



OSSERVATORIO VESUVIANO

Centro di Monitoraggio

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Marco Capello

**CALIBRAZIONE AUTOMATICA DI STAZIONI
SISMICHE DOTATE DI SENSORI
A CORTO PERIODO**



Open-File Report 3 - 2001

Osservatorio Vesuviano - INGV

Via Diocleziano 328, 80124 Napoli (Italy)

Tel: +39 0816108300 – Fax : +39 0816108351

INDICE

Abstract	pag.	3
1. Introduzione		3
2. Principio di funzionamento		4
3. Sviluppo del progetto		5
3.1. Cambio amplificazione		6
3.2. Invio dell'impulso alla bobina di calibrazione		7
4. Controllo dell'alimentazione		7
5. Conclusioni		9
Bibliografia		11

CALIBRAZIONE AUTOMATICA DI STAZIONI SISMICHE DOTATE DI SENSORI A CORTO PERIODO

ABSTRACT

E' descritto un semplice circuito elettronico che permette la calibrazione automatica dei sensori elettromagnetici dotati di bobina di calibrazione. Tale sistema, attivato con periodicità giornaliera, consente di effettuare un controllo continuo sullo stato di funzionamento della strumentazione remota (in particolare smorzamento e polarità). Con un'ulteriore implementazione il circuito consente, inoltre, la verifica dello stato di carica della batteria da 12V che alimenta l'intera catena strumentale; un abbassamento del 10% del livello di carica viene segnalato inibendo l'impulso di calibrazione. In questo modo è possibile intervenire tempestivamente a ripristinare il corretto funzionamento del sistema di alimentazione prima che la batteria esaurisca completamente la sua carica.

1. INTRODUZIONE

La Rete Sismica Permanente dell'Osservatorio Vesuviano – INGV è costituita prevalentemente da stazioni analogiche a componente verticale ed a tre componenti, equipaggiate con sensori a corto periodo (1 Hz) Mark L4-C e Geotech S13 (Buonocunto et al., 2001). La tipica catena strumentale di una stazione remota è così composta: sismometro, amplificatore a commutazione in potenze di 2 ($2^0 \div 2^{11}$), modulatore (VCO con frequenze portanti 430, 1050, 2200, 3200 e 4750 Hz), sistema di trasmissione (via radio nella banda UHF o linea telefonica), (Castellano et al., 2002).

La calibrazione dell'intera catena strumentale di una stazione sismica periferica è eseguita con periodicità semestrale durante interventi di manutenzione ordinaria (La Rocca, 2000), ed elaborata presso il Centro di Acquisizione (Del Pezzo e Martini, 1984; Del Pezzo, 2000). I principi teorici relativi alla calibrazione dei sismometri dotati di bobina di calibrazione sono ben noti e documentati in letteratura (es. Chapman et al., 1988; Wielandt, 2001). I moderni standard di qualità sui dati acquisiti dalla Rete Sismica Permanente dell'Osservatorio Vesuviano richiedono la verifica costante del corretto funzionamento della strumentazione. Tali esigenze hanno richiesto la progettazione e la realizzazione di un circuito elettronico, da integrarsi negli apparati di modulazione delle stazioni remote, in grado di eseguire una calibrazione rapida in modo automatico e con una frequenza programmabile. In breve, il principio si basa sull'invio, alla bobina di calibrazione del sensore, di un gradino di tensione tale da produrre una corrente circolante di valore noto.

Il progetto di partenza è stato più volte migliorato dando luogo ad una fase di sperimentazione dettagliata. L'intento, pienamente raggiunto, era quello di ottenere un circuito con i seguenti requisiti:

- Elevata affidabilità.
- Minimo numero di componenti che lo compongono.
- Minimi consumi e bassi costi di realizzazione.

2. PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

Le operazioni da eseguire per la calibrazione in automatico delle stazioni sono state riassunte e schematizzate in un diagramma (fig.1), nonché codificate in tre fasi operative.

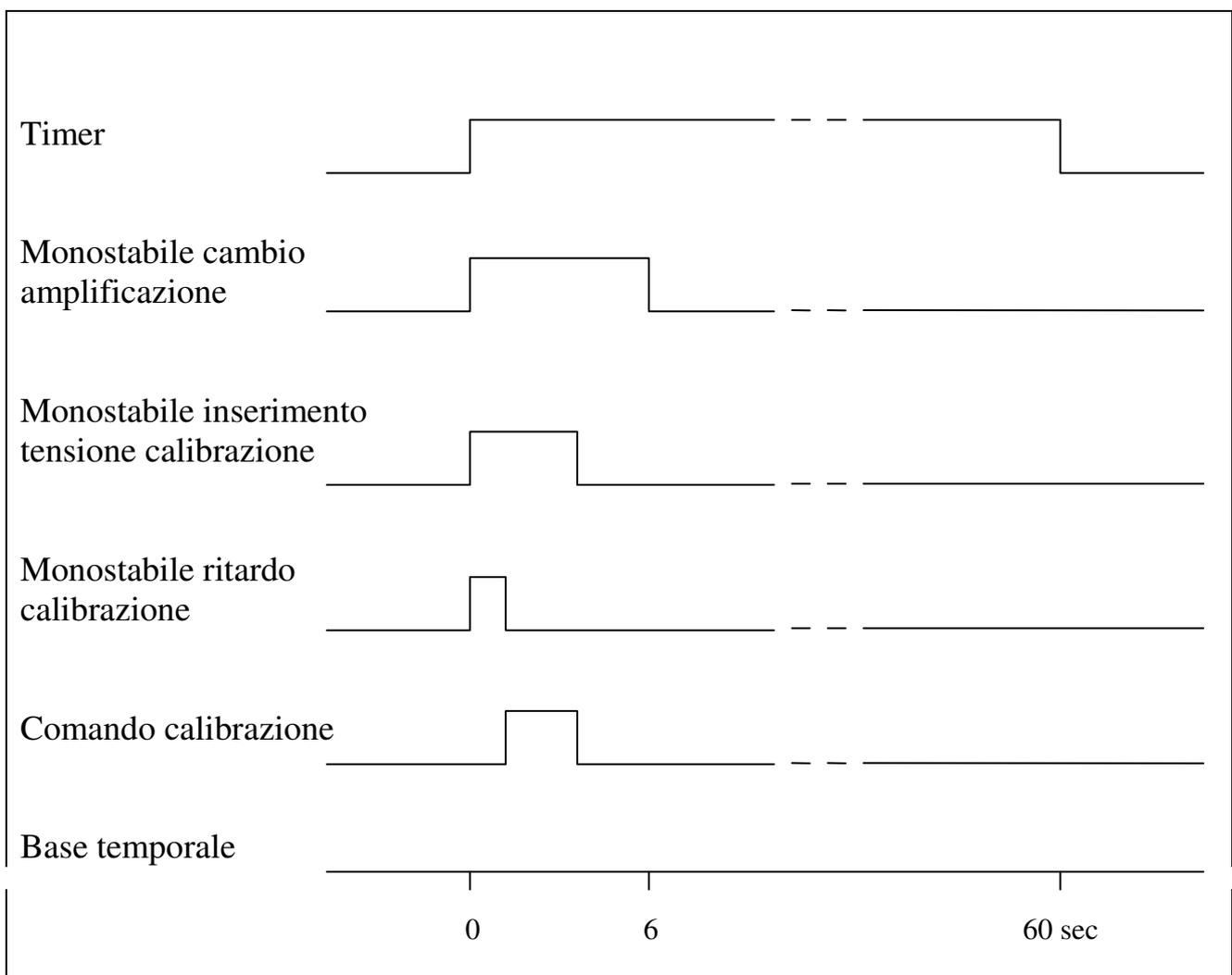


Figura 1. Sequenza delle operazioni effettuate dal circuito di calibrazione automatica.

1° fase: Modifica del guadagno dell'amplificatore sismico

L'amplificazione viene portata al valore unitario, necessario per evitare che il segnale saturi lo stadio e per ottimizzare il rapporto fra segnale di calibrazione e noise (rumore sismico).

2° fase: Inizio calibrazione

Invio dell' impulso di tensione alla bobina di calibrazione, simulando il moto del suolo. Ciò è fatto avendo cura di limitare la corrente circolante nella bobina in modo che non sia superiore a quella massima consentita, al fine di evitare errori di non linearità nel funzionamento del sensore o la rottura della bobina stessa (fig. 2). Su base sperimentale tale corrente risulta di 30 mA per i sismometri Mark L4-C e di 60 mA per i sismometri Geotech S13.

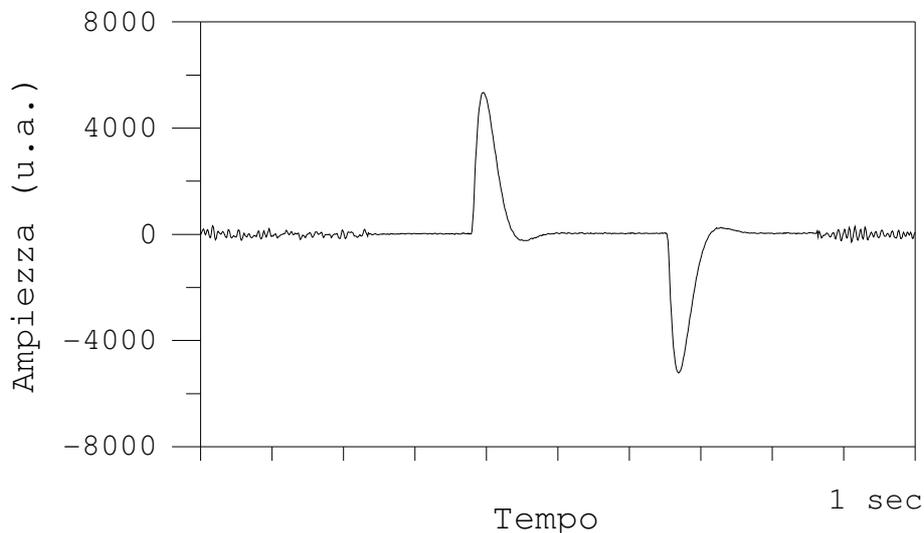


Figura 2. Esempio di impulso di calibrazione automatica giornaliera.

3° fase: Ripristino delle condizioni di esercizio

Ripristino del guadagno dell'amplificatore sismico al valore prefissato per il funzionamento ordinario della stazione.

Tali operazioni sono asservite ad un timer programmabile che determina l'inizio della sequenza indicata. Il timer è di tipo digitale, facilmente reperibile in commercio, alimentato a 220V AC e viene opportunamente modificato per funzionare a 12V DC. Esso è provvisto di una batteria interna di back-up che consente la conservazione delle impostazioni di temporizzazione in caso di mancanza di erogazione dell'energia, ma non consente il funzionamento del timer stesso.

3. SVILUPPO DEL PROGETTO

Le funzioni precedentemente descritte sono realizzate mediante l'implementazione elettronica di seguito descritta (figg. 3, 4 e 5). La componentistica necessaria, con le relative caratteristiche, è elencata in Tabella 1.

3.1. Cambio amplificazione

Il monostabile che provvede al cambio di guadagno dell'amplificatore sismico è realizzato con un transistor NPN funzionante come un interruttore a tempo. Nell'istante che viene alimentato, e per tutto il tempo determinato dalla serie costituita dal condensatore C1 e dal resistore R1 (fig. 3), permette al relay di rimanere attivo; trascorso il tempo previsto il relay ritornerà allo stato di riposo. La chiusura del relay alimenta un commutatore, uno per ogni amplificatore. Il commutatore è realizzato con un micro-relay (tab. 1). L'attivazione provvede a commutare per l'amplificatore sismico l'opportuna resistenza al fine di ottenere il guadagno unitario, scollegando la resistenza primaria che viene impiegata nel funzionamento ordinario.

Non essendo le schede di amplificazione predisposte all'inserimento del relay, è stato studiato il modo che rendesse le modifiche alle schede meno invasiva e più semplice possibile. In figura 6 è riportato il circuito stampato della scheda AMP-VCO 94 (Capello, 1996) con le modifiche necessarie ed il particolare ingrandito delle relative connessioni.

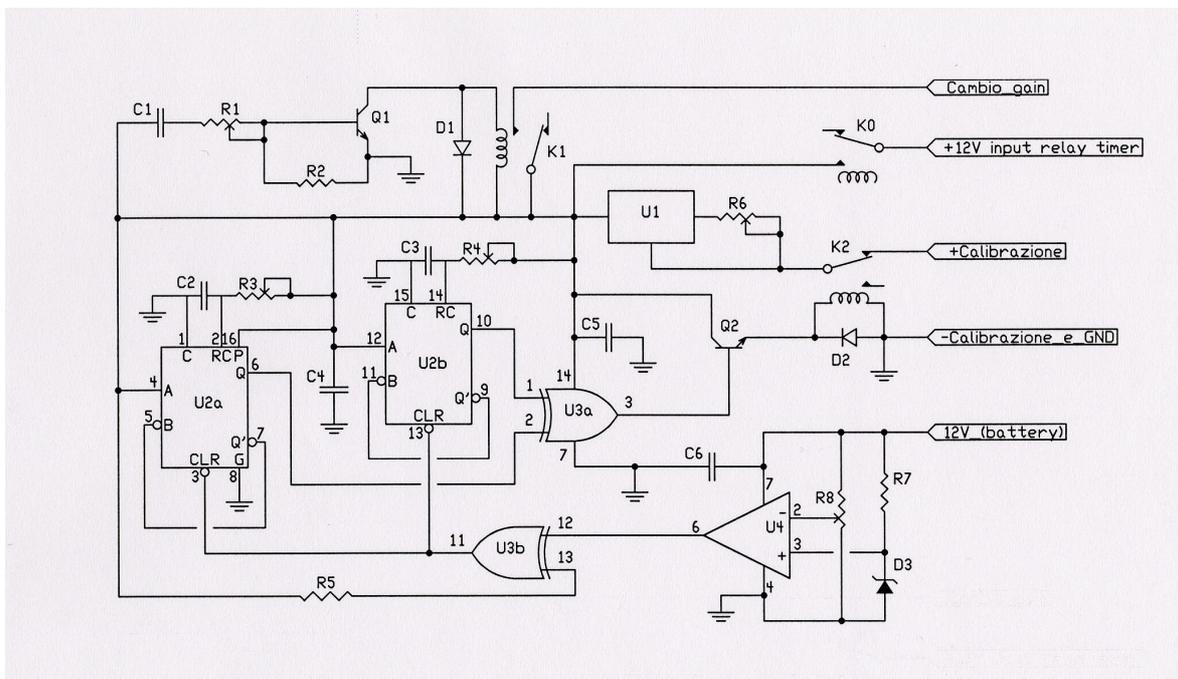


Figura 3. Schema elettrico della scheda per la calibrazione automatica.

3.2. Invio dell'impulso alla bobina di calibrazione

Il comando che consente l'alimentazione della bobina di calibrazione è dato dal risultato di una funzione EX-OR che ha in ingresso i segnali provenienti da due monostabili. Tale comando mette in movimento la massa oscillante della bobina simulando il movimento del suolo. Il segnale in uscita dall'EX-OR viene condizionato dal transistor Q2 che lo rende idoneo a pilotare il relay K2 (fig. 3). La regolazione della corrente circolante nella bobina di calibrazione è effettuata da un integrato 317T (regolatore di tensione positiva) che opera in configurazione di generatore di corrente costante. L'intensità della corrente è regolabile mediante il trimmer R6 (fig. 3).

I due monostabili sono realizzati con un circuito integrato 4528B, il quale è composto da due unità monostabili indipendenti. I tempi di commutazione dei monostabili sono determinati attraverso il dimensionamento dei componenti passivi esterni (C2, R3 e C3, R4; fig. 3). I monostabili sono pilotati dall'alimentazione dello stesso circuito: quello con tempo caratteristico minore, di circa 1 secondo, provvede a ritardare la calibrazione consentendo che il circuito di amplificazione impostato al nuovo guadagno (unitario) si stabilizzi. Il secondo monostabile, con un tempo di circa 4.0 secondi, ha nel suo fronte di discesa (transizione H-L) il comando di interruzione del segnale alla bobina (fig. 1).

4. CONTROLLO DELL'ALIMENTAZIONE

L'impulso per la calibrazione giornaliera viene impiegato anche per un controllo dello stato di alimentazione della stazione. Il circuito per la calibrazione automatica è stato implementato con un comparatore di tensione (U4; fig. 3) il quale controlla la tensione della batteria che alimenta la stazione sismica ed inibisce l'impulso di calibrazione quando la tensione scende al di sotto di un valore programmato di 12.2V, qualsiasi ne sia la causa (assenza prolungata dell'alimentazione di rete, attivazione dei sistemi di protezione elettrica, avaria del caricabatteria).

Questo sistema consente un'utile funzione di controllo remoto dell'alimentazione. Infatti, in assenza dell'impulso di calibrazione giornaliera è possibile programmare tempestivamente un intervento di manutenzione straordinaria alla stazione e ripristinare il corretto funzionamento dell'alimentazione prima che la batteria esaurisca la carica di riserva (3 – 4 giorni). In questo modo si possono evitare, o comunque ridurre al minimo, perdite di segnali dovute all'interruzione dell'alimentazione.

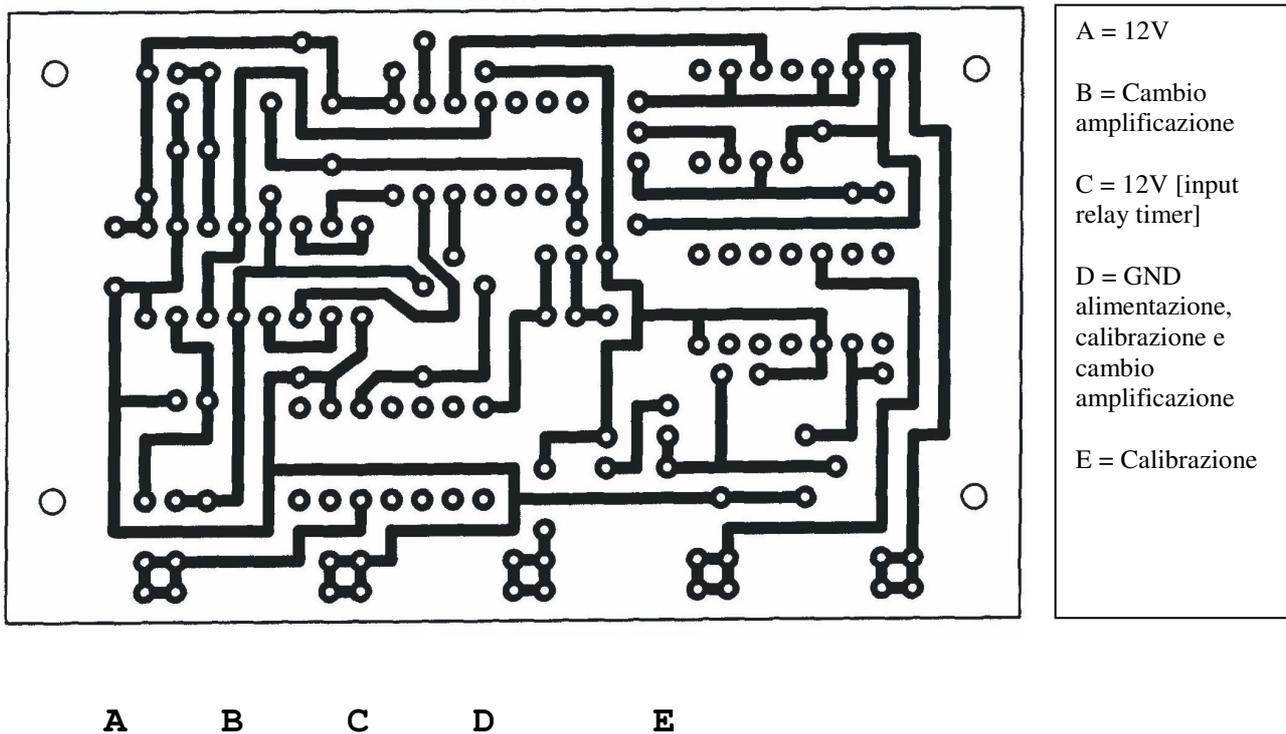


Figura 4. Circuito stampato. Vista lato componenti.

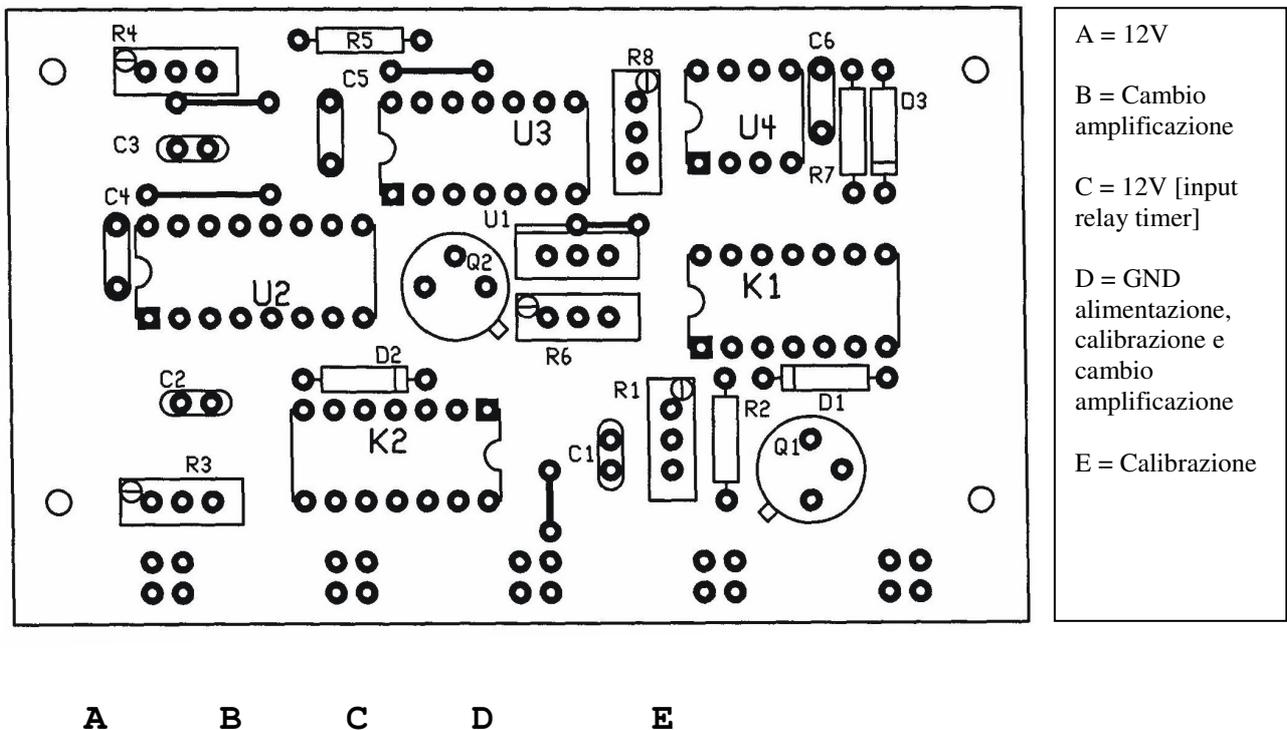


Figura 5. Montaggio componenti. Vista lato componenti.

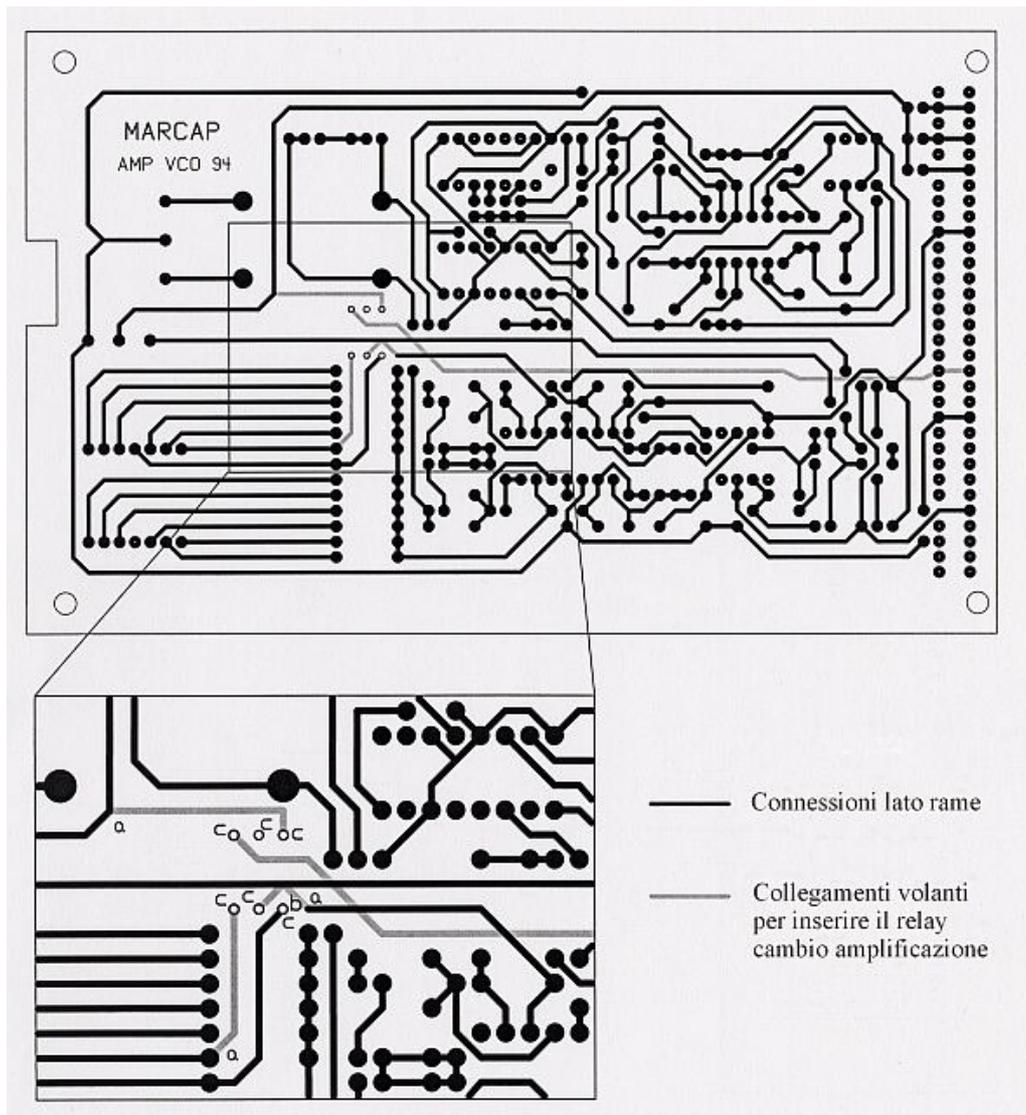


Figura 6. Circuito stampato della scheda AMP-VCO 94 (Capello, 1996). Nel riquadro è riportato l'ingrandimento con le connessioni necessarie. a): punto di saldatura; b): interruzione del collegamento sul circuito stampato; c): fori per l'innesto del relay sul circuito stampato.

5. CONCLUSIONI

In questo rapporto viene brevemente descritto un circuito in grado di effettuare automaticamente una calibrazione rapida delle stazioni sismiche analogiche dotate di sismometri con bobina di calibrazione. Tale calibrazione, realizzata con periodicità giornaliera, consente di verificare continuamente il corretto funzionamento della strumentazione con particolare riguardo allo smorzamento ed alla polarità. Un'implementazione del circuito effettua, inoltre, una verifica dello stato di carica della batteria a tampone che alimenta tutti gli apparati della stazione. Un calo di

tensione viene segnalato inibendo l'impulso di calibrazione giornaliero, consentendo rapidi interventi di manutenzione straordinaria. ■

C1	200 μ F, Condensatore Elettrolitico, 16V
C2	200 μ F, Condensatore Elettrolitico, 16V
C3	100 μ F, Condensatore Elettrolitico, 16V
C4	0.1 μ F, Condensatore Ceramico Multistrato
C5	0.1 μ F, Condensatore Ceramico Multistrato
C6	0.1 μ F, Condensatore Ceramico Multistrato
D1	1N4148 ,Diodo rettificatore, Contenitore DO35
D2	1N4148, Diodo rettificatore, Contenitore DO35
D3	BZX79C6V8, Diodo Zener, 0.5W, Contenitore DO35
K1	Relay serie SPCO, 12V 1 scambio, miniaturizzato per circuito stampato
K2	Relay serie SPCO, 12V 1 scambio, miniaturizzato per circuito stampato
K3	Relay serie TK, 12V 1 scambio, miniaturizzato per circuito stampato
Q1	2N2222A, Transistor NPN, Contenitore TO39
Q2	2N2222A, Transistor NPN, Contenitore TO39
R1	10k Ω , Trimmer Cermet 20 giri, Regolazione verticale
R2	10k Ω , Resistenza a pellicola metallica, 0.25W, \pm 1%
R3	50k Ω , Trimmer Cermet 20 giri, Regolazione verticale
R4	20k Ω , Trimmer Cermet 20 giri, Regolazione verticale
R5	10k Ω , Resistenza a pellicola metallica, 0.25W, \pm 1%
R6	500 Ω , Trimmer Cermet 20 giri, Regolazione verticale
R7	464 Ω , Resistenza a pellicola metallica 0.25W, \pm 1%
R8	100k Ω , Trimmer Cermet 20 giri, Regolazione verticale
U1	LM317T, Regolatore di tensione positiva, Contenitore TO220
U2	CD4528BCP, Multivibratore Monostabile, Contenitore DIP16
U3	CD4070BCP, Quadruplo EXOR 2 ingressi, Contenitore DIP14
U4	UA741CN, Amplificatore operativo singolo, Contenitore DIP8

Tabella 1. Elenco componenti.

BIBLIOGRAFIA

- Buonocunto C., M. Capello, M. Castellano e M. La Rocca (2001). La Rete Sismica Permanente dell'Osservatorio Vesuviano. *Osservatorio Vesuviano Open-File Report*, 1-2001, 55 pp.
- Capello M. (1996). Progetto di stazione sismica analogica a tre componenti: manuale operativo, schede, componentistica, *Osservatorio Vesuviano Rapporto Interno*, 26 pp.
- Castellano M., C. Buonocunto, M. Capello e M. La Rocca (2002). Seismic Surveillance of Active Volcanoes: The Osservatorio Vesuviano Seismic Network (OVSN – Southern Italy), *Seismol. Res. Letters*, 73, 2, 168-175.
- Chapman M.C., J.A. Snoke e G.A. Bollinger (1988). A procedure for calibrating short-period telemetered seismograph systems. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 78 (6), 2077-2088.
- Del Pezzo E. e M. Martini (1984). Sismometri a corto periodo e loro calibrazione. *Osservatorio Vesuviano Rapporto Tecnico*, 15 pp.
- Del Pezzo E. (2000). Manuale tecnico per la calibrazione delle stazioni sismiche dotate di bobina di calibrazione. *Osservatorio Vesuviano Rapporto Interno*, 34 pp.
- La Rocca M. (2000). Circuito per la calibrazione dei sismometri. *Osservatorio Vesuviano Open-File Report*, 8-2001, 8 pp.
- Wielandt E. (2001). Seismic sensor and their calibration. In P. Borman and E. Bergmann (Eds), *New Manual of Seismological Observatory Practice*, Global Seismological Service, <http://www.seismo.com/>.

MARCO CAPELLO
Osservatorio Vesuviano – INGV
Centro di Monitoraggio
Via Diocleziano 328
80124 Napoli (Italy)
capello@ov.ingv.it