

A.R.I. Alpignano-Borgone – Aprile 2010

Software Defined Radio :
Introduzione e stato dell'arte
Marco IK1ODO / AI4YF



38° Meeting Alpe Adria – Udine 2009

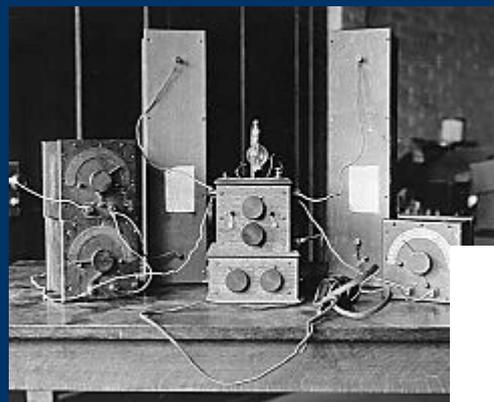
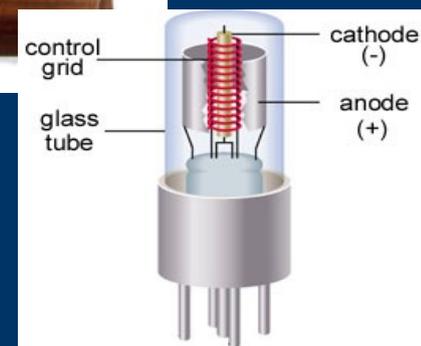
Software Defined Radio :
Introduzione e stato dell'arte

1) un pò di storia
dei ricevitori radio



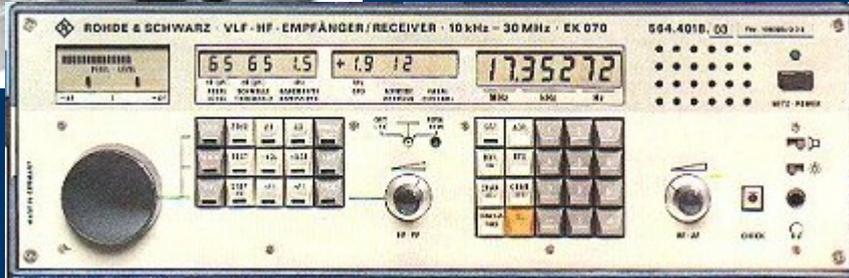
Storia della Radio... 114 anni!

All'inizio c'era il
Coherer di Calzecchi-
Onesti e Branly
Poi venne la Galena
Il Triodo
L'amplificazione diretta
La Reazione!
Omodina,
Supereterodina...



1895 → 2009, continua evoluzione

Ere della Radio



- 1900 - La radio elettromeccanica: Coherer, galena
- 1910 - La radiotecnica: Dispositivi di amplificazione
- 1940 - L'elettronica: sintetizzatori (M. Boella - Torino)
- 1970 - La microelettronica: microprocessori

Il ricevitore è sempre analogico, filtraggio e demodulazione (=passaggio dal segnale elettrico all'acustico o all'utilizzatore) sono processi fatti in modo ANALOGICO con tutte le limitazioni dell'elettronica (dinamica, distorsione, ecc).

Ere della Radio



Lo sviluppo dei ricevitori, a partire dal 1950, è stato determinato dalle richieste dei professionisti
I ricevitori amatoriali NON hanno seguito lo sviluppo
(Rockwell Collins 95S-1A, RX DSP, già nel 1990)

```
MS-DOS Prompt - rl
T: Tag frequency      (AM 1150)
</>: AF gain down/up  (9 dB)
0-9: Bandwidth       (1 = 6.4 kHz)
!@#%: AF BW Auto/4/25/50/None (Auto)
smfn: AGC Slow/Med/Fast/None (Slow)
C: CW
U: USB
L: LSB
A: AM
F: FM (*)
SPC: Power on/off
R/W: Read/write memory slot
ESC: Quit (or use X to preserve power state)
Cmd: _
AM 1150
FM 89.5
UHF TV Ch 16
KLBJ AM 590
NOAA
WWV 15 MHz
FRANK Sector F-1 (SE)
ADAM Sector F-2 (N)
BAKER Sector F-3 (W/C)
EDWARD Sector F-4 (NE)
CHARLIE Sector F-5 (E)
DAVID Sector F-6 (SW)
.....
THE TREMONT GROUP LTD.
DUFFY BCNC CORP. OF CEN
NEW THINKING INC.
PIONEER BROADCASTING CO.
0 AUTO
```



```

realfft($real);
realifft()
Inverse of one-dimensional realfft [inplace].
    realifft($real);
fftnd()
N-dimensional FFT (inplace)
    fftnd($real,$imag);
ifftnd()
N-dimensional inverse FFT
    ifftnd($real,$imag);
fftconvolve()

case wsin5 : // sin^5
for(j = 0; j < MainForm->polyfactor * size; j++)
{
    PolyFF1[j].re *= sin5[j];
    PolyFF1[j].im *= sin5[j];
}
switch(MainForm->polyfactor)
{
    case 1 : dBcorr = 1.5311; break;
    case 2 : dBcorr = 0.8511; break;
    case 4 : dBcorr = 0.6683; break;
}
break;

```

*La tecnica dei ricevitori radio subisce una **continua evoluzione**:
Dato che i nostri ricevitori **NON HANNO** più galene,
spinterometri e VFO meccanici, la strada è definita dal processo evolutivo
(Darwiniano?)*

Dopo il 1990, CAMBIAMENTO DI PARADIGMA nell'SDR

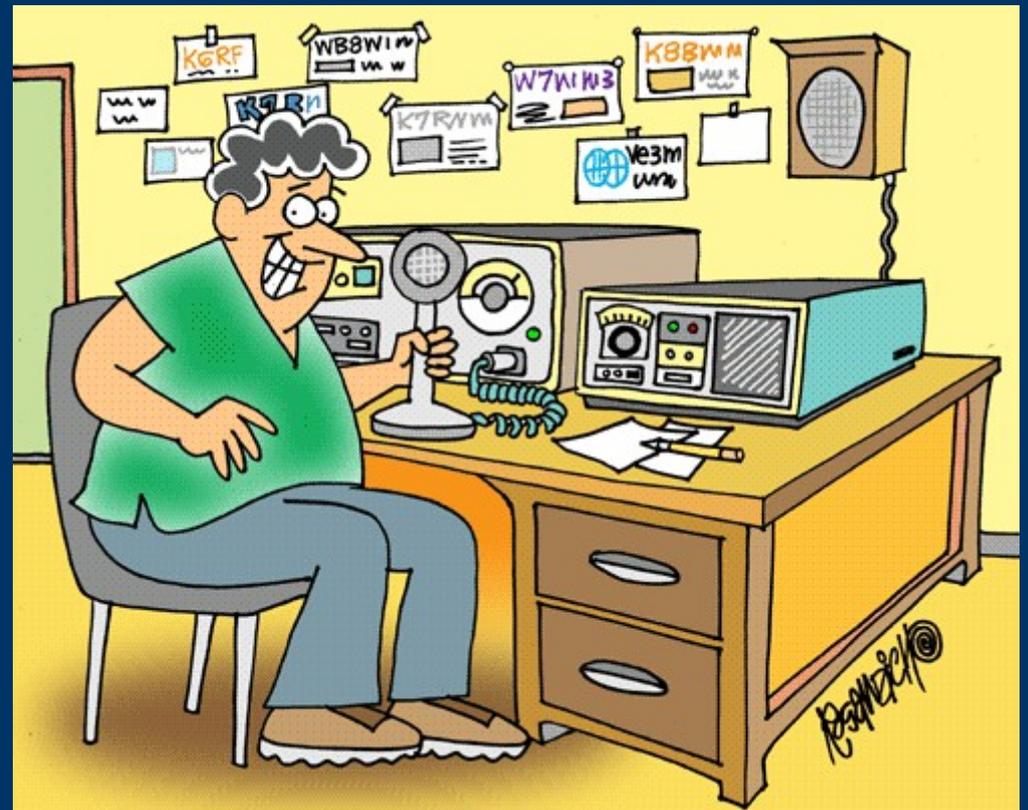
Il trattamento del segnale (sintonia, filtraggio,
demodulazione, processo del segnale demodulato)
nei ricevitori SDR è fatto dal SOFTWARE – questa è una

***** RIVOLUZIONE *****

SDR DAY – ARI Modena Marzo 2009

Software Defined Radio :
Introduzione e stato dell'arte

2) teoria dell'SDR
per “appliance operators”



Tecnica del Ricevitore SDR

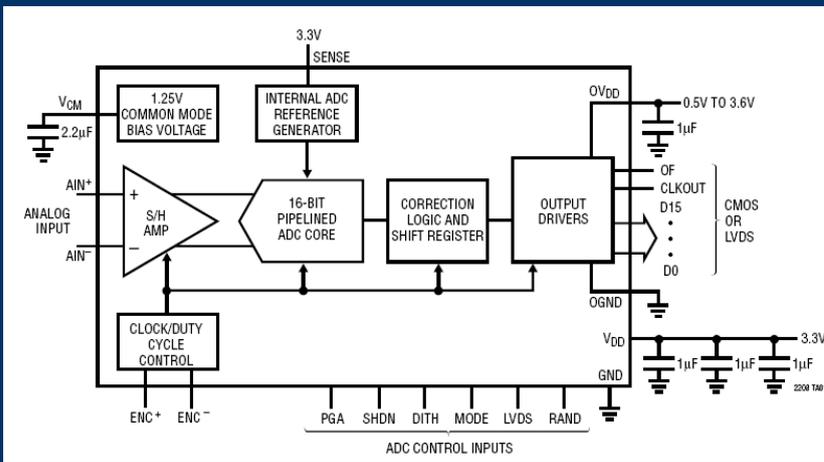
Il ricevitore SDR è quello in cui il **PROCESSO DEL SEGNALE** è realizzato dal **SOFTWARE**

Non sono SDR i vari ricevitori controllati dal computer in cui la demodulazione è fatta in HW

Il ricevitore SDR ideale:



Ci vuole un convertitore A/D



Dove metterlo?

Direttamente in antenna: ideale, ma...

Alta dinamica richiesta (almeno 14 bit)

Velocità (minimo 80MS/s per 30 MHz di banda)

Consumo, costo, complessità

Volume di informazione da trattare

Carico del processore

*Essenzialmente, due possibili architetture:
NZIF o campionamento diretto*

38° Meeting Alpe Adria – Udine 2009

Software Defined Radio :
Introduzione e stato dell'arte

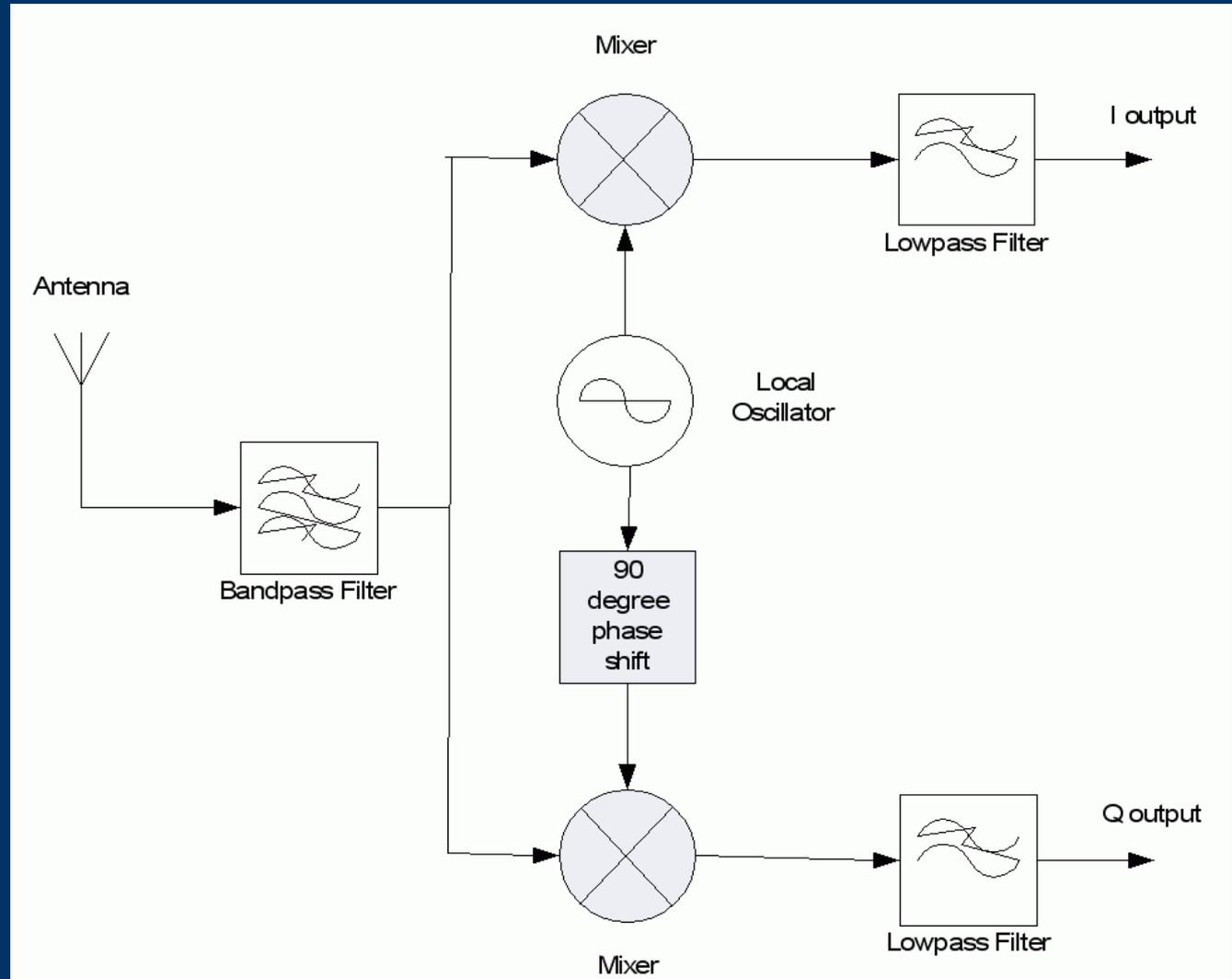
3) Ricevitori SDR NZIF (Near Zero IF)



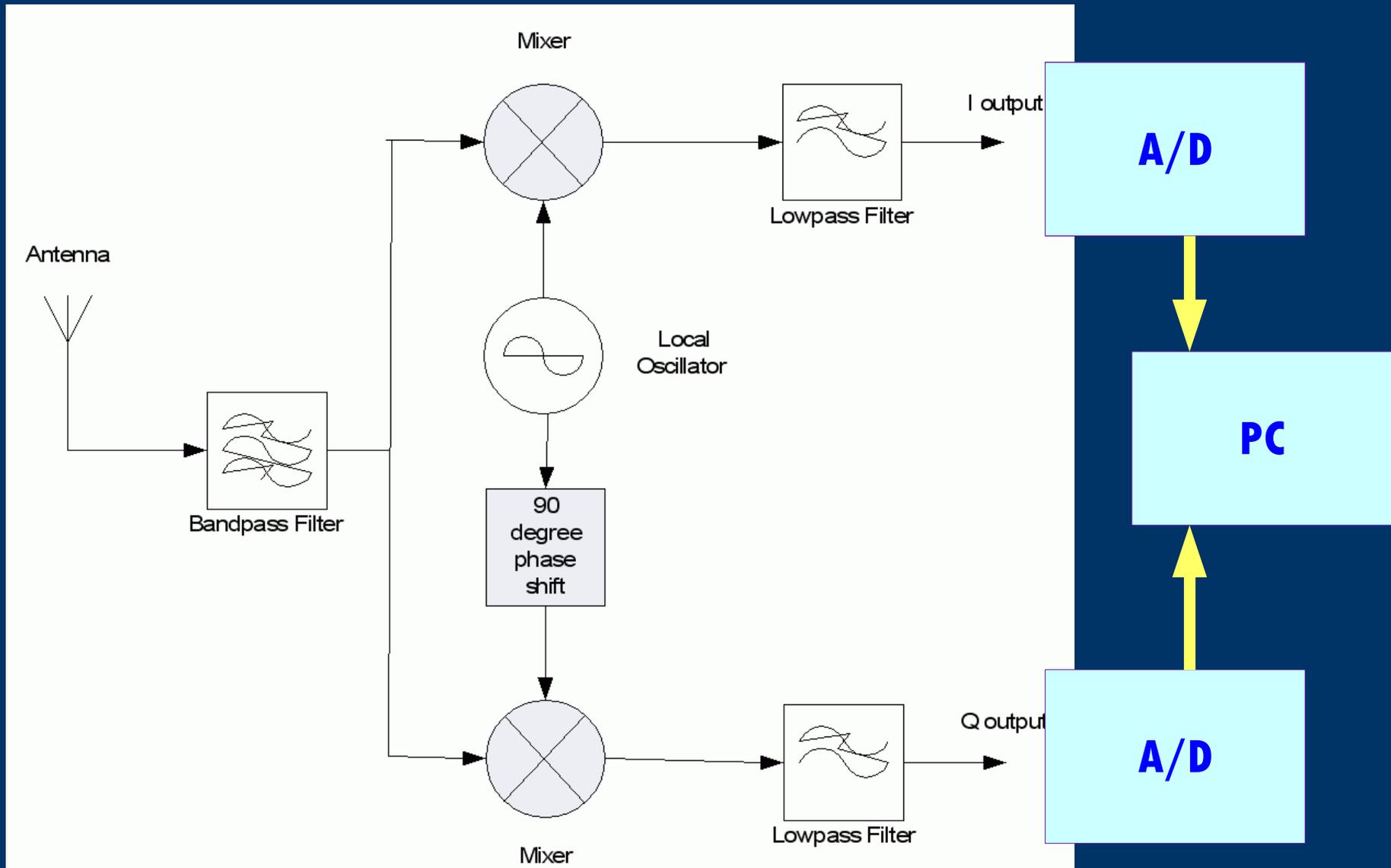
Dal passato (anni '60 e forse prima) viene l'RX a conversione diretta.
La presenza dei segnali I e Q permette la cancellazione dell'immagine
e la demodulazione di QUALUNQUE modo di emissione

Schema a blocchi:

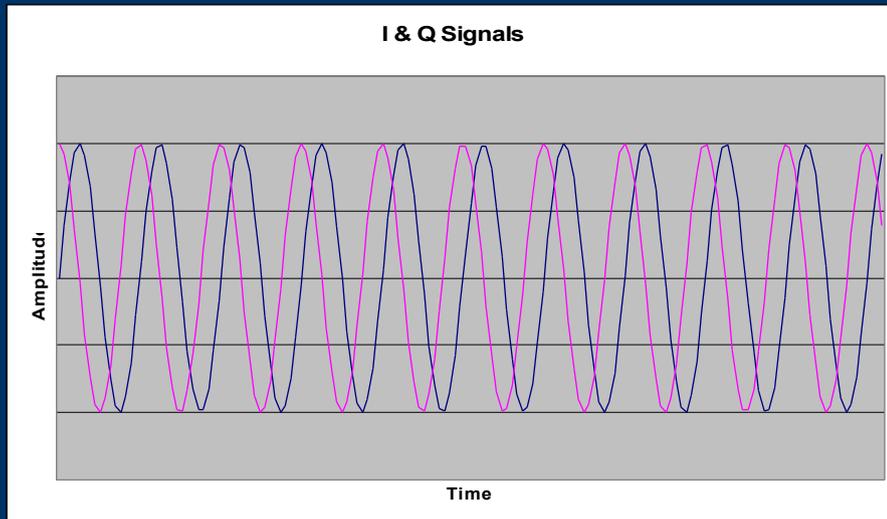
- un LO, due mixers
- sfasamento di 90° fra i due mixers
- filtro LPF audio dopo i mixers
- sommando o sottraendo le uscite I e Q si sceglie la banda USB o LSB



Ricevitore SDR “NZIF” (Near Zero IF) – evoluzione del ricevitore a conversione diretta



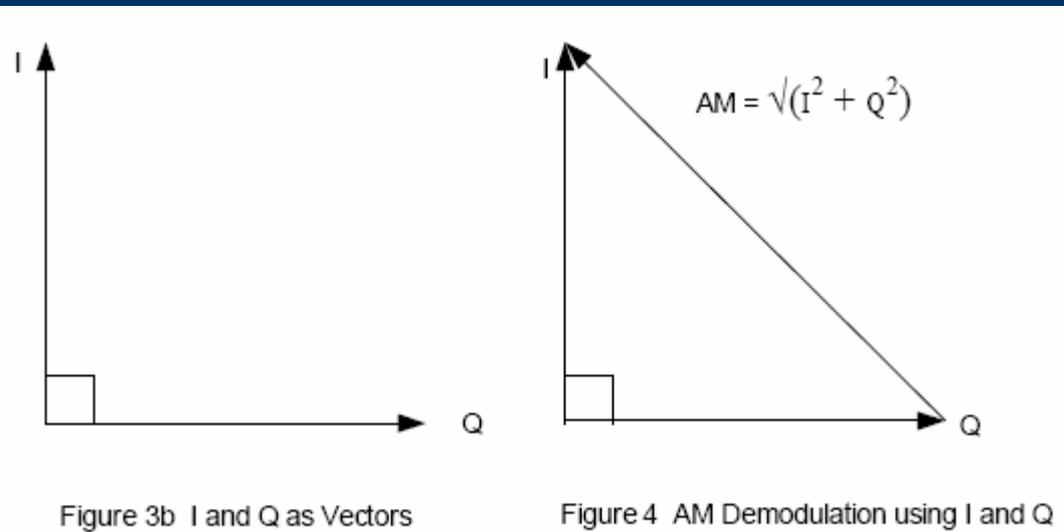
Demodulazione = Puntini sulle I e sulle Q...



Esempio di demodulazione AM: I e Q sono due vettori, basta fare la radice della somma dei quadrati (=raddrizzamento)

Dagli stessi segnali si ottengono CW e SSB (moltiplicazione per un segnale = mixing) e cancellazione della banda laterale indesiderata (somma con il segnale anticipato o ritardato di 90°)

Vedere RadCom, rubrica "SDR" e QEX 2009



Il ricevitore SDR NZIF – Mixer e IF

mixer di Dan Tayloe N7VE (QSD, Quadrature sampling detector) o varianti (AIQSD, ecc)

Si usano integrati “bus switch” che hanno caratteristiche molto buone come interruttori (FST3125, FST3253...)

Bisogna far precedere il mixer da un filtro o preselettore (il mixer QSD è sensibile alle armoniche dispari della frequenza di lavoro)

Il mixer è seguito da un amplificatore ad alte prestazioni

L'oscillatore locale può essere un quarzo, un DDS o un sintetizzatore – deve essere a 2 o 4 volte la F di lavoro

Il tutto è collegato ad un convertitore A/D ad alte prestazioni: la scheda audio del PC

Progetti e prodotti - NZIF

SDR1000: il primo transceiver HF in SDR prodotto

CiaoRadio di Claudio Re I1RFQ

FDM77 e accessori da ELAD (PN)

SDR-X di I0CG, RX HF + 50 MHz

SoftRock – famiglia di RX e RTX mono/bibanda in kit – oltre 15000 kit venduti, ora è diventato un RTX a copertura quasi continua

Cloni e derivati del SoftRock

PM-SDR di IW3AUT Martin

FlexRadio Flex 1500-3000-5000 ecc.

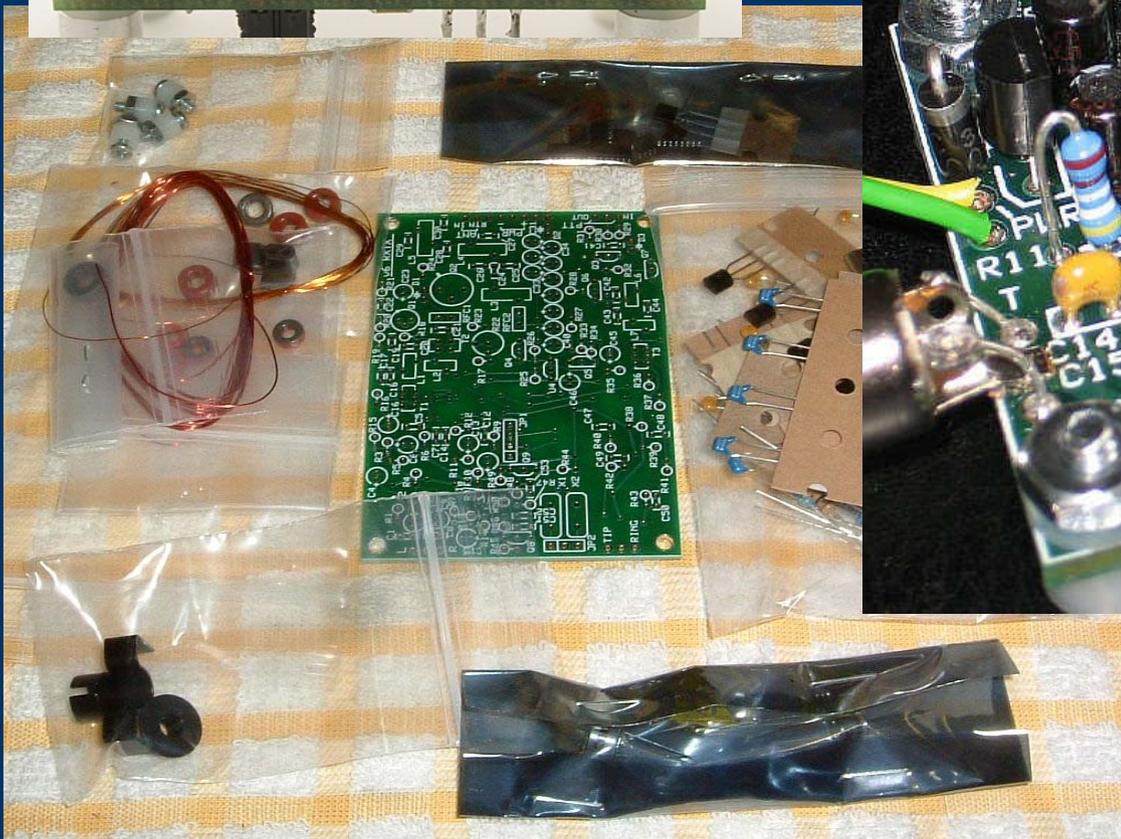
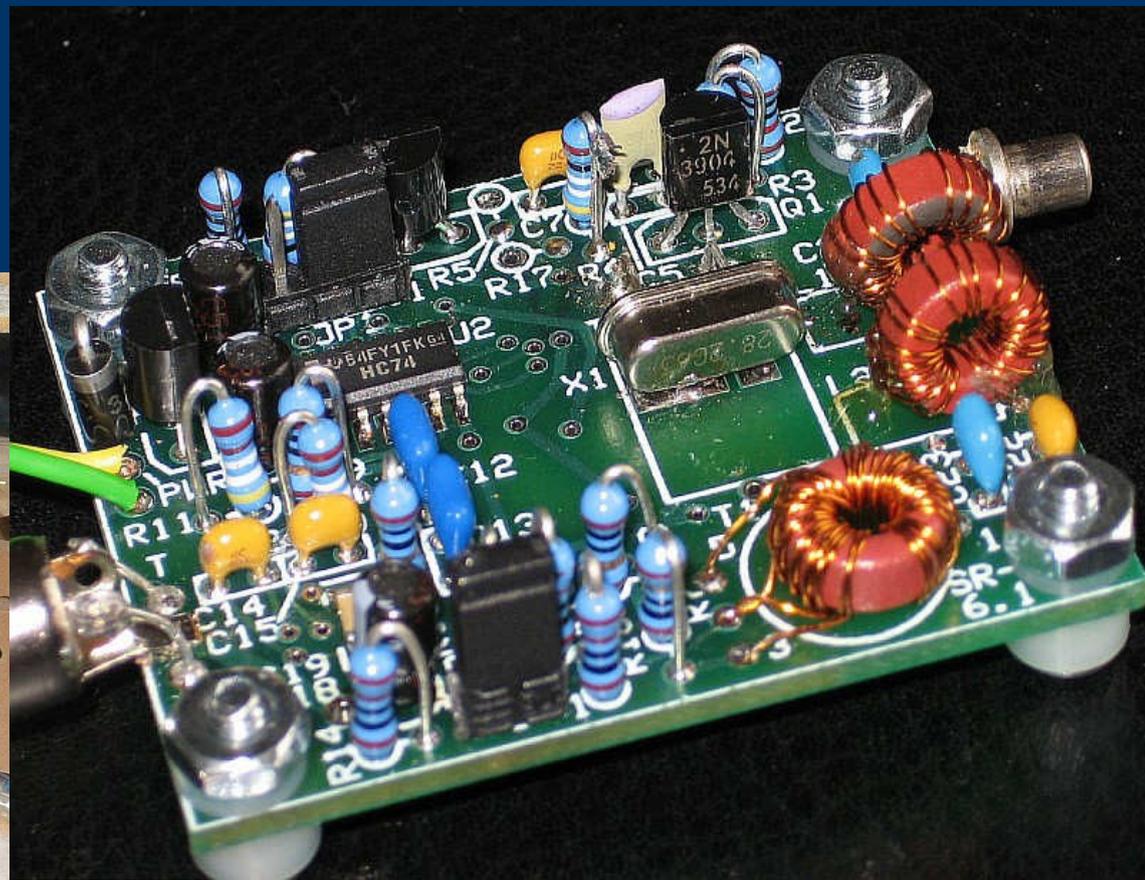
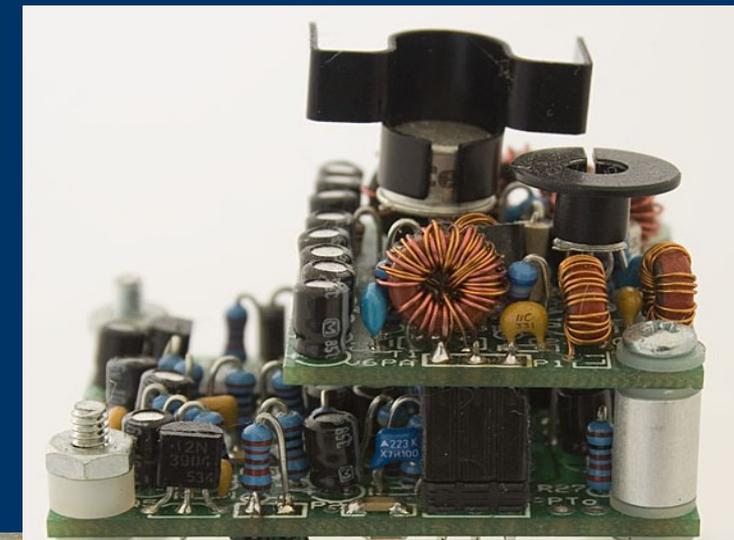
Molti altri progetti, continua evoluzione....

Vedere elenco su http://f4dan.free.fr/sdr_eng.html

FlexRadio SDR-1000, FLEX-3000, Flex-5000



SoftRock by KB9YIG



>15.000 kit venduti
in 20 versioni !!!

RX HF QSD NZIF – PRO e CONTRO

- + Grande semplicità, bassissimo costo (kits da 10\$)
 - + Tecniche alla portata di molti OM
 - + Grande disponibilità di kit, schemi, prodotti finiti
 - + Prestazioni eccellenti con progetti commerciali sofisticati (FlexRadio FLEX-5000A e derivati)
 - + Possibilità di uso come catena IF per ricevitori esistenti
 - + Il modo migliore per “toccare con mano” l'SDR
-
- Problemi di soppressione dell'immagine e dello “zero”
 - Possibilità di risposte spurie
 - Banda ricevibile limitata dal sampling rate del convertitore A/D (la banda totale è un pò meno del S/R)
 - Necessità di una scheda audio seria, se non già inclusa nell'RX (le prestazioni dipendono dall'ADC)

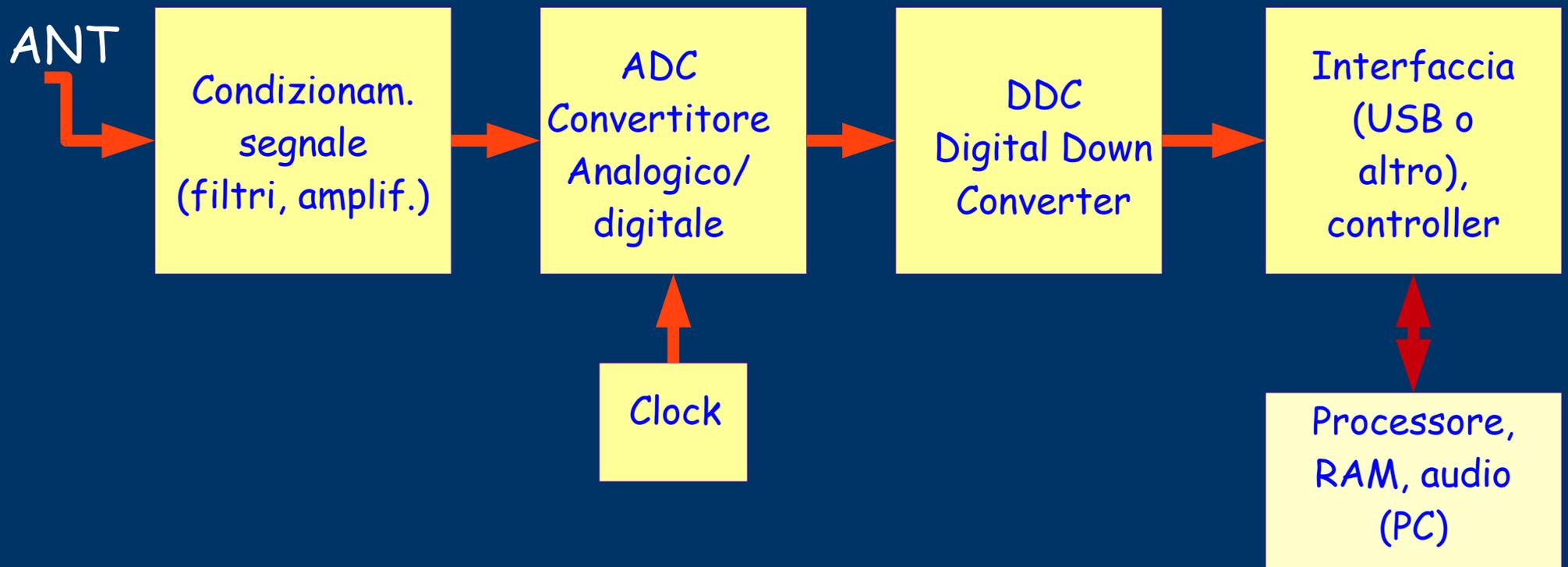
38° Meeting Alpe Adria – Udine 2009

Software Defined Radio :
Introduzione e stato dell'arte

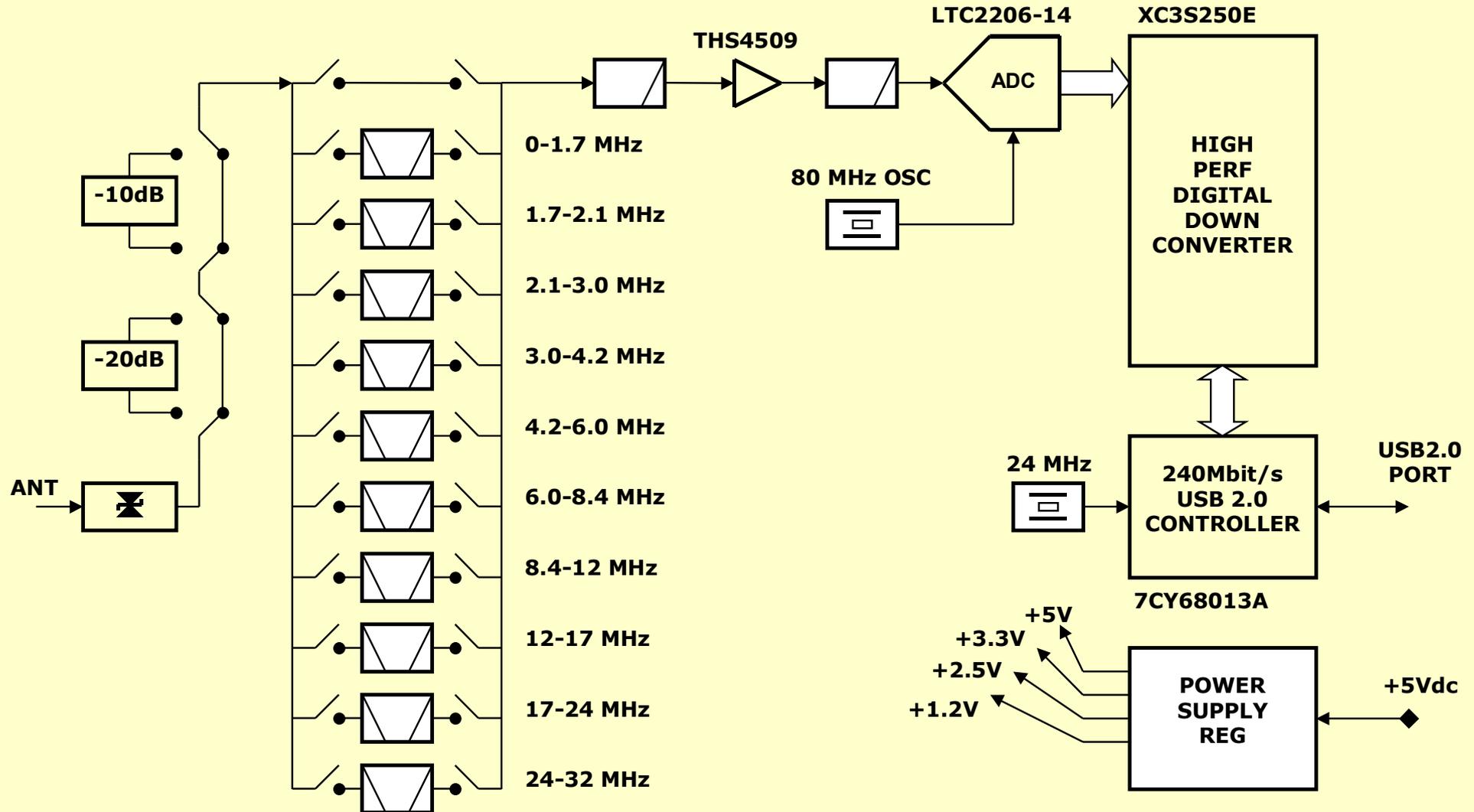
4) RX SDR
a campionamento diretto



RX campionamento diretto: schema a blocchi



Architettura - Perseus

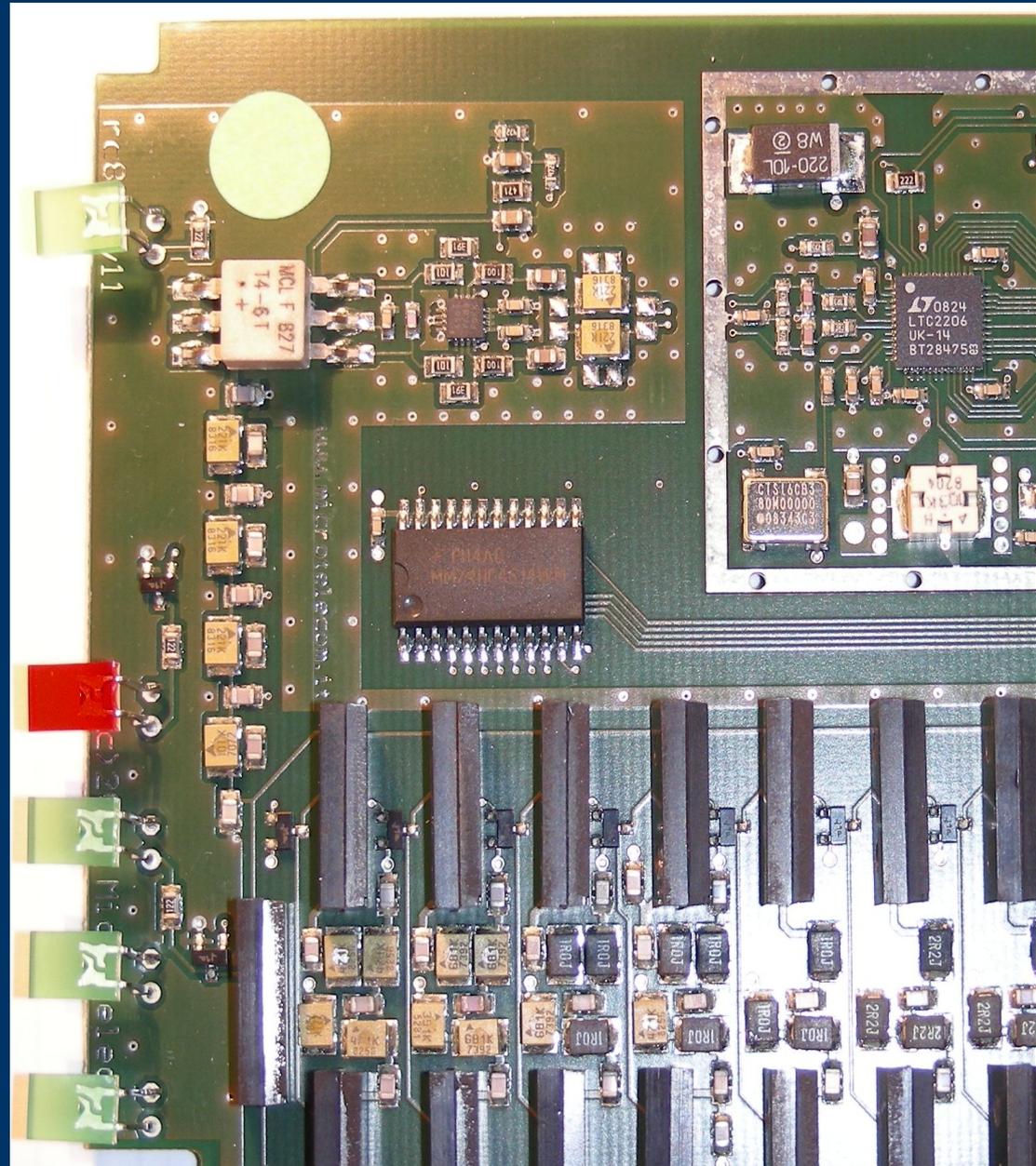


PERSEUS 10 KHz-30 MHz RECEIVER
BLOCK DIAGRAM

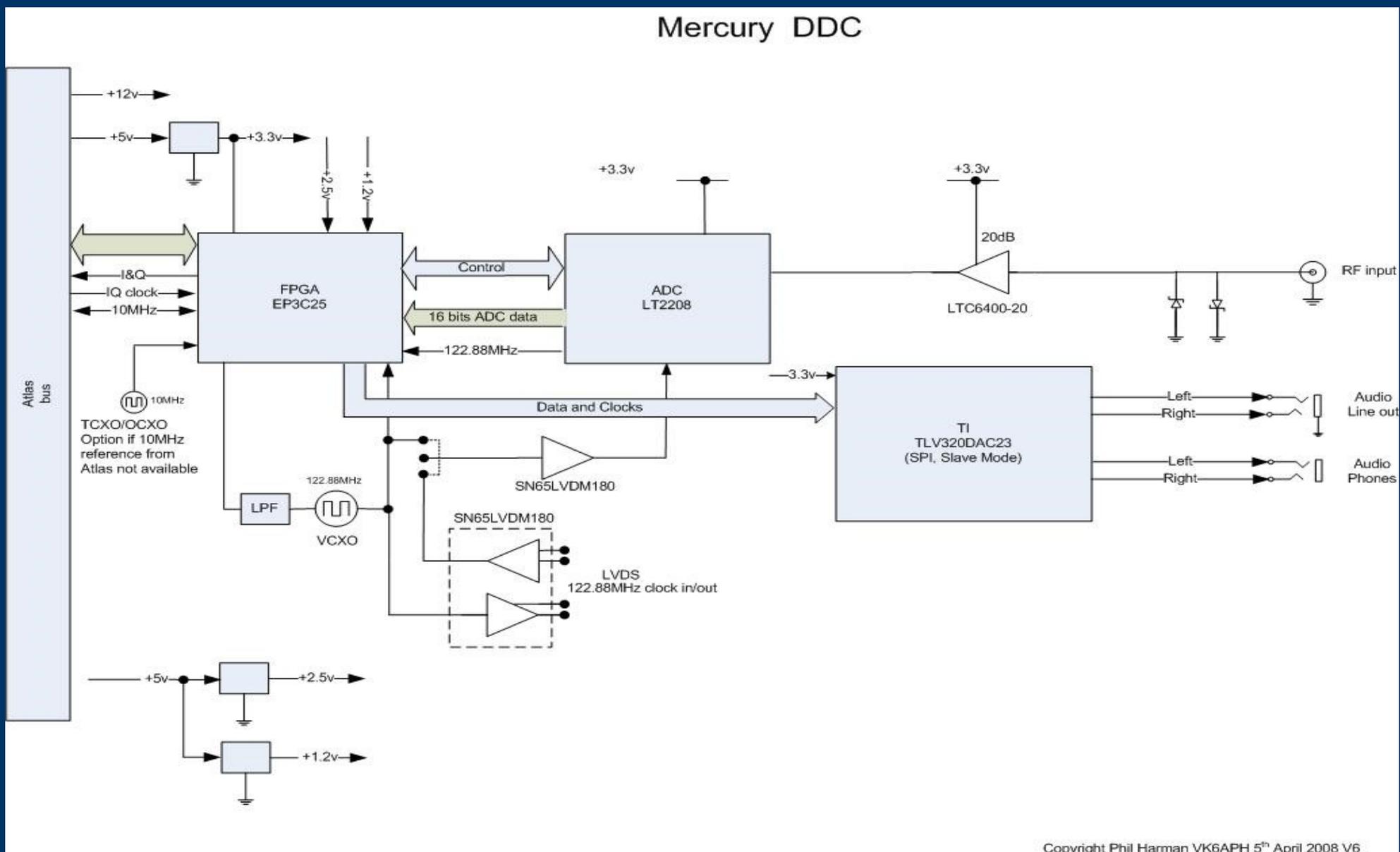
©2007 Microtelecom s.r.l. - Pavia di Udine, Italy

Il front-end

- Estrema importanza dell'interfacciamento fra antenna e ingresso del convertitore A/D
- Un cattivo frontend rovina il migliore ADC
- Filtraggio, adattamento di impedenza, protezione dall'ESD
- Un pò di arte analogica nel mondo digitale!

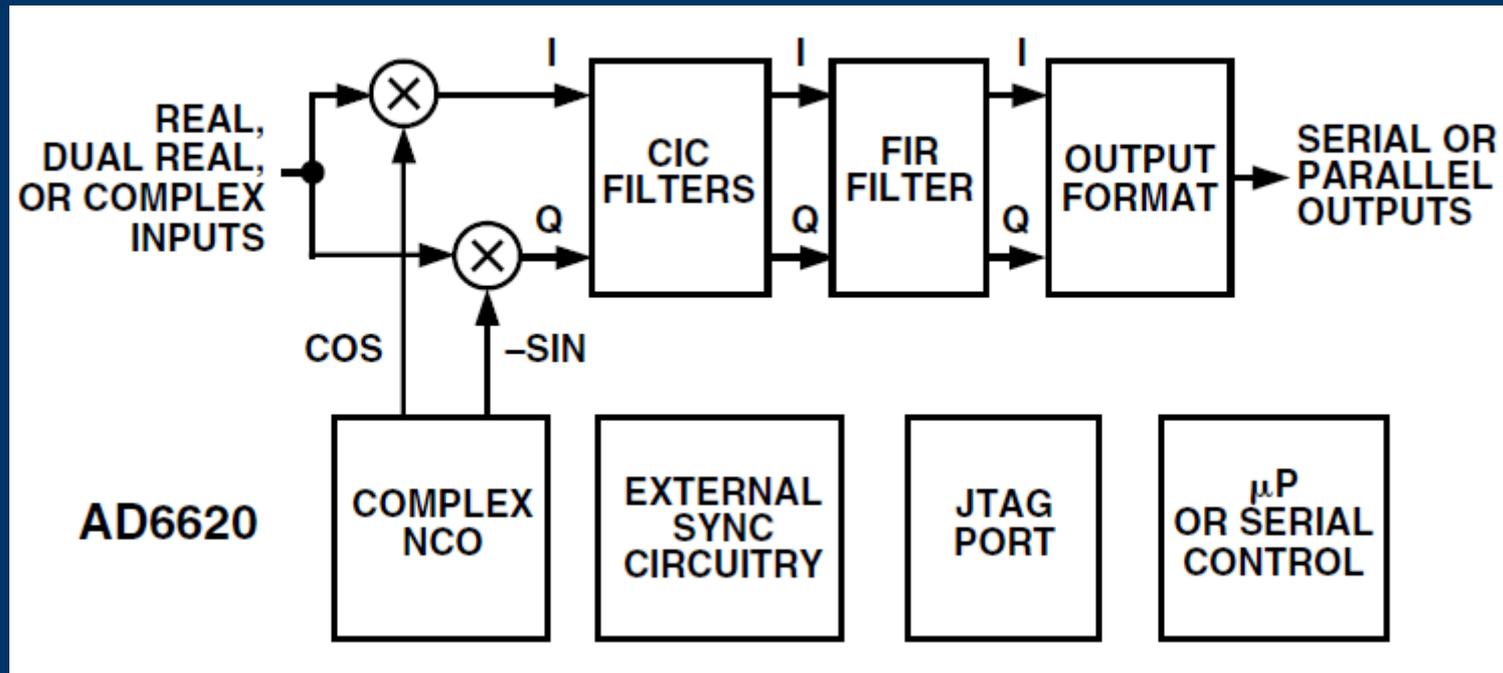


Architettura – HPSSDR Mercury



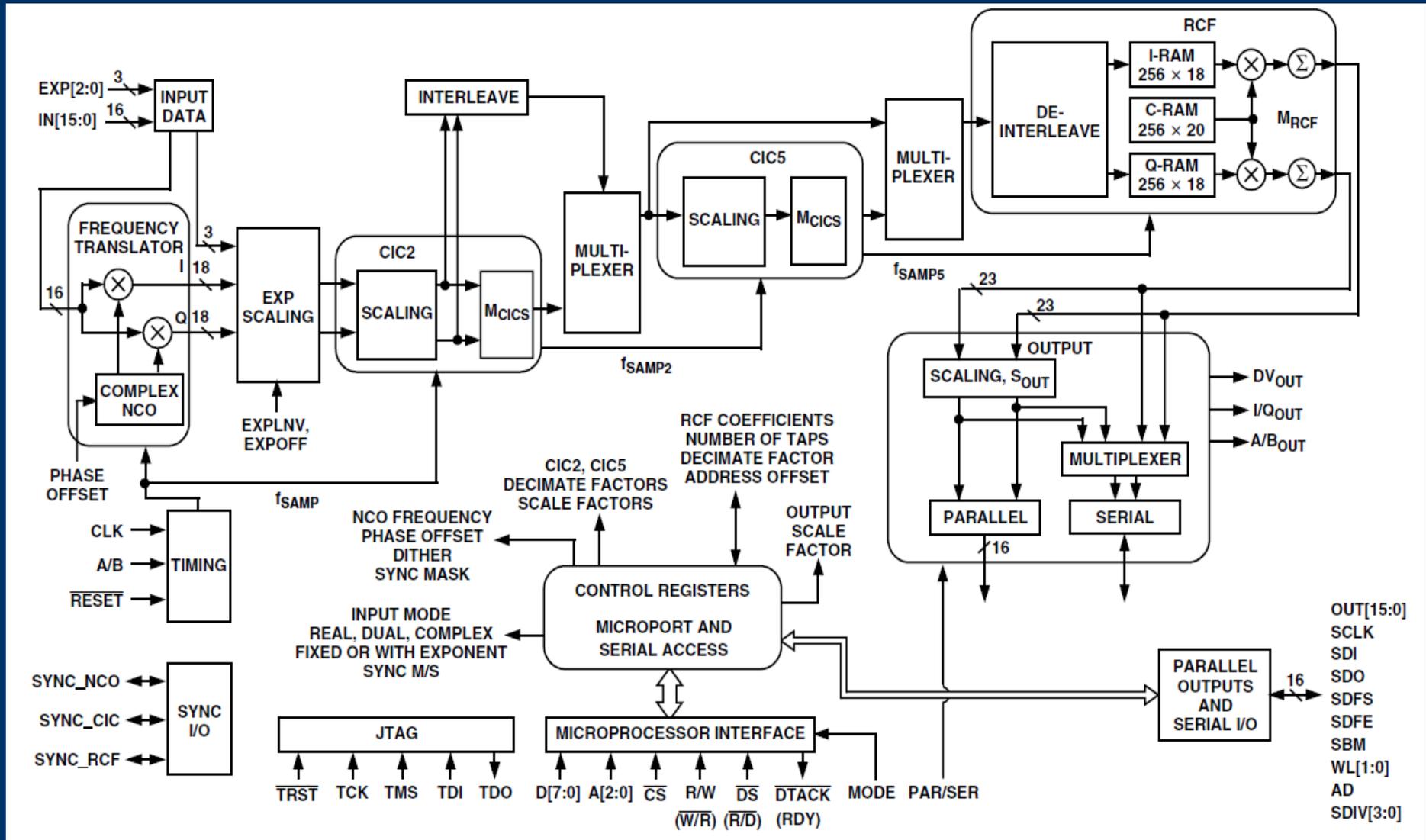
Copyright Phil Harman VK6APH 5th April 2008 V6

RX campionamento diretto - DDC



Funzioni chiave per il ricevitore: conversione di frequenza, oscillatore locale, decimazione, passaggio dati
Bontà dell'implementazione → riduzione delle spurie
Oramai tutti gli RX SDR direct sampling implementano queste funzioni in una FPGA (logica programmabile)

Dentro il DDC



Progetti e prodotti – direct sampling

RFSPACE SDR14, SDR-IQ, SDR-IP (*)

QuickSilver QS1R di Phil N8VB (**)

HPSDR Mercury – Penelope – Alex (**)

Microtelecom PERSEUS

Prodotti professionali per comunicazione /
monitoraggio / sorveglianza / intelligence: Hunt,
Rohde&Schwarz, Roke, Pentek...

Vedere http://f4dan.free.fr/sdr_eng.html

(*) prodotto in sviluppo al 10/2009

(**) parzialmente disponibile al 10/2009

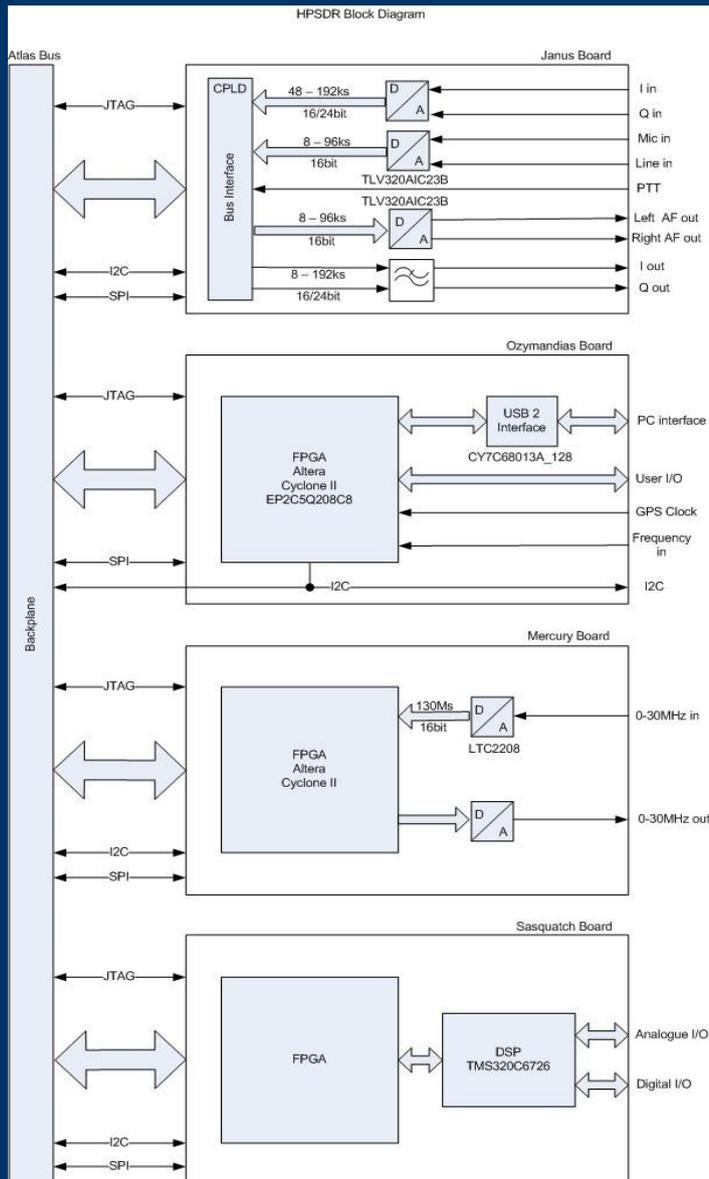


High Performance Software Defined Radio

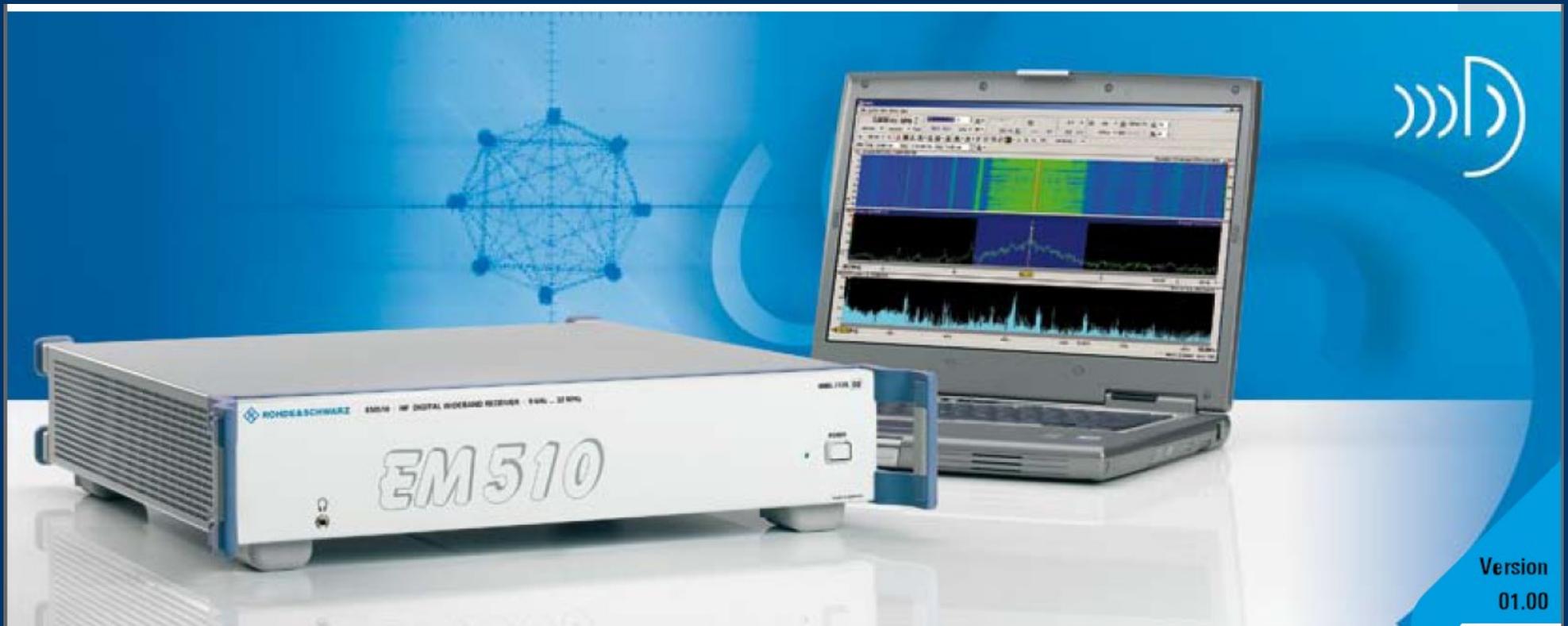
Progetto di grande respiro, modulare, per un ricevitore HF allo stato dell'arte
Circuitalmente molto complesso, lo sviluppo reale è riservato a pochi, però è tutto OPEN SOURCE (GNU)

Prestazioni finali eccezionali, e grande espandibilità

Team: Ray Anderson WB6TPU, Steve Bible N7HPR, Phil Covington N8VB, Rick Hambly W2GPS, Phil Harman VK6APH, Lyle Johnson KK7P, Ulrich Rohde N1UL, Bill Tracey KD5TFD e diversi altri



Rohde&Schwarz EM510: da 20 a 40k€ !



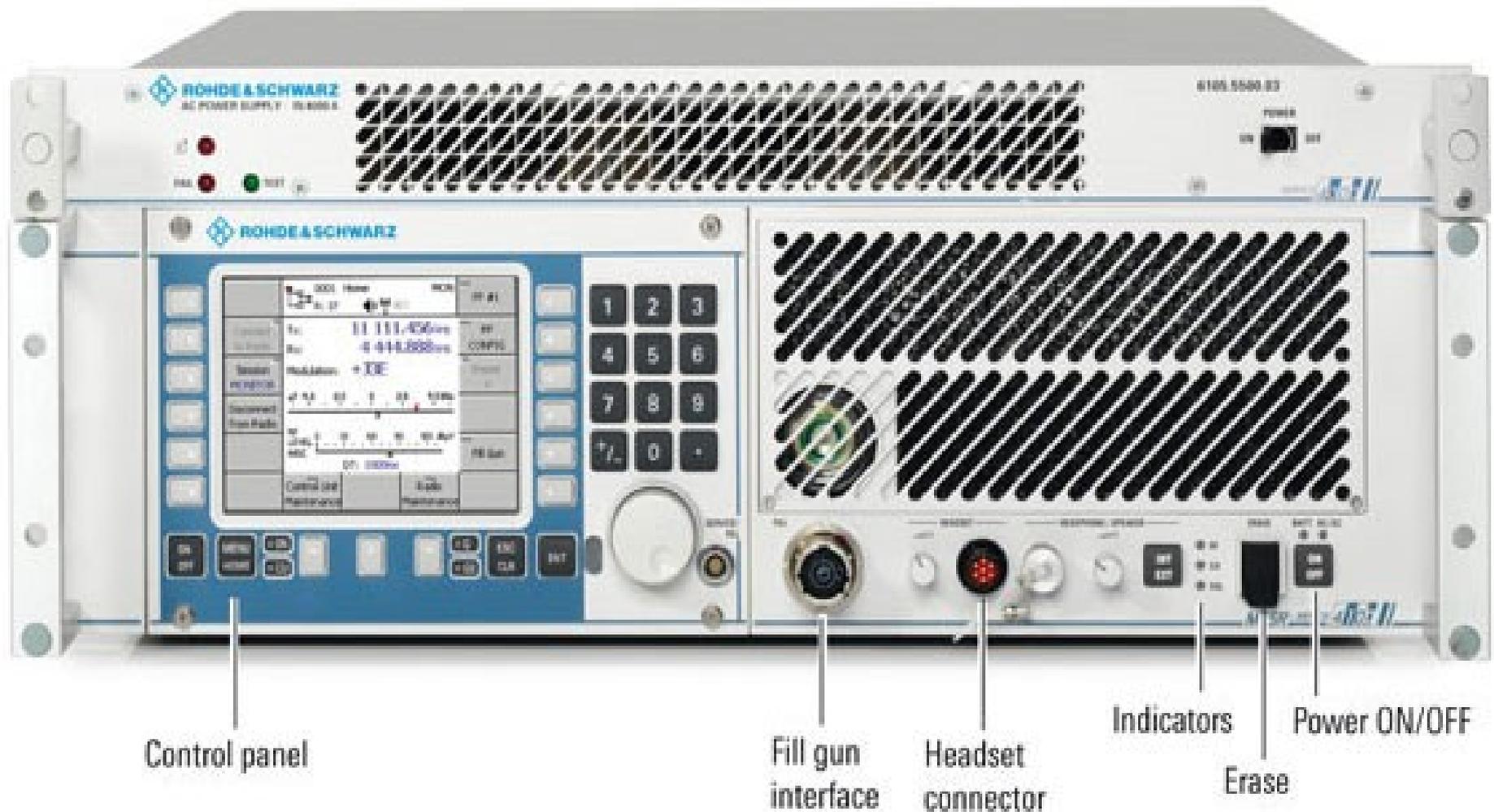
Version
01.00

Dezember
2006

HF Digital Wideband Receiver R&S® EM510

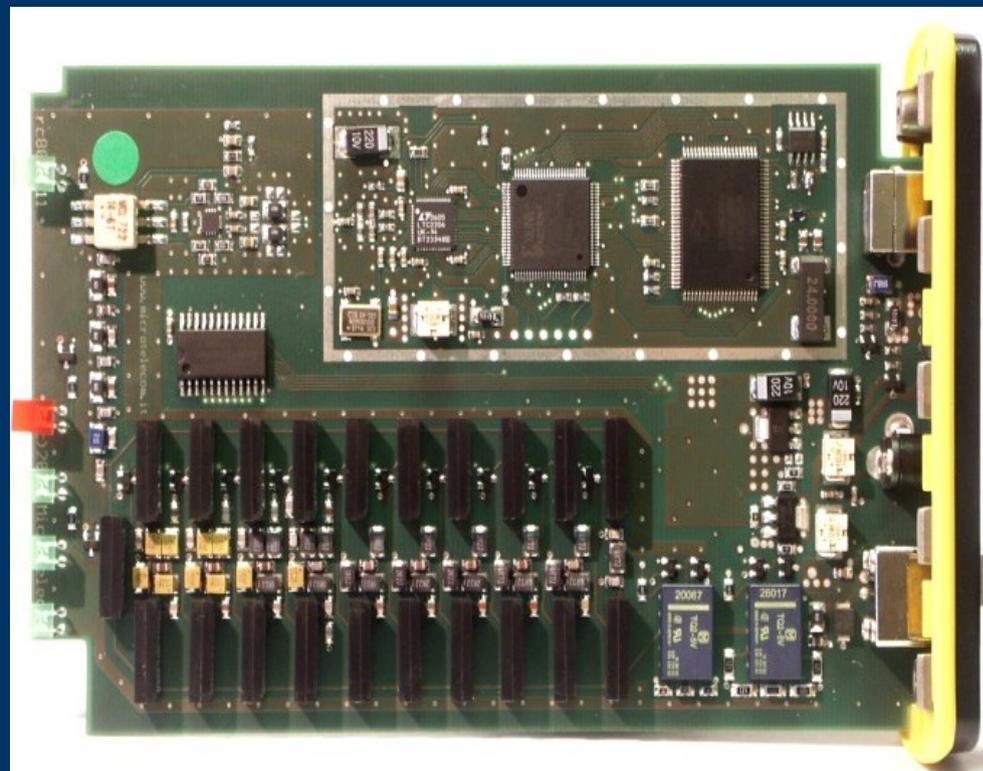
Effiziente und vielseitige Lösung für die Funkerfassung

Oppure, se volete un transceiver... R&S XK4115A: da 80 a 140k€ !



Microtelecom PERSEUS

- RX 10 kHz – 30 MHz a campionamento diretto, con preselettore e interfaccia USB
- completamente made in Italy
- attualmente è lo stato dell'arte dei prodotti commerciali
- standard de-facto per gli SWL (MW, BC)
- SW in continuo sviluppo, molte applicazioni compatibili



38° Meeting Alpe Adria – Udine 2009

Software Defined Radio :
Introduzione e stato dell'arte

5) RX SDR :Il software



Software per SDR - NZIF

Molti programmi “girano” su quasi tutti gli hardware NZIF esistenti, pur di avere un I e Q

Rocky (VE3NEA, nato per SoftRock)

Winrad (I2PHD, uno dei più completi) e derivati

KGKSDR (M0K GK, transceiver)

POWERSDR (Flexradio, nato per SDR1000, ma gira anche su SoftRock)

Spectraview (RFSpace, ma usabile su SoftRock)

Altri in sviluppo, molte proposte

Campo aperto – saranno sempre lavori in corso!

Software per SDR – conv. diretta

Ogni HW ha il proprio SW:

Perseus → Perseus SW, Spectrum Lab

SDR-IQ → SpectraView

HPSDR → PowerSDR

QS1R → SDRMAX

... + Winrad di I2PHD, unico SW che li supporta tutti (ora anche HPSDR Mercury)

→ Il SW fornito e il livello di supporto qualificano e differenziano i prodotti

Software Defined Radio :

Introduzione e stato dell'arte

6) SDR – Perché?

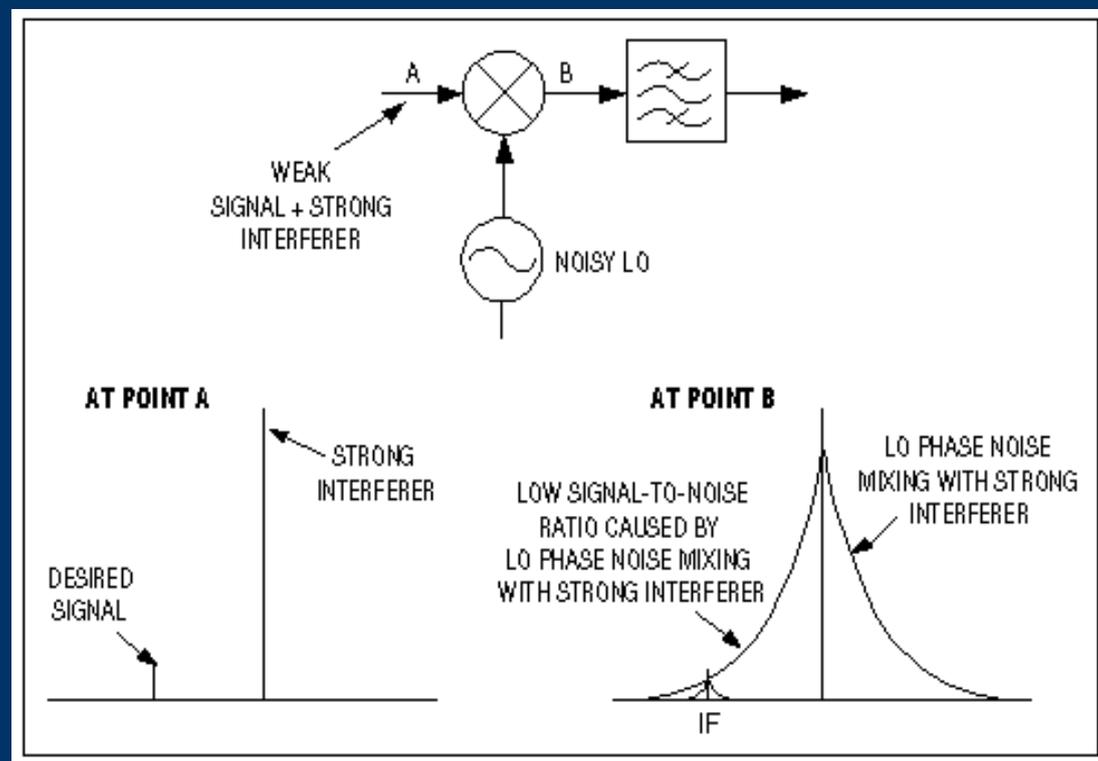


SDR – Perché?

Anzitutto, per le prestazioni: dinamica, selettività, qualità audio, interfacciamento con altri programmi di codifica/decodifica digitali

The screenshot displays the Digital Master 780 software interface, which is a digital radio interface. The main window shows a frequency display at 7.034.903 MHz. The interface includes a menu bar with options like File, Edit, View, QSO, Browser, Logbook, SSTV, SuperBrowser, World Map, Tools, Window, Help, and a Donate button. The main area is divided into several sections: a left sidebar with a frequency display and mode selection (USB), a central panel with macros for sending messages (Call CQ, Reply, Info, Closing), and a right panel showing a text window with a received message. The message text includes: "M", "V", "MJWVV", "e.com/watch?v=12DDc34XBD4", "INFO : www.geocities.com/frainbow2001", "ANTENNA : ECO-ART-71 VERTICAL", "TRANSCIEIVER : KENWOOD", "UE YO9XC DE YO9XC PSE UR CALL PSE UR CALL", "DE YO9XC PSE Ka", "N- e|". Below the text window is a waterfall display showing a spectrum of frequencies from 7.035.10 to 7.037.90 MHz. The waterfall display shows a signal at 7.036.10 MHz. The interface also includes a status bar at the bottom showing CPU usage (9%), Input (7%), Soundcard RX (8007.51Hz), and a system tray with a clock showing 22:11.

SDR – Perché?

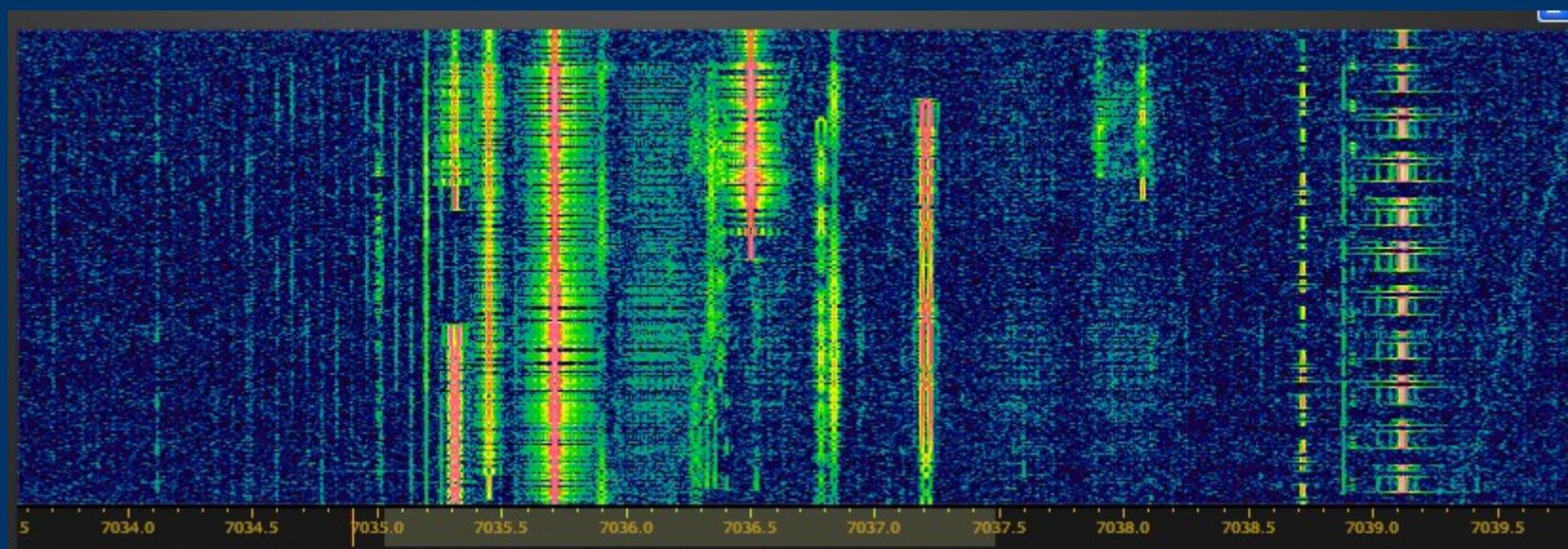


Attualmente i ricevitori SDR offrono le prestazioni più elevate di ogni altra tecnica in HF per quanto riguarda dinamica IMD a spaziatura stretta e rumore di fase (=capacità di demodulare segnali deboli a piccola distanza da segnali forti)

SDR – Perché?

Comodità di uso: visualizzazione dello spettro, waterfall, point-and-click, ricerca canali liberi, ricerca stazioni DX in bande poco affollate, operazione su segnali deboli

Flessibilità: lo stesso HW può operare con differenti programmi per differenti applicazioni



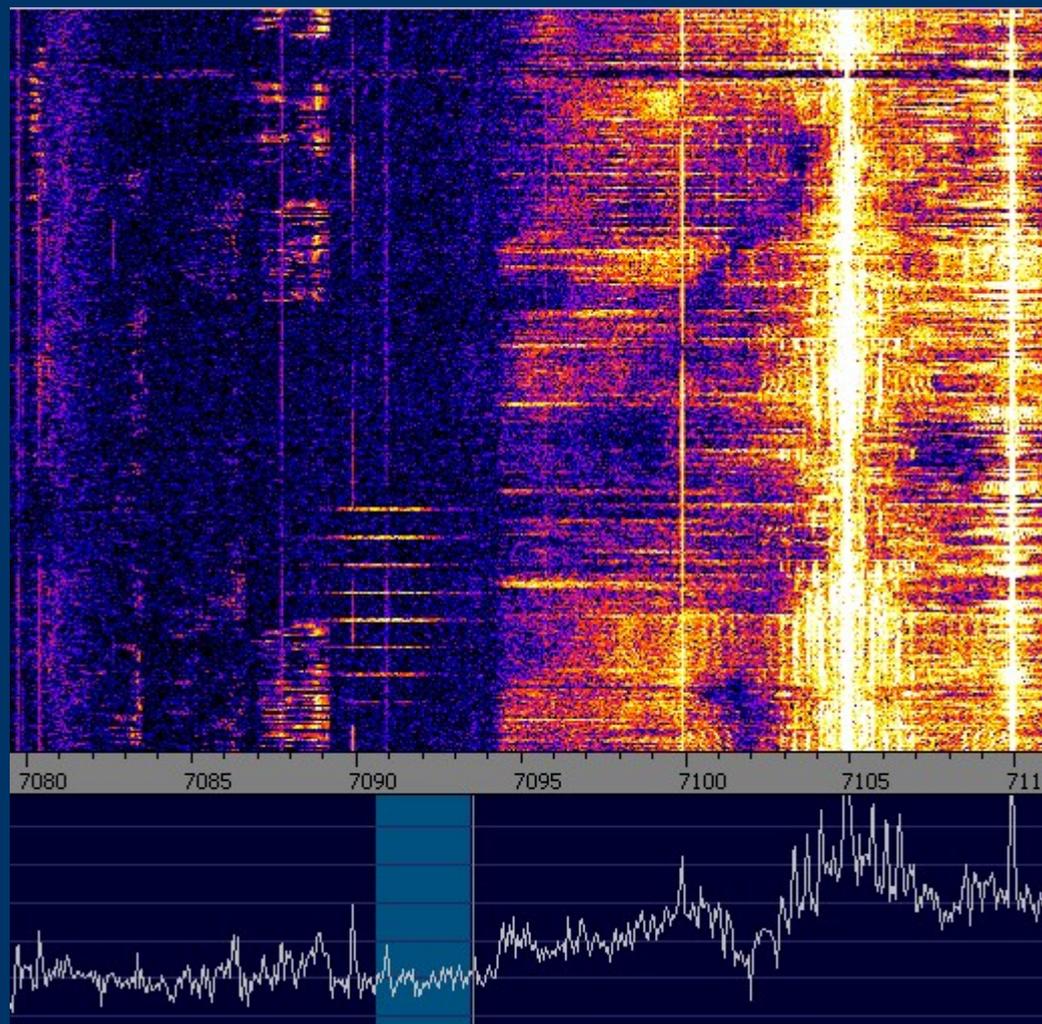
Dinamica dei ricevitori SDR

Superiore ad ogni altro metodo, con possibilità di ulteriore miglioramento.

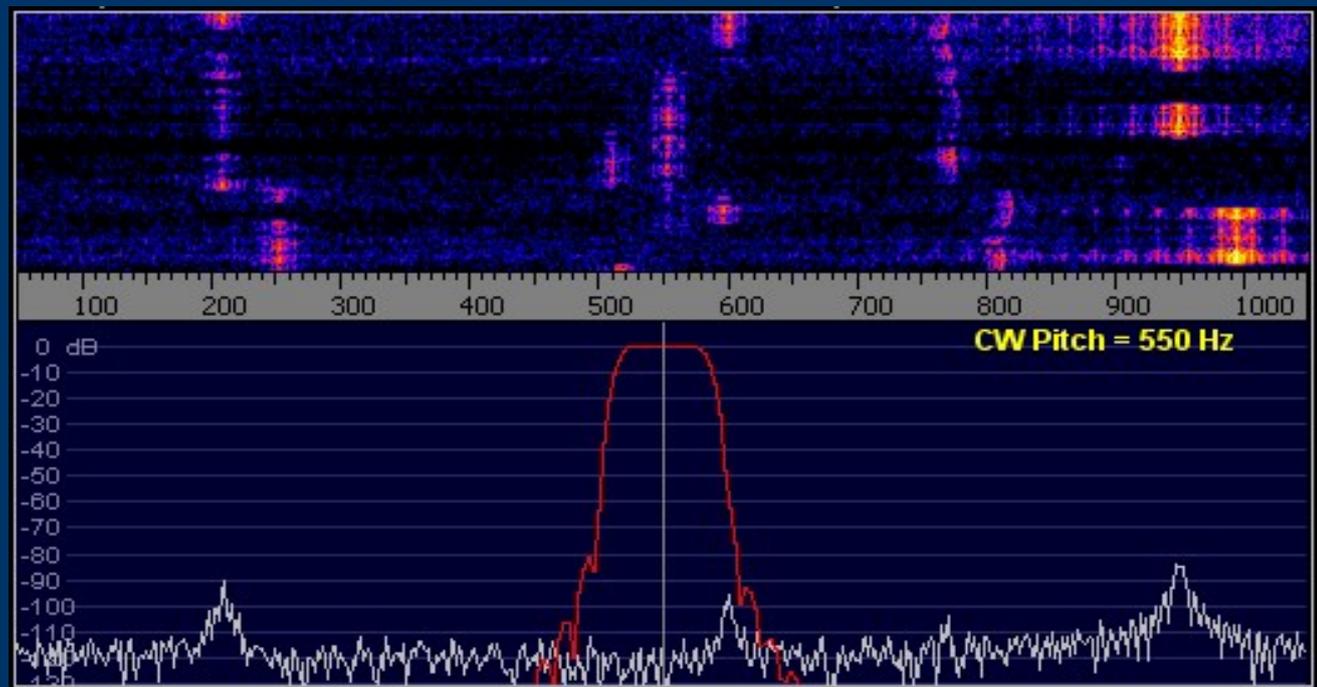
Non limitata dal rumore di fase degli oscillatori

Selettività eccezionale e assenza pratica di spurie

Possibilità di operare dove altri non ascoltano



Selettività fantastica



Continuamente variabile da un massimo pari al sampling rate fino a pochi Hz o frazioni, definita solo dal processo del segnale. Qualunque larghezza di filtro e/o shape possibile.

Filtri notch multipli possibili

Possibilità di processare segnali multipli entro la banda dell'A/D (come fa PSK31)

Filtri “verticali” con fattori di forma non ottenibili in HW, reiezioni di 120dB, nessun ringing, risposta in banda piatta

Qualità audio

Non limitata dalla distorsione e risposta di frequenza dei demodulatori e dei filtri

“come se foste direttamente connessi alla ionosfera”
(da RadCom)

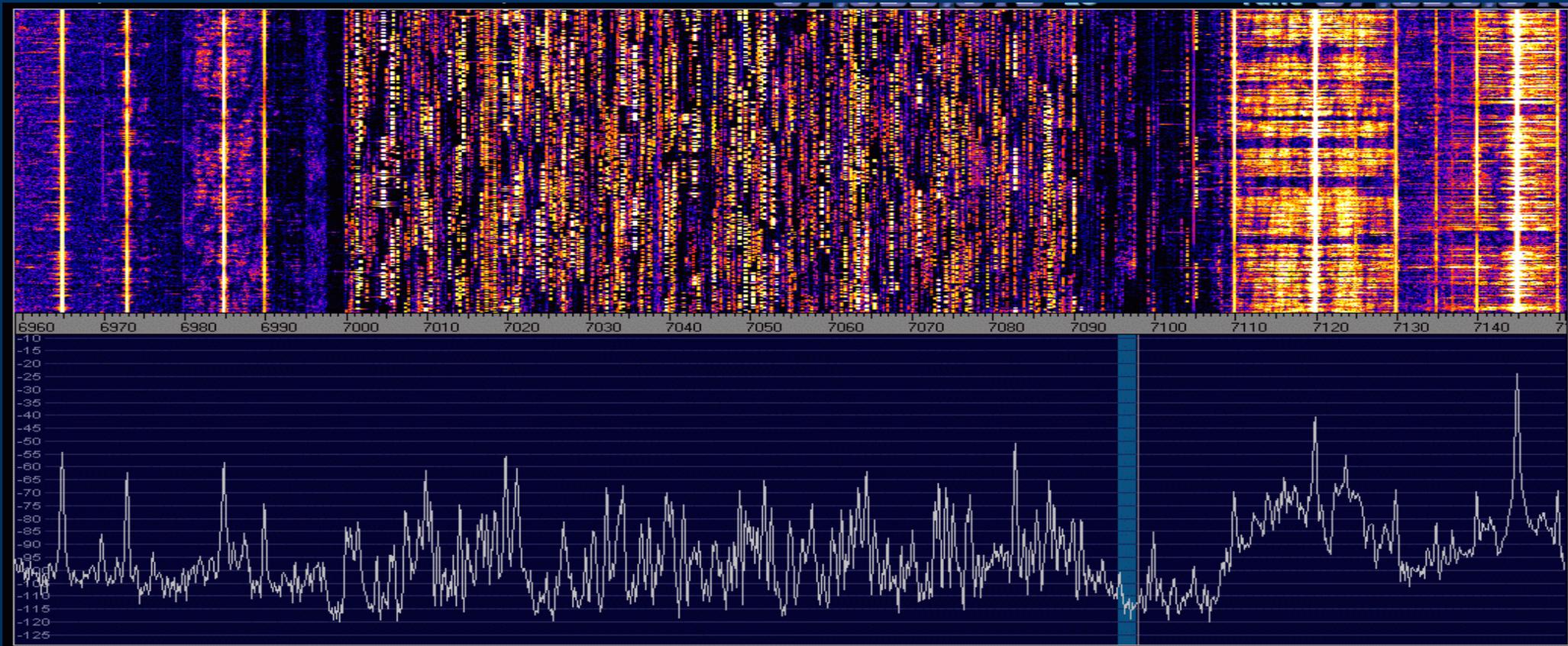
Riduzione della fatica di ascolto, aumento dell'intelligibilità dei segnali

Interfacciamento

L'SDR si presta direttamente all'interfacciamento con altri programmi esistenti di demodulazione (MMTTY, PSK31...) tramite VAC (Virtual Audio Cable) o via DLL dedicate

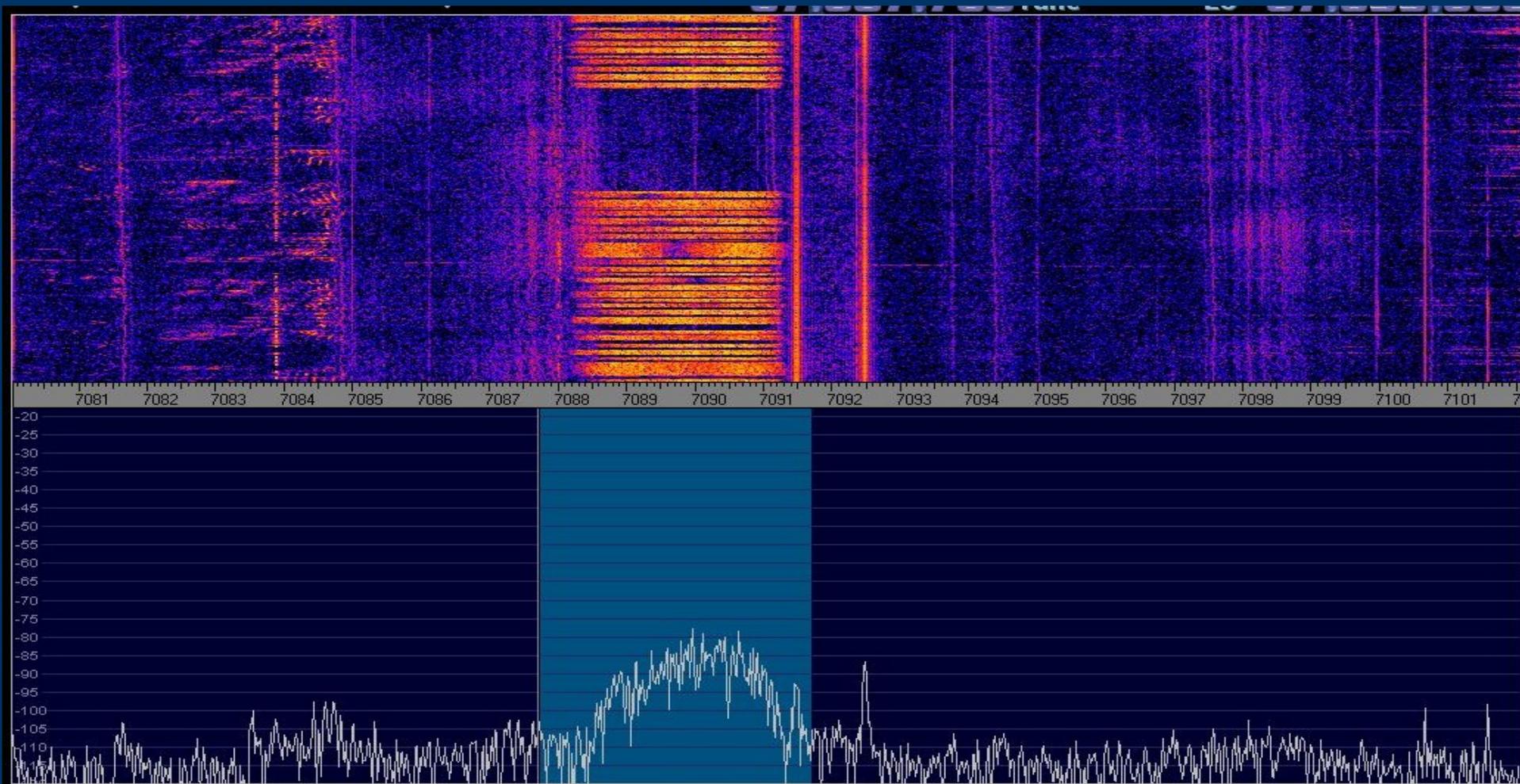
Comodità di uso

Provare per credere... waterfall, possibilità di sintonizzare con il mouse, visualizzazione immediata di canali liberi e occupati, zoom sul canale, risoluzione di spettro di $<1\text{Hz}$, identificazione dei segnali, verifica della larghezza di banda del corrispondente, spettro audio...



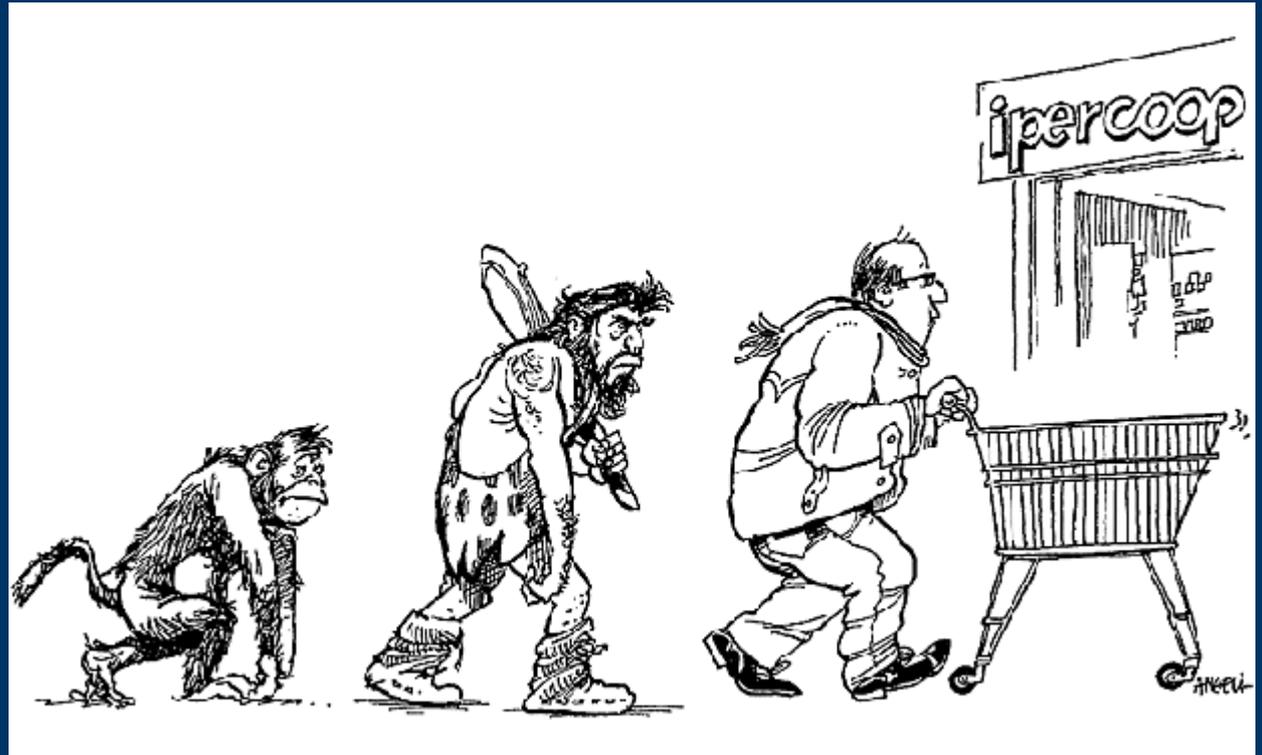
Segnali deboli

Molti di coloro che operano su segnali deboli (MS, EME, DX VHF, beacons, LF, microonde) si sono negli anni abituati ad usare programmi di visualizzazione ed elaborazione dello spettro (SPECTRAN, Spectrum Lab, Spectrogram, WSJT, ecc. Ecc.) - L'SDR è la naturale evoluzione del metodo



38° Meeting Alpe Adria – Udine 2009

7) Evoluzione delle Tecniche SDR in campo amatoriale



Evoluzione dell'SDR ?

Come tutte le tecniche nuove ed avanzate, anche la radio SDR subirà un'evoluzione profonda e veloce

Le tendenze attuali sono per:

- **espansione del limite superiore di frequenza**
(→ 150 MHz?) - condizionato dalla disponibilità di componenti RF (preamplificatori), ADC e FPGA in grado di gestire il flusso di informazione
- **riduzione della latenza** per i modi audio
(→ DAC audio integrati nell'HW del ricevitore, minore dipendenza dall'HW del PC per le funzioni audio)

Evoluzione dell'SDR ?

- “**embedding**” (incorporazione) del controllo (PC) e demodulazione (PC) nell'HW del ricevitore → possibile con i nuovi chipset, il ricevitore SDR si svincola dal PC
- **integrazione con i trasmettitori**, SDR e non
- **integrazione con i software di gestione** → scambio dati, interfacce comuni

Il ricevitore SDR diventa il mattone di base di un nuovo modo di fare radio

Evoluzione degli OM?

"The Future Is Not What It Used To Be"

E' tempo che la comunità dei radioamatori adotti davvero le **tecnologie di elaborazione digitale del segnale**. Queste rappresentano l'unico mezzo per migliorare le prestazioni dei nostri apparati. L'**SDR** è una di queste , e ben si sposa con molte applicazioni. Più presto di quanto si creda gli apparati radio OM analogici diverranno **obsoleti come dinosauri... sta a noi** continuare ad evolvere per non estinguerci!



38° Meeting Alpe Adria – Udine 2009

*Grazie per l'attenzione !
73 and FB DX with SDR
Marco IK10DO*

**SPIN
Electronics
Amateur
Radio
Group**

