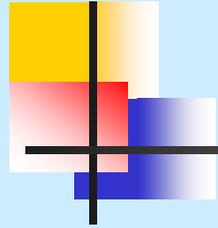


All Digital Transceiver

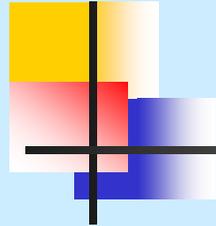
- **Prinzip Digital-Empfänger**
 - ADC, Analog Digital Converter (Analog-Digital-Wandler)
 - DDC, Digital Down Converter (Digitaler Abwärtsmischer)
 - DSP, Digital Signal Processor
 - SDR-14
 - Perseus

- **Prinzip Digital-Sender**
 - DAC, Digital Analog Converter (Digital-Analog-Wandler)
 - TSP, Transmit Signal Processor (Digitaler Aufwärtsmischer)

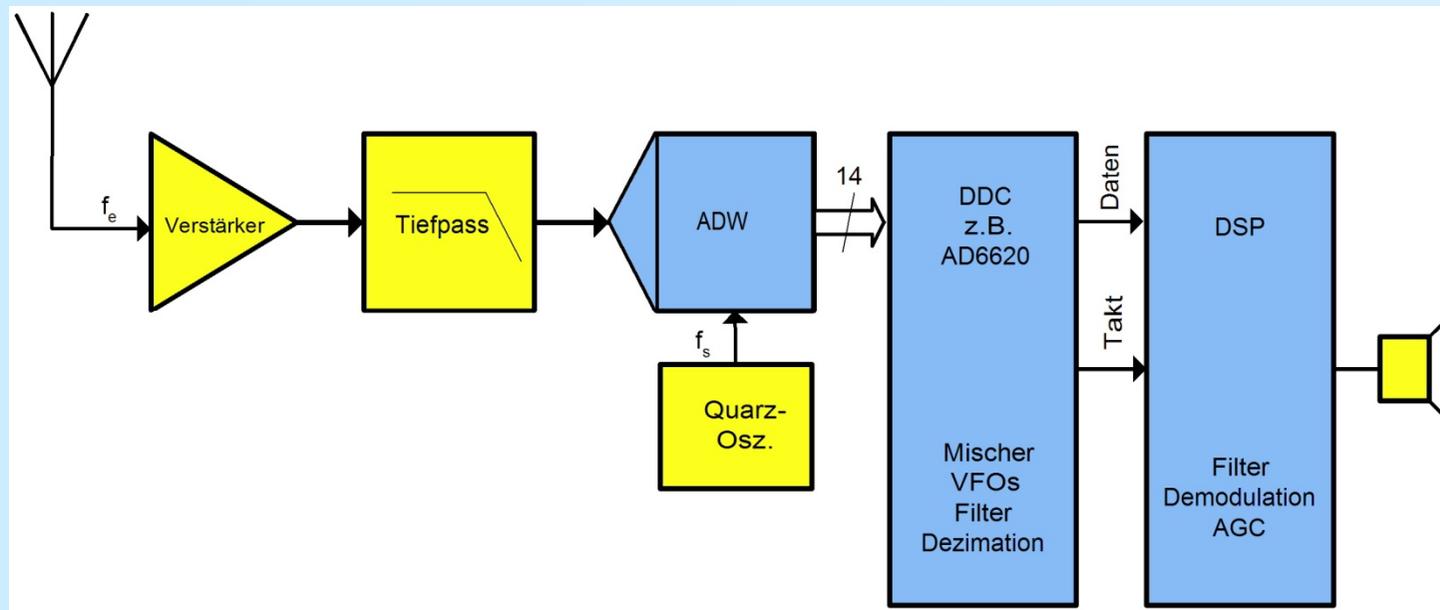


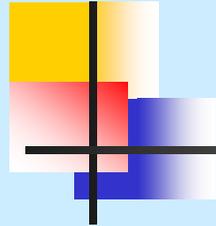
All Digital Transceiver

- Prinzip Digital-Transceiver
 - Digitaltransceiver ADT-200 von HB9CBU



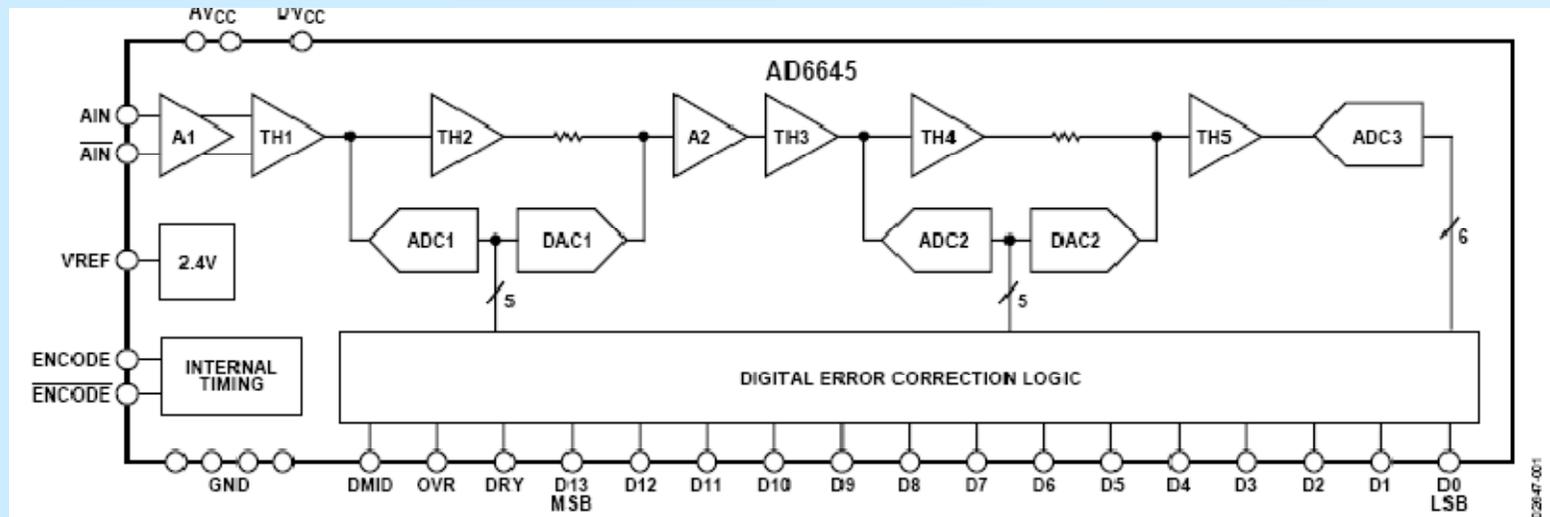
Prinzip Digital-Empfänger



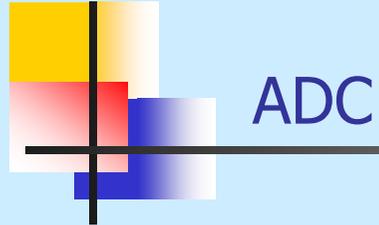


Analog-Digital-Wandler (ADC)

AD6645



- + Samplingfrequenz: $f_s = 2 * f_{max}$ f_{max} : höchste im Signalspektrum vorkommende Frequenz
- + Antialias-Filter: Tiefpassfilter mit $f_g < 0,5 * f_s$ vor dem ADC
- + Dither: Verbesserung der Linearität durch Rauschaddition



z.B. Analog-Digital-Wandler AD6624A:

Auflösung: 14 bit (16384 Stufen)

Max. Eingangsfrequenz $f_e = 200$ MHz

Max. Abtastrate $f_s = 80$ MHz

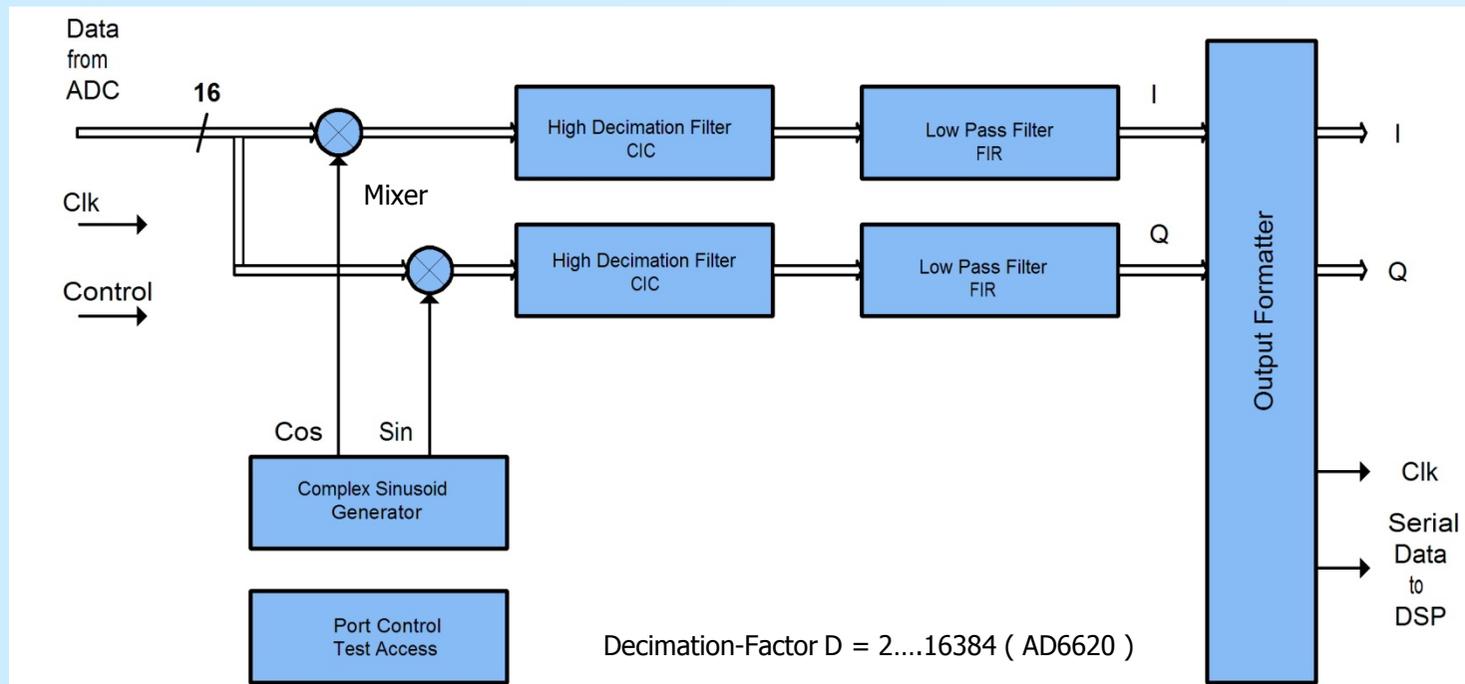
Max. Eingangsspannung $u_e = 2,2 V_{ss}$ (0,78V an 50 Ohm)

Dynamikbereich $DR = 16384 = 84,3$ dB (idealer Wandler !!)

Min. Eingangsspannung $u_e(\text{min}) = 0,78\text{V}/16384 = 47,6$ $\mu\text{V} \sim S9$

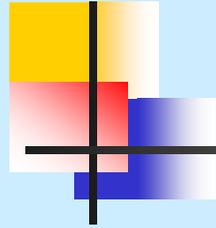
Verbesserung durch Reduktion der Bandbreite und Dezimation mit DDC
und zusätzlichem Verstärker vor dem ADC

Digital Down Converter (DDC)

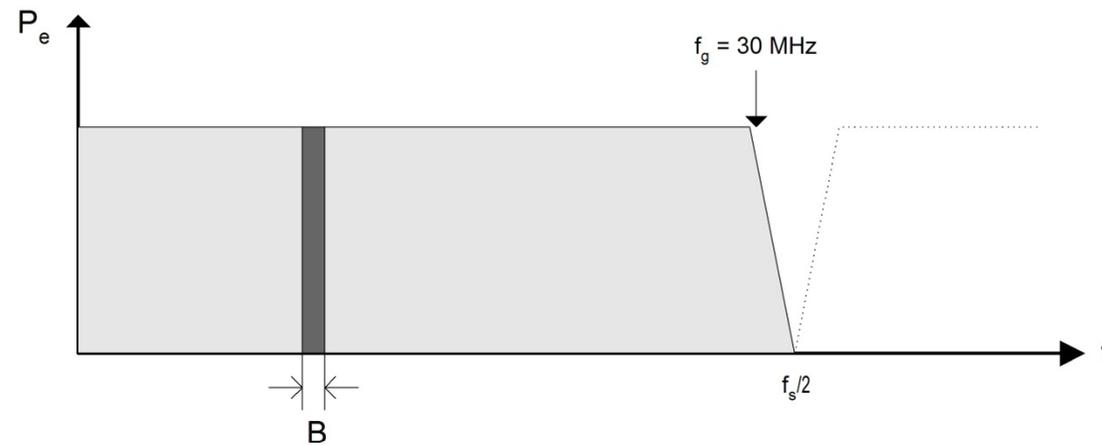


Aufgaben des DDC:

- + Quadratur-Mischung des interessierenden Frequenzbereichs auf die ZF ~ 0 Hz
- + Reduzierung und Anpassung der Bandbreite mit Filtern des Typs CIC und FIR
- + Reduzierung der Datenrate f_s für DSP (Dezimation)



DDC Prozessgewinn



Prozessgewinn:

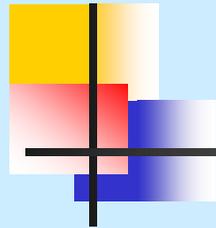
(durch DDC)

$$G_p = 10 \cdot \log(f_s / (2B))$$

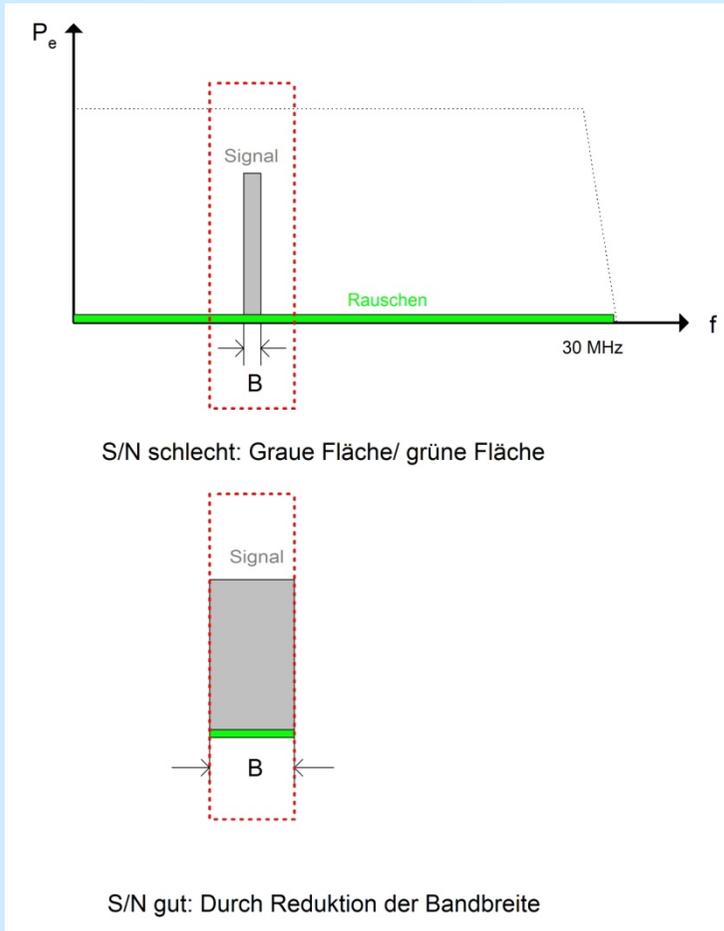
Mit $B = 2,4 \text{ KHz}$ und $f_s = 73 \text{ Msps}$:

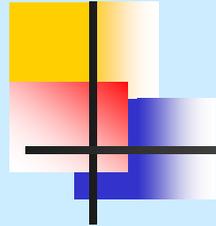
$$G_p = 41,8 \text{ dB}$$

Minimale Eingangsspannung mit DDC an 50 Ohm: $u_e(\text{min}) = 0,39 \text{ uV} \sim S2$



DDC Prozessgewinn





DDC Prozessgewinn, Oversampling

Häufigeres Abtasten als nach Shannon erforderlich: $f_s \gg f_{\max}$

Ziel: Vergrößerung des Dynamikbereichs (Auflösung)

Oversamplingfaktor $SF = 2^{2N}$

Auflösungsverbesserung/bit: $2N = \ln(SF)/\ln(2)$

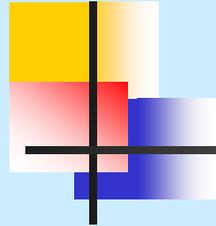
Mit $f_{\max} = 2,4 \text{ KHz}$ und $f_s = 73 \text{ MHz}$

Auflösungsverbesserung/bit: $2N = \ln(15208)/\ln(2) = 13,89$ (ideal !)

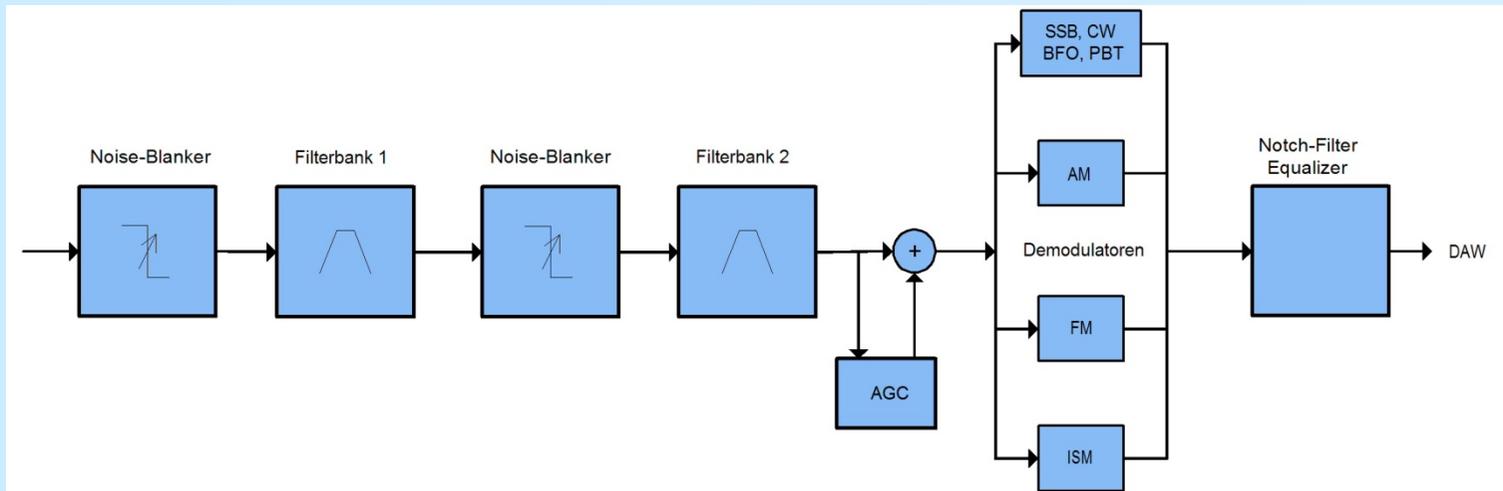
$N \sim 7$

Somit Auflösung des ADC mit Oversampling: 21 bit (2 097 152)

Min. Eingangsspannung $u_e(\min) = 0,78\text{V}/2097152 = 0,37 \text{ uV} \sim S2$

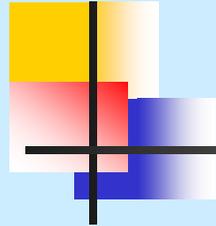


Digital Signal Processor (DSP)



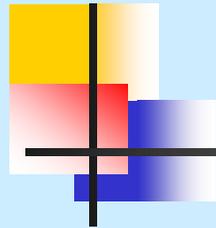
Signalverarbeitung im DSP:

- + Filterung durch Bandpässe
- + Demodulation und AGC
- + Noise-Blanker und Notch-Filter



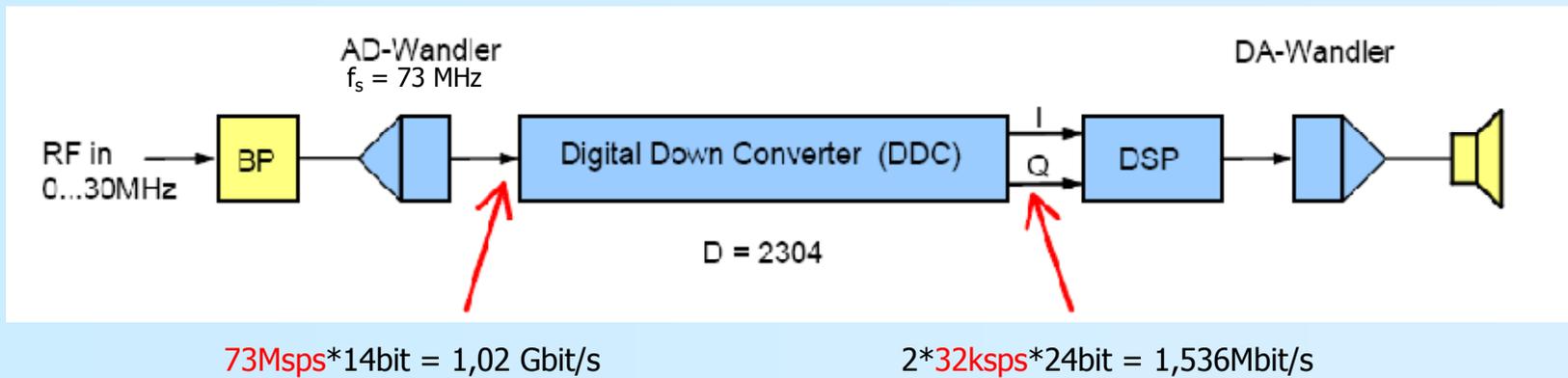
Signalverarbeitung im DSP

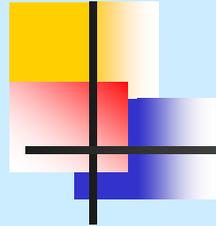
```
/******  
** FM_Demodulator  
*****/  
  
FM_Demodulator:  
  
/* first, we calculate the squared absolut carrier value */  
  
F3 = F1 * F1;          /* F1 -> I channel input */  
F4 = F2 * F2;          /* F2 -> Q channel input */  
F12 = F3 + F4;         /* F12 -> I^2 + Q^2 */  
F13 = RSQRTS F12;      /* F13 -> 1/SQR(I^2 + Q^2) */  
F1 = F1 * F13;         /* normalize F1 */  
F2 = F2 * F13;         /* normalize F2 */  
  
/* then, we get the phase info by delay modulation */  
  
F5 = DM(last_I);  
F5 = F1 - F5;          /* build d/dt -> I' */  
F5 = F5 * F2;          /* product -> I'* Q */  
  
F6 = DM(last_Q);  
F6 = F2 - F6;          /* build d/dt -> Q' */  
F6 = F6 * F1;          /* product -> Q'* I */  
  
DM(last_I) = F1;       /* save normalized last_I */  
DM(last_Q) = F2;       /* save normalized last_Q */  
  
F1 = F5 - F6;          /* I'*Q - Q'*I */  
CALL ARCSIN;            $\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = \arcsin\left(\frac{\Delta I(t)}{\Delta Z(t)}\right)$   
DM(FM_out) = F3;
```



Digitalempfänger

Signalfluss im Digitalempfänger des Transceivers ADT200A

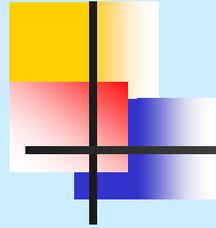




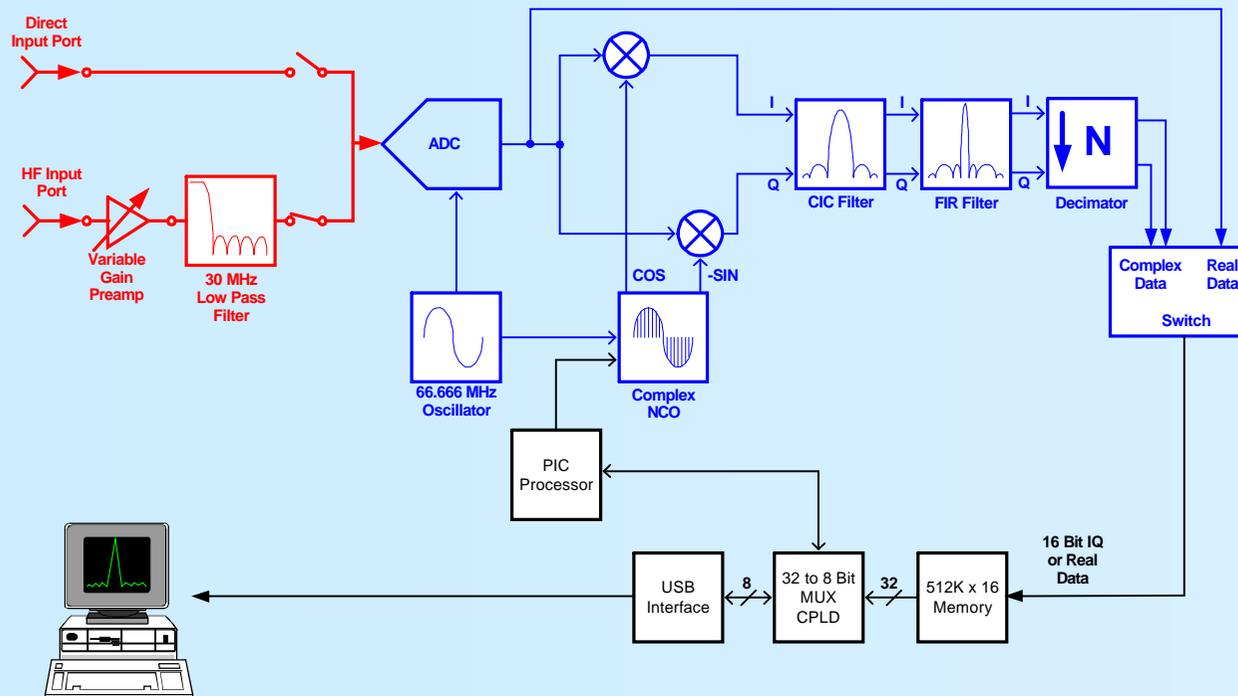
Digitalempfänger SDR-14

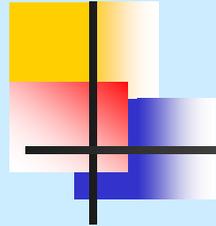
Beispiel: SDR14 von RFspace





Digitalempfänger SDR-14





Digitalempfänger SDR-14

Frequenzbereich:

50 kHz - 30 MHz (max. 260 MHz Eingang 2, Filter notwendig)

Betriebsarten:

SSB, CW, AM, FMN, FMW, DSB

Bandbreite:

Fast beliebig einstellbar

Empfindlichkeit:

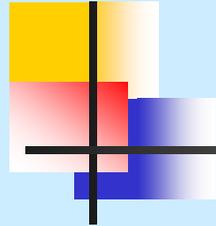
0,23 μ V SSB (S+N/N=10dB), MDS = -136 dBm (f = 14 MHz, B = 500 Hz)

Dynamikumfang:

95 dB

A/D-Wandlung:

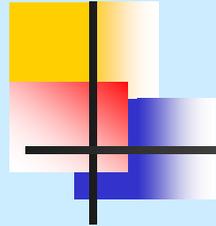
14-Bit, 66 Ms/s



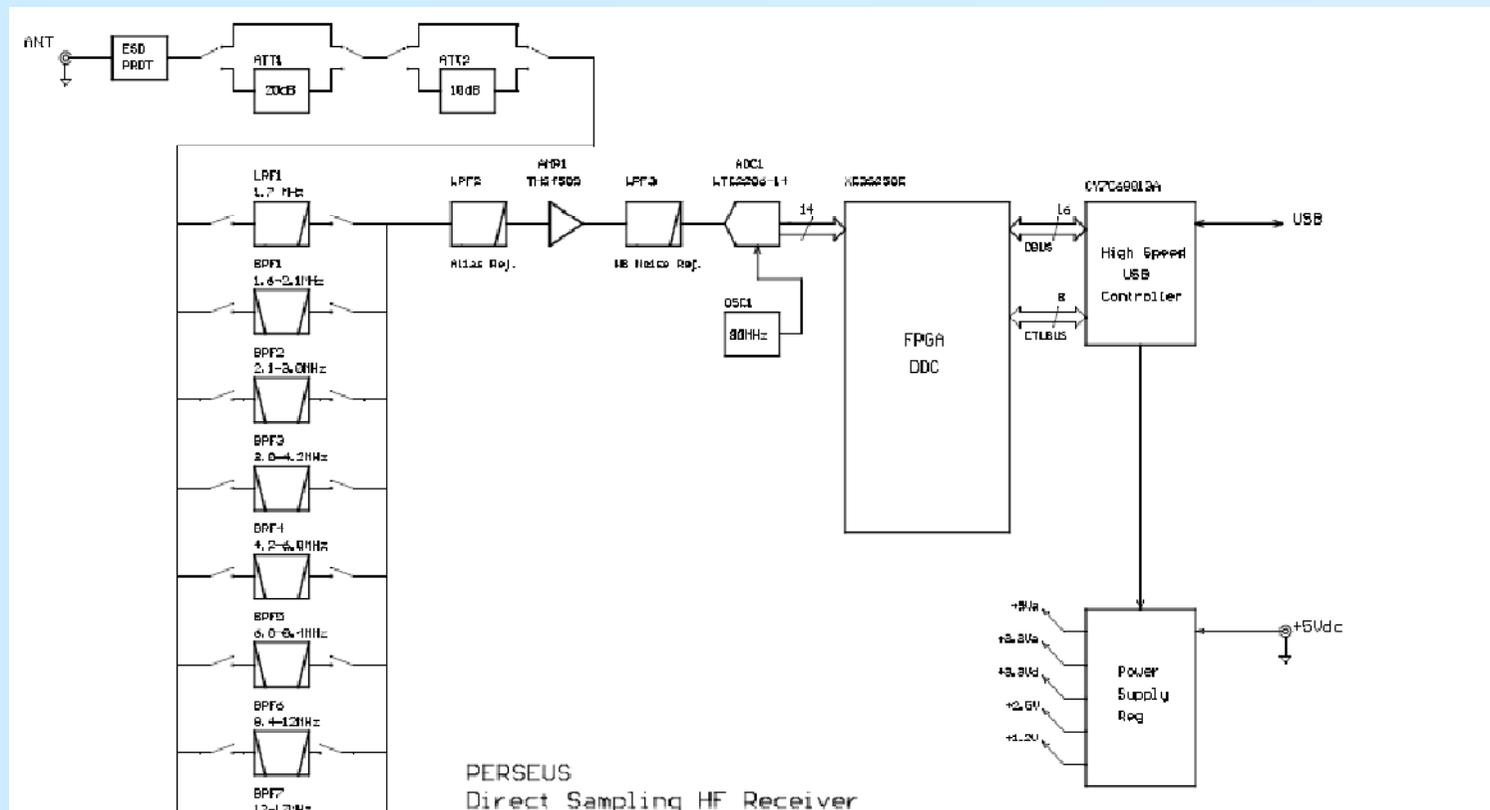
Digitalempfänger Perseus

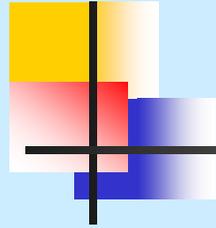
Beispiel: Perseus von Microtelecom





Digitalempfänger Perseus





Digitalempfänger Perseus

Frequenzbereich:

10 kHz - 30 MHz

Betriebsarten:

SSB, CW, AM, FMN, unendlich nachrüstbar, da per Software definiert

Bandbreite:

Fast beliebig einstellbar

Empfindlichkeit:

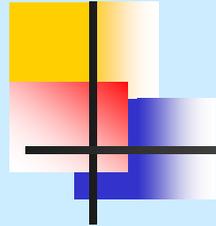
0,39 μ V SSB (S+N/N=10dB), MDS = -131 dBm (f = 14 MHz, B = 500 Hz)

Dynamikumfang:

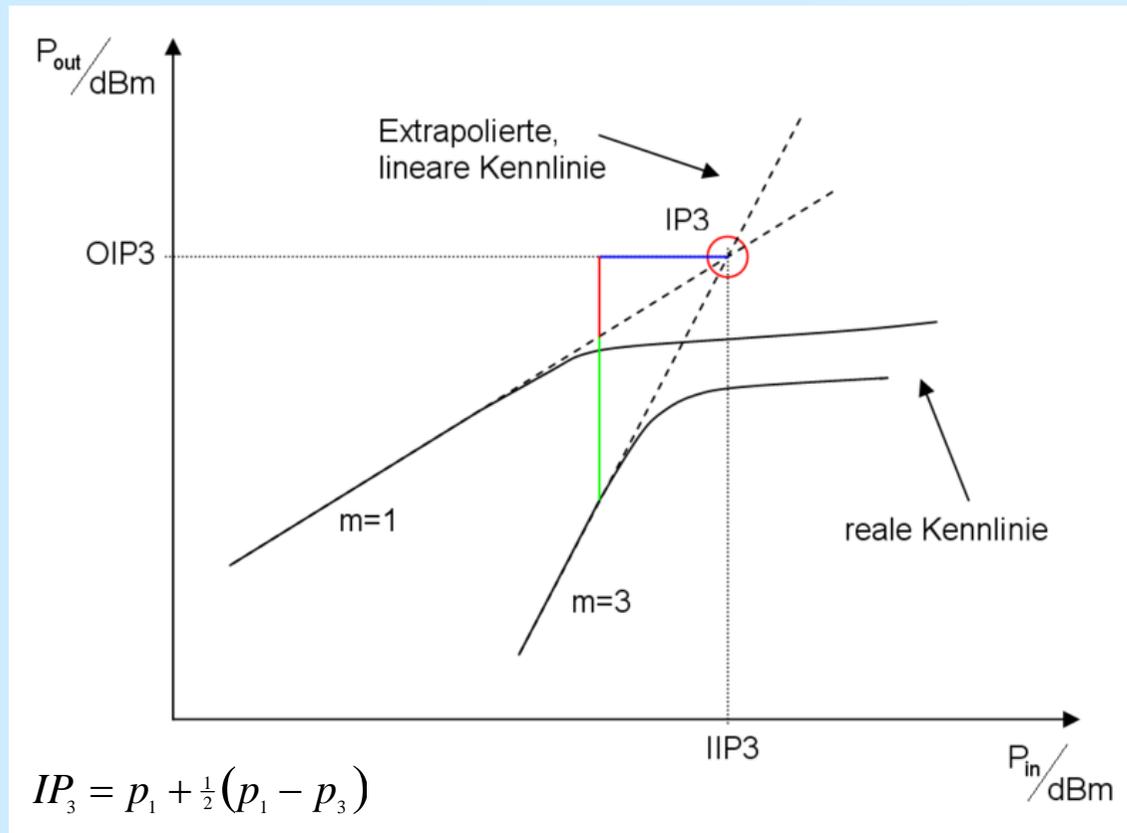
103 dB (@SSB, 2.4 kHz)

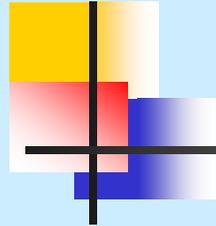
A/D-Wandlung:

14-Bit, 80Ms/s

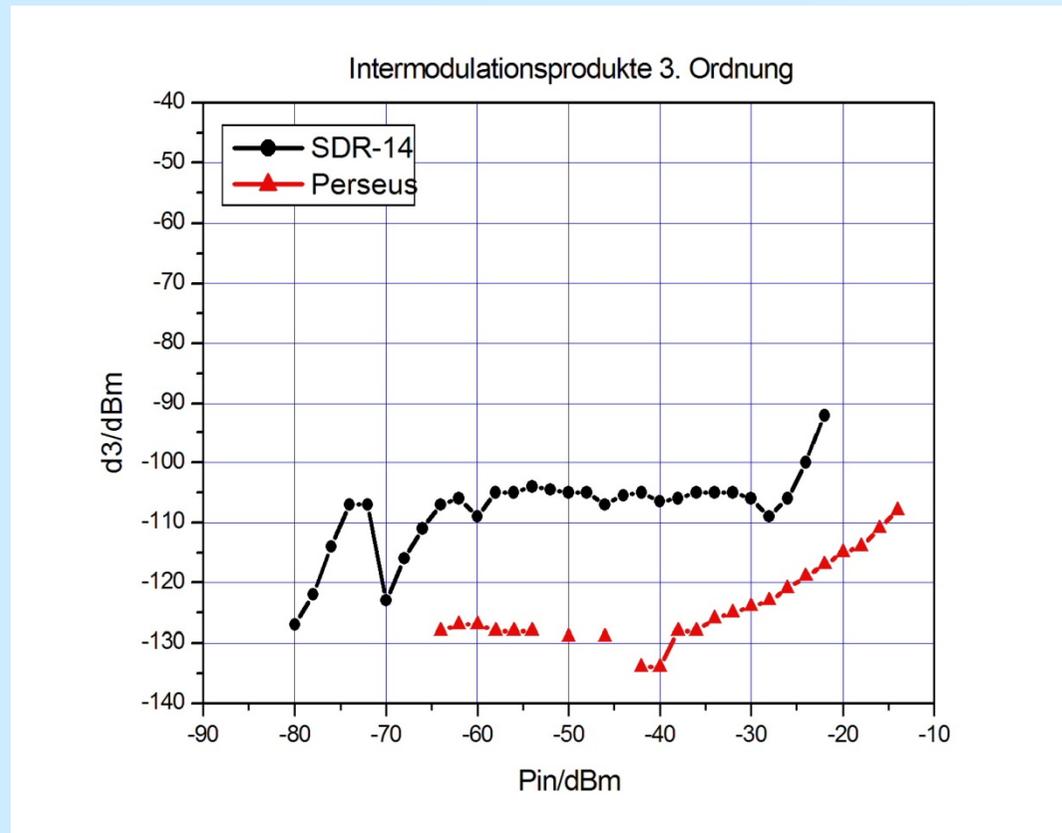


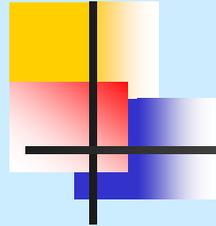
Intermodulation, IP3



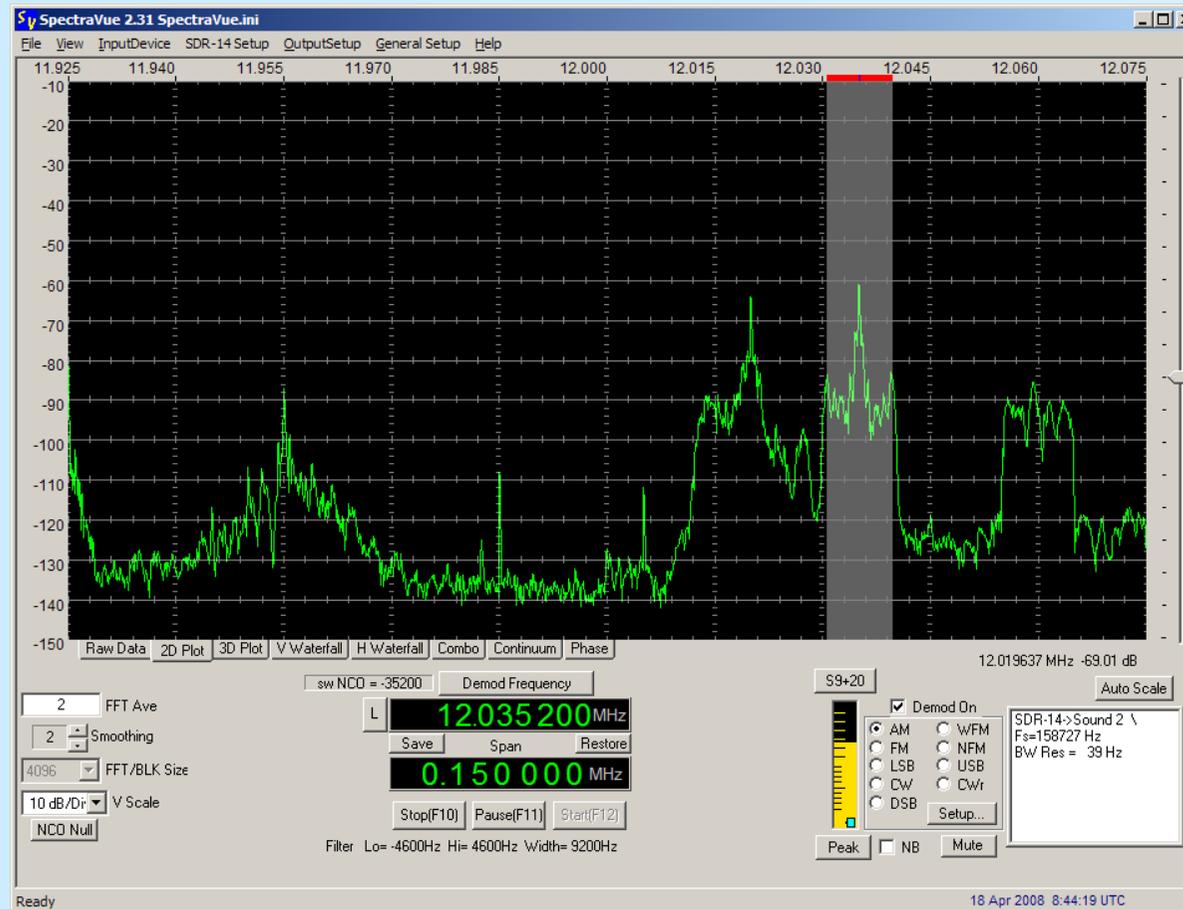


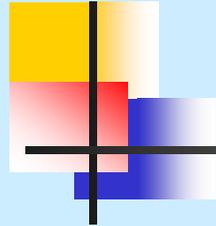
Digitalempfänger, Intermodulation



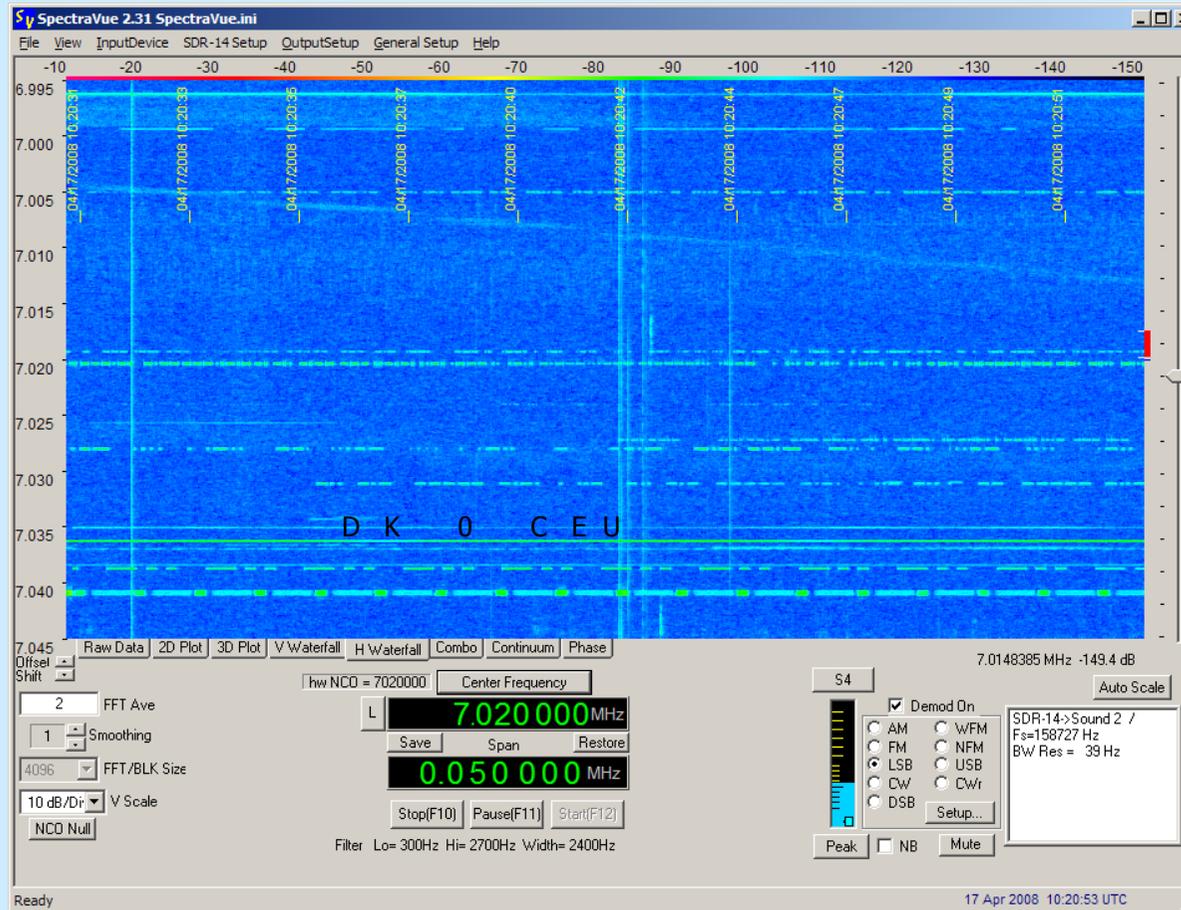


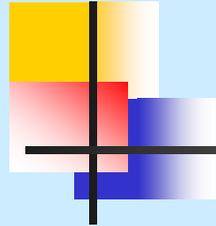
Digitalempfänger SDR-14, Bildschirm



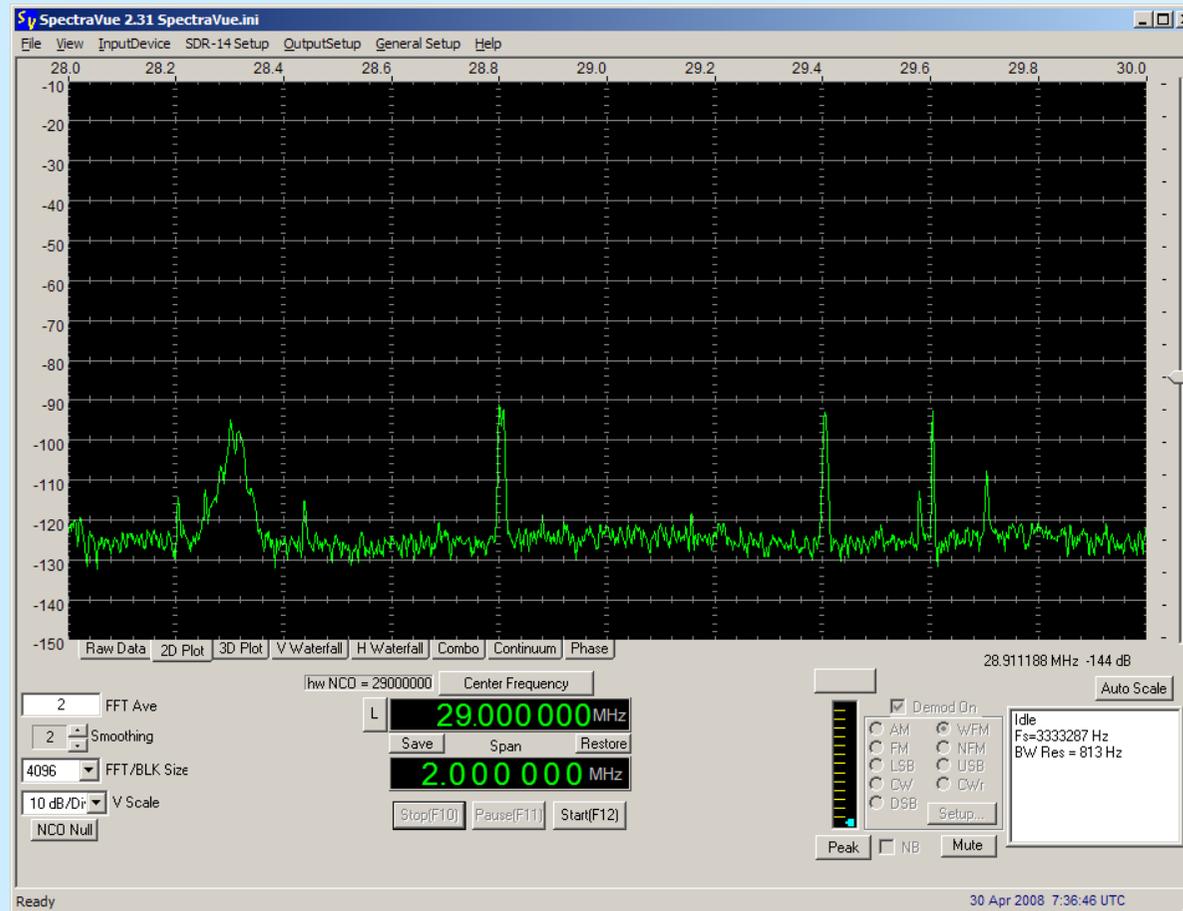


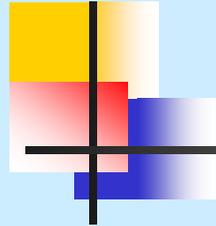
Digitalempfänger SDR-14, Bildschirm



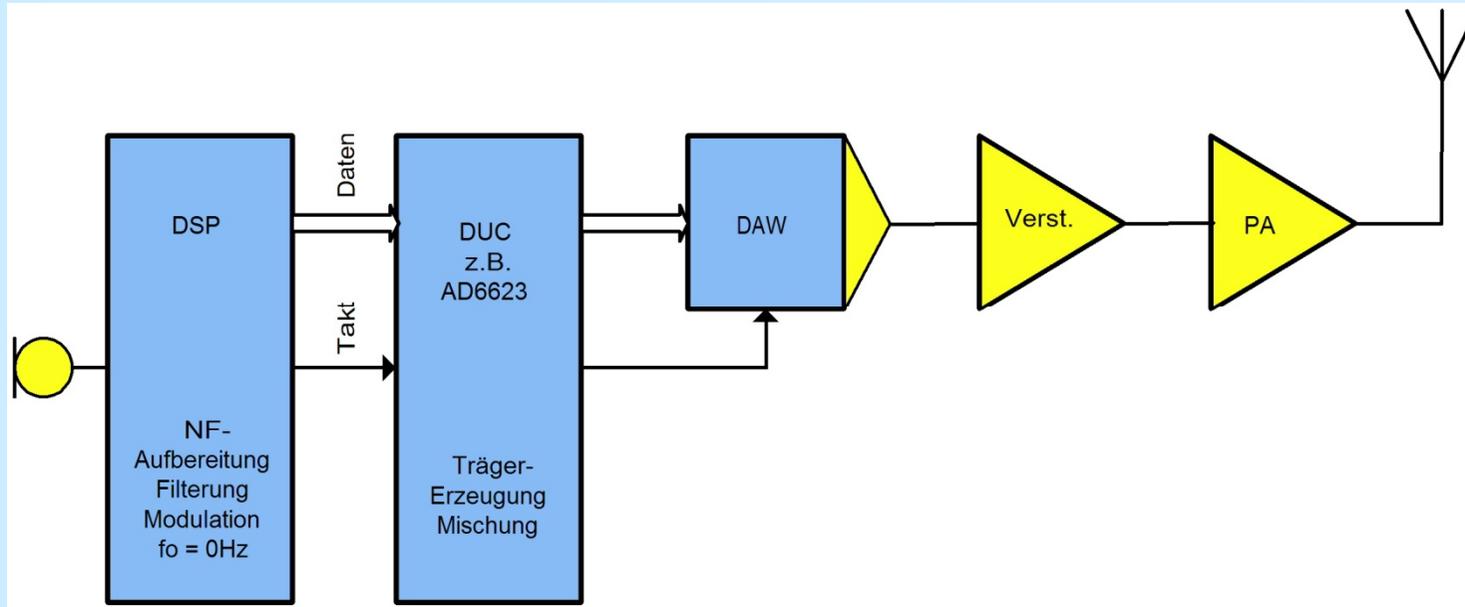


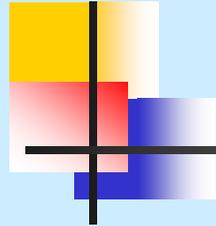
Digitaltransceiver



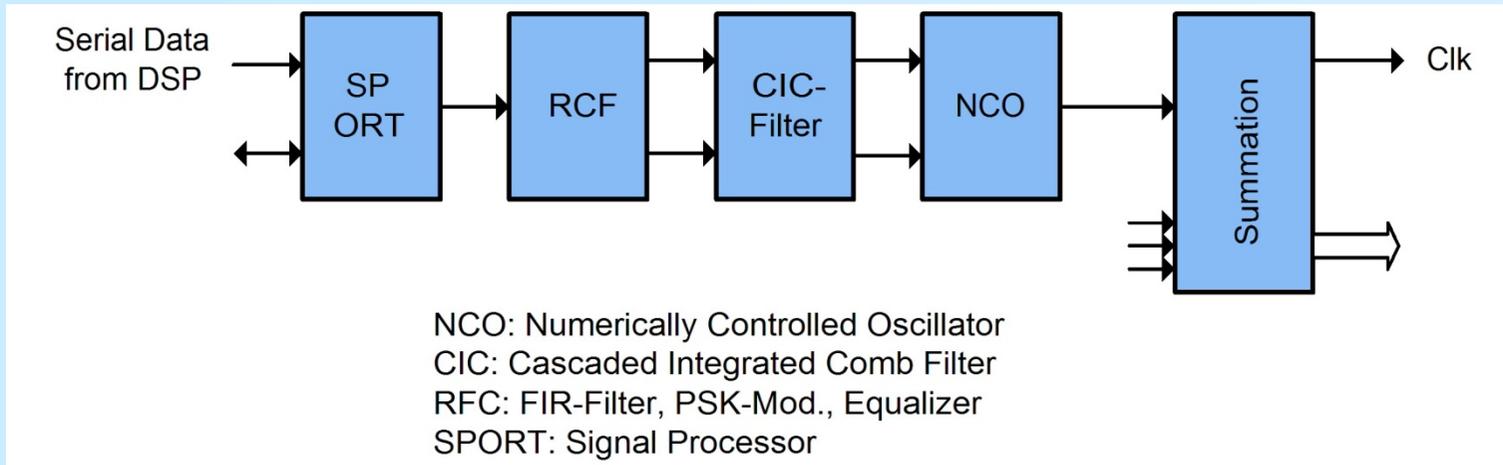


Prinzip Digitalsender



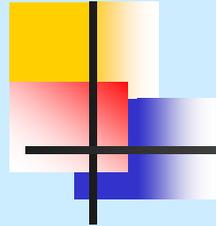


Transmit Signal Processor (TSP)

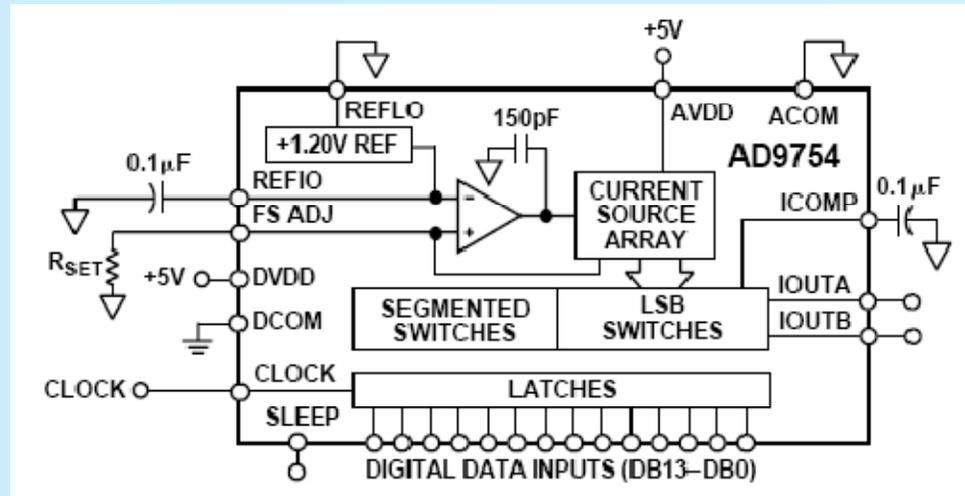


Aufgaben des TSP:

- + Bereitstellung des Trägers NCO (DDS) und Mischung mit Modulationssignal
- + Anpassung und Erhöhung der Datenrate

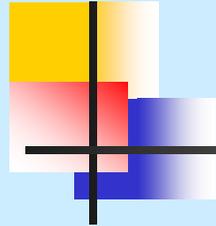


Digital-Analog-Wandler (DAC)

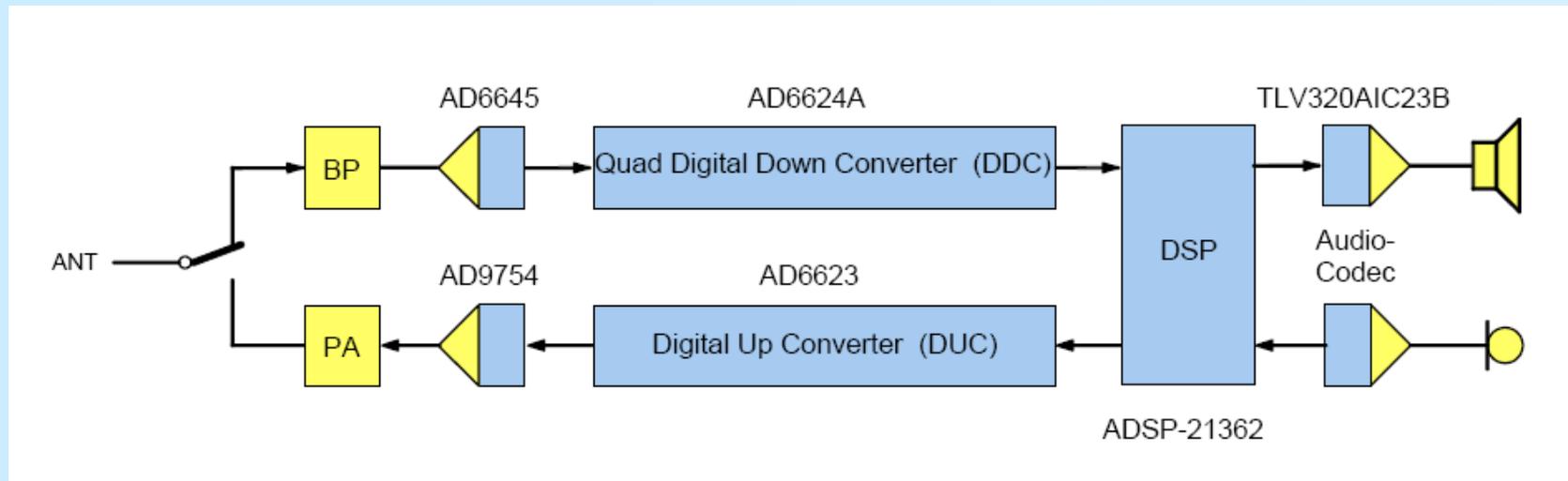


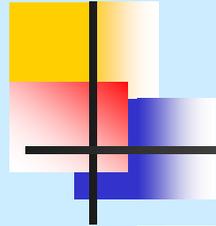
Output to
Transmit-
Amplifier

Input from TSP



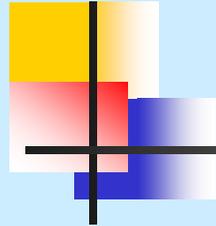
Prinzip des Digitaltransceivers ADT-200





Digitaltransceiver ADT-200





Digitaltransceiver ADT-200

Frequenzbereich:

10 kHz - 30 MHz

Betriebsarten:

SSB, CW, AM, FM, nachrüstbar, da per Software definiert

Bandbreite:

Fast beliebig einstellbar

Empfindlichkeit:

0,22 μ V SSB (S+N/N = 10 dB), MDS = -137 dBm (f = 14 MHz, B = 500 Hz)

Dynamikumfang:

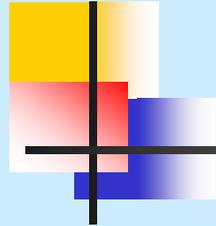
112 dB (@SSB, 2.4 kHz)

TX-Ausgangsleitung:

0,1 ... 50 W

TX-Intermodulationsabstand 3. – 9. Ordnung:

< -45 dBc



Digitaltransceiver

Vorteile des Digitaltransceivers:

Ein Gerät, das jederzeit mit neuen Funktionen nachgerüstet werden kann

Eigenschaften, die weitgehend unabhängig sind von Toleranzen und Alterung

Eine Genauigkeit, die nahe bei Messinstrumenten liegt (z.B. S-Meter)

Spezialfunktionen wie Audio-Recorder, Remote Operation usw.