



**Esame di Laurea**

**5 Dicembre 2011**

**Realizzazione di un ricevitore VHF aeronautico su  
piattaforma software-defined radio di tipo SCA  
(Software Communications Architecture)**

**Marco Giannelli**

**Relatori**

**Prof. Marco Luise**

**Prof. Filippo Giannetti**

**Ing. Mario Di Dio**



- **La Software Defined Radio (SDR)**
- **La Software Communications Architecture (SCA)**
- **Il framework OSSIE**
- **Lo standard VHF aeronautico per le comunicazioni vocali**
- **Implementazione del ricevitore VHF**
- **Validazione del ricevitore VHF**
- **Conclusioni e sviluppi futuri**

# La Software Defined Radio (SDR)

5 Dicembre 2011

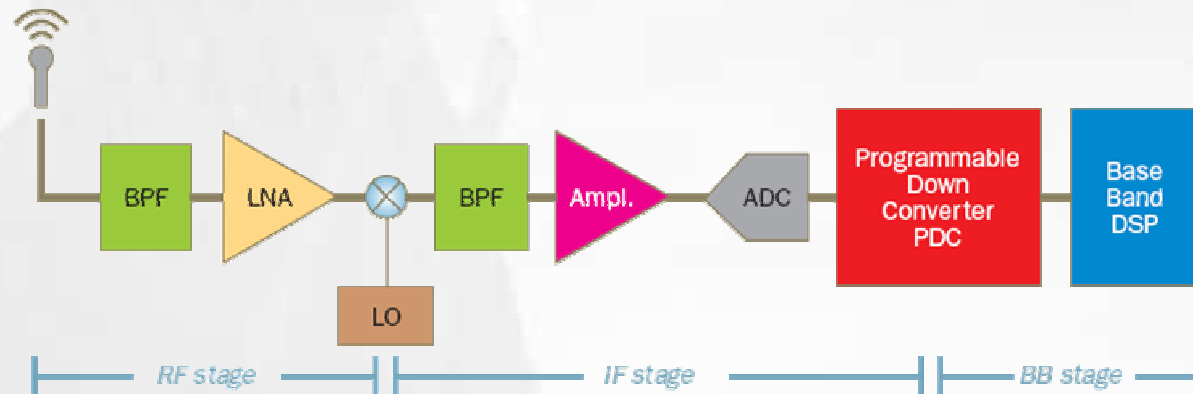
Esame di Laurea

## Definizione

- Sistema di comunicazione radio implementato quasi interamente in software dove tutte quelle funzionalità che normalmente vengono realizzate mediante un hardware dedicato, sono definite e riconfigurabili in *real time* via software.

## Vantaggi

- Flessibilità
- Riconfigurabilità
- Compatibilità
- Economicità



ADC = Analogic to Digital Converter  
BPF = Band Pass Filter  
DSP = Digital Signal Processor  
LNA = Low Noise Amplifier  
LO = Local Oscillator  
PDC = Programmable Down Converter

# La Software Defined Radio (SDR)

5 Dicembre 2011

Esame di Laurea

## Universal Software Radio Peripheral (USRP)

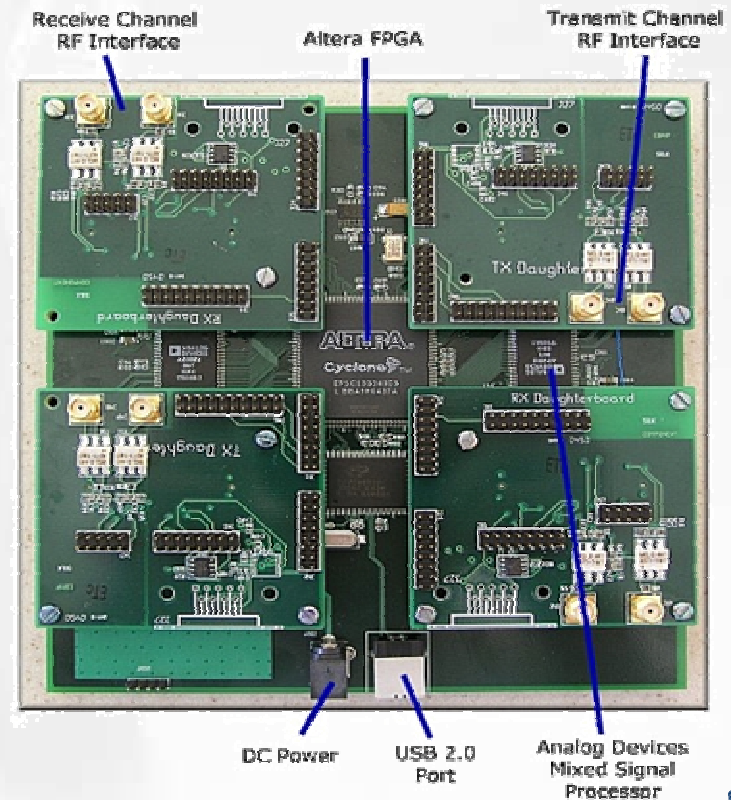
- Periferica hardware general-purpose progettata per la prototipazione rapida e la ricerca nelle applicazioni SDR.

### • Motherboard:

- FPGA
- 4 ADC e 4 DAC
- chip di interfaccia USB 2.0
- 4 sockets per connettere le daughterboards

### • USRPv2.0

- Interfaccia Gigabit Ethernet

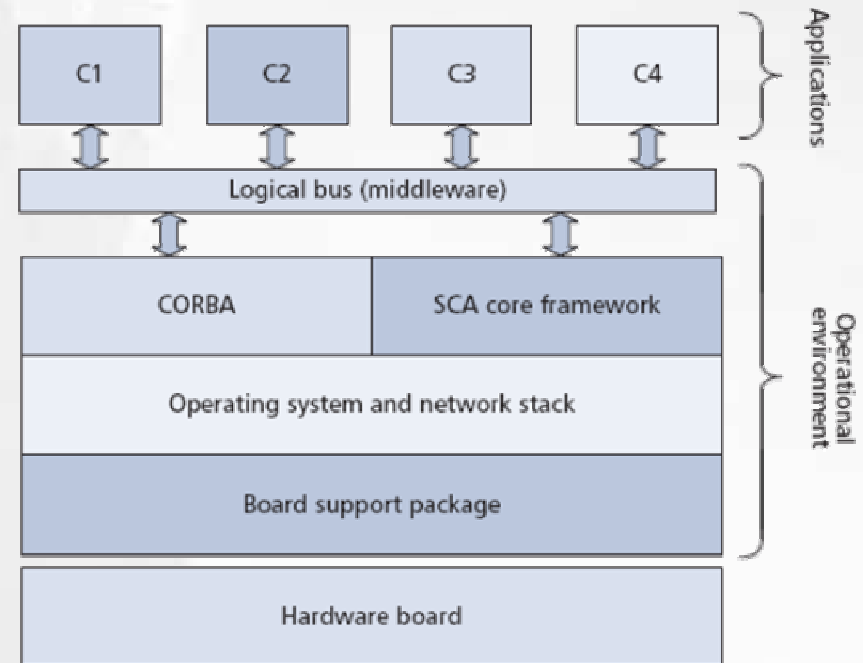


## La Software Communications Architecture (SCA)

5 Dicembre 2011

Esame di Laurea

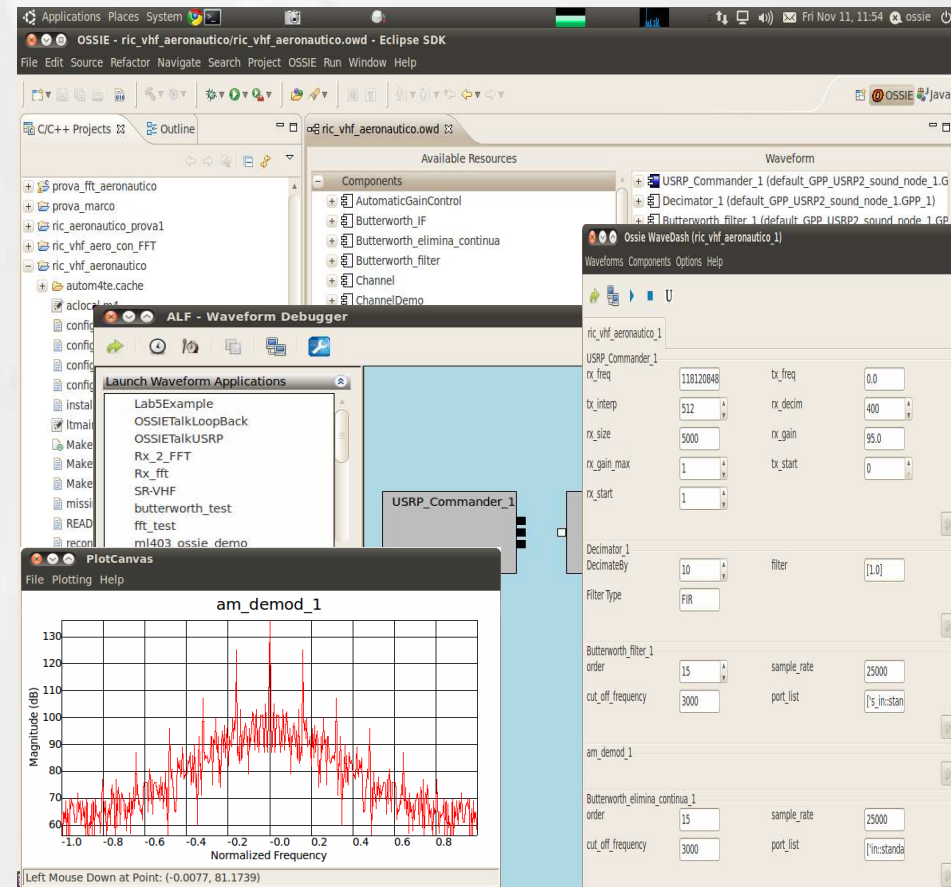
- Architettura ideata dal JTRS e sviluppata per standardizzare un modello di progetto delle Software Defined Radio.
- SCA definisce un'ambiente operativo (OE) standard costituito principalmente da:
  - Core Framework (CF)
  - CORBA
- Un'applicazione radio SCA viene denominata *waveform* ed è composta da diversi moduli software chiamati Components.
- I dispositivi hardware vengono rappresentati tramite strutture software denominate Devices.





## Open Source SCA Implementation Embedded (OSSIE)

- Sviluppato dai ricercatori del **WirelessGroup@Virginia Tech.**
- Software molto semplice da utilizzare e realizzato in C++.
- L'ambiente di sviluppo Eclipse mette a disposizione dei *tools* che facilitano lo sviluppo della *waveform*, la creazione di nuovi componenti e la verifica del suo funzionamento e sono:
  - OWD
  - ALF
  - WaveDash



## Lo standard VHF aeronautico per le comunicazioni vocali

5 Dicembre 2011

Esame di Laurea

- **Banda assegnata: 118-137 MHz**
- **Canalizzazione: 8,33 KHz**
- **Numero canali: 2280**
- **Specifiche del segnale trasmesso:**
  - Modulazione: AM
  - Profondità di modulazione: 85%
  - Filtro a frequenza intermedia con le caratteristiche di attenuazione riportate in tabella

2,5 KHz	2 dB
3,5 KHz	6 dB
4 KHz	26 dB
5,8 KHz	90 dB

### ***Sviluppi futuri dello standard***

- EUROCONTROL propone la canalizzazione di 8,33 KHz anche sotto il livello di volo 195 a causa del costante aumento delle richieste di frequenze disponibili.
- Il programma prevede una transizione molto graduata con scadenza prevista per il 31 dicembre del 2018.

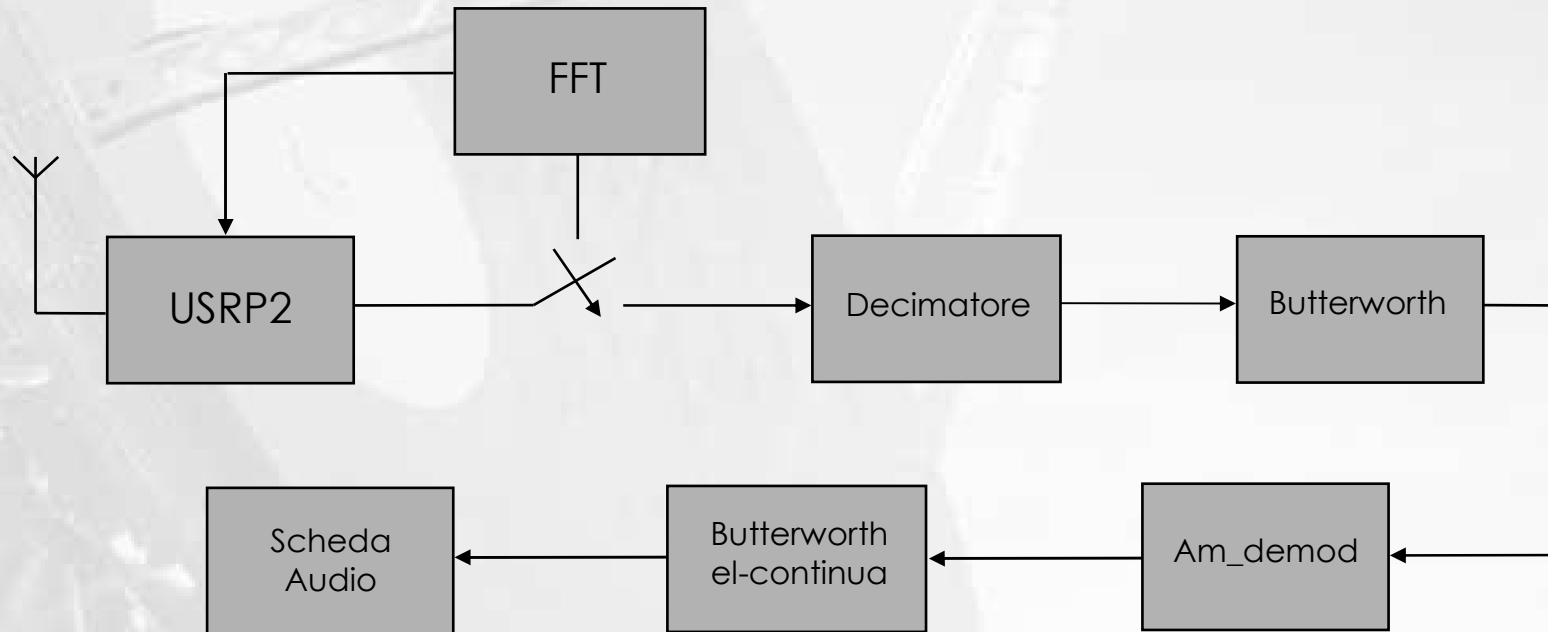


## Implementazione del ricevitore VHF

5 Dicembre 2011

Esame di Laurea

### Schema a blocchi del ricevitore VHF aeronautico



- Gli unici componenti hardware del ricevitore sono l'antenna, l'USRP2 e la scheda audio del PC. Tutti gli altri componenti sono realizzati in software e costituiscono la waveform `ric_vhf_aeronautico`.



# Implementazione del ricevitore VHF

5 Dicembre 2011

Esame di Laurea

## La waveform *ric\_vhf\_aeronautico*



## USRP\_Commander

- Pilota la periferica USRP2 con questi parametri:
  - rx\_freq: 118.120.850 Hz
  - rx\_decim: 400
  - rx\_size: 5000
  - rx\_gain: 90 dB

## Implementazione del ricevitore VHF

5 Dicembre 2011

Esame di Laurea

### **FFT\_vhf\_aeronautico**

- **Channel sensing:** valuta i canali attivi in una banda pari a 250 KHz confrontando l'energia di tutti i canali con una soglia calcolata opportunamente. Il calcolo dell'energia di ogni canale viene effettuato utilizzando la FFT del segnale in ingresso.
- **Selezione del canale:** mostra sul terminale la lista dei canali attivi e permette all'utente di scegliere quello desiderato inserendo il relativo numero da tastiera.
- **Sintonizzazione dell'USRP2:** il processo di *channel sensing* viene effettuato sull'intera banda VHF suddividendola in 76 parti da 250 KHz e variando in real-time la frequenza centrale dell'USRP2. Una volta scelto il canale, il componente FFT\_vhf\_aeronautico sintonizza l'USRP2 sulla frequenza centrale del canale.



## Implementazione del ricevitore VHF

5 Dicembre 2011

Esame di Laurea

### Decimator

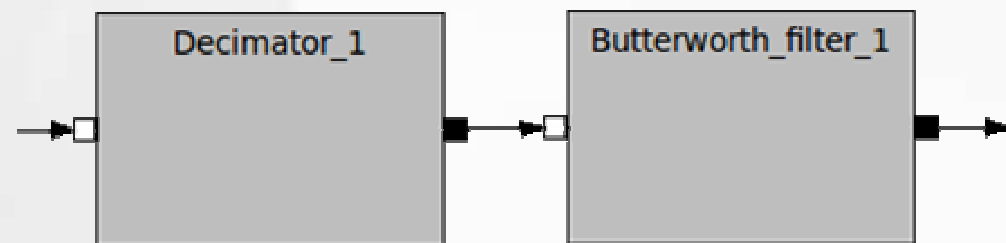
- Decimazione: riduce la velocità dello stream dei campioni a 25 KHz adattandola ai rate di funzionamento della scheda audio.
- Il fattore di decimazione viene settato a 10.

### Butterworth\_filter

- Filtraggio passa basso del segnale per eliminare il rumore 'fuori banda' in ingresso al blocco successivo e migliorare il rapporto segnale-rumore.

- Lista delle proprietà:

- order: 15
- sample\_rate: 25 KHz
- cut\_off\_frequency: 3 KHz



## Implementazione del ricevitore VHF

5 Dicembre 2011

Esame di Laurea

### **Am\_demod**

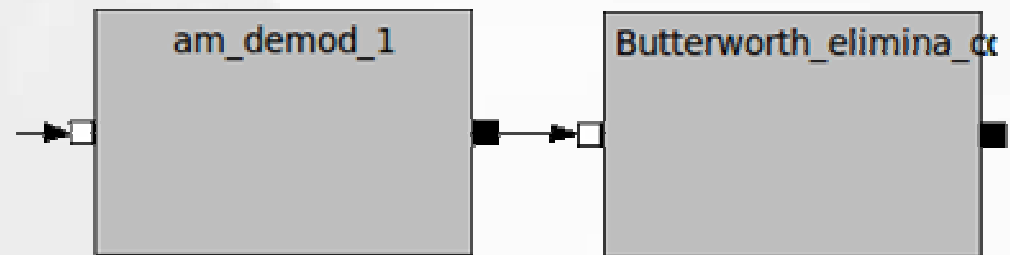
- Demodulazione AM del segnale in ingresso. Implementazione nel dominio discreto del classico rivelatore di involuppo analogico.

### **Butterworth\_elimina\_continua**

- Filtraggio passa basso del segnale per eliminare il rumore in ingresso alla scheda audio del PC.
- Eliminazione della componente continua residua. Si calcola il valor medio del segnale in ingresso che viene sottratto al segnale stesso.

- Lista delle proprietà:

- order: 15
- sample\_rate: 25 KHz
- cut\_off\_frequency: 3 KHz

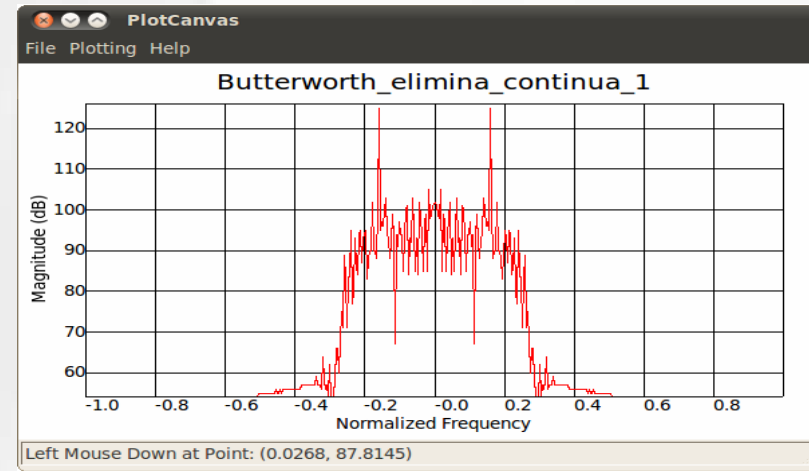
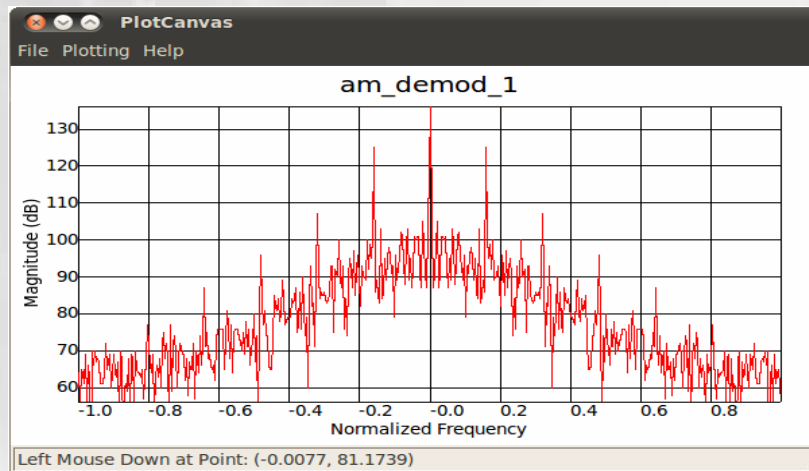
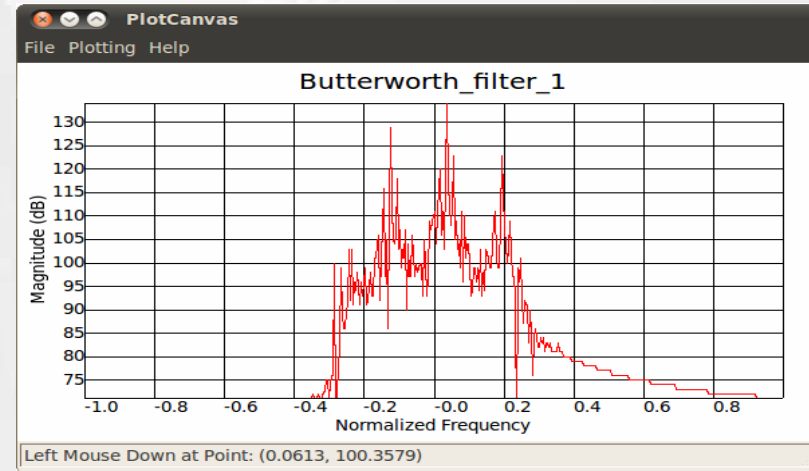
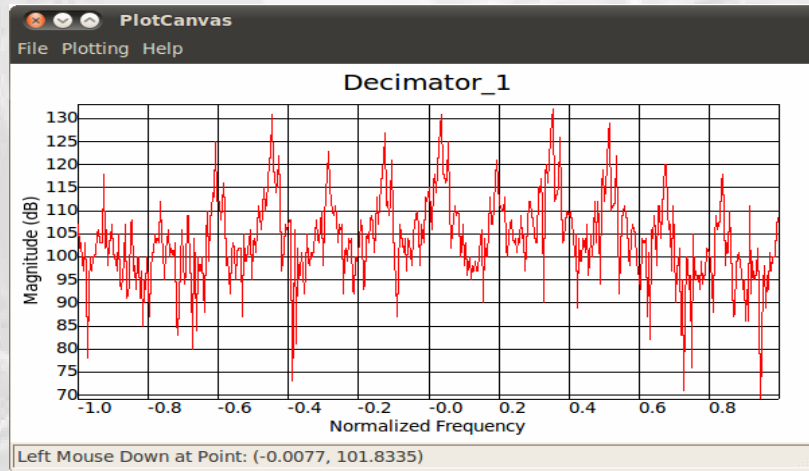


# Validazione del ricevitore VHF

5 Dicembre 2011

Esame di Laurea

- Analisi dello spettro in uscita dei componenti della waveform:





## Validazione del ricevitore VHF

5 Dicembre 2011

Esame di Laurea

- **Ricezione di un segnale modulato AM trasmesso dal generatore di segnale del laboratorio con le seguenti caratteristiche:**
  - frequenza portante scelta a nostra discrezione tra i 2280 canali dello standard VHF aeronautico
  - potenza associata alla portante di -60 dBm
  - frequenza del segnale modulante sinusoidale di 1 KHz
  - profondità di modulazione pari a 0.85
- **Ricezione di un segnale VHF aeronautico “real-world” trasmesso dalla stazione aeroportuale di Pisa:**
  - frequenza portante 128.4 MHz
  - potenza stimata associata alla portante di -70 dBm
  - bollettino meteo h24
- **Risultati ottenuti:**
  - lo stadio di *channel sensing* rileva correttamente il canale attivo
  - corretta demodulazione del canale scelto e una buona qualità di ascolto del segnale con un basso livello di rumore.



## Conclusioni e sviluppi futuri

5 Dicembre 2011

Esame di Laurea

- I risultati ottenuti evidenziano come la realizzazione di un sistema SDR, nel nostro caso un ricevitore SCA-compliant, possa offrire flessibilità, riconfigurabilità in *real-time*, economicità e buone prestazioni in termini computazionali.
- Un possibile sviluppo futuro del ricevitore potrebbe essere quello di effettuare, tramite l'istanziazione di processi paralleli, la ricezione di un certo numero di canali attivi invece che di uno soltanto. La scelta del canale verrebbe effettuata a livello audio, cioè scegliendo tra i diversi stream audio disponibili. Sarebbe inoltre auspicabile interfacciare tale ricevitore “parallelo” con un gateway di tipo VOIP.

