

ELETTRONICA FLASH

mensile di progetti, radio, computer & news dal mondo dell'elettronica



Allen Goodman editore - 40129 Bologna - via dell'Arcoveggio 118-2 - Sped. in A.P. - 45% - art. 1 - comma 1 DCB Roma - D.L. 353/03 (conv. in L. 27/02/2004 n.46) - Filiale di Bologna - ISSN 1124-8932



**Automatismi
porte e finestre**
per radiatori elettrici e ventilconvettori

**I generatori
di rumore a gas**
Strumenti che scompaiono

**Termometro digitale
a doppia lettura**

**Un Marconi
in soffitta**

La scoperta casuale
di un raro apparecchio
della Marconi





TERM DIGIT

TERMOMETRO DIGITALE A DOPPIA LETTURA

Valter Narcisi, San Benedetto del Tronto

L'articolo descrive come realizzare un ottimo termometro digitale con lettura in gradi Celsius (Centigradi) e Kelvin

L'idea di realizzare questo termometro nasce dal fatto di possedere uno strumento portatile, preciso, veloce, robusto e adatto a molteplici scopi, come ad esempio misurare la febbre, conoscere la temperatura dell'acqua di una vasca o di un acquario, sapere a quanti gradi è arrivato uno stadio finale di un amplificatore, misurare la temperatura ambiente, ecc. In più, abbinata a queste caratteristiche la possibilità di leggere la temperatura sia in gradi Celsius che in gradi Kelvin e otterrete uno strumento che vale veramente la pena costruire. Il termometro funziona con una normale pila da 9 volt e fa uso di una sonda della **Analog Devices** appositamente costruita per la misura di temperature da -55°C a $+150^{\circ}\text{C}$.

La Sonda AD590

L'AD 590 è un trasduttore di temperatura attivo a due terminali: + e - (nei contenitori TO-52 il terzo terminale è elettricamente collegato al case). Il sensore viene venduto in 4 differenti tipi (con prefisso **J**, **K**, **L** e **M**) che si differenziano tra loro per il grado di precisione e linearità.

Il tipo "AD590J" è il più economico mentre il tipo "AD590M" è il più costoso.

Inoltre è possibile scegliere il sensore in contenitore TO-52 con prefisso "H" (simile ad un contenitore per transistor tipo 2N2222) oppure in contenitore Flatpack, con prefisso "F", più adatto per misure su superfici piane data la sua forma.

L'AD590 eroga una corrente proporzionale alla temperatura assoluta (PTAT): questa corrente ammonta a 1 µA per °K. In particolare, a 25 °C la sonda eroga 298,15 µA (corrispondenti a 298,15 °K). Le formule per convertire i Gradi Kelvin in Gradi Celsius e viceversa sono le seguenti:

$$^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273,15$$

$$^{\circ}\text{C} = ^{\circ}\text{K} - 273,15$$

Essendo dunque un generatore di corrente ad alta impedenza possiamo utilizzare il sensore come sonda remota in quanto insensibile ai disturbi (l'autore ha utilizzato per la sonda circa 1 metro di cavo schermato ma è possibile utilizzare anche un cavo più lungo).

La precisione di questi sensori viene garantita dalla Analog Devices grazie ad un particolare processo di costruzione che avviene tramite laser.

Questi sensori, come già accennato, possono rilevare temperature da un minimo di -55°C (218,15°K) a +150°C (423,15°K) e funzionano con tensioni che vanno da un minimo di 4 ad un massimo di 30 V ma grazie al particolare circuito interno, sono protette per tensioni fino a 44 V ed inversioni di polarità fino a 20 V.

Dopo questa premessa, passiamo alla descrizione del circuito.

Lo Schema Elettrico

In figura 1 è riportato lo schema elettrico del termometro a doppia lettura. Applicando in serie al sensore (alimentato a 5V) una resistenza R1 da 1000 ohm (con precisione 0,5 %), è possibile rilevare la temperatura in °K semplicemente leggendo la tensione ai capi della resistenza stessa.

A 0 °C la sonda eroga 273,15µA; facendo dunque scorrere questa corrente su R1 avremo:

$$V = R \times I = 1000 \times 0,00027315 = 273,15 \text{ mV @ } 0^{\circ}\text{C}.$$

Questa tensione, tramite R2, viene applicata sull'ingresso High di U2, un CA3162 della Intersil. Questo chip svolge la funzione di convertitore A/D ed accetta in ingresso tensio-

foto 1

Solid State Temperature Sensor AD590 Series
Linear 1 Microamp per Kelvin Output
\$5 each

- Linear Current Output
- Broad Range -55 to 150°C
- No Linearization Circuitry Required
- Versatile and Economical
- Fast Response

AD590

Two Styles Available:
Low-Cost Metal TO-52 Case
Miniature Ceramic Flat Pack

Two Accuracies Available:
J for Low Cost
K for Increased Accuracy

AD590 Applications

- Ideal for Fast Response Surface Measurements
- Sensors for Controllers and Meters
- Use in Custom-Made Probes
- Use on PC Boards for Accurate Measurements

The AD590 is a solid temperature transducer that converts a temperature measurement into a proportional current output. The advanced technology in the AD590 is especially suited for absolute temperature measurement -55 and 150°C when solid state accuracy, high speed accuracy are required. The AD590 can be used in impedance matching circuits in addition to being used for comparison and temperature control applications. The size and response of the AD590 make it perfect for use where the PCB board is heat sensitive.

Additional features and ratings:
Absolute Temperature Rating: No temperature compensation or zero point compensation is required (Fig. 1). To convert reading to °C, subtract 273.15.

Specifications:
Accuracy Maximum Ratings
Forward Voltage (E+ to E-) -44 V
Reverse Voltage (E- to E+) -20 V
Resistance Range (E+ to E-) 4000 V
Load Temperature: 100°C

Power Supply
Voltage Range: -44 to +30 Vdc
Output Current (I_{OUT}) at 25°C (298.15°K): 298.2 µA
Nominal Temperature Coefficient: 1 µA/K
Maximum Error: ±0.5°C
Absolute Error: ±0.1°C

Compatible Product
CD4046 TEMP 32 Channel Plug-In Board for IBM PCs
\$349

IN STOCK FOR FAST DELIVERY!

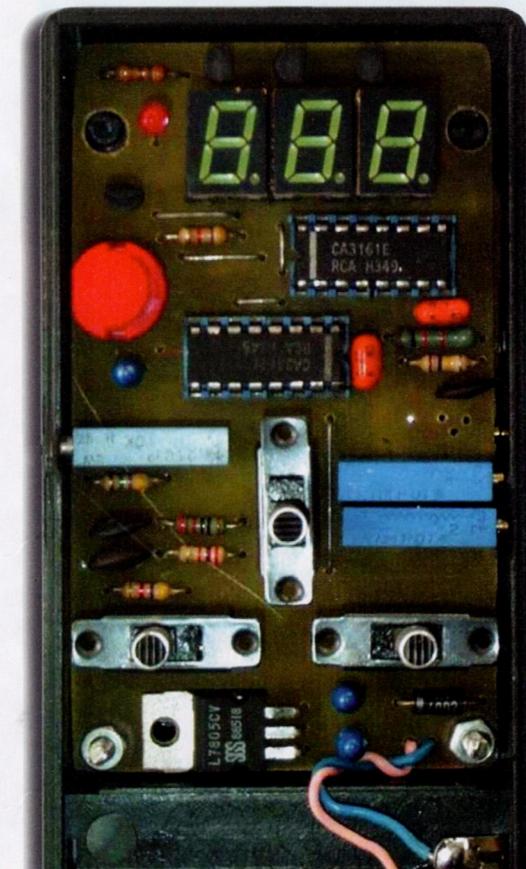
Model Number	Flat Pack	TO-52 Case	Linearity
AD590J	\$11.15	\$5.00	±1.0°C
AD590K	\$17.85	\$10.30	±0.5°C

D-18

ni da -99 mV a +999 mV. All'interno del CA3162 è presente anche uno stadio multiplexer per il pilotaggio di 3 display (vedi pin 3, 4 e 5 di U2).

Dunque, la tensione convertita in cifra digitale è disponibile sui pin 1, 2, 15 e 16 di U2 sui quali vengono applicati gli ingressi di un altro integrato, il CA3161 (vedi pin 1, 2, 6 e 7 di U3) utilizzato come decodificatore da BCD a 7 segmenti. I segmenti dei display vengono pilotati direttamente dalle uscite da "A" a "G" di U3.

L'integrato CD4066 (U4) svolge una importante ed utile funzione: all'accensione del dispositivo, gli interruttori bidirezionali U4A, U4B e U4C sono chiusi in modo da permettere un corretto pilotaggio di base dei transistor di multiplexer Q1, Q2 e Q3. Contemporaneamente inizia la carica di C7 attraverso la R8 e dopo circa 30-50 secondi (la tolleranza degli elettrolitici può arrivare anche al 40% ed oltre) l'interruttore bidirezionale U4D viene aperto ed i transistor non ricevono più la corrente di base con conseguente spegnimento del display. Per ritornare alla visualizzazione è indispensabile premere il pulsante S4 alla pressione del quale i display verranno riaccesi e darà il via ad un nuovo



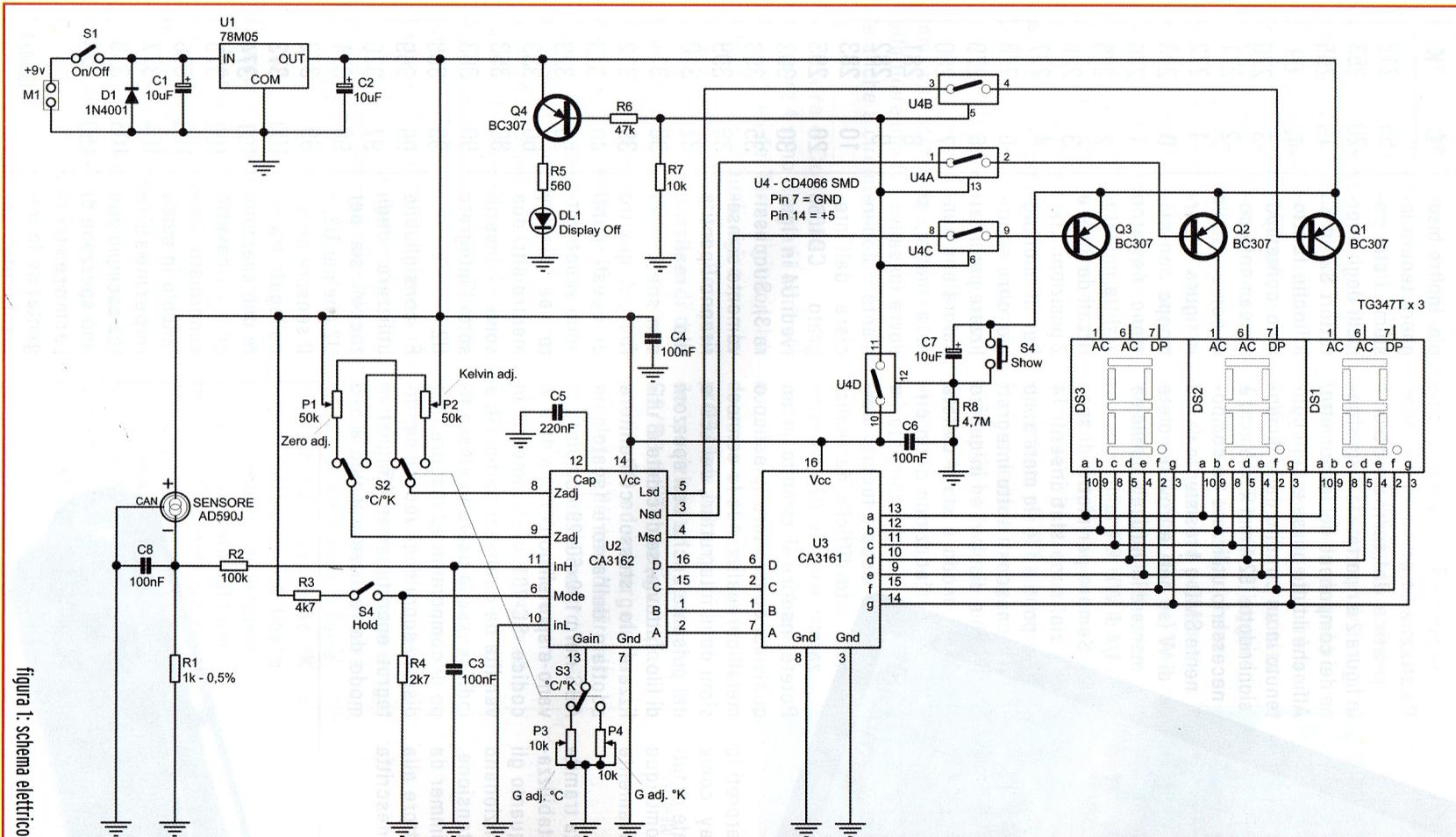


figura 1: schema elettrico del termometro a doppia lettura

- DISTINTA COMPONENTI**
- R1 = 1kΩ - 0,5 %
 - R2 = 100 kΩ
 - R3 = 4,7kΩ - 1/8 W
 - R4 = 2,7kΩ - 1/8 W
 - R5 = 560Ω
 - R6 = 47kΩ
 - R7 = 10 kΩ - 1/8 W
 - R8 = 4,7 MΩ - 1/8 W
 - C1 = 10 µF
 - C2 = 10 µF
 - C3 = 100 nF
 - C4 = 100 nF
 - C5 = 220 nF
 - C6 = 100 nF
 - C7 = 10 µF
 - C8 = 100 nF
 - P1-P2 = Trimmer multigiri 50kΩ
 - P3-P4 = Trimmer 10kΩ
 - DS1-DS3 = Display TG347T o DS1013AC
 - Q1-Q4 = BC307
 - DL1 = LED 3 mm rosso
 - D1 = 1N4001
 - U1 = 78M05
 - U2 = CA3162
 - U3 = CA3161
 - U4 = CD4066 SMD
 - SENSORE = AD590
 - S1 + S3 = Deviatore a slitta per CS
 - M1 = Contatto per pila 9V

foto 2



ciclo di carica del condensatore C7. Il LED DL1 si accende solo quando i display sono spenti: questa indicazione è utile affinché non si interpreti lo spegnimento dei display come uno spegnimento generale di tutto il termometro che comunque avviene solo ed esclusivamente tramite l'interruttore S1. L'alimentazione è ottenuta tramite una pila da 9 V ed uno stabilizzatore da 5 V (vedi U1) in quanto gli integrati della Intersil funzionano solo con quest'ultima tensione. Per quanto riguarda i trimmer da P1 a P4, si rimanda il lettore alla procedura di taratura descritta più avanti.

Realizzazione pratica del termometro

In figura 2 è riportata la disposizione dei componenti del termometro. Affinché il tutto possa essere contenuto in un circuito dalle dimensioni ridotte (92,4 mm x 53,5 mm) è necessario utilizzare un componente SMD e 4 resistenze da 1/8 di W (se non le trovate potete montare in verticale quelle da 1/4 di W).

Sempre per motivi di spazio, sono stati inseriti 14 ponti a filo (la metà sono nascosti sotto integrati e display) ed in questo modo è stata evitata l'adozione di un circuito stampato a doppia faccia, molto difficile da realizzare.

Potete inserire il circuito in un qualsiasi contenitore (plastico o metallico) realizzando le connessioni degli interruttori, del LED e del pulsante anche con spezzoni di filo. Tuttavia, se decidete di utilizzare lo stesso contenitore adottato dall'autore (scatola in ABS nero 130x60x29 completa di vano e sportellino per pila da 9 V, codice SC-701 praticamente in vendita da qualsiasi parte...!), è indispensabile usare lo stesso tipo di componenti ed inserire i tre display sopra degli zoccoli per integrati opportunamente tagliati in modo da realizzare il tipo a 5+5

pin. Inoltre bisognerà tenere insieme i due pomelli degli interruttori S2 ed S3 affinché funzionino contemporaneamente così come visibile in figura 4 (purtroppo non esistono deviatori a slitta miniaturizzati da 3 vie e 2 posizioni...!). Per il montaggio, oltre ad utilizzare per il saldatore una punta a matita, si dovrà tassativamente cominciare dall'integrato CD4066 (vedi U4 in figura 3). Successivamente si inseriranno i ponti a filo realizzati con spezzoni di reofori: quattro di questi ponti sono situati sotto ai display mentre altri due sono inseriti sotto l'integrato U2. È consigliabile utilizzare degli zoccoli sia per U2 che per U3. Il sensore andrà collegato tramite uno spezzone di cavetto schermato isolandolo in modo impermeabile (ad esempio con uno spezzone di termorestringente) se lo impiegherete per

°C	°K
-55	218
-20	253
-18	255
-42	69
-3	270
-2	271
-1	272
0	273
1	274
2	275
3	276
4	277
5	278
6	279
7	280
8	281
9	282
10	283
20	293
30	303
35	308
36	309
37	310
38	311
39	312
40	313
50	323
60	333
80	353
90	363
95	368
96	369
97	370
98	371
99	372
100	373
101	374
102	375
103	376
104	377
105	378
150	423

tabella 1



foto 3

rilevare temperature di liquidi. L'autore ha inserito la sonda direttamente in un tubicino plastico precedentemente riempito di silicone così come visibile nella foto 3.

L'assorbimento massimo del circuito è circa **150-160mA** mentre quello a riposo (a display spenti) non raggiunge i **30mA**.

Il circuito stampato (che trovate come sempre in fondo alle pagine della rivista) va realizzato con una buona tecnica, ma per i più pazienti è possibile utilizzare anche un pezzo di millefori.

Avendo utilizzato per P1 e P2 dei trimmer multigiri a montaggio orizzontale sarà opportuno praticare due piccoli forellini ($\varnothing = 2,5$ mm) sul contenitore onde poter effettuare una taratura più agevole anche a circuito montato.

Taratura e Collaudo

In figura 4 sono riportati i controlli principali del Termodigit nonché i trimmer sui quali agire per le operazioni di taratura. Per quest'ultima avremo bisogno di due temperature di riferimento: una bassa (per esempio quella a 0°C del ghiaccio o quella a -18°C presente nei congelatori) per la taratura del cosiddetto "Zero" ed una alta (ad esempio quella dall'ebollizione dell'acqua che, al livello del mare, equivale a 100°C) per la taratura del Fondo Scala.

La procedura di taratura può essere effettuata in due modi diversi: per confronto (metodo ottimale e consigliato) o per misura.

Taratura per Confronto

Mettete dei cubetti di ghiaccio in un bicchiere unitamente alla sonda di un termometro di riferimento. Accendete e posizionate il deviatore **S2/S3** del Termodigit in posizione $^{\circ}\text{C}$ ed inserite la sonda nello stesso bicchiere a diretto contatto con quella del termometro di riferimento (se necessario usate un elastico). Dopo circa

cinque minuti o comunque appena il ghiaccio comincia a sciogliersi, leggete la temperatura sul termometro di riferimento il quale dovrebbe segnalare un valore intorno a 0°C . A questo punto ruotate il trimmer **P1** fino a leggere sul display lo stesso valore. Successivamente posizionate il deviatore **S2/S3** del Termodigit in posizione $^{\circ}\text{K}$ e ruotate il trimmer **P2** fino a leggere sul display la somma del valore letto sul termometro di riferimento più 273 (se necessario aiutatevi con la tabella di figura 5 nella quale sono riportate le equivalenze $^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{K}$ di alcuni valori di temperatura).

Da questo momento in poi, i trimmer **P1** e **P2** **non dovranno più essere ritoccati**. I trimmer **P3** e **P4** servono per la regolazione del fondo scala e per la loro taratura procedere nel seguente modo: posizionate il deviatore **S2/S3** del Termodigit in posizione $^{\circ}\text{C}$ ed immergete le sonde (sia del termometro di riferimento sia del nostro Termodigit) in un bicchiere riempito con dell'acqua portata ad ebollizione. Il termometro di riferimento dovrebbe segnalare una temperatura di poco inferiore a 100°C . Ruotate il trimmer **P3** fino ad ottenere sul display la stessa misura quindi, posizionando il deviatore **S2/S3** in posizione $^{\circ}\text{K}$ tarare il trimmer **P4** fino a leggere sul display la somma del valore rilevato dal termometro di riferimento più 273. Per una taratura ottimale del dispositivo consiglio di ripetere almeno una volta l'intera procedura per essere sicuri di aver effettuato tutto nel migliore dei modi.

figura 2:
Disposizione componenti del termometro

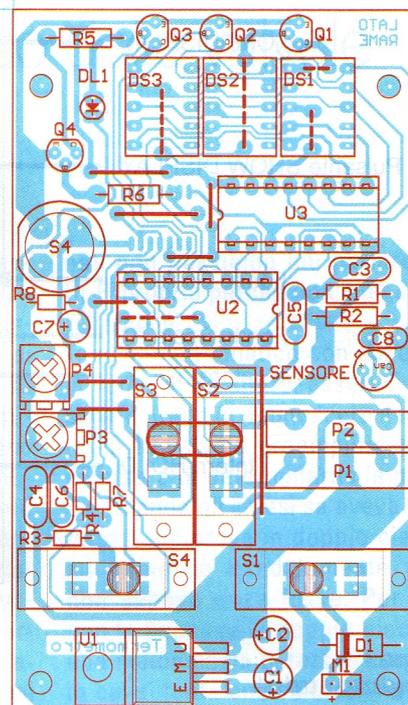
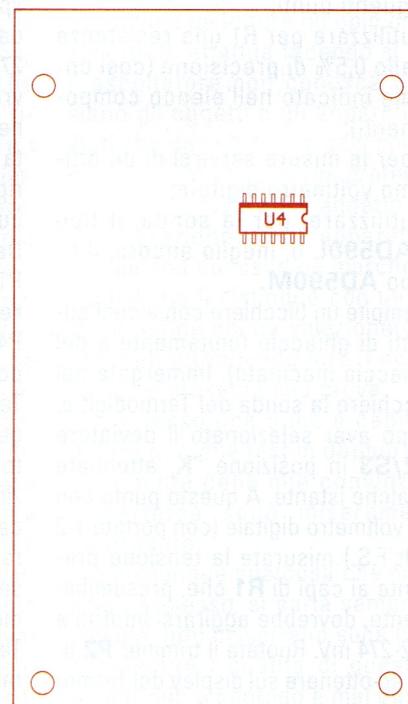


figura 3:
Integrato CD4066 SMD montato dal lato rame



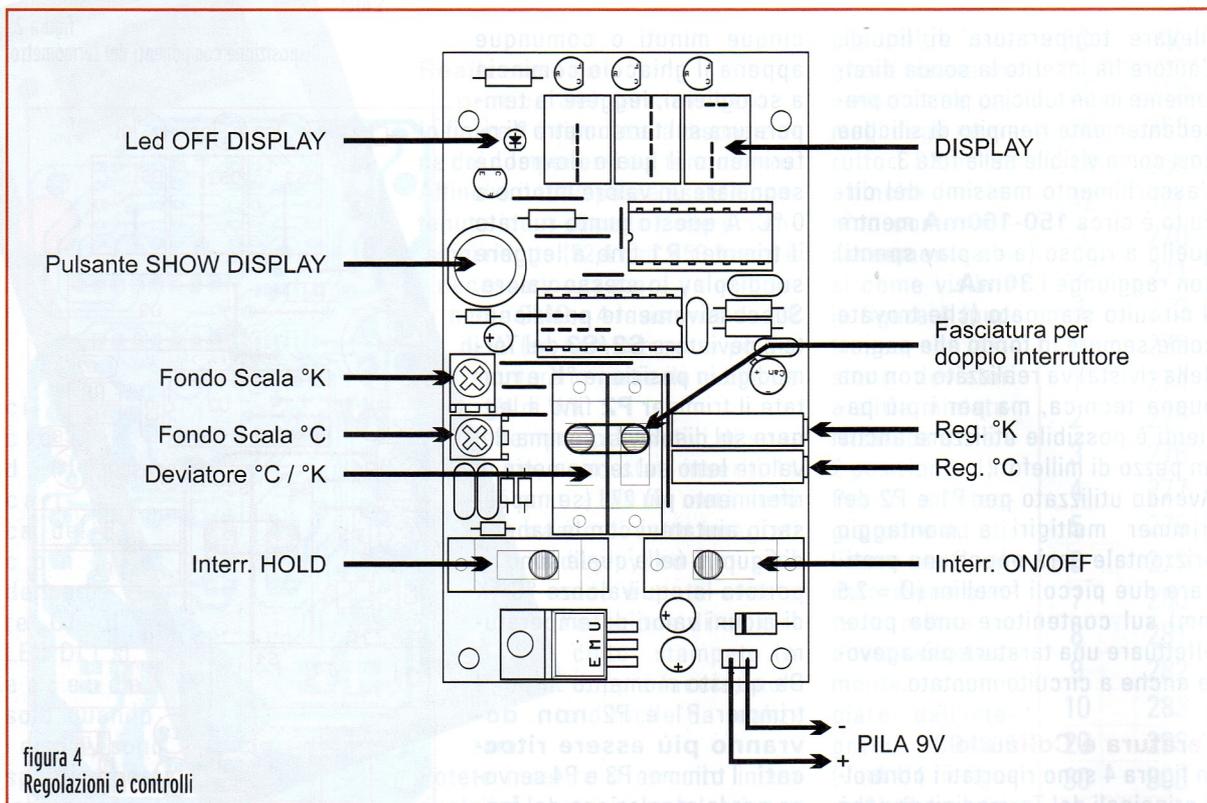


figura 4
Regolazioni e controlli

Taratura per Misura

Questa procedura di taratura è efficace solo se vengono rispettati i seguenti punti:

- utilizzare per R1 una resistenza allo 0,5% di precisione (così come indicato nell'elenco componenti);
- per le misure servirsi di un ottimo voltmetro digitale;
- utilizzare, per la sonda, il tipo **AD590L** o, meglio ancora, il tipo **AD590M**.

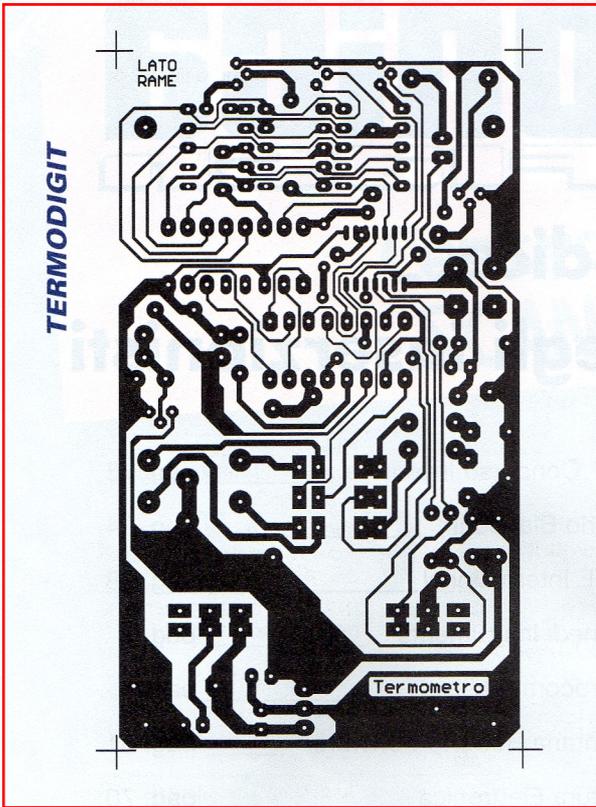
Riempite un bicchiere con alcuni cubetti di ghiaccio (unitamente a del ghiaccio macinato). Immergete nel bicchiere la sonda del Termodigit e, dopo aver selezionato il deviatore **S2/S3** in posizione **°K**, attendete qualche istante. A questo punto con un voltmetro digitale (con portata 1-2 volt F.S.) misurate la tensione presente ai capi di **R1** che, presumibilmente, dovrebbe aggirarsi intorno a 272-274 mV. Ruotate il trimmer **P2** fino ad ottenere sul display del Termodigit la stessa lettura rilevata dal volt-

metro. Posizionate quindi il deviatore **S2/S3** in posizione **°C** e ruotate il trimmer **P1** fino ad ottenere sul display del Termodigit un valore dato da quello rilevato dal voltmetro meno 273, valore che presumibilmente dovrebbe aggirarsi intorno a 0 °C (se necessario fate riferimento alla solita tabella di figura 5 nella quale sono riportate le equivalenze °C/°K di alcuni valori di temperatura). Da questo momento in poi, i trimmer **P1** e **P2** **non dovranno più essere ritoccati**. Per la taratura di **P3** e **P4** procedere nel seguente modo:

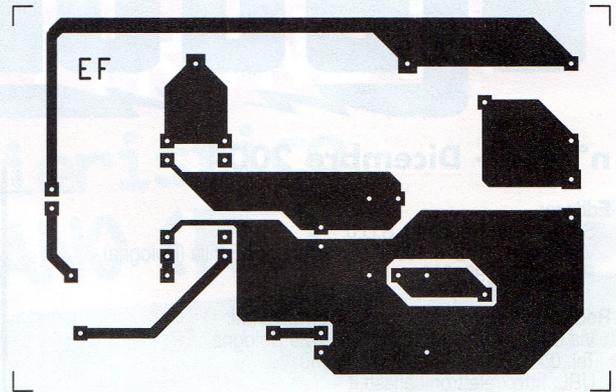
posizionate il deviatore **S2/S3** del Termodigit in posizione **°K** ed immergete la sonda in un bicchiere riempito con dell'acqua portata ad ebollizione (o comunque un liquido molto caldo). Dopo qualche istante, misurate con il voltmetro la tensione presente ai capi di **R1** e ruotate il trimmer **P4** fino a leggere sul display del Termodigit la stessa tensione rilevata dal voltmetro. Successivamente, posizionate il deviatore **S2/S3** in po-

sizione **°C** e dopo aver misurato la tensione i capi di **R1** regolare il trimmer **P3** fino a leggere sul display un valore dato dalla sottrazione di quello rilevato dal voltmetro meno 273. Per una taratura ottimale del dispositivo anche in questo caso consiglio di ripetere almeno un volta l'intera procedura per essere sicuri di aver effettuato tutto nel migliore dei modi.

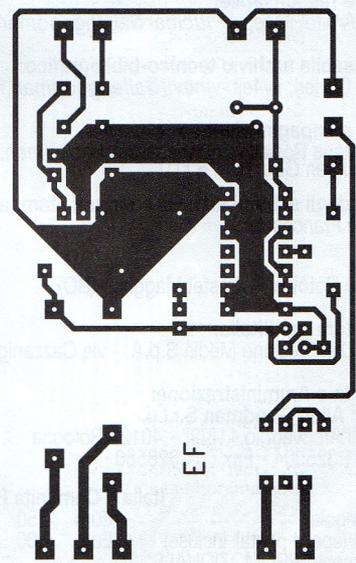
valter.narcisi@elflash.it



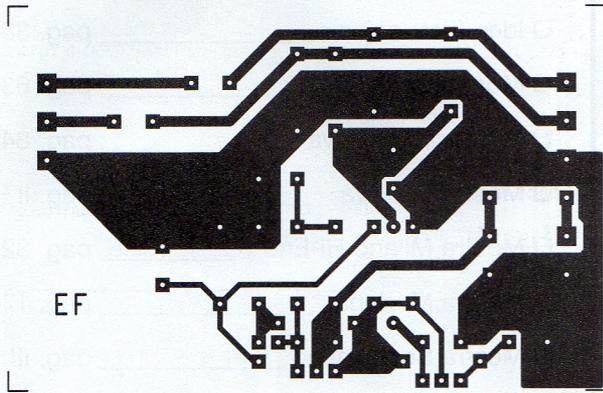
TERMODIGIT



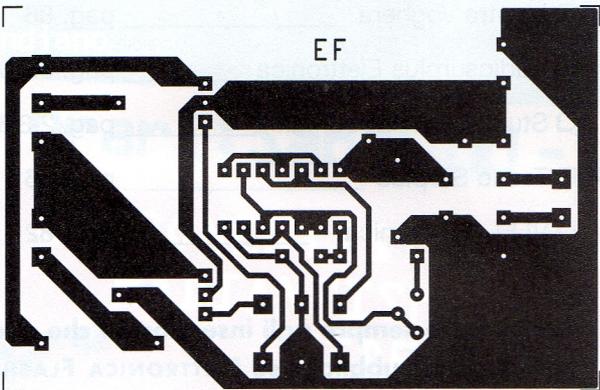
LUCE DI EMERGENZA



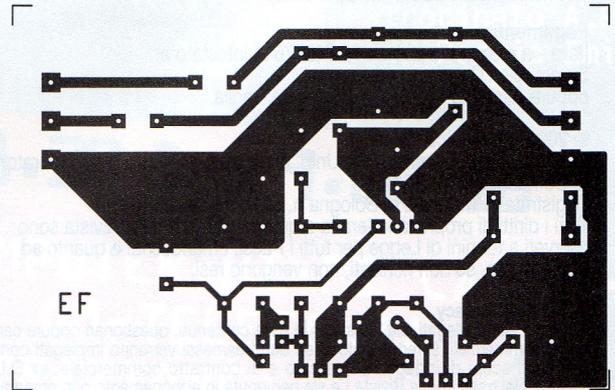
GENERATORE DI FUMO PER DISCOTECA



ALIMENTATORE PER MICROFONO TIPO CARBONICO



ALIMENTAZIONE LUCI CARROZZE A TRENO FERMO



ALIMENTAZIONE TRENINO +12V, -12V