



Rapporti Tecnici INAF INAF Technical Reports

Number	170
Publication Year	2022
Acceptance in OA@INAF	2022-07-05T15:09:29Z
Title	Relazione tecnica sulla PSU board (Power Supply Unit) del CubeSat HERMES (High Energy Rapid Modular Ensemble of Satellites): Struttura e circuito implementato per le linee di alimentazione della FEE.
Authors	NOGARA, PAOLO, SOTTILE, Giuseppe
Affiliation of first author	IASF Palermo
Handle	http://hdl.handle.net/20.500.12386/32458 , https://doi.org/10.20371/INAF/TechRep/170

Relazione tecnica sulla PSU board (Power Supply Unit) del CubeSat HERMES (High Energy Rapid Modular Ensemble of Satellites): Struttura e circuito implementato per le linee di alimentazione della FEE.

Descrizione sull'implementazione del controllo delle linee di alimentazione per la FEE da parte della PSU board (5V0_FEE, 3V3A_FEE e 3V3D_FEE).

Paolo Nogara*, Giuseppe Sottile*

*IASF-INAF di Palermo – Palermo (PA)

Sommario

Prefazione.....	3
Capitolo 1: Schema a blocchi della 5V0_FEE.....	4
Capitolo 2: Dallo schema a blocchi allo schemi elettrico.....	5
Capitolo 3: Realizzazione schede e test di funzionamento.....	8
Capitolo 4: Conclusioni.....	10
Bibliografia.....	10

Prefazione

Con questo documento si vuole dare una descrizione dettagliata delle scelte progettuali che sono state fatte per la realizzazione del circuito relativo la scheda PSU (Power Supply Unit) dei CubeSat del progetto HERMES.

Di seguito verrà descritta la struttura del seguente documento.

Nel **Capitolo 1** si riporta lo schema a blocchi della linea di alimentazione 5V0_FEE della PSU e delle linee derivate da essa: 3V3A_FEE e 3V3D_FEE. Si descriveranno la struttura e le funzionalità delle varie sezioni.

Nel **Capitolo 2** si descrivono gli schemi elettrici con cui si sono implementati i blocchi descritti nel Capitolo 1.

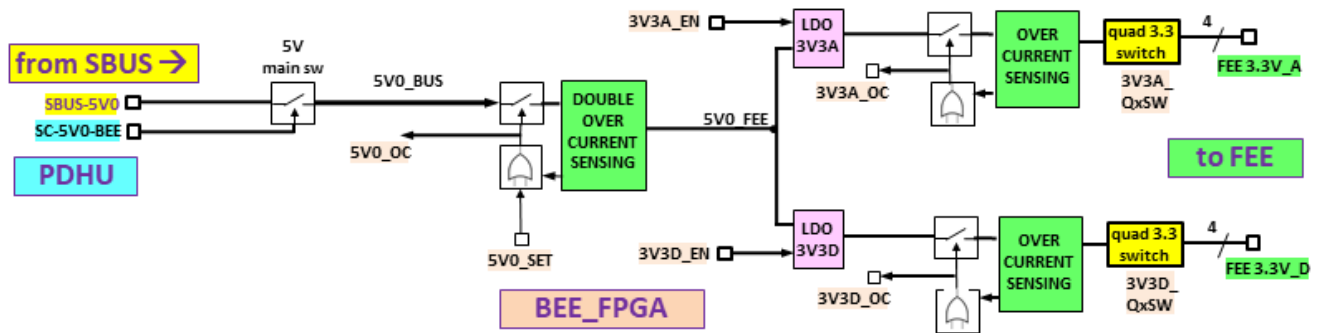
Nel **Capitolo 3** si descrivono le board realizzate, ed i setup implementati, per verificare il funzionamento dei circuiti che costituiscono le varie sezioni dello schema a blocchi della PSU. Si riportano pure gli andamenti e i risultati delle grandezze d'interesse.

Nel **Capitolo 4** si riportano le conclusioni e le osservazioni sui circuiti realizzati ed alle relative acquisizioni.

Capitolo 1: Schema a blocchi della 5V0_FEE.

Con la PSU (*Power Supply Unit*) si devono fornire le tensioni necessarie al funzionamento del *Payload*. Tali tensioni provengono dal BUS di satellite e devono essere opportunamente indirizzate alle varie sezioni del *Payload*.

Di seguito si riporta lo schema a blocchi della linea 5V0_FEE da cui si generano le tensioni 3V3A_FEE e 3V3D_FEE con cui si alimenta la FEE:



Va notata una certa somiglianza tra lo schema a blocchi riportato sopra e quello della 5V0_BEE riportato nel precedente report [1]. Nello specifico si chiarisce che il blocco “5V0 main sw” è lo stesso in quanto si ha un solo switch di BUS relativo ad SBUS-5V0. Dalla sezione 5V0_BUS, che non va monitorata, si forniscono i 5V a tutte le sezioni della PSU che ne necessitano per funzionare.

Tra le sezioni 5V0_BUS e 5V0_FEE si hanno gli stessi blocchi visti per la 5V0-BEE riportati nel report [1]: uno switch pilotato a livelli logici dalla BEE, un blocco di Current Sensing implementato con due *INA301-Q1* che monitorano la stessa R_{sense} [2] ed un blocco OR.

A seguire si ha la 5V0_FEE da cui, come detto prima, si generano la 3V3A_FEE e la 3V3D_FEE. Dato che in questo report le tensioni in questione servono ad alimentare la FEE, per semplicità verranno indicate senza il suffisso FEE (es: 3V3A, 3V3D).

Si descrive un solo ramo perché la struttura è uguale sia per i 3V3A che per i 3V3D.

Le tensioni 3V3A e 3V3D vengono rispettivamente generate da due regolatori (LDO [3]) abilitati dalla BEE.

A valle del regolatore si ha uno switch pilotato a livelli dal singolo *INA301-Q1* presente nel blocco di Over Current Sensing [4]. Questo switch viene denominato “switch di linea” in quanto permette, o meno, di fornire i 3V3A alla circuiteria a valle.

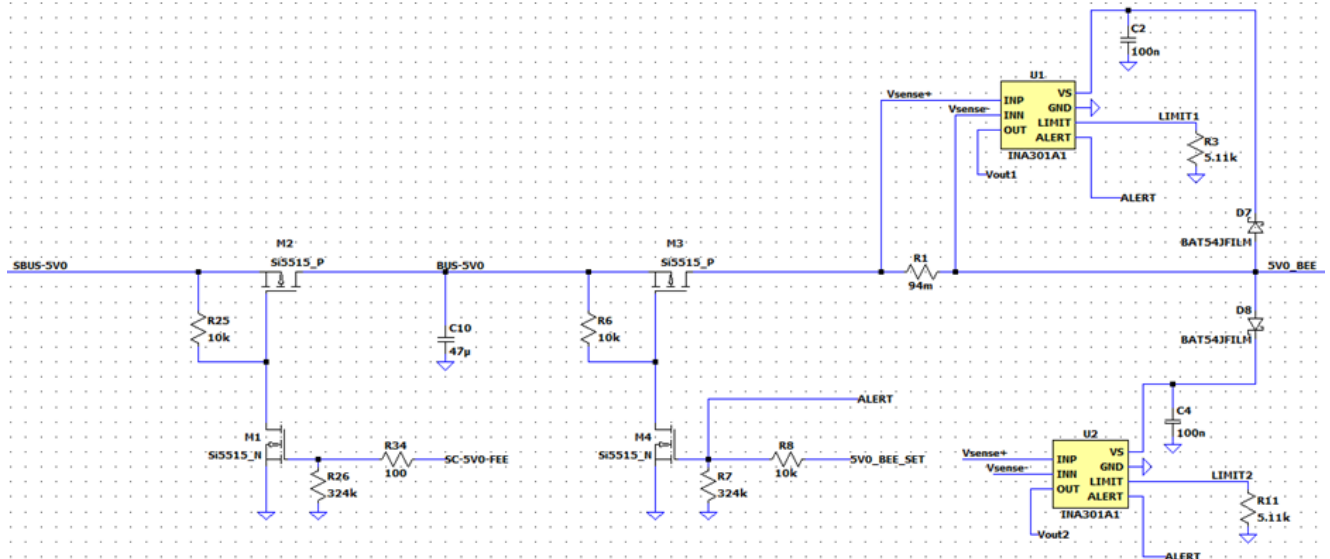
Le alimentazioni della FEE vengono fornite mediante quattro quadranti indipendenti: quadrante A (QA), quadrante B (QB), quadrante C (QC) e quadrante D (QD). Il singolo quadrante è alimentato quando viene abilitato il relativo “switch di quadrante”. Relativamente alle tensioni 3V3 dei due rami si precisa che lo switch di linea e tutti gli switches di quadrante sono stati implementati con uno switch integrato [5].

Si è scelto di utilizzare uno switch integrato perché, oltre al range della tensione V_{IN} da controllare, sull’uscita implementa la funzione di Quick Output Discharge (QOD), questo permette di scaricare velocemente le capacità di carico.

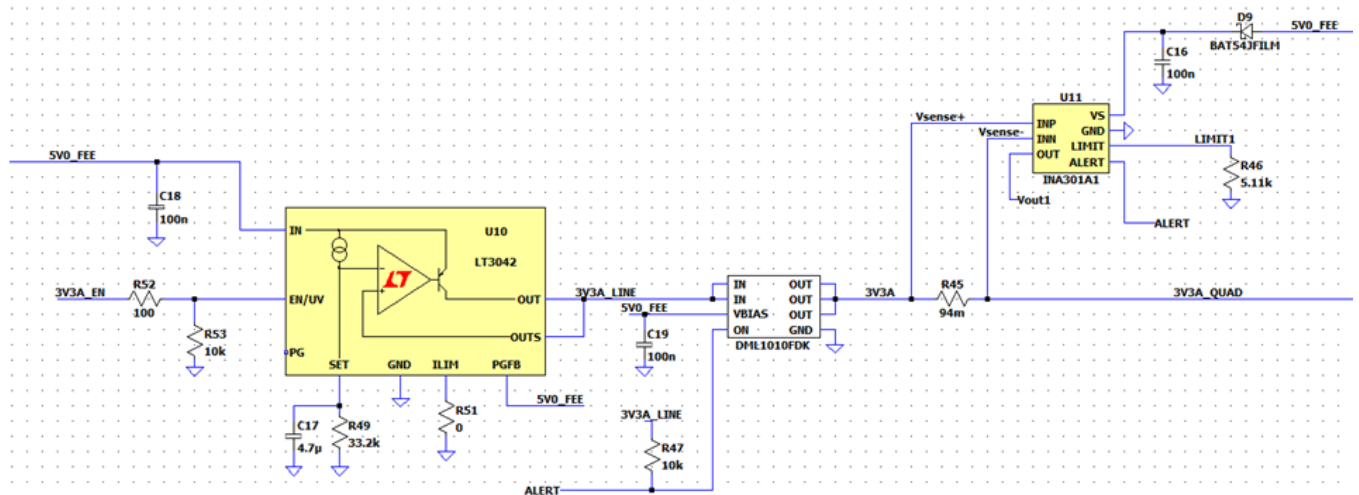
Sia l’*INA301-Q1* del blocco Over Current Sensing che gli switches integrati, di linea e di quadrante, sono alimentati dalla 5V0_FEE.

Capitolo 2: Dallo schema a blocchi allo schemi elettrico

Dato che dal BUS di satellite (SBUS) fino ad arrivare alla sezione 5V0_FEE si ha la stessa struttura descritta nella sezione sulla 5V0_BEE del report [1], per semplicità adesso si riporta solamente lo schema elettrico:



Sia i 3V3A che i 3V3D vengono generati dalla 5V0_FEE mediante un regolatore LDO [3] [6] a basso rumore. La linea a 3V3 ottenuta viene monitorata da un solo *INA301-Q1* che pilota uno switch integrato. Per semplicità di seguito verrà descritta la sezione relativa alla sezione dei 3V3A (identica alla sezione 3V3D). Ora si riporta il circuito della 3V3A:



La tensione 3V3A viene generata quando la BEE porta alto il pin 3V3A_EN. Questo pin è controllato a livelli ed infatti se viene portato basso, o rilasciato, si interrompe la generazione dei 3V3A.

Lo switch a valle del regolatore è alimentato dalla sezione 5V0_FEE e viene abilitato (=chiuso) quando la tensione della sezione a valle del regolatore (3V3A_LINE) raggiunge gli 0.8V

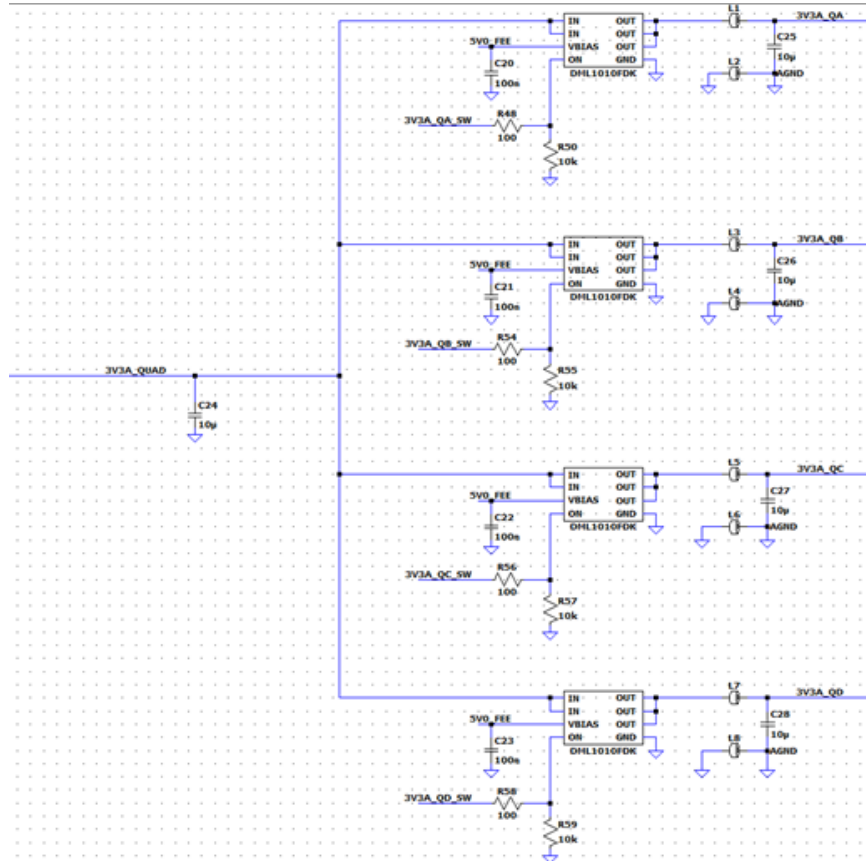
La tensione generata non viene fornita istantaneamente ai quadranti (sezione 3V3A_QUAD), questo perché il regolatore implementa una funzione soft-start al fine di evitare che l'*INA301-Q1* rilevi la corrente di spunto come una possibile condizione di OC. Per dettagli sul funzionamento del regolatore e dello switch integrato si rimanda al datasheet dei componenti:

- LT3042 [3])
- DML1010FDK [5].

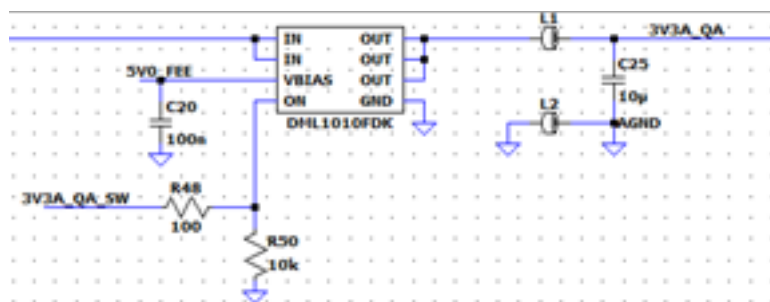
A valle dello switch di linea c'è un *INA301-Q1* che monitora la R_{sense} della linea 3V3A.

Se uno dei quadranti dovesse essere soggetto ad un assorbimento anomalo, l'*INA301-Q1* interviene aprendo lo switch di linea. Così facendo si disalimentano i quattro quadranti e si riduce il rischio di danneggiare la FEE.

Di seguito si riporta per completezza l'ultima sezione della in cui si hanno gli switches di quadrante:

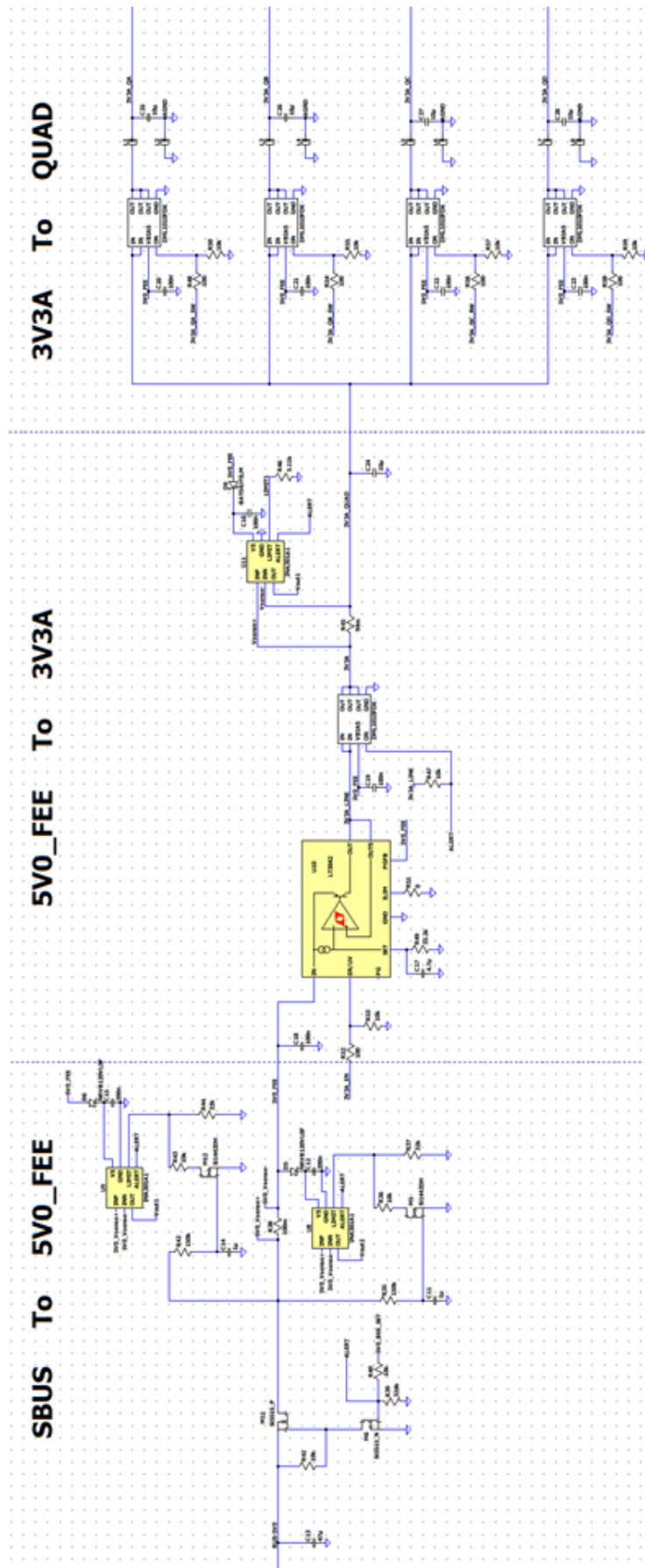


Ogni switch di quadrante viene controllato dalla BEE mediante il relativo pin 3V3A_Qx_SW, in cui "Qx" si sostituisce con "QA" nel caso si volesse controllare il quadrante A. Di seguito si riporta lo zoom sul singolo switch di quadrante:



In uscita al singolo quadrante è stato inserito un filtro fatto da due ferriti ed un condensatore per separare il GND della PSU (a sinistra) dal GND analogico della FEE (AGND a destra).

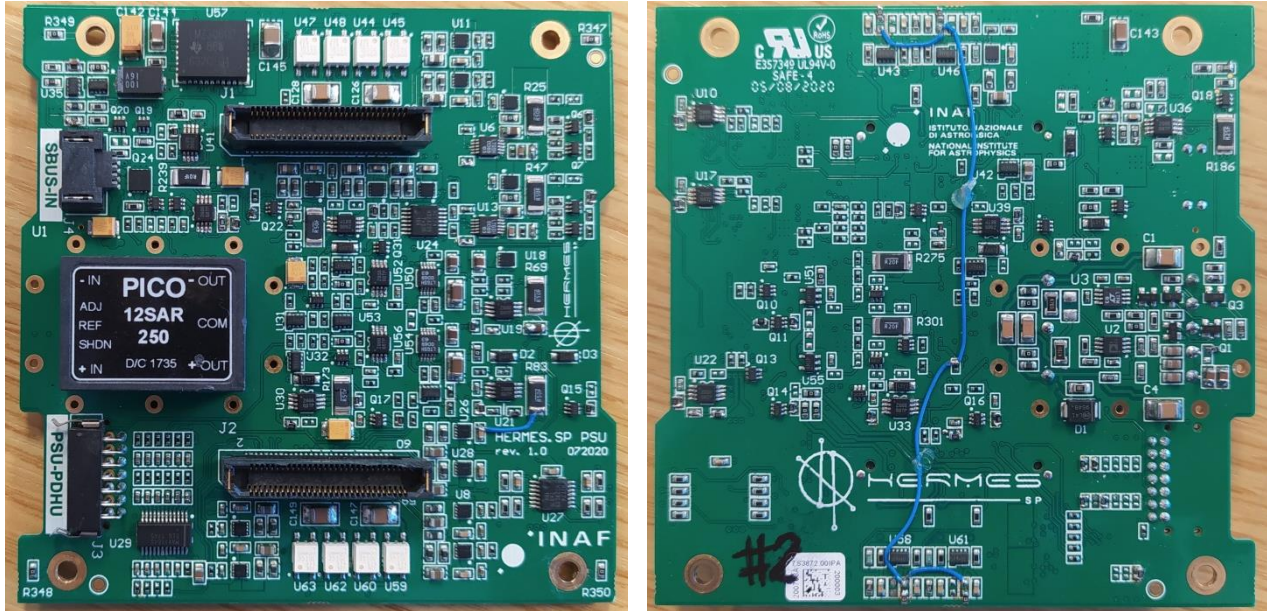
Per completezza di seguito si riporta la linea fin qui descritta, ovvero da SBUS ai quadranti della 3V3A:



La stessa struttura fin qui descritta è stata implementata per la linea digitale 3V3D.

Capitolo 3: Realizzazione schede e test di funzionamento

Come per le tensioni 3V3_BEE e 5V0_BEE anche per le tensioni necessarie alla FEE i test sono stati effettuati sulle boards della PSU in cui sono contenute tutte le linee: 12V0, 5V0 e 3V3. Di seguito si riportano il fronte ed il retro della PSU:



Dai vari test che si sono effettuati sulle PSU boards si sono potuti evincere dei comportamenti anomali che non erano stati inizialmente previsti: uno tra tutti la notevole corrente di spunto in corrispondenza della chiusura degli switch di quadrante. Nello specifico, dopo aver abilitato la sezione 5V0_FEE ed abilitato i regolatori per generare i 3V3A e 3V3D, si rilevava una condizione di OC sulla sezione 5V0_FEE quando si chiudeva uno switch di quadrante.

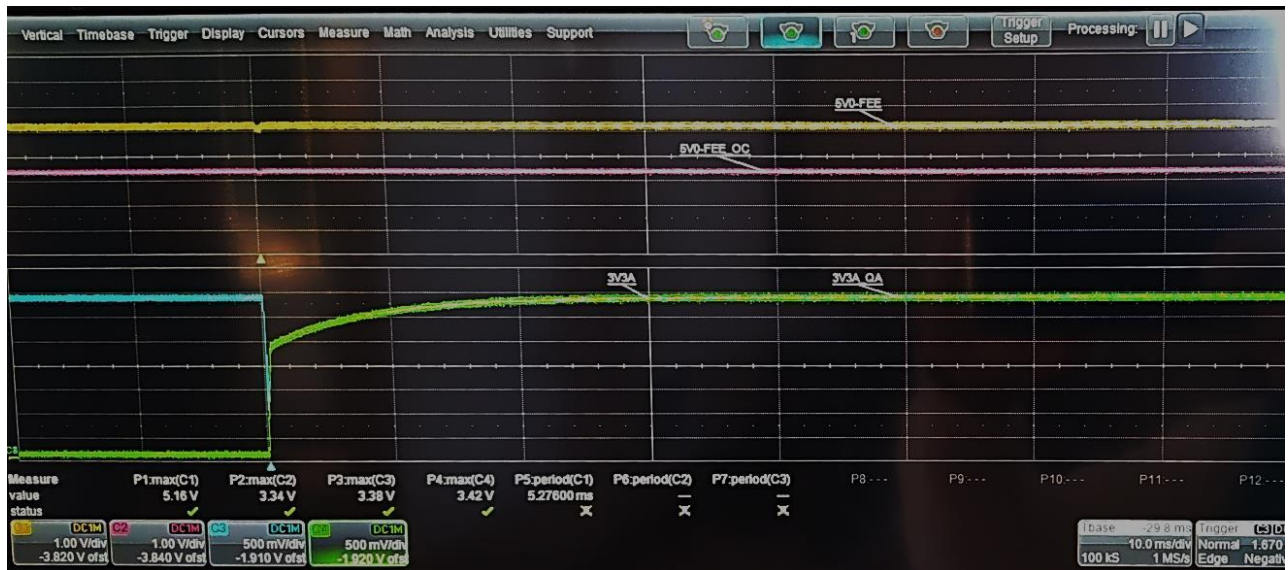
L'individuazione di queste problematiche ha permesso di mettere a punto delle sequenze di accensione/spegnimento che hanno portato ad un corretto controllo della PSU.

L'introduzione del soft-start per la generazione dei 3V3A e 3V3D è stato implementato proprio per ridurre gli effetti della corrente di spunto. Ove non è stato possibile usufruire del soft-start (sezione 5V0_FEE), si è intervenuti introducendo la rete ritardatrice vista per la 3V3_BEE e 5V0_BEE [1]. Questo ha permesso di ottenere una soglia più alta all'accensione e la soglia desiderata a regime.

Finché non si è realizzata una prima versione del firmware di gestione della PSU, i test sono stati eseguiti saldando dei fili direttamente su alcuni componenti della stessa PSU. Questo ha fatto sì che l'implementazione del setup diventasse un fattore non trascurabile sulle misure (es: lunghezza fili, twist delle linee di alimentazione, falsi contatti, ecc.).

I test hanno anche permesso di evidenziare alcune criticità che dalle simulazioni non erano evidenti. Ad esempio si è visto come alcuni componenti andavano alimentati da sezioni diverse da quelle di progetto.

Di seguito si riporta l'andamento delle tensioni 5V0_FEE, 3V3A e 3V3_QA in corrispondenza della chiusura di un quadrante QA sulla linea 3V3A:

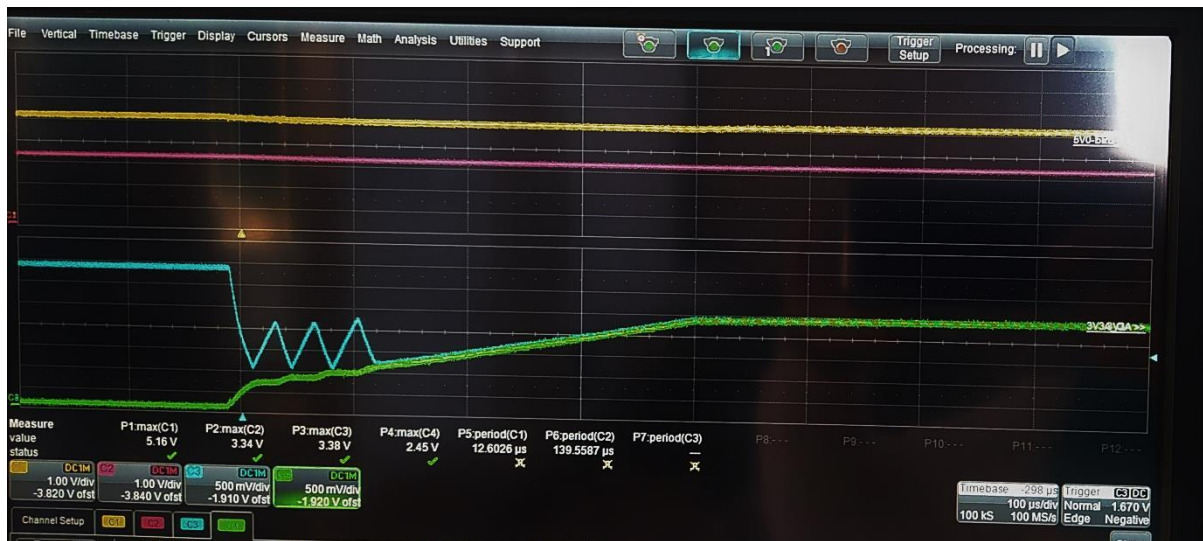


In queste acquisizioni in si era cortocircuitata la R_{sense} per vedere come si comportava il regolatore in corrispondenza di un aumento repentino della corrente di carico.

Come si vede l'effetto sulla 5V0_FEE (in giallo) è trascurabile.

Sulla tensione 3V3A (in ciano) invece si ha un notevole calo perché le capacità di quadrante del carico sono scariche. Si è riportata anche la tensione 3V3A_QA all'uscita del quadrante (in verde).

Effettuando uno zoom in corrispondenza della chiusura dello switch si è visto quanto di seguito:



Le oscillazioni si sono manifestate finché la corrente richiesta dal carico è stata maggiore della massima corrente erogabile dal regolatore in fase di spunto [3]. Non appena si rientra entro i valori massimi si stabilizzano i 3V3A anche sul quadrante.

Capitolo 4: Conclusioni

Una volta che si sono introdotte le reti ritardatrici e i soft-start si sono ridotti notevolmente i rivelamenti delle condizioni di OC introdotti da un errato controllo degli switches. In questo modo si è potuto migliorare il firmware per la gestione della PSU.

Una volta fatte le modifiche alle varie sezioni e verificati i funzionamenti con il controllo effettuato tramite BEE, si sono rimossi i fili inizialmente saldati e si è verificato il controllo della PSU mediante BEE. Inoltre inducendo delle condizioni di OC, tramite la connessione in parallelo di un carico noto in corrispondenza della pressione di un tasto [2], la BEE (o gli *INA301-Q1*) pilota in maniera corretta gli switches delle varie linee evitando così che si inneschino delle oscillazioni per il controllo dello switch ed inoltre si evita il carico si possa danneggiare.

La struttura della linea che va dai 5V0_SBUS alla tensione 3V3A (o 3V3D) di quadrante, associata al controllo della BEE, ha permesso di ottenere il funzionamento desiderato.

Bibliografia

- [1] G. S. Paolo Nogara, «Relazione tecnica sulla PSU board (Power Supply Unit) del CubeSat HERMES (High Energy Rapid Modular Ensemble of Satellites): Struttura e circuito implementato per le linee di alimentazione della BEE.,» Open Acces INAF, 2022.
- [2] G. S. Paolo Nogara, «Relazione tecnica sulla PSU board (Power Supply Unit) del CubeSat HERMES (High Energy Rapid Modular Ensemble of Satellites): Struttura e circuito implementato per la generica linea di alimentazione sulla PSU,» Open Access INAF, 2022.
- [3] A. Devices, «LT3042 Datasheet and Product Info,» Analog Devices, [Online]. Available: <https://www.analog.com/en/products/lt3042.html>.
- [4] T. Instrument, «INA301-Q1 data sheet, product information and support,» Texas Instrument, [Online]. Available: <https://www.ti.com/product/INA301-Q1>.
- [5] D. Incorporated, «DML1010FDK (Discrete - Load Switches),» DIODES Incorporated, [Online]. Available: <https://www.diodes.com/part/view/DML1010FDK/>.
- [6] G. S. Fabio Lo Gerfo, «Misura del PSRR nei regolatori di tensione ad alte prestazioni,» Open Access INAF, 2022.