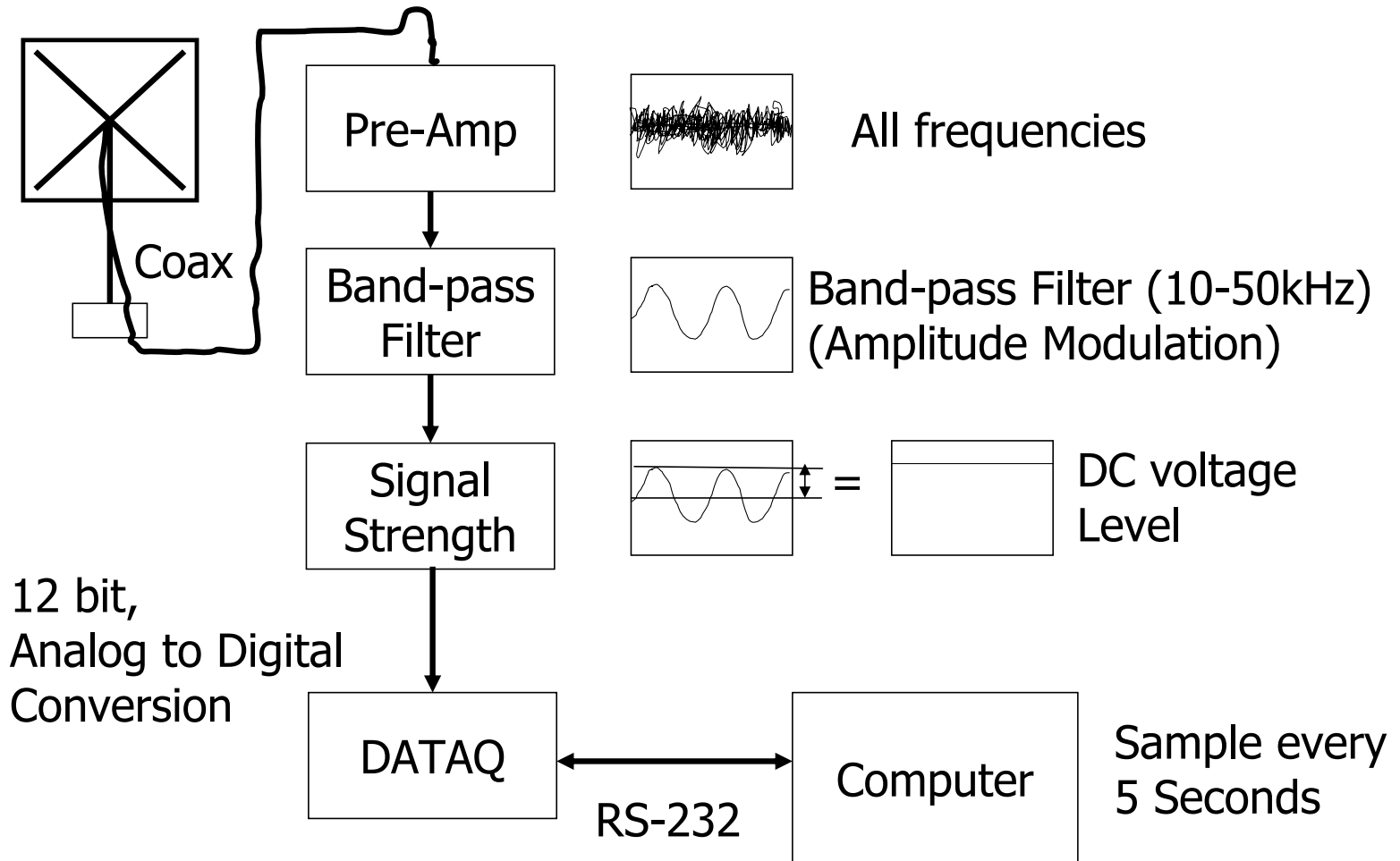


# Ricevitore SID: schema a blocchi

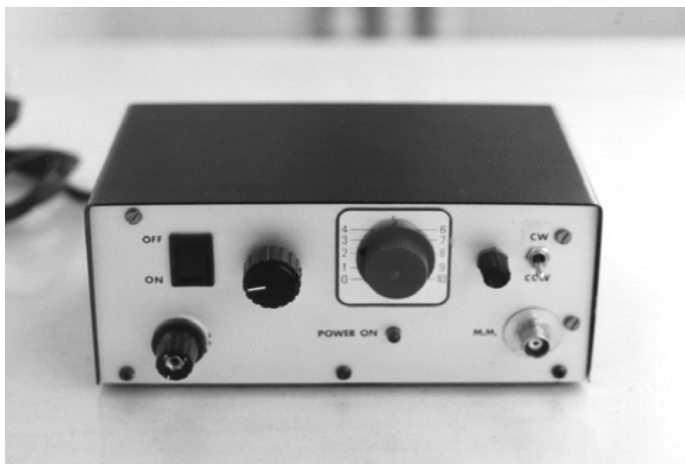


# Studio dei fenomeni radio transienti nella banda delle onde corte (HF)

Analisi dei disturbi ionosferici  
indotti dall'attività sporadica del  
Sole e dei radio-burst di Giove.

**Flavio Falcinelli**

# Radiazione galattica alle lunghezze d'onda decametriche



**Prototipo di un ricevitore ad amplificazione diretta funzionante alla frequenza di 20.4 MHz con il quale si sono replicate le esperienze di Jansky.**

Radiazione galattica 20.4 MHz (cost\_tempo=16 sec.)



osservazione: dalle ore 20:51 locali del 03.09.1995 alle ore 08:36 del 06.09.1995

Registrazione di prova effettuata con il ricevitore collegato ad un semplice dipolo filare a mezz'onda disposto orizzontalmente rispetto al terreno ed orientato con i massimi di radiazione in direzione NE-SO.

A parte i disturbi locali a carattere impulsivo, si distinguono i larghi massimi periodici dovuti alla radiazione complessiva proveniente da centro galattico.

**Flavio Falcinelli**

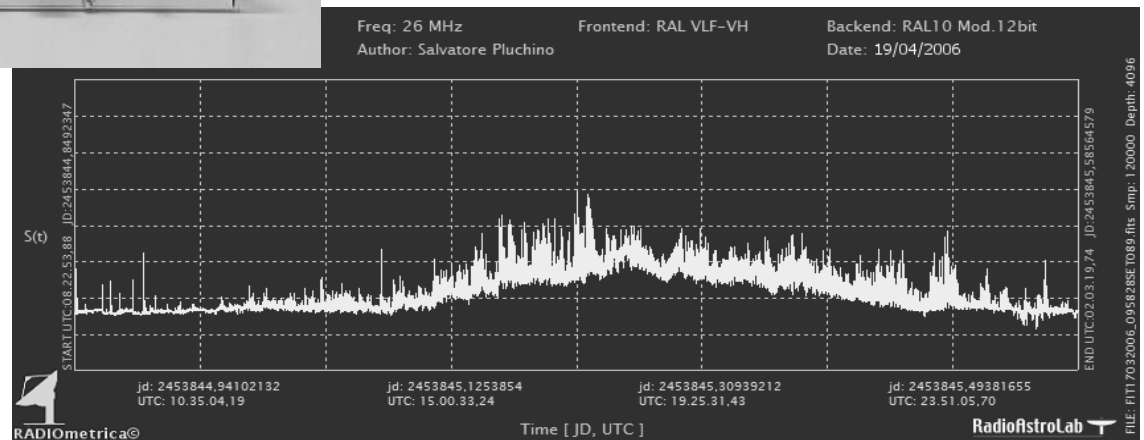
# Studio dell'emissione galattica a 26 MHz

Come è tipico quando si effettuano osservazioni nella banda di frequenze intorno a 26 MHz, sono visibili i picchi relativi alle interferenze (RFI) con altre stazioni radio commerciali e radioamatoriali.

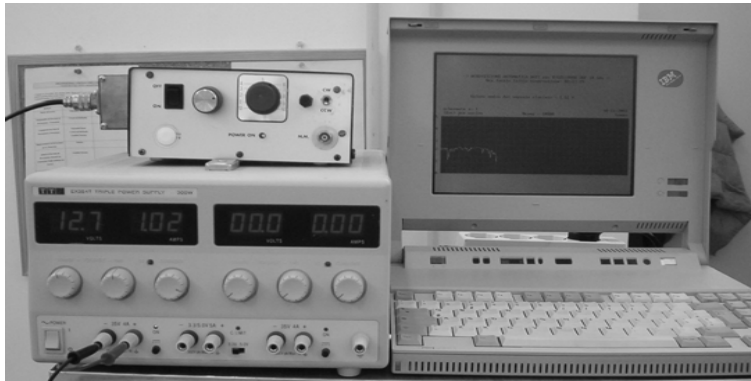
Tali disturbi non hanno impedito, comunque, di evidenziare il profilo del transito del centro galattico.



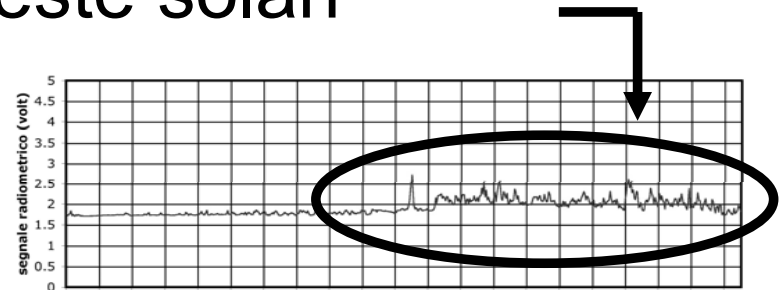
Osservazione effettuata da *Salvatore Pluchino* (sud della Sicilia) con un sistema ricevente composto da un'antenna yagi a 5 elementi (puntata al transito a circa 45° di elevazione) collegata al prototipo di ricevitore RAL VLF-HF (frequenza operativa 26 MHz). All'uscita Total-Power del ricevitore è stato collegato un sistema automatico di acquisizione (12 bit) gestito dal software *RADIOmetrica*.



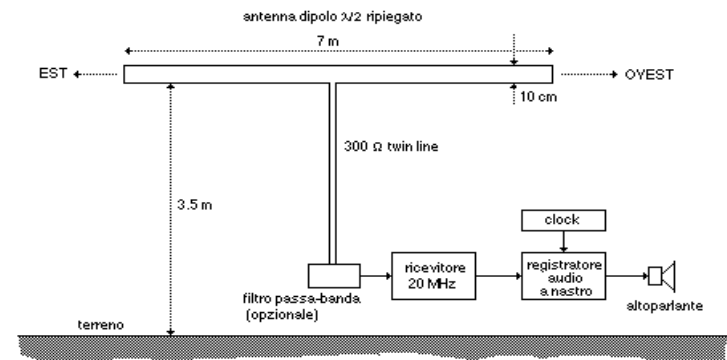
# Monitoraggio della radiazione decametrica di Giove e delle radiotempeste solari



**Prototipo di stazione ricevente sintonizzabile nella parte della gamma HF (onde corte) interessante per lo studio dei fenomeni radio transienti di Giove e del Sole (20-40 MHz).**



**Schema blocchi di un semplice ricevitore ad onde corte utilizzabile per il monitoraggio dell'attività radio di Giove e del Sole.**



# Radiotelescopi a microonde (in banda X) 10-12 GHz

**Facilmente realizzabili a livello amatoriale, dato che sono utilizzabili componenti e moduli commerciali (a basso costo) provenienti dal mercato della TV-SAT (comprese le antenne).**

**I ricevitori *total-power* in banda X sono relativamente immuni ai disturbi radio artificiali: è quindi possibile installare con successo un piccolo radiotelescopio anche in zona urbana.**

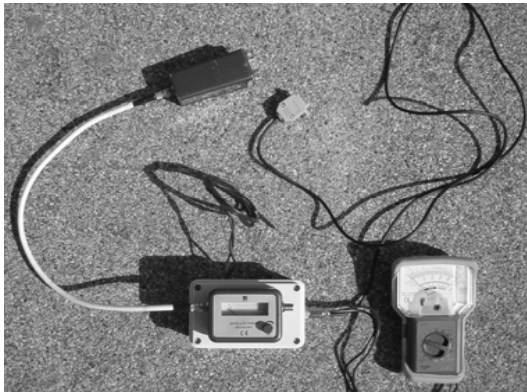
**Purtroppo, le radiosorgenti in banda X non sono molto numerose, né potenti: per osservarle sono indispensabili antenne di dimensioni non trascurabili.**

**Ottime osservazioni del Sole (componente termica della radiazione e registrazioni dei *flares* solari a microonde) e della Luna.**

**Flavio Falcinelli**

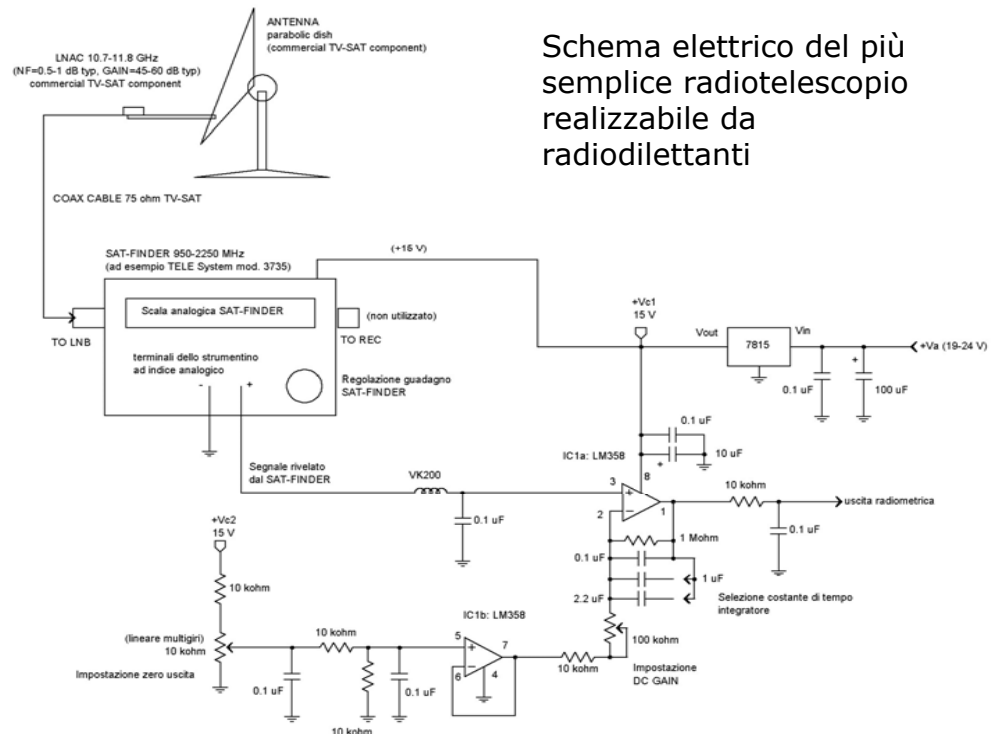
# Come iniziare...

## Il primo passo verso l'autocostruzione: Il più semplice radiotelescopio (radiometro) SHF che utilizza un SAT-FINDER commerciale...



E' un sistema semplice ed economico, che può rappresentare un primo approccio sperimentale verso la radioastronomia.

**Flavio Falcinelli**



# La radioastronomia per tutti...

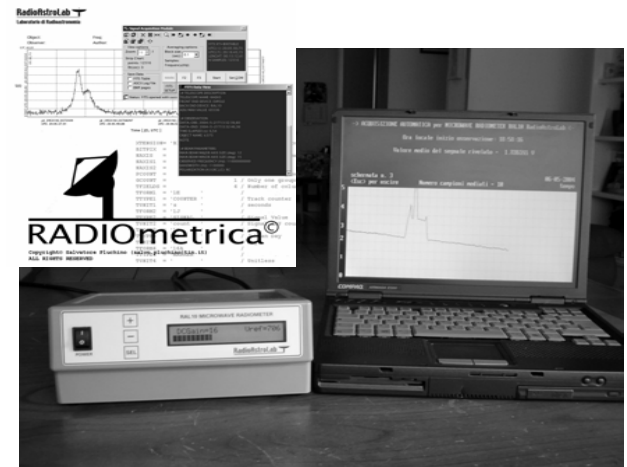
## 10-12 GHz RAL10 MICROWAVE RADIOMETER di RadioAstroLab

Il primo strumento commercialmente disponibile per esperimenti educativi di radioastronomia amatoriale

**Il sistema *RAL10* consente l'installazione di un efficiente radiotelescopio in banda X a basso costo.**

**Raccolta ed analisi delle osservazioni con strumentazione standardizzata e condivisibile da altri sperimentatori.**

**Sviluppo di una banca dati radioastronomica.**



**Flavio Falcinelli**



## Cosa si può fare a livello amatoriale?

**Sensibile radiotelescopio amatoriale a microonde (10.7-11.8 GHz) basato sul ricevitore *RAL10***



L'economicità è basata sull'utilizzo di moduli e componenti facilmente reperibili, provenienti dal mercato della TV-SAT:

**Reperibilità dei componenti e facilità di installazione!**

**Il sistema *RAL10* consente l'installazione di un efficiente radiotelescopio a microonde a basso costo.**

**Raccolta ed analisi delle osservazioni con strumentazione standardizzata e condivisibile da altri sperimentatori.**

**Sviluppo di una banca dati radioastronomica.**

Microwave Radiometer RAL10 RadioAstroLab



Antenna, LNAC 10.7-11.8 GHz sistema di motorizzazione e di puntamento

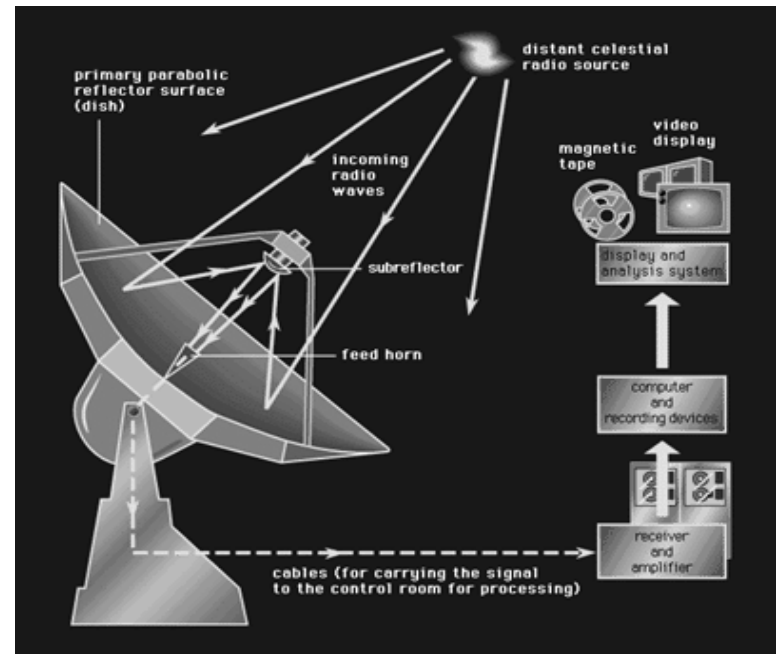


PC di acquisizione dati con software RADIOMETRICA

**Flavio Falcinelli**

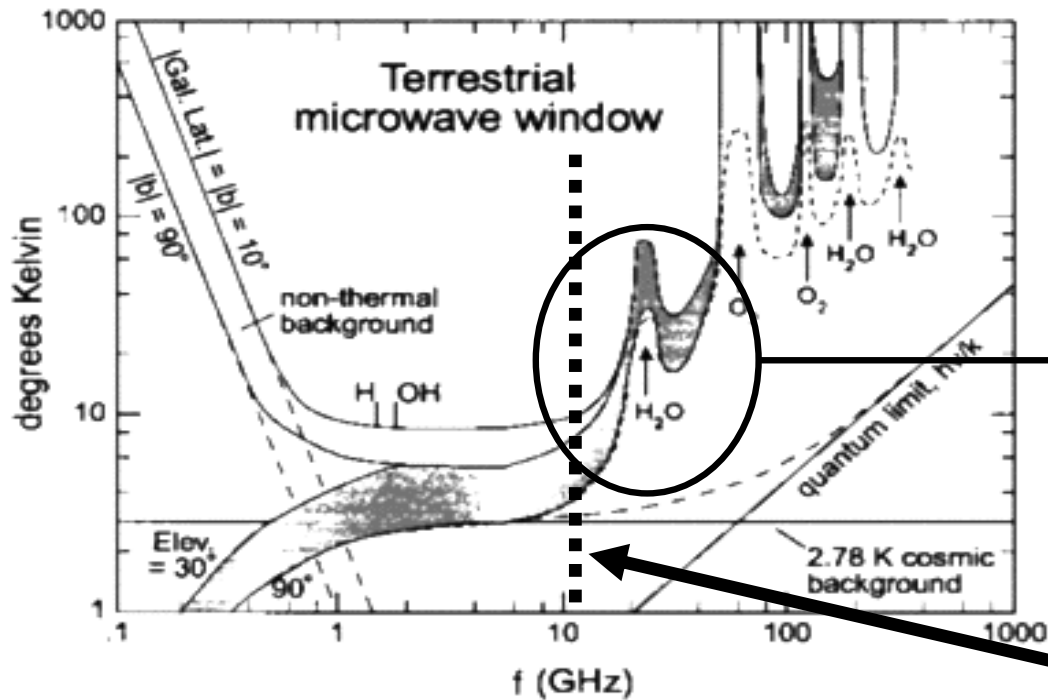
# Analisi di un radiotelescopio Total-Power a microonde

Un approfondimento sul funzionamento e sulle possibilità osservative di un tipico radiotelescopio amatoriale total-power a microonde operante nella banda 10-12 GHz



**Flavio Falcinelli**

# Dove si colloca la banda osservativa dei 10-12 GHz ?



Le frequenze inferiori a 1 MHz sono assorbite dalle particelle cariche della ionosfera terrestre che funge da schermo per tutte le onde radio di frequenza inferiore a  $10 \div 20$  MHz.

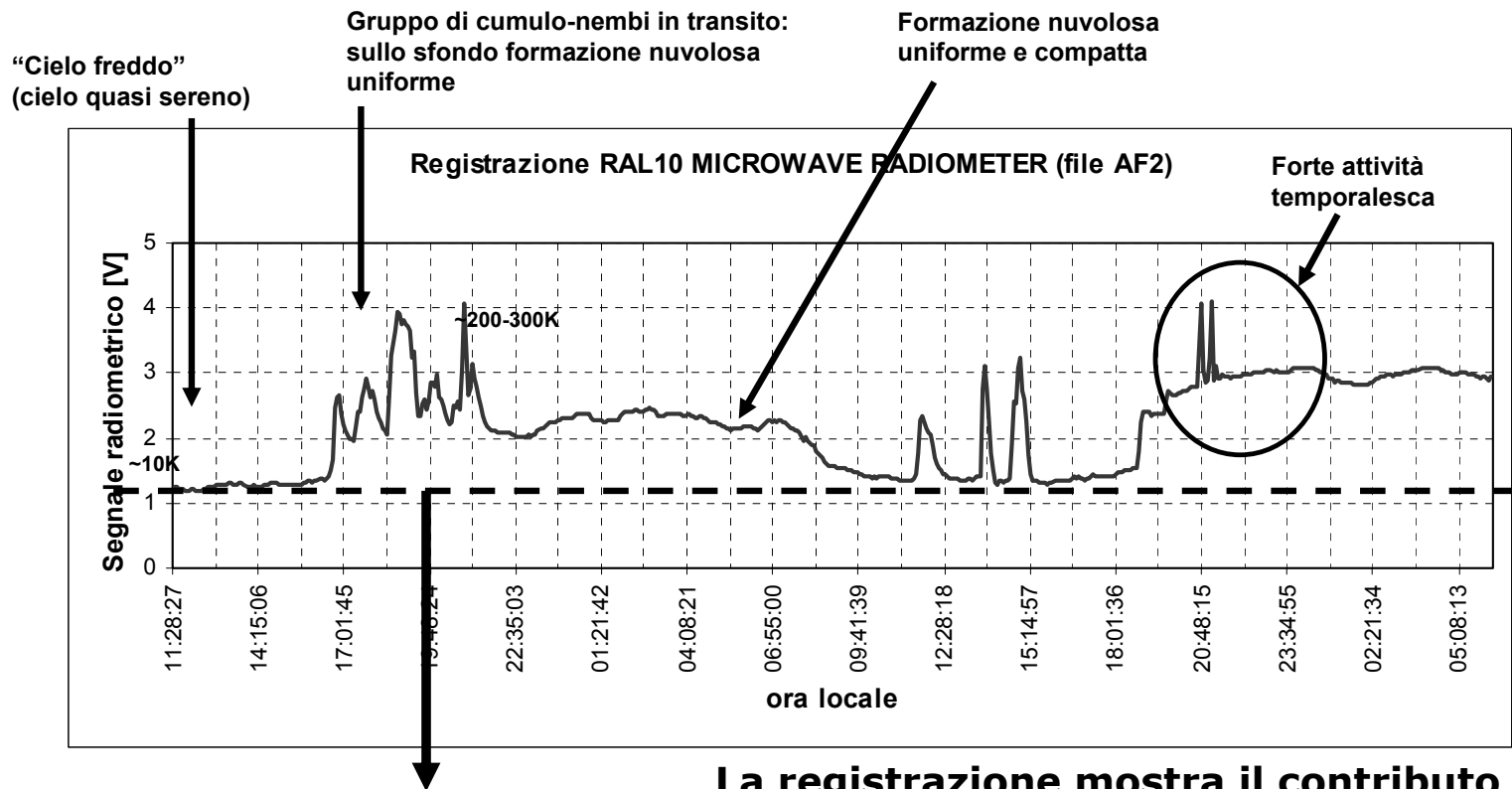
D'altra parte, la stessa atmosfera limita superiormente le frequenze utilizzabili (intorno ai 20 GHz) a causa dei fenomeni di assorbimento molecolare.

Nella banda 10-12 GHz inizia a diventare non trascurabile il contributo disturbante della TROPOSFERA (formazioni nuvolose, pioggia...)

**10-12 GHz: banda operativa di RAL10 MICROWAVE RADIOMETER**

# Il contributo della troposfera nelle osservazioni in banda X (10-12 GHz)...

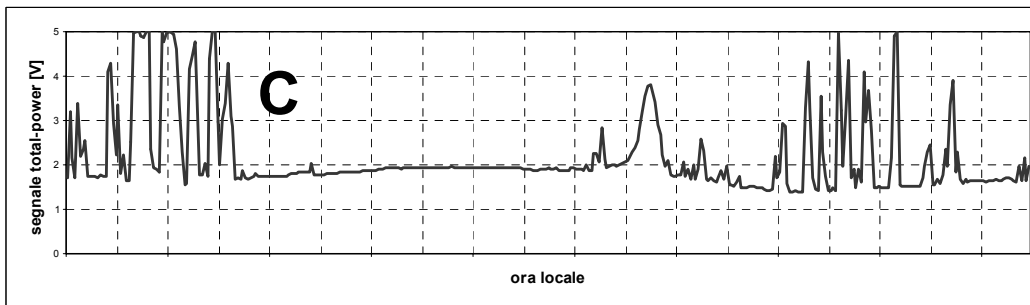
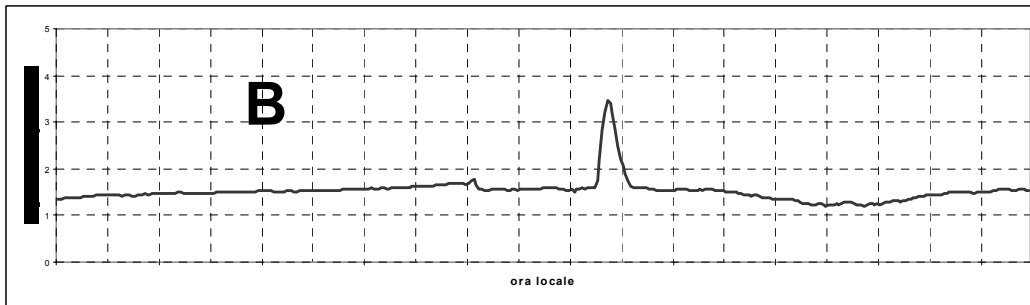
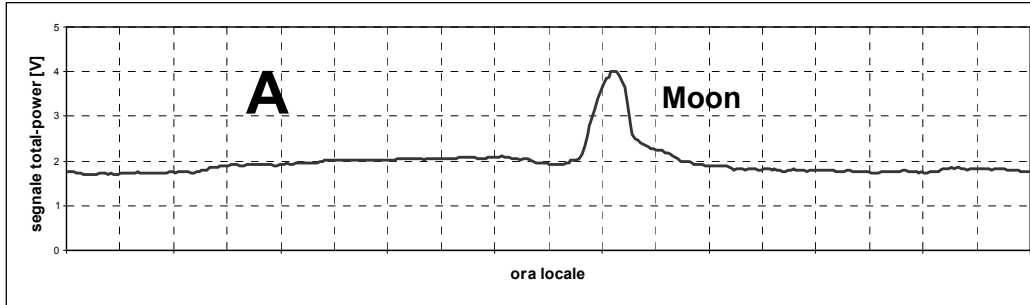
Flavio Falcinelli



Livello di base radiometrico: corrisponde con la temperatura del “cielo freddo” (circa 10 K). Il cielo è sereno e l’aria asciutta (modello dell’atmosfera “chiara”).

**La registrazione mostra il contributo dell’attività meteorologica sulle osservazioni radioastronomiche a frequenze superiori a 10 GHz**

# Esempio di registrazione del transito lunare in differenti condizioni di "cielo". Effetto delle perturbazioni meteo.



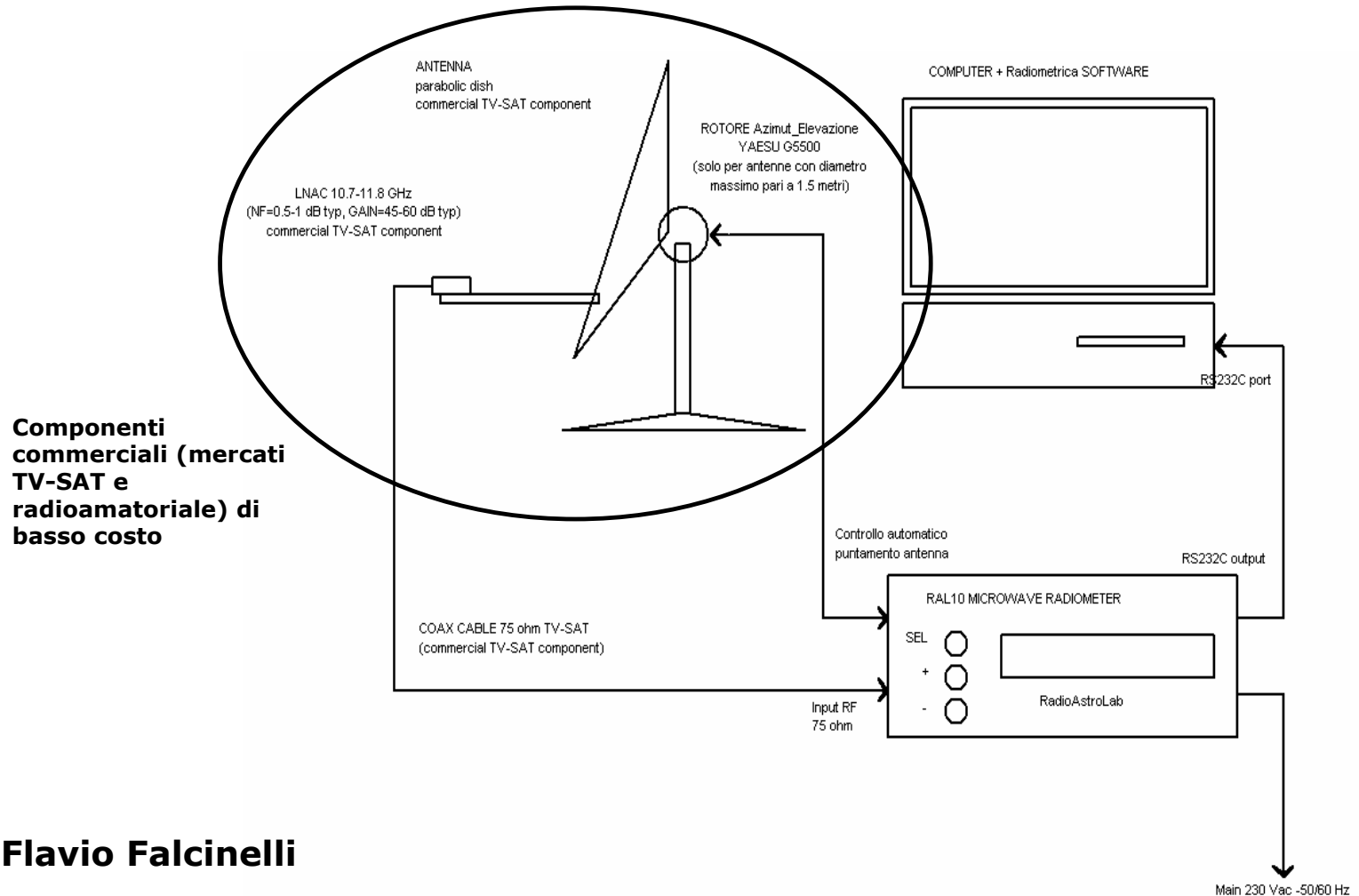
**A e B:**

Osservazioni del transito lunare effettuate in giorni diversi ed in condizioni di cielo sereno (atmosfera chiara). Il diverso ed asimmetrico profilo della traccia è dovuto al puntamento dell'antenna effettuato NON sul meridiano.

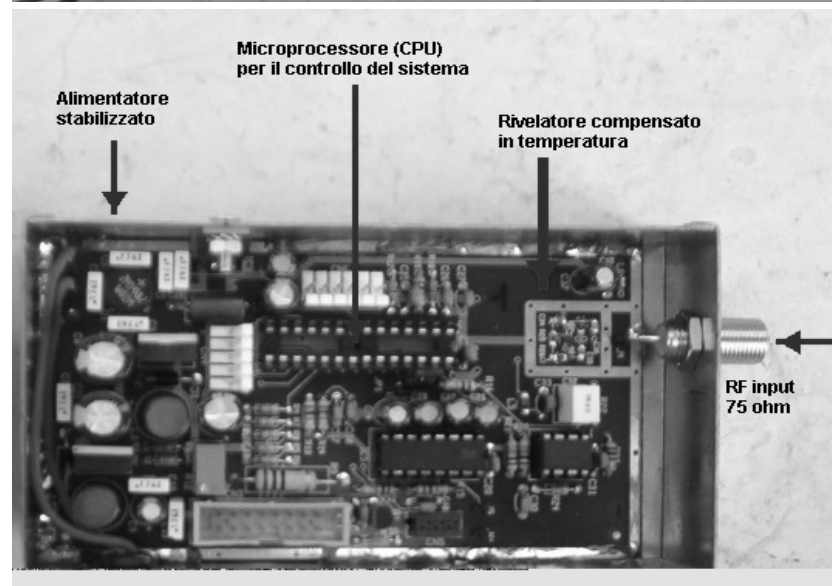
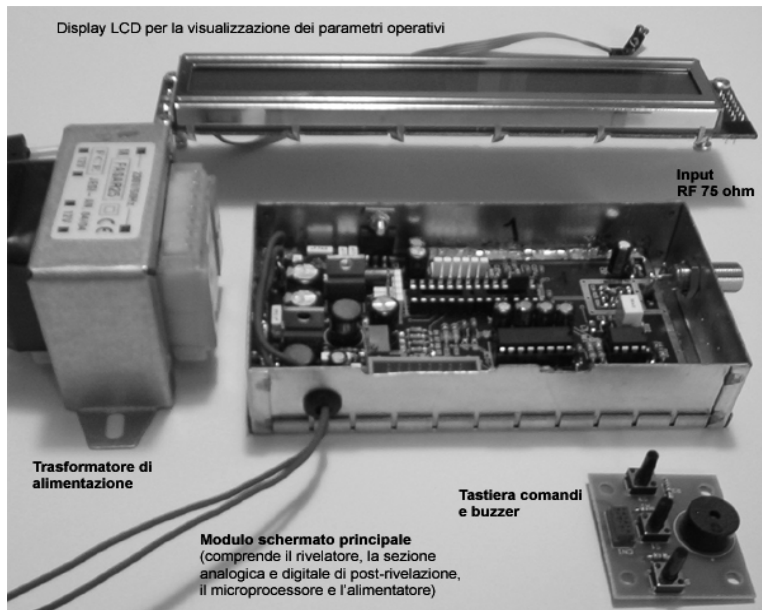
**C:**

Analoga osservazione dello stesso scenario in condizioni meteorologiche turbate. I picchi che si vedono rappresentano incrementi di temperatura dovuti a formazioni nuvolose in transito entro il fascio d'antenna.

# Ricevitore RAL10: struttura



Flavio Falcinelli



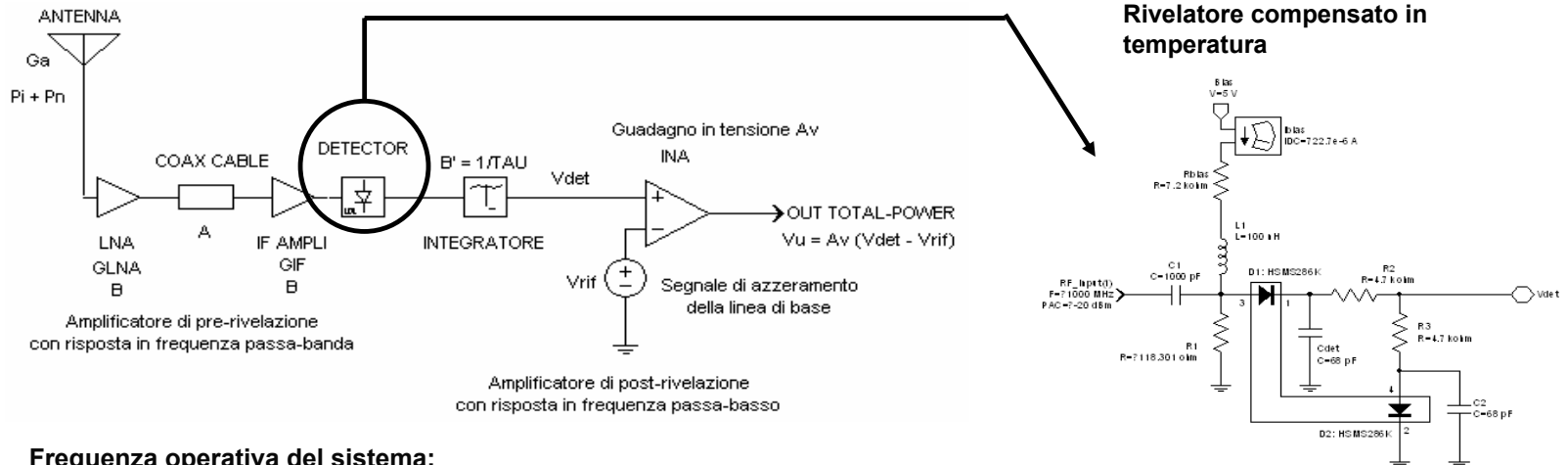
## Elettronica interna di RAL10 MICROWAVE RADIOMETER

Lo strumento è anche disponibile in kit, con le parti elettroniche già montate e collaudate

# La struttura essenziale di un ricevitore Total-Power (ad esempio RAL10)...

Uno strumento *Total-Power* misura la potenza totale associata al segnale captato dall'antenna e la potenza dovuta al rumore di fondo captato dal ricevitore.

Utilizzando un circuito differenziale di post-rivelazione è possibile evidenziare solo le variazioni del segnale dovute alla radiazione proveniente da una radiosorgente.



**Frequenza operativa del sistema:**

$$f_0 := \left( \frac{10.7 + 11.8}{2} \right) \cdot \text{GHz}$$

$$f_0 = 1.125 \times 10^{10} \text{ Hz}$$

**Frequenza centrale di ricezione**

$$\lambda_0 := \frac{3 \cdot 10^8 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}}{f_0}$$

$$\lambda_0 = 0.0267 \text{ m}$$

**Lunghezza d'onda centrale di ricezione**

$$B := (2050 - 950) \cdot \text{MHz}$$

$$B = 1.1 \times 10^9 \text{ Hz}$$

**Larghezza di banda del ricevitore (corrisponde alla larghezza di banda della catena amplificatrice IF)**



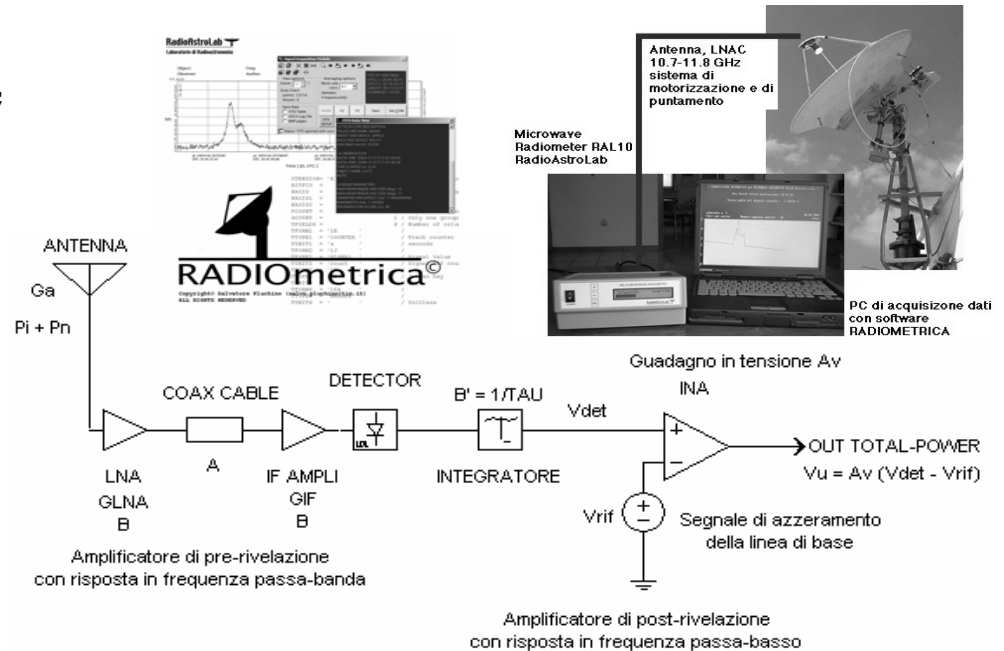
# Parametri che influenzano la ricezione:

- 1) **Antenna** (guadagno massimo, ampiezza del fascio, forma del diagramma di ricezione);
- 2) **Figura di rumore e guadagno totale di pre-rivelazione del ricevitore** (il rumore captato dall'esterno e quello interno del ricevitore devono essere minimi, dato che il ricevitore Total-Power amplifica tutto, senza discriminare fra rumore e segnale utile);

3) **Sensibilità di rivelazione** (dipende dal tipo di rivelatore utilizzato);

4) **Guadagno di post-rivelazione** (discrimina e amplifica solo il segnale utile);

5) **Costante di tempo dell'integratore** (riduce le fluttuazioni statistiche del segnale d'uscita).



**Flavio Falcinelli**

# Antenna generalmente utilizzata: Riflettore parabolico a simmetria circolare

Si ipotizza un'antenna con diametro pari a:

$D := 1.5 \text{ m}$

ed un'efficienza d'antenna

$\eta := 0.5$

si avrà un guadagno d'antenna dell'ordine di:

$$Ga_{\text{max}} := \eta \cdot \left( \frac{\pi \cdot D}{\lambda_0} \right)^2$$

$Ga_{\text{max}} = 15614.0226$

$Ga_{\text{max\_dB}} := 10 \cdot \log(Ga_{\text{max}})$

$Ga_{\text{max\_dB}} = 41.9351$

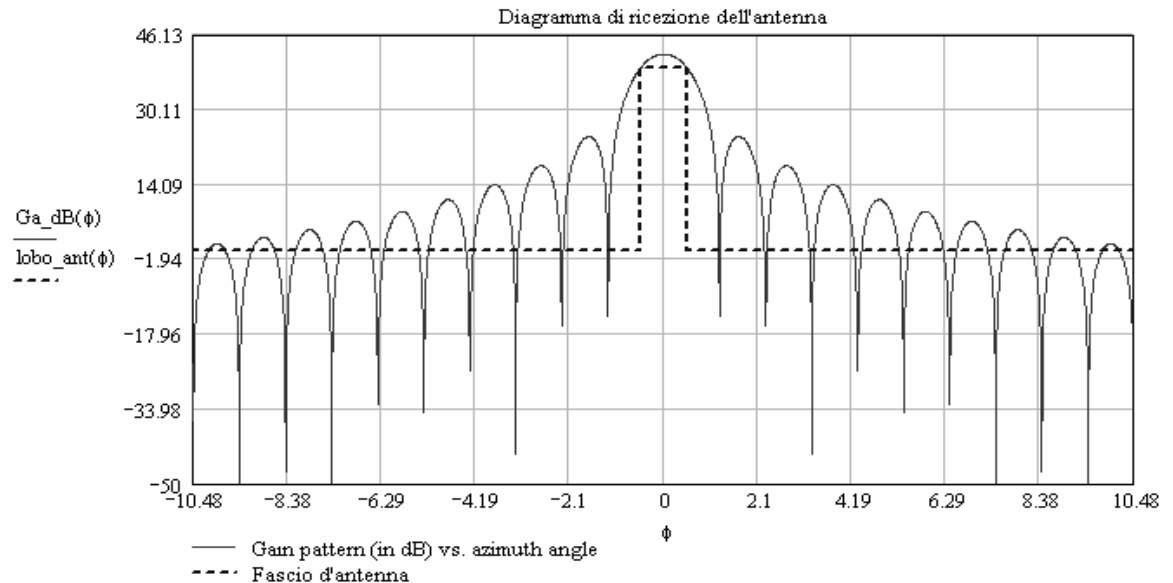
[dB]

Valore angolare del beam d'antenna

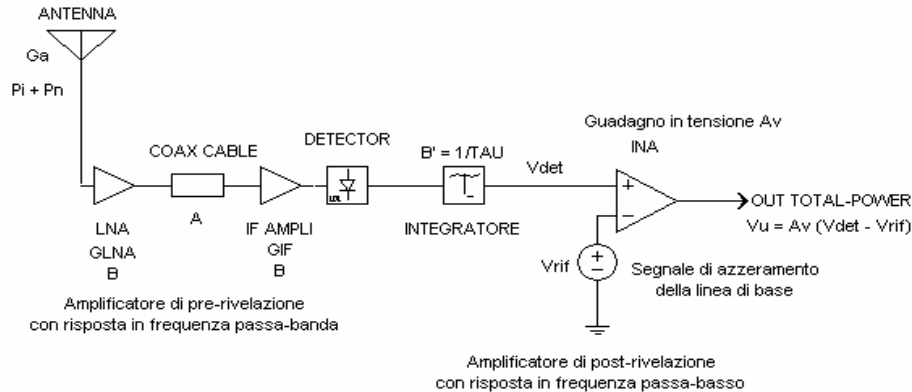
$HPBW\_g = 1.0481$

[gradi]

**Tipica antenna  
amatoriale  
reperibile sul  
mercato TV-SAT  
(riflettore primo-  
fuoco oppure  
offset).**



# I parametri importanti del ricevitore...



**Il segnale Total-Power è acquisito da un convertitore analogico-digitale (ADC) con adeguata risoluzione (nel RAL10 è di 12 bit) per la gestione dei dati tramite PC e software di elaborazione (es. RADIOMETRICA).**

Se il guadagno dell'LNA è sufficientemente elevato, la figura di rumore del ricevitore è coincidente con quella dell'LNA

$$GLNA\_dB := 50 \quad [dB]$$

$$GIF\_dB := 17 \quad [dB]$$

$$A\_dB := 1 \quad [dB]$$

$$Fr\_dB := 0.3 \quad [dB]$$

$$Fr := 10^{\frac{Fr\_dB}{10}}$$

$$Tr := To \cdot (Fr - 1)$$

$$Av := 1000$$

E' il guadagno in DC impostabile con RAL10

$$GLNA := 10^{\frac{GLNA\_dB}{10}}$$

$$GIF := 10^{\frac{GIF\_dB}{10}}$$

$$A := 10^{\frac{A\_dB}{10}}$$

$$Fr = 1.07$$

$$Tr = 20.97 \text{ K}$$

$$GLNA = 1 \times 10^5$$

$$GIF = 50.12$$

$$A = 1.26$$

Guadagno LNAC (unità esterna posta sul feed d'antenna)

Guadagno della catena amplificatrice IF

Somma delle perdite sul cammino RF (cavo coassiale+connettori+disadattamenti vari+mixer, etc..)

Figura di rumore del ricevitore (poichè il guadagno del LNA è elevato rispetto a quello degli stadi successivi, si suppone che la figura di rumore del ricevitore sia coincidente con quella del modulo LNA)

$$Fr = 1.07$$

$$Tr = 20.97 \text{ K}$$

Temperatura equivalente di rumore del ricevitore

Guadagno in tensione dell'amplificatore di post-rivelazione

# Caratteristiche della radiosorgente osservata...

- 1) Densità di flusso [Jy];
- 2) Dimensione angolare apparente [gradi].

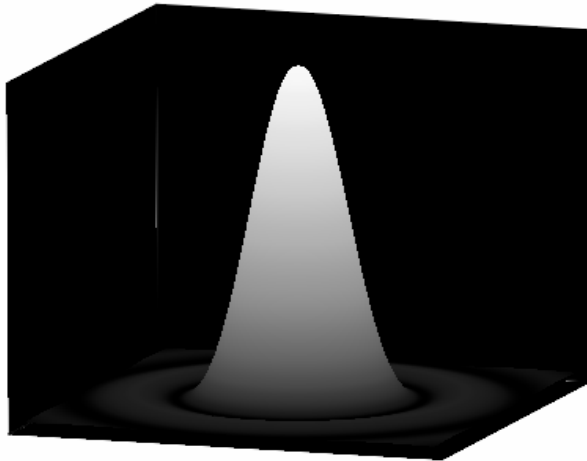
$$Jy := 10^{-26} \cdot \frac{W}{m^2 \cdot Hz}$$

Definizione dell'unità di misura del flusso delle radiosorgenti [Jy]

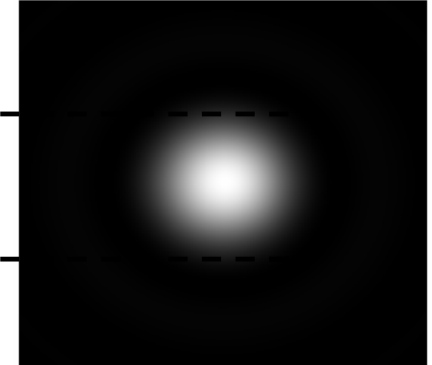
Modello utilizzato per simulare la distribuzione di brillantezza di una tipica radiosorgente discreta



Distribuzione di brillantezza della radiosorgente



Dimensione angolare apparente



## Principali radiosorgenti

Radiosorgenti	A.R.	Declinazione	Flusso Jy @ 10 GHz
Sole			> 1 000 000
Luna			30 000
Giove			30
Sagittarius A (centro galattico)	17h 42m	-29°	300
Cassiopeia A (supernova)	23h 21m 7s	58° 34'	600
Cygnus A (radiogalassia)	19h 57m 45s	40° 36'	100
Taurus A (Crab Nebula) (supernova)	5h 31m 30s	21° 58'	500
Virgo A (radiogalassia)	12h 28m 18s	12° 40'	30
Andromeda (galassia)	0h 40m	41°	30
3C 273 (quasar)	12h 26m 33s	2° 20'	20

# Valutazione della temperatura d'antenna supponendo assenza di disturbi interferenti di origine artificiale:

elevazione := 65 [gradi]

Elevazione dell'antenna rispetto all'orizzonte

Tdist\_atm := 0·K

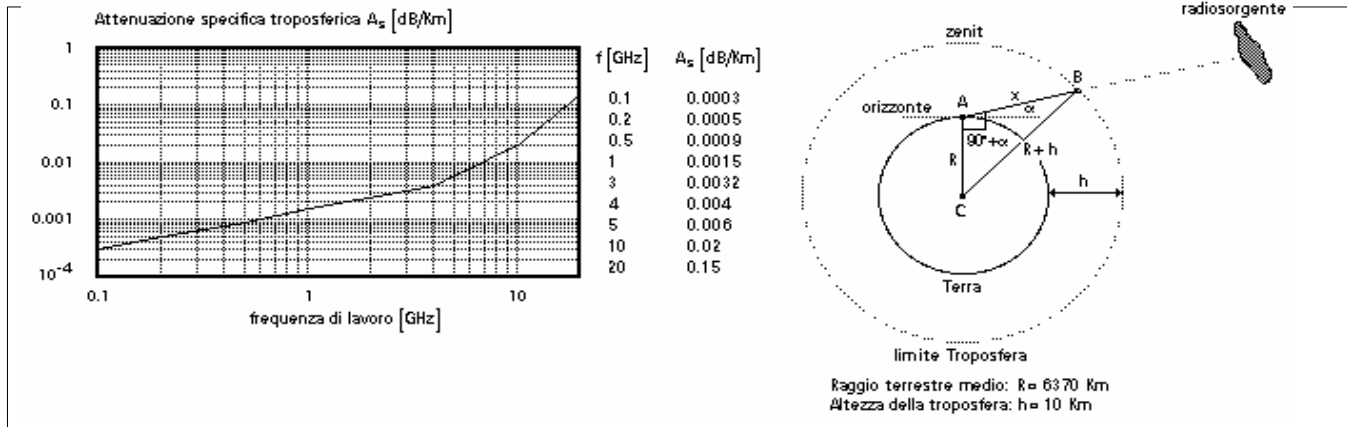
Contributo di rumore d'antenna dovuto ai disturbi atmosferici naturali, circa nullo per frequenze > 10 GHz.

Tcmb := 3·K

Temperatura di brillantezza del fondo cosmico a microonde ("cielo freddo" in assenza di radiosorgenti).

Il contributo del rumore di assorbimento atmosferico

è valutabile con l'aiuto della seguente tabella:



Tatm := 260·K

Temperatura radiante dell'atmosfera

$A_s$  := 0.02 [dB/km]

Attenuazione specifica atmosferica alla frequenza di 10 GHz (si ottiene dalla tabella precedente)

$$A_{atm} := 10 \frac{A_s}{\sin\left(\text{elevazione} \cdot \frac{\pi}{180}\right)}$$

$A_{atm} := 10$

Attenuazione della tratta atmosferica caratterizzata da attenuazione specifica  $[A_s]$  alla frequenza di lavoro (lo spessore dell'atmosfera è ricavabile dall'angolo di elevazione dell'antenna [elevazione]).

$A_{atm} = 1.05$

elevazione = 65

[gradi]

**Flavio Falcinelli**

# Il contributo della radiazione del terreno...

La temperatura di brillantezza del terreno, che non coincide con la sua temperatura fisica a causa di fenomeni di diffusione e di riflessione, assume tipicamente valori dell'ordine di 240÷300 K, prodotti dal contributo dei lobi laterali dell'antenna e dall'effetto di altre sorgenti come la vegetazione o la stessa brillantezza atmosferica che si riflette sul terreno umido.

Poiché l'antenna di un radiotelescopio è puntata verso il cielo con angoli di elevazione sicuramente maggiori di 5°, può captare radiazione termica dal terreno solo attraverso i lobi secondari: il livello del contributo dipende dalla loro ampiezza rispetto a quella del lobo principale.

Valutazione del contributo di rumore dovuto all'irradiazione del terreno che entra nel fascio d'antenna attraverso i lobi laterali se l'antenna punta il cielo con angoli di elevazione superiori a 5°:



Modello del profilo della variazione della temperatura del terreno in funzione dell'elevazione dell'antenna

elevazione = 65 [gradi]

$T_{gnd}(\text{elevazione}) = 10.33 \text{ K}$

La temperatura del cielo, tenendo conto del fondo cosmico a microonde, del rumore atmosferico (troposfera), dei disturbi atmosferici naturali, dell'irradiazione del terreno e del contributo dovuto alla radiosorgente, è esprimibile come:

$$T(\phi) = \frac{T_s(\phi) + T_{cmb} + T_{dist\_atm} + T_{gnd}(\text{elevazione}) + T_{atm} \cdot (A_{atm} - 1)}{A_{atm}}$$