



# ATTICUS

*Ambient-intelligent Tele-monitoring System*

Codice progetto: ARS01\_00860

**Deliverable D4.7**

**Report della progettazione sistema di harvesting e  
power management system**



**UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DEL MOLISE**



Consorzio Italia



## Data: Novembre 2019

Leader OR	UNISANNIO
Obiettivo realizzativo (OR)	OR4 – Realizzazione del dispositivo S-WARE: acquisizione ed elaborazione segnali
Attività	4.7 – Progettazione sistema di harvesting e power management system
Descrizione dell'attività (come da capitolato)	Sarà progettato il sistema di alimentazione della componente elettronica della S-WARE, che include eventualmente un meccanismo di harvesting, selezionato tra le tecnologie studiate nell'attività A3.1. Sarà anche definito il meccanismo di ricarica della batteria, mediante connessione, eventualmente wireless con il dispositivo S-BOX.
Partner coinvolti nell'attività	
Stato del documento	Final draft
Confidenzialità	Ristretta

## Indice del documento

1	Introduzione .....	5
2	Il sistema di alimentazione .....	6
2.1	Il convertitore DC-DC TPS6220x.....	7
2.2	Schematico del sistema di alimentazione per l'erogazione di tensioni pari a 3.3V .....	11
2.3	Schematico del sistema di alimentazione per l'erogazione di tensioni pari a 1.8V .....	12
2.4	Circuiteria di protezione da scarica elettrostatica .....	13
2.5	Sistema per la ricarica della batteria.....	15
3	Conclusioni .....	18
	Riferimenti bibliografici .....	19

## Indice delle figure

Fig. 1: Architettura generale della S-WEAR. ....	6
Fig. 2: Efficienza al variare della corrente del carico. ....	8
Fig. 3: Pin-out del convertitore TPS6220x ....	8
Fig. 4: Schema a blocchi del TPS6220x. ....	10
Fig. 5: schematico del sistema di alimentazione a 3.3V. ....	12
Fig. 6: schematico del sistema di alimentazione a 1.8V. ....	12
Fig. 7: schematico riportato nel datasheet del TPS62202 per l'erogazione di una tensione di uscita fissa pari a 1.8V.....	13
Fig. 8: circuito di protezione bidirezionale per segnali aventi una tensione di bias pari a 0V.....	14
Fig. 9: schematico contenente il connettore della batteria e l'interfaccia USB. ....	14
Fig. 10: flowchart che descrive le fasi di carica della batteria. ....	15
Fig. 11:schematico del circuito per la carica della batteria. ....	17

## 1 Introduzione

In questo documento si riportano gli schematici relativi alle sezioni di alimentazione della S-WEAR. In particolare, viene descritto il sistema di carica della batteria.



## 2 Il sistema di alimentazione

In questa sezione viene descritto il sistema di alimentazione progettato per la S-WEAR. In particolare, in Fig. 1 è rappresentato uno schema a blocchi dell'architettura hardware della S-WEAR con le singole parti che lo compongono che devono essere alimentate da un'unica rete di alimentazione a batteria.

Nelle sottosezioni che seguono viene inizialmente presentata la famiglia di convertitori DC-DC utilizzati per la realizzazione dell'intero sistema di alimentazione. Poi viene descritto lo schematico della sezione di alimentazione per l'erogazione di tensioni pari a 3.3V e 1.8V.

Inoltre, sono riportate le circuiterie di protezione da scarica elettrostatica.

Infine, viene descritto il sistema di ricarica della batteria.

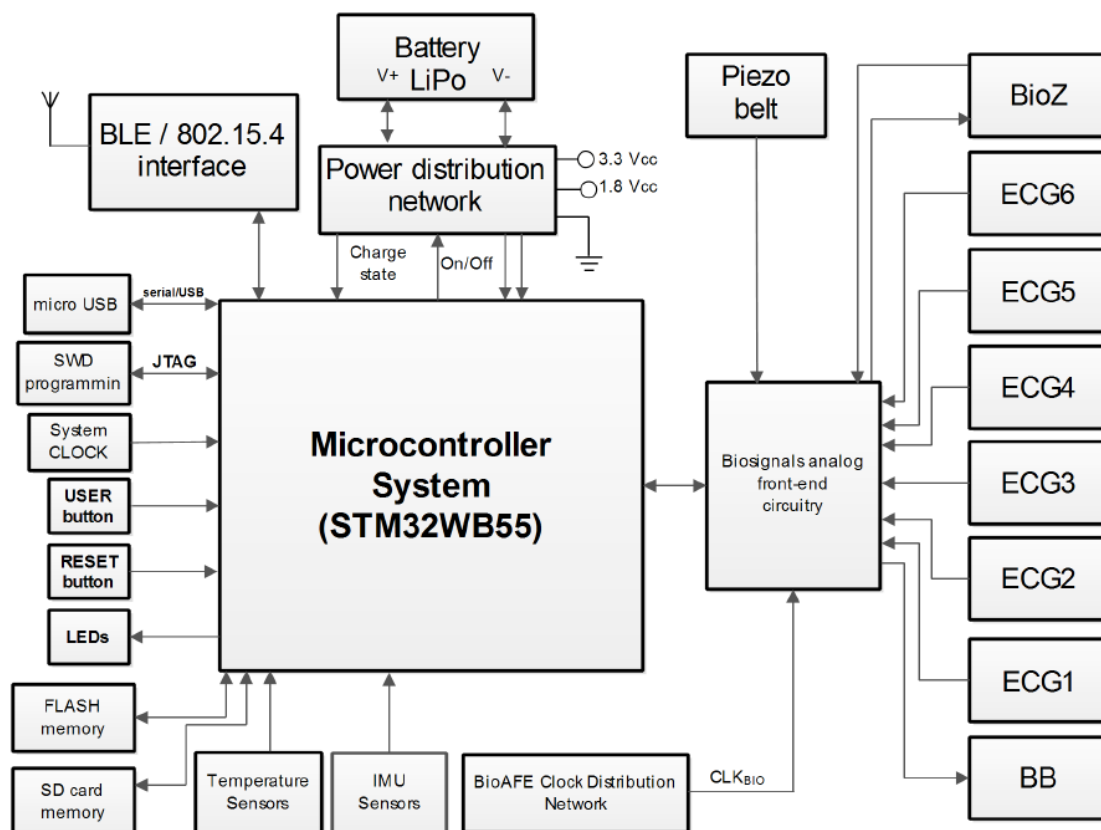


Fig. 1: Architettura generale della S-WEAR.

## 2.1 Il convertitore DC-DC TPS6220x

La famiglia di convertitori DC-DC TPS6220x consiste di convertitori step-down, SOT23 ad elevata efficienza [1]. Tali convertitori sono estremamente adatti per applicazioni dove è richiesta l'alimentazione da batterie a una cella Lilon o 3 celle NiMH/NiCd. Inoltre, il dispositivo può operare con tensioni di ingresso standard 3.3 V o 5 V e fornire una uscita in tensione nell'intervallo che va da 6 V fino a 0.7 V con una corrente erogabile fino a 300 mA. Esso viene utilizzato solitamente per alimentare DSP a basse tensioni di alimentazione, processori contenuti in PDA o pocket PC e nei sistemi di alimentazione degli smartphone. In condizioni operative normali, il dispositivo lavora con una frequenza di switching tipicamente pari a 1 MHz. Quando viene alimentato un carico che richiede una bassa erogazione di corrente, il dispositivo si porta nella modalità power save, all'interno della quale riduce la frequenza di switching in modo da erogare una corrente residua pari a 15  $\mu$ A, la quale permette di raggiungere elevate efficienze per un ampio range di correnti. Il TPS6220x necessita di tre componenti aggiuntivi, quindi insieme al suo package ridotto (SOT23), permette una buona miniaturizzazione dell'intero sistema di alimentazione. È possibile migliorare le prestazioni in termini di tempi di risposta e quindi di efficienza inserendo capacitori ceramici all'ingresso e all'uscita del convertitore.

In Fig. 2 è riportata la curva che rappresenta l'efficienza del convertitore a variare del carico per tensioni di ingresso che vanno da 2.7 V fino a 5 V, con una tensione di uscita pari a 1.8 V. È possibile notare come per i valori di corrente stimati nel deliverable 4.6 per la S-WEAR di circa 30 mA, il convertitore esibisce una efficienza che varia tra il 90 % e il 95 %.

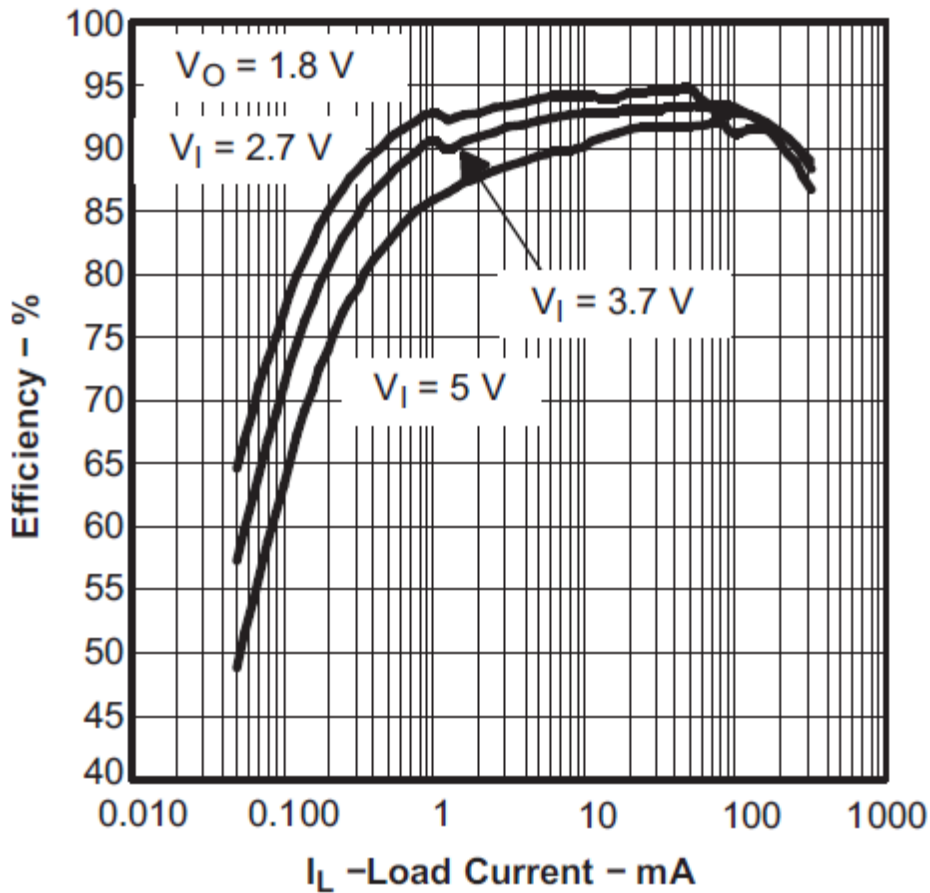


Fig. 2: Efficienza al variare della corrente del carico.

Il pin-out del convertitore per il package SOT-23 è riportato in Fig. 3.

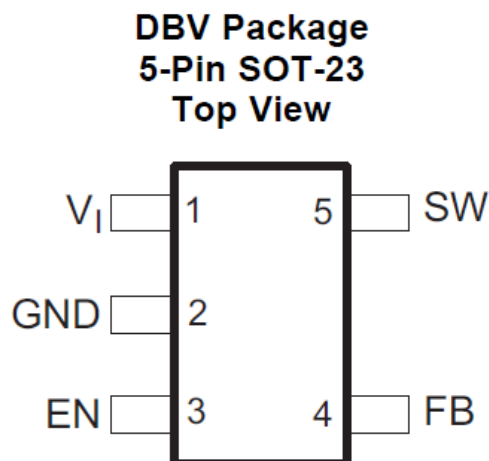


Fig. 3: Pin-out del convertitore TPS6220x

Di seguito viene riportata una descrizione più dettagliata del TPS6220x, in base allo schema a blocchi riportato in Fig. 4. Il TPS6220x è un convertitore DC-DC step-down sincrono che lavora con segnali PWM (Pulse Width Modulation) a 1 MHz quando deve erogare elevate correnti, mentre per basse correnti lavora in modalità PFM (Pulse Frequency Modulation).

Durante la modalità PWM, il convertitore utilizza uno schema di controllo con la tensione in ingresso in feed forward. In questo modo è possibile raggiungere buone prestazioni di regolazione al variare del carico mediante l'utilizzo di condensatori ceramici in ingresso e uscita dal convertitore.

All'inizio di ogni ciclo di clock il MOSFET a canale P viene attivato, e l'induttore si carica linearmente in corrente fino a quando il comparatore, superato un valore di soglia, non spegne il MOSFET. Il comparatore disattiva il MOSFET anche nel caso in cui la sua corrente raggiunge il massimo valore consentito. Successivamente, lo switch a canale N viene attivato e la corrente all'interno dell'induttore si scarica linearmente. Al successivo ciclo si ripete la carica e la scarica dell'induttore. Il guadagno dell'amplificatore GM (vedi Fig. 4) e la tensione di ingresso determinano il tempo di salita del generatore di segnale a dente di sega, quindi una variazione della tensione di ingresso e di uscita determina direttamente una variazione del duty cycle al quale sta lavorando il convertitore. In questo modo è possibile rispondere prontamente a variazioni della tensione di alimentazione e a variazioni di carico.

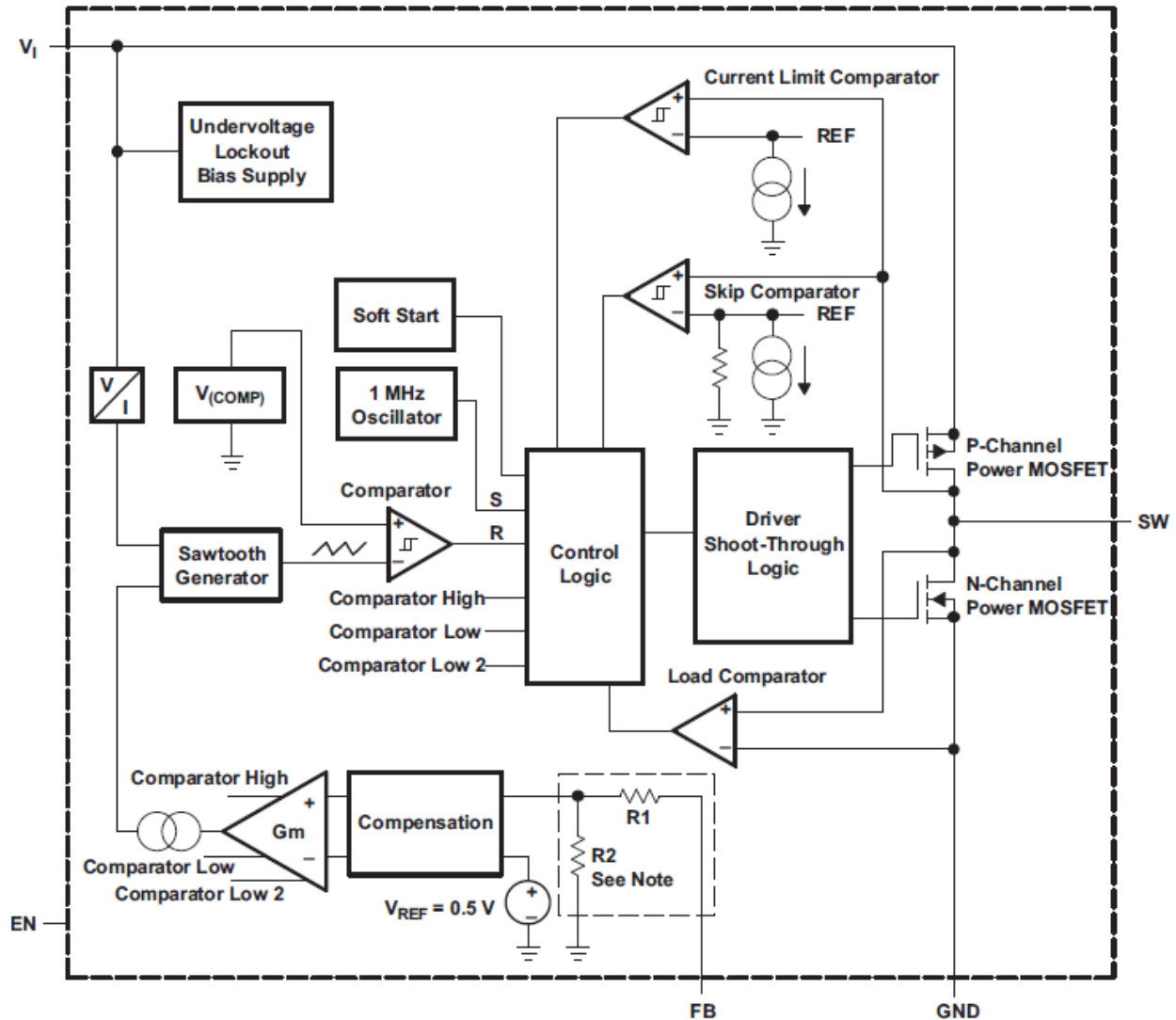


Fig. 4: Schema a blocchi del TPS6220x.

Il convertitore presenta al suo interno una circuiteria che permette il blocco nel caso di basse tensioni in ingresso. Questo circuito di protezione previene che il MOSFET a canale N si possa ritrovare a lavorare in condizioni non ben definite.

Inoltre, il TPS6220x presenta al suo interno una circuiteria per il soft start, questa circuiteria limita un elevato assorbimento di corrente durante le fasi di start-up. In questo modo è possibile prevenire brusche cadute di tensione sulla tensione in ingresso. Tale funzionalità è molto utile nel caso di alimentazione da batteria o di sorgenti di alimentazione ad alta impedenza poste in ingresso al TPS6220x.

Il soft start viene implementato andando ad incrementare step-by-step la corrente che circola negli switch mediante la seguente sequenza: 60 mA, 120 mA, 240 mA fino al valore limite di 480 mA. Inoltre, il tempo di start-up dipende dal condensatore posto in uscita e dal carico. Tipicamente con un condensatore di 10  $\mu$ F e un carico che assorbe una corrente di 200 mA, tale tempo è pari a 800  $\mu$ s.

Il dispositivo presenta un pin di abilitazione. Quando questo pin è basso il dispositivo si pone in shutdown, con una corrente di quiescenza tipicamente pari a 0.1  $\mu$ A. In questa modalità lo switch a canale P e lo switch a canale N risultano entrambi spenti, quindi il resistore di feedback è disconnesso e l'intero dispositivo si pone in modalità a basso consumo. Per un corretto utilizzo del convertitore il pin di abilitazione deve essere collegato a massa mediante una resistenza e non lasciato floating. Quando il pin di abilitazione riceve un valore logico alto allora viene avviata la fase di start-up del convertitore mediante il soft start descritto in precedenza.

## 2.2 Schematico del sistema di alimentazione per l'erogazione di tensioni pari a 3.3V

In Fig. 5 è riportato lo schematico del sistema di alimentazione per i chip integrati sulla S-WEAR che lavorano a tensioni pari a 3.3V. In particolare, tutte le periferiche, i sensori e anche il microcontrollore della S-WEAR lavorano a 3.3V tranne i chip per l'acquisizione dei segnali ECG e di bio-impedenza (MAX30001 e MAX30003). Lo schematico si compone di tre TPS62200DBVT che prelevano la tensione fornita dalla batteria e forniscono in uscita tre valori di tensione a 3.3V. Ogni convertitore può erogare una corrente massima di 300 mA. Inizialmente tutti i convertitori risultano spenti. Quando l'utente attiva il primo convertitore mediante un interruttore di power-up, il microcontrollore della S-WEAR viene alimentato. A questo punto il microcontrollore attiva le alimentazioni delle altre periferiche e pone il pin 3V3 ENA al valore logico alto. Questo viene fatto durante il tempo per cui l'interruttore viene pigiato dall'utente. A questo punto tutte le periferiche sono attive. Questa modalità permette al microcontrollore di auto-spegnersi per ridurre i consumi energetici quando la scheda S-WEAR non viene utilizzata e quindi garantire una maggiore durata della batteria.

## DC 3.3V

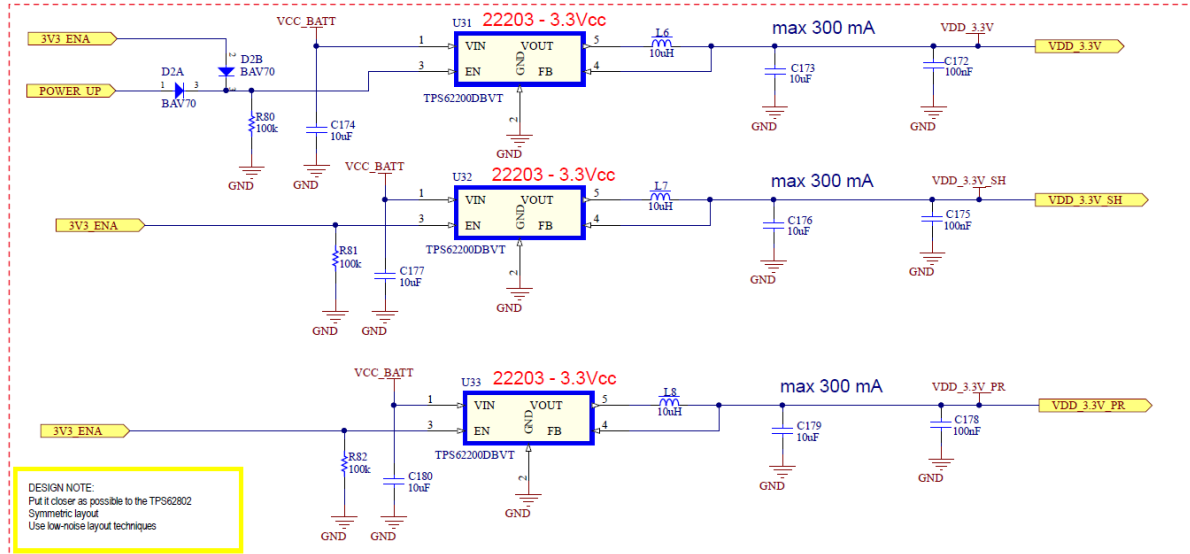


Fig. 5: schematico del sistema di alimentazione a 3.3V.

## 2.3 Schematico del sistema di alimentazione per l'erogazione di tensioni pari a 1.8V

In Fig. 6 è riportato lo schematico relativo alla sezione di alimentazione del MAX30001 e dei 5 MAX30003. In questo caso il pin di abilitazione del convertitore è denominato 1V8ENA. Il circuito si compone del TPS62202, il quale è un convertitore della famiglia TPS6220x che fornisce in uscita una tensione fissa pari a 1.8V come mostrato in Fig. 7.

## DC 1.8V

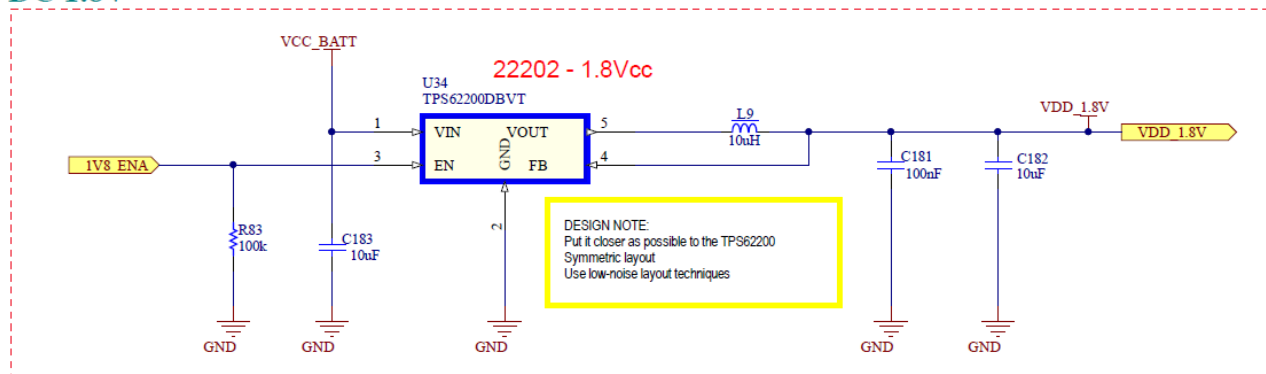


Fig. 6: schematico del sistema di alimentazione a 1.8V.

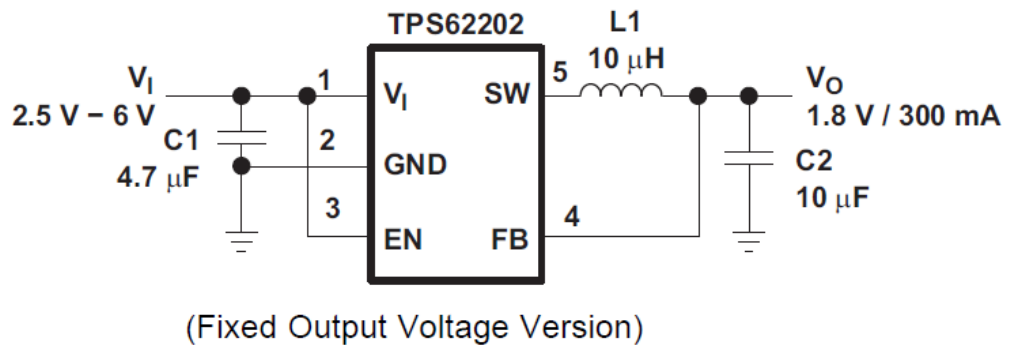


Fig. 7: schematico riportato nel datasheet del TPS62202 per l'erogazione di una tensione di uscita fissa pari a 1.8V.

## 2.4 Circuiteria di protezione da scarica elettrostatica

Poiché la S-WEAR opera con bassi livelli di tensione è necessario introdurre circuiteria di protezione al fine di ridurre i malfunzionamenti causati da scariche elettrostatiche (ElectroStatic Discharge - ESD). A tale scopo i Transient Voltage Suppressors (TVS) sono la scelta ideale per la protezione da ESD. Infatti, essi esibiscono buone capacità di soppressione degli eventi di ESD. Essi sono in grado di limitare transitori di tensione abbassando il livello di tensione causato da un evento di scarica elettrostatica. Array di TVS a montaggio superficiale sono utilizzati come elementi di protezione posti in parallelo tra le linee di segnale e la massa, come riportato in Fig. 8. Quando sulla linea si genera una sovratensione l'array di TVS diventa un percorso a bassa impedenza che scarica la corrente verso la massa. Il circuito di protezione da ESD utilizzato nello schematico della scheda ATTICUS è il ESDA6V1BC6. Esso è contenuto in un SOT23-6L package che permette una buona flessibilità nel caso in cui sono presenti molti componenti sulla scheda e inoltre assicura un buon livello di protezione da eventi ESD. Tale circuito di protezione è stato utilizzato sulle linee di segnale del connettore USB utilizzato per la carica della batteria e per la comunicazione seriale con un host, vedi Fig. 9.

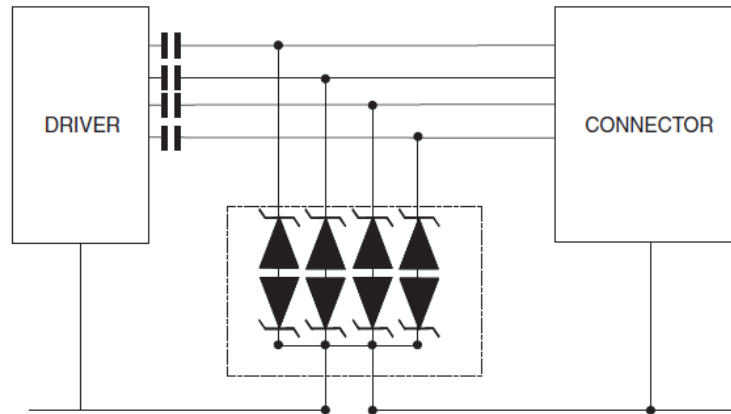
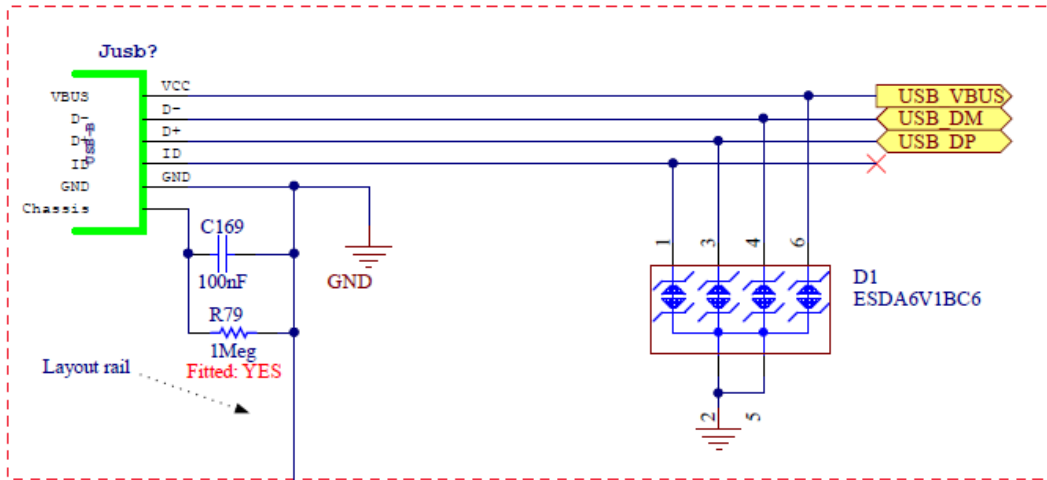


Fig. 8: circuito di protezione bidirezionale per segnali aventi una tensione di bias pari a 0V.

## USB CONNECTOR



## BATTERY CONNECTOR

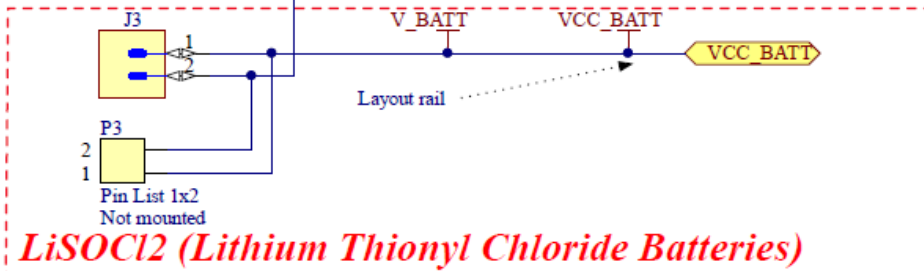


Fig. 9: schematico contenente il connettore della batteria e l'interfaccia USB.

## 2.5 Sistema per la ricarica della batteria

Il sistema per la ricarica della batteria si compone del chip MCP73831. In Fig. 10 è riportato un flowchart che descrive le fasi di carica automatica della batteria.

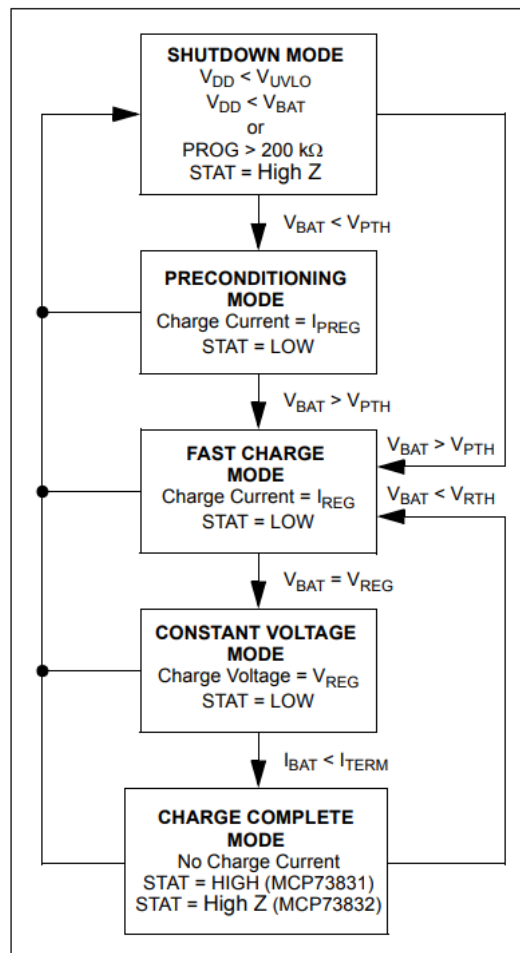


Fig. 10: flowchart che descrive le fasi di carica della batteria.

Il chip, inoltre, si compone di un circuito Undervoltage Lockout (UVLO) che monitora la tensione in ingresso (cioè la tensione della batteria) e mantiene il caricatore in shutdown fino a quando la tensione non è inferiore ad un valore di soglia. Il circuito UVLO ha una sua isteresi di 100 mV. Quando viene posta una batteria al suo ingresso, l'ingresso deve fornire una variazione di tensione in ingresso di 150 mV prima che il chip MCP73831/2 si attivi.

Il circuito UVLO pone il dispositivo in shutdown se l'ingresso rientra all'interno di 50 mV della tensione nominale della batteria. Il dispositivo si riattiva quando la tensione si abbassa nuovamente

di 150 mV. Il circuito di UVLO è sempre attivo, durante le operazioni di attivazione e disattivazione della carica eseguite dalla circuiteria UVLO la massima corrente di scarica inversa è pari a 2  $\mu$ A.

Il dispositivo MCP73831 presenta al suo interno un circuito che permette di rilevare la presenza di una batteria al suo ingresso. Al fine di rilevare la batteria tipicamente una corrente di 6  $\mu$ A deve essere rilevata sul pin VBAT. Se la tensione su VBAT supera la VREG + 100 mV, il dispositivo assume che la batteria non è presente, se invece si mantiene al di sotto di VREG + 100 mV, il dispositivo assume che la batteria è connessa. Per fare in modo che l'inserimento della batteria sia rilevato, l'impedenza vista dal pin di VBAT prima della connessione della batteria deve essere superiore a 2 M $\Omega$ .

Affinché un ciclo di carica abbia inizio, si devono verificare tutte le condizioni prima descritte per la circuiteria UVLO, la batteria deve essere connessa in ingresso al circuito e il carico deve essere collegato. Un resistore deve essere collegato tra il pin PROG e Vss. Se il pin PROG è aperto o floating, il MCP73831/2 è disabilitato e la batteria non viene caricata. In questo modo il pin PROG permette di abilitare o di disabilitare manualmente la carica della batteria.

Durante le fasi di carica costante, la corrente di carica è fornita o alla batteria o al carico. Il valore di tale corrente è stabilito dal resistore sul pin PROG e Vss. La modalità di carica a corrente costante è mantenuta fino a quando la tensione al pin VBAT raggiunge la tensione di regolazione VREG.

Quando la tensione sul pin VBAT raggiunge la tensione VREF, inizia la fase di carica a tensione costante. La tensione è regolata a 4.2 V, 4.35 V, 4.40 V o 4.50 V con una tolleranza del  $\pm 0.75\%$ .

Il ciclo di carica viene terminato quando, durante la modalità di carica a tensione costante, la corrente di carica media diminuisce al di sotto di una percentuale stabilita in base al resistore connesso al pin PROG.

Il dispositivo MCP73831/2 continuamente monitora la tensione VBAT e se tale tensione subisce una caduta inferiore ad una soglia di ricarica, un altro ciclo di ricarica della batteria viene avviato. Tale soglia è fissata e memorizzata nel chip (factory set).

La carica della batteria viene sospesa se la temperatura misurata dal chip supera i 150 °C. La ricarica riprende quando la temperatura riscende di circa 10 °C.

In Fig. 11 è riportato lo schematico del sistema di ricarica della batteria da USB della S-WEAR basato sul chip MCP73832T. In particolare, è possibile notare come il resistore posto tra il pin PROG e VSS permette una ricarica a corrente costante pari a 110 mA, nel caso di resistenza di 10 kΩ.

## BATTERY CHARGING AND DC MEASUREMENT

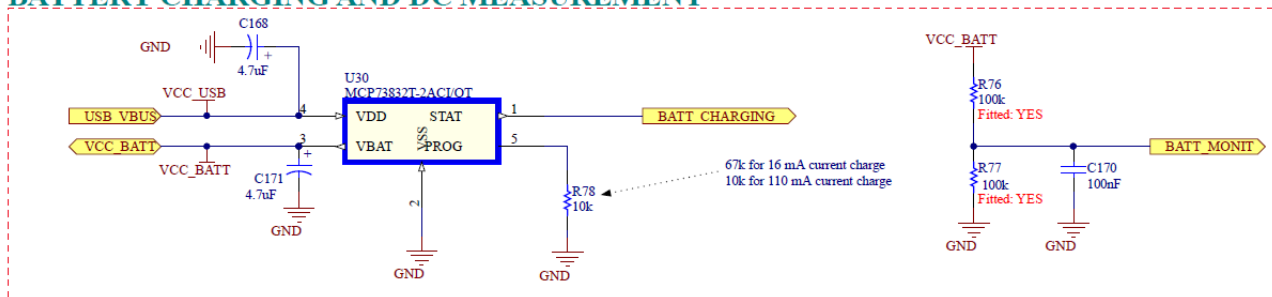


Fig. 11: schematico del circuito per la carica della batteria.

## 3 Conclusioni

In questo documento è stata riportata una breve descrizione dei dispositivi utilizzati per alimentare i componenti che compongono la S-WEAR, inoltre è descritto il sistema di carica della batteria.



## Riferimenti bibliografici

- [1] Datasheet TPS62200DBVT, disponibile online al link: [www.ti.com/lit/ds/symlink/tps62200.pdf](http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tps62200.pdf)
- [2] Datasheet ESDA6V1BC6, disponibile online al link: [www.st.com/en/protection-devices/esda6v1bc6.html](http://www.st.com/en/protection-devices/esda6v1bc6.html)
- [3] Datasheet MCP73831/2, disponibile online al link: <https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/MCP73831-Family-Data-Sheet-DS20001984H.pdf>

