



Esame di Laurea

25 Luglio 2014

**Implementazione in tecnologia
Software-Defined Radio di un trasmettitore
TETRA/DMO su framework SCA-compliant**

Marta Gufoni

Relatori

Prof. Marco Luise

Prof. Filippo Giannetti

Dott.Ing. Giacomo Bacci

Ing. Carmine Vitiello

- Motivazioni
- La tecnologia *Software-Defined Radio*
- L'architettura SCA e il framework OSSIE
- Lo standard TETRA/DMO
- Implementazione del trasmettitore TETRA/DMO
- Validazione del trasmettitore TETRA/DMO
- Conclusioni e sviluppi futuri

Problemi

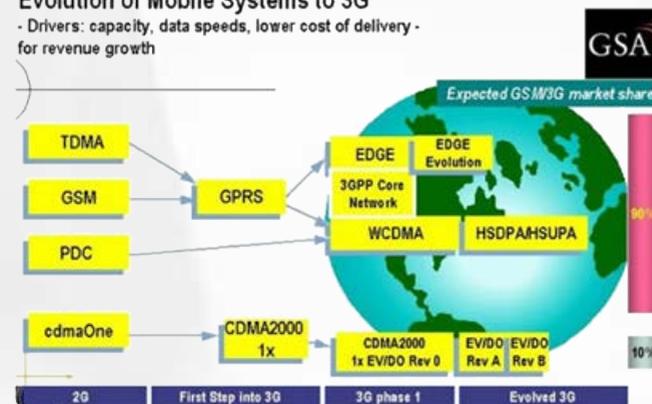
- Aumento del numero di standard



- Frequente cambiamento degli standard

Evolution of Mobile Systems to 3G

- Drivers: capacity, data speeds, lower cost of delivery - for revenue growth



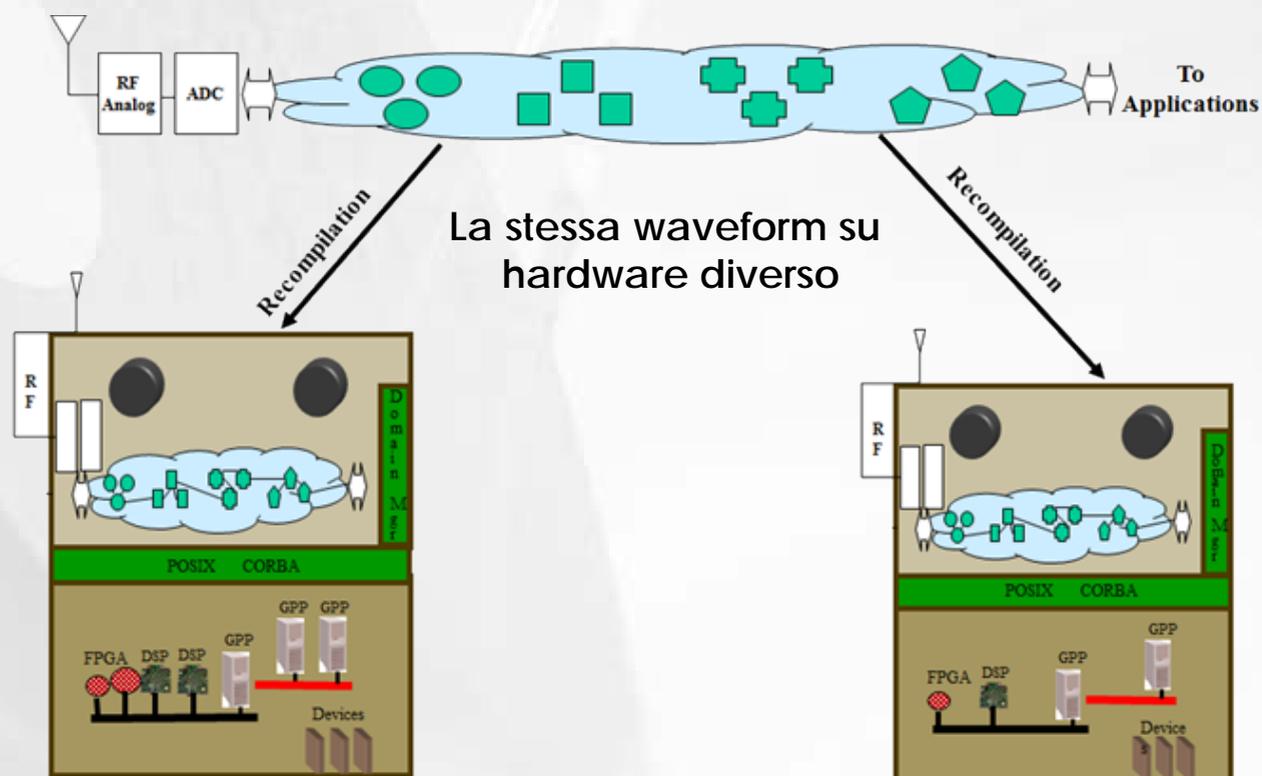
Software Defined Radio - definizione

25 Luglio 2014

Esame di Laurea



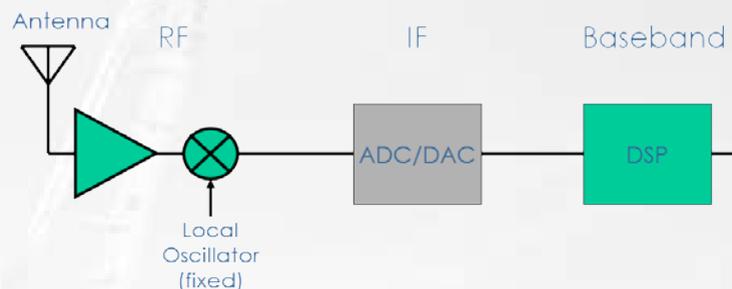
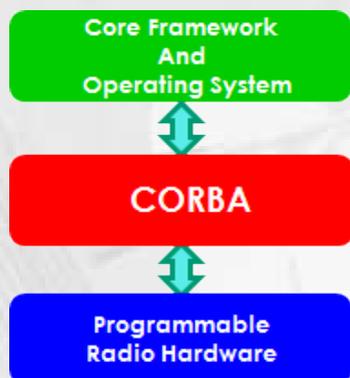
'Radio in which some or all of the physical layer functions are software-defined'



Vantaggi SDR e architettura SCA

25 Luglio 2014

Esame di Laurea



- Modifica e aggiornamento degli standard (sistemi multistandard)
- Aumentare la flessibilità e l'interoperabilità dei sistemi implementati
- Possibilità di controllo e monitoraggio di una catena di trasmissione/ricezione
- Portabilità dei sistemi SCA-compliant
- Riduzione dei tempi di sviluppo delle waveform (riutilizzo moduli)
- Riduzione dei costi di sviluppo e di collaudo
- Impiego in caso di situazioni di emergenza



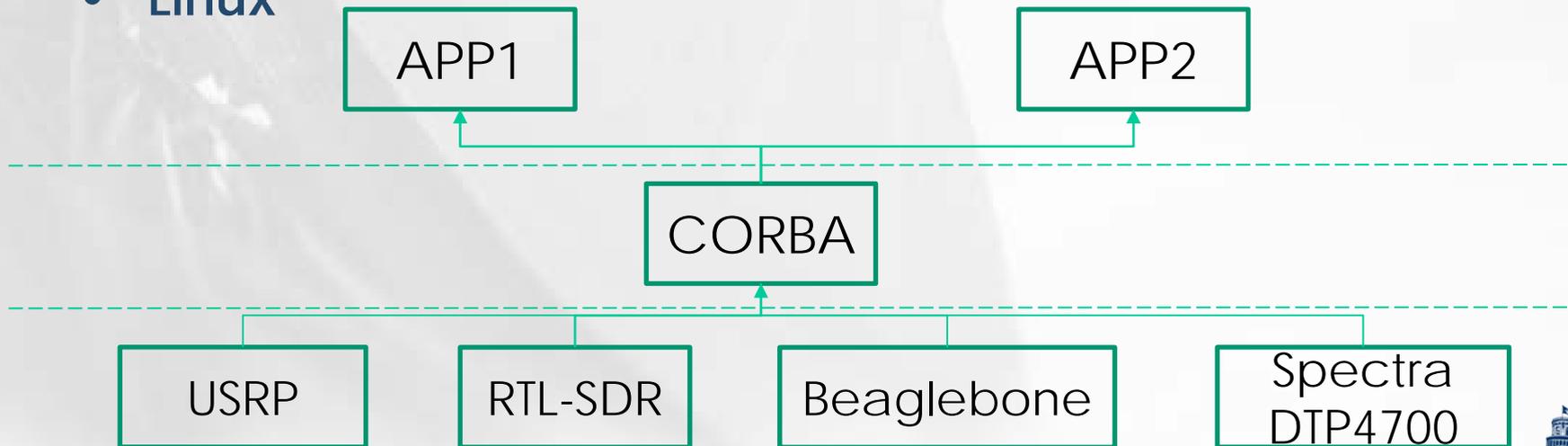
Open-Source SCA Implementation Embedded - OSSIE

25 Luglio 2014

Esame di Laurea

OSSIE

- Open-source
- SCA-compliant
- Linguaggio C++/Python per i componenti
- Linguaggio Python per la GUI
- Linux



Terrestrial Trunked Radio - TETRA

25 Luglio 2014

Esame di Laurea



- Sistema di comunicazione radio digitale
- Diffuso in Europa, Asia, Africa, Sud-America e Medio-Oriente
- Utilizzato nei trasporti, nella pubblica sicurezza e in ambito militare



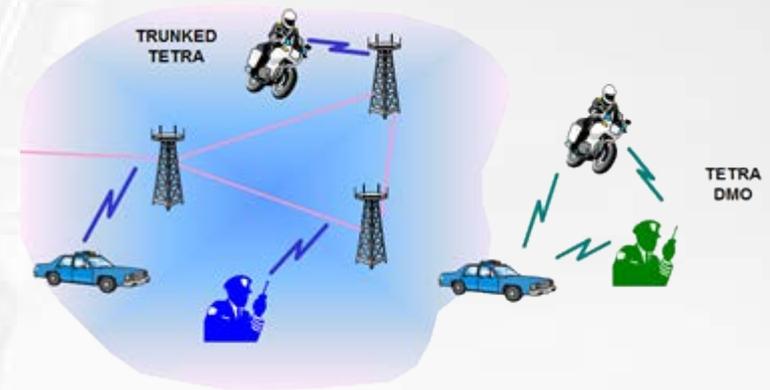
Terrestrial Trunked Radio - TETRA

25 Luglio 2014

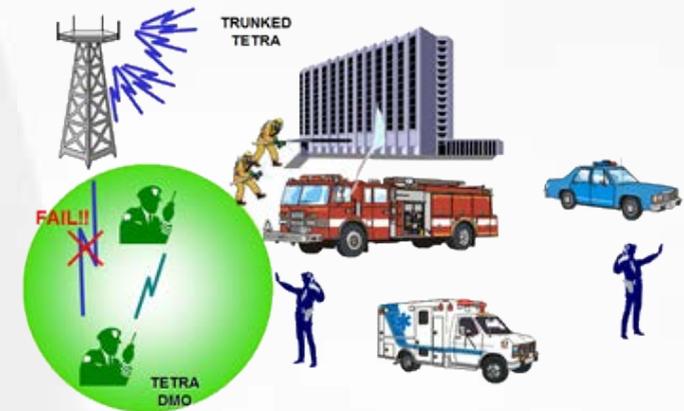
Esame di Laurea

- **Necessità del *Direct Mode Operation (DMO)***

Fuori copertura rete TMO



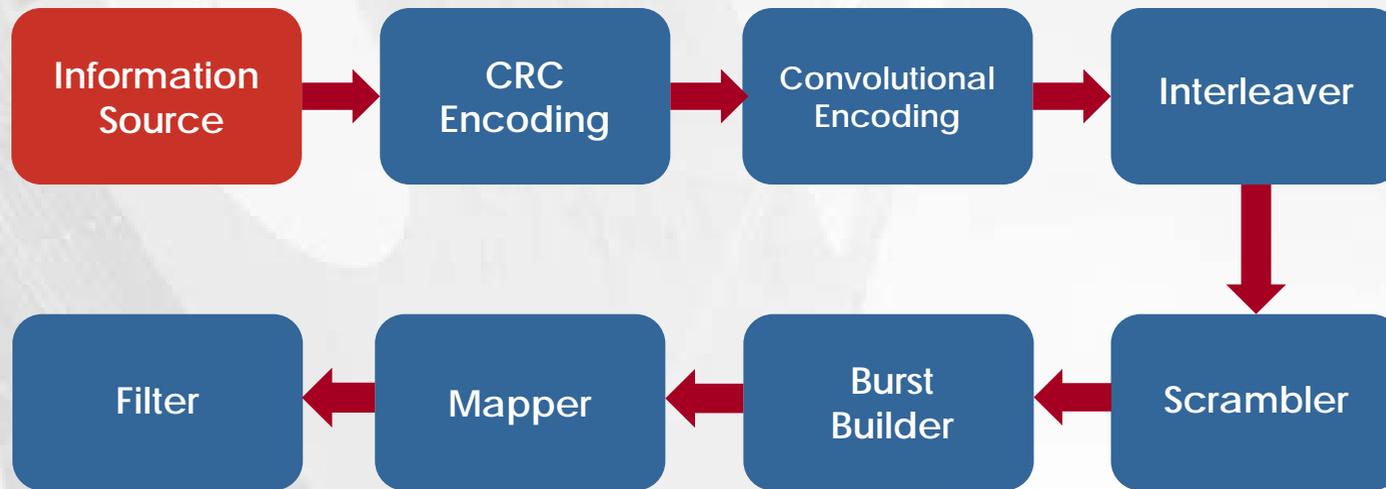
Capacità limitata rete TMO
(calamità)



Terrestrial Trunked Radio - TETRA

25 Luglio 2014

Esame di Laurea



Terrestrial Trunked Radio - TETRA

25 Luglio 2014

Esame di Laurea

Information Source

- Generazione bit equiprobabili e indipendenti
- Simula il piano di controllo

Block Code - CRC16

- $(K_1 + 16, K_1)$

RCPC - Rate Compatible Punctured Convolutional code

- Codifica mediante mother-code a 16 stati di tasso $\frac{1}{4}$

$$G_1 = 31_8$$

$$G_2 = 27_8$$

$$G_3 = 35_8$$

$$G_4 = 33_8$$

- Puncturing

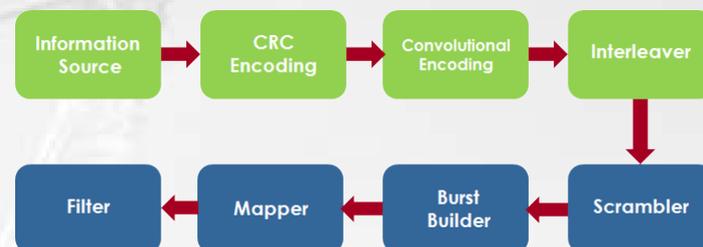
$$b_3(j) = V(k) \quad j = 1, 2, \dots, K_3$$

$$k = 8(i - 1 \text{div} t) + P(i - t((i - 1) \text{div} t))$$

- Rate ammessi: 2/3, 292/432, 148/432

Interleaver

- Interleaver su un blocco
- Interleaver su N blocchi



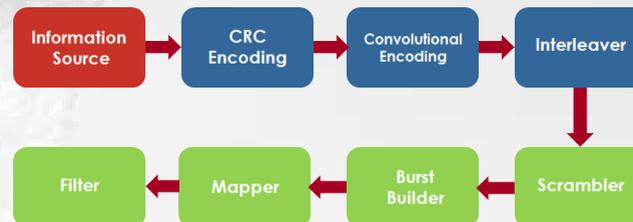
Terrestrial Trunked Radio - TETRA

25 Luglio 2014

Esame di Laurea

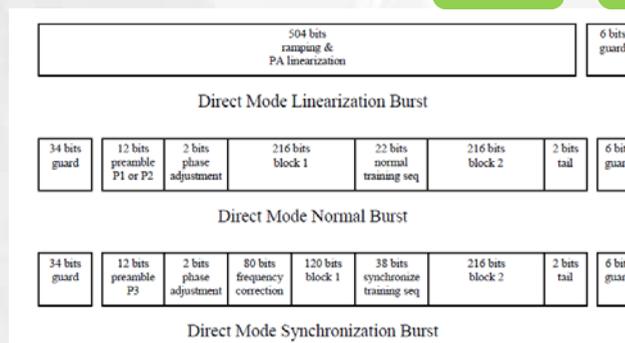
Scrambler

- $b_5(k) = b_4(k) + p(k) \quad k = 1, 2, \dots, K_5$
- $p(k)$ generato tramite colour code



Burst builder

- Direct Mode Linearization Burst (DLB)
- Direct Mode Normal Burst (DNB)
- Direct Mode Synchronization Burst (DSB)



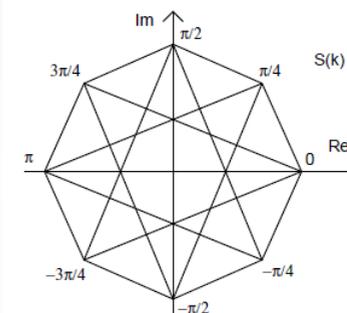
Mapper

- $\pi/4$ -DQPSK
- $s(k) = s(k-1)e^{jD\varphi(k)}$
 $s(0) = 1$

$B(2k-1)$	$B(2k)$	$D\varphi(k)$
1	1	$-3\pi/4$
0	1	$+3\pi/4$
0	0	$+\pi/4$
1	0	$-\pi/4$

Filtro di trasmissione

- Square Root Raised Cosine
- Roll-off: 0,35



Universal Software Radio Peripheral - USRP

25 Luglio 2014

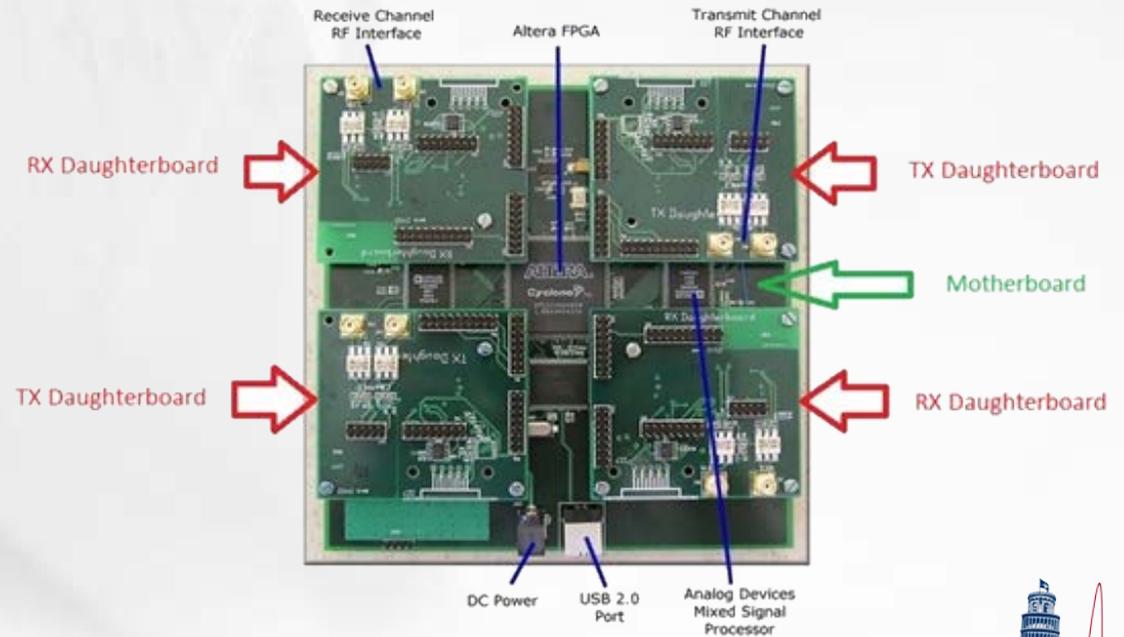
Esame di Laurea

Universal Software Radio Peripheral

- Periferica per la trasmissione/acquisizione del segnale

Hardware

- 1 Motherboard
- Fino a 4 Daughterboard
- EPIC12 FPGA Altera Cyclone
- Collegamento USB 2.0
- 4 ADC a 64 Msample/s (12 bit)
- 4 DAC a 128 Msample/s (14 bit)

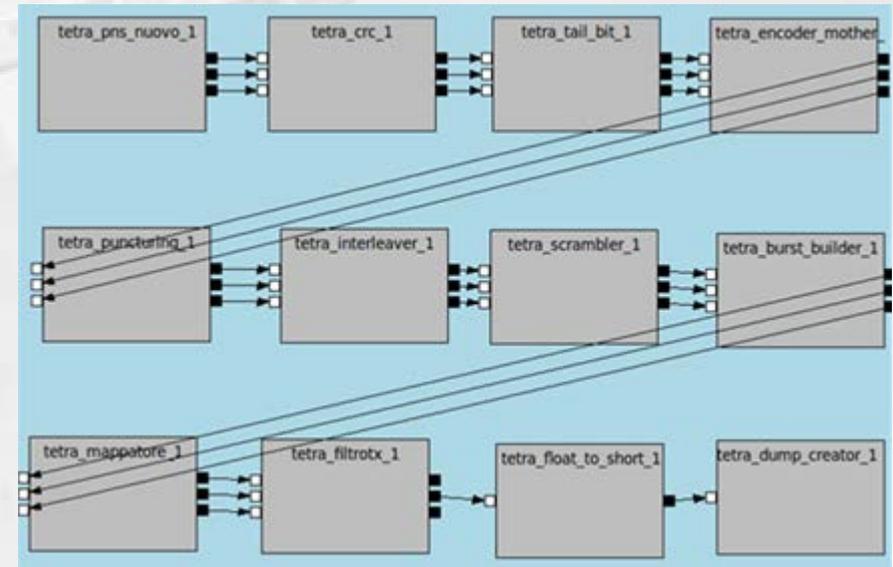


Implementazione del trasmettitore

25 Luglio 2014

Esame di Laurea

- Generazione dati

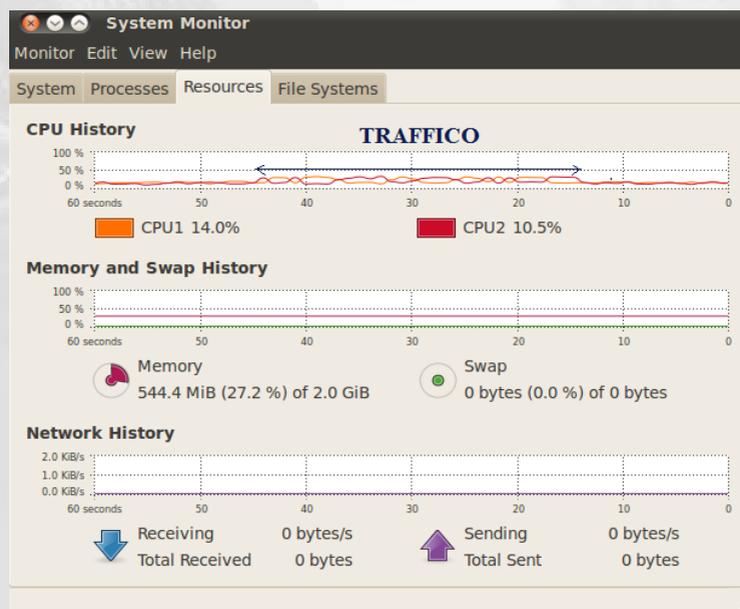


- Trasmissione dati

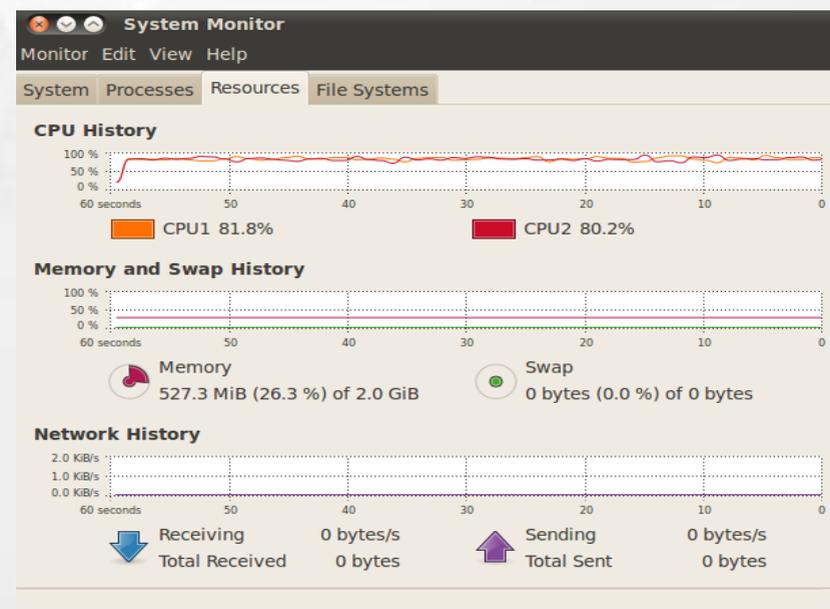


- Consumo risorse

OS: Ubuntu 10.04 32 bit
 CPU: Intel Core 2 Duo T5550
 Ram: 2GB



1° Waveform



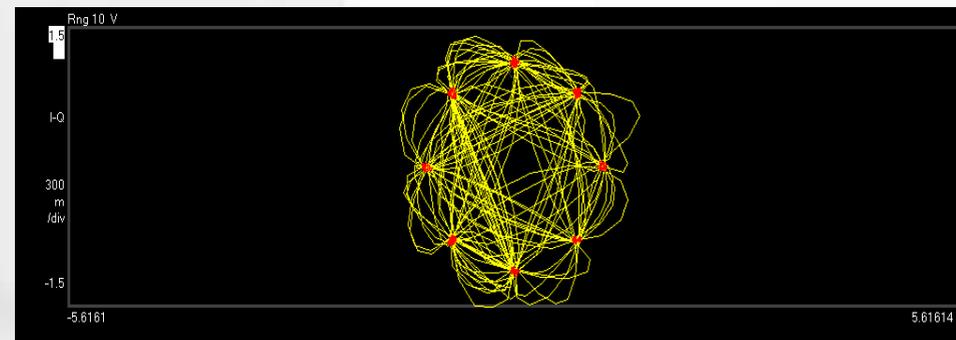
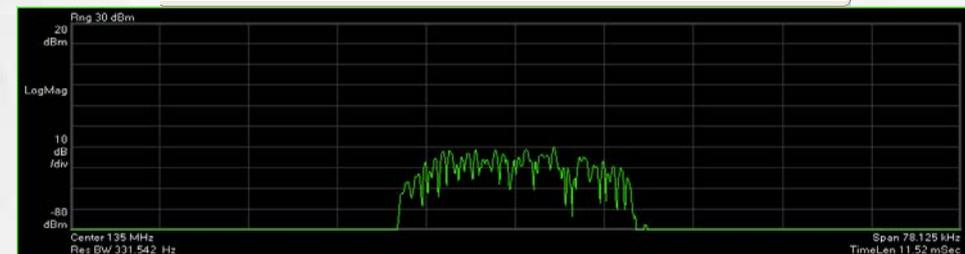
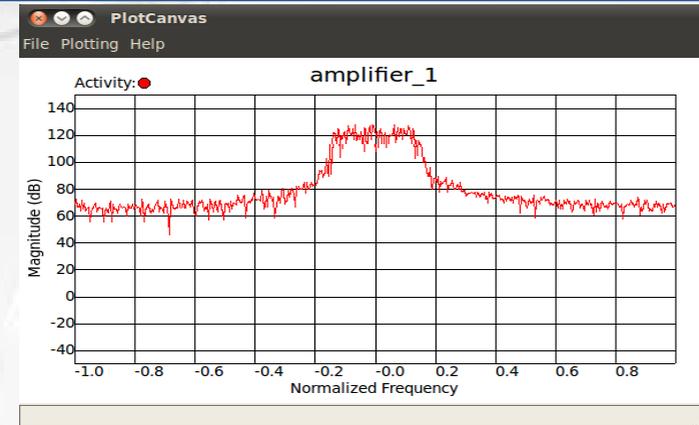
2° Waveform

- Analizzatore di spettro vettoriale

Roll-off: 0,35
Sovracampionamento: 8

Spettro di ampiezza del segnale trasmesso

Diagramma I-Q



- Analizzatore di spettro vettoriale

R: data – rate ingresso USRP Commander 125 Ksample/s

q: fattore di sovracampionamento 8

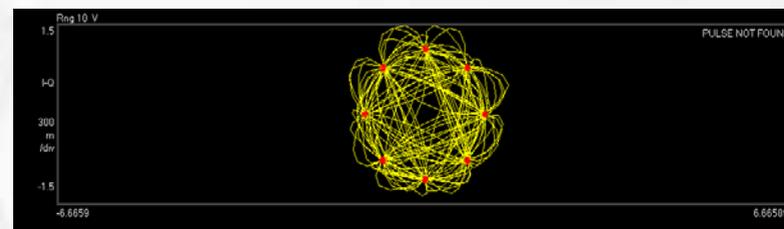
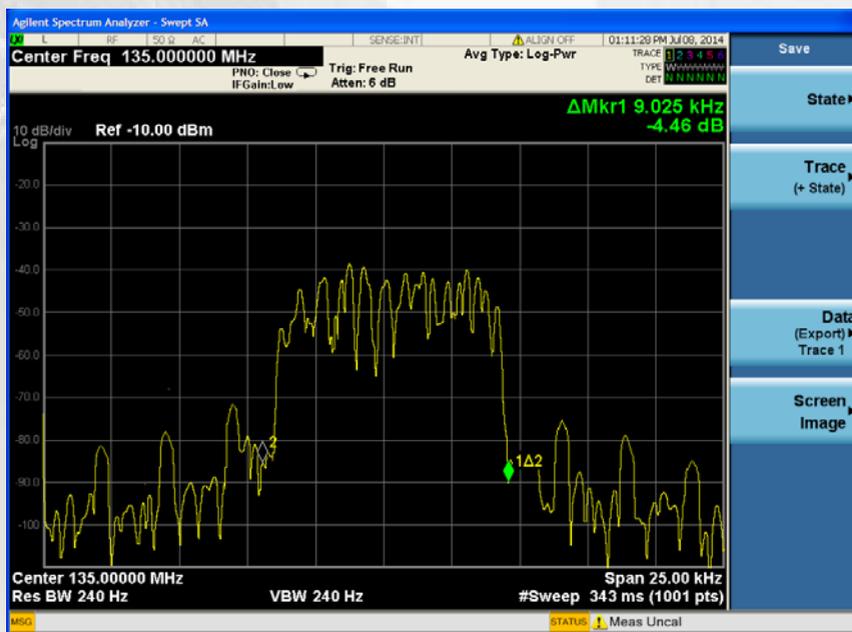
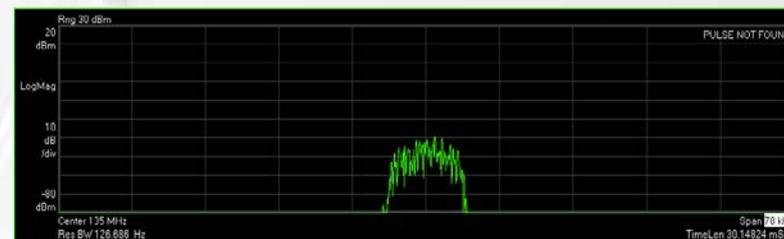
$$B_{teorica} = (1 + \alpha) \frac{R}{q} \cong 21 \text{ KHz}$$

$$B' = 22,08 \text{ KHz}$$



- **Analizzatore di spettro vettoriale**

R: data – rate ingresso USRP Commander 125 Ksample/s
 q: fattore di sovracampionamento 20



$$B_{teorica} = (1 + \alpha) \frac{R}{q} \cong 8,5 \text{ KHz}$$

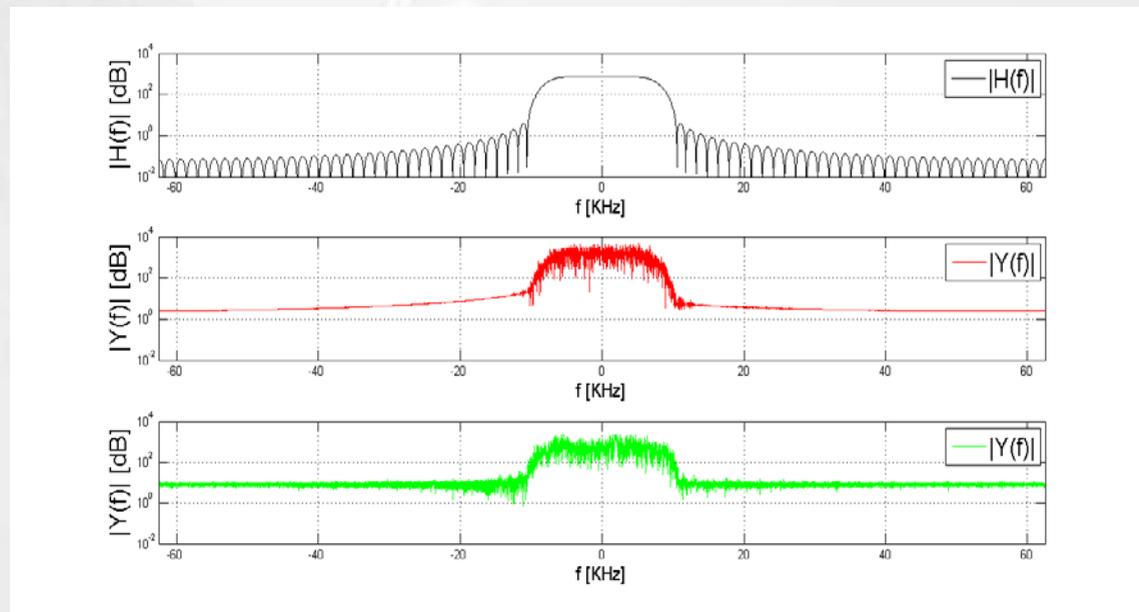
$$B' \cong 9,025 \text{ KHz}$$

- Simulazione Matlab: confronto con i risultati sperimentali

Risposta di ampiezza del filtro
Roll-off: 0,35
Sovracampionamento: 8

Segnale prodotto tramite simulazione

Segnale trasmesso



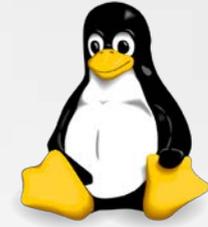
Banda teorica: 21 KHz
Banda segnale simulazione: 20,2 KHz
Banda segnale sperimentale: 20,3 KHz

Conclusioni

- Flessibilità del trasmettitore implementato
- Riduzione dei costi di gestione (modifiche software e non hardware)
- Impiego di linguaggi di programmazione di alto livello
- Limiti del framework OSSIE

Possibili sviluppi futuri

- Introduzione di algoritmi di crittografia
- Realizzazione del trasmettitore real-time
- Realizzazione del ricevitore su tecnologia SDR → terminale full-duplex
- Realizzazione terminale TETRA DMO/TMO



Grazie per l'attenzione

