

Osservare la radiazione a microonde della Luna con RAL10

Flavio Falcinelli

RadioAstroLab s.r.l. 60019 Senigallia (AN) - Italy - Via Corvi, 96
Tel: +39 071 6608166 - Fax: +39 071 6612768
info@radioastrolab.it www.radioastrolab.it www.radioastrolab.com

La Luna è una sorgente di onde radio? In caso affermativo, è rivelabile con mezzi dilettantistici? Sì, la sua radiazione è facilmente misurabile se si opera nella banda delle microonde. Il motivo è chiaro esaminando il seguente grafico che riporta gli spettri radio delle più importanti sorgenti osservabili con piccoli radiotelescopi amatoriali: le curve descrivono come varia l'intensità dell'emissione al variare della frequenza.

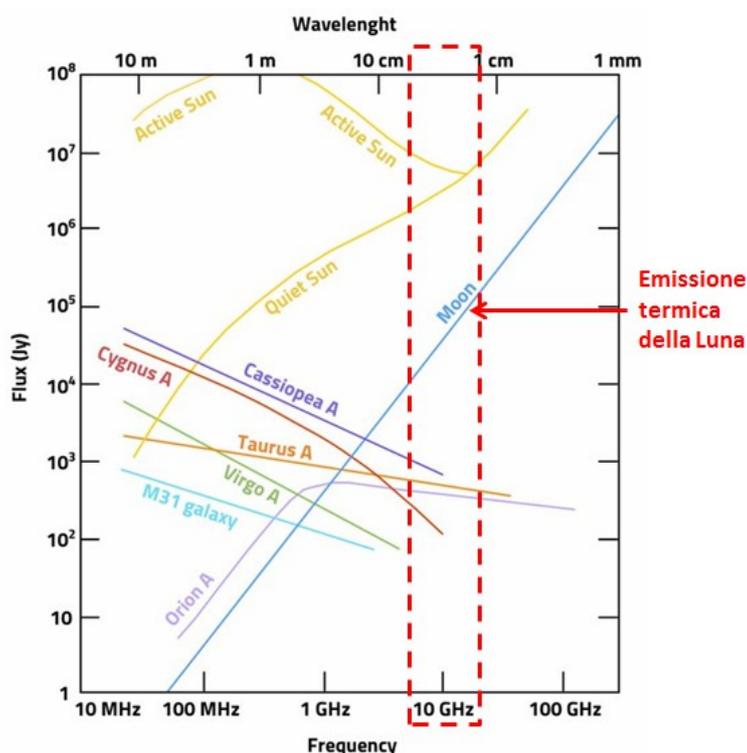


Fig. 1: Spettro dell'emissione radio della Luna: una curva crescente con la frequenza indica la natura termica del meccanismo di radiazione (simile a un corpo nero con una temperatura fisica dell'ordine di 200 K). A differenza della maggior parte delle radiosorgenti che esibiscono un meccanismo di emissione non termico, decrescente all'aumentare della frequenza, la radiazione della Luna è facilmente osservabile nella banda operativa del radiotelescopio RAL10.

La Luna si comporta in modo simile a un corpo nero con una temperatura di circa 200 K: come ogni oggetto “caldo”, emette radiazione elettromagnetica dovuta al moto di agitazione degli atomi che la compongono (legge della radiazione di Planck). Questa caratteristica emissiva, con intensità crescente all'aumentare della frequenza, rende la Luna un oggetto facilmente osservabile alla frequenza operativa del radiotelescopio RAL10 (11.2 GHz). Mentre nel visibile l'emissione della Luna è quasi esclusivamente dovuta alla luce riflessa del Sole, la sua radiazione nelle microonde, misurabile con strumenti amatoriali, è dovuta quasi esclusivamente alla sua temperatura fisica.

A differenza di altri corpi celesti molto attivi come il Sole, caratterizzati da un'emissione radio complessa che, essenzialmente, comprende una componente termica continua (Sole quieto) e una componente variabile legata alla presenza di centri di attività sul disco (bursts, flares, etc.), la “radio-Luna” è assolutamente tranquilla e monotona, priva di fenomeni transitori osservabili. Ciò non diminuisce l'interesse verso questo oggetto: è istruttivo, ad esempio, studiare come varia l'emissione radio lunare al variare della percentuale di illuminazione del disco (fasi) o durante un'eclissi, dato che il suo segnale sarà sempre registrabile anche quando il nostro satellite naturale non è visibile in cielo.

Descriviamo un semplice esperimento di registrazione della radiazione termica a microonde (banda 10-12 GHz) durante un transito lunare. Si è utilizzato un piccolo radiotelescopio composto da un'antenna parabolica offset, del tipo utilizzato per la ricezione satellitare in banda 10-12 GHz, diametro circa 70 centimetri, equipaggiata con l'unità esterna RAL10_LNB e ricevitore RAL10, entrambi termo-stabilizzati. La sensibilità e la stabilità del sistema ricevente sono, indubbiamente, un grande vantaggio per la qualità e la ripetibilità delle misure: è noto come le variazioni del segnale ricevuto dovute alle variazioni della temperatura rappresentano, soprattutto per l'unità esterna e per il rivelatore, un fattore che limita l'affidabilità delle nostre osservazioni. Proprio per questo motivo abbiamo utilizzato un sistema ricevente con una temperatura interna controllata: quando registreremo variazioni nel segnale, avremo una ragionevole certezza che queste siano dovute a variazioni nella temperatura di brillantezza dello scenario “visto” dall'antenna e non artefatti del sistema ricevente.

Le seguenti immagini descrivono lo strumento, molto semplice, economico e maneggevole.



Fig. 2: Il radiotelescopio utilizzato nell'esperimento: si vedono l'antenna (una comune parabola offset per TV-SAT 10-12 GHz da 70 cm) equipaggiata con l'unità esterna RAL10_LNB e il ricevitore RAL10.

L'osservazione è al transito: si stabilisce la posizione futura nel cielo del “target” e si orienta l'antenna in quella posizione, in attesa di registrare il picco di emissione quando l'oggetto transita davanti al fascio di ricezione del radiotelescopio.

Il sistema di puntamento dell'antenna è manuale, molto elementare: nota la posizione futura della Luna (acquisita utilizzando uno dei tanti programmi disponibili nel web – Fig. 7), si sposta l'antenna in elevazione e in azimuth aiutandosi con un inclinometro a bolla (elevazione) e con un comune goniometro da cartoleria (azimuth), precedentemente fissati alla struttura di sostegno. Questo è un sistema molto semplice per l'orientamento del radiotelescopio. Dato che l'ampiezza del lobo di ricezione dell'antenna è appena superiore a 3 gradi, mentre la dimensione apparente della Luna è dell'ordine di mezzo grado, occorre un minimo di attenzione nell'orientare il sistema nella corretta direzione, pena la mancata registrazione o una sensibile riduzione nell'intensità del segnale se il radiotelescopio non “vede” esattamente il “target” celeste.

Orientamento manuale dell'antenna parabolica offset per TV-SAT (10-12 GHz) da 70 cm di diametro.

Movimento in azimuth dell'antenna con un semplice goniometro.

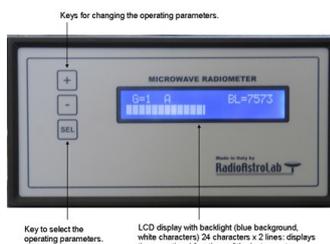
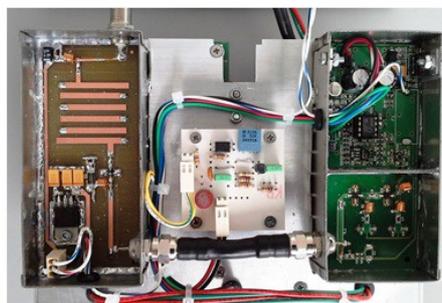
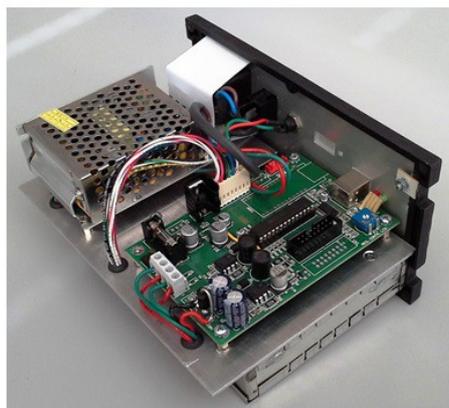
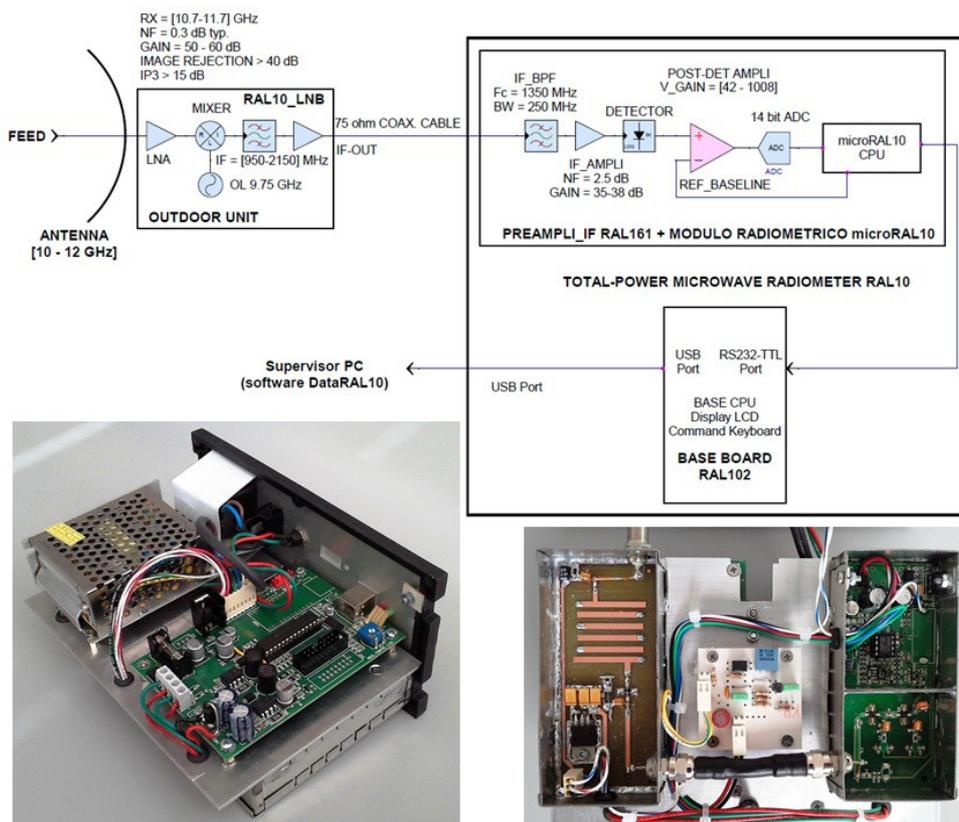


Movimento in elevazione dell'antenna con inclinometro a bolla.

Fig. 3: Sistema di orientamento dell'antenna: si tratta di una semplice realizzazione amatoriale dove il puntamento è realizzato manualmente controllando l'elevazione e lo spostamento in azimuth del fascio di ricezione in modo che sia coincidente con la posizione futura della Luna, all'istante del giorno stabilito.

Dato che nel sito di installazione del radiotelescopio, a causa della presenza di edifici, non è osservabile la stella polare per un corretto orientamento del riferimento di posizione dello strumento, si è utilizzata la posizione del Sole in una giornata serena, nota in un dato istante, per orientare l'antenna nella sua direzione, sfruttando l'immagine focalizzata del disco proiettata al centro della bocca dell'illuminatore. In questo modo è stato possibile sistemare gli indicatori e i riferimenti delle scale di elevazione e di azimuth in modo da far coincidere i valori con le posizioni note. Sistemati i riferimenti, è stato possibile orientare l'antenna verso la posizione futura della Luna, con un'approssimazione accettabile a livello amatoriale.

L'esperimento è avvenuto in una giornata nuvolosa e umida, con l'antenna orientata nella direzione del cielo prevista per intercettare il passaggio della Luna alle ore 5:43 UTC del 04 Dicembre 2015. Al momento del transito la percentuale di illuminazione del disco lunare era ben inferiore al 50%.



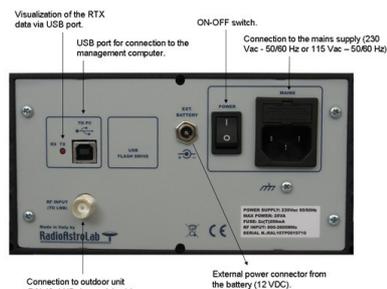
Keys for changing the operating parameters.

Key to select the operating parameters.

LCD display with backlight (blue background, white characters) 24 characters x 2 lines: displays the operational functions of the instrument.

The receiver is thermally stabilized (to optimize the reproducibility and accuracy of the measurement). It has a front panel with keypad for manual setting of the controls and a backlit LCD display for displaying functions. A USB port connects the PC station managed by the supplied software.

RAL10 is a Total-Power radiometer characterized by high sensitivity and stability, as required by the most advanced amateur radio astronomy observations. The wide possibility of programming and control the operating parameters make it the tool tip of the RAL10 family.



Visualization of the RTX data via USB port.

USB port for connection to the management computer.

ON-OFF switch.

Connection to the mains supply (230 Vac - 50/60 Hz or 115 Vac - 50/60 Hz).

Connection to outdoor unit RAL10_LNB via coaxial cable.

External power connector from the battery (12 VDC).

Fig. 4: Radiotelescopio a 11.2 GHz basato sul ricevitore RAL10: schema a blocchi, unità esterna RAL10_LNB installata sul fuoco dell'antenna e particolari interni del ricevitore.

Le Fig. 5, 6 e 7 riportano i dettagli dell'osservazione: il grafico di Fig. 5 mostra una "panoramica" della sessione di misura iniziata il pomeriggio del giorno precedente, in condizioni meteo di cielo coperto senza pioggia, terminata alcune ore dopo il transito, con tempo tendente al sereno.

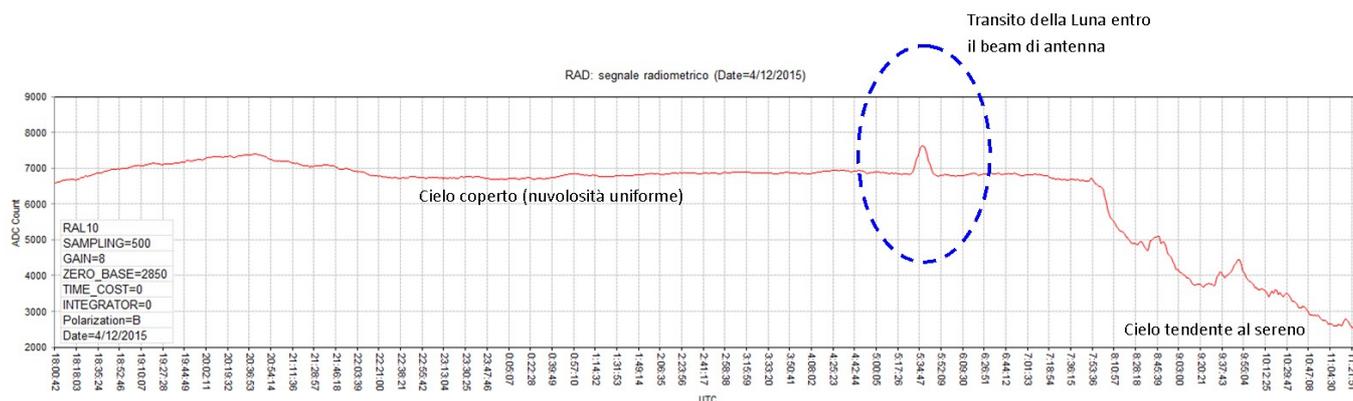


Fig. 5: Registrazione della sessione di misura.

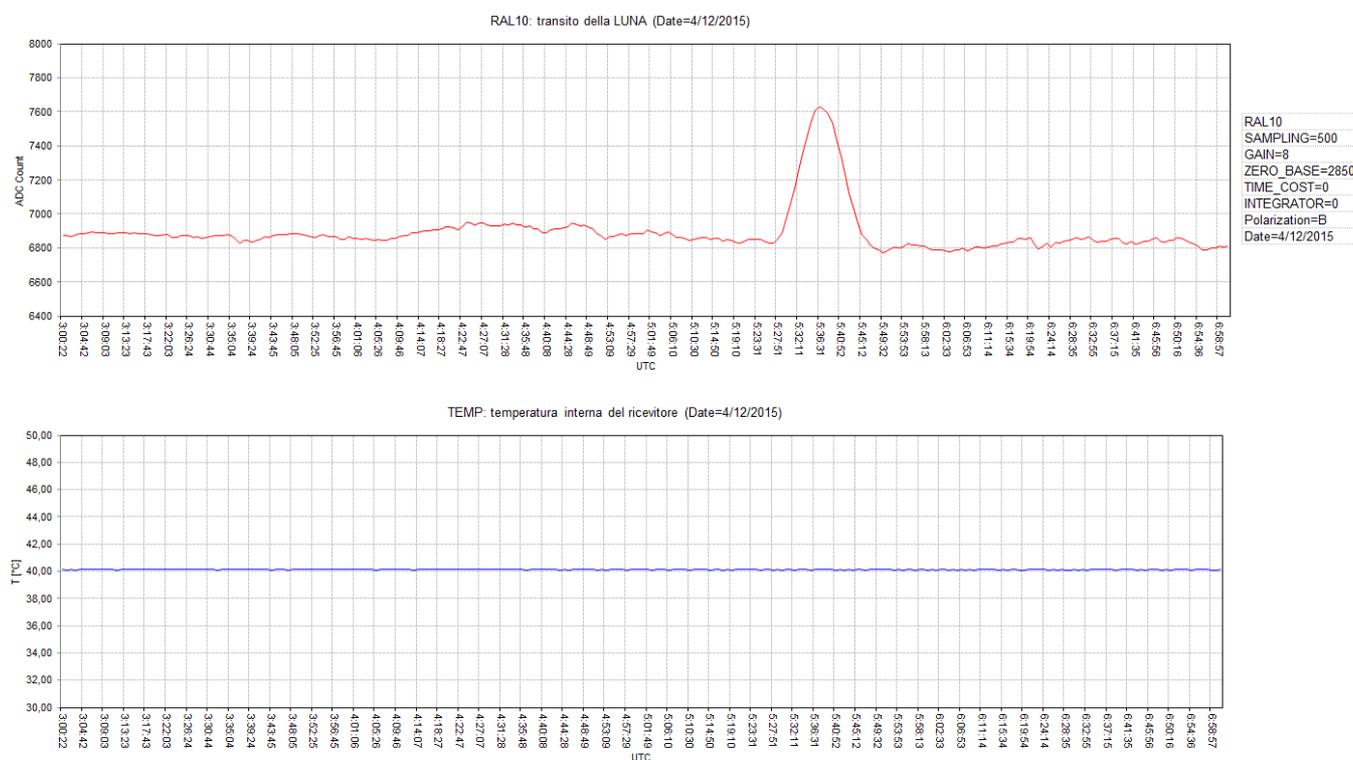


Fig. 6: Dettagli del transito lunare entro il beam di antenna. Il grafico in basso mostra la temperatura interna del ricevitore RAL10 stabilizzata a circa 40 °C (controllo automatico PID).

I particolari sono mostrati nei grafici successivi: nella Fig. 7 anche riportato un confronto fra la curva teorica attesa del transito lunare (ideale, simulata) e quella effettivamente osservata. Nella simulazione si sono considerati i parametri operativi e la risposta misurata in laboratorio del radiotelescopio, le caratteristiche ideali dell'antenna e della radiosorgente.

Attenuazioni del segnale a parte, dovute al contributo di rumore dell'atmosfera (tempo nuvoloso), all'efficienza del sistema di antenna (stimata attorno al 50%) e alla presenza di rumore proveniente dal terreno captato dai lobi laterali (stimato dell'ordine di 12 K, dovuto anche alla presenza di edifici vicini), si vede come possibili (e probabili) errori di puntamento dello strumento possono contribuire a ridurre sensibilmente il livello del segnale ricevuto.

Interessante estensione dell'esperimento consiste nelle ripetute registrazioni del transito lunare, possibilmente in condizioni meteorologiche simili, al variare della percentuale di illuminazione solare del disco (fasi lunari) e durante le eclissi. Per garantire i migliori risultati è importante ottimizzare il sistema di orientamento dell'antenna: se il "target" non è esattamente inquadrato dal lobo di ricezione, si registrerà un profilo distorto e attenuato.

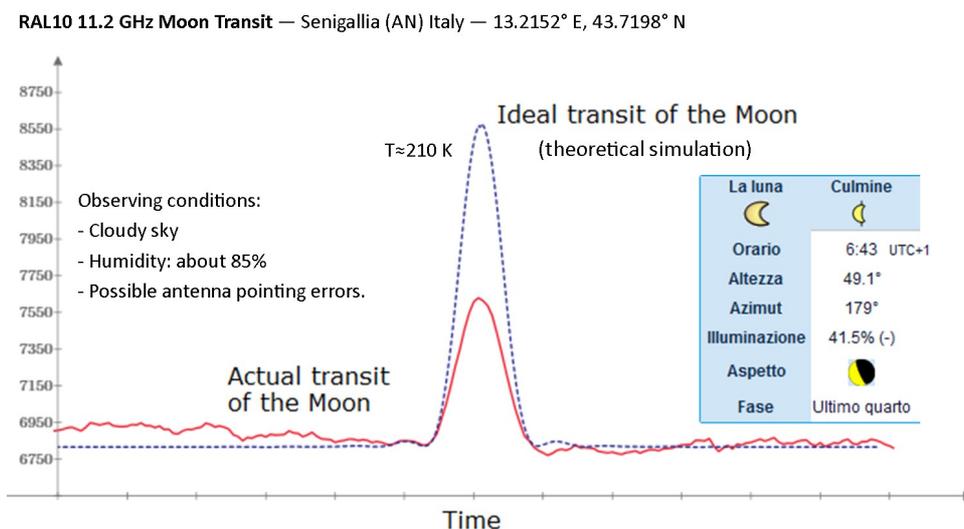


Fig. 7: Confronto fra la curva di transito reale e quella attesa (simulata) della Luna.

Doc. Vers. 1.0 del 09.12.2015
@ 2015 RadioAstroLab

RadioAstroLab s.r.l., Via Corvi, 96 – 60019 Senigallia (AN)
Tel. +39 071 6608166 Fax: +39 071 6612768
Web: www.radioastrolab.it Email: info@radioastrolab.it

Copyright: diritti riservati. Il contenuto di questo documento è proprietà dell'autore. Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta in qualsiasi forma o con qualsiasi mezzo senza il permesso scritto di *RadioAstroLab s.r.l.*