

Bedienungsanleitung für COHIRADIA

Version 3

Autor: Hermann Scharfetter

Emails: hermann.scharfetter@tugraz.at

Datum: 05.03.2022

Zu dieser Dokumentation existiert auch ein Video-Tutorial.

Inhalt

1	Projekt-Kurzbeschreibung	2
2	Benötigte Hardware	2
3	Installation der Software auf dem STEMLAB125-14	3
4	Wiedergabe/Aufnahme-Apps vorbereiten	5
5	Zusammenbau der Hardware.....	6
5.1	Teil A: Abspielen	6
5.2	Teil B: Aufnehmen	6
6	Abspielen des Breitbandsignals und Wiedergabe auf dem Radio	8
6.1	Erste Inbetriebnahme und Konfiguration der Wiedergabe/Aufnahme-App	8
6.2	Bedienung der App.....	9
6.2.1	Wiedergabe	9
6.2.2	Aufnahme:	10
7	Anhang A: Datenformat	11
7.1	Funktionsweise des SDR	11
7.2	Benennungskonvention	11
7.3	Details des Datenformats und Größenreduktion	12
7.4	Filter.....	13

1 PROJEKT-KURZBESCHREIBUNG

COHIRADIA steht als Akronym für **CON**servation of **HIST**orical **RA**diofrequency bands by **DI**gital Archiving (Konservierung historischer Radiofrequenzbänder durch digitale Archivierung).

Ziel ist es, interessierten Rundfunkfreunden und Sammlern die Möglichkeit zu geben, auf historischen Radioempfängern Original-Radiosignale einzuspielen, die in der Vergangenheit aufgezeichnet worden sind. Diese Signale sollen nicht nur einen einzelnen Sender, sondern ein ganzes Frequenzband mit allen darin enthaltenen Rundfunkstationen auf den zum Aufnahmezeitpunkt bestehenden Trägerfrequenzen repräsentieren. Im Archiv des Autors gibt es derzeit z.T. mehrstündige Aufzeichnungen aus den Jahren 2006 – 2009 sowie wieder ab 2021 auf Lang- Mittel und Kurzwelle bis 40 MHz. Die Daten wurden bis 2009 analog auf einem Videorecorder aufgezeichnet und 2021 mit einem STEMLAB125-14 Software Defined Radio von RedPitaya mit 14 Bit Auflösung digitalisiert, alle Aufnahmen ab 2021 wurden dann direkt digital mit demselben Gerät produziert.

Die Daten können von jeder Person abgespielt werden die ebenfalls über ein STEMLAB125-14 von RedPitaya verfügt. Dieser kleine Single-Board-Compter kann für derzeit ca. 400 Euro von mehreren Internet-Händlern gekauft werden. Die nötige Hard-und Software sowie alle Installationsschritte werden in diesem Dokument beschrieben. Derzeit gibt es eine erste, einigermaßen benutzerfreundlich Software für das Abspielen der Datenfiles unter Windows sowie eine erste Version eines kombinierten Programms für Abspielen und Aufnahme. Die Sourcen wurden vom Autor in Python geschrieben und es ist geplant, sie in nächster Zeit als open-Source Projekt auf GitHub zu veröffentlichen. Damit könnte man sie dann auch auf LINUX portieren.

Detaillierte Informationen im Kontext zu dieser Bedienungsanleitung findet man in den Videotutorials

`COHIRADIA_Installationsanleitung_Teil1_Wiedergabe.mp4`

`COHIRADIA_Installationsanleitung_Teil2_Aufnahme.mp4`

die im Installationspaket enthalten sind. Das erste Tutorial beschreibt sämtliche Installationsschritte und die Bedienungsanleitung für das erste Softwarepaket, das einfache Abspielprogramm. Weitere Updates beinhalten dann weiterführende Schritte, die Grundinstallation bleibt dabei jedoch erhalten. Es empfiehlt sich also immer, das Grund-Tutorial

`COHIRADIA_Installationsanleitung_Teil1_Wiedergabe.mp4`

anzusehen, wenn man COHIRADIA das erste Mal ausprobieren möchte.

2 BENÖTIGTE HARDWARE

- (1) RedPitaya STEMLAB125-14 Grundpaket bestehend aus:
 - STEMLAB125-14 Hauptgerät
 - STEMLAB-Steckernetzteil
 - LAN-Kabel
 - SD-Karte mit typ. 16GB
- (2) Optional: Gehäuse für das STEMLAB
- (3) AM-Radio mit externem Eingang für ‚Antenne‘ und ‚Erde‘
- (4) Steckeradapter und Koax-Kabel zum Koppeln zwischen SMA-Ausgang des Stemplab und Hf-Trenntransformator

- (5) PC mit ausreichend Plattenspeicher für die Datenfiles.
- (6) Hf-Trenntransformator (z.B. ein Balun) mit geeignetem Übersetzungsverhältnis vom 50Ω-Ausgang des STEMLAB auf das Radio. Üblicherweise funktioniert eine Impedanztransformation 1:9 bis 1:16 (Windungsverhältnis 1:3 bzw. 1:4) für typische Röhrengeräte. An sich kann jeder für den jeweiligen Frequenzbereich geeignete Balun verwendet werden, wenn Primär und Sekundärseite vollständig getrennt sind (keine gemeinsame Masse !) Der Autor verwendet in seinem Video-Tutorial einen Schalenkerntrafo mit kleinem Luftspalt, Windungszahlverhältnis 1:4, Induktivität auf der niederohmigen Seite 64μH, Induktivität auf der hochohmigen Seite (Radio): ca 1 mH. Von 2 RM-Mitgliedern wurden erfolgreich folgende Transformatoren verwendet:
- (a) Ringkern FT240/77, primär 10 Windungen , sekundär 30 Windungen mit einem 0,5mm Kupferlackdraht. Getestet wurde dies von Franz Wolf mit mit einem amplitudenmodulierten Signalgenerator RF1 von HEATHKIT und einem CD-Player an einem LOEWE Opta-Kantate, das Ergebnis wurde von ihm als sehr zufriedenstellend eingestuft.
 - (b) Gerald Gauert berichtet über erfolgreiche Wiedergabe vom STEMLAB über einen Ferrit-Ringkern, primär 65μH, sekundär 1,3mH. Er hat allerdings auf einem Staßfurter Mikrohet Baujahr 1928 wiedergegeben, der eine Rahmenantenne besitzt. Die Einkopplung erfolgt also vom Trafo auf eine zweite Rahmenantenne zur induktiven Kopplung. Daher ist noch unklar, ob der Trafo für diese Betriebsart optimal ist.

Gerald Gauert berichtet, dass bei einigen alten Geräten die Antenne erheblich zur Resonanzkapazität beiträgt und daher die bloße Ankopplung des STEMLAB über einen Balun zu unerwünschten Dämpfungen und Frequenzverschiebungen des Abstimmkreises führen kann. Auch erhebliche Signalstörungen können die Folge sein. Diese Erkenntnisse konnte der Autor mit einem Atwaterkent10 aus dem Jahr 1924 bestätigen. In solchen Fällen empfiehlt es sich, eine Reihe aus einem 220pF-Kondensator und einem 2,2k-Widerstand zwischen den Balun-Ausgang und den Antenneneingang des Radios zu schalten. Diese Maßnahme kann das Problem in der Regel beheben.

3 INSTALLATION DER SOFTWARE AUF DEM STEMLAB125-14

Normalerweise wird beim Kauf eines STEMLAB125-14 eine SD-Karte mit dem Betriebssystem (Ubuntu) mitgeliefert. Diese muss man nun in den SD-Kartenslot des STEMLAB einschieben. Sollte man nicht über diese SD-Karte verfügen, muss man sich selbst eine erstellen, die Anleitung dazu sowie die benötigte Image-Datei findet sich auf:

<https://redpitaya.readthedocs.io/en/latest/quickStart/SDcard/SDcard.html>

Danach kann man das STEMLAB mit dem Internet verbinden und ein Installationskript aufrufen, das freundlicherweise von Ueli Kurmann erstellt wurde. Die Verbindung kann entweder per Ethernet-Kabel oder per WLAN-Dongle über einen gängigen Router erfolgen. Dann müssen folgende Schritte unternommen werden:

- (1) Auf dem PC einen Webbrowser (z.B. Mozilla Firefox) auf dem PC starten. Auf dem Webbrowser im Adressfeld `http://rp-#####.local` eingeben, wobei ##### für

die MAC-Adresse steht (z.B. rp-f03e25.local). Die MAC-Adresse ist auf dem Ethernet-Stecker jedes STEMLAB aufgedruckt.

- (2) Warten bis die STEMLAB-Apps im Webbrowser geladen werden (das kann manchmal etwas dauern). Der Anblick sollte etwa wie in der nebenstehenden Abbildung sein.



- (3) Danach den Folder „System“ öffnen und dort die App „Network Manager“ aufrufen und dort die vom Router vergebene IP Adresse auslesen.



- (4) Unter Windows ein Eingabeaufforderungs-Fenster öffnen und sich per ssh auf dem STEMLAB125-15 mit der vom Router vergebenen IP-Adresse einloggen, Username und Passwort sind ‚root‘ und ‚root‘. (Port = port22). Typischer Aufruf:

```
ssh root@###.###.###.###, Password: root
```

###.###.###.### ist die IP-Adresse.

- (5) Nachdem sich Ubuntu mit dem Kommandozeilen-Prompt gemeldet hat, am besten gleich ein Systemupdate mit `apt update` durchführen danach mit `apt upgrade` die Pakete installieren.

- (6) Nach dem Upgrade den folgenden Befehl in einer Zeile eingeben:

```
curl --silent --cookie "SCHLUESSEL=1"  
https://cohiradia.radiomuseum.org/install.sh | bash
```

Damit führt das STEMLAB das Installationskript aus und legt ein Directory mit den nötigen Shell-Scripts, dem Serverprogramm und dem Bit-File für das FPGA an.

- (7) Nach erfolgreicher Installation das STEMLAB ordnungsgemäß herunterfahren mit dem Befehl:

```
halt
```

Wenn die Konsole meldet, dass die Verbindung geschlossen wurde und die rote blinkende Heartbeat-LED am STEMLAB erloschen ist kann das Netzteil des Geräts wieder abgesteckt werden

Danach ist das System für den Gebrauch im Sinne von COHIRADIA bereit.

4 WIEDERGABE/AUFNAHME-APPS VORBEREITEN

Bisher gibt es 2 Pakete mit verschiedenen Apps:

,cohiradia_v1.1 '.zip

,cohiradia_v1.2 '.zip

Version 1.1 beinhaltet einen einfachen Player, der im Grund-Videotutorial beschrieben wird. Version 1.2 beinhaltet eine Software zum Abspielen und Aufnehmen von Breitband-Datenfiles. Damit kann der Benutzer/die Benutzerin nach Nachrüstung der Hardware selbst über eine Antenne Aufzeichnungen von Rundfunkbändern vornehmen. Diese Anleitung bezieht sich nur mehr auf Version 1.2 und der Autor empfiehlt auch, nur noch diese Vollversion zu verwenden.

- (1) Das ZIP-File, hier ,cohiradia_v1.2 '.zip vom Radiomuseum herunterladen und auf dem lokalen PC speichern
- (2) Das File auf ein lokales Directory (ich nenne es ~\LOCAL) entpacken. Hier werden die Files
 - Die App Cohiradia_RFcorder_v1.1b.exe
 - die COHIRADIA_Bedienungsanleitung_v3.pdf
 - das Videotutorial für die Grundinstallation
 - die Eagle-Files für das AD811 Breitbandverstärkermodul des Autors
 - pdf-Files mit Schaltplan und Layout des AD811-Boards des Autors

angelegt.

- (3) Nun muss nur noch ein gewünschtes AM-Breitband-Datenfile, z.B. RM2006clip_fc0rr_i16_C_lo1100_r1250_c0.dat vom Radiomuseum heruntergeladen und gespeichert werden. Es empfiehlt sich, auch dieses File in dasselbe Directory ~\LOCAL speichert, weil man es dann von der Wiedergabe-App aus am bequemsten finden kann (Default-Suchpfad).

5 ZUSAMMENBAU DER HARDWARE

5.1 TEIL A: ABSPIELEN

- (1) Das STEMLAB vom Router trennen und über das LAN-Kabel direkt mit der LAN-Buchse des PC verbinden. **)
- (2) SMA-Ausgangsbuchse ‚OUT1‘ über ein 50Ω -Koaxkabel mit der niederohmigen Seite des Hf-Trenntrafos /Baluns verbinden.
- (3) Antenneneingang des AM-Radios mit der hochohmigen Seite des Hf-Trenntrafos/Baluns verbinden.
- (4) Steckernetzteil des STEMLAB am Mikro-USB-Port für ‚Power‘ anschließen. Alternativ kann das STEMLAB auch über ein geeignetes Mikro-USB-Kabel direkt von einem USB-Port des PC aus versorgt werden.

Siehe dazu auch die Video-Tutorials:

COHIRADIA_Installationsanleitung_Teil1_Wiedergabe.mp4

COHIRADIA_Installationsanleitung_Teil2_Aufnahme.mp4

**) Alternativ zum LAN-Kabel kann laut Hersteller auch eine WLAN-Verbindung eingerichtet werden, wenn ein WLAN-Dongle mitgekauft wurde. Diese Option hat der Autor selbst jedoch noch nicht ausprobiert.

Als zweite Alternative kann das STEMLAB wahrscheinlich auch am Router verbleiben, allerdings müsste dann als IP-Adresse die vom Router zugewiesene benutzt werden. Dieser Modus wird vermutlich in der Praxis selten verwendet, da das zu bespielende Radio wahrscheinlich nicht gleich neben dem Router steht. Auch diese Betriebsart wurde vom Autor nicht getestet.

5.2 TEIL B: AUFNEHMEN

Zum Aufnehmen muss man das Signal von einer Antenne auf den Eingang 1 des STEMLAB einkoppeln. Da der dynamische Aussteuerbereich aber $2 V_{SS}$ ist und für geringes Digitalisierungsrauschen auch gut ausgenutzt werden sollte, muss man das Antennensignal vorher breitbandverstärken. Es empfiehlt sich auch, ein Breitbandfilter vor den Verstärker zu schalten, um unnötige Bänder und deren Signale sowie Störungen zu unterdrücken.

Abb. 1 zeigt einen vom Autor verwendeten Aufbau. Das Antennensignal wird zunächst über einen Balun (bzw. hier eher Unun) auf ca. 50Ω transformiert. Danach folgt ein passives Bandpaßfilter für das Band, das man aufzeichnen möchte. Für die Dimensionierung solcher Filter siehe z.B. https://www.changpuak.ch/electronics/chebyshev_bandpass.php

Danach folgt eine Kaskade von 2 Einzelverstärkern ‚1‘ und ‚2‘ mit je knapp 20dB in Serie. Danach folgt ein variabler Abschwächer mit 0 – 20dB und danach optional noch eine weitere Verstärkerstufe. Insgesamt sollte man die Verstärkung so wählen, dass an einem Oszilloskop das Ausgangssignal $1.6 V_{SS}$ (etwas Reserve auf $2 V_{SS}$ schadet wegen der Fadings nicht) nicht überschreitet, da sonst

Intermodulationsverzerrungen zu befürchten sind. Der Autor verwendet einen Splitter für die Aufteilung in eine Anzeigeeinheit (Oszilloskop, Hf-Voltmeter o.ä.) und in den Pfad zum STEMLAB.

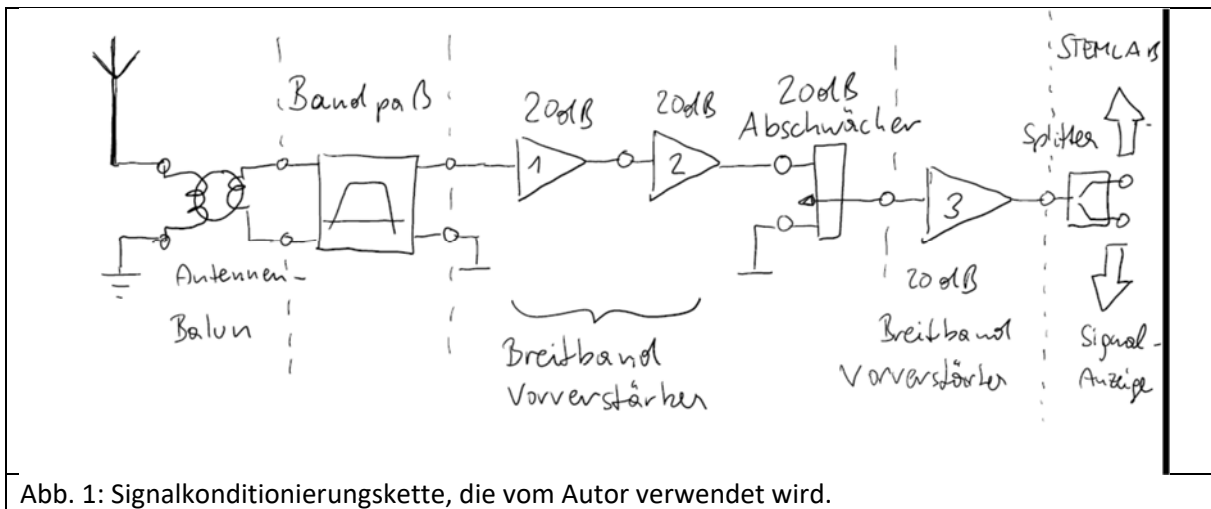


Abb. 1: Signalkonditionierungskette, die vom Autor verwendet wird.

Als Verstärker benutzt der Autor den Breitband-Operationsverstärker (Videoverstärker) AD811, der recht rauscharm ist und bis 50 MHz sehr gut verwendbar ist. Natürlich kann man alternativ auch andere Operationsverstärker mit hoher Transitfrequenz oder auch andere Hf-Breitbandverstärker verwenden. Auf gute Schirmung zwischen den Stufen und ordentliche Filterung der Versorgungsleitungen über Durchführungskondensatoren ist natürlich zu achten. Ein Eagle-Layout für die AD811-Platine ist im COHIRADIA-Paket verfügbar.

6 ABSPIELEN DES BREITBANDSIGNALS UND WIEDERGABE AUF DEM RADIO

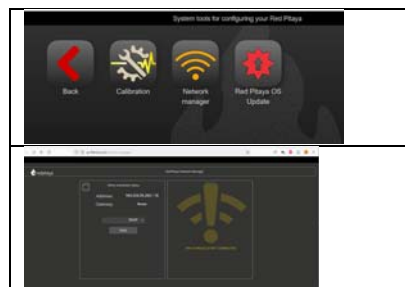
6.1 ERSTE INBETRIEBNAHME UND KONFIGURATION DER WIEDERGABE/AUFNAHME-APP

- (8) RP Steckernetzteil ans Netz schließen, RP fährt hoch, warten, bis die gelbe LED nicht mehr flackert und der ‚Heartbeat‘ (rote) LED regelmäßig blinkt;
- (9) Bei Verwendung einer direkten Ethernet-Verbindung über das LAN-Kabel sicherheitshalber das WLAN deaktivieren, da ansonsten u.U. Verbindungsfehler zwischen STEMLAB und PC auftreten können. Dies ist nicht immer der Fall, das Problem tritt aber beim System des Autors leider sehr häufig auf.
- (10) Einen Webbrowser (z.B. Mozilla Firefox) auf dem PC starten. Auf dem Webbrowser im Adressfeld `http://rp-#####.local` eingeben, wobei ##### für die MAC-Adresse steht (z.B. rp-f03e25.local). Die MAC-Adresse ist auf dem Ethernet-Stecker jedes STEMLAB aufgedruckt.

- (11) Warten bis die STEMLAB-Apps im Webbrowser geladen werden (das kann manchmal etwas dauern). Der Anblick sollte etwa wie in der nebenstehenden Abbildung sein.



- (12) Danach den Folder „System“ öffnen und dort die App „Network Manager“ aufrufen und dort die STATISCHE IP Adresse auslesen bzw. eine neue STATISCHE Adresse eingeben. Diese Adresse sollte sich von der unter Kapitel (3) vom Router zugewiesenen unterscheiden und wird für den Betrieb mit der COHIRADIA-App benötigt. Normalerweise beginnen diese Adressen mit 169.254.....



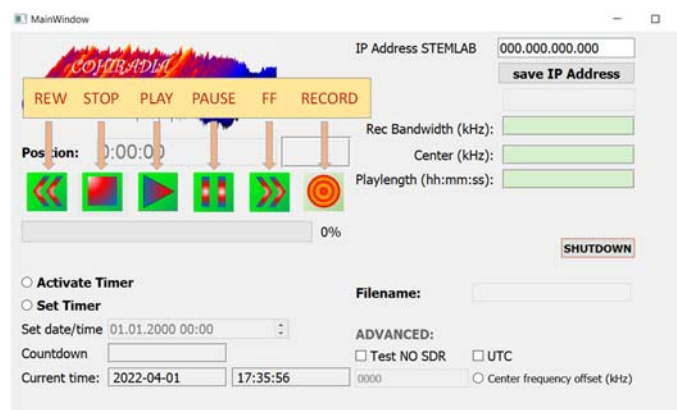
- (13) Die App Cohiradia_RFcorder_v1.1b.exe aus dem Verzeichnis `~\LOCAL` starten. Beim ersten Mal wird man sofort aufgefordert, die korrekte IP-Adresse einzugeben. Das kann mit dem Button ‚Set IP Address‘ und danach ‚Save IP-Address‘ bewerkstelligt werden. Diese Einstellung bleibt für weitere Aufrufe im Konfigurationsfile ‚config_SLsettings.txt‘ gespeichert. Es kann auch passieren, dass das Programm beim ersten Aufruf vom Virens scanner blockiert wird, dann muss man es als vertrauenswürdig freigeben.

6.2 BEDIENUNG DER APP

Siehe dazu auch das Video-Tutorial *COHIRADIA_Installationsanleitung_Teil1_Wiedergabe.mp4*

6.2.1 Wiedergabe

Die Bedienung der App sollte an sich intuitiv sein. Beim Drücken auf die ‚Play‘-Taste wird man aufgefordert, ein File zu wählen. Gleichzeitig werden einige Aufnahmeparameter wie Spielzeit, Bandmittenfrequenz und Breite des Bandes im rechten Teil des Fensters angezeigt.



Die ‚Play‘-Taste startet die Abspielung bei Aufnahmebeginn. Gleichzeitig wird die Abspielzeit im über dem Tastenfeld liegenden Zeitanzeige-Fenster („Position:“) angezeigt. Nun wird das Radiosignal übertragen und die Sender können auf dem Radio durchgestimmt und angehört werden. Die Wiedergabe läuft bis zum Drücken der ‚Stop‘-Taste. Sie kann jederzeit durch Drücken von ‚Pause‘ angehalten und durch nochmaliges Drücken von ‚Pause‘ oder ‚Play‘ fortgesetzt werden.

Mit den ‚>>‘ und ‚<<‘ Tasten kann man schneller vor- und zurückspielen. Bei einzelnen Klicks geht das schrittweise (derzeit 5s Schritte). Wenn man diese Tasten **nach Doppelklicken** gedrückt hält, wird automatisch vor/zurückgespult solange die Taste gedrückt bleibt. Möchte man an eine bestimmte Stelle in der Aufnahme springen, kann man die Abspielung über die Pause-Taste anhalten und dann die Wunschzeit im Zeitanzeige-Fenster („Position:“) eingeben (Achtung: Sekunden und Minutenangaben über 59 werden nicht angenommen). Man muss die Eingabe jedenfalls **durch Drücken der ENTER-Taste abschließen**, sonst wird der Wert nicht übernommen.

Will man das Programm beenden, empfiehlt es sich, vorher ein Shutdown des STEMLAB durchzuführen. Da auf dem STEMLAB125-14 ein LINUX Betriebssystem läuft, sollte man das Gerät nicht einfach durch Trennen der Energieversorgung abschalten, sondern kontrolliert herunterfahren. Laut vielen Internetberichten ist das File System von Pavel Demin zwar schreibgeschützt, dennoch kann es unter ungünstigen Bedingungen angeblich zu Beschädigungen des Filesystems kommen. Solche werden zwar sehr selten beobachtet (ist dem Autor noch nicht passiert), aber sicher ist sicher. Daher empfiehlt der Autor, das LINUX immer durch Drücken des Buttons ‚SHUTDOWN‘ niederzufahren und darauf zu warten, das die rote ‚Heartbeat‘-LED auf dem STEMLAB zu blinken aufhört, bzw. die Meldung über erfolgte Abmeldung als Popup-Message angezeigt wird. Danach kann man beruhigt das Programm über die Closebox beenden und den Versorgungsstecker des STEMLAB ziehen.

Für Spezialzwecke gibt es im rechten unteren Teil der App ein Feld ‚Advanced‘ mit 3 Optionen:

Checkbox mit ‚UTC‘. Damit kann man den Timer und die angezeigte Uhrzeit auf UTC umstellen, defaultmäßig wird Lokalzeit benutzt.

Checkbox TEST NO SDR: Wenn man diese Option aktiviert, läuft die Software in einem Testmodus, in dem kein STEMLAB angeschlossen sein muss. Dieser Modus dient lediglich zum Ausprobieren, ob die

App auf dem PC läuft und ob die Grundfunktionen ordnungsgemäß laufen. In diesem Modus erfolgt keine Tonwiedergabe, da ja kein STEMLAB angeschlossen ist.

Radiobutton ‚Center frequency offset‘ : Wenn man diesen Button aktiviert, kann man einstellen, um wieviel die Abspiel-Mittelfrequenz gegenüber der Aufnahmemittelfrequenz verschoben wird. Das ermöglicht es z.B. eine Langwellenaufnahme im Mittelwellenband abzuspielen. Beispiel: Sie haben eine LW-Aufnahme mit Mittelfrequenz 180 kHz und stellen einen Offset von 1000kHz ein, dann wird das Band um 1000kHz hinaufgeschoben, was vorher z.B. auf 153 kHz war, wird nun auf 1153 kHz abgespielt. Das kann evt. in speziellen Fällen nützlich sein.

6.2.2 Aufnahme:

Will man Signale aufzeichnen, muß der rote ‚Recording‘-Button gedrückt werden. Dann wird man nach dem Namen des zu erzeugenden Files gefragt. Anschließend wird man gefragt, welche Bandmittelfrequenz und welche Bandbreite man möchte. Die Bandmittelfrequenz kann theoretisch bis zu 60 MHz – Bandbreite/2 betragen. Für die Bandbreite kann man nur einige vorkonfigurierte Werte aus einem Menü auswählen, maximal 2.5 MHz, minimal 20 kHz. Abschließend wird man nach der geplanten Dauer der Aufnahme in Minuten gefragt. Dies wurde aus Sicherheitsgründen eingebaut, um nicht den Plattenspeicher unkontrolliert volllaufen zu lassen. Nach erfolgter Eingabe startet die Aufzeichnung. Man kann sie mit ‚Pause‘ pausieren, mit der REC-Taste fortsetzen und mit der Stop-Taste beenden.

Wenn man eine Aufnahme zu einer bestimmten Zeit automatisch starten will, kann man den Timer im linken unteren Bereich der App aktivieren. Schaltet man den Radiobutton ‚Set Timer‘ ein, so kann man die Startzeit und das Startdatum einstellen. Nach Deaktivierung des Radiobuttons bleibt die Eingabe erhalten, wird aber nach neuerlicher Aktivierung auf die aktuelle Zeit zurückgesetzt. Wenn man anschließend den Radiobutton ‚Activate Timer‘ einschaltet, wird man sowie wieder nach Filenamen, Bandbreite, Mittelfrequenz und nach der geplanten Dauer der Aufnahme gefragt. Nach Abschluss der Eingabe beginnt ein Countdown im Feld ‚Countdown‘ und bei Erreichen der Zielzeit startet die Aufnahme.

Wichtig: Bitte prüfen Sie vor Start einer Aufnahme, ob genügend Speicherplatz auf der Festplatte vorhanden ist. Bitte beachten Sie, dass sich der nötige Speicherplatz aus Bandbreite (Hz) * 4 * Aufnahmedauer (Sekunden) berechnet. Bei 2.5 MHz sind das je Stunde dann $4 * 2.5 * 10^6 * 3600 = 3.6 * 10^{10} = 36 \text{ GB}$! Für Mittelwelle genügen 1.25 MHz Bandbreite, das ergibt dann 18 GB je Stunde.

LW-Aufzeichnungen benötigen üblicherweise nicht mehr als 250 kHz Bandbreite, die Kurzwellenbänder können bis ins 22m-Band auch mit 500 kHz abgedeckt werden, darüber benötigt man ggf. 1.25 MHz.

Mit 2.5 MHz Bandbreite könnte man z.B. 41m und 49m-Band in einem aufzeichnen, ob sich das aufgrund der großen ‚Lücke‘ dazwischen auszahlt, sei aber dahingestellt, denn hier verschwendet man viel Platz mit relativer ‚Leere‘.

7 ANHANG A: DATENFORMAT

7.1 FUNKTIONSWEISE DES SDR

Die Funktion des SDR wurde von Pavel Demin auf <http://pavel-demin.github.io/red-pitaya-notes/sdr-transceiver-wide/> grob beschrieben. Das System mischt beim Aufzeichnen die Originaldaten ins Basisband herunter, wobei der Autor als Lokoszillatorfrequenz LO immer die Bandmittenfrequenz wählt. Bei MW sind das ca. 1.1MHz. Die heruntergemischten Daten werden dann mit der Samplingrate ‚rate‘ abgetastet und als 64bit COMPLEX-Zahlen an den PC geschickt. Die Abtastrate bestimmt dabei die Bandbreite des Rundfunk-Bandes. Da es sich um komplexe Abtastung handelt, ist die Bandbreite genau die Samplingrate ‚rate‘. Beim Abspielen wird das Signal wieder hinaufgemischt. Da man sich LO aussuchen kann, kann man die Signale auf im Rahmen der Gerätespezifikation (max 60 MHz) in jedes beliebige Band mischen. Man könnte also auch LW-Daten auf einem MW-Empfänger wiedergeben. Typischerweise benutzt man aber die LO-Frequenz, die beim Aufzeichnen verwendet wurde.

7.2 FILENAMENSKONVENTION

Anhand des vorhin Geschriebenen wurde vom Autor ein Namens-Standard definiert, bei der LO, und ‚rate‘ sowie weitere Parameter im Namen aufscheinen:

```
RECORDINGNAME_fcrr_i16_C_loxxxx_ryyyy_c0.dat
```

RECORDINGNAME ist eine Bezeichnung, die an sich frei wählbar ist und die Aufnahme benennt. Hier wurde noch kein Standard festgelegt. Im ersten im RM verfügbaren File lautet dieser Teil ‚RM2006clip‘, da es ein Ausschnitt aus einer Aufnahme aus dem Jahr 2006 ist, zu dem es einen Durchstimmvideo-Clip im Radiomuseum gibt.

Der Bezeichner ‚_fcrr‘ kennzeichnet, dass beim Digitalisieren der originalen Videoaufnahme die Trägerfrequenzen korrigiert werden mussten, da der verwendete Videorecorder diese um 3% zu niedrig wiedergibt. Leichte Abweichungen von der exakten Frequenz sind also noch möglich, aber sehr gering.

Die Zeichenfolge ‚_i16_C_lo1100_r1250_c0‘ bedeutet:

_i16_C: Die Daten wurden als 2x16 bit COMPLEX abgespeichert,

_lo1100: die Lokoszillatorfrequenz LO (Bandmittenfrequenz) betrug xxxx kHz

_r1250: die Abtastrate ‚rate‘ war yyy kS/s

_c0: es wurde kein Frequenzkorrekturoffset benutzt (das wurde vom Autor bisher immer so gewählt, hat also eigentlich keine Bedeutung und dient lediglich als interner Code für künftige Abspielprogramme)

Konkretes Beispiel:

```
Filename = RM2006clip _i16_C_lo1100_r1250_c0.dat
```

`_l01100`: die Lokaloszillatorfrequenz LO (Bandmittenfrequenz) betrug 1100 kHz (also 1.1 MHz),
`_r1250`: die Abtastrate ‚rate‘ war 1250 kS/s (also 1.25 MS/s)
`_c0`: keine Frequenz-Offsetkorrektur

Dieser Filenamens-Standard ist unbedingt beizubehalten, da diese Parameter vom Abspielprogramm automatisch aus dem Filenamem extrahiert werden. Werden die entscheidenden Felder auf unzulässige Werte geändert, erfolgt beim Laden des Files eine Fehlermeldung.

7.3 DETAILS DES DATENFORMATS UND GRÖßENREDUKTION

Das SDR auf dem RedPitaya STEMLAB125-14 liest die Daten defaultmäßig als 64-bit COMPLEX-Samples mit einer Samplingrate ‚rate‘ ein. Jeder Sampling-Wert besteht also aus zwei 32-bit-Worten (float32), die jeweils Real- und Imaginärteil des Datenpunktes darstellen. Da das STEMLAB125-14 aber nur 14 bit Auflösung hat, genügen zur Speicherung der Daten auch 2x 16bit je Sample. Ansonsten wären die Files unnötigerweise doppelt so groß. Daher werden die Daten bei der Aufnahme auf 2x 16bit komprimiert und beim Abspielen vom Python-Script wieder auf 2x32bit expandiert, bevor sie an das FPGA geschickt werden. Die entsprechende Codemodifikation wurde dem Autor von Pavel Demin im Forumsblog <https://forum.redpitaya.com/viewtopic.php?f=7&t=1030&hilit=medium+wave&start=20>

beschrieben.

7.4 FILTER

Im Folgenden sind die Berechnungsdaten für vom Autor verwendete Bandfilter als Screenshots gelistet, die mit dem Filter-Kalkulator auf der Seite:

https://www.changpuak.ch/electronics/chebyshev_bandpass.php

erstellt wurden. Die Spulen wickelt der Autor immer selbst und vermisst sie mit einem LC-Meter. Die Werte für die Kondensatoren können meist ohne starke Fehler auf die nächstgelegenen verfügbaren der E12-Reihe gesetzt werden, lediglich die Koppelkondensatoren der gekoppelten Resonatoren sind etwas kritischer. Ein Nachmessen der Übertragungsfunktionen mit einem geeigneten Messgerät empfiehlt sich in jedem Fall.

Mittelwelle, Chebyshev Bandpass, Shunt-Typ, 500 – 1700 kHz:

The screenshot displays a web browser window with the URL https://www.changpuak.ch/electronics/chebyshev_bandpass.php. At the top, two circuit diagrams are shown. The left diagram is labeled "First element : shunt" and shows a series LC circuit with a shunt capacitor and inductor. The right diagram is labeled "First element : series" and shows a shunt LC circuit with a series capacitor and inductor. Below the diagrams is a form with the following fields:

Parameter	Value
Center Freq. [MHz]	1.1
Bandwidth [MHz]	1.200
Passband Ripple [dB]	1
Impedance [Ω]	50
Order [1-19]	4
First Element	shunt

A "CALCULATE" button is located below the form. The bottom part of the screenshot shows the "DESIGN DATA FOR YOUR BANDPASS" section, which contains the following text:

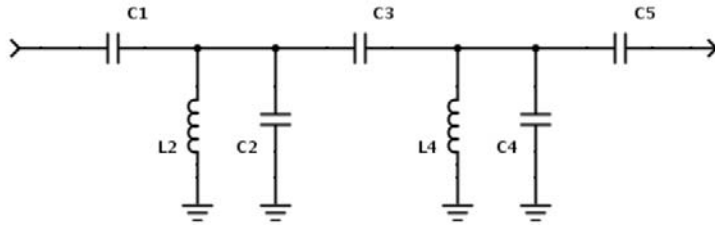
```
Chebyshev Bandpass Filter
www.changpuak.ch/electronics/chebyshev_bandpass.php
Version : 11. Jan 2014
-----
Center Frequency : 1.1 MHz
Bandwidth       : 1.2 MHz
Passband Ripple : 1 dB
System Impedance : 50 Ohm
Order of Filter  : 4
-----
Element 1 , Orientation : shunt
C = 5568.114 pF, L = 3759.644 nH
Element 2 , Orientation : series
C = 2965.746 pF, L = 7058.64 nH
Element 3 , Orientation : shunt
C = 7510 pF, L = 2787.501 nH
Element 4 , Orientation : series
C = 4000.052 pF, L = 5233.464 nH
-----
Appendix : Prototype G values
```

Kombiniertes Filter für KW, 41m und 49m Band, Coupled resonators, 5.5 – 7.8 MHz:

Direct Coupled Resonator Bandpass Filter Designer

A fully experimental thing

L2, C2 bilden ‚Resonator #1‘,
L4, C4 bilden ‚Resonator #2‘.
C1, C3 und C5 sind die
‚Coupling Capacitors‘.



www.changpuak.ch/electronics/Direct-Coupled-Resonator-Bandpass.php

80%

REQUIREMENTS

Center Frequency [MHz]	<input type="text" value="6.65"/>
Bandwidth [MHz]	<input type="text" value="2.3"/> <input type="button" value="+"/> <input type="button" value="-"/>
Passband Ripple [dB]	<input type="text" value="3"/> (0...6)
Number of Resonators	<input type="text" value="2"/> <input type="button" value="+"/> <input type="button" value="-"/>
Impedance [Ω]	<input type="text" value="50"/>
Inductance	<input type="text" value="2000"/> <input type="text" value="nH"/> <input type="button" value="use my value"/>

► If the Ripple is 0 dB, a Butterworth Characteristic results. If larger : Chebyshev.

DESIGN DATA FOR YOUR BANDPASS

Direct Coupled Resonator Bandpass Filter Designer
<https://www.changpuak.ch/electronics/Direct-Coupled-Resonator-Bandpass.php>
Javascript Version : 11. February 2015

Design Data for a 2-Resonator Bandpass Filter.
Center Frequency : 6.650 MHz
Bandwidth : 2.300 MHz
Passband Ripple : 3 dB (Chebyshev Characteristic)
System Impedance : 50 Ohm

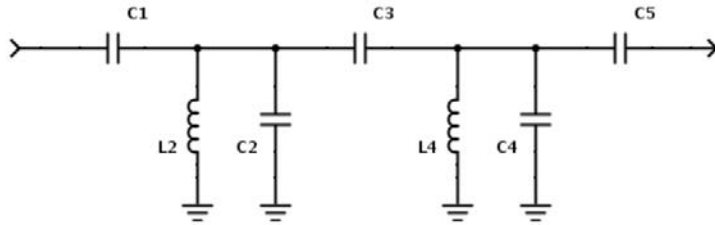
Coupling Capacitor : 123.98 pF
Resonator #1 C : 97.67 pF // L : 2.00 uH
Coupling Capacitor : 72.54 pF
Resonator #2 C : 97.67 pF // L : 2.00 uH
Coupling Capacitor : 123.98 pF

Filter für KW, 31m Band, Coupled resonators, 9.0 – 10.0 MHz:

Direct Coupled Resonator Bandpass Filter Designer

A fully experimental thing

L2,C2 bilden ‚Resonator #1‘,
L4, C4 bilden ‚Resonator #2‘.
C1, C3 und C5 sind die
‚Coupling Capacitors‘.



www.changpuak.ch/electronics/Direct-Coupled-Resonator-Bandpass.php

REQUIREMENTS

Center Frequency [MHz]

Bandwidth [MHz]

Passband Ripple [dB] (0..6)

Number of Resonators

Impedance [Ω]

Inductance

► If the Ripple is 0 dB, a Butterworth Characteristic results. If larger : Chebyshev.

DESIGN DATA FOR YOUR BANDPASS

Direct Coupled Resonator Bandpass Filter Designer
https://www.changpuak.ch/electronics/Direct-Coupled-Resonator-Bandpass.php
Javascript Version : 11. February 2015

Design Data for a 2-Resonator Bandpass Filter.
Center Frequency : 9.500 MHz
Bandwidth : 1.000 MHz
Passband Ripple : 2 dB (Chebyshev Characteristic)
System Impedance : 50 Ohm

Coupling Capacitor : 47.35 pF
Resonator #1 C : 96.23 pF // L : 1.80 uH
Coupling Capacitor : 13.28 pF
Resonator #2 C : 96.23 pF // L : 1.80 uH
Coupling Capacitor : 47.35 pF

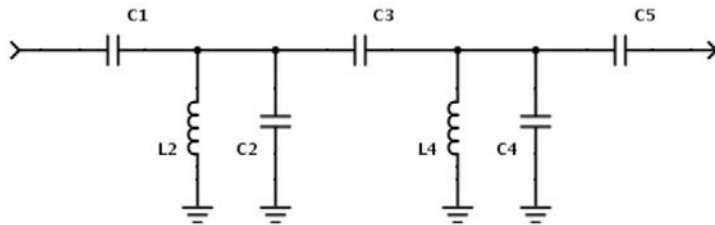
Please verify by simulation that attenuation above passband is sufficient.
Negative capacitances indicate an unhappy inductance.

Filter für KW, 20m Band, Coupled resonators, 15.2 – 15.8 MHz:

Direct Coupled Resonator Bandpass Filter Designer

A fully experimental thing

L2,C2 bilden ‚Resonator #1‘,
L4, C4 bilden ‚Resonator #2‘.
C1, C3 und C5 sind die
‚Coupling Capacitors‘.



changpuak.ch/electronics/Direct-Coupled-Resonator-Bandp  70%

REQUIREMENTS

Center Frequency [MHz]

Bandwidth [MHz]

Passband Ripple [dB] (0..6)

Number of Resonators

Impedance [Ω]

Inductance

► If the Ripple is 0 dB, a Butterworth Characteristic results. If larger : Chebyshev.

DESIGN DATA FOR YOUR BANDPASS

Direct Coupled Resonator Bandpass Filter Designer
https://www.changpuak.ch/electronics/Direct-Coupled-Resonator-Bandpass.php
Javascript Version : 11. February 2015

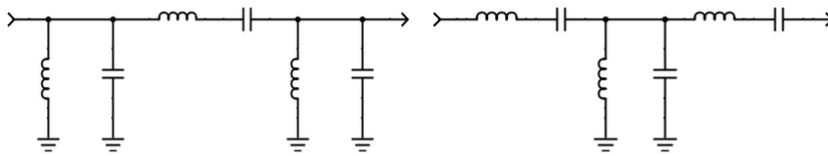
Design Data for a 2-Resonator Bandpass Filter.
Center Frequency : 15.500 MHz
Bandwidth : 1.000 MHz
Passband Ripple : 1 dB (Chebyshev Characteristic)
System Impedance : 50 Ohm

Coupling Capacitor : 39.85 pF
Resonator #1 C : 160.31 pF // L : 500.00 nH
Coupling Capacitor : 12.15 pF
Resonator #2 C : 160.31 pF // L : 500.00 nH
Coupling Capacitor : 39.85 pF

LW-Filter, Chebyshev- Bandpass, Series-Typ, 135 – 315 kHz:

www.changpuak.ch/electronics/chebyshev_bandpass.php

Chebyshev Bandpass Filter Designer



First element : shunt

First element : series

REQUIREMENTS

Center Freq. [MHz]

Bandwidth [MHz]

Passband Ripple [dB]

Impedance [Ω]

Order [1-19]

First Element

DESIGN DATA FOR YOUR BANDPASS

```
Chebyshev Bandpass Filter
www.changpuak.ch/electronics/chebyshev_bandpass.php
Version : 11. Jan 2014
-----
Center Frequency : 0.225 MHz
Bandwidth       : 0.18 MHz
Passband Ripple : 1 dB
System Impedance : 50 Ohm
Order of Filter : 3
-----
Element 1 , Orientation : series
C = 5592.652 pF, L = 89465.876 nH
Element 2 , Orientation : shunt
C = 17579.247 pF, L = 28462.626 nH
Element 3 , Orientation : series
C = 5592.652 pF, L = 89465.876 nH
-----
Appendix : Prototype G values
G[1] : 2.0236704484434225
G[2] : 0.9940829987374997
```

Die Werte der Kondensatoren können ohne Probleme auf gängige Werte wie 18nF und 5.6 nF gesetzt werden.