

Einführung in die Technologie des Software Defined Radio

Bodo Scholz, DJ9CS

<http://dj9cs.raisdorf.net>

Stand: Januar 2007

Einführung

Die Entwicklung der Radiotechnik hat mit der Einführung der Digitaltechnik eine rasante Geschwindigkeit angenommen. War es zunächst nur z.B. die digitale Frequenzanzeige mit einem integrierten Zähler, hat inzwischen die Digitale Signalverarbeitung Einzug gehalten.

Computer sind aus der Welt der Funkamateure auch nicht mehr wegzudenken. Sie steuern die Geräte, übernehmen die Erzeugung und Demodulation komplexer Signale der unterschiedlichen Betriebsarten wie SSTV, RTTY, PSK31, FSK441 und viele weitere.

Einführung

Die Entwicklung brachte schon Transceiver ohne jegliche herkömmliche Bedienelemente hervor, z.B. Kachima 505, KENWOOD TS-B2000. Oder die Empfänger von WinRadio, die auch als Einsteckkarten für den PC auf dem Markt sind. Die Geräte werden nur über Software mit einer entsprechenden grafischer Nutzeroberfläche von PC aus bedient. Es sind aber immer noch herkömmliche Radios, noch keine

Software Defined Radios

sondern

Software Controlled Radios.

Was ist ein 'Software Defined Radio'

Die Bezeichnung Software Defined Radio (SDR) steht im weitesten Sinn für die uneingeschränkte Programmierbarkeit aller Funktionen in einem Kommunikationssystem

Ein Software Transceiver für die Allgemeinheit

In den Jahren 2002 und 2003 wurde in der amerikanischen Zeitschrift QEX, Herausgeber ist die ARRL, von Gerald Youngblood, AC5OG (jetzt K5SDR) in einer Serie von 4 Artikeln mit dem Titel

“A Software Defined Radio for the Masses“

ein Konzept und auch eine erste Realisierung eines modernen Transceivers für Funkamateure vorgestellt.

Kernstück dieses Konzeptes ist ein PC, wie er heute fast allen Funkamateuren zur Verfügung steht. Voraussetzung ist eine gute Soundkarte und nicht einmal der allerschnellste Rechner. Abgesehen von einem analogen Frontend ist der gesamte Transceiver softwaremäßig im PC realisiert. Die Quellen dieser Software stehen allen Nutzern frei zur Verfügung. Damit kann bei entsprechenden Kenntnissen jeder seinen Transceiver ohne Lötkolben weiterentwickeln.

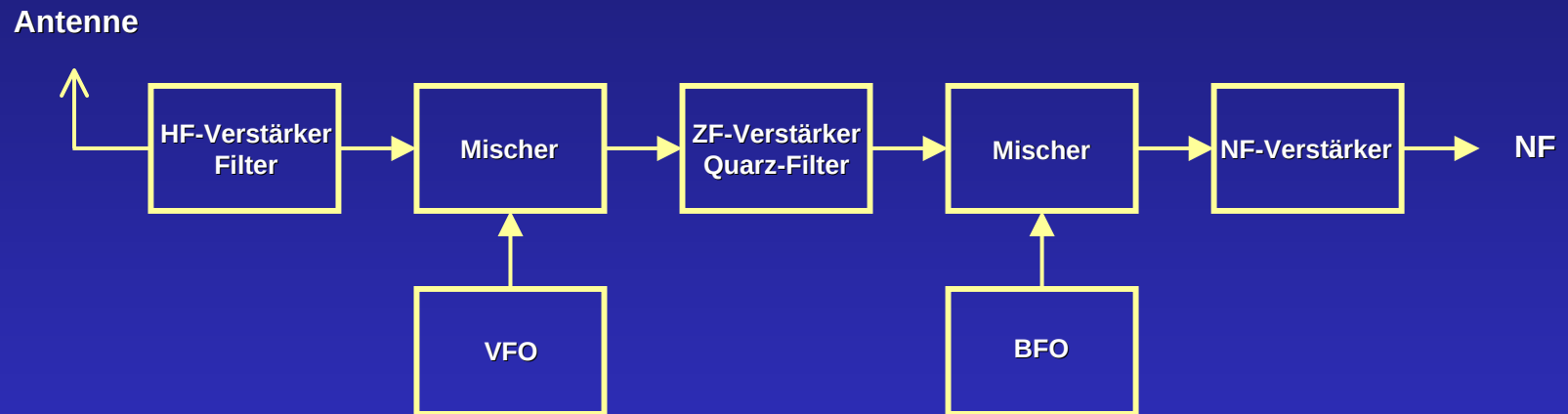
Unter der Bezeichnung SDR-1000 wird von der Firma FlexRadio Systems die notwendige Hard- und Software angeboten.

Einführung

Ich habe im August 2004 mir einen solchen Platinensatz aus den USA von der Firma FlexRadio Systems schicken lassen, um mich mit dieser Technologie intensiver zu beschäftigen.

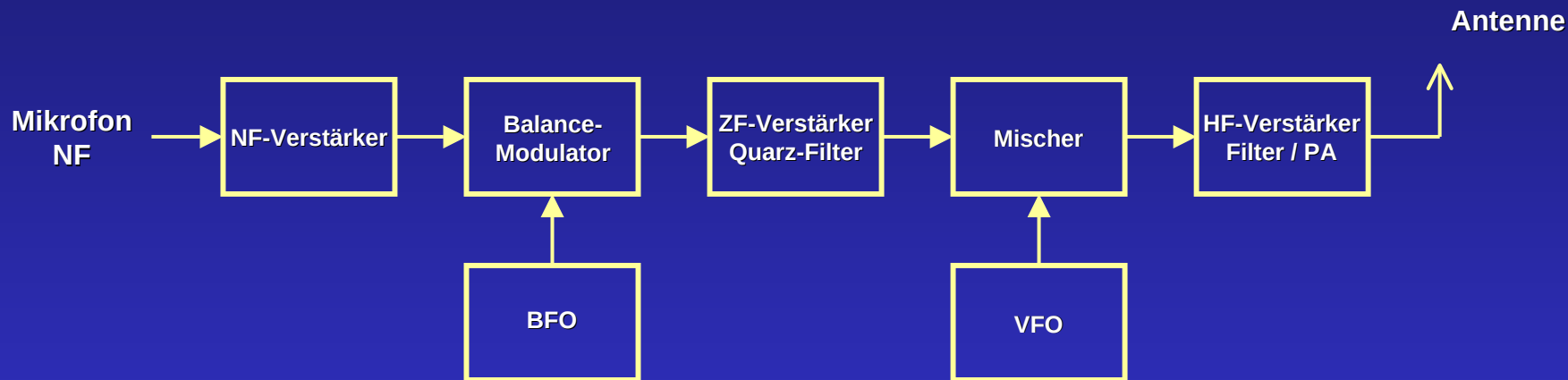
Bevor ich das Gerät im Betrieb vorstelle, zunächst ein Ausflug in die Technik und den grundsätzlichen Aufbau von Funkgeräten, um dann das Neue bei der Realisierung des SDR-1000 zu beschreiben.

SSB Empfänger nach der Filtermethode



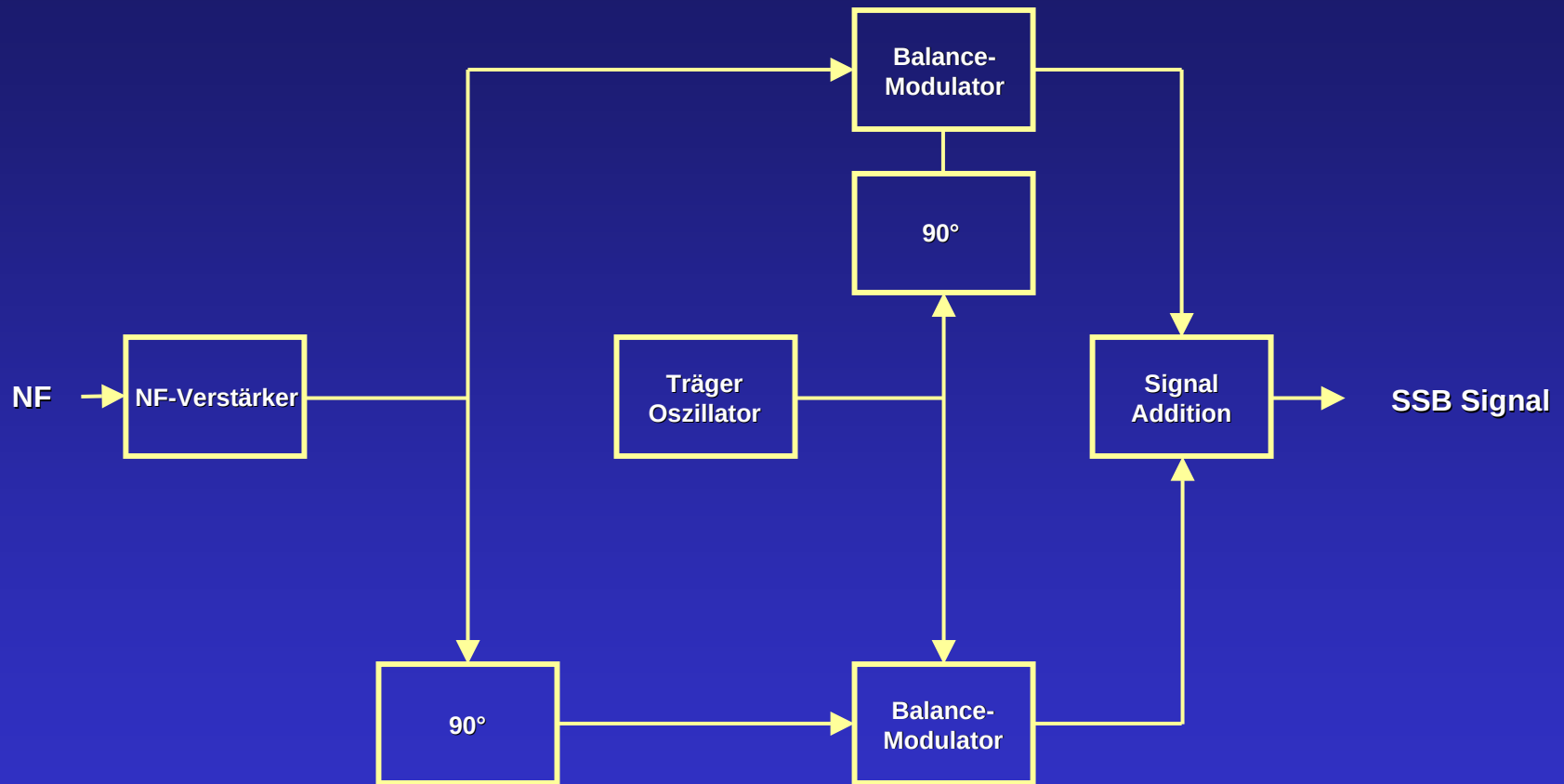
Bei der ursprünglichen Analogtechnik wurde auch der frequenzbestimmende VFO analog mit einem Drehkondensator oder einer variablen Induktivität abgestimmt.

Herkömmliche Analogtechnik



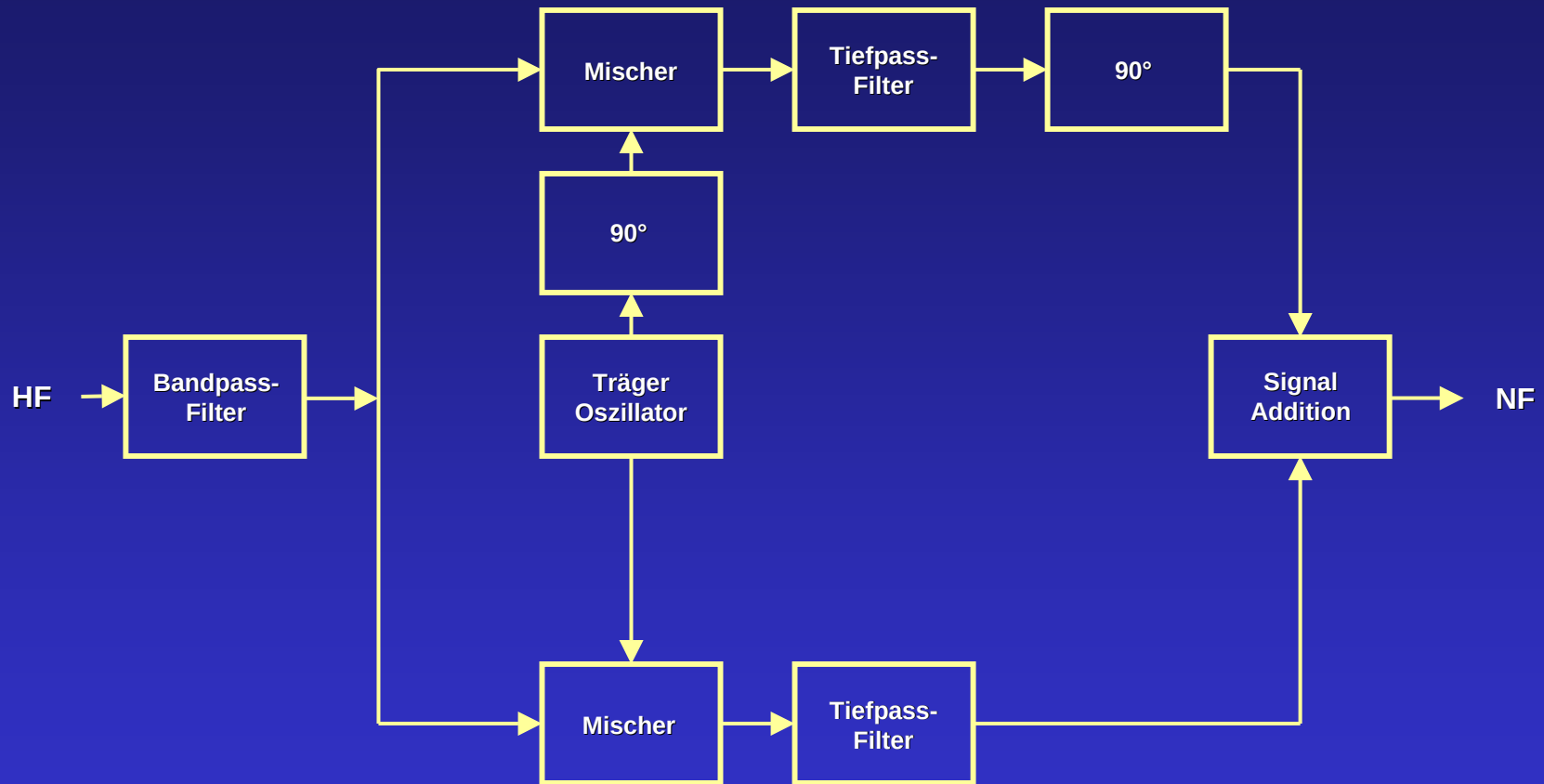
SSB Sender nach der Filtermethode

Herkömmliche Analogtechnik



SSB Signalerzeugung nach der Phasenmethode

Herkömmliche Analogtechnik



Direktüberlagerungs-SSB-Empfänger

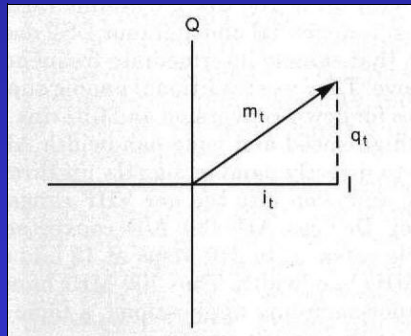
Weiterentwicklungen

- ❑ Röhren -> Halbleitertechnik
- ❑ Mit dem Fortschritt der Digitaltechnik kommt diese an immer mehr Stellen in den Empfängern und Sendern zum Einsatz:
 - Frequenzanzeige über Zähler
 - digitale PLL Schaltungen bei den Oszillatoren
 - digitale Erzeugung der Oszillatorfrequenzen (DDS)
 - DSP auf der NF-Seite für Filter, z.B. Notch-, Bandfilter
 - mit immer schneller werdenden DSP werden diese schon auf ZF-Ebene zur Filterung, Demodulation und Audiosignalverarbeitung eingesetzt
- ❑ Dies ist aber noch keine Softwaretechnologie, denn die Programme zur Signalerzeugung und Signalverarbeitung befinden sich unveränderlich als Firmware in den Geräten. Es können zwar durch Eingabe über Tasten und Drehknöpfe Parameter der Verarbeitung verändert werden, aber eben nicht die Programme selbst.

Digitale Signalverarbeitung

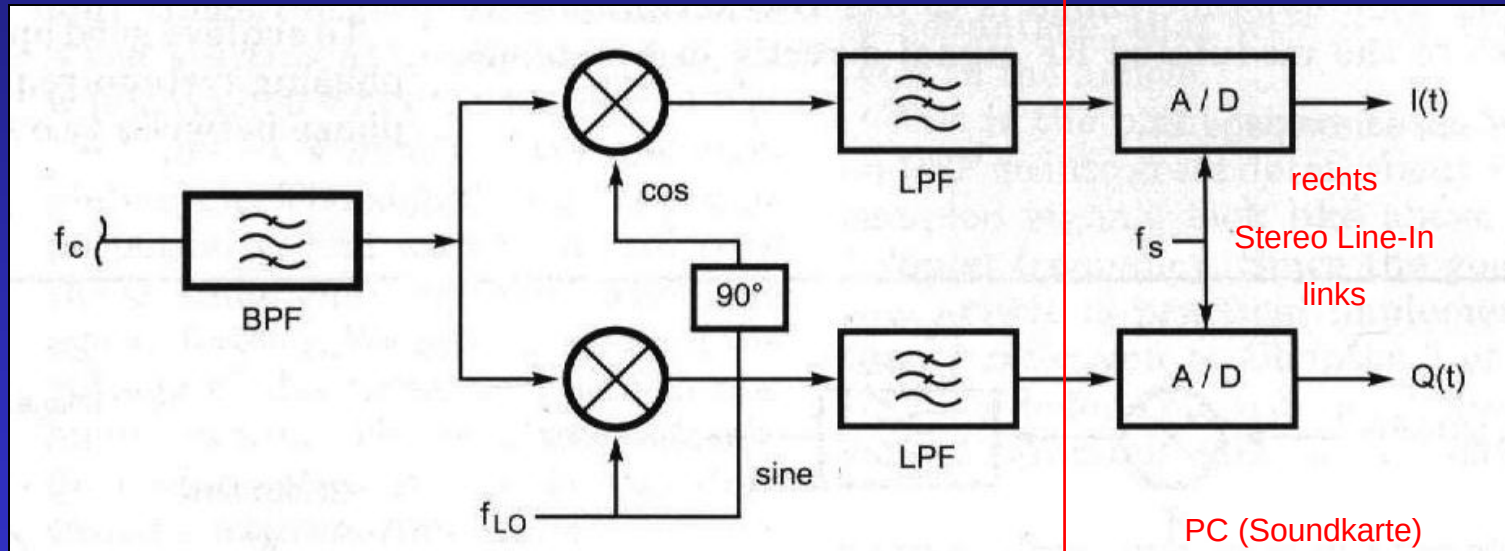
Bemerkungen und Begriffe
(ohne auf die Mathematik direkt einzugehen)

- A/D-Umsetzung
- Signale im Zeitbereich
- Signale im Frequenzbereich
- Transformation Zeitbereich $\leftrightarrow$ Frequenzbereich
- Filter
- Signalbeschreibung durch Quadraturkomponenten I/Q



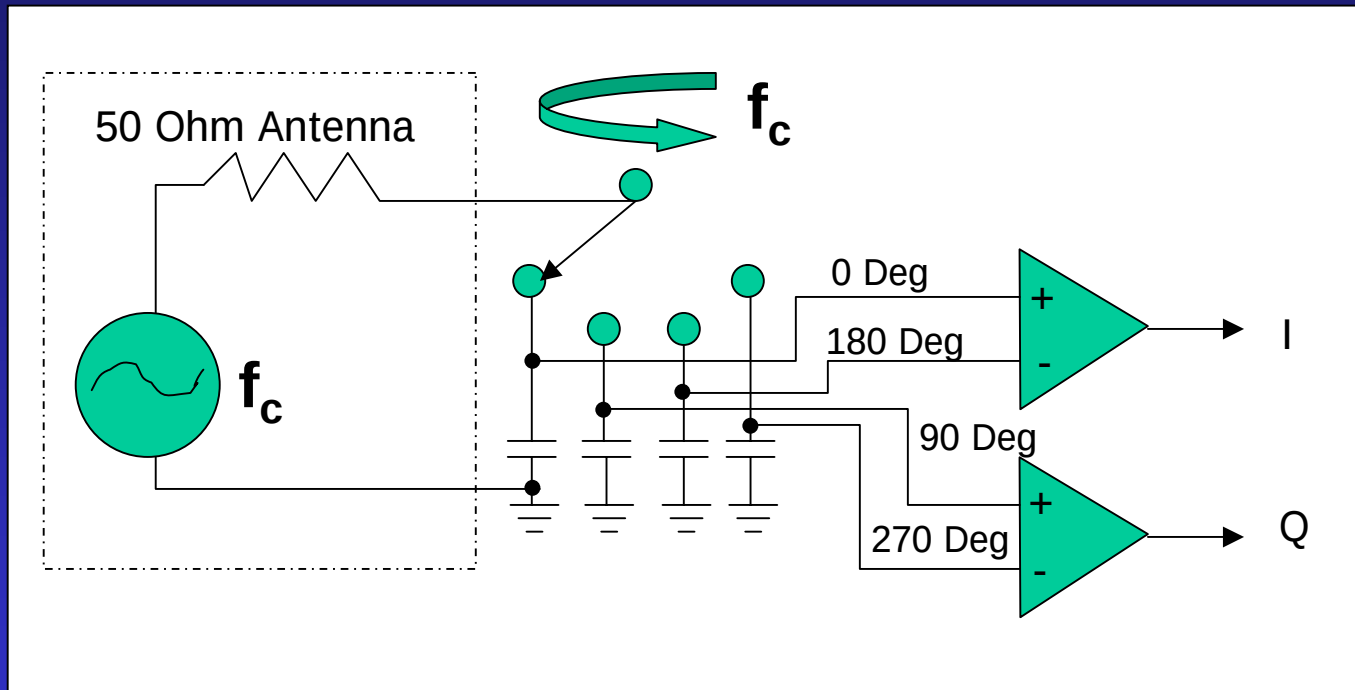
Realisierung SDR-1000

Prinzipschaltung des SDR RX-Frontends mit Quadraturabtastung



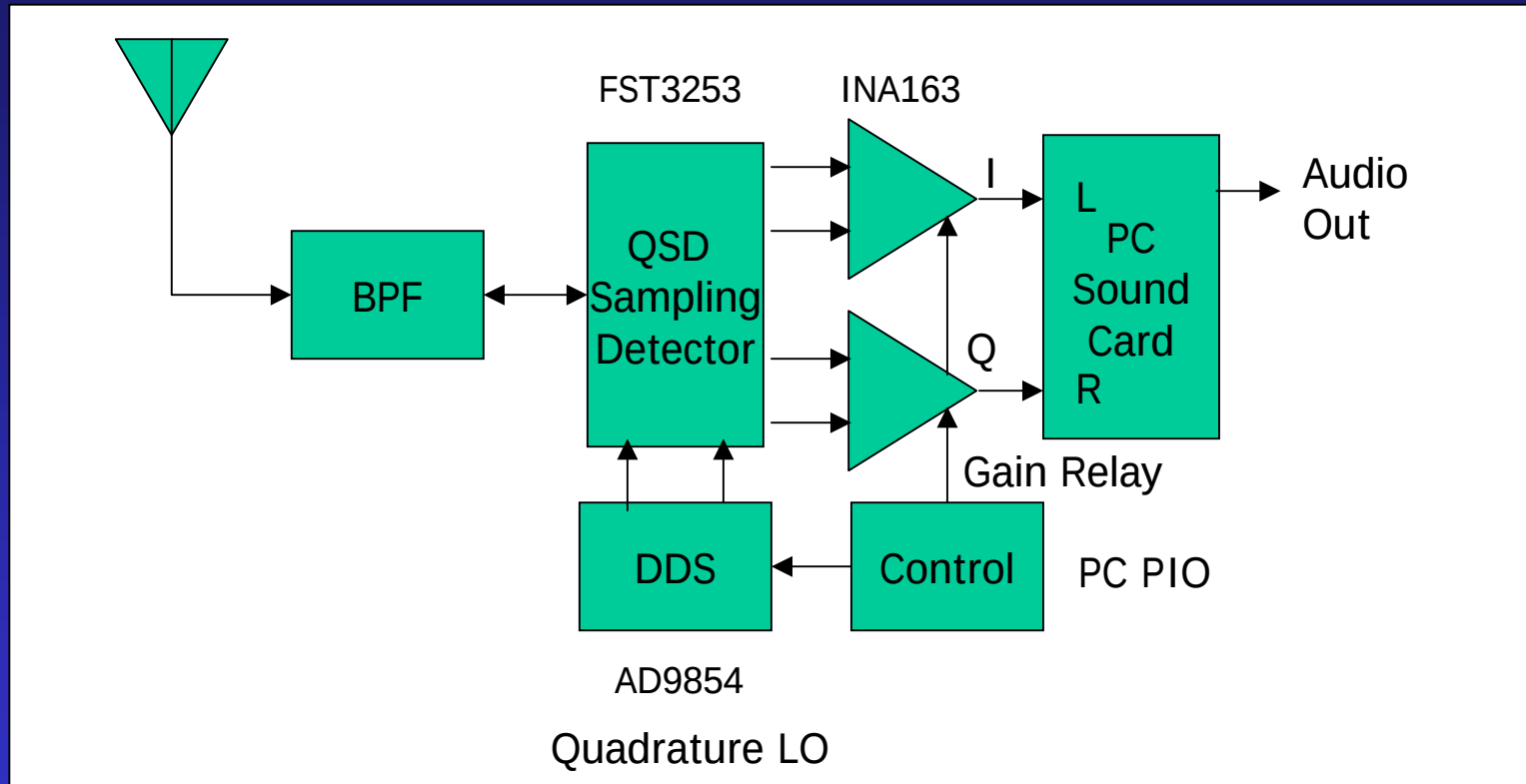
Quadrature Sampling Detector

nach Dan Tayloe, N7VE



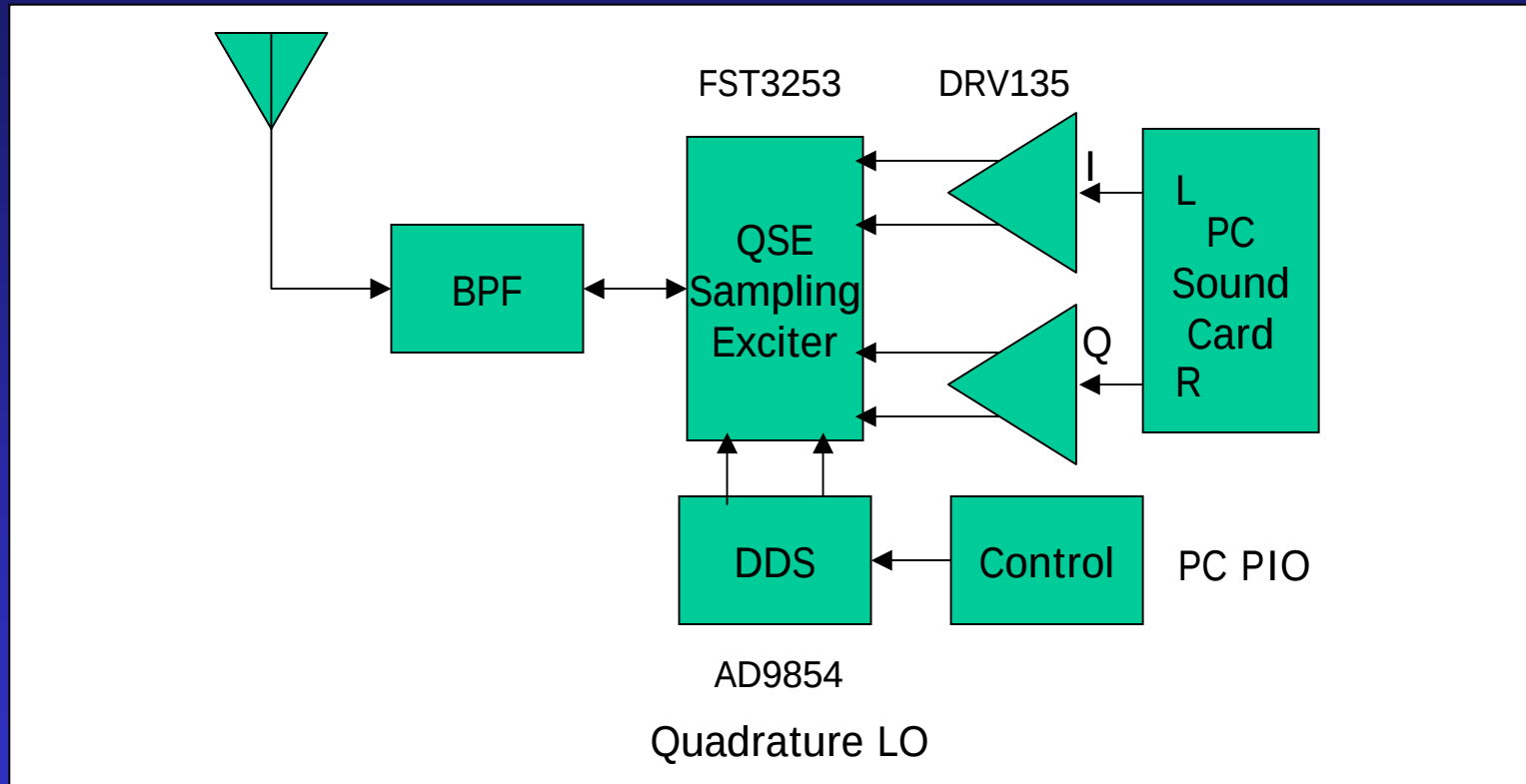
Eingangsbandbreite wird bestimmt durch das Tiefpassfilter gebildet aus R_{ant} und C_S

Realisierung SDR-1000



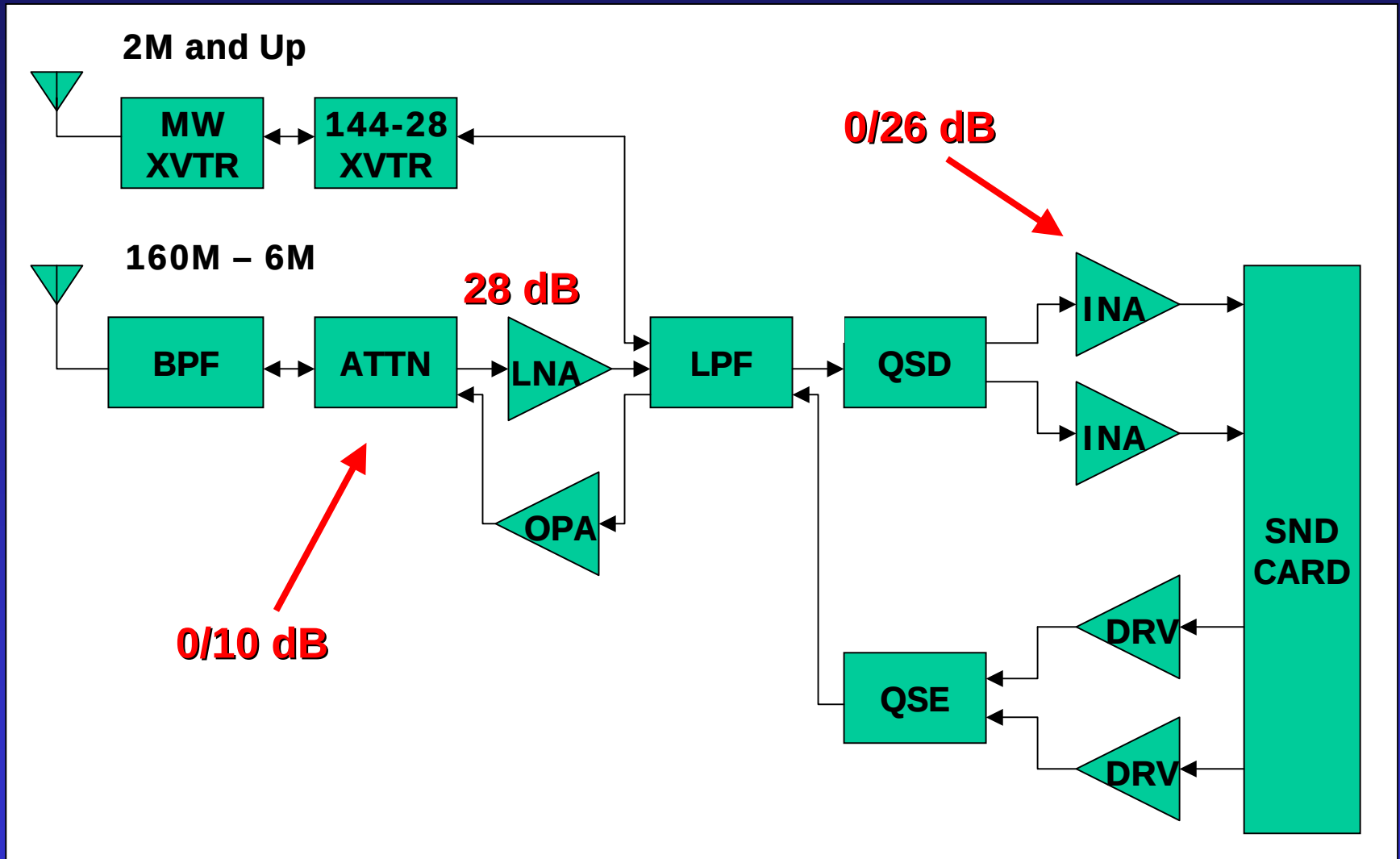
Empfänger

Realisierung SDR-1000

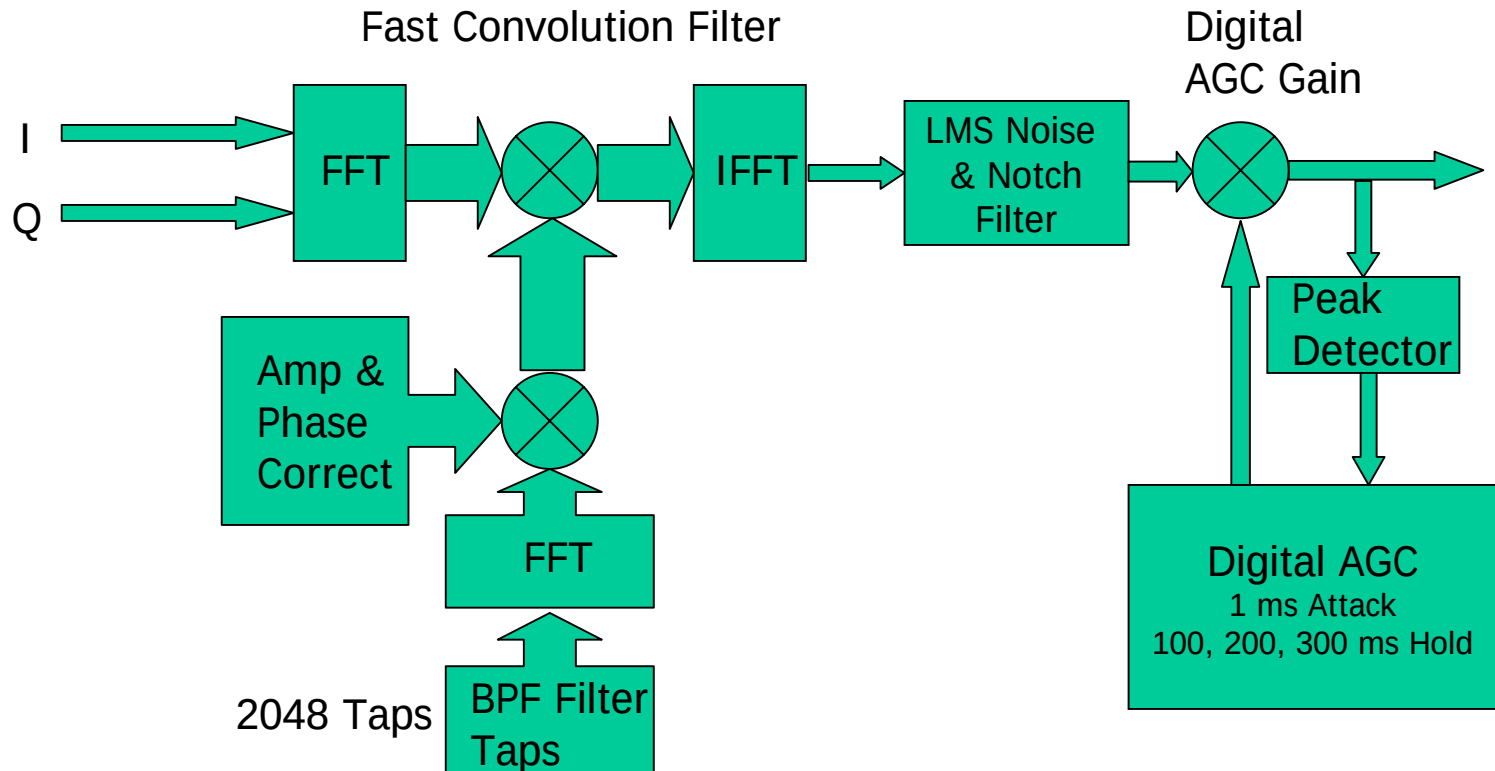


Sender

Realisierung SDR-1000

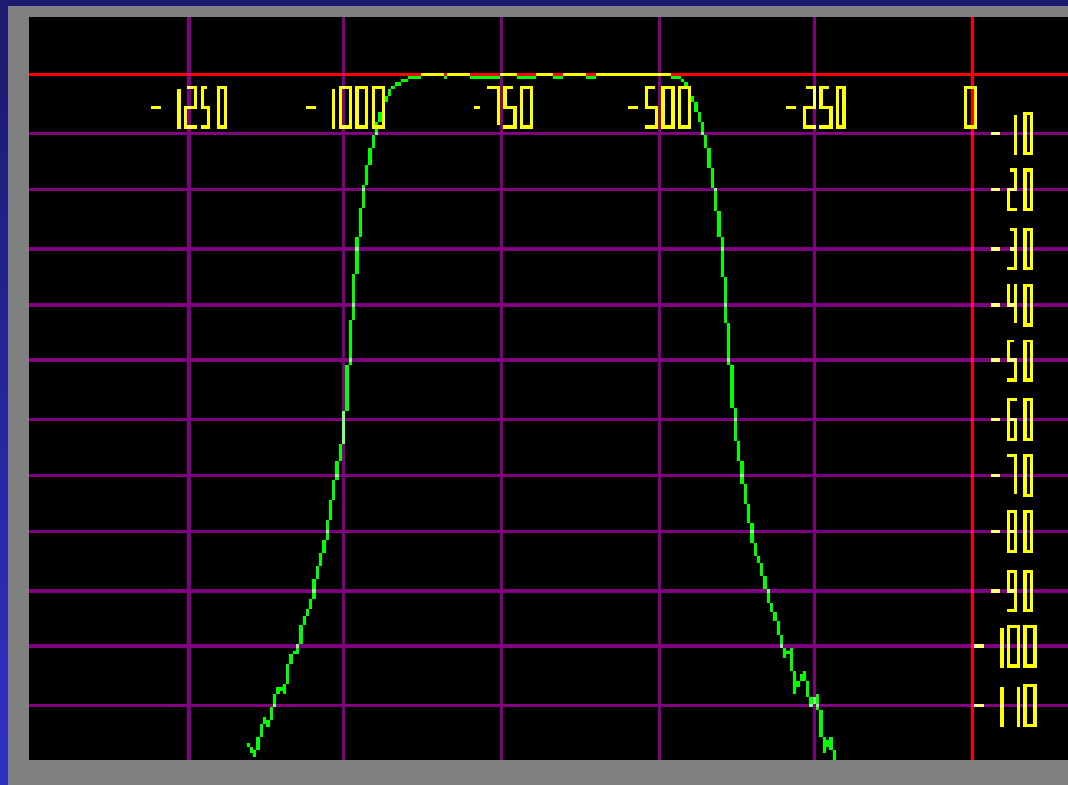


Realisierung SDR-1000



Software der Empfänger

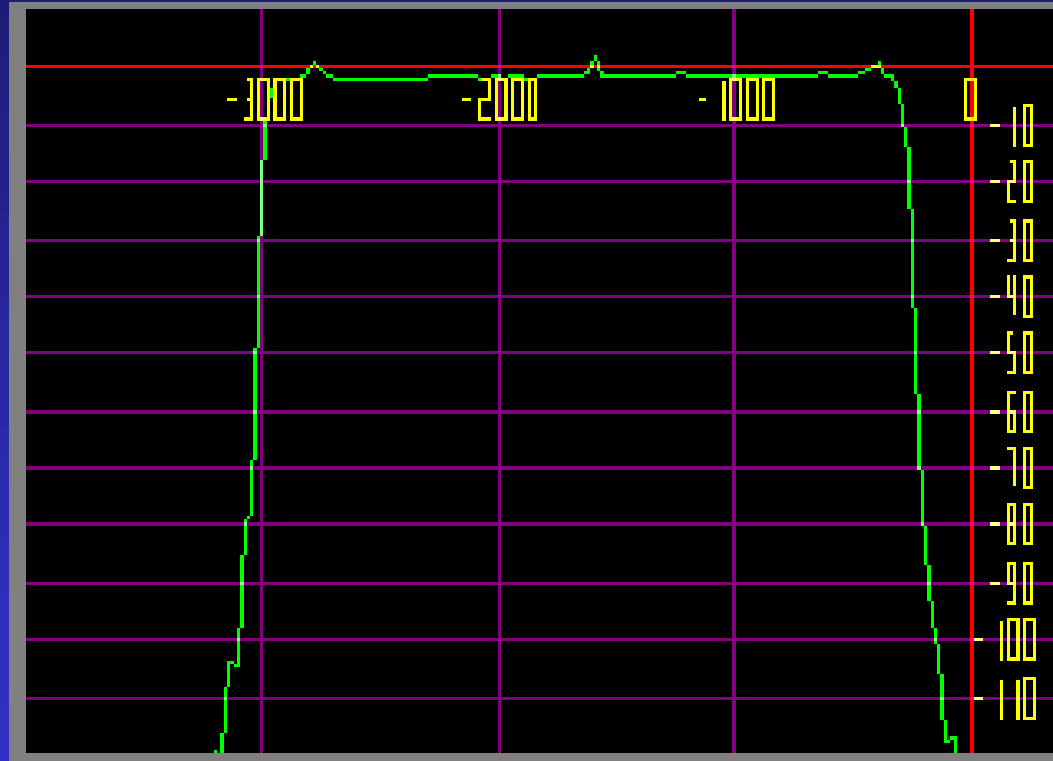
500 Hz Filter



$f_h = 950$ Hz, $f_l = 450$ Hz, 60 dB down @ 1 KHz

4096 Bin FFT and 2048 Tap Filter

2.8 kHz Filter



Realisierung SDR-1000

So fing alles an:

3 Platinen 8cm x 10cm

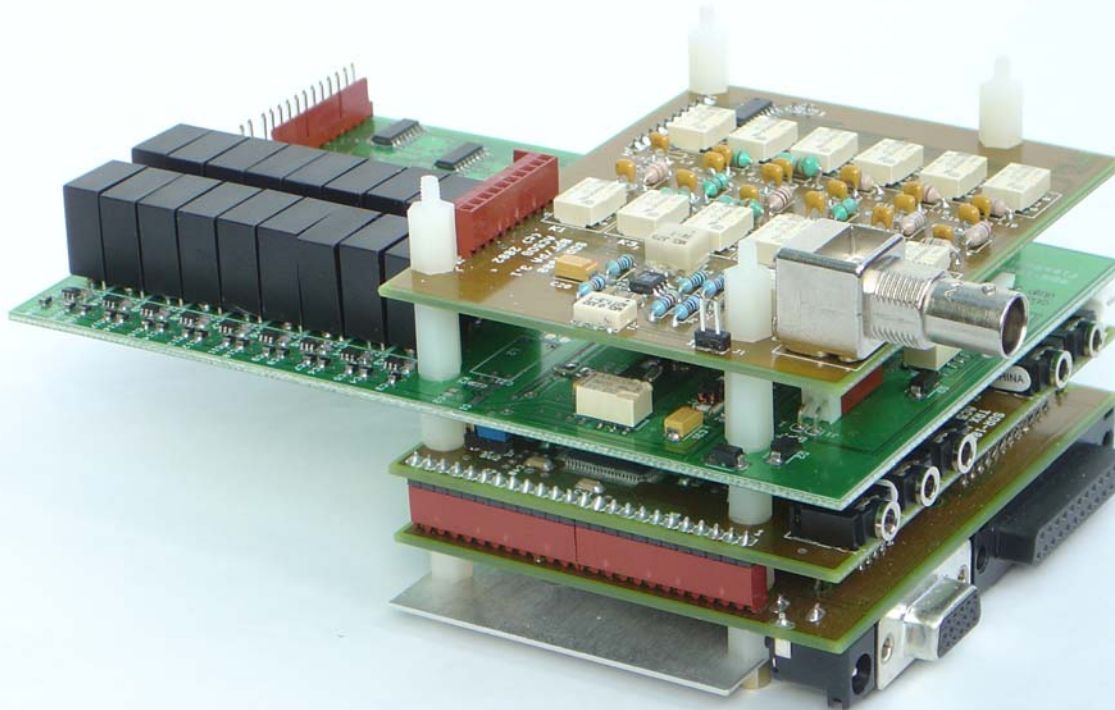


PIO

TRX

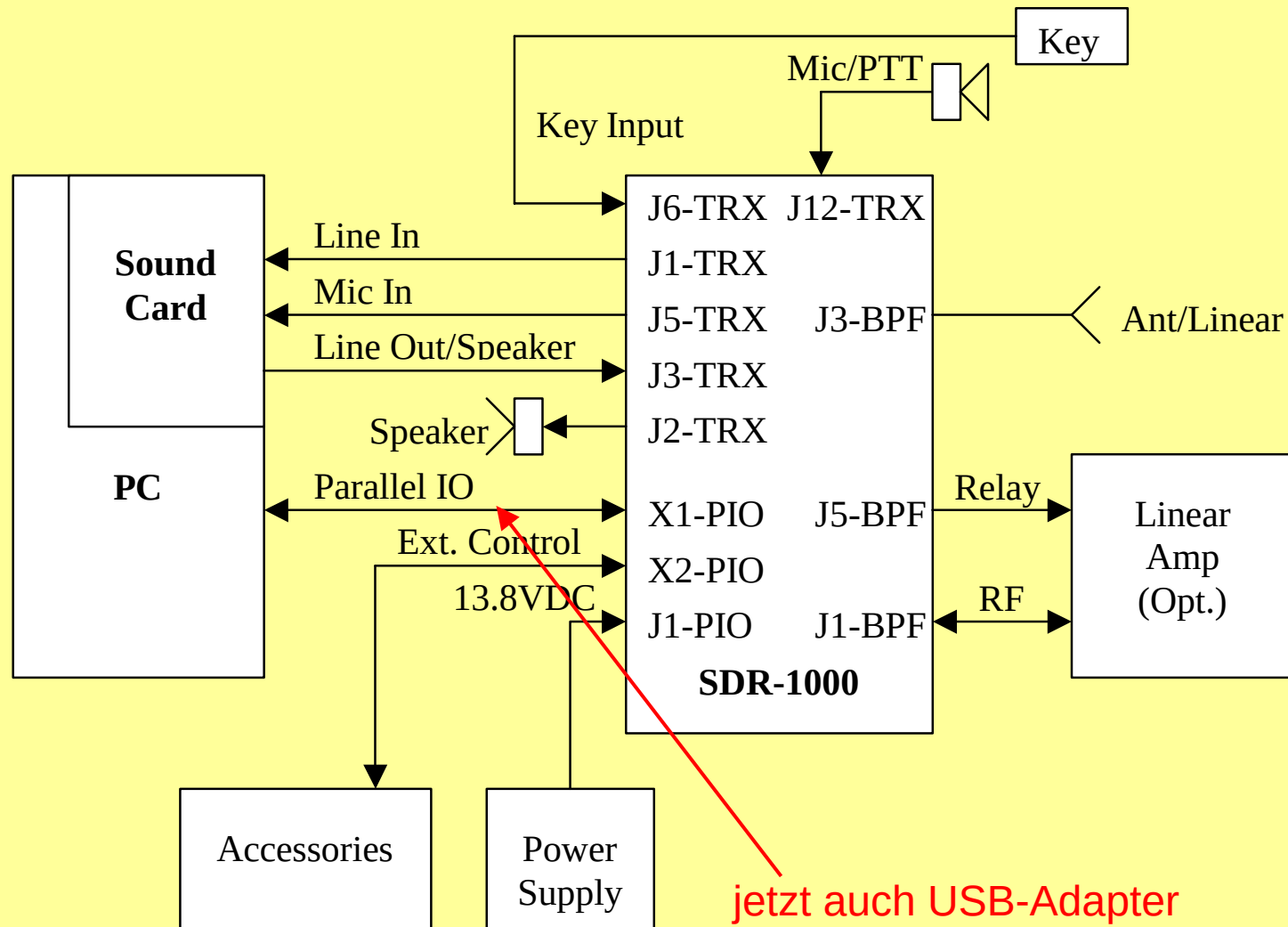
BPF

Realisierung SDR-1000



HF-Ergänzungsplatine - RFE

Gesamtaufbau SDR-1000 und PC



Spezifikationen des SDR-1000

Frequenzbereich RX	12 kHz ... 60 MHz
Frequenzbereich TX	Alle Bänder 160m 6m
IMD DR3 (14.2MHz, 500Hz BW, 26 dB Gain)	99 dB (Delta 44 Soundkarte)
MDS (14.2MHz, 500Hz BW, 26 dB Gain)	-130 dBm
Kleinster Abstimmungsschritt	1 Hz
DDS Clock	200 MHz, <1ps RMS jitter
Max. Empfangsbandbreite	40 kHz (begrenzt durch die Soundkarte)
Sendeleistung	1 Watt PEP max.
Control Interface	PC Parallel Port (DB-25) oder USB
Weitere Steuerleitungen	7mal open Collector Darlington
Eingänge	PTT, Mikrofon, Taste
Soundkarten-Anschlüsse	Line-In, Line-Out, Speaker Out, Mike In
Stromversorgung	13,8 V @ 1 A max.

Vergleich des SDR-1000 mit anderen TRX

	IP3 (20 kHz)	IP3 (5 kHz)	IP3 (2 kHz)
K2	+21.6 dBm	+21.0 dBm	
IC-7400	+20.0 dBm	-18.2 dBm	
IC-756 PRO II	+20.2 dBm	-18.8 dBm	
IC-756 PRO III	+25.0 dBm	-17.0 dBm	
IC-7800	+37.0 dBm	+22.7 dBm	
TS-870S	+16.0 dBm		
TS-950 SDX	+23.0 dBm		
TS-2000	+19.0 dBm	-15.0 dBm	
FT-847	+12.0 dBm		
FT-1000 MP Mk V	+22.3 dBm	- 5.2 dBm	
Orion Model 565	+23.0 dBm	+22.0 dBm	
SDR-1000	+26.0 dBm	+26.0 dBm	+26.0 dBm
(QST Oct. 2005)			

Messungen des ARRL Lab

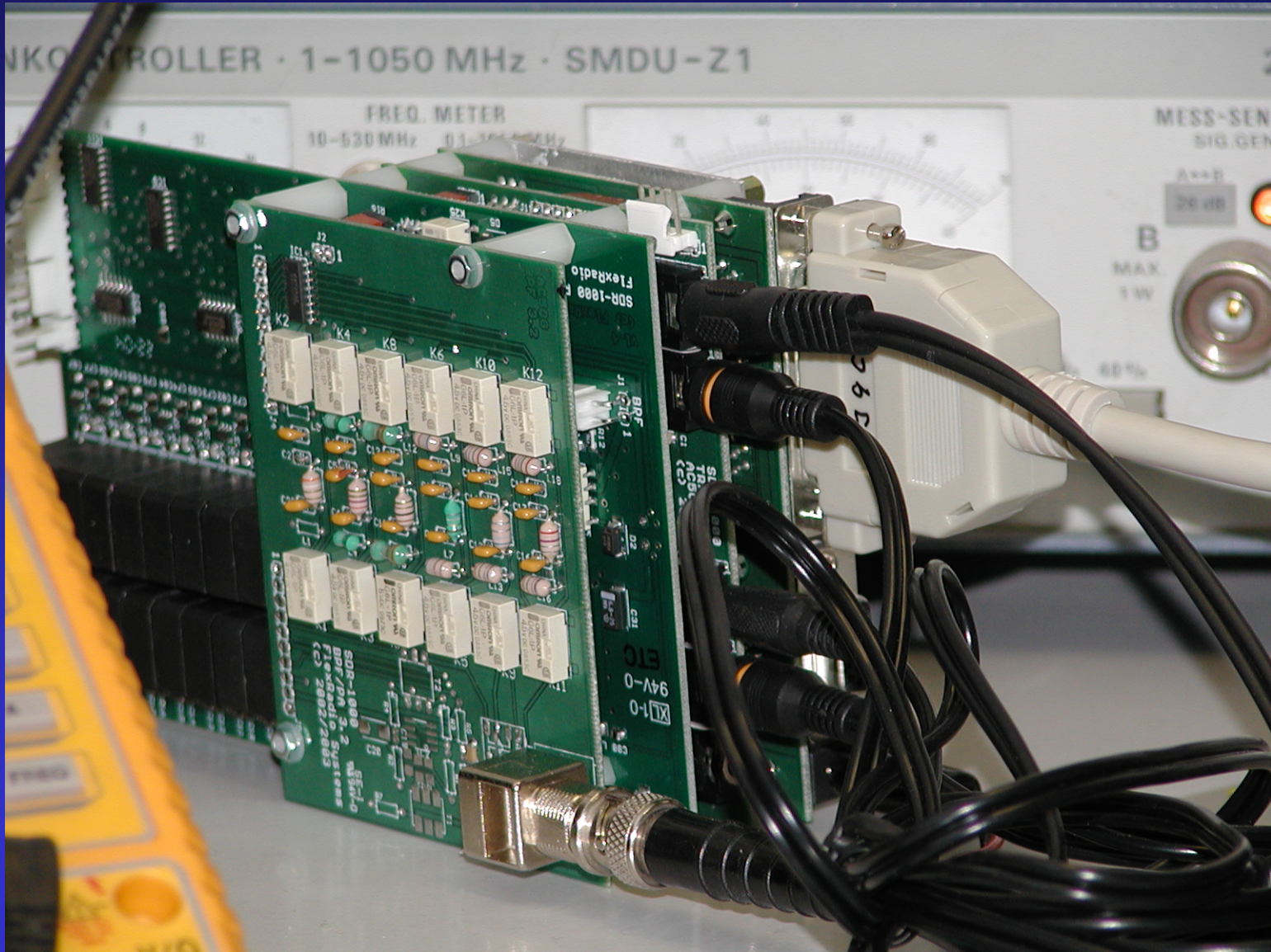
IP3 Messungen ARRL Lab

Spacing 20 kHz (5 and 2 kHz identical)

M-Audio Delta 44 sound card

Preamp	off	low	med	high
3.5 MHz	+24 dBm	+14 dBm	+24 dBm	+15 dBm
14 MHz	+31 dBm	+20 dBm	+26 dBm	+17 dBm

Testaufbau des SDR-1000

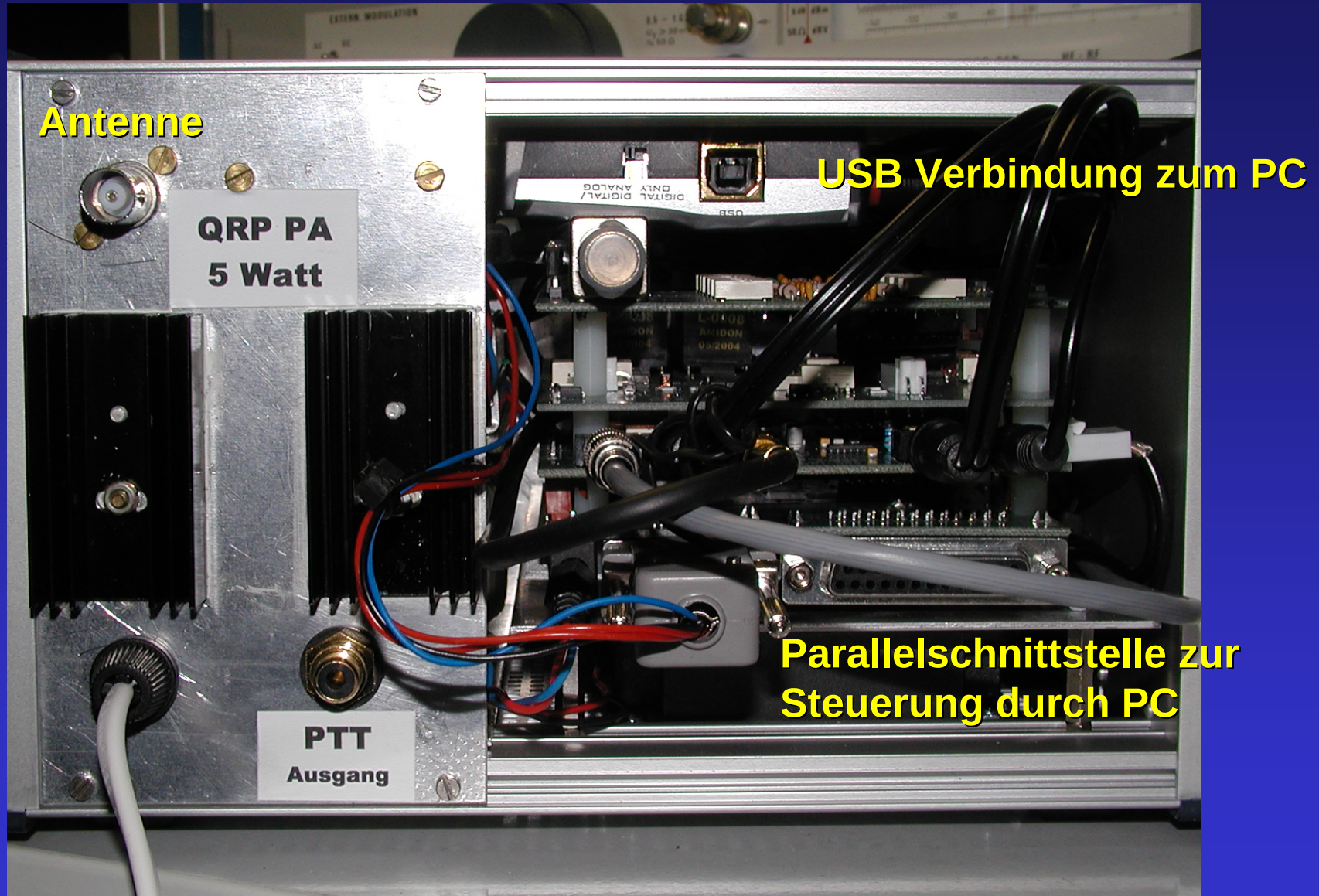


Testaufbau des SDR-1000



**Externe USB Soundkarte
CREATIVE Soundblaster MP3+**

SDR-1000



SDR-1000



FireWire Soundkarte



24 bit / 96 (192) kHz

Realisierung SDR-1000

Von FlexRadio wird inzwischen der SDR-1000 in unterschiedlichen Ausbaustufen angeboten:

- **Grundversion 1 Watt Transceiver**
- **mit 100 Watt Endstufe**
- **mit Antennentuner**
- **100 Watt Transceiver**
- **mit 2m Transverter**
- **nur Empfänger**

Die Platinenversion kann nur noch über die Distributoren in Europa bezogen werden:

- **WoodBoxRadio: www.cqdx.it/woodbox/wbr-home.html**
- **Intertechnologies-France: www.intertech-fr.com/**
- **Waters & Stanton: www.wsplc.com/**

Gehäuse zum SDR-1000

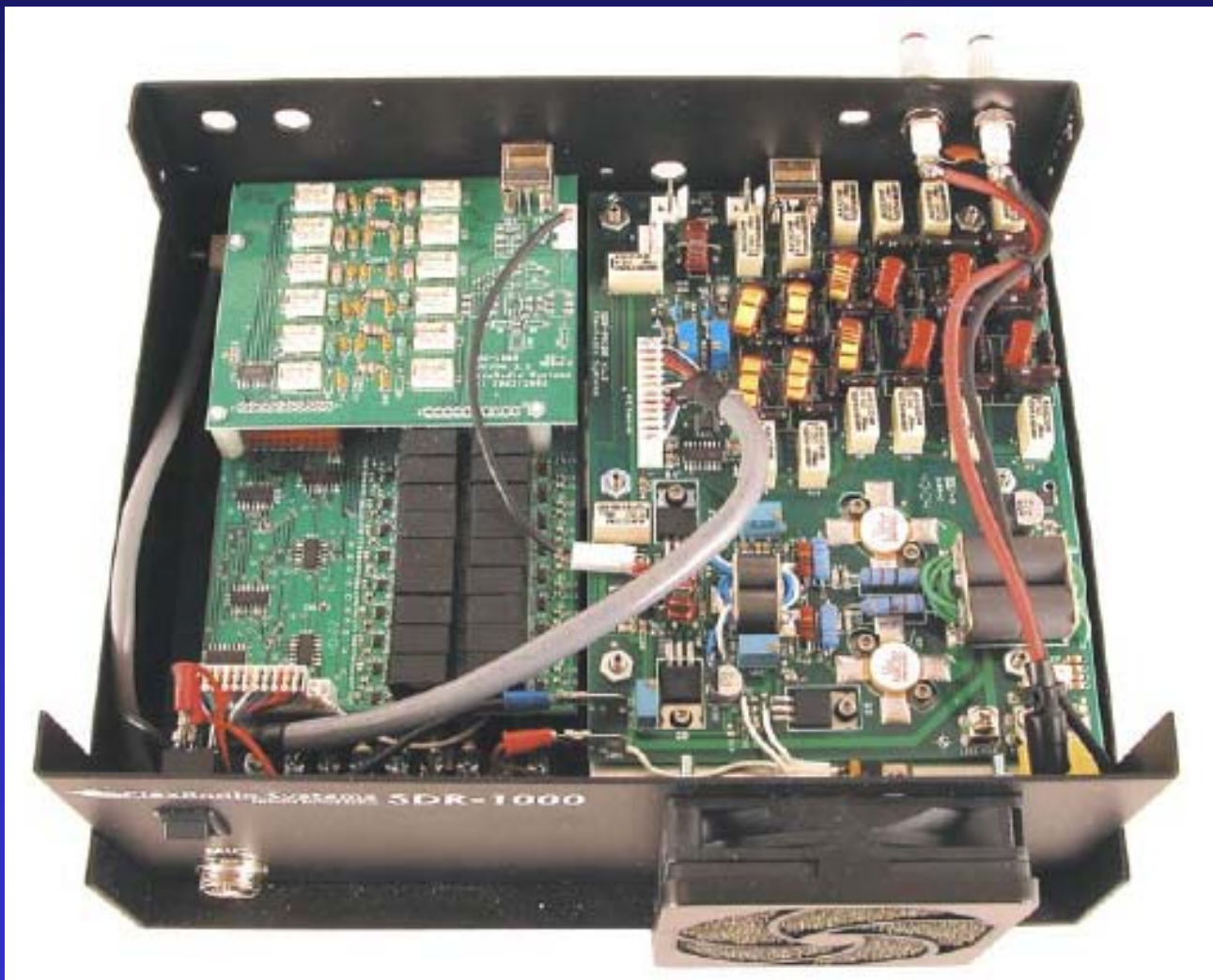


Abmessungen (H x B x T) ca. 10 x 26 x 22 cm

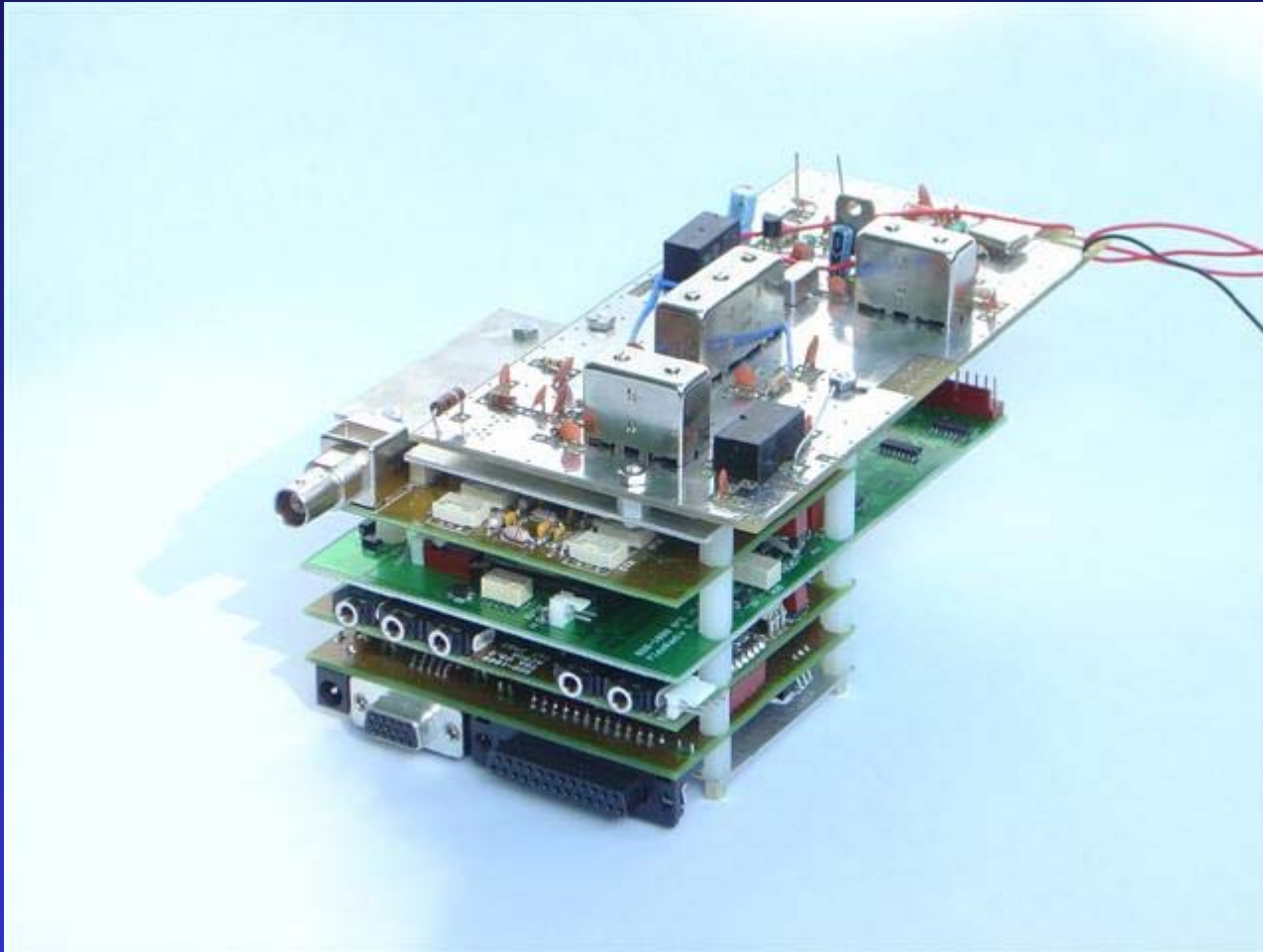
100 Watt PA zum SDR-1000



SDR-1000 mit 100 Watt PA



2m Transverter



Down East Microwave Transverter für den SDR-1000 Transceiver



Software Defined Radios™

[Downloads](#) [Site map](#)

[Home](#) | [About](#) | [Products](#) | [Purchase](#) | [Support](#) | [News](#) | [Users](#) | [Resources](#)

What's New!
[Click Here](#)

New SDR-1000 Owners
[Click Here](#)

SDR-1000



The top performance radio that just keeps getting better!

"The debut of the FlexRadio SDR-1000 opens a new chapter in the history of Amateur Radio. I'm not indulging in hyperbole by making such a statement – it is a fact. For the first time in ham history, you can purchase 'off the shelf' an HF and 6 meter transceiver that uses software to define its functionality – a software defined radio."

Flex-Radio Support Knowledge Base - Mozilla Firefox

Datei Bearbeiten Ansicht Chronik Lesezeichen Extras Hilfe

http://kb.flex-radio.com/?cNode=3D8W4P

Mozilla Firefox Startse... WetterOnline Übersicht mozilla Wormulon.net

Homepage DJ9CS - SoftRock ... SDR-1000 Forum - Startseite Webstats4u.com - Meine Stat... Flex-Radio Suppo

FlexRadio Systems

Software Defined Radios™

[FlexRadio Home](#)

[Browse](#) [Search](#) [Logout](#) [Admin](#)

Home : [PowerSDR](#)

- PowerSDR
 - Initial Installation
 - Documentation
 - Expert Setups
 - How To: Operating Tips
 - Computer Setups
 - Bug Reports and Enhancements
 - PowerSDR Demo Setup
 - PowerSDR Software Development
- SDR-1000
- SDR-X
- Troubleshooting & FAQs
- Downloads, Resources & Support Tools
- Start Here: Using the Flex Knowledge Base
- Getting Started with the SDR-1000
- Contact the Flex Knowledge Master
- Contact FlexRadio Systems

[PowerSDR](#)

[Q10086 - INFO: SDR-1000 Installation and Documentation](#)

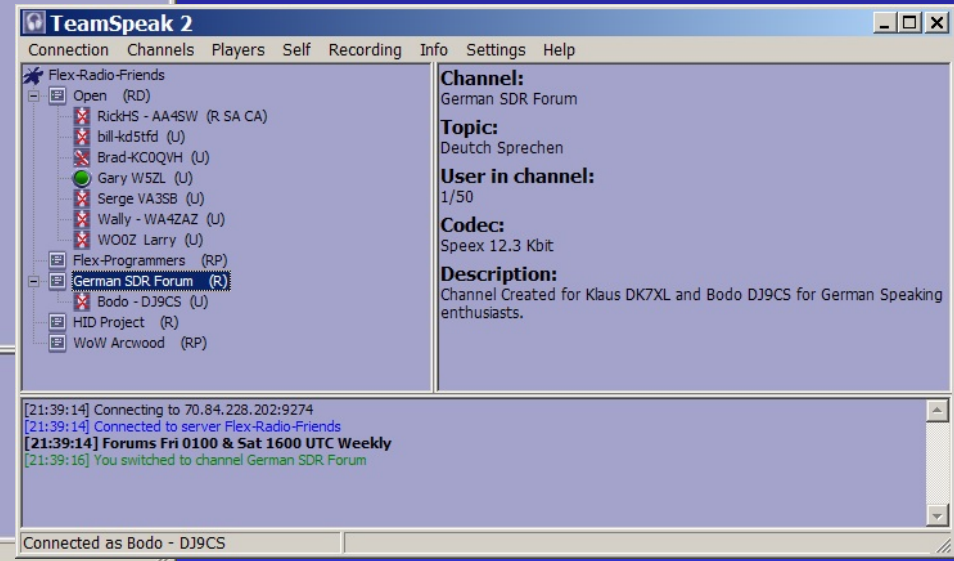
FlexRadio Knowledge Base

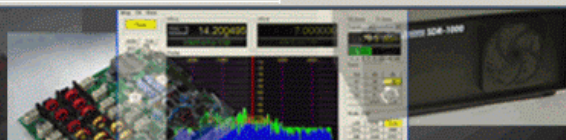
VoIP Diskussionsforum



Beispiel einer großen Diskussionsrunde mit den Entwicklern Gerald AC5OG (jetzt K5SDR) und Eric (KE5DTO) von FlexRadio.

In dem 'German SDR Forum' Kanal treffen sich die deutschsprachigen Nutzer.





[Home](#) [Forums](#) [My Account](#) [ORV](#) [Members](#) [Downloads](#) [Resources](#) [Projects](#) [Chat](#) [Member Websites](#) [Logout](#)

Sort By: ☒ Callsign ☐ Op

2280 Members

1	2	3	(Page 4)	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	...
Callsign	Photos	Op	Radio Equipment																						
DJ5ER		Heino Held	SDR-1K, RFE-Board,USB-Adaptor, komm. 100W PA Kenwood TS-870, Yaesu FT-100, FL 2100Z (600W)																						
DJ5VJ		Udo Wittig																							
DJ7RL		Peter																							
DJ8EF		Feri Dr. Györy-Kiss	SoftRock40																						
DJ8HP		Gerhard Albert																							
DJ8OM		Oskar Mayer	SDR1000 3-stack + RFE, SoftRock 5.0, Elecraft K2, ICOM R-75,																						
DJ8YH		Gerd Wilfried Heß	SDR-1000 w/RFE w/100W-PA w/Extigy, Softrock V4.0, Elecraft K2@10W, Ten-Tec Argonaut V, Kenwood TS-50																						
DJ9CS		Bodo Scholz	SDR-1000 w/RFE and MP3+ and integrated QRP PA 5 watts; Elecraft K2; FT847 + 500 Watts PA; SoftRock40; SoftRock v.5.0																						
DK1IO		Reinhard Lipkow																							
DK1VD		Manfred																							
DK2ZZ		Karlheinz Hagen	SDR-1000, Softrock 5.0, FT1000MP, a lot of Heathkit TRX,RX,TX																						
DK3FN		Joachim Daemmig																							
DK4AS		Karsten Eppert	Icom IC 735, Elecraft K2																						
DK6AJ		Joe																							
DK6LG		Knut Schneider	K2																						
DK6RS		Josef Schmitt																							
DK7XL		Klaus Lohmann	2 SDR-1000; 3-board stack; integrated 100W PA (Hagenuk); Delta44 and Extigy (using second SDR-1000 for spectrum analysis); PC 1.4GHz 512MB; ...																						
DK8JN		Hubert Dedden	SDR1k TS850 TS440																						
DK9FQ		Lothar																							
DL1234		Maarten Kabbedijk																							
DL1AOQ		Dietmar Hoffmann																							
DL1DTL		Klaus Voigt																							
DL1TK		Burkhard Decker	SDR-1500/100W ;-), other Radios by Icom																						
DL1TK		Thomas Kerziner																							
DL1UL		Dietmar Kriebber																							
DL2BMH		Bernd-Werner Kolb	TS 440																						

Datei Bearbeiten Ansicht Gehe Lesezeichen Extras Hilfe

http://www.sdr1000.de/forum/index.php?

Erste Schritte Aktuelle Nachrichten ...

SDR-1000 Forum

Software Defined Radio

registrieren team benutzer kalender suche hilfe index

Sie müssen [\[registriert\]](#) sein, um alle Funktionen dieses Forums nutzen zu können. Falls Sie bereits in diesem Forum registriert sind, können Sie sich hier [\[anmelden\]](#). Sollten Sie Ihr Passwort vergessen haben, können Sie hier [\[ein neues anfordern\]](#)!

Oder lesen Sie die [\[letzten Beiträge von heute\]](#).

Login:

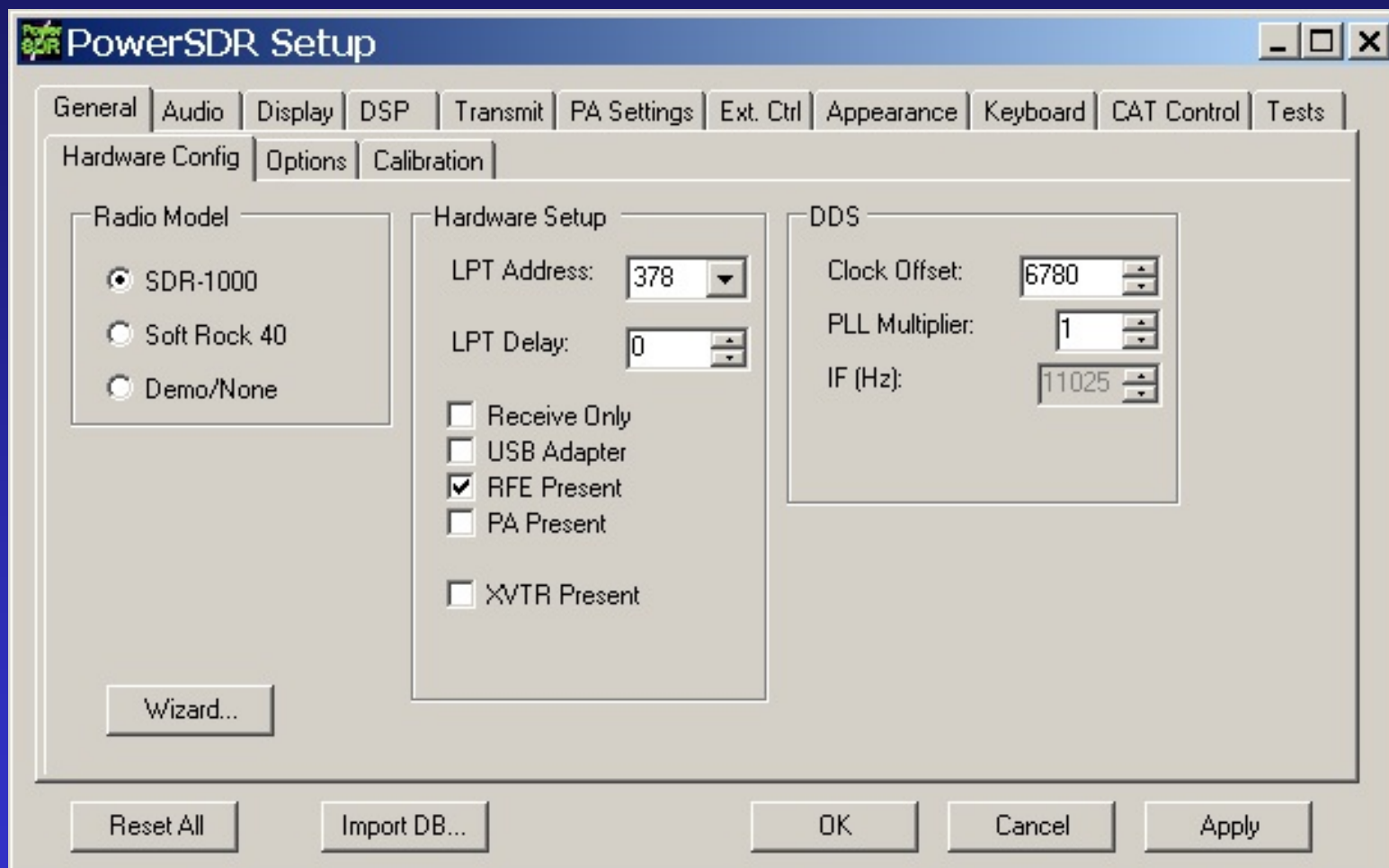
[\[Attachments Datenbank\]](#) | [RSS Newsfeed\]](#)

Forum	Themen	Beiträge	Letzter Beitrag
Kategorie			
Allgemeine Hinweise Begrüßung Moderatoren: DJ4PZ DK7XL DJ5ER	2	2	Kritik, Vorschläge, Anmerkungen zum SDR-Forum... 13.03.06, 18:35:23 von DJ4PZ
SDR-1000 Hardware Baugruppen, RFE-Board, 100Watt Endstufe Moderatoren: DK7XL DJ5ER	1	1	IMD3 bzw. IMD5 des TX... 20.03.06, 20:15:06 von DK7XL
SDR-1000 Software Besprechung der Software-Releases usw. Moderatoren: DK7XL DJ5ER	1	3	MixW und SDR-Software... 22.03.06, 11:00:15 von DJ4PZ
Soundsysteme USB-Soundkarten, interne Soundkarten usw.	3	5	SDR-1000 mit der Live!24 für Sendung und Empfang... 21.03.06, 15:12:01 von DJ5ER
SDR-1000 unter Linux, OS/10.x o.a. System-Plattformen	1	3	Apple i Mini... 22.03.06, 08:59:13 von DJ4DM
			Phasenmethode

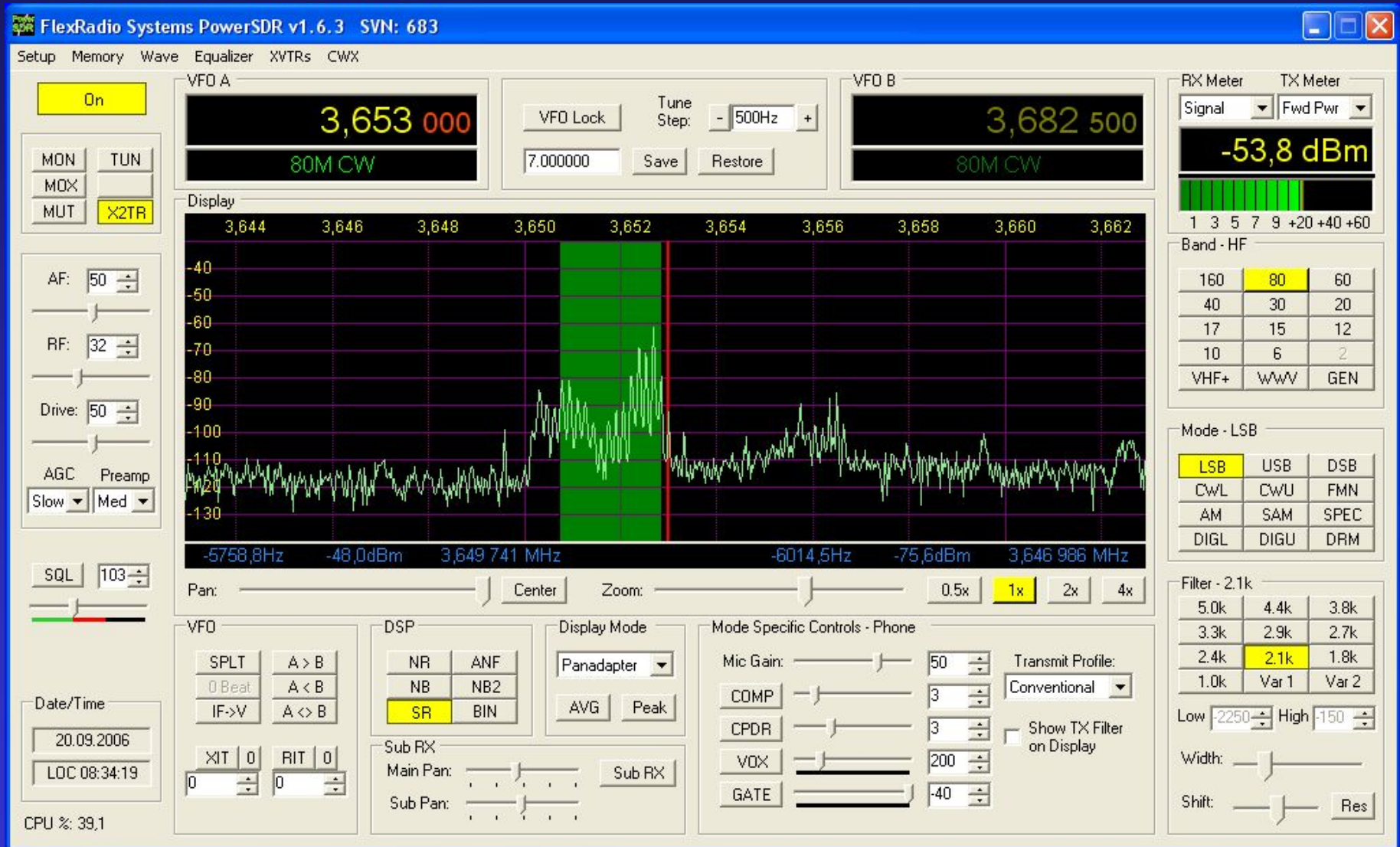
Fertig

Vorführung des SDR-1000

PowerSDR - Setup Menue



Nutzeroberfläche PowerSDR



Virtuelle serielle Schnittstelle

N8VB: vCOM Virtual Serial Ports Driver

Creates a "Virtual Null Modem Cable" in Windows 2000 and XP by pairing virtual com ports.

Damit wird der Betrieb u.a. von Logbuchprogrammen und anderen Steuerprogrammen ermöglicht.

Der SDR-1000 wird mittels des KENWOOD Befehlssatzes gesteuert, es wird ein TS-2000 emuliert.

K5KDN and KD5TFD's PowerSDR CAT Control

Virtuelle Soundkarte

Im Programm PowerSDR ist softwaremäßig eine Schnittstelle integriert worden, die als 'Virtuelle Soundkarte' für andere Programme für PSK31, RTTY, SSTV, usw. genutzt werden kann.

Unter Nutzung des Programms 'Virtual Audio Cable (VAC)' können so Programme, wie MixW, MMTTY, MMSSTV, usw. ohne eine extra Soundkarte betrieben werden.

Gewohnte Bedienung

Ein Angebot von IK3VIG

<http://www.cqdx.it/woodbox/controlpanel.html>

