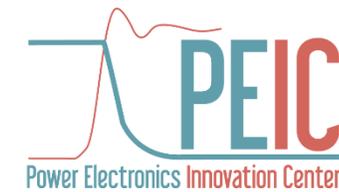




POLITECNICO
DI TORINO



Hardware Design and Testing of a 50 kW T-Type Active Rectifier for Fast Charging Applications

Relatore:

Prof. Radu Bojoi

Correlatore:

Fabio Mandrile

Candidato:

Alessandro Locatelli



Dipartimento Energia "Galileo Ferraris"

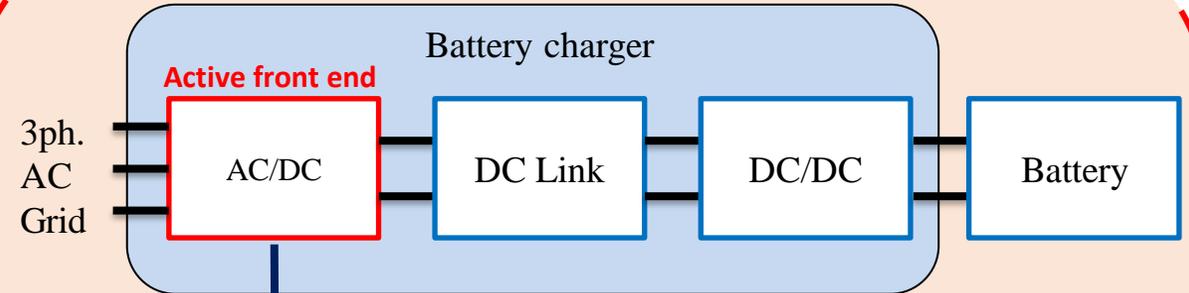
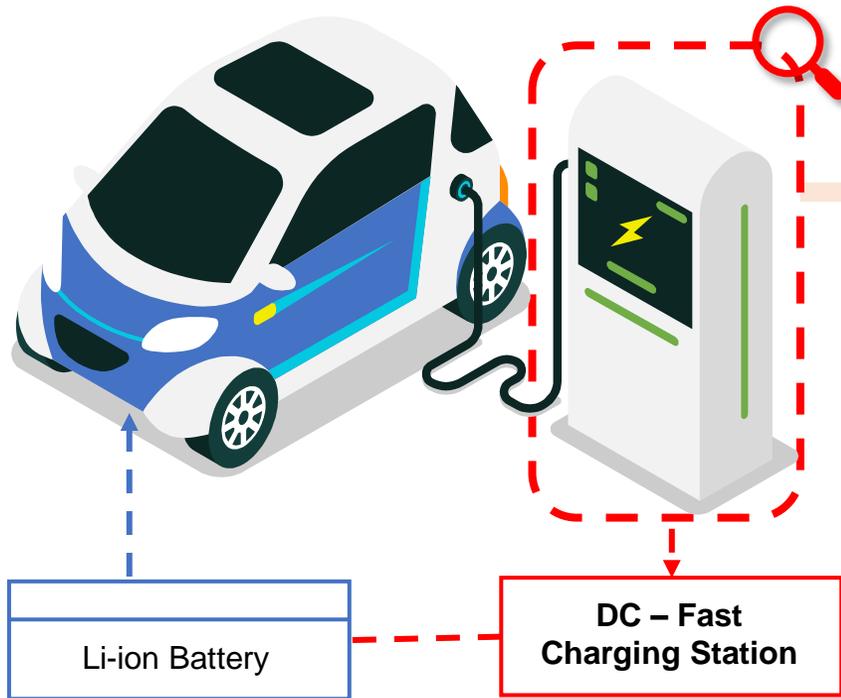
Politecnico di Torino, Italia

05/10/2020

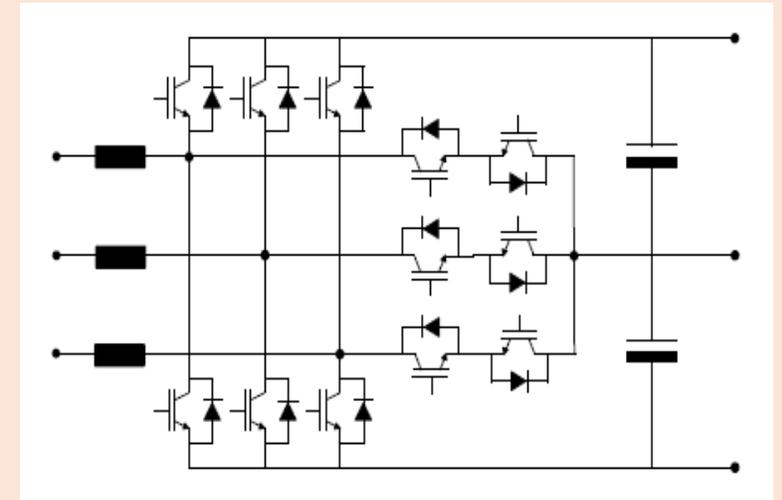


Introduzione

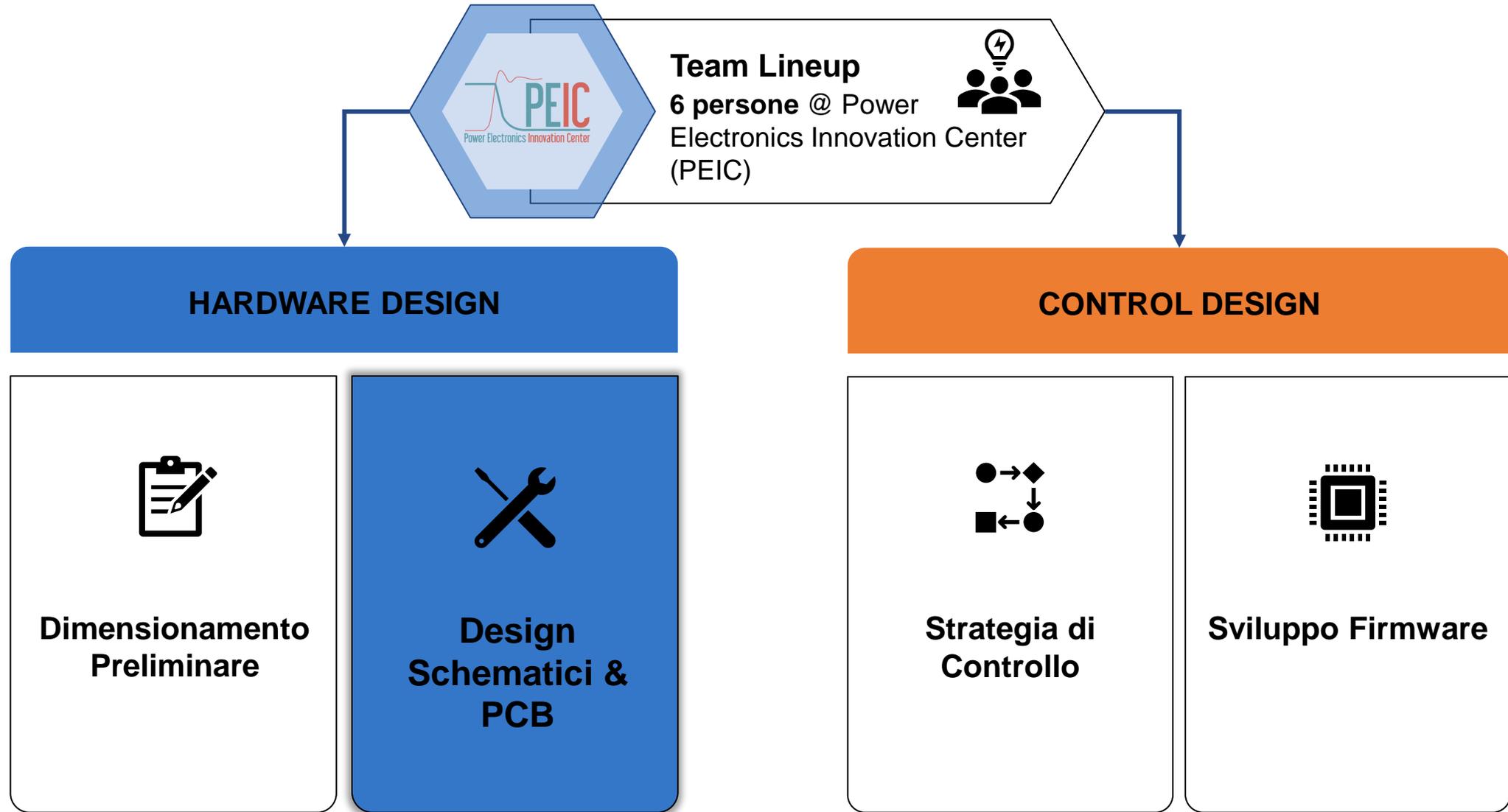
E-mobility



**AFE 50 kW
3 Level T-Type
Inverter**



AFE Design Team



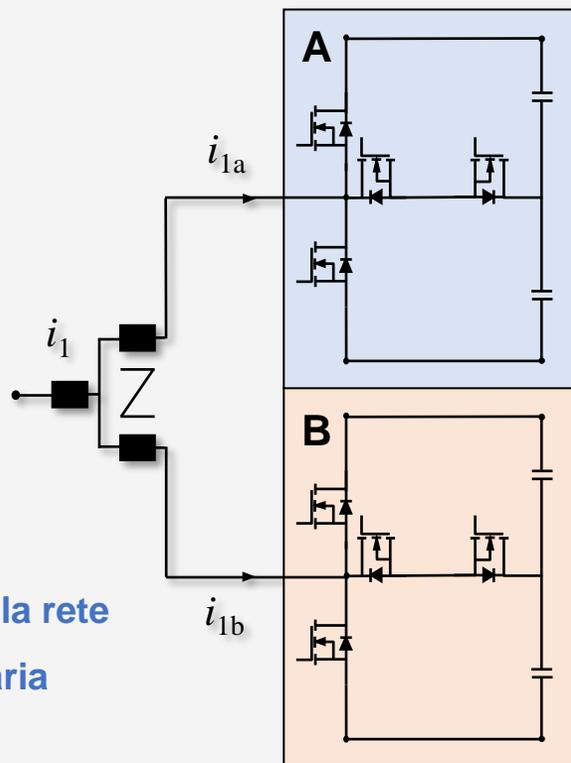
AFE: Topologia scelta

Interleaving
Bidirezionalità

- Elevata efficienza
- Basso contenuto armonico

• Vehicle to grid (V2G)

- ✓ Riduzione picchi di potenza dalla rete
- ✓ Supporto alla regolazione primaria
- ✓ Regolazione della tensione



Obiettivi della Tesi

01



Design Hardware

Definizione degli schematici
Scelta dei componenti
Sbroglio dei PCB
Gestione della BOM

02



Assemblaggio schede e cablaggio

Gestione dei componenti
Saldatura e assemblaggio meccanico
Cablaggio e setup banco sperimentale

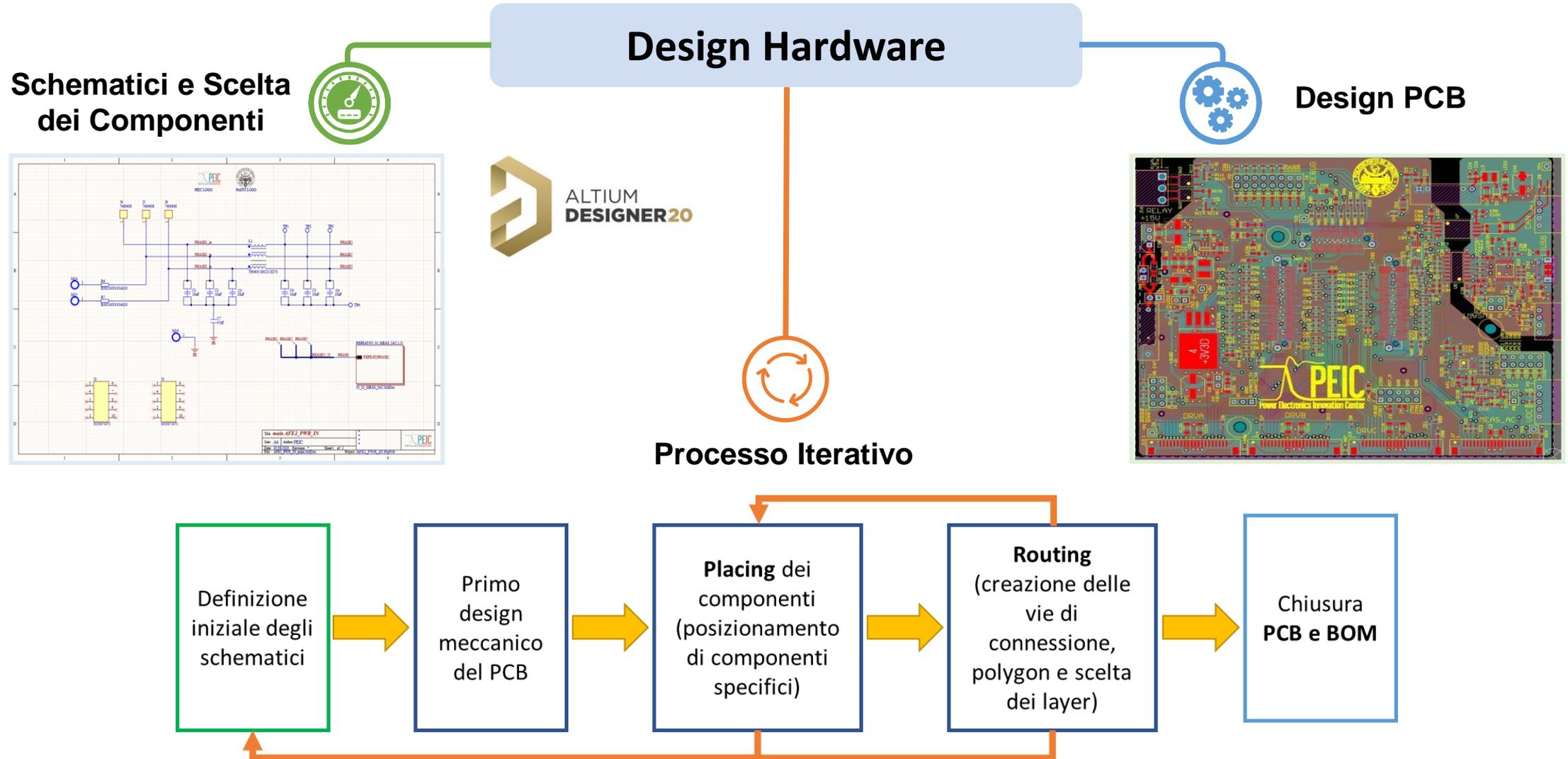
03



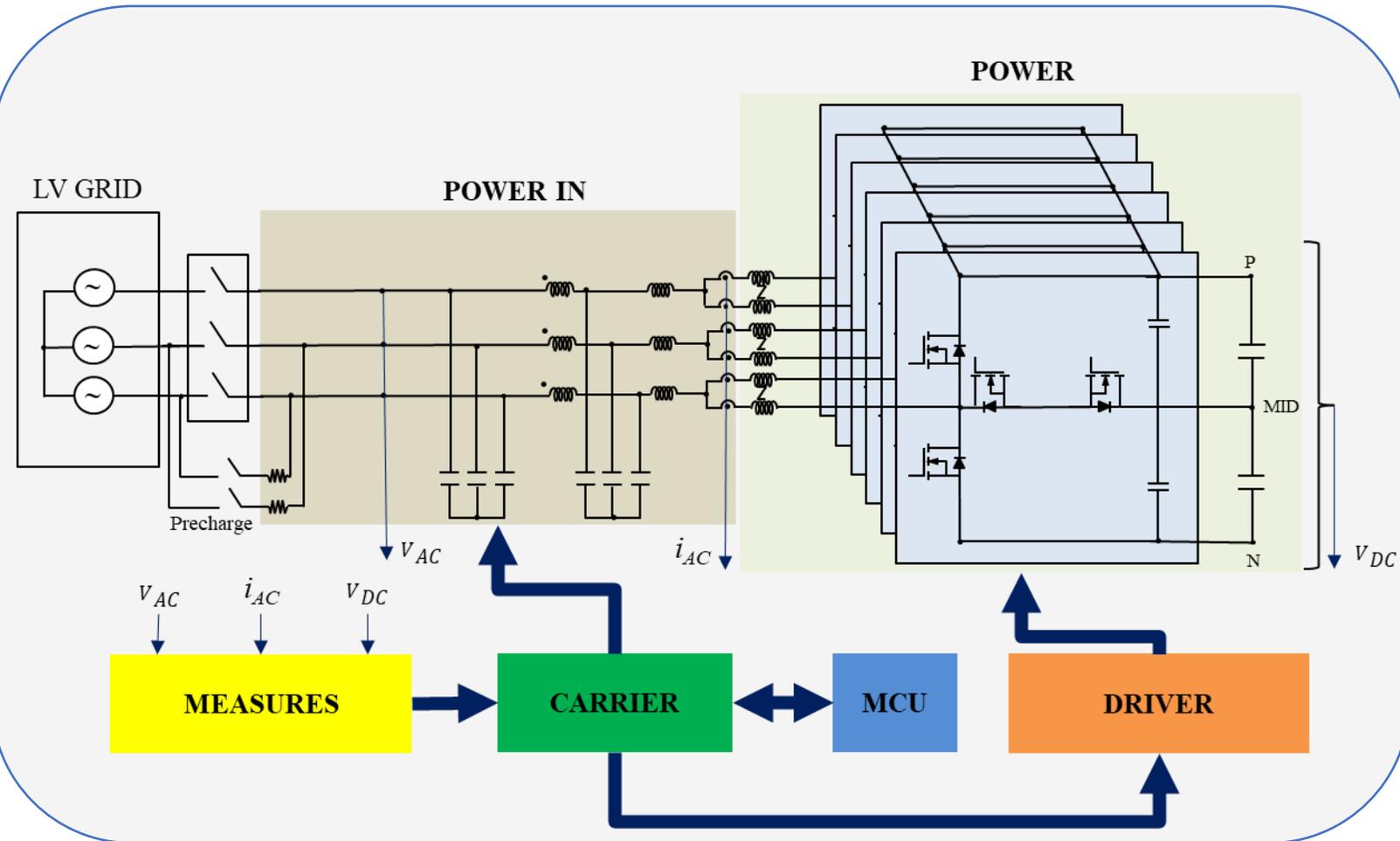
Test Preliminari

Test delle alimentazioni
Test e validazione delle PWM

Design Hardware AFE



Design degli Schematici e Scelta dei Componenti



Schede da progettare:

- | | |
|-------------|-----------------------|
| 1. Power In | } Schede di potenza |
| 2. Power | |
| 3. Measures | |
| 4. Driver | } Schede di controllo |
| 5. Carrier | |
| 6. MCU | |

Esempi di Circuiti Dimensionati :

- Alimentazioni IC
- Driver: verifica resistenze e progettazione desaturazione
- Filtri RC: segnali e alimentazioni
- Dimensionamento e scelta connettori
- Circuito di precarica



Circuiti di misura: correnti e tensioni

CASE STUDY

Case Study: Misura di Corrente

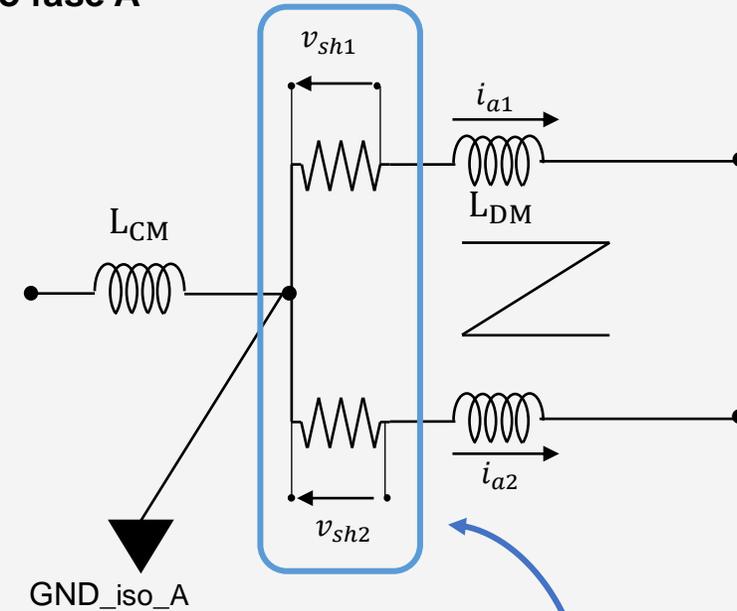
Misure di corrente valutate:

- ✗ Sensori di corrente (effetto Hall);
- ✓ Resistori shunt.

Shunt:

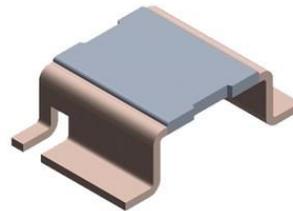
- Banda passante elevata
- Segnali analogici proporzionali a correnti CM e DM
- Isolamento digitale

Esempio fase A



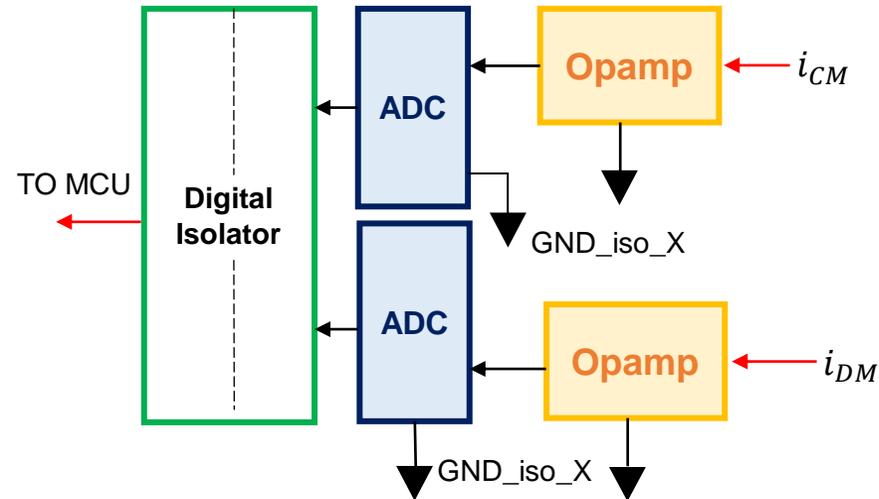
Dimensionamento resistori shunt

Scelta del componente
WSLP40263L000FEA da 3 m Ω



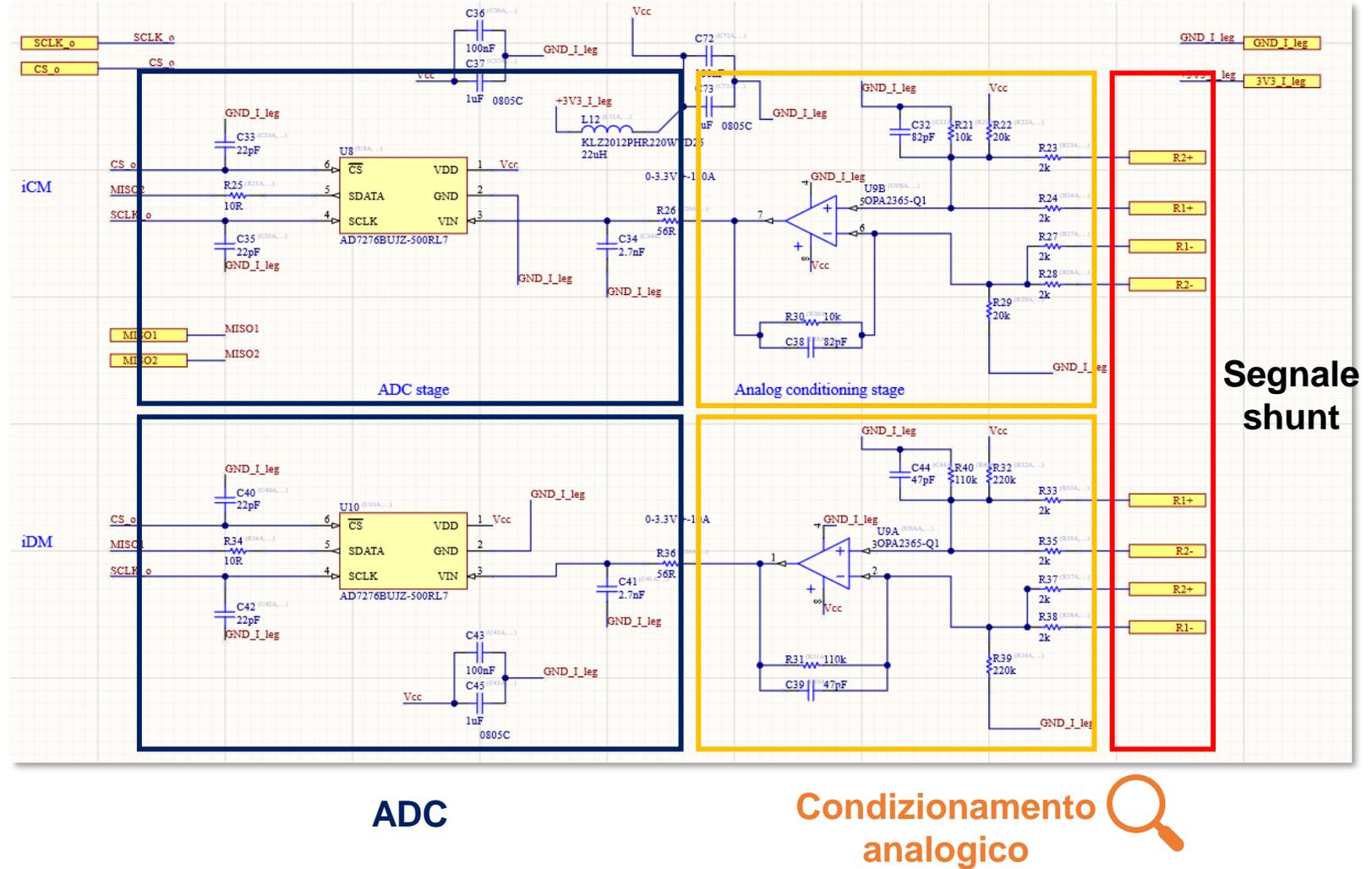
- Ottimizzazione ingombri
- Elevata affidabilità
- Basse perdite
- Bassa induttanza

Case Study: Misura di Corrente



Opamp:
OPA2365 2 canali → soluzione compatta

ADC:
AD7276 elevata risoluzione (12 bit),
interfacciato con SPI



ADC

Condizionamento
analogico



Case Study: Misura di Corrente

Dimensionamento Condizionamento Analogico :

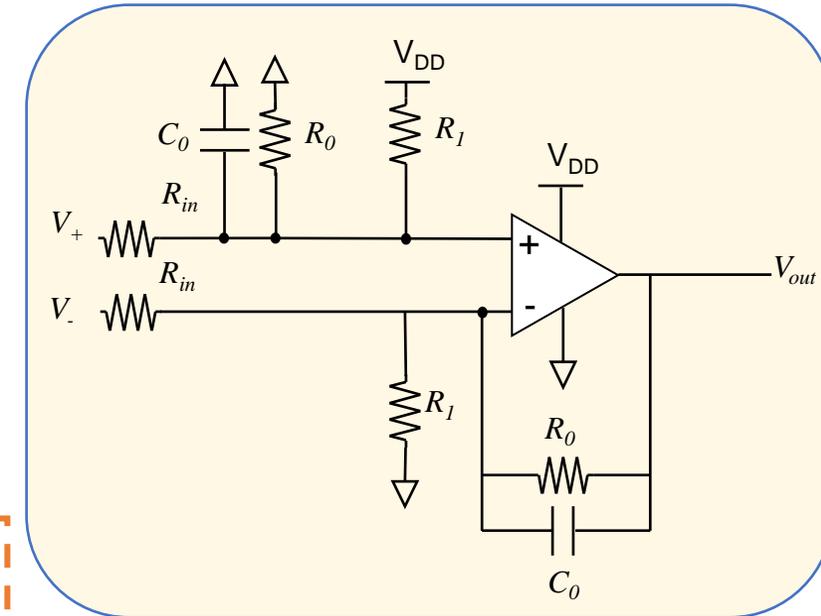
1. Fondoscala correnti da misurare (CM e DM)
2. Valutazione fondoscala segnali in tensione per ADC
3. Scelta guadagni e polarizzazione range 0–3.3 V
4. Scelta resistenze e condensatori (alta precisione)

Input

Parameter	Value
\hat{i}_{CM}	110 A _{pk}
\hat{i}_{DM}	10 A _{pk}
R_{shunt}	3 mΩ
$\hat{V}_{sh,CM}$	±330mV _{pk}
$\hat{V}_{sh,DM}$	±30mV _{pk}

Output

Signal	CM	DM
Gain	5	55
Offset	0.5	0.5
R_{in} (kΩ)	2	2
R_0 (kΩ)	10	110
R_1 (kΩ)	20	220

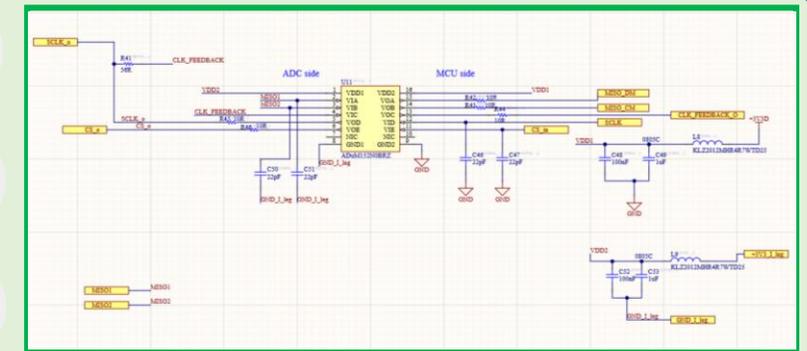


- ✓ Isolatore digitale con SPI isolata;
- ✓ Alimentazione isolata

Chip Select (CS): segnale di sincronizzazione ADC (144 kHz)

Signal Clock (SCLK): segnale sincronizzazione dati

Serial data (SDATA): segnali digitali con misura delle correnti



Case Study: Misura di Tensione

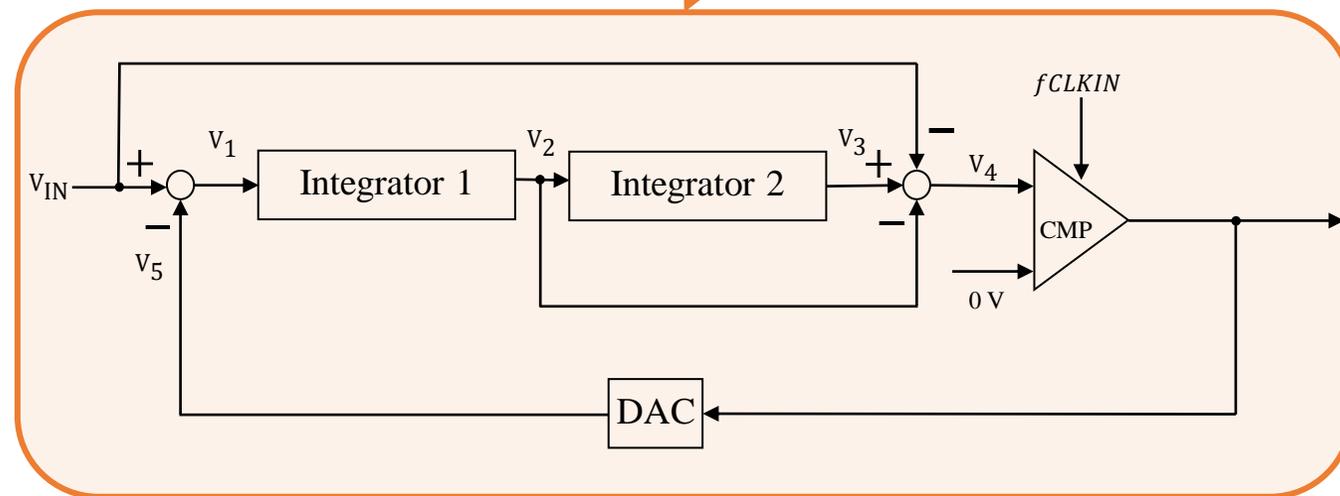
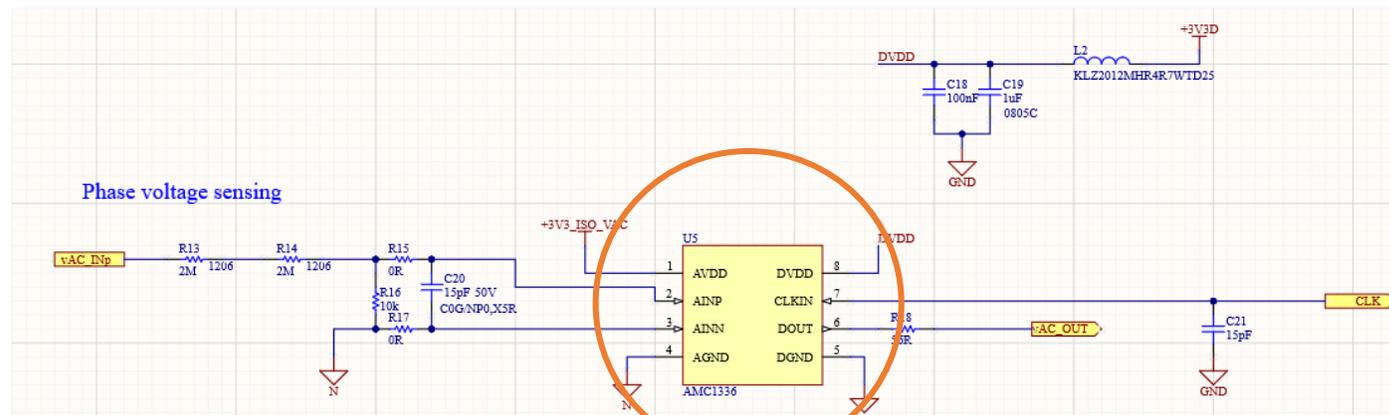
Tensioni AC e DC:

- Partitore resistivo + filtri alimentazioni e segnali
- **ADC isolati sigma-delta AMC 1336**



Scelta Ingegneristica:

- Riduzione componenti → compattezza
- Elevata risoluzione
- Misura isolata

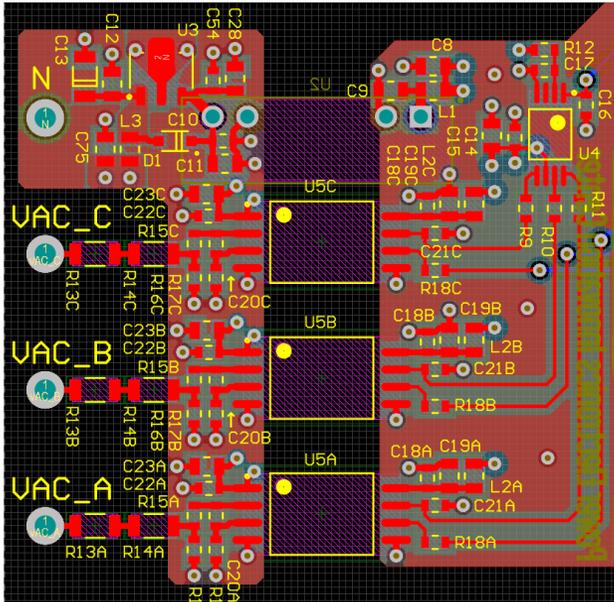


Design Printed Circuit Boards

Posizionamento componenti:

- Gestione degli spazi e attenzione alla meccanica
- Isolamento elettrico (clearance)

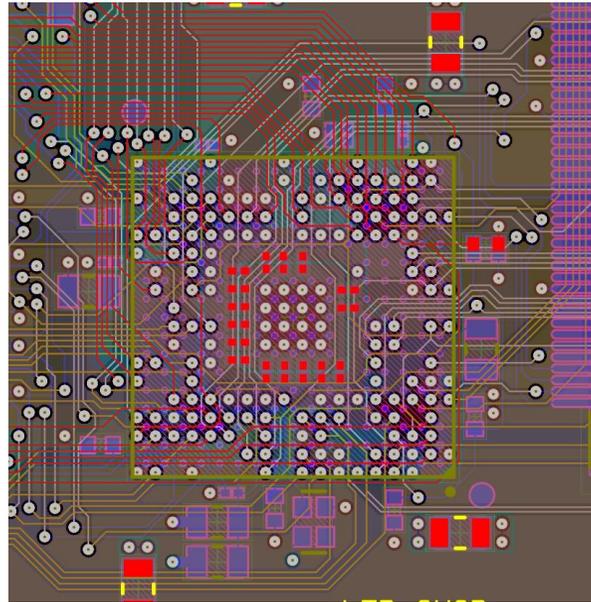
Esempio scheda Measures



Sbroglio schede:

- Valutazione delle tecnologie utilizzate
- Criticità:
 - Dissipazione termica
 - Equipotenzialità
 - Riduzione EMI

Esempio scheda MCU



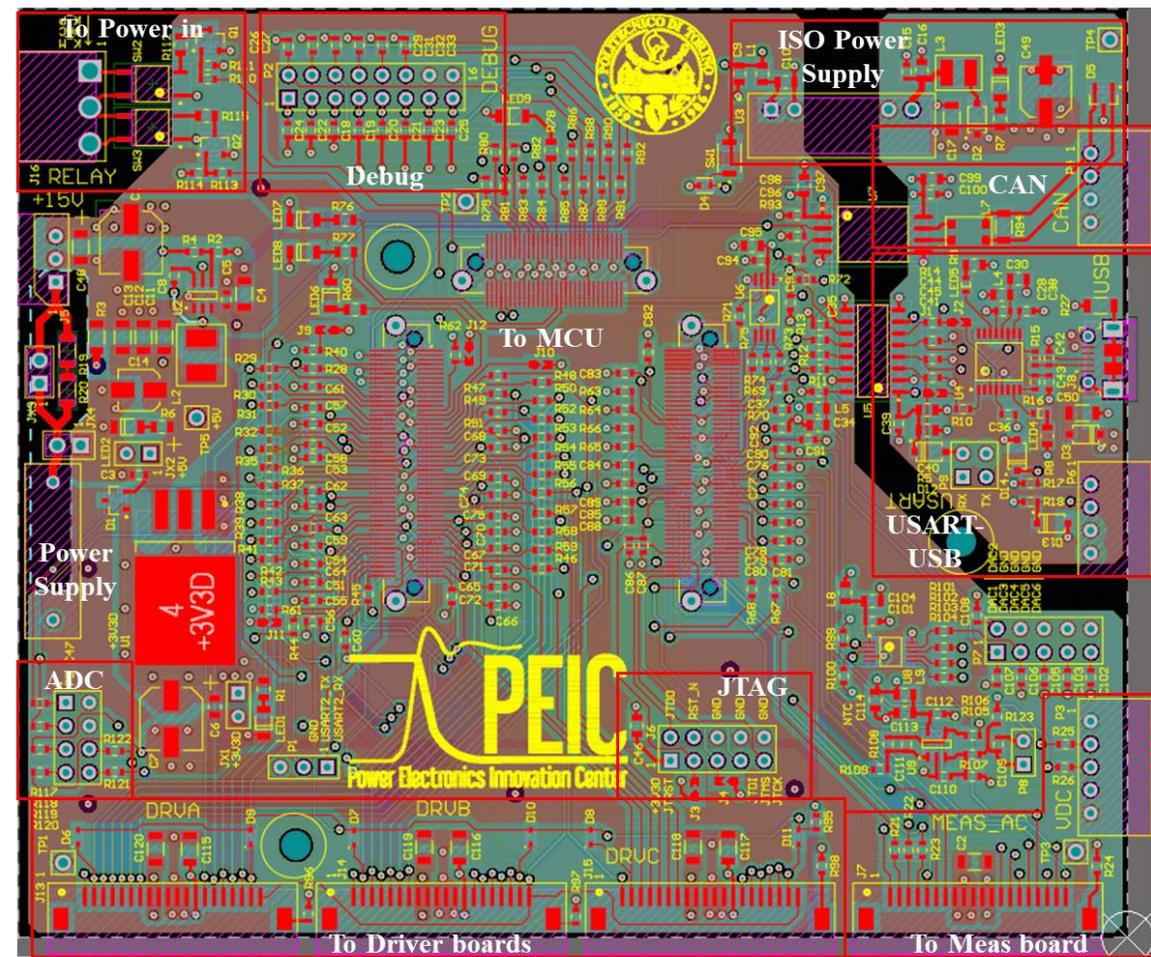
Compilazione Bill of Materials:

- Compilazione Bill of Materials
- Unificazione componenti delle schede
- Selezione dei componenti da acquistare

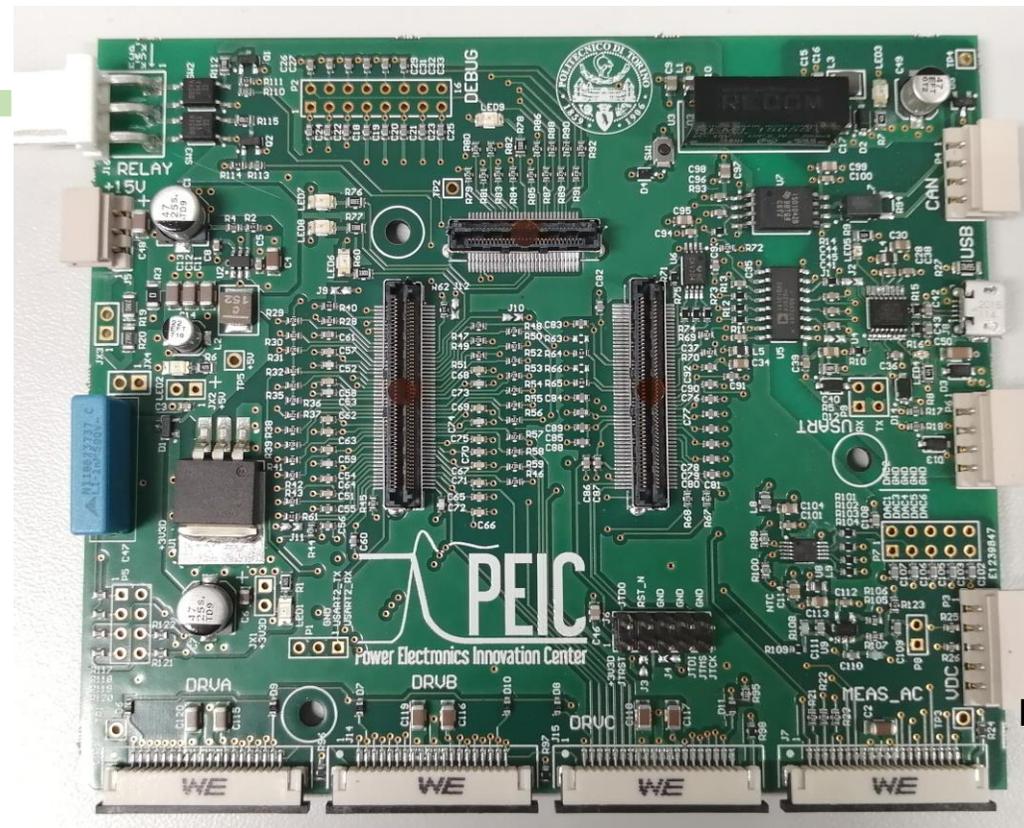
Comment	Product Code	Distributor Code	Distributor
EEE1EA470WP	EEE1EA470WP	176-6377	RS
C	C0603C104K3RACAU TO	133-5658	RS
C	C3216X5R1V226M16 0AC	788-3063	RS
C	C0805C105K3RACAU TO	133-5653	RS
C	GRM21BC71E106KE1 1L	885-1764	RS
EEEF1E220AR	EEEF1E220AR	729-6236	RS
C	C0603C150J5GACTU	147-421	RS

Design Printed Circuit Boards

Esempio Carrier (scheda di controllo MCU/FPGA)



Power In
←



→
Measures

↓ Driver A ↓ Driver B ↓ Driver C ↓ Measures

Design Printed Circuit Boards

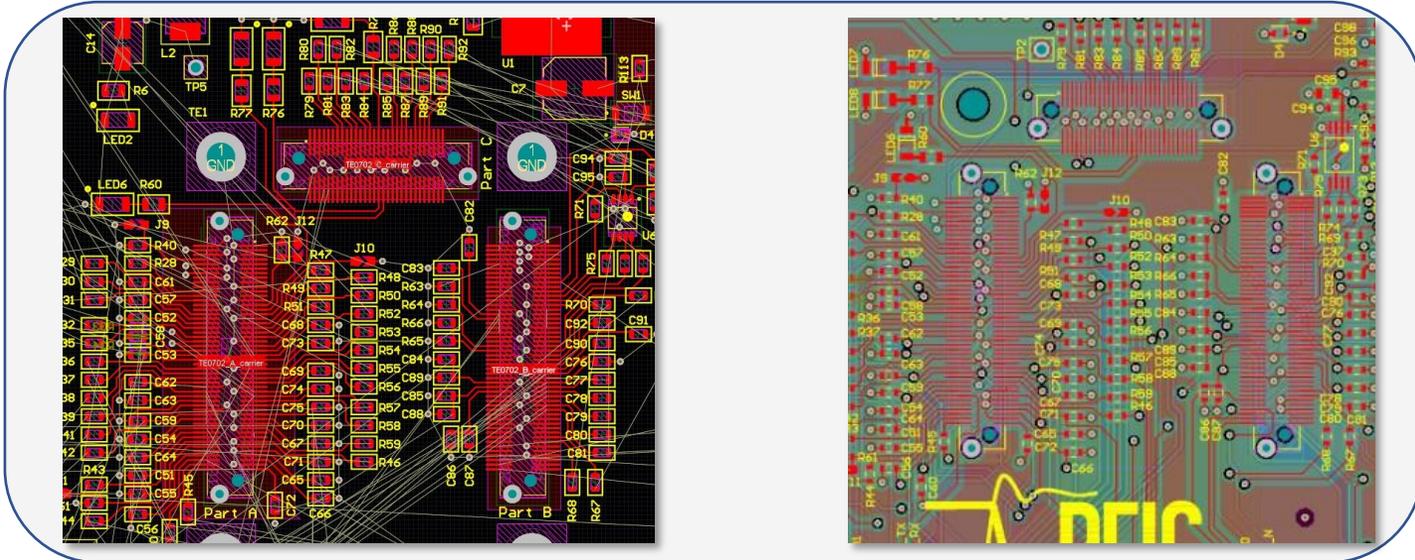


Esempi di Criticità CARRIER BOARD:



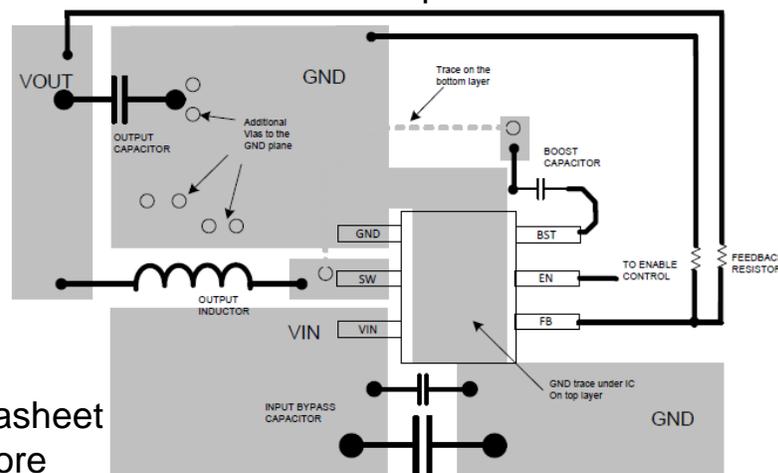
Segnali e alimentazioni: condensatori e resistenze di filtro vicini ai relativi pin (connettori e integrati):

- Riduzione spazi
- Utilizzo bottom layer (valutazione di induttanza e capacità parassita, gestione delle vias)
- Modifiche dei pin usati nello schematico

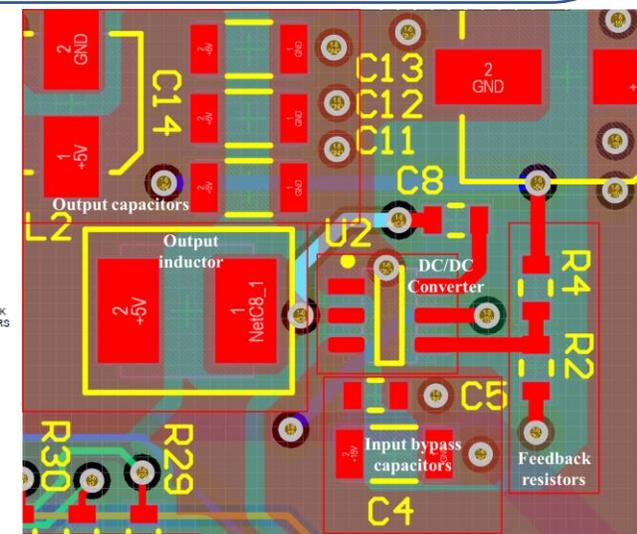


Alimentatori bassa tensione (es. DC/DC step down da 15V a 5V): posizionamento dei componenti passivi (raccomandazioni datasheet: distanze e layer).

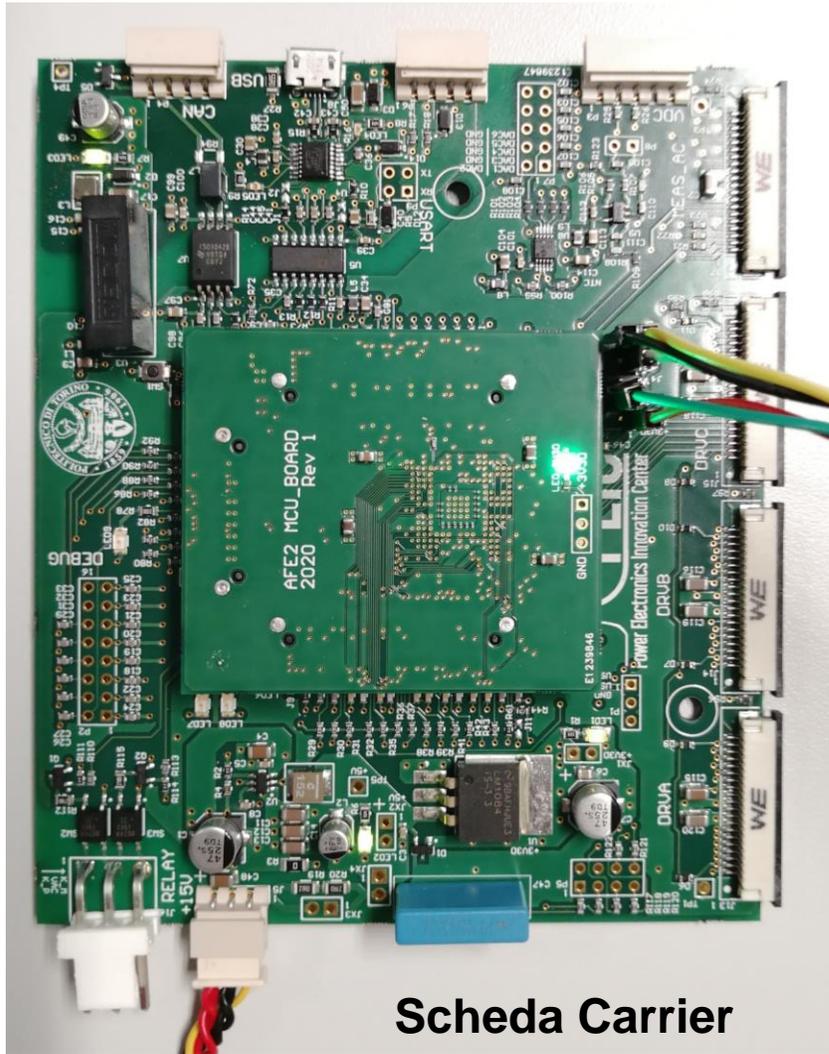
Esempi scheda Carrier



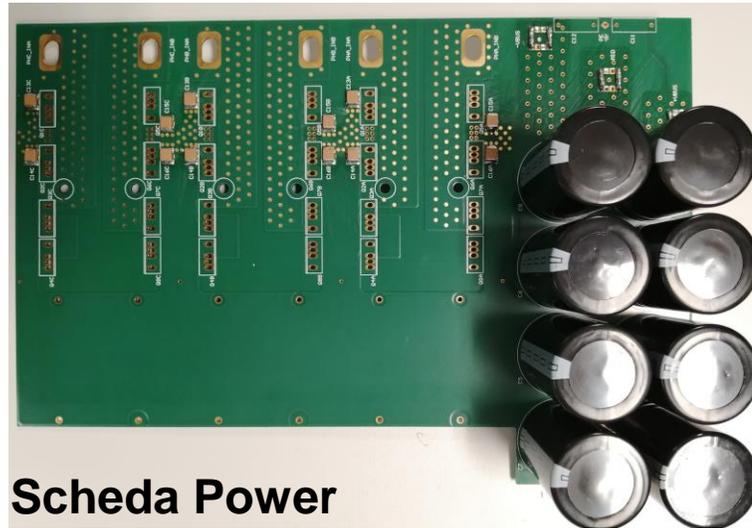
Esempio datasheet alimentatore



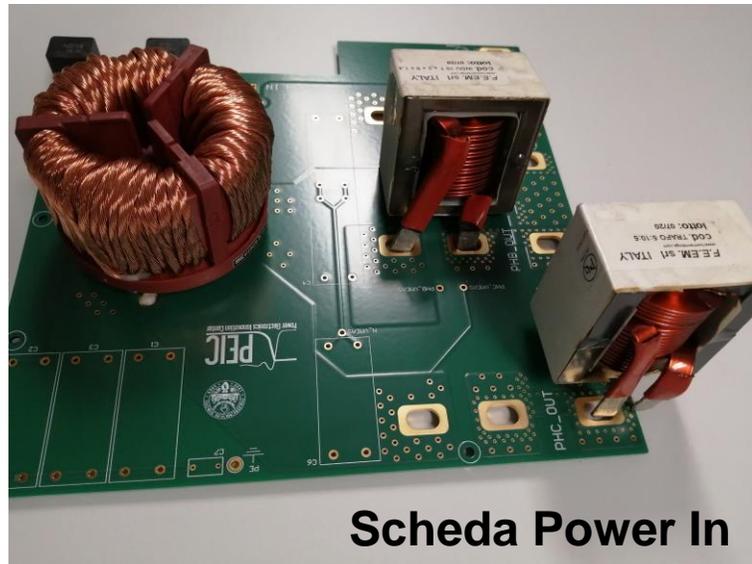
Assemblaggio e Test Preliminari



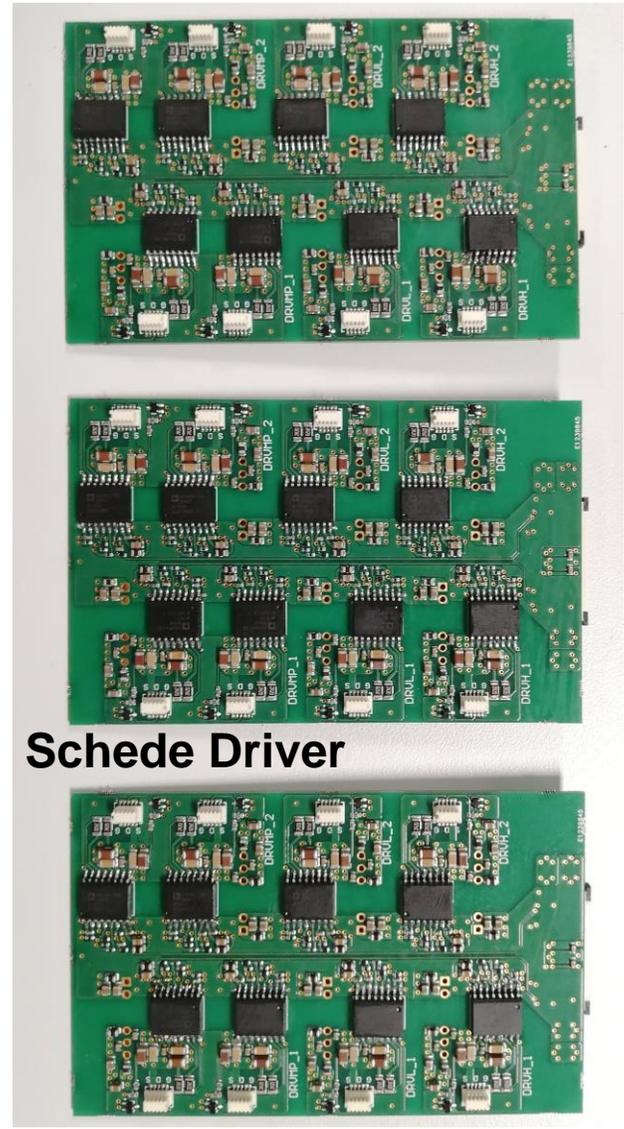
Scheda Carrier



Scheda Power



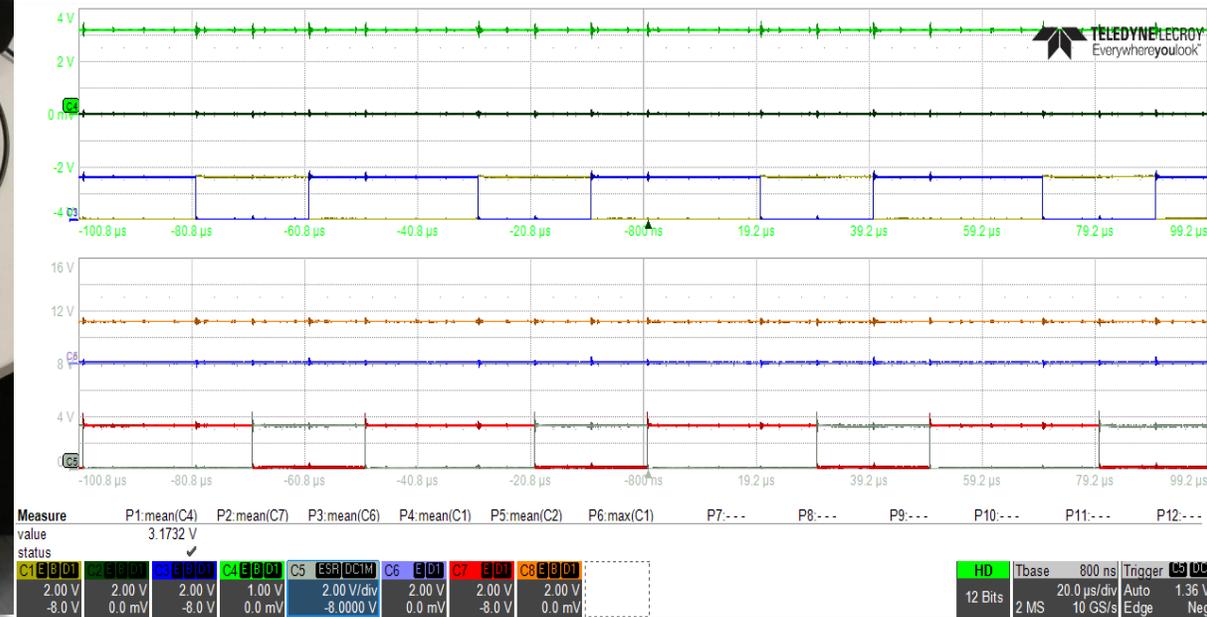
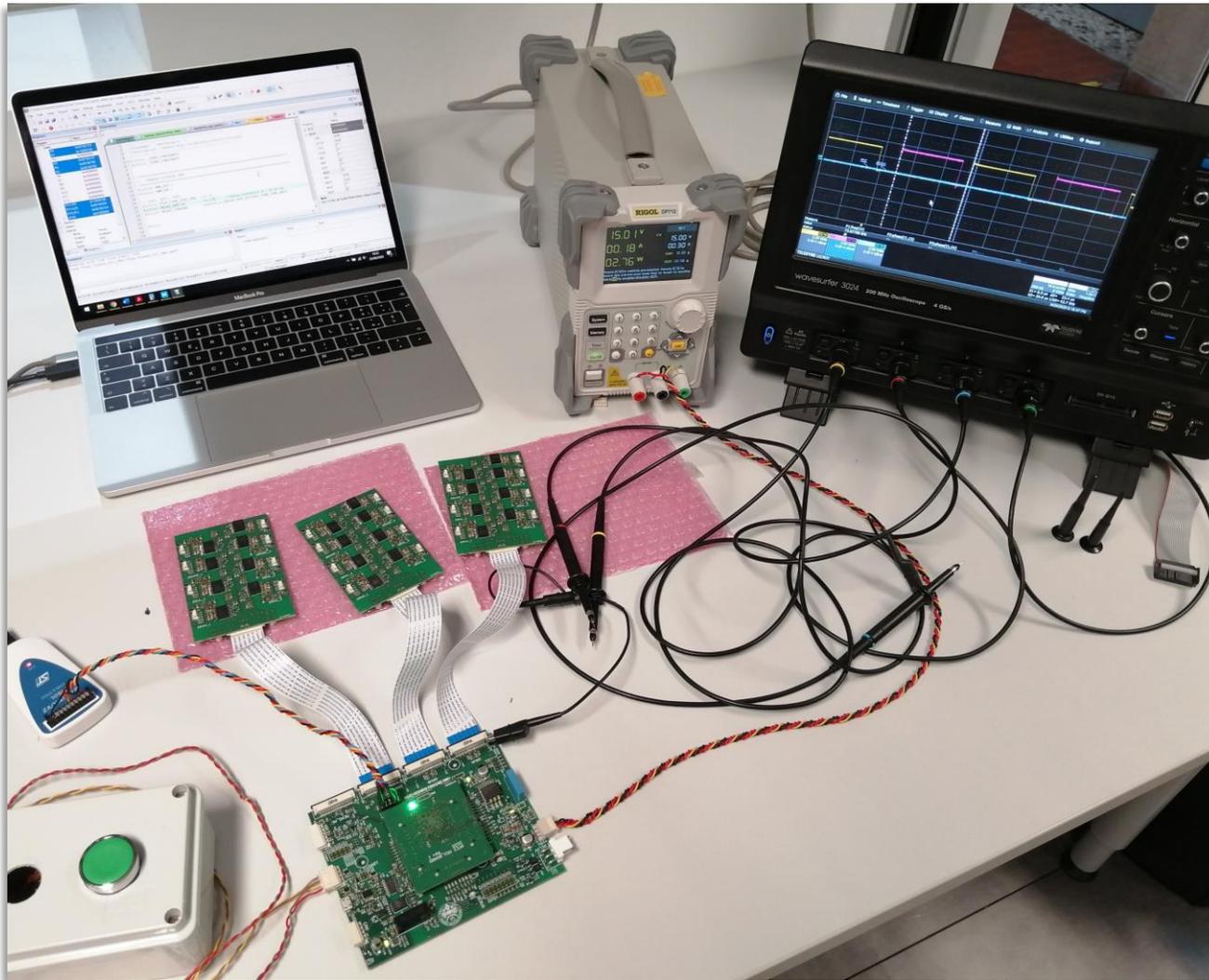
Scheda Power In



Schede Driver

Assemblaggio e Test Preliminari

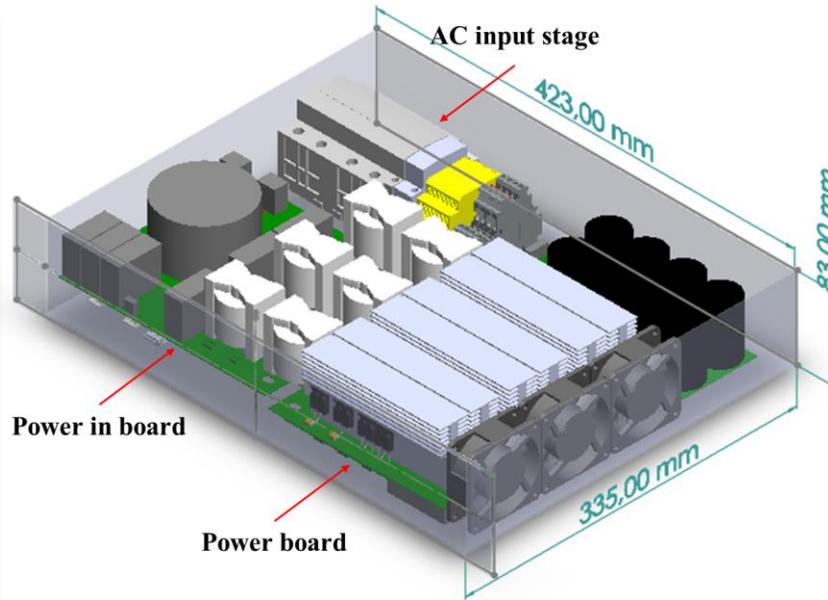
- ✓ Setup banco di misura
- ✓ Cablaggi e saldature
- ✓ Supporto per test e debug
- ✓ Verifica alimentazioni e validazione PWM



Contributi Personali

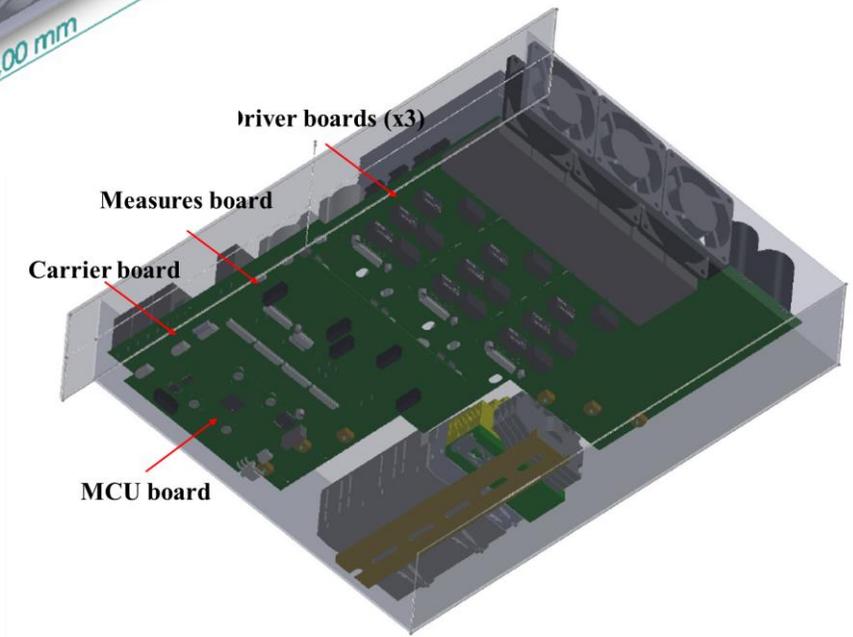
Contributi Personali:

- Analisi della letteratura sullo stadio AC/DC dei caricabatteria
- Realizzazione degli schematici
- Scelta dei componenti e dimensionamento di parte dei circuiti di potenza e di misura
- Sbroglia dei PCB
- Compilazione e gestione delle BOM
- Assemblaggio parziale delle schede
- Setup sperimentale e test preliminari delle schede di controllo



Schede progettate:

1. Power In
2. Power
3. Measures
4. Driver
5. Carrier
6. MCU



Grazie per l'attenzione!