

# Hardware per la prototipazione rapida di un inverter di trazione

Candidata: Donatella SPONSO

Relatore: Eric Giacomo ARMANDO

Correlatore: Fabio MANDRILE

**Abstract**—L’elaborato mira alla progettazione di un convertitore per banchi prova di azionamenti elettrici, basato sull’Evaluation Kit di un inverter trifase a IGBT. Tuttavia, l’Evaluation Kit iniziale presenta alcune lacune che ne limitano l’utilizzo in laboratorio. L’obiettivo principale è colmare queste lacune attraverso la progettazione e l’integrazione di funzionalità mancanti. Questo coinvolge lo sviluppo di una scheda elettronica di controllo digitale per implementare il controllo del convertitore e l’aggiunta di un’interfaccia di comunicazione per la connessione con altri dispositivi nel laboratorio. Inoltre, si è reso necessario dimensionare e progettare un DC Link adatto alle esigenze di testing del laboratorio per sostituire quello esistente.

## I. INTRODUZIONE E OBIETTIVI DELLA TESI

L’Evaluation Kit in esame è il *NVG800A75L4DSB-EVK*, mostrato in figura 1. Il kit presenta moduli di potenza, dissipatore, DC Link e sensori, ma mancano elementi chiave che ne limitano l’uso immediato in ambiente di laboratorio.

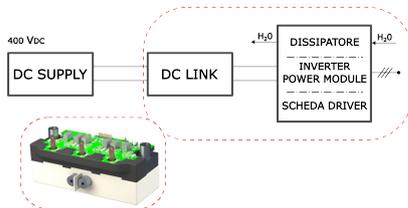


Figura 1: Schema a blocchi del sistema di partenza.

Per rendere il sistema fruibile, è stato deciso di predisporre una interfaccia di controllo, protezioni, sensori di temperatura e flusso, interfaccia per il sensore di posizione, gestione del DC Link, filtro EMI e un contenitore di sicurezza. A tal fine, sono state progettate e sviluppate una scheda elettronica di controllo digitale per l’implementazione di un controllo del convertitore, una scheda per la gestione del DC Link e l’aggiunta di un’interfaccia di comunicazione per collegare il convertitore con altri dispositivi nel laboratorio. Inoltre, è risultato indispensabile dimensionare e progettare un DC Link adatto alle esigenze di testing del laboratorio per sostituire quello esistente di corrente efficace insufficiente.

L’obiettivo della tesi è implementare tali funzionalità mancanti, creando un sistema adatto all’ambiente di laboratorio.

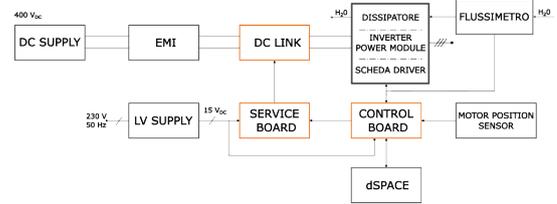


Figura 2: Schema a blocchi del sistema finale, sono evidenziate le parti da me sviluppate durante il lavoro di tesi.

## II. DIMENSIONAMENTO DEL DC LINK

Il ruolo dei condensatori DC Link nella conversione di potenza, soprattutto negli inverter PWM trifase, filtrare la tensione di ingresso e mitigare i ripple generati dai circuiti di commutazione ad alta frequenza. L’Evaluation Board *NVG800A75L4DSB-EVK* è progettato per valutare inverter di trazione EV/HEV, con requisiti specifici per il DC Link in un ciclo guida: tensione nominale di 400V, corrente efficace di 250A e condensatori film con capacità totale di 500 $\mu$ F. La necessità di sostituire il DC Link esistente è dovuta all’esigenza di voler testare i DUT al massimo delle loro prestazioni. A tal fine è stata condotta una simulazione per ricavare lo stress di corrente massimo che il DC Link deve sopportare senza subire danni ipotizzando un sistema senza perdite e modellizzando la sorgente come un generatore di corrente che inietta la corrente  $i_{bus}$  nel sistema, mentre l’inverter come un generatore di corrente ad onda quadra che fornisce la corrente media  $I_{bus}$  al carico. Successivamente è stato valutato il valore capacitivo opportuno (pari a 872 $\mu$ F) per garantire un funzionamento continuativo ed efficiente.

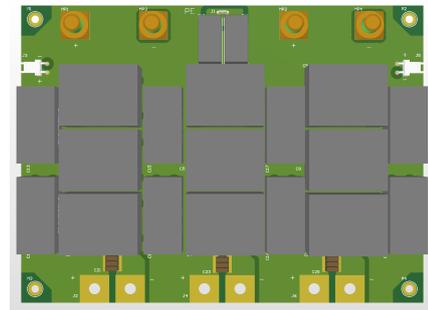


Figura 3: Layout del DC Link.

Il progetto prevede la realizzazione di un PCB di potenza (figura 3) con attenzione alla gestione delle connessioni, al fine di integrare il nuovo DC Link all’interno del contenitore per montaggio in rack ventilato *RSPRO4U*.

### III. SERVICE BOARD

La Service Board è la scheda elettronica dedicata a gestire l'alimentazione del DC Link, garantendo un corretto processo di immagazzinamento e rilascio di energia nell'elemento di accumulo (figura 4). A tal scopo sono stati progettati i circuiti di:

- Precarica: il ramo è costituito da due IGBT in anti-serie e un resistore PTC;
- Scarica: il ramo è costituito da un resistore e da un MOSFET di tipo depletion pilotato con sistema level shift.

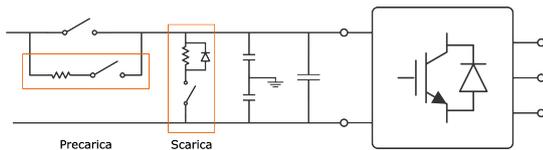


Figura 4: Gestione della scarica e della precarica del DC Link.

La scheda integra anche comandi ausiliari per il corretto funzionamento del sistema quali:

- Gestione del contattore: per limitare le perdite del sistema andando a ridurre il livello di tensione dopo un preciso tempo di ritardo;
- Comando relè: per controllare dispositivi esterni;
- Comando ventola: per abilitare il funzionamento delle ventole.

Dopo aver scelto i componenti, è stato progettato il circuito stampato andando a instradare opportunamente le connessioni (figura 5).

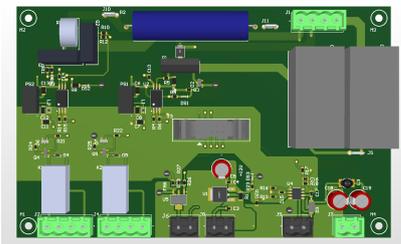


Figura 5: Layout della Service Board.

### IV. CONTROL BOARD

La Control Board è la scheda elettronica destinata a gestire l'interfaccia di controllo del convertitore e la comunicazione tra dispositivi. La figura 6 mostra lo schema funzionale della scheda di controllo per fornire un quadro generale dei blocchi implementati e delle comunicazioni tra di essi. Le funzionalità integrate sono:

- Alimentazione: per convertire e regolare la tensione in ingresso al sistema in una forma utilizzabile dai dispositivi presenti sulla scheda;
- Emergenza: per garantire la sicurezza, l'affidabilità e la conformità del dispositivo alle normative di settore;
- Filtro EMI: per prevenire le interferenze elettromagnetiche prodotte dal convertitore e garantire l'immunità da fonti di rumore nell'ambiente circostante.

- Interfaccia per il sensore di posizione: per acquisire le misure della posizione angolare di un oggetto in movimento fornite da un resolver o un encoder differenziale o single-ended;
- Interfaccia dei sensori di temperatura: per acquisire informazioni per gestire in modo ottimale la dissipazione del calore e per monitorare e garantire il corretto funzionamento dei componenti critici;
- Interfaccia analogica: per acquisizione e condizionare i segnali analogici in ingresso da inviare al MCU e a dSPACE;
- Interfaccia dei segnali logici: per permettere la connessione tra i diversi componenti del circuito e i dispositivi esterni acquisendo o trasmettendo i segnali a dSPACE, EV-Kit, sistemi di misura esterni e altri dispositivi comunicanti con protocollo CAN;
- Sensore di portata: per poter valutare le perdite del sistema;
- CPLD: per gestire parte dei segnali della scheda di controllo tra cui quelli acquisiti dall'EV kit e l'invio del segnale di reset alla scheda driver;
- Microcontrollore: per gestire parte dei segnali della scheda di controllo e permettere la comunicazione per applicazioni specifiche di controllo digitale.

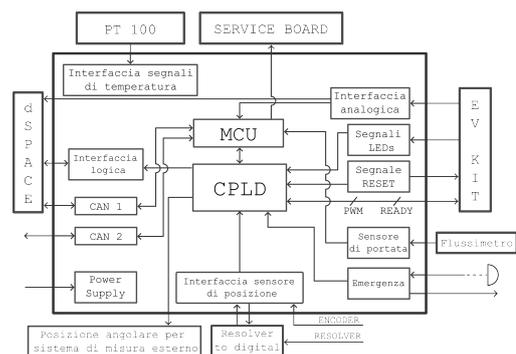


Figura 6: Comunicazioni tra i blocchi.

Dopo la selezione dei componenti, è stato ideato il layout del circuito stampato, implementando le connessioni in modo adeguato (figura 7).

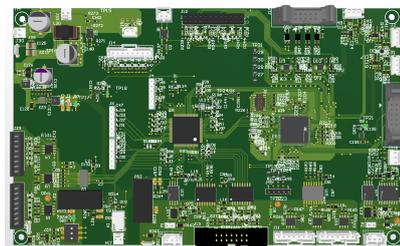


Figura 7: Layout della Control Board.

### V. CONCLUSIONI

L'implementazione di queste migliorie consentirà di sfruttare appieno le potenzialità dell'Evaluation Board. Il progetto dovrà essere realizzato fisicamente andando a saldare i componenti sul PCB e successivamente effettuare i test necessari per verificare le connessioni.