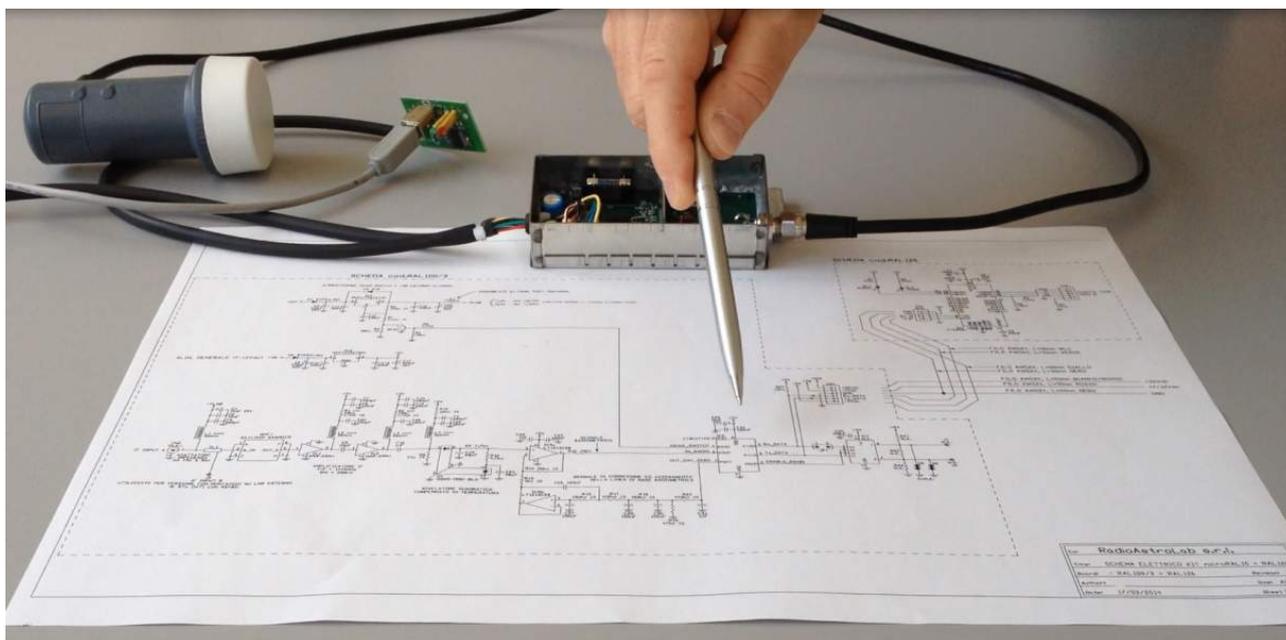


Il punto di partenza della radioastronomia amatoriale: un radiotelescopio a potenza totale nella banda 10-12 GHz.



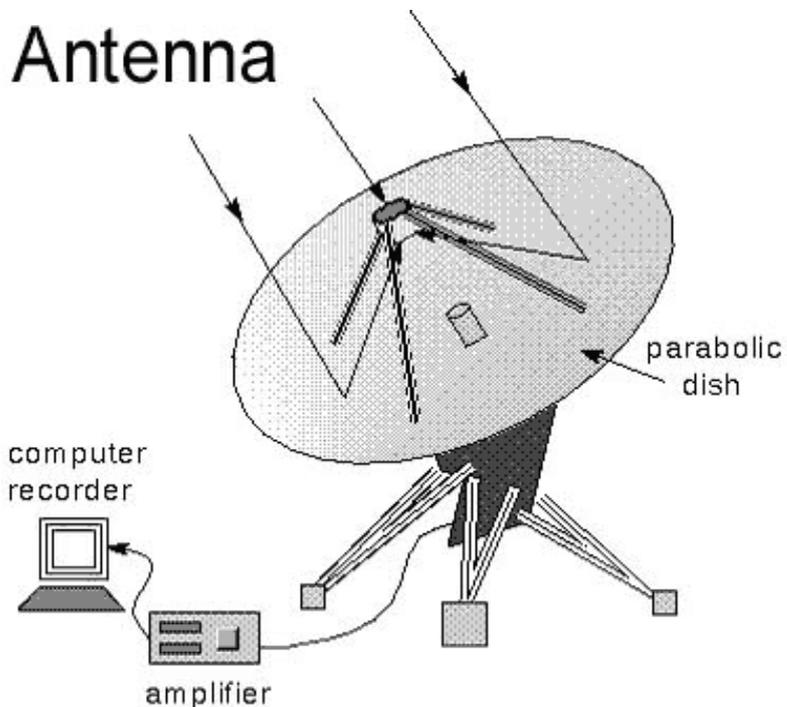
Esperienze di radioastronomia amatoriale per tutti utilizzando moduli e componenti commerciali a basso costo.

Costruiamo il nostro radiotelescopio a microonde.

Utilizziamo il modulo radiometrico *microRAL10* come «banco di sperimentazione» per la radioastronomia amatoriale.

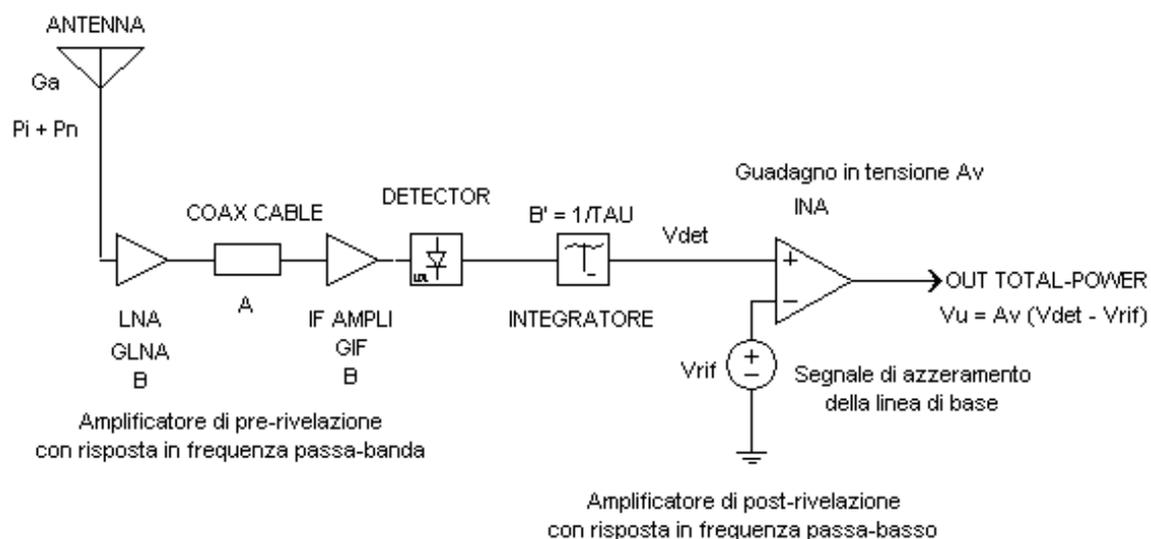


1. Perché un radiotelescopio a potenza totale ? 2. Perché funzionante nella banda 10-12 GHz ?



Struttura basilare di un radiotelescopio a potenza totale.

La struttura di un radiotelescopio Total-Power rappresenta lo strumento base per l'osservazione radioastronomica ed è un ottimo banco di prova per iniziare a livello amatoriale. La costruzione, l'installazione, la messa a punto e la caratterizzazione di uno strumento di questo tipo aiutano a comprendere le tecniche radioastronomiche di base: la loro conoscenza è un requisito indispensabile per una seria attività di radioastronomia amatoriale.

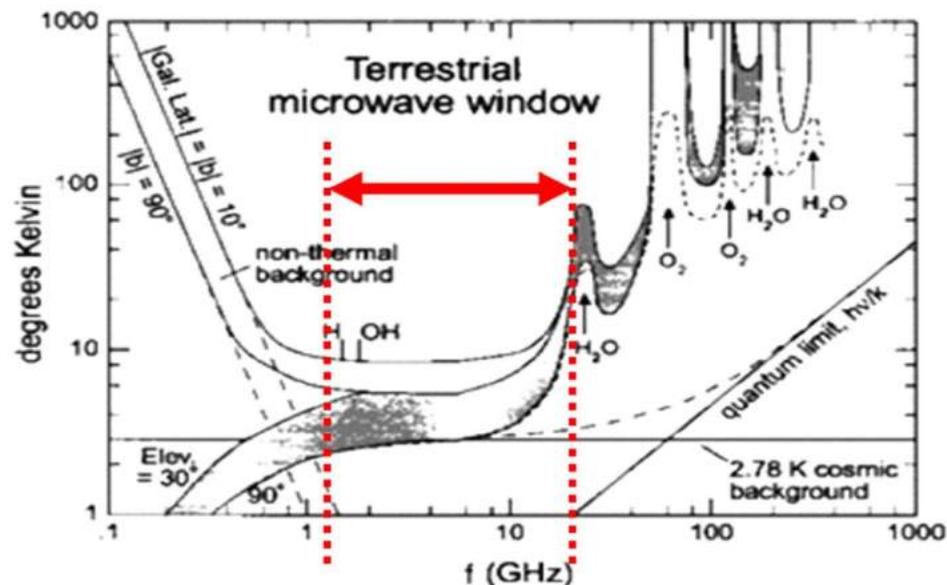
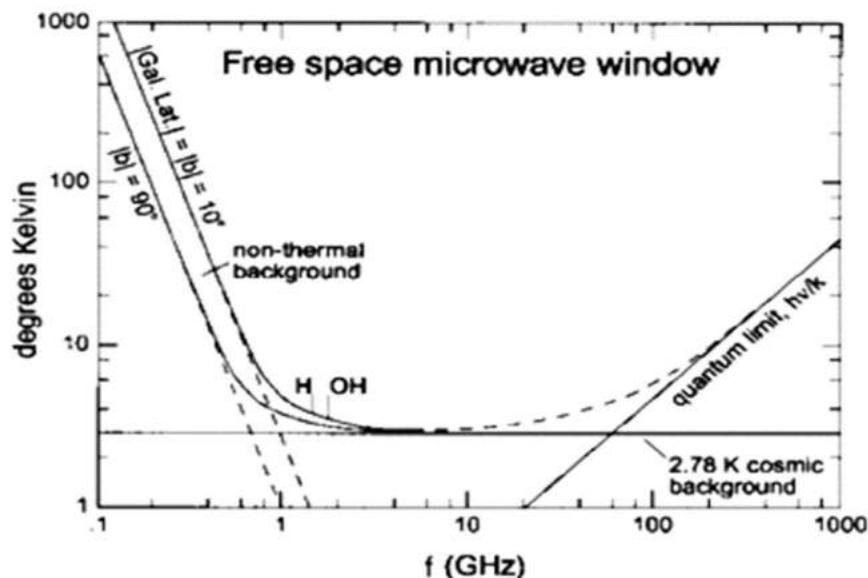


Come scegliere la frequenza operativa del radiotelescopio ?

Finestra radio e trasparenza atmosferica

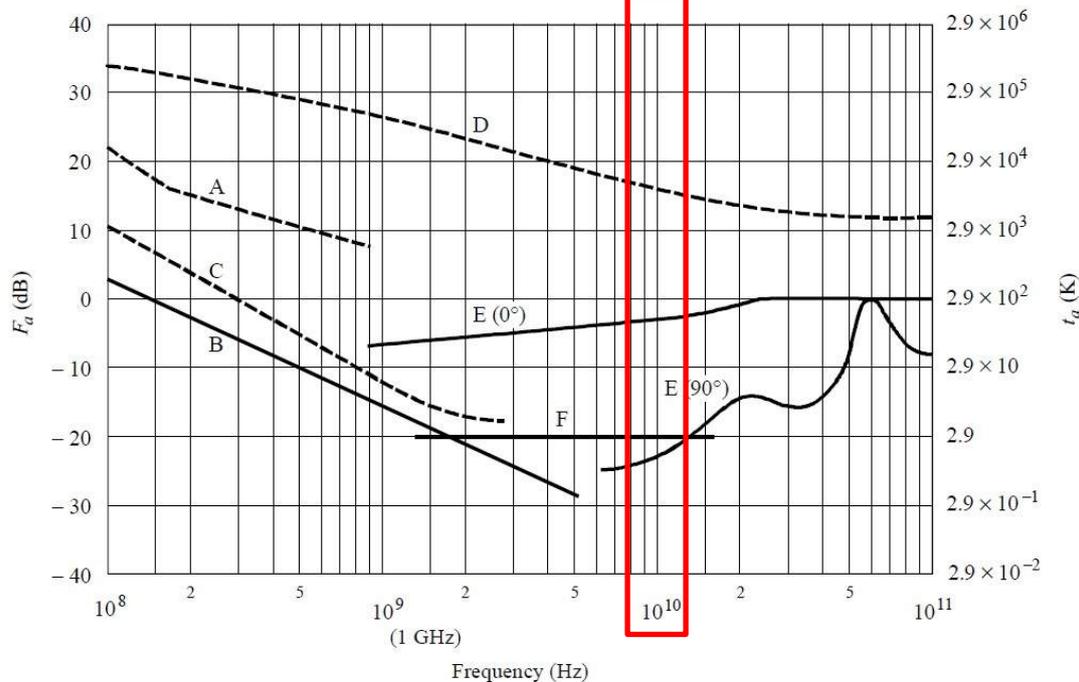
La "finestra operativa" è quella delle radioonde, limitata inferiormente dai noti effetti schermanti della ionosfera terrestre, superiormente dai fenomeni di assorbimento molecolare delle onde radio dovuti al vapore acqueo (con picchi di assorbimento alle frequenze di circa 22 GHz e 184 GHz) e all'ossigeno (con picchi di assorbimento a circa 60 GHz e 118 GHz).

I grafici evidenziano l'intervallo delle frequenze utili per le osservazioni radioastronomiche da terra: la "finestra spettrale" aperta dall'atmosfera terrestre è quella compresa fra 10-20 MHz e 10-20 GHz.



Le frequenze inferiori a 1 MHz sono assorbite dalle particelle cariche della ionosfera terrestre, uno schermo per tutte le onde radio di frequenza inferiore a 10÷20 MHz. D'altra parte, la stessa atmosfera limita superiormente le frequenze utilizzabili (intorno ai 20 GHz) a causa dei fenomeni di assorbimento molecolare.

Spettro delle sorgenti di rumore radio



- A: estimated median business area man-made noise
 - B: galactic noise
 - C: galactic noise (toward galactic centre with infinitely narrow beamwidth)
 - D: quiet Sun ($\frac{1}{2}^\circ$ beamwidth directed at Sun)
 - E: sky noise due to oxygen and water vapour (very narrow beam antenna); upper curve, 0° elevation angle; lower curve, 90° elevation angle
 - F: black body (cosmic background), 2.7 K
- minimum noise level expected

Livelli di rumore stimati nell'intervallo da 100 MHz fino a 100 GHz e corrispondenti temperature di antenna dovute al rumore esterno (Recommendation ITU-R P.372-7 "Radio Noise").

In radioastronomia i rumori provenienti dalle radiosorgenti cosmiche, dai gas atmosferici e dalla superficie del terreno sono generalmente espressi in termini di temperatura di brillantezza.

La scelta iniziale della banda di frequenze 10-12 GHz è motivata da:

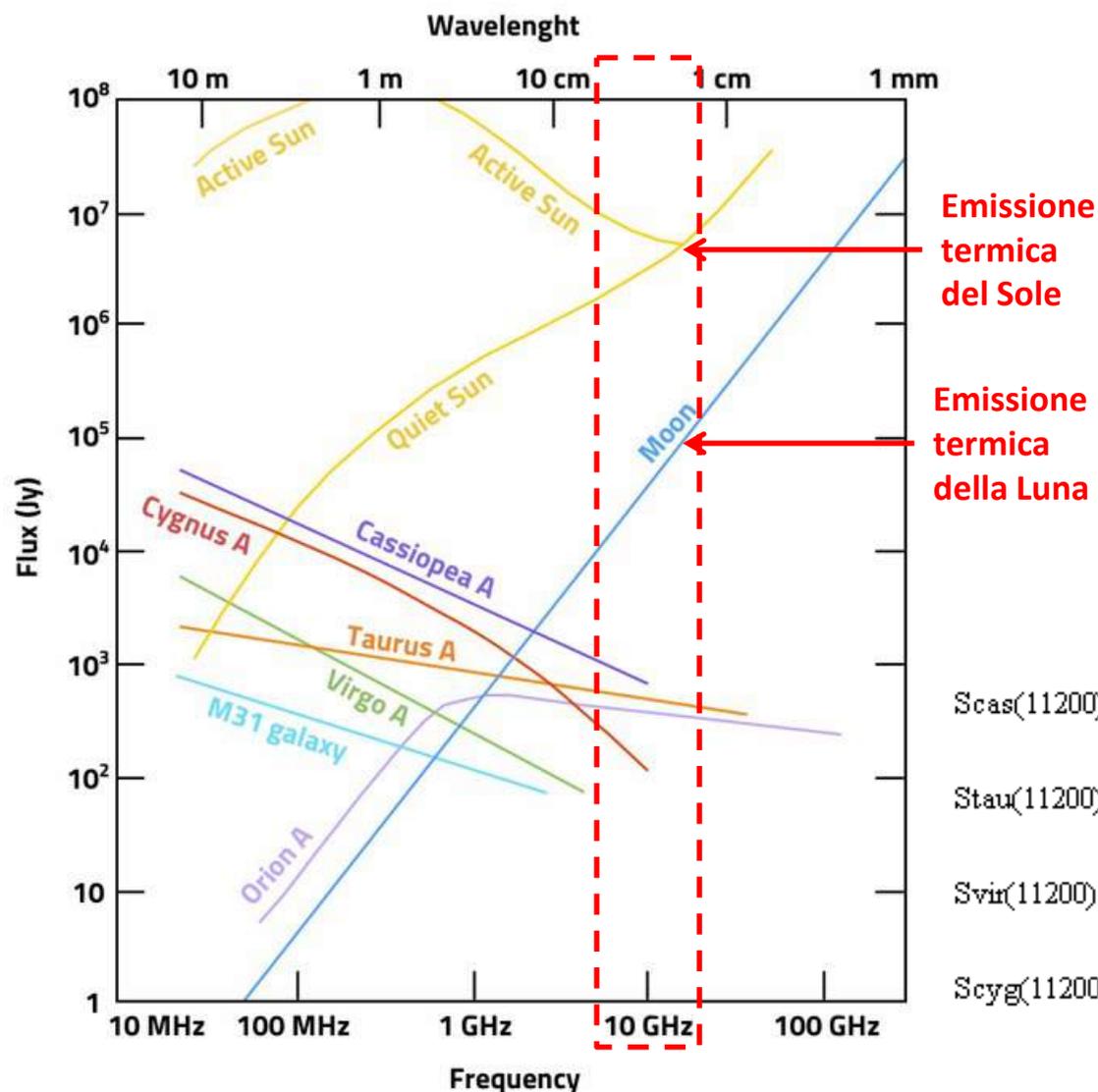
1. Ampia disponibilità commerciale di materiale tecnico (TV-SAT).
2. E' semplice costruire strumenti con buone caratteristiche direttive e accettabile potere risolutivo (antenne «maneggevoli»).
3. Sensibilità elevata dovuta alle grandi larghezze di banda utilizzabili e al ridotto rumore degli apparati.
4. Trascurabile influenza dei disturbi artificiali: il radiotelescopio può essere installato in zona urbana (molto comodo e pratico).
5. Rumore del cielo minimo: grandi vantaggi nell'utilizzo di LNB a basso rumore.

Inconvenienti:

1. Non "brillano" radiosorgenti intense (esclusi il Sole e la Luna – vedi grafico che mostra la caratteristica spettrale delle principali radiosorgenti).
2. I satelliti geostazionari TV sono fonti di interferenza (comunque è facile evitarli senza limitare troppo il campo osservativo, essendo la loro posizione fissa e nota).

Cosa osserviamo con antenne di piccolo diametro nella banda 10-12 GHz? Solo la Luna e il Sole.

Per osservare *Cassiopea A* e *Taurus A* occorre un'antenna con almeno 2 metri di diametro, incrementare il guadagno con un amplificatore IF di linea da 15 dB e stabilizzare termicamente il ricevitore.



Meccanismo di emissione termica della radiosorgente: spettro crescente con la frequenza.

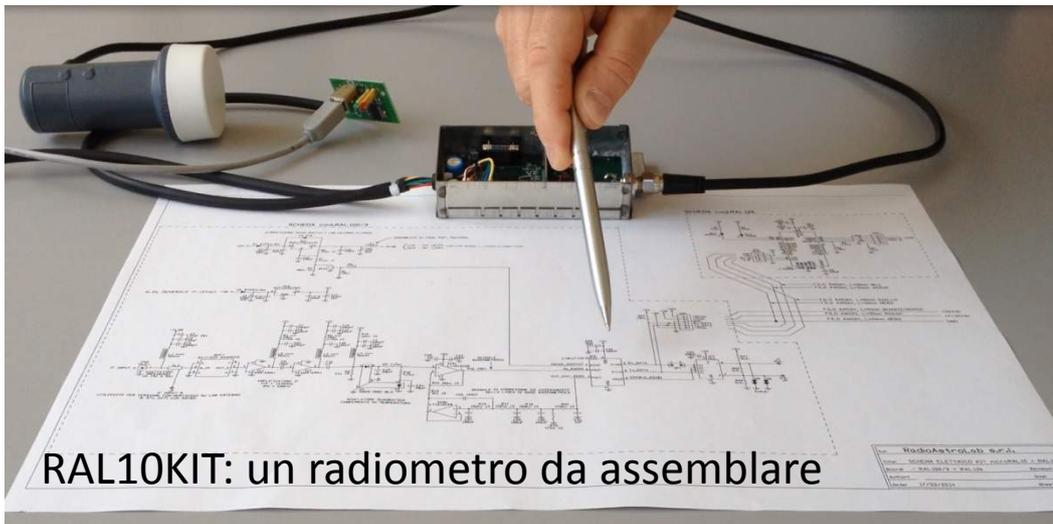
Meccanismo di emissione non termica: spettro decrescente con la frequenza (caratterizza la maggior parte delle radiosorgenti).

Densità di flusso (stimate) delle più importanti radiosorgenti alla frequenza di 11.2 GHz:

- $S_{cas}(11200) = 423.4$ [Jy] Densità di flusso di CASSIOPEA A a 11.2 GHz.
- $S_{tau}(11200) = 506.2$ [Jy] Densità di flusso di TAURUS A a 11.2 GHz.
- $S_{vir}(11200) = 36$ [Jy] Densità di flusso di VIRGO A a 11.2 GHz.
- $S_{cyg}(11200) = 126.9$ [Jy] Densità di flusso di CYGNUS A a 11.2 GHz.

Radioastronomia amatoriale per tutti: costruisci il tuo radiotelescopio

Uno starter kit e uno strumento di base per iniziare: RAL10KIT e RAL10AP



Progetto educativo finalizzato allo studio della radioastronomia.

Ricevitori a potenza totale in banda 10-12 GHz: oggi rappresentano il sistema più economico, semplice e immediato per iniziare con la radioastronomia amatoriale. Utilizziamo i componenti per le installazioni TV-SAT per assemblare il nostro primo radiotelescopio a microonde.



RAL10AP
il ricevitore a potenza totale assemblato e pronto all'uso.

RAL10KIT

Uno strumento semplice e funzionale, sviluppato per gli appassionati che vogliono “sporcarsi le mani” con i montaggi elettronici: sono forniti i componenti critici del ricevitore. Tutto il resto è commerciale. Lo sperimentatore personalizza il radiotelescopio secondo le proprie esigenze.

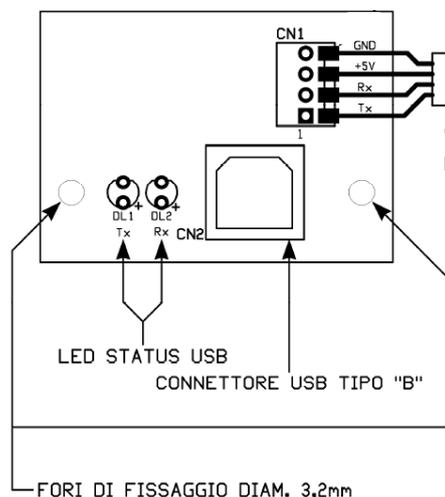


La confezione comprende il modulo radiometrico *microRAL10*, la scheda interfaccia USB per il collegamento con il PC, le istruzioni di assemblaggio e il software di gestione.

I moduli sono premontati: si completa lo strumento con un adatto contenitore, un alimentatore, un cavo coassiale e una comune antenna con LNB funzionante nella banda TV-SAT 10-12 GHz.

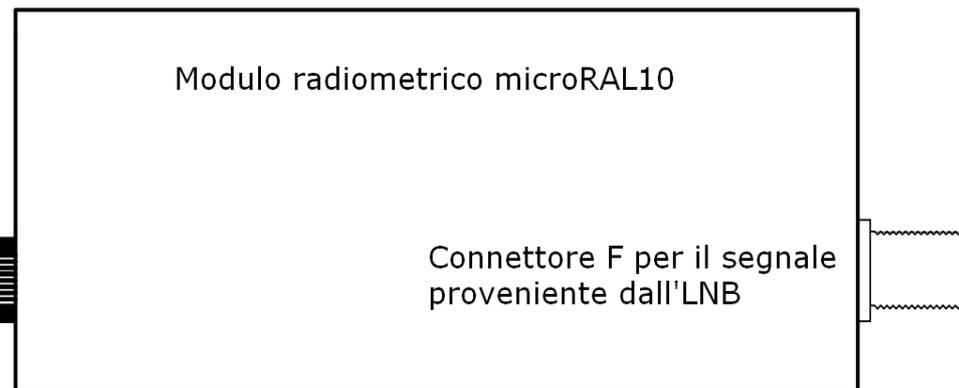
Si è realizzato il primo radiotelescopio a microonde.

Modulo interfaccia USB RAL126



Collegamento modulo
microRAL10 - modulo RAL126

Lo sperimentatore
completerà
l'assemblaggio del
ricevitore secondo le
proprie esigenze,
collegando un adatto
alimentatore stabilizzato
e inserendo il circuito in
un contenitore.



Collegamenti all'alimentatore
generale

+20Vdc (FILO BIANCO/ROSSO)
+7/12Vdc (FILO ROSSO)
GND (FILO NERO)

Cablaggio del gruppo RAL10KIT: il modulo radiometrico microRAL10 (fornito assemblato e collaudato) è contenuto all'interno di una scatola metallica schermata che prevede un connettore coassiale F per il collegamento con il segnale RF-IF proveniente dall'LNB (tramite cavo coassiale da 75 Ω per TV-SAT) e un passa-cavo in gomma dal quale escono i collegamenti per l'interfaccia USB RAL126 e per l'alimentatore.

Antenna, LNB e cavo coassiale sono componenti commerciali standard utilizzati negli impianti di ricezione TV-SAT in banda 10-12 GHz. Qualsiasi modello è utilizzabile con RAL10KIT.

RAL10AP

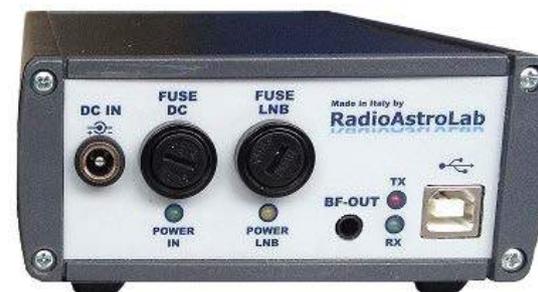
È il "fratello maggiore" di RAL10KIT, con identiche caratteristiche di base.

Lo strumento è fornito già montato in un robusto ed elegante contenitore metallico.

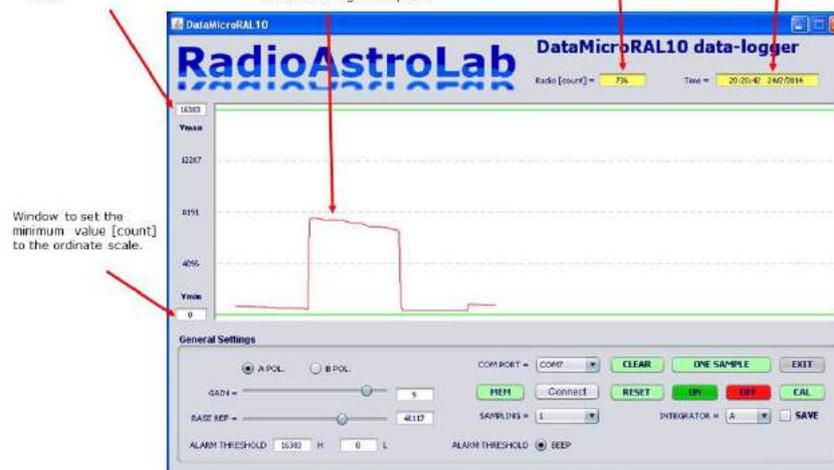
Per iniziare a lavorare è sufficiente collegare l'antenna (con LNB), l'alimentatore esterno (fornito) e il PC: attivando il software DataMicroRAL10 si avvia l'acquisizione delle misure.



Per iniziare a lavorare, connettere semplicemente l'antenna (con l'LNB), collegare l'alimentazione, il PC e avviare il software DataMicroRAL10. **RAL10AP ha una uscita audio (post-rivelazione) utile per ascoltare il "rumore" delle radiosorgenti.** L'alimentazione del ricevitore è fornita da una sorgente esterna a 12 V oppure da una batteria ricaricabile.



Window to set the maximum value [count] to the ordinate scale.
Graphic window: displays the time evolution of radiometric signal acquired.
The local time and data.



Basic settings of the program, sliders and buttons for remote control of the instrument.

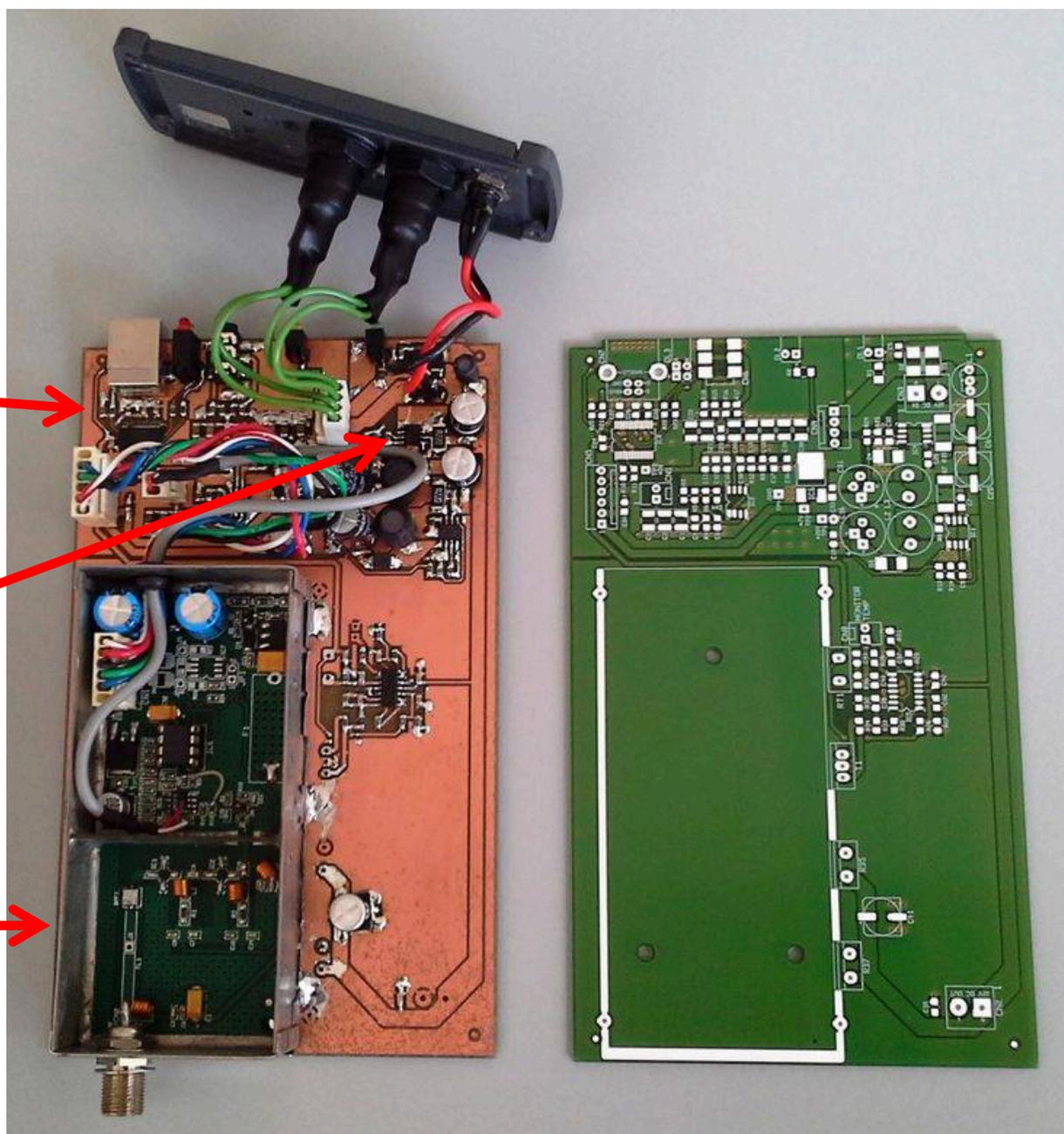
Circuiti interni del ricevitore RAL10AP

Si vede il primo prototipo di PCB e, a fianco, la versione definitiva.

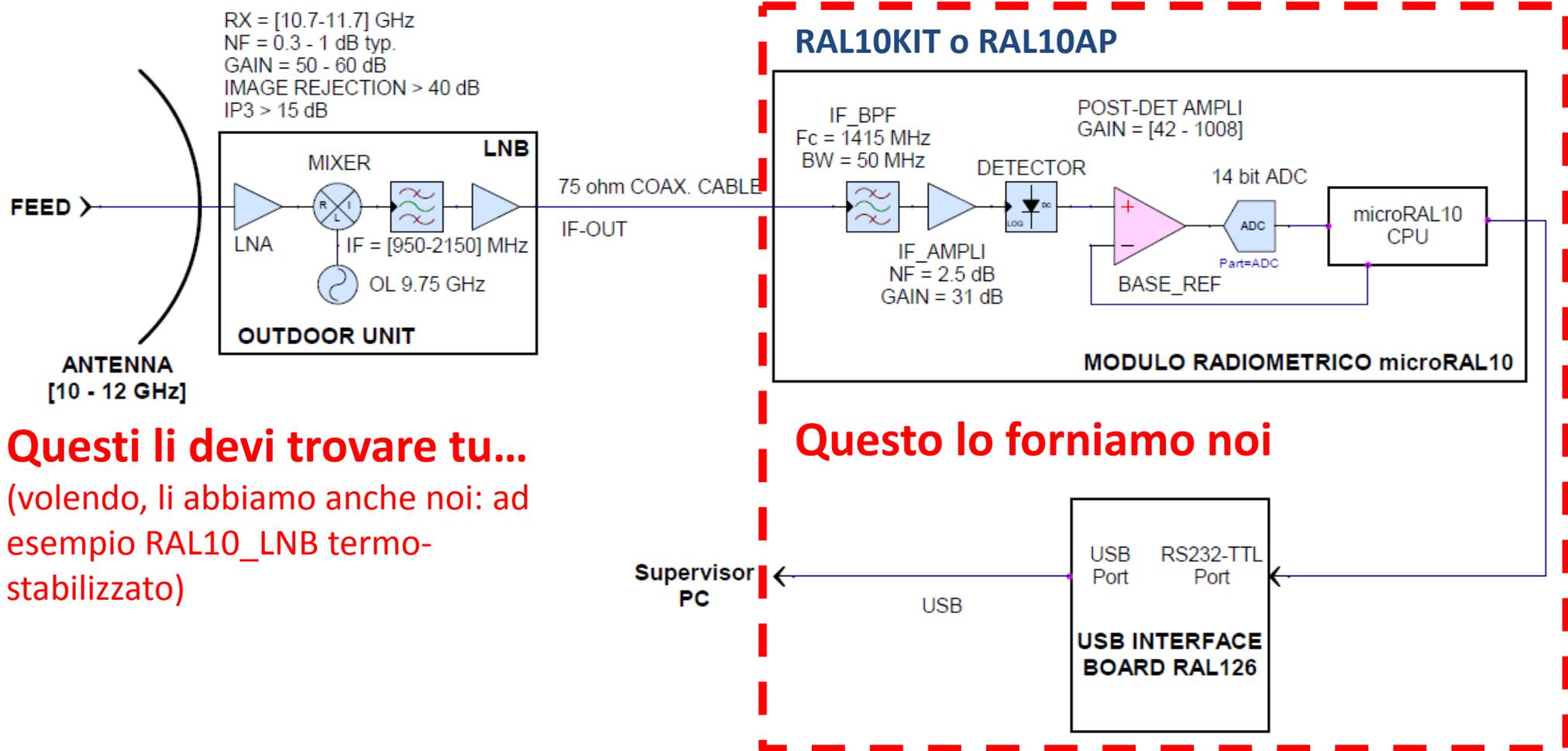
Interfaccia USB

Circuito di amplificazione audio per il segnale rivelato (si collega a una scheda audio per PC o a un amplificatore audio per l'ascolto del rumore)

Modulo radiometrico microRAL10



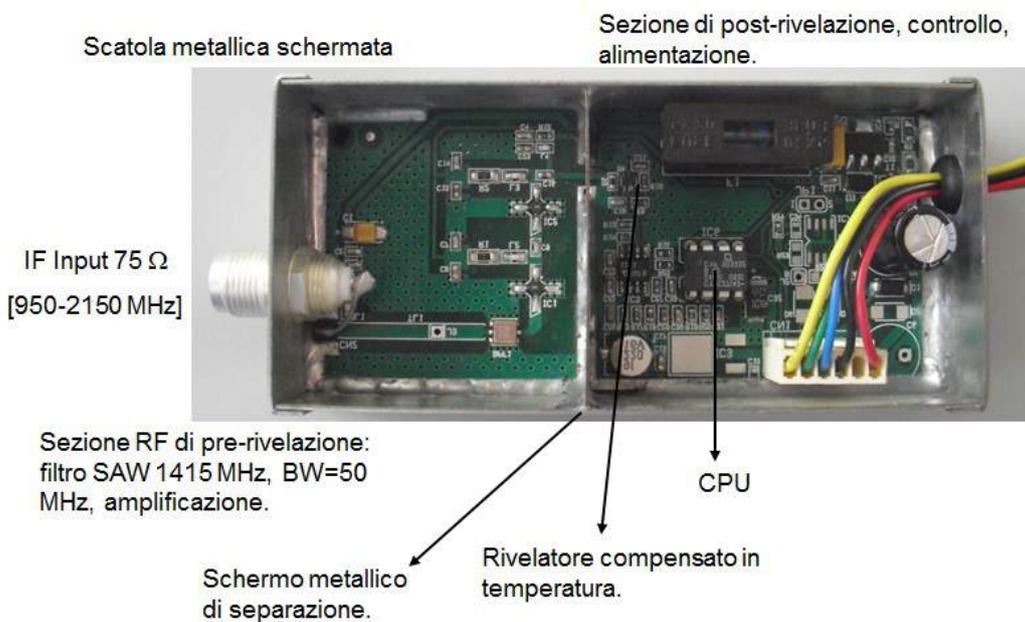
Schema a blocchi del radiotelescopio a microonde... un ricevitore a potenza totale



Questi li devi trovare tu...
(volendo, li abbiamo anche noi: ad esempio RAL10_LNB termo-stabilizzato)

Un **radiometro** è un ricevitore a microonde molto sensibile utilizzato per misurare la temperatura di brillantezza dello scenario intercettato dall'antenna: tutti gli oggetti emettono una potenza di rumore funzione della temperatura e delle caratteristiche fisiche.

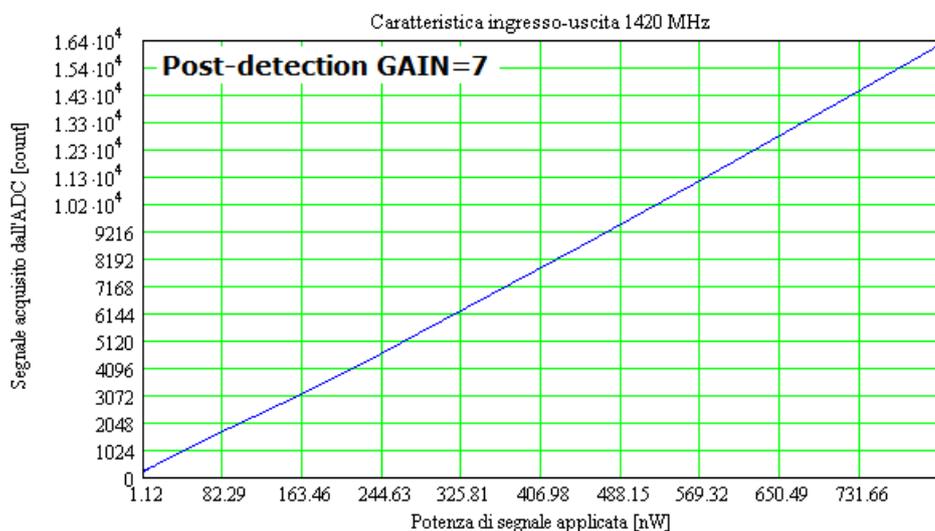
Modulo radiometrico microRAL10: il cuore di RAL10KIT e RAL10AP



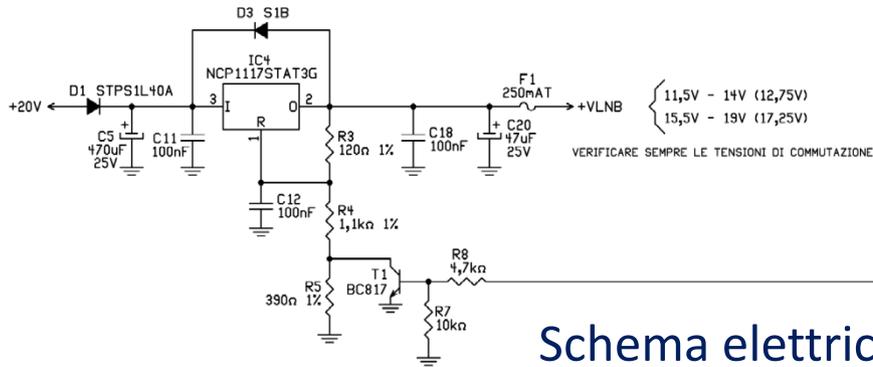
microRAL10

unità centrale dei ricevitori a potenza totale

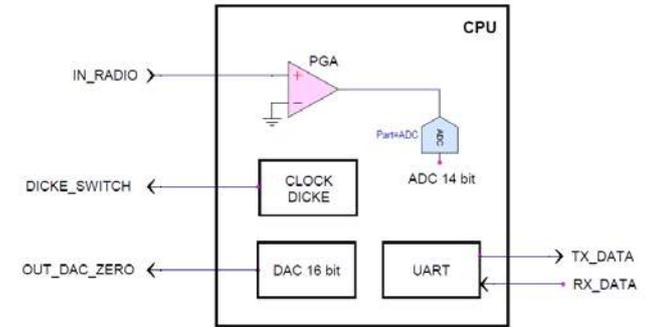
E' un radiometro gestito da un microprocessore che amplifica il segnale proveniente dall'LNB (filtro SAW all'ingresso con frequenza centrale 1415 MHz e BW=50 MHz), esegue il calcolo della potenza RF, "digitalizza" il segnale rivelato con elevata risoluzione (ADC 14 bit) e comunica con il PC di stazione (porta USB) attraverso un canale dati seriale con protocollo proprietario. Il modulo fornisce l'alimentazione all'LNB attraverso il cavo coassiale (protetto da fusibile), con il salto di tensione per il cambio della polarizzazione in ricezione. Il processore controlla i parametri del radiometro: impostazione dell'offset, impostazione automatica della linea di base, impostazione del guadagno e della costante di integrazione di post-rivelazione (con tempi da circa 0.1 fino a 26 secondi), selezione della polarizzazione in ricezione (se previsto dall'LNB), memorizzazione dei parametri di impostazione.



microRAL10 implementa le funzioni indispensabili per un radiometro a microonde adatto alla radioastronomia, con particolare attenzione ai requisiti di sensibilità e stabilità che tale applicazione richiede.

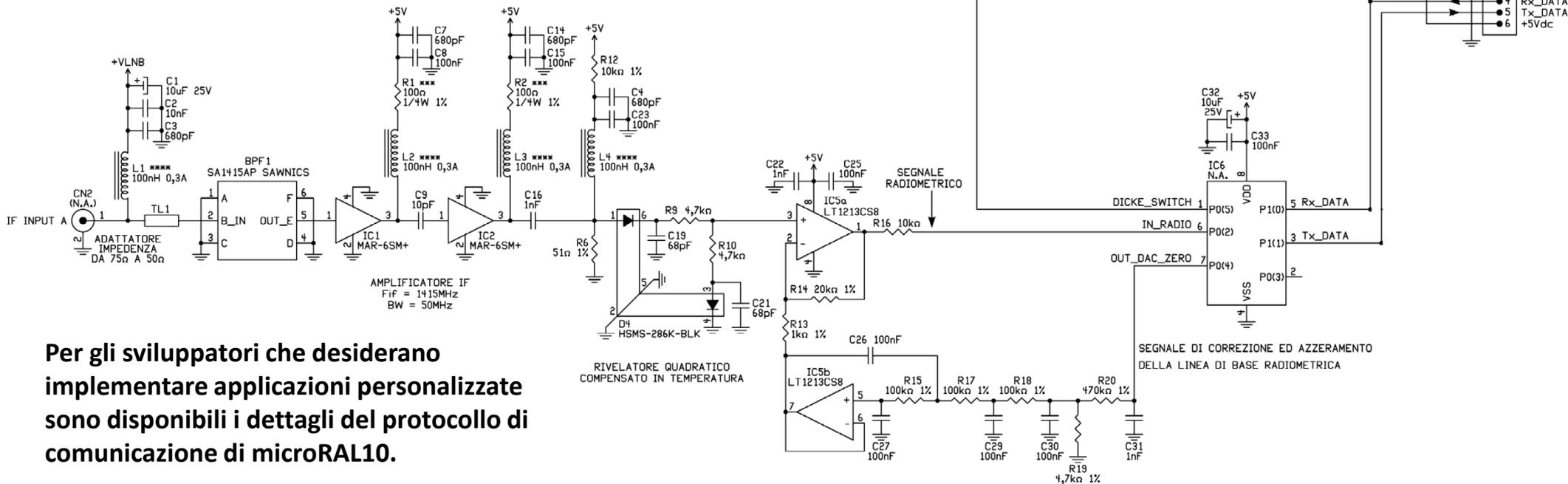
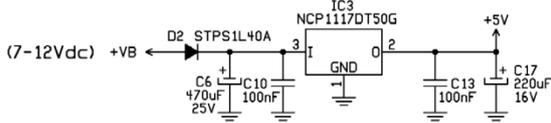


Schema elettrico del modulo radiometrico microRAL10

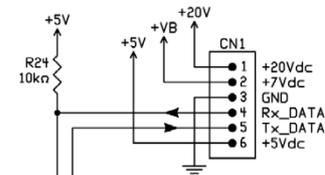


Dettaglio delle periferiche interne al processore

Protocollo di comunicazione seriale proprietario per il controllo dello strumento.



Per gli sviluppatori che desiderano implementare applicazioni personalizzate sono disponibili i dettagli del protocollo di comunicazione di microRAL10.

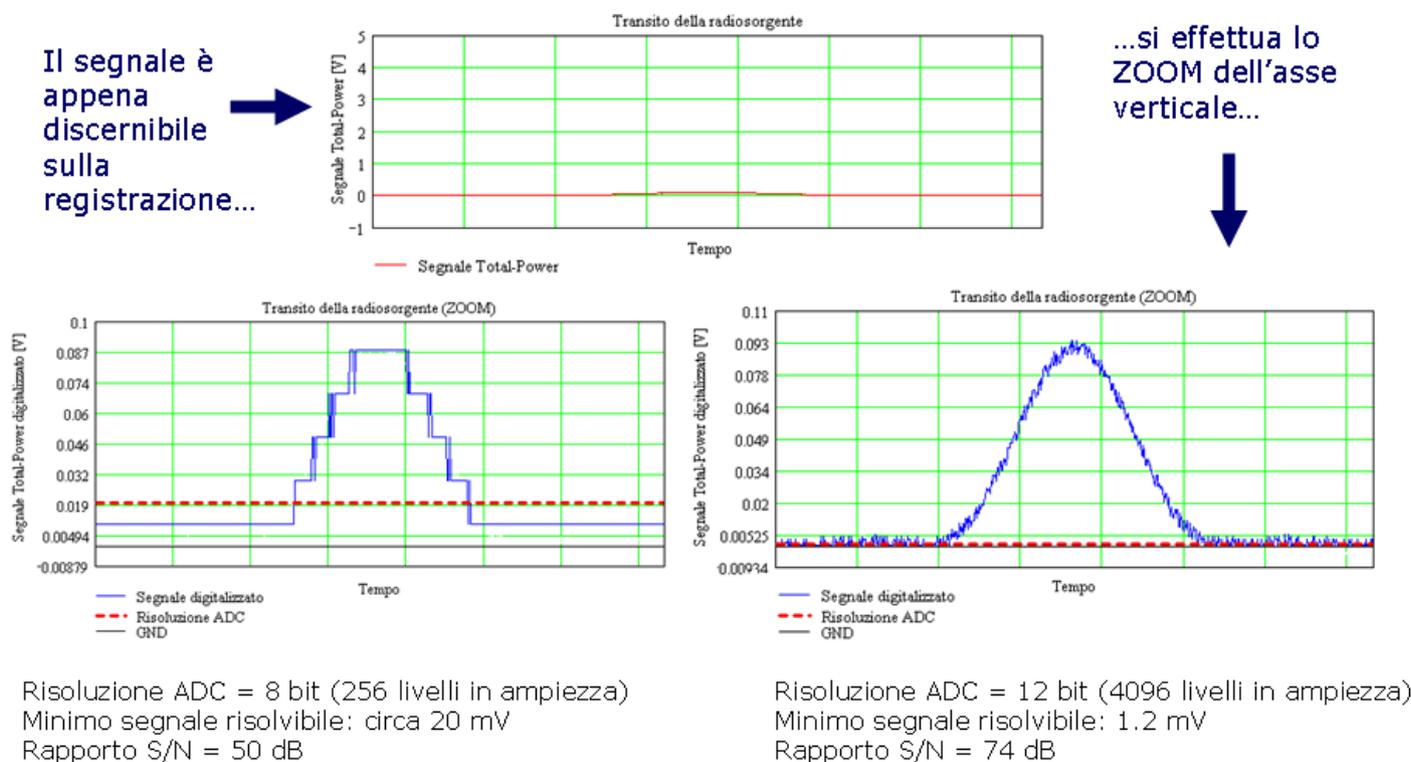


Il **convertitore analogico-digitale (ADC)** è l'ultimo anello del ricevitore: converte il segnale rivelato nella corrispondente sequenza numerica di campioni.

Per ottenere sufficiente dinamica e risoluzione nella quantizzazione delle ampiezze durante l'operazione di "digitalizzazione" del segnale è indispensabile utilizzare un convertitore analogico-digitale con adeguate caratteristiche, in termini di *linearità* e di *risoluzione*.

microRAL10 utilizza un ADC con **14 bit nominali di risoluzione**.

Effetti della conversione Analogico-Digitale (ADC)



Il parametro *INTEGRATOR* di microRAL10 imposta la costante di integrazione di post-rivelazione, riducendo le fluttuazioni di rumore del segnale in uscita.

La misura radiometrica è il risultato di un calcolo di media mobile eseguito su $N=2^{INTEGRATOR}$ campioni di segnale acquisiti, dove $0 \leq INTEGRATOR \leq 8$.

Sono impostabili le seguenti costanti di tempo:

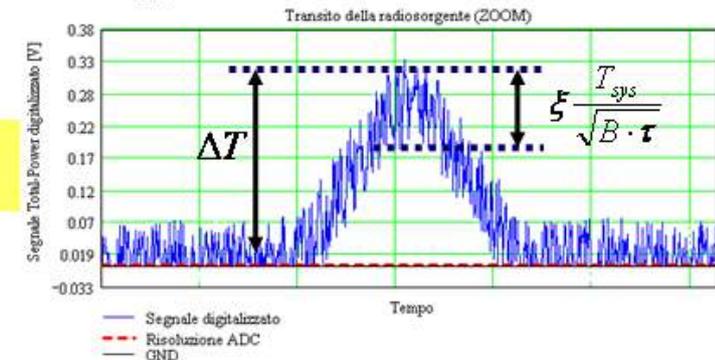
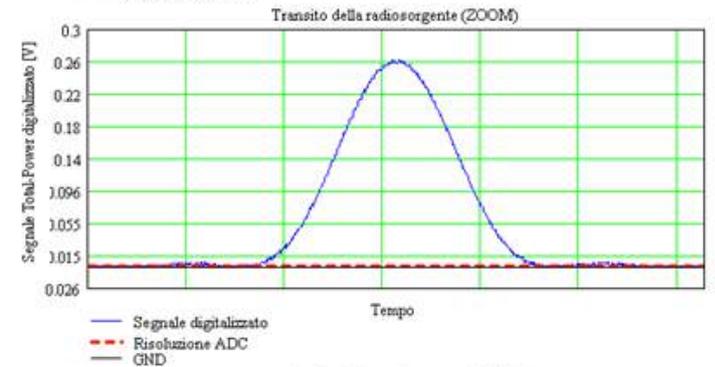
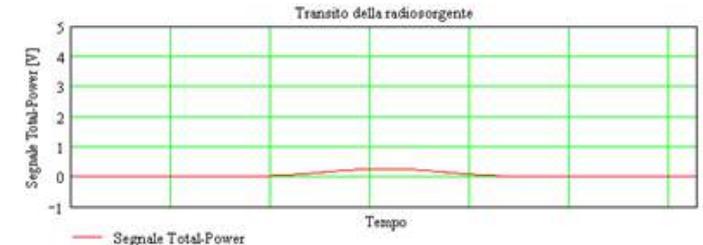
INTEGRATOR	τ [secondi]	Incrementare τ significa applicare un filtraggio e "livellamento" sulle caratteristiche di variabilità del fenomeno osservato: sono "mascherate" le variazioni di durata inferiore a τ e si alterano (o si perdono) le informazioni sull'evoluzione temporale della grandezza studiata.
0	0.1	
1	0.2	
2	0.4	
3	0.8	
4	2	
5	3	
6	7	
7	13	
8	26	

Effetto della costante di tempo dell'integratore di post-rivelazione sul segnale d'uscita:

$$\Delta T_{\min} = \xi \cdot \frac{T_{sys}}{\sqrt{B \cdot \tau}}$$

$\tau = 1 \text{ s}$
 $\tau = 0.001 \text{ s}$

Equazione del radiometro che stabilisce la sensibilità del sistema ricevente.



Software DataMicroRAL10 per il controllo e per l'acquisizione dei dati

Finestra per l'impostazione del valore massimo [count] per la scala delle ordinate.

Finestra grafica: visualizza l'andamento nel tempo del segnale acquisito.

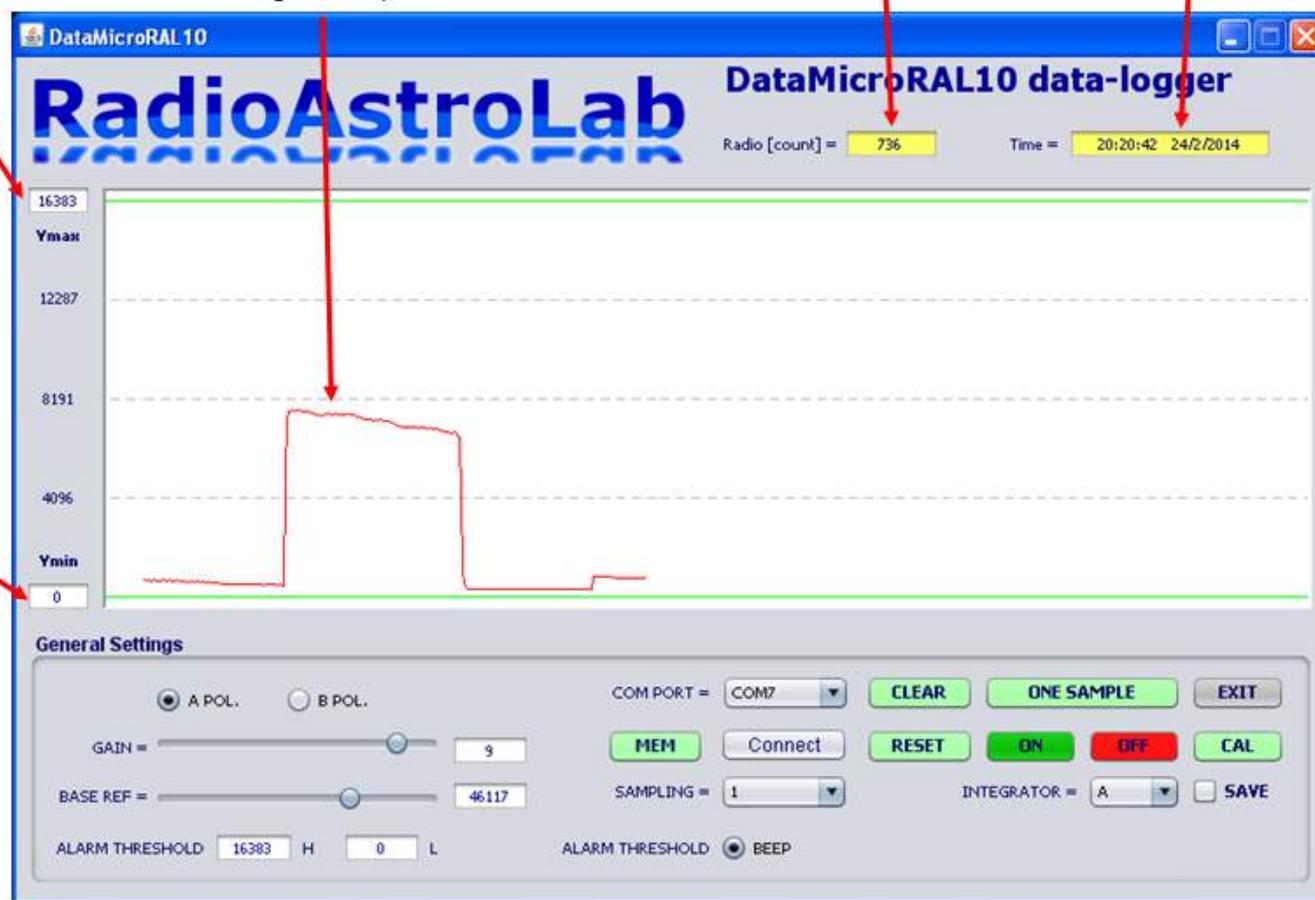
Finestra dati: visualizza l'intensità [count] del segnale radiometrico.

Visualizza l'ora locale e la data.

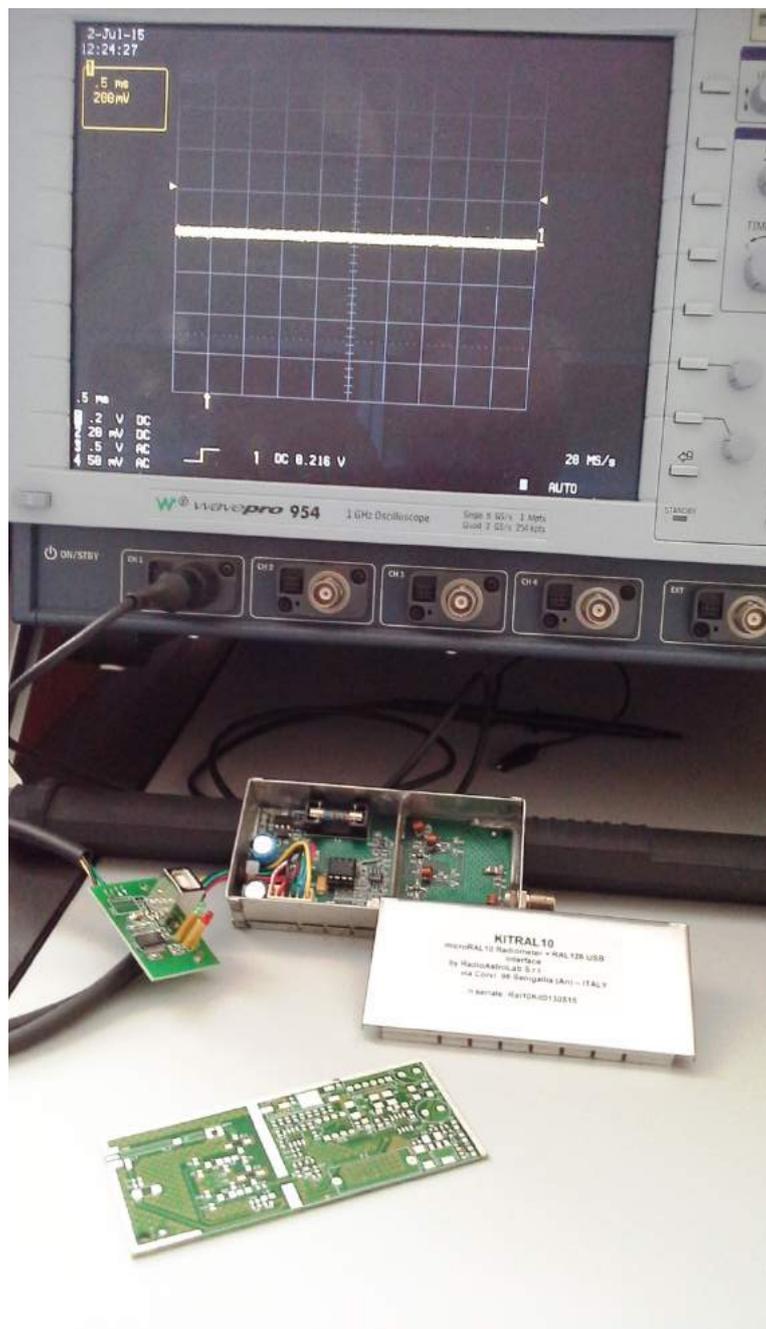
E' tutto ciò che serve per iniziare ad operare.

Finestra per l'impostazione del valore minimo [count] per la scala delle ordinate.

Con il software fornito è possibile controllare da remoto il funzionamento del radiotelescopio: impostare i parametri operativi, memorizzarli dopo la calibrazione e acquisire i dati radiometrici.



Impostazioni base del programma, cursori e pulsanti per il controllo remoto dello strumento.



Perché dovrei utilizzare RAL10KIT o RAL10AP per costruire un piccolo radiotelescopio amatoriale a 10 GHz che «vede» solo il Sole e la Luna?

Non è più economico utilizzare un Sat-Finder per TV-SAT?

Un Sat-Finder può essere l'elemento base per costruire un piccolo radiotelescopio e rappresenta un approccio semplice ed economico. Il web è pieno di esempi.

Tuttavia è necessario fare modifiche e aggiungere alcune parti “ex novo” (come lo stadio amplificatore di post-rivelazione).

Se non ci accontentiamo di una semplice visualizzazione del segnale gestibile con un comune “tester”, ma desideriamo acquisire e archiviare automaticamente i dati, occorre prevedere una scheda di acquisizione gestita da software dedicato.

Nel Sat-Finder tutta la banda passante all'uscita dell'LNB (1 GHz) è amplificata e rivelata senza filtraggio: si ha sensibilità, ma altrettanta instabilità e suscettibilità alle interferenze.

Le prestazioni del dispositivo variano molto con la temperatura: si hanno fluttuazioni nel guadagno e nella costante di rivelazione, con pesanti limitazioni sull'amplificazione utilizzabile e derive a lungo termine nella risposta. Nell'applicazione originale non è necessario ottimizzare tali prestazioni, dato che non servono precise misure di potenza, ma valutazioni empiriche di intensità con segnali molto “robusti” in tempi brevi.

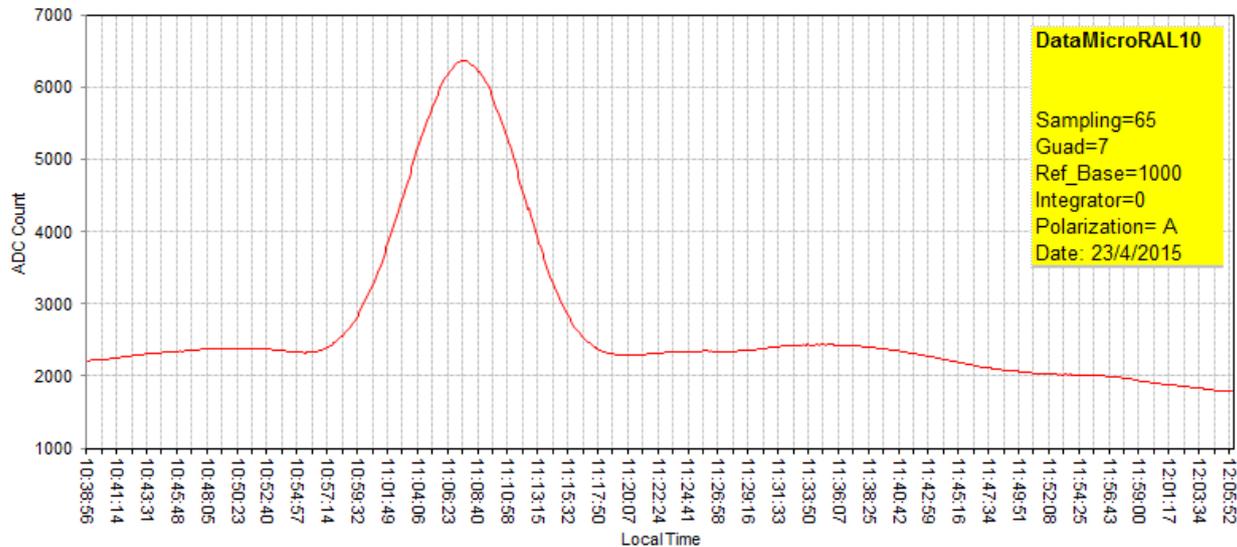
Un Sat-Finder non è controllabile da remoto.

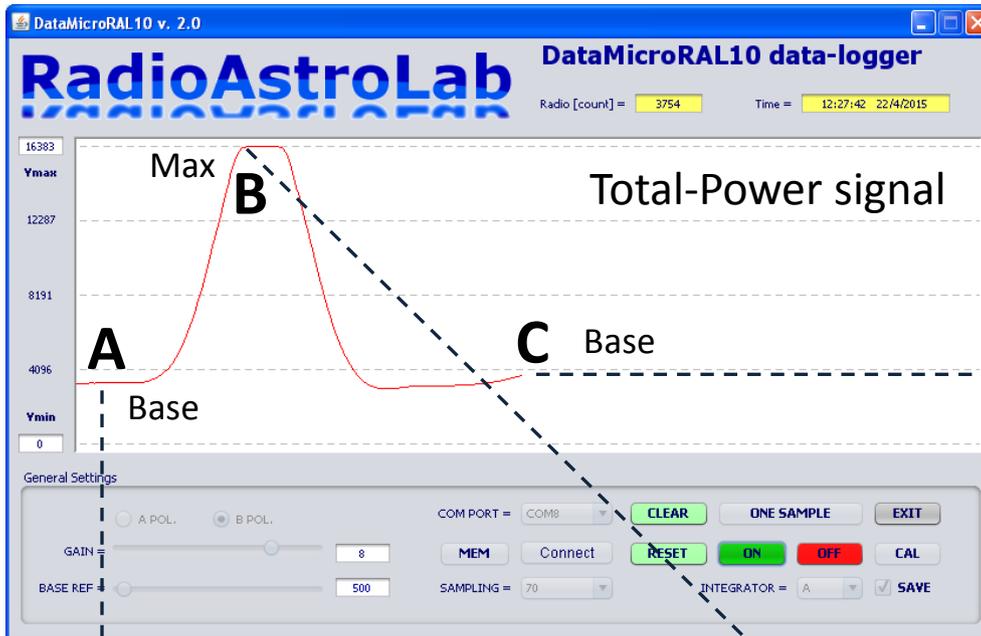


Ricevitore RAL10AP durante l'osservazione del Sole.

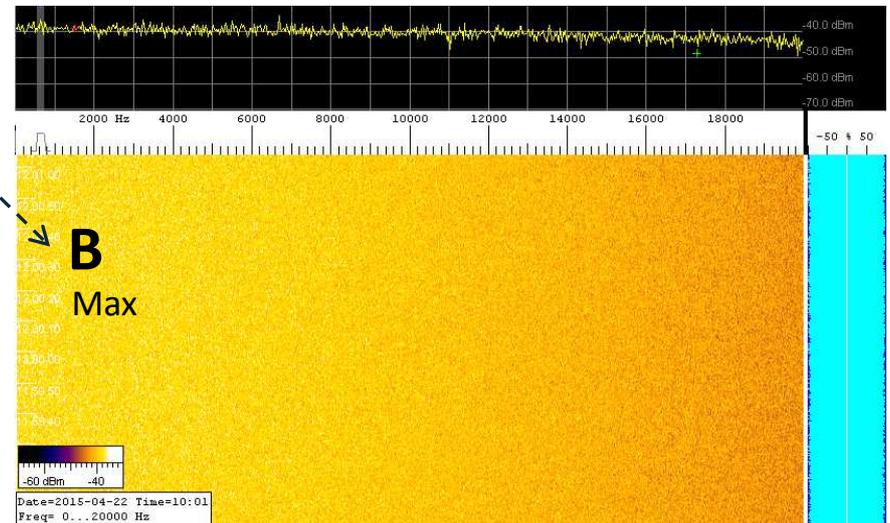
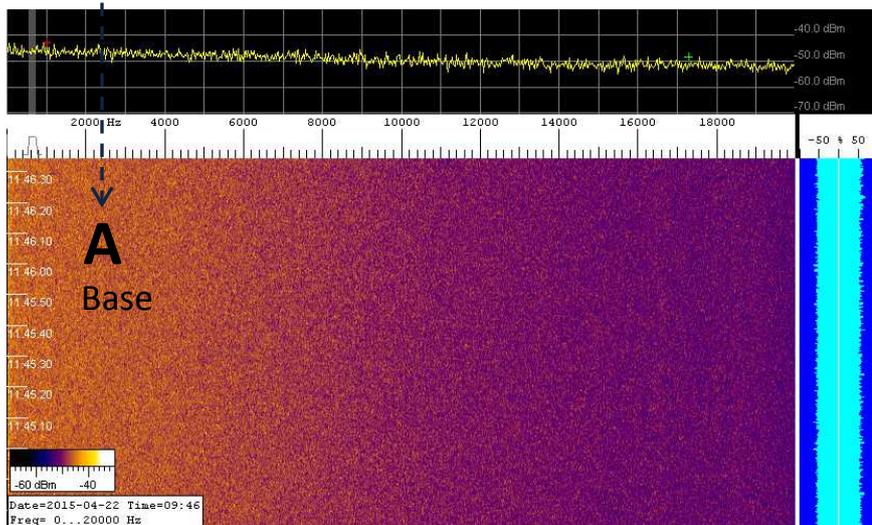
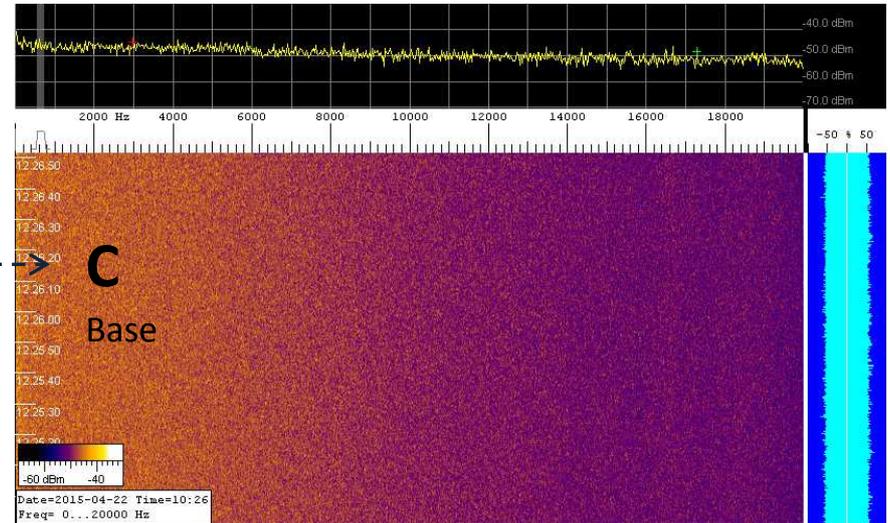
Osservazione amatoriale del transito solare con una parabola satellitare e il ricevitore RAL10AP

Osservazioni 23_04_2015\SUN_23_04_20151.txt





Observing the Sun with RAL10AP



Signal to the audio output of post-detection: power spectrum.

SUN_21_04_2015.txt

Molto semplice e «amatoriale» il sistema utilizzato per la valutazione dell'orientamento (manuale, al transito) dell'antenna.



Sono state stimate le caratteristiche elettromagnetiche e geometriche dell'antenna per una corretta installazione.



Osservazione al transito del SOLE con RAL10AP

DataMicroRAL10
C:\Documents and Settings\Flavio\Desktop\prova1.txt

Sampling=50
Guad=8
Ref_Base=700
Integrator=0
Polarization= A
Date: 21/4/2015

Caratteristiche dell'antenna parabolica offset (TV-SAT) utilizzata:



Wifi Calculations for Parabolic Dish with Offset Feedhorn

Inputs

Enter Frequency	11200	MHz
Diameter of large axis of dish	790	mm
Diameter of small axis of dish	715	mm
Depth of dish at deepest pt	64	mm
Distance of deepest pt from bottom edge along large axis	450	mm

Units (all entries) inches mm

Calculate

Save to File

Exit

The Focal Length is 473,16 mm.

This offset reflector is a section of a full parabola with a diameter of 1472,52 mm whose vertex is at the bottom edge of the offset reflector. The full parabola has an f/D = 0,32, which determines criticality of focal length.

The focal point of the dish is 473,16 mm from the bottom edge of the reflector and 759,57 mm from the top edge of the reflector.

For operation with the main beam on the horizon with the feed at the bottom, the dish must be tilted forward so that the large axis is 68,74 degrees above horizontal.

Illumination angle for feed = 75,77 degrees on the large axis and 75,12 degrees on the small axis. A feedhorn with a 3 dB beamwidth of 43,25 degrees is needed, equivalent to the feed for a conventional dish with f/D = 0,74.

Gain at 50% efficiency = 35,47 dBi. If you do really well, you might get 60% efficiency for a gain = 36,26 dBi.

Inclinometro a bolla per l'impostazione manuale dell'elevazione.
Goniometro scolastico per l'orientamento in azimuth.

Il ricevitore RAL10AP e il PC portatile «incassati» all'interno di una scatola di cartone (rivestita di stagnola) per proteggerli dal sole primaverile.

Questo è un radiotelescopio «minimale» che consente un'agevole ricezione dei transiti solari e lunari, utilizzabile in dimostrazioni didattiche. **Un banco di prova, uno starter-kit per la radioastronomia.**



Test con RAL10AP.

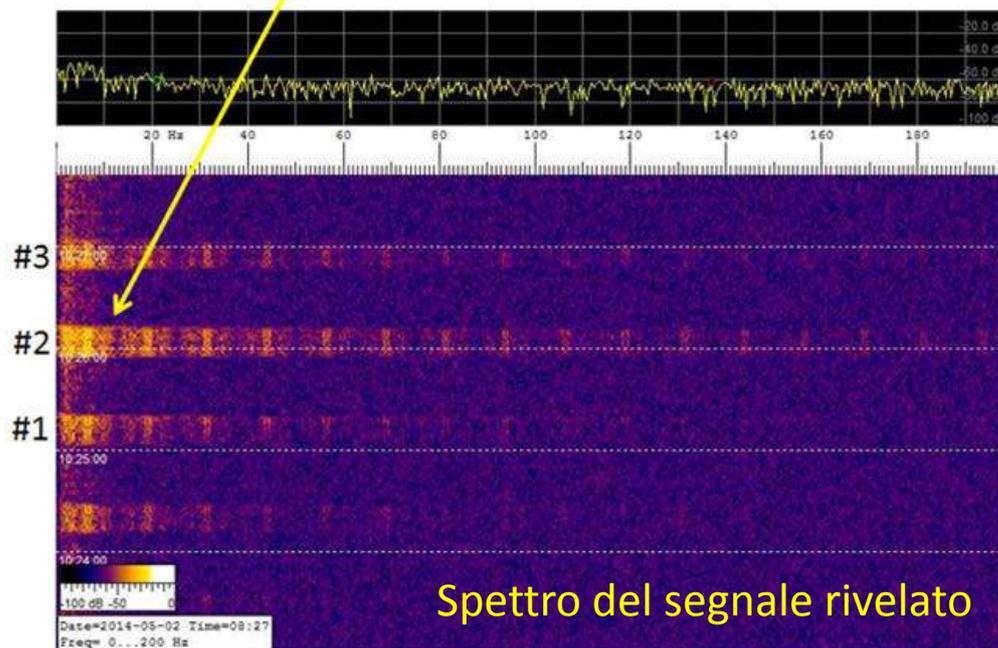
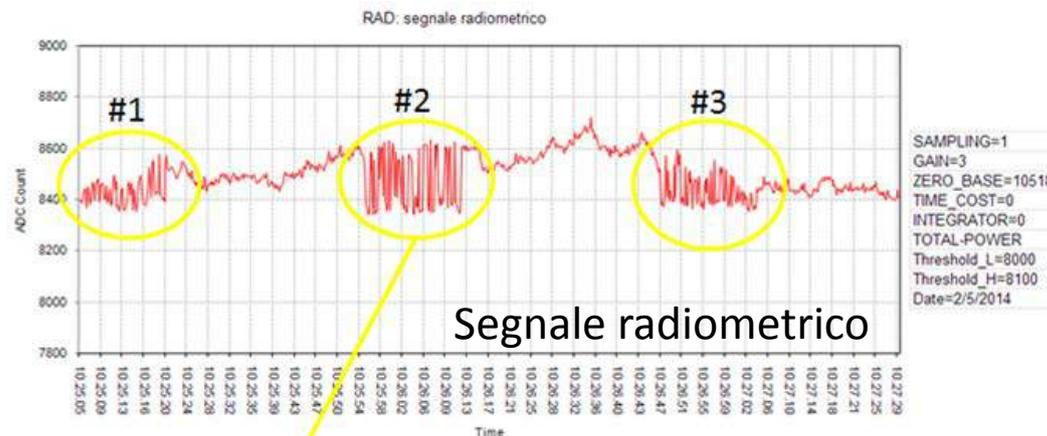
Si è utilizzato un LNB con antenna horn tronco-piramidale (20 dB) collegato al ricevitore RAL10AP.

Osservazione del mare da una collina.

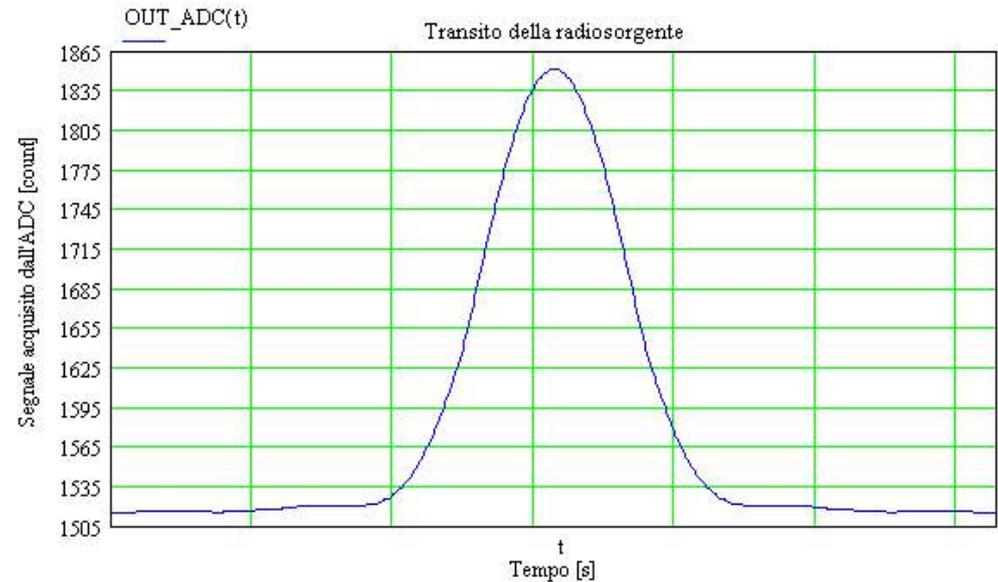
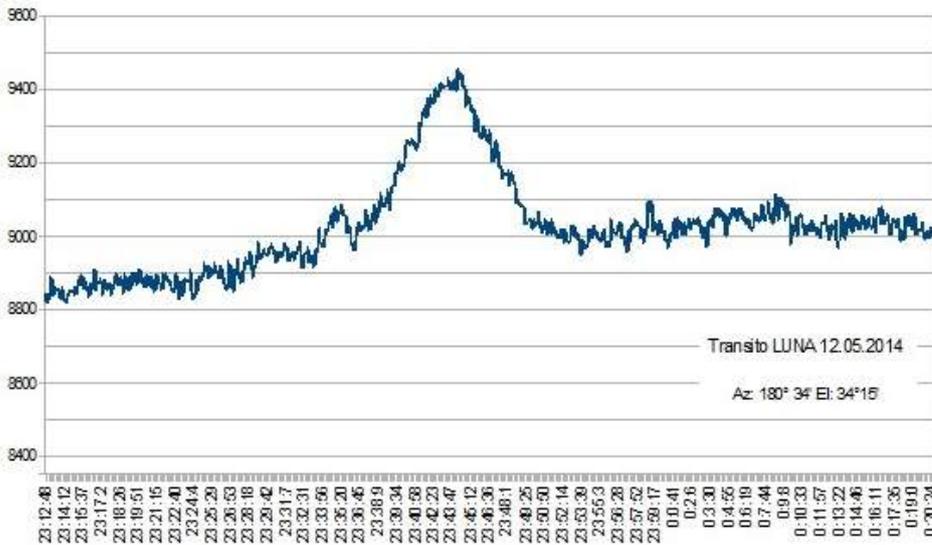
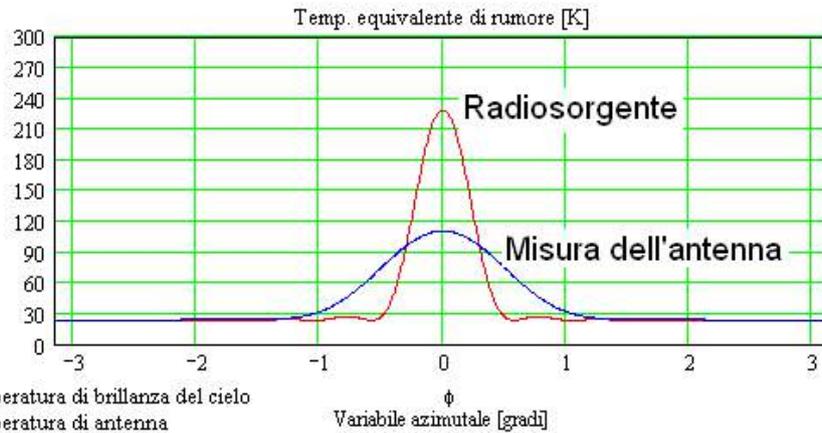
Le registrazioni mostrano i segnali radar in banda X delle imbarcazioni.



Radar per la navigazione marittima in banda X (10 GHz)



Un PC portatile registra il segnale radiometrico a 11.2 GHz tramite il software DataMicroRAL10 (grafico in alto) e il segnale audio di post-rivelazione visualizzato in forma di spettrogramma dal software Spectrum Lab (<http://www.qsl.net/dl4yhf/spectra1.html>).



Il profilo di brillantezza della Luna è la *convoluzione* fra la temperatura di brillantezza dello scenario e la funzione guadagno di antenna. L'antenna di un radiotelescopio "diluisce" la vera distribuzione di brillantezza: l'entità della distorsione è dovuta alle caratteristiche di "filtraggio" spaziale dell'antenna ed è legata al rapporto fra le dimensioni angolari del fascio di ricezione e quelle apparenti della radiosorgente. Nessuna distorsione si verifica se il diagramma di ricezione dell'antenna è molto stretto rispetto all'estensione angolare della sorgente.

RAL10KIT & RAL10AP: transito della Luna
registrato da Giancarlo Madaia (La Spezia) con RAL10KIT.

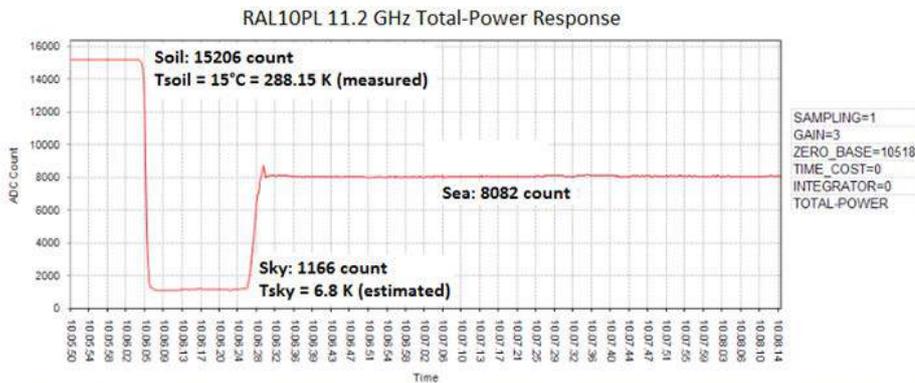
Confronto fra la registrazione simulata (ideale) del transito lunare e l'osservazione reale.

Una semplice procedura di calibrazione per un radiotelescopio amatoriale

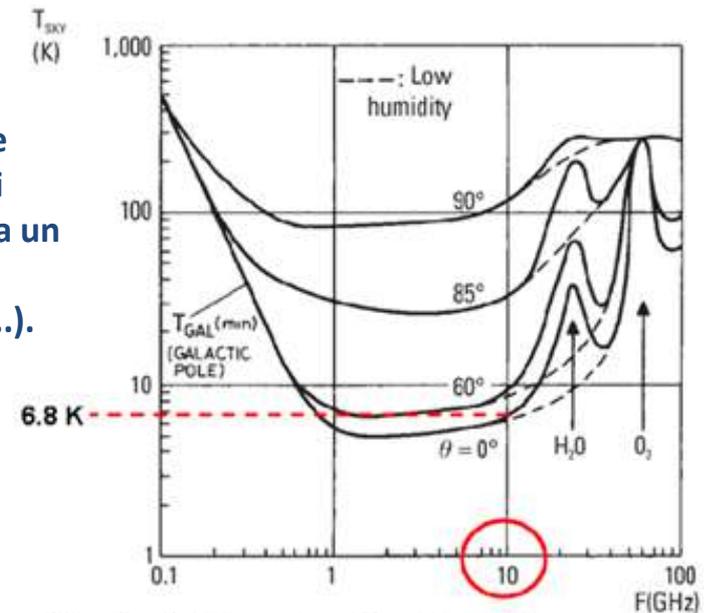
Un vero strumento di misura deve fornire dati in uscita riferiti ad una scala assoluta di valori.

Nel caso di un radiotelescopio occorre stabilire una relazione fra la temperatura (equivalente di rumore) di antenna [K] e la quantità arbitraria [count] del segnale «digitalizzato» dall'ADC.

E' possibile calibrare il sistema misurando due differenti livelli di rumore: si osserva prima un target «caldo», poi un target «freddo».



La calibrazione deve essere ripetuta ogni volta che si modifica un parametro del ricevitore (gain, etc..).



1) COLD TARGET
11.2 GHz Brightness Temperature (estimated) when the radiometer "sees" an area of the sky (zenith) clear and dry:

$$T_{sky} := 6.8 \text{ K}$$

$count_{sky} := 1166$ Antenna that "sees" the sky zenith.

2) HOT TARGET:

$T_{soil} := 15 \text{ }^\circ\text{C} = 288.15 \text{ K}$ Physical Temperature of the soil (measured).

$e := 0.95$ Emissivity of soil @ 11.2 GHz (estimated) .

$T_{b_soil} := e \cdot T_{soil} = 273.743 \text{ K}$ Brightness Temperature of the soil.

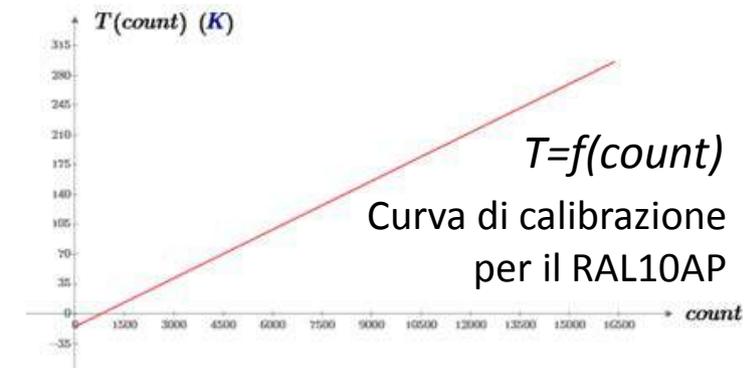
$count_{soil} := 15206$ Antenna that "sees" the soil.

The brightness temperature measured by the radio telescope when it "sees" a scenario characterized by a measure [count] will:

$count := 0 \dots (2^{14} - 1)$ E' il campo di misura dell'ADC (con risoluzione pari a 14 bit).

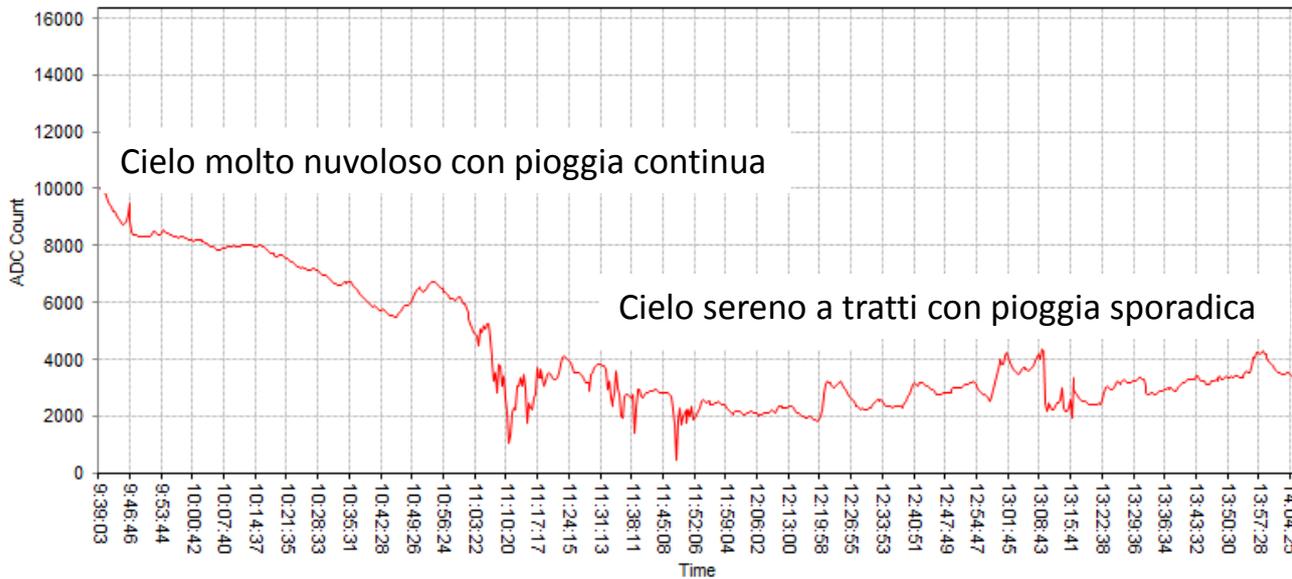
$$T(count) := T_{b_soil} + \frac{count - count_{soil}}{count_{soil} - count_{sky}} \cdot (T_{b_soil} - T_{sky})$$

Sky radiometric temperature with zenith angle θ as a parameter.



Influenza della pioggia sulla ricezione a 10-12 GHz: la temperatura di brillantezza del cielo varia con le condizioni meteo.

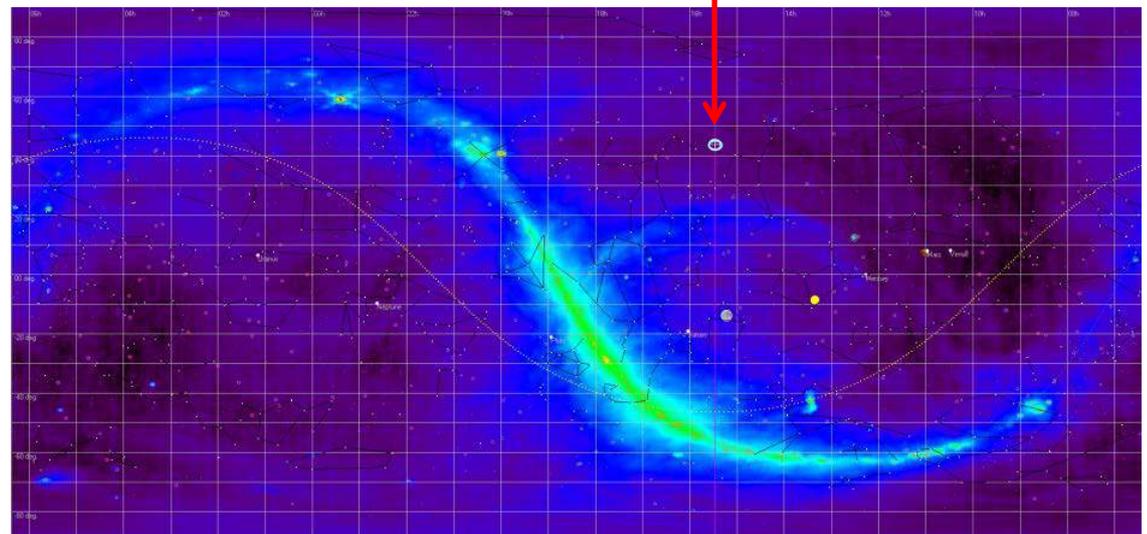
RAD: segnale radiometrico (Date=15/10/2015)



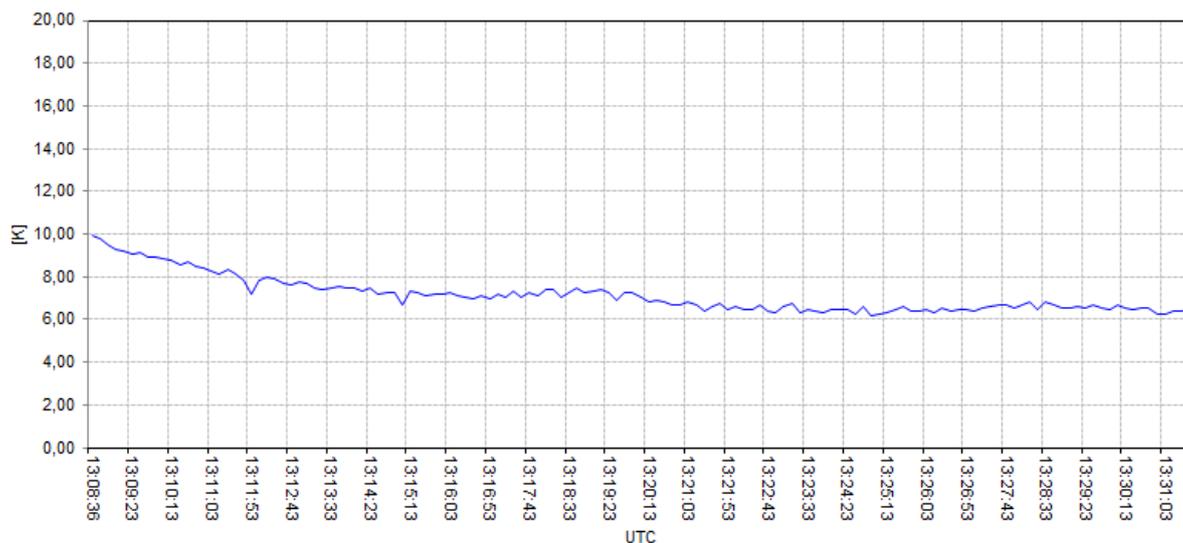
Antenna orientata allo zenith

Dimensione del lobo di ricezione dell'antenna (circa 3°) che «guarda» il cielo allo zenith in una zona libera da radiosorgenti.

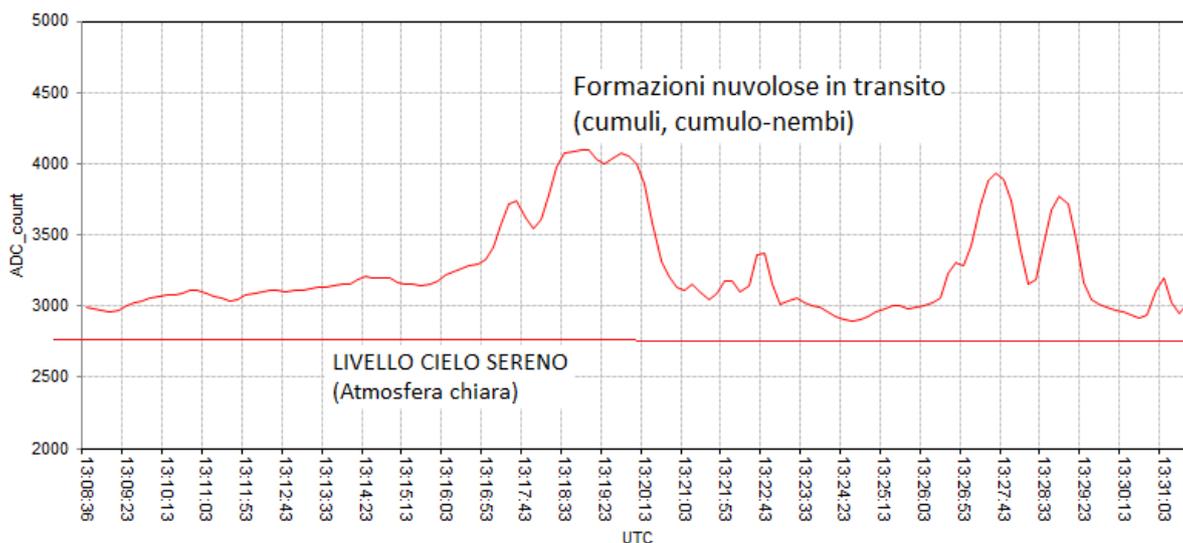
Cielo del giorno 15.10 ore locali 11:00:00



RAL_ATMMisure_TSKYRAL17_06_2015_B.TXT Tsky: temperatura di brillantezza del cielo @ 11.2 GHz



RAL_ATMMisure_TSKYRAL17_06_2015_B.TXT IR: misura radiometrica [7-14 um]



Il radiometro IR risponde principalmente alle seguenti bande:

- 1) Ozono $\lambda = 9.6 \mu\text{m}$
- 2) Vapore d'acqua $\lambda = 6.2 - 14 \mu\text{m}$

Misure radiometriche della temperatura di brillantezza del cielo @ 11.2 GHz e nella banda IR [7-14 μm] di lunghezza d'onda.

Il radiometro a microonde stato calibrato con il metodo delle due temperature.

Si nota come la risposta del radiometro a microonde sia relativamente poco sensibile alla presenza di formazioni nuvolose, eccetto nel caso di precipitazioni.

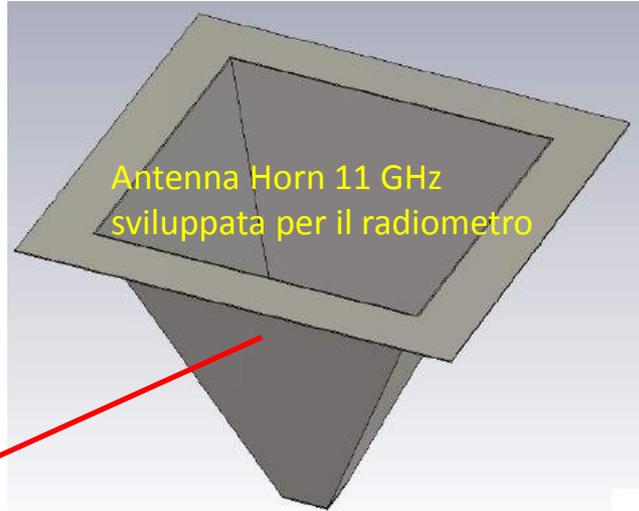
Il nostro sistema, opportunamente calibrato e termicamente stabilizzato, è utilizzato anche per misure della temperatura di brillantezza del cielo e dell'opacità atmosferica in applicazioni di remote sensing della troposfera.

Come sono state effettuate le misure precedenti?

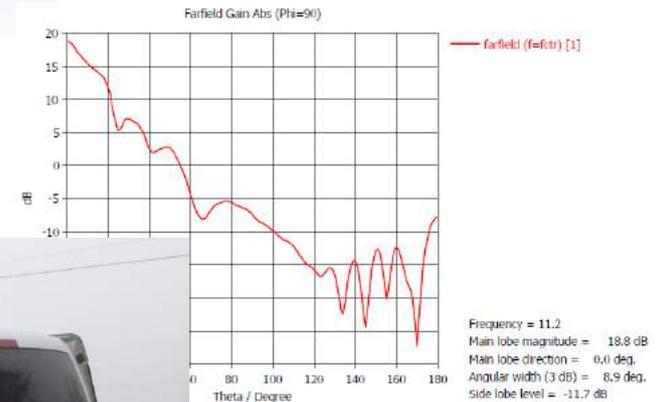
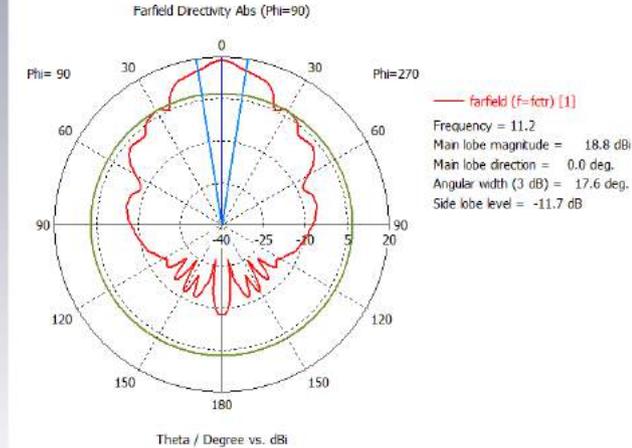
Un esempio che illustra una possibile applicazione del modulo radiometrico microRAL10 per la misura della temperatura di brillantezza e dell'opacità atmosferica a microonde (e IR).

RAL_Atmo

prototipo di radiometro MW e IR.



Name	Value	Description
fctr	11.2	Frequenza centrale
fmax	12	Frequenza massima
fmin	10	Frequenza minima
horn_length	124	Lunghezza dell'antenna
taper_angle	22.2	Angolo di apertura
wall_thickness	0.5	Spessore delle pareti
waveguide_height	16	Altezza guida d'onda
waveguide_width	16	Larghezza guida d'onda

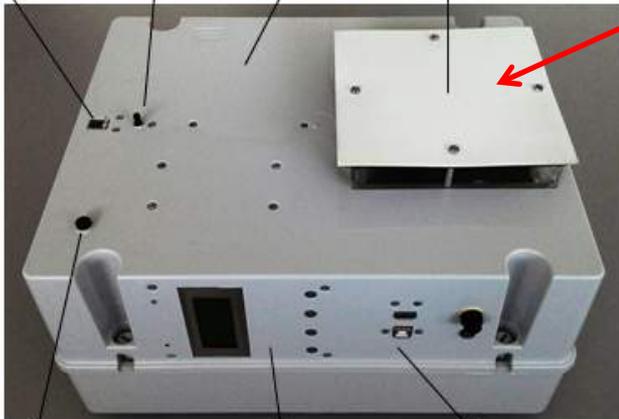


Misura della temperatura dell'aria

Ricevitore GPS integrato per riferimenti di posizione e di tempo.

Radiometro IR ($\lambda=7-14 \mu\text{m}$)

Radiometro a microonde (11.2 GHz)



Misura dell'umidità relativa

Display LCD e pannello comandi

Porte USB per il collegamento al PC e alla memoria esterna (chiavetta USB per la registrazione automatica dei dati)

Misura dell'opacità atmosferica a microonde in zona urbana

La difficile questione della stabilità di un ricevitore a potenza totale

Il problema principale delle misure radiometriche riguarda l'instabilità dei parametri del ricevitore rispetto alle variazioni di temperatura.

Se l'amplificazione della catena ricevente è molto elevata, a causa delle instabilità del sistema è facile osservare fluttuazioni nel segnale di uscita che producono ambiguità e limitano, in pratica, la sensibilità dello strumento.

SOLUZIONE pratica a livello amatoriale:

si stabilizza termicamente lo strumento tramite un controllo automatico che mantiene costante la temperatura del ricevitore.

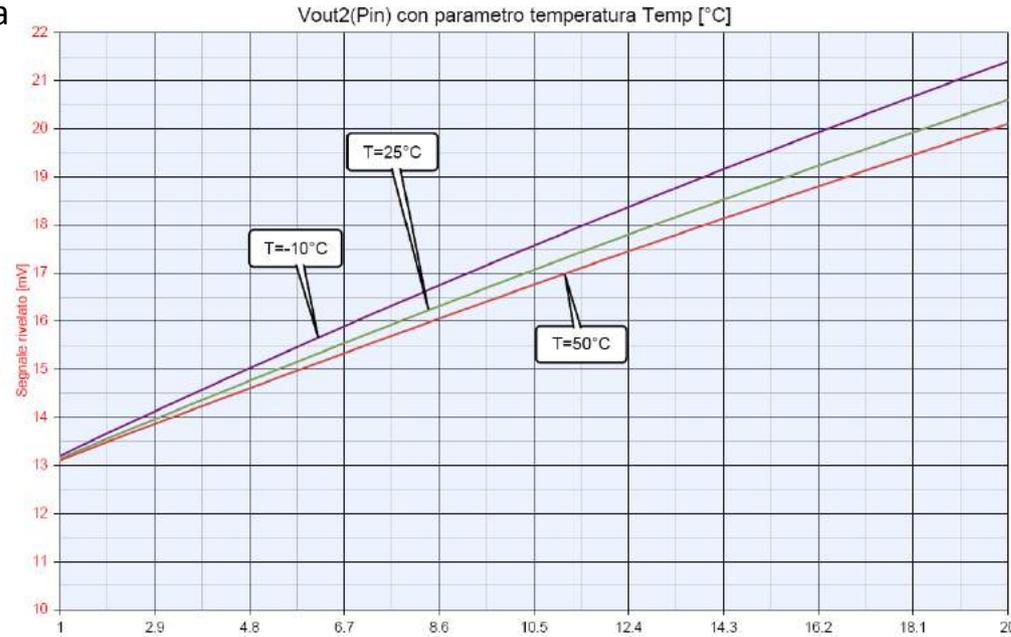
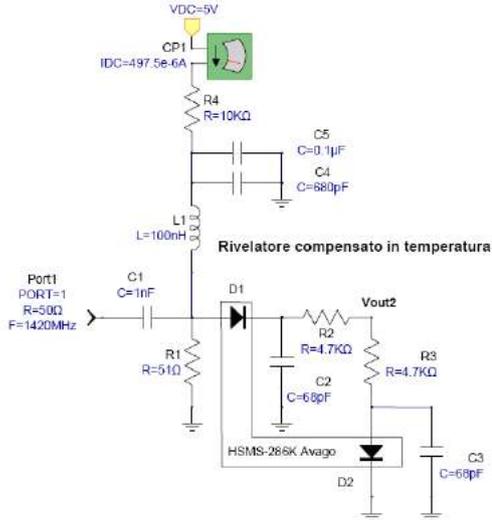
Le parti più sensibili del nostro radiotelescopio sono:

- Il rivelatore del modulo radiometrico microRAL10
- L'unità esterna LNB soggetta ad ampie escursioni termiche giornaliere.

L'esperienza mostra che si ottiene un'ottima stabilità del sistema schermando e stabilizzando termicamente il modulo radiometrico microRAL10 e l'unità esterna LNB.

Per utilizzi amatoriali è sufficiente utilizzare un riscaldatore e un termostato elettronico che mantiene costante la temperatura dei circuiti almeno entro $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$.

Rivelatore compensato in temperatura



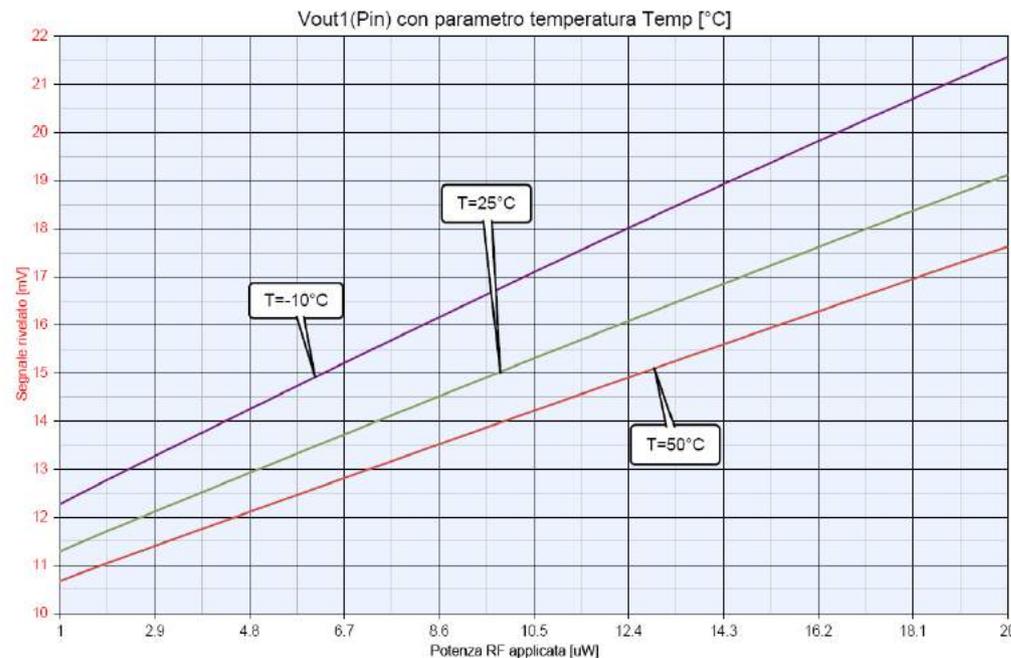
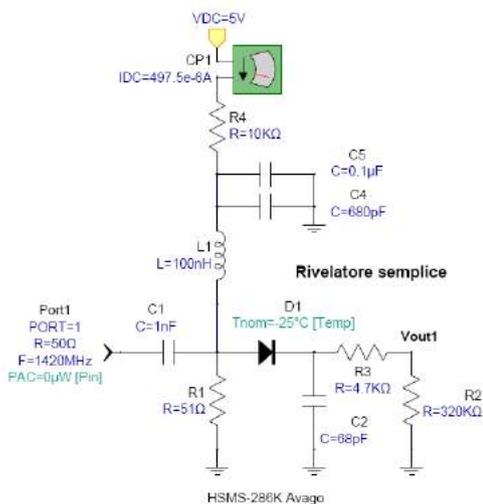
Caratteristiche ingresso-uscita (simulate) del rivelatore a doppio diodo compensato in temperatura e del rivelatore tradizionale a singolo diodo.

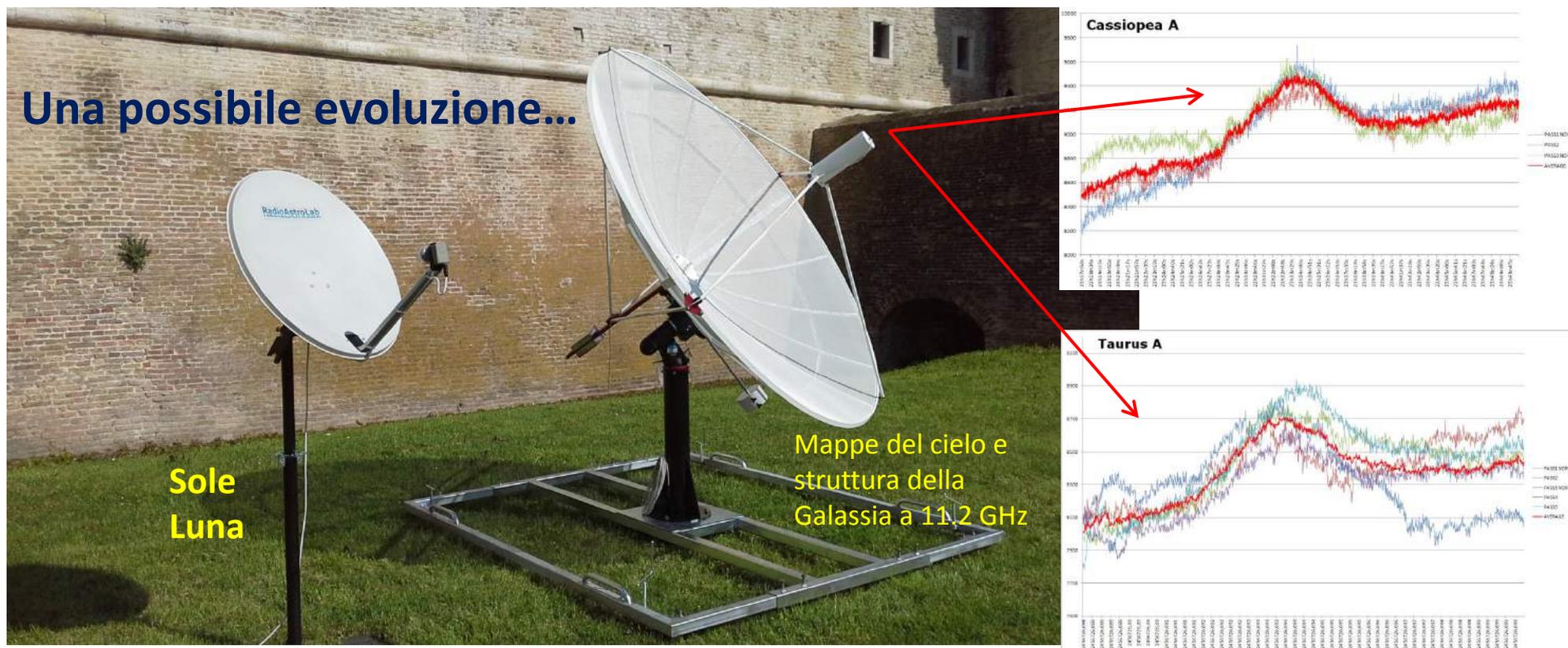
Il primo schema è quello utilizzato in *microRAL10*.

Anche se lo schema proposto minimizza le variazioni della risposta del rivelatore al variare della temperatura, le migliori prestazioni si ottengono stabilizzando termicamente il sistema.

Lo stadio rivelatore è la parte più critica, in termini di stabilità della risposta, del nostro radiotelescopio a potenza totale.

Rivelatore a semplice diodo





Antenne con grande area efficace sono indispensabili per le osservazioni radioastronomiche: l'antenna è il componente principale che definisce le prestazioni del radiotelescopio e rappresenta la differenza fra un'installazione e l'altra.

RAL10KIT o *RAL10AP* sono il punto di partenza per la realizzazione di uno strumento-base di sicuro funzionamento.

E' importante il lavoro di ottimizzazione con una scelta e un'installazione adeguata delle parti critiche a radiofrequenza (antenna, illuminatore e LNB) e l'utilizzo di contromisure che minimizzano gli effetti negativi delle escursioni termiche.

E' possibile utilizzare RAL10KIT o RAL10AP per costruire radiotelescopi funzionanti in altre bande di frequenza?

Diamo un'occhiata alle caratteristiche tecniche del modulo radiometrico microRAL10:

Frequenza di ingresso (RF-IF):	1415 MHz.
Larghezza di banda del ricevitore:	50 MHz.
Guadagno tipico della sezione RF-IF:	20 dB.
Impedenza connettore F per l'ingresso RF-IF:	75 Ω.

Rivelatore quadratico a doppio diodo compensato in temperatura.

Impostazione dell'offset per la linea di base radiometrica.

Calibrazione automatica della linea di base radiometrica.

Integrazione di post-rivelazione programmabile (costante di tempo variabile da circa 0.1 a 26 secondi).

Guadagno in tensione di post-rivelazione programmabile: da 42 a 1008 in 10 passi.

Acquisizione del segnale radiometrico: Risoluzione ADC 14 bit.

Memorizzazione dei parametri operativi del radiometro.

Interfaccia USB per il collegamento al PC con protocollo di comunicazione proprietario.

Gestione del cambio di polarizzazione (orizzontale o verticale) con salto di tensione.

Alimentazione per LNB attraverso il cavo coassiale (fusibile di protezione).

E' possibile collegare a RAL10KIT e RAL10AP qualsiasi LNB o LNA con uscita nella banda di frequenze standard per la TV-SAT [950-2250 MHz].

Un esempio...



Componenti per la ricezione TV-SAT in banda C (3.4 - 4.2 GHz)

Antenna diametro 3 metri (utilizzabile anche per la frequenza «magica» di 1420 MHz – riga dell'idrogeno neutro)



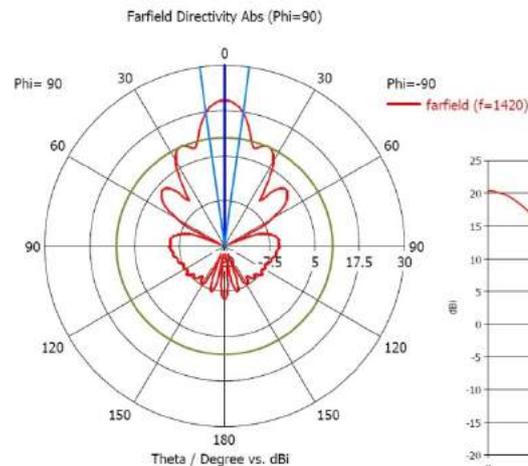
Tipico LNB per la banda C:

Frequenza di ricezione:	3.4 – 4.2 GHz
Frequenza O.L.:	5150 MHz
Frequenza uscita IF:	950 – 1750 MHz
Figura di rumore:	0.5 – 0.8 dB
Guadagno di conversione:	55 dB

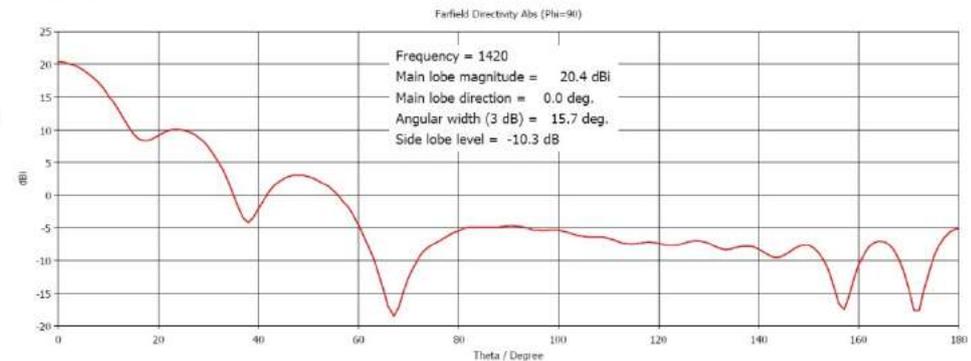
La frequenza di ingresso di RAL10KIT e RAL10AP (1415 MHz con banda passante di 50 MHz) comprende la riga a 21 cm (1420 MHz) dell'idrogeno neutro (elemento più diffuso dell'universo). Utilizzando un'adatta antenna e un LNA con guadagno 40-55 dB è possibile mappare il cielo, la struttura del piano galattico e le più importanti radiosorgenti a 1420 MHz. Pur non trattandosi di un radio-spettrometro (non è possibile tracciare il profilo della riga con una misura radiometrica istantanea a «larga banda»), si possono comunque evidenziare gli addensamenti di idrogeno neutro.



Antenna Horn 1420 MHz



Caratteristiche dell'antenna horn realizzata con fogli di alluminio.

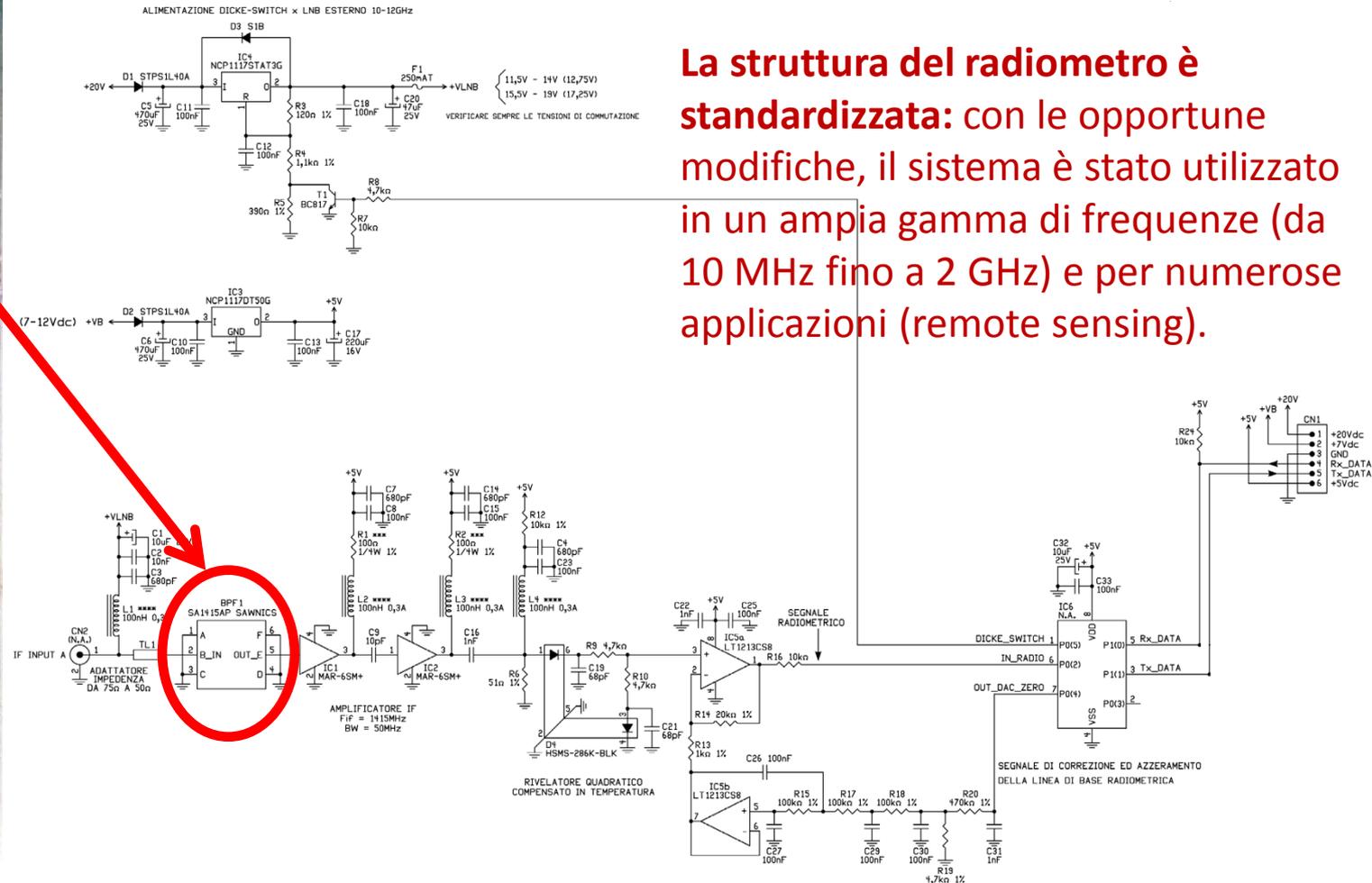
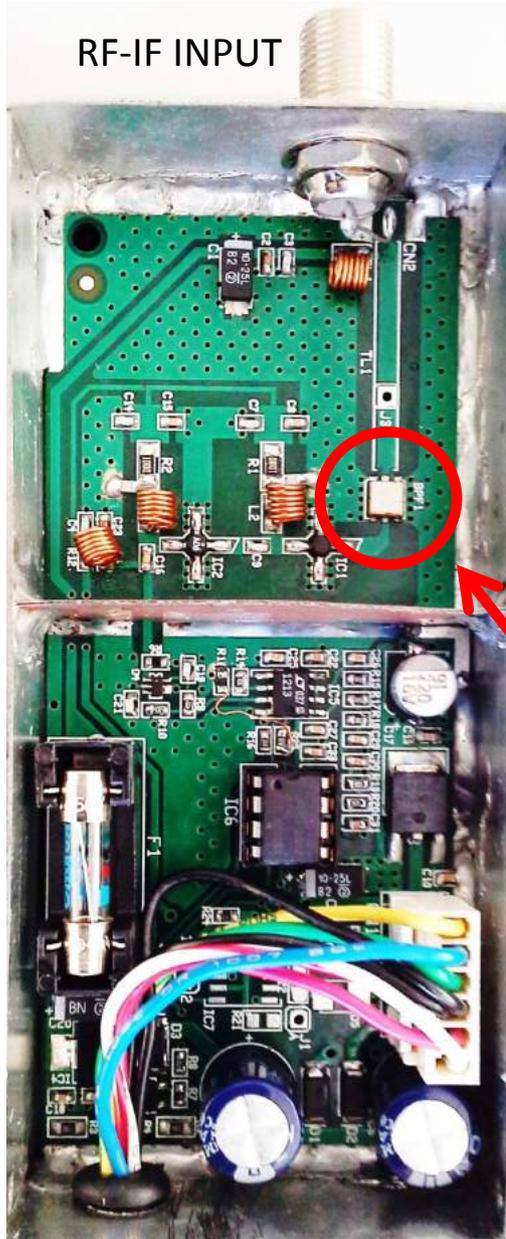


LNA 40dB GAIN

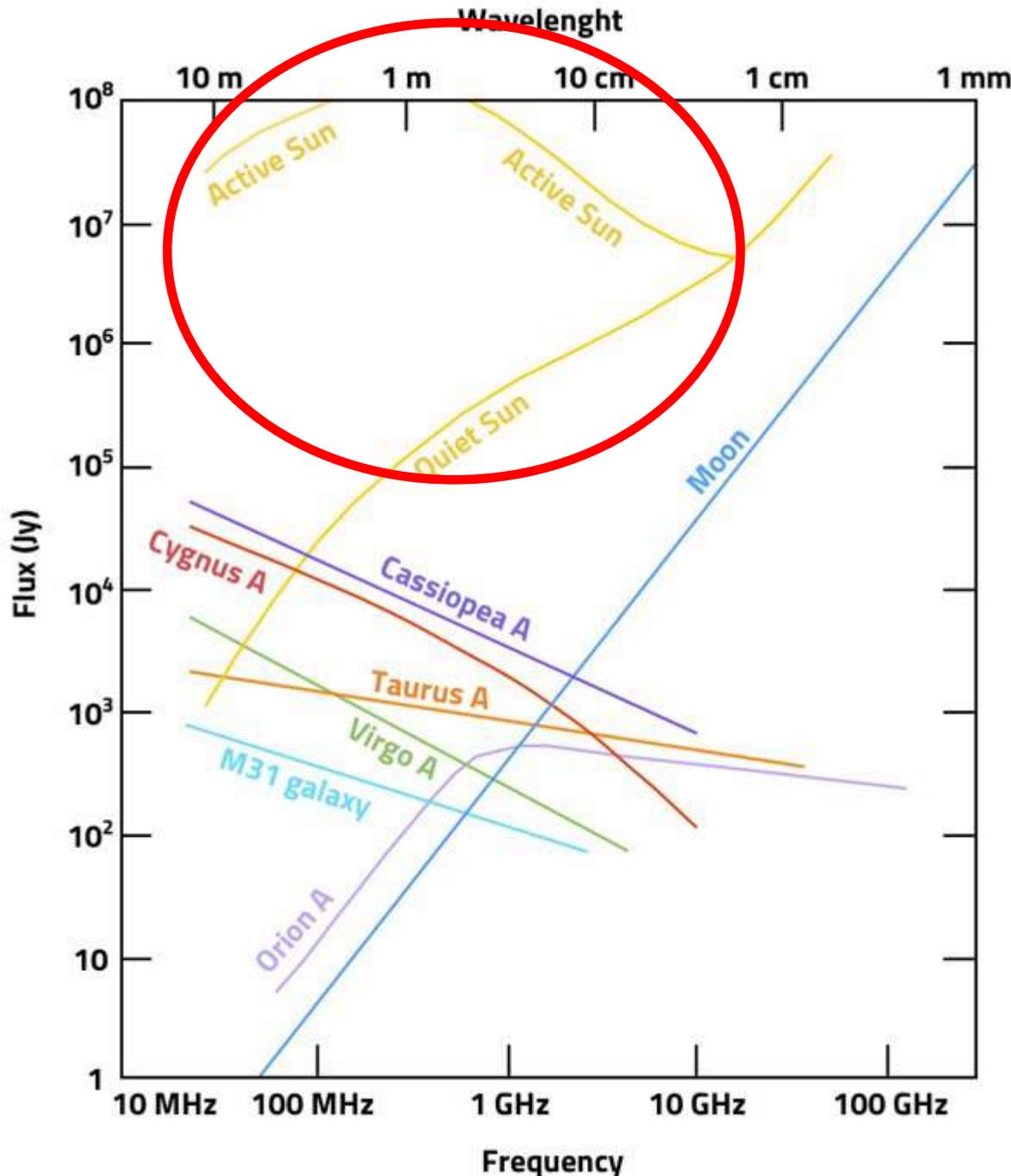


Radiometro RAL10AP (o RAL10KIT)

Il modulo radiometrico *microRAL10* è un ottimo banco di prova e di sperimentazione: per modificare la frequenza di ricezione e la banda passante è sufficiente modificare il filtro SAW all'ingresso (oppure eliminarlo e piazzare un filtro «ad hoc» esterno) insieme ai valori dei condensatori di accoppiamento fra gli stadi amplificatori.



La struttura del radiometro è standardizzata: con le opportune modifiche, il sistema è stato utilizzato in un'ampia gamma di frequenze (da 10 MHz fino a 2 GHz) e per numerose applicazioni (remote sensing).



Studio del Sole perturbato

Le lunghezze d'onda da 10 metri a 10 centimetri sono interessanti per lo studio delle emissioni transienti del Sole nel dominio del tempo.

Utilizzando RAL10KIT o RAL10AP modificati per operare nella banda di interesse, inserendo all'ingresso un amplificatore pre-selettore di banda e collegando un'antenna yagi (al limite, un semplice dipolo), è possibile monitorare i radio-disturbi solari. L'uscita audio del ricevitore RAL10AP è utile per discriminare possibili interferenze locali e visualizzare lo spettro di potenza del segnale ricevuto.

Grazie per l'attenzione