Sezione ARI Lecce
www.arilecce.it

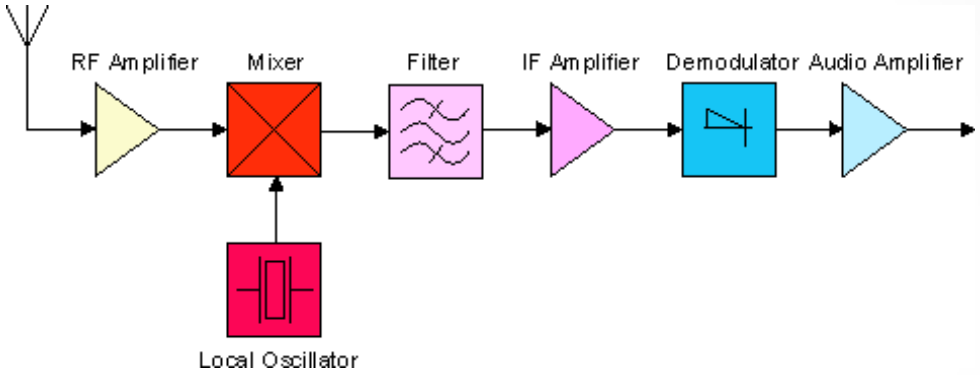
Ricevitori SDR

Una piccola disamina

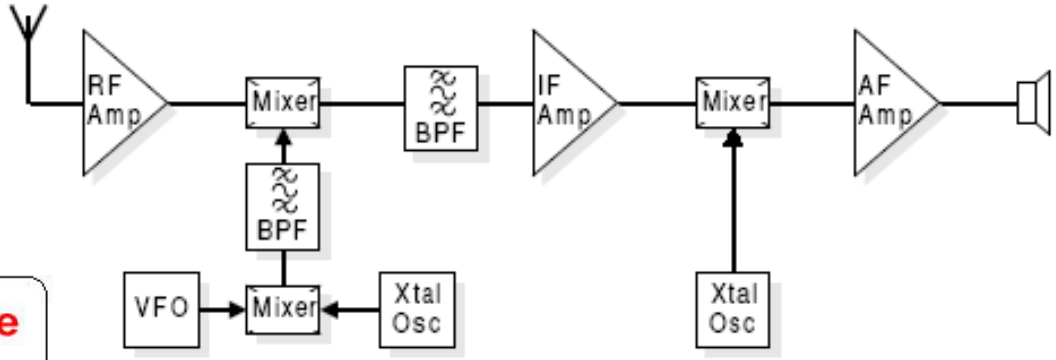
IK7EZN - IW7DMH

Ricevitori e Conversioni

- Singola Conversione



- Multiple Conversioni

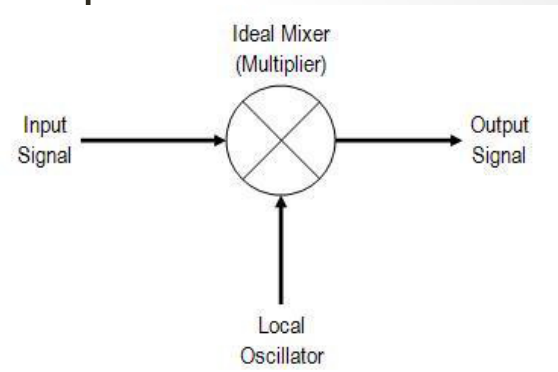


Sezione ARI Lecce
www.arilecce.it

Ricevitore a conversione multipla – Funzionamento del Mixer

Sezione ARI Lecce
www.arilecce.it

- Nei ricevitori supereterodina con una o più conversioni il segnale RF desiderato è miscelato una o più volte prima di essere demodulato e reso comprensibile per l'orecchio umano.



- Il funzionamento di un mixer è semplice: prende in input due frequenze F1 (Input Signal) ed F2 (Local Oscillator) e restituisce un segnale di uscita.
- Il segnale in uscita è ottenuto per battimento. In realtà in uscita si hanno due frequenze : F1+F2 ed F1-F2. E' solo con l'uso di opportuni filtri (**roofing**) che si riesce a selezionare la frequenza di interesse, di solito F1-F2.
- La frequenza F1-F2 è la famigerata **frequenza intermedia** o **IF**.

Ricevitore a conversione multipla - Funzionamento del Mixer

Sezione ARI Lecce
www.arilecce.it

- Un mixer, anche se di ottima qualità, è un dispositivo non lineare e come tale introduce delle distorsioni nel segnale RF risultante.
- Un effetto abbastanza conosciuto di tali distorsioni è denominato **reciprocal mixing**: un mixer non è in grado di distinguere tra segnale indesiderato e segnale desiderato. Pertanto, il segnale di uscita conterrà oltre ai due segnali iniziali anche il rumore di fondo che ha una frequenza vicina sia a quella dell'oscillatore locale che a quella del segnale di ingresso.
- Il risultato finale, indesiderato, in un ricevitore a conversioni multiple (con più IF) è quello di introdurre segnali desiderati in ogni fase di *mixing*.
- L'effetto più facilmente percepibile di tale inconveniente è la "fatica" che dobbiamo fare nell'ascoltare il ricevitore. Soprattutto per lunghi periodi e/o per segnali molto bassi.

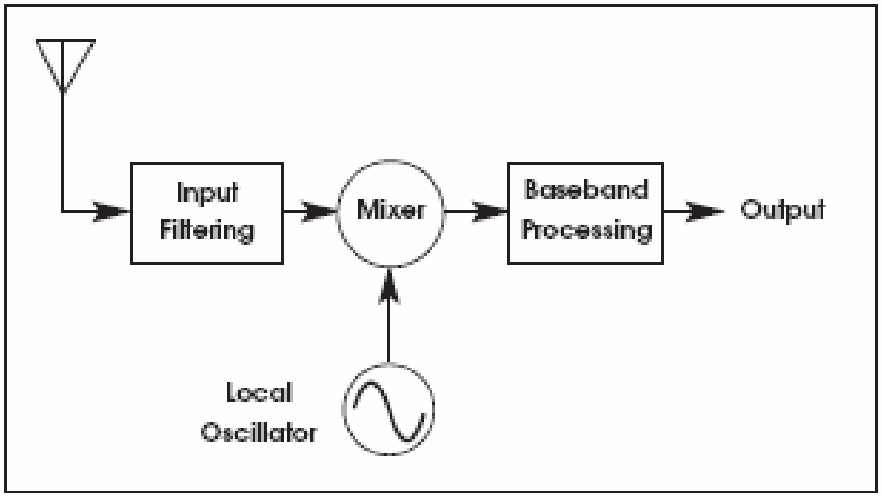
Ricevitore a conversione multipla – Filtri e sensibilità

- I mixer richiedono necessariamente dei filtri a valle del segnale di uscita.
- Tali filtri oltre ad essere costosi, presentano delle risposte non lineari che si fanno sentire proprio nei momenti più critici: ossia quando si vuole ascoltare un segnale debole accanto ad un segnale molto forte.
- Se il segnale indesiderato non viene filtrato correttamente il ricevitore perde la sua sensibilità ottimale ed il piccolo segnale scompare.
- Perdere sensibilità significa forzare il controllo di guadagno automatico **AGC**, a diminuire il guadagno complessivo del ricevitore, facendo di fatto scomparire il segnale di debole intensità.

Sezione ARI Lecce
www.arilecce.it

Prima evoluzione - Ricevitore a conversione diretta

- I ricevitori a conversione diretta consentono di evitare gli effetti cumulativi di “non linearità” presenti nei ricevitori supereterodina.
- Poichè non c’è alcuna IF su cui far intervenire l’AGC, si ha la possibilità di avere all’uscita dello stadio di conversione, un range molto più ampio di segnali.
- Questo risultato può essere ottenuto con una sola conversione e con l’utilizzo di convertitori analogico-digitali (ADC) dotati di altissimo range dinamico, cioè in grado di discernere, contempora-neamente, segnali molto forti e segnali debolissimi.



Sezione ARI Lecce
www.arilecce.it

Ricevitore a conversione diretta – Convertitori Analogico-Digitali (ADC)

- La conversione viene eseguita in banda audio (Baseband), quindi il segnale RF viene convertito in segnale AF ed inviato ad un convertitore Analogico Digitale.

- Nel FLEX-5000, per esempio, si utilizza il convertitore AD Asahi-Kasei Super High Performance 192kHz 24-Bit sigma-delta ADC (AK5394A)6. Tale convertitore ha un range dinamico di 123dB, più che sufficiente per l'utilizzo in ambito amatoriale.

- Con tale livello di range dinamico, i roofing filters non sono più necessari e questo facilità l'eliminazione delle "non linearità" di cui si parlava in precedenza.

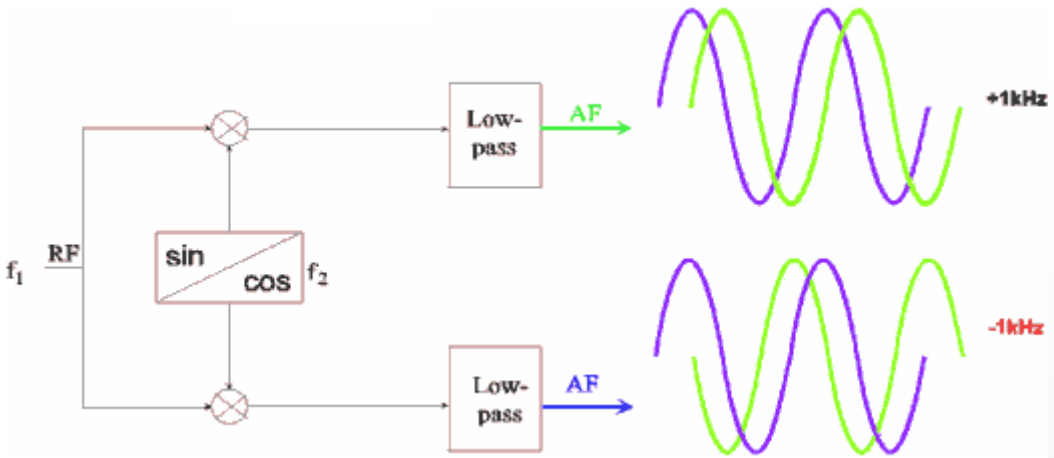
Sezione ARI Lecce
www.arilecce.it

Ricevitore a conversione diretta

L'utilizzo del convertitore AD (molto brevemente) introduce il problema di non poter eliminare la banda laterale opposta (per il modo SSB). La soluzione è stata quella di generare due segnali audio, sfasati tra di loro di 90 gradi, **quadratura di fase**, e di usare un dispositivo denominato QSD (*Quadrature Sampling Detector*) per ottenere in uscita i segnali **I** e **Q**.

Ingresso

Segnale RF



Uscita

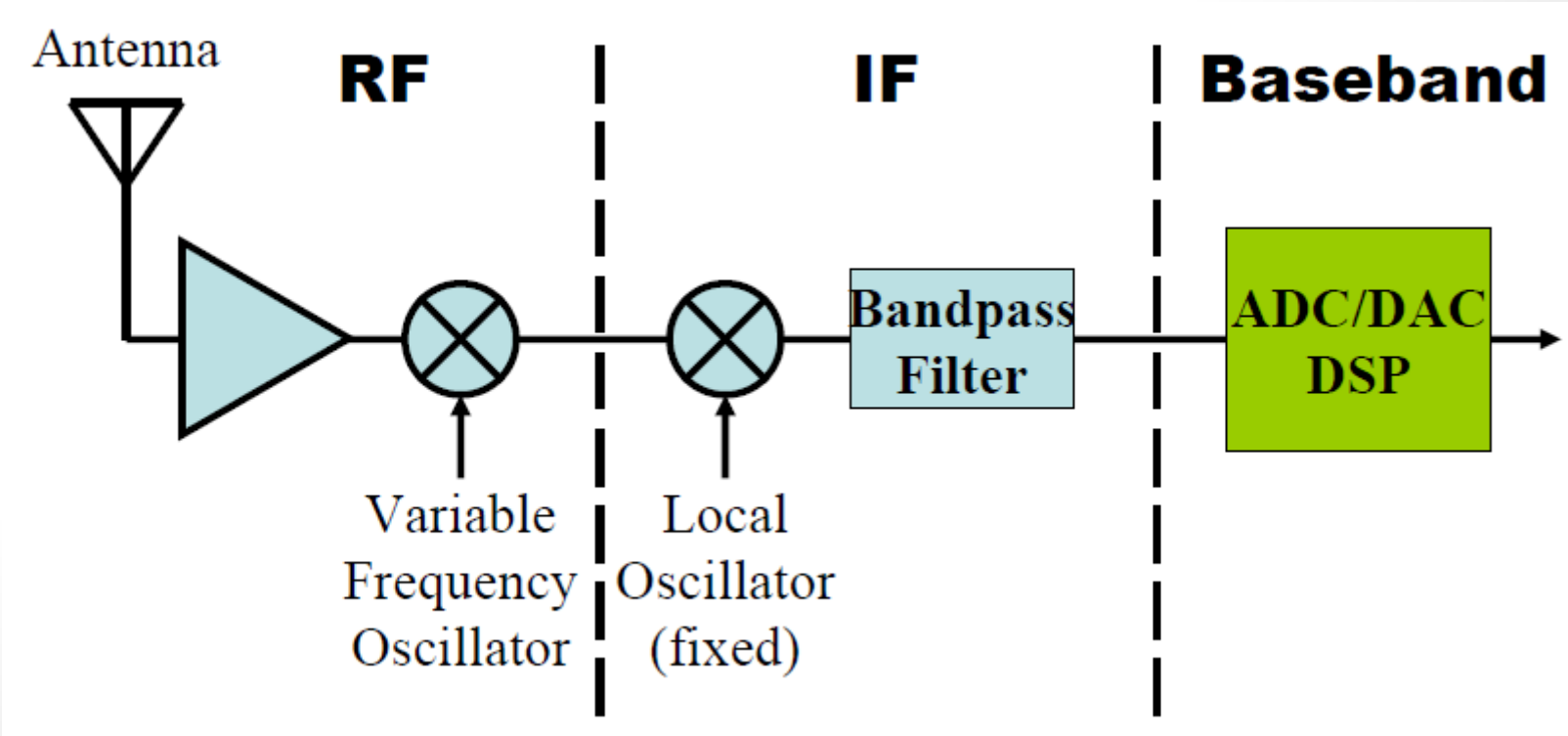
In-Phase (I)

Phase Quadrature (Q)

I segnali I/Q devono essere inviati su due canali differenti del convertitore. Nel caso delle comuni schede audio si usano i canali **Destro** e **Sinistro**.

Schema a blocchi di una radio con solo DSP audio

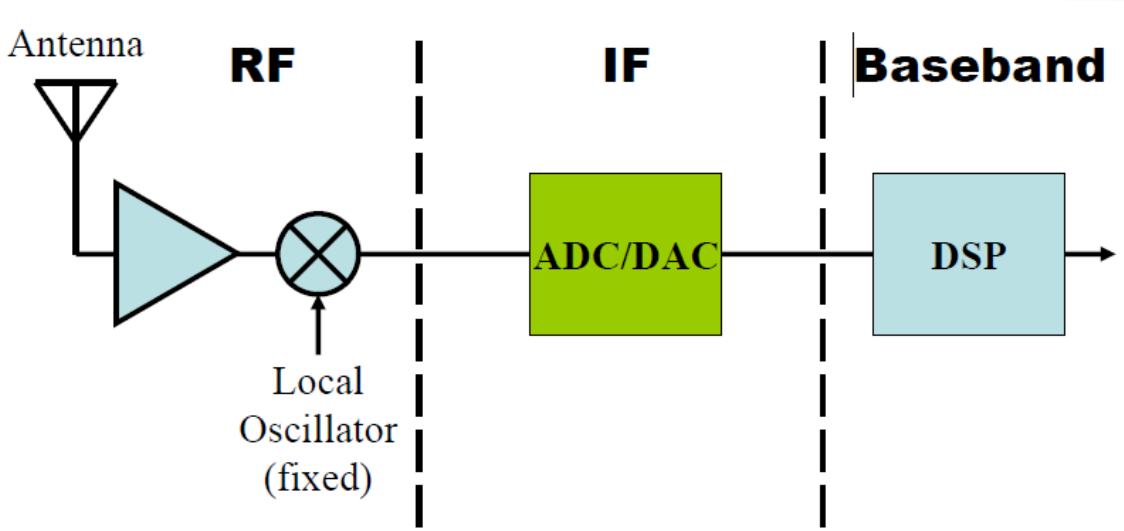
- *Fonte I7SWX – Giancarlo Moda (Ari-Cassano)*



Sezione ARI Lecce
www.arilecce.it

Schema a blocchi di una Software Defined Radio SDR a conversione diretta

- *Fonte I7SWX – Giancarlo Moda (Ari-Cassano)*



- In questo tipo di ricevitore è il software che esegue la demodulazione e non più l'hardware
- Attraverso il software, inoltre, si possono costruire, ed eventualmente modificare successivamente, filtri digitali passabanda che non si possono realizzare con componenti analogici
- Il componente hardware che permette di ottenere questi risultati è il DSP (Digital Signal Processor)

Seconda evoluzione - Ricevitori a campionamento diretto

- L'ultima frontiera dei ricevitori SDR è rappresentata, al momento, dai ricevitori a **campionamento diretto**.

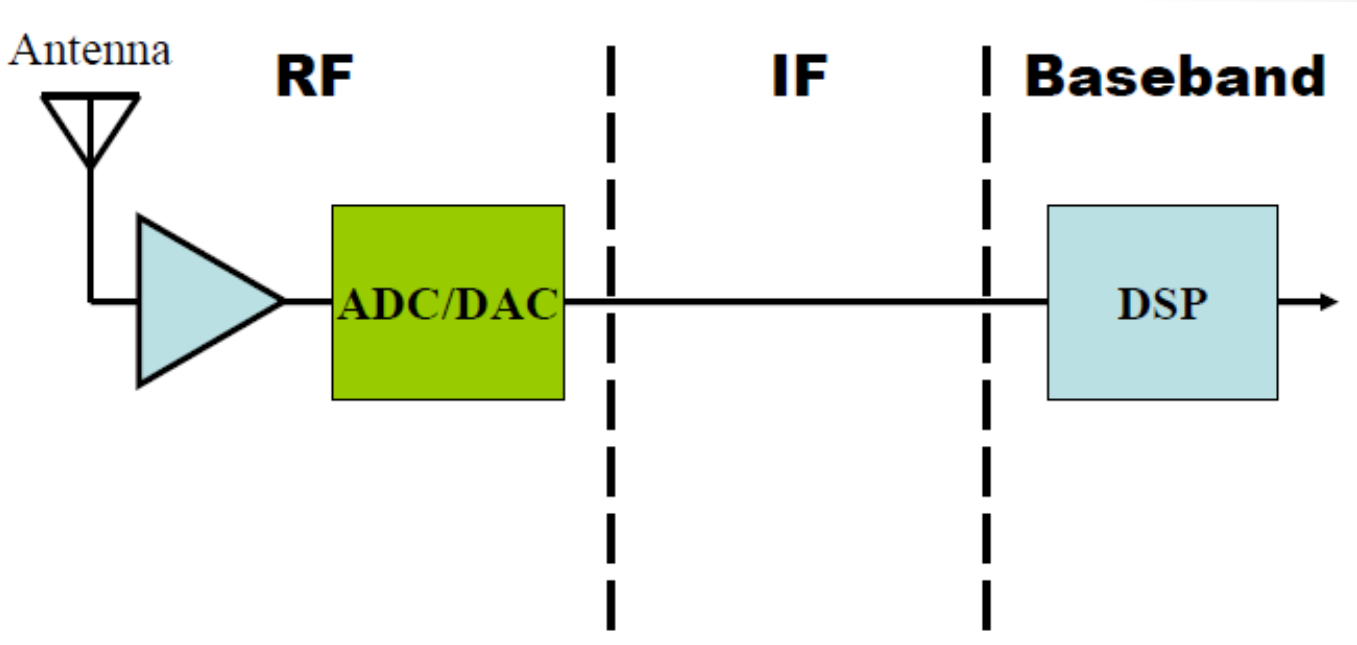
- In tali ricevitori l'antenna è direttamente collegata ad un **Convertitore Analogico-Digitale** (per la sezione **ricevente**) e ad un **Convertitore Digitale-Analogico** (per la sezione del **trasmettente**).

- In questo caso tutte le funzionalità di una radio (mixer, filtri, AGC, amplificazione, demodulazione, ecc.) sono realmente implementati nel software

Sezione ARI Lecce
www.arilecce.it

Ricevitori a campionamento diretto

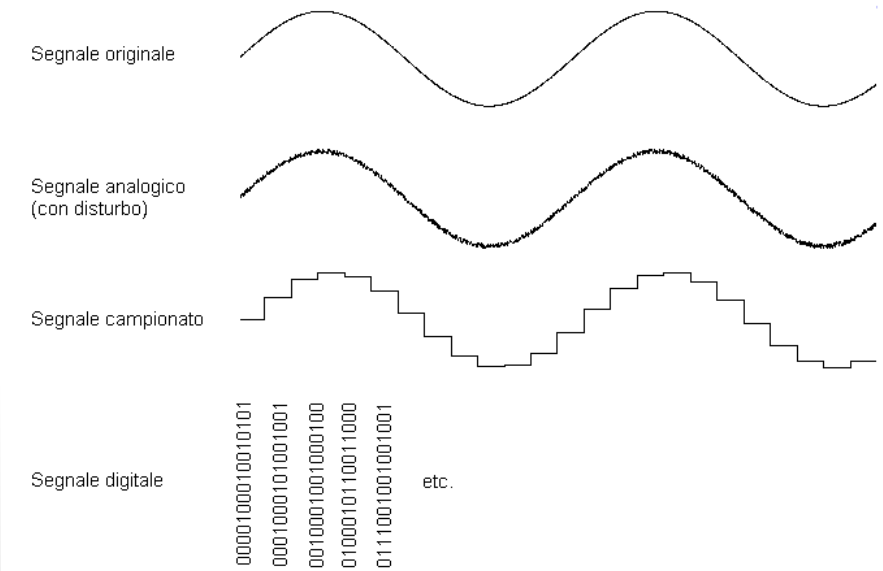
- *Fonte I7SWX – Giancarlo Moda (Ari-Cassano)*



Sezione ARI Lecce
www.arilecce.it

Ricevitori a campionamento diretto – FPGA - Field Programmable Gate Array

- In questo genere di ricevitori il segnale RF viene campionato e convertito in banda base (banda audio) da un circuito integrato denominato FPGA.
- Il segnale campionato viene poi elaborato da uno o più processori di classe ARM (di solito Cortex).

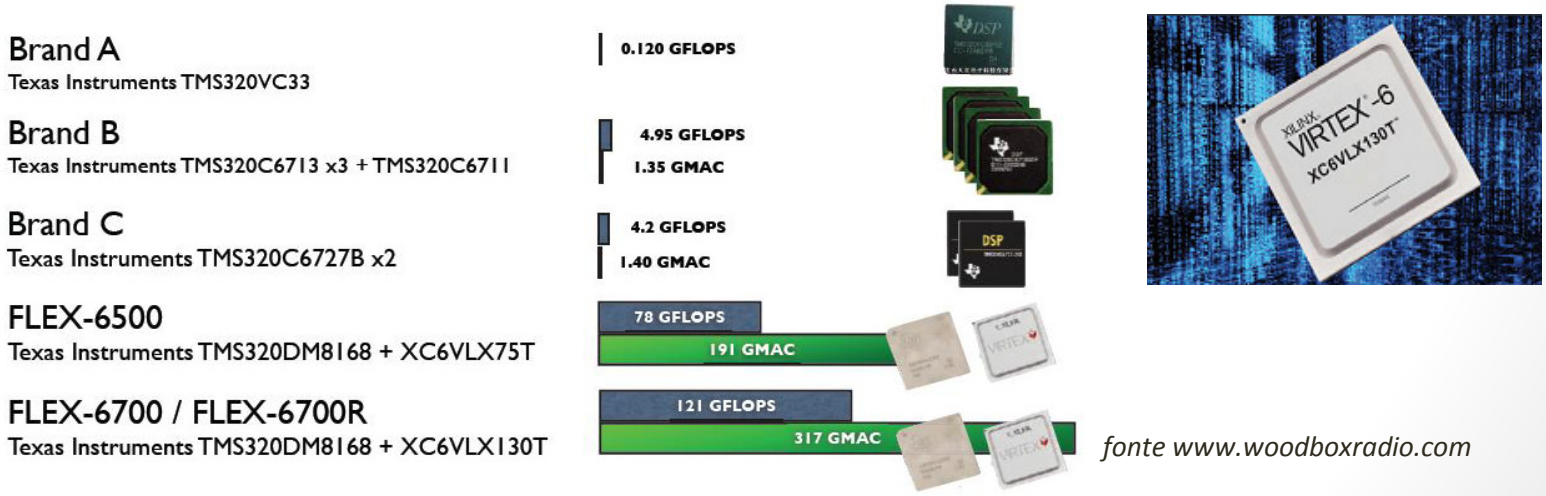


esempio di campionamento

Sezione ARI Lecce
www.arilecce.it

Ricevitori a campionamento diretto – FPGA - Field Programmable Gate Array

- Tali processori applicano una ulteriore sottocampionatura, filtraggi di vario genere, ed implementano anche le funzionalità di demodulazione, AGC, NR, etc.
- In alcuni casi, come nell'Elad FDM DUO, gli stessi processori vengono utilizzati per gestire l'interfaccia «analogica della radio» (VFO, volume, keyer, memorie, ecc.)



Transceiver DSP Performance Comparison

fonte www.woodboxradio.com

FPGA - Field-programmable gate array

- Gli FPGA sono circuiti integrati progettati per essere programmati dai progettisti **dopo** la loro realizzazione.
- Contrariamente a quanto avviene con i processori utilizzati per il personal computer, il **produttore degli FPGA non implementa alcuna logica di calcolo al loro interno**.
- E' il progettista che ne stabilisce le funzioni utilizzando dei blocchi logici programmabili messi a disposizione dal costruttore.
- Il pregio di tali processori è che possono essere «facilmente» riprogrammati. Tradotto in ambito radioamatoriale significa che lo stesso esemplare di radio può essere riprogrammato più e più volte per ottenere funzionalità che inizialmente non erano state previste.
- Cioè non si tratta di semplici modifiche al firmware di una radio, ma della possibilità di riprogrammare i componenti dell'SDR facendo uso di algoritmi complessi che, nel caso di radio tradizionali, avrebbero richiesto la completa sostituzione dell'hardware.
- Ulteriore ma non trascurabile pregio degli FPGA è la loro elevata velocità di elaborazione a costi apparente elevati ma nettamente inferiori rispetto a processori *general purpose* con caratteristiche e velocità analoghe.

Sezione ARI Lecce
www.arilecce.it

Alcuni esempi di Radio a campionamento diretto

Perseus (RX)

Elad FDM Duo (RTX)

Afedri-SDR (RX)

Apache Anan (RTX)

Flexradio Signature Series (RTX)

Sezione ARI Lecce
www.arilecce.it

La fase di demodulazione

- Nella scelta di un ricevitore SDR è opportuno considerare anche l'aspetto della **demodulazione audio** ossia in che modo il ricevitore SDR consente di ottenere il segnale audio.
- Fino ad ora la possibilità era praticamente una sola: ossia il demodulatore audio veniva implementato da un programma software in esecuzione su un personal computer.
- Tale modalità da una parte offre grossi vantaggi in termini di usabilità e possibilità offerte dal sistema operativo (come Windows, Mac o Linux).
- Dall'altra però costituisce un vincolo non trascurabile nell'utilizzo del ricevitore: **si crea una forte dipendenza tra ricevitore e versione del sistema operativo utilizzato**.

La fase di demodulazione

- L'acquisto di un ricevitore SDR può comportare una spesa considerevole in alcuni casi.
- Allora è lecito domandarsi:
  - quanto potrà durare la mia radio?
  - riuscirò tra dieci anni ad usarla ancora?
  - ci sarà tra dieci anni un sistema operativo in grado di far funzionare il mio ricevitore?
  - il produttore continuerà a sviluppare il software?
  - che valore avrebbe la radio se decidessi di venderla?
- Per darsi una risposta basti pensare a come erano i sistemi operativi e l'hardware di dieci anni fa' ed al valore che avrebbero oggi.

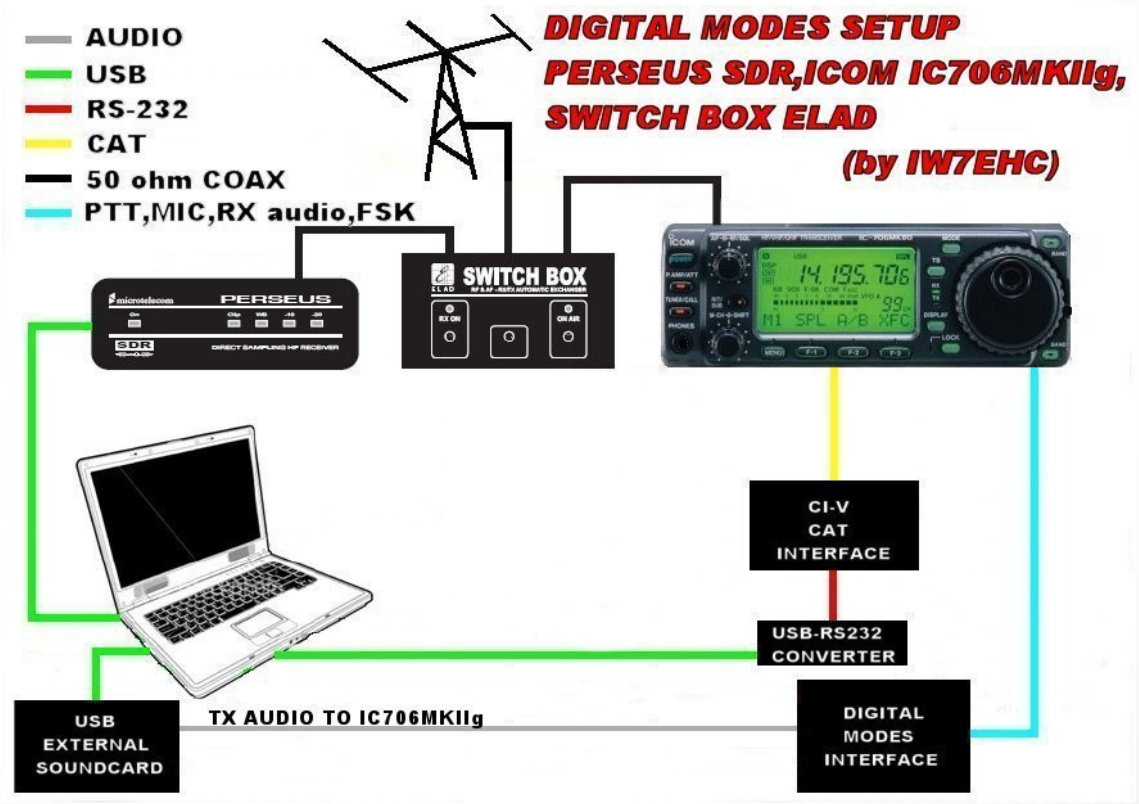
!!! Prima dell'acquisto conviene valutare anche questo aspetto. Un SDR in grado di demodulare il segnale senza l'utilizzo di un computer ha maggiori possibilità di sopravvivere ai cambiamenti introdotti da nuovi sistemi operativi.

Sezione ARI Lecce
www.arilecce.it

Esempi di demodulazione

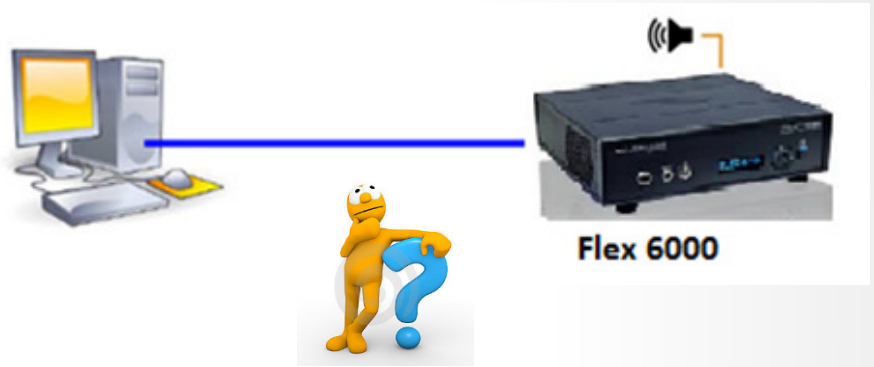
Sezione ARI Lecce
www.arilecce.it

- Demodulazione all'interno del PC

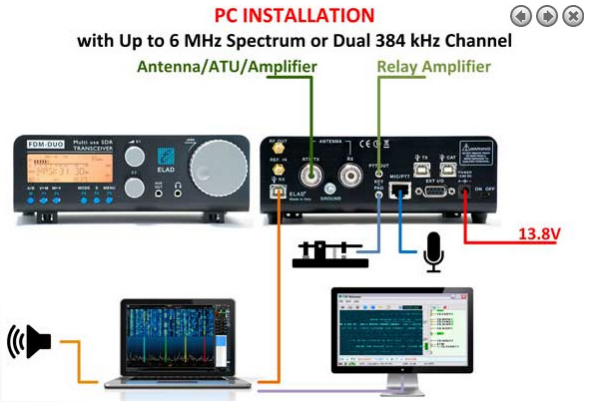


Esempi di demodulazione

- Senza utilizzo del computer

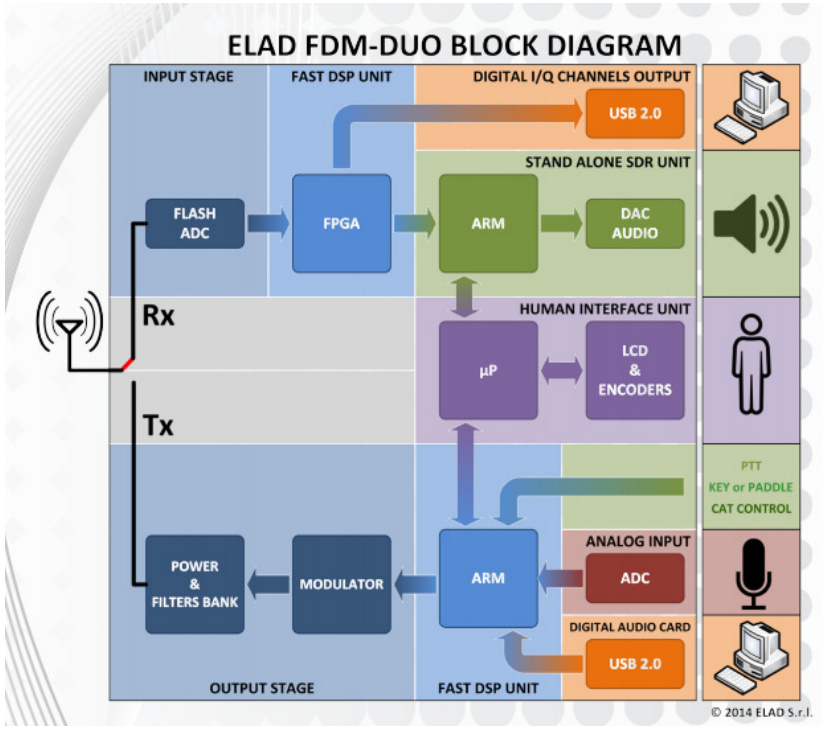


- Con l'utilizzo del computer



FDM-Duo

Sezione ARI Lecce
www.arilecce.it



DUAL OPERATION MODE

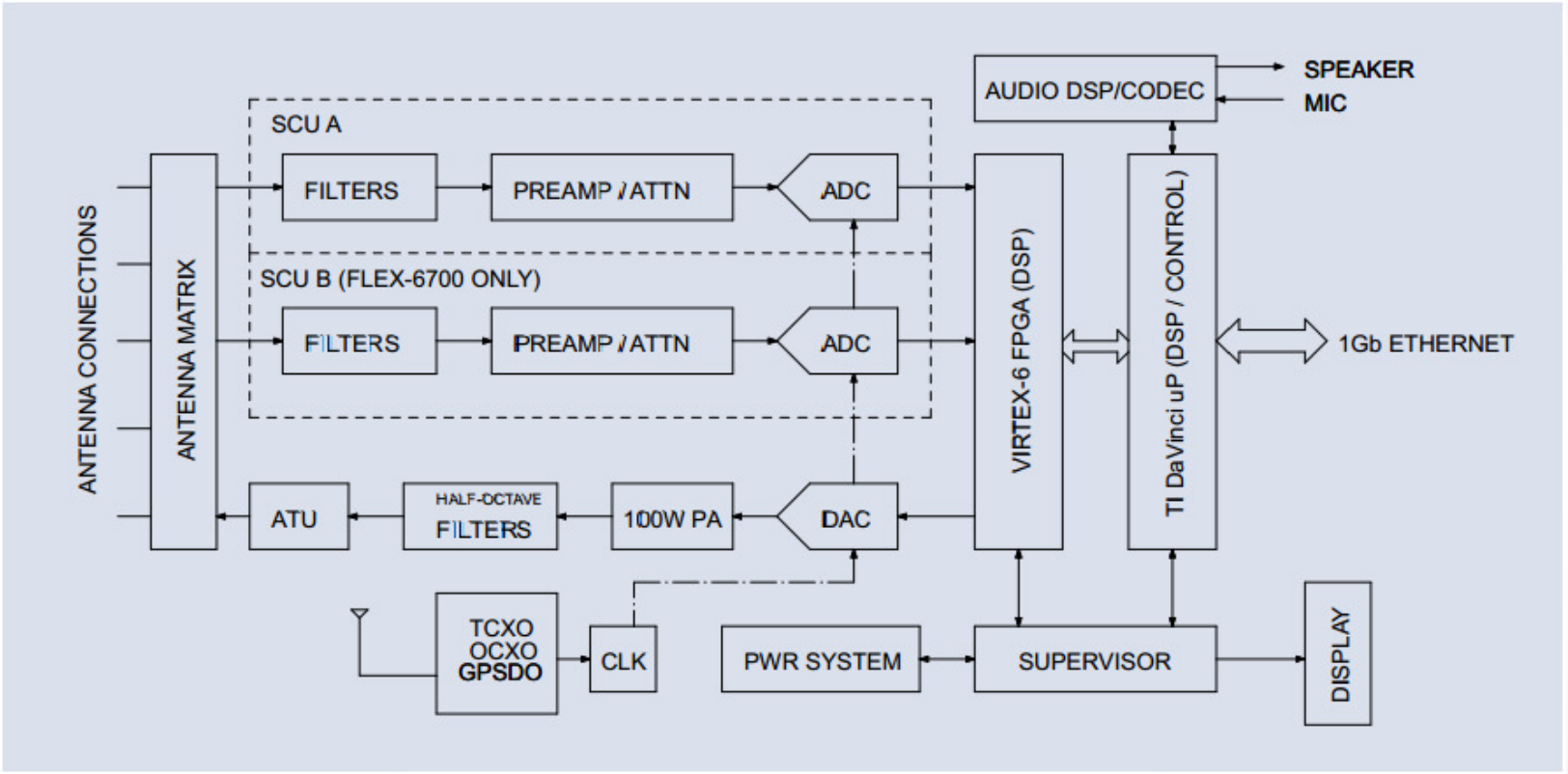
Stand Alone Mode

Connected to PC to exploit full potential of FDM software

Stand Alone Main Feature		Connected to PC Main Feature	
Rx	Tx	Rx (with FDM-SW1)	Tx
Modes: CW, USB, LSB, AM		Modes: CW, CW SH+, CW SH-, USB, LSB, DSB, AM, SYNC AM, FM, WB FM (Stereo + RDS), RTTY, DRM	Suitable for Analog Modes Using the Integrated USB Digital Audio Card with SDR Softwares
Sample Rate: 192 kHz	Mic Input	Sample Rate: Up to 6.144 MHz	Suitable for the Most Popular Digital Modes Software Using the Integrated USB Digital Audio Card
Software Defined Fiters	Key or Paddle Input	Double IF Notch Filters, Continuous Variable Band Filter	
Noise Blanker	PTT Input	Noise Blanker	
Noise Reducer	Watt Meter	Adaptive Noise Reducer & Auto Notcher	
CW Utilities	Rit and Xit	Spectrum & Waterfall	
Aux. Com Output for Spectrum Visualization	5 W Output Power / 0dBm Output	Recording and Playback of IF and Audio Data Stream	
CAT Control		CAT Control	

Sezione ARI Lecce
www.arilecce.it

Flex 6000



Sezione ARI Lecce
www.arilecce.it

Flex Signature 6000

- Nei Flex Signature (6000) l'elaborazione del segnale è eseguita interamente all'interno della Radio.
- Il computer è solo uno strumento che invia al ricevitore dei comandi che poi vengono eseguiti all'interno della radio.
- La comunicazione tra PC e radio avviene attraverso un collegamento Ethernet alla velocità massima di 1-Gbit.
- Il ricevitore implementa diversi protocolli di rete orientati principalmente ad ottenere due obiettivi:
  - rendere il ricevitore indipendente dal sistema operativo;
  - dare la possibilità di usare la radio anche attraverso Internet.
- Ovviamente sono già disponibili tutte le funzionalità tipiche di una radio per uso amatoriale.

Sezione ARI Lecce
www.arilecce.it

API – Application Program Interface

- Le API sono dei programmi messi a disposizione dal fornitore ad uso e consumo di utenti e sviluppatori di software sia proprietario che libero.

- Di fatto costituiscono dei punti di accesso al sistema SDR e consentono di utilizzare a piacimento le funzionalità interne della radio.

- Per fare uso di tali interfacce è necessario conoscere il **protocollo** che si vuole utilizzare ed un linguaggio di programmazione.

Sezione ARI Lecce
www.arilecce.it

Flex 6000 - SmartSDR Ethernet API

- Le API disponibili al momento sono:
  - **SmartSDR Command API**: utilizzate per il controllo del dispositivo via software attraverso il protocollo TCP/IP porta 4992.
  - **Streaming API**: utilizzate per ricevere flussi di dati (segnali) elaborati all'interno dei Flex e resi disponibili alle applicazioni esterne. I dati disponibili sono:
    - **FFT Data**: usati per essere visualizzati in panadapter ed i waterfall;
    - **Metering Data**: per leggere lo stato interno della radio (tensioni, temperature, potenza FWD/REF, SWR, ecc.);
    - **Oscilloscope Data**: usati per visualizzare i segnali in funzione del tempo;
    - **I/Q Data**: dati in fomato I/Q utili per essere demodulati da altri software (modi digitali, CW decoder, ecc.).
  - **Discovering Protocol API**: utilizzate per «individuare» sulla rete dispositivi Flex a cui ci si può collegare. In questo caso si fa uso del protocollo UDP sulla porta 4992.

Flex 6000 – Un esempio di utilizzo delle API

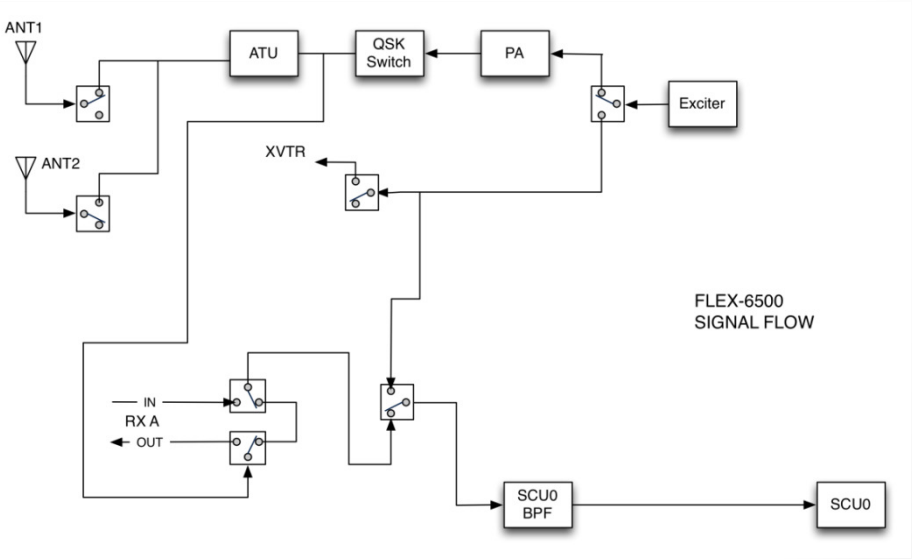
Sezione ARI Lecce
www.arilecce.it

- La corsa alle console hardware

Flex 6000 – Terminologia SmartSDR

Prima di vedere da vicino i singoli componenti è opportuno introdurre la terminologia utilizzata nel mondo SmartSDR, il software di riferimento dei nuovi Flex.

- **SCU-Signal Capture Unit**: è responsabile di catturare i segnali da un ampio spettro RF e convertirli in dati elementari che possono essere elaborati dagli stadi successivi. I componenti di una SCU sono:
  - antenna
  - una serie di preselettori;
  - un convertitore Analogico Digitale

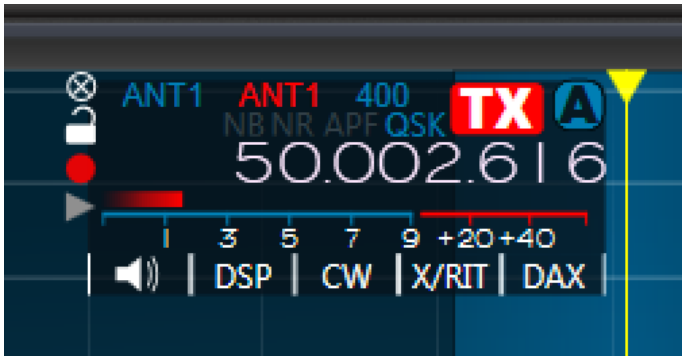


Ciascuna SCU può essere collegata al più ad **una sola antenna**, ma grazie alla natura dell'architettura a campionamento diretto può supportare potenzialmente qualsiasi numero di ricevitori.
Pertanto la SCU consente di ascoltare più bande nello stesso momento

Sezione ARI Lecce
www.arilecce.it

Flex 6000 – Terminologia SmartSDR

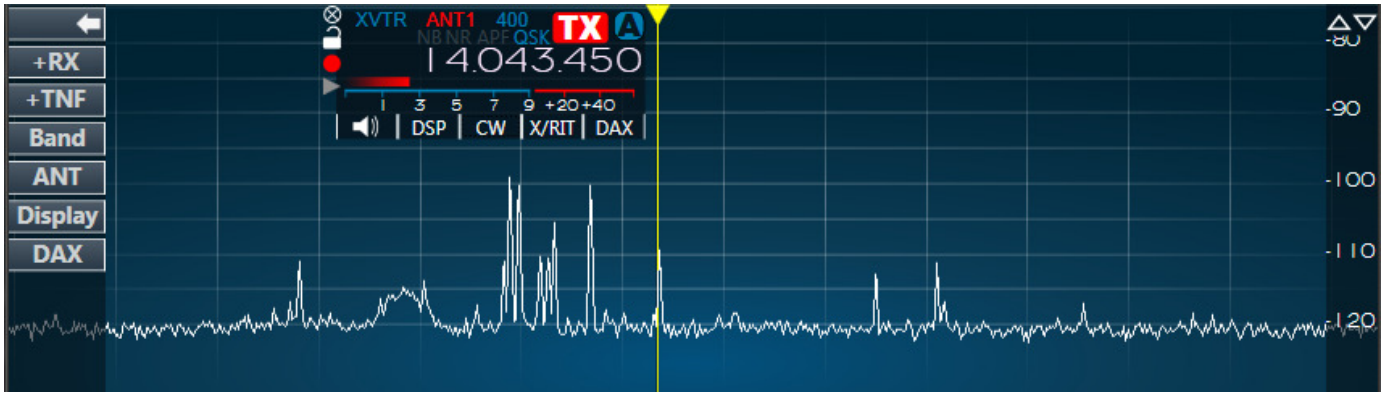
- **Slice Receiver**: dai dati provenienti dalla SCU SmartSDR può creare un numero arbitrario di ricevitori. La SCU campiona il flusso dati che nel Flex 6700, per le HF, può andare da 0 a 73 MHz.
  Tali dati non sono direttamente utilizzabili (intellegibili) da un ascoltatore umano ma vengono elaborati da alcuni «Tool» disponibili nei Flex. Lo Slice Receiver è proprio lo strumento che ci permette di sintonizzare la radio su una determinata frequenza, dandoci la possibilità di impostare il modo, l'ampiezza dei filtri, il volume, e così via. Lo Slice Receiver tipicamente analizza ed elabora un campione di segnale di circa 10-20 KHz.



Sezione ARI Lecce
www.arilecce.it

Flex 6000 – Terminologia SmartSDR

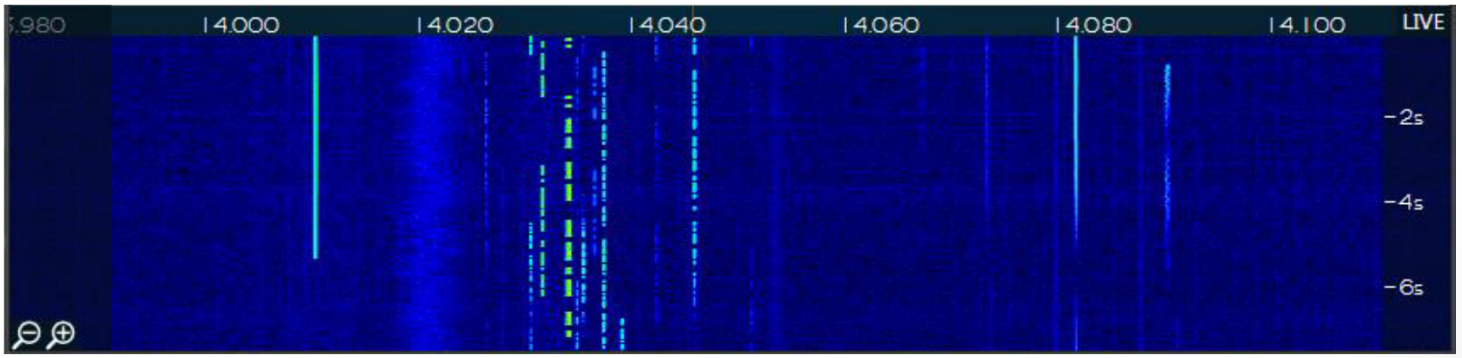
- **Panadapter**: Anche il Panadapter usa i dati provenienti dalla SCU ma questa volta li trasforma in una rappresentazione grafica dello spettro (invece di una informazione audio).



- Nel Panadapter i segnali sono visualizzati nel dominio della frequenza. Più alta è l'intensità del segnale più alto è il livello visualizzato. I segnali sono rapportati alla scala assoluta dei segnali in dBm (decibel riferiti al di sopra o la di sotto del milliwatt).
- Il Panadapter visualizza sempre lo stato più recente dello spettro audio e può essere configurato per visualizzare ampiezze diverse dello spettro.

Flex 6000 – Terminologia SmartSDR

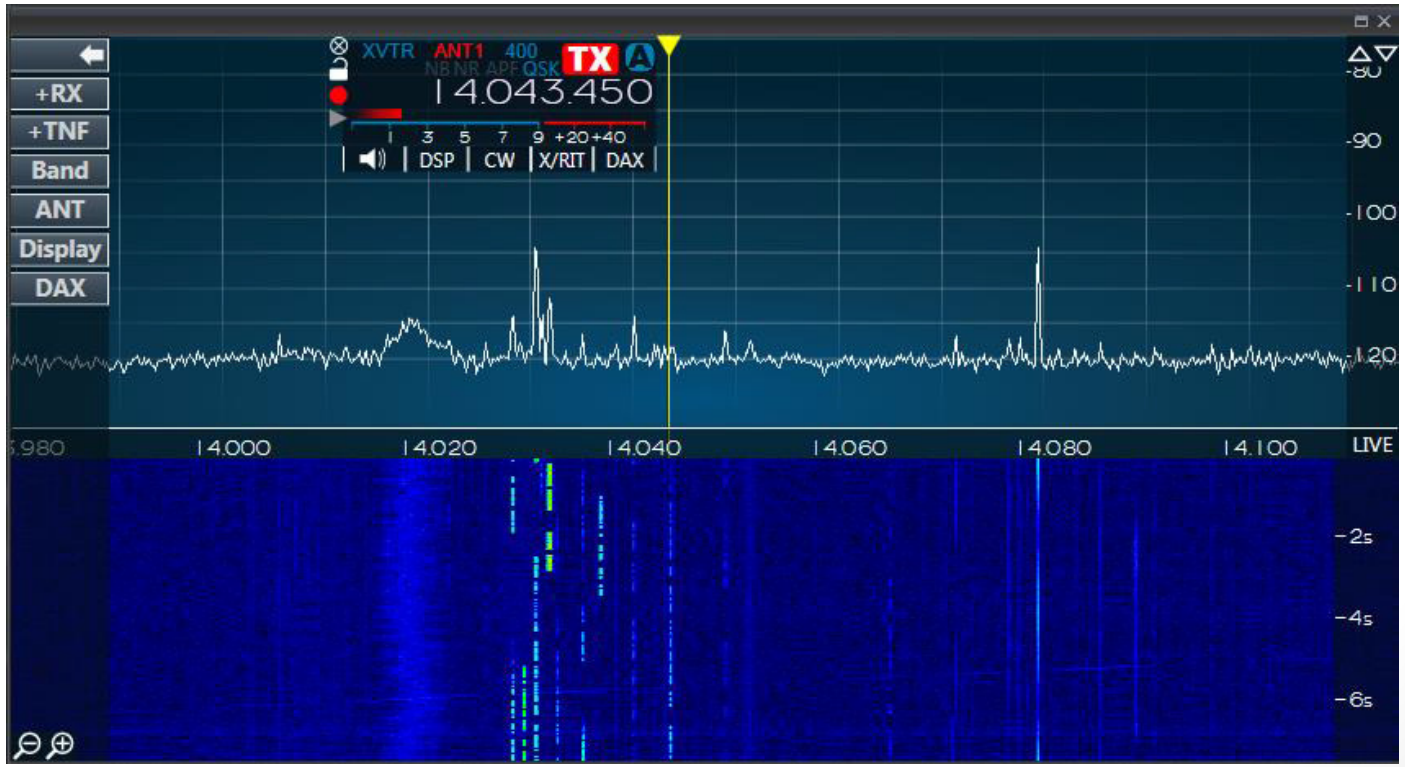
- **Waterfall**: Il Waterfall usa gli stessi dati provenienti dalla SCU e li trasforma in informazioni grafiche dello spettro. Il segnale viene visualizzato nel dominio della frequenza, ma in questo caso viene rapportato al tempo. Pertanto è possibile individuare un segnale che è stato presente nello spettro visualizzato e che ora non è più udibile. Più alta è l'intensità del segnale, più alta è l'intensità con cui il segnale viene visualizzato (ricevuto). Una scala dei tempi (a destra) consente di avere il controllo sul succedersi dei segnali.



Sezione ARI Lecce
www.arilecce.it

Flex 6000 – Terminologia SmartSDR

- **Panafall**: Il Panafall è semplicemente una combinazione di entrambe le visualizzazioni (Panadapter e Waterfall) unite insieme in modo tale da far coincidere la frequenza. In tal modo si riesce ad avere lo stato attuale della frequenza ed anche un visione “storicizzata” dello spettro RF.



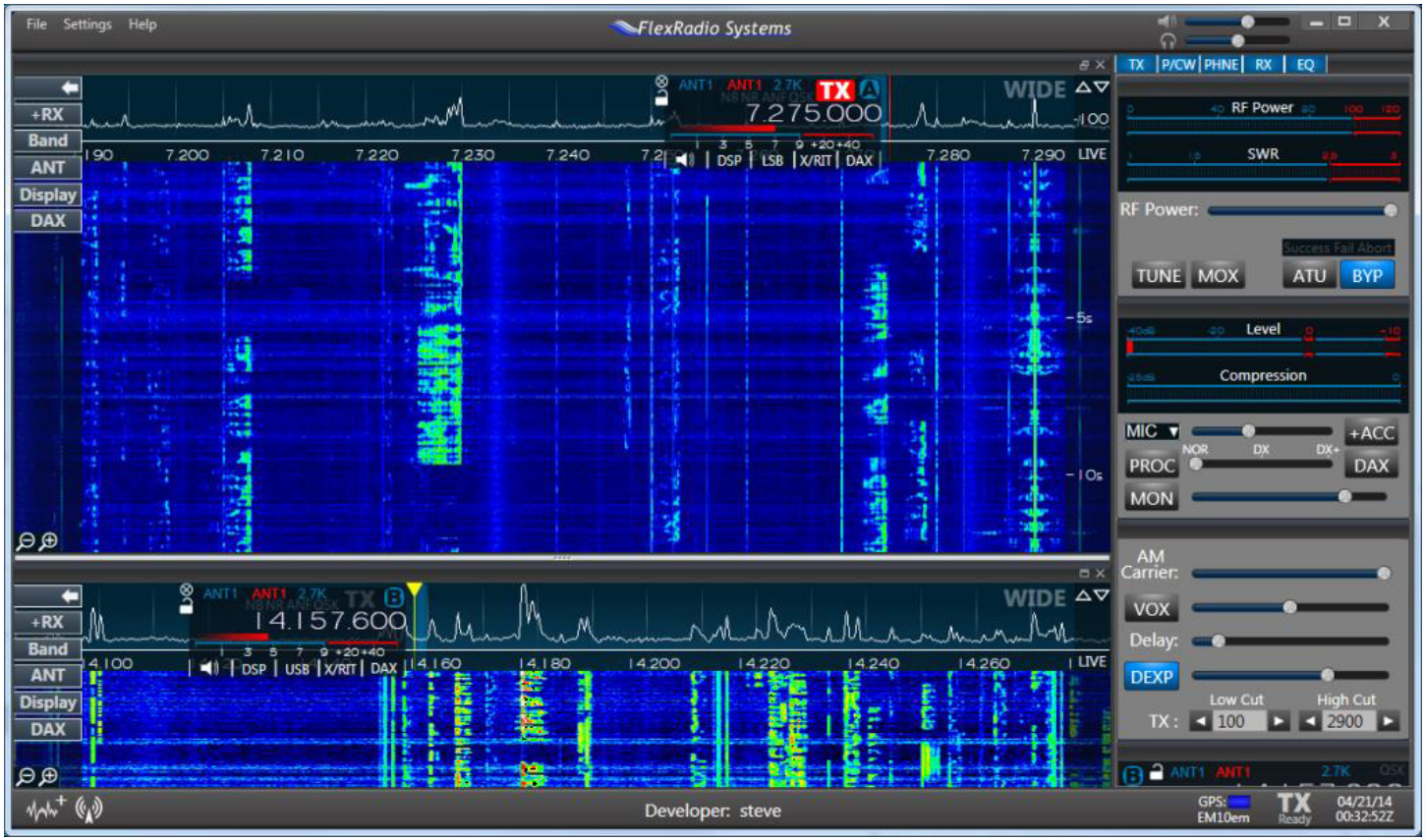
Flex 6000 - SmartSDR

- SmartSDR è la suite software rilasciata insieme ai nuovi Flex.
- Si tratta di tre componenti software che, volendo, possono essere installati singolarmente su PC diversi, purché collegati in rete.
- I tre componenti si interfacciano alla radio attraverso le API viste in precedenza e mettono a disposizione le seguenti funzionalità:
  1. **SmartSDR**: controllo della radio e la visualizzazione di Panadapter e Waterfall.
  2. **SmartSDR-Cat**: controllo della radio attraverso le porte seriali. Si tratta di un driver per porte seriali virtuali, molto utile per interfacciare il Flex a programmi di LOG e di modi digitali. Il Flex viene visto dagli altri programmi come un Kenwood TS-2000.
  3. **SmartSDR-DAX**: per il controllo e l'acquisizione di flussi audio ed I/Q.

Sezione ARI Lecce
www.arilecce.it

Flex 6000 - SmartSDR

- Gestione completa della Radio

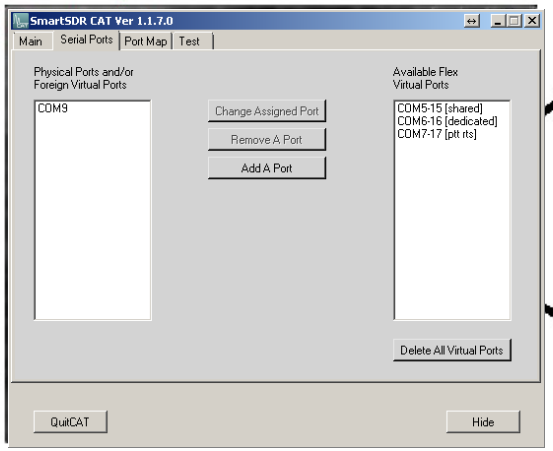


Flex 6000 – SmartSDR-CAT

- Driver per le porte seriali **virtuali**

SmartSDR

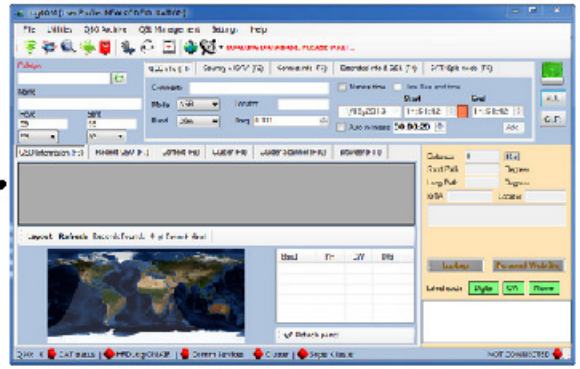
API



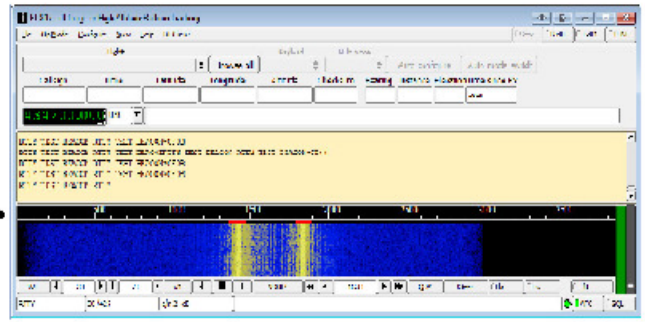
SmartSDR-CAT

COM 5

COM 6



Log di Stazione



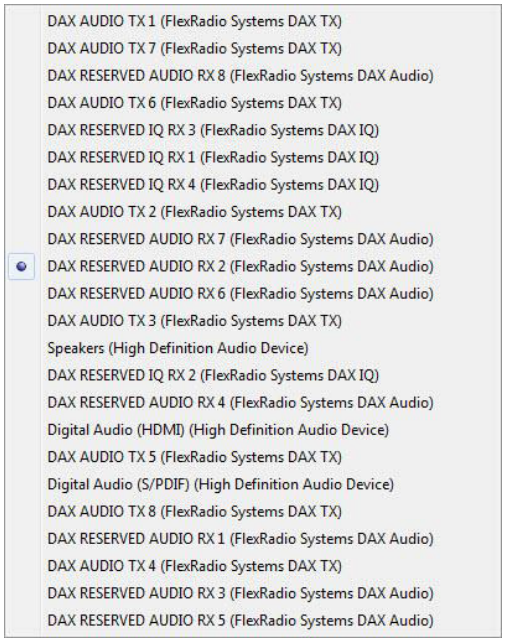
Software vari

Sezione ARI Lecce
www.arilecce.it

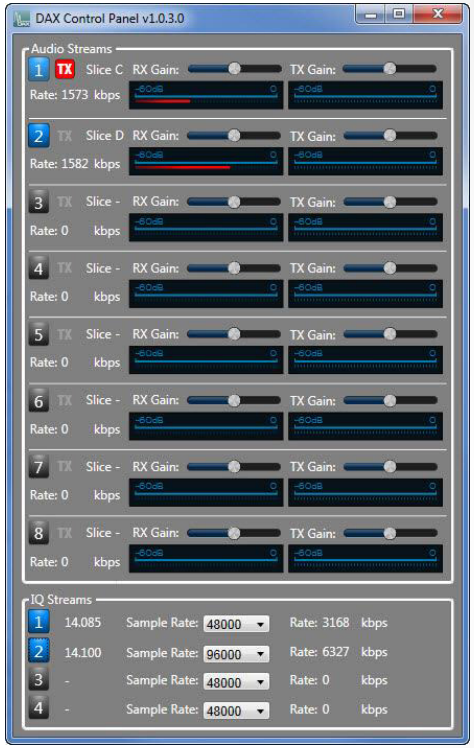
Flex 6000 – SmartSDR-DAX

- **Digital Audio Exchange – DAX**

E’ possibile acquisire flussi digitali provenienti dalla radio e renderli disponibili a software di terze parti.



Sul PC vengono installate delle periferiche virtuali (canali audio) che possono essere utilizzati dai vari software (ad. esempio CW-Skimmer, FL-DIGI, decoder di cw, ecc.).



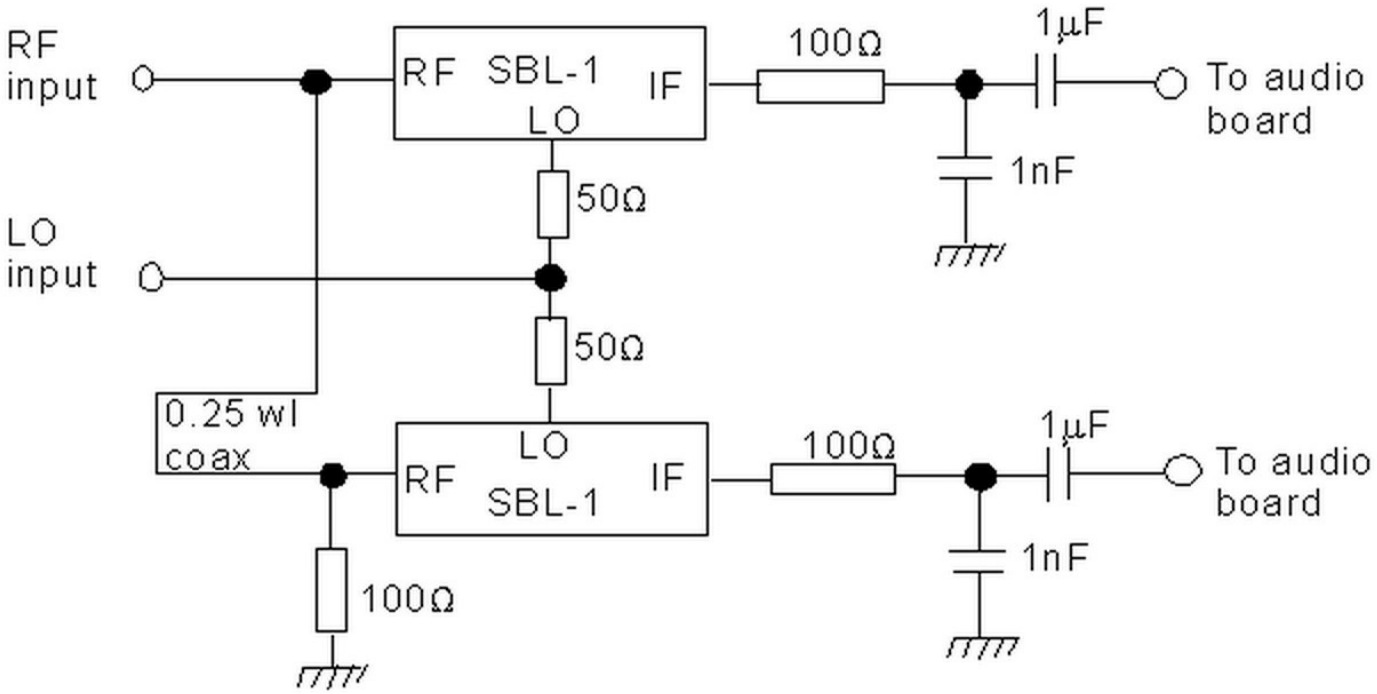
Sezione ARI Lecce
www.arilecce.it

Il vantaggio di tale tecnologia è quello di eliminare totalmente l’utilizzo di cavi audio con un grosso beneficio in termini di riduzione del rumore.

Utilizzo pratico di SmartSDR-DAX

- Il pileup di K1N visto dal Flex ed analizzato da CW-Skimmer

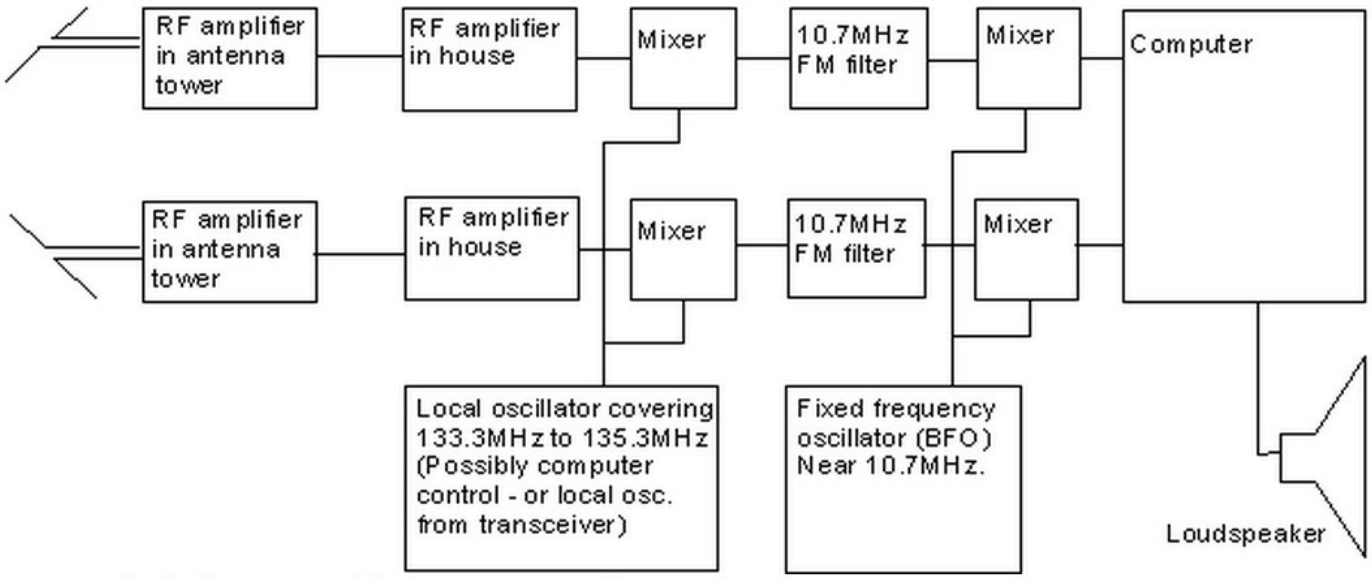
SDR (1998)



Primi esperimenti con ingresso direttamente alla scheda audio del PC
Con software Linrad sotto MSDOS (1998)

Sezione ARI Lecce
www.arilecce.it

Ricevitore SDR



Schema a blocchi del primo ricevitore per 144 Mhz con software Linrad sotto MSDOS (2001)

Sezione ARI Lecce
www.arilecce.it

SDR

Leif Asbrink (SM5BSZ)

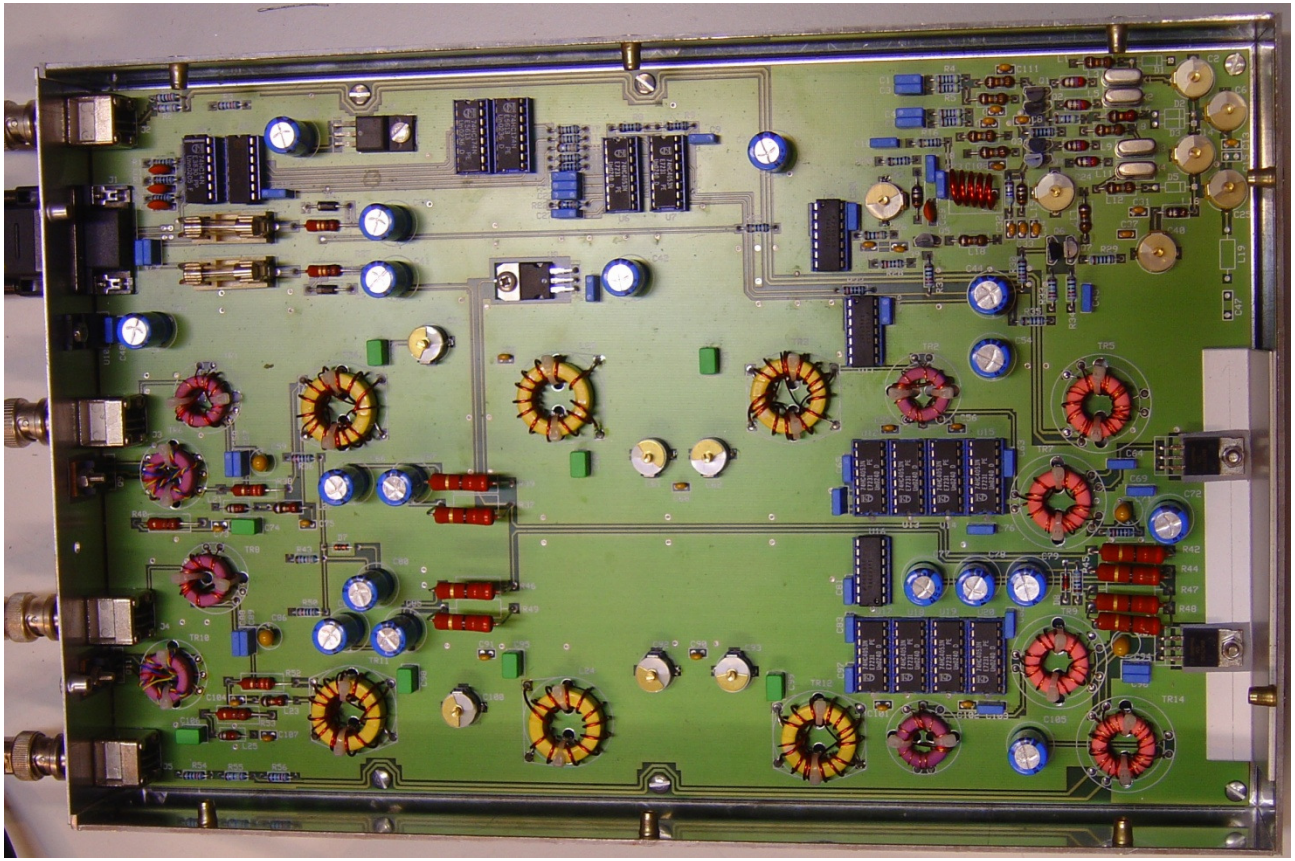
Sezione ARI Lecce
www.arilecce.it

Ricevitori WSE

Ricevitore WSE - 4 moduli convertitori - 2 canali separati con unico O.L.
144 -> 70
70 -> 10.7
71 -> 2.5
2.5 -> 96 Khz ------- > Scdeda Audio (2004)

Sezione ARI Lecce
www.arilecce.it

Ricevitori WSE



Ricevitore WSE - Interno di uno dei convertitori

Sezione ARI Lecce
www.arilecce.it

Afedri

Sezione ARI Lecce
www.arilecce.it

Ricevitore Afedri AFE822x 2 canali indipendenti da 0 – 30 Mhz

Ricevitori SDR

Sezione ARI Lecce
www.arilecce.it

Grazie a tutti!

Una buona radio è niente senza una buona antenna - HI