

# **RADIONATURA VER 1.0**

**Monari Jader, Tomassetti Goliardo  
Istituto di Radioastronomia INAF Bologna  
IRA 415/08**

**Revisione: Varano Stefania, Righini Simona**

**This page has been intentionally left blank**

## RINGRAZIAMENTI

- *Xilo's studio* che ha realizzato tutta la parte multimediale di Radionatura.
- *Renato Romero* per gli utili consigli, la sua esperienza nelle VLF e la concessione di alcune parti di testo utilizzate in alcuni capitoli dell'esperienza multimediale.
- *Mario Cobellini* per la voce dei testi.
- *Simona Righini* per la correzione dei testi e la realizzazione grafica della testata.
- *Wolfgang Buescher* per aver modificato il programma SpectrumLab secondo le nostre esigenze.
- *Luigi Bignami* per aver fornito "free" materiale video dal suo archivio.

## INTRODUZIONE

“Che cosa è Radionatura?...” e’ così che inizia il commento della schermata iniziale di questa prima esperienza multimediale realizzata per il Centro Visite “Marcello Ceccarelli”.

L’ascolto “diretto” dei fenomeni elettromagnetici scaturiti dalla natura, è il punto cardine su cui si basa l’attrazione di questa macchina. L’esperienza multimediale fornisce un certo numero di esempi significativi selezionabili dal visitatore oppure l’ascolto ONLINE grazie a un ricevitore/sensore appositamente costruito e installato all’esterno del Centro Visite.

Questa idea nasce da una piccola esperienza maturata dal nostro Istituto nel campo radio delle VLF (Very Low Frequencies 100Hz-20KHz) banda di frequenza dove è possibile ascoltare fenomeni naturali (per lo più di origine terrestre) oltre alle ormai classiche RadioInterferenze che interessano tutto lo spettro radio).

I ricevitori costruiti per queste bande, risultano essere sistemi molto semplici e realizzati con componenti poco costosi (per lo più amplificazione diretta e filtraggio passa banda).

Le antenne, in linea teorica, risulterebbero assai complesse e ingombranti data la lunghezza d’onda in gioco. Pertanto si preferisce parlare di “sensore” in quanto molto più piccolo della “ $\lambda$ ”.

Infatti in generale, per antenna si intende un elemento metallico risonante le cui dimensioni sono comparabili con la lunghezza d’onda “ $\lambda$ ”. In generale si costruiscono “sensori” a dipolo o capacitivi se collegati ad amplificatori con impedenza d’ingresso alta, oppure “sensori” a loop o induttivi, se collegati ad amplificatori a bassa/media impedenza d’ingresso (come nel nostro caso).

L’esperienza multimediale realizzata permette di ascoltare direttamente dei suoni registrati di vari fenomeni naturali e cercando di fornire, grazie alle introduzioni video, alcuni concetti di fisica base quale:

- Che cosa è un segnale elettromagnetico
- I fenomeni naturali interessano altre lunghezze d’onda oltre il visibile
- Che cosa è uno spettro/spettrogramma
- Nozioni fisiche generali di alcuni fenomeni terrestri, astri, pianeti.

La versione realizzata al Centro Visite, è la versione 1.0. In futuro è già prevista una versione aggiornata, con testi più brevi e contenuti multimediali aggiuntivi, facendo anche quelle migliorie che si dimostrano necessarie dopo mesi di sperimentazione “sul campo”.

## REQUISITI MINIMI E STRUTTURA GENERALE

I contenuti multimediali e le pagine interattive di radionatura sono "HTML based", ossia visualizzabili con un qualunque browser web. Noi abbiamo optato di installare Opera invece che utilizzare Explorer o Mozilla, grazie alla sua minor vulnerabilità ad uscire dalle pagine visualizzate (in modalità tutto schermo, senza barra indirizzi/strumenti/navigazione). Ricordiamo infatti che al di fuori dell'applicazione in esecuzione, per ragioni ovvie, il visitatore non deve andare a modificare le impostazioni del computer o interagire con il S.O.

Per eseguire i multimediali di Radionatura, i requisiti minimi che deve possedere il PC sono:

- PIII 512Mb RAM
- 20GB HD
- Scheda Video Matrox G550 equivalente o superiore
- Scheda audio
- CDROM

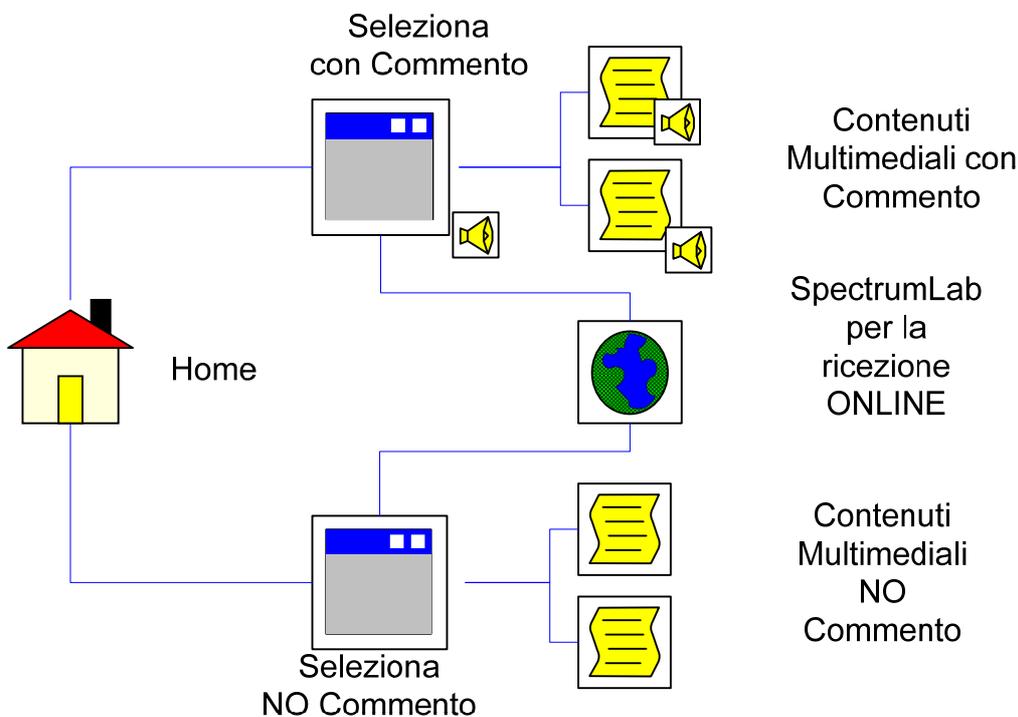


Figura 1: Struttura generale del programma Multimediale "Radionatura".

La struttura generale di Radionatura risulta essere essenzialmente divisa in due parti identiche, ad esclusione del fatto che una è costituita da multimedia commentati (dovrebbe servire per visite auto fruite) e una da multimedia NON commentati (nel caso di visite con cicerone).

Da una pagina di benvenuto Home accattivante, che dovrebbe attirare l'attenzione del visitatore, si può accedere a un menù di selezione tramite il quale è possibile scegliere il multimedia o la ricezione ONLINE con il programma SpectrumLab.

Un timer si attiva in modo automatico al termine di ogni pagina multimediale, se il visitatore non interagisce con Radionatura per più di 1 minuto, il programma ritorna in modo automatico alla pagina Home.



Figura 2: Schermata iniziale di Radionatura.

La pagina di selezione permette di appunto selezionare un contenuto multimediale oppure la ricezione ONLINE dei segnali VLF. Oltre ciò fornisce una informazione di “Che cosa è Radionatura”, affinché il visitatore possa rendersi conto in che ambito si sta muovendo e come interagire con la macchina.

I contenuti multimediali selezionabili da bottoni sulla sinistra della descrizione di Radionatura sono: Giove, Sole, Pulsar, Fulmini, Aurore, Nuvole, CMB.



Figura 3: Schermata di Selezione.

Sempre nella pagina di selezione è possibile scegliere la modalità ONLINE, ossia la possibilità di sentire in tempo reale i segnali VLF che si propagano nello spazio e sono captati dal sensore a loop posto all'esterno del Centro Visite. Cliccando su tale bottone viene lanciata una sessione di SPectrumLab, programma che effettua spettrogrammi (diagrammi tempo/frequenza/ampiezza) del segnale acquisito tramite l'ingresso LINEIN o MIC della scheda audio.

SPECLAB è un programma freeware realizzato da WolfGang Buescher (scaricabile dall'indirizzo <http://freenet-homepage.de/dl4yhf/>).

E' stato scelto fra i tanti simili perché può essere eseguito/chiuso da riga di comando con una serie di opzioni che permettono di "customizzare" la visualizzazione del programma.

Al bottone ONLINE è stato pertanto associato un programma (realizzato da Salvo Pluchino) che lancia SpeCLab con una serie di opzioni che eliminano tutte le barre degli strumenti e, in modo automatico, attivano la linea LINEIN o MIC. Viceversa al bottone OFF è stato associato un programma che chiude SpeCLab e disattiva la linea LINEIN o MIC.



Figura 4: Schermata di descrizione del programma Spectrum Laboratory.

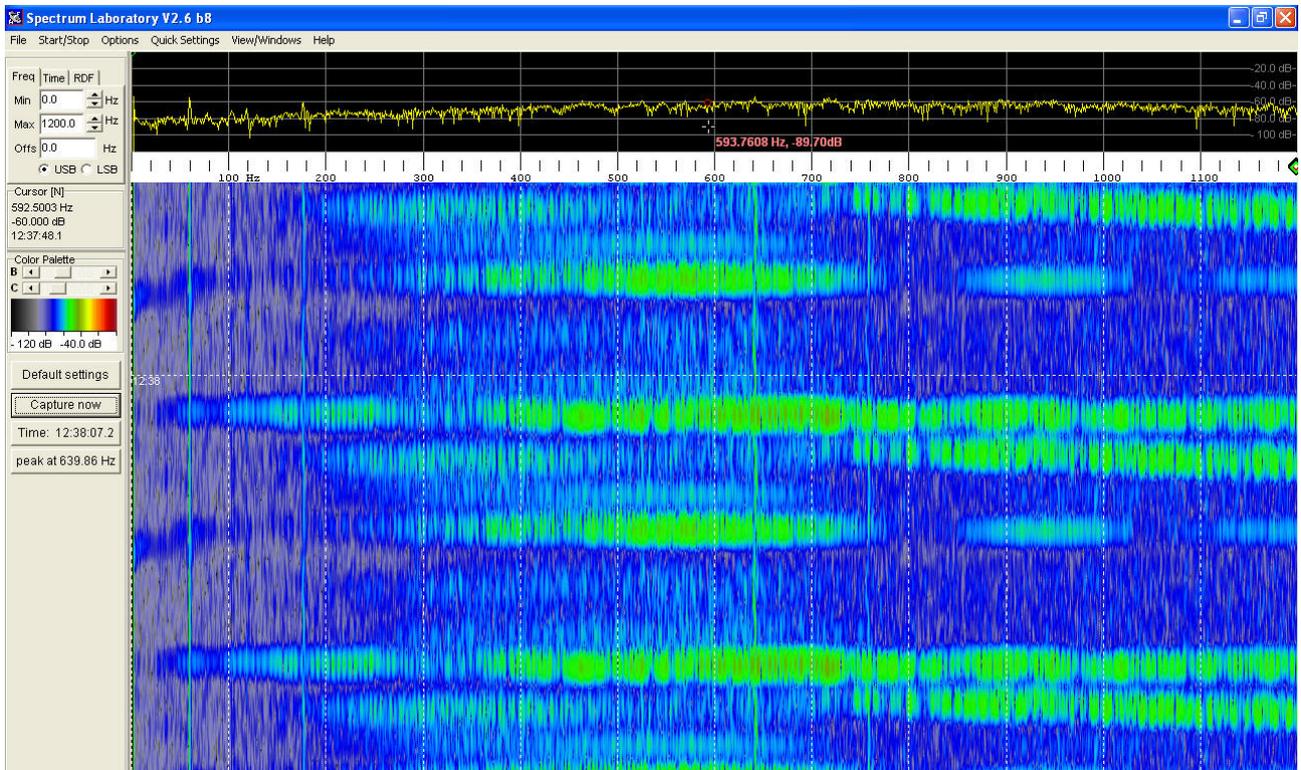


Figura 5: Diagramma Tempo/Frequenza di Spectrum Laboratory.

Ciascun contributo multimediale è costituito da un filmato commentato con alcune spiegazioni scientifiche sul fenomeno che si sta osservando; la voce è di Mario Cobellini (noto "lettore" della RAI).

Il multimedia termina con l'audio e lo spettrogramma del segnale elettromagnetico relativo al fenomeno naturale in questione.

Viceversa nella versione senza commento, realizzato per visite con cicerone, vi è solo un breve filmato del fenomeno naturale selezionato; dopodiché si passa direttamente all'audio e allo spettrogramma del segnale.

I segnali disponibili sono stati memorizzati da vari ricercatori nel mondo che, per passione, si dilettono a ricevere segnali di questo tipo nella banda VLF. Sono stati realizzati archivi di registrazioni molto interessanti generati da una moltitudine di fenomeni naturali, per maggior dettagli, <http://www-pw.physics.uiowa.edu/mcgreevy/>.

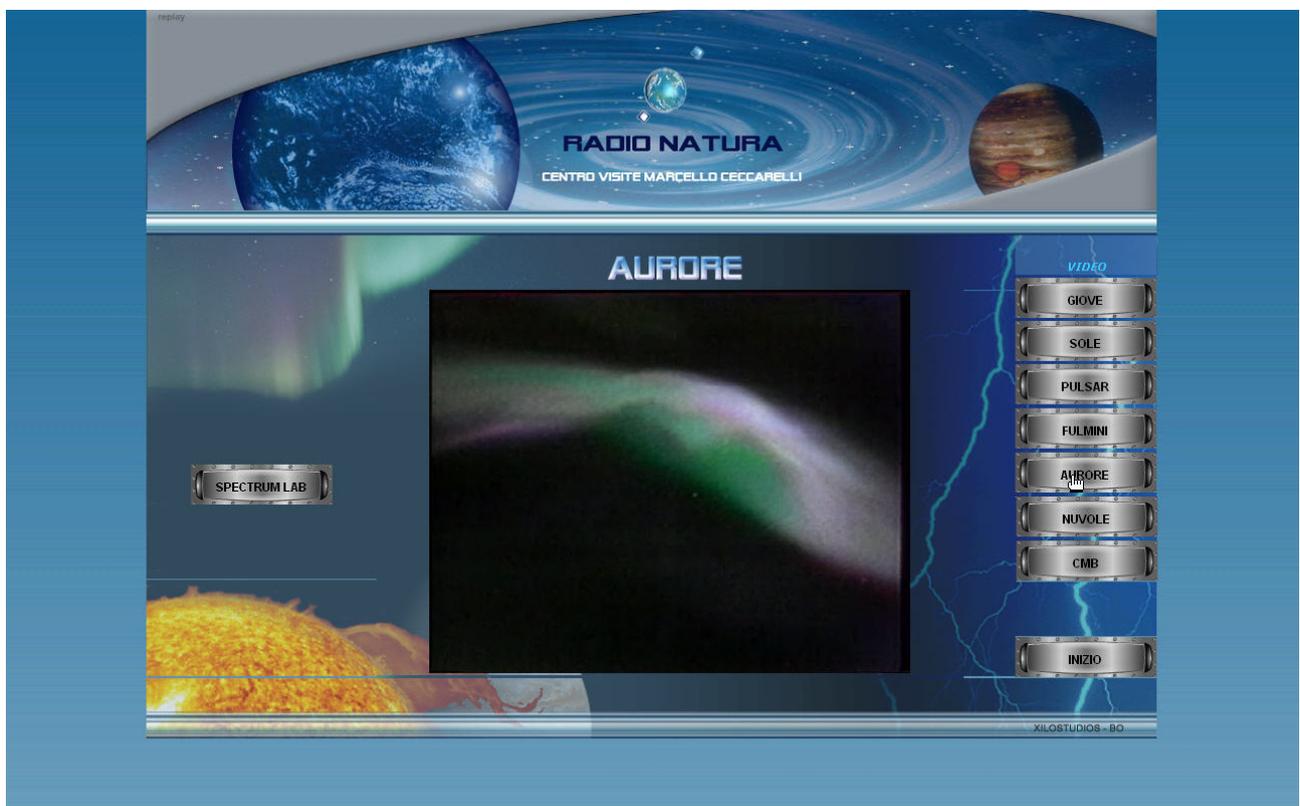


Figura 6: Schermata del contenuto scientifico selezionato.

## TESTI

### *CHE COSA E' RADIO NATURA*

Con "Radio Natura" definiamo tutte quelle emissioni di segnali elettromagnetici che hanno origine da fenomeni naturali, quali ad esempio temporali, aurore boreali, vento solare ed altro ancora. Del temporale ad esempio ben conosciamo l'aspetto elettrico e quello sonoro, ma di solito ignoriamo che assieme a tutti questi eventi violenti viene emessa una quantità enorme di onde radio.

Si tratta di onde differenti dalle onde sonore: mentre queste ultime si propagano in un mezzo elastico (es. aria, acqua, ecc...) e possono essere udite dal nostro orecchio, le onde radio sono variazioni del campo elettromagnetico che si propagano anche nel vuoto e che non sono percepibili in alcun modo dai nostri sensi. Un modo per analizzarle e ascoltarle è allora utilizzare un trasduttore elettroacustico (un altoparlante), che produce in maniera fittizia un segnale audio corrispondente all'onda radio.

Il lampo ed il tuono possono essere percepiti dai nostri sensi per qualche decina di chilometri; le onde radio generate durante questi eventi possono invece viaggiare per migliaia di chilometri, possono sfuggire alla ionosfera che circonda il nostro pianeta, viaggiare nello spazio guidate dalle linee di forza del campo magnetico terrestre e poi rientrare nuovamente sulla terra. Con lo studio e la sperimentazione su Radio Natura scoprirai che ambienti all'apparenza silenziosi nascondono un aspetto radio tutt'altro che pacifico.

Con questa macchina interattiva potrai studiare e ascoltare alcuni fenomeni tra i più affascinanti dell'universo e del pianeta quali aurore, fulmini, nuvole cariche elettricamente, pulsar, eruzioni solari, la magnetosfera di Giove e l'eco del big bang.

Ora non ti resta che continuare nella navigazione e scoprire i suoni più misteriosi di radionatura!

## AURORE

Molti dei fenomeni che osserviamo in cielo avvengono in realtà pochi chilometri sopra di noi, nell'atmosfera.

Un esempio particolarmente affascinante è dato dalle aurore polari, la cui natura è stata per molti secoli misteriosa. Si tratta di una luminescenza diffusa nel cielo notturno, spesso a forma di "festoni", che si presenta con una certa frequenza nelle zone circumpolari. Il Sole emette un flusso continuo di particelle ionizzate che si propagano nello spazio in ogni direzione. Questo flusso, che prende il nome di vento solare, ha un'intensità molto variabile, generalmente associata all'attività delle macchie solari, ed è responsabile di molti fenomeni, come per esempio l'orientamento delle code delle comete in direzione opposta alla posizione del Sole.

Quando le particelle ionizzate del vento solare raggiungono la Terra, vengono intrappolate dal campo magnetico del nostro pianeta. Una parte di esse, trascinata attraverso l'atmosfera, interagisce con i gas che si trovano a una quota di circa 100 km, e causa l'emissione di una luce visibile da terra sotto forma di spettacolari e cangianti drappaggi multicolori, chiamati aurore. Le aurore sono particolarmente brillanti nei giorni successivi ai periodi di maggiore attività solare, quando si verificano brillamenti molto intensi.

La luminosità delle aurore è prodotta dalle particelle cariche intrappolate dal campo magnetico terrestre. Queste, allorché riescono a sfuggire dalla gabbia magnetica che le relega lontano dalla superficie terrestre, si dirigono verso la Terra ma, giunte a contatto con gli atomi dell'atmosfera, li ionizzano grazie alla loro elevata energia. Quando gli elettroni si ricombinano con gli ioni, viene emessa luce con frequenze ben precise: le aurore hanno infatti una colorazione verdastra, dovuta alla radiazione prodotta dalla ricombinazione degli ioni di ossigeno con gli elettroni.

Anche un'aurora polare può, con Radionatura, essere ascoltata....

I segnali riprodotti sono anch'essi molto affascinanti, sebbene siano difficili da ricevere alle nostre latitudini. I cori aurorali si presentano come dei fischi a tonalità crescente, che si verificano contemporaneamente a frequenze diverse. La durata di questi toni varia da un decimo di secondo a diversi secondi. Suonano come uno stormo d'uccelli che starnazza rumorosamente, o come il latrato di molti cani. Possono comparire in pochi secondi e scomparire altrettanto rapidamente. Talvolta la quantità di suoni è tale che sono impropriamente definiti "tempeste Whistler".

La registrazione che ascolteremo è stata effettuata da Stephen McGreevy's il 9 settembre 1995 in Alaska.

## CMB

Nel 1964 Penzias e Wilson si accorsero che, in qualunque regione del cielo puntassero la loro antenna, ricevevano un segnale equivalente a quello di una sorgente ad una temperatura di circa 3 gradi Kelvin (ossia -270 gradi centigradi), distribuita uniformemente su tutto il cielo. Questo segnale diffuso venne riconosciuto come il residuo della fase calda dell'Universo, ovvero la sua immagine a circa mezzo milione di anni dal Big Bang. Questa radiazione è chiamata radiazione cosmica di fondo o radiazione fossile. Oggi ciascuno di noi racchiude letteralmente in un centimetro cubico della propria mano circa 400 particelle di luce, dette fotoni, appartenenti alla radiazione di fondo.

La temperatura della radiazione di fondo è sempre piuttosto costante alle diverse lunghezze d'onda. Il satellite COBE ha misurato con precisione l'intensità della radiazione fossile a lunghezze d'onda fra circa 1 e 0,05 centimetri: la sua temperatura è 2,725 Kelvin. Anche le misure a lunghezze d'onda maggiori sono in discreto accordo con questo valore. Questa temperatura così costante con la lunghezza d'onda poté prodursi solo nelle prime dense e calde fasi dell'Universo primordiale grazie allo stretto contatto termico fra la materia e la radiazione.

Lo studio di possibili piccolissime variazioni di temperatura con la lunghezza d'onda può dare preziose informazioni sui processi fisici nell'Universo neonato. Fino ad un decennio fa si poteva solo dire che la radiazione cosmica di fondo era altamente uniforme nel cielo. L'uniformità sembrava così elevata da essere quasi imbarazzante, tanto da far vacillare le teorie sulla formazione delle galassie. Finalmente, all'inizio degli anni '90, il satellite COBE scoprì delle piccolissime fluttuazioni nella temperatura della radiazione fossile: regioni distanti una decina di gradi in cielo, mostrano differenze di temperatura di circa una parte su 100.000, ovvero di circa 30 milionesimi di grado. Con i prossimi satelliti, Planck e MAP, saranno misurate differenze di temperatura dieci volte più piccole fra direzioni in cielo distanti circa un sesto di grado. Lo studio di queste piccole anisotropie fornisce informazioni preziose sui modelli di Universo, sulla natura della materia oscura e sulla genesi ed evoluzione delle disomogeneità nell'Universo, da cui si sono formate le galassie, gli ammassi di galassie, le stelle e i pianeti.

La registrazione che sentirai è stata effettuata alla frequenza dell'idrogeno a 1420,4 MHz dal team SETI del progetto Argus. Poiché la radiazione fossile è pressoché omogenea in tutte le direzioni, ciò che ascolterai è un "fruscio" costante che assomiglia molto al rumore di una radio fuori sintonia.

## FULMINI

Il nostro pianeta, dal punto di vista elettrico, si presenta molto turbolento. La calma apparente che si mostra all'osservatore inconsapevole sembra indicare che nulla avviene nelle giornate di cielo sereno, ma le misure fatte sul campo dimostrano che non è così. Nel corso di un temporale, quando questo fragile equilibrio si rompe, tutta l'energia elettrica presente si mostra nelle forme più violente ma anche affascinanti: i fulmini.

In realtà anche nelle giornate di cielo sereno vi sono continui passaggi di corrente tra terra e cielo che però, avvenendo in modo graduale, non si mostrano ad una semplice osservazione visiva, bensì risultano percepibili solo ad una misura strumentale: vista l'elevata impedenza dell'aria il valore di questa corrente è appena di qualche miliardesimo di Ampere per metro quadro. Moltiplicando però questo flusso di corrente per tutta la superficie terrestre si scopre che il valore planetario di questa scarica oscura è enorme: 1800 Ampere.

Questa carica sarebbe in grado di neutralizzare il potenziale elettrico del pianeta in poche ore, se non fosse per i circa 300 temporali che ogni giorno scoppiano su tutta la superficie terrestre equilibrando questa corrente continua: si stima che a livello planetario si scarichino circa 100 fulmini ogni secondo. E' proprio il fulmine ad essere all'origine del più noto dei segnali radio naturali: la "statica" o "sferica".

L'arco voltaico (cioè il fulmine), che costituisce l'antenna con cui la statica è irradiata, è di dimensioni molto piccole rispetto alle lunghezze d'onda in gioco: l'emissione avviene perciò in modo uniforme nello spazio, come se a trasmettere il segnale fosse un puntino al centro di una sfera, investita su tutta la superficie della stessa intensità di segnale radio irradiato dal fulmine. Come si può intuire, questi segnali sono abbondantemente diffusi in natura.

Sono emissioni elettromagnetiche ad ampio spettro, che vedono la maggior concentrazione d'energia proprio nelle frequenze audio, nel campo delle VLF.

E' possibile riconoscere questi segnali come scariche molto veloci che assomigliano a dei crepitii.

Un altro tipo di segnale che deriva da una scarica temporalesca è il "whistler".

La magnetosfera, lo spazio che circonda la terra, è sede di forti campi dovuti al magnetismo terrestre. In presenza di condizioni particolari, legate a valori molto elevati di vento solare, le statiche irradiate nello spazio non riescono più a muoversi liberamente e a propagarsi in modo diretto: sono incanalate lungo le linee di forza del campo magnetico, seguendo dei condotti invisibili che le riconducono sulla terra nel punto geomagneticamente coniugato. Due punti geomagneticamente coniugati corrispondono a zone attraversate dalla stessa linea di campo magnetico, considerando la terra come se fosse una grande calamita.

La statica d'origine percorre quindi molte migliaia di km viaggiando nello spazio, e data la lunga distanza percorsa subisce un fenomeno chiamato dispersione: le frequenze più acute arrivano prima mentre quelle più gravi sono leggermente rallentate ed arrivano in ritardo. Il risultato è affascinante: una statica d'origine in Sud Africa (che suona più o meno come un colpo di frusta) una volta arrivata in Italia si muta in un fischio, che non assomiglia minimamente al segnale iniziale.

Ora ascolteremo il suono di un temporale in arrivo; si potranno notare sia i rumori dovuti alle statiche che quello di alcuni whistlers.

La registrazione è stata effettuata da Stephen McGreevy durante l'alba a Great Basin National Park in Nevada, il 16 settembre 1994. I whistlers che si sentono probabilmente sono associati alle scariche di un violento temporale a Dallas (Texas)

## GIOVE

Giove è il pianeta più grande e massiccio del Sistema Solare. Con un diametro di circa 140 mila km, potrebbe contenere al proprio interno oltre mille pianeti come la Terra. Prototipo dei pianeti gassosi, Giove non possiede una superficie solida ed emette più energia di quanta ne riceve dal Sole. Ciò che noi vediamo di Giove è solo la sommità delle nubi che avvolgono il pianeta, i cui colori sfavillanti sono prodotti da una miscela di gas velenosi (in gran parte gli stessi gas che formano il Sole).

La sua luminosità apparente è seconda solo a quella di Venere.

Uno spettacolare primo piano della Grande Macchia Rossa di Giove, ripresa dalla sonda Voyager 1. La Grande Macchia Rossa è un mostruoso ciclone grande circa tre volte la Terra. Da circa 300 anni questo mostruoso vortice ha cambiato continuamente forma, colore e dimensioni, ma non è mai scomparso.

Giove possiede un campo magnetico di elevata intensità, circa 12 volte maggiore di quella del campo terrestre; esso si estende fino a 5 raggi gioviani.

Il suo asse magnetico è inclinato di circa  $11^\circ$  rispetto a quello di rotazione.

L'esistenza di un campo magnetico è spiegata dalla presenza, nell'interno di Giove, di idrogeno metallico fluido che, essendo un buon conduttore e ruotando a forte velocità, genera campi magnetici. Le caratteristiche del campo sono simili a quelle del campo magnetico terrestre: anche qui abbiamo due poli, ma invertiti; per cui l'ago di una bussola, su questo gigante gassoso, indicherebbe il Sud e non il Nord. Anche per Giove è il vento solare a creare la magnetosfera.

Essa è formata da una zona in cui sono assenti le cariche elettriche, chiamata magnetopausa, da un disco di plasma e da una "coda magnetica" che arriva fino a Saturno.

Gli elettroni relativistici, intrappolati in questo campo magnetico, vengono accelerati e perdono energia con emissione di onde radio. Tale emissione è chiamata radiazione di sincrotrone. Questa radiazione è osservabile da Terra con i radiotelescopi e anche ascoltabile con delle operazioni opportune di mixaggio del segnale.

Le immagini mostrano l'emissione radio della magnetosfera di Giove alla lunghezza d'onda di 21 cm. La registrazione che ascolteremo è stata effettuata nel 1999 dal Radio Jove team a GreenBank in west Virginia alle frequenze comprese tra 20.1 e 21.2 MHz.

## *IL SOLE*

Il Sole è la straordinaria fonte di energia che domina il Sistema Solare. La sua forza di gravità mantiene i pianeti in orbita e il suo calore consente la vita sulla Terra.

Come le altre stelle, il Sole è una enorme sfera di gas incandescente, essenzialmente costituita da idrogeno ed elio, con un diametro di 1,4 milioni di km; è talmente grande che sarebbero necessari 109 pianeti come la Terra affiancati uno all'altro per uguagliare il suo diametro. Il nostro astro, inoltre, potrebbe contenere al suo interno circa 1 milione di questi pianeti.

Al centro della stella, dove la temperatura raggiunge i 15 milioni di gradi centigradi, si trova il nucleo. In questa regione avvengono i processi di fusione nucleare grazie ai quali l'idrogeno si converte in elio. Nel corso di questa reazione, la materia si trasforma in energia al vertiginoso ritmo di 4 milioni di tonnellate ogni secondo.

Tuttavia, l'energia prodotta da questa sorta di centrale nucleare risale alla superficie del Sole lentamente, impiegando circa 10 milioni di anni per affiorare e iniziare a diffondersi nello spazio.

Dalla cromosfera vengono spesso eiettate nello spazio gigantesche masse di gas incandescente chiamate "protuberanze" lunghe mediamente più di 100.000 km. Alcune tra le più spettacolari protuberanze formano giganteschi archi che seguono le linee del campo magnetico solare e raggiungono temperature superiori ai 10.000° C. Le protuberanze possono assumere vari aspetti: quelle estremamente violente e di breve durata sono note come "attive" o "eruttive"; quelle molto più calme, che permangono per diverse settimane, prendono il nome di "quiescenti". Anche le protuberanze, come le macchie solari, si manifestano nei periodi di maggiore turbolenza del Sole.

I brillamenti, invece, sono fenomeni provocati da improvvise emissioni di energia che riscaldano e accelerano la materia presente nell'atmosfera solare, scagliando nello spazio una quantità enorme di radiazioni e particelle cariche elettricamente. Possono raggiungere la massima luminosità in pochi minuti e perdureranno circa un'ora prima di scomparire. I brillamenti emettono una quantità tale di radiazioni da provocare effetti significativi anche sul nostro pianeta. Per esempio, possono causare campi magnetici che interferiscono con le trasmissioni radio sulla Terra. Inoltre, le particelle elettricamente cariche proiettate dai brillamenti solari possono costituire una minaccia per gli astronauti impegnati nelle missioni spaziali.

Ora potrai ascoltare una vera eruzione solare, con tutta la sua potenza e maestosità. Questa registrazione è stata effettuata dalla terra con un ricevitore a 50MHz da Thomas Ashcraft il 4 Novembre 2003. Rappresenta uno dei fenomeni più violenti del sistema solare chiamato Mega-Flare.

## *NUVOLE*

Anche le nuvole, che sono masse vaporose che si muovono nei nostri cieli grazie ai differenziali di pressione fra le varie zone, producono segnali molto interessanti.

Nel loro movimento, a seconda delle condizioni atmosferiche della troposfera, per effetto dell'attrito fra le particelle dell'aria e le molecole d'acqua, le nuvole si caricano elettricamente.

Il movimento elettronico di tali particelle emette un campo elettromagnetico a bassa frequenza.

Questo tipo di segnale viene denominato "buzzer" ed è molto particolare e caratteristico, perché all'ascolto può essere interpretato come se all'interno di una stanza chiusa svolazzasse nervosamente uno sciame d'api.

Questo segnale è prodotto dal passaggio della corrente tra le nuvole e la terra, indotta dalla differenza di potenziale. Quando questa supera un certo valore si creano dei piccoli canali nell'aria in cui la corrente scorre rumorosamente originando questo particolare rumore di tipo elettrico. È composto solitamente da una frequenza di base variabile nel tempo e da una serie d'armoniche d'intensità decrescente al salire della frequenza. Può durare da pochi minuti ad ore intere: molto dipende dalle condizioni elettriche del cielo.

È possibile ascoltarli più facilmente recandosi sulle cime delle montagne, ma talvolta anche in pianura, soprattutto con cielo nuvoloso e nuvole basse.

La registrazione è stata effettuata da Altair con un ricevitore VLF alle frequenze fra 100Hz e 30KHz.

## *PULSAR*

Le pulsar sono tra gli oggetti più interessanti nel vasto panorama della scienza moderna. Il fascino che esse esercitano sull'immaginario collettivo è secondo solo a quello dei leggendari buchi neri.

Inizialmente scoperte come misteriose sorgenti di impulsi radio, le pulsar sono ora tra i corpi celesti più familiari agli astronomi.

Mentre in una stella normale l'emissione elettromagnetica è alimentata dalle reazioni di fusione nucleare che avvengono nel nucleo, e si esprime principalmente sotto forma di radiazione luminosa, in una stella di neutroni i processi di fusione nucleare non sono più attivi e, quindi, l'interno stellare non produce più energia.

L'emissione elettromagnetica delle pulsar, infatti, non viene originata all'interno della stella di neutroni, ma all'esterno, nelle regioni circostanti la sua superficie. Una stella di neutroni possiede, infatti, un campo magnetico di elevata intensità, milioni di volte più forte di quello del Sole, che permea lo spazio circostante creando una regione di influenza detta "magnetosfera".

La stella di neutroni immette nella magnetosfera sciami di elettroni e positroni (particelle di antimateria che corrispondono a elettroni positivi) che vengono accelerati dalla sua stessa rotazione a velocità prossime a quelle della luce. Il campo magnetico della stella di neutroni influenza il moto di queste particelle, che tendono a muoversi lungo le sue linee di forza seguendo una traiettoria a spirale.

In questo modo, le particelle emettono parte della loro energia cinetica sotto forma di radiazione elettromagnetica, che viene detta "radiazione di sincrotrone". Possiamo quindi considerare la pulsar come un radiofaro in rapida rotazione estremamente stabile. Si pensa che queste stelle potranno essere i radiofari di navigazione per le missioni interplanetarie future.

Quando questo fascio radio investe la terra, è possibile riceverlo e ovviamente... ascoltarlo.

Ascolterai ora la pulsar PSR0950+08-0, che ruota con un periodo di 0,253 sec; la registrazione è stata effettuata dal radiotelescopio di Arecibo alla frequenza di 410 MHz.

## SPECTRUM LABORATORY

Spectrum Laboratory è un programma che:

- analizza lo spettro di un segnale audio tramite la scheda del pc;
- analizza lo spettro di un suono precedentemente registrato e memorizzato in un file;
- osserva come lo spettro evolve nel tempo con una visualizzazione “a cascata” (waterfall).

Con questo programma si possono analizzare tutti i segnali di radionatura ricevuti nella banda delle VLF (Very Long Frequencies) ossia nelle frequenze comprese tra 0 e 22 KHz. Si tratta di onde radio, e non di onde sonore: mentre queste ultime si propagano in un mezzo elastico (es. aria, acqua, ecc...) e possono essere udite dal nostro orecchio, le onde radio sono variazioni del campo elettromagnetico che si propagano anche nel vuoto e che non sono percepibili in alcun modo dai nostri sensi. Un modo per analizzarle e ascoltarle è allora utilizzare un trasduttore elettroacustico (altoparlante), che produce in maniera fittizia un segnale audio corrispondente all'onda radio.

Per fare ciò si può collegare un ricevitore ad amplificazione diretta (come quello realizzato per l'ascolto “on line” del Centro Visite) oppure analizzarlo dopo un'opportuna conversione in frequenza (operazione di downconversion) tale da renderlo udibile alle frequenze acustiche alle quali il nostro orecchio è sensibile.

La finestra principale è come quella riportata in figura. Si può notare una barra di controllo sulla parte di sinistra, un grafico di spettro nella parte superiore, e uno spettrogramma ('waterfall') nella parte inferiore.

Ascoltare, registrare un segnale e non farne lo spettrogramma è come arrivare di fronte ad un paesaggio e farselo solamente descrivere. Lo spettrogramma rappresenta la forma più completa di rappresentazione grafica di un segnale, fornendoci un'immagine che ne descrive le specifiche caratteristiche rendendolo unico, proprio come le impronte digitali.

Lo spettrogramma non è altro che una visualizzazione bidimensionale dello spettro dove nell'asse delle ascisse sono riportate le frequenze e il colore rappresenta l'intensità del segnale ricevuto, mentre le ordinate corrispondono all'evoluzione nel tempo. Un segnale monocromatico è rappresentato da una linea retta come riportato nella figura.

La rappresentazione frequenziale invece è importante per vedere chiaramente come il segnale ricevuto è scomposto in tutte le sue componenti armoniche o, con analogia al campo ottico, quali “colori” lo compongono. L'elaborazione del segnale avviene tramite un algoritmo chiamato FFT (Fast Fourier Transform). L'ampiezza (nell'asse delle ascisse) può essere in unità lineari o logaritmiche (decibel o dB).

Cliccando sul tasto “ON LINE” potrai ascoltare i segnali che in questo momento permeano l'etere locale e sono rilevati dal nostro ricevitore di Radionatura.

Accanto ai segnali radio d'origine naturale, che se sei fortunato potrai ricevere, si registrano in queste bande tutta una serie di segnali legati alle attività umane. E' indispensabile conoscerli per poterli distinguere da quello che è l'ascolto di Radionatura: prendere granchi, quando si svolge il monitoraggio della VLF, è all'ordine del giorno. E' facile confondere i vari toni di un elettrodo ad alta tensione con i segnali usati per comunicare con i sottomarini, o identificare come precursori sismici quelli che sono dei semplici disturbi transitori legati alla rete elettrica ed a qualche carico che scintilla, o ancora scambiare il segnale prodotto dall'oscillazione meccanica dell'antenna causata dal vento per chissà quale effetto speciale. La distinzione tra gli uni e gli altri avviene solamente con l'esperienza: occorre in ogni caso

considerare che i segnali artificiali, essendo solitamente presenti, rimangono un buon mezzo per testare se il ricevitore in uso sta effettivamente funzionando.

Per chiudere il programma e per tornare al menu principale clicca su "OFF".

## LA MACCHINA “RADIONATURA”

Come si diceva nell'introduzione, la macchina multimediale Radionatura è composta da 3 unità principali:

1. unità ricevente VLF collegata all'antenna a loop (parte esterna);
2. unità PC su cui girano le pagine interattive/multimediali;
3. unità amplificatore con campana ipercardiode in plexiglass per la diffusione del suono.

Il cablaggio dei sistemi risulta essere abbastanza semplice; l'uscita del ricevitore VLF è collegato tramite un solo doppino schermato, alla linea LINEIN della scheda audio del computer che è installato all'interno dello scatolone Rack nel Centro Visite.

L'uscita LINEOUT del medesimo è amplificata e diffusa da una campana altoparlante.

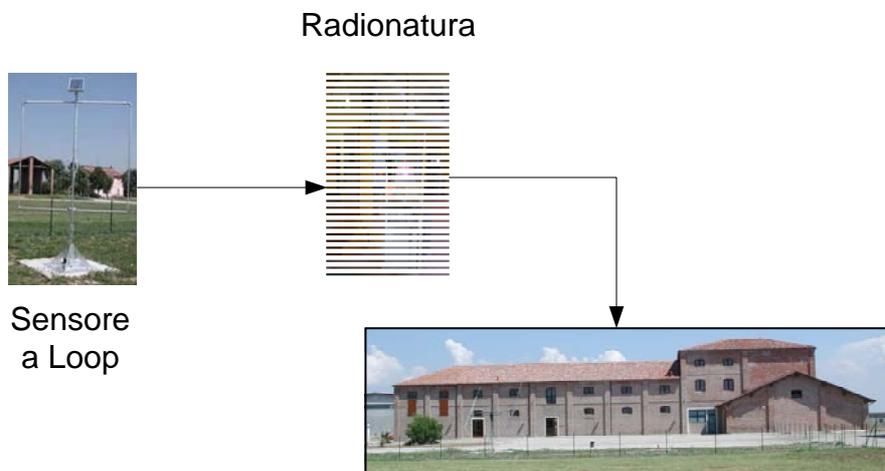


Figura 7: Schema generale per il montaggio di Radionatura.



Figura 8: Rack finale, predisposto per accogliere il PC di Radionatura.



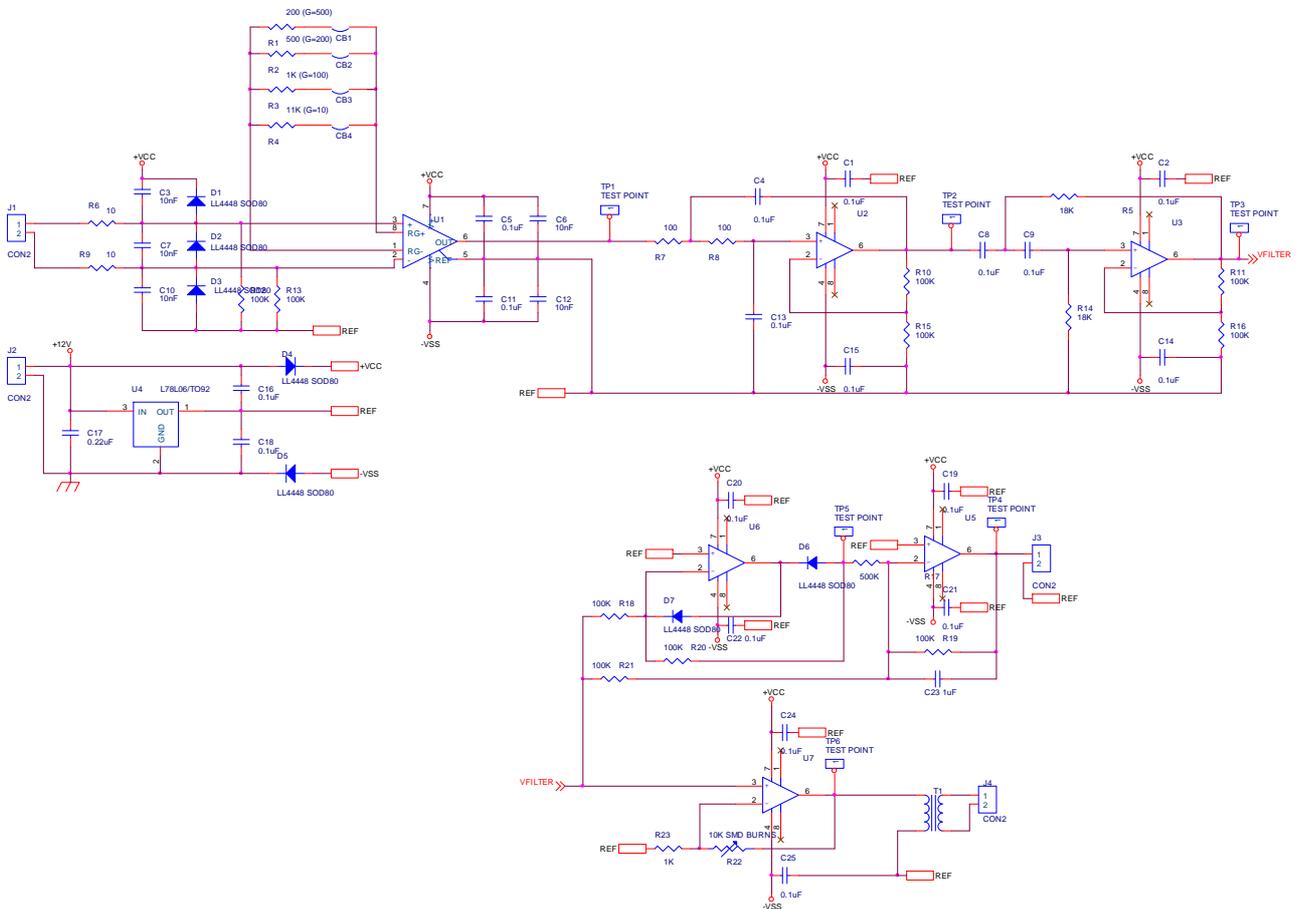
Figura 9: Campana ipercardiode in plexiglass per la diffusione dell'audio in una zona limitata.

## SCHEMI ELETTRICI DEL RICEVITORE VLF

Il ricevitore in questione risulta essere "l'evoluzione" di una precedente versione realizzata per il progetto di collaborazione Italo-Norvegese EMBLA (ELFO Rapporto Interno 335/03).

Sono qui di seguito menzionate solo le caratteristiche principali.

- Alimentazione singola +12V@100mA.
- Protezione alle scariche all'ingresso.
- Bassa impedenza d'ingresso (trasformatore audio esterno  $Z_{in}=600\Omega$ ).
- Banda passante 1KHz-15KHz.
- Guadagno da 20-10000.
- Total Power Monitor.
- $Z_{out}=600\Omega$ .



Item	Quantity	Reference	Part
1	4	CB1, CB2, CB3, CB4	CIRCUIT BREAKER
2	18	C1, C2, C4, C5, C8, C9, C11, 0.1uF C13, C14, C15, C16, C18, C19, C20, C21, C22, C24, C25	
3	5	C3, C6, C7, C10, C12	10nF
4	1	C17	0.22uF
5	1	C23	1uF
6	7	D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7	LL4448 SOD80
7	4	J1, J2, J3, J4	CON2
8	1	R1	200 (G=500)
9	1	R2	500 (G=200)
10	1	R3	1K (G=100)
11	1	R4	11K (G=10)
12	2	R14, R5	18K
13	2	R6, R9	10
14	2	R7, R8	100
15	10	R10, R11, R12, R13, R15, R16, R18, R19, R20, R21	100K
16	1	R17	500K
17	1	R22	1K
18	1	R23	10K SMD BURNS
19	6	TP1, TP2, TP3, TP4, TP5, TP6	TEST POINT
20	1	T1	TRANSF AUDIO 1:1
21	1	U1	AD623/AD SOIC
22	5	U2, U3, U5, U6, U7	TL081 SOIC
23	1	U4	L78L06/TO92

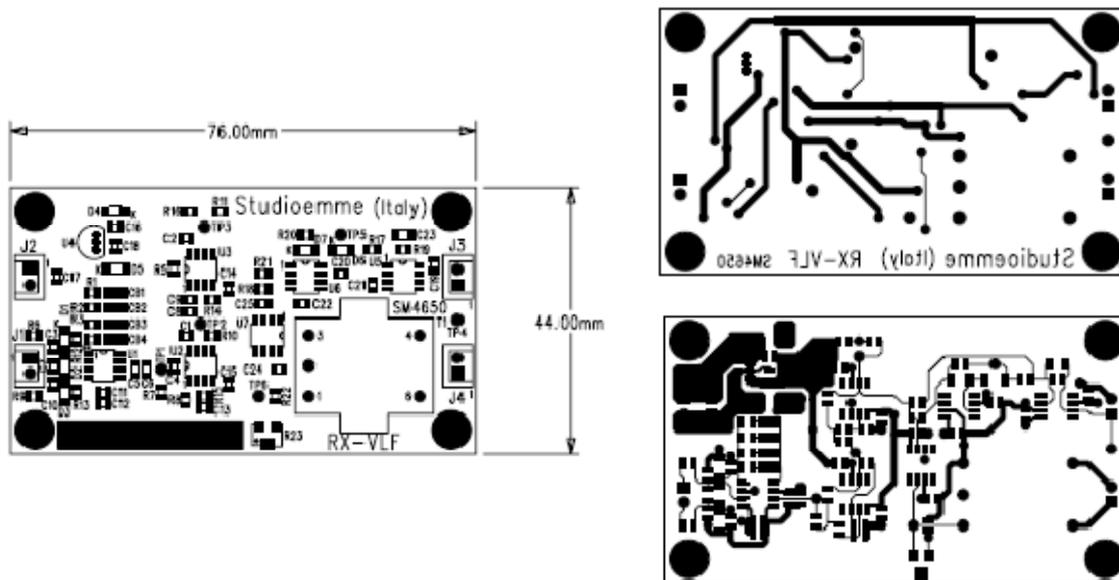


Figura 10: Layout del circuito stampato del ricevitore VLF; rispettivamente piazzamento, lato saldature e lato componenti.



# Single Supply, Rail-to-Rail, Low Cost Instrumentation Amplifier

## AD623

### FEATURES

- Easy to Use
- Higher Performance than Discrete Design
- Single and Dual Supply Operation
- Rail-to-Rail Output Swing
- Input Voltage Range Extends 150 mV Below Ground (Single Supply)
- Low Power, 575  $\mu$ A Max Supply Current
- Gain Set with One External Resistor
- Gain Range 1 (No Resistor) to 1,000

### HIGH ACCURACY DC PERFORMANCE

- 0.1% Gain Accuracy ( $G = 1$ )
- 0.35% Gain Accuracy ( $G > 1$ )
- 25 ppm Gain Drift ( $G = 1$ )
- 200  $\mu$ V Max Input Offset Voltage (AD623A)
- 2  $\mu$ V/ $^{\circ}$ C Max Input Offset Drift (AD623A)
- 100  $\mu$ V Max Input Offset Voltage (AD623B)
- 1  $\mu$ V/ $^{\circ}$ C Max Input Offset Drift (AD623B)
- 25 nA Max Input Bias Current

### NOISE

- 35 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$  RTI Noise @ 1 kHz ( $G = 1$ )

### EXCELLENT AC SPECIFICATIONS

- 90 dB Min CMRR ( $G = 10$ ); 84 dB Min CMRR ( $G = 5$ ) (@ 60 Hz, 1K Source Imbalance)
- 800 kHz Bandwidth ( $G = 1$ )
- 20  $\mu$ s Settling Time to 0.01% ( $G = 10$ )

### APPLICATIONS

- Low Power Medical Instrumentation
- Transducer Interface
- Thermocouple Amplifier
- Industrial Process Controls
- Difference Amplifier
- Low Power Data Acquisition

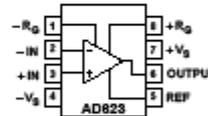
### PRODUCT DESCRIPTION

The AD623 is an integrated single supply instrumentation amplifier that delivers rail-to-rail output swing on a single supply (+3 V to +12 V supplies). The AD623 offers superior user flexibility by allowing single gain set resistor programming, and conforming to the 8-lead industry standard pinout configuration. With no external resistor, the AD623 is configured for unity gain ( $G = 1$ ) and with an external resistor, the AD623 can be programmed for gains up to 1,000.

The AD623 holds errors to a minimum by providing superior AC CMRR that increases with increasing gain. Line noise, as well as line harmonics, will be rejected since the CMRR remains constant up to 200 Hz. The AD623 has a wide input

### CONNECTION DIAGRAM

8-Lead Plastic DIP (N),  
SOIC (R) and  $\mu$ SOIC (RM) Packages



common-mode range and can amplify signals that have a common-mode voltage 150 mV below ground. Although the design of the AD623 has been optimized to operate from a single supply, the AD623 still provides superior performance when operated from a dual voltage supply ( $\pm 2.5$  V to  $\pm 6.0$  V).

Low power consumption (1.5 mW at 3 V), wide supply voltage range, and rail-to-rail output swing make the AD623 ideal for battery powered applications. The rail-to-rail output stage maximizes the dynamic range when operating from low supply voltages. The AD623 replaces discrete instrumentation amplifier designs and offers superior linearity, temperature stability and reliability in a minimum of space. Until the AD623, this level of instrumentation amplifier performance has not been achieved.

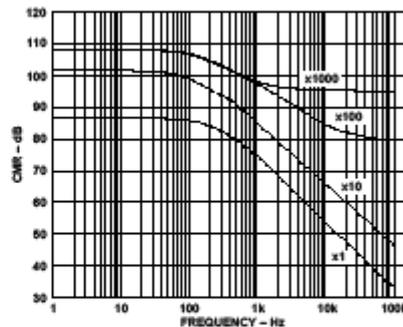


Figure 1. CMR vs. Frequency, +5  $V_S$ , 0  $V_S$

### REV. C

Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Analog Devices for its use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Analog Devices.

One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.  
Tel: 781/329-4700 World Wide Web Site: <http://www.analog.com>  
Fax: 781/326-8703 © Analog Devices, Inc., 1999

## SENSORE A LOOP

Anche in questo caso non entrerà nel merito dei dettagli tecnici per la realizzazione. Per approfondimenti riferirsi sempre al Rapporto Interno 335/03.

Si allegano i disegni meccanici con i materiali per la costruzione. All'interno è tirato un flat-cable da 32 poli sfasato di una riga. In questo modo tutti i poli sono in serie e creano un grande loop da 64 spire.

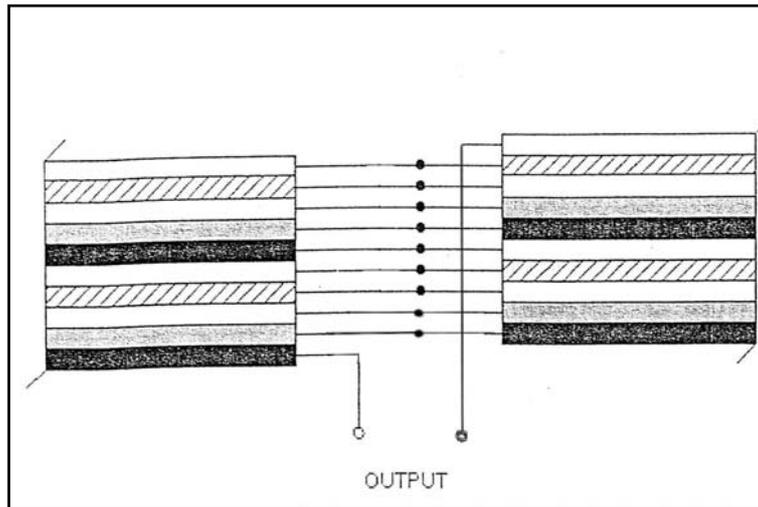


Figura 11: Realizzazione delle 64 spire con Flat cable da 32 poli.



Figura 12: Sensore a loop montato nella piazzola esterna del Centro Visite.

## Specifiche costruttive antenna LOOP

 Curva composta da:  
- curva RTA ispezionabile 90' FF ISO 25/1.5 pz.1  
- raccordo RTA maschio ISO 25/1.5 pz.2

 Derivazione composta da:  
- giunto RTA ispezionabile ISO 25/1.5 pz.1  
- raccordo RTA maschio ISO 25/1.5 pz.2

 Giunto isolante autocostruito, composto da:  
- manicotto INSET MGM 25  
 - guaina termorestringente autovulcanizzante

 Tubolare tondo anticorrosione diam. ext. mm 25  
spess. mm 3

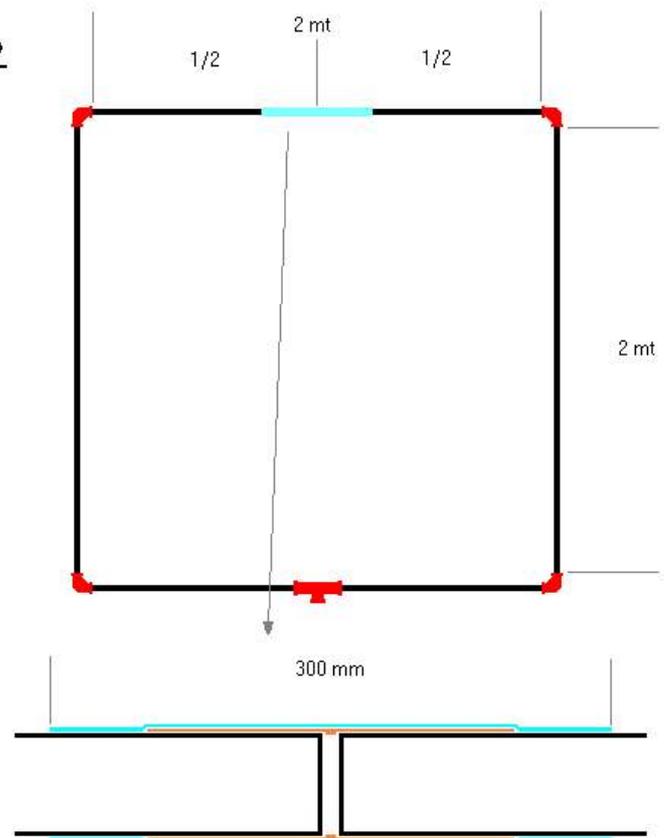


Figura 13: Specifiche costruttive antenna a loop.

## MONTAGGIO RICEVITORE

Per evitare di portare la rete a 220V alla base dell'antenna e grazie ai bassi consumi del ricevitore, si è previsto un'alimentazione a batteria che viene ricaricata costantemente da un piccolo pannello solare montato in cima all'antenna stessa.

All'interno della scatola del ricevitore, oltre alla batteria, è posto anche il "solar shunt regulator". Di seguito sono riportati gli schemi del cablaggio. Dopo un paio di anni di funzionamento interrotto, si è provveduto a ricaricare le batterie al piombo dell'unità ricevente.

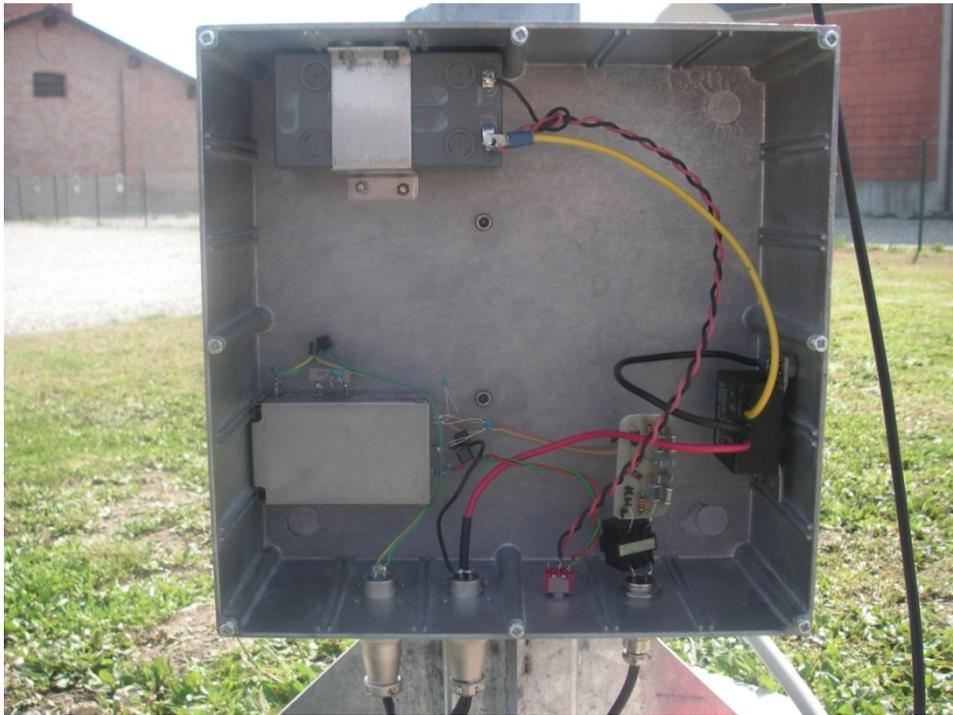


Figura 14: Scatola completa dell'unità ricevente.

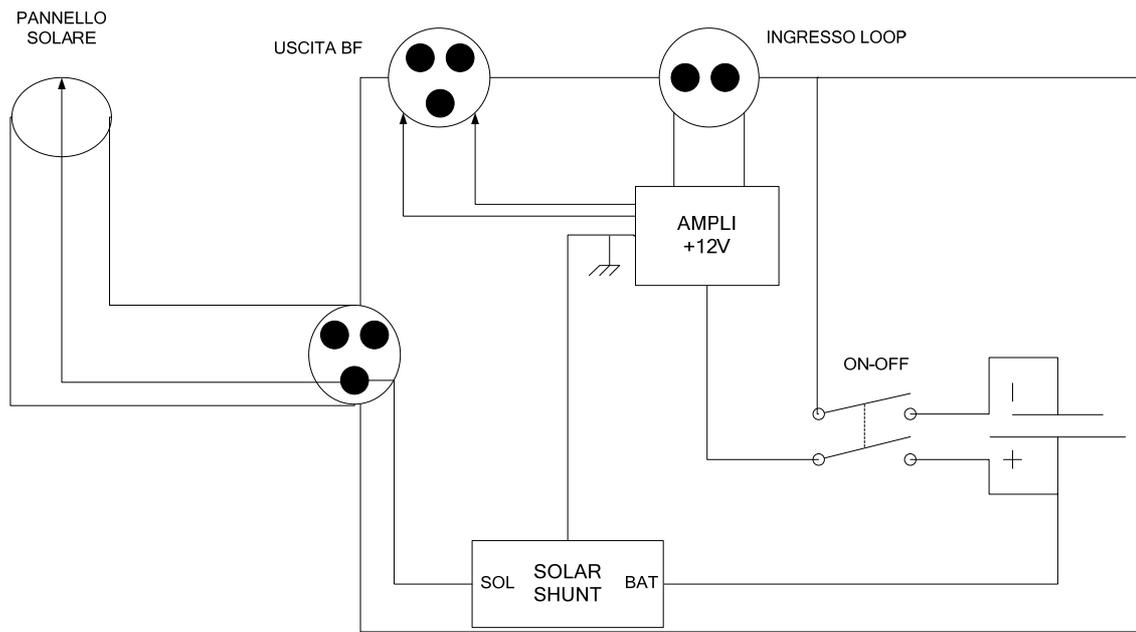


Figura 15: Cablaggio interno dell'unità ricevente.

## PANNELLI GRAFICI



Figura 16: Testata di Radionatura.



Figura 17: Pannello descrittivo.

# Antenna a loop



*Le antenne a loop sono costituite da molte spire di cavo di rame chiuse all'interno di un tubo conduttore. Vengono usate per la ricezione di segnali radio a bassa frequenza.*

*Poiché non è sensibile ai disturbi elettrici dovuti alle piccole scariche, questa antenna è in grado di captare le emissioni naturali nella banda VLF (3 KHz - 30 KHz). All'interno del Centro Visite una postazione interattiva (RadioNatura) mostra e rende udibili i segnali ricevuti in tempo reale.*

*Data la grande capacità di penetrazione delle onde radio a queste frequenze, le antenne a loop (usate anche in trasmissione), sono utilizzate principalmente per la ricerca geofisica, la localizzazione di giacimenti di idrocarburi e le comunicazioni sottomarine.*

**SI PREGA DI NON TOCCARE**



*Loop antennas consist of several copper loops enclosed in a conducting tube. They are used to receive very low-frequency radio signals.*

*Since it is not sensible to electrical interference from small discharges, this antenna is able to detect natural radio emission in the VLF band (3 KHz - 30 KHz). Inside the Visitor Center you can find an interactive exhibit (RadioNatura) where the signal from this antenna is converted into sound so that you can hear it in real-time.*

*Because of the ability of these low frequency radio waves to penetrate all kinds of matter, loop antennas are used with transmitters and receivers for geophysical studies, searching for oil and submarine communication.*

**PLEASE DO NOT TOUCH**

*All'interno del Centro Visite "M.Ceccarelli", nell'edificio qui a fianco, troverete postazioni multimediali ed interattive che vi guideranno alla scoperta della Radioastronomia. La visita guidata include una passeggiata ai piedi degli imponenti radiotelescopi visibili oltre il Centro Visite (distanti 2 Km).*

Figura 18: Pannello descrittivo dell'antenna loop.