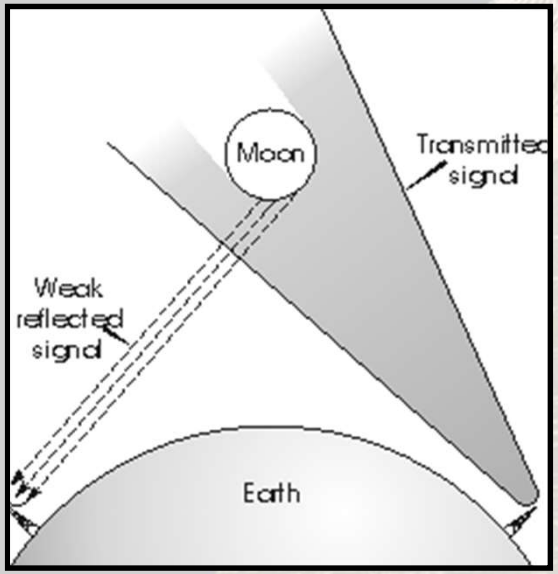
# Uso di Software Defined Radio per le comunicazioni Earth-Moon-Earth

*Mario Armando Natali, I0NAA*

# QUELLO CHE VEDREMO…..

- Attivita' di moonbouncing ( EME )
- Cosa e' una SDR
- Vantaggi delle SDR per l'EME
- SDR oltre l'EME ……

# *EME : Vediamo che cosa e'*




**La comunicazione via luna, detta anche moonbouncing o EME ( Earth-Moon-Earth ) utilizza la Luna come riflettore passivo delle onde elettromagnetiche per collegare due o piu' stazioni radio.**

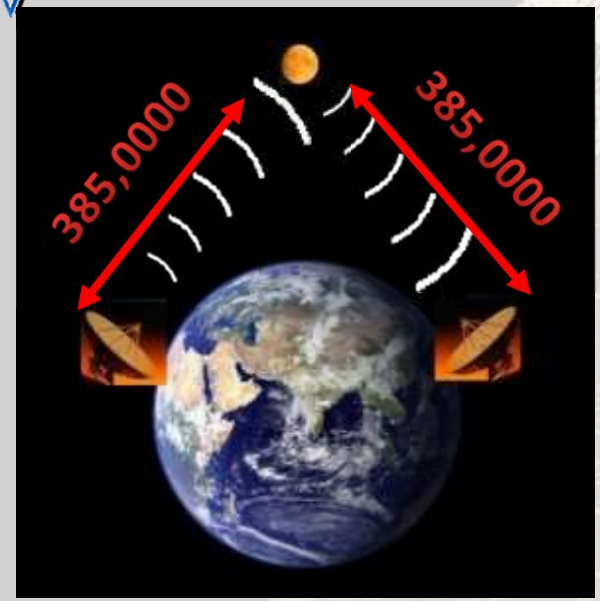
**Sono stati effettuati collegamenti dai 28 Mhz ai 47 Ghz e in ricezione fino a 7 Mhz ( HAARP .. 3.6MW su 180 Dipoli incrociati ),**

**Le prime dimostrazioni della possibilita' di comunicazione usando la Luna come specchio passivo furono fatte dai militari US nel primo dopoguerra.**

**I primi collegamenti fra radioamatori (W3GKP e W4AO ) furono effettuati nel 1953 sui 144Mhz.**

*Prima immagine via luna ( Facsimile ) 28 Gennaio 1960*

# *EME : Basi tecniche*




**La distanza terra-luna-terra (770,00 km.... ) determina il fatto che i segnali radio impieghino circa 2.5 secondi per l'andata ed il ritorno.**

**La velocita' di spostamento della luna e la sua elevazione impongono sistemi di inseguimento altazimutali con precisione crescente al crescere della frequenza e della direzionalita' dell'antenna.**

**I fattori principali che rendono il collegamento complesso sono :**

- **L'attenuazione di tratta**
- **La riflettivita' della luna**
- **L'effetto di «fading» dovuto alla librazione della luna**
- **La rotazione della polarizzazione dovuta alla posizione geografica**
- **La rotazione della polarizzazione dovuta all'effetto Faraday**
- **L'effetto doppler**
- **Il Noise "man made" e quello del sistema ricevente**
- **Il Noise dovuto alla radiazione proveniente dallo spazio**
- ***La «scintillazione»***

# *EME : Attenuazione del segnale*

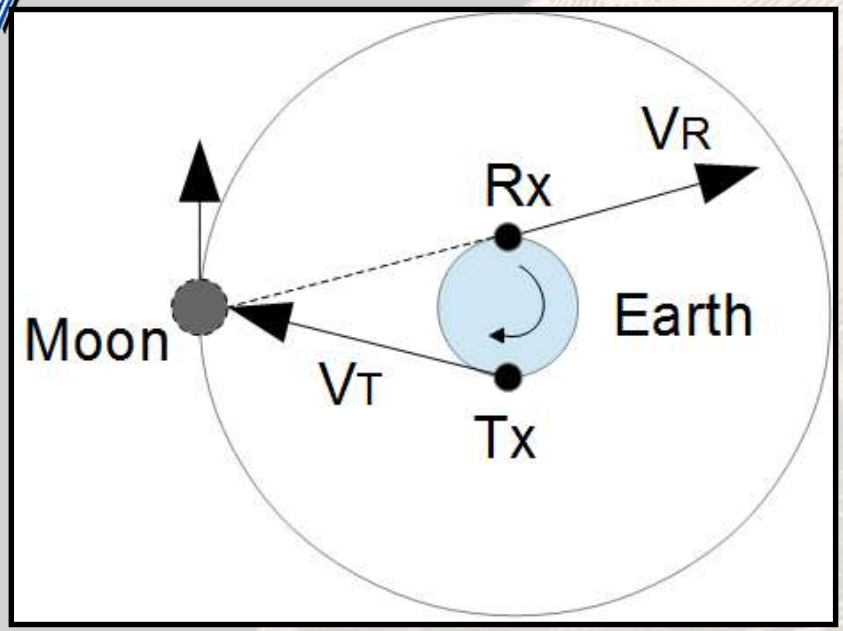
**L'attenuazione totale della tratta «Terra-Luna-Terra» e' riassunta per le varie frequenze come segue :**

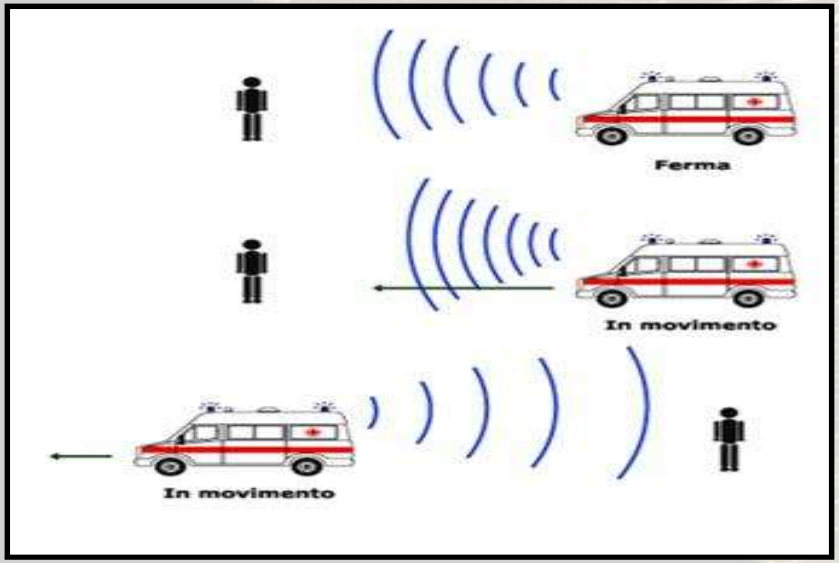
| Frequenza | Attenuazione di tratta (Antenna isotropica) |
|---|---|
| Mhz | dB |
| 50 | 243 |
| 144 | 252 |
| 432 | 262 |
| 1,296 | 271 |
| 2,304 | 276 |
| 10,368 | 289 |
| 24,048 | 294 |

- **L'attenuazione di tratta ( in spazio libero ) per un collegamento a 144MHZ di 100Km e' di 115 dB.**
- **Circa 140 dB di piu' per l' EME ...ed ogni 3 dB la potenza dimezza !!!**

**Se si volesse simulare l'attenuazione di tratta EME con un cavo coassiale di tipo RG213 si dovrebbero usare 3.2Km di cavo !** ***( Assumendo una perdita di 7.9 dB per 100m )***

# EME : Effetto Doppler




**I parametri orbitali della terra e della luna determinano che I segnali radio subiscano un effetto doppler che cresce al crescere della frequenza secondo la formula :**

**fr = ft C^2 / [(C + Vt) (C + Vr)]**
**Vt=velocita' relativa fra TX e luna**
**Vr=velocita' relativa fra Rx e luna**
**C= velocita' della luce**

| Frequenza | Doppler shift |
|---|---|
| Mhz | Hz |
| 50 | 153 |
| 144 | 442 |
| 432 | 1,320 |
| 1,296 | 3,977 |
| 2,304 | 7,058 |
| 10,000 | 30,688 |
| 24,000 | 73,651 |

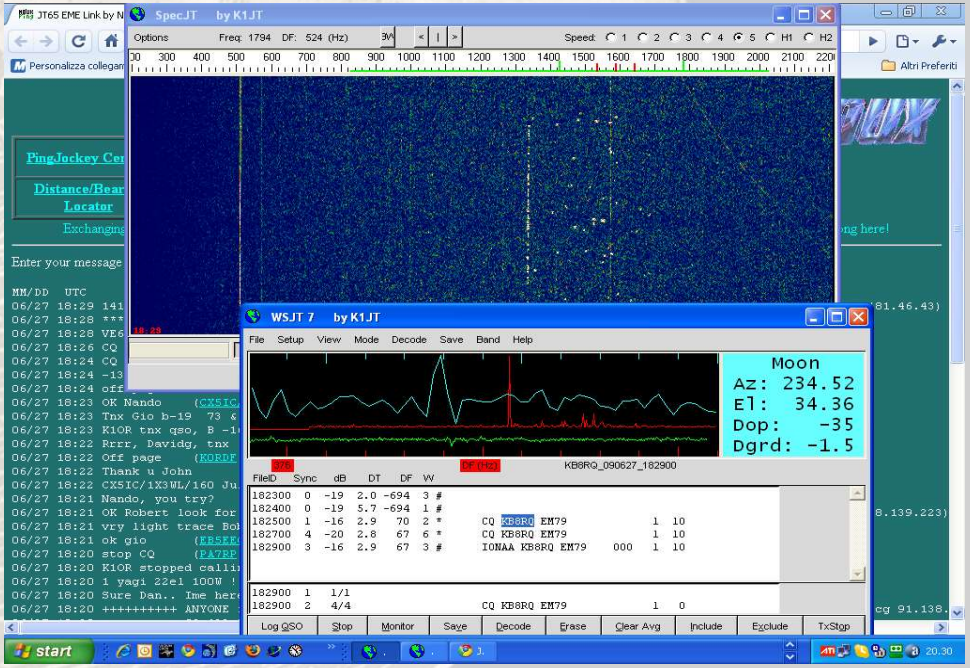
# EME : Attrezzature richieste

| Freq | Antenna | Guadagno | TX |
|---|---|---|---|
| *MHz* | *tipo* | *dBi* | *W* |
| 50 | 4x12 | 19,7 | 1200 |
| 144 | 4x6 | 21,0 | 500 |
| 432 | 3m | 25,0 | 250 |
| 1296 | 3m | 29,5 | 160 |
| 2304 | 3m | 34,5 | 60 |
| 5760 | 2m | 39,2 | 60 |
| 10368 | 2m | 44,3 | 25 |

**Antenne e potenze suggerite dall'Handbook ARRL per poter effettuare collegamenti in CW.**

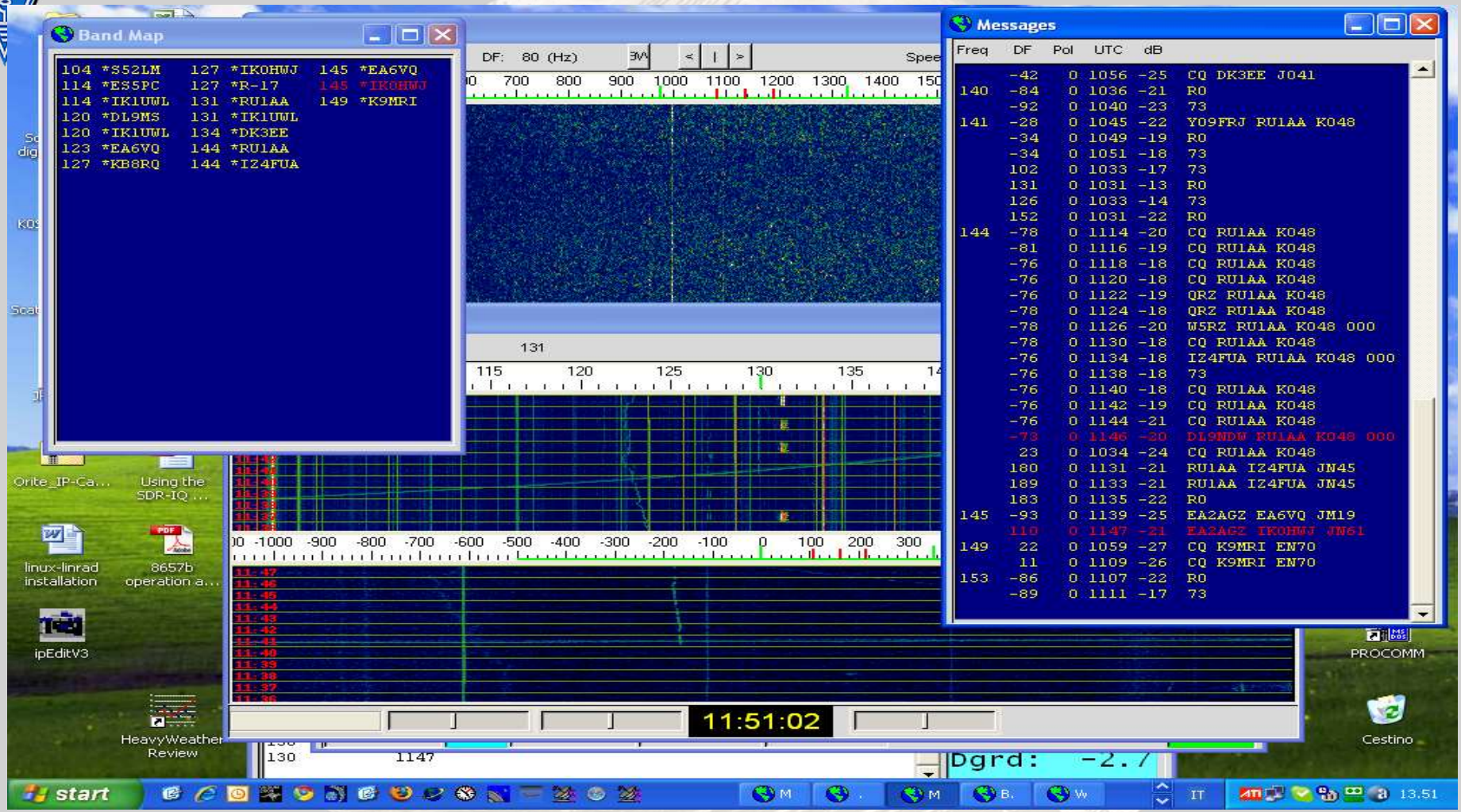
***…… MA CI SONO I MODI DIGITALI !!!!!!!***

- ✓ **Joe Taylor, K1JT e piu' recentemente Nico Palermo , IV3NWV hanno ideato una serie di softwares che , usando tecniche di Digital Signal Processing ed algoritmi di correzione di errore, consentono collegamenti con installazioni ridottissime.**
- ✓ **In 144Mhz si possono fare collegamenti con 9 elementi e 100W !!!!!!**




**Programma WSJT**

# EME : Attrezzature richieste




**MAP65 e' una evoluzione di WSJT e consente di visualizzare TUTTI i segnali presenti sulla banda EME .... Grazie anche alla larghezza di banda offerta delle SDR ....**

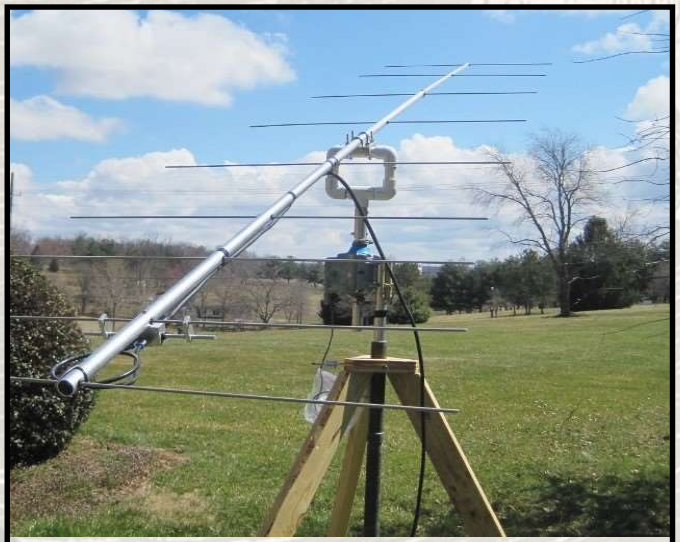
# EME : Attrezzature richieste

## 144Mhz

1. RTX da 100W
2. Pre a bassa cifra di rumore ( *senza esagerare ...* )
3. Un sequenziatore *( .. Per evitare di bruciare il pre ..* )
4. Una Yagi da 6-10 elementi
5. Un rotore altazimutale ( *ma si puo' iniziare senza !!!* )
6. Un PC con il programma WSJT

I0NAA 2X9 , 100W

N0EME 1x10, 400W



K4MSG 1X9, 200W

9A4QV 3el Quad, 300W

# EME : Attivita' nel mondo

I1NDP, Nando, Parabola 10 metri

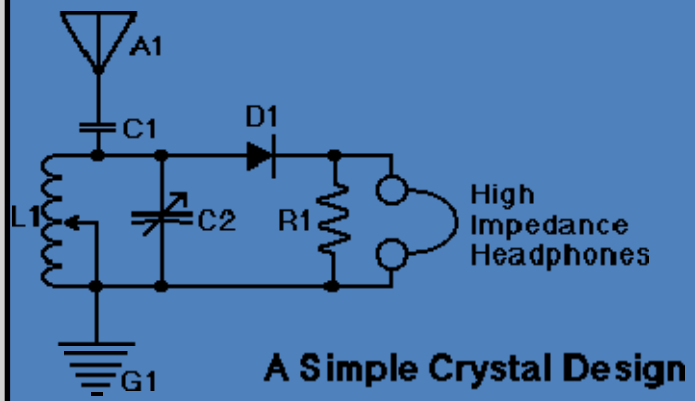
KB9RQ, Gary , 24x13

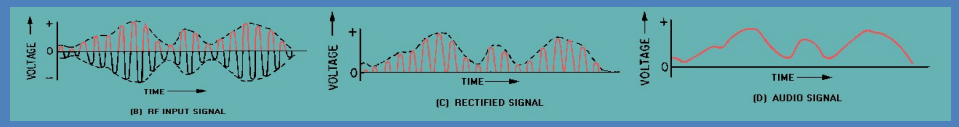
OE5JFL, Hannes, 23cm horn

PI9CAM, Parabola 25m

# SDR : Che cosa e' …

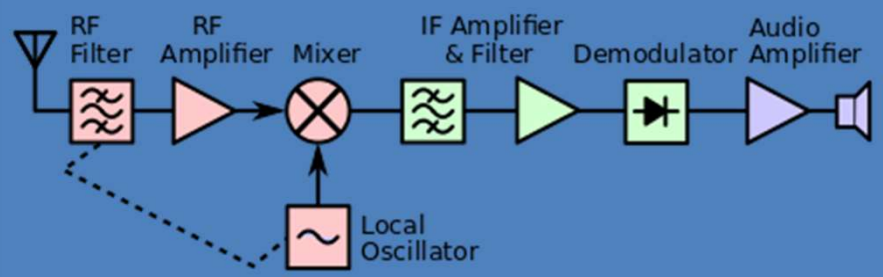
## La radio a galena ( omodina ) 1906

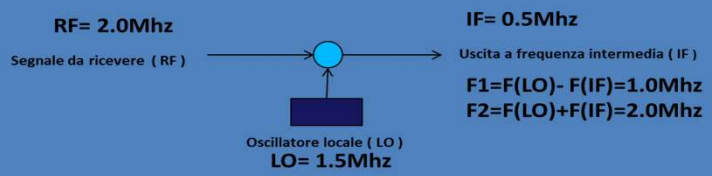


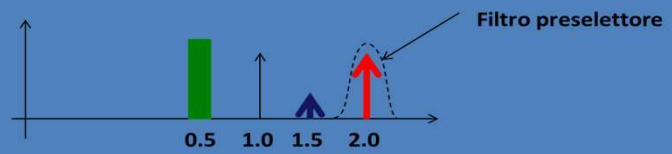




**Molte semplice , ma con notevoli problemi di SELETTIVITA', AMPLIFICAZIONE, etc.**

## La supereterodina 1918



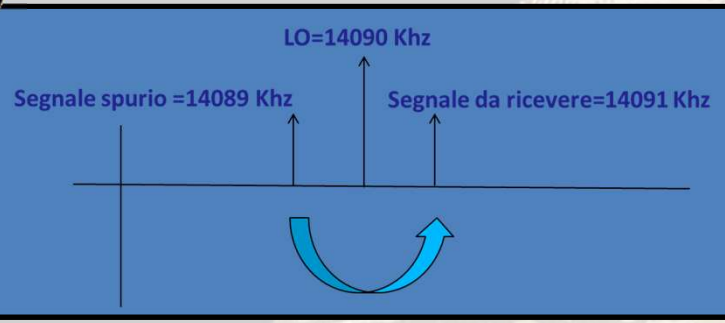



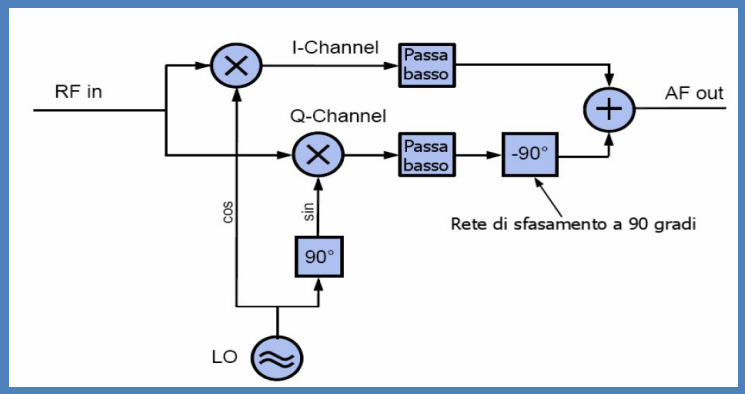

**Il segnale viene convertito ad una frequenza fissa ( IF ) in modo da poter usare dei filtri facilmente realizzabili, ma si dovra' tenere conto dell'eliminazione della «frequenza immagine» tramite un filtro preselettore**

***…. Allora forse potremmo pensare anche ad una IF = 0 ( omodina ) … possibile ma ….***

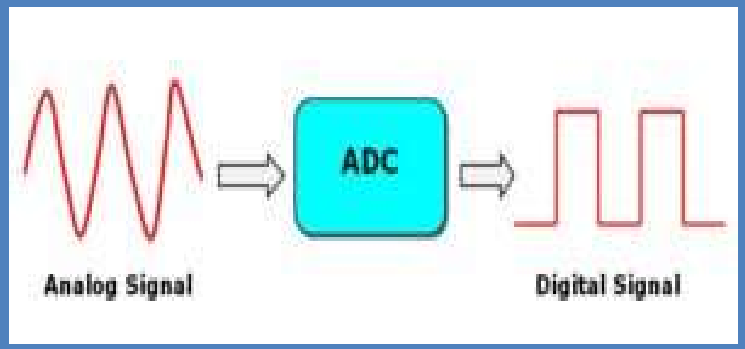
# SDR : Che cosa e' ...




*.... se convertiamo con un LO = FREQUENZA DA RICEVERE*
**sara' impossibile eliminare l'immagine ....**
***Anzi .... ERA impossibile eliminare l'immagine .....***



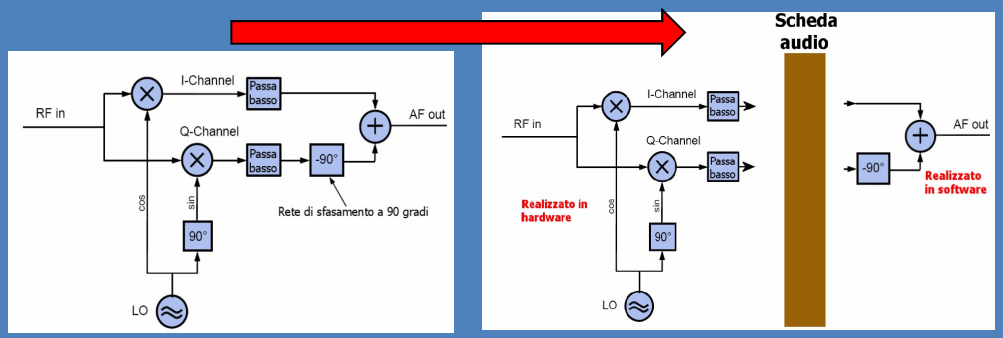

**Per eliminare l'immagine nelle *omodine* si devono ricavare due segnali di battimento in fase (I) ed in quadratura (Q)e mandarli ad una rete di sfasamento.**
***Questo, nel mondo analogico, e' quasi impossibile se si vuole una reiezione dell'immagine di almeno 60db, perche' e' impossibile realizzare ad Hardware una rete di sfasamento precisa e stabile ...***




***.... Dobbiamo abbandonare il mondo analogico e passare a quello digitale dove tutte le elaborazioni avvengono senza errori ed in maniera ripetibile ...***
***E' IL REGNO DEL DSP ( Digital Signal processing )***

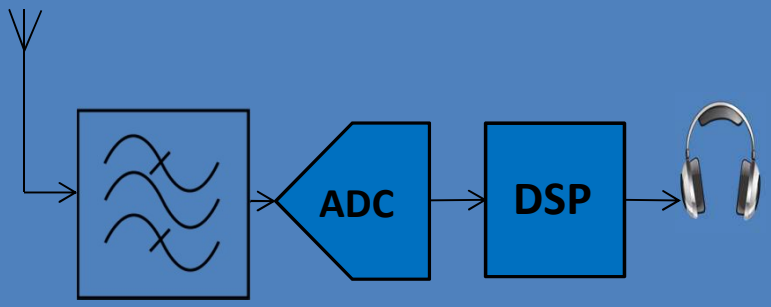
***tutto ... o quasi ... e' possibile ....***

# SDR : Che cosa e' ...




**Appena furono disponibili PC con schede audio con buona frequenza di campionamento si cambio' l'Hardware e si aprirono le porte alle SOFTWARE DEFINED RADIO**

**La soluzione piu' semplice e' quella di digitalizzare il segnale direttamente all'antenna, ma il teorema del campionamento ( Nyquist ) stabilisce che la minima frequenza necessaria per evitare ambiguita' ( alias ) e perdita di informazione è pari al doppio della frequenza massima del segnale da campionare .**




**Il velocissimo progresso dei semiconduttori guidato dalla legge di Moore ha permesso di realizzare convertitori Analagico-Digitale capaci di funzionare a frequenze elevatissime ( ADC32RF45 @ 4 Ghz ! ) aprendo definitivamente la strada a SDR ad alte prestazioni.**
**In parallelo si sono anche sviluppate tecniche software di sottocampionamento che permettono di «violare Nyquist»**

# MA ALLA FINE CHE COSA E' UNA SOFTWARE DEFINED RADIO ????

# *SDR : Che cosa e' …*

***CHE COSA NON E' UNA SDR*** :

**NON E' una radio semplicemente connessa ad un PC**
**NON E' una radio comandata da un PC**
**NON E' una radio che implementa soltanto il filtraggio in DSP**
**NON E' una radio disponibile sul web …..**

**Una SDR e' una radio che implementa TUTTE le funzioni principali quali il mixing e la demodulazione a livello numerico.**
**I segnali analogici vengono DIGITALIZZATI prima possibile e tutte le elaborazioni vengono implementate a software ( DSP ).**

***Il DSP Digital Signal Processing e' per le SDR quello che il saldatore e' per le radio tradizionali***

# SDR : Alcune radio …

HPSDR

perseus

microtelecom

FlexRadio Systems

SISTEL

PMSDR

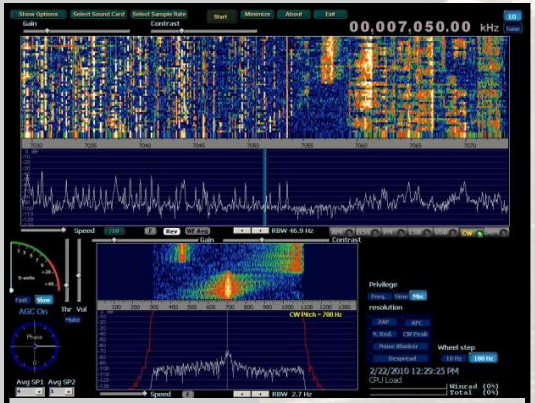
AIRSPY
Redefining The Radio Experience.

ELAD

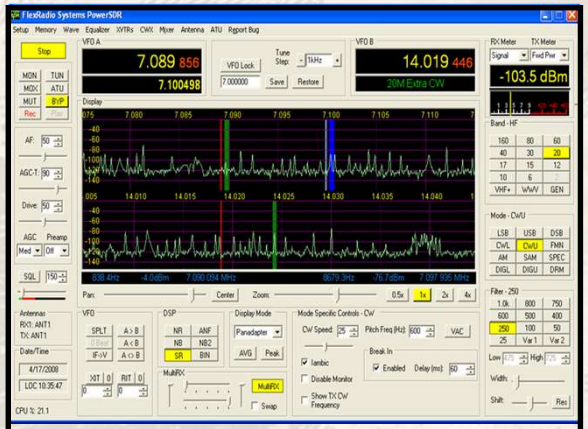
RFspace

ICOM

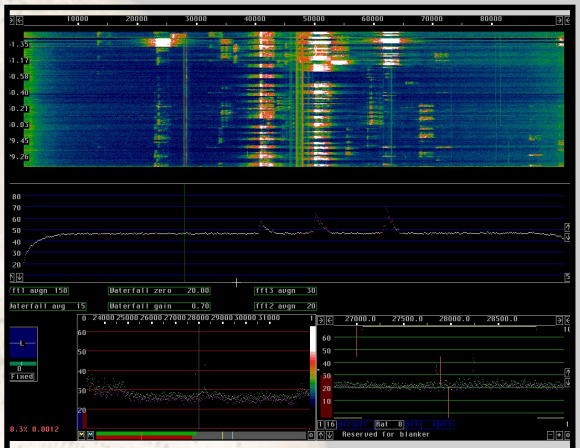
# SDR : I programmi



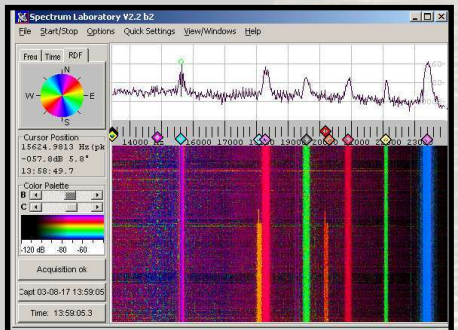
Winrad



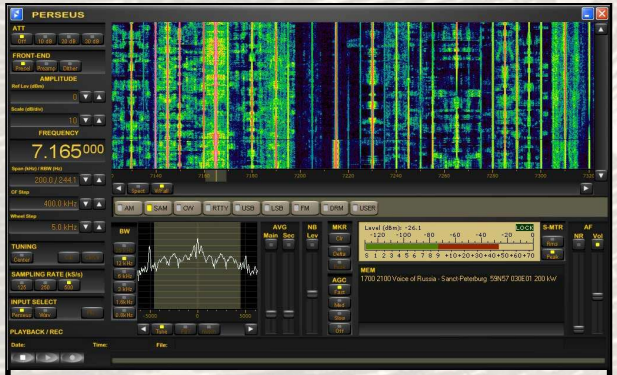
PowerSdr



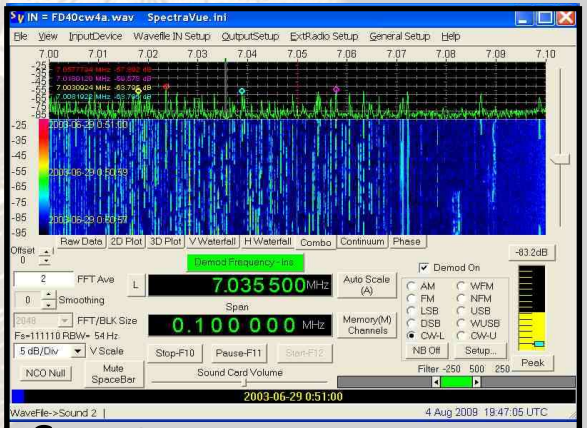
Linrad



Spectrumlab

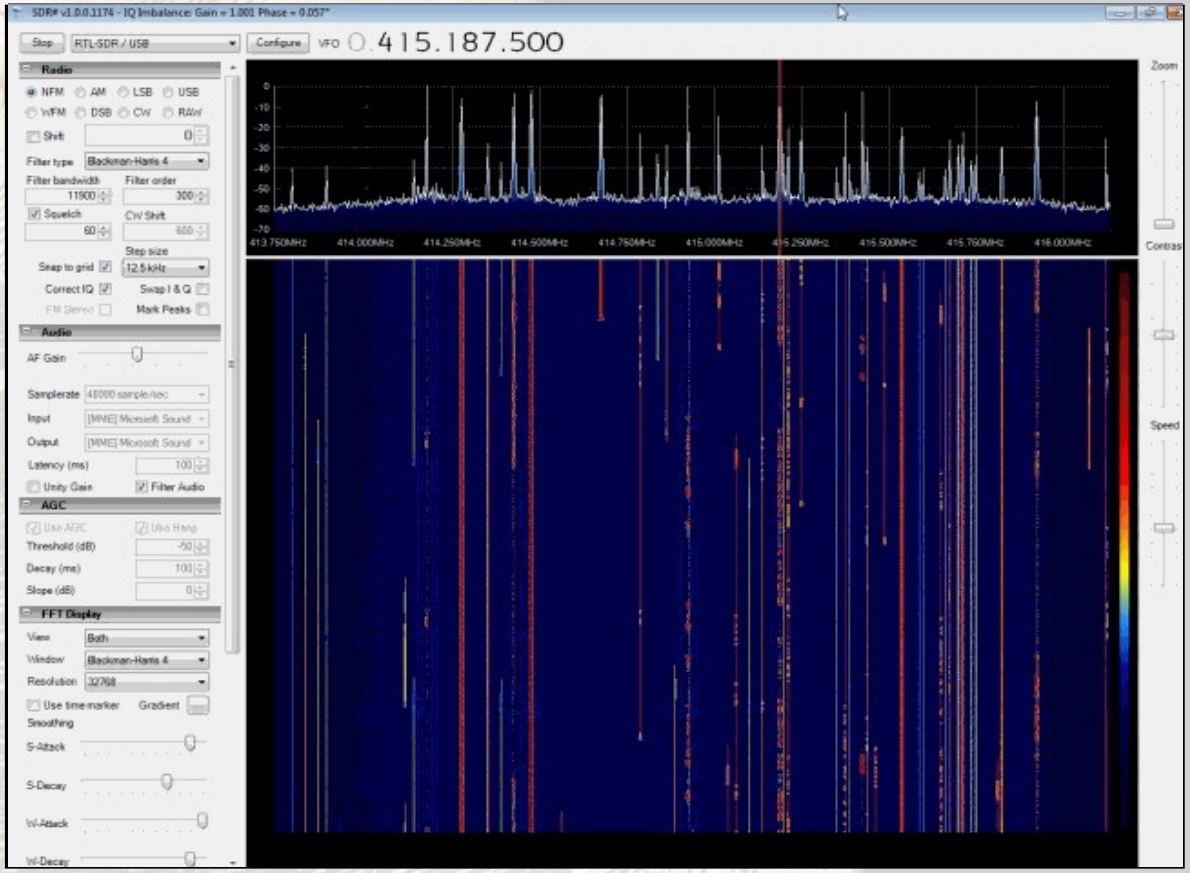


Perseus



Spectravue

# SDR : A basso prezzo !



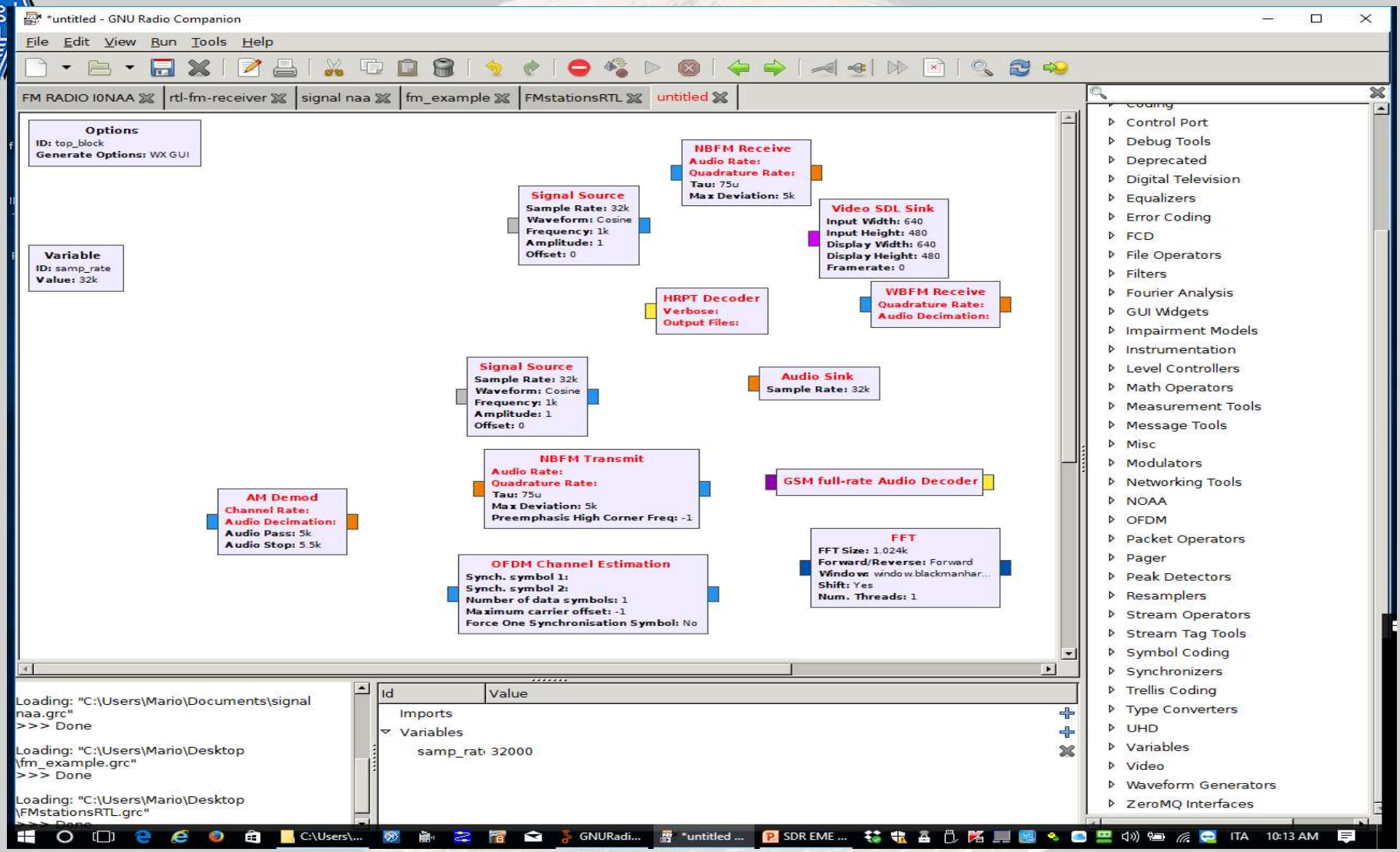

**RTL-SDR Blog R820T2**
**RTL2832U 1PPM TCXO SMA**
**Software Defined Radio**
**(Dongle Only)**

**USD : 19.95**

**http://www.rtl-sdr.com**

**Frequency Range:** approx. 24 MHz – 1766 MHz
**ADC Resolution:** 8 Bits
**Max Bandwidth:** 3.2 MHz / 2.4 or 2.8 MHz max stable.
**TX/RX:** RX Only
**Preselectors:** Uses tracking RF filters on the R820T2 chip

# SDR : GNURadio




- GNuRadio e' una piattaforma completamente gratuita per lo sviluppo di SDR e di sistemi di analisi segnali .
- La programmazione e' basata su «oggetti» gia' disponibili.
- E' un laboratorio ECCELLENTE per capire come funzionano le SDR e che cosa e' il DSP !

# *SDR per l'EME : I vantaggi*

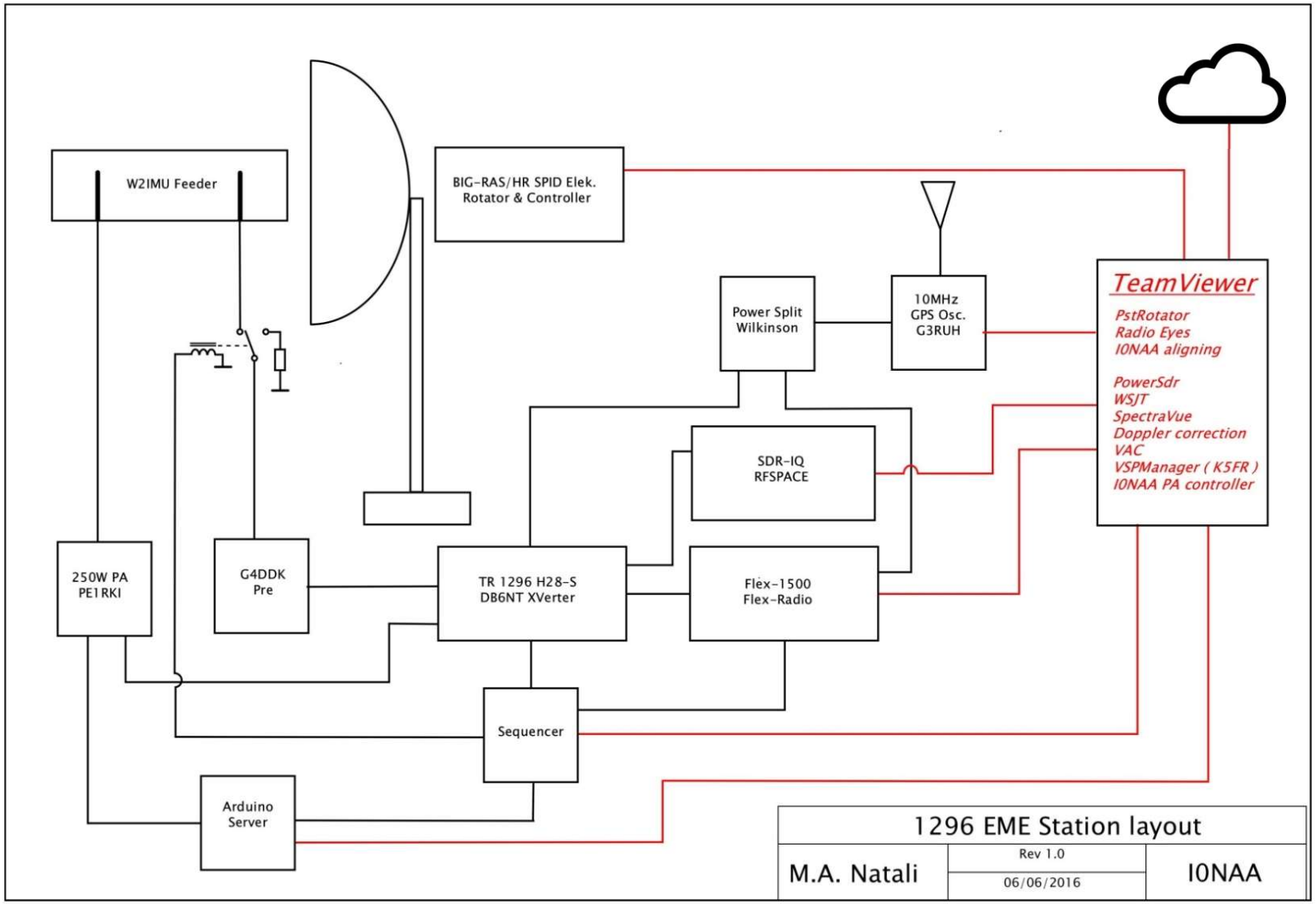
## VANTAGGI

- Aggiornabile continuamente : per cambiare qualche funzione basta cambiare il S/W.
- Permette di vedere in tempo reale una fetta molto ampia della spettro di ricezione nel dominio delle frequenze.
- Il filtraggio dei segnali e' estremamente efficace e ridefinibile dall'operatore.
- Consente funzioni di notch eccezionali.
- Ha lo straordinario vantaggio della funzione «point and tune».
- Rende facile l' interfacciamento con altri programmi o con la rete grazie alla possibilita' di definire porte virtuali. ( non piu' cavi ! )
- Consente la registrazione del segnale in digitale per successive elaborazioni.

## SVANTAGGI

- Sensibilita' generalmente inferiore.
- Rumore intrinseco piu' alto.
- Dinamica piu' bassa.
- Necessita' uso PC ( o DSP in H/W ) e quindi puo' avere rumore addizionale.
- Possono esserci problemi di latenza.

# SDR per l'EME : I vantaggi



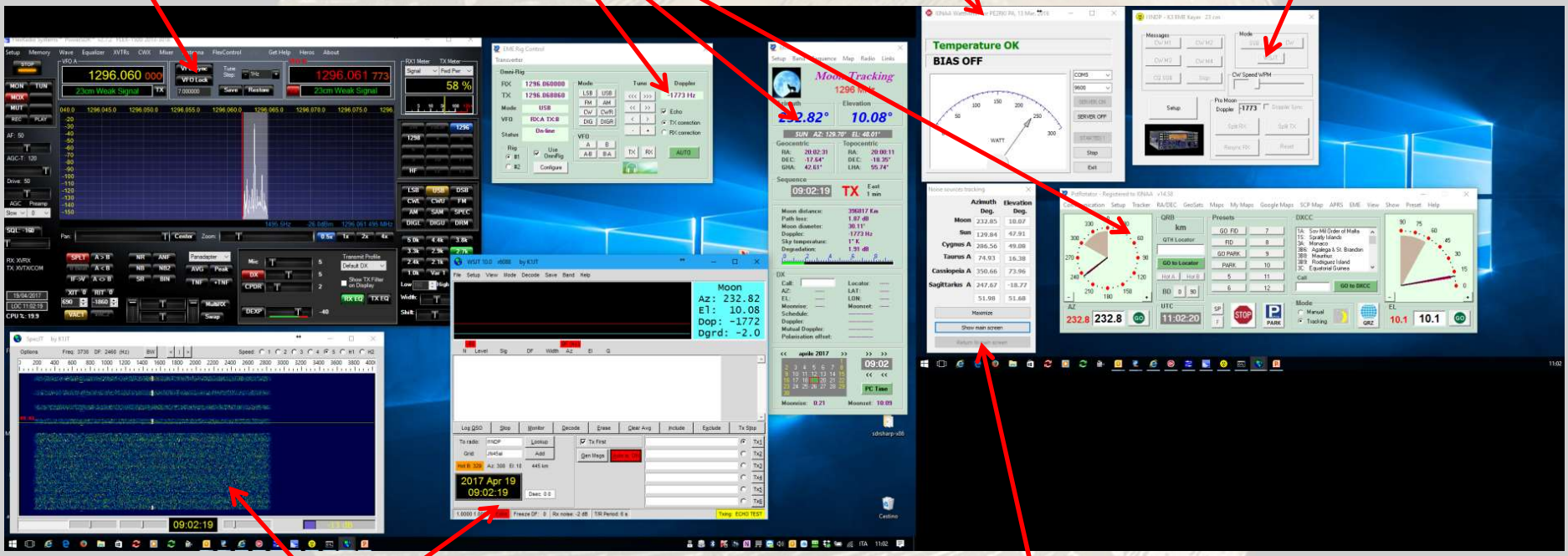
# SDR per l'EME : I vantaggi

PowerSDR

PstRotator

I0NAA PA Server

I1NDP doppler correction




WSJT10

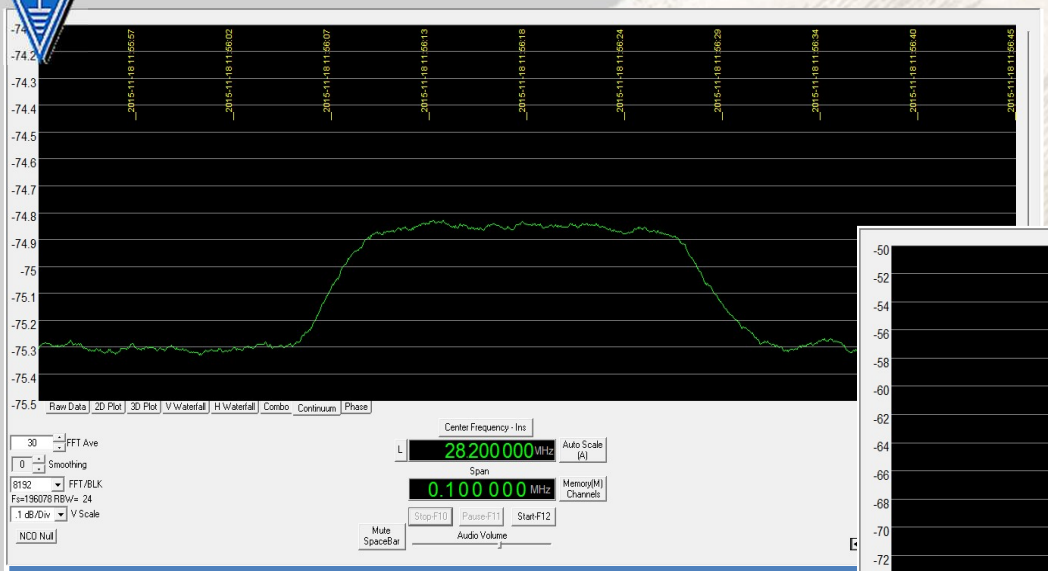
Murmur

# *SDR oltre l'EME : Radioastronomia*

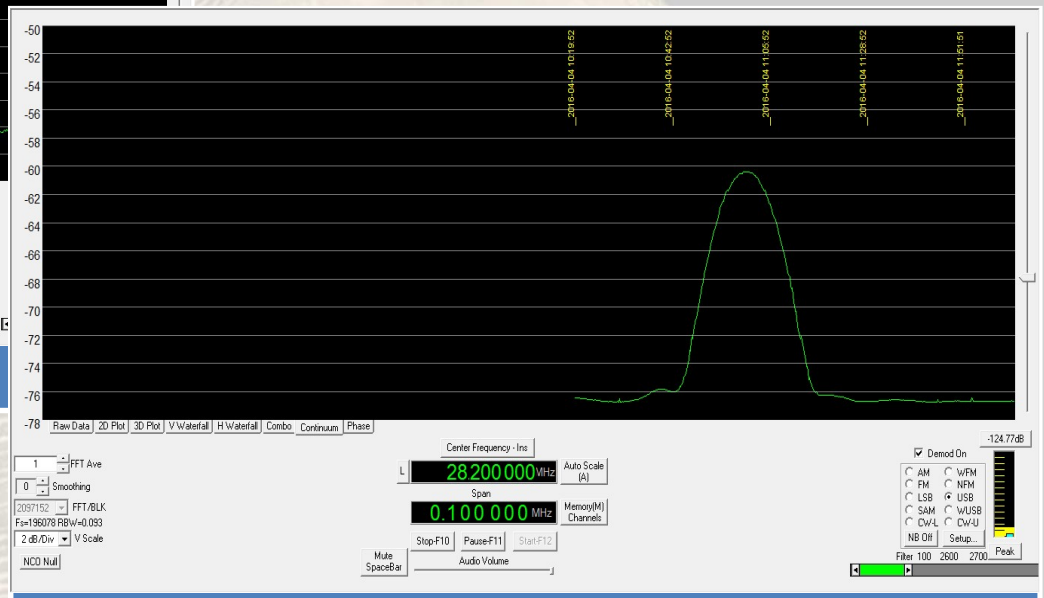
- **Una stazione EME equipaggiata con SDR si puo' anche avvicinare con successo alla radioastronomia con numerose possibilita' di sperimentazione ....**

  - ✓ **Rilevazione di sorgenti di rumore cosmico.**
    - **Sole, Luna, Cigno-A, Toro-A, Sagittario-A, etc.**
  - ✓ **Misura spostamento della «riga dell'idrogeno» a 1420 Mhz con l'opportunita' di poter misurare la velocita' di allontanamento o avvicinamento delle zone galattiche di emissione.**
  - ✓ **Rilevazione di alcune Pulsars. ( 400 Mhz – 1400 Mhz ).**

# SDR oltre l'EME : Radioastronomia



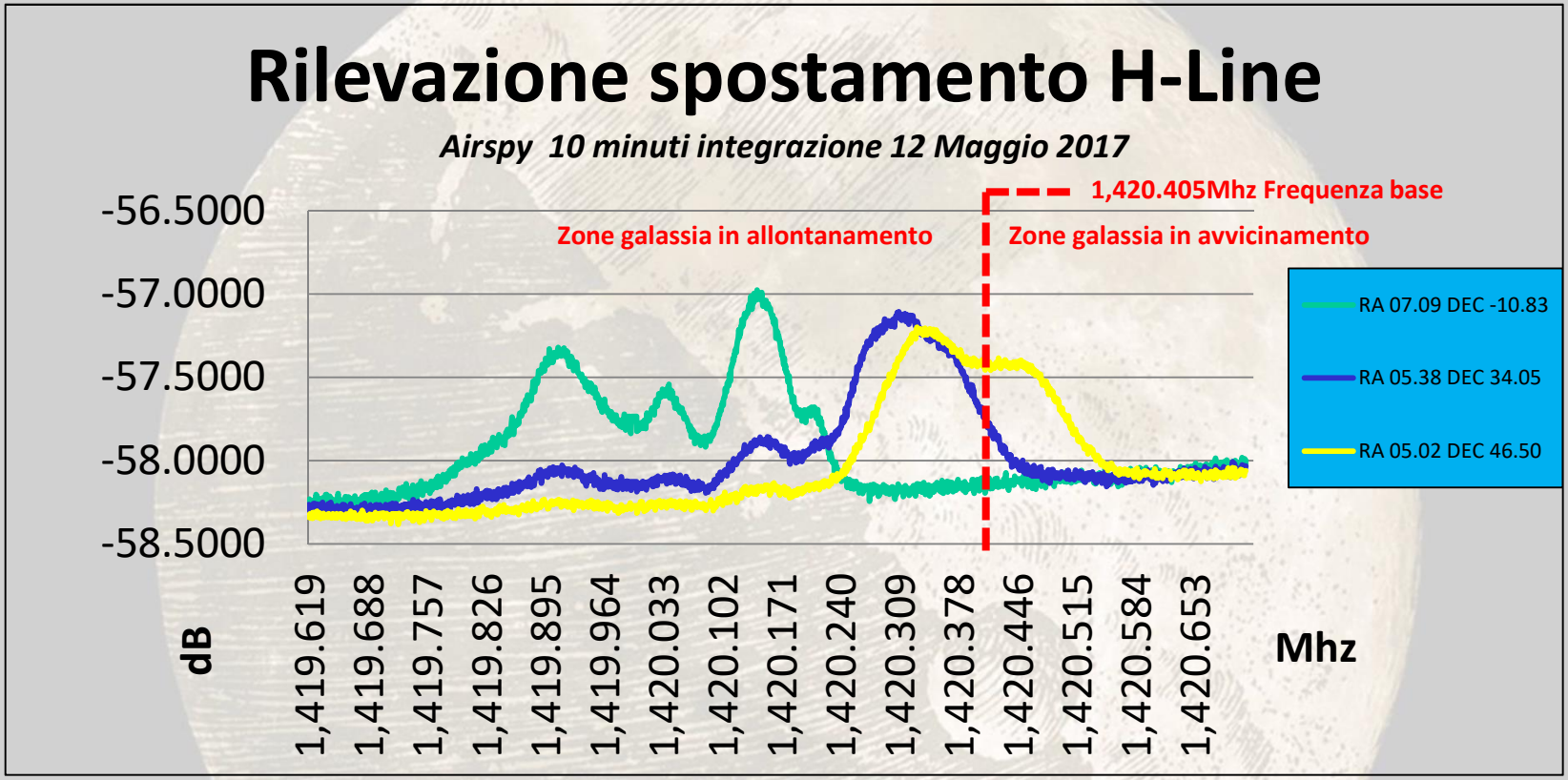

Cigno – A @ 1290 Mhz




Sole @ 1290 Mhz – Drift scan

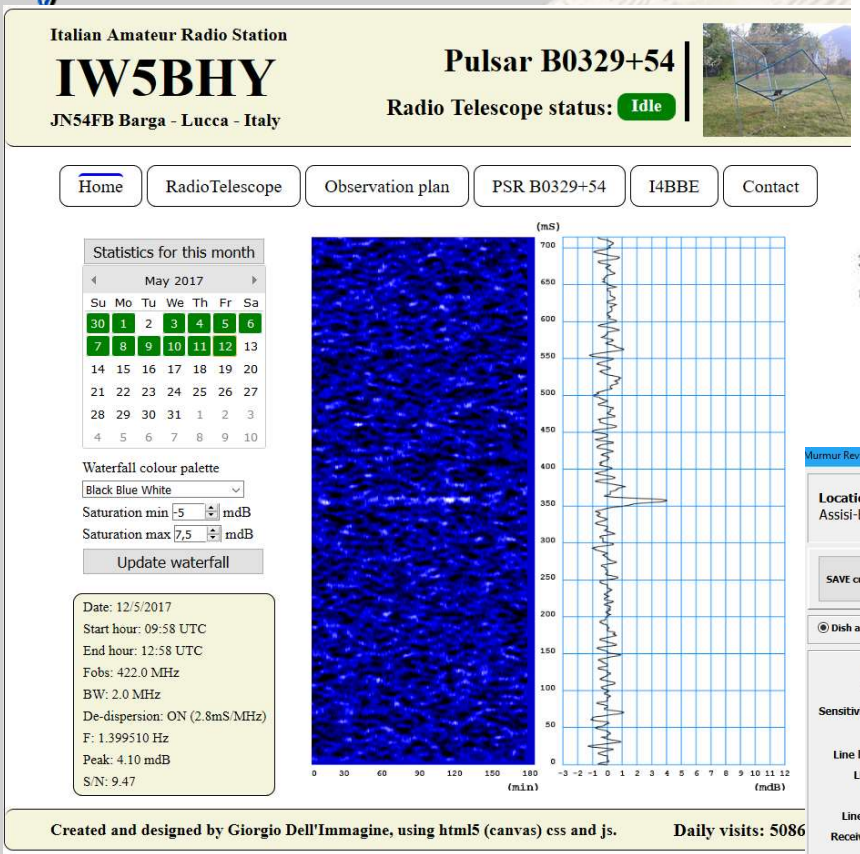
- La misura del rumore del sole ( in questo caso tenendo la parabola ferma ) si utilizza per misurare l'accuratezza di tutto il sistema di ricezione.
- Il segnale di circa 0.6 dB ricevuto da Cygnus-A e' stato emesso circa 700 milioni di anni fa quando qui sulla terra la vita stava appena nascendo.

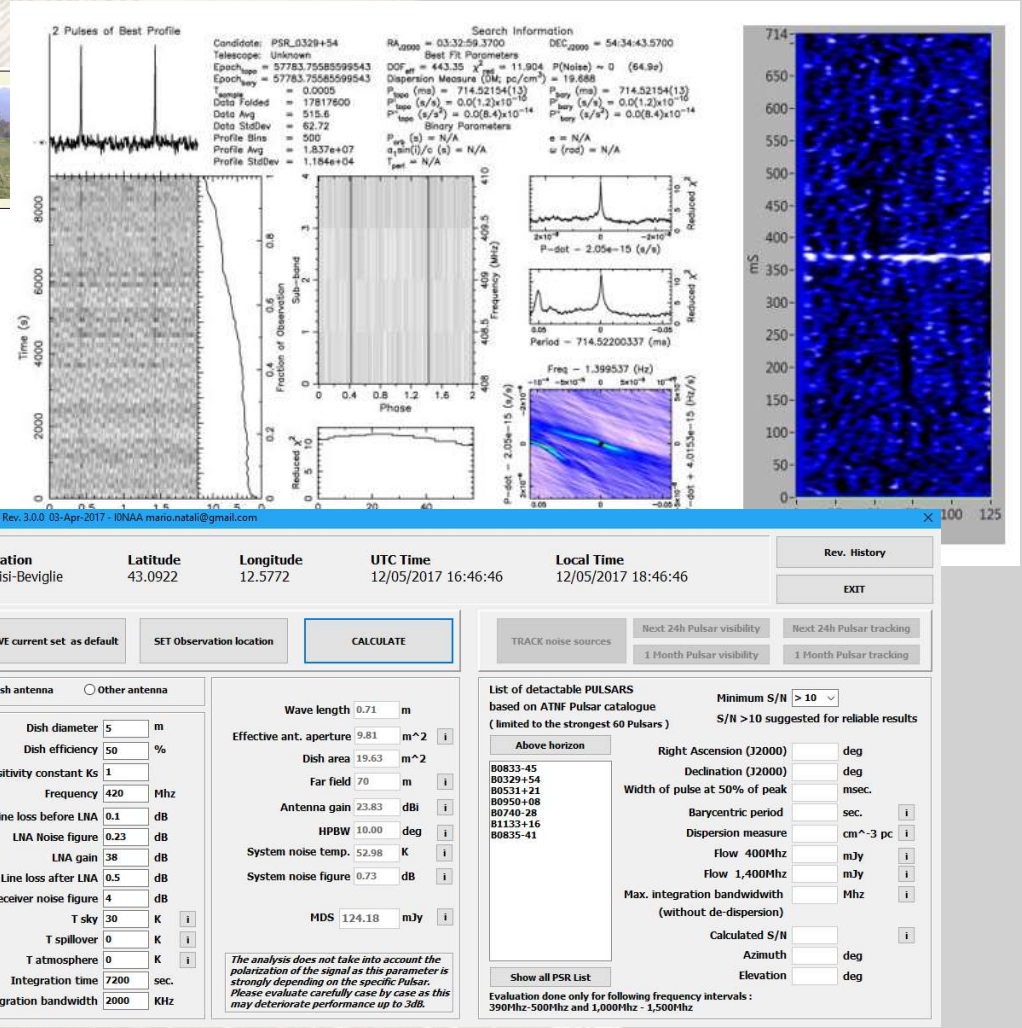
# SDR oltre l'EME : Radioastronomia



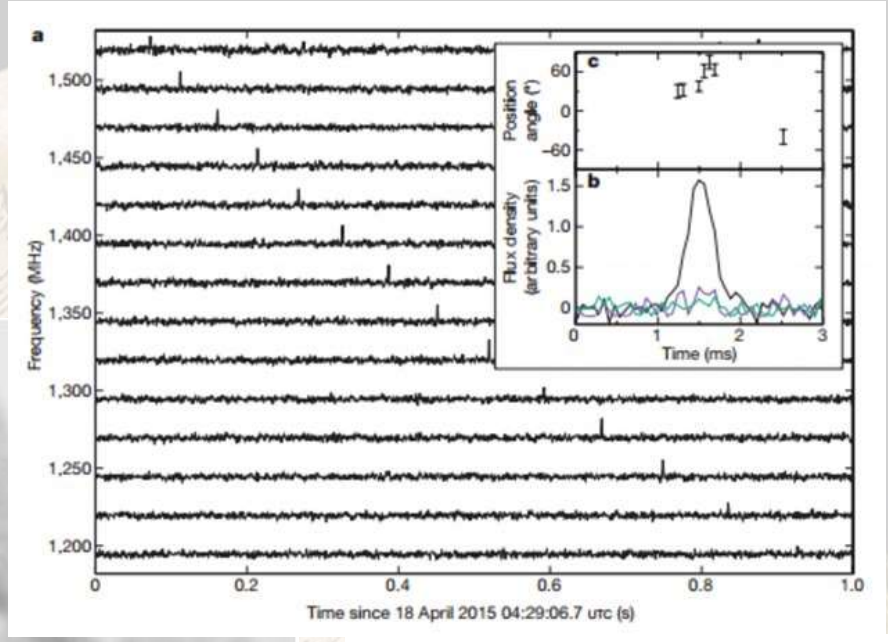

- **Il rilevamento mostrato di tre zone della nostra galassia e' stato possibile grazie alla possibilita' di «integrare» il segnale ricevuto .**
- **Lo spostamento dalla frequenza di emissione ( 1,420.405 Mhz ) dell'osservazione @ RA 07:09 , DEC -10:83 mostra velocita' di allontanamento di oltre100 Km/sec.**

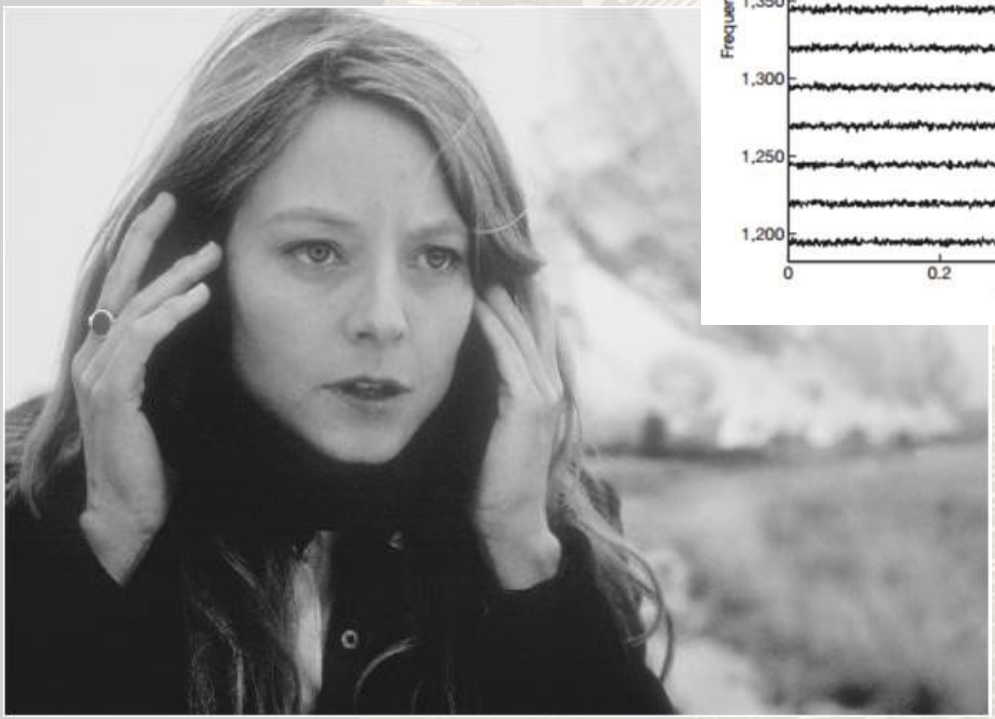
# SDR oltre l'EME : Radioastronomia



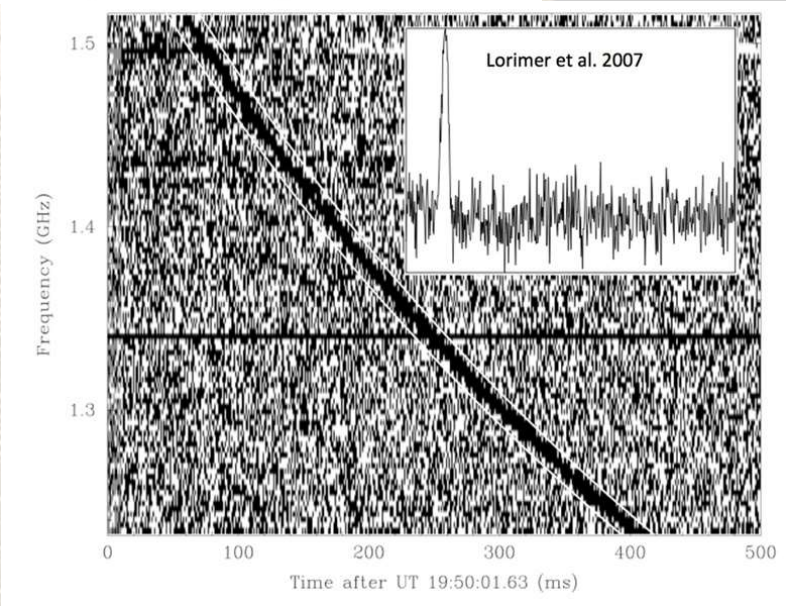




**La ricezione delle Pulsars e' uno dei risultati piu' esaltanti per una stazione amatoriale ed e' un banco di prova perfetto per affinare il sistema di ricezione e di elaborazione dei segnali .**



Jodie Foster , 1997 , Film CONTACT




***STAY HUNGRY, STAY FOOLISH , STAY TUNED ……***

# SDR per l'EME : Riferimenti

- ✓ http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/Hbk_2010_Ch30_EME.pdf
- ✓ http://www.ok2kkw.com/00003016/eme2014/pdf/k2uyh_doppler_eme2014.pdf
- ✓ http://www.pentek.com/sftradhandbook/SftRadHandbook.cfm?GC=11389
- ✓ http://www.neutronstar.joataman.net/
- ✓ http://airspy.com/
- ✓ http://www.flexradio.com/
- ✓ http://iw5bhy.altervista.org/
- ✓ http://microtelecom.it/perseus/
- ✓ http://www.physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/
- ✓ http://ecom.eladit.com/SDR-RADIO
- ✓ http://www.rfspace.com/RFSPACE/Home.html
- ✓ http://www.weaksignals.com/
- ✓ http://www.rtl-sdr.com
- ✓ http://i1ndp.altervista.org/
- ✓ http://www.qsl.net/dl4yhf/spectra1.html
- ✓ http://www.qsl.net/oe5jfl/
- ✓ http://www.camras.nl/
- ✓ http://www.df2zc.de/newsletter/
- ✓ http://www.nitehawk.com/rasmit/em70cm.html
- ✓ http://www.funcubedongle.com/
- ✓ http://aripg.it/