

Redpitaya – Mess- und Funkgerät

mit herausragenden Eigenschaften

Prof. Dr.-Ing. M. Hartje
DK5HH

RedPitaya-Bremen-i04/Dr. Ha, 2016-05-03/1

Funkamateure = Hardwareexperten

Bisher: Kennen sich besonders aus mit Hardware:

- Antenne
- Sender, Empfänger
- PA
- Messgerät



Copyright © QrpTransceiver.com



- Wird das in Zukunft reichen?

Übersicht

- Entwicklungen ums shack herum
- Bemerkungen zu SDR
- Redpitaya - Technik
- Anwendungen als Messgerät
- Anwendungen als Funkgerät 0-60 MHz
- Community (Interessierte)

RedPitaya-Bremen-i04/Dr. Ha, 2016-05-03/3

Was ist bei uns im Shack? HSB

- Wissen um Antennen, HF, Ausbreitung von Funkwellen
- Technikbegeisterung, Willen am Neuen teilzunehmen
- Computer mittlerer Leistungsfähigkeit
- Wissen um analoge Schaltungstechnik
- Schaltungen löten, verbessern
- Erfahrungen mit digitalen „Betriebsweisen“ (Text, Sprache, Bilder)

RedPitaya-Bremen-i04/Dr. Ha, 2016-05-03/4

Entwicklung der Digitaltechnik

- Moore'sches Gesetz: 18 Monate:
Verdopplung der Leistungsfähigkeit
- „bezahlbare“ A/D-Umsetzer:
 - 2000: Soundkarte: 192 kHz / 16 Bit
 - 2015: ADC (250 MHz / 16Bit)
- Logikschaltungen
 - Gatter / Flip-Flop
 - Microcontroller mit Programm
 - Signalprozessoren mit schnelleren Programmen
 - Frei programmierbare Gate Arrays

RedPitaya-Bremen-i04/Dr. Ha, 2016-05-03/5

Entwicklung der Messgeräte

- Analoge Messgeräte werden ersetzt
- Komplexe Funktionen:
 - Spektrum
 - Speicheroszilloskop (Transientenrekorder)
 - Messgerätebus und Protokoll (SCPI)
- Integration als System
 - LabView o.ä.
 - Matlab / Octave
 - Python mit VISA

RedPitaya-Bremen-i04/Dr. Ha, 2016-05-03/6

Entwicklung digitaler Funkgeräte

- Superhet mit Signalprozessoren (=SDR?)
- Direktmischsysteme
- DirectDownSampler - danach digitale Weiterverarbeitung

RedPitaya-Bremen-i04/Dr. Ha, 2016-05-03/7

Eigenschaften moderner leistungsfähiger Funkgeräte

- Primäre Technik
 - Direktabtaster, (ggf. mehrere)
 - Mehrere RX
 - Diversity, Predistortion
- Modes: alles integriert (incl. dig. Sprache)
- Bedienung
 - Touch Panel – immer weniger Knöpfe
 - Touch-Abstimmung

RedPitaya-Bremen-i04/Dr. Ha, 2016-05-03/8

Messgeräte im HF-Shack

- Oszilloskop (2-kanalig)
- Signalgenerator
- Spektrumanalysator
- LCR-meter
- VektorNetzwerkAnalysator (VNA)
- SCPI-Kommandosteuerung
- ...

RedPitaya-Bremen-i04/Dr. Ha, 2016-05-03/9

Vorführung

- Redpitaya als Messgerät
 - Oszilloskop
 - Spektralanalysator
 - (heute: kein VNA)
 - LCR-Meter
- Redpitaya als Funkgerät
 - Mit PowerSDR (Android)
 - Mit PowerSDR unter Windows
 - Mit Quisk unter LINUX

RedPitaya-Bremen-i04/Dr. Ha, 2016-05-03/10

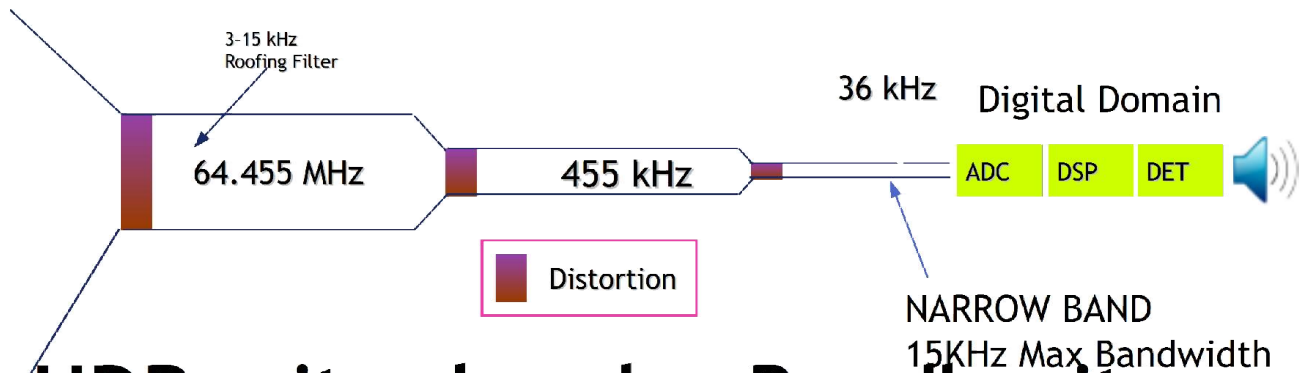
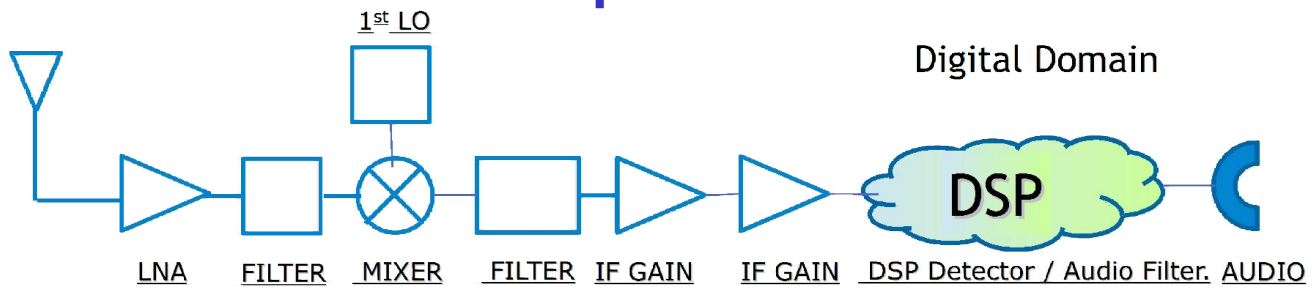
Redpitaya

- FPGA + Dual-Core ARM A9 (Linux)
- WLAN + Routerfunktion + ENet
- Eigenständig oder abhängig
- Abtastung mit 125 MS/s - 14 Bit →
 - Nutzfrequenzbereich: 0 ... 62,5 MHz
 - 2 Kanäle TX, 2 RX
- 4 langsame A/D + D/A Kanäle
- I2C-Bus
- GPIO (Parallel-I/O)

RedPitaya-Bremen-i04/Dr. Ha, 2016-05-03/11

Entwicklung der SDR-Funkgeräte

~1980 Superhet + DSP



HDR mit schmaler Bandbreite Hardware Defined Radio

13

© KY6LA Four Generations V2.0

RedPitaya-Bremen-i04/Dr. Ha, 2016-05-03/13

Ab 2000

- SDR's wurden mehr und mehr populär,
- SDR-Image förderte den Verkauf
- Hersteller definierten die etablierte Technik HDR (Superhet + DSP), schmalband-HDR als SDR (aus Verkaufsgründen)



K3S US\$3,950+



IC-7851 US\$14,450

HDR = Superhet + DSP
sind keine SDR's

Was ist Software Defined HSB

Radio?

- Breitbandige Umsetzung der HF in digitale Signale in einer **einzig**en Stufe
- Modulation und Demodulation in SW
- Signalverarbeitung / -verbesserung in SW
- Bedienoberfläche in SW (Computer / direkt)
- Alle Elemente können leicht verändert und erweitert werden
- Netzwerkfähigkeit und teilbar in jeder Ebene
- Mehrere RX/TX parallel – ggf. mehrere Ant.

RedPitaya-Bremen-i04/Dr. Ha, 2016-05-03/15

Generation #1 um ~2000 HSB

- ADC um 2000 noch zu teuer für Direktabtastung der HF
- 192 kS/s = Sound Card Processor
 - **Direct Conversion SDR**

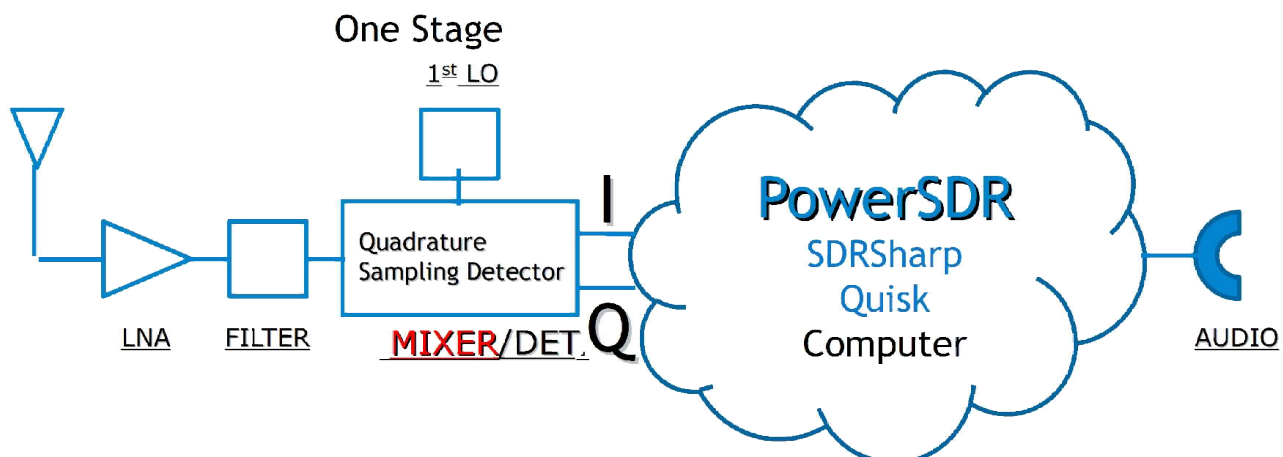
RedPitaya-Bremen-i04/Dr. Ha, 2016-05-03/16

Selbstbauprojekte SDR

- Direktmischsysteme Rechner,
Programm (zB PowerSDR, Quisk)
 - Lima-SDR
 - FiFi-SDR (PappRadio)
- Direktmischsysteme autonom
 - mcHF ~2014

RedPitaya-Bremen-i04/Dr. Ha, 2016-05-03/17

Generation #1 - Aufbau



- “QSD” Direct Conversion Chain
(USB/Firewire Connection)
Mittlere Bandbreite

RedPitaya-Bremen-i04/Dr. Ha, 2016-05-03/18

Generation #1 -SDR



FunCube



FLEX 3000



Elcraft KX3



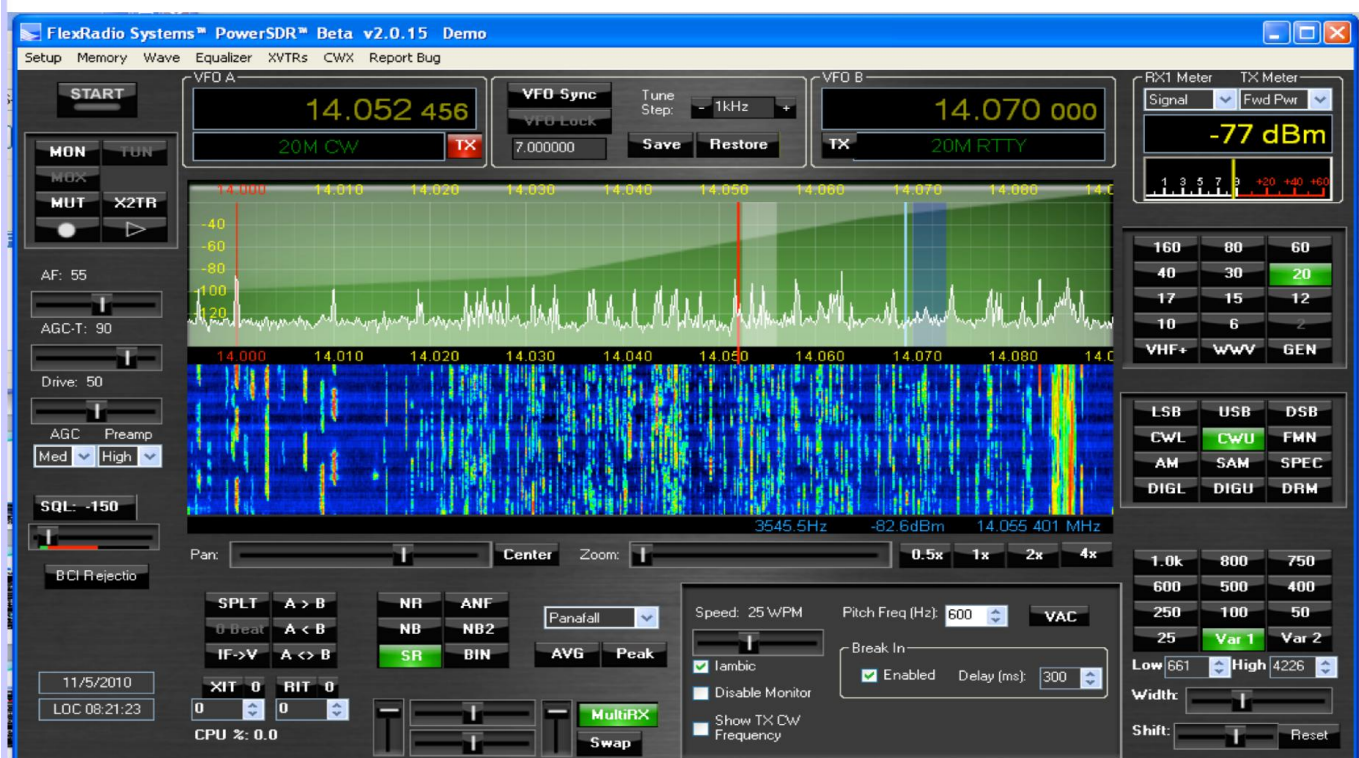
FELX 5000



RTL-SDR

RedPitaya-Bremen-i04/Dr. Ha, 2016-05-03/19

Generation #1 – Software + GUI



RedPitaya-Bremen-i04/Dr. Ha, 2016-05-03/20

Direktabtaster (SDR Gen. #2)

- Teure, analoge, temperaturabhängige Bauteile und -gruppen vermeiden

zum Beispiel

- DARC Webradio R2T2
- FLEX 6xxx
- ICOM7300 (neu)
- Selbstbauprojekte
- Zweckentfremdete Systeme

RedPitaya-Bremen-i04/Dr. Ha, 2016-05-03/21

Eine neue Klasse von Geräten

- Direktsampler ~ an der Antenne
- Schnelles FPGA für erste Stufen der Signalverarbeitung
- Verminderung der Verarbeitungsbreite im FPGA
- Nachverarbeitung ggf. in langsamerer Hardware mit Programmkontrolle
- Steuerung über GUI (Touchscreen - Tablett)

RedPitaya-Bremen-i04/Dr. Ha, 2016-05-03/22

Beispiele für Generation DDS(1)



ANAN-100D/200D



HPSDR

- ~2009: sehr schnelle Datenleitung
- Volle Bandbreite in I/Q Samples
- Sehr hohe Rechenleistung des PC

RedPitaya-Bremen-i04/Dr. Ha, 2016-05-03/23

Beispiele für Generation DDS(2)



ELAD FDM DUO



ICOM IC 7300

- ~2013-2015 DDS als stand alone
- Schmale Bandbreite, aber Übersichts-Darstellung
- Wenig Bedienknöpfe
-

RedPitaya-Bremen-i04/Dr. Ha, 2016-05-03/24

Beispiele für Generation DDS(3)

- Neuere Entwicklungen ohne Bedieneinheit
- Aber DDS + schnelles FPGA



QS1R



redpitaya

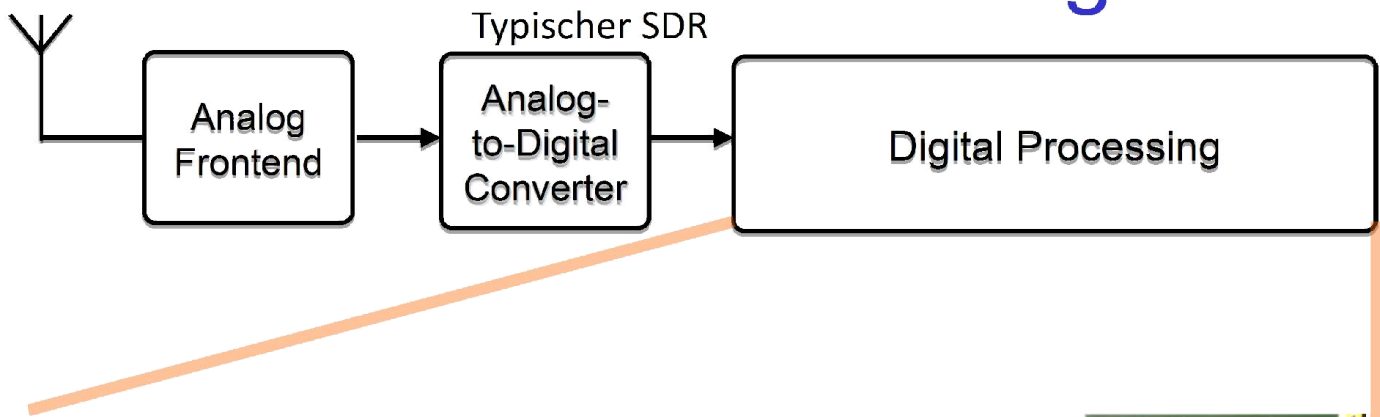
RedPitaya-Bremen-i04/Dr. Ha, 2016-05-03/25

große Bandbreite

erfordert

schnelle Signalverarbeitung

SDR-Anwendungen brauchen hohe Rechenleistung



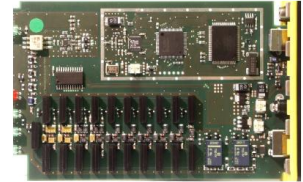
Processor: ARM A7
FCD Pro+: **48 kHz**



Processor:
Intel Core2 Duo
DVB Stick: **2 MHz**



BladeRF: FPGA (Altera) **28 MHz** BW



Perseus: FPGA (Xilinx) **40 MHz** BW, Direct sample

benötigte Rechenleistung

RedPitaya-Bremen-i04/Dr. Ha, 2016-05-03/27



neue Klasse von SDR-Systemen:

nicht **1 TRX**,

sondern **viele TRX** mit mehreren
Antennen in einem SoC

RedPitaya-Bremen-i04/Dr. Ha, 2016-05-03/28

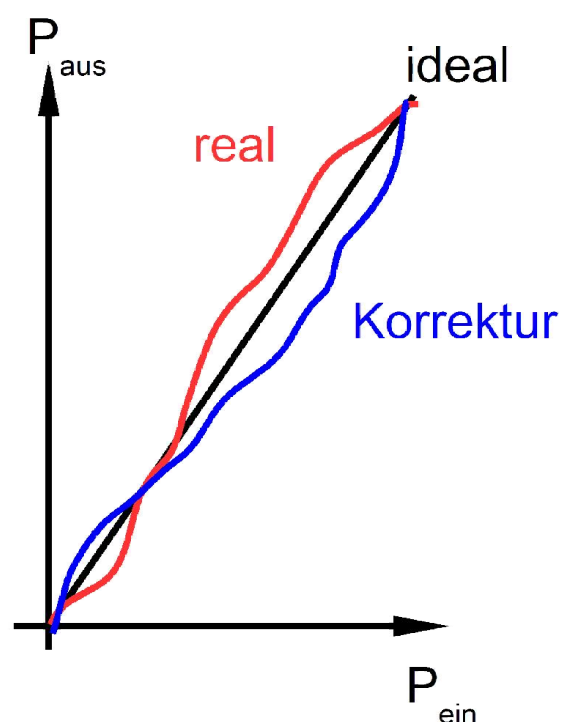
mehrere TRX?

- wählbare parallele Empfänger mit verschiedenen Antennen (FLEX6700)
- Aber auch
 - R2T2 (DARC Webradio)
 - (Redpitaya)
- Anwendung:
 - Digitale Moden: WSPR, JT65, RBN-Skimmer
 - Diversity RX (Vertikal, Horizontal, Ost, West)
 - Rückkanal für Predistortion des TX → Regelung

RedPitaya-Bremen-i04/Dr. Ha, 2016-05-03/29

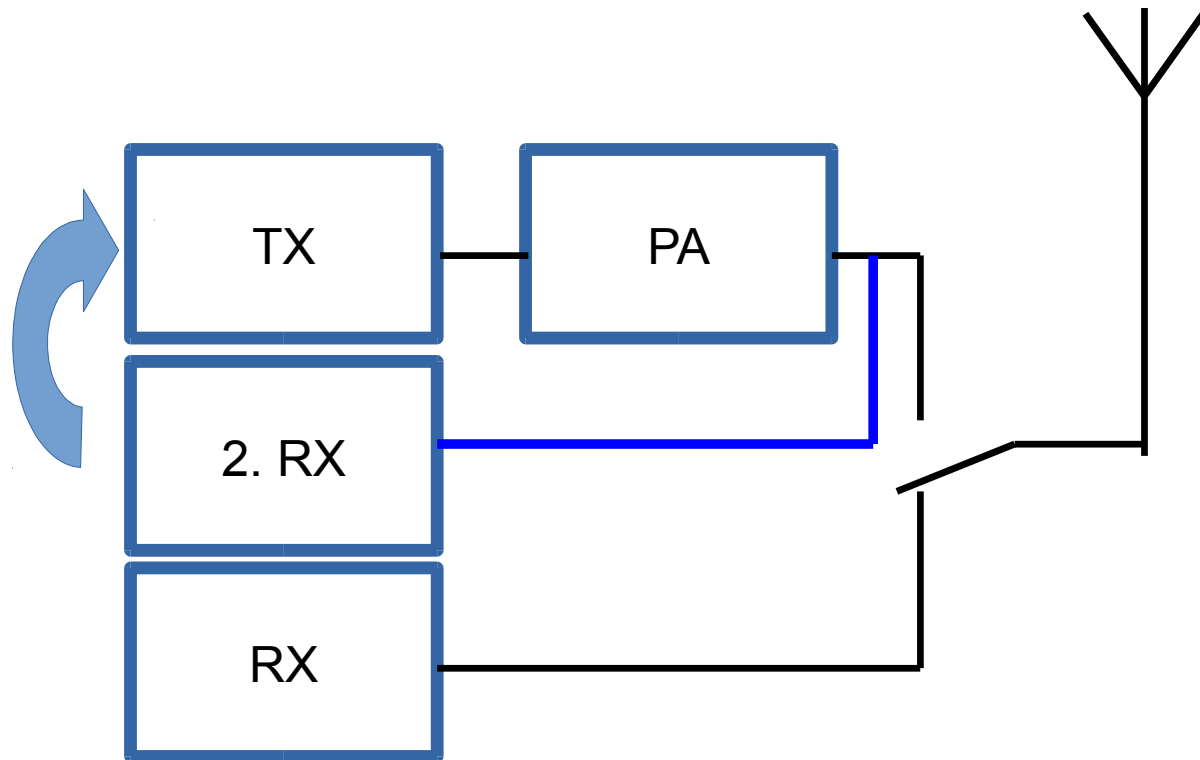
Linearität des TX

- Korrektur durch Multiplikation
- umgekehrte Abweichung



RedPitaya-Bremen-i04/Dr. Ha, 2016-05-03/30

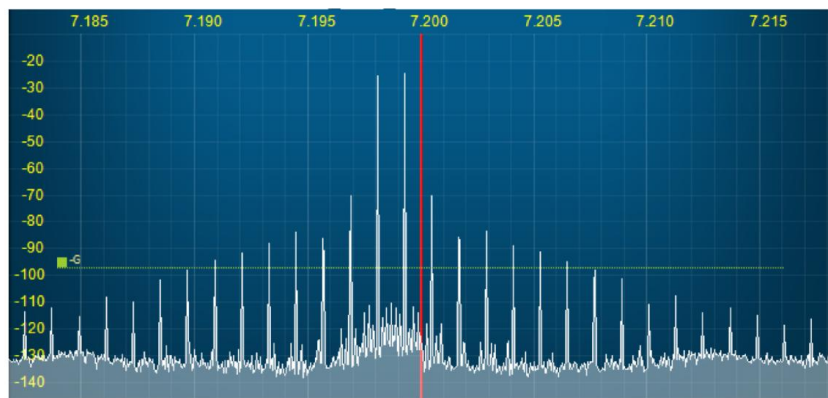
Predistortion Ansatz



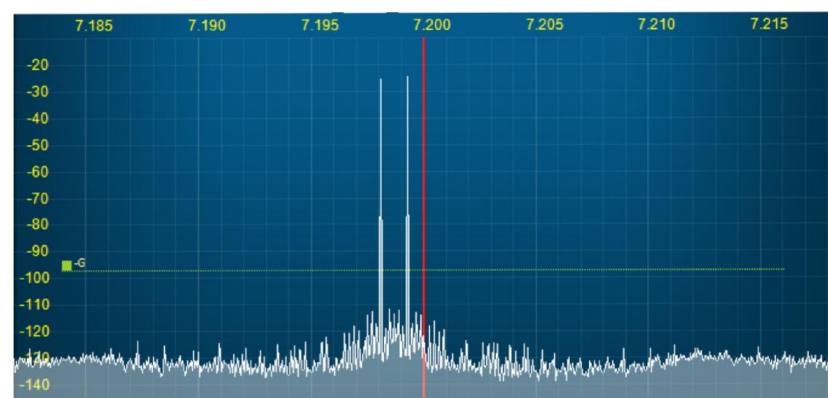
RedPitaya-Bremen-i04/Dr. Ha, 2016-05-03/31

Predistortion

■ Ohne



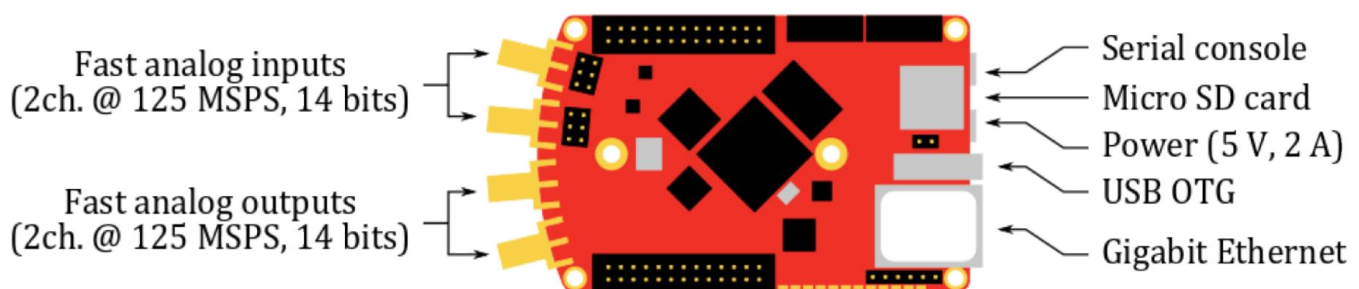
■ Mit



RedPitaya-Bremen-i04/Dr. Ha, 2016-05-03/32

Redpitaya Überblick

- Xilinx Zynq 7010 Single board System (FPGA, AD/DA-14bit, 2 ARM A9) mit Linux
- Als Messgerät ausgelegt: 2 Input, 2 Output
- SPI-(I2C)-Bus und GPIO's
- Software fürs Messen als Bazar
- Netzwerk E-net und WiFi



RedPitaya-Bremen-i04/Dr. Ha, 2016-05-03/33

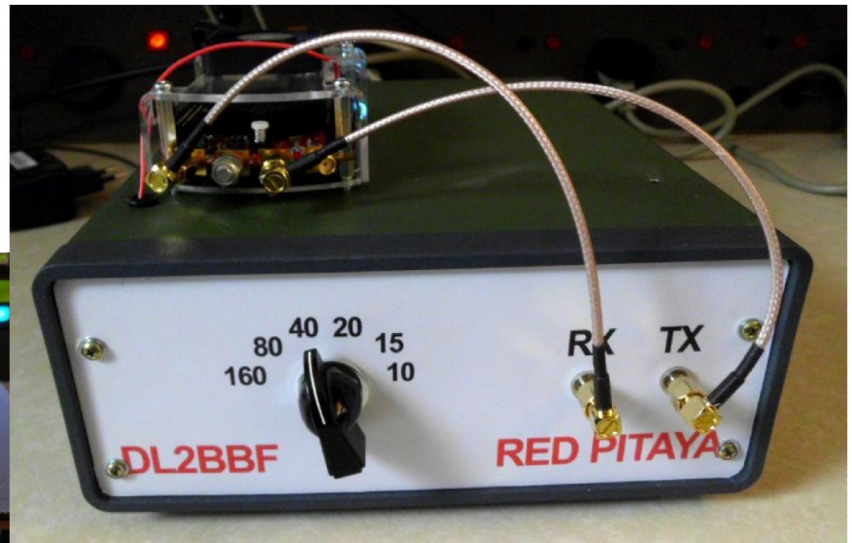
Vorführung

- Redpitaya als Messgerät
 - Oszilloskop
 - Spektralanalysator
 - (heute: kein VNA)
 - LCR-Meter
- Redpitaya als Funkgerät
 - Mit PowerSDR (Android)
 - Mit PowerSDR unter Windows
 - Mit Quisk unter LINUX

RedPitaya-Bremen-i04/Dr. Ha, 2016-05-03/34

TRX Aufbau ()

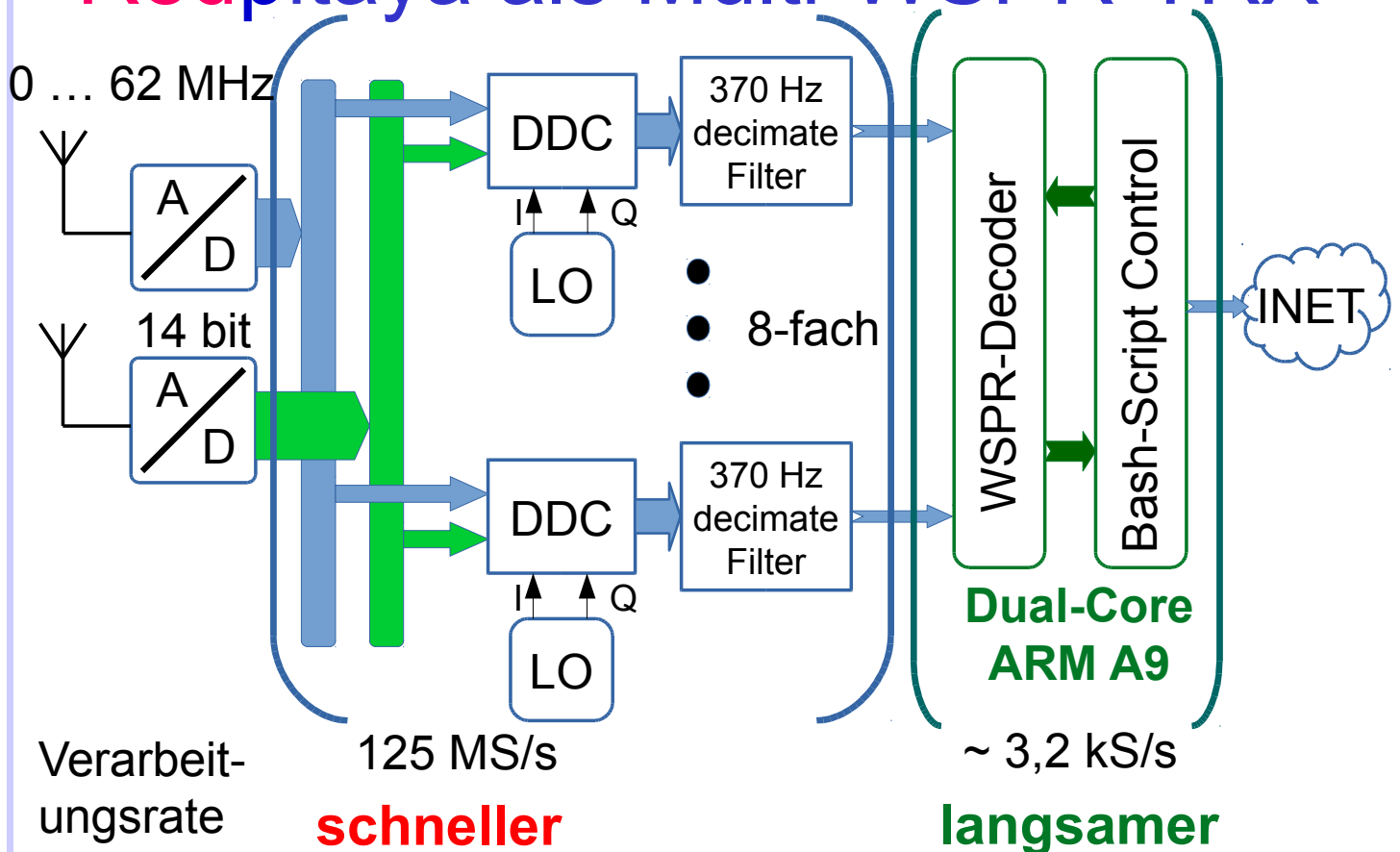
DL4YEB



DL2BBF

RedPitaya-Bremen-i04/Dr. Ha, 2016-05-03/37

Redpitaya als Multi-WSPR-TRX



RedPitaya-Bremen-i04/Dr. Ha, 2016-05-03/38

Weitere FPGA (source) heute

- 6 parallele RX mit großer Bandbreite
- 2-facher TRX für GnuRadio
- Gnuradio mit 1,25 MHz Bandbreite
 - Beispiele für TRX
- GnuRadio auf dem RedPitaya
- Pulshöhenanalysator
- Schnelle analoge Systeme
- Labview und Matlab-Anschluss

RedPitaya-Bremen-i04/Dr. Ha, 2016-05-03/39

Redpitaya notes (Pavel Demin)

1. List of components
2. Links
3. Development machine
4. LED blinker
5. SDR receiver
6. SDR transceiver
7. SDR transceiver compatible with HPSDR
8. SDR receiver compatible with HPSDR
9. SDR transceiver with FFT
10. Embedded SDR transceiver
11. Wideband SDR transceiver
12. Multiband WSPR transceiver
13. Pulsed Nuclear Magnetic Resonance
14. Multichannel Pulse Height Analyzer
15. Scanning system
16. Debian with Red Pitaya ecosystem

<http://pavel-demin.github.io/red-pitaya-notes/>

Zusammenfassung

- Funkamateure sind Hardwareexperten
- Was ist SDR, Entwicklung von SDR
- Einfluss der Digitaltechnik
- Stärke für diversity, predistortion
- Beispiel Redpitaya
 - OpenHPSSDR-Verhalten
 - in ms änderbar SDR