

UCC27211-C2000 TI Uc Evaluation Board

1 Introduzione

La PCB sviluppata utilizza due componenti principali della Texas Instruments per il funzionamento che sono l'[UCC27211AQ1](#), un driver sincrono per high side e low side con possibilità di aggiungere una capacità di bootstrap e un microcontrollore dello stesso produttore della famiglia [C2000](#) con caratteristiche vantaggiose per il pilotaggio e controllo di un convertitore Buck. La scheda ha un ampio range di input che va da **15VDC** a **40VDC** per una VOUT fissata a 3.3VDC, con una frequenza di funzionamento che va da 100kHz a **900kHz** e pensata per essere fabbricata con materiali **FR4** e utilizzata per applicazioni automotive.

I connettori permettono un buon amperaggio in uscita e la possibilità di interfacciarsi con il microcontrollore tramite protocollo CAN utilizzando il transceiver TCAN332DR con resistore di terminazione collegabile tramite solder bridge.

Le specifiche di riferimento sono:

- Input voltage: 24V
- Output voltage: 3.3V Fixed
- Output current: 5A
- Max size: 120mm x 50mm x 30mm
- Ambient temperature: 80°C automotive
- Voltage ripple: < 50mV
- Max temperature: < 110°C

2 Caratteristiche

- Mosfet di potenza con bassa dissipazione per High side e Low side
- Controllo con retroazione sull'uscita
- Possibilità di flashare il controllore via CANBUS
- Alta temperatura massima totale
- Automotive
- Possibilità di abilitare o disabilitare l'uscita
- Diodo di protezione da inversione di polarità e fusibile resettabile PTC con possibilità di bypass
- Oscillatore esterno a 20MHz
- Enclosure protettiva ignifuga

3 Application circuit di riferimento

Per la progettazione si è fatto riferimento agli application circuit forniti dalla Texas Instruments con una ottimizzazione del Layout della PCB riferito al caso in esame.

In alcune parti del circuito sono stati predisposti dei testpoint che permettono all'utente il debug iniziale del circuito in caso di malfunzionamenti o in caso di test.

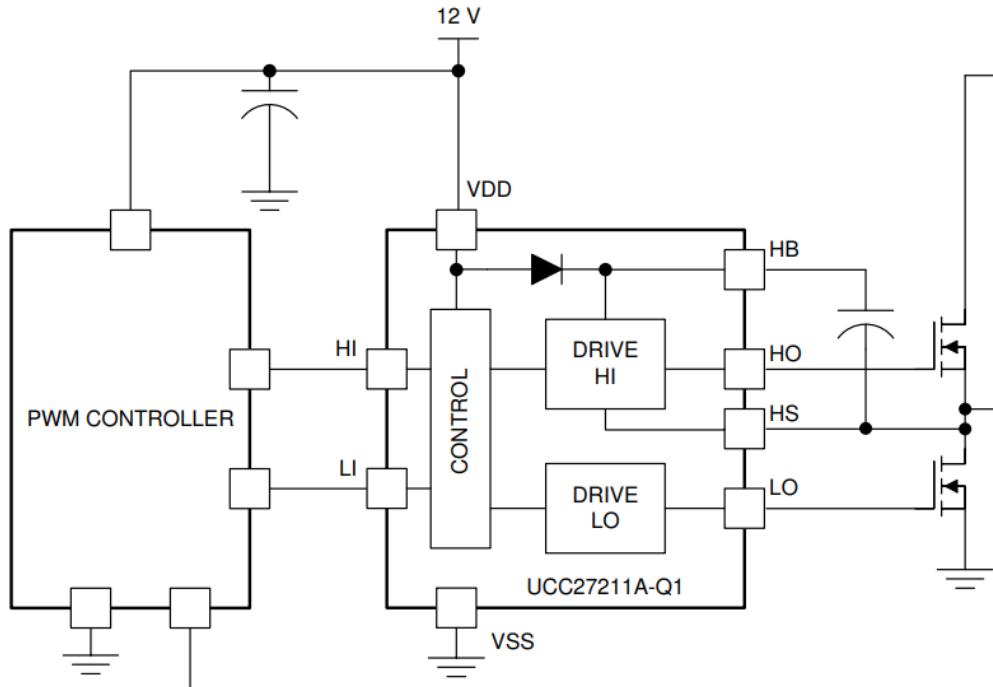


Figura 1 Schema di esempio dell'UCC27211A-Q1

4 Efficienza

Grazie alla selezione di componenti a bassa perdita di energia come i diodi, i mosfet e l'induttore a bassa resistenza siamo riusciti a raggiungere un'efficienza nel caso di riferimento di circa 83% ottenuta considerando tutti i dispositivi presenti sulla board, di alta e bassa potenza, attraverso una simulazione.

Dal grafico è possibile evincere la bassa efficienza per un carico resistivo basso, questo è dovuto dalla conduzione di correnti inverse che aumentano le perdite nel circuito poiché stiamo forzando il nostro sistema a lavorare il CCM.

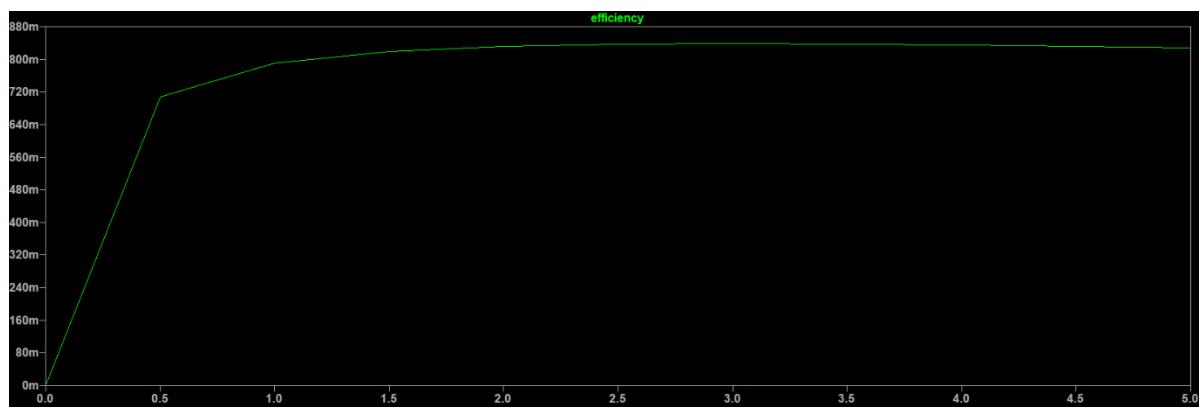


Figura 2 Efficienza simulata

5 Condizioni operative

Le condizioni operative sono da considerarsi in un range di temperature all'aria aperta e sempre riferite al segnale di ground comune a tutta la board.

		MIN	MAX	UNIT
V_in	Input voltage	17	40	V
V_out	Output voltage	0	16	V
I_out	Maximum output current with MSS1210-223MED		5.5	A
	Maximum output current with XGL1010-223		12	A
Freq	Switching frequency	100	900	KHz
A_t	Ambient temperature	-25	95	°C
V_can_max	Maximum CAN logic input	-0.3	5	V

6 Dimensionamento induttore

La scelta dell'induttore in un convertitore buck tiene conto del valore di induttanza necessario a limitare il ripple di corrente nell'induttore stesso, in questo caso il ripple è stato scelto al 10% della corrente di riferimento, quindi di 500mA, figura 3, con un valore di 22uF il ripple è minore del target.

Part Number	L at 5 A (μ H)	L nominal (μ H)	Adjusted Ipeak (A)	I _{sat} @ 80°C (A)	I _{rms} 40°C rise @ 80°C (A)	DCR typ @ 80°C (mΩ)	Total losses (mW)	Part temp. (°C)	Max Temp Rating (°C)	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)	Mount	Shielded	Core material
Check parts below to Analyze	x ↓ ↑	x ↓ ↑	x ↓ ↑	x ↓ ↑	x ↓ ↑	x ↓ ↑	x ×	x ↓ ↑	x ↓ ↑	x ↓ ↑	x ↓ ↑	x ↓ ↑	x ↓ ↑	x ↓ ↑	x ↓ ↑
<input checked="" type="checkbox"/>  MSS1210H-223 Sample Buy	18.3	22.0	5.0	5.5	5.0	25.4	618	120°C	165°C	12.3	12.3	10.2	SM	Yes	Ferrite
<input type="checkbox"/>  XGL1010-223 Sample Buy	20.0	22.0	5.0	11.6	12.0	23.8	578	87°C	165°C	11.8	10.5	10.0	SM	Yes	Composite
<input type="checkbox"/>  XAL1510-223 Sample Buy	21.3	22.0	5.0	18.5	12.7	17.6	425	86°C	165°C	16.4	15.4	10.0	SM	Yes	Composite
<input type="checkbox"/>  XGL1313-223 Sample Buy	20.5	22.0	5.0	13.7	15.6	14.1	357	84°C	165°C	15.2	13.6	13.0	SM	Yes	Composite
<input type="checkbox"/>  XGL1712-223 Sample Buy	21.1	22.0	5.0	21.4	17.7	10.7	276	83°C	165°C	18.4	17.4	12.0	SM	Yes	Composite

Figura 3 Dispositivo selezionato

Tra i dispositivi scelti quello in ferrite MSS1210-223MED è il giusto compromesso per un basso costo e una buona efficienza, grazie al tool della coilcraft riusciamo a stimare con esattezza le perdite dell'induttore.

Typical L vs Current

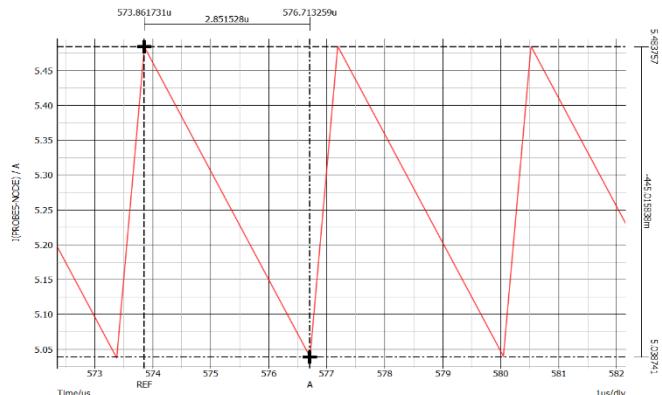
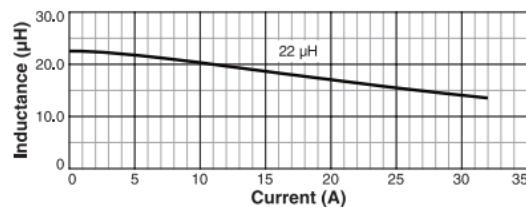


Figura 4 Typical L vs Current e Ripple di corrente simulato

Mantenendo un basso ripple di corrente riusciamo a mantenere in egual modo le perdite basse questo perché avremo un passaggio di corrente più bassa nell'induttore che determina perdite minori anche per il condensatore.

Componenti	Perdite stimate
Induttore (MSS1210-223MED)	618 mW
Condensatore (CL32B226MOJNNNE)	-
Mosfet High (CSD18543Q3A)	-
Mosfet Low (CSD18543Q3A)	-

7 Dimensionamento condensatori di uscita

Il dimensionamento dei condensatori di uscita è stato effettuato con l'obiettivo di garantire stabilità contenendo il ripple di uscita. Per il convertitore buck in esame, è stata scelta una configurazione composta da tre condensatori ceramici da 22 μF X7R ciascuno, per un totale di 66 μF .

I tre condensatori in parallelo, con un ESR (Equivalent Series Resistance) complessivo ridotto, consentono una rapida compensazione dei transienti e un'uscita più stabile. In questo modo riusciamo ad avere delle perdite minori poiché queste dipendono solo dalla resistenza serie per la corrente RMS al quadrato. Con un breve calcolo capiamo che le perdite del condensatore sono estremamente basse.

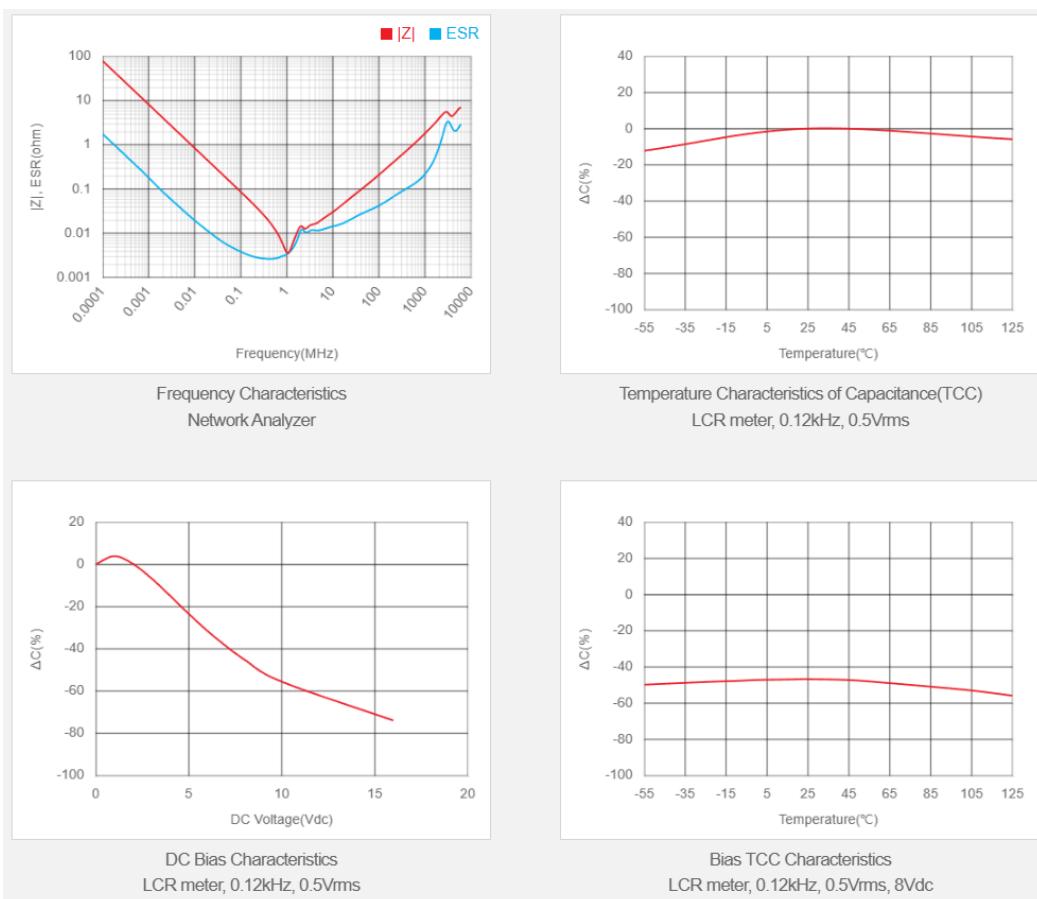


Figura 5 Grafici di riferimento del condensatore

Componenti	Perdite stimate
Induttore (MSS1210-223MED)	618 mW
Condensatori (CL32B226MOJNNNE)	0.3 mW
Mosfet High (CSD18543Q3A)	-
Mosfet Low (CSD18543Q3A)	-

8 Scelta dei Mosfet

I MOSFET sono stati selezionati in base a:

- **Tensione Drain-Source massima:** Per garantire affidabilità, considerando un margine di sicurezza.
- **Corrente nominale:** Compatibile con la corrente massima del sistema.
- **Rds(on):** Per minimizzare le perdite di conduzione.
- **Carica di gate:** Per ridurre i tempi di commutazione e le perdite di switching.

ID DISPOSITIVO	VDS MAX	ID MAX	RDS(ON) (10V-10A)	GATE CHARGE	COSTO
NVTYS020N08HL	80V	30A	20m	12nC	0,874€
DI020N06D1	60V	20A	32m	25.3nC	0,521€
TK20S04K3L	40V	20A	11m	15nC	0,43€
CSD18543Q3A	60V	12 A	8.1m	11.1 nC	1,59€
IAUZ40N06S5N050ATMA1	60V	40A	5m	23.5nC	1,632€
CSD17571Q2	30	7.6A	20 m	2.4nC	0,468€
CSD88537ND	60V	16A	15m	14nC	1,37
BSC032N04LS	40V	98A	3.2m	25n	1,18€

Per la scelta dei MOSFET, è stata utilizzata una simulazione MATLAB per stimare le perdite di conduzione e switching di ciascun modello. I risultati mostrano che il modello **CSD18543Q3A** presenta il miglior compromesso tra bassa resistenza Rds(on) e carica di gate, mantenendo le perdite complessive a livelli accettabili per le condizioni operative previste.

Dettaglio delle perdite:

- **Perdite di conduzione:** Stimate come questo modello, con Rds(on) di 8.1 mΩ, garantisce basse perdite anche a correnti elevate.
- **Perdite di switching:** Calcolate considerando il prodotto della carica di gate ($Q_g = 11.1 \text{ nC}$), la tensione di alimentazione ($V_{in} = 24 \text{ V}$), e la frequenza operativa ($f = 500 \text{ kHz}$).

I modelli con valori di Rds(on) più bassi, come l'IAUZ40N06S5N050ATMA1, hanno costi superiori o cariche di gate più elevate, che aumentano le perdite di switching.

```

9      fs = 300e3;
10     Rds_on = 8.1e-3;
11     C_gate = 11.5e-9;
12     Isink = 3.7;
13     Idrive = 4.5;
14
15     t_rise = C_gate / Idrive;
16     t_fall = C_gate / Isink;
17
18     % Calcolo Duty Cycle
19     D = Vout / Vin;
20
21     % Perdite di Conduzione
22     P_cond_h = D * Iout^2 * Rds_on;
23     P_cond_l = (1-D) * Iout^2 * Rds_on;
24
25     % Perdite di Switching
26     P_sw = 0.5 * Vin * Iout * (t_rise + t_fall) * fs;
27
28     % Perdite Totali
29     P_tot_h = P_cond_h + P_sw;
30     P_tot_l = P_cond_l + P_sw;

```

Command Window

```

Risultati Stima Perdite MOSFET:
Duty Cycle: 0.14
Perdite di Conduzione High: 0.0278 W
Perdite di Conduzione low: 0.1747 W
Perdite di Switching: 0.1019 W
Perdite Totali High: 0.1298 W
Perdite Totali Low: 0.2766 W
fx >

```

Figura 6 Script matlab per calcolare le perdite dei mosfet

Componenti	Perdite stimate
Induttore (MSS1210-223MED)	618 mW
Condensatori (CL32B226MOJNNNE)	0.3 mW
Mosfet High (CSD18543Q3A)	0.1298 W
Mosfet Low (CSD18543Q3A)	0.2766 W

9 Scelta del driver

In questo caso è stata selezionata una modalità di funzionamento sincrona che sostituisce il diodo con un MOSFET low-side che è attivamente pilotato. Durante la fase di spegnimento del MOSFET high-side, il MOSFET low-side si accende, riducendo le perdite di conduzione e quindi anche problemi termici ma aumentando la complessità di design della scheda.

Il Driver selezionato tra le scelte proposte è l'UCC27211A-Q1, un driver di gate ad alte prestazioni prodotto da Texas Instruments, particolarmente indicato per applicazioni come i convertitori, grazie alle sue caratteristiche bilanciate in termini di prestazioni e rapporto qualità-prezzo.

ID DISPOSITIVO	VIN MAX	SINK/DRIVE CURRENT	MAX TEMP	FUNCTION	COSTO
LM5146-Q1	100V	100 kHz to 1 MHz	+125° C		5,48 €
LM5109B-Q1	14V	1A			
LT1910	48V				
LTC7003	60V		+125°C		6.71€
LMR51460-Q1	36V	200 kHz to 1 MHz	+125° C		1,99 €
UCC27284-Q1	16V	3.5A	125	Bootstrap	2.05
UCC27289D	16v	3.5A	150	Bootstrap	1.68
UCC27301A-Q1	17v	4A	150		3.08
LT8418	5v	>1MHz	125	GaN FET	0.98
LTC4444	13.5	3A	150	DATATO	5.90
UCC27211A-Q1	20V	4.5A	150	economico e molto veloce	2.00
MP18021HN-LF-Z	16V	2.5A	125	Rise 12nS Fall 9ns	1,77
UCC27282DRMR	16V	3.5A	150	Rise 12nS Fall 10ns	1,77
WCDSC006XUMA1	6V	3A			

La scelta è dipesa da fattori come l'elevata corrente di sink (3.7A) e di drive (4.5A) che permettono un efficiente pilotaggio del mosfet poiché si riesce a caricare in modo più efficiente il gate ed ottenere la commutazione riducendo i tempi morti.

Rispetto ad altri driver nella stessa fascia di costo, l'UCC27211A-Q1 offre un equilibrio tra prestazioni, robustezza e compatibilità con il nostro range di MOSFET, risultando la scelta ideale nel nostro caso.

10 Risultati in simulazione

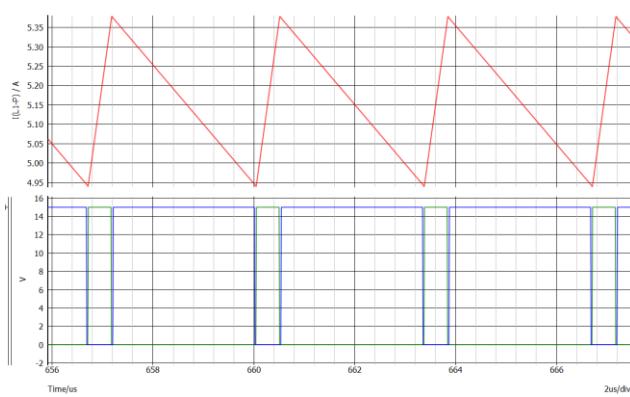


Figura 7 Simulazione della corrente di uscita rispetto alle PWM

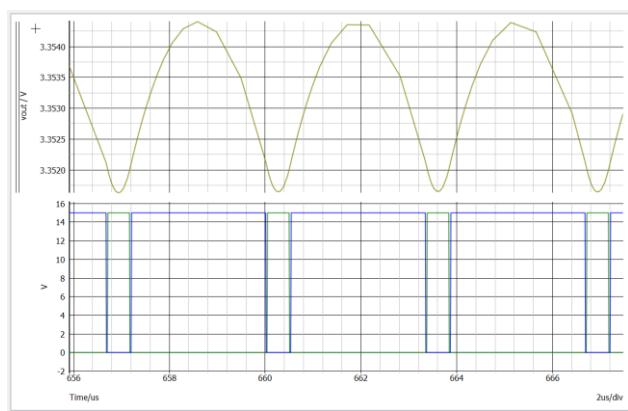
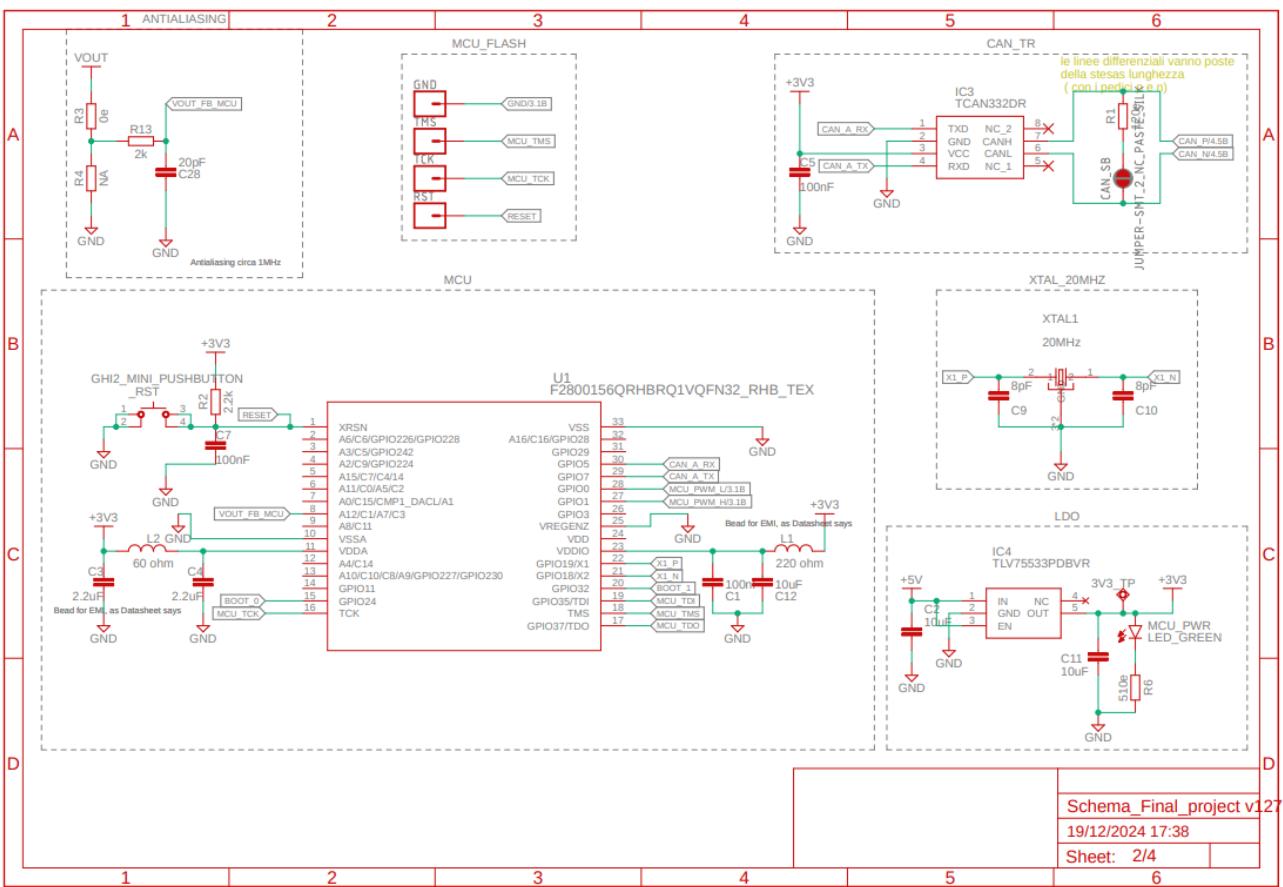
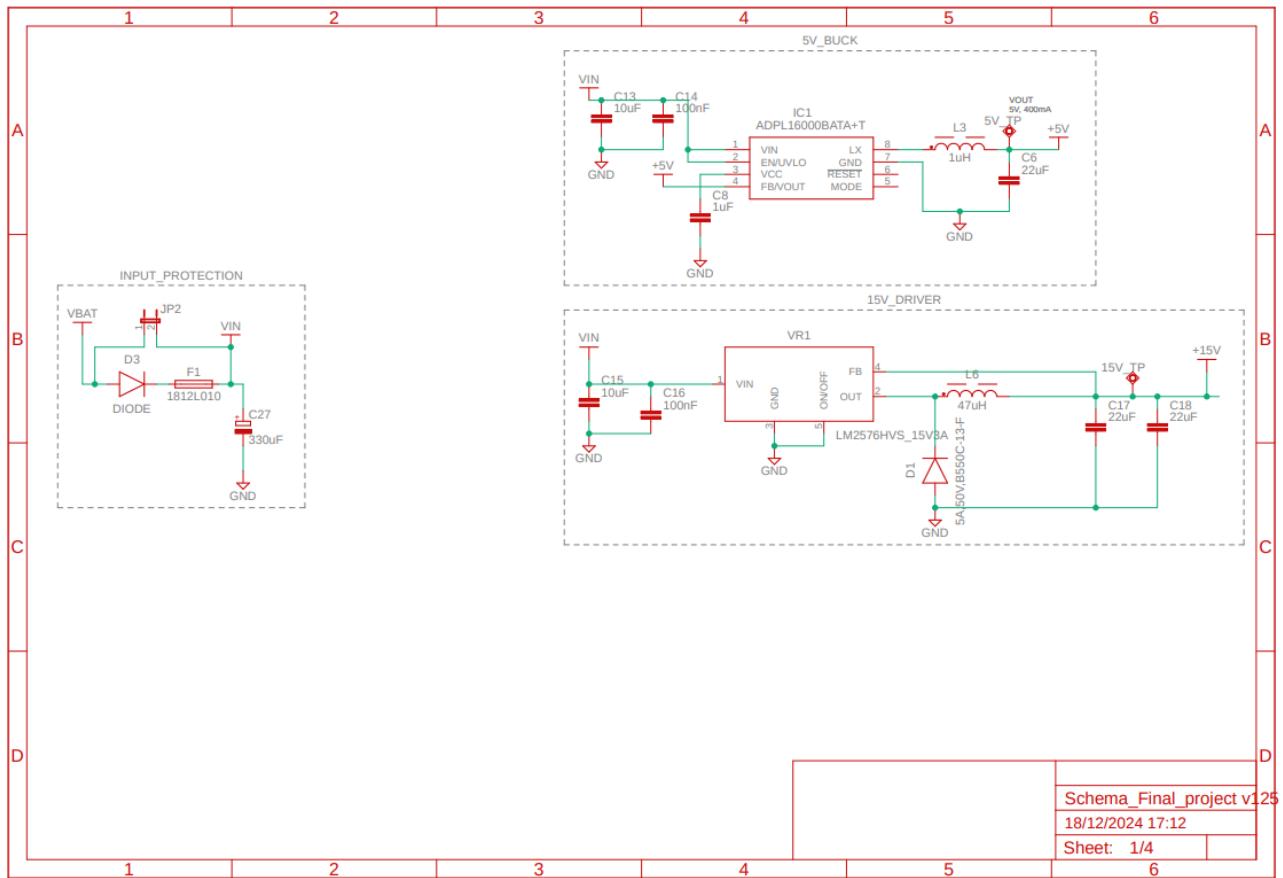
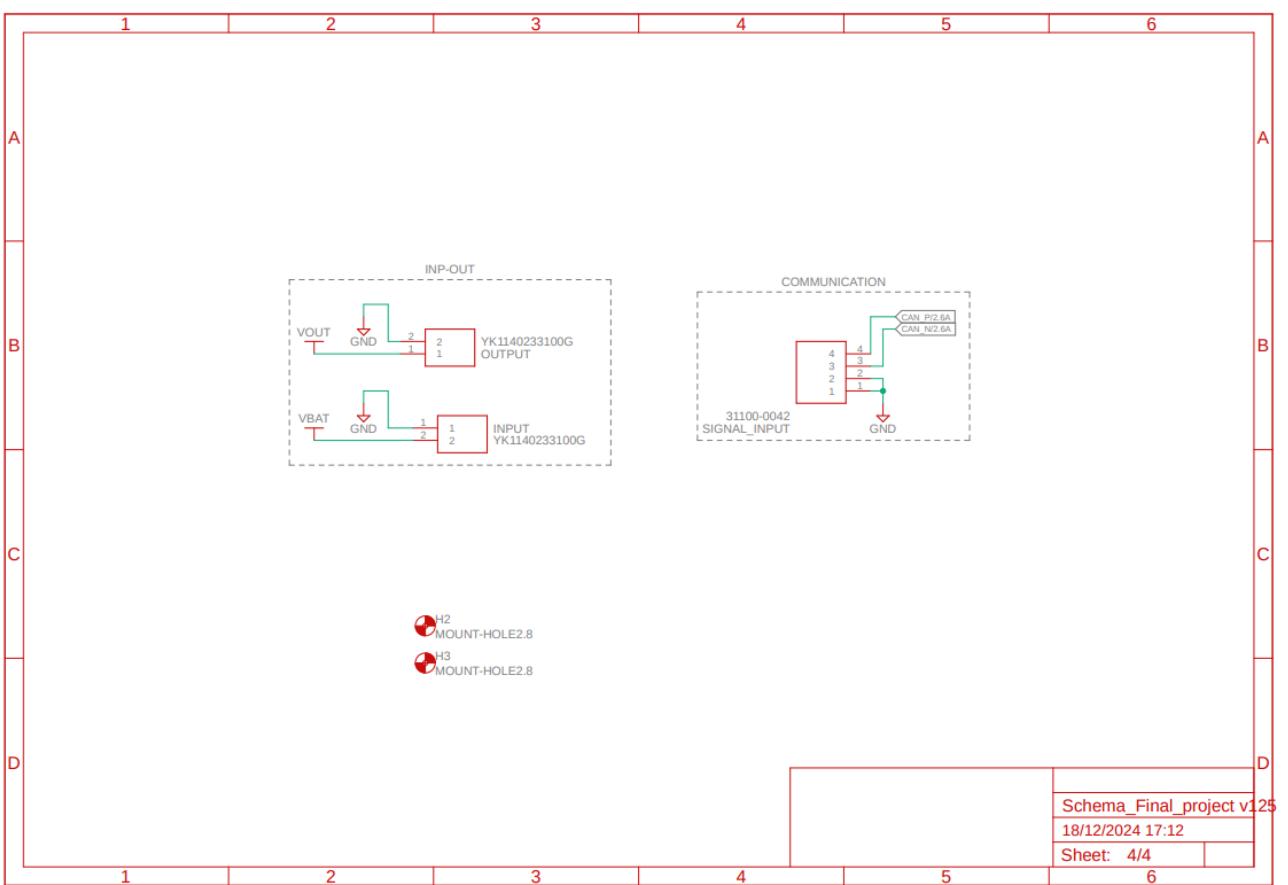
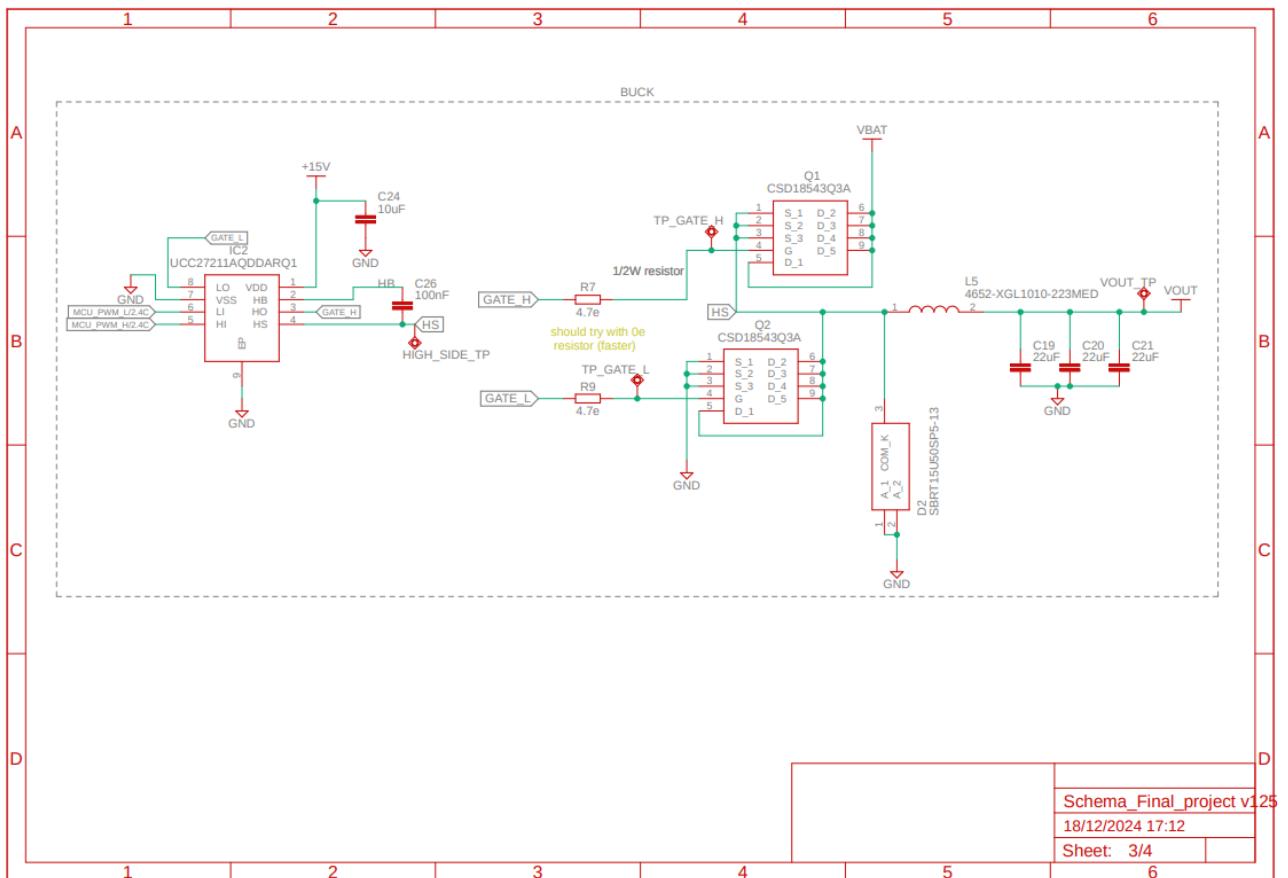


Figura 8 Simulazione della tensione di uscita rispetto alle PWM

11 Schematico del circuito





12 Layout

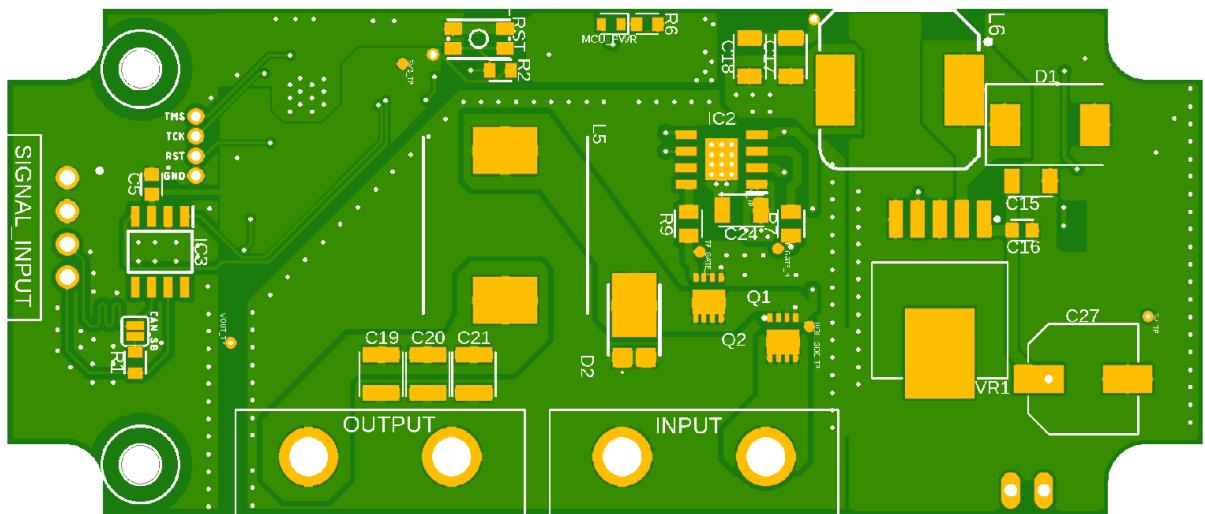


Figura 9 top

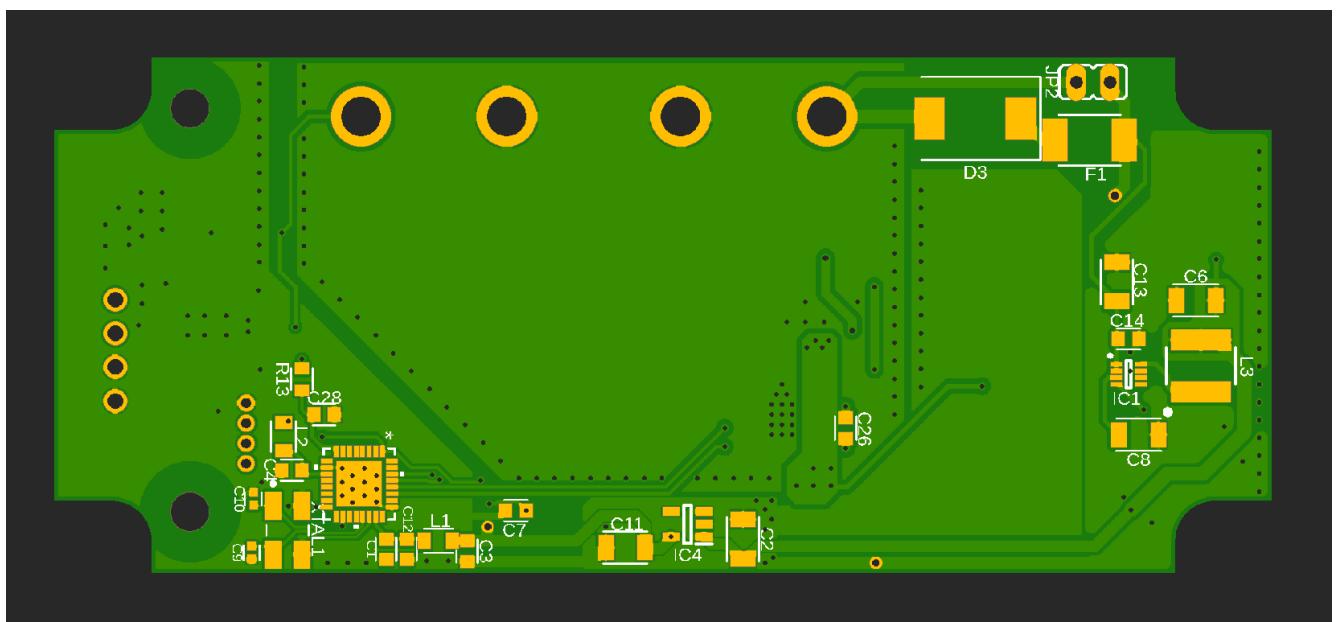


Figura 10 Bottom

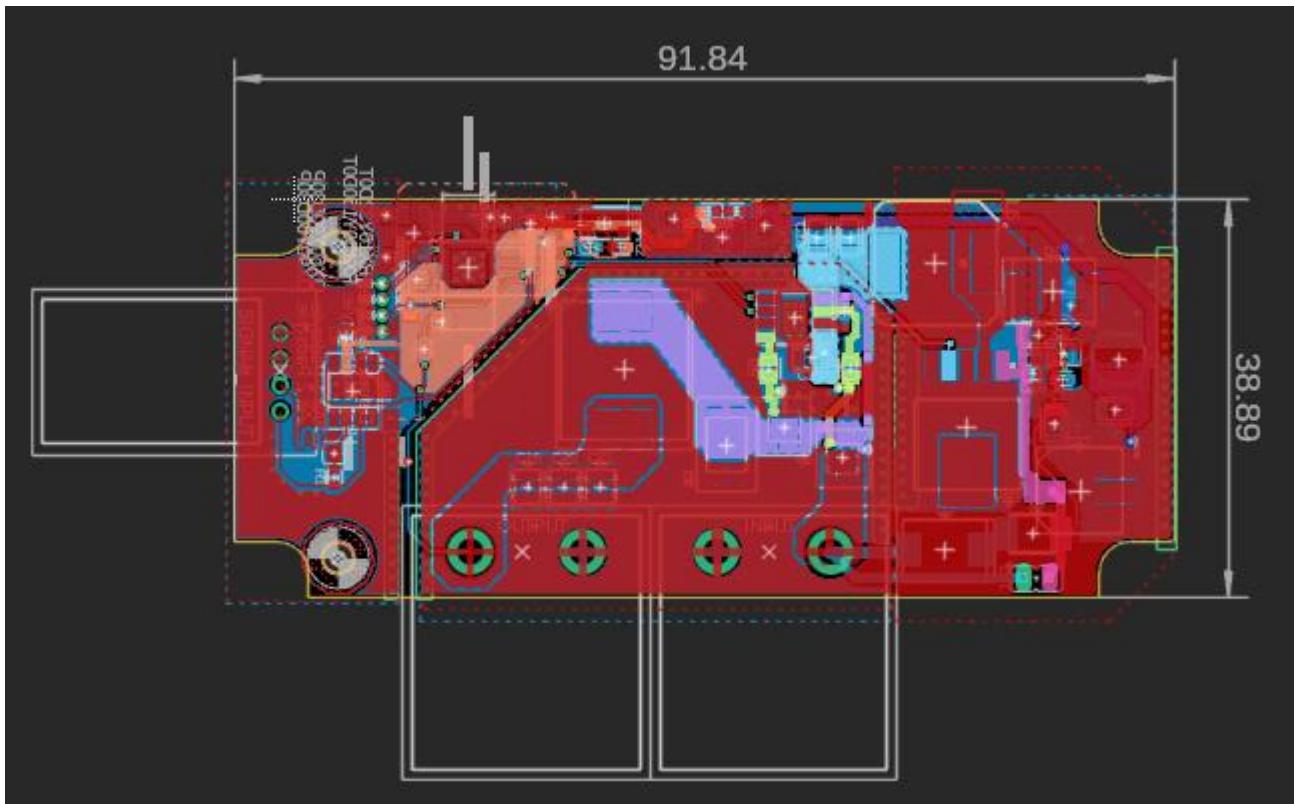


Figura 11 Visualizzazione layer Fusion360

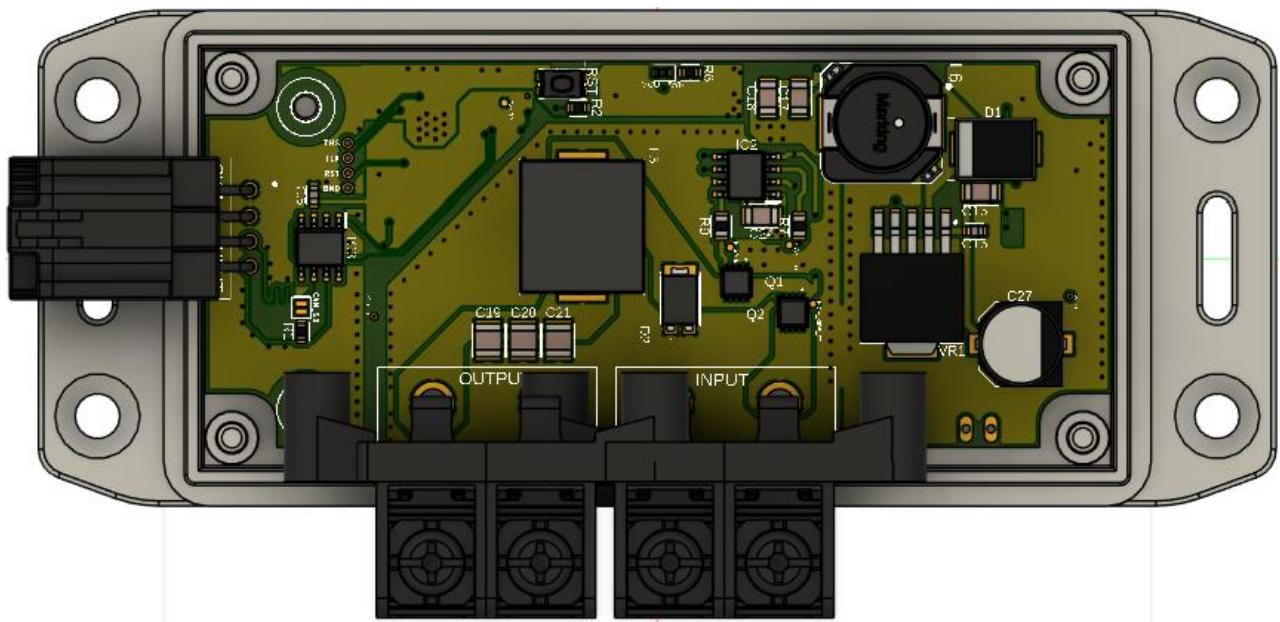


Figura 12 Render 3D con enclosure