

# Perseus

Un ricevitore SDR "made in Italy"

## Descrizione

*Perseus è un ricevitore SDR (Software Defined Radio) a campionamento diretto (direct sampling), ideato, progettato e prodotto da Nico IN3NWV della Microtelecom di Udine. Si tratta di un progetto decisamente innovativo, ed al momento con prestazioni uniche sulla scena radiamatoriale.*



Fig. 1

La struttura hardware del ricevitore è relativamente semplice, come d'uso per i ricevitori SDR. All'ingresso di antenna troviamo una rete di protezione per le scariche atmosferiche, due attenuatori inseribili da 10 e 20dB, una serie di filtri di preselezione (escludibili) ed un filtro di reiezione di alias che sopprime le frequenze superiori a 35MHz. Il primo stadio attivo, che definisce le caratteristiche di rumore e dinamica del ricevitore, è un Texas instruments THS4509. Un filtro passa-basso lo accoppia al convertitore A/D, cuore del sistema, che è un Linear Technologies LTC2209-14. Si tratta di componenti modernissimi, disponibili sul mercato da meno di due anni. La conversione di frequenza ed il primo trattamento del segnale avvengono entro un gate array programmabile (FPGA).

La programmazione della FPGA include l'oscillatore locale numerico (NCO), gli stadi di decimazione e di filtraggio del segnale; l'uscita della FPGA è uno stream di dati a 500kS/s (500.000 campioni al secondo) a 24 bit su due canali (I e Q), per un totale di oltre 3MByte al secondo. Il flusso di dati è inviato ad un controller USB2, e di qui al PC per l'ulteriore filtraggio e la demodulazione.

Un oscillatore di riferimento a 80MHz e uno stadio di alimentazione completano l'hardware del ricevitore. Il tutto è contenuto in un robusto ed attraente contenitore in alluminio estruso. Le uniche connessioni sono un BNC per l'ingresso di antenna, una porta USB "device" e l'ingresso di alimentazione. Sul pannello frontale alcuni LED indicano l'accensione del dispositivo (che

si attiva quando è indirizzato dalla porta USB), l'inserimento degli attenuatori, la posizione "wide band" del filtro di ingresso, ed il sovraccarico del convertitore. (fig. 1)

Il ricevitore funziona accoppiato ad un PC, che controlla le funzioni del ricevitore e tratta il flusso di dati per estrarre le informazioni. Attualmente (agosto 2007) l'unico program-

ma che supporta Perseus è Winrad di Alberto, I2PHD. Ancora una volta, l'eccellenza nello sviluppo dell'SDR è made in Italy, e so per certo che vi sono altri programmi in sviluppo che permetteranno di usare lo stesso hardware per la ricezione multimodo.

Il pannello di controllo di Perseus, che è un add-on di Winrad, ha pochi comandi: selezione automatica o manuale dei filtri di preselezione, inserimento degli attenuatori, attivazione del dither (vedremo poi cos'è), sensibilità normale o alta.

## Il ricevitore a campionamento diretto

Esistono essenzialmente due tipologie di ricevitori SDR: a campionamento audio (NZIF, near-

zero IF) e a campionamento diretto. I primi convertono il segnale RF in audio, tipicamente nella banda da 0 a 90kHz, e poi una scheda audio provvede a convertire l'informazione in digitale. Hanno il vantaggio di essere semplici e di basso costo, se si esclude il costo della scheda audio, che per avere prestazioni adeguate deve essere una scheda professionale a 24bit, e la realizzazione di un oscillatore locale sufficientemente puro. I secondi realizzano la conversione A/D direttamente in antenna: la banda RF (tipicamente 0-30MHz) è applicata ad un convertitore A/D molto veloce (almeno 80MS/s) e di dinamica adeguata (14 o 16 bit). Il flusso di dati ricevuto deve poi essere trattato e ridotto per poter essere passato al PC, che esegue la demodulazione. La realizzazione di un tale ricevitore è possibile a prezzi radiantistici solo da pochissimo tempo; Perseus è all'assoluta avanguardia.

La realizzazione è stata resa possibile da molti fattori: il costo dei componenti necessari è in discesa, e alcuni progettisti (pochi in verità) padroneggiano i vari aspetti del progetto, in particolare i problemi di interfacciamento fra l'antenna e l'ingresso del convertitore A/D e lo sviluppo del codice VHDL per la FPGA. Questi dispositivi sono logiche programmabili estremamente versatili, che permettono la realizzazione delle complesse funzioni logiche necessarie per il ricevitore (buffers, registri a scorrimento, decimatori, filtri IIR e FIR, oscillatori NCO, moltiplicatori, I/O) tramite una programmazione ad alto livello. Il codice VHDL (VHSIC hardware description language) deriva dal linguaggio ADA, ed è usato per programmare le FPGA (Field Programmable Gate Array). La FPGA usata in Perseus contiene l'equivalente di 250.000 gates, 216KB di memoria, 4 gestori di clock, 12 moltiplicatori dedicati, e 172 pins di I/O. Giusto per dare un'idea della complessità...

I "big" del mercato (Icom, Yaesu, Kenwood, TenTec...) non sono ancora entrati nell'arena

dei ricevitori SDR a campionamento diretto, probabilmente per le difficoltà realizzative, e forse anche perchè il successo di questi dispositivi è nella possibilità di usare differenti software sul medesimo hardware, e quindi avere una piattaforma aperta. Questa filosofia evidentemente non piace ai costruttori, che preferiscono offrire radio con decine (centinaia...) di comandi e lucine ("bells and whistles", direbbero in US) e prestazioni RF non ottimali.

### Misure

La valutazione strumentale di un ricevitore SDR ad alta dinamica pone interessanti problemi allo sperimentatore. Non tutti i metodi classici di misura usati per i ricevitori analogici hanno senso quando si tratta di valutare un ricevitore basato su un convertitore A/D. In particolare, questa categoria di ricevitori ha il pregio di avere bassissimo rumore di fase, e quindi non risente del peggioramento dell'IMD a piccole spaziature fra i segnali; d'altro canto, le particolari non-linearità del convertitore fanno sì che il valore del punto di interesse

del terz'ordine (IP3) dipenda dal livello del segnale di misura. Questi problemi sono ben noti, e sono stati analizzati, ad esempio, da Leif SM5BSZ su QEX. In parole semplici, per segnali piccoli il convertitore A/D si trova a lavorare su pochi bit a inizio scala; la distorsione di quantizzazione prende il sopravvento, e compaiono prodotti di intermodulazione che non diminuiscono attenuando il livello del segnale. Uno dei metodi usati dai costruttori di convertitori A/D è il dither, che consiste nell'aggiungere al segnale una piccola quantità di rumore bianco o pseudo-casuale. La presenza del rumore costringe il convertitore a lavorare su più bit, e la distorsione di quantizzazione diminuisce. Esiste una contropartita: parte del rumore aggiunto compare in uscita, peggiorando la sensibilità del sistema. Per questo motivo il dither è escludibile; la cosa può tornare utile quando si opera su segnali estremamente deboli (in bande poco affollate) e serve la massima sensibilità del sistema.

Le misure sono state fatte presso il laboratorio della SPIN Electronics di Rivalta di Torino. Sono stati usati due generatori HP

Fig. 2



RDD10-2007

8640B accuratamente tarati e selezionati per il basso rumore di fase, seguiti da due amplificatori di isolamento per evitare interazioni fra i generatori. Il combinatore usato è un Minicircuits ZFSC-2, seguito da un attenuatore HP 8494B. Gli amplificatori di isolamento (Watkins-Johnson CA745042) sono indispensabili per misurare dinamiche di IMD superiori a 100dB; senza di essi il limite di IMD3 del sistema è attorno a 102dB. I livelli di segnale applicati al ricevitore sono stati controllati con un analizzatore di spettro HP 3589A. (fig.2)

I risultati delle misure sono riportati in tabella 1. I dati del costruttore (preliminari) sono verificati. La sensibilità è stata determinata con il preselettore inserito ed il dither attivo; escludendo dither e preselettore la sensibilità aumenta di circa 2-3dB, coincidendo con il valore dichiarato. Il livello di clipping all'ingresso è di -7dBm (guadagno alto, preselettore incluso) o di -3dBm (guadagno normale). Le condizioni migliori di dinamica per l'uso "normale" (bande HF dai 14MHz in su) sono con preselettore inserito e guadagno alto, per cui le misure si riferiscono a tale regolazione. (tabella 1)

## Prova di ascolto

Ho avuto la possibilità di usare il Perseus per alcuni giorni, collegato alle mie antenne: una filare multibanda di 23m con accordatore, ed una verticale di 7m. Il ricevitore si è mostrato all'altezza delle aspettative. La sensibilità è ottima, ed il rumore interno è inferiore al rumore atmosferico dei 28 MHz, anche in condizioni di banda silenziosa. Sulle bande basse (da 7MHz in giù) e con antenne molto efficienti può essere utile ridurre il guadagno o inserire 10dB di attenuazione; anche con 20dB di attenuazione il rumore atmosferico dei 40m supera il noise del ricevitore.

L'oscillatore locale è molto stabile, con uno spostamento da freddo a caldo di poche decine di Hz su 30 MHz. Nico ha implementato una bellissima routine di autocalibrazione, che permette di azzerare l'errore del quarzo interno sintonizzando una stazione di frequenza nota (per esempio, RWM a 4996, 9996 o 14996 kHz).

La facilità e comodità di uso sono eccezionali, come ci si deve aspettare da un ricevitore SDR di avanguardia. E' difficile spiegarlo a parole; bisogna spendere

qualche ora, e provare di persona. La possibilità di monitorare 400kHz di banda è molto utile per la ricerca immediata di attività in bande "tranquille", come tutte le bande alte in questi anni di bassa attività solare. Appena identificato un segnale basta cliccare con il mouse per centrarlo, senza perdere di vista l'intero panorama della banda intorno al segnale che si sta monitorando.

L'elaborazione di un flusso di dati di 3MB per secondo richiede un PC adeguato. Se il programma richiede troppe risorse si può ridurre la velocità di campionamento a 200, 100 o 50kS/s; in questo caso la "finestra" del display panoramico di Winrad si ridurrà di conseguenza. (fig. 3)

## Valutazioni

I risultati numerici delle misure possono dire poco a chi non sia addentro alle problematiche dei sistemi riceventi. Basti allora dire che i parametri si avvicinano molto a quelli di ricevitori professionali come il Rohde&Schwarz ED510 (prezzo a partire da 25000 Euro), e sono nettamente migliori di ricevitori blasonati e di recente introduzione sul mercato. Per fare un esempio, la dinamica di intermodulazione è almeno 10dB migliore dell'ultimo ricevitore TenTec, e l'intercept point supera di 15dB quello dei migliori transceiver in commercio. Tutto questo si traduce in minor rumore, maggiore intelligibilità dei segnali, possibilità di operare a ridosso di segnali forti (BC o altre stazioni in contest), ed alla fine in maggiore divertimento. La flessibilità di funzionamento e le prestazioni sono anche nettamente superiori a quelle di ricevitori a tecnologia ibrida (supereterodina a conversione multipla con DSP in IF), che hanno prezzi decisamente superiori.

Il ricevitore si presta egregiamente ad operare come seconda conversione per le bande VHF/UHF. La possibilità di tenere sott'occhio tutta la banda DX in 50, 144 o 432 MHz è molto interessante per chi opera via tro-

Tabella 1

Misure eseguite a 14,2 MHz, preselettore inserito, dither on, banda 2,4 kHz salvo ove specificato	
Livello di saturazione	dBm
Sensibilità "high"	-7
Sensibilità normale	-2
Attenuatore 10 dB	8
Attenuatore 20 dB	18
Sensibilità (noise floor in 2,4 kHz BW)	dBm
Sensibilità "high", dither off, filtri off	-124
Sensibilità "high"	-122
Sensibilità normale	-118
Attenuatore 10 dB	8
Attenuatore 20 dB	18
Blocking dynamic range	115 dB
Dinamica di IMD3 per livello RF -15 dBm	96 dB
Punto di intersezione del terz'ordine	33 dBm
Attenuazione immagine a <200 kHz dalla frequenza di LO	> 120 dB
Livello spurie	< 90 dBc

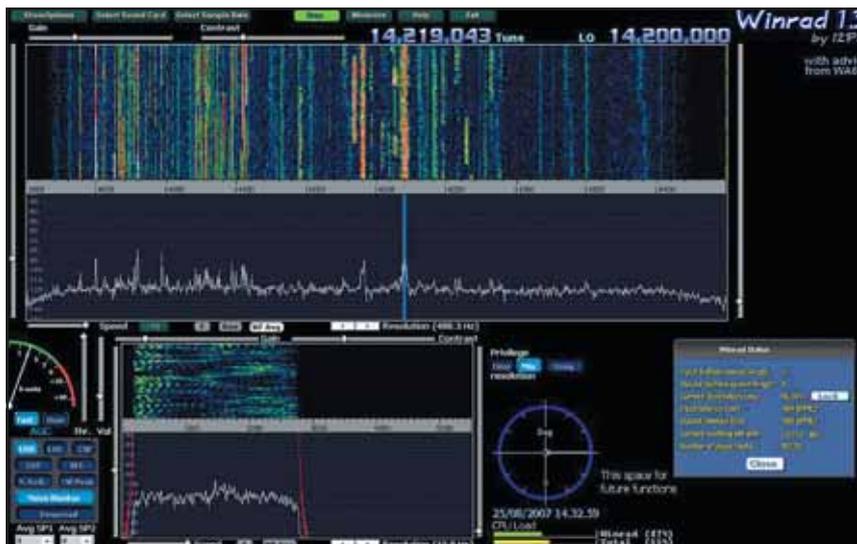


Fig. 3

po o E-sporadico, e normalmente usura la manopola di sintonia per cercare segnali. Il ricevitore di per sé è molto silenzioso; per ottimizzare le prestazioni in VHF occorrerà un convertitore con NF intorno al dB e guadagno di 25dB.

Il ricevitore praticamente non ha spurie. L'assenza di conversioni di frequenza permette di non avere da nessuna parte "birdies" o immagini di conversione. Non ci sono frequenze migliori o peggiori; il comportamento è praticamente uniforme su tutto lo

spettro. Nico mette a disposizione anche un software di analisi spettrale, che trasforma Perseus in un analizzatore di spettro con banda da 0 a 40 MHz, risoluzione 10kHz e dinamica di 100dB.

Un'altra caratteristica intrinseca di questo tipo di progetti è che sono aperti a continue migliorie o nuove implementazioni. Il software del ricevitore sarà in continua evoluzione, e saranno disponibili le specifiche per interfacciare Perseus con software proprio o altri sistemi operativi (ho in mente Linux e Mac OS-X).

## Conclusione

Ho cercato di descrivere un prodotto innovativo, completamente concepito e realizzato in Italia, in grado di competere per prestazioni con i migliori (e più costosi) prodotti a livello mondiale.

Non ho alcun dubbio che l'SDR sarà il futuro della radio anche per il Servizio di Radioamatore. Tutti noi abbiamo già in casa ricevitori SDR: telefoni GSM e ricevitori satellitari TV sono realizzati in tale tecnica. La rivoluzione è lenta e poco visibile al pubblico, ma lo spostamento del mercato verso tecniche digitali è continuo, specialmente quando queste rendono possibili risultati di rilievo a costi contenuti. L'SDR diventerà storia come il ricevitore a reazione e la supereterodina; non li sostituirà completamente, ma sarà indispensabile inserirlo nel proprio bagaglio culturale per essere tecnologicamente all'avanguardia. Il fatto poi che questa avanguardia sia nata e cresciuta nel nostro Paese non può che aumentare il piacere di avvicinarsi a queste tecniche.

