

Dalla supereterodina al campionamento diretto

Passando per la conversione diretta

di Claudio Capelli I4LEC

Se consideriamo gli ultimi 25 anni, possiamo suddividere gli RTX di tipo supereterodina in queste macro famiglie:

1. completamente analogici (IC 765, IC761, ecc)
2. bi-fuel, ovvero analogici con filtri a quarzo + DSP (IC775-DSP), dove l'ultima conversione, eventualmente selezionabile, prevede il passaggio in digitale (ADC), il condizionamento del segnale tramite DSP e la conversione nuovamente in analogico (DAC)
3. cosiddetti DSP (dall'IC 756 Pro vari e successivi), dove i filtri IF sono totalmente demandati al dominio digitale (spariscono i costosi filtri a quarzo)

Tra i supereterodina, con o senza DSP, e i più attuali RTX a campionamento diretto (Digital Down Conversion), si è passati per una tecnologia intermedia detta a conversione diretta (Quadrature

Sampling Detector). Questa prevede un mixer analogico in quadratura di fase che genera i segnali I e Q da inviare tipicamente ad una scheda audio (con campionamento standard di 48, 96 o 192 Ksps), sostanzialmente il nostro convertitore ADC dove il segnale viene processato nel dominio digitale prima di riportarlo in forma intellegibile.

Nell'ambito dei QSD, si è passati dall'uso di una scheda audio esterna (Flex 1000 e altri) all'integrazione del CODEC all'interno della stessa radio (Flex 5000-3000, ecc).

La conversione diretta e la mancanza di filtri a quarzo, rispettivamente minimizza il rumore di conversione e la distorsione di fase, restituendo un segnale certamente più intellegibile e pulito.

E non stiamo ancora parlando di funzionalità specifiche, ecc, ma semplicemente dei benefici ri-

sultanti dalla nuova architettura, comunque non esente da imperfezioni; una su tutte il mixer analogico esposto nel tempo alle variazioni dei componenti discreti, ciò non garantisce una perfetta quadratura (90°) dei segnali (I/Q) (fig. 1).

Nonostante le correzioni automatiche apportate dal SW di gestione, in virtù di queste tolleranze, la soppressione delle frequenze immagine non sempre raggiungono un livello ottimale. Per mia esperienza, l'attenuazione è mediamente di 70dB, non abbastanza in certe circostanze (contest, segnali forti in banda, ecc). Dove immagini = segnali doppi in banda spaziatosi +/- quanto il valore della frequenza intermedia (IF) impostata, con un peggioramento della dinamica complessiva del ricevitore, almeno ciò è quanto dedotto durante i test NPR effettuati..

Un ulteriore step lo si ottiene con

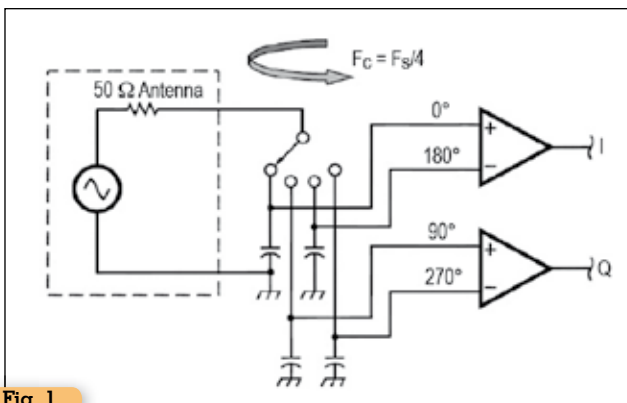


Fig. 1



Fig. 2

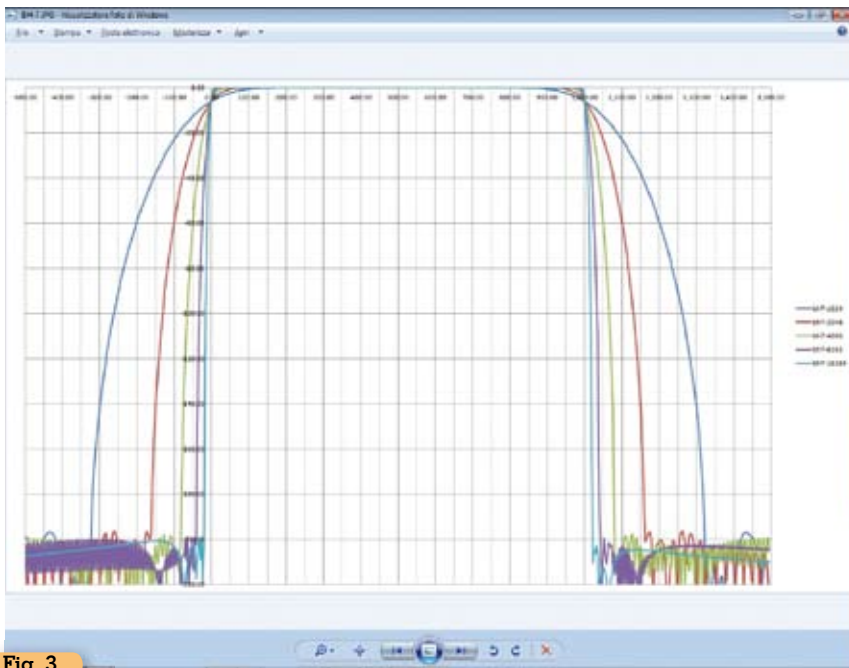


Fig. 3

l'eliminazione dell'ultimo stadio analogico, tramite l'utilizzo di (ADC) convertitori con centinaia di milioni di campionamenti al secondo (Msps) e l'utilizzo di FPGA per la decimazione del segnale. A questo punto dovremmo essere nella condizione ottimale in termini di rumori di conversione, distorsioni di fase e frequenze immagine.

Quest'ultima architettura, impiegata già dal 2007 sull'ottimo Perseus, sta divenendo quella a cui tendere per gli RTX (DDC/DUC), tipicamente impiegata da piccoli produttori, gruppi di lavoro, quali FlexRadio, Apache Labs, Expert Electronics, ecc.

Trattandosi di radio con basso contenuto Hardware, di per sé inutile senza un adeguato Software, si capisce facilmente che la differenza in termini di prestazioni, funzionalità, modalità d'uso (alias interfaccia operatore) è quasi totalmente demandata all'applicazione di controllo (SmartSDR piuttosto che PowerSDRmRX, CuSDR), ecc, caratterizzate da un continuo naturale processo di aggiornamento (fig. 2).

L'ultimo step tecnologico entusiasma in quanto soddisfa tangibilmente le premesse nell'uso quotidiano, dove soprattutto sulle

bande più basse, l'assenza di rumore di fase, di conversione, si traduce in un ascolto pulito e riposante, ovviamente coadiuvato da una selettività senza precedenti, questo a prescindere dal modo in uso (CW, SSB, ecc) (fig. 3).

La tecnologia è tale da mettere in discussione le modalità di test degli apparati, parametri quali RM, BDR, IMD3, IP3, non hanno quasi più significato, in quanto seguono leggi diverse, a volte in antitesi, per assurdo, quando in laboratorio, occorre introdurre un rumore aggiuntivo (dither, random noise) alla misura in corso. Il potenziale anello debole è la saturazione del convertitore, tipicamente 10dBm, che diventano -10dBm se l'amplificatore a basso rumore (LNA) davanti al convertitore (ADC) è completamente spalancato. Il rumore di fase è determinato dalla qualità del clock fornito all'ADC.

Premesso che nessuna radio è

esente da imperfezioni, questa tecnologia combina in un'unica soluzione più qualità non sempre presenti in un transceiver, banalmente, ottimo RX, ottimo TX, semplice integrazione col Software di terze parti, ecc.

Non tra i miei più amati, i digitali risultano particolarmente prestanti su questa piattaforma, la decodifica di segnali particolarmente deboli risulta più efficace, forse in virtù del passaggio diretto tramite canale audio virtuale (VAC) al software applicativo di terze parti, evitando un'ulteriore conversione analogica digitale. La connettività a mezzo Ethernet consente di spostare la postazione operativa senza l'ausilio di un PC remoto e relativo Software di controllo. Sostanzialmente ci si può spostare in ogni angolo della casa raggiunto da una presa Ethernet. Inoltre esiste anche un App android caricabile sullo smart phone per governare la radio nell'ambito del WIFI domestico.

Integrazione che non richiede adattatori di nessun genere, RS232/USB o periferiche di interfaccia aggiuntive quali microHAM, Station Master, ecc, con un' indiscutibile semplificazione del layout (cavi, dispositivi), nonché una riduzione dei possibili rientri di RF (fig. 4).

Mi sono accorto solo ora che non ho neppure parlato di "features", beh, come anticipato, dipendono sì dall'architettura e componentistica usata, ma in larga misura dallo sviluppo del Software applicativo. Tralasciando le caratteristiche di base, che comunque si attestano alla dotazione dei tradizionali di fascia alta, RTX full duplex con più RX e visualizzazione indipendenti di eguali prestazioni, ascolto separato per



Fig. 4

RX, ecc, si può tentare di suddividere le "features" per area, soffermandosi su quelle più significative.

Scontata la possibilità di intervenire in modalità parametrica ed individuale sull'ampiezza e la pendenza filtri nei vari modo d'uso (Phone, CW, Digitali), la catena RX mette a disposizione un EQ a più bande per la fonia, filtro audio APF per il CW (guadagno, ampiezza e tono regolabili), nonché un filtro audio "double lobe" detto dolly per RTTY, questi ultimi impostabili individualmente per RX1 e RX2.

La sensibilità dei DDC è mediamente inferiore ai supereterodina di circa 10/12dB, il minimo segnale discernibile (MDS) all'ingresso del convertitore ADC è attorno ai -116dBm, anteposto al quale però vi è un preamplificatore (LNA) da 20dB che porta l'MDS a -136dBm, questo regolabile a step di 1dB. In pratica lo si può tenere al massimo dell'amplificazione senza nessun problema (fino a quando non si raggiunge l'eventuale clipping dell'ADC (ricordate $-10\text{dBm} = \text{S9}+60$). Questo vale anche sulle bande più basse, dove, con questa sensibilità, è come se usassimo un RX tradizionale con il pre inserito (ovviamente non praticabile per l'eterodina) ma assolutamente funzionale sul DDC, dove a mezzo dell'AGC "threshold" è possibile dosare il guadagno per ottenere il miglior rapporto segnale rumore (SNR).

Quanto riportato è particolarmente apprezzabile utilizzando antenne RX tipo beverages corte e loop, dove per via del guadagno negativo (15/18dB) con l'eterodina era necessario anteporre un preamplificatore a ridosso dell'antenna.

In questa architettura lo si può tranquillamente omettere, ragionandoci, ci troviamo in 80/160m con un front-end spalancato, MDS di -136dBm, quindi una sensibilità decisamente superiore a quanto si userebbe per quelle bande con un front-end tradizionale, unica accortezza, tenere la soglia dell'AGC a livello del rumore di fondo, così da sfruttare

il massimo della sensibilità disponibile.

Nel caso ci trovassimo a combattere il cosiddetto "man made noise", sono disponibili diverse contromisure quali:

- Due NB (**disturbi impulsivi**), un NR (**disturbi randomici**) e un ANF (**toni e similari**) tradizionali a larga banda e basati sull'algoritmo Least-Mean-Square (LMS) strutturato per minimizzare l'errore quadratico medio secondo un processo iterativo, (parametrici e personalizzabili a piacere)

- Un NR2 (**disturbi randomici**) che segue un algoritmo completamente nuovo (Signal/Noise power Density), più efficace e meno stancante all'ascolto, l'impressione è la stessa dell'APF in CW, anziché abbattere il rumore è come se staccasse il segnale dal rumore elevandolo, il mio preferito per le bande basse.

- Un SNB (**disturbi impulsivi**) Spectral Noise Blanker che oltre analizzare il contenuto dello spettro, come per i tradizionali, separando il segnale dal rumore, agisce esclusivamente a livello audio, sintetizzando "samples" in modo da rimpiazzare quelli corrotti da eventuali disturbi, usando l'informazione contenuta nello spettro dei campioni precedenti e successivi a quelli danneggiati, l'algoritmo impiegato è il Linear Predictive Coding (LPC), filtro poco invasivo, non altera minimamente la qualità dell'ascolto, al punto che lo tengo costantemente ON, anche solo per minimizzare il rumore di fondo.

- Un MNF Multi Notch Filter (**toni e similari**) fino a 1024 filtri impostabili, questi possono essere programmati all'interno della banda passante, definendo frequenza ed ampiezza del notch, in pratica si determina uno o più solchi con profondità di oltre 100dB, questo senza appesantire il lavoro della CPU in quanto si elimina semplicemente una fetta nell'ambito dell'ampiezza complessiva del filtro esistente.

Nel caso l'Hardware preveda il doppio convertitore ADC, entra in gioco il "Diversity", dove è possibile veicolare individualmente le due antenne ai rispettivi con-

vertitori ADC. In questo modo, bilanciando ampiezza e fase dei segnali ricevuti, è possibile avvalersi del "Null Steering", abbattendo eventuali interferenze (fig. 5).

La catena TX è molto sofisticata e si compone di diversi stadi, questa prevede un preamplificatore microfonico, Equalizzatore, ALC, Leveler, Compressore, Noise gate e ultimamente con l'aggiunta del CESSB che sta per Controlled Envelope SSB, un sofisticato algoritmo che consente, minimizzando la distorsione, di elevare il valore medio del parlato di circa 2,6dB. Questo lo si utilizza contestualmente al compressore, ottenendo una potenza media sul parlato quasi equiparabile alla potenza di picco, l'incremento e l'effetto risultante sono evidenti sia sullo strumento di stazione (se un convenzionale analogico) che al corrispondente in termini di incremento di intensità e presenza audio (fig. 6). La ciliegina sulla torta viene dalla funzione di pre-distorsione, chiamata "pure signal", questa sfrutta il full-duplex per linearizzare il segnale emesso, compreso un eventuale ulteriore PA finale. In pratica, a mezzo di un accoppiatore direzionale si effettua un prelievo a valle del PA, questo lo si ritorna all'RX mentre si è in trasmissione (feed-back a loop chiuso). In maniera adattiva, viene apportata una correzione di

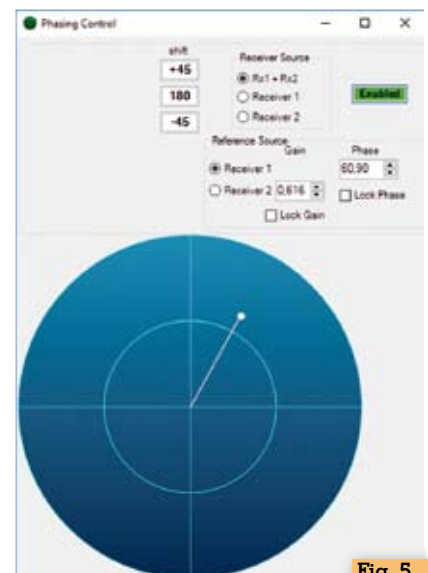


Fig. 5

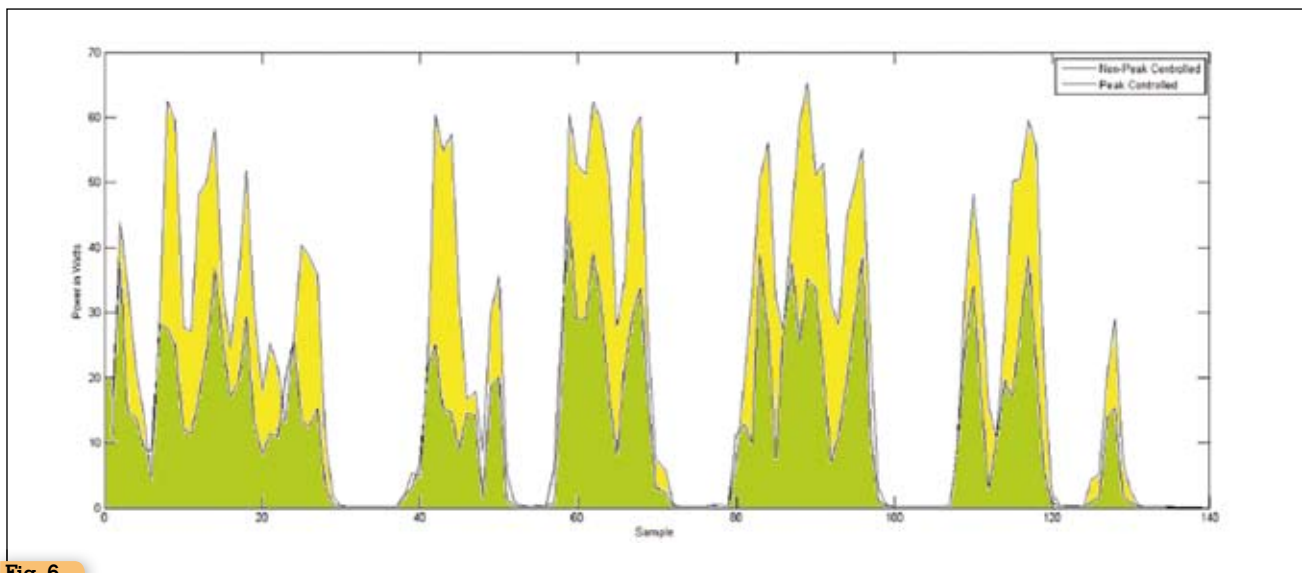


Fig. 6

fase e ampiezza opposta al segnale generato, così da forzarne la linearizzazione.

Il risultato è eclatante, il miglioramento medio è di oltre 25 dB, si raggiungono valori di IMD3 attorno ai -55dBc. In pratica, oltre non disturbare le stazioni adiacenti, si concentra tutta la potenza disponibile all'interno della banda passante utile, che aumenterà di densità.

Segue il segnale di HB9UQX, con "pure signal" e CESSB attivi, noterete la totale assenza di intermodulazione e il segnale concentrato all'interno della banda passante (fig. 7).

Come potete intuire si tratta di una catena TX estremamente efficace, dove entrando con il nostro mic electret o dinamico, tramite l'equalizzatore dosiamo l'enfasi per ottenere una distribuzione livellata nell'ambito dei 3kHz del canale, aggiungiamo il

compressore + CESSB per ottenere una potenza elevata sul parlato, inseriamo il pure signal per evitare splatters e confinare tutta la potenza utile sul canale d'uso e se il ventolone alle nostre spalle risultasse troppo rumoroso, il noise gate dinamico lo eliminerà completamente.

Oltre al Software applicativo della radio, si usa tipicamente il logger di stazione, entrambi possono tranquillamente coesistere salvo che durante l'uso. Il fuoco (puntatore) deve essere posizionato sulla finestra di interesse, pertanto può risultare scomodo dover saltare da una finestra all'altra a seconda di dove si vuole impartire il comando. Tipicamente in contest, la frequenza di immissione è tale che il fuoco deve essere inevitabilmente sul logger, per contro è pur necessario governare la radio in tutte le sue funzionalità.

A ciò si può ovviare con l'ausilio di una console midi esterna (fig. 8) configurabile nell'ambito dello stesso programma applicativo, consentendo la totale conduzione della radio a prescindere dal fuoco che potrà rimanere sul campo di immissione del logger, in assenza di questa, si può programmare il fuoco in modo che, dopo un'azione sul SW di conduzione radio, torni automaticamente sulla finestra di logger programmata (Focus Master) o comunque nulla vieta di usare entrambe le opzioni (my way). Per chi volesse cimentarsi con la Radio Astronomia, è presente una utility che permette di registrare nel tempo l'intensità in dBm di RX1 e/o RX2, con l'output salvabile in formato Excel (csv). In alternativa, la si può usare semplicemente per determinare il lobo di irradiazione dell'antenna "under test", dove con l'ausilio di una macro ad hoc, si ricava il plot qui rappresentato (fig. 9).

Quasi dimenticavo, queste features sono fruibili, congiuntamente all'Hardware di Apache Labs,

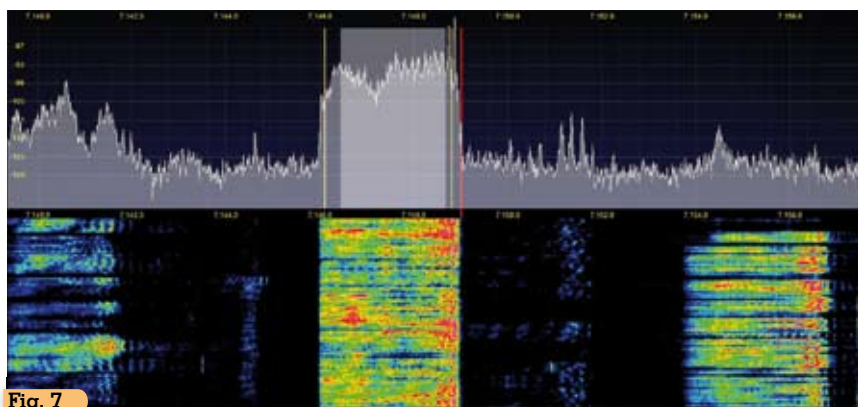


Fig. 7

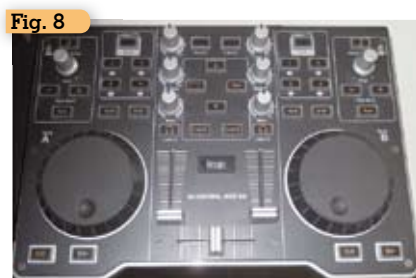


Fig. 8

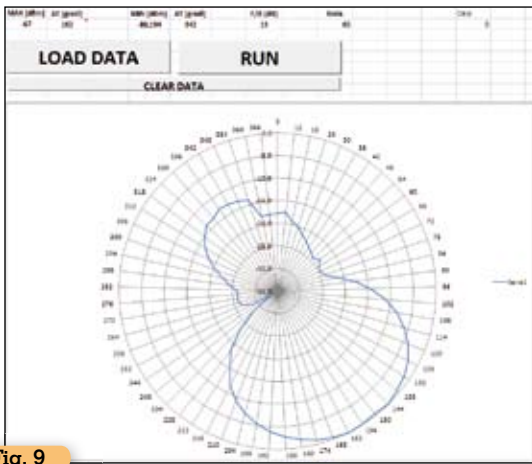


Fig. 9

tramite l'applicativo PowerSDR-mRX PS sviluppato dal team HP-SDR (fig. 10).



Questo riprende, per ora, l'interfaccia del vecchio PowerSDR di Flex Radio, ma profondamente cambiato nella so-

stanza. Peraltro è in fase di ultimazione una rivisitazione totale che prevede un nuovo protocollo, interfaccia, connettività Ethernet Gigabit, processori grafici (GPU) per distribuire il carico di lavoro, ecc.

Una nuova era si è certamente aperta, tant'è che l'arena vedrà



Fig. 10

presto la presenza delle case costruttrici più blasonate, come già per ICOM con l'IC-7300. A questo punto sarà interessante appurare se, oltre al vantaggio intrinseco dell'architettura, troveremo questa stratificazione di funzionalità. Beh magari non sarà proprio da subito e probabilmente, come spesso accade, saranno distribuite su più livelli di hardware. Alla fine è sempre su questo che ci si affida per il business. Claudio I4LEC

