

Magnetometro fluxgate -  
ELIRCA5

I primi tentativi di realizzare un magnetometro fluxgate nella sua configurazione base impiegavano la seguente strumentazione:

- generatore di bassa frequenza
- trasformatore su ferrite autocostruito
- voltmetro selettivo surplus militare sintonizzato sulla seconda armonica del generatore.

2ª puntata

gurato non brillava certamente per sensibilità.

Come sempre il caso venne in aiuto: nel numero di giugno 1996 di **LOWDOWN**, **Erich F.Kern** descriveva un sensore per campi magnetici ad alte prestazioni. Contattatolo ricevetti informazioni sulla ditta produttrice: l'inglese **SCL Speake & Co Ltd.** Il sensore in questione viene prodotto in tre modelli: **FGM-1, FGM-2, FGM-3**; io mi riferirò sempre a quest'ultimo che ritengo essere il più adatto agli scopi

# Campo magnetico e magnetometri

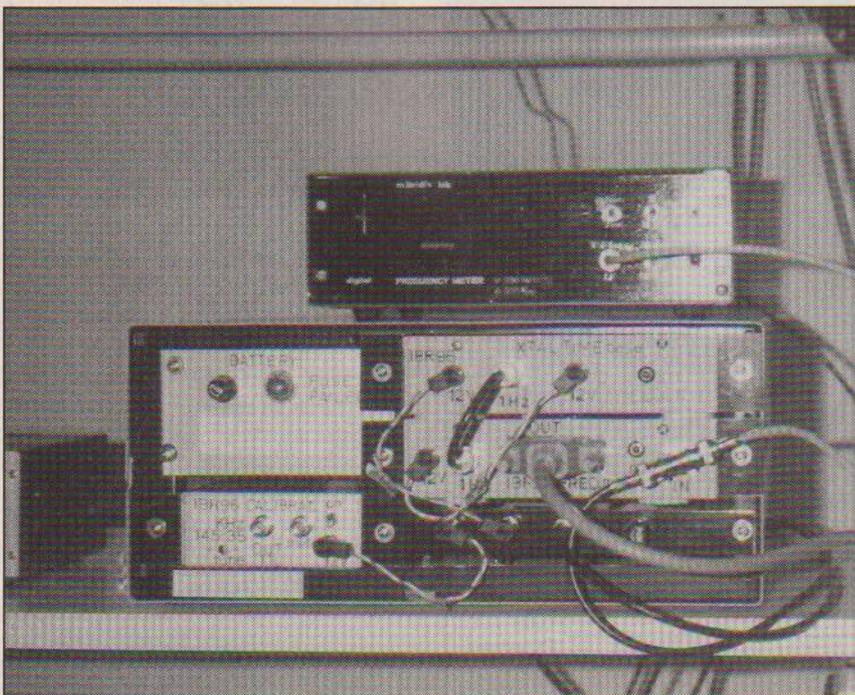
di Marco Ibridi I4IBR

I risultati furono incoraggianti; si evidenziò però l'impossibilità di raggiungere l'obiettivo finale del progetto: una stazione automatica non presidiata per la registrazione continua del campo geomagnetico e le relative alterazioni (*sudden impulse*). Oltre all'eccessiva strumentazione da tenere sempre in funzione e conseguentemente perfettamente allineata, lo strumento così confi-

del progetto. Il sensore viene dichiarato dal costruttore di tipo fluxgate ma è decisamente ben diverso dalla configurazione di base vista in apertura: il dispositivo alimentato a 5V ha una uscita a livello TTL con una frequenza che va da circa 50 kHz (valori di campo massimi) a circa 120 kHz (valori di campo minimi). L'SCL oltre a questi sensori produce tutta una linea di integrati custom specifici per l'utilizzo dei sensori stessi. Forniti di *applications notes* molto ben fatti, ho collaudato per primo l'IC **SCL006A** che con il sensore FGM-3 era già stato realizzato, con buoni risultati, da E.F.Kern.

Con solo un altro IC, lo ZN429E -8 molto difficilmente reperibile in Italia e che esegue una conversione D/A, è possibile realizzare un sensibile magnetometro con uscita su microamperometro o registratore a carta, mentre senza quest'ultimo integrato, e con solo l'SCL006A, si può entrare direttamente su di un PC con scheda di acquisizione dati ad 8 bit. Io ho sperimentato quest'ultima possibilità, utilizzando la porta parallela (printer) del PC per l'input dei dati. La sensibilità, ma soprattutto, la stabilità della campionatura effettuata dall'SCL006A non erano però quelle a

Foto 3 - Magnetometro Fluxgate Elirca 5



me necessarie: troppo spesso bisognava resettare lo strumento mentre il range dinamico alla massima sensibilità era troppo limitato; in questa configurazione si ha quindi un ottimo strumento se si utilizza un registratore a carta od un qualsiasi altro dispositivo analogico di visualizzazione.

Volendo utilizzare il sensore FGM-3 era quindi necessario convertire una frequenza, nel range sopra indicato, in un dato digitale su più bytes visto che il solo range dinamico 0/255 non era stato ritenuto sufficiente. Le soluzioni potevano essere molteplici, vista anche la variegata offerta di dispositivi di input per Personal Computer, ma volendo utilizzare un PC obsoleto per la raccolta dei dati, si è necessariamente dovuto implementare un po' di hardware aggiuntivo. In realtà l'hardware è un po' tanto, perché si è scelta la soluzione più facile: un classico frequenzi-

metro in tecnologia TTL anni '70 che multiplexa le 6 cifre del contatore su di un unico byte. So perfettamente che questo non è lo stato dell'arte, d'altronde nessuna altra soluzione poteva permettere una tale risoluzione di lettura (1 Hz) ad un costo così contenuto e con componenti di così facile reperibilità. Anche in questo caso abbiamo l'acquisizione dei dati attraverso la porta parallela (printer) del PC che nel caso specifico è un vecchio ed obsoleto portatile con processore 8088 e due unità floppy da 720 kB.

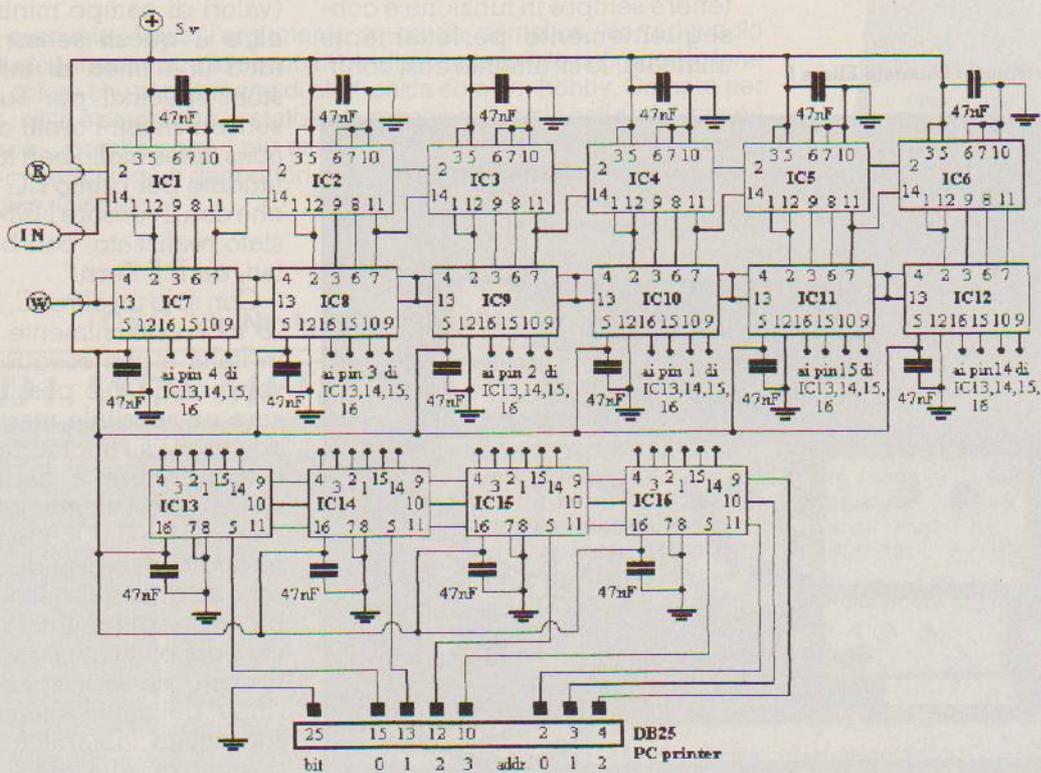
Nelle fig. A1 ed A2 è riportato il circuito vero e proprio del frequenzimetro, la cui unica particolarità è l'uscita su 4 bit ottenuta con multiplexer SN74151 (IC13, 14, 15, 16) indirizzati dal software di acquisizione presente sul PC; in pratica il software legge la codifica BCD di ogni singolo digit sui pin 15, 13, 12 e 10 della porta

parallela comandando i multiplexer attraverso i pin 2, 3 e 4. In fig. A3 è visibile lo stadio di ingresso su cui entrerà direttamente il sensore FGM-3, mentre in fig. B abbiamo lo schema della base dei tempi che genera un segnale a livello TTL della frequenza di 1 Hz. E' quindi evidente che massima importanza ha il software di acquisizione dati; ad esso è infatti demandato il compito di interrogare continuamente l'hardware dedicato, di convertire le informazioni lette, di memorizzarle e di tempificare correttamente tutte queste operazioni. Questo software, chiamato **DAR (DAta Recorder)**, lavora in ambiente MS-DOS minimo, ovvero anche con processori 8088 e con meno di 640 kB di memoria convenzionale. Ciò per potere utilizzare, quali macchine dedicate, anche vecchi PC ed in particolare portatili obsoleti facilmente alimentabili anche in

Fig. A1

- IC1, 2, 3, 4, 5, 6 = SN7490
- IC7, 8, 9, 10, 11, 12 = SN7475
- IC13, 14, 15, 16 = SN74151

ELIRCA5 fig. A1  
MIBRIDI 5/11/1996



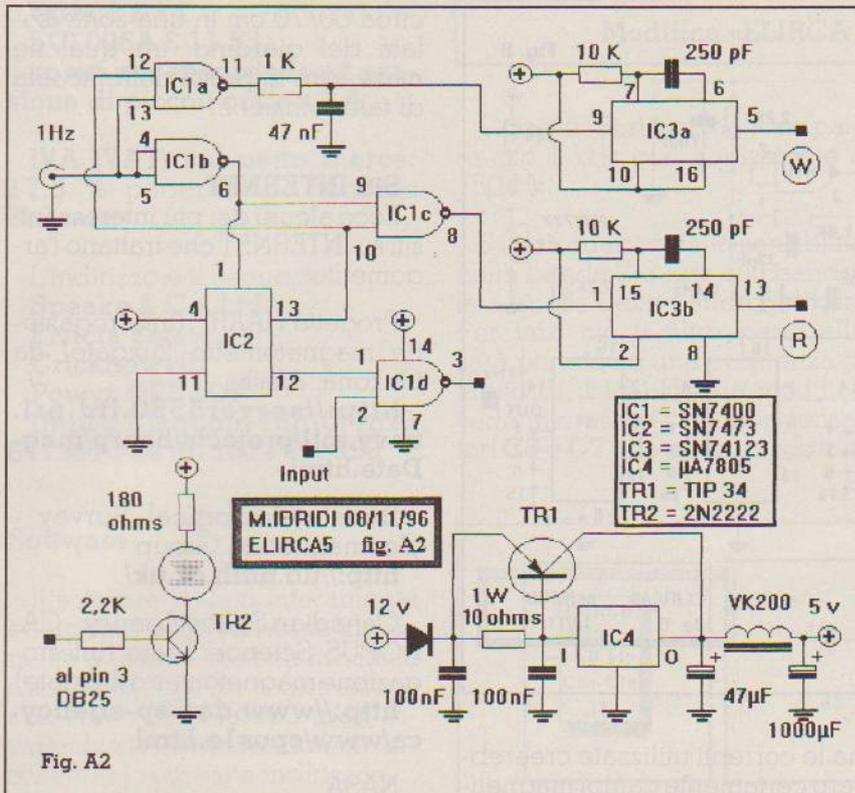


Fig. A2

caso di caduta di alimentazione. DAR acquisisce in continuazione attraverso la porta parallela, ma «consolida» il dato ogni 5 minuti primi, memorizzando data, ora, valore massimo, valore minimo, media dei 5 minuti, frequenza di calibrazione e flag di ripartenza da caduta di alimentazione. E' consigliabile utilizzare per la registrazione una unità a floppy disk, in modo che sia possibile il trasferimento «a caldo» dei dati consolidati, togliendo il floppy nel ciclo di lettura. Nel mio caso, utilizzando un PC portatile con due unità floppy da 720 kB, di cui una dedicata al sistema operativo ed al software DAR, raggiungo una autonomia di registrazione di 60 giorni. I dati così esportati sono subito utilizzabili dai più diffusi prodotti software per Windows, essendo in formato testo a campi delimitati da tabulatore; è comunque disponibile il software **DAP Data Print** per Windows che permette di stampare grafici settimanali.

Bisogna inoltre precisare che, poiché la caratteristica del sen-

sore fluxgate è la misura di una *variazione* del campo magnetico riferita ad un valore di «quiete», i dati processati da DAR variano da + 511 a -511 rispetto un punto centrale che rappresenta la *frequenza di calibrazione* del magnetometro. Più precisamen-

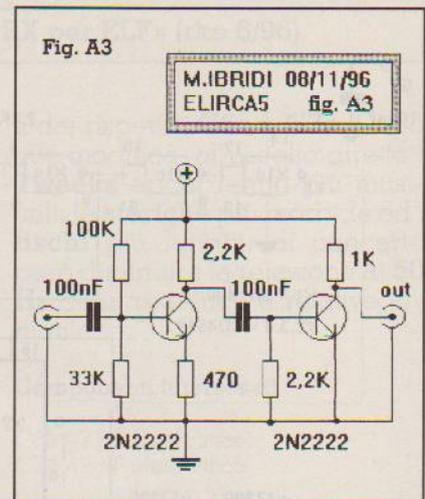


Fig. A3

te, fissando con DAR una frequenza di 70500 Hz quale valore 0 del sistema di riferimento, avremo una indicazione di + 511 per una frequenza di 69989 Hz e di -511 per una frequenza di 71011 Hz: occorre infatti ricordare che l'uscita del sensore FGM-3 è direttamente proporzionale al campo magnetico se misurata in periodi (microsecondi); se misurata in Hz sarà inversamente proporzionale. Il magnetometro così configurato e con una frequenza di calibrazione intorno ai 70 kHz, ha le seguenti caratteristiche:  
**risoluzione: ~ 2 nT (2 nT x Hz)**

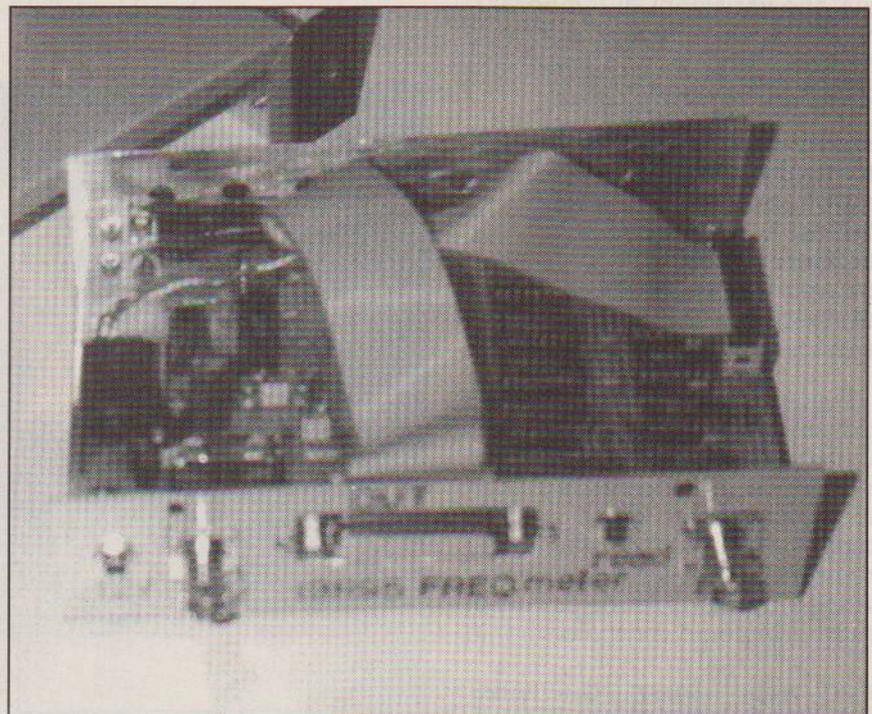
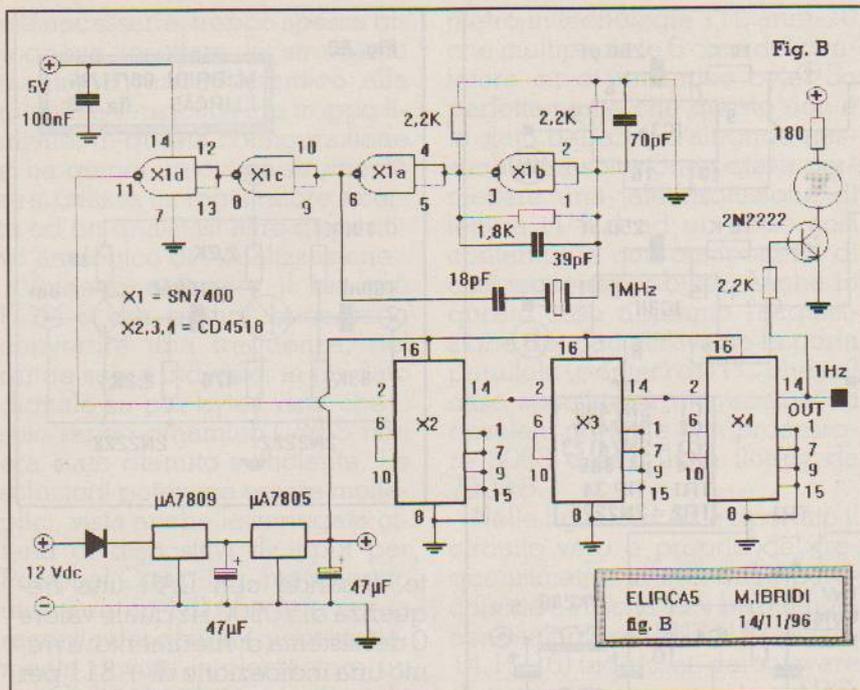


Foto 4 - Magnetometro fluxgate. Particolare: contatore Elirca5



**range dinamico:  $\pm 1024$  nT**  
**coefficiente di temperatura:**  
 $\sim 40/60$  nT /  $1^\circ$  C  
**temperature di lavoro: da  $0^\circ$  C a  $50^\circ$  C**

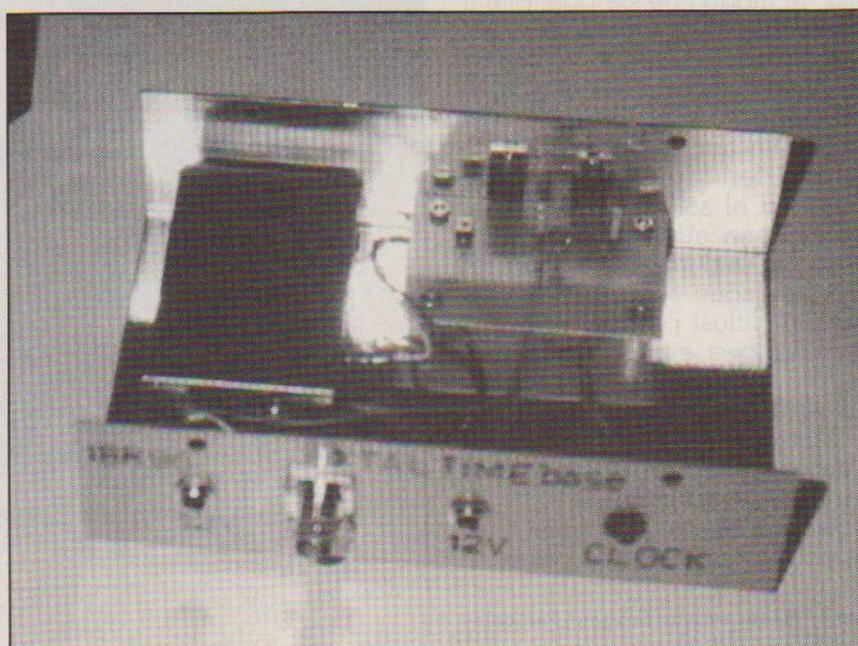
Come si vede la risoluzione è ottima, anche paragonata ad un magnetometro fluxgate professionale. Questo sensore unisce però all'ottima sensibilità una caratteristica negativa: alta sensibilità alle variazioni di temperatura. A titolo di esempio si riportano alcune «letture» effettuate con questo strumento:

**automobile in transito a  $\sim 25$  metri dal sensore:  $\sim 4$  nT**  
**autotreno carico di sfridi ferrosi a  $\sim 25$  metri dal sensore:  $\sim 200$  nT**  
**campo indotto da linea elettrica a  $\sim 3,5$  metri dal sensore:  $\sim 100$  nT**

È quindi evidente che si dovrà trovare per il sensore un luogo lontano da elementi perturbanti ma anche termicamente protetto. Naturalmente ciò è facile a dirsi ma altrettanto difficile da realizzare. Una seria compensazione termica vorrebbe circuiti di raffreddamento e riscaldamento

Foto 5 - Magnetometro Flux Gate. Particolare: Elirca 5. Oscillatore base dei tempi

ma le correnti utilizzate creerebbero certamente campi magnetici indesiderati; in una normale abitazione poi è quasi impossibile posizionare il sensore lontano dall'impianto elettrico domestico. La SCL ne consiglia il posizionamento in fondo al giardino o sopra il tetto ma anche queste soluzioni hanno i loro difetti, soprattutto per l'esposizione agli agenti atmosferici e quindi alle escursioni termiche. Io attualmente ho interrato il sensore a



circa 60/70 cm in una zona isolata del giardino: tra qualche mese avrò la prova dell'efficacia di tale soluzione.

### Siti INTERNET

Ecco alcuni dei più interessanti siti su INTERNET che trattano l'argomento:

Progetto HAARP (interrogazione magnetometro fluxgate) da Gakona, Alaska

<http://server5550.itd.nrl.navy.mil/projects/haarp/mag-Data.html>

British Geological Survey - Geomagnetism Group  
<http://ub.nmh.ac.uk/>

Canadian Space Agency - CANOPUS Science Team (interrogazione magnetometro fluxgate)  
<http://www.dan.sp-agency.ca/www/cpus1e.html>

NASA  
[http://nssdc.gsfc.nasa.gov/space/space\\_phisics\\_home.htm](http://nssdc.gsfc.nasa.gov/space/space_phisics_home.htm)

### Reperibilità del sensore FGM-3

La ditta SCL Speake & Co. Ltd. può spedire direttamente anche un numero molto limitato di sensori e di integrati custom. Ecco i prezzi in sterline aggiornati a giugno 1996:

**FGM-3 £ 14**  
**SCL006A £ 11,53**  
 spese per spedizione ed eva-  
 sione di piccoli ordini: £ 6

**IVA (VAT) sul netto merce:**  
**17,5 %** pagamento: Bonifico  
 Bancario

L'indirizzo è il seguente:  
**Speake & Co. Ltd.**  
**Elvicta Estate,**  
**Crickhowell,**  
**Powys NP8 1DF**  
**United Kingdom Tel. (0) 1873**  
**811281 Fax (0) 1873 810958**

### Software

Il software è stato interamente sviluppato dallo scrivente che lo mette a disposizione in modalità *shareware*, previa registrazione con l'invio di L.55.000 (*non inviate buste preaffrancate o dischetti*) al seguente indirizzo:

**Marco IBRIDI**  
 casella postale 15  
 41034 FINALE Emilia (Mo)

Il kit comprende il software **DAR** in ambiente MS-DOS, alcune utility per il trattamento dei dati registrati ed il software **DAP** per l'ambiente Windows.

### Bibliografia

Giovanni V.Palottino - Elettronica Flash, 11/1988 pag.49  
 Marino Miceli - Radio Rivista, 11/1996 pag. 42  
 Maurizio Bertolino - Radio Rivista, 12/1996 pag.51  
 Frank Brunbaugh - Electronics (CQ Elettronica), 04/1991 pag.26  
 Erich F.Kern - Lowdown, 06/1996 pag. 26  
 Application Notes SCL

## Modifica «ELIRCA 2, RX per ELF» (rke 6/96)

Oggetto: Sostituzione filtro passa-alto 1 kHz con equivalente a 150 Hz.

Si può aumentare la sensibilità nella banda 2-3 kHz allineandola a quella della banda 3-4 kHz. Per fare ciò il filtro passa-alto sarà portato ad una frequenza di taglio di  $\pm 150$  Hz. La modifica vede interessati i soli condensatori **C6** e **C7** che saranno sostituiti

da dai rispettivi **C6a** e **C7a**. Dopo tale modifica, all'ascolto diretto i **Tweaks** appariranno più musicali, le **sferiche** più morbide ed i **fischi** più lunghi; di concerto però diminuirà la reiezione ai **50 Hz** della rete-luce e relative armoniche.

### Componenti interessati

C6a 47  $\mu$ F elettrolitico  
 C7a 47  $\mu$ F elettrolitico

