



INFN/TC-08/10

28 Ottobre 2008

LA POWER BOARD PER LA STRINGA ANTARES A CAPO PASSERO

Massimiliano Cresta, Davide Piombo, Fabio Pratolongo

INFN - Sezione di Genova, Via Dodecaneso 33, 16146 Genova, Italy

Sommario

Il presente documento è il rapporto riguardante i test di funzionamento svolti sulla scheda in oggetto, tali test sono orientati alla verifica della corretta operatività e ad una stima di affidabilità della scheda. I risultati riportati sono ottenuti in condizione di sovraccarico, per un periodo continuativo di una settimana.

La stabilità dimostrata dalla scheda durante tutto il periodo indica un ottimo margine di affidabilità nelle normali condizioni operative.

1 DESCRIZIONE DELLA SCHEDA

La scheda sottoposta a test è parte fondamentale del progetto NEWASTR che consiste nella costruzione di una stringa ANTARES di dimensioni ridotte con lo scopo di misurare i livelli di bioluminescenza presenti nel sito candidato per NEMO fase 2 al largo di capo Passero.

Lo sviluppo della scheda si è reso necessario in seguito alla differente tipologia di alimentazione presente nel sito ANTARES rispetto al sito NEMO fase 2. Nel primo caso alla base della stringa è fornita una corrente alternata che tramite il modulo di potenza della stringa viene convertita in una tensione continua a 380 Volt e distribuita lungo tutta la lunghezza della stringa. Nel caso di NEMO fase 2, invece, l'alimentatore sottomarino della ALCATEL fornisce alla stringa direttamente la tensione in continua.

La scheda, che in fase operativa viene integrata da un microcontrollore, ricalca nelle sue funzionalità parte di quelle del modulo originale per ANTARES che nello specifico sono:

- 1) Fornire una linea di alimentazione alla tensione di 48 Volt per consentire il funzionamento del modulo String Control Module (SCM)
- 2) Fornire una linea di alimentazione alla tensione di 370 Volt con capacità di accensione e spegnimento per alimentare i tre moduli costituenti la stringa.
- 3) Monitorare i valori delle tensioni fornite
- 4) Monitorare i valori delle correnti assorbite
- 5) Monitorare la temperatura all'interno del contenitore in titanio a base della stringa

Nel presente documento sono descritte esclusivamente le procedure e i test effettuati per la verifica delle specifiche ai punti 1 e 2.

2 DEBUG DELLA SCHEDA

Il PCB della scheda in oggetto è un semplice circuito doppia faccia le cui dimensioni sono 120X200 mm. Il layout e il montaggio sono stati fatti dal laboratorio di elettronica della sezione di Genova.

La complessità della scheda è dovuta alla presenza di convertitore DC- DC della Vicor con una V_{in} di 400 V e una V_{out} di 48 V in continua che dissipa 75 Watt e, naturalmente, pone grossi problemi termici. Perciò dato che nessuna ventola poteva essere inserita nella struttura esistente, si è pensato a un dissipatore in alluminio con la stessa forma della scheda da collegare al cilindro in titanio esterno tramite degli appoggi meccanici in modo da formare un ponte termico ed un isolante elettrico. In questo modo il convertitore sarà raffreddato per contatto con l'acqua del mare (circa 13°C) laddove è previsto la collocazione finale della scheda.

Tenendo conto di avere già a disposizione il dissipatore in alluminio abbiamo deciso di utilizzarlo per collegarci anche i 20 transistor del circuito in modo da avere un solo, grande e più efficiente, dissipatore, invece di averne uno piccolo per ogni transistor.

La presenza dei transistor sul dissipatore ha comportato un lavoro non previsto inizialmente, perchè ogni transistor è stato montato sul dissipatore, precedentemente forato, e non sulla scheda. Inoltre tutti transistor sono stati collegati tramite fili di rame alla scheda prestando molta attenzione ai collegamenti fisici.

Un secondo importante problema che abbiamo trovato è stato il regolatore a 5 Volt, che serve per alimentare la parte digitale della scheda che deve comunicare con il microcontrollore. Il circuito integrato iniziale era un LT3431 della Linear che però non riusciva a sopportare la tensione di 48 Volt, smettendo improvvisamente di funzionare. Il problema si è risolto cambiando il regolatore e passando ad un oggetto della National, l'integrato LM2594. Naturalmente questo nuovo circuito integrato aveva bisogno di un circuito di funzionamento differente da quello precedente che abbiamo cambiato.

A questo punto abbiamo iniziato la fase di debug finale, nella quale abbiamo dovuto modificare il valore di qualche resistenza per ottenere la corretta tensione di uscita. Infine, abbiamo dovuto aggiungere due resistenze sull'uscita per stabilizzarla meglio.

3 MISURE SULLA SCHEDA

La prima misura fatta sulla scheda è la risposta della tensione di uscita (V_{out}) in funzione del cambiamento della tensione di ingresso V_{in} ; perciò abbiamo fatto cambiare la V_{in} da 300 V a 400 V, con un passo di 5 V, mettendo su V_{out} un carico simile a quello reale e prendendo il valore di V_{out} dopo un tempo di assestamento di 60 secondi.

Il grafico risultante si vede in figura 1.

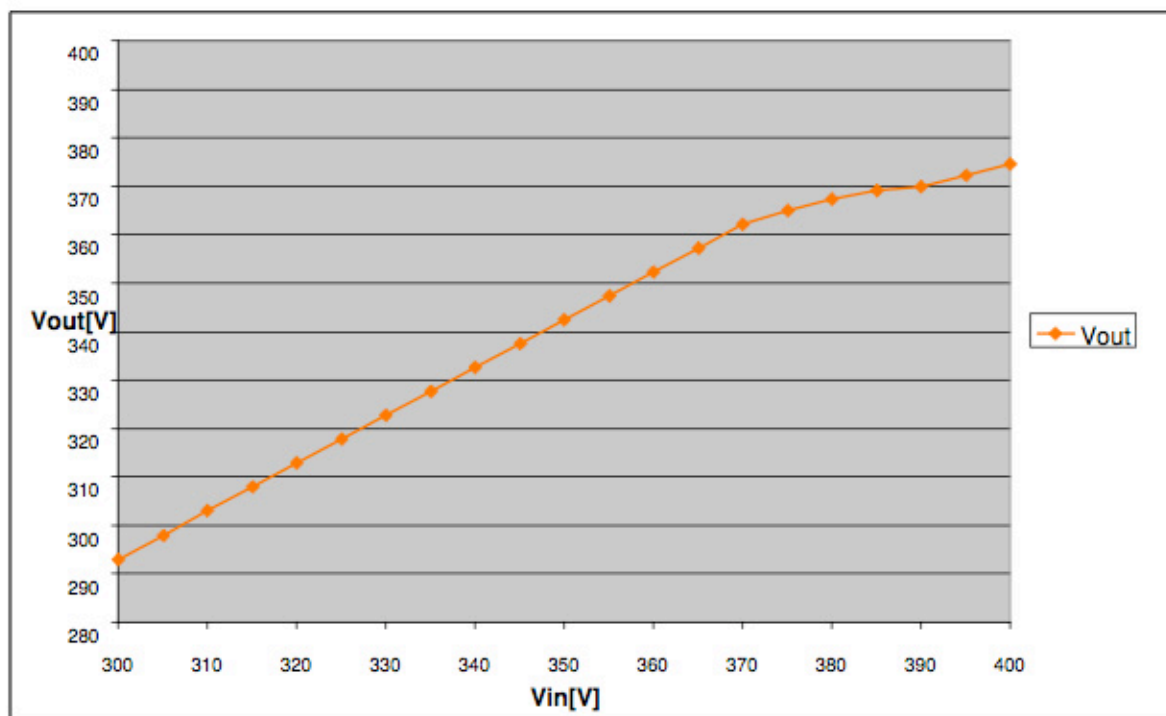


FIG. 1: V_{out} al variare di V_{in} .

Nel grafico si possono notare due parti. La prima con $V_{in} < 370$ V con una V_{out} che si continua a caricare perdendo un 7-10 V dovuti principalmente alle tensioni sui transistor di uscita. Una seconda parte del grafico con $V_{in} > 370$ V con la V_{out} che tende ad stabilizzarsi mantenendosi nel range che va da 367 a 372 V. Quindi la V_{out} presenta una variazione totale di 5 V mentre la variazione di V_{in} è di 30 V. In questa fase la tensione di uscita V_{out} è abbastanza stabile.

La stessa misura è stata fatta per la tensione di uscita a 48 V che abbiamo chiamato V48 che sostanzialmente è la tensione che esce dal regolatore Vicor ed entra in una circuiteria analogica per poter essere abilitato o disabilitato come da specifiche.

Le condizioni di misura sono le stesse di prima ma con un carico reale differente. Il grafico risultante si vede in figura 2.

Si vede chiaramente che la tensione V48 si mantiene molto stabile per tutta la gamma di valori della V_{in} .

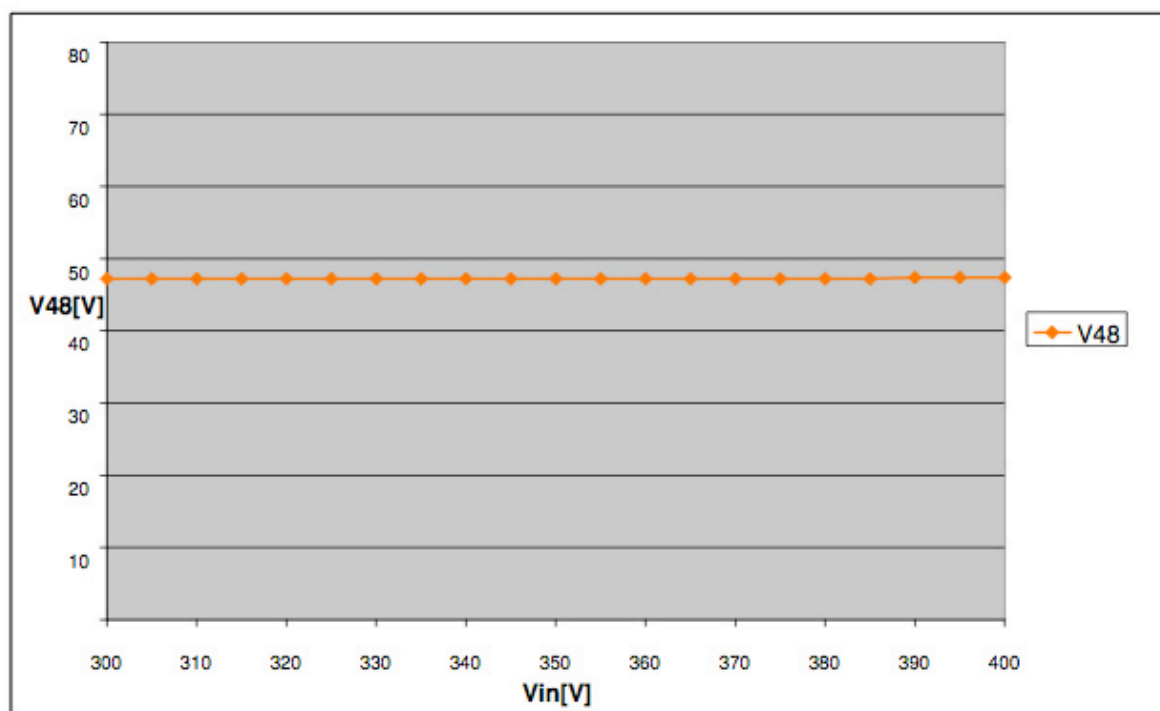


FIG. 2: V48 al variare di V_{in} .

Una seconda serie di misure importante da fare sulle schede di alimentazione è vedere la risposta della tensione di uscita in funzione di carichi differenti, che in teoria dovrebbe essere invariante.

Infatti, in Figura 3 si vede l'andamento di V48 con due diversi carichi. Le condizioni di misura sono con $V_{in} = 380$ V. Nella curva in blu ci sono le condizioni operative con il carico (RL) fissato a 40 ohm per una potenza di circa 60 W. Nella curva in rosso $RL = 120$ ohm per

una potenza di circa 19 W. La misura è stata presa per 15 minuti dopo aver atteso qualche minuto che il circuito fosse a regime.

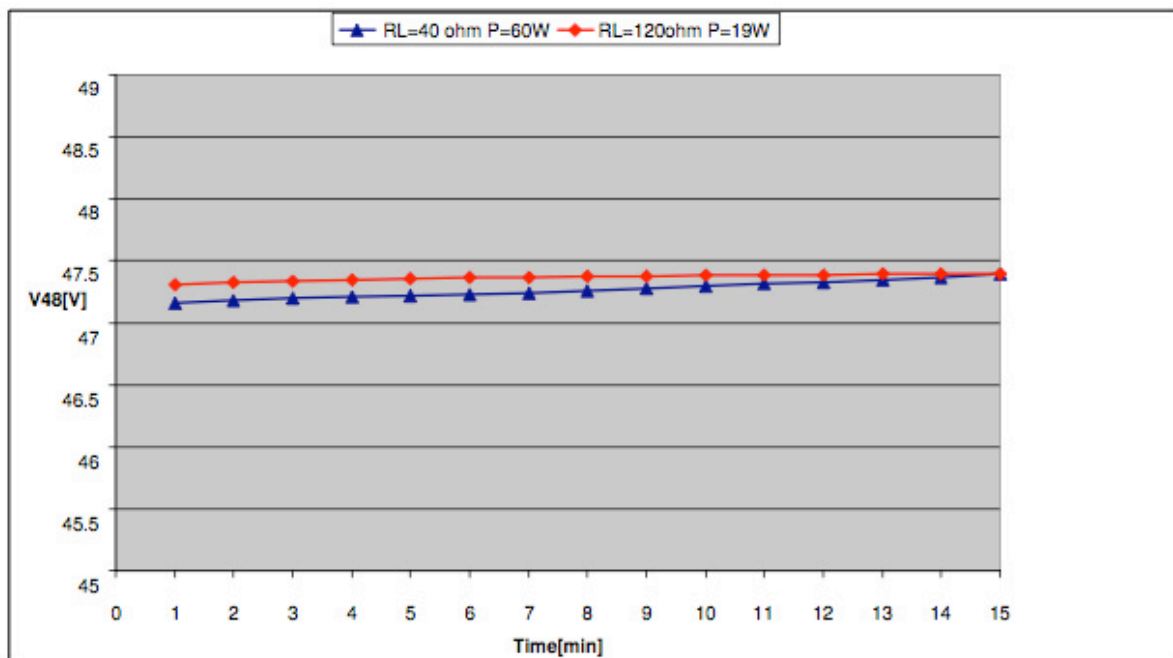


FIG. 3: V48 con diversi carichi.

Quello che si nota è che le due curve sono praticamente le stesse e la V48 è fissa a poco più di 47 V.

Anche per la Vout abbiamo fatto la stessa misura, sempre per una $V_{in} = 380$ V. I risultati si vedono in figura 4.

Nella curva in rosso c'è il carico operativo fornito dal progettista che prevede $RL = 1k\Omega$ per una potenza di 140 W. La curva in blu rappresenta un carico di diverse lampadine con una potenza calcolata di 110 W mentre la curva in giallo rappresenta un carico con $RL = 4.1k\Omega$ con una potenza di 34 W. Si nota che le curve sono di nuovo molto simile tra loro escluso il primo punto del carico di $4.1k\Omega$. Secondo noi perché il circuito era stato appena acceso e la Vout non aveva ancora raggiunto il valore di regime.

In definitiva queste misure ci dimostrano che sia V48 che Vout rispondono bene alle variazioni della tensione di ingresso e si mantengono stabili per diversi carichi.

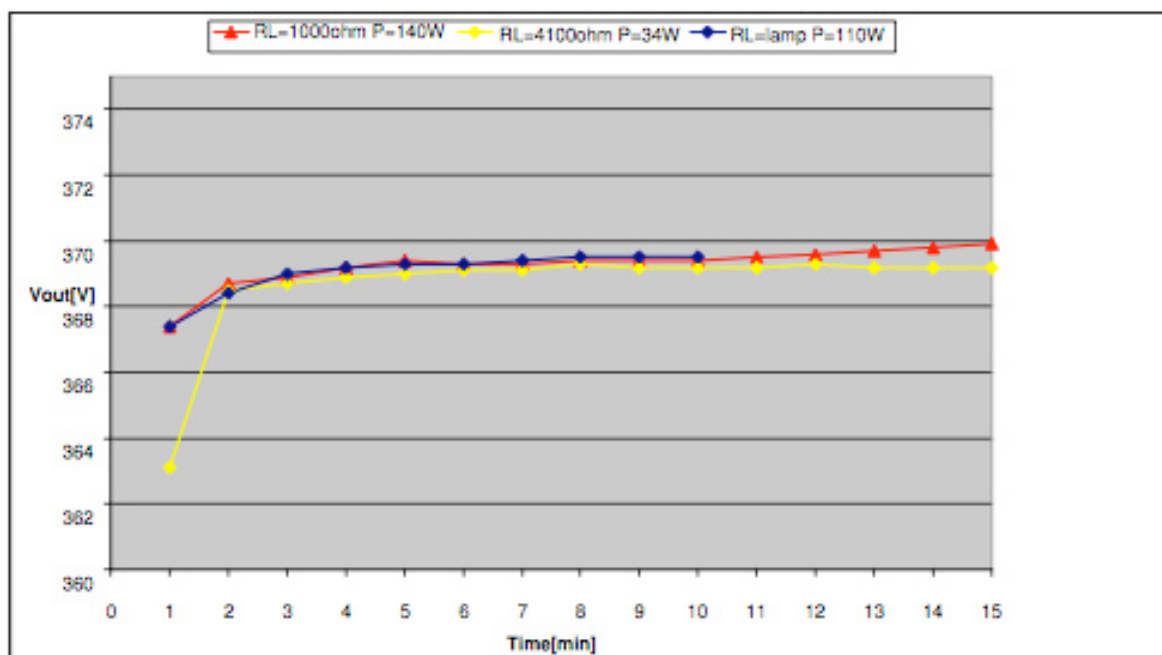


FIG. 4: *Vout con diversi carichi.*

4 MISURE DI DURATA DELLA SCHEDA

La misura più importante da fare per la scheda in oggetto è stata la misura di durata. Abbiamo predisposto una camera di misura immettendo tutto il sistema composto dalla scheda più dissipatore nel cilindro di titanio chiuso e immergendo il tutto in acqua debitamente raffreddata a 13°C. Abbiamo monitorato la V48 e la Vout e le temperature di Q1 e di Q11 per una settimana. Infatti, nelle nostre misure abbiamo voluto vedere anche l'analisi termica di alcuni transistor particolarmente importanti per controllare la bontà del dissipatore. Abbiamo monitorato il transistor di uscita di V48 (Q1) e uno dei transistor di uscita di Vout (Q11).

Le condizioni di misura sono $V_{in} = 380 \text{ V}$, $R_L = 40\Omega$ per una potenza di circa 60 W sulla tensione V48 mentre $R_L=1\text{k}\Omega$ per una potenza di circa 140 W per la tensione Vout.

I risultati sono mostrati nella figura nella pagina seguente.

Quello che si nota subito è la completa stabilità della V48. Soltanto nella prima ora di misure si è vista qualche piccola differenza. Ma se il valore di regime è 46.98 V il valore più lontano (il primo) era di 46.94 V. Quindi parliamo di una differenza di 0.04 V su 47 V (0.08%).

La tensione V48 è completamente stabile.

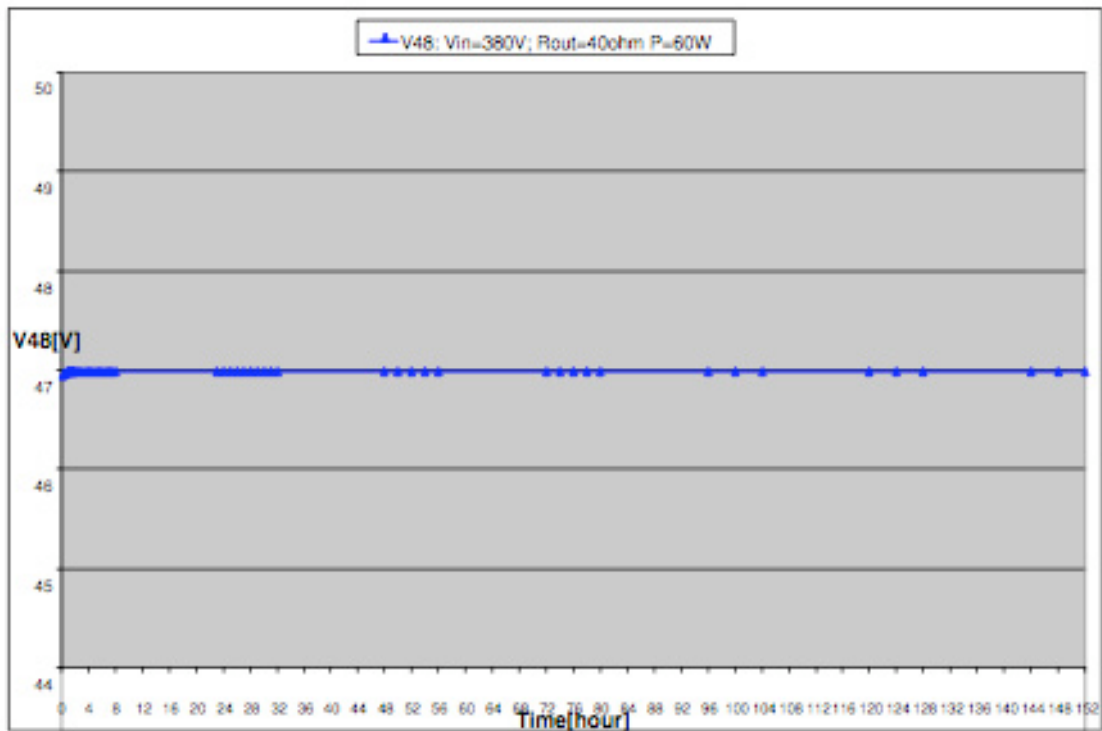


FIG. 5: Una settimana di misure per V48.

In figura 6 mostriamo l'andamento della tensione Vout dopo una settimana di misure.

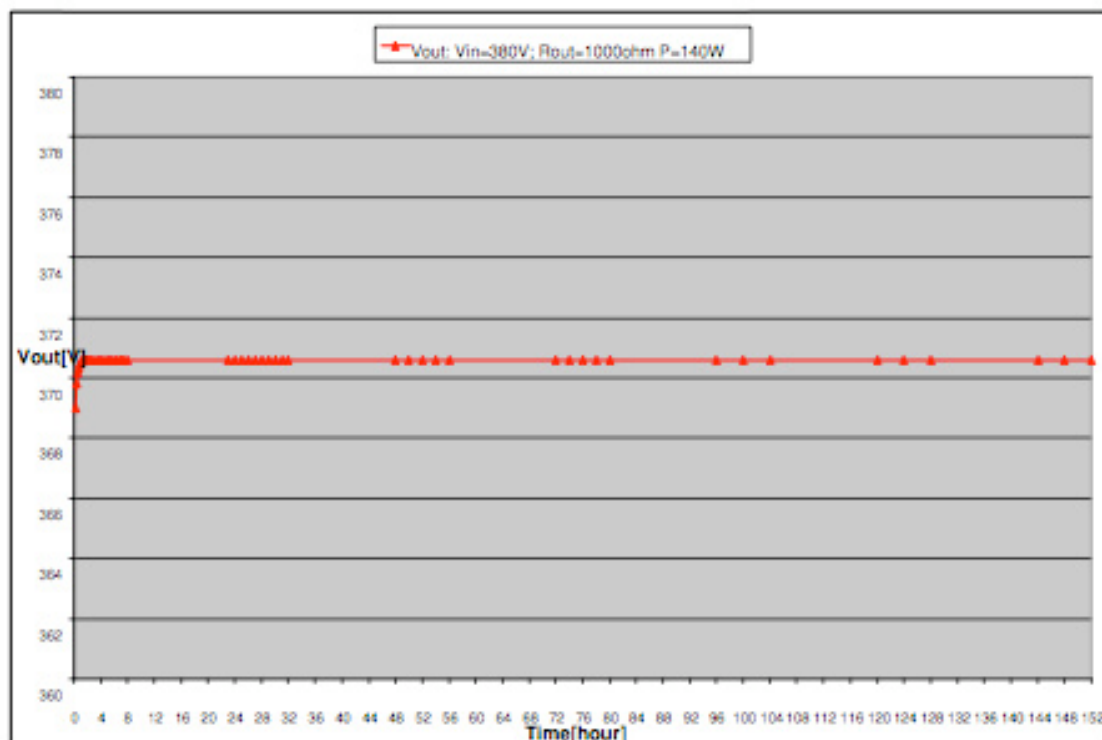


FIG. 6: Una settimana di misure per Vout.

Complessivamente anche questa tensione è molto stabile e il suo valore di regime è 370.6 V. Quello che si può notare è che i primi valori appaiono leggermente diversi, anche se dobbiamo ricordarci che la scala della figura inizia da 360 V.

Per analizzare meglio la situazione abbiamo inserito la figura 7 che mostra l'andamento della Vout nelle prime 5 ore di misure.

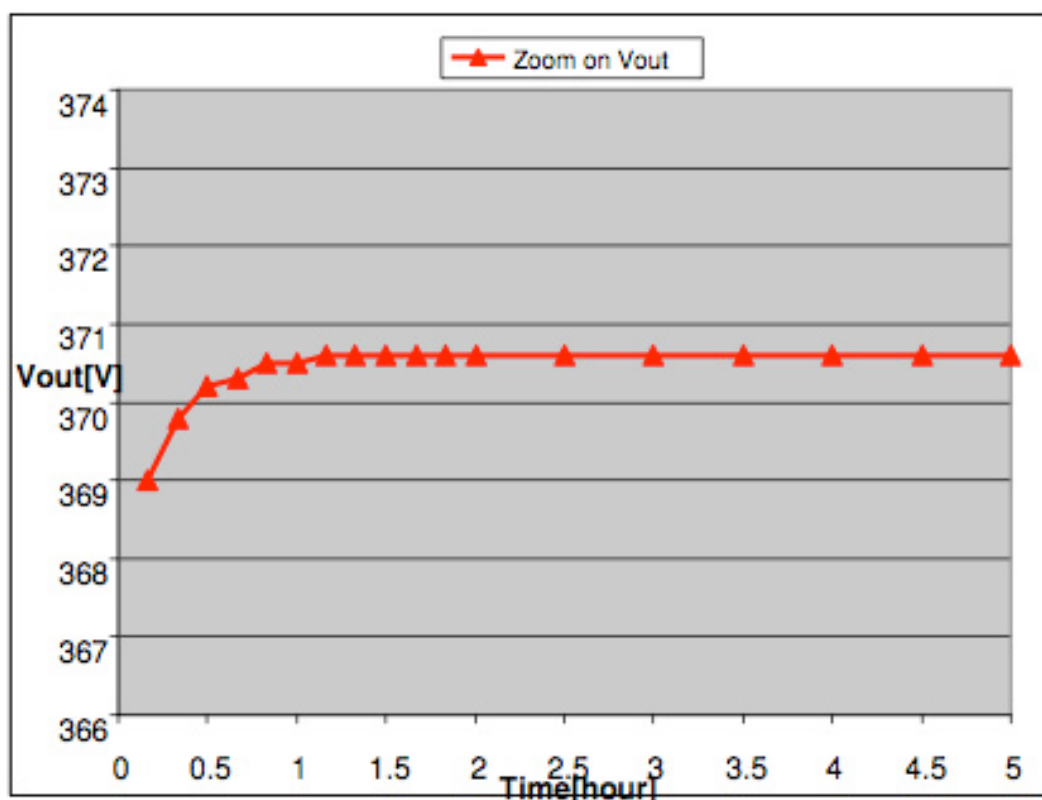


FIG. 7: Le prime 5 ore di misura sulla Vout.

Si vede che il valore di regime viene raggiunto dopo 50 minuti dall'inizio della misura. Il valore più distante è il primo (369 V), quindi parliamo di una differenza di 1.6 V su 370 V (0.43%). Si può concludere che anche la Vout è molto stabile.

Sull'analisi termica si nota che dove passa una corrente maggiore si ha una temperatura maggiore. Inoltre si vede una lenta tendenza a scaldare il dissipatore che deve essere considerata e migliorata con un maggiore passaggio termico verso l'acqua. In ogni caso i valori di temperatura misurati sono 33-35°C per i transistor e circa 45°C per il convertitore della Vicor.

Possiamo concludere dopo una serie di misure consistenti che la scheda POWER BOARD risponde molto bene alle specifiche della collaborazione sia come valore delle tensioni di uscita sia in materia di stabilità.