



Trasduttori di temperatura: gli NTC

Molti dei sistemi di alimentazione elettrica di dispositivi elettronici e di display LCD dell'ultima generazione utilizzano termistori per il controllo in temperatura. Ecco come funzionano gli NTC e quali sono le loro caratteristiche

a cura di **Flavio Criseo**

Nelle applicazioni televisive, ma non soltanto in queste, il tecnico si trova spesso alle prese con componenti dalle caratteristiche particolari.

Fra questi ci sono gli NTC (Negative Temperature Coefficient).

Il presente articolo costituisce una guida per un corretto utilizzo dei termistori a coefficiente di temperatura

negativa (NTC) e su come avvalersi delle loro prestazioni in base ai parametri e alle specifiche degli stessi. Quanto segue è orientato al controllo termico su alimentazioni elettriche.

Vedremo due semplici linearizzazioni sulle caratteristiche degli NTC.

Rispettando lo stile de Il Cinescopio, non ci soffermeremo a una trattazione teorica dell'argomento, ma saranno presi principalmente in considerazione schemi elettrici (o parti di essi).

Se consideriamo la maggior parte degli alimentatori lineari e non lineari, i controllori di alimentazione elettrica sono progettati per offrire una tensione stabile, nonostante la presenza di variazioni: in linea elettrica (incremento/diminuzione della tensione d'ingresso), di carichi, di temperatura ambiente.

Mentre per la maggior parte delle esigenze si chiede una corrente variabile per una stabile e determinata tensione di alimentazione, vi sono dei casi in cui è vantaggioso offrire una tensione di alimentazione "temperatura dipendente".

Applicazioni particolari e sempre più frequenti

Nella regolazione delle alimentazioni in funzione della temperatura, l'esigenza più comune è data dal controllo sui display LCD.

In questi apparati, infatti, il contrasto varia con la temperatura circostante. Applicando un alimentatore con un controllo della deviazione di alimentazione, che è in funzione della temperatura, gli effetti termici sugli LCD possono essere automaticamente annullati per mantenere un contrasto ottimale su un ampio range termico.

Gli esempi qui proposti sono orientati sugli LCD, anche se le equazioni e i ragionamenti relativi possono essere applicati facilmente su molti altri circuiti.

Si pensi ad esempio ai circuiti di smagnetizzazione dei TRC sui TVC, oppure ai carica batterie che interrompono la corrente ogni volta che gli elementi posti in carica si surriscaldano in modo eccessivo.



cortesia: Murata

Si pensi, inoltre, ai controlli in temperatura della polarizzazione di uno stadio finale audio di potenza, oppure di un inverter (meglio ancora, di un UPS).

Perché impiegare il termistore NTC?

Il termistore NTC spesso costituisce una soluzione ottimale per svariati motivi:

1. è a buon mercato
2. è prontamente disponibile da parte di diversi costruttori (Murata, Panasonic, ecc.)
3. è disponibile in piccole dimensioni e di facile collegamento
4. è di facile applicazione perché non richiede una specifica conoscenza delle sue caratteristiche.

Caratteristica di un NTC

Come suggerisce il nome, il termistore è solo una resistenza temperatura dipendente.

Sfortunatamente, la dipendenza è molto non-lineare, così come visibile in Fig. 1.

Questa caratteristica lo renderebbe poco utile per la maggior parte delle esigenze applicative.

Ci sono, fortunatamente, due facili tecniche per linearizzare il comportamento di un termistore.

La formula standard che esprime la resistenza di un termistore del tipo NTC in funzione della temperatura è data da:

$$R = R_{T_0} \cdot e^{\beta \left(\frac{1}{T(^{\circ}C) + T_{ref} \text{ (Kelvin)}} - \frac{1}{T(298K)} \right)}$$

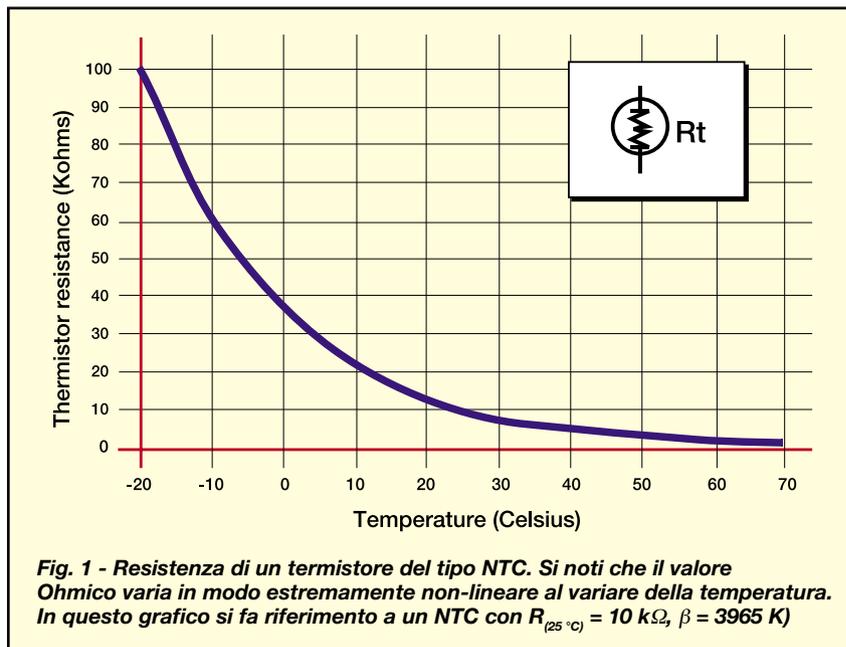
dove:

R_{T_0} è la resistenza nominale del termistore a 25 °C (temperatura ambiente).

β è il rapporto fra:

$$\frac{E}{K}$$

ossia il rapporto fra l'energia di



legame fra i portatori di carica e gli atomi del semiconduttore (E) e la costante di Boltzman (K). β dipende quindi dal materiale ed è espresso in gradi Kelvin.

$T(^{\circ}C)$ è la temperatura a un certo istante di tempo.

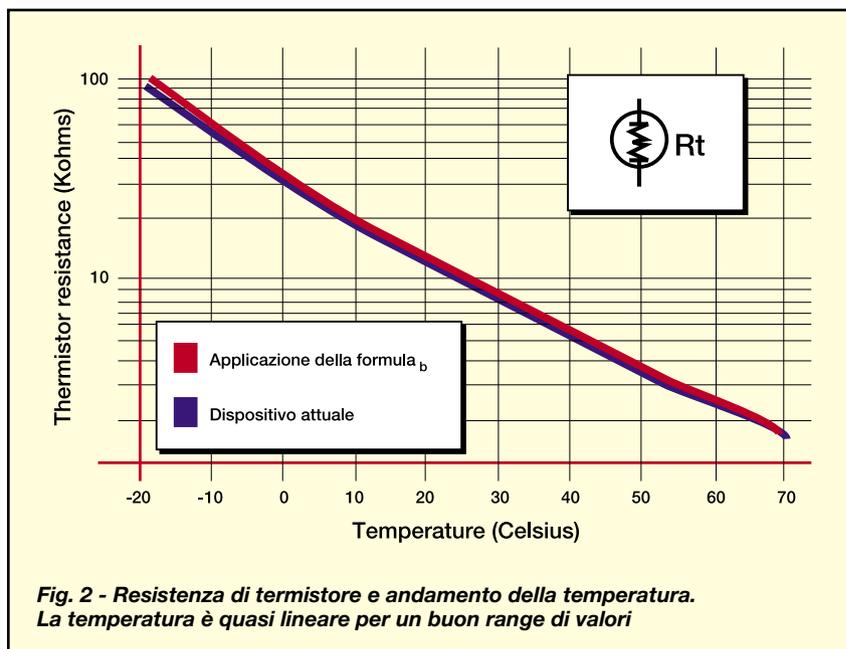
T_{ref} (Kelvin) è la temperatura di riferimento del termistore espressa in gradi Kelvin (ovvero 273,15 K).

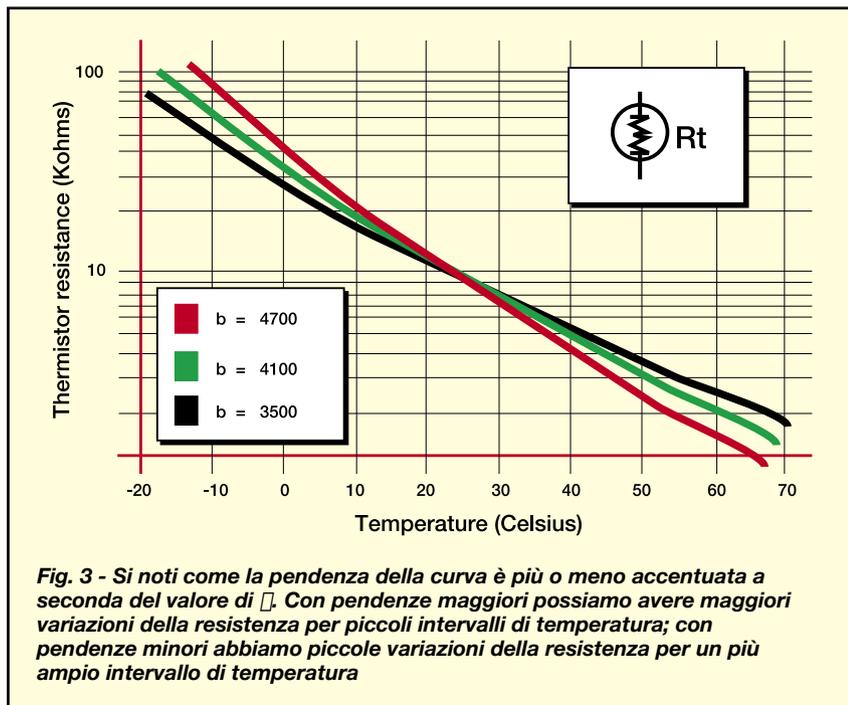
$T(298K)$ è la temperatura ambiente espressa in Kelvin (ovvero 298,15 K).

Grazie a ciò, è possibile ottenere il grafico di Fig. 2.

Normalmente il costruttore indica la R_{T_0} con valori tipici che possono essere compresi fra 22 Ω e 500 kΩ.

Valori tipici di β sono invece compresi fra 2500 e 5000 K.

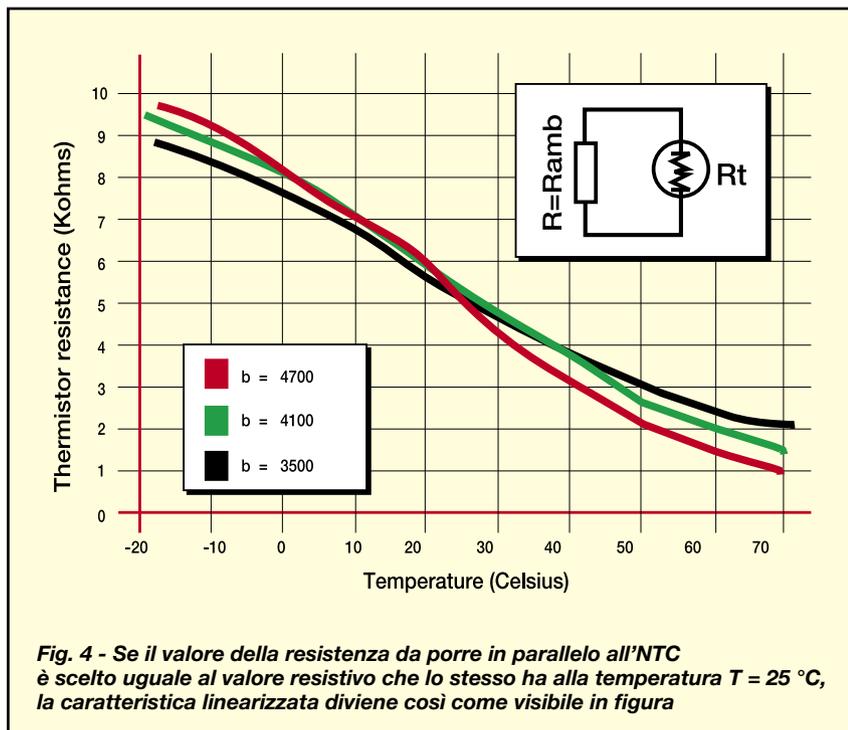




Si osservi ora la **Fig. 3**: l'impiego di differenti β - da valori più alti a valori più bassi - influisce sulla pendenza della caratteristica che lega la resistenza ai gradi Centigradi.

Questo è un aspetto importante,

perché permette di poter operare con una forte variazione resistiva in un piccolo intervallo termico, oppure avere una variazione più "dolce" della resistenza al variare di un range più ampio della temperatura.



Linearizzazione della risposta

Un termistore di NTC è utilizzato più facilmente quando ad esso è applicato un circuito di linearizzazione ideale per le sue caratteristiche.

Ci sono due semplici tecniche per linearizzare:

1. Il modo resistivo
2. Il modo in tensione.

Il modo resistivo

Linearizzare la caratteristica di un NTC attraverso una resistenza, è forse uno dei modi più efficaci e di uso comune. Una normale resistenza è messa in parallelo con il termistore NTC; il circuito combinato abbassa e linearizza la risposta resistiva al variare della temperatura.

Si osservi la **Fig. 4** e la si confronti con la **Fig. 3**; per prima cosa, si noti immediatamente come non vi sia più, impiegando differenti β , una forte differenza resistiva e come le caratteristiche abbiano un andamento più "dolce" per un largo range termico. Per ottenere ciò, è necessario che il valore della resistenza posta in parallelo (la $R = R_{25^\circ\text{C}}$ del circuito combinato) abbia un valore ohmico pari al valore che l'NTC assume a 25°C .

Il modo in tensione

Con questa connessione, il termistore NTC è posto in serie a una resistenza normale per formare un circuito partitore.

Il circuito è polarizzato con una V_{ref} appropriata. Ciò ha l'effetto di produrre una tensione lineare con la temperatura. Se il valore della resistenza è scelto uguale alla resistenza che ha il termistore alla temperatura di 25°C ($R_{25^\circ\text{C}}$), la regione di tensione lineare sarà simmetrica, così come visibile in **Fig. 5**. Nella figura, si noti inoltre come la tensione V_{out} a 25°C è pari alla metà della tensione V_{ref} .

Alcune semplici applicazioni pratiche

Ammettiamo di voler compensare l'effetto che ha la temperatura su un display LCD.

Questo problema è spesso presente entro le strumentazioni digitali da laboratorio quanto in quelle portatili.

Per compensare l'effetto negativo della temperatura, si veda l'esempio in Fig. 6a; quando la temperatura nelle vicinanze del display è di 25 °C circa, il transistor PNP polarizza il controller per un contrasto ottimale dell'LCD.

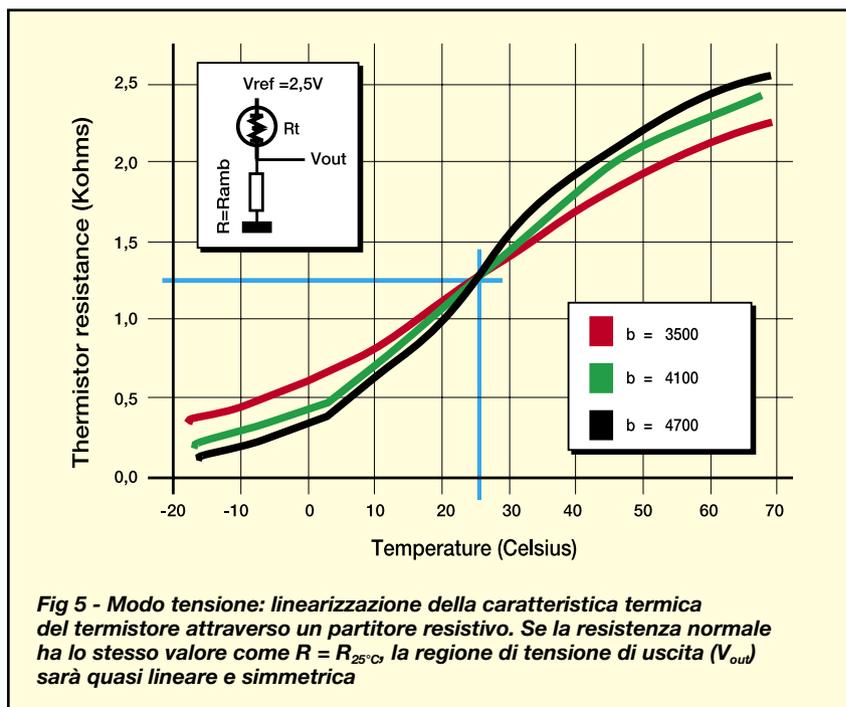
Se la temperatura aumenta consistentemente, il contrasto dell'LCD varierebbe fortemente e in modo errato, rendendo anomalo il funzionamento dello stesso.

L'NTC posto sulla base del PNP diminuisce il suo valore resistivo, mentre la tensione sulla base del PNP tenderà ad aumentare.

Il valore resistivo dell'NTC diminuisce in modo quasi lineare per effetto del resistore posto in parallelo, così come detto per la Fig. 4.

Un aumento della tensione di base sul PNP provoca una diminuzione della corrente di collettore e, quindi, una diminuzione della tensione di comando al controller che, a questo punto, pilota il display spostando il punto di lavoro relativo dal contrasto.

Viene così garantito un corretto contrasto, qualunque sia la temperatura di esercizio del display.

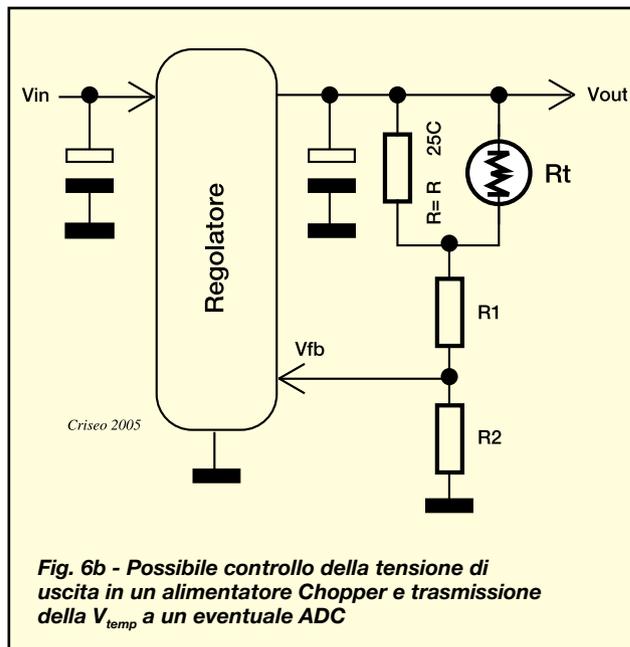
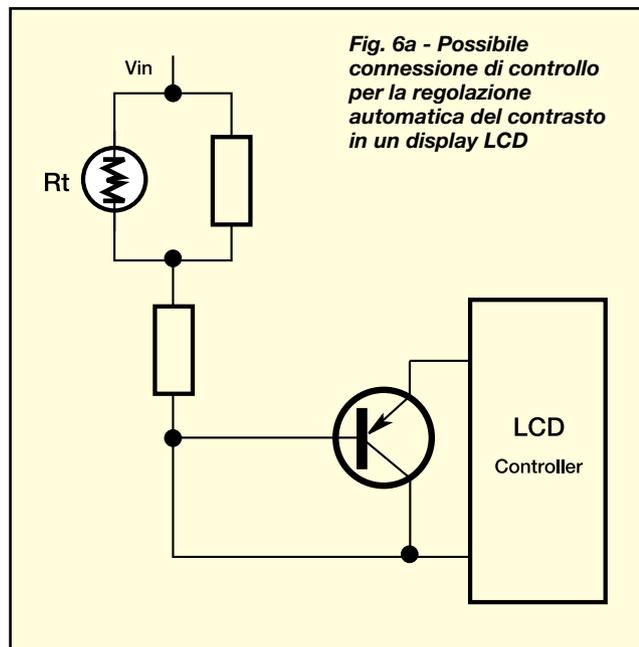


Un altro esempio di applicazione

Un ulteriore esempio, che basa il principio di controllo sul collegamento "modo resistivo", è rappresentato in Fig. 6b, in cui è possibile vedere un ipotetico alimentatore Chopper (ad esempio un alimentatore per Pc portatili, per telecamere

o per carica batterie) che diminuisce la tensione d'uscita erogata sul carico quando la temperatura (ad esempio del pacco batterie) diviene troppo elevata.

Quando la V_{out} è quella corretta, ma la temperatura aumenta troppo rispetto a quella prevista, l'NTC diminuisce il suo valore resistivo, così come visibile in Fig. 4.



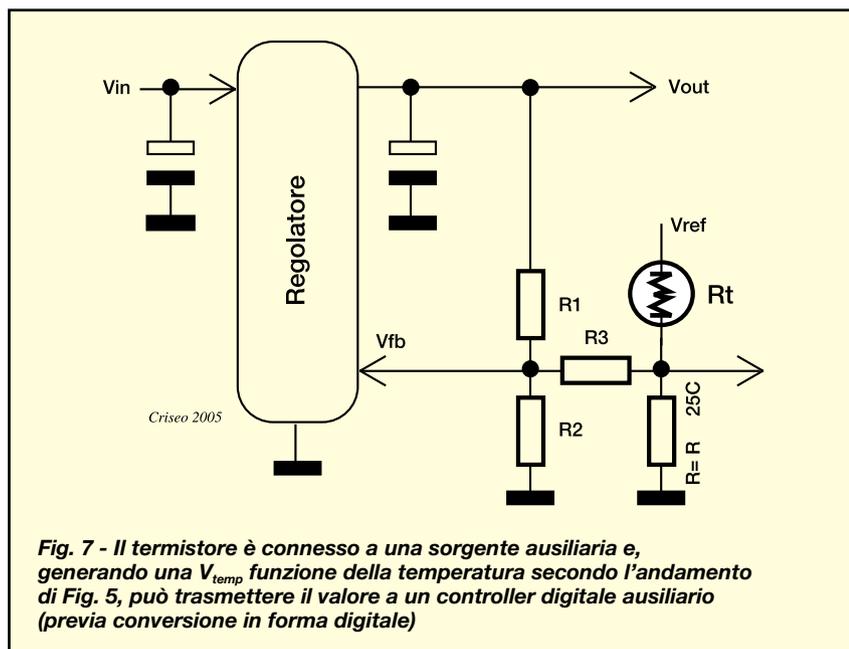


Fig. 7 - Il termistore è connesso a una sorgente ausiliaria e, generando una V_{temp} , funzione della temperatura secondo l'andamento di Fig. 5, può trasmettere il valore a un controller digitale ausiliario (previa conversione in forma digitale)

Questo effetto polarizza il partitore R_1 - R_2 con una tensione sempre crescente.

Il pin V_{fb} (tensione di feedback) del controllore rileva questa tensione in costante aumento.

Il comparatore interno ad esso interpreta questo effetto come se la V_{out} fosse più alta rispetto a quella stabilita. Ciò porta alla riduzione del duty-cycle che comanda il BJT principale (si pensi a un comunissimo alimentatore switching per TVC).

Una riduzione del duty-cycle porta a una diminuzione della tensione V_{out} .

L'effetto continua fintantoché l'NTC non aumenti nuovamente il suo valore resistivo, ovvero fintanto che la temperatura si sia abbassata fino al valore di sicurezza.

Un quesito per i lettori

Molti di voi si potrebbero chiedere: "Ma se la maggior parte dei guasti nei Tvc si verifica perché la temperatura diviene troppo elevata, perché non impiegare un circuito NTC che agisca sul foto-accoppiatore presente in uno stadio SMPS?"

In questo modo, se la temperatura sul transistor switching (oppure di riga) dovesse aumentare pericolosamente, si potrebbe

diminuire la tensione in modo da salvare l'alimentatore o, almeno, parte di esso.

Fate pervenire le vostre risposte e osservazioni alla Redazione. Le più interessanti troveranno spazio nel prossimo numero, dove tratteremo i PTC (Positive Temperature Coefficient) e commenteremo la soluzione del problema.

Applicazione pratica del modo in tensione

Anche se più complicato del circuito "modo resistenza", il circuito "modo tensione" ha dei vantaggi unici.

Il circuito offre tensione analogica dipendente dalla temperatura che può essere digitalizzata facilmente con un convertitore analogico-digitale (ad esempio un convertitore doppia rampa, vedi Il Cinescopio n. 11 novembre 2003 pag. 70, e il convertitore ad approssimazioni successive, vedi Il Cinescopio n. 12 dicembre 2003 pag. 62 e n. 1 gennaio 2004 pag. 68).

Una temperatura (convertita con un ADC) offre informazioni termiche a un eventuale microprocessore del sistema. Il valore di intervento può essere "aggiustato" velocemente, oppure variato, cambiando solamente una resistenza.

Nella Fig. 7 è visibile quanto appena accennato.

La tensione V_{temp} , oltre a comandare la V_{fb} , così come visto nella Fig. 6b, è inviata a un eventuale ADC seguendo l'andamento visto nella Fig. 5.

In conclusione

Nulla vieta di impiegare il circuito di Fig. 7 come un carica batterie per batterie al piombo, oppure Nichel-Cadmio.

Sappiamo bene che, quando mettiamo sotto carica una batteria, la corrente che fluisce al suo interno provoca un riscaldamento per effetto Joule.

È noto inoltre che temperature eccessive possono deteriorare velocemente la batteria e, quindi, diminuirne in breve tempo le proprie prestazioni.

Se il termistore fosse appoggiato al corpo della batteria posta sotto carica, si potrebbe controllare la temperatura della stessa durante tutto il ciclo di carica. Appena la temperatura aumenta eccessivamente, la tensione di carica V_{out} diminuisce perché la V_{fb} aumenta in modo anomalo.

Le batterie potrebbero smettere di caricarsi e il processo si arresterebbe fintantoché il nostro NTC non si sia raffreddato (il che corrisponde a un raffreddamento delle batterie poste in carica).

Non appena la condizione di sicurezza si è ristabilita, la V_{out} comincia ad aumentare gradatamente e la carica può ricominciare regolarmente.

In questo modo, le batterie vengono sempre caricate a una temperatura di esercizio che non ne comprometta la loro durata nel tempo.

Per non dilungarci troppo nella trattazione, non abbiamo volontariamente trattato i termostati a NTC e i circuiti atti alla protezione, con NTC, dei diodi raddrizzatori.

Coloro i quali fossero interessati a questi argomenti possono contattare la Redazione.

Saremo ben lieti di dare ulteriori informazioni, circuiti pratici di impiego e tecniche di calcolo in merito agli argomenti. □