



# elektor **BONUS**

design > share > earn

**604B**  
SEIT 1961

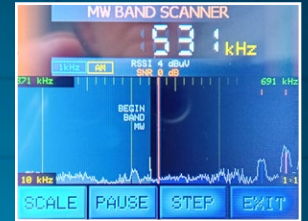
IM FOKUS

## Drahtlose Kommunikation

### Der ultra-portable Dekoder-Empfänger ATS25 max

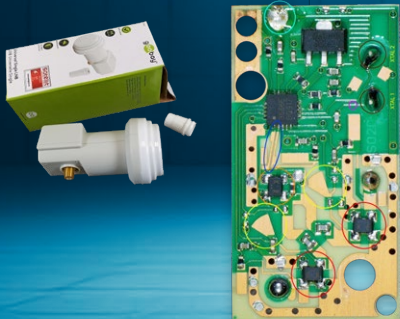
### ArtNet-zu-DMX-Konverter mit ESP32

Aktualisieren Sie Ihr altes DMX-Gerät

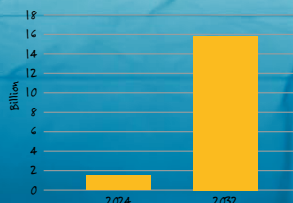


### Modifizierung von Satelliten-LNBs für 10-GHz-Experimente

Hinein ins X-Band mit kleinem Budget!



### Infografik: Drahtlose Kommunikation



# Treten Sie jetzt der Elektor Community bei!



Jetzt  Mitglied werden!



- ✓ Zugang zum kompletten Online-Archiv (1970-heute)!
- ✓ 8x Elektor Magazin (gedruckt)
- ✓ 8x Elektor Magazin (PDF)
- ✓ 10% Rabatt im Elektor Store und exklusive Angebote
- ✓ Zugriff auf über 5.000 Gerber-Dateien u.v.m. aus der Projektplattform Elektor Labs



## Auch erhältlich

Die digitale  
Mitgliedschaft!



- ✓ Zugang zum kompletten Online-Archiv
- ✓ 8x Elektor Magazin (PDF)
- ✓ 10% Rabatt im Elektor Store und exklusive Angebote
- ✓ Zugriff auf über 5.000 Gerber-Dateien u.v.m. aus der Projektplattform Elektor Labs

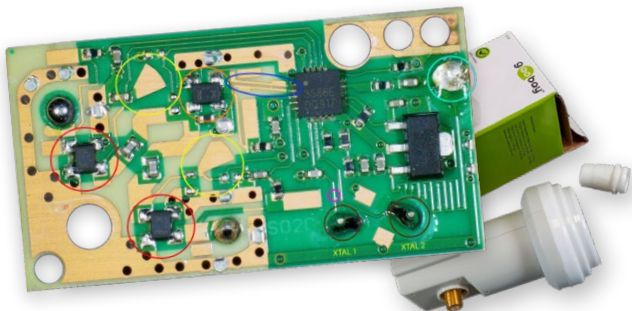


[www.elektormagazine.de/abo](http://www.elektormagazine.de/abo)



# INHALT

- 3 Impressum
- 4 **Modifizierung von Satelliten-LNBs für 10-GHz-Experimente**  
Hinein ins X-Band mit kleinem Budget!



- 10 **Komplexität und Skalierung mit einer einheitlichen Entwicklungsplattform reduzieren**
- 12 **Der ultra-portable Dekoder-Empfänger ATS25 max**
- 17 **MultiLayer-Segmentierung**  
Ein neuer Ansatz für adressierbare LED-Streifen
- 18 **Infografik: Drahtlose Kommunikation**
- 20 **ArtNet-zu-DMX-Konverter mit ESP32**  
Aktualisieren Sie Ihr altes DMX-Gerät

**Elektor  
September/  
Oktober 2024**  
ist an vielen Kiosken,  
im Buchhandel und  
im Elektor-Store  
erhältlich.




## C. J. Abate

Content Director, Elektor

## Bonus-Inhalte für Wireless-Innovatoren!

Hier sind Sie genau richtig, wenn Sie auf der Suche nach weiteren Inhalten zum Thema Drahtlose Kommunikation sind. In dieser Elektor-Bonusausgabe finden Sie zusätzliche Inhalte, die Sie bei der Konzeption und der Entwicklung neuer Anwendungen inspirieren. Möchten Sie mehr über Satelliten-Low Noise Blocks (LNB) erfahren? Lesen Sie „Modifizierung von Satelliten-LNBs für 10-GHz-Experimente“, wenn Sie mit Experimenten im X-Band beginnen möchten.

Sind Sie ein Funkamateurliebhaber oder allgemein ein DIY-HF-Fan? Schauen Sie sich den Dekoder-Empfänger ATS25 max an, den der langjährige Elektor-Redakteur Jan Buiting ausführlich begutachtet. Jan erklärt, dass „das Abstimmungs- und Hörerlebnis mit dem ATS25-max-Decoder auf einem ähnlichen Niveau wie bei vielen großen Empfängern“ liegt.

Neugierig auf ArtNet und DMX? Während neue ArtNet-Geräte mit dem DMX-Standard abwärtskompatibel sind, vertragen sich ältere DMX-Geräte oft nicht mit ArtNet. In dieser Ausgabe stellen wir eine Schnittstellenlösung vor, mit der Sie Ihre alten DMX-Geräte aufrüsten können, damit sie nahtlos mit dem ArtNet-Standard arbeiten.

Wir hoffen, dass Ihnen diese Bonus-Ausgabe gefällt. Unser Ziel ist es, Sie mit praktischen Einblicken und innovativen Konzepten für Ihre DIY-Elektronik zu begeistern. Wenn Sie Ihre eigenen Projekte in Angriff nehmen, vergessen Sie nicht, Ihre Fortschritte auf der Elektor-Labs-Plattform zu dokumentieren!

### Unser Team

**Chefredakteur:** Jens Nickel (v.i.S.d.P.) | **Redaktion:** Asma Adhimi, Roberto Armani, Eric Bogers, Jan Buiting, Stuart Cording, Rolf Gerstendorf (RG), Ton Giesberts, Ouafae Hassani, Hedwig Hennekens, Saad Intiaz, Alina Neacsu, Dr. Thomas Scherer, Jean-Francois Simon, Clemens Valens, Brian Tristram Williams | **Regelmäßige Autoren:** David Ashton, Tam Hanna, Ilse Joostens, Prof. Dr. Martin Ossmann, Alfred Rosenkränzer | **Grafik & Layout:** Harmen Heida, Sylvia Sopamena, Patrick Wielders | **Herausgeber:** Erik Jansen | **Technische Fragen:** [redaktion@elektor.de](mailto:redaktion@elektor.de)

## IMPRESSUM

55. Jahrgang, Nr. 604B, ISSN 0932-5468  
September/Oktober 2024 Digitale Bonus Ausgabe

Das Elektor Magazin wird 8 Mal im Jahr  
herausgegeben von  
**Elektor Verlag GmbH**  
Lukasstraße 1, 52070 Aachen (Deutschland)  
Tel. +49 (0)241 95509190  
[www.elektor.de](http://www.elektor.de) | [www.elektormagazine.de](http://www.elektormagazine.de)

**Für alle Ihre Fragen:** [service@elektor.de](mailto:service@elektor.de)

**Mitglied werden:** [www.elektormagazine.de/abo](http://www.elektormagazine.de/abo)

**Anzeigen:** Büsra Kas  
Tel. +49 (0)241 95509178 – [busra.kas@elektor.com](mailto:busra.kas@elektor.com)  
[www.elektormagazine.de/mediadaten](http://www.elektormagazine.de/mediadaten)

### Urheberrecht

© Elektor International Media b.v. 2024

Die in dieser Zeitschrift veröffentlichten Beiträge, insbesondere alle Aufsätze und Artikel sowie alle Entwürfe, Pläne, Zeichnungen einschließlich Platinen sind urheberrechtlich geschützt. Ihre auch teilweise Vervielfältigung und Verbreitung ist grundsätzlich nur mit vorheriger schriftlicher Zustimmung des Herausgebers gestattet. Die veröffentlichten Schaltungen können unter Patent- oder Gebrauchsmusterschutz stehen. Herstellen, Feilhalten, Inverkehrbringen und gewerblicher Gebrauch der Beiträge sind nur mit Zustimmung des Verlages und ggf. des Schutzrechtsinhabers zulässig. Nur der private Gebrauch ist frei. Bei den benutzten Warenbezeichnungen kann es sich um

geschützte Warenzeichen handeln, die nur mit Zustimmung ihrer Inhaber warenzeichengemäß benutzt werden dürfen. Die geltenden gesetzlichen Bestimmungen hinsichtlich Bau, Erwerb und Betrieb von Sende- und Empfangseinrichtungen und der elektrischen Sicherheit sind unbedingt zu beachten. Eine Haftung des Herausgebers für die Richtigkeit und Brauchbarkeit der veröffentlichten Schaltungen und sonstigen Anordnungen sowie für die Richtigkeit des technischen Inhalts der veröffentlichten Aufsätze und sonstigen Beiträge ist ausgeschlossen.

### Distribution

IPS Pressevertrieb GmbH, Carl-Zeiss-Straße 5  
53340 Meckenheim (Deutschland)  
Tel. +49 (0)2225 88010

# Modifizierung von Satelliten-LNBs für 10-GHz-Experimente

## Hinein ins X-Band mit kleinem Budget!

Von Sebastian Westerhold, AI5GW (Deutschland)

Das IEEE-X-Band erstreckt sich von 8...12 GHz und beherbergt viele nützliche Dienste wie Amateurfunk, Radar und Radioastronomie. Mit diesem kostengünstigen Projekt wird der Einstieg in die faszinierende Welt des zweistelligen GHz-Bereichs möglich! Anstatt eine Mikrowellen-HF-Schaltung mit vielen kritischen Aspekten von Grund auf zu neu entwerfen, wird hier die Lösung in Form einer Modifikation eines kommerziellen LNBs vorgestellt.

Mit dem Start des geostationären TV-Satelliten Es'hail 2 (auch bekannt als Quartar-OSCAR 100 oder QO-100), der auch einen linearen Transponder für den Amateurfunk mit einem Downlink im Bereich von 10,45 GHz trägt, haben DIY-X-Band-Projekte einen deutlichen Aufschwung erfahren. Aufgrund der Nähe zum Ku-Band, das üblicherweise für den TV-Satellitenempfang verwendet wird, bieten preiswerte LNBs für den Fernsehempfang einen guten Ausgangspunkt für den Einstieg in die Welt der zweistelligen GHz-Selbstbauprojekte.

Egal, ob das Ziel darin besteht, Radioamateure aus ganz Europa zu hören oder einen vorhandenen Spektrumanalysator für weniger als 10 € so aufzurüsten, dass er 10...12 GHz abdeckt - dieser Artikel zeigt, wie man einen preiswerten LNB für den Fernsehempfang in einen stabilen X-Band-Abwärtskonverter mit einstellbarer Lokaloszillator-Frequenz verwandelt.

### Prinzip des Umbaus

In Europa werden TV-Downlinks von Ku-Band-Satelliten hauptsächlich im Frequenzbereich 10,70...12,75 GHz betrieben, der praktischerweise in der Nähe des Frequenzbereichs 10,45...10,50 GHz liegt, der von Amateurfunksatelliten wie QO-100 genutzt wird. Er liegt sogar so nahe, dass ein handelsüblicher, für den Fernsehempfang geeigneter Low-Noise-Converter oder -Block (LNC oder LNB) theoretisch direkt und ohne Modifikation verwendet werden kann.

Leider sind die Anforderungen an die Frequenzstabilität von Breit-



Bild 1. Universeller Single-LNB für Satelliten-TV-Empfang (Goobay 67269).

band-Fernsehsignalen wesentlich geringer als bei schmalbandigen Einseitenband- (Single Sideband, SSB) oder gar Dauerstrich-Signalen (Continuous Wave, CW), wie sie von Funkamateuren verwendet werden. Daher besteht das Hauptziel der hier vorgestellten Modifikation darin, die Stabilität des Lokalen Oszillators (LO) des LNB zu erhöhen. Dies wird durch die Einspeisung eines externen Referenzsignals in die PLL erreicht. Die Frequenz des Lokalen Oszillators kann nach der Modifikation frei eingestellt werden, was den LNB zu einem kostengünstigen und leistungsfähigen Abwärtsumsetzer macht.

### Theorie der Funktionsweise

Der für diesen Artikel ausgewählte LNB ist in **Bild 1** dargestellt. Es handelt sich um ein universelles Single-LNB (Goobay 67269) mit einer unverbindlichen Preisempfehlung von circa 6 € [1], so dass es viel Spielraum für Fehler lässt, ohne die Hobbykasse zu sprengen. Die Empfangsebene ist linear polarisiert und wird durch Änderung der Versorgungsspannung eingestellt. Für die vertikale Polarisation wird eine Spannung von 11...14 V<sub>DC</sub> am LNB angelegt; erhöht man die Versorgungsspannung auf 16...18 V, wird eine horizontale Polarisation eingestellt. Das Blockschaltbild des LNB ist in **Bild 2** dargestellt. Eine große Verstärkung - typischerweise 57 dB - kompensiert ausreichend die Verluste in den Nebenfrequenzbändern. Runde Hohlleiter und (gerillte) Hornstrahler sind von Natur aus extrem breitbandig, haben aber doch eine Grenzfrequenz, unterhalb derer die Dämpfungskonstante schnell ansteigt.

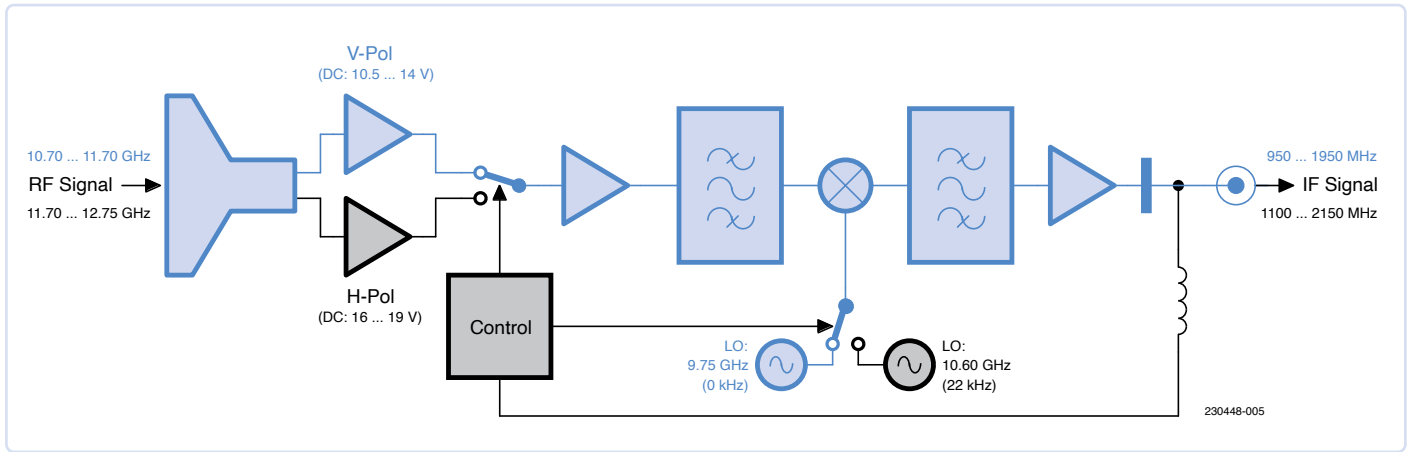


Bild 2. Blockschaltbild eines Ku-Band-LNB für Fernsehempfang.

Der LNB ist für den Empfang zwischen 10,70...11,70 GHz (Low-Band) und 11,70...12,75 GHz (High-Band) geeignet. Der Bereich der Zwischenfrequenz (ZF) erstreckt sich von 950 MHz bis 1.950 MHz im Low-Band und von 1.100 MHz bis 2.150 MHz (im High-Band). Dies entspricht Frequenzen des Lokalen Oszillator von 9,75 GHz für das Low-Band und 10,60 GHz für das High-Band. Die Umschaltung von Low-Band auf High-Band erfolgt durch ein externes 22-kHz-Steuersignal. Wird kein 22-kHz-Steuersignal angelegt, wird standardmäßig der Low-Band-Betrieb gewählt. Die Frequenzreferenz für den Phasenregelkreis (PLL) ist ein 25-MHz-Quarz. Die Frequenz des Quarzes wird im Low-Band-Betrieb mit 390 multipliziert, während im High-Band-Betrieb der Multiplikationsfaktor 424 beträgt.

Die Möglichkeit, ein externes Referenzsignal einzuspeisen, erlaubt es, die LO-Frequenz zu ändern, um den Anschluss von Amateurfunk-Kommunikationsempfängern zu ermöglichen, die für das 2-m-Band (144 MHz) oder das 70-cm-Band (432 MHz) ausgelegt sind (siehe **Tabelle 1**). Ein Beispiel: Die Einspeisung von 26,525 MHz anstelle von 25 MHz ergibt, multipliziert mit 390, eine LO-Frequenz von 10,345 GHz und damit eine ZF von rund 144 MHz bei 10,489 GHz.

### Innenleben eines LNBs

Nachdem die Kunststoffabdeckung mit einem Schlitzschraubendreher entfernt wurde, kann nach Lösen von zwei Schrauben (Torx T8) der Metalldeckel des Platinengehäuses abgenommen werden. Wie in **Bild 3** zu sehen ist, dreht es sich bei der Schaltung des LNBs um einen vollintegrierten PLL/LO/Downconverter-Chip mit der Bezeichnung 3566E. Über diesen Chip sind nur sehr wenige Informationen verfügbar; wenn man jedoch das allgemeine Funktionsprinzip eines solchen ICs kennt, lassen sich die relevanten Teile der Schaltung auch

**Tabelle 1: Mögliche Referenzfrequenzen und der daraus resultierende ZF-Frequenzbereich für den Schmalband-Empfang von QO-100**

Referenz	LO	ZF (bei 10.489,5 MHz)	ZF (bei 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

ohne spezifische Informationen über diese Komponente nachbilden. Abgesehen von zwei radialen Stichleitungen in den Versorgungsleitungen der beiden FET-Frontend-Verstärker (eine für jede Polarisationsebene - in Bild 3 gelb eingekreist) gibt es fast keine Filter auf der Platine, was für die Verwendung des LNB außerhalb seiner Designparameter von Vorteil ist. Nach der zweiten Verstärkerstufe (gemeinsam für beide Polarisierungen, orange eingekreist) befindet sich ein einzelner gekoppelter Leitungs-Bandpass (innerhalb der blauen Ellipse), der unbeabsichtigt Signale außerhalb des vorgesehenen Durchlassbereichs dämpft. Aber auch hier ist genügend Verstärkung vorhanden, um die zu erwartenden Verluste auszugleichen.

Die Gleichspannung des F-Anschlusses (dessen Lötseite hellblau eingekreist ist) wird über eine Leiterbahndrossel an einen 7806-Spannungsregler weitergeleitet, der den 3566E mit stabilen 6 V<sub>DC</sub> versorgt. Die braun eingekreisten Pins XTAL 1 und XTAL 2 in Bild 3 sind mit dem 25-MHz-Referenzquarz verbunden, der sich auf der Platinenrückseite befindet (siehe **Bild 4**).

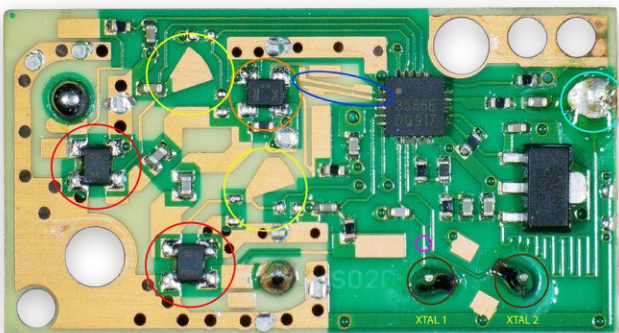


Bild 3. Draufsicht auf die Platine des LNBs. Der verschiedenen Komponenten und Bereiche werden im Text beschrieben.

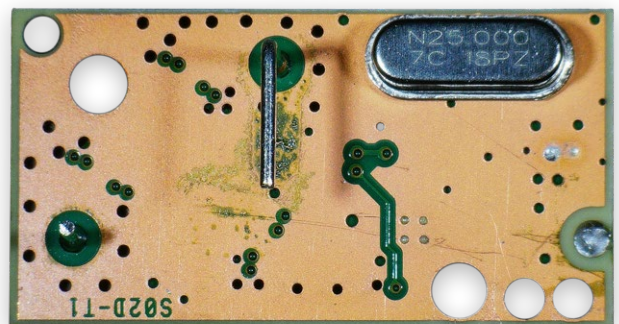


Bild 4. Unterseite der Platine mit dem 25-MHz-Referenzquarz oben rechts.

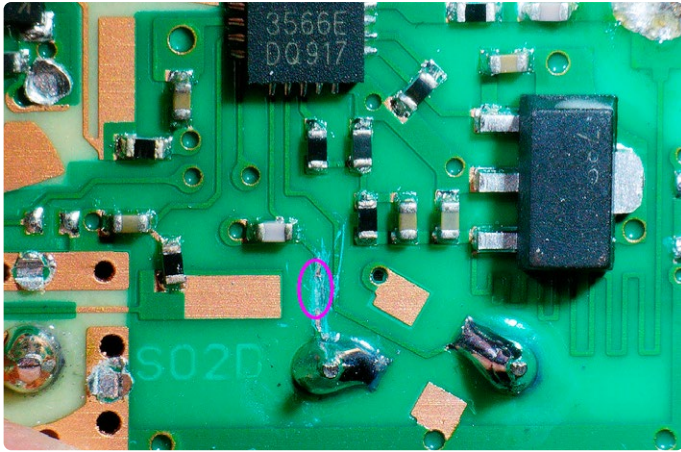


Bild 5. Schneiden Sie die Leiterbahn, die zum Quarz XTAL1 führt, an den angegebenen Stellen durch.

Nach dem Entfernen einer einzelnen Lötstelle direkt über dem F-Anschluss kann die Platine aus dem Gehäuse entfernt werden. Es hat sich gezeigt, dass es am besten ist, mit einem Schraubendreher leichten Druck auf die Leiterplatte auszuüben, während diese Lötstelle erhitzt wird.

### Umbaumaßnahmen

Die Umbaumaßnahmen bestehen im Wesentlichen darin, den 25-MHz-Quarz zu entfernen und durch ein serielles LC-Bandpassfilter am Eingangsstecker zu ersetzen, damit ein externes Referenz-Taktsignal in die PLL eingespeist werden kann. Die größte Herausforderung besteht darin, diese Bauteile in dem schmalen Aluminiumgehäuse unterzubringen. Aus den verfügbaren Standardwerten werden eine Induktivität von 2,2 µH und eine Kapazität von 18 pF gewählt. Die resultierende Impedanz  $Z_{LC}$  kann mit folgender Gleichung berechnet werden

$$Z_{LC} = |2\pi fL - (1/2\pi fC)|$$

wobei  $f$  die Frequenz in Hz,  $L$  die Induktivität in H und  $C$  die Kapazität in F ist. Bei 25 MHz ergibt sich eine Impedanz von ungefähr 8,1 Ω. Der Quarz wurde ausgelötet und an seiner Stelle die Induktivität eingelötet. Die Leiterbahn zwischen dem Pad XTAL 1 und dem 3566E (in **Bild 5** violett markiert) wird mit einem scharfen Gegenstand durchtrennt. Dabei ist darauf zu achten, dass die dünne und empfindliche Leiterplatte nicht beschädigt wird. Anschließend wird eine Verbindung zwischen XTAL 1 und dem mittleren Pin der Eingangsbuchse mit dem 18-pF-Kondensator hergestellt (siehe **Bild 6**). Sowohl die Spule als auch der Kondensator werden mit Polyimidband (Kapton) vor versehentlichem Kontakt mit dem Gehäuse oder anderen Leiterbahnen geschützt. Alternativ kann auch Isolierband oder Papier verwendet werden.

### Diplexer mit integriertem Bias-T (Triplexer)

Der Betrieb des modifizierten LNB erfordert eine Möglichkeit, verschiedene Signale über das gleiche Koaxialkabel zum und vom LNB zu leiten. Der LNB muss nicht nur mit der richtigen Gleichspannung, sondern auch mit dem Referenztakt für die PLL versorgt werden. Außerdem muss das auf demselben Koaxialkabel zurückgesendete ZF-Signal ebenfalls ausgekoppelt werden. Die Spannungsversorgung erfolgt in der Regel über ein Bias-T, während die Trennung von Referenz- und ZF-Signal mit einem Diplexer geschieht. Kombiniert man beide Funktionen in einer einzigen Schaltung, wird daraus ein Triplexer. Diplexer und Triplexer werden von Funkamateuren sehr häufig als eine Art HF-Kombinator/Splitter verwendet, um mit zwei/drei RTX-Geräten zwei/drei Antennen mit einem einzigen 50-Ω- oder 75-Ω-Koaxialkabel zu erreichen, wobei am anderen Ende ein ähnliches Gerät die verschie-

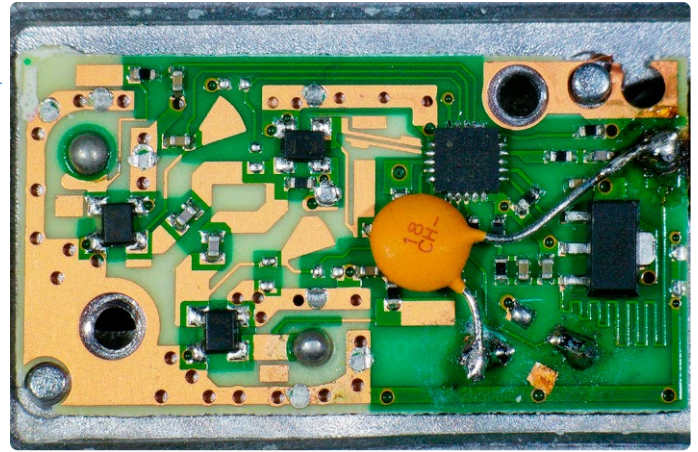


Bild 6. Der zwischen dem Quarz-Anschluss und dem F-Anschluss eingelötete 18-pF-Kondensator.

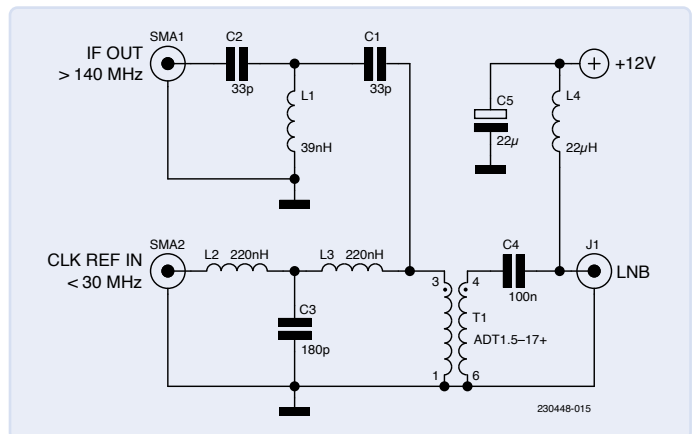


Bild 7: Schaltung des Triplexers.

denen Frequenzbänder trennt.

In unserem Fall muss der Triplexer, dessen Schaltplan in **Bild 7** dargestellt ist, auch eine Möglichkeit zur Impedanzanpassung zwischen der 75-Ω-Systemimpedanz des LNB und den häufiger anzutreffenden 50 Ω für den ZF-Empfänger und den Referenztaktgenerator bieten. Diese Schaltung fungiert als HF-Mischer, der das Signal des externen Generators in den LNB einspeist. Dieses Signal erreicht T1 durch das aus L2, C3 und L3 bestehende T-Tiefpassfilter, während das aus dem LNB durch T1 kommende ZF-Signal den T-Hochpass aus C1, L1 und C2 erreicht.

Es sei darauf hingewiesen, dass die Impedanz-Fehlanpassung bei den ersten Versuchen getrost vernachlässigt werden kann. Der resultierende Fehlanpassungsverlust ohne Impedanz-Anpassung beträgt 0,18 dB, was einer Vorwärtsleistung von 96 % oder einer reflektierten Leistung von 4 % entspricht.

**Bild 8** zeigt meinen Triplexer mit SMDs und einem Transformator

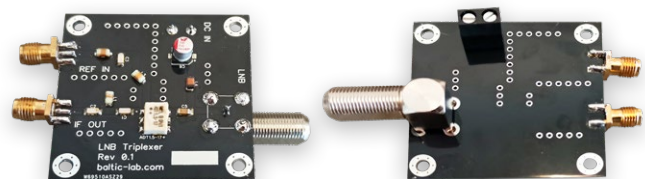


Bild 8. Der Triplexer zur Trennung von Referenzfrequenz und ZF-Signal sowie zur Einspeisung der Versorgungsspannung. Auf der Rückseite (rechts) befinden sich der F-Anschluss für den LNB und die Schraubklemme für die Eingangsspannung.

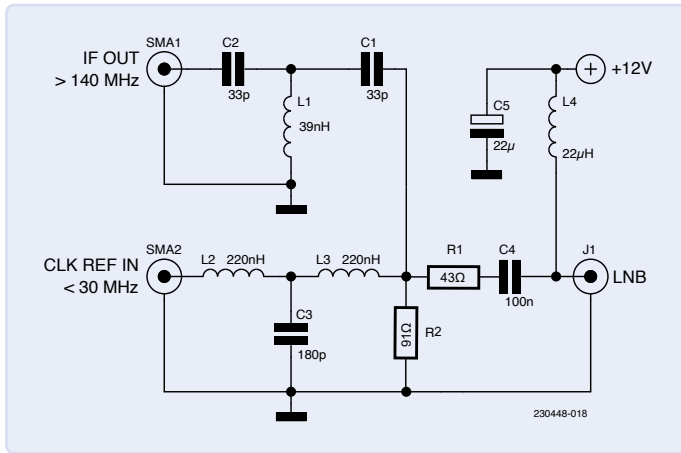


Bild 9. Die Triplexer-Schaltung ohne den HF-Übertrager und mit R1 und R2 in einer MLP-Konfiguration (Minimum-loss Pad).

ADT1.5-17+ von Mini-Circuits. Natürlich kann die gesamte Schaltung auch mit diskreten Bauelementen aufgebaut werden, und der Transformator kann durch ein Minimum-Loss-Pad (MLP) mit einem 43-Ω-Widerstand in Reihe mit der 75-Ω-Seite und einem 91-Ω-Shuntwiderstand an der 50-Ω-Seite ersetzt werden, wie in dem geänderten Schaltplan in **Bild 9** gezeigt. Diese Modifikation führt allerdings zu einem Leistungsverlust von etwa 6 dB, mehr als der Verlust durch die Fehlanpassung, wenn die Impedanz-Anpassung weggelassen wird.

### Tests und Ergebnisse

**Bild 10** zeigt einen Test, bei dem der LNB über einige Meter Koaxialkabel mit einer Impedanz von 75 Ω mit dem Triplexer verbunden ist. Der Eingang des Referenztaktes wird mit einem Signalgenerator und der

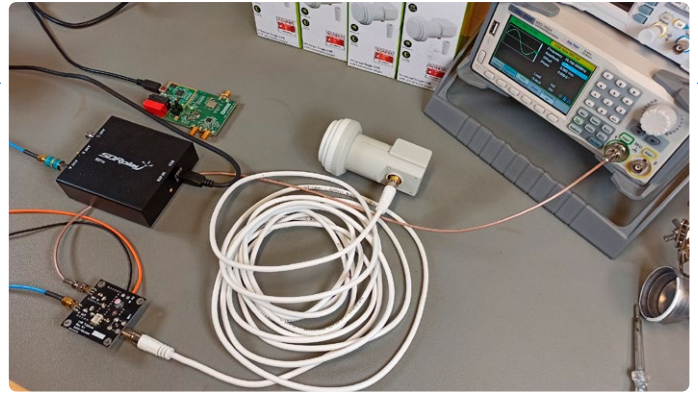


Bild 10. Testaufbau mit Signalgenerator, Triplexer, SDR-Empfänger und ADF4351 als X-Band-Signalgenerator für die dritte Harmonische.

ZF-Ausgang über ein 10-dB-Dämpfungsglied mit einem SDR-Empfänger RSPdx der Firma SDRplay verbunden (siehe [2] und das **Passende Produkt**). Ist der Ausgang des Signalgenerators noch deaktiviert, wird über den Triplexer eine Spannung von 14 V<sub>DC</sub> an den LNB angelegt. Die Stromaufnahme beträgt circa 60 mA. Der Signalgenerator wird auf eine Frequenz von 25,78 MHz (LO = 10054,20 MHz) eingestellt und die Signalamplitude langsam erhöht. Bei etwa 2 V<sub>SS</sub> ist ein sprunghafter Anstieg der Stromaufnahme auf etwa 90 mA zu beobachten. Die PLL ist nun auf das externe Taktreferenzsignal eingerastet.

Für einen Test werden beiden Signale von 3.496 MHz und 3.496,333 MHz von einem *ADF4351 Evaluation Board* erzeugt. Die dritte Harmonische liefert geeignete Testsignale mit Frequenzen von 10,488 GHz beziehungsweise 10,489 GHz. Wie im Screenshot in **Bild 11** zu sehen, wird das ADF4351-Entwicklungsboard so eingestellt, dass

PHOSCON.DE

# FLS-M

## Der universelle Matter LED-Controller

- » Elektronisches Funkvorschaltgerät zur Ansteuerung von LEDs mit Matter über WiFi
- » Unterstützt klassische LED-Streifen sowie einzeladressierbare LED-Streifen
- » Geeignet für LEDs mit 5V, 12V und 24V Betriebsspannung
- » Schmale Bauform geeignet zum Einbau in Profilschienen und Möbeln

Verfügbar ab Oktober 2024

Unterstützte LED-Streifen:

Farbtemperatur

RGBW

Adressierbares RGB

Phoscon ist eine Marke der dresden elektronik ingenieurtechnik gmbh

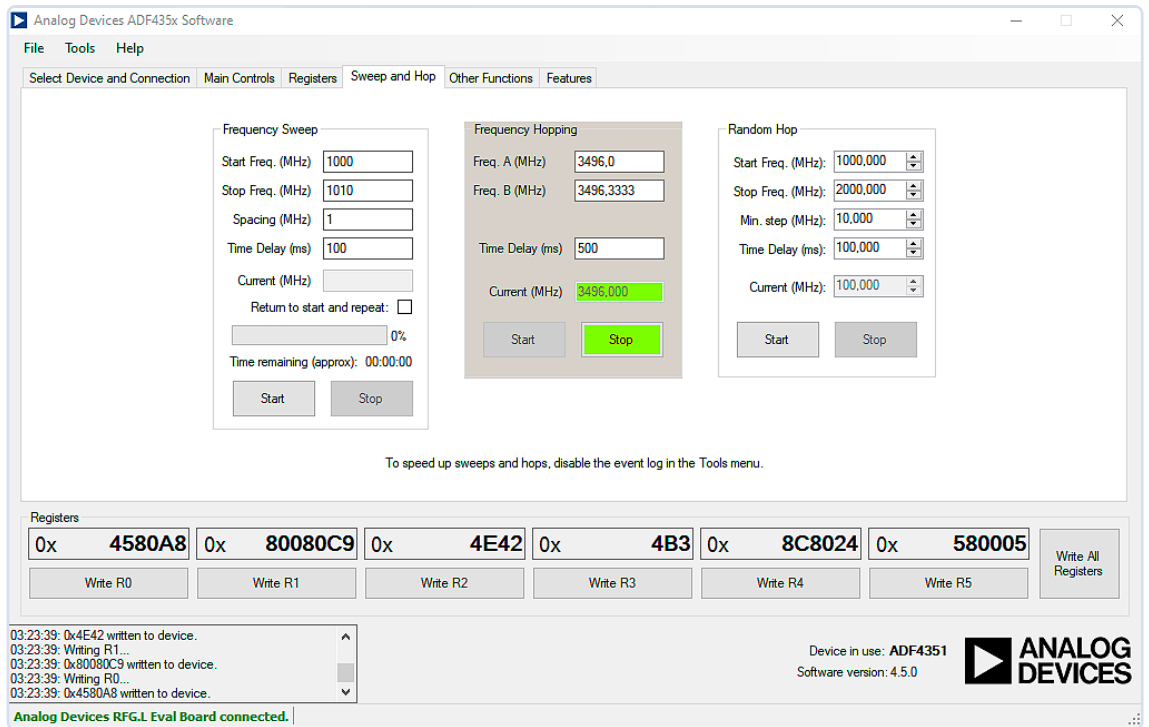


Bild 11. ADF4351-Software von Analog Devices zur Erzeugung von Frequenzsprüngen zwischen 3.496 MHz und 3.496,333 MHz zur Erzeugung von X-Band-Prüfsignalen der dritten Harmonischen.

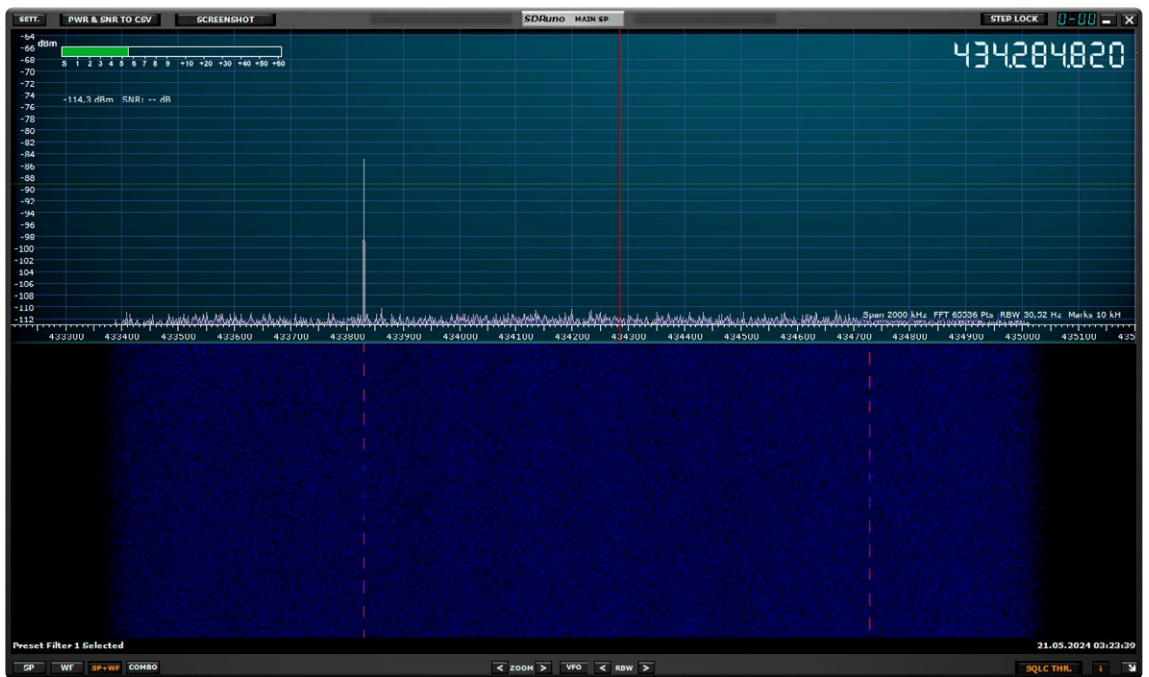


Bild 12. Spektrum des empfangenen ZF-Signals in SDRRuno mit deutlich sichtbaren Frequenzsprüngen im Abstand von 1 MHz.

es im Intervall von 500 ms zwischen den beiden Frequenzen springt. Das erwartete ZF-Ausgangssignal um 434,3 MHz, wird mit SDRRuno, einer fortschrittlichen Plattform für Software-definierte-Radio-Anwendungen [3] überwacht, wie in **Bild 12** gezeigt. Damit das ZF-Signal tatsächlich die gewünschte herunterkonvertierte X-Band-Harmonische ist, wird die Frequenz des erzeugten Signals geringfügig geändert und die Änderung der ZF-Frequenz aufgezeichnet. Die Frequenzänderung des ZF-Signals muss gleich der Änderung der Grundfrequenz multipliziert mit der Anzahl der Harmonischen sein. Bei den vom ADF4351 erzeugten Signalen beträgt die erwartete und beobachtete Änderung zwischen den beiden Frequenzen 1 MHz, was den Empfang der richtigen Harmonischen bestätigt. Aufgrund der großen Verstärkung des LNB kann sogar die 23. Harmonische eines auf 456 MHz eingestellten Amateurfunkgerätes bei 10,448 GHz empfangen werden. Dies ist sehr nützlich, wenn keine

Testquellen mit höheren Frequenzen zur Verfügung stehen, und bestätigt meinen Ansatz, dass dieser Umbau und die damit verbundenen Experimente mit einem kleinen Budget durchgeführt werden können.

### Verbesserungsmöglichkeiten


In diesem Artikel wird gezeigt, dass ein preiswertes TV-LNB so modifiziert werden kann, dass es ein externes Referenzsignal akzeptiert. Die Experimente zeigen, dass das LNB in der Lage ist, X-Band-Signale außerhalb des vom Hersteller vorgesehenen Frequenzbereichs herunterzuwandeln.

Die Verbesserungsmöglichkeiten sind vielfältig und nur durch die eigene Phantasie begrenzt. Beispielsweise kann die Platineninduktivität durch eine größere SMD-Induktivität ersetzt werden, um die Belastung des externen Referenzsignals zu begrenzen. Sowohl die radialen Sticheleitungen als auch der Bandpass der gekoppelten Leitung





können durch Zugabe einer kleinen Menge leitfähigen Materials verbessert werden. Es ist auch möglich, das Feedhorn vollständig zu entfernen und einen SMA-Anschluss hinzuzufügen, indem ein halbstarres Kabel direkt an den Eingang des FET-Verstärkers gelötet wird, wobei ein kleiner Kondensator die Gleichstromvorspannung am Gate des FETs blockiert.

Es gibt eine Vielzahl möglicher Anwendungen, von denen in diesem Artikel nur einige genannt werden. Angesichts des geringen Preises des LNBs und der verwendeten Bauteile möchte ich Sie ermuntern, mit eigenen Ideen und Anwendungen zu experimentieren! 

SE - 230448-02

## Über den Autor

Sebastian Westerhold ist ein autodidaktischer unabhängiger Forscher und Blogger mit einer Leidenschaft für Hochfrequenz und DSP. Er begann 2008 für Elektor zu schreiben und hat seitdem zahlreiche Artikel auf seinem Blog [4], seinem YouTube-Kanal [5] und Elektor veröffentlicht. Derzeit studiert er Elektrotechnik an der Fachhochschule Kiel. Bereits vor seinem Studium hat er am Lehrstuhl für Hochfrequenztechnik der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel im Rahmen eines Begabtenförderungswerks höhere Fachsemester erworben, während er noch ein technisches Gymnasium besuchte.

## Sie haben Fragen oder Kommentare?

Haben Sie technische Fragen oder Anmerkungen zu diesem Artikel? Dann wenden Sie sich bitte an den Autor unter [sebastian@baltic-lab.de](mailto:sebastian@baltic-lab.de) oder an die Elektor-Redaktion unter [redaktion@elektor.de](mailto:redaktion@elektor.de).



## Passendes Produkt

- **SDRplay RSPdx - Single-Tuner 14-Bit SDR-Empfänger (1 kHz bis 2 GHz)**  
[www.elektor.de/20422](http://www.elektor.de/20422)

## WEBLINKS

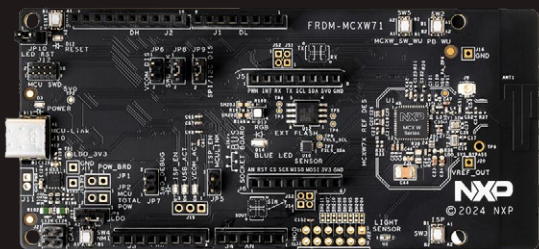
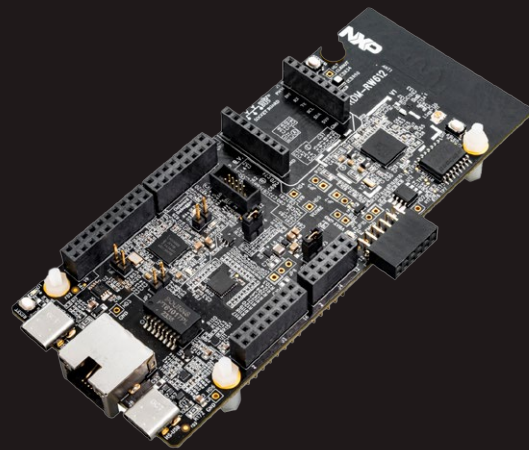
- [1] Universeller Single-LNB von Goobay (Wentronic): <https://wentronic.com/de/universal-single-lnb-67269>
- [2] RSPdx von SDRplay: <https://sdrplay.com/rspdx>
- [3] SDRUno: <https://sdrplay.com/sdruno>
- [4] Baltic-Lab-Webseite: <https://baltic-labor.de>
- [5] Baltic-Lab-Kanal auf Youtube: <https://www.youtube.com/c/balticlab>



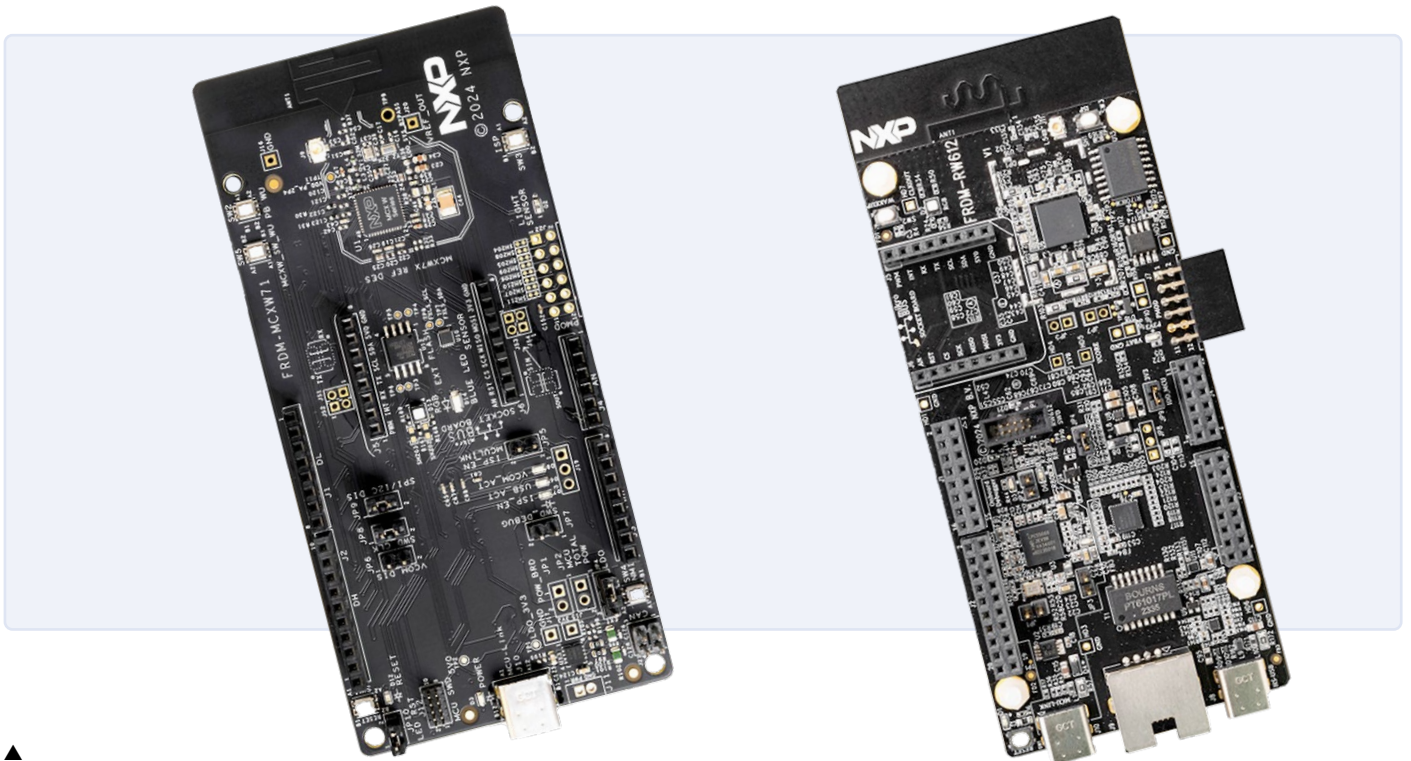
# Drahtlose Innovation

Entdecken Sie kabellose Freiheit mit NXP's neuesten drahtlosen MCUs, die eine schnelle Entwicklung für Bluetooth, Matter, Wi-Fi, Thread und Zigbee ermöglichen – unterstützt durch FRDM-Boards und das MCUXpresso-Entwicklererlebnis

Weitere Informationen finden Sie unter [www.nxp.com/mcxw](http://www.nxp.com/mcxw) und [www.nxp.com/rw612](http://www.nxp.com/rw612)



# Komplexität und Skalierung mit **einer einheitlichen Entwicklungsplattform reduzieren**



▲  
Bild 1. Die Boards  
MCX W und RW61x  
FRDM.

## Von Charlie Ice (NXP Semiconductors)

Das IoT hat unglaubliche Innovationen hervorgebracht und Fabriken, Gebäude und Wohnungen verändert. Gleichzeitig hat das IoT aber auch die Komplexität für Embedded-Entwickler immer weiter erhöht. Kunden, ob Verbraucher oder Unternehmen, erwarten eine Vielzahl von Produkten mit unterschiedlichen Funktionen, Möglichkeiten und Konnektivität. IoT-Produkte müssen strenge Vorschriften bezüglich der Energieeffizienz erfüllen. Das erfordert ausgeklügelte Lösungen für Motorsteuerung und Energieverwaltung. Viele nutzen KI/ML, um den Endgeräten eine gewisse Intelligenz zu verleihen. Und schließlich ist Sicherheit ein zentrales Thema im Internet of Things geworden. Neue Vorschriften wie der *EU Cyber Resilience Act* und das *U.S. Cyber Trust Mark* legen die Messlatte für die Sicherheit von IoT-Geräten höher. Angesichts der unzähligen Produktvarianten und

ausgeklügelten Systeme sehen sich die Entwickler mit einer nie dagewesenen Komplexität konfrontiert. Der Einsatz einer Plattform für die integrierte Entwicklungsumgebung (IDE), Software und Hardware ermöglicht es Entwicklern jedoch, ihre Aufgaben effektiver zu bewältigen. Sie können ihre Leistungen skalieren und die Anforderungen des sich ständig verändernden IoT erfüllen.

### Integrated Development Environment

Die Schnittstelle, die ein Embedded-Entwickler wahrscheinlich am häufigsten nutzt, ist die IDE. Sie ist das Portal für die Code-Bearbeitung, die Programmierung und das Debugging des Embedded-Geräts. Viele Entwickler arbeiten mit mehreren Prozessoren von verschiedenen Herstellern. Das zwingt sie häufig auch dazu, mit mehreren IDEs von verschie-



denen Anbietern zu arbeiten. Die Konfiguration und Pflege der Build-Skripte und Debug-Einstellungen in verschiedenen IDEs wird schnell zu einer zeitraubenden Aufgabe. Die Standardisierung auf *eine* IDE für alle Embedded-Geräte vereinfacht den zentralen Teil des Entwicklungsprozesses. Daher haben viele Anbieter von Embedded-Geräten Visual Studio Code (VS Code) als IDE gewählt. Microsoft unterstützt Windows, Mac sowie Linux und bietet mit VS Code eine kostenlose Entwicklungsumgebung mit modernsten Funktionen wie ein einfacher Zugang zu GitHub, ein erweiterter Texteditor sowie eine Konfiguration des Arbeitsbereichs. Anbieter von Embedded-Geräten stellen Plug-ins für VS Code zur Verfügung, womit ihre Geräte direkt in VS Code programmiert und debuggt werden können. Das Plug-in von NXP bietet Unterstützung für das gesamte MCU-Portfolio, einschließlich MCX, Wireless sowie i.MX RT MCUs. Durch die Wahl von VS Code als IDE-Plattform können Entwickler ihre IDE einrichten und diese Konfiguration Produkt-, Hersteller- und Geräte-übergreifend nutzen. Das spart Zeit und Mühe.

### Software Development Kit

Das nächste wichtige Element für einen Embedded-Entwickler ist das Software Development Kit (SDK), das das Embedded-Gerät unterstützt. Die meisten Entwickler, die IoT-Produkte entwerfen, verwenden nicht nur verschiedene Geräte mit ihren Produkten, sondern müssen auch verschiedene Middleware wie Touch, Sprache oder Grafik in das Produkt integrieren. Die Einführung von Embedded-Geräten mit einer gemeinsamen SDK-Plattform beschleunigt die Software-Entwicklung erheblich. Ferner ermöglicht eine gemeinsame SDK-Plattform das einfache Hinzufügen oder Entfernen von Middleware je nach Produktvariante. Viele Anbieter von Embedded-Geräten bieten inzwischen ein gemeinsames SDK für ihre Geräte an. Wie in **Bild 2** dargestellt, unterstützt das MCUXpresso-SDK von NXP beispielsweise alle Arm Cortex-M-basierten Geräte von NXP, einschließlich MCX, RW61x und i.MX RT. Damit können Entwickler verschiedene Prozessoren in ihren Designs verwenden und trotzdem das gleiche SDK zu nutzen. Zudem enthält das MCUXpresso-SDK Middleware, etwa eIQ für AI/ML, die sich einfach zu einem Projekt hinzufügen oder entfernen lassen. Eine gemeinsame SDK-Plattform beschleunigt nicht nur die Entwicklung, sondern ermöglicht es Entwicklern auch, ihre Arbeit zu skalieren, indem sie ihren Code über verschiedene Projekte und Embedded-Geräte hinweg wiederverwenden.

### Gemeinsame Hardware-Plattform

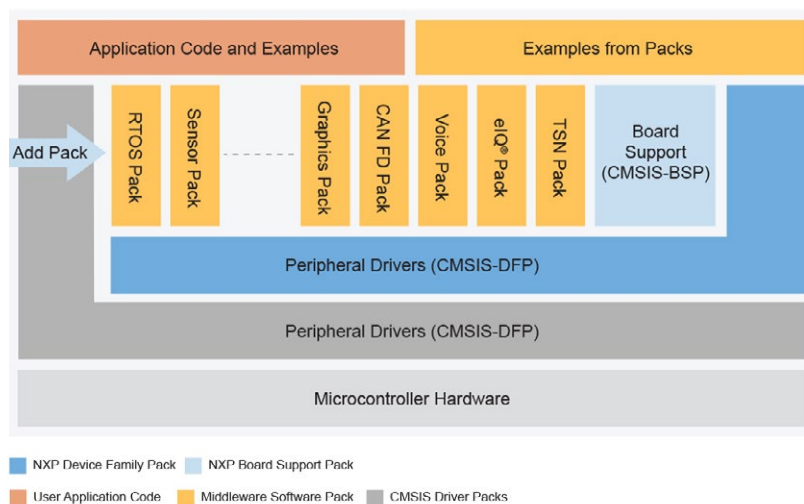
Über die Software-Entwicklung hinaus reduziert der Einsatz einer gemeinsamen Prototyping-Hardware-Plattform die Komplexität und ermöglicht

es Designern, neue Designs schnell zu testen. Die meisten IoT-Angebote umfassen verschiedene Produkte mit verschiedenen Embedded-Prozessoren. Daher muss die Hardware-Prototyping-Plattform für die verschiedenen Prozessoren einheitlich sein. Gleichzeitig müssen die Entwickler die Möglichkeit haben, problemlos neue Funktionen hinzuzufügen. Ein Board neu zu bestücken, um jede neue Funktion zu testen oder für jeden Prozessor neue Hardware lernen zu müssen, führt zu unnötiger Komplexität und ist ineffizient. Stattdessen müssen die Entwickler entweder ihre eigene gemeinsame Hardware-Plattform erstellen oder einen Anbieter von Embedded-Geräten auswählen, der eine solche Plattform zur Verfügung stellt. Wie in **Bild 1** zu sehen ist, bietet etwa die FRDM-Board-Plattform von NXP kostengünstige, kompakte Entwicklungs-Boards für das gesamte MCX- und RW61x-Portfolio. Ferner muss eine Hardware-Plattform ein einfaches Prototyping ermöglichen, was häufig durch Add-on-Boards erreicht wird. Durch den Einsatz gemeinsamer Header, etwa Arduino- und mikroBUS-Header, die auf den FRDM-Boards von NXP verwendet werden, können Entwickler die große Auswahl an verfügbaren Add-on-Boards nutzen oder schnell ihr eigenes Add-on-Board entwickeln. Eine flexible und gemeinsame Hardware-Plattform für alle Embedded-Geräte verbessert die Effizienz und ermöglicht es Entwicklern, sich auf Innovationen zu konzentrieren.

Die Einführung einer Plattform für die IDE, das SDK und die Prototyping-Hardware reduziert die Komplexität des IoT-Designs erheblich. Zudem ermöglicht es Entwicklern, die richtigen Prozessoren und Funktionen für ihr Design auszuwählen. Durch die Auswahl gemeinsamer Software- und Hardware-Entwicklungsplattformen können Designer die Skalierbarkeit und Effizienz erreichen, um die ständig wachsende Komplexität und die Anforderungen von IoT zu erfüllen. ◀

Bild 2. Struktur des MCUXpresso-SDKs.

240461-02 ▼



# Der ultra-portable Dekoder-Empfänger ATS25 max

Von Jan Buiting (Elektor)

73, an alle Funkamateure und Funkfreunde! Mit dem Dekoder ATS25 max stellt Elektor erneut eine beeindruckende Kombination von Embedded- und Funktechnik vor. Dieser leistungsstarke, ultrakompakte Multimode-LW/SW/MW/FM/Ham-Band-DSP-Empfänger wird von einem ESP32-Kern betrieben und bietet durch seine WLAN-Konnektivität fortschrittliche Dekodiermodi.

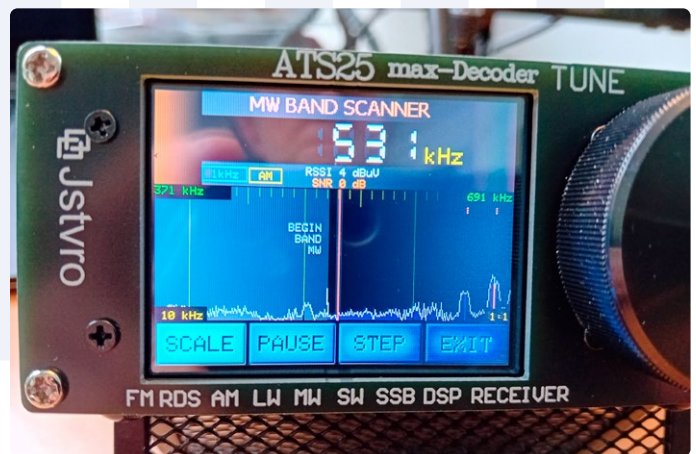


Bild 1. Durchsuchen des MW-Bandes nach Aktivitäten mit dem eingebauten Spektrumanalysator. Tagsüber ist nicht viel zu hören, aber bei Einbruch der Dunkelheit geht die Party

Funk im Allgemeinen und Amateurfunk im Besonderen bieten faszinierende, herausfordernde und bereichernde Möglichkeiten für Fans von Mikrocontrollern, Programmierung und kleinen eingebetteten Systemen. Dies liegt vor allem daran, dass vor nicht allzu langer Zeit ICs und integrierte Drop-in-Module auf den Markt kamen, die die gesamte HF-Signalaufbereitung übernehmen und an einer Reihe von Anschlüssen eine digitale Steuerung sowie die Ausgabe von digitalen Pegeln ermöglichen. Was könnte sich ein Programmierer mehr wünschen?

## Eingebettet - mit einem Funkgerät

Eine IC-Familie, die es geschafft hat, selbst die überzeugtesten Verfechter der rein analogen HF-Technologie dazu zu bewegen, „digital“ zu werden (oder zumindest zähneknirschend zu akzeptieren), ist die Si473x-Reihe von SkyWorks. Der Si4735 ist ein CMOS 100% AM/FM/SW/LW radio receiver, der die komplette Tunerfunktion vom Antenneneingang bis zum Audioausgang enthält. Während der Chip unter Funkamateuren und anderen Funkliebhabern schon populär wurde, als eine Arduino-Software zur Steuerung veröffentlicht wurde, konnte sich seine hervorragende Leistung erst richtig entfalten, als eine internationale Gruppe

von Funkamateuren und Programmierern einen leistungsstärkeren Mikrocontroller namens ESP32 hinzufügte und eine ausgeklügelte Software entwickelte, die nicht nur für die LW/MW/SW/FM-Rundfunkbänder, sondern auch für die Amateurfunkbänder von 160 m bis 10 m und die dazugehörigen „Amateurfunkmodi“ wie CW, RTTY, USB/LSB, FAX und andere geeignet ist.

Der Si4735-Chip und der ESP32-Mikrocontroller wurden vor einigen Jahren erstmals gemeinsam im Multimode-Empfänger ATS25 verwendet, der sich als vielseitiges Empfangsgerät für Rundfunksendungen und Amateurfunk bewährt hat. Kürzlich hat die Jstvro-Gruppe dem Standard-ATS25 aber eine Reihe neuer Optionen hinzugefügt, darunter eine fortschrittliche digitale Dekodierung, WLAN und verbesserte DSP-Audioverarbeitung. Auch die Steuerungssoftware wurde komplett überarbeitet.

## Erstaunlich kompakt

Das erste, was mir beim Auspacken meines Testexemplars des Dekoders ATS25 max auffiel, war seine bemerkenswerte Kompaktheit, Robustheit und „Leichtbauweise“. Auf der Vorderseite des Geräts befindet sich nur ein Bedienelement, ein 40 mm dicker Drehknopf, der auch als Drucktaster fungiert. Auf der Rückseite



Bild 2. Mein provisorischer SMA-auf-BNC-Adapter (in zwei Stufen, aber durchgängig 50  $\Omega$ ), der unverzichtbare Stylus (links) und das gedruckte Handbuch.

des Geräts finden sich zwei Antenneneingänge – eine SMA-Buchse für die WLAN-Antenne (2,4 GHz) und eine BNC-Buchse für die Funk-Antenne. Ein USB-C-Anschluss dient zum Aufladen des internen Li-Ionen-Akkus und zur Kommunikation mit dem PC. Eine Kopfhörerbuchse und zwei kleine Schiebeschalter vervollständigen die Benutzeroberfläche auf der Rückseite.

Ich war angenehm überrascht, dass die Verpackung auch einen Stylus-Stift, eine faltbare WLAN-Antenne, eine Teleskop-Stubantenne für UKW, ein USB-C-Kabel und sogar ein Tuch enthält, das vermutlich zum Staubschutz oder der Reinigung des Touchscreens dient. Neben dem Gerät war das beste Stück in der Box natürlich das Handbuch zum ATS25 max. Es ist zwar nicht perfekt, aber weit über dem Durchschnitt der üblichen Anleitungen anzusiedeln, die man üblicherweise bei chinesischer Elektronik findet. Das 24-seitige Handbuch ist ordentlich gedruckt und enthält klare Bilder mit Beschriftungen, die die wichtigsten Funktionen zeigen. Es ist wirklich empfehlenswert, das Handbuch durchzugehen, bevor man das Radio in Betrieb nimmt! Mir wurde mitgeteilt, dass Elektor darüber nachdenkt, das Handbuch weiter zu verbessern und eine eigene Version zu veröffentlichen.

### Antenne zuerst - immer

Alle Mikrocontroller-Fans sollten sich eines merken: Nicht Bits und Bytes, sondern eine gute Antenne ist der beste Freund des Radios. Die mitgelieferte Teleskopantenne ist ideal für den UKW-Empfang, wenn sie vollständig ausgezogen ist. Wenn Sie sie jedoch für LW/MW/SW- oder Amateurbänder verwenden, werden Sie enttäuscht sein. Stattdessen sollten Sie mindestens zehn Meter flexiblen Draht ausrollen, ihn im Freien spannen und das freie Ende einfach an der Teleskopantenne befestigen. Dann beginnt der Spaß – es sei denn, Sie werden massiv von (digitalen) Störquellen wie LED-Leuchten, Computern, Smartphones und meiner 7,5-kWp-Solarpanel-Anlage, insbesondere dem dreiphasigen SolarEdge-Wechselrichter belästigt. Ich habe diesen abgeschaltet und so die 180-kHz-Oberwellen und Störsignale, die bis weit über 60 MHz reichen, beseitigt. Das interne Rauschen des ATS25 ist zwar vorhanden, aber überschaubar, wie ich feststellte, als ich den Antenneneingang mit einem 50-Ohm-Abschlusswiderstand dämpfte. Das verbleibende Rauschen stammt vom Betrieb des Drehgebers und vom OLED-Bildschirm. Aufgrund des charakteristischen Funkwetters ist der Empfang im

MW- und LW-Band tagsüber selbst mit einer Drahtantenne schlecht. Der ATS25-max-Decoder konnte jedoch mehrere Stationen um 675 kHz und 1000 kHz empfangen und funktionierte genauso gut wie mein Yacht-Boy von Grundig und sogar ein BX-Röhrenradio von Philips aus den 1960er Jahren, beide mit Ferritstabantennen. Ich konnte auch den Sender Droitwich auf 198 kHz LW empfangen, der gerade über ein BBC-Cricketspiel berichtete. Besonders das MW-Band wird in den Abendstunden lebendig und es macht großen Spaß, Piratensender und Low-Power-Sender für den privaten Gebrauch zu entdecken.

Bei meinem ATS25-max-Decoder reicht das UKW-Band von 64...108 MHz, was mir ermöglicht, zumindest das 4-Meter-Band (70 MHz) abzuhören, das auf den Amateurfunkbändern nicht verfügbar ist. Zudem konnte ich 80-MHz-Polizeifunkverkehr von der deutschen Grenze empfangen.

Schließlich tauschte ich die Antenne gegen eine Drahtschleife aus, die auf magnetische Felder statt auf elektrische Felder reagiert, wie es die einfache Drahtantenne halt so tut. Die kleine Schleifenantenne, die bei Elektor erhältlich ist, hat jedoch einen SMA-Anschluss, während der ATS25-Empfänger eine BNC-Buchse besitzt. Daher bastelte ich einen Adapter, indem ich einen SMA-auf-BNC-Adapter und einen BNC-Stecker-auf-Stecker-Adapter kombinierte. Das funktionierte gut und reduzierte das durch Menschen verursachte Rauschen erheblich, da die Schleife direkt ist und so abgestimmt werden kann, dass Störquellen wie LED-Lampen und LCD-Bildschirme ausgeblendet werden.

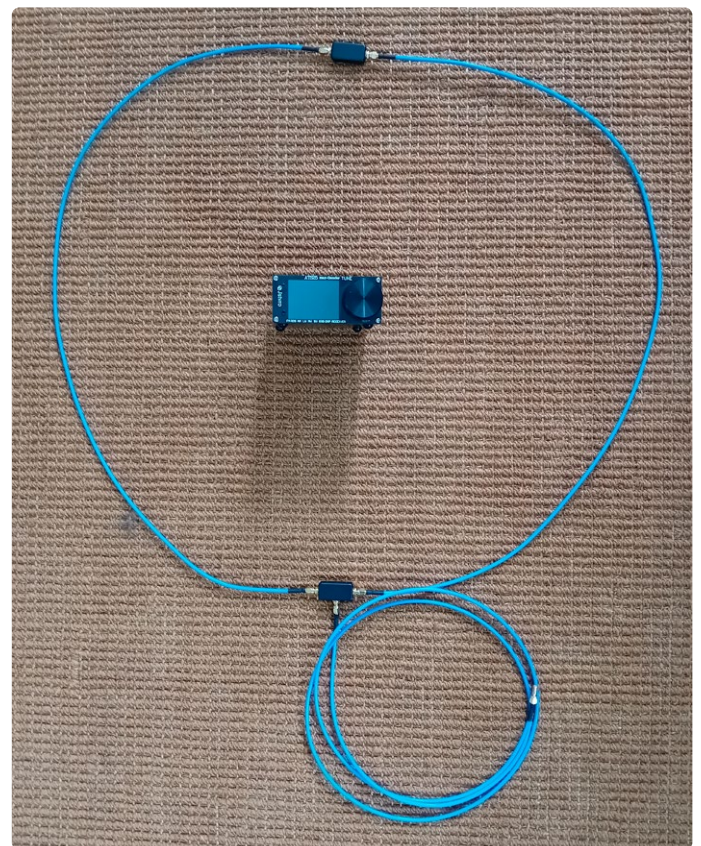


Bild 3. „YouLoop“ aus dem Elektor-Store ist ein guter Ausgangspunkt für eine richtige Antenne. Denken Sie jedoch daran, dass sie für den dauerhaften Einsatz im Freien nicht wirklich geeignet ist. Außerdem sollte sich nichts im Inneren der Schleife befinden :-)



Bild 4. Ich habe eine günstige Smartphone-Halterung verwendet, um den Empfänger in einem bequemen Winkel zum Betrachten und Bedienen zu halten. Der Eingabestift hat auch seinen Platz.

Am besten hängt man die Schleifenantenne im Freien auf, möglichst weit entfernt von Störquellen, und führt das Kabel nach innen zum Empfänger.

### Willkommen im Radio!

Sobald man einige der Eigenheiten des Funkwetters versteht [2], ist das Abstimmungs- und Hörerlebnis mit dem ATS25-max-Decoder auf einem ähnlichen Niveau wie bei vielen „großen“ Empfängern. Ich fand die Bedienung des ATS25 mit dem mitgelieferten Stift etwas gewöhnungsbedürftig. Anfangs hatte ich den Stift verlegt und musste einige der ultrakleinen Felder und Symbole auf dem Touchscreen mit der Fingerspitze auswählen – was jedoch auch, wenn auch leidlich funktionierte. Ein weiteres kleines Problem war es, das Radio ruhig zu halten und in einem leichten Winkel mit dem relativ steifen (halbstarren) Koaxialkabel der an der Rückseite angeschlossenen Ringantenne zu positionieren. Ich löste dieses Problem, indem ich das Radio auf einen Smartphone-Halter stellte. Ja ja, ich bin es halt gewohnt, dass Kurzwellen-Empfänger 20 kg und mehr wiegen (Collins, Hallicrafters, Sie wissen schon). Ich konnte viele lokale QSOs auf 80 Meter SSB (3,5 MHz) mithören, was eigentlich ein Chat-Band ist, auf dem tagsüber Entfer-



Bild 5. Jstvro-Team (und Elektor-Leser), können wir auch VLF, 4 Meter (70 MHz) und 2 Meter (144 MHz) bekommen, bitte?

nungen von bis zu 300 km zwischen den Stationen überbrückt werden. Auf dem 20-Meter-Band (14 MHz) konnte ich klassische RTTY und sogar etwas SSTV empfangen, das ich jedoch nicht auf meinem PC dekodierte. Das 40-Meter-Band (7 MHz) ist ideal, um die automatischen CW-Dekodierfähigkeiten des ATS25-max-Decoders zu testen, vorausgesetzt, das Funkgerät ist mit dem lokalen WLAN verbunden.

Ich fand die automatische Verstärkungsregelung (AGC) und die HF-Dämpfungsfunktionen etwas inkonsistent und nicht in der Lage, leistungsstarke Stationen (einige chinesische Sender) in den Bändern abzuwehren.

### Online im WLAN

Viele der fortschrittlichen digitalen Dekodierfunktionen wie FT8 und CW, aber auch die NTP-Zeitmessung, hängen ganz oder teilweise von der Verbindung zum Internet ab. Der ATS25-max-Decoder lässt sich leicht online stellen, allerdings könnte die Anleitung hierzu verbessert werden. Die WLAN-Konnektivität ist zwar entscheidend für den Betrieb des Geräts, wird jedoch erst auf der letzten (!) Seite des Handbuchs eher vage erklärt. Mehrere Schritte werden gar nicht erwähnt.

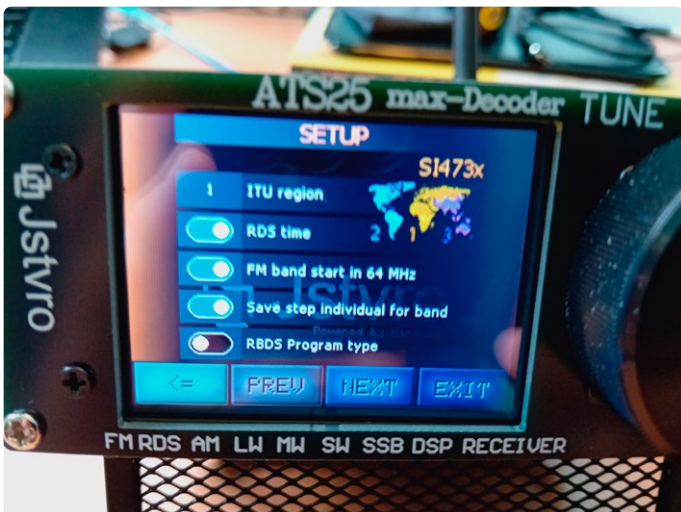


Bild 6. Menüs... der Dekoder ATS25 max hat viele Seiten davon.



Bild 7. Ehre, wem Ehre gebührt. 73 an die Entwickler!

Beruhigend ist, dass Elektor den ATS25-max-Decoder mit einem registrierten Produktschlüssel ausliefert, sodass man diesen nicht bei den Herstellern beantragen muss. Der Produktschlüssel wird beim Einschalten des Geräts gut sichtbar angezeigt. Ich schlage vor, ihn aufzuschreiben und an einem sicheren Ort aufzubewahren. Als Nächstes muss man das Menü finden, mit dem sich das Radio beim häuslichen WLAN anmelden kann. Es befindet sich auf einer der letzten Seiten des *SETUP*-Menüs. Nach dem Einschalten des Radios drückt man *NEXT*, dann *SETUP*, dann *NEXT* (etwa 15 Mal), bis der Finger schmerzt und man das Menü *BT/Wi-Fi* sieht. Dort schaltet man *Wireless* ein und wählt *AP*. Im nächsten Schritt sucht man das gewünschte WLAN und gibt das Passwort ein. Bei mir ist der WLAN-Scan mehrmals fehlgeschlagen, die Software hat sich aufgehängt und ich war gezwungen, das Radio aus- und wieder einzuschalten. Ist aber alles geschehen, speichert man die Einstellungen und verlässt das Menü. Zurück im Radiomodus berührt man das winzige WLAN-Symbol auf dem Bildschirm, so dass es grün aufleuchtet, wenn die Verbindung hergestellt ist und man die hervorragenden Online-Dienstprogramme nutzen kann, die von der Jstvro-Gruppe speziell für den ATS25-max-Decoder entwickelt wurden.

Mit dem Registrierungsschlüssel hat man auch Anspruch auf Software-Updates. Mein Radio zeigt an, dass es mit der Version *Air 4.17 Beta* läuft und ich war nicht in der Lage, Bluetooth im *BT/Wi-Fi*-Menü auszuwählen, also nehme ich an, dass dies ein Update oder eine Erweiterung in naher Zukunft erfordert.

### Vorlieben gefällig?

Die Retro-Abstimmungsskala, das S-Meter, der FT8-Modus und der CW-Decoder wurden schnell zu meinen Lieblingsmerkmalen dieses ESP-Funkgeräts mit seiner unglaublichen Anzahl an Optionen und Funktionen.

Die schiere Portabilität des Funkgeräts und ein wiederaufladbarer Akku, der viele Stunden durchhält, machen es zu einer guten Wahl für den Einsatz im Freien, weit weg vom menschlichen (elektronischen) Lärm. Abstimmung und Bedienung des ATS25-max-Decoders sind ein Vergnügen, wenn man den Dreh erst einmal raus hat, wie man mit dem mitgelieferten Stift die richtigen Menüs auswählt. Die Klangqualität des internen Lautsprechers ist gut, aber ich ziehe meine Kopfhörer vor, die ich mir von meinem Samsung-Smartphone-Set geliehen habe. Sie funktionieren besser und stören die Mitbewohner nicht.

Für diesen Review hatte ich keine Zeit, eine IDE auf meinem PC einzurichten, PuTTY mit 115.200 Baud laufen zu lassen und entschlüsselte Nachrichten und Senderinformationen auf meinem PC zu lesen. Ich konnte auch nicht die WiFi-Access-Point-Funktionalität des Geräts ausprobieren.

Was fehlt noch? Nicht viel und in der Zukunft sicherlich machbar, da das Funkgerät ein echtes Software-Kraftpaket ist. Ich hätte mich gefreut über:



Bild 8. Total charmant ist der Retro-Modus für die Frequenzskala!

- > VLF-Band-Empfang, 50 kHz bis 200 kHz für DCF/MSF-Zeitsender, Lowfers und so weiter.
- > 2-m-Band-Empfang (144-146/148 MHz)
- > VHF-Airband-Empfang (nicht in allen Ländern erlaubt)
- > NBFM für das CB-Band (40 Kanäle, europäisch)
- > Etwas weniger Italienisch im englischen Handbuch
- > Bessere Anleitung für die WLAN-Einrichtung

Da der ATS25 max-Decoder mit dem ESP32 betrieben wird und die Elektor-Leser sowohl zahlreich als auch sachkundig beim Codeschreiben für diese Plattform sind, bin ich zuversichtlich, dass alle oben genannten Wünsche erfüllt und die Probleme mit „S9“ (mit großem Erfolg) überwunden werden können.

Der ATS25 max-Decoder mit vorregistriertem Produktschlüssel ist als Elektor Labs Selected Produkt im Elektor-Store erhältlich. [←](#)

SE – 240348-02



### Passende Produkte

- > **ATS25 max-Decoder FM/HF Vollband-DSP-Empfänger**  
[www.elektor.de/20869](http://www.elektor.de/20869)
- > **YouLoop: Portable passive Magnetschleifenantenne für HF und VHF**  
[www.elektor.de/20681](http://www.elektor.de/20681)
- > **The RF & Communications Collection (mehrsprachiger USB-Stick)**  
[www.elektor.de/20825](http://www.elektor.de/20825)



### WEBLINKS

[1] Si4735: <https://t1p.de/hyvda>

[2] Ausbreitung von Funkwellen: <https://de.wikipedia.org/wiki/Funkwetter>

# Der Elektor Store

## Nie teuer, immer überraschend!

Der Elektor Store hat sich vom Community-Store für Elektor-eigene Produkte wie Bücher, Zeitschriften, Bausätze und Module zu einem umfassenden Webshop entwickelt, der einen großen Wert auf überraschende Elektronik legt.

Wir bieten die Produkte an, von denen wir selbst begeistert sind oder die wir einfach ausprobieren wollen. Wenn Sie einen Produktvorschlag haben, sind wir hier erreichbar (sale@elektor.de).

### FNIRSI HRM-10 Innenwiderstandstester



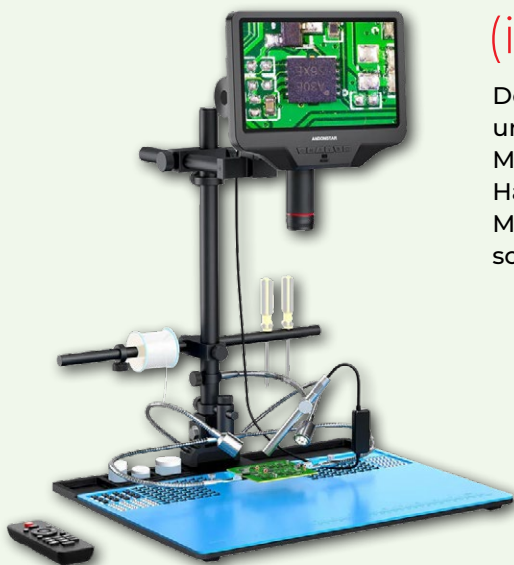
Das FNIRSI HRM-10 ist ein tragbares, hochpräzises Innenwiderstandsmessgerät. Dieses Gerät bietet echte Vierleitermessung und ist sowohl auf Genauigkeit als auch auf Benutzerfreundlichkeit ausgelegt. Es misst automatisch gleichzeitig Innenwiderstands- und Spannungswerte und zeigt die Ergebnisse deutlich auf dem HD-Farbdisplay an. Benutzer haben die Möglichkeit, Spannungs- und Widerstandsbereiche manuell an ihre Bedürfnisse anzupassen. Das Gerät verfügt außerdem über einen Sortiermodus, der anhand vom Benutzer festgelegter Schwellenwerte automatisch die guten und schlechten Batterien filtert. Darüber hinaus unterstützt es die Speicherung historischer Daten und ermöglicht den Export von Messdatensätzen im Tabellenformat.

Preis: ~~59,95 €~~

**Sonderpreis: 49,95 €**

 [www.elektor.de/20947](http://www.elektor.de/20947)

### Andonstar AD409 Max-ES 10,1" Digital-Mikroskop (inkl. Endoskop)



Der Andonstar AD409 Max-ES verfügt über eine hochwertige Metalllinse und ein einzigartiges UV-Filterdesign. Er besteht aus erstklassigen Materialien in Industriequalität und bietet unübertroffene Präzision und Haltbarkeit und sorgt so für ein zuverlässiges Produkterlebnis. Der vor der Metalllinse positionierte UV-Filter blockiert Löthitze, Rauch und Staub, schützt die Linse und macht sie perfekt für Löt- und Wartungsprofis.

Preis: ~~499,00 €~~

**Sonderpreis: 349,00 €**

 [www.elektor.de/20852](http://www.elektor.de/20852)



# MultiLayer-Segmentierung: Ein neuer Ansatz für adressierbare LED-Streifen

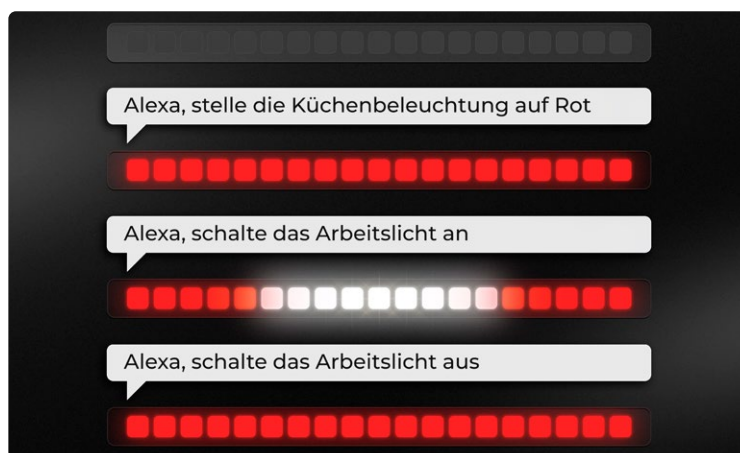
## Ein Beitrag von dresden elektronik

Mit dem LED-Streifen kam Anfang der 2000er Jahre eine kostengünstige Lösung zur großflächigen Möbelbeleuchtung auf den Markt. Ob unter den Hängeschränken in der Küche, unter der Couch im Wohnzimmer oder im Gaming-PC des Nachwuchses – überall findet der LED-Streifen

Anwendung. Durch seine Modularität lässt sich der Streifen in der Länge flexibel anpassen und erweitern, was zahlreiche Einsatzmöglichkeiten eröffnet.

Jedoch haben herkömmliche LED-Streifen ihre Einschränkungen. Da alle LEDs einer Farbe in einem Streifen parallelgeschaltet sind, leuchtet der gesamte Streifen immer in derselben Farbe. Dies führt oft zu einer statischen und einheitlichen Beleuchtung. Hier kommen adressierbare LED-Streifen ins Spiel. Diese verwenden einen Mikrocontroller für jedes LED-Modul (manchmal auch für mehrere Module, die ein Segment bilden). Man kann sich das wie ein Display mit einer Reihe von Pixeln vorstellen, wobei die einzelnen Module als Pixel fungieren. Diese Pixel sind in einer Kette verbunden, wobei der Datenausgang eines Pixels mit dem Eingang des nächsten Pixels verbunden ist. Dadurch entsteht ein großes Schieberegister, das über den Dateneingang des ersten Pixels angesteuert wird.

Vereinfacht gesagt hat jeder Pixel-Mikrocontroller die Aufgabe, die Farbe für sein Segment darzustellen und bei einem neuen Wert den alten Wert an das nächste Pixel weiterzugeben. So wird die Zielfarbe durch die gesamte Kette „geschoben“.



Diese Technologie ermöglicht beeindruckende Lichteffekte und Animationen, die mit herkömmlichen LED-Streifen nicht realisierbar sind. Beispiele für solche Effekte sind „Rollender Regenbogen“, „Sternschnuppe“, „Knight Rider“ oder „Sternenfunkeln“. Diese Effekte zeigen die Möglichkeiten der adressierbaren LED-Streifen, bieten jedoch im Alltag jenseits der sporadischen Demonstration nur begrenzten Mehrwert.

## MultiLayer-Segmentierung

Phoscon, eine Marke der dresden elektronik ingenieurtechnik GmbH, verfolgt daher mit dem neuen FLS-M (Matter-kompatibles Funk-Vorschaltgerät) einen innovativen Ansatz zur Nutzung von adressierbaren LED-Streifen: die MultiLayer-Segmentierung. Diese Technologie ermöglicht es, einen adressierbaren LED-Streifen in beliebig viele „virtuelle“ Segmente zu unterteilen. Diese Segmente verhalten sich wie separate LED-Streifen und können verschiedenen Ebenen (engl.: Layers) zugeordnet werden. Segmente in höheren Ebenen sind im aktivierten Zustand dominant gegenüber Segmenten in niedrigeren Ebenen. Sind Segmente ausgeschaltet, wirken sie

„transparent“ und lassen die Segmente der unteren Ebenen „durchscheinen“. Dieser Ansatz eröffnet neue Möglichkeiten zur flexiblen und vielseitigen Gestaltung, indem es erlaubt, denselben Bereich eines Streifens für mehrere Segmente zu nutzen.

## Ein Beispiel

Stellen Sie sich vor, ein adressierbarer LED-Strei-

fen wird in einer Küche installiert. Ein virtuelles Segment erstreckt sich über die gesamte Länge des Streifens und ist der Hintergrundebene zugeordnet. Ein weiteres Segment wird für den Bereich über der Spüle definiert und einer Vordergrundebene zugeordnet. Die Küche kann nun insgesamt in einer angenehmen Ambient-Farbe beleuchtet werden.

Sollte ein Arbeitslicht benötigt werden, kann das Vordergrund-Segment aktiviert werden, wodurch der Bereich über der Spüle in ein strahlendes Weiß wechselt. Wird das Arbeitslicht nicht mehr benötigt, kann das Segment abgeschaltet werden, sodass der Bereich über der Spüle wieder in der vorherigen Ambient-Farbe des Hintergrund-Segments leuchtet.

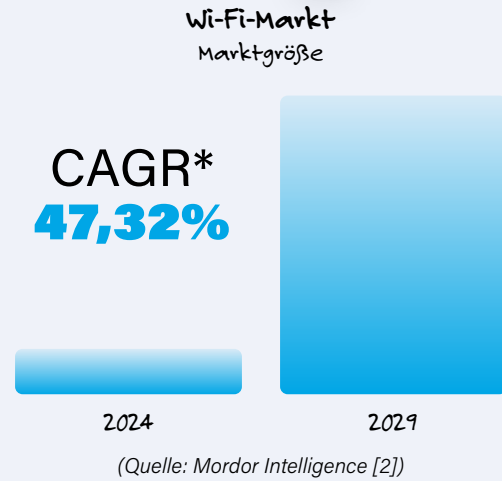
Mit der MultiLayer-Segmentierung können Anwender komplexe und mehrschichtige Lichteffekte realisieren, die weit über die Möglichkeiten herkömmlicher LED-Streifen hinausgehen. Dies eröffnet neue Perspektiven für kreative und funktionale Beleuchtungslösungen, die sowohl ästhetisch als auch praktisch überzeugen. ◀

240414-02



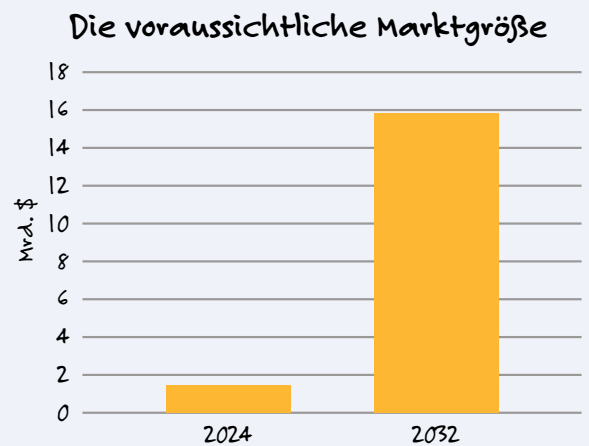
## Die Zukunft von Wi-Fi 7

Von der Einführung von Wi-Fi 7, der nächsten Generation der Drahtlostechnologie, werden erhebliche Verbesserungen erwartet [1], darunter Multi-Link Operation (MLO), die die Nutzung des Spektrums verbessert und Interferenzprobleme in überfüllten Umgebungen löst. Die Einführung von Wi-Fi 7 ist jedoch mit Herausforderungen verbunden, insbesondere mit den hohen Kosten im Vergleich zu Wi-Fi 6, was die Nutzung in Märkten mit einem niedrigeren durchschnittlichen Verkaufspreis (Average Selling Price, ASP) einschränken könnte. Darüber hinaus wird die Einführung von Wi-Fi 7 zu einem vielfältigeren Ökosystem der Wi-Fi-Infrastruktur führen, was zu einer stärkeren Diversifizierung des Marktes zwischen Regionen mit und ohne unlizenziierten 6-GHz-Zugang führt. Diese Diversifizierung wird zu einer breiteren Produktpalette und einer stärkeren Anpassung an die spezifischen Bedürfnisse der verschiedenen Märkte führen müssen.



## Auswirkungen von KI auf drahtlose Netze und Telekommunikation

Künstliche Intelligenz (KI) wird zunehmend in drahtlose Netze und die Telekommunikation integriert und führt zu erheblichen Veränderungen in der Branche [3]. Diese Integration verbessert die Netzwerkeffizienz durch selbstoptimierende Netzwerke (Self-optimizing Networks, SON), die sich in Echtzeit an veränderte Bedingungen anpassen können. Auch die Kundenbindung wird durch fortschrittliche tiefe neuronale Netze verbessert, die menschenähnliche Aufgaben und Interaktionen ermöglichen. KI-gesteuerte Software-definierte Netzwerke (SDN) und Netzwerk-Funktions-Virtualisierung (NFV) diversifizieren den Netzwerkverkehr und ermöglichen anspruchsvollere Dienste und Kundeninteraktionen. Diese Synergie kann eine neue Ära in der Telekommunikation prägen, die nahtlose Konnektivität und verbesserte Nutzererfahrungen bietet.



### Entscheidende Einflussfaktoren

- › Steigende Nachfrage nach Datendiensten
- › Einführung von 5G-Netzen
- › Ausbreitung von IoT-Geräten
- › Bedarf an Netzautomatisierung

### Herausforderungen

- › **Datenschutz und Sicherheit**  
Einhaltung von GDPR, CCPA  
Bedarf an robuster Verschlüsselung und Authentifizierung
- › **Standardisierung und Interoperabilität**  
Gemeinsame Protokolle und Schnittstellen erforderlich

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

Voraussichtliche Wachstumsrate von 2024 bis 2032 [4].

\* Durchschnittliche jährliche Wachstumsrate

# Von der Datenverarbeitung zur Analyse

Edge Computing hat sich in jüngster Zeit zu einer Wendemarke entwickelt, die Datenverarbeitung und -analyse neu gestaltet. Es gewinnt branchenübergreifend zunehmend an Bedeutung, und es wird erwartet, dass der Markt weiter wächst [5]. Sicherheits- und Datenschutzbedenken treiben Innovationen bei Verschlüsselung und Zugriffskontrolle voran, während die Edge-to-Cloud-Integration die Ressourcennutzung optimiert.

**21,41**  
Mrd. \$

Voraussichtliche  
Wachstumsrate von 2024.

**216,76**  
Mrd. \$

Voraussichtliche  
Wachstumsrate von 2032 [5].



## Der Wandel hin zur Interoperabilität zwischen mehreren Anbietern

Open RAN (Radio Access Network) ist ein Ansatz zur Förderung der Interoperabilität zwischen Mobilfunknetzgeräten verschiedener Hersteller. Die O-RAN-Alliance hat sich zum Ziel gesetzt, das traditionell monolithische, hardwarezentrierte RAN-Design in eine offene, virtualisierte und vollständig interoperable Architektur zu verwandeln [6]. Dies ermöglicht es den Anbietern von drahtlosen Netzwerk-Equipment, sich auf spezifische Softwarekomponenten zu konzentrieren anstatt ganze RAN-Systeme zu bauen, und ermöglicht es den Anbietern von drahtlosen Diensten, Komponenten verschiedener Anbieter zu mischen und zu kombinieren.

Die Marktbedingungen werden in nächster Zeit weiterhin schwierig sein, aber die langfristigen Aussichten sind positiv. Nach Angaben der Dell'Oro Group [7] wird erwartet, dass Open RAN bis 2028 20...30 % der weltweiten RAN-Umsätze ausmachen wird, was einen erheblichen Anstieg gegenüber den für 2024 prognostizierten 7...10 % bedeutet.



RG -- 240232-02

### 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“, Dezember 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“, Juni 2024: <https://marketresearchfuture.com/reports/ai-in-telecommunication-market-6803>
- [5] Fortune Business Insights, „Edge Computing Market“, Mai 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“, Februar 2024: <https://tinyurl.com/challenging-open-ran>

# ArtNet-zu-DMX-Konverter mit ESP32

Aktualisieren Sie Ihr altes DMX-Gerät

Von Emanuele Signoretta (Italien)

Das ArtNet-Protokoll hat DMX in das Netzwerk gebracht und damit einen neuen Standard geschaffen. Die neuen ArtNet-Geräte sind selbstverständlich abwärtskompatibel mit dem DMX-Standard, aber nicht umgekehrt. Doch was kann man also mit einem alten DMX-Gerät anfangen? Die Lösung ist ebenso einfach wie genial: Sie können es ganz einfach mit dem Konverter aus diesem Artikel aufrüsten und so die Kompatibilität mit dem neuen Standard gewährleisten.

Die Idee für dieses großartige Projekt ist quasi über Nacht entstanden, als ich über die Abwärtskompatibilität des ArtNet-Standards nachdachte. Ein *Universum* besteht sowohl bei ArtNet als auch bei DMX aus 512 Kanälen, deren Werte von 0...255 reichen – eine wahrhaft beeindruckende Zahl! Die meisten ferngesteuerten Geräte der neuesten Genera-

tion, die in der Unterhaltungsindustrie eingesetzt werden, sind mit beiden Protokollen kompatibel, was eine großartige Entwicklung ist! Doch was ist mit den Geräten, die ihre Aufgaben immer noch hervorragend erfüllen, aber nur das DMX-Signal empfangen können? Die einfachste und gleichzeitig genialste Idee ist es, das Signal extern von ArtNet in DMX

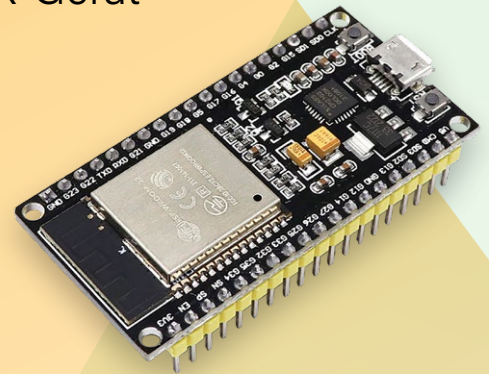


Bild 1. Das ESP32-Modul steht im Mittelpunkt des Projekts. (Quelle: Electronica In)

zu konvertieren – und zwar durch ein drahtloses, kompaktes, rekonfigurierbares Gerät!

## Hardware

Das gesamte Projekt basiert auf einer 38-poligen Version des ESP32-Moduls in **Bild 1**, dessen einfacher Schaltplan in **Bild 2** zu sehen ist. Dieses Board wurde wegen seiner

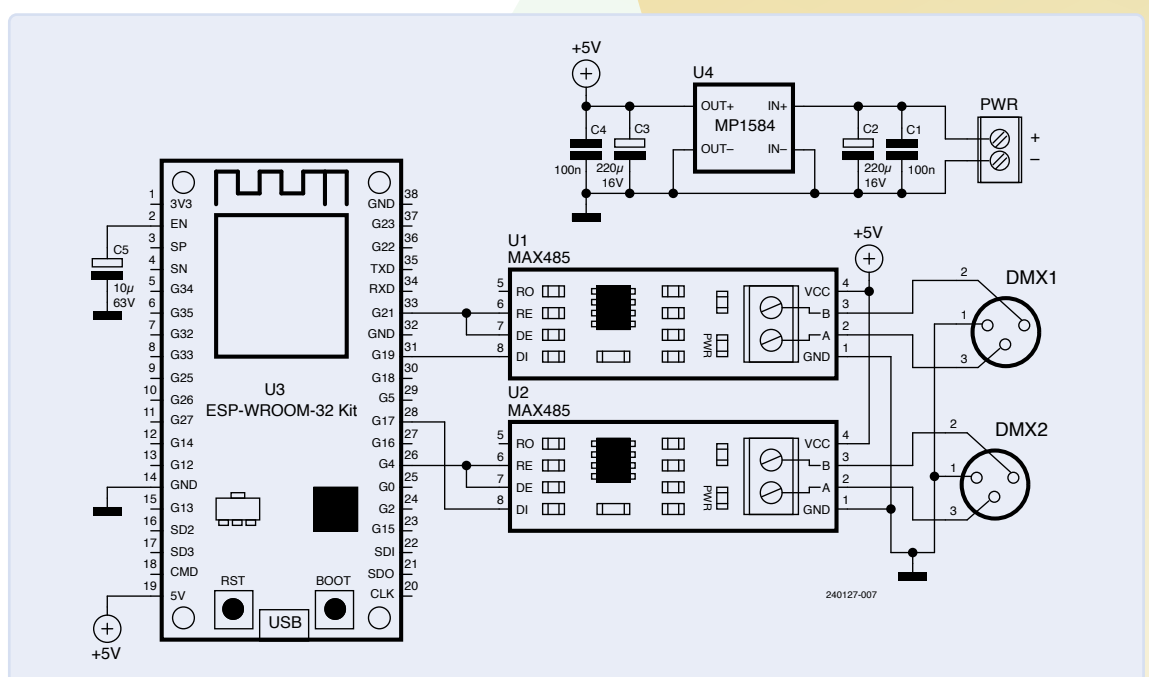


Bild 2. Der unkomplizierte Schaltplan des Konverters.

hohen Rechenkapazität und seines On-Board-Speichers, der geringen Kosten, des kleinen Gehäuses und der großen Community ausgewählt. Für die Stromversorgung habe ich einen 5-V<sub>DC</sub>-Abwärtswandler hinzugefügt.

Für den DMX-Teil werden zwei TTL-DMX-Wandler mit Anschlüssen im Internet angeboten (**Bild 3**), aber zu im Vergleich zu den anderen Komponenten sehr hohen Preisen. Wir haben uns daher für zwei TTL-zu-RS-485-Konverter (**Bild 4**) und zwei 3-polige XLR-Buchsen für Platinenmontage entschieden. Um das Ganze abzurunden, benötigen wir noch eine Niederspannungsbuchse für die Stromversorgung und ein formschönes Kunststoffgehäuse.

### Anschluss gesucht

Für das Projekt habe ich zunächst eine Platine mit der 30-poligen Version des ESP32 erstellt (**Bild 5**). Da die Verbindungen extrem einfach sind, kann man auf eine Basisplatine sogar völlig verzichten, wenn man stattdessen das verbesserte 38-polige ESP32-Modul verwendet. Der Verdrahtungsplan in **Bild 6** ist selbsterklärend. Wir beginnen mit der Spannungsversorgung: Die Niederspannungsbuchse für Gehäusemontage ist mit dem Eingang des DC-DC-Wandlers, dessen 5-V-Ausgang mit VIN am ESP32 (Pin 19) sowie mit den VCC-Pins der beiden RS-485-Module verbunden. Die gleiche Verbindung muss auch für die GND-Anschlüsse der drei Platinen und dem Massepin OUT- der Wandlerplatine hergestellt werden.

Was die Signale betrifft, so hat jedes Modul drei Eingänge: Die RE- und DE-Pins von Modul A werden mit IO4 (Pin 26), der DI-Pin mit IO17 (Pin 28) des ESP32 verbunden werden sollte. Bei Modul B sind dies IO21 (Pin 33) für RE/DE und IO19 (Pin 31) für DI. Der Ausgang jedes Konverters wird mit je einem Anschluss der XLR-Buchsen verbunden. Pin A und Pin B des MAX485 gehören an Pin 3 respektive Pin 2 der Buchse. Schließlich wird Pin 1 der Buchse mit Masse verbunden.

### Der Sketch

Der Sketch für dieses Projekt basiert auf dem GitHub-Sketch *ArtNetWiFiNeopixel* von rstefan [1] und *DMX\_Write* von Mitch Weisbord [2]. Sie können den Sketch für dieses Projekt direkt vom GitHub-Repository [3] herunterladen.

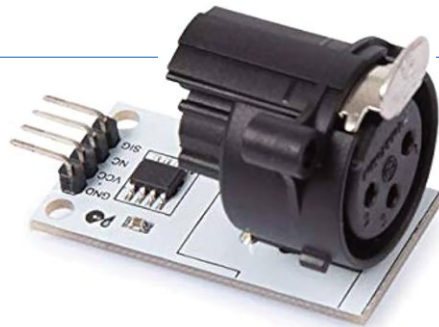


Bild 3. Auf dem Markt erhältlicher fertige, aber teure TTL-DMX-Wandler. (Quelle: Elettronica In)

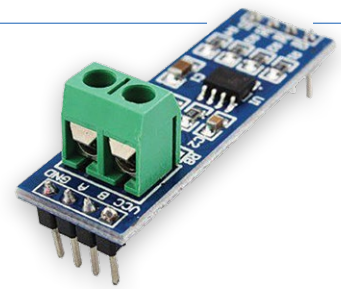


Bild 4. Der in diesem Projekt verwendete preiswerte TTL-zu-RS-485-Konverter. (Quelle: Elettronica In)

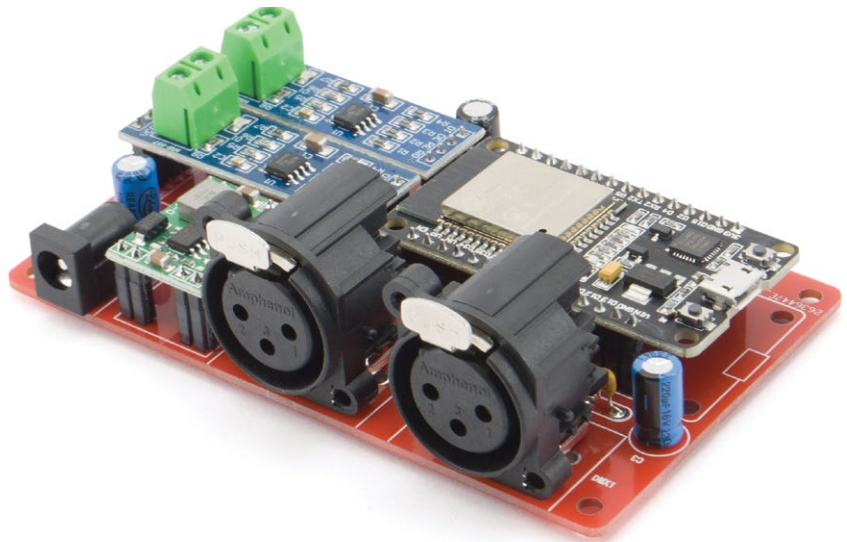


Bild 5. Ansicht einer frühen Version mit dem 30-poligen ESP32 auf einer Basisplatine.

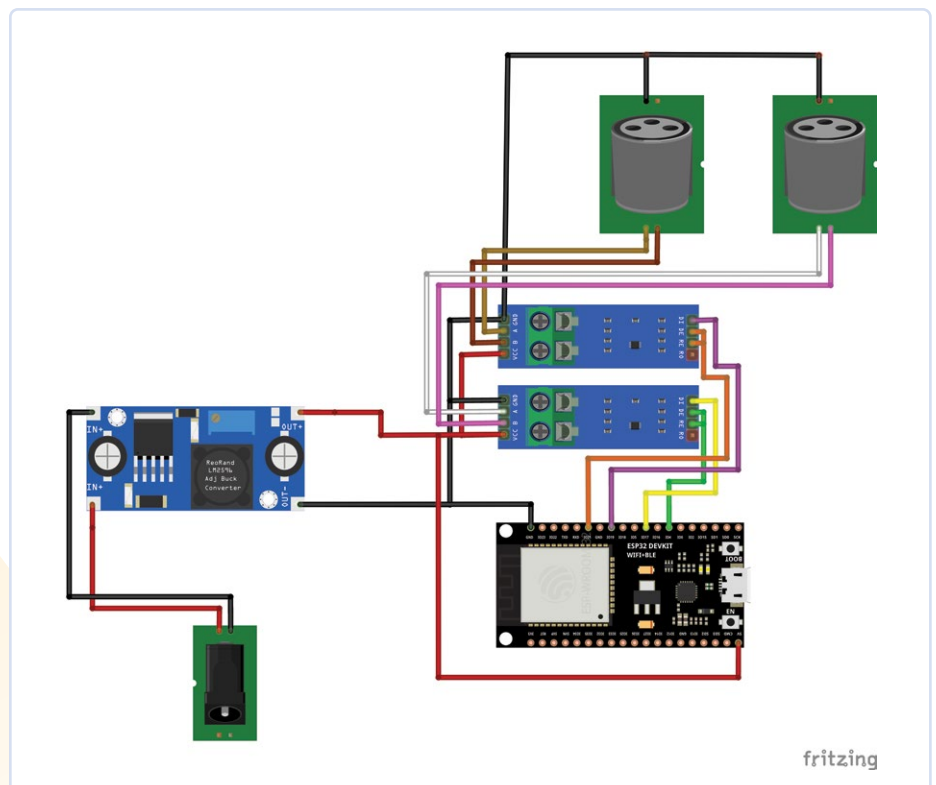


Bild 6. Der Verdrahtungsplan des Projekts.



## Listing 1: Einbindung der Bibliothek und DHCP-Konfiguration

```
#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
#endif
```

Wir wollen den Code in Häppchen analysieren und auf einige Highlights im Codes genauer eingehen. In **Listing 1** ist zu sehen, wie die Bibliotheken eingebunden und die DHCP-Konfiguration vorgenommen wird. In der Bibliothek *Arduino.h* finden sich mehrere nützliche Variablen für die Kompilierung des Sketches sowie weitere grundlegende Funktionsklassen wie *stdlib*, *stdio*, *string* und so weiter.

Die Bibliothek *esp\_dmx.h* enthält alle Anweisungen, um Signale an das TTL-zu-RS-485-Modul zu senden. Für den Empfang von ArtNet-Paketen sowie für die Verwaltung der Verbindung zum Access Point sind die Bibliotheken *ArtnetWifi.h* und *WiFi.h* zuständig. Die Bibliotheken *ESPmDNS.h*, *WiFiUdp.h* und *ArduinoOTA.h* hingegen laden die OTA-Firmware und stellen den Gerätenamen im Netzwerk gemäß dem mDNS-Protokoll ein. `#define DHCP_DISABLED`: entscheidet, ob wir eine statische IP-Adresse einstellen oder diese Aufgabe einem DHCP-Server überlassen (voreingestellt, da die Zeile auskommentiert ist). Entscheiden wir uns für eine statische IP, müssen wir alle zugehörigen Konstanten auf die gewünschte IP, das Gateway und das Subnetz setzen. Sie können zudem die DNS-Server auswählen. Auch wenn wir uns für eine dynamische IP entscheiden, ist es trotzdem nützlich – aber natürlich nicht unbedingt notwendig – die IP-Adresse des ESP32 zu kennen. Wir werden später noch einmal auf das Thema eingehen.

**Listing 2** enthält den restlichen Teil des Präprozessors. Zunächst werden die Objekte erstellt, die mit den Bibliotheken *WiFiUDP* und *ArtnetWifi* zusammenhängen. Als nächstes werden in den String-Konstanten `ssid` und `password` der Name und Passwort des WLANs definiert, mit dem sich der ESP

verbinden soll.

Die ESP-Pins, an die die beiden RS-485-Transceiver angeschlossen werden, sind in **Tabelle 1** und **Tabelle 2** aufgeführt. Bei jedem der Module haben wir den Empfangs-Pin auf 16 gesetzt, obwohl diese eigentlich nicht angeschlossen sind und in unserem Entwurf keine Rolle spielen. Dann werden die ESP-TTL-Ports definiert: Wir verwenden Port 1 für Universum A und Port 2 für Universum B. Die Daten für die beiden DMX-Universen werden in den beiden *byte*-Arrays *dataA* und *dataB* gekapselt, deren Größe in `DMX_PACKET_SIZE` definiert ist. `DMX_PACKET_SIZE` ist in der Bibliothek *esp\_dmx.h* definiert und hat einen Wert von 513. Schließlich werden alle Variablen für die Verarbeitung von ArtNet-Paketen definiert. Besonderes Augenmerk gilt der Konstante `startUniverse`, die angibt, von welchem Universum aus wir die Daten betrachten wollen.

Diese Einstellung muss geändert werden, wenn wir eine Installation mit mehreren Empfängern aus verschiedenen Universen erstellen wollen. In einigen Fällen muss sie auch geändert werden, wenn das Programm, das die Pakete sendet, eine Nummer hat, die mit „1“ anstatt mit „0“ beginnt. Im nächsten Schritt werden Konstanten für die maximale Anzahl von Universen, Kanälen und andere Variablen zur Überwachung von Zuständen und Prozessschleifen definiert.

**Listing 3** enthält alle Anweisungen im `setup()`. Die serielle Schnittstelle wird zunächst mit 115.200 Bits pro Sekunde initialisiert, um ein Debugging der Karte zu ermöglichen, zum Beispiel, um die erhaltene IP zu überprüfen. Im weiteren Verlauf werden alle Parameter konfiguriert, um eine statische IP zu erhalten, und im Falle eines Fehlers wird eine Nachricht über die serielle Schnittstelle gesen-

**Tabelle 1: Verbindungen zwischen ESP32 und RS-485-Modul A**

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

**Tabelle 2: Verbindungen zwischen ESP32 und RS485-Modul B**

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

det. Anschließend wird eine Verbindungsaufnahme zum Netzwerk versucht, und wenn diese erfolgreich ist, wird die IP des Boards an der seriellen Schnittstelle ausgegeben. Dann wird der Hostname *ESP32-ArtNetto-DMX-Converter* gesetzt, der im *Board Manager*-Bereich der IDEs angezeigt wird. Diese Funktion ist sehr nützlich, um ein Gerät unter vielen identifizieren zu können. Dann wird der Lademechanismus für OTA-Firmware und die ArtNet-Bibliothek initialisiert.

Schließlich werden die ESP-Ausgangspins und die serielle Schnittstelle, die jedem Transceiver zugewiesen werden, festgelegt und die Priorität der zu verwendenden Interrupts definiert. **Listing 4** zeigt den gesamten Teil, der sich auf die Funktion `onArtnetFrame()` bezieht. Zunächst wird geprüft, ob der Wert jedes der empfangenen Universen zu den Universen gehört, die uns interessieren. Wenn dies der Fall ist, wird das Flag der entsprechenden Zelle des Arrays auf 1 gesetzt. Anschließend wird überprüft, ob alle erforderlichen Universen empfangen wurden; andernfalls wird die Funktion beendet. Als nächstes wird überprüft, ob jeder der empfangenen Kanäle zum Universum A oder zum Universum B gehört und in das entsprechende Array aufgenommen wird.

Im nächsten Schritt werden die Daten aus jedem Universum in die jeweiligen Sendepuffer eingefügt. Sobald dieser Prozess abgeschlossen ist, wird auf den Beginn der Übertragung gewartet. Im Anschluss werden die Flags für die empfangenen Universen zurückgesetzt. Das kürzeste **Listing 5** enthält lediglich die Funktion `loop()`. Innerhalb der Schleife wird ohne Umschweife überprüft, ob der ESP korrekt mit dem AP verbunden ist. Ist dies der Fall werden die ArtNet-Pakete empfangen und verarbeitet.



## Stückliste

### Kondensatoren:

C1, C4 = 100 n, keramisch  
C2, C3 = 220 µ, 16 V, Elko  
C5 = 10 µ, 63 V, Elko

### Module:

U1, U2 = TTL-zu-RS-485-Konverter  
U3 = ESP32  
U4 = MP1584, DC-DC-Abwärtswandler 5 V

### Außerdem:

DMX1, DMX2 = 3-polige XLR-Buchse, Gehäusemontage  
PWR = Niederspannungsbuchse, Gehäusemontage  
4 St. 1x2-polige Buchsenleiste, RM 2,54  
4 St. 1x4-polige Buchsenleiste, RM 2,54  
2 St. 1x15-polige Buchsenleiste, RM 2,54  
4 St. 1x2-polige Stiftleiste, RM2,54  
Platine S1716 (102 mm × 61 mm)



## Listing 2: Objekterstellung der Bibliotheken WiFiUDP und ArtnetWifi

```
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: Die Setup()-Funktion

```
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: Die Funktion onArtNetFrame()

```

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: Die loop()-Funktion

```

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

```

## Montage

Nun ist es an der Zeit, den Konverter zusammenzubauen. Folgen Sie einfach den zuvor in Bild 6 gezeigten Verbindungen. Sie müssen bei den RS-485-Transceivern die Pins DE und RE zusammenfassen, dann bereiten Sie die XLR-Buchsen vor, indem Sie jeweils die drei Drähte anlöten (**Tabelle 3**).

Bohren Sie die Kunststoffbox für jede Buchse zwei Löcher für die Befestigungsschrauben und ein größeres für die Buchse selbst. Auch für die Niederspannungsbuchse, an die Sie zuvor zwei Kabel angelötet haben, müssen ein oder mehrere Löcher gebohrt werden. Verbinden Sie dann die Kabel der Niederspannungsbuchse mit dem Eingang des DC-DC-Wandlers. Vom Ausgang des DC-DC-Wandlers werden jeweils drei Schaltdrähte zur Stromversorgung des ESP32 und der beiden Transceiver gezogen. Je nach Wandlermodul kann es sinnvoll sein, dazu einen Schraubklemmblock einzusetzen.

Abschließend verkabeln Sie die Datenverbindungen zwischen ESP32 und den beiden Transceivern wie oben beschrieben und laden die Firmware. Ist dies geschehen, kann das Gehäuse geschlossen und die Stromversorgung eingeschaltet werden. Was jetzt noch fehlt, ist die Konfiguration der Steuerungssoftware.

## Software-Konfiguration

Es gibt viele Softwareprogramme zur Verwaltung von ArtNet-Geräten: Open Source, kostenlos und kostenpflichtig. Zu den kostenlosen (oder für die nicht-kommerzielle Nutzung kostenlosen) Programmen, die wir empfehlen möchten, gehört zweifellos MagicQ, das von Chamsys hergestellt wird und auf das wir uns hier konzentrieren wollen. Es handelt sich um ein plattformübergreifendes Programm (Windows, iOS und Ubuntu), das kostenlos heruntergeladen werden kann [4] und das die Steuerung von bis zu 256 Universen, die Verwaltung von Pixel Mapping und die Wiedergabe von HD-Videos auf bis zu acht Ebenen ermöglicht.

Dazu registrieren wir uns auf der Website und laden das Installationsprogramm herunter. Nach der Installation stehen mehrere Anwendungen der Suite zur Verfügung: Öffnen Sie *MagicQ PC* und warten Sie, bis **Bild 7** erscheint. Klicken Sie auf *Simple generic console*. In dem neuen Bild, das sich öffnet,

**Tabelle 3:**  
Verbindungen RS485-Module zu XLR

MAX485-Pin	DMX-Signal	Pin XLR-Buchse
GND	Gnd/Shield	1
A	Data+	3
B	Data-	2

gehen wir zum Menü und wählen Setup *DMX I/O*. In **Bild 8** können wir die Ausgänge der verschiedenen DMX-Universen einstellen. Als *Out Type* wählen wir Art-Net und als *Out Uni* wählen wir Art 0. Der kritische Teil der Konfiguration kommt, wenn wir die Einträge *Unicast* und *Unicast2* wählen.

Mit diesen Einträgen geben wir eindeutig an, an welche IP-Adressen wir unsere Pakete senden wollen. Angenommen, wir sind an ein Netzwerk mit einem 24-Bit-Subnetz (255.255.255.0) angeschlossen und senden daher die IP-Adresse XXX.XXX.XXX.255, dann geben wir einfach diese letztgenannte Adresse ein und vergewissern uns, dass alle Geräte im Netzwerk Pakete empfangen. Wenn

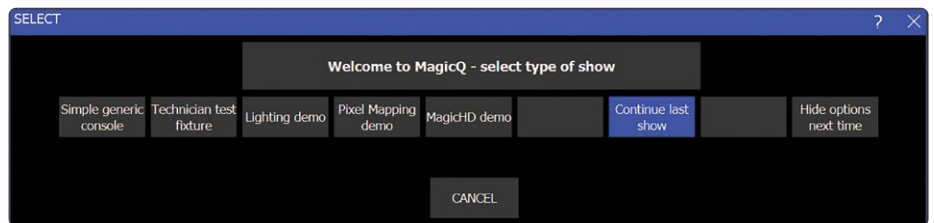


Bild 7. Startbildschirm von MagiQ zur Auswahl.

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	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
	9	Disabilitato	Art-Net	Art 8	Art-Net	Art 8	Nessuna	No	MagicVis	No	Broadcast	Broadcast	1	0.00s	01
Imposta Modalita	10	Disabilitato	Art-Net	Art 9	Art-Net	Art 9	Nessuna	No	MagicVis	No	Broadcast	Broadcast	1	0.00s	01
	11	Disabilitato	Art-Net	Art 10	Art-Net	Art 10	Nessuna	No	MagicVis	No	Broadcast	Broadcast	1	0.00s	01
User Default	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
Omen-Emanuele 01 Oct 2023 23:22:54 1.9.3.8															

Bild 8. Fenster zur Konfiguration der ArtNet-Ausgänge.

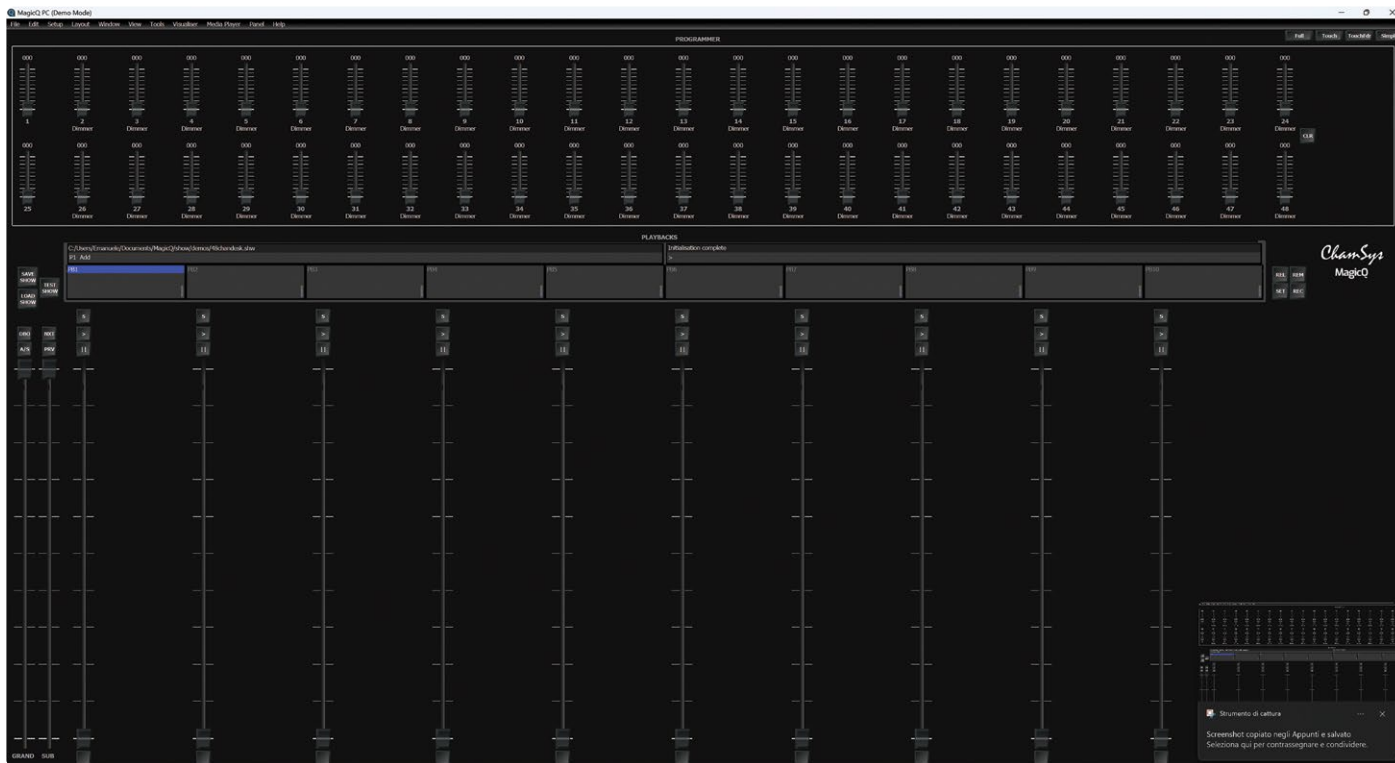


Bild 9. Schieberegler-Bedienfeld in MagicQ.

Sie aber vermeiden wollen, dass alle Geräte im Netzwerk durch das Senden von Paketen überflutet werden, stellen wir die IP des betroffenen Geräts direkt ein. Daher empfehlen wir, eine statische IP zu verwenden. Wir haben diese Konfiguration auf das ArtNet 2-Universum angewandt, das dieselbe

Datenquelle wie Universum 1 verwendet, da wir es so in der Spalte *copy* eingestellt haben. Wie Sie sehen können, haben wir die Localhost-Adresse des PCs im Feld *Unicast 2* eingestellt. Wir haben diese Konfiguration eingegeben, damit wir die tatsächliche Paketübertragung in einer Debugging-Software wie

ArtNetominator [5] überprüfen können. Für Universe 1 ist diese Option nicht angegeben, da bei der Verwendung von IP-Broadcast die Pakete automatisch zum PC „zurückgehen“. Gehen Sie nun mit dem Cursor nach oben rechts und klicken auf *Single*, so dass die Schieberegler wie in **Bild 9** erscheinen.

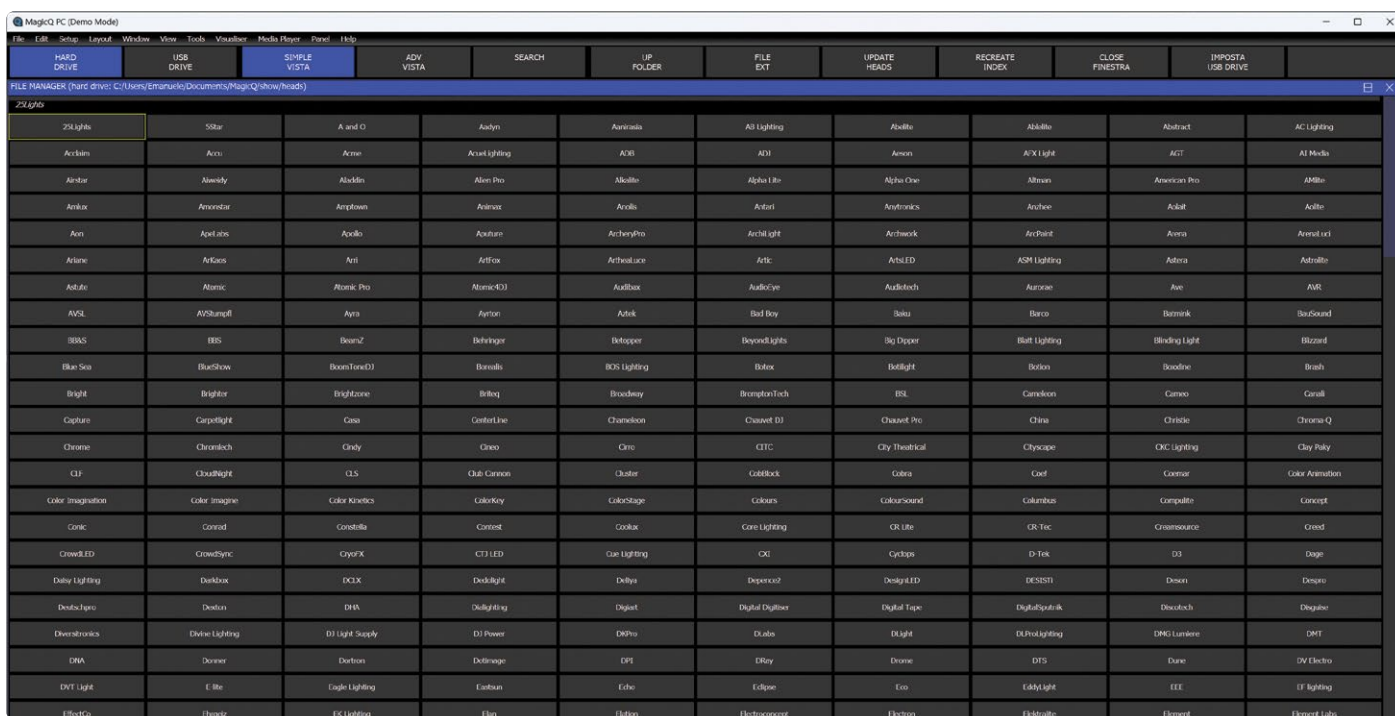


Bild 10. Fenster zur Auswahl der Geräte, nach Marke und Typ geordnet.

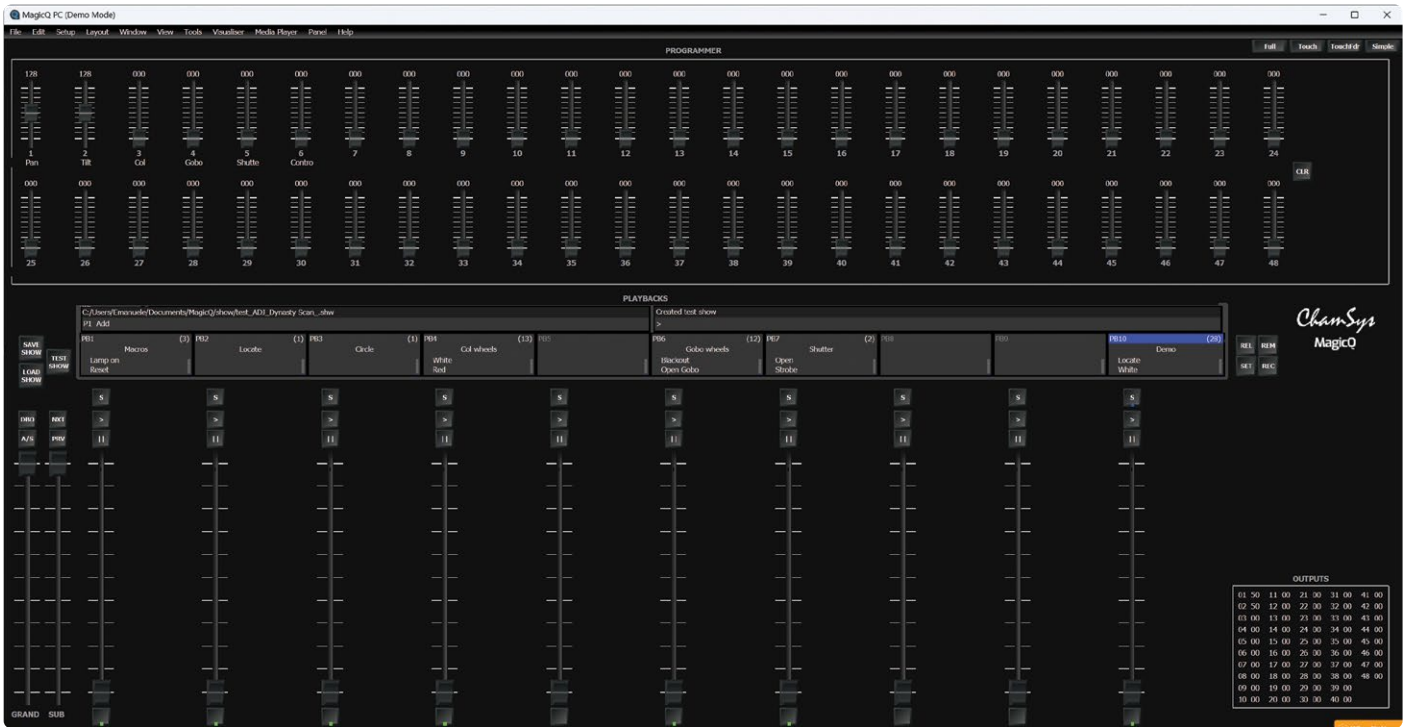


Bild 11. Eine konfigurierte Einrichtung mit den verfügbaren Makros.

Um die Übertragung der Pakete zu starten, wählen Sie *enable* und bestätigen. Um eine einfache Konfiguration des Geräts durchzuführen, gehen Sie auf halber Höhe des Bildes nach links und klicken auf *Test show*. Auf dem Bildschirm sehen wir nun eine lange Reihe von Zellen, die die Hersteller der Geräte darstellen (Bild 10). Wählen Sie die Marke aus, und alle verfügbaren vorkonfigurierten Modelle werden angezeigt.

Nachdem die Wahl getroffen ist, sehen Sie ein Fenster wie in Bild 11. Darin besteht die Möglichkeit, entweder einzelne Schieberegler für grundlegende Befehle oder einige Makros auszuwählen, die eine Mischung von Befehlen über die Zeit ausführen. Testen Sie den Betrieb, um sicher zu gehen, dass die Geräte und die Software richtig konfiguriert sind, denn wir wollen ja das volle Potenzial der Anwendung ausschöpfen! Dazu empfehlen wir Ihnen dringend die Teilnahme an unseren kostenlosen Online-Trainings unter [6].

## Abschließende Überlegungen

Wir haben den Betrieb des Systems unter verschiedenen Bedingungen getestet und dabei festgestellt, dass je nach verwendetem Access Point unterschiedliche „spannende Herausforderungen“ auf uns warten. Doch keine Sorge, sollte die Schaltung nach einigen Stunden einmal in einen Fehlerzustand geraten, können wir sie ganz einfach manuell zurücksetzen. Das ist bei einer solchen Self-made-Lösung aber auch kein Wunder. Einfach das Gerät wechseln und schon ist das Problem gelöst! Die Schaltung funktioniert dann mehrere Tage lang einwandfrei. Wir haben noch einen weiteren heißen Tipp: Verwenden Sie am besten ein dediziertes Netzwerk, um mögliche Systemabstürze zu vermeiden! ◀

SE - 240127-02

## Sie haben Fragen oder Kommentare?

Haben Sie technische Fragen oder Anmerkungen zu diesem Artikel? Dann wenden Sie sich bitte an die Elektor-Redaktion unter [redaktion@elektor.de](mailto:redaktion@elektor.de).



## Passende Produkte

- **ESP32-DevKitC-32E**  
[www.elektor.de/20518](http://www.elektor.de/20518)
- **Dogan Ibrahim, The Complete ESP32 Projects Guide, Elektor 2019**  
E-Buch, PDF, englisch:  
[www.elektor.de/18869](http://www.elektor.de/18869)



## WEBLINKS

- [1] ArtNetWiFiNeopixel-Sketch : <http://github.com/rstephan/ArtnetWiFi>
- [2] Sketch „DMX\_Write“ von Mitch Weisbord: [http://github.com/someweisguy/esp\\_dmx](http://github.com/someweisguy/esp_dmx)
- [3] Github-Repository des Autors für dieses Projekt: <http://github.com/signorettae/ESP32-ArtNet-to-DMX>
- [4] MagiQ-Download-Website: <https://chamsyslighting.com/pages/magicq-downloads>
- [5] ArtNetominator Software-Download: <https://lightjams.com/artnetominator>
- [6] Chamsys Training-Webseite: <https://chamsyslighting.com/pages/training-uk>

# DU GLÜCKSPILZ!



KOSTENLOSER  
DOWNLOAD

Ein Leser des e-zine Newsletters verpasst nie das monatliche 'reverse project'

Du bist noch kein Leser? Melde dich für unseren Newsletter an, [elektormagazine.de/ezine-24](https://elektormagazine.de/ezine-24)

