



# Un Hitachi a "Pseudo IGBT"

*Affrontando la riparazione su un TVC Hitachi e cogliamo l'occasione per "ripassare" le caratteristiche di un componente elettronico spesso utilizzato in campo industriale*

**Flavio Criseo**

**L'**Hitachi CP2840TAN da 28" presenta un alimentatore che, in certo qual modo, potremmo definire "a Pseudo IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)". In queste pagine ne comprenderemo il perché.

Il TVC Hitachi è pervenuto nel nostro laboratorio perché presentava delle difficoltà all'avvio.

Il problema si presenta con maggior frequenza quando il telaio è spento dall'interruttore generale per parecchio tempo.

Delle volte è possibile accenderlo, ma dopo qualche ora di regolare funzionamento il televisore si spegne ponendosi in ST-By.

Si tenta il riavvio, il TVC si porta prontamente in ST-By.

La prima idea è una possibile causa termica. Sarà problema elettrolitico?

Quando il TVC è a regime e la sua temperatura interna è quella di esercizio, tutto funziona per il meglio (salvo alcuni momenti di crisi, che, comunque, segnalano la presenza di un'avaria latente).

Quando il TVC è freddo, il problema è invece maggiormente riscontrabile.

Effettivamente pensiamo immediatamente a una possibile capacità elettrolitica in parziale perdita, ma prima di buttarci a

capofitto in una ricerca del guasto vediamo di comprendere bene come funziona il nostro TVC.

Il controllo PWM è affidato al celebre UC3844 ma, come accennato, questa volta non abbiamo la presenza di un interruttore elettronico di potenza (spesso chiamato transistor switching), bensì ci troviamo di fronte a un alimentatore SMPS con "Pseudo IGBT".

Guardando lo schema di **Fig. 1** si notano immediatamente due transistori posti in serie al primario del trasformatore di commutazione.

Perché due transistori invece di uno solo?

### **Il funzionamento della coppia Q901-Q903**

Grazie alla coppia Q901-Q903 è possibile comandare in tensione un alimentatore che, per come è stato progettato, dovrebbe essere comandato in corrente.

Ciò è reso possibile grazie alla presenza del MOS di controllo Q901.

Sappiamo bene che un dispositivo elettronico preposto al comando elettrico di una sezione di potenza deve essere capace di fornire l'energia richiesta e, nel contempo, fornire una forma d'onda corretta.

Pilotare una sezione di potenza spesso sottintende il "fornire corrente".

Non dimentichiamo la "regola" che vede "diminuire la corrente all'aumentare della tensione".



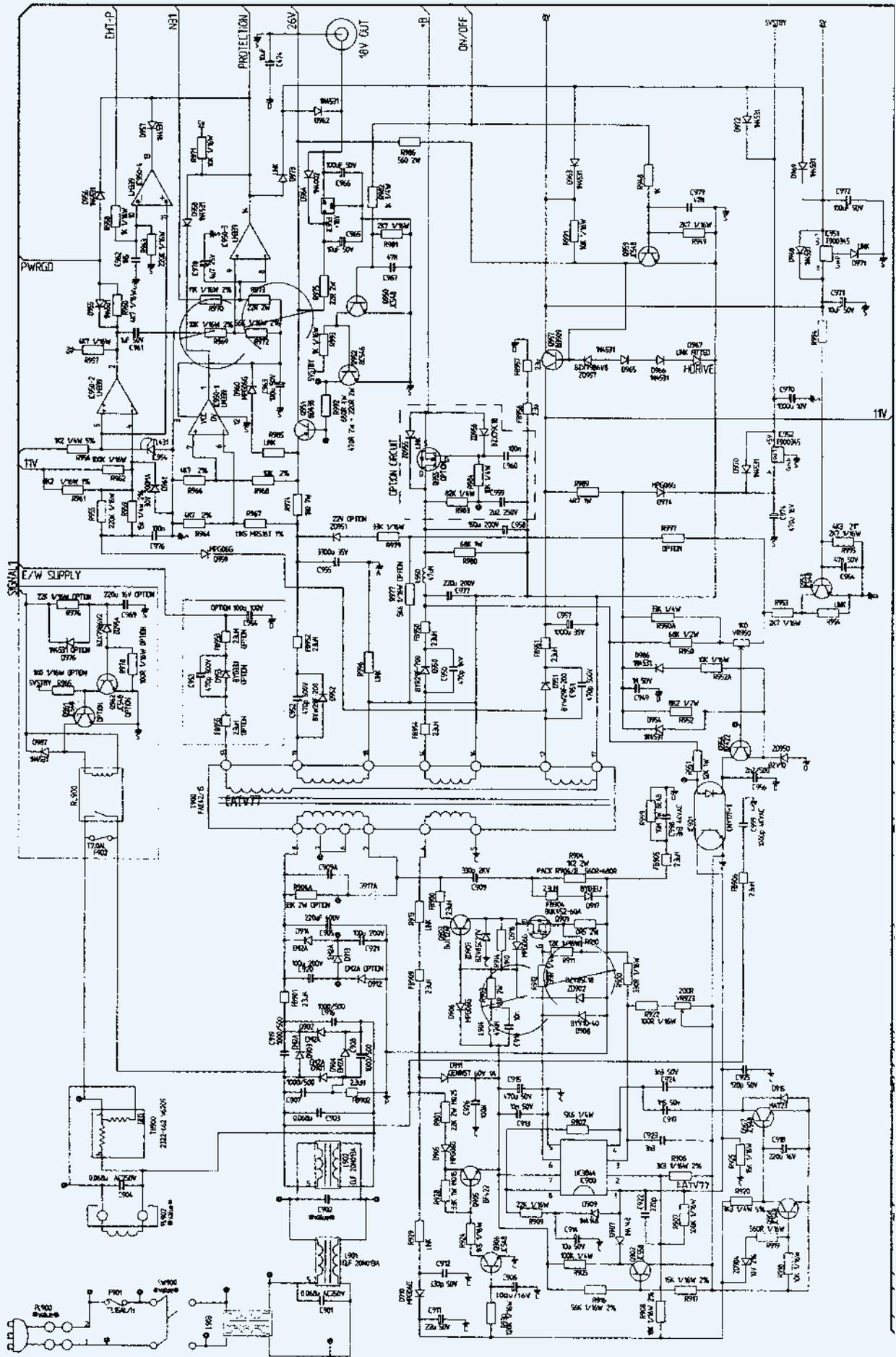
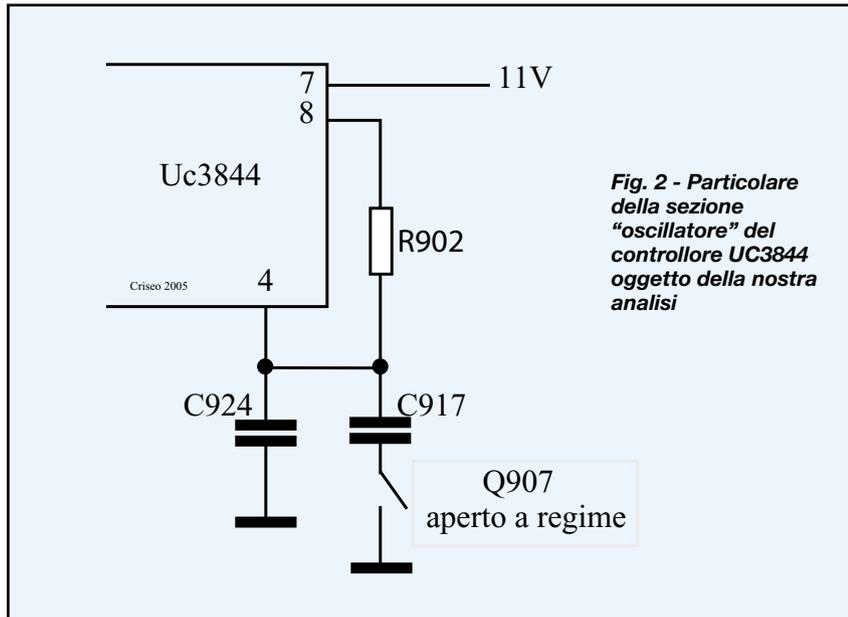


Fig. 1 - Schema elettrico della sezione alimentazione del TVC Hitachi modello CP2840TAN



**Fig. 2 - Particolare della sezione "oscillatore" del controllore UC3844 oggetto della nostra analisi**

Nel nostro caso, l'UC3844 (nello schema IC900) deve dare la giusta corrente di comando e garantire la corretta tensione durante il periodo di accensione.

E se si cercasse di aumentare dimolto la frequenza, cosa accadrebbe?

Non è detto che il nostro driver (UC3844) riesca a garantire corrente e tensione corretti.

Perché nei moderni TVC si tende ad aumentare sempre la frequenza di lavoro?

La risposta è semplice: aumentando la frequenza, diminuisce

la dimensione del trasformatore switching e anche il valore delle capacità di filtro poste a valle dei rami secondari del trasformatore.

Torniamo al nostro driver (UC3844). Le cose diventerebbero più semplici se dovesse fornirci solamente una determinata forma d'onda a una frequenza (abbastanza alta), senza che però il carico (il nostro transistor switching) richieda corrente.

Qual è il dispositivo che non richiede corrente di comando? Nel nostro telaio, è senza dubbio il MOS Q901.

Sappiamo infatti che la corrente di gate in un MOS è nulla  $I_g = 0V$ .

Non a caso, la corrente di drain è uguale a:

$$I_D = \frac{W}{L} C_{ox} [(V_{gs} - V_t) V_{ds} - \frac{1}{2} V_{ds}^2] \quad (1)$$

Come si può notare, la corrente dipende dalla differenza  $V_{gs} - V_t$ .

Questo ci fa comprendere che la tensione fra Gate e Source del MOS (la nostra  $V_{gs}$ ) è fondamentale per ottenere una determinata corrente di drain.

La  $V_{gs}$  è fornita dal pin 6 dell'UC3844, quindi il controllore PWM non dovrà fornire nessuna corrente di comando, ma soltanto una tensione, proprio perché  $I_g = 0V$ .

### Vantaggi del MOS

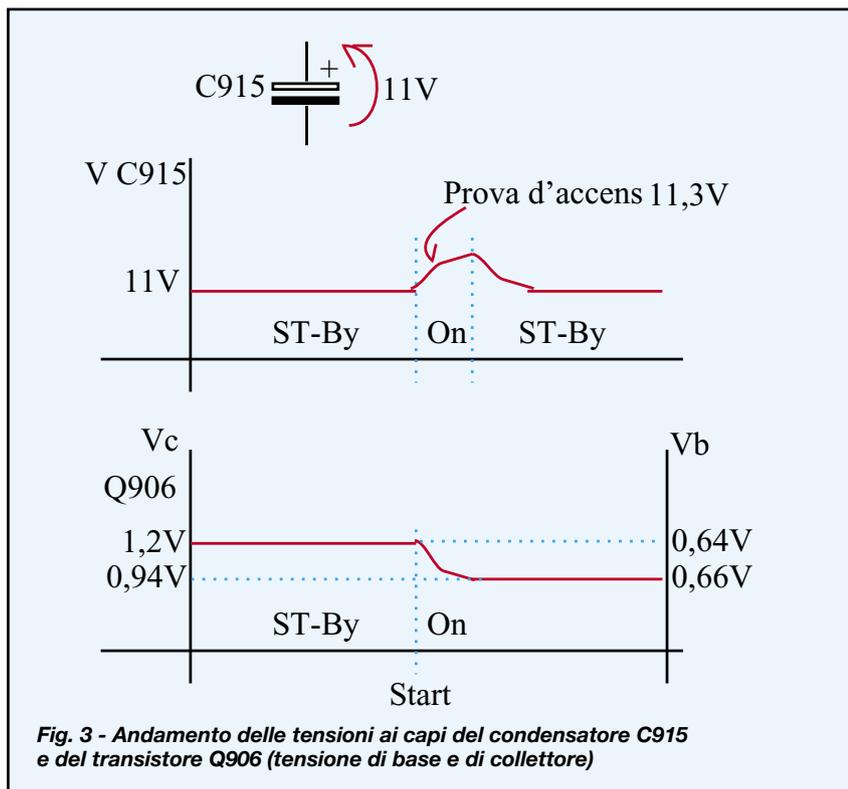
Il vantaggio principale del MOS consiste nel fatto che la tensione di commutazione che sopraggiunge sul gate del MOS può avere frequenze superiori rispetto al caso in cui si debba fornire anche corrente.

È altrettanto vero che un MOS è più veloce di un BJT, ma allora ci si chiede a che cosa serva Q903.

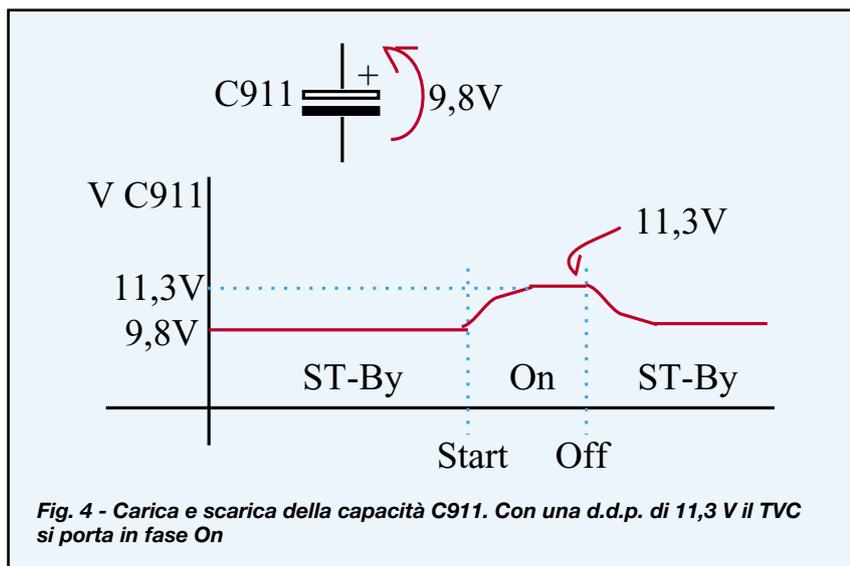
Visto che rispetto a un bipolare questo non richiede corrente, non sarebbe sufficiente il Q901?

### Svantaggio del MOS

Un alimentatore di dimensioni ridotte è capace di fornire più corrente (o eguale intensità), rispetto a un



**Fig. 3 - Andamento delle tensioni ai capi del condensatore C915 e del transistor Q906 (tensione di base e di collettore)**



alimentatore di dimensioni maggiori, se la frequenza di commutazione del primo è più alta del secondo.

Non a caso, i TRC del TVC sono molto grandi, le dimensioni degli alimentatori diminuiscono, ma le correnti che essi devono fornire sono sempre le stesse di un tempo (se non addirittura più elevate).

Il nostro MOS sarebbe in grado di commutare velocemente sopportando anche la corrente (picchi compresi) richiesta da tutto il TVC?

Un Bipolare sicuramente assolverebbe meglio questo scopo, anche se è più lento in commutazione rispetto a un MOS.

### Riepilogando

Servirebbe quindi un transistor in grado di commutazioni veloci senza richiedere corrente al driver. Allo stesso tempo servirebbe un transistor capace di sopportare forti correnti (magari meno delicato del MOS) e, possibilmente, veloce nello smaltire il calore in eccesso. Ecco perché l'Hitachi CP2840TAN è equipaggiato dalla coppia Q901-Q903.

Il MOS è veloce in commutazione e non impegna il driver (il nostro UC3844) in corrente; il BJT (Q903) comanda il carico ohmico-induttivo facendo fronte alle correnti che il MOS non sarebbe in grado di affrontare.

Esiste un unico dispositivo dalle caratteristiche simili alla coppia Q901-Q903?

Ebbene sì, l'IGBT spesso impiegato in campo industriale è nato proprio per assolvere questo compito.

Il costo di un IGBT è sicuramente superiore rispetto al costo della coppia Q901-Q903 e, inoltre, impiegare direttamente un IGBT sarebbe stato uno spreco di risorse.

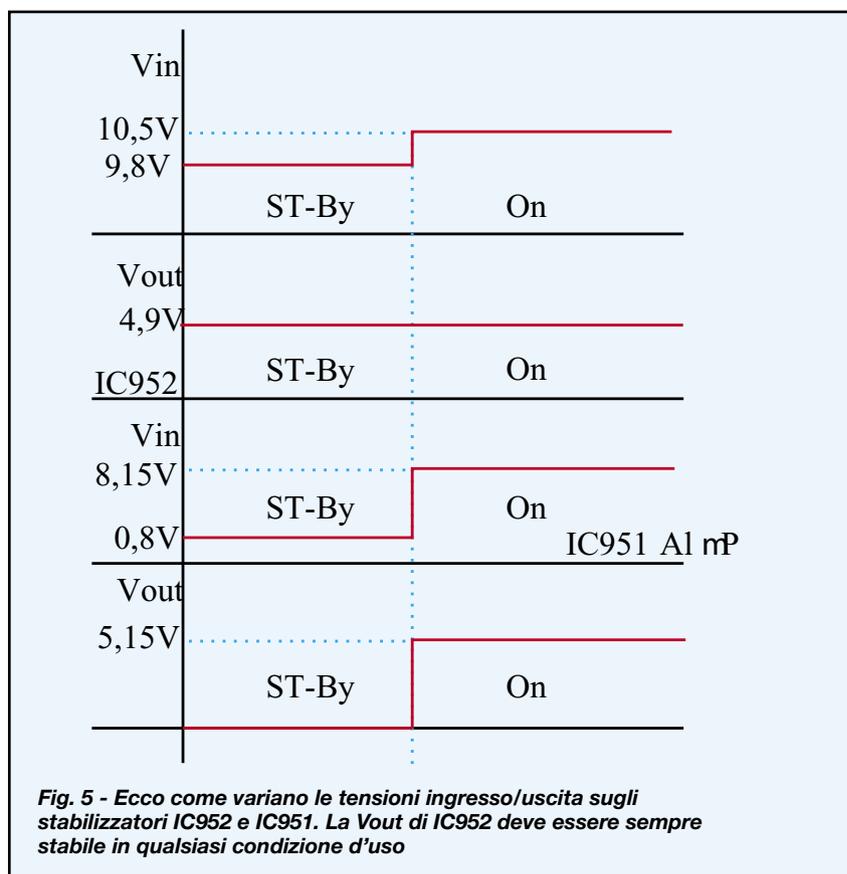
I più piccoli IGBT esistenti in commercio possono sopportare anche 40 A, 60 A, mentre nel TVC da noi considerato le correnti di picco non raggiungono nemmeno 20 A.

Dall'analisi precedente, possiamo concludere però che il nostro TVC presenta un alimentatore dotato di un interruttore di potenza (la nostra coppia Q901-Q903) dal comportamento simile all'IGBT.

Non è raro al giorno d'oggi trovarsi di fronte a un'alimentazione a "Pseudo IGBT".

Giunti a questo punto, appare evidente che la corrente di base del Q903 sia fornita dalla rete RCL posta direttamente sulla base dello stesso.

Immaginiamo che il MOS saturi e si interdica in funzione della sua Vgs. Sul catodo di D906 è presente la stessa  $V_{cc}$  che alimenta l'UC3844,



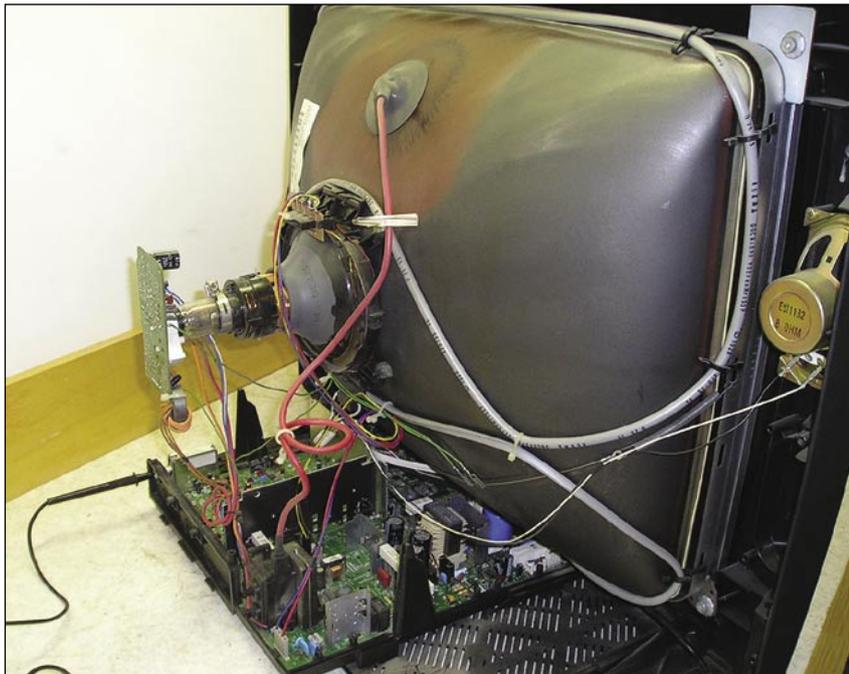


Foto 1 - Ecco come si presenta il telaio appena tolto lo schienale

quindi, se l'emettitore di Q903 si vede abbassare o aumentare il proprio potenziale elettrico causato dall'azione di Q901, il gioco è fatto. La rete di polarizzazione di base vede variare la  $V_{be}$  del transistor e, data la presenza di componenti reattivi quali L904 e C910, è generata la corrente di comando del BJT.

Compresa la sezione di potenza vediamo ora quali siano gli altri componenti importanti che, du-

rante la fase di service, dovranno essere controllati.

### A cosa serve Q907?

Guardiamo la Fig. 2 per comprenderne meglio il funzionamento. Il BJT Q907 è polarizzato dal Q908. Quando il TVC è in ST-By, il Q908 è in conduzione saturando Q907 che, a sua volta, connette a massa la capacità C917.

Questa capacità viene posta in parallelo alla C924 facendone aumentare la capacità complessiva sul pin 4 dell'integrato.

La capacità su tale pin la chiameremo per comodità CT, il suo valore è dato dal parallelo dei due condensatori, oppure da uno soltanto.

Una maggiore CT significa una frequenza di oscillazione più bassa (questa condizione corrisponde allo stato di ST-By).

Quando invece Q908 satura, Q907 si interdice e C917 è esclusa dal pin 4 del controllore.

In questa condizione è possibile una frequenza di oscillazione maggiore che porta all'accensione del TVC.

### Le tensioni su Q906, C915 e C911

Guardiamo adesso la Fig. 3 e vediamo cosa succede su Q906 e C915.

In condizioni di ST-By il BJT è posto in RND (Regione Normale Diretta) e la sua  $V_{ce}$  è pari a 1,2 V (vedere grafico relativo al transistor Q906).

Contemporaneamente, C915 è caricato con una d.d.p. pari a 11 V.

Al sopraggiungere del comando di accensione, il Q906 conduce maggiormente facendo aumentare la corrente sulla base di Q905.

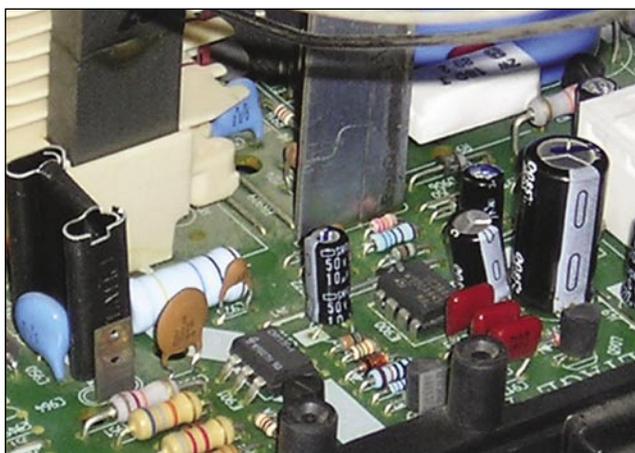


Foto 2a - Il controllo PWM è affidato all'UC3844 e al fotoaccoppiatore CNY 17F-1



Foto 2b - La coppia "Pseudo IGBT" impiegata nel nostro chassis

La  $V_{ce}$  di Q906 si porta da 1,2 V a 0,94 V, mentre la sua tensione di base sale da 0,64 V a 0,66 V.

Come si può notare, il grafico di Q906 mostra due scale graduate.

A sinistra abbiamo i valori della  $V_{ce}$  che aumentano dal basso verso l'alto, mentre a destra abbiamo i valori della  $V_{be}$  che aumentano dall'alto verso il basso.

Durante il transiente che porta il TVC da ST-By alla fase ON, il C915 si carica ulteriormente portandosi da 11 V a 11,3 V. Ciò mostra che Q905 vede diminuire la sua  $V_{ce}$  di 0,3 V.

Quando il TVC è posto nuovamente in ST-By, il C915 si scarica leggermente perché il Q906 diminuisce la sua conduzione.

In questo modo viene ridotta la  $I_b$  di Q905 diminuendo a sua volta il potenziale di carica su C915.

Il condensatore C911 presenta un andamento di carica così come mostrato in **Fig. 4**.

Durante la fase di attesa, essendo minor richiesta di corrente, la tensione di carica è pari a 9,8 V.

Facciamo notare che l'avvolgimento 4-5 del trasformatore switching è comandato da una frequenza inferiore rispetto a quella di regime.

Al sopraggiungere del comando di avvio, la tensione sull'avvolgimento aumenta e C911 si porta a una d.d.p. pari a 11,3 V.

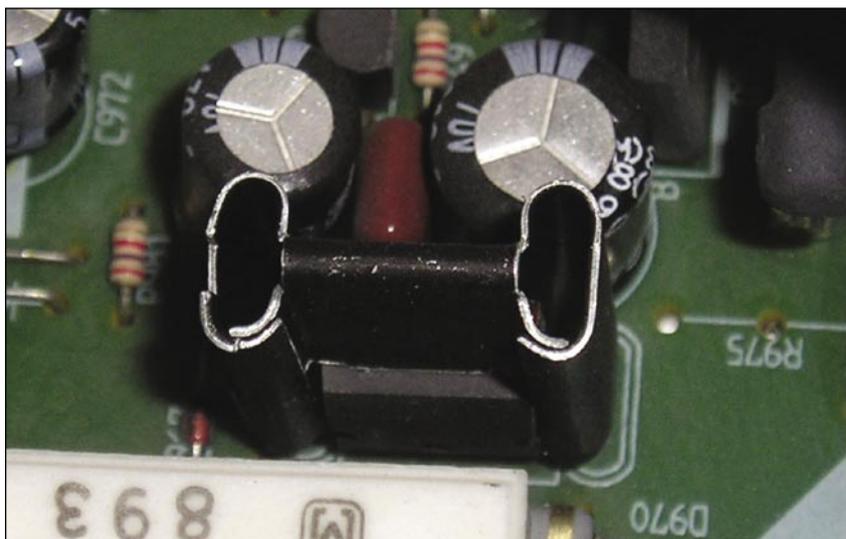
Questa tensione accende maggiormente lo zener ZD904 spegnendo Q907 così come visto in precedenza.

### La nostra ricerca guasti

Dato che alcune volte il TVC si spegne dopo svariate ore di regolare funzionamento, mentre da freddo stenta a partire, si pensa a un problema termico.

L'analisi di funzionamento appena effettuata restringe il campo dei possibili componenti in avaria attorno ad alcune capacità riportate in **Tabella 1**.

Dato che C924 è determinante per la frequenza di commutazione, ciò potrebbe creare problemi nel funzionamento a regime; per quanto riguarda C918, sappiamo che deve mantenere stabile la  $V_{be}$  di Q907.



**Foto 3** - L'IC952 e la sua piccola aletta di raffreddamento sono situati nei pressi della sezione secondaria dell'SMPS

Se fosse troppo sensibile alla deriva termica potrebbe accendere, anche per un istante, Q907 portando il TVC in St-By.

Apriamo il TVC. Senza copertura posteriore l'Hitachi si presenta così come illustrato in **Foto1**.

Ci portiamo nei pressi di UC3844 (sezione SMPS) per individuare la posizione degli elettrolitici; la **Foto 2a** ne mostra la loro posizione sullo chassis, mentre la **Foto 2b** mostra la coppia Pseudo IGBT composta da Q901-Q903.

*Nota: Gli eventuali data sheet e le informazioni relative all'integrato UC3844 possono essere ottenute collegandosi direttamente al sito [www.flaviocriseo.it](http://www.flaviocriseo.it).*

Controlliamo C924 e C918 con il nostro capacimetro digitale.

Il loro valore sembrerebbe nella norma.

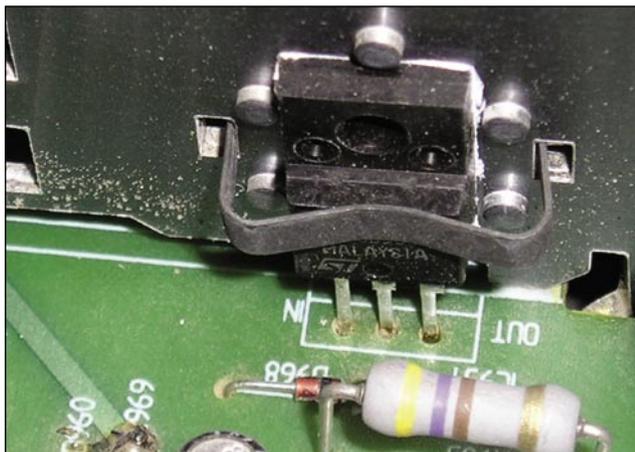
Un altro componente da controllare è C925. Se durante il funzionamento questo dovesse andare in "corto", magari durante l'innalzamento della temperatura, il foto-transistore verrebbe spento vanificando il controllo del diodo led interno a IC901 (visibile in Foto 2a).

Anche la capacità elettrolitica C914 potrebbe creare dei problemi, essendo infatti importante per fissare il potenziale medio sul pin 8; una sua irregolarità causerebbe un errato segnale PWM da parte del controllore. Quest'ultimo componente è sicuramente più soggetto al guasto rispetto al C925.

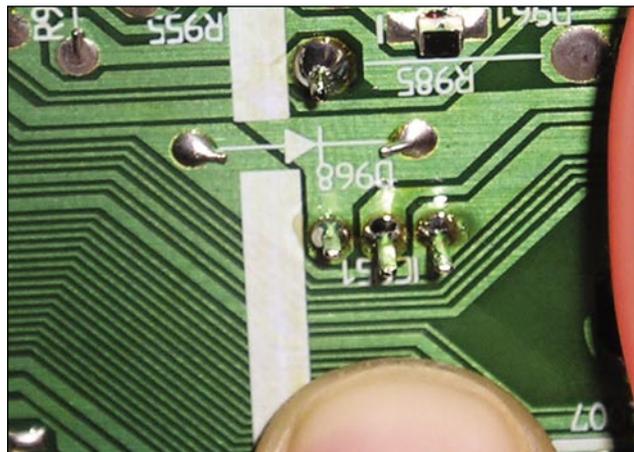
Il controllo di entrambi, però, dà esito negativo.

### TABELLA 1 - PRINCIPALI COMPONENTI SOSPETTATI

C924	Potrebbe provocare il problema, ma non è elettrolitico
C918	Può provocare il problema ed è elettrolitico
C925	Possibile causa (è elettrolitico)
C914	Possibile causa (è elettrolitico) "CT"
C911	Possibile causa (è elettrolitico)
C915	Possibile causa (è elettrolitico)
C906	Possibile causa (è elettrolitico)



**Foto 4a** - L'IC951 è posizionato sull'aletta metallica per dissipare al meglio il suo calore



**Foto 4b** - Il lato saldature dell'integrato stabilizzatore. Nelle vicinanze sono presenti molti componenti SMD



**Foto 5** - Il quadruplo Op-Amp LM339 è situato a valle del trasformatore switching



**Foto 6** - Il transistor Q957 è dedito al controllo della +8 V

Gli altri elettrolitici importanti sono C911, C915 e C906. Per questi tre componenti è possibile effettuare un controllo dinamico durante le fasi di ST-By e di regime. Grazie alle Fig. 3 e 4, infatti, possiamo sapere quali tensioni devono essere presenti ai capi delle loro armature.

Basterà quindi monitorare contemporaneamente, in pianta stabile, tutte e tre le capacità e vedere se qualche tensione è soggetta a repentini sbalzi, picchi, ecc.

### Titolino da inventare

Dopo queste prove, però, nessun comportamento anomalo viene riscontrato.

I sospetti passano al secondario che presenta IC952, IC951, IC950 e Q957 quali principali sezioni di alimentazione.

Le Foto 3, 4a/b, 5 e 6 ne mostrano le loro posizioni sullo chassis dal lato saldature, oppure dal lato componenti.

Scartiamo una possibile anomalia intorno al comparatore IC950 (è un quadruplo operativo per strumentazioni elettroniche) perché, dalle sue maglie elettriche, sembrerebbe il minor sospettato.

La stessa cosa non la possiamo dire per il Q957 visibile in Foto 6 perché regola la +8 V che, al massimo, toglierebbe il video e l'audio, ma non l'alimentazione.

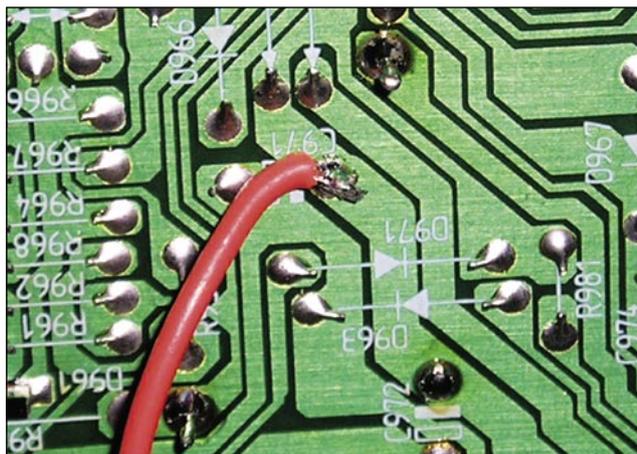
IC951 e IC952, invece, sono responsabili di due tensioni, entrambe da +5 V.

### Titolino da inventare

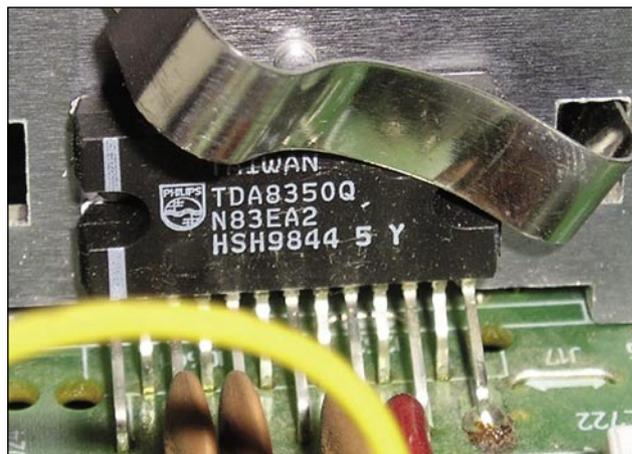
Guardiamo la Fig. 5 per comprendere bene il funzionamento di IC951 e IC952 e, per il momento, concentriamoci sui due grafici in basso relativi a IC951 visibile nella Foto 4a.

Quando il TVC è posto in ST-By, la  $V_{in}$  (la tensione in ingresso all'integrato) ammonta a circa 0,8 V.

Questo valore permane fintanto che il telaio è in attesa del comando infrarosso.



**Foto 7 - Connessione provvisoria atta a controllare la tensione ai capi di C971**



**Foto 8 - Anche il finale verticale necessita il rifacimento delle saldature**

La tensione d'uscita ( $V_{out}$ ) è pari a 0 V, così come mostra l'ultimo grafico in basso.

Per tutta la fase di ST-By abbiamo  $V_{in} = 0,8$  V e  $V_{out} = 0$  V, quindi la +5 V è assente sulla sezione microcontroller.

Appena lo chassis riceve il comando di accensione, la  $V_{in}$  si porta a 8,15 V (fase di ON) e, conseguentemente, la  $V_{out}$  sale a 5,15 V stabili. Questa tensione è comunicata al controllore principale del TVC che quindi viene informato dell'avvenuto avvio della sezione SMPS.

#### Titolino da inventare

Passiamo adesso ai primi due grafici della Fig. 5. L'IC952 presenta una  $V_{in} = 9,8$  V in fase di ST-By e una  $V_{in} = 10,5$  V in fase di accensione (ON).

L'integrato è sempre polarizzato in modo sufficiente e quindi presenta in uscita sempre la tensione  $V_{out} = 4,9$  V in ogni modalità di funzionamento (St-By e ON).

Grazie a questo integrato, il controllore principale IC001 può essere alimentato in ogni condizione di funzionamento, quindi è in grado di operare sempre il controllo sul telaio.

L'IC951 è montato su aletta, così come visto in Foto 4a.

Ci portiamo in pianta stabile su C971, così come visibile in **Foto 7**, perché è posto a monte di IC951.

Accendendo il TVC, il problema si presenta quasi subito.

È rilevata per un attimo la  $V_{out} = 5,15$  V, poi la tensione si abbassa a 0 V. Effettuiamo la stessa verifica più volte per essere sicuri della fase di funzionamento anomalo.

In effetti, constatiamo che l'andamento della tensione è identico al grafico di Fig. 5. Questo ci porta a pensare che, in qualche modo, il controllore riceve il comando di spegnimento portando di conseguenza il TVC in ST-By.

Spostiamo i nostri controlli su IC952 sapendo che, in qualsiasi condizione di funzionamento, deve mantenere sempre la tensione di uscita stabile a 5 V.

Al momento del problema notiamo che effettivamente la tensione  $V_{in}$  è sempre regolare. Il suo valore infatti si aggira intorno ai 9 V.

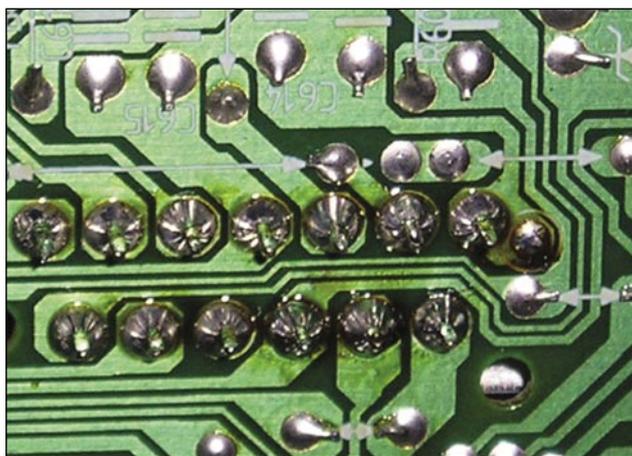
A questo punto ci portiamo sull'emettitore di Q957 (vedere Foto 6). Al momento del problema, la tensione di emettitore si porta a zero, ma non solo.

Toccano con il puntale del tester sulla piazzola dell'emettitore il TVC si accende regolarmente per un istante per poi spegnersi ancora una volta.

La saldatura sull'emettitore sembrerebbe leggermente difettosa. Decidiamo di sostituire il transistor Q957 (un BD909) unitamente all'elettrolitico C971.

Da un ulteriore controllo generale riscontriamo alcune saldature "dubbe" su IC951 e sul finale verticale (vedere **Foto 8** lato componenti e **Foto 9** lato cs).

Dopo un intero pomeriggio in prova, il TVC non sembrerebbe presentare più problemi di nessun genere pertanto, il giorno seguente, sarà riconsegnato al legittimo proprietario. □



**Foto 9 - In breve tempo le saldature avrebbero causato sicuramente altri problemi allo chassis. Ora il pericolo è scongiurato**