

Un radiotelescopio a microonde per soli 50 Euro

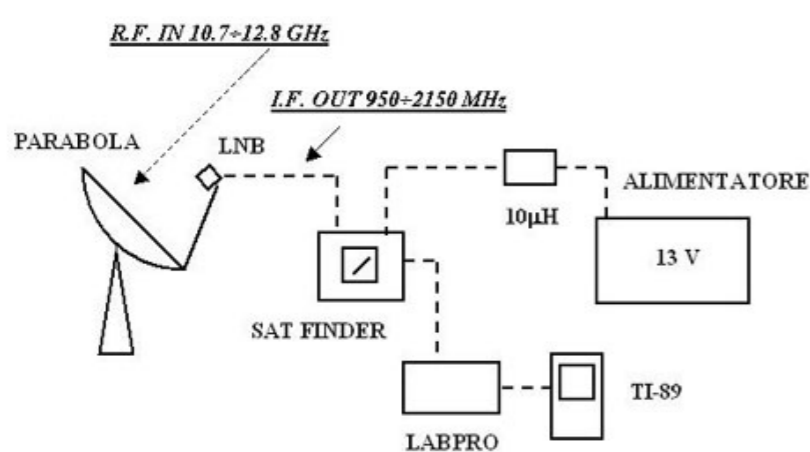
Valter Giuliani
Istituto Superiore Statale "A.Greppi"
Monticello Brianza (LC)

Introduzione.

Con poche modifiche, un kit per la ricezione della TV satellitare si trasforma in un efficiente ed economico radiometro a microonde in grado di misurare l'energia radiante, in questa regione dello spettro elettromagnetico, emessa dai corpi che ci circondano. Si realizza in tal modo un dispositivo il quale permette di stabilire che ci sono distinti processi di emissione delle onde elettromagnetiche, il più importante dei quali è quello di origine "termica", previsto dalla teoria del "corpo nero". Inoltre, puntando l'antenna del radiometro verso il cielo, lontano dalle zone dove sono collocati i numerosi satelliti artificiali, si potranno effettuare interessanti esperienze in campo radioastronomico. Questo inusuale strumento di misura si è dimostrato un efficace strumento didattico nel programma di fisica delle classi terminali di un Istituto Tecnico, ad un costo che, nelle sue parti essenziali, non supera la cifra di 50 euro.

L'assemblaggio del radiometro.

I componenti fondamentali del radiometro sono mostrati nella figura seguente:



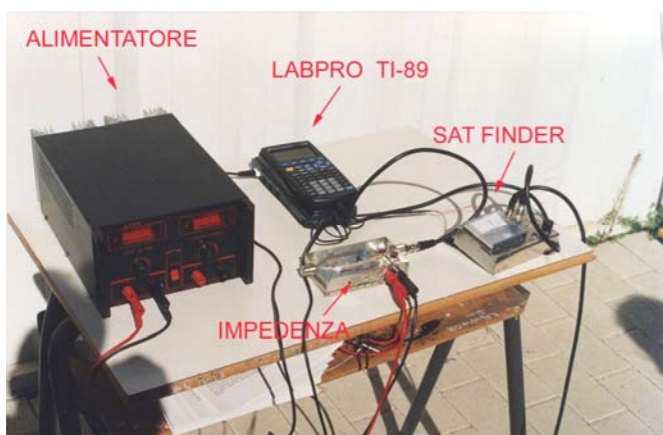
Schema a blocchi del radiometro

L'antenna utilizzata è una parabola del tipo "off-set" da 60 cm. Nel suo fuoco è posto un convertitore LNB. Tale dispositivo trasforma in segnali elettrici le microonde riflesse dalla parabola che hanno una frequenza di circa 11 GHz, amplifica il debole segnale raccolto e lo converte in una frequenza più bassa, chiamata frequenza intermedia IF, di valore compreso tra 950 e 2150 MHz.



La parabola montata su un treppiedi e nel suo fuoco il convertitore LNB.

Il segnale viene successivamente trasferito lungo un cavo coassiale fino ad un economico ricevitore, il Sat Finder. Questo strumento, normalmente utilizzato dagli installatori degli impianti TV-SAT per il preciso puntamento della parabola verso il satellite che si vuol ricevere, amplifica tutto il segnale a larga banda proveniente dal convertitore (circa 1 GHz) e fornisce su uno strumento indicatore una tensione che è proporzionale alla potenza della radiazione catturate dall'antenna.



Vista d'insieme delle apparecchiature per la raccolta e la registrazione del flusso radio a microonde. L'intensità del segnale può essere letta direttamente sullo strumento indicatore del Sat Finder. Un sistema di acquisizione dati, costituito da una sonda di tensione collegata ad un'interfaccia LabPro gestita da una calcolatrice grafica TI-89, amplia le prestazioni del radiometro. La sonda di tensione è connessa ai capi dell'indicatore di livello del Sat Finder. E' visibile il contenitore metallico con l'impedenza che impedisce ai segnali a radiofrequenza di raggiungere l'alimentatore.

Il radiometro come "termometro a microonde"

L'andamento dell'intensità della radiazione di frequenza f emessa da un corpo, per il fatto di trovarsi ad una temperatura T superiore allo zero assoluto ($0\text{ K} = -273\text{ °C}$), è descritta dalla legge di Planck che, alle frequenze occupate dallo spettro radio, si semplifica notevolmente conducendo alla formula di Rayleigh-Jeans, la quale, in termini di potenza emessa da un'unità di superficie di un corpo nero e per unità di angolo solido, assume la forma:

$$B(f,T) = \frac{2kf^2T}{c^2}$$

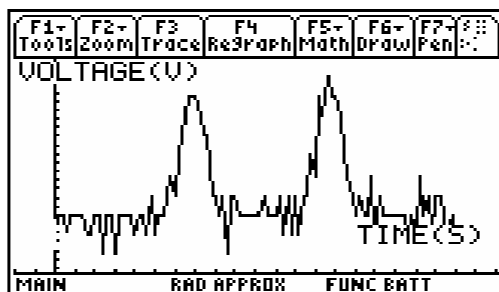
dove $k=1.38 \times 10^{-23}$ [J/K] è la costante di Boltzmann, mentre $c \approx 3 \times 10^8$ m/s è la velocità della luce nel vuoto. Ovviamente soltanto una frazione della radiazione emessa dal corpo viene catturata dall'antenna, tuttavia risulta evidente che la potenza raccolta dipende dalla temperatura del corpo e poiché il segnale di uscita dal radiometro è proporzionale alla potenza stessa, quello che viene ricevuto è interpretabile in termini di temperatura del corpo. Il radiometro si trasforma pertanto in una sorta di "termometro a distanza". Per i corpi non "neri" T è una temperatura fittizia equivalente chiamata temperatura di brillantezza, corrispondente a quella che avrebbe un corpo nero di caratteristiche equivalenti.

Microonde emesse da due studenti

Il radiometro è in grado di rilevare la radiazione emessa da due studenti che passano davanti alla parabola.....



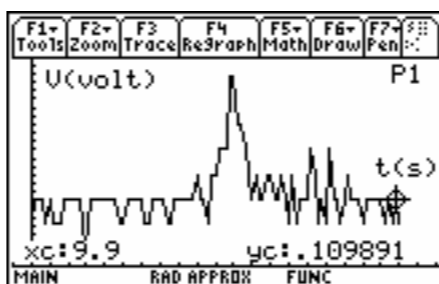
come mostrato nella seguente registrazione:



Il grafico, ottenuto con un tempo di campionamento di 0.1 secondi per una durata complessiva di 5 secondi, mette ben in evidenza il duplice aumento del flusso a microonde rilevata dal radiometro quando due studenti transitano davanti alla parabola.

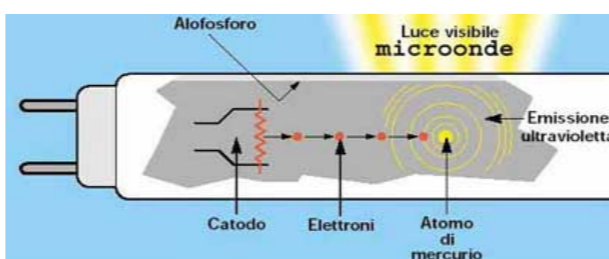
Microonde emesse da una lampada a fluorescenza

La figura mostra l'aumento del flusso a microonde al passaggio dell'antenna, spostata manualmente, davanti ad una lampada a fluorescenza.



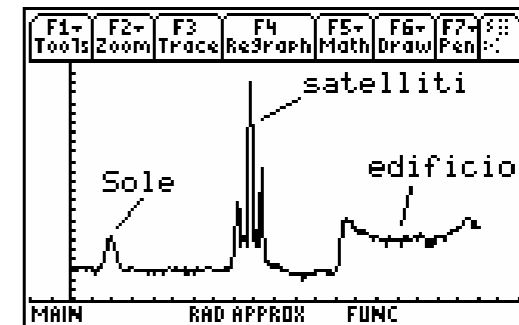
Aumento del flusso di microonde rilevato dal radiometro quando la sua antenna viene spostata davanti ad una lampada a fluorescenza.

Le microonde provenienti dalla lampada a fluorescenza non sono dovute ad un processo di emissione di tipo "termico" poiché essa non raggiunge temperature elevate. Tale radiazione è dovuta al fenomeno del *bremsstrahlung* (frenamento) ossia un processo di emissione di onde elettromagnetiche dovute alla decelerazione - da qui il nome - degli elettroni emessi dal catodo della lampada quando urtano, nel loro cammino verso l'anodo, gli atomi di mercurio, come mostra la figura.



Il radiometro come radiotelescopio

La figura mostra la registrazione ottenuta ruotando la parabola, orizzontalmente e con regolarità, nella zona di cielo posta pochi gradi sopra l'orizzonte nella direzione ovest, sud ed est. L'antenna ha captato la radiazione a microonde emessa dal Sole, da alcuni satelliti geostazionari e dall'edificio scolastico.



Registrazione ottenuta ruotando manualmente l'antenna di quasi 180 gradi poco sopra l'orizzonte meridionale.

Si nota come la radiazione proveniente dai satelliti, di natura evidentemente "non termica" perché ad essa è attribuibile una temperatura di brillantezza di migliaia di gradi, sia di gran lunga più intensa di quella catturata dal Sole, mentre quest'ultima ha sostanzialmente la stessa intensità di quella ricevuta dalle pareti dell'edificio scolastico, le quali costituiscono una sorgente "calibrata" poiché per esse è nota la temperatura ($T \approx 300\text{ K}$).

Interessante è mostrare che il movimento del Sole rispetto all'antenna può essere fornito dalla rotazione della Terra. La figura mostra il passaggio della nostra stella attraverso il campo di copertura dell'antenna, mantenuta fissa, registrato quando il Sole si trovava in prossimità del mezzogiorno vero locale.

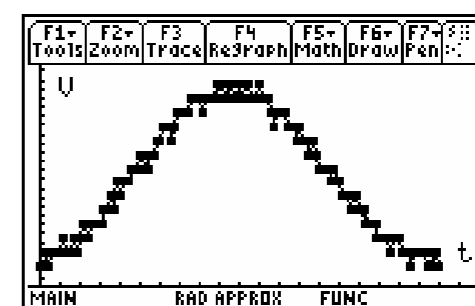


Grafico del transito del Sole nel campo di copertura della parabola mantenuta fissa; è la Terra che, con il suo movimento di rotazione, la sposta davanti alla nostra stella. Il tempo di campionamento è stato di 10 secondi per una durata complessiva della registrazione di 30 minuti.

Dal grafico precedente è possibile determinare la larghezza del campo di copertura dell'antenna, che risulta essere pari a circa $D = 3$ gradi. Poiché il Sole presenta un'estensione angolare apparente $d = 0.5$ grado, e quindi meno ampia della larghezza del campo dell'antenna, il radiometro puntato verso la nostra stella rivelerà un segnale che è "diluito" con quello del fondo cielo. Pertanto la temperatura del Sole sarà quella delle pareti dell'edificio scolastico - che hanno fornito un segnale avente sostanzialmente la stessa ampiezza - moltiplicata per un coefficiente dato dal rapporto tra il campo coperto dall'antenna (proporzionale a D^2), e la superficie apparente occupata dal Sole (proporzionale a d^2); si avrà

$$T_{Sole} = T_{edificio} \cdot \left(\frac{D}{d}\right)^2 = 300 \cdot \left(\frac{3}{0.5}\right)^2 = 10800\text{ K}$$

Si ottiene l'importante risultato che intorno agli 11 GHz la temperatura di brillantezza del Sole è superiore a quella misurabile alle frequenze ottiche, che è di circa 6000 K. Ciò dimostra che la nostra stella nella regione delle microonde non si comporta come un corpo nero perché intervengono altri meccanismi di emissione della radiazione, oltre a quello termico, come quello *giromagnetico*, dovuto al moto di particelle cariche in presenza dei forti campi magnetici esistenti nelle regioni attive solari.



Il Sole fotografato il giorno 28 ottobre 2003. Sono visibili numerose macchie solari. Da queste regioni attive è partito il flusso di radiazioni (anche microonde) e di particelle che ha provocato interruzioni nei collegamenti telefonici e spettacolari aurore boreali.