Progetto RadioASTRO80

Nell'articolo "*Radioastronomia a microonde (10-12 GHz)*", abbiamo introdotto l'importanza della Radioastronomia e l'opportunità che questa offre a noi astrofili di accedere ai misteri più profondi del Cosmo. In questo articolo invece ci dedicheremo al progetto **RadioASTRO80**, ovvero la costruzione di un vero e proprio radiotelescopio amatoriale nel range delle microonde (10-12 GHz). Ricordo che ASTROtrezzi non è responsabile di un qualsiasi danno a strumentazione e/o persone a seguito delle modifiche qui riportate.

Iniziamo pertanto con identificare quali sono i processi chiave che portano ad una "osservazione" radioastronomica. Prima di tutto dobbiamo identificare una sorgente, possibilmente astronomica, di onde radio (nel nostro caso microonde) sufficientemente intensa in modo da poter testare con semplicità il nostro strumento. Come per la luce visibile, anche nelle microonde, la sorgente astronomica più luminosa del cielo è il Sole. Infatti, comportandosi come quello che i fisici chiamano "corpo nero" (che per il Sole potrebbe sembrare una contraddizione), il Sole non emette luce solo nel visibile ma anche in una vasta gamma di radiazioni alcune delle quali raggiungono la superficie terrestre come l'infrarosso, le microonde o le onde radio. A questo punto, l'onda a microonde che arriva dal Sole deve essere raccolta da uno strumento ottico e convertita in un segnale elettrico. Per quanto riguarda la luce visibile, è l'occhio a svolgere questa funzione grazie a coni e bastoncelli in grado di convertire la luce in impulsi nervosi che attraverso il nervo ottico raggiungeranno il nostro cervello. Per le microonde e onde radio, l'occhio viene sostituito dall'**antenna**. L'antenna astronomica è praticamente identica a quella che utilizziamo per ricevere ad esempio la radio, la TV o i cellulari. Tutte queste tecnologie infatti utilizzando le onde radio come mezzo di comunicazione per trasportare i segnali più svariati. La

forma e la tipologia di antenna dipende dalla lunghezza d'onda e quindi dal tipo di radiazione da captare. In particolare le **antenne per la TV satellitare**, dette generalmente parabole, sono in grado di ricevere segnali radio tra 10 e 12 GHz (microonde). Pertanto puntando un'antenna TV satellitare verso una sorgente astronomica che emette microonde con frequenza compresa tra 10 e 12 GHz, questa emetterà un segnale elettrico proporzionale all'intensità dell'onda ricevuta. Il debole segnale prodotto dall'antenna viene subito amplificato e abbassato in frequenza (dalle decine di GHz al centinaio di MHz) attraverso un componente elettronico noto come **Low Noise Block converter** (LNB). Al fine di non ottenere un segnale di scarsa qualità, il LNB deve essere poco rumoroso e pertanto deve avere il numero di dB associati al rumore il più basso possibile. Questo mediamente è compreso tra 0.1 ed 1.0 e pertanto LNB da 0.1 o 0.2 dB sono più che sufficienti per costruire un radiotelescopio amatoriale. Il sistema di antenna parabolica da 80 cm e LNB da 0.1 dB di rumore (38.8 dB di guadagno) ha un prezzo di circa 20 euro. A questo punto avete il vostro segnale radio amplificato dal LNB. Con questo potete sbizzarrirvi costruendo sistemi sempre più complessi. Il progetto RadioASTRO80 ne include tre, che funzionano contemporaneamente offrendo al radiotelescopio amatoriale, la massima operatività. In seguito andremo ad analizzarne uno alla volta, partendo dal più semplice ed economico arrivando al sistema più complesso (e ovviamente costoso).

MISURA AUDIO DI UN SEGNALE RADIOASTRONOMICO

La cosa più semplice che si può fare un segnale radioastronomico è quello di trasformarlo in un segnale acustico. Per fare ciò ci si può avvalere di una tecnologia economica, presente sul mercato per fini ovviamente diversi da quello astronomico ovvero il **satellite finder**. Questo strumento, che in italiano suonerebbe come "il cercatore di satelliti" permette, una volta collegato al sistema antenna + LNB, di identificare un satellite TV emettendo un segnale

tanto più intenso quanto più intenso è il segnale raccolto dall'antenna. Questo garantisce un comodo ed economico puntamento delle antenne paraboliche. Ma per noi radioastronomi amatoriali, il satellite finder è un generatore di suoni che sono tanto più acuti quanto intensa è la radiosorgente astronomica che andiamo a puntare. Quindi non ci resta che andare a comprare un satellite finder, del costo di circa 10 euro, attaccarlo all'uscita del LNB e puntare l'antenna verso il Sole. Sentiremo un segnale che aumenterà di intensità finché il Sole non entrerà al centro del campo visivo dell'antenna. In questo modo possiamo puntare la parabola alla destra del Sole, ed "ascoltarne" il suo transito. Questo è il sistema più semplice per costruirsi un radiotelescopio amatoriale. Dobbiamo comunque riportare un problema connesso al satellite finder. Questo oggetto è pensato per essere collegato al decoder della TV satellitare, il quale fornisce in uscita una tensione di 15V, utile per alimentare il satellite finder e l'LNB. Purtroppo essendo il nostro utilizzo astronomico, se vogliamo svincolarci dalla presenza del decoder TV, è necessario fornire al satellite finder ed all'LNB una tensione esterna. Questa può essere fornita o tramite un convertitore 220 V AC (alternata) in 15 V DC (continua) o tramite un pacco batterie costituito da due batterie da 9V. Seppur quest'ultima configurazione fornisce una corrente continua da 18V, questa è supportata dal sistema anche se la tensione massima consigliata è di 17V. In ogni caso preferiamo l'utilizzo di un convertitore AC-DC in quanto la stabilità di amplificazione dipende dalla stabilità dell'alimentatore, garantita maggiormente dalla rete elettrica rispetto alle normali batterie.

La tensione andrà portata all'ingresso "decoder TV" del satellite finder. L'elettronica interna del satellite finder con relativi ingressi LNB e decoder TV sono mostrati in Figura 1.

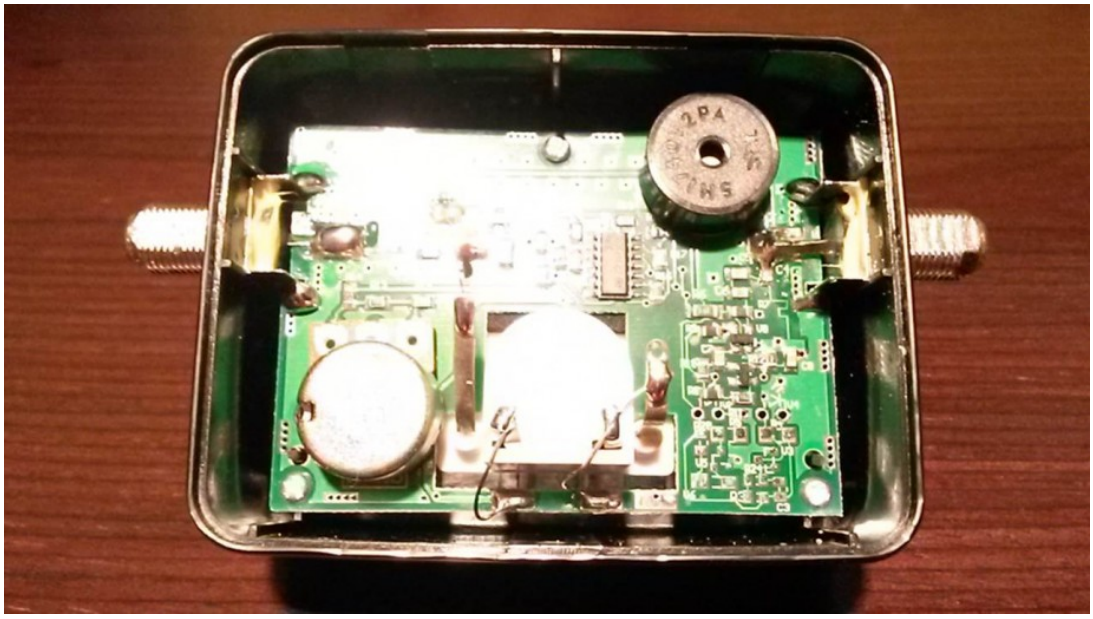

Figura 1: l’elettronica interna del satellite finder.

MISURA ELETTRICA DI UN SEGNALE RADIOASTRONOMICO

Il satellite finder però non genera solo un segnale audio, ma la stessa tensione che alimenta il “cicalino”, permette ad un’asticella analogica di muoversi su una scala graduata la quale quantifica l’intensità del segnale a microonde (vedi Figura 2).

Figura 2: l’asta graduata (da 1 a 10) dell’intensità del segnale

Se il segnale risulta troppo debole, sia dal punto di vista audio che visivo (asticella segna valori bassi tipo 1 o 2), è possibile amplificare il segnale agendo sulla manopola graduata presente sul satellite finder (Vedi figura 2). Dal punto di vista elettronico, il satellite finder acquisisce il segnale dal LNB, lo amplifica ulteriormente producendo una tensione massima di 500 mV in grado di alimentare contemporaneamente il cicalino e l'asta graduata. Questo segnale elettrico compreso tra 0 e 500 mV può essere estratto dai contatti dell'asticella graduata (vedi Figura 1) e misurato con un tester o portato in ingresso della porta microfono di un PC. Noi consigliamo comunque di utilizzare un tester, più sicuro in quanto prima di connettere la tensione del satellite finder al PC bisognerebbe valutarne l'accoppiamento. Grazie a questo sistema possiamo quantificare le nostre osservazioni ottenendo alla fine una misura in tensione del nostro segnale radioastronomico.

DIGITALIZZAZIONE DEL SEGNALE RADIOASTRONOMICO

Il segnale in tensione generato dal satellite finder e compreso tra 0 e 500 mV può essere amplificato ulteriormente grazie all'utilizzo di un **amplificatore operazionale** (a singola alimentazione 0, +V e non ad alimentazione duale). Questo può essere alimentato con una singola batteria a 9 V ed utilizzando delle resistenze opportune permette di amplificare il nostro segnale di tensione di un fattore 10, ottenendo quindi all'uscita del sistema satellite finder + amplificatore operazionale una tensione variabile tra 0 V (assenza di segnale) e + 5 V (massimo segnale). Agendo sull'amplificatore del satellite finder ovviamanete il massimo segnale può essere fatto variare da +5 V a qualche millivolt. Consigliamo come massima tensione di uscita un valore pari a circa +4 V. Questo mette in sicurezza il sistema di digitalizzazione che ora andremo a descrivere.

Al fine di quantificare e registrare il nostro segnale radioastronomico possiamo digitalizzare il segnale analogico

di tensione prodotto dal sistema satellite finder + amplificatore operazionale. Per fare ciò ci serve un **Analog to Digital Converter** (ADC) ovvero un componente elettronico in grado di trasformare un segnale di ampiezza X in un numero digitale memorizzabile su PC pari a X. L'ADC più economico e che permette di interfacciarsi con un PC in modo semplice è Arduino Uno. Questo costa circa 20 euro e necessita di un cavo USB ed un PC per la memorizzazione dei dati (si può usare anche un shield con scheda SD incorporata). Arduino vuole in ingresso un segnale analogico di tensione massima pari a +5 V (da qui il valore massimo consigliato di +4 V) e fornisce un segnale digitalizzato a 10 bit con una frequenza di campionamento di 60 Hz. Questo significa che se in ingresso forniamo un segnale di ampiezza massima pari a +4 V, Arduino produrrà un segnale digitale (numero) con risoluzione 4 mV, 60 volte al secondo. Questi dati verranno registrati su disco fisso in formato TXT e potranno essere utilizzati per una futura analisi. Il programma che si occupa della scrittura su file è detto **radioastroino_v1.pde** ed è stato sviluppato da ASTROtrezzi in Processing 2. Il listato è riportato qui sotto:

```
import processing.serial.*;

import java.text.*;

import java.util.*;

import cc.arduino.*;



Arduino arduino;

int analogPin = 0;

int value = 0;



PrintWriter output;
```

```
DateFormat fnameFormat= new SimpleDateFormat(“yyMMdd_HHmm”);

DateFormat timeFormat = new SimpleDateFormat(“hh:mm:ss”);

String fileName;

Serial myPort;

char HEADER = ‘H’;


void setup(){

 arduino = new Arduino(this, Arduino.list()[0], 57600);

 Date now = new Date();

 fileName = fnameFormat.format(now);

 output = createWriter(fileName + “.txt”);

}


void draw(){

 String time;

 String timeString = timeFormat.format(new Date());

 value = arduino.analogRead(analogPin);

 output.println(timeString + ” ” + value);

}


void keyPressed(){

    output.flush();
```

```
    output.close();

    exit();

}
```

Bisogna ricordare che prima di lanciare questo programma è necessario eseguire la scrittura sul firmware di Arduino eseguendo il programma Examples > Firmata > StandardFirmata in linguaggio Arduino.

Se un segnale radioastronomico non è particolarmente veloce (come un transito che solitamente dura una decina di minuti), allora è possibile aumentare la risoluzione del nostro segnale digitale mediando il valore in tensione su un secondo di presa dati. Il programma che realizza l'analisi dei dati è detto **radioastroino.cpp** ed è stato sviluppato da ASTROtrezzi in C++ come macro per CERN ROOT. Il listato è riportato qui sotto.

```
{

cout << "RADIOASTROINO on CERN/ROOT" << endl;

ifstream fradioastroino;

fradioastroino.open ("radioastroino.txt");

int i, N;

string timefile;

float adu[60];

float average[3600];

float errorx[3600];

float errory[3600];

float time[3600];

N = 0;
```

```
for(i = 0; i < 60; i++) adu[i] = 0;

for(i = 0; i < 3600; i++) {average[i] = 0; errorx[i] = 0;
errory[i]=((1.0/sqrt(60.0))/1023.0)*5.0; time[3600];}

while(!fradioastroino.eof())

   {

   for(i = 0; i < 60; i++)

      {

      fradioastroino >> timefile;

      fradioastroino >> adu[i];

      average[N] = average[N] + adu[i];

      }

   average[N] = average[N] / 60;

   cout << time [N] << ” ” << average[N] << endl;

   N = N+1;

   time[N] = N; //seconds from start

   }

gr = new TGraphErrors(N,time,average,errorx,errory);

gr->SetTitle(“RadioASTROino”);

gr->GetXaxis()->SetTitle(“Time (sec)”);

gr->GetYaxis()->SetTitle(“ADU”);

gr->SetMarkerStyle(8);

gr->Draw(“ALP”);

fradioastroino.close();
```

```
}
```

Il software, interamente sviluppato da ASTROtrezzi è open source e pertanto può essere distribuito e modificato. Consigliamo comunque la segnalazione all'indirizzo davide@astrotrezzi.it . Il sistema antenna + LNB + satellite finder (alimentato esternamente da rete elettrica domestica) + amplificatore operazionale + Arduino + PC, detto **RadioASTRO80** è mostrato in Figura 3. Questo può essere montato comodamente su una montatura equatoriale. Nel caso di RadioASTRO80 abbiamo utilizzato una SkyWatcher NEQ6 con attacco Losmandy.

Figura 3: il progetto RadioASTRO80 in funzione.

Il risultato ottenuto dal primo test di RadioASTRO80, consistente nella misura del transito solare, è mostrato in Figura 4.

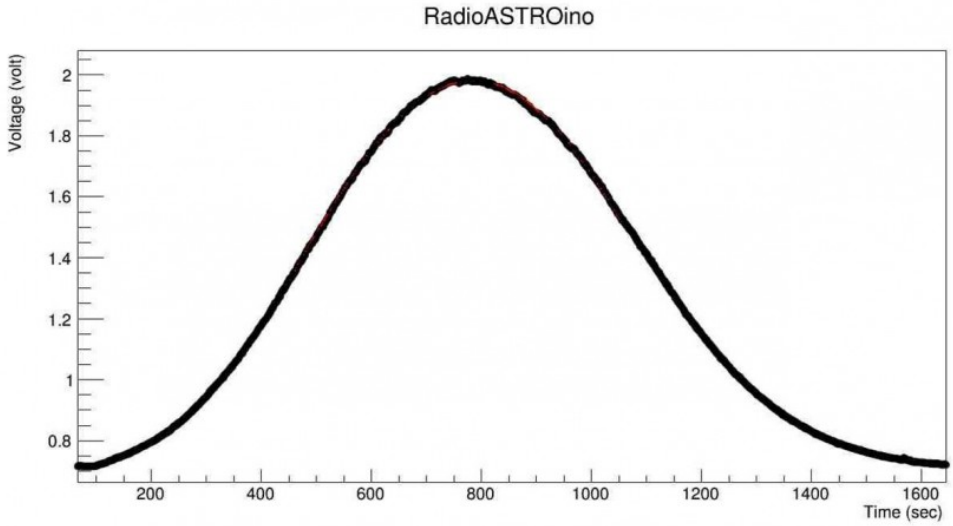

Figura 4: transito solare “osservato” con RadioASTRO80 ed elaborato con radioastroino.cpp.