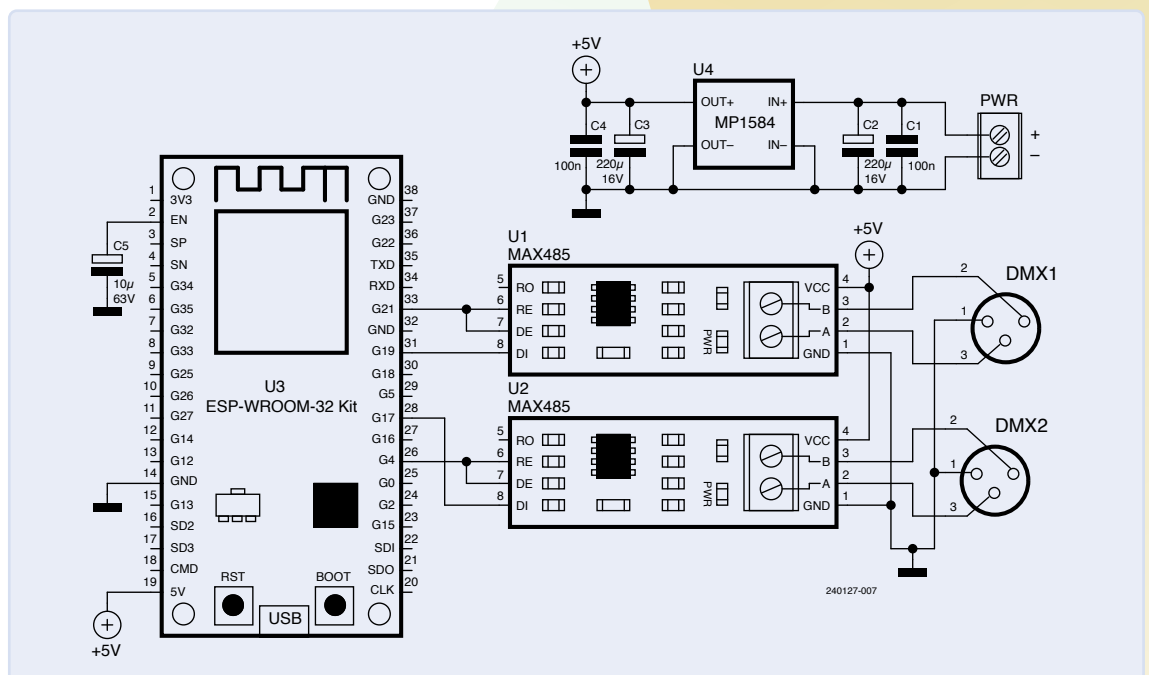
dustrie gebruikt worden, zijn tegenwoordig compatibel met beide protocollen, maar wat te doen met apparaten die op zichzelf nog prima functioneren maar alleen DMX-signalen kunnen ontvangen? De voor de hand liggende oplossing is signalen van ArtNet naar DMX te vertalen – in de vorm van een compact, draadloos en programmeerbaar apparaat.



Figuur 1. Het ESP32-board is het hart van het project (bron: Electronica In).

## De hardware

Het project is opgezet rond een 38-pins versie van het ESP32-board (**figuur 1**); het complete schema van de converter is te zien in **figuur 2**. We hebben dit type processor gekozen vanwege zijn flinke rekenkracht, ruim bemeten intern geheugen, lage prijs, bescheiden afmetingen en de grote gebruikersge-



Figuur 2. Het eenvoudige schema van de converter.

meenschap. Ik heb een 5 V step-down DC/DC-converter gebruikt om de schakeling te voeden.

Voor de DMX-interface zouden twee TTL/DMX-converters gebruikt kunnen worden die, compleet met connectoren, online te vinden zijn (**figuur 3**), maar deze zijn nogal prijzig in vergelijking met de andere onderdelen. We hebben daarom gekozen om twee TTL/RS-485-converters (**figuur 4**) in combinatie met twee female driepolige XLR-connectoren te gebruiken. En ten slotte hebben we nog een DC-connector nodig en een kunststof behuizing waar alles netjes in past.

### Bedrading

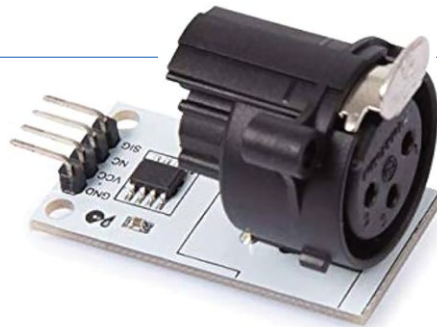
Ik had een print voor het project ontworpen, met de 30-pins versie van het ESP32-board erop (zie **figuur 5**), maar omdat de schakeling zo eenvoudig is kan deze ook worden opgebouwd met de 38-pins module zonder dat een print noodzakelijk is. Het aansluiten van de verschillende onderdelen is niet ingewikkeld en een overzicht van de aansluitingen is te vinden in **figuur 6**. Als eerste het voedingsgedeelte: het DC-chassisdeel is verbonden met de DC/DC-converter. De 5V-uitgang van de converter is verbonden met VIN van het ESP32-board (pin 19) en de VCC-pinnen van de beide RS-485-modules. Uiteraard zijn de GND-pinnen van alle printen doorverbonden, en op hun beurt zijn die weer verbonden met de GND-uitgang van de DC/DC-converter.

Daarna worden de signaalpinnen aangesloten, elke TTL/RS-485-module heeft drie ingangen: de RE- en DE-aansluitingen van module A worden verbonden met IO4 (pin 26) van de ESP32, terwijl de DI-pin van module A wordt aangesloten op IO17 (pin 28). De uitgangen van de RS-485-modules worden als volgt aangesloten op een XLR connector: pinnen A en B van de MAX485 gaan naar respectievelijk pin 3 en 2 van de connector, pin 1 van de connector wordt verbonden met GND.

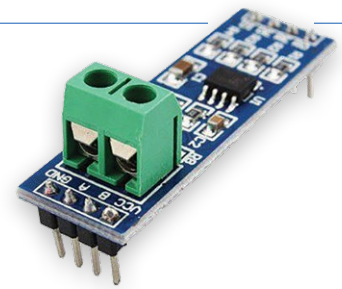
### De sketch

De sketch is gebaseerd op het GitHub-project *ArtNetWiFiNeopixel* van rstephan [1] en Mitch Weisbord's *DMX\_Write* [2]. De sketch kan gratis gedownload worden van de GitHub-repository voor dit project [3].

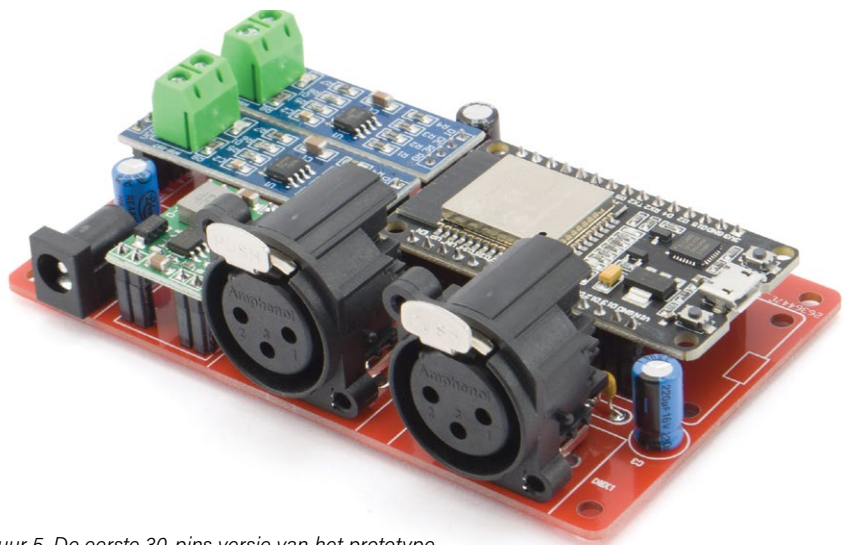
Zoals gebruikelijk wordt de software beschreven aan de hand van een aantal listings, en bespreken we enkele interessante gedeeltes van de code in meer detail. **Listing 1** toont de bibliotheken die worden gebruikt, alsmede de



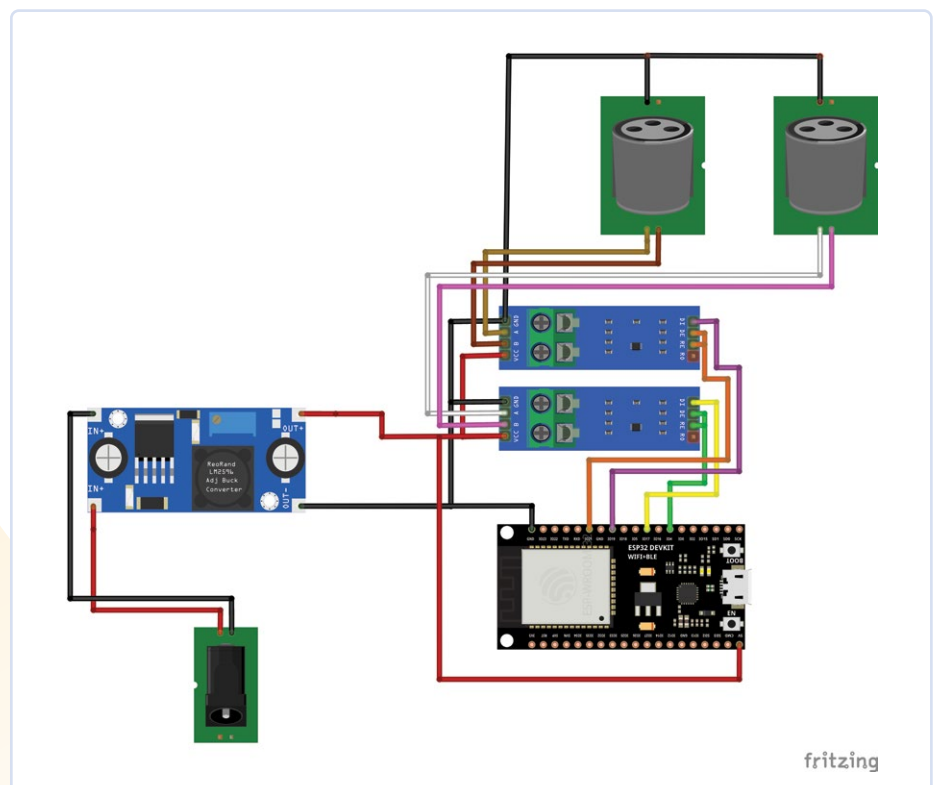
Figuur 3. Kant-en-klare TTL/DMX-converters zijn goed verkrijgbaar (bron: Elettronica In).



Figuur 4. De TTL/RS-485-converter zoals gebruikt in dit project (bron: Elettronica In).



Figuur 5. De eerste 30-pins versie van het prototype.



Figuur 6. De bedrading van de gebruikte componenten.



## Listing 1. Invoegen van bibliotheken en DHCP-configuratie.

```
#include <Arduino.h>
#include <esp_dmx.h>
#include "ArtnetWifi.h"
#include <WiFi.h>
#include <ESPmDNS.h>
#include <WiFiUdp.h>
#include <ArduinoOTA.h>
// #define DHCP_DISABLED
#ifdef DHCP_DISABLED
IPAddress local_IP(192, 168, 1, 154);
IPAddress gateway(192, 168, 1, 1);
IPAddress subnet(255, 255, 255, 0);
IPAddress primaryDNS(192, 168, 1, 1); //optional
IPAddress secondaryDNS(1, 1, 1, 1); //optional
#endif
```

DHCP-configuratie. Laten we daar als eerste dieper op ingaan. Een aantal variabelen die van belang zijn voor het succesvol compileren van het project, wordt gedefinieerd in de *Arduino.h*-bibliotheek, waarin gelijk ook nog enkele andere bibliotheken meegenomen worden die veelgebruikte basisfunctionaliteiten definiëren zoals *stdlib*, *stdio*, *string* enzovoort.

De *esp\_dmx.h*-bibliotheek bevat alle noodzakelijke definities en functionaliteit die het mogelijk maken DMX-signalen naar de TTL/RS-485-module te verzenden.

Dan zijn er nog de *ArtnetWifi.h*- en *WiFi.h*-bibliotheeken; met de eerste kunnen ArtNet-gegevens ontvangen worden van het netwerk en met de tweede wordt de toegang tot het (WiFi-)netwerk mogelijk gemaakt. De *ESPmDNS.h*-, *WiFiUdp.h*- en *ArduinoOTA.h*-bibliotheeken maken het mogelijk om de firmware via het netwerk (Over The Air, OTA) te actualiseren en de netwerknaam van het apparaat te wijzigen onder gebruikmaking van het mDNS-protocol. Dan volgt een `#define DHCP_DISABLED`: waarmee we kunnen aangeven of we een vast IP-adres willen gebruiken of de toekenning van het IP-adres delegeren aan de DHCP-server in het netwerk (door de regel al dan niet als commentaar te laten). Als we een vast IP-adres willen instellen, moeten we in de volgende regels het adres, subnet en de te gebruiken gateway correct definiëren voor het te gebruiken netwerk. Verder kunnen de te gebruiken DNS-servers ingesteld worden. Als we voor een dynamisch IP-adres kiezen kan het nuttig zijn (maar niet strikt noodzakelijk) om toch het IP-adres van de ESP32 te kennen. Daar komen we later nog op terug. **Listing 2** toont de rest van de preprocessor. Vervolgens

worden de objecten die gerelateerd zijn aan de *WiFiUDP*- en *ArtnetWifi*-bibliotheeken aangeemaakt. De stringconstanten *ssid* en *password* bevatten de naam en het wachtwoord van het WiFi-netwerk waar de ESP verbinding mee moet maken. De ESP-pinnen waarop de beide RS-485 modules worden aangesloten, zijn opgesomd in **tabel 1** en **tabel 2**.

De receive-pin is voor beide modules weliswaar gedefinieerd als pin 16, maar deze pinnen worden niet aangesloten en niet gebruikt in dit ontwerp. Vervolgens worden de hardware-aansluitingen van de ESP TTL-poorten gedefinieerd: we gebruiken poort 1 en 2 voor respectievelijk universum A en B. De te converteren data voor de beide DMX-universa wordt verpakt in twee *byte*-arrays, *dataA* en *dataB*, waarvan de grootte wordt bepaald in `DMX_PACKET_SIZE`. `DMX_PACKET_SIZE` wordt gedefinieerd in de *esp\_dmx.h*-bibliotheek en heeft de waarde 513. Als laatste worden in dit gedeelte nog alle andere variabelen gedefinieerd die nodig zijn voor het verwerken van ArtNet-pakketten. We wijzen nog even op de `startUniverse`-constante: deze bepaalt vanuit welk universum we om te beginnen gegevens verwachten.

Deze constante moet worden aangepast als we een installatie willen bouwen met meerdere ontvangers voor verschillende universa. De waarde moet ook worden aangepast als het programma dat gegevens verstuurt een nummering gebruikt die begint met 1 in plaats van 0. Verder volgen nog constanten die het maximum aantal universa, kanalen en andere variabelen definiëren die gebruikt worden om diverse statussen en processlussen te monitoren.

**Listing 3** laat alles zien wat te maken heeft met de `setup()`-procedure. Als eerste wordt

**Tabel 1. De verbindingen van de ESP32 naar RS-485-module A.**

ESP32-pin	MAX485-pin
4	DE
17	DI
4	RE

**Tabel 2. De verbindingen van de ESP32 naar RS-485-module B.**

ESP32-pin	MAX485-pin
21	DE
19	DI
21	RE

de seriële poort geïnitieerd op 115,200 baud om debuggen van het board mogelijk te maken, bijvoorbeeld door het verkregen IP-adres te tonen. Vervolgens worden, als dat zo ingesteld is, de parameters voor het te gebruiken vaste IP-adres ingesteld en wordt, als onverhoopt een fout optreedt een melding naar de seriële poort gestuurd. Er wordt verbinding met het netwerk gemaakt en als dat lukt wordt het uiteindelijke IP-adres getoond via de seriële poort. De hostnaam wordt ingesteld op *ESP32-ArtNetto-DMX-Converter*, deze wordt later getoond in het *Board Manager*-deel van de diverse IDE's. Dit is nuttig om een specifiek apparaat te vinden in de getoonde overvloed. Achtereenvolgens wordt het OTA firmwaremanagement geïnitieerd en vervolgens de ArtNet-bibliotheek. Als laatste worden de ESP-uitgangspinnen en de seriële poorten die toegewezen worden aan de beide converters ingesteld, samen met de prioriteit van de eraan gekoppelde interrupts. **Listing 4** laat de code zien die bij de `onArtNetFrame()`-functie behoort. Allereerst wordt gecontroleerd of het universum waarvan data ontvangen wordt voor ons interessant is. Als dat zo is, wordt een vlag op de juiste positie in het bijbehorende array op 1 gezet. Dan volgt een controle of data van alle benodigde universa is ontvangen; als dat niet zo is verlaten we de functie. Anders controleert de functie of elk van de ontvangen kanalen tot respectievelijk *universum A* of *universum B* behoren en worden deze data opgenomen in de bijbehorende arrays.

Nu plaatst de functie de data van elk universum in de bijbehorende zendbuffers en wacht tot het verzenden klaar is. Als laatste worden alle vlaggen die bij de ontvangen universa behoren weer netjes gereset. **Listing 5** is



## Onderdelenlijst

### Condensatoren:

C1,C4 = 100 n keramisch  
C2,C3 = 220  $\mu$ /16 V elco  
C5 = 10  $\mu$ /63 V elco

### Modules:

U1,U2 = TTL-to-RS-485 converter  
U3 = ESP32  
U4 = MP1584 DC-DC step-down converter, 5 V

### Diversen:

DMX1,DMX2 = XLR-connector, female, voor printmontage  
PWR = voedingsconnector, female, voor printmontage  
4x 2-polige busstrip, raster 2,54 mm  
4x 4-polige busstrip, raster 2,54 mm  
2x 15-polige busstrip, raster 2,54 mm  
4x 2-polige pinheader, raster 2,54 m  
print S1716 (102x61 mm)



## Listing 2. Aanmaken van de "WiFiUDP"- en "ArtnetWifi"-objecten.

```
WiFiUDP udpSend;
ArtnetWifi artnet;
const char* ssid = "MyArtNetNetwork";
const char* password = "MyArtNetNetwork";

/* First, lets define the hardware pins that we are using with our ESP32. We need to define which pin is
transmitting data and which pin is receiving data. DMX circuits also often need to be told when we are
transmitting and when we are receiving data. We can do this by defining an enable pin.*/

int transmitPinA = 17;
int receivePinA = 16; //Not connected
int enablePinA = 4;
int transmitPinB = 21;
int receivePinB = 16; //Not connected
int enablePinB = 19;

/* Make sure to double-check that these pins are compatible with your ESP32! Some ESP32s, such as the ESP32-
WROVER series, do not allow you to read or write data on pins 16 or 17, so it's always good to read the
manuals.*/
/* Next, let's decide which DMX port to use. The ESP32 has either 2 or 3 ports. Port 0 is typically used to
transmit serial data back to your Serial Monitor, so we shouldn't use that port. Let's use port 1! */

dmx_port_t dmxPortA = 1;
dmx_port_t dmxPortB = 2;

/* Now we want somewhere to store our DMX data. Since a single packet of DMX data can be up to 513 bytes
long, we want our array to be at least that long. This library knows that the max DMX packet size is 513, so
we can fill in the array size with DMX_PACKET_SIZE. */

byte dataA[DMX_PACKET_SIZE];
byte dataB[DMX_PACKET_SIZE];

//Artnet settings const int startUniverse = 0;
// CHANGE FOR YOUR SETUP most software this is 1,
//some software send out artnet first universe as 0.

const int maxUniverses = 2;
const int numberOfChannels = 1024;
bool universesReceived[maxUniverses];
bool sendFrame = 1;
int previousDataLength = 0;
```



### Listing 3. De setup()-functie.

```
void setup() {

    /* Start the serial connection back to the computer so that we can log messages to the Serial Monitor.
    Let's set the baud rate to 115200. */

    Serial.begin(115200);
    // Setup wifi
    WiFi.mode(WIFI_STA);
#ifdef DHCP_DISABLED
    //Comment to use DHCP instead of static IP
    if (!WiFi.config(local_IP, gateway, subnet, primaryDNS, secondaryDNS)) {
        Serial.println("STA Failed to configure");
    }
#endif
    WiFi.begin(ssid, password);
    delay(1000);
    Serial.println("\nConnecting");
    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
        Serial.print(".");
        delay(100);
    }
    Serial.println("\nConnected to the WiFi network");
    Serial.print("Local ESP32 IP: ");
    Serial.println(WiFi.localIP());
    // Port defaults to 3232
    // ArduinoOTA.setPort(3232);
    // Hostname defaults to esp3232-[MAC]
    ArduinoOTA.setHostname("ESP32-ArtNet-to-DMX-Converter");
    // No authentication by default
    // ArduinoOTA.setPassword("admin");
    // Password can be set with it's md5 value as well
    // MD5(admin) = 21232f297a57a5a743894a0e4a801fc3
    // ArduinoOTA.setPasswordHash("21232f297a57a5a743894a0e4a801fc3");
    ArduinoOTA
        .onStart([]() {
            String type;
            if (ArduinoOTA.getCommand() == U_FLASH)
                type = "sketch";
            else // U_SPIFFS
                type = "filesystem";
            // NOTE: if updating SPIFFS this would be the
            // place to unmount SPIFFS using SPIFFS.end()
            Serial.println("Start updating " + type);
        })
        .onEnd([]() {
            Serial.println("\nEnd");
        })
        .onProgress([](unsigned int progress, unsigned int total) {
            Serial.printf("Progress: %u%%\r", (progress / (total / 100)));
        })
        .onError([](ota_error_t error) {
            Serial.printf("Error[%u]: ", error);
            if (error == OTA_AUTH_ERROR)
                Serial.println("Auth Failed");
            else if (error == OTA_BEGIN_ERROR)
                Serial.println("Begin Failed");
            else if (error == OTA_CONNECT_ERROR)
```



```

        Serial.println("Connect Failed");
    else if (error == OTA_RECEIVE_ERROR)
        Serial.println("Receive Failed");
    else if (error == OTA_END_ERROR)
        Serial.println("End Failed");
    });
    ArduinoOTA.begin();
    artnet.setArtDmxCallback(onArtNetFrame);
    artnet.begin("ESP32-ArtNet-to-DMX-Converter");
    /* Set the DMX hardware pins to the pins that we want to use. */
    dmx_set_pin(dmxPortA, transmitPinA, receivePinA, enablePinA);
    dmx_set_pin(dmxPortB, transmitPinB, receivePinB, enablePinB);

    /* Now we can install the DMX driver! We'll tell it which DMX port to use and which interrupt priority
    it should have. If you aren't sure which interrupt priority to use, you can use the macro DMX_DEFAULT_
    INTR_FLAG to set the interrupt to its default settings.*/

    dmx_driver_install(dmxPortA, DMX_DEFAULT_INTR_FLAGS);
    dmx_driver_install(dmxPortB, DMX_DEFAULT_INTR_FLAGS);
}

```



#### Listing 4. De onArtNetFrame()-functie.

```

void onArtNetFrame(uint16_t universe, uint16_t numberOfChannels,
    uint8_t sequence, uint8_t* dmxData) {
    sendFrame = 1;
    // Store which universe has got in
    if ((universe - startUniverse) < maxUniverses)
        universesReceived[universe - startUniverse] = 1;
    for (int i = 0; i < maxUniverses; i++) {
        if (universesReceived[i] == 0) {
            //Serial.println("Broke");
            sendFrame = 0;
            break;
        }
    }
    // read universe and put into the right array of data
    for (int i = 0; i < numberOfChannels; i++) {
        if (universe == startUniverse)
            dataA[i + 1] = dmxData[i];
        else if (universe == startUniverse + 1)
            dataB[i + 1] = dmxData[i];
    }
    previousDataLength = numberOfChannels;
    dmx_write(dmxPortA, dataA, DMX_MAX_PACKET_SIZE);
    dmx_write(dmxPortB, dataB, DMX_MAX_PACKET_SIZE);
    dmx_send(dmxPortA, DMX_PACKET_SIZE);
    dmx_send(dmxPortB, DMX_PACKET_SIZE);
    dmx_wait_sent(dmxPortA, DMX_TIMEOUT_TICK);
    dmx_wait_sent(dmxPortB, DMX_TIMEOUT_TICK);
    // Reset universeReceived to 0
    memset(universesReceived, 0, maxUniverses);
}

```



#### Listing 5. De loop()-functie.

```

void loop() {
    if ((WiFi.status() == WL_CONNECTED)) {
        artnet.read();
    }
}

```

de kortste en bevat alleen de `loop()`-functie. Hierin wordt gecontroleerd of de ESP32 correct met het netwerk verbonden is en als dat het geval is worden ArtNet-data ontvangen en verwerkt zodra deze beschikbaar zijn.

## Bouw

Nu is het tijd om te beginnen met de bouw van de converter. Houdt u zich gewoon aan de verbindingen in **figuur 6**. Onthoud dat op de TTL/RS-485-modules de DE- en RE-aansluitingen met elkaar verbonden moeten worden. Vervolgens worden de XLR-connectoren voorbereid door er drie draden aan te solderen conform **tabel 3**.

Boor voor elke connector gaten in de plastic behuizing, twee gaatjes voor de schroeven en een groter gat voor de connector zelf. Dan moet er nog een gat komen voor de voedingsconnector, waaraan eerst ook twee draden gesoldeerd moeten worden. Verbind de twee draden van de DC-connector met de ingang van de DC/DC-converter. De uitgang van die laatste wordt verbonden met de voedingsaansluitingen van het ESP32-board en van de beide TTL/RS-485-modules met behulp van jumperdraden en printkroonstenen. Laad de firmware, sluit de behuizing en sluit de voeding aan. Daarna kunnen we de software gaan configureren.

## Software-configuratie

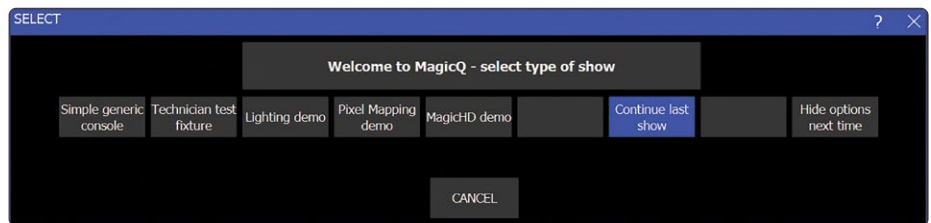
Er bestaan nogal wat applicaties waarmee ArtNet-'fixtures' geconfigureerd en beheerd kunnen worden: open source, freemium en betaald. Eén van de gratis (voor niet-commercieel gebruik) versies die we aanbevelen, is zonder twijfel MagicQ, geproduceerd door Chamsys. Hier gaan we alleen in op het gebruik van MagicQ. Het is een platformafhankelijk (Windows, Mac en Ubuntu) gratis programma [4] waarmee u tot 256 universa kunt besturen en verder pixelmapping- en HD-video's op maximaal acht verschillende lagen kunt beheeren.

We beginnen met registreren op de website en downloaden van het installatieprogramma. Zodra de installatie is voltooid, hebben we verschillende toepassingen van de suite beschikbaar. Open *MagicQ PC* en wacht tot er een scherm verschijnt als in **figuur 7**. Klik nu op *Simple generic console*. In het scherm daarvan gaan we naar het menu en selec-

**Table 3. Verbinding tussen de RS485-module en de XLR.connector.**

MAX485-pin	DMX-sigitaal	XLR-pin
GND	massa/afscherming	1
A	Data+	3
B	Data-	2

teren we *Setup DMX I/O*. In het volgende scherm (**figuur 8**) kunnen we de uitgangen van de verschillende DMX-universa kiezen. Als *Out Type* kiezen we hier *Art-Net* en selecteren we *Art 0* als het *Out Uni*-item. Het lastige deel van de configuratie komt als we de *Unicast* en *Unicast2*-items moeten kiezen. Met deze items bepalen we naar welke IP-adressen onze datapakketten uiteindelijk verzonden worden. Stel dat we verbonden zijn met een netwerk met een 24bit-subnet (255.255.255.0) en dus broadcast adres XXX.XXX.XXX.255, dan kunnen we dat laatste adres gebruiken waardoor we er zeker van zijn dat

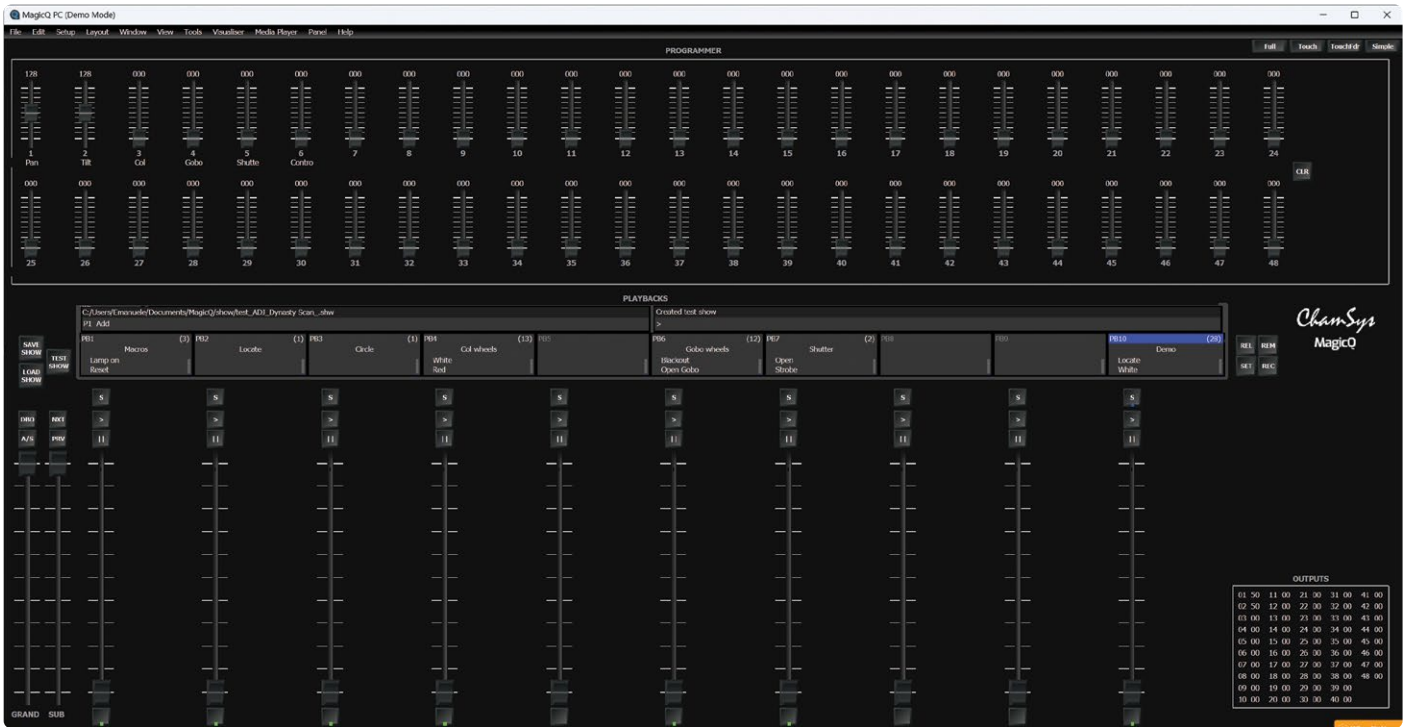


*Figuur 7. Screenshot van het hoofd-keuzemenu van MagicQ.*

VISTA SETTAGGI	VISTA SISTEMA	VISTA DMX I/O	NET MANAGER	IMPOSTA UNIVERSI	UNI ZONE	PRENDI CONTROLLO	RILASCIA CONTROLLO	CATTURA SHOW	INHIBIT TUTTO	ESCI						
SETUP (C:/Users/Emanuele/Documents/MagicQ/show/test_ADJ_Dynasty Scan_.sbk)																
Modalita Play Normale	Uni	Name	Status	Out Type	Out Uni	In Type	In Uni	Test	Copy	Visualiser	Hot T/O	Unicast	Unicast2	Uni Zone	In last rx	In
	1		Abilitata	Art Unicast	Art 0	Art-Net	Art 0	Nessuna	No	MagicVis	No	192.168.31.255	Broadcast	1	13.65s	13
	2		Abilitata	Art Unicast	Art 1	Art-Net	Art 1	Nessuna	Uni 1	MagicVis	No	192.168.31.45	127.0.0.1	1	43.95s	43
	3		Disabilitato	Art-Net	Art 2	Art-Net	Art 2	Nessuna	Uni 1	MagicVis	No	Broadcast	Broadcast	1	0.00s	01
Protetto/Normale	4		Disabilitato	Art-Net	Art 3	Art-Net	Art 3	Nessuna	No	MagicVis	No	Broadcast	Broadcast	1	0.00s	01
	5		Disabilitato	Art-Net	Art 4	Art-Net	Art 4	Nessuna	No	MagicVis	No	Broadcast	Broadcast	1	0.00s	01
Modalita Prog Normale	6		Disabilitato	Art-Net	Art 5	Art-Net	Art 5	Nessuna	No	MagicVis	No	Broadcast	Broadcast	1	0.00s	01
	7		Disabilitato	Art-Net	Art 6	Art-Net	Art 6	Nessuna	No	MagicVis	No	Broadcast	Broadcast	1	0.00s	01
(Live)	8		Disabilitato	Art-Net	Art 7	Art-Net	Art 7	Nessuna	No	MagicVis	No	Broadcast	Broadcast	1	0.00s	01
Imposta Modalita	9		Disabilitato	Art-Net	Art 8	Art-Net	Art 8	Nessuna	No	MagicVis	No	Broadcast	Broadcast	1	0.00s	01
	10		Disabilitato	Art-Net	Art 9	Art-Net	Art 9	Nessuna	No	MagicVis	No	Broadcast	Broadcast	1	0.00s	01
User Default	11		Disabilitato	Art-Net	Art 10	Art-Net	Art 10	Nessuna	No	MagicVis	No	Broadcast	Broadcast	1	0.00s	01
	12		Disabilitato	Art-Net	Art 11	Art-Net	Art 11	Nessuna	No	MagicVis	No	Broadcast	Broadcast	1	0.00s	01
	13		Disabilitato	Art-Net	Art 12	Art-Net	Art 12	Nessuna	No	MagicVis	No	Broadcast	Broadcast	1	0.00s	01
	14		Disabilitato	Art-Net	Art 13	Art-Net	Art 13	Nessuna	No	MagicVis	No	Broadcast	Broadcast	1	0.00s	01
	15		Disabilitato	Art-Net	Art 14	Art-Net	Art 14	Nessuna	No	MagicVis	No	Broadcast	Broadcast	1	0.00s	01
IMPOSTA User	16		Disabilitato	Art-Net	Art 15	Art-Net	Art 15	Nessuna	No	MagicVis	No	Broadcast	Broadcast	1	0.00s	01
	17		Disabilitato	Art-Net	Art 16 (1-0)	Art-Net	Art 16 (1-0)	Nessuna	No	MagicVis	No	Broadcast	Broadcast	1	0.00s	01
	18		Disabilitato	Art-Net	Art 17 (1-1)	Art-Net	Art 17 (1-1)	Nessuna	No	MagicVis	No	Broadcast	Broadcast	1	0.00s	01
	19		Disabilitato	Art-Net	Art 18 (1-2)	Art-Net	Art 18 (1-2)	Nessuna	No	MagicVis	No	Broadcast	Broadcast	1	0.00s	01
	20		Disabilitato	Art-Net	Art 19 (1-3)	Art-Net	Art 19 (1-3)	Nessuna	No	MagicVis	No	Broadcast	Broadcast	1	0.00s	01
	21		Disabilitato	Art-Net	Art 20 (1-4)	Art-Net	Art 20 (1-4)	Nessuna	No	MagicVis	No	Broadcast	Broadcast	1	0.00s	01

*Figuur 8. Configuratiescherm van de ArtNet-outputs.*





Figuur 11. Een geconfigureerde fixture met de beschikbare macro's.

Om het versturen van data te starten selecteren we *enable* en bevestigen die keuze. Laten we als voorbeeld een eenvoudige configuratie van een 'fixture' uitvoeren links en op halve hoogte in het scherm op *Test show* te klikken. Op het scherm verschijnt een lange reeks velden die de fabrikanten van fixtures vertegenwoordigen (figuur 10). We kiezen een merk en alle beschikbare vooraf geconfigureerde modellen worden zichtbaar. Nadat we onze keuze hebben gemaakt, zien we een venster zoals in figuur 11, waarin we kunnen kiezen voor afzonderlijke schuifregelaars voor de basisinstructies of uit een aantal macro's die een combinatie van opdrachten uitvoeren gedurende een bepaalde tijd. Laten we hier de werking testen om er zeker van te zijn dat de apparaten en software correct zijn geconfigureerd. Om het potentieel van de applicatie ten volle te benutten, raden we aan om online-trainingssessies te volgen die gratis toegankelijk zijn op [6].

### Tot slot

We hebben de werking van het systeem onder verschillende omstandigheden getest en hebben verschillende problemen gevonden die afhankelijk zijn van het gebruikte access point. Het kan namelijk gebeuren dat – afhankelijk van het access point – de converter na enkele uren in een foutstatus komt waarna we deze handmatig moeten resetten. Dit kan gebeuren omdat we een enigszins hobbymatige oplossing hebben gebouwd; door van apparatuur te wisselen wordt het probleem opgelost waarna de kaart meerdere dagen feilloos in werking kan blijven. Mede daarom raden we aan om een speciaal netwerk te gebruiken om zulke systeemcrashes zoveel mogelijk te voorkomen. ◀

240127-03

### Vragen of opmerkingen?

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



### Gerelateerde Producten

- > **ESP32-DevKitC-32E**  
[www.elektor.nl/20518](http://www.elektor.nl/20518)
- > **Dogan Ibrahim, The Complete ESP32 Projects Guide (E-book), Elektor, 2019**  
[www.elektor.nl/18869](http://www.elektor.nl/18869)



### WEBLINKS

- [1] ArtNetWiFiNeopixel-sketch: <http://github.com/rstephan/ArtNetWiFi>
- [2] Mitch Weisbord's "DMX\_Write"-sketch: [http://github.com/someweisguy/esp\\_dmx](http://github.com/someweisguy/esp_dmx)
- [3] Github-repository van de auteur voor dit project: <http://github.com/signorettae/ESP32-ArtNet-to-DMX>
- [4] MagiQ download-website: <https://chamsyslighting.com/pages/magicq-downloads>
- [5] ArtNetominator SW download-pagina: <https://lightjams.com/artnetominator>
- [6] Chamsys training-webpagina: <https://chamsyslighting.com/pages/training-uk>

# MAZZELAAR!



GRATIS  
DOWNLOAD

Een e-zine abonnee mist nooit het maandelijkse 'reverse project'

Nog geen abonnee? Schrijf je in voor onze gratis e-zine op [elektormagazine.nl/ezine-24](https://elektormagazine.nl/ezine-24)

