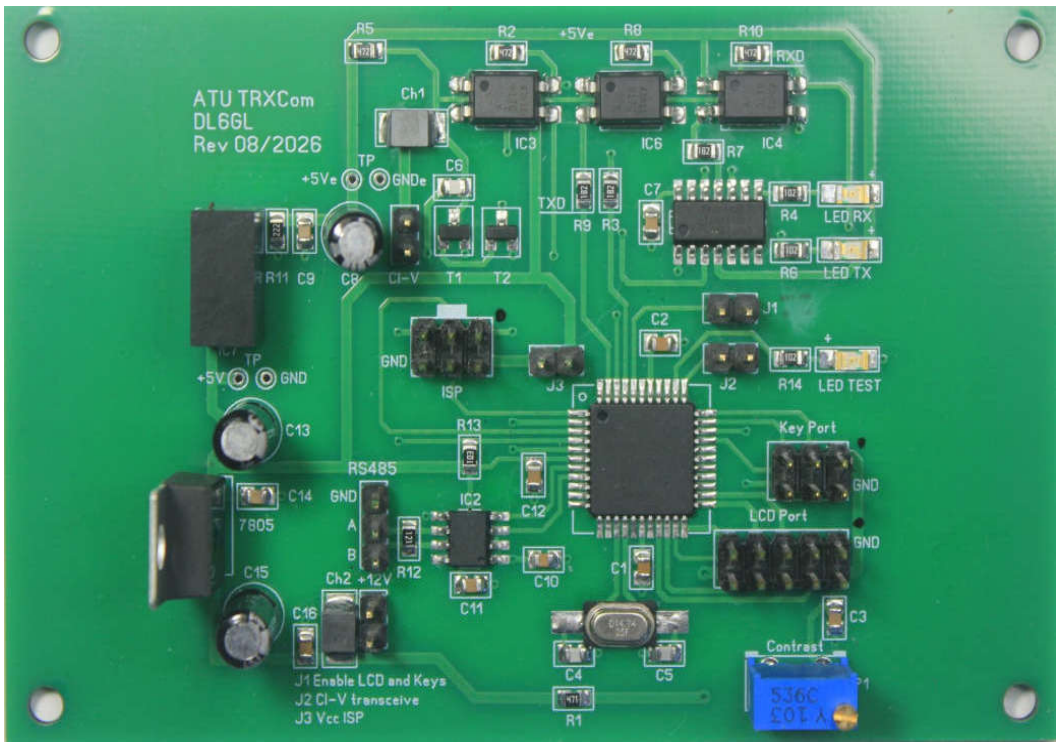
TRXCom-ICOM_200

Systembeschreibung

Frequenzübergabe vom Icom-Transceiver über CI-V an den ATU-Controller



Firmware-Stand: Version 2.10 · Platine Rev 08/2026
(Interne Version 2.29)

DB2OE & DL6GL

Stand: 26.10.2026

Entwickler	
Original-TRXCom (Schaltung und Firmware)	DC6LB
Neue Schaltung	DL6GL
Platinendesign	DH4YM
Neue Firmware	zunächst DL6GL, danach DB2OE mit KI-Unterstützung

Inhalt

1 Systemübersicht 2
2 Hardware-Topologie und Platinen-Layout 4
3 Konfiguration und Jumper-Einstellungen 5
4 Status-LED-Indikatoren 8
5 Anschlussbelegung der Schnittstellen 8
6 Bedienungsanleitung und Diagnose 9
6.1 Initialisierung und Startphase 9
6.2 Was der ATU erhält 10
6.3 LCD-Diagnoseausgaben im Normalbetrieb 10
6.4 Inbetriebnahme eines neuen Transceivers 11
6.5 Andere ICOM-Funkgeräte 11
6.6 Bewusst nicht umgesetzt: Abstimmstart vom Transceiver 11
7 TRXCom Schaltbild 12
8 TRXCom Protocols 15
8.1 TRXCom Communication RS485 15
8.2 TRXCom Communication CI-V 15

1 Systemübersicht

Das ATU TRXCom-Modul (Platinen-Revision 08/2026, basierend auf der ursprünglichen Version von DC6LB) ist ein spezialisiertes Interface, das als intelligente Brücke zwischen einem automatischen Antennentuner (ATU) und einem ICOM-Transceiver dient. Frequenzanfragen des ATU-Controllers werden per RS485 entgegengenommen und mit der zuletzt vom Funkgerät per CI-V gelesenen und geprüften Sendefrequenz beantwortet.

Gesteuert wird das System von einem ATmega162 Mikrocontroller, getaktet mit einem 18,4320 MHz Quarz. Die Firmware liest die Frequenz zyklisch und ereignisgesteuert, prüft sie auf Plausibilität und Antennenkonfiguration und meldet dem ATU im Zweifel eine Frequenz = 0. Der ATU stimmt dann nicht ab. So wird verhindert, dass in ein nicht angepasstes Antennensystem gesendet wird.

Kernfunktionen der Firmware

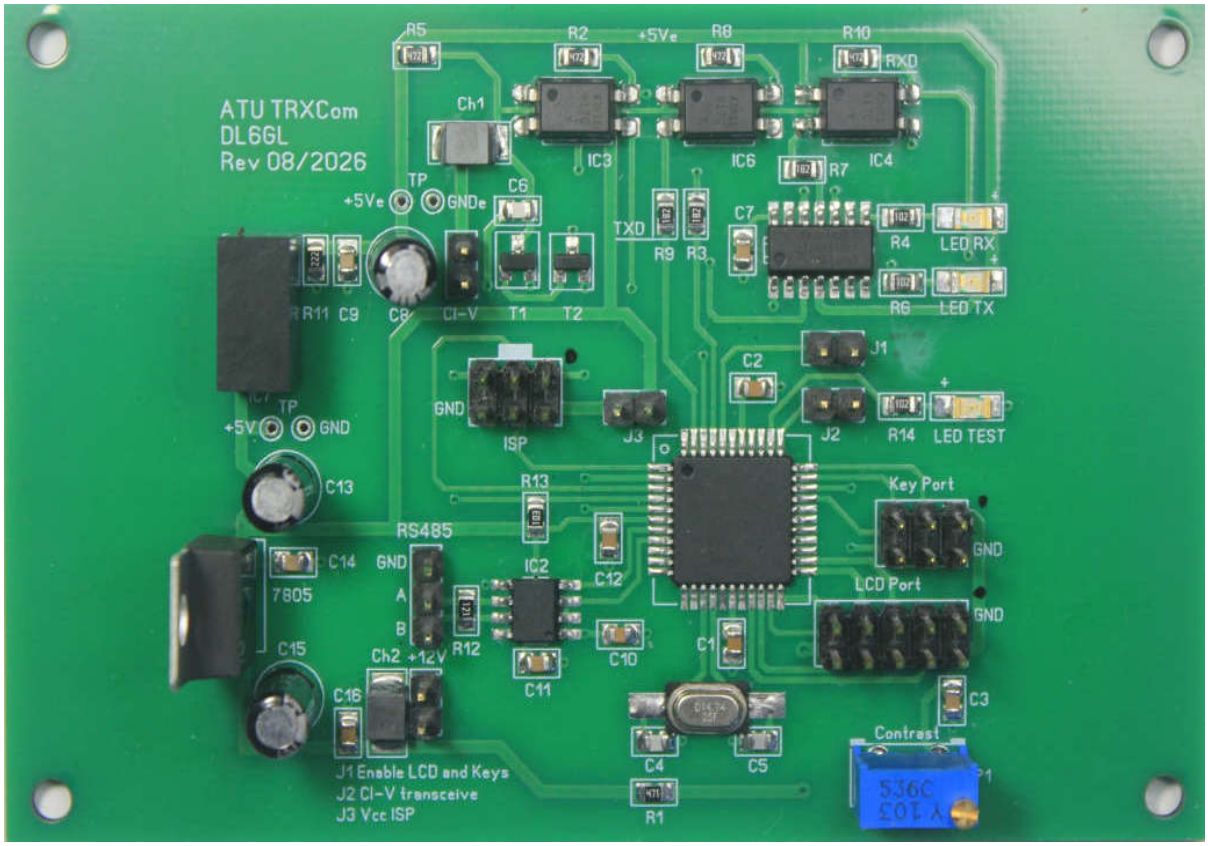
Funktionen mit dem Kennzeichen ⚠ **sicherheitsrelevant** entscheiden darüber, welche Frequenz der ATU erhält oder ob er 0 erhält und nicht abstimmt. Ein Fehler dort kann dazu führen, dass mit einer falschen Abstimmung in das Antennensystem gesendet wird. Folgen sind hohes SWR mit möglichen Folgeschäden an Komponenten. Diese Funktionen dürfen nur nach Prüfung und Test geändert werden.

Entwicklung und Erprobung erfolgten an einem ICOM IC-7610. Für aktuelle ICOM-Modelle sollte die Funktionalität ebenfalls gegeben sein, da die spezifische CI-V-Adresse über die u.a. Lernfunktion ermittelt wird.

- **Sendefrequenz für den ATU (⚠ sicherheitsrelevant):** TRXCom liest die Sendefrequenz mit `1C 03`, auch bei Split. Kennt ein Funkgerät `1C 03` nicht, nutzt TRXCom automatisch `03`. Im Split-Betrieb weicht die Empfangsfrequenz von der Sendefrequenz ab, unter Umständen um ein ganzes Band.
- **Antennenprüfung (⚠ sicherheitsrelevant):** Am IC-7610 sitzt der Tuner an ANT1. Ist eine andere Antenne aktiv, bekommt der ATU eine Frequenz = 0. Funkgeräte mit nur einer Antennenbuchse arbeiten ohne Einschränkung. Eine Abstimmung bei aktiver ANT2 läuft ohne den Tuner im Signalweg ab. Der Tuner würde Werte übernehmen, die nicht zum tatsächlichen Antennensystem passen, und beim Zurückschalten auf ANT1 wäre er falsch eingestellt.
- **Keine veraltete Frequenz (⚠ sicherheitsrelevant):** Liefert das Funkgerät ca. 10 s keinen gültigen CI-V-Rahmen, meldet TRXCom eine Frequenz = 0. Im Passivbetrieb fragt TRXCom zusätzlich alle 2 s selbst ab. Nach Ausschalten, Kabelfehler oder einem verlorenen Rahmen würde sonst eine alte Frequenz weitergegeben, obwohl das Funkgerät längst auf einer anderen sendet.
- **Geprüfte CI-V-Rahmen (⚠ sicherheitsrelevant):** Frequenzrahmen werden nur mit der Länge nach Icom-Vorgabe und im Bereich 1800 bis 52000 kHz angenommen, außerhalb meldet TRXCom eine Frequenz = 0. Ein verstümmelter Rahmen oder eine Frequenz außerhalb der Tunerbänder ergäbe eine falsche Abstimmung.
- **Adresse lernen oder fest (Jumper J2):** Das Modul ermittelt die CI-V-Adresse des Funkgeräts aus dem Datenstrom und speichert sie im EEPROM, oder es arbeitet mit der gespeicherten Adresse. Eine falsche Adresse führt dazu, dass keine Daten ankommen und der ATU eine Frequenz = 0 erhält.
- **CSMA/CD Kollisionsvermeidung:** TRXCom sendet erst nach 30 ms Ruhe auf dem Bus, prüft jedes gesendete Byte über das Echo und wiederholt nach einer Kollision nach zufälliger Wartezeit. Dient der Zuverlässigkeit. Gestörte Rahmen werden zusätzlich durch die Rahmenprüfung abgefangen.
- **Selbstheilung und Watchdog:** Ein hängender Empfang wird neu initialisiert. Hängt die Hauptschleife, startet der Watchdog das Modul nach 2 s neu. Dient der Verfügbarkeit. Ein hängendes TRXCom antwortet dem ATU nicht, der ATU erhält dann keine Frequenz.
- **Galvanische Isolation (Geräteschutz):** Der CI-V-Bus ist durch Optokoppler (LTV817) und einen DC/DC-Wandler (SIM1-0505) elektrisch vollständig vom ATU-Tuner-Netzwerk getrennt. *Begründung:* Keine Masseschleifen und keine Ausgleichsströme zwischen Funkgerät und Tuner-Steuerung über die Datenleitung.

2 Hardware-Topologie und Platinen-Layout

Die Abbildung zeigt die bestückte TRXCom-Platine (Rev 08/2026), hergestellt von DH4YM. Die Bauteile sind funktional in Blöcke unterteilt, um Einstreuungen zwischen dem ATU-Bordnetz und dem CI-V-Datenbus gering zu halten.



TRXCom-Platine Rev 08/2026. Außenabmessung kompatibel zum Original von DC6LB.

Funktionale Beschreibung der Baugruppen

- **Galvanische CI-V-Trennung (oben):** Hier sitzen die drei Optokoppler IC3, IC6 und IC4 (alle LTV817) sowie darunter, rechts neben C7, der Schmitt-Trigger-NAND IC5 (74HC132) zur Signalformung und CI-V Sende-/Empfangsumschaltung. Der schwarze Block IC7 (links) ist der DC/DC-Wandler SIM1-0505 für die isolierte 5-V-Versorgung. Die LTV817 arbeiten bei 19200 Baud allerdings an ihrer Auslegungsgrenze. In einer neuen Platinenrevision werden daher alle LTV817 gegen EL0452 getauscht.
- **CI-V-Anschluss (oben links):** Die 2-polige Stiftleiste neben C8 dient dem Anschluss an die CI-V-Buchse des Funkgeräts (Signalleitung und isoliertes GNDe). Die Transistoren T1 und T2 (2N7002) treiben den Bus und die LED TX.
- **RS485-Schnittstelle (unten links):** Der MAX485 (IC2) wandelt die seriellen Daten für den Tuner. Links daneben die 3-polige Stiftleiste für die Verbindung zum ATU (GND, A, B), darunter die 2-polige Stiftleiste für die +12-V-Versorgung vom ATU. Der Abschlusswiderstand R12 (120 Ω) wird nur am Busende bestückt.
- **Spannungsversorgung (links):** Festspannungsregler 7805 mit C13 bis C16.
- **Mikrocontroller (Zentrum):** Der ATmega162 (IC1) im TQFP44-Gehäuse verarbeitet die Logik. Direkt darunter der Systemquarz 18,4320 MHz (im Foto noch der ursprüngliche 14,7456-MHz-Quarz).

- **Jumper (rechts neben dem Mikrocontroller):** J1 (LCD und Tasten) und darunter J2 (Adressmodus, Beschriftung „CI-V transceive“). J3 (ISP Vcc) sitzt links neben dem ISP-Anschluss.
- **LEDs (rechts oben):** LED RX und LED TX zeigen den Busverkehr, LED TEST (neben J2) den Programmzustand, siehe Abschnitt 4.
- **Benutzerschnittstellen (rechts):** Oben der 6-polige Key-Port für optionale Tasten, darunter die 10-polige Stiftleiste für das optionale LCD und darunter das blaue Trimmpotentiometer P1 (Kontrast).

Kompilieren und Flashen

Die Firmware ist mit BASCOM-AVR 2.0.8.7 kompiliert. Vor dem ersten Flashen werden die Fuse-Bits gesetzt (Werte wie im Kopf des Quellcodes):

Fuse	Wert	Bedeutung
Extended	0xFB	Brown-out-Erkennung bei 2,7 V
High	0xD7	JTAG aus, SPI-Programmierung ein, EEPROM bleibt beim Flashen erhalten (EESAVE), kleinster Bootbereich
Low	0xFF	externer Quarz über 8 MHz (18,432 MHz), Anlaufzeit 16k CK + 65 ms, kein Taktteiler
Lock	0xFF	nicht verändern

⚠ **JTAG muss ausgeschaltet sein.** Ein fabrikneuer ATmega162 hat JTAG eingeschaltet. Dann sind PC2 bis PC5 durch JTAG belegt, und dort hängen DB4 bis DB7 des LCD.

EESAVE muss gesetzt sein. Sonst löscht jedes Flashen die gelernte Funkgeräteadresse sowie die Watchdog- und Brown-out-Zähler im EEPROM.

3 Konfiguration und Jumper-Einstellungen

Die Jumper werden vor dem Einschalten gesetzt und beim Start gelesen. J2 bestimmt nur, wie TRXCom die CI-V-Adresse des Funkgeräts findet. Nach dem Start arbeiten beide Stellungen gleich.

⚠ ***Sicherheitsrelevant: Der Antennentuner MUSS IMMER an ANT1 des Funkgeräts betrieben werden.***

Begründung: Icom schreibt für externe Tuner (AH-4, AH-740) die Buchse ANT1 vor. Die Firmware geht fest von ANT1 als Tunerantenne aus. Sie gibt die Frequenz an den ATU nur weiter, wenn am Funkgerät ANT1 aktiv ist, sonst meldet sie 0. Hängt der Tuner an ANT2, kehrt sich diese Schutzfunktion um: Der ATU würde abstimmen, während das Funkgerät auf ANT1 ohne Tuner sendet, und bei aktiver ANT2 mit dem Tuner im Signalweg erhielte er Frequenz = 0.

⚠ **Sicherheitsrelevant, Zählerbetrieb ohne TRXCom:** Der ATU-Controller kann die Antenne des Funkgeräts dann nicht prüfen. Das Funkgerät muss deshalb auf jedem Band ANT1 nutzen. Der IC-7610 speichert die Antenne je Band. Steht ein Band auf ANT2, geht der Abstimmträger am Tuner vorbei, und der ATU meldet „No counter frequency“ bzw. bricht das Abstimmen ab. *Begründung:* Das ist die sichere Reaktion, sie sieht aber wie ein Fehler aus. Mit TRXCom wird derselbe Fall über die Antennenprüfung erkannt (ATU erhält 0).

Jumper	Position auf Platine	Funktion / Auswirkung
J1	rechts neben dem ATmega, oben	LCD und Tasten: **gesteckt** = LCD wird initialisiert und zeigt den Status. **offen** = LCD aus. Im Routinebetrieb ist das LCD entbehrlich.
J2	rechts neben dem ATmega, unter J1	Adressmodus: **offen** = Adresse lernen (Passivbetrieb). **gesteckt** = Adresse fest aus dem EEPROM (Aktivbetrieb). Im Schaltbild noch mit „Transceive ON/OFF“ beschriftet.
J3	links neben dem ISP-Anschluss	Vcc ISP: verbindet die 5-V-Versorgung mit dem ISP-Anschluss zur Programmierung, falls kein externes Netzteil verwendet wird oder +5 V nicht vom Programmer kommt.

Einstellungen am Funkgerät

Einstellung (IC-7610)	J2 offen (Passivbetrieb)	J2 gesteckt (Aktivbetrieb)
CI-V Transceive	ON	OFF
CI-V Output (for ANT)	ON	OFF
CI-V USB Port	Link to [REMOTE]	Link to [REMOTE]
CI-V Baud Rate	19200	19200
Abfrage durch TRXCom im Betrieb	ca. alle 2 s (Sicherheitsnetz und Antenne)	ca. alle 1,1 s

Nach einer Änderung der CI-V-Einstellungen sollte das Funkgerät aus- und wieder eingeschaltet werden (Erfahrungswert). „Link to [REMOTE]“ sorgt dafür, dass Frequenzänderungen durch PC-Programme auch auf der REMOTE-Buchse erscheinen. Beim IC-7300MK2 heißt die entsprechende Einstellung „CI-V USB/LAN→REMOTE Transceive Address“ (nicht verifiziert).

CI-V-Baudrate: Ab Firmware 2.10 wird sie im Quellcode mit `Const CIVBaud` gewählt (9600, 19200, 38400, 57600 oder 115200, Voreinstellung 19200). Andere Werte brechen das Kompilieren ab. Funkgerät und TRXCom müssen auf denselben festen Wert stehen, nicht auf „Auto“, und alle Geräte am CI-V-Bus ebenso. Verifiziert ist nur 19200 Baud. Höhere Raten sind erst mit der neuen Platinenrevision (EL0452) vorgesehen. RS485 zum ATU bleibt bei 19200 Baud.

Aktiv oder passiv?

Der Aktivbetrieb reagiert im schlechtesten Fall schneller, der Passivbetrieb belastet den Bus nur halb so stark. Gemessen mit Firmware 2.10 am IC-7610 in je 5 h:

	Aktivbetrieb	Passivbetrieb
Abfrage durch TRXCom	ca. alle 1,1 s	ca. alle 2,15 s
Frequenzwechsel	spätestens mit der nächsten Abfrage	das Funkgerät kündigt ihn an, TRXCom fragt sofort nach
Antennenwechsel (wird nicht angekündigt)	spätestens mit der nächsten Abfrage	spätestens mit der nächsten Abfrage
Längste gemessene Reaktion	1,1 s	1,9 s
Verkehr auf dem Bus	doppelt so viel	halb so viel

Mit nur Funkgerät und TRXCom am Bus sind beide Betriebsarten gleichwertig. Mit weiteren Geräten am Bus (z. B. S-/P-Meter) wird der Passivbetrieb empfohlen, weil weniger Verkehr weniger Kollisionen bedeutet. Für das Abstimmen spielt der Unterschied praktisch keine Rolle: Bis zur neuen Frequenz bekommt der ATU höchstens etwa 2 s lang noch den vorherigen Wert oder 0, aber nie einen verfälschten.

Adressen von TRXCom (fest)

Bus	Adresse TRXCom	Gegenstelle
CI-V	E1h	Funkgerät (gelernt oder aus dem EEPROM, IC-7610: 98h)
RS485	02h	ATU-Controller 00h

Die CI-V-Adresse E1h ist fest im Code eingestellt und darf von keinem anderen Gerät am CI-V-Bus benutzt werden. PC-Programme verwenden üblicherweise E0h. Bis zum 09.10.2026 nutzte TRXCom ebenfalls E0h, dadurch waren Antworten für den PC und für TRXCom nicht zu unterscheiden.

Adresse lernen (Jumper J2 offen)

In der Startphase fragt TRXCom die Frequenz etwa alle 125 ms ab, abwechselnd mit `03` an die Rundrufadresse 00h und direkt an die gespeicherte Adresse. Die Quelladresse (01h bis DFh) des ersten vollständigen Frequenzrahmens wird übernommen und bei Änderung im EEPROM gespeichert. Der IC-7610 beantwortet `03` an 00h mit NG. Ein Funkgerät mit einer anderen als der gespeicherten Adresse wird daher über seine Transceive-Meldungen angelernt, also mit Transceive ON und einer Frequenzänderung.

Im Betrieb meldet das Funkgerät Frequenzänderungen selbst: Transceive-Rahmen an 00h (Empfangsfrequenz) und mit „CI-V Output (for ANT)“ die Sendefrequenz `1C 03` an die Adresse 01h. TRXCom fragt zusätzlich etwa alle 2 s selbst ab, als Sicherheitsnetz und für die Antenne.

Adresse fest (Jumper J2 gesteckt)

TRXCom verwendet die im EEPROM gespeicherte Adresse, bei leerem EEPROM 98h (IC-7610). Es wird nichts gelernt und nichts ins EEPROM geschrieben. Stimmt die gespeicherte Adresse nicht, findet TRXCom das Funkgerät nie. Abhilfe: J2 ziehen, Adresse anlernen lassen, J2 wieder stecken. Im Betrieb fragt TRXCom etwa alle 1,1 s die Sendefrequenz (`1C 03`), 80 ms später die Empfangsfrequenz (`03`) und die Antenne (`12`) ab.

⚠ Sicherheitsrelevant: Mehrere Transceiver am CI-V-Bus

Nach dem Start wertet TRXCom nur noch Rahmen der gelernten bzw. gespeicherten Adresse aus, weitere Transceiver am Bus stören dann nicht. Mit J2 offen wird die Adresse jedoch **bei jedem Start von TRXCom neu gelernt**: Übernommen wird die Adresse des ersten vollständigen Frequenzrahmens, gleich von welchem Funkgerät. Wird dabei das falsche Funkgerät gelernt, erhält der ATU dessen Frequenz und stimmt falsch ab.

- **Empfohlen:** Adresse einmal mit J2 offen lernen, dabei nur das zugehörige Funkgerät einschalten. Danach J2 stecken (Adresse fest). Andere Funkgeräte können die Adresse dann nicht mehr verdrängen.
- **Alle Funkgeräte am Bus brauchen unterschiedliche CI-V-Adressen.** Zwei Geräte mit gleicher Adresse (z. B. zweimal IC-7610 mit Werksadresse 98h) kann TRXCom nicht unterscheiden.
- **Theoretisch möglich, aber nicht empfohlen:** Betrieb mit J2 offen, wenn das zugehörige Funkgerät nach dem Einschalten zunächst allein am Bus ist und weitere Transceiver erst eingeschaltet werden, nachdem TRXCom die Adresse gelernt hat (LCD Zeile 1 zeigt `ADR:..`, die LED TEST blinkt langsam). Das muss bei **jedem** Einschalten von TRXCom eingehalten

werden. Zudem startet TRXCom bei einer Störung über den Watchdog selbsttätig neu und lernt dann im laufenden Betrieb erneut, während alle Funkgeräte eingeschaltet sind. Die Schutzwirkung hinge damit an der Einschaltreihenfolge und am Zufall.

4 Status-LED-Indikatoren

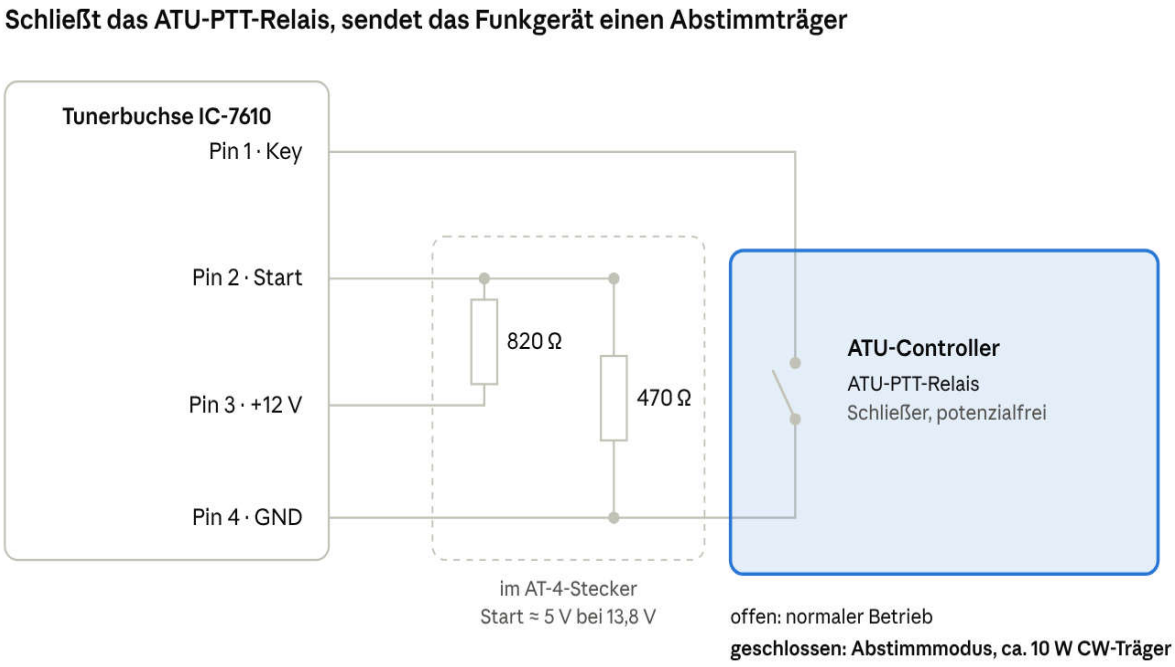
Die drei SMD-LEDs zeigen Programmzustand und Busverkehr. LED RX und LED TX werden von der Hardware angesteuert, LED TEST von der Firmware.

- **LED TEST (Heartbeat, neben J2):** blinkt in der Startphase schnell (ca. 4 Hz), solange TRXCom das Funkgerät sucht. Im Normalbetrieb wechselt sie etwa jede Sekunde ihren Zustand. Das zeigt, dass die Hauptschleife läuft. Bleibt sie stehen, startet der Watchdog das Modul nach 2 s neu.
- **LED RX (oben rechts):** leuchtet bei Signalen auf dem CI-V-Bus. Sie zeigt Busverkehr aller Teilnehmer, nicht nur gültige Daten des Funkgeräts.
- **LED TX (darunter):** leuchtet, wenn TRXCom selbst auf den CI-V-Bus sendet.

5 Anschlussbelegung der Schnittstellen

Port	Pin-Belegung	Beschreibung
RS485 Port (zum ATU)	GND, A, B	Twisted Pair (A, B) plus GND zum ATU-Controller. Abschlusswiderstand R12 (120 Ω) nur am Busende bestücken.
+12 V (vom ATU)	+12 V, GND	Versorgung der Platine, 7805 erzeugt +5 V.
CI-V Port (zum ICOM TRX)	CI-V, GNDe	Bus zum Funkgerät (REMOTE-Buchse). GNDe ist die galvanisch isolierte Masse aus dem DC/DC-Wandler. Es besteht keine Masseverbindung zum Tuner.
LCD Port (10 Pins, 2x5)	1: VSS, 2: VCC, 3: VO, 4: RS, 5: E, 6: DB4, 7: DB5, 8: DB6, 9: DB7, 10: LED+	Für Standard-16x2-Displays (HD44780) im 4-Bit-Modus, zum Beispiel ein handelsübliches LCD-Modul 1602 (16 × 2 Zeichen) in der 5-V-Ausführung mit paralleler Schnittstelle, ohne I²C-Adapter. Die LCD-Pins DB0 bis DB3 bleiben unverbunden. LCD-Pin 5 (RW) und 16 (LED−) liegen am LCD auf Pin 1 (VSS). Hintergrundbeleuchtung über R1 (470 Ω) an +12 V, ohne Vorwiderstand auf dem Modul fließen etwa 19 mA. Die Adern des Flachkabels liegen in derselben Reihenfolge wie die LCD-Anschlüsse.
Key Port (6 Pins, 2x3)	1: +5 V, 2: GND, 3: Up (PA4), 4: Down (PA7), 5: Set (PA5), 6: End (PA6)	Für zukünftige Erweiterungen. Die Tasten schalten gegen Masse, die internen Pullups sind aktiv. Von der Firmware derzeit nicht ausgewertet.
ISP (6 Pins, 2x3)	1: MISO, 2: Vcc, 3: SCK, 4: MOSI, 5: RST, 6: GND	Programmieranschluss, Versorgung über J3 zuschaltbar.

Tuneranschluss am Funkgerät (⚠ sicherheitsrelevant): Die Tunerbuchse bedient der ATU-Controller, nicht TRXCom. Sie gehört trotzdem zum System, weil sie festlegt, wann das Funkgerät sendet.



Tuneranschluss · AT-4-Stecker mit Spannungsteiler, ATU-PTT-Relais im ATU-Controller

Im AT-4-Stecker an der Tunerbuchse sitzen zwei Widerstände: 820 Ω von +12 V (Pin 3) nach Start (Pin 2) und 470 Ω von Start nach GND (Pin 4). An Start liegen damit bei 13,8 V Versorgung etwa 5 V, das Funkgerät erkennt einen externen Tuner und schaltet den internen ab. Key (Pin 1) und GND (Pin 4) gehen ohne weitere Schutzbeschaltung an die potenzialfreien Kontakte des ATU-PTT-Relais im ATU-Controller. Relais offen: normaler Betrieb. Relais geschlossen: Abstimmmodus, das Funkgerät sendet ohne PTT einen CW-Träger mit etwa 10 W. *Begründung:* Das Relais ist ein Schließer. Ist der ATU-Controller stromlos oder startet er neu, bleibt der Kontakt offen und das Funkgerät sendet nicht.

6 Bedienungsanleitung und Diagnose

6.1 Initialisierung und Startphase

Nach dem Anlegen der 12-V-Versorgung wartet das System 100 ms, damit DC/DC-Wandler und Optokoppler stabil sind. Spannungsspitzen beim Einschalten werden so nicht als UART-Daten gelesen. Danach werden Reset-Ursache sowie Watchdog- und Brown-out-Zähler aus dem EEPROM gelesen.

Bei gestecktem J1 zeigt das LCD „Scanning TRX...“, die LED TEST blinkt schnell. TRXCom fragt das Funkgerät etwa alle 125 ms ab. Sobald eine gültige Frequenz decodiert ist (und die Adresse gegebenenfalls gespeichert wurde), wechselt das Modul in den Normalbetrieb. Am IC-7610 hält TRXCom die erste Frequenz bis zu 0,5 s zurück, bis die Antwort zur Antenne vorliegt. Bis dahin bekommt der ATU 0.

Taktbremse: Am Ende jedes Durchlaufs der Hauptschleife steht eine feste Pause von 40 ms. Sie gibt der Eingangsschaltung Zeit und verhindert eine Überflutung des Busses, unabhängig davon, ob das LCD aktiv ist.

6.2 Was der ATU erhält

TRXCom beantwortet jede Anfrage des ATU sofort mit der zuletzt gültigen Sendefrequenz in kHz. In folgenden Fällen meldet TRXCom stattdessen 0, und der ATU stimmt nicht ab. Alle Fälle sind ⚠ sicherheitsrelevant (Begründungen in Abschnitt 1):

- Das Funkgerät liefert seit ca. 10 s keinen gültigen CI-V-Rahmen (aus, Standby, Kabel getrennt). LCD: „NO CI-V DATA ->0“.
- Die Frequenz liegt außerhalb 1800 bis 52000 kHz (z. B. 4 m).
- Am IC-7610 ist eine andere Antenne als ANT1 aktiv. Bei Split über Bänder entscheidet die zuletzt für den Sendebereich gelernte Antenne, unbekannt ergibt 0.
- Startphase bzw. Bereichswechsel, bis die Antwort zur Antenne da ist (max. ca. 0,5 s).

6.3 LCD-Diagnoseausgaben im Normalbetrieb

Das LCD wird nur zur Fehlersuche benötigt, im Routinebetrieb bleibt J1 offen. Geeignet ist ein handelsübliches LCD-Modul 1602 mit 16 × 2 Zeichen (Anschluss siehe Abschnitt 5). Die Anzeige wird mit jeder Abfrage aktualisiert, im Aktivbetrieb etwa alle 1,1 s, im Passivbetrieb etwa alle 2 s.

Anzeige	Beispiel	Bedeutung
Zeile 1	`14.200MHz ADR:98`	Sendefrequenz und genutzte bzw. gelernte CI-V-Adresse (hex)
Zeile 2, Zähler	`R392 T427 E0`	R: decodierte CI-V-Frequenzrahmen, T: per RS485 beantwortete Anfragen des ATU, E: Ergebnis der letzten RS485-Antwort (0 = OK, 99 = Fehlerantwort nach CRC-Fehler gesendet)
Zeile 2, Antenne	`T:A1 S R:A1 ->FWD`	T: Tunerantenne, S: Sende- und Empfangsfrequenz verschieden (Split), R: Antenne des Funkgeräts (A? = unbekannt), ->FWD: Frequenz wird weitergegeben, ->0: der ATU erhält 0
Zeile 2, kein Funkgerät	`NO CI-V DATA ->0`	seit ca. 10 s kein gültiger Rahmen
Zusatzseite	`RST08 W1 B0`	Reset-Ursache (hex), Zahl der Watchdog- und Brown-out-Resets (nur wenn vorhanden)
Zusatzseite	`H2 A98 S3 F3C`	Selbstheilungen, Adresse, Parserzustand und Flags der letzten Heilung (gesund: F3C)
Zusatzseite	`REJ L1 R0`	verworfene Frequenzrahmen: L = falsche Länge, R = außerhalb des Bereichs
Zusatzseite	`ANN 68`	angenommene `1C 03`-Meldungen an 01h (CI-V Output for ANT)
Zusatzseite	`MEM#1 B2=xx`	fehlerhaftes Kopfbyte im RS485-Antwortrahmen gefunden und korrigiert

Zeile 2 wechselt zwischen Zählerseite und Antennenseite. Die Zusatzseiten erscheinen nur, wenn es etwas anzuzeigen gibt.

6.4 Inbetriebnahme eines neuen Transceivers

1. Vor dem Einschalten Jumper J2 entfernen (Adresse lernen).
2. Am Funkgerät „CI-V Transceive = ON“ und „CI-V Output (for ANT) = ON“ setzen, Baudrate 19200, Funkgerät aus- und wieder einschalten.
3. TRXCom einschalten und am Funkgerät einmal die Frequenz ändern. Die Adresse wird erkannt und im EEPROM gespeichert (LCD Zeile 1: `ADR:..`).
4. Für den Passivbetrieb so belassen. Für den Aktivbetrieb Transceive und Output (for ANT) auf OFF setzen, Funkgerät neu starten, J2 stecken und TRXCom neu starten.

6.5 Andere ICOM-Funkgeräte

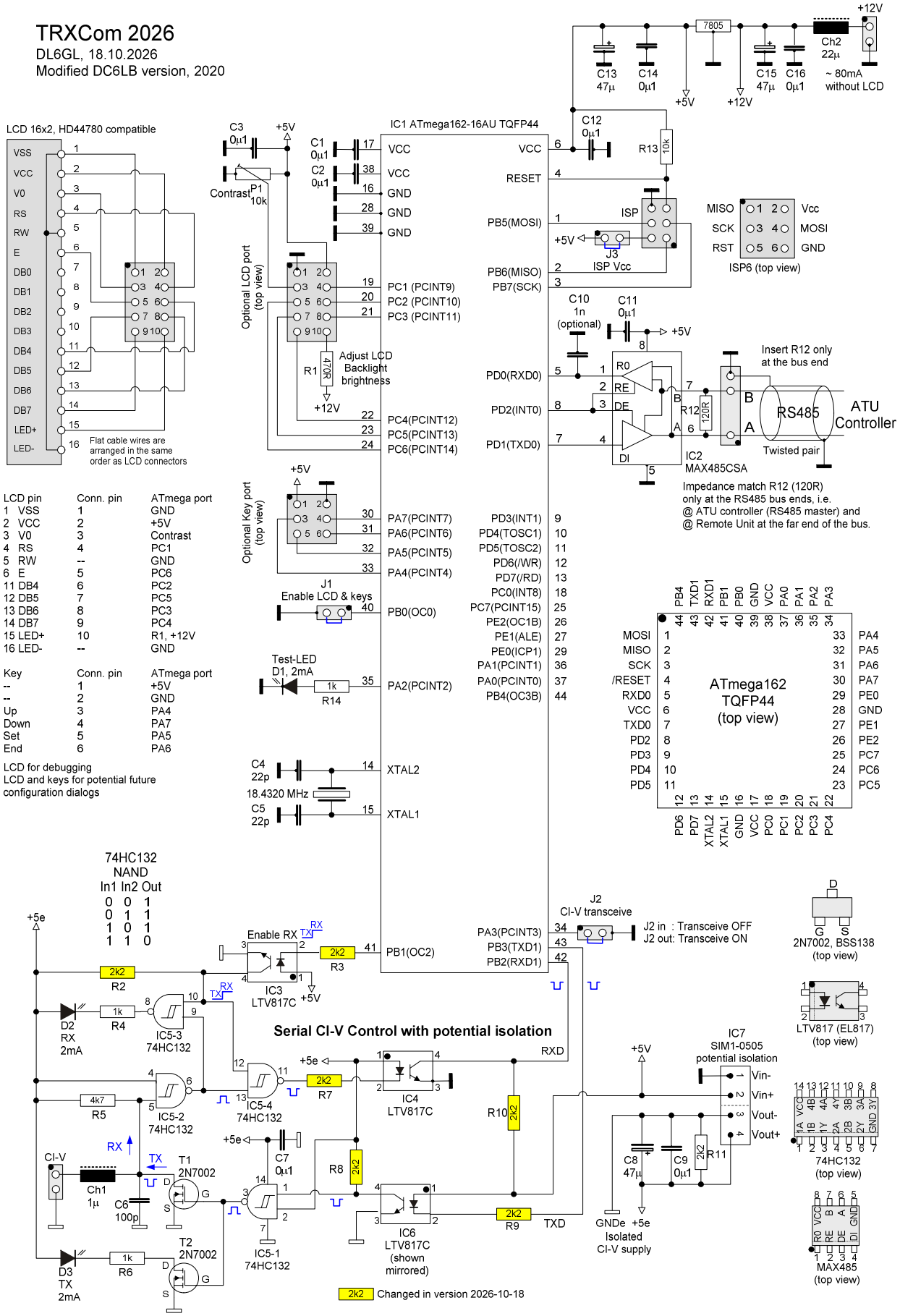
Entwickelt und gemessen wurde mit dem IC-7610 (Adresse 98h). Nach der CI-V-Referenz ist der IC-7300MK2 kompatibel (Werksadresse B6h, beim IC-7300 94h). Er hat nur eine Antennenbuchse. TRXCom erkennt keine abweichende Antenne und gibt die Frequenz weiter. Am Gerät verifiziert ist das nicht. Funkgeräte, die `1C 03` nicht kennen, werden über `03` bedient. Ältere Geräte mit nur 4 Frequenzbytes werden nicht unterstützt.

6.6 Bewusst nicht umgesetzt: Abstimmstart vom Transceiver

Geprüft wurde, ob die Tune-Taste des Funkgeräts über die Tunerbuchse und TRXCom einen Abstimmvorgang am ATU-Controller auslösen soll. Darauf wird aus Sicherheitsgründen verzichtet, weil die Risiken den Nutzen überwiegen:

- **Zwei Auslöser für einen Vorgang:** ATU-Controller und Funkgerät könnten unabhängig voneinander eine Abstimmung starten. Daraus entstehen Wettläufe und undefinierte Zustände zwischen PTT-Relais, Abstimmträger und Relaisschaltungen im Tuner.
- **Die Sicherheitsprüfungen würden umgangen:** Der ATU-Controller stimmt nur mit gültiger Sendefrequenz und richtiger Antenne ab. Ein Start vom Funkgerät erfolgt unabhängig davon, ob TRXCom eine gültige Frequenz und ANT1 bestätigt hat.
- **Das Tunerprotokoll ist zeitkritisch:** Das Funkgerät erwartet an der Tunerbuchse ein genaues START/KEY-Zeitverhalten. Schon kleine Abweichungen führen zu Fehlmeldungen oder einem stehenden Träger. Die Tune-Taste des IC-7610 wird außerdem erst nach einer erfolgreichen Abstimmung freigegeben, ihr Verhalten hängt also vom Vorzustand ab.
- **Zusätzliche Hardware und Fehlerquellen:** Nötig wären eine direkte Verbindung der Tunerbuchse zu TRXCom, ein Eingriff in die PTT-Beschaltung des Controllers und Firmware-Änderungen an TRXCom und ATU-Controller. Das widerspricht dem Grundsatz, den Controller nur minimal zu ändern.
- **Geringer Mehrwert:** Im Automatikbetrieb stellt der Controller die gespeicherten L/C-Werte bei Frequenzwechsel ohnehin selbst ein. Eine Abstimmung wird am Controller bewusst und in Kenntnis des Zustands gestartet.

7 TRXCom Schaltbild



LCD pin	Conn. pin	ATmega port
1 VSS	1	GND
2 VCC	2	+5V
3 V0	3	Contrast
4 RS	4	PC1
5 RW	--	GND
6 E	5	PC6
11 DB4	6	PC2
12 DB5	7	PC5
13 DB6	8	PC3
14 DB7	9	PC4
15 LED+	10	R1, +12V
16 LED-	--	GND

Key	Conn. pin	ATmega port
--	1	+5V
--	2	GND
Up	3	PA4
Down	4	PA7
Set	5	PA5
End	6	PA6

Stückliste TRXCom, Platinenrevision 08/2026 DH4YM, DL6GL, 18.10.2026

Name	Value	Package
+12V	Pinheader	1x2 RM2,54mm
C1	100n	0805
C2	100n	0805
C3	100n	0805
C4	22p	0805
C5	22p	0805
C6	100p	0805
C7	100n	0805
C8	47µF	RM2,5mm
C9	100n	0805
C10	1n (optional)	0805
C11	100n	0805
C12	100n	0805
C13	47µF	RM2,5mm
C14	100n	0805
C15	47µF	RM2,5mm
C16	100n	0805
Ch1	1µ	2010
Ch2	22µ	2010
CI-V	Pinheader	1x2 RM2,54mm
IC1	ATMega162-16AU	QFP44
IC2	MAX485CSA	SOIC8
IC3	LTV817S	PDIP-4
IC4	LTV817S	PDIP-4
IC5	74HC132	SOIC14
IC6	LTV817S	PDIP-4
IC7	SIM1-0505	RM2.54mm
ISP	Pinheader	2x3 RM2,54mm
J1	Pinheader	1x2 RM2,54mm
J2	Pinheader	1x2 RM2,54mm
J3	Pinheader	1x2 RM2,54mm

Name	Value	Package
Key Port	Pinheader	2x3 RM2,54mm
LCD Port	Pinheader	2x5 RM2,54mm
LED RX	2mA	1206
LED TEST	2mA	1206
LED TX	2mA	1206
P1	10k	3296Y-1-103LF
R1	470R	0805
R2	2k2	0805
R3	2k2	0805
R4	1k	0805
R5	4k7	0805
R6	1k	0805
R7	2k2	0805
R8	2k2	0805
R9	2k2	0805
R10	2k2	0805
R11	2k2	0805
R12	120R (optional)	0805
R13	10k	0805
R14	1k	0805
RS485	Pinheader	1x3 RM2,54mm
T1	2N7002	SOT23
T2	2N7002	SOT23
U1	7805	TO220
XTAL	18.432 MHz	HC49/US SMD

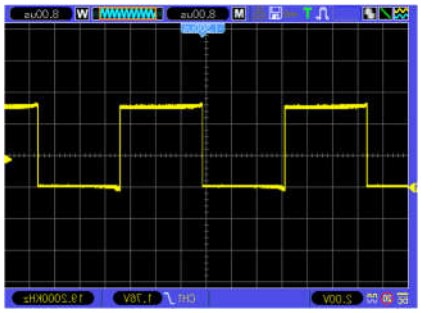
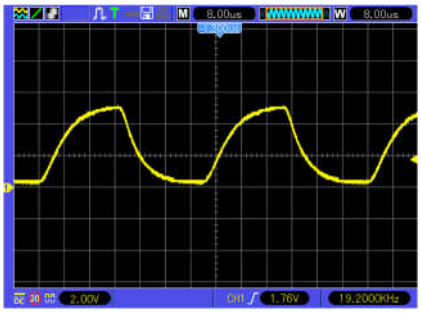
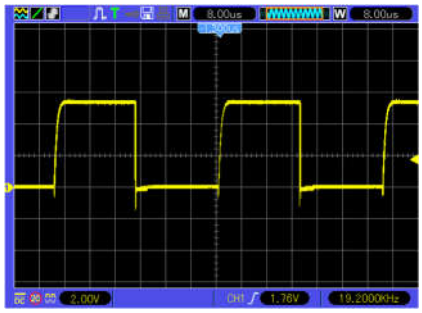
R12 (RS485 Impedanzabschluss) ist nur an einem RS485 Bus-Ende zu bestücken.
In der aktuellen Konfiguration, TRXCom im ATU-Controllergehäuse, nicht!

Der RS485-Impedanzabschluss R12 (120R) wird in der aktuellen Konfiguration nicht bestückt. RS485 Bus-Enden mit Impedanzabschluss sind im ATU-Controller und in der Remote Unit am langen Ende.

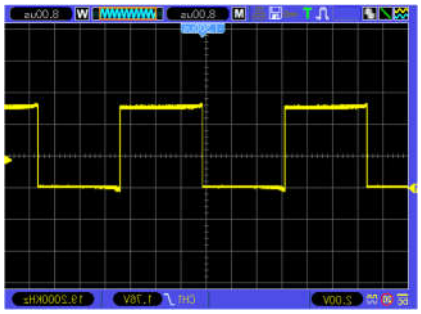
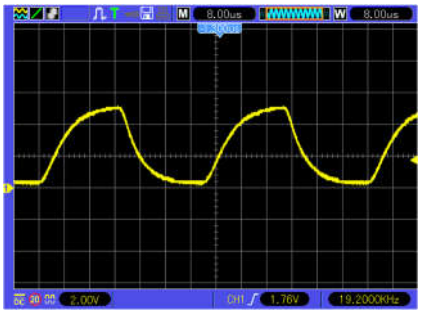
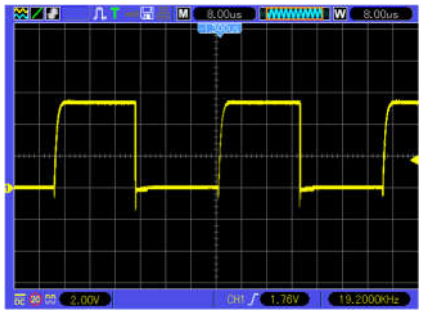
Die Beschriftung von J2 „Transceive ON/OFF“ entspricht inzwischen „Adresse lernen / fest“, siehe Abschnitt 3.

Der Controllerausgang PB1 (Low = TX, High = RX) steuert über IC3 und die NAND-Gatter von IC5 den Datenfluss RX / TX vom / zum CI-V-Bus.

Die Optokoppler LTV817C, IC3, IC4 und IC6, trennen die GND-Potenziale von Controller und CI-V-Bus des TRX. Die einfache Bauart mit Fototransistoren macht sie wegen der Basis-Kollektorkapazität nur bedingt tauglich für höhere Datenraten. Die gemessenen Anstiegs- und Abfallzeiten (10 – 90%) vom ca. 17µs bzw. 12µs (halbe Periodenlänge 26µs bei 19.200 Baud) verformen das Ausgangssignal an den Kollektoren schon beträchtlich. Die Kombination RC = 2,2 kΩ und R-LED = 2,2 kΩ ergibt mit den o.g. Anstiegs- und Abfallzeiten bei 19.200 Baud für den langsamen LTV817 noch akzeptable Signalformen, aus denen der Schmitt-Trigger IC6 saubere Rechtecksignale am CI-V-Ausgang formt. Höhere Baudraten sind nicht zu empfehlen.
Erste Datenreihe: 19,2 kHz, intern im ATmega erzeugt, an PB3 (TXD1), Ausgang an CI-V-Output.
PB1 (Enable RX) Low (TX mode) und PB2 (RXD1) High (RX idle).
Scope Raster horizontal: 8µs, vertikal: 2V.

19.200 Bd, Transmit-Kanal: IC6 RC = 2k2, IC = 2,3mA, IC6 R-LED = 2k2, I-LED = 1,6mA		
PB3 out	IC6 out	CI-V out
		

Zweite Datenreihe: TTL Rechteckgenerator 19,2 kHz an CI-V Input, Ausgang an PB2 (RXD1).
PB1 (Enable RX) High (RX mode) und PB3 (TXD1) High (TX idle).

19.200 Bd, Receive-Kanal: IC4 RC = 2k2, IC = 2,3mA, IC4 R-LED = 2k2, I-LED = 1,6mA		
CI-V in	IC4 out	PB2 in, Output an Test-LED
		

Der Digitaleingang PB2 (RXD1 des ATmega) formt das Ausgangssignal von IC4 zu einem Rechteck.

Das optional anschließbare 16x2 LCD ist für Debugging-Zwecke gedacht. Es wird wahlweise mit dem Jumper J1 aktiviert. Der Normalbetrieb sollte ohne das LCD erfolgen.

Der optionale Key-Port lässt die Möglichkeit offen, ggf. zusätzliche Dialogfunktionen zusammen mit dem LCD zu realisieren, derzeit ohne Funktion.

Entsprechend den Erfahrungen mit dem MAX485CSA im ATU 2016 wurde auch hier der optionale C10 am ATmega-Port PD0 (RXD0) vorgesehen. In unseren Mustergeräten ist er bestückt.

8 TRXCom Protocols

8.1 TRXCom Communication RS485

UART0 @ ATmega162 ports PD0 (RXD0) and PD1 (TXD0), RS485 send/receive switch PD2 (set by the firmware around each answer).

RS485 frequency request ATU -> TRXCom, received from ATU

Byte	Description	Variable	Value
1	Destination address	byt485TRXComAdr	0x02 = TRXCom
2	Sender address	byt485ATUAdr	0x00 = ATU
3	Command	byt485FreqCmd	0xFA = frequency request
4	Data byte 1	byt485Dummy	0xFF (dummy)
5	Data byte 2	byt485Dummy	0xFF (dummy)
6	Data byte 3	byt485Dummy	0xFF (dummy)
7	Checksum of bytes 1 to 6		CRC8

The incoming data stream is parsed byte by byte in the UART0 interrupt. Error code: 0 = request received without error, 1 = command not OK, 2 = checksum not OK, 3 = sender address not OK, 4 = destination address not OK.

TRXCom answers every complete request at once with the frequency it holds; it does not query the radio first. Error-free request: error code 0 in byte 4 and the frequency in bytes 5 and 6. Checksum error: error code 2 in byte 4 and 0xFF in bytes 5 and 6. Errors 1, 3 and 4 abort the frame at that byte; no answer is sent and the parser waits for the next frame.

RS485 frequency response TRXCom -> ATU, sent to ATU

Byte	Description	Variable	Value
1	Destination address	byt485ATUAdr	0x00 = ATU
2	Sender address	byt485TRXComAdr	0x02 = TRXCom
3	Command	byt485FreqCmd	0xFA = frequency response
4	Error code	byt485ComErrTX	0 or 2
5	Frequency (kHz) high byte	bytTRXFreqTx(1)	
6	Frequency (kHz) low byte	bytTRXFreqTx(2)	
7	Checksum of bytes 1 to 6		CRC8

The frequency is the transmit frequency in kHz as a 16-bit word (up to 65,535 kHz, short wave and 6 m). It is reported as 0 if the radio is not on the tuner antenna, during the start gate, before the first valid frequency, or if no valid CI-V frame arrived for about 10 s. The ATU treats 0 like "TRX off or in standby" and does not tune. Bytes 1 to 3 are checked before every answer and rewritten if they were changed (LCD page MEM).

8.2 TRXCom Communication CI-V

UART1 @ ATmega162 ports PB2 (RXD1) and PB3 (TXD1), CI-V send/receive switch PB1. Baud rate 19200, 8N1. TRXCom address 0xE1. The radio address (0x98 for the IC-7610) is learned or taken from the EEPROM, see section 3.

CI-V requests TRXCom -> TRX

Request	Bytes	When
Frequency (selected VFO)	FE FE <dst> E1 03 FD	Boot phase; in operation 80 ms after each 1C 03 request
Transmit frequency	FE FE <rad> E1 1C 03 FD	In operation about every 1.1 s (active) or 2 s (passive), and about 0.3 s after an RX frequency change
Antenna	FE FE <rad> E1 12 FD	About 0.2 s after a frequency request and after a range change (read only, never with data bytes)

<dst> in the boot phase with Jumper 2 out alternates between 0x00 (broadcast) and the stored radio address; otherwise <rad> = radio address.

CI-V frames TRX -> TRXCom accepted

Frame	Bytes	Remarks
Transceive (frequency change)	FE FE 00 <rad> 00 f1 f2 f3 f4 f5 FD	RX frequency, sent by the radio with Transceive ON
Answer to 03	FE FE E1 <rad> 03 f1 f2 f3 f4 f5 FD	RX frequency (selected VFO)
Answer to 1C 03	FE FE E1 <rad> 1C 03 f1 f2 f3 f4 f5 FD	Transmit frequency, used for the ATU
CI-V Output (for ANT)	FE FE 01 <rad> 1C 03 f1 f2 f3 f4 f5 FD	Transmit frequency sent by the radio itself; accepted only after start-up, only from the known radio, only command 1C
Answer to 12	FE FE E1 <rad> 12 <ant> <rx-ant> FD	<ant> 00 = ANT1, 01 = ANT2
NG / OK	FE FE E1 <rad> FA FD / FB FD	Sign of life only

Frequency data f1 ... f5 are BCD coded: f1 = 10 Hz, 1 Hz; f2 = 1 kHz, 100 Hz; f3 = 100 kHz, 10 kHz; f4 = 10 MHz, 1 MHz; f5 = 1 GHz, 100 MHz. TRXCom decodes f2 ... f4 into kHz.

The incoming data stream is parsed byte by byte in the UART1 interrupt. A frequency frame is accepted only with the exact length of the CI-V specification (FD at byte 11, for 1C 03 at byte 12) and only within 1800 ... 52000 kHz; everything else is rejected and counted (LCD page REJ). Radios that send only 4 frequency bytes are not supported. Without 1C 03 answers (five requests in a row) TRXCom falls back to 03.

Bus access: TRXCom sends only after the bus has been idle for 30 ms (Timer3). Every sent byte is compared with its echo. On a collision TRXCom aborts at once and retries after a random time.

Operating modes: Jumper 2 decides only how the radio address is found at start-up (out = learned, in = fixed from the EEPROM). In operation both modes poll the radio themselves. With Jumper 2 out the radio additionally announces frequency changes by itself (Transceive ON, CI-V Output for ANT ON), so TRXCom reacts at once and polls only every 2 s as a safety net and for the antenna.