

# Software Defined Radio

One Hardware Many Radios

:: Fabio, IZ5XRC    :: **Francesco, IW5EKN**



**Associazione  
Radioamatori  
Italiani**  
**Sezione di Firenze**

*IW5 EKN Francesco*

# Parte I

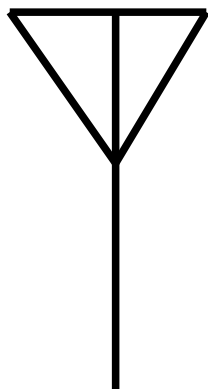
## Introduzione



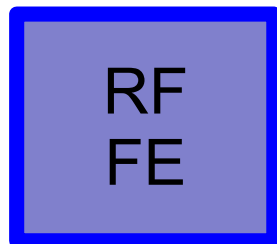
**Associazione  
Radioamatori  
Italiani**  
**Sezione di Firenze**

*IW5 EKN Francesco*

# SDR: cos'è



Funzioni "Sistema Radio"



"A radio in which some or all of the **physical layer functions** are **software defined**"

*SDR Forum and IEEE P1900.1 group*



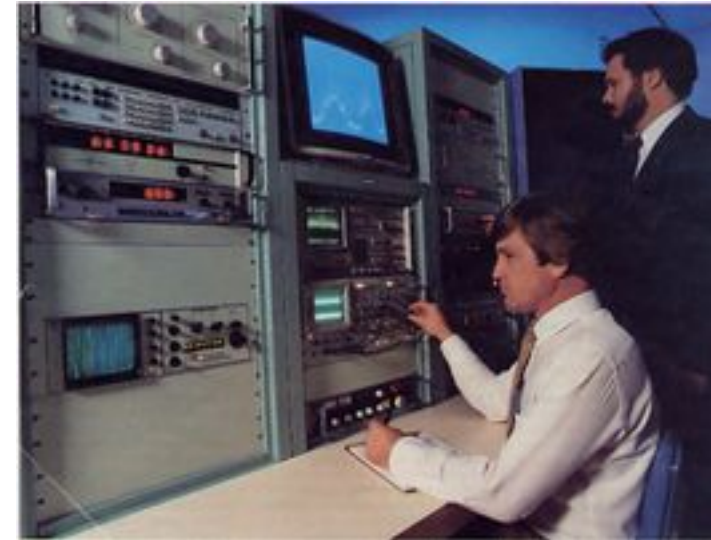
Associazione  
Radioamatori  
Italiani  
Sezione di Firenze

# Storia

1970: “Digital Receiver”

“Gold Room” Lab., TRW

1984: E-Systems (Raytheon)  
“Software Radio”  
Adaptive Digital Demodulation and  
Synchronization .



1990: SW-based GSM basestation

Dr. Joe Mitola, the Godfather of SDR



1997: JTRS: Joint Tactical Radio System

ESSOR: European Secure Software Defined Radio



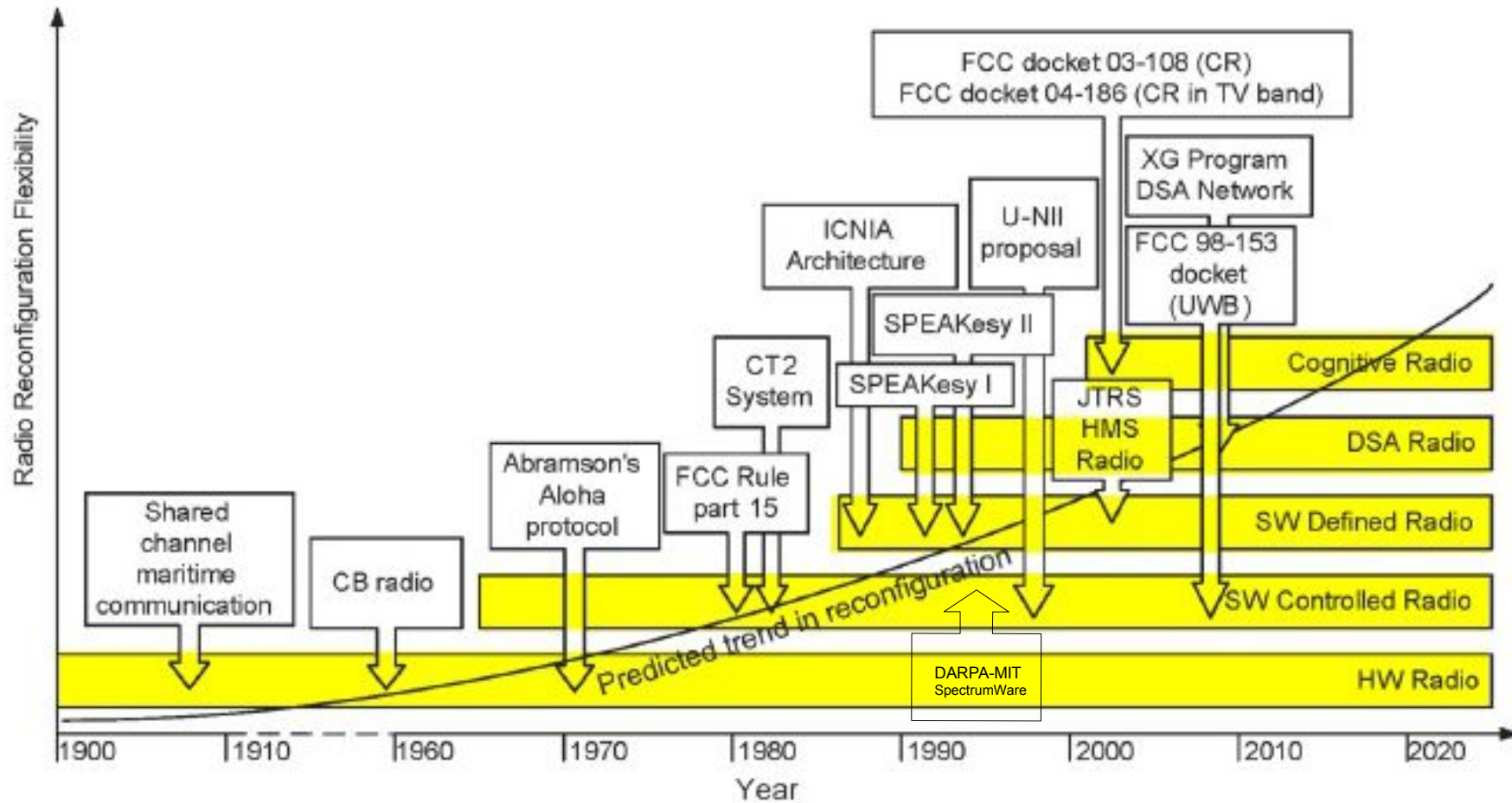
2001: GNU Radio: MIT, Sun  
Microsystems, FSF



Associazione  
Radioamatori  
Italiani  
Sezione di Firenze

*IW5 EKN Francesco*

# SDR escalation



"Cognitive Radio Communications and Networks: Principles and Practice"  
By A. M. Wyglinski, M. Nekovee, Y. T. Hou (Elsevier, December 2009)



**Associazione  
Radioamatori  
Italiani**  
**Sezione di Firenze**

*IW5 EKN Francesco*

# SDR non hamradio



The R&S M3TR software-defined radios (SDRs) from Rohde & Schwarz ([www.rohde-schwarz.com](http://www.rohde-schwarz.com)) include manpack and lightweight handheld versions for use to 512 MHz.



- **Infrastrutture** per TLC : “common platform” o “multiband-multiprotocol” base station che supportano **differenti standard**
- ApparatI di **Test e Misura** a RF
- **Cellular handset**: baseband signal/modem processing SoC sempre più presenti nella telefonia mobile
- TLC **satellitari**



Associazione  
Radioamatori  
Italiani  
Sezione di Firenze

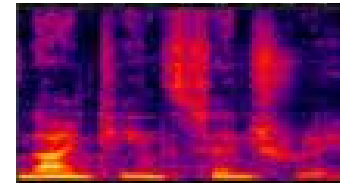


# Vantaggi del "numerico"

- **Prestazioni** non limitate dalle tecnologie costruttive dei materiali radiotecnici
- **No dispersione** delle caratteristiche, deriva termica, invecchiamento
- Flessibili, aggiornabili, **ricongfigurabili**.



Mondo Fisico



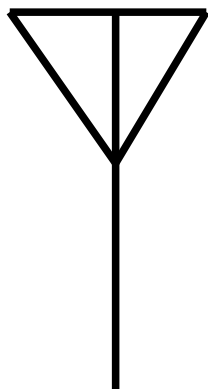
$$x_N[n] \stackrel{\text{def}}{=} \sum_{m=-\infty}^{\infty} x[n - mN].$$

Mondo Numerico

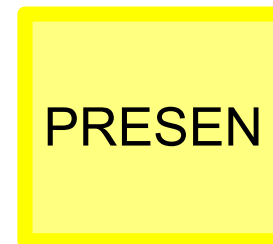
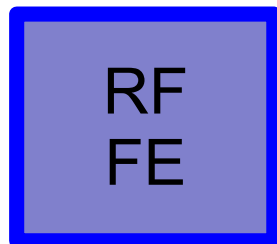


Associazione  
Radioamatori  
Italiani  
Sezione di Firenze

# SDR: cos'è



Funzioni "Sistema Radio"



"A radio in which some or all  
of the **physical layer functions**  
are **software defined**"

*SDR Forum and IEEE P1900.1 group*



Associazione  
Radioamatori  
Italiani  
Sezione di Firenze



# Conversione

Operazioni necessarie in teoria:

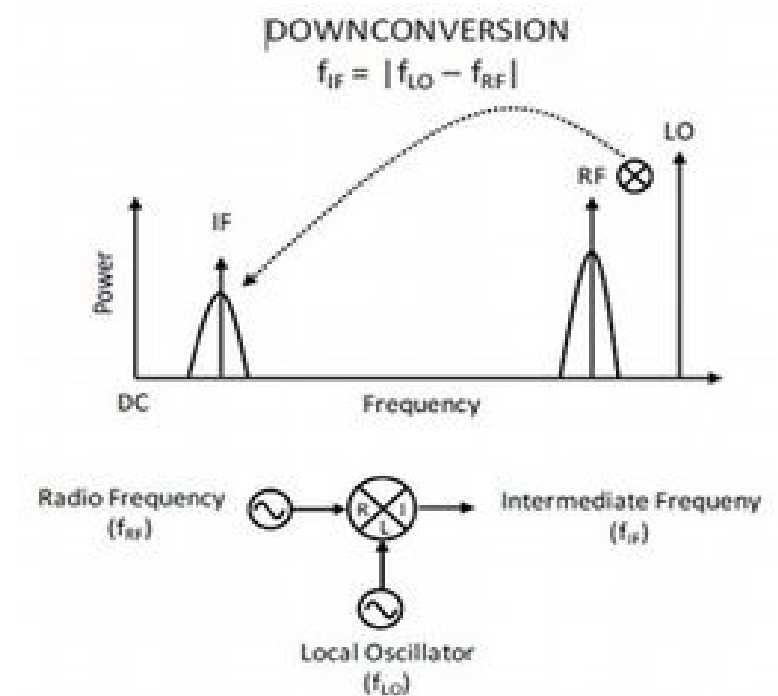
- Moltiplicazione
- Filtro
- ...

## Radio analogica

- ◆ Mixer
- ◆ Filtro analogico
- ◆ ...

## SDR

- ◆ Moltiplicatore
- ◆ Filtro Numerico
- ◆ ...

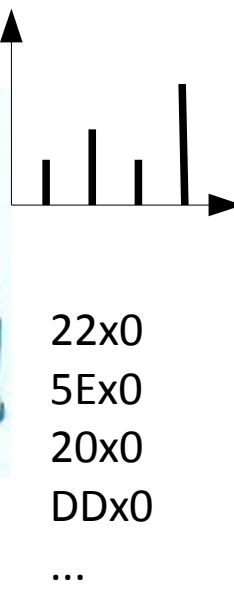
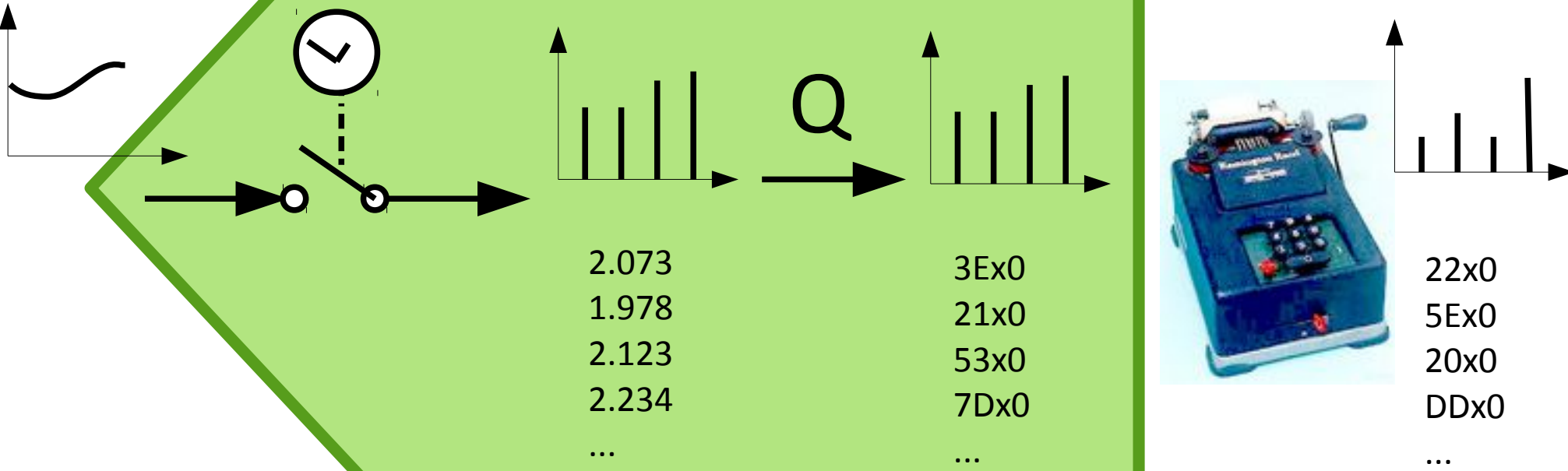


Associazione  
Radioamatori  
Italiani  
Sezione di Firenze

# Elaborazione Numerica

RF, IF o BB

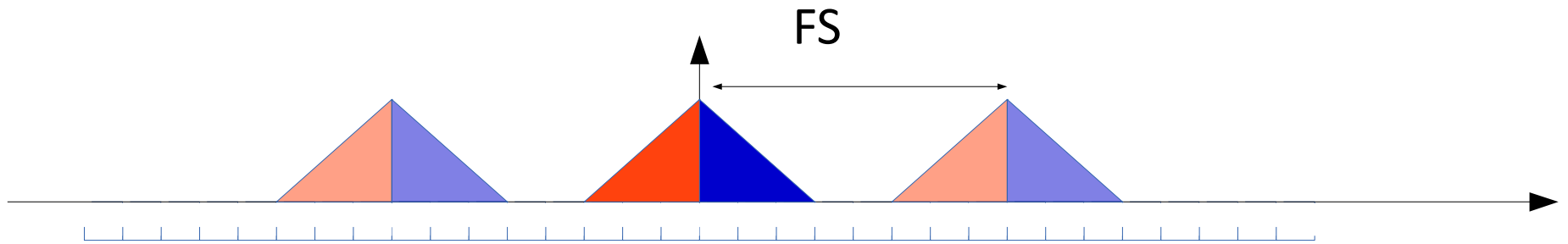
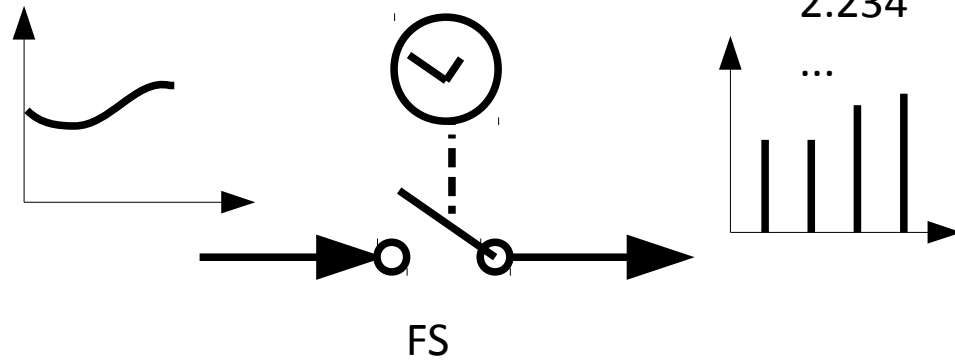
## ADC



# Campionamento

Campioni  
al secondo

2.073  
1.978  
2.123  
2.234  
...



FN



Associazione  
Radioamatori  
Italiani  
Sezione di Firenze

# Regole per il campionamento

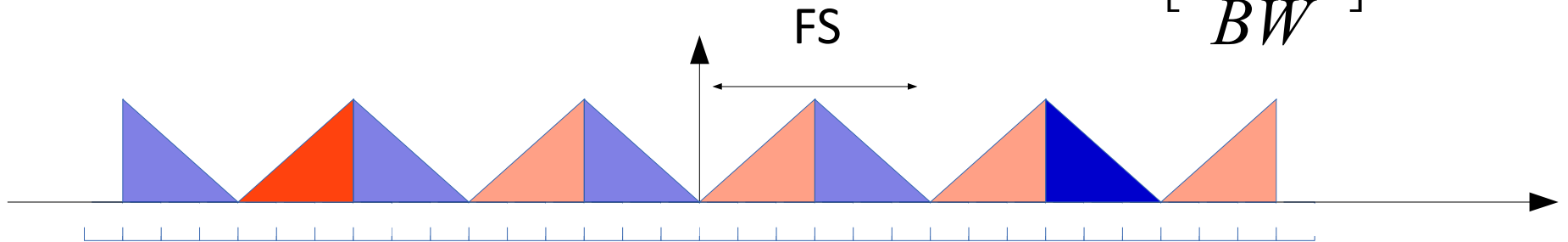
**Th. del campionamento**  
(Nyquist-Shannon-Whitaker)

$$f_{SAM} \geq 2 \cdot f_{MAX}$$



**Th. del campionamento per i segnali  
passa-banda**

$$f_{SAM_{LB}} = \frac{2 \cdot f_{MAX}}{\left[ \frac{f_{MAX}}{BW} \right]}$$



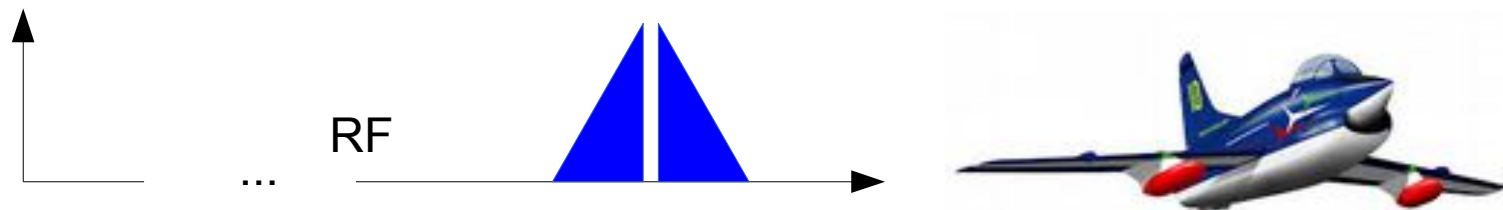
fmax 12 GHz  
BW 3 GHz

fsam 6 GSaps



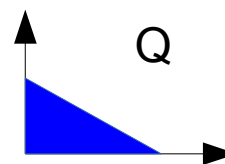
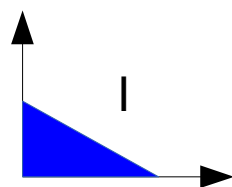
**Associazione  
Radioamatori  
Italiani**  
**Sezione di Firenze**

# Segnali I e Q: proprietà



- L'informazione di un segnale RF modulato  
<< in qualsiasi modo! >>  
è rappresentabile con due segnali

I e Q



che sono in BANDA BASE

$$s(t) = I \cos(2\pi f_0 t) - Q \sin(2\pi f_0 t)$$

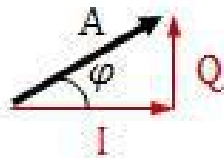


Associazione  
Radioamatori  
Italiani  
Sezione di Firenze

# Segnali I e Q: definizione

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos(\alpha) \cos(\beta) - \sin(\alpha) \sin(\beta)$$

$$A \cos(2\pi f_c t + \varphi) = A \cos(2\pi f_c t) \cos(\varphi) - A \sin(2\pi f_c t) \sin(\varphi)$$



$$I = A \cos(\varphi)$$

$$Q = A \sin(\varphi)$$

$$A \cos(2\pi f_c t + \varphi) = I \cos(2\pi f_c t) - Q \sin(2\pi f_c t)$$

where  $I$  is the amplitude of the in-phase carrier

$Q$  is the amplitude of the quadrature-phase carrier



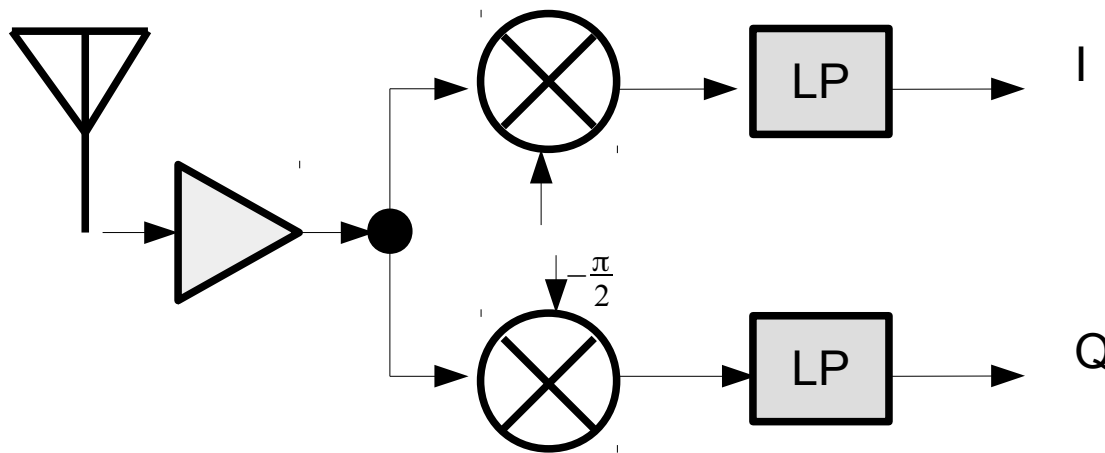
Associazione  
Radioamatori  
Italiani

Sezione di Firenze

# Estrazione di I e Q

- Miscelazione del segnale RF con LO a  $f_0$  produce il segnale I
- Miscelazione del segnale RF con LO a  $f_0$  sfasato di  $90^\circ$  produce il segnale Q

$$s(t) = I \cos(2\pi f_0 t) - Q \sin(2\pi f_0 t)$$



Quadrature  
Mixer



Associazione  
Radioamatori  
Italiani  
Sezione di Firenze



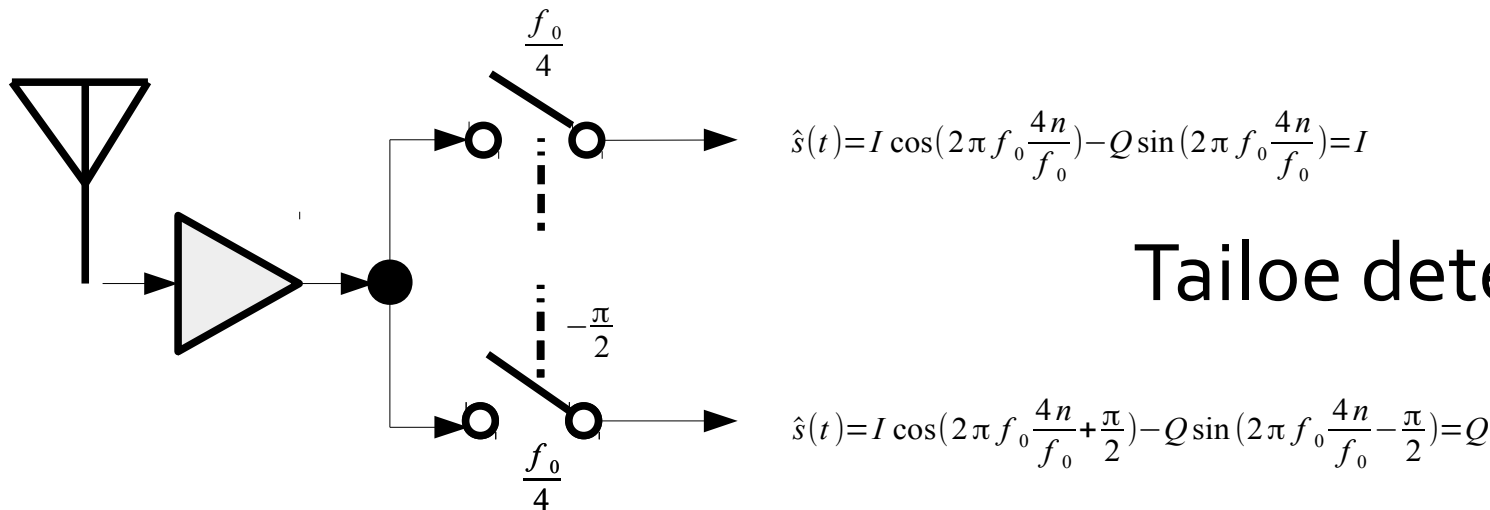
# Estrazione I e Q

Segnale RF

$$s(t) = I \cos(2\pi f_0 t) - Q \sin(2\pi f_0 t)$$

Campione a  $\frac{f_0}{4}$

$$nT = n \frac{1}{f_0} = \frac{4n}{f_0}$$



Tailor detector



Associazione  
Radioamatori  
Italiani  
Sezione di Firenze

# Riepilogando

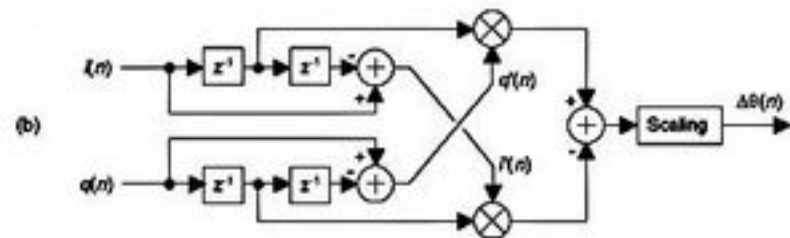
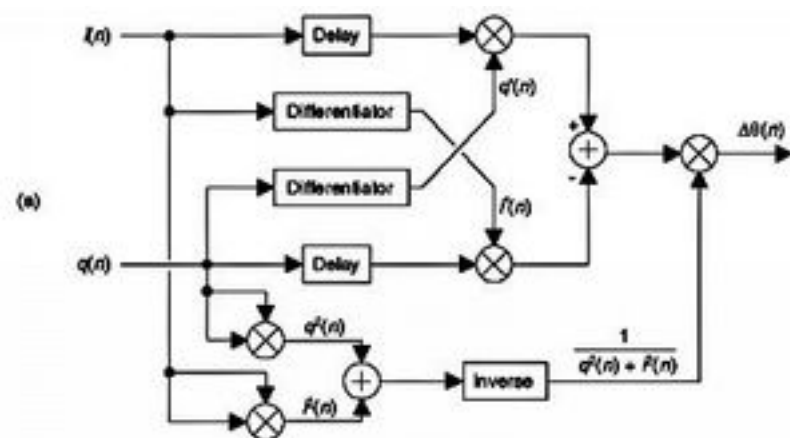
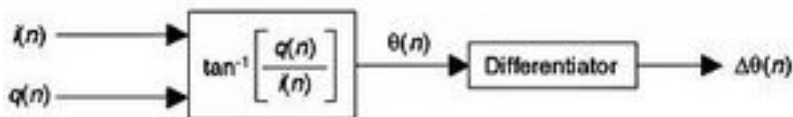
- Segnale con  $f_{max}$ :  
posso campionarlo a  **$2 f_{max}$**  o “anche meno” se a banda limitata
- Conversione:  
posso farla con un “processore” che fa somme e moltiplicazioni
- Componenti I e Q:  
rappresentano completamente il segnale e  
sono in bassa frequenza, posso campionare direttamente quelle!
- Componenti I e Q:  
posso estrarle con un mixer fisico o numerico oppure anche solo campionando  
opportunamente il segnale RF



Associazione  
Radioamatori  
Italiani  
Sezione di Firenze

# Demodulazione da I e Q

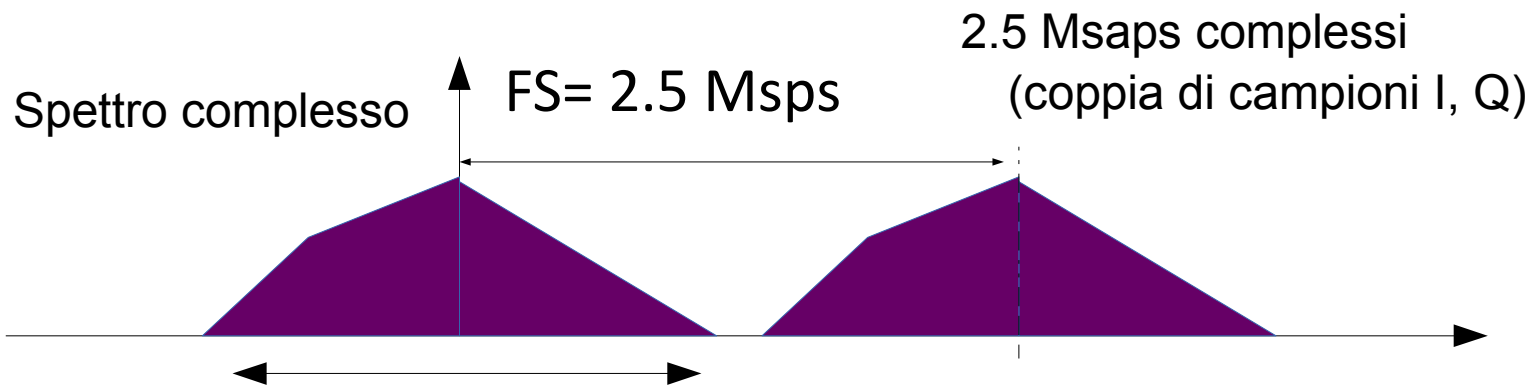
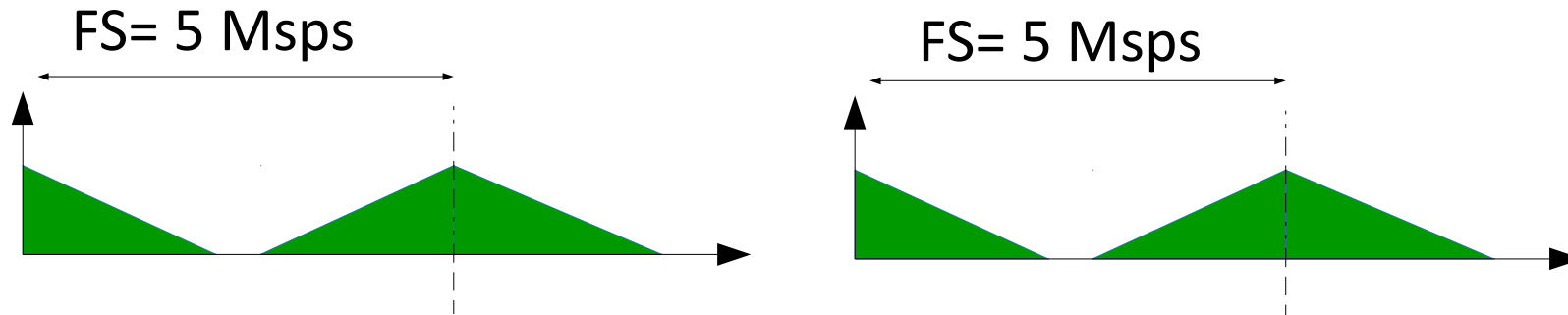
- AM: prendo  $\sqrt{I^2+Q^2}$
- SSB: somma o differenza
- FM: prendo  $\text{atan}(Q/I)$  e diff
- PM: prendo  $\text{atan}(Q/I)$
- QAM: mix
- ...



Associazione  
Radioamatori  
Italiani  
Sezione di Firenze

# Considerazioni sulla banda

Spettri reali

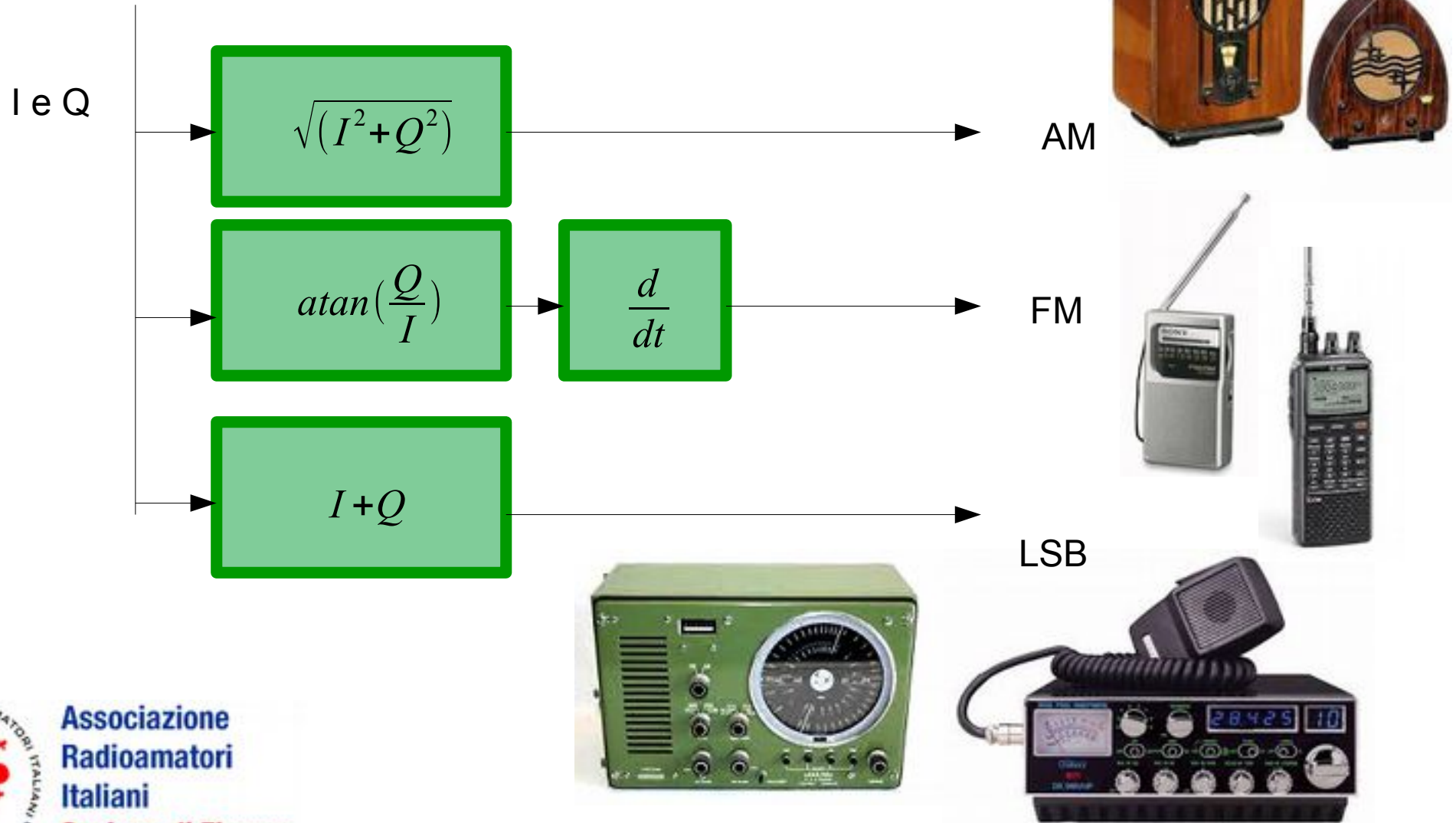


Spettro visualizzabile senza alias:  
2.5 MHz



Associazione  
Radioamatori  
Italiani  
Sezione di Firenze

# One HW many Radios



Associazione  
Radioamatori  
Italiani  
Sezione di Firenze

# SDR: tipi diversi

**RF**

## Direct sampling

High Performance Software Defined Radio

[openhpsdr.org](http://openhpsdr.org), [tapr.org](http://tapr.org)

**baseband**

## es. Direct Conversion Quadrature Sampling (DCQS)

Esempi: SoftRock Lite, EZCAP DVB-T/FM/DAB  
... Funkamateurl Einsteigerkit, RTL2832

**IF**

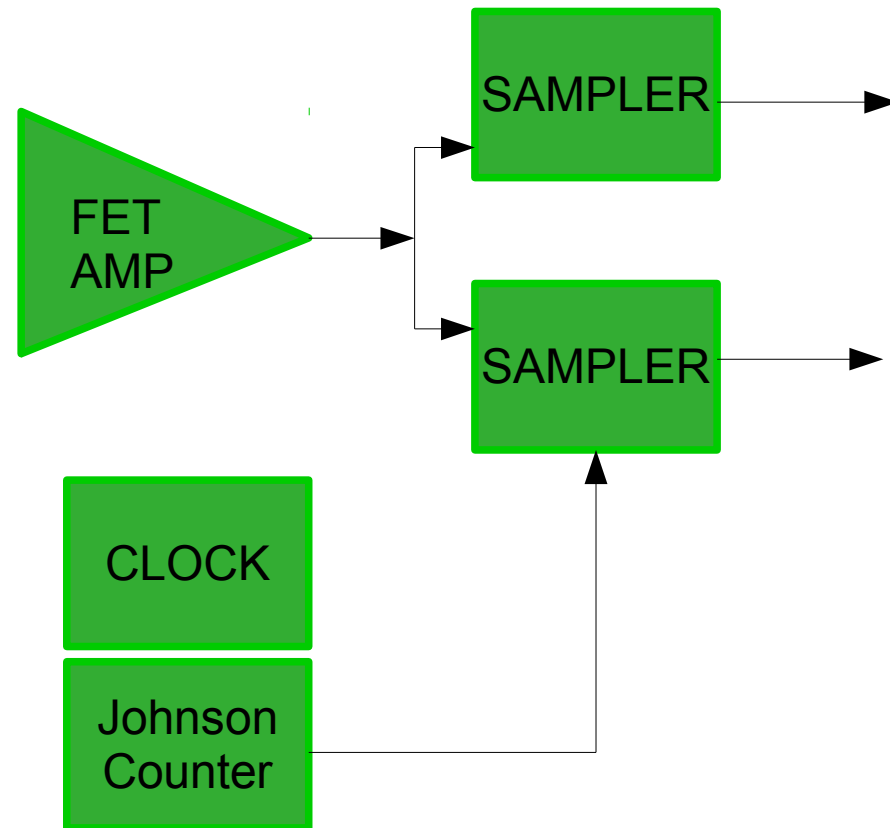
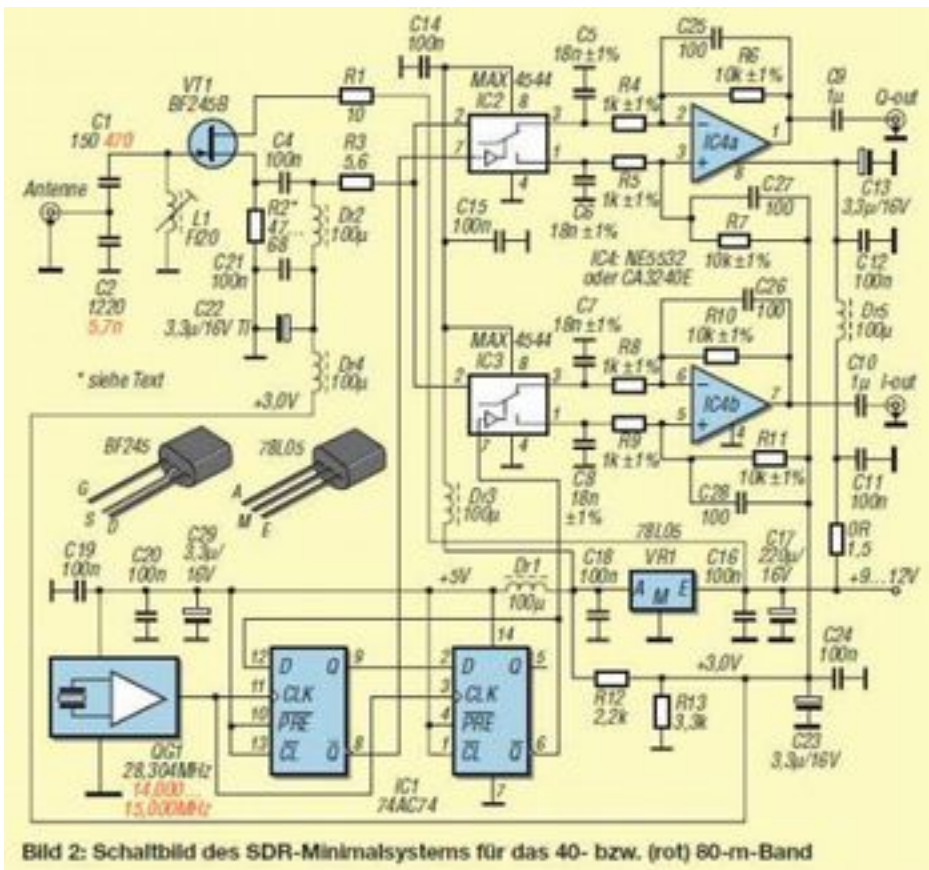
## Digital Baseband

Esempi: FLEXRadio SDRs, USRP,  
HPSDR, AMRAD Charleston SDR,  
DSP-IP ...



Associazione  
Radioamatori  
Italiani  
Sezione di Firenze

# Esempio di elaborazione a campionamento e SW: Einsteiger-Kit rivista Funkamateurr



Tailoe Detector

Es.

per 75 MHz con IF a 5,5 MHz: osc 22 MHz  $\rightarrow$  /4  $\rightarrow$  5,5 MHz  
 per ricevere i 20 m (15 MHz): osc 60 MHz  $\rightarrow$  /4  $\rightarrow$  15 MHz



**Associazione  
Radioamatori  
Italiani**  
Sezione di Firenze

IW5 EKN Francesco

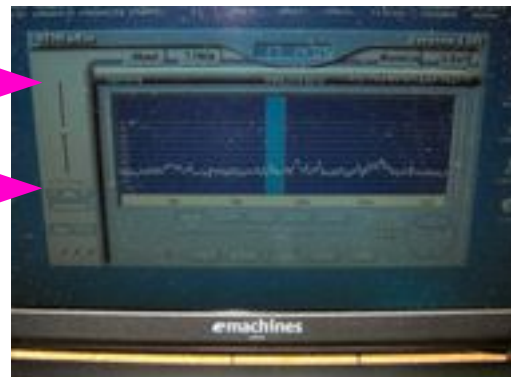


# SDR: digitale non solo software

I e Q

verso i canali L e R  
della scheda audio PC

Alimentazione



Bla bla

**SSB<sup>-1</sup>**

SDRadio di I2PHD

Oscillatore a  
28.304 MHz o VFO

$f_0/4 = 7.076$  MHz  
40 metri



Associazione  
Radioamatori  
Italiani  
Sezione di Firenze

Einsteigerkit - rivista Funkamateu

*IW5 EKN Francesco*

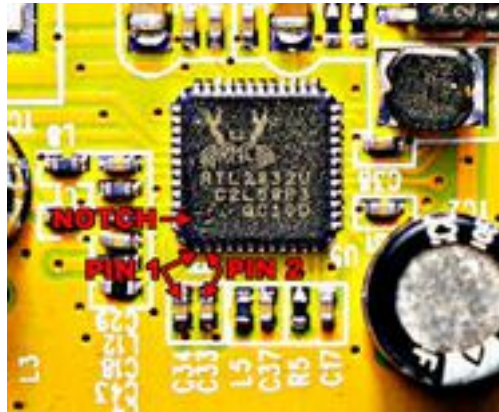
# RTL2832 dongles

DVB-T TV broadcasts

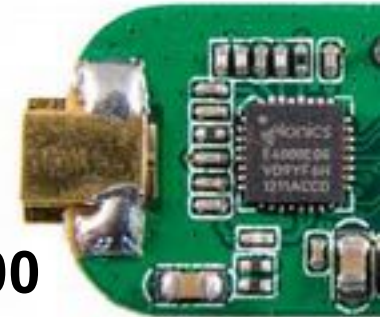
rtl-sdr.dll

SDR VHF to UHF

low-IF tuner



zero-IF tuner



**Sintonizzatore: Rafael  
R820T o R820T2**

Spettro ricevuto: 24M÷1G760  
IF = 28M8

**Sintonizzatore: E4000**

Spettro ricevuto: 54M÷2G147  
Zero-IF

Dynamic range ~45 dB  
Sensitivity ~110 dBm



**Associazione  
Radioamatori  
Italiani  
Sezione di Firenze**

*IW5 EKN Francesco*

*baseband*

### **zero-IF SDR (E4000+RTL2832)**

I e Q sono campionate da RTL2832 (entrambi gli ADC)

### **low-IF SDR (R820T+RTL2832)**

Il segnale IF a 28.8 MHz viene campionato da RTL2832 (un solo ADC) poi viene convertito da un DDC (digital downconverter), filtrato e ricampionato a 3.2 MSps

*IF*

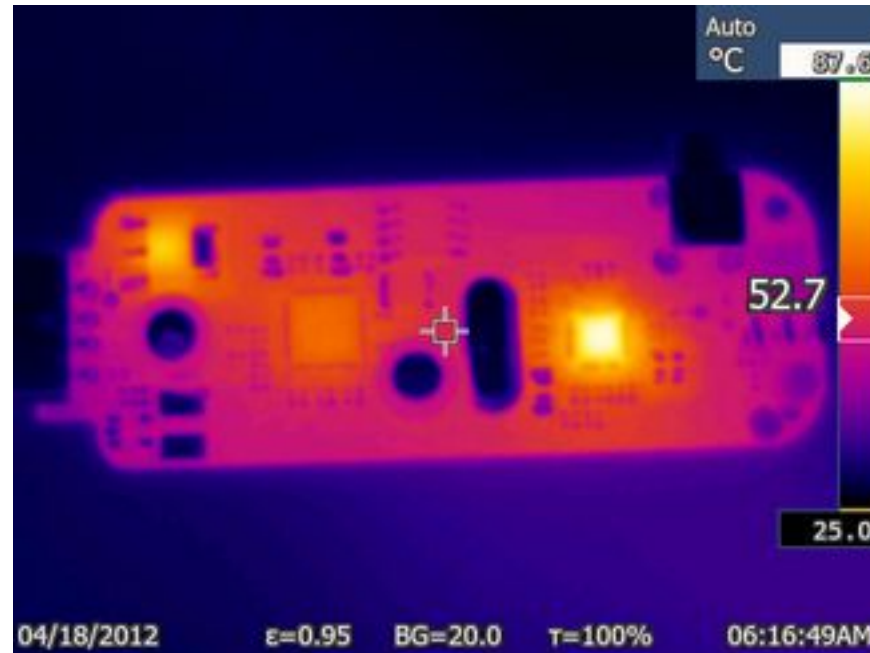


Associazione  
Radioamatori  
Italiani  
Sezione di Firenze



# Difetti

- 8 bit resolution
- Birdies
- Hump (I/Q imbalance)
- Thermal drift



# Migliorie

- Schermatura
- Raffreddamento
- Filtri
- Preamp...



Associazione  
Radioamatori  
Italiani  
Sezione di Firenze

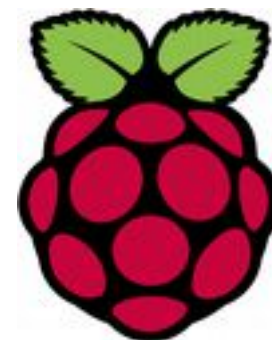
*IW5 EKN Francesco*



# RTL2832: supporto driver



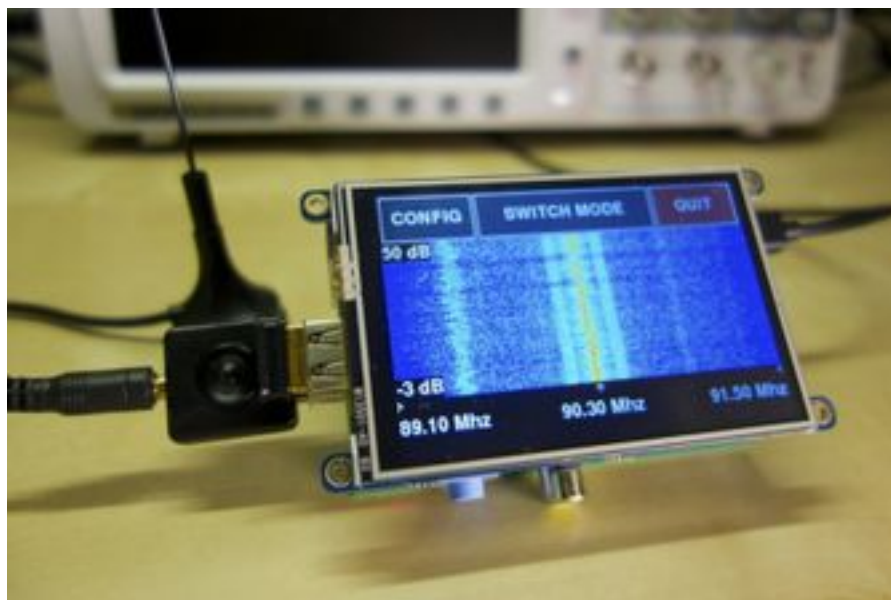
SDRtouch Android app



Raspberry Pi + PiTFT + RTL-SDR dongle



[SDRtouch.com](http://SDRtouch.com)



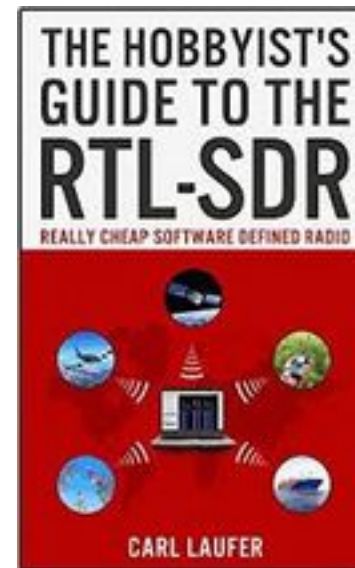
[learn.adafruit.com/](http://learn.adafruit.com/)



**Associazione  
Radioamatori  
Italiani**  
Sezione di Firenze

*IW5 EKN Francesco*

# Libri



<http://sodera.de/>



**Associazione  
Radioamatori  
Italiani**  
**Sezione di Firenze**

*IW5 EKN Francesco*



*Fine*  
*prima parte*



**Associazione  
Radioamatori  
Italiani**  
**Sezione di Firenze**

*IW5 EKN Francesco*