

Einführung in SDR und GNURadio

Die Präsentation beginnt in Kürze. Bitte rechts den Benutzer „DL3JOP-Präsentation“ anklicken, um ein Vollbild zu erhalten.

Um Störungen zu minimieren, bitte das Mikrophon und ggf. Kamera unten in der Mitte stummschalten.

Einführung in SDR und GNURadio

Virtueller OV-Technikabend, Q03, 16.04.2020

Referent: Joshua Petry
DL3JOP
dl3jop@darcd.de

Was uns erwartet

- **Grundlagen SDR**

- Was ist ein SDR?
- Unterschiede zwischen einem SDR und „herkömmlichen“ TRX
- Übersicht des Technischen Aufbaus und ein ganz kleines bisschen Mathe
- SDRs auf dem Markt

- **Einführung in GNURadio**

- Grundlagen der Signalverarbeitung (garantiert ohne Höhere Mathematik)
- Was ist GNURadio?
- Aufbau und Funktionen
- Anwendungsgebiete

- **Praktisches Beispiel**

- Empfang eines klassischen Schmalband-FM-Signals

Was ist ein SDR?

- **SDR bedeutet „software defined radio“**
 - Also „software definiertes Radio“ bzw. „software definiertes Funkgerät“
- **Hardware: Umsetzung Digital \leftarrow \rightarrow Analog**
- **Software: Aufbereiten, Verarbeiten, Generieren von Signalen**

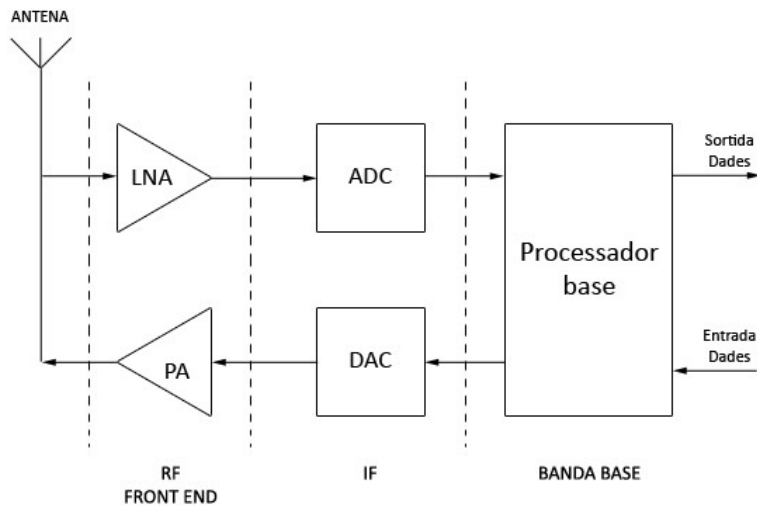
Was ist ein SDR?

→ Im Vergleich ein „normaler Transceiver“:

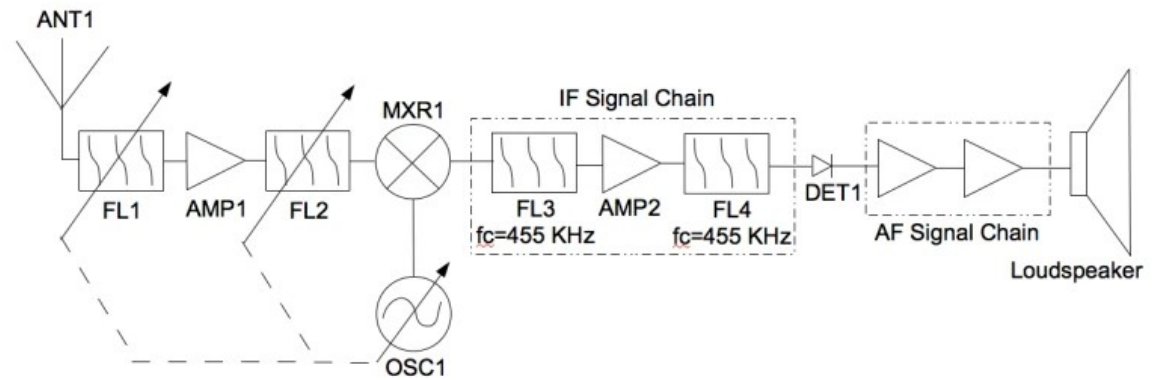
- Modulation / Demodulation in Hardware
- Analog, ohne Digitaltechnik realisierbar

SDR

Analog-TRX



[1]



[2]

Was ist ein SDR?

Fazit 1:

Die Signalverarbeitung erfolgt beim SDR digital und bei einem „herkömmlichen“ Transceiver analog

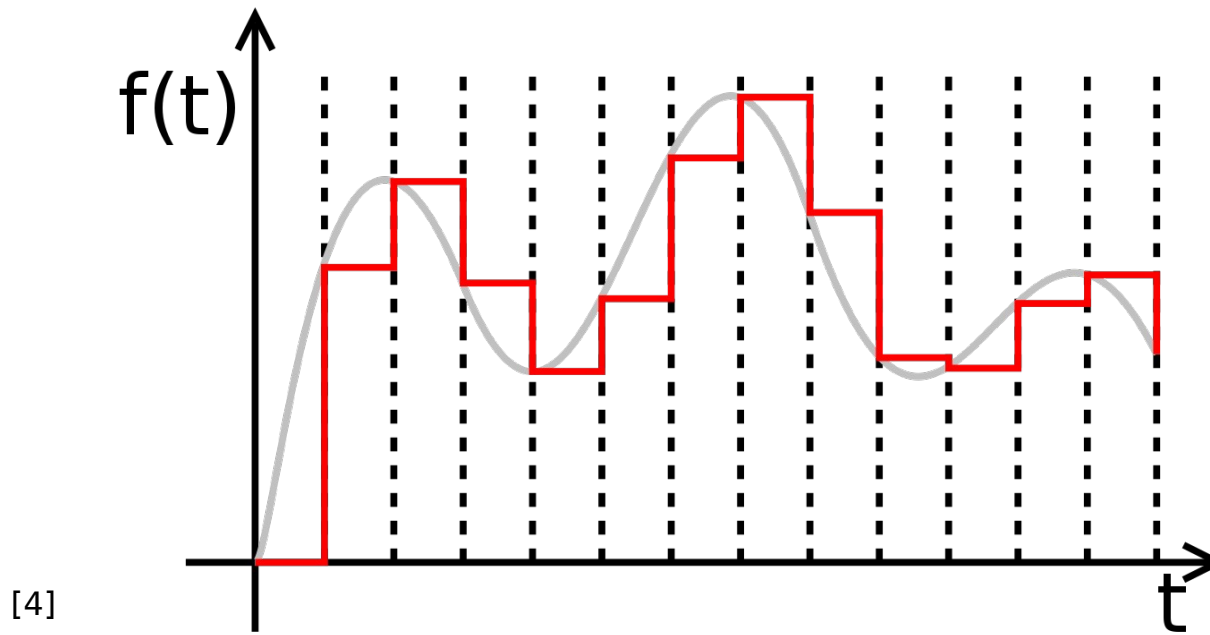
Was ist ein SDR?

Gibt es bis jetzt Fragen?

Genauere Funktionsweise eines SDRs

- **Generell:**

- Wandlung von Analog in Digital mittels ADC
- Wandlung von Digital in Analog mittels DAC



Genauere Funktionsweise eines SDRs

- **Probleme:**

- Ein ADC/DAC ist nicht „unendlich schnell“
 - Einführung des Begriffs Samplerate/Abtastrate

- Ein ADC/DAC hat keine beliebige hohe Auflösung
 - Gängige Auflösungen: 8-Bit – 16-Bit
(256 – 65536 Schritte auf Referenzspannung bezogen)

[4]

Genauere Funktionsweise eines SDRs

- **Fazit 2: Ein SDR wandelt Signale zwischen Analog- und Digitalbereich mithilfe von ADCs und DACs um und tut dies mit einer bestimmten Abtastrate bzw. Samplerate**
- **Aber Moment! Das war noch nicht alles!**

Genauere Funktionsweise eines SDRs

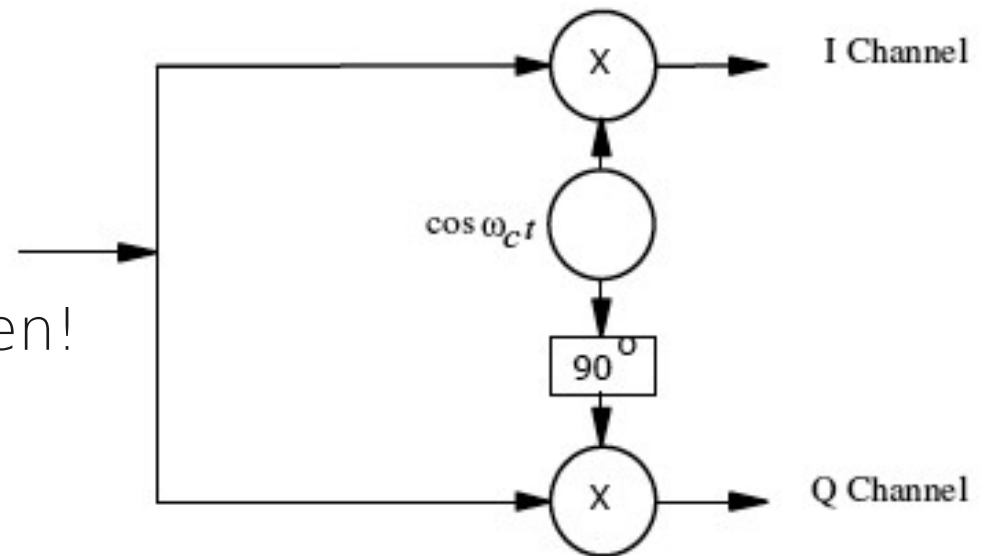
- **Abgetastetes Signal hat nicht alle Informationen:**

- Richtig Phase unbekannt: z.B.: $\sin(x)$ oder $\sin(-x)$?
- Signalleistung lässt sich nicht genau bestimmen
→ Probleme in der Signalverarbeitung!
- Aber: Es gibt eine Abhilfe....

Genauere Funktionsweise eines SDRs

• Der IQ-Wandler:

- IQ = Inphase/Quadratur
- Aufspaltung des Eingangssignals in zwei Signale
- Phaseninformation enthalten!



- Häh? :

<http://whiteboard.ping.se/SDR/IQ>

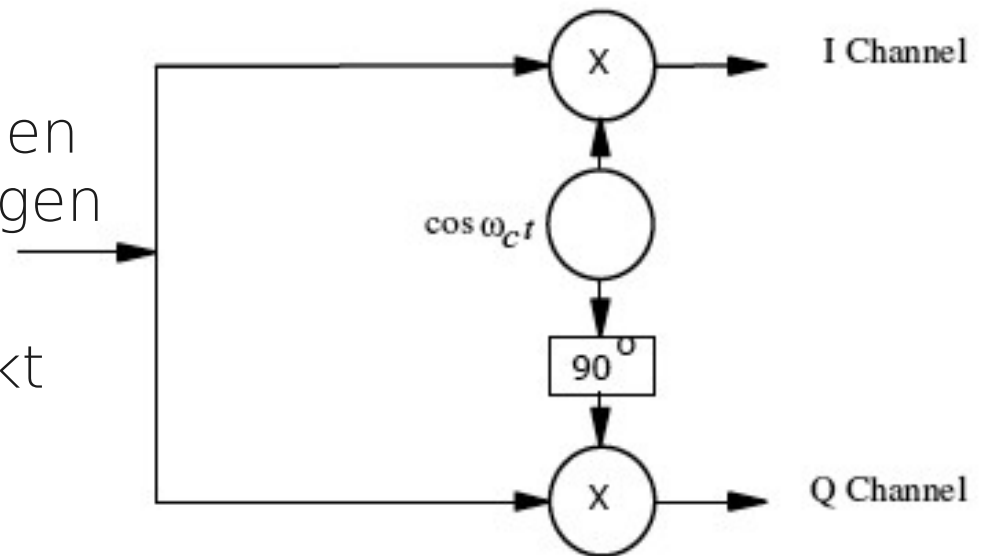
<https://www.radartutorial.eu/10.processing/sp06.de.html>

[6]

Genauere Funktionsweise eines SDRs

• Der IQ-Wandler:

- Noch ein Vorteil:
Aus reiner AM von IQ-Signalen lässt sich AM, FM, PM erzeugen
- Spiegelfrequenzen werden quasi vollständig unterdrückt



- Häh? :

[6]

<http://whiteboard.ping.se/SDR/IQ>

<https://www.radartutorial.eu/10.processing/sp06.de.html>

W2AEW auf YouTube

Genauere Funktionsweise eines SDRs

- **Fazit 3:**
Ein SDR arbeitet im IQ-Signalen, damit die im Signal enthaltenen Informationen komplett erhalten bleiben. Das heißt, ein Signal wird mit zwei ADCs/DACs abgetastet bzw. generiert.

Technische Umsetzung eines SDR

- **Direktsampller**

- ADC/DAC tasten/generieren HF direkt

- **Direktmischer**

- HF wird auf Baseband/Basisband „0Hz“ runtergemischt
 - z.B.: Tayloe Mischer

→ **Jede Architektur hat Vor- und Nachteile**

Technische Umsetzung eines SDR

Gibt es bis jetzt Fragen?

Bekannte SDRs für Funkamateure

• PlutoSDR

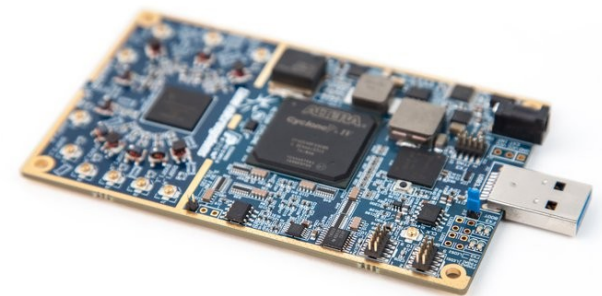
- 325MHz (70MHz) bis 3,8GHz
- 20MHz Bandbreite
- ca. 120€

• LimeSDR USB/Mini

- 100KHz – 3,8GHz
- 61,44MHz Bandbreite
- Mehrere Kanäle
- ca. 270€



[9]



[10]

Weitere SDRs für Funkamateure

- **LimaSDR**

- HF TRX mit Soundkarte als IQ Wandler

- **Red Pitaya**

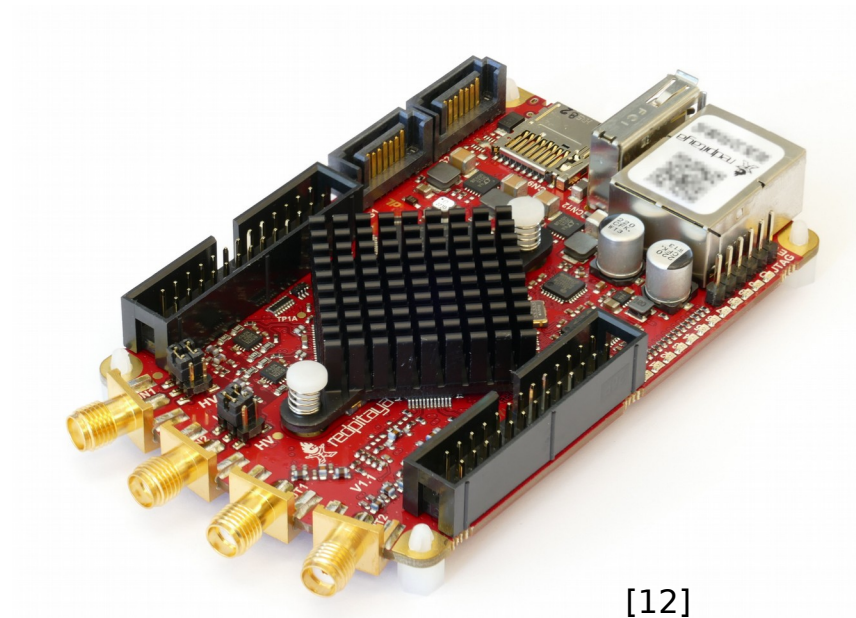
- Schweizer Taschenmesser

- **USRP**

- Modulare Aufbau (Daughterboards)

- **SDRPlay SDRs**

- RX, mit Filtern ausgestattet
- Gerne von Funkamateuren im HF Bereich benutzt



[12]

SDRs für Funkamateure

- **Fazit 4:**
Es gibt viele SDRs für Funkamateure. Jedes bietet seine eigenen Vor- und Nachteile.

Was ist ein SDR?

Gibt es bis jetzt Fragen?

Was uns erwartet

- **Grundlagen SDR**

- Was ist ein SDR?
- Unterschiede zwischen einem SDR und „herkömmlichen“ TRX
- Übersicht des Technischen Aufbaus und ein ganz kleines bisschen Mathe
- SDRs auf dem Markt

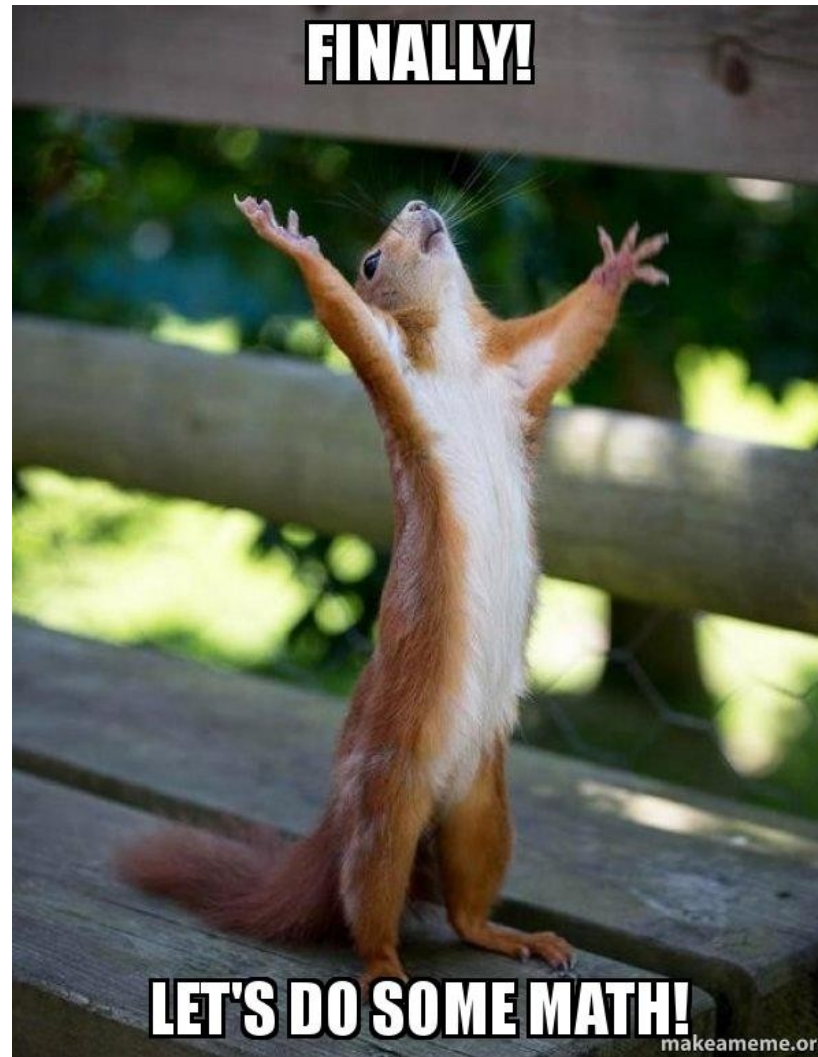
- **Einführung in GNURadio**

- Grundlagen der Signalverarbeitung (garantiert ohne Höhere Mathematik)
- Was ist GNURadio?
- Aufbau und Funktionen
- Anwendungsgebiete

- **Praktisches Beispiel**

- Empfang eines klassischen Schmalband-FM-Signals

Genauere Funktionsweise eines SDRs

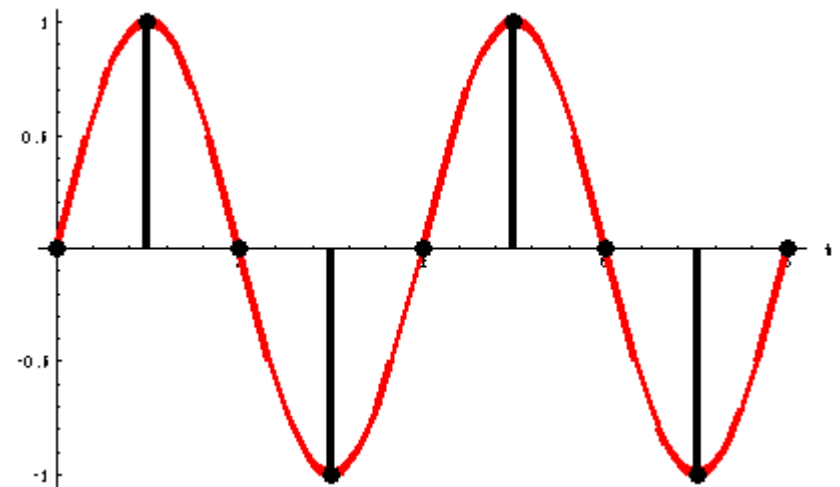


[3]

Genauere Funktionsweise eines SDRs

- **Abtastrate und Nyquistrate:**

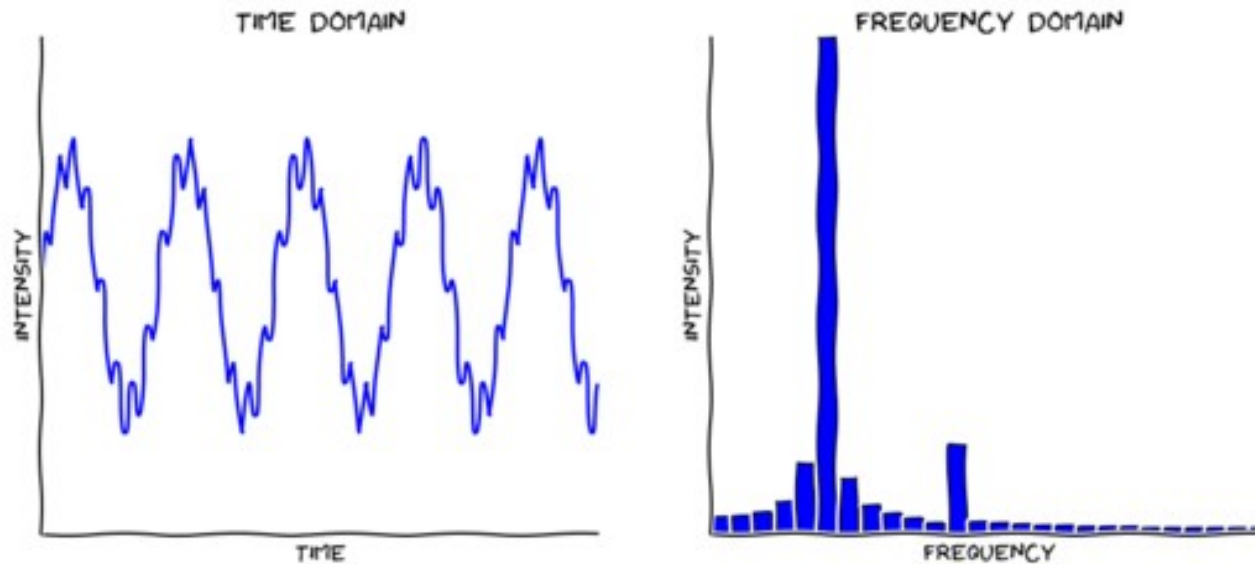
- Ein Signal wird 100 mal pro Sekunde abgetastet $\rightarrow \omega = 100\text{Hz}$
- Was ist die größte Frequenz, die ich messen kann?
 - Antwort: $\omega/2 = 50\text{Hz}$
- Für detaillierte Ausführungen z.B:
Wikipedia, usw.
Stichwort: „Signal-Abtastung“



[5]

Grundlagen Signalverarbeitung

- **Fouriertransformation:**



[11]

Grundlagen Signalverarbeitung

• **Fazit 5:**

- Mithilfe der Fouriertransformation können die einzelnen Frequenzkomponenten eines Signals ermittelt werden, bzw. das Signal in den Frequenzbereich umgewandelt werden
- Viele Signalbearbeitungsverfahren lassen sich im Frequenzbereich einfacher realisieren

GNU-Radio



GNU Radio ist eine:

- Quelloffene
- Universelle
- Auf C++ und python aufbauende

Software, welche es ermöglicht DSP-Programme ohne Kenntnisse einer Programmiersprache zu erstellen.

Es werden eine Vielzahl von Geräten und Schnittstellen unterstützt

GNU-Radio



GNU Radio bietet:

- Eine universelle Software Bibliothek für unterschiedliche Geräte
- Einfache Möglichkeiten zur Erweiterung
- Eine Software zum erstellen sogenannter Flowgraphs:
„GNU Radio Companion“

GNU-Radio Companion „Flowgraphs“

File Edit View Run Tools Help

ssbTXhilbert x wbfm_generator_from_file x beacontractrack x nfm-rx x eshail_300k x

Options
Title: FM Radio Transmitter
Author: Jacob Miller
Output Language: Python
Generate Options: QT GUI
Complexity: 500ubal

Variable
Id: samp_rate
Value: 600k

QT GUI Check Box
Id: variable_..._i_check_box_0
Label: Mute
Default Value: True
True: 0
False: 1

Wav File Source
File: ...Partita-E-major.wav
Repeat: Yes

Null Sink

NBFM Transmitter
Audio Rate: 44.1k
Quadrature Rate: 44.1k
Tau: 75u
Max Deviation: 5k
Preemphasis High Corner Freq: -1

Multiply Const
Constant: True

Rational Resampler
Interpolation: 600k
Decimation: 44.1k
Taps:
Fractional BW: 0

Throttle
Sample Rate: 600k

Multiply Const
Constant: 32.768k

FIFO Buffer
Init Min Size: 240k

Complex To IShort
Vector Output: No

QT GUI Frequency Sink
Name: WBFM Signal
FFT Size: 4.096k
Center Frequency (Hz): 0
Bandwidth (Hz): 600k

LimeSDR Sink (TX)
RF frequency: 429M
Sample rate: int(samp_rate)
Oversample: Default

File Sink
File: /tmp/txfifo
Unbuffered: On
Append file: Overwrite

TCP Sink (gnet)
Mode: Client
Address: 192.168.1.93
Port: 6.969k

UDP Sink
Destination IP Address: 192.168.1.9...93
Destination Port: 6.969k
Payload Size: 1.472k
Send Null Pkt as EOF: False

UDP Sink (gnet)
Address: 192.168.1.93
Destination Port: 6.969k
Header: None
UDP Packet Data Size: 1.472k
Send Null Packet as EOF: No

- Adaptive Filters
- Core
 - Audio
 - Boolean Operators
 - Byte Operators
 - Channelizers
 - Channel Models
 - Coding
 - Control Port
 - Debug Tools
 - Deprecated
 - Digital Television
 - Equalizers
 - Error Coding
 - File Operators
 - Filters
 - Fourier Analysis
 - GUI Widgets
 - Impairment Models
 - Instrumentation
 - Level Controllers
 - Math Operators
 - Measurement Tools
 - Message Tools
 - Misc
 - Modulators
 - Networking Tools
 - OFDM
 - Packet Operators
 - Peak Detectors
 - Resamplers
 - Stream Operators
 - Stream Tag Tools
 - Symbol Coding
 - Synchronizers
 - Trellis Coding
 - Type Converters
 - Variables
 - Video
 - Waveform Generators
 - ZeroMQ Interfaces
- Detector
- GrNet Networking Tools
- LimeSDR
- OsmoSDR

<< Welcome to GNU Radio Companion 3.8.1.0 >>>

lock paths:
/home/eagle/grc_gnuradio
/usr/share/gnuradio/grc/blocks
/usr/local/share/gnuradio/grc/blocks

GNU-Radio Companion

- **GNU Radio Programme können:**

- Ohne Benutzerschnittstelle laufen
- Mit Benutzerschnittstelle laufen
- Eigenständig, ohne GRC laufen

GNU-Radio Companion

- **Genereller Aufbau eines Flowgraphs:**

Quelle → Verarbeitung → Senke

- Quellen / Senken können sein:
 - SDRs
 - Dateien
 - Audiogeräte
 - Eigene Quellen
 - Netzwerkdienste wie tcp/udp

Gibt es bis jetzt Fragen?

Was uns erwartet

- **Grundlagen SDR**

- Was ist ein SDR?
- Unterschiede zwischen einem SDR und „herkömmlichen“ TRX
- Übersicht des Technischen Aufbaus und ein ganz kleines bisschen Mathe
- SDRs auf dem Markt

- **Einführung in GNURadio**

- Grundlagen der Signalverarbeitung (garantiert ohne Höhere Mathematik)
- Was ist GNURadio?
- Aufbau und Funktionen
- Anwendungsgebiete

- **Praktisches Beispiel**

- Empfang eines klassischen Schmalband-FM-Signals

GNU-Radio Companion

„Nach einer kurzen Umschaltpause...“

Gibt es Fragen?

Als Nächstes und Letztes schauen wir uns nun GNU Radio Companion live an. Dazu bitte rechts in jitsi den Benutzer GRC-Live anklicken, um die Bildschirmübertragung zu sehen.

Quellen

[1]: SDR Aufbau:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Arquitectuta_SDR.jpg GNU-FDL v1.2, CC

[2]: TRX Aufbau:

https://hackaday.com/wp-content/uploads/2015/01/basic_am_heterodyne_radio.png?w=800

[3]: Bereit für Mathe:

<https://makeameme.org/meme/finally-lets-do>

[4]: Abtastung:

[https://de.wikipedia.org/wiki/Abtastung_\(Signalverarbeitung\)#/media/Datei:Zeroorderhold.signal.svg](https://de.wikipedia.org/wiki/Abtastung_(Signalverarbeitung)#/media/Datei:Zeroorderhold.signal.svg)

[5]: Nyquist:

<http://microscopy.berkeley.edu/courses/dib/sections/02Images/sampling.html>

[6]: IQ-Mischer:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Quadrature_demodulator.gif

[7]: RTL-SDR:

<https://hackaday.com/2017/09/05/19-rtl-sdr-dongles-reviewed/>

[8]: HackRF One:

<https://greatscottgadgets.com/hackrf/one/>

[9]: PutoSDR:

<https://www.analog.com/en/design-center/evaluation-hardware-and-software/evaluation-boards-kits/adalm-pluto.html>

Quellen

[10]: LimeSDR:

<https://www.crowdsupply.com/lime-micro/limesdr>

[11] Adafruit Fourier:

<https://learn.adafruit.com/fft-fun-with-fourier-transforms/background>

[12] Red Pitaya: CC BY-SA 4.0

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b5/RedPitaya_STEMLab_FPGA_v1.1_frontview.jpg