

# TORPEDO, LO SWITCHING PER TUTTI GLI USI

di MASSIMO DEL FEDELE

**N**el fascicolo di marzo abbiamo trattato a livello teorico, anche se semplificato, i convertitori switching SEPIC, evidenziandone vantaggi e svantaggi e fornendovi le basi per il calcolo dei loro componenti tramite un modulo scritto in Open Office da noi creato e scaricabile dal nostro sito web. Adesso entriamo nel vivo del progetto presentando un'applicazione pratica dei concetti esposti: un alimentatore che abbiamo chiamato Torpedo. Si tratta di un alimentatore switching a configurazione SEPIC, nato per eseguire dei test finalizzati a sostituire, in sede di sviluppo della nostra scheda Fishino UNO, il poco efficiente regolatore lineare presente in esse e in tutte le schede Arduino. Le caratteristiche che volevamo ottenere erano:

- tripla sorgente di alimentazione, ossia USB, batteria ed esterna;
- ampia finestra di valori di tensione in ingresso: da 3 a 20 volt;
- corrente minima in uscita di 500 mA, con possibilità di arrivare ad 1A ed oltre con sorgente esterna;
- efficienza elevata, sopra il 70% e possibilmente sopra l'80-90%;
- carica di batterie LiPo a singola cella incorporato;



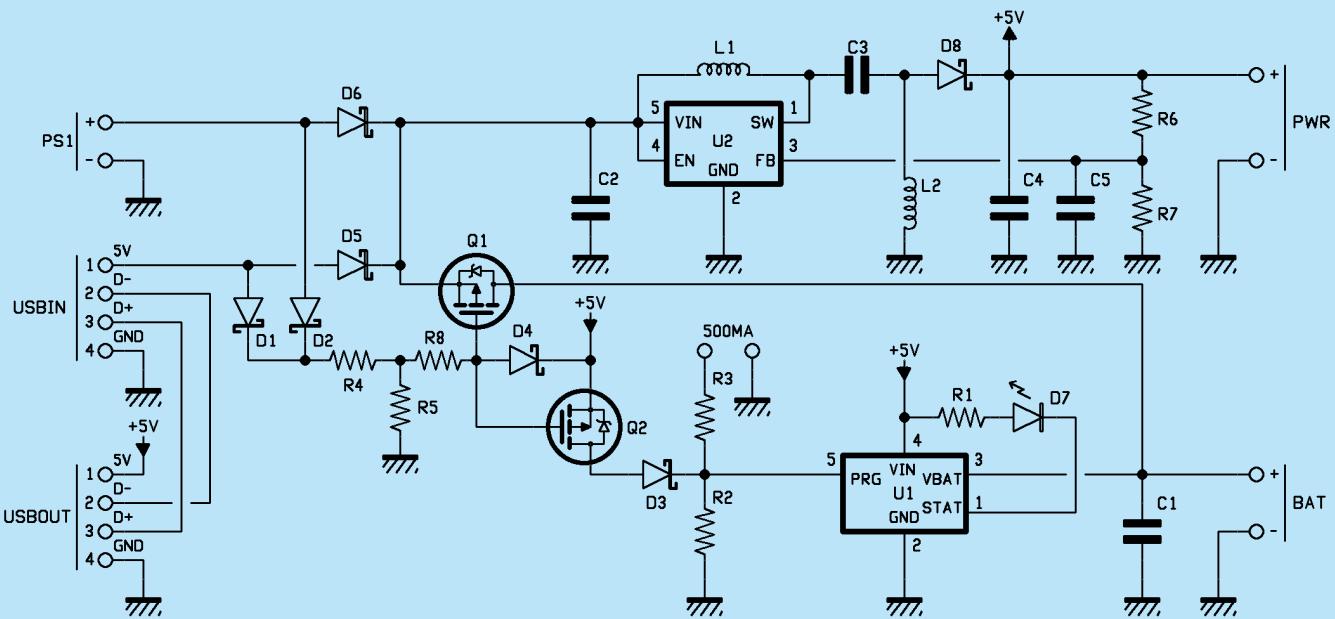
**Spiegata la teoria, vediamo in pratica il progetto dell'alimentatore SEPIC. Seconda ed ultima puntata.**

- passaggio dall'alimentazione a batteria ad altra sorgente senza interruzione;
- uscita a 5 V con elevata stabilità al variare del carico e a basso ripple.

Come vedremo in seguito, tutte le specifiche di progetto, in Torpedo, sono state rispettate.

## SCHEMA ELETTRICO

Per meglio comprendere il funzionamento del



nostro circuito possiamo dividerne lo schema in tre blocchi:

- stadio di ingresso;
- caricabatteria;
- convertitore SEPIC.

Lo stadio di ingresso è costituito principalmente dai diodi D5 e D6, che abbinati al MOSFET Q1 costituiscono il selettore della sorgente di alimentazione. Trascuriamo momentaneamente il Q1 e consideriamo i soli D5 e D6 ed il diodo di protezione all'interno del MOSFET stesso: le tre tensioni provenienti dagli altrettanti ingressi BAT, USBIN e PS1 polarizzano direttamente i tre diodi e tendono quindi a farli entrare in conduzione fino a giungere al piedino VIN di U2. Chiaramente la tensione maggiore delle tre porta in conduzione il diodo e causa l'interdizione degli altri due, che si trovano polarizzati inversamente; questo sistema costituisce di fatto una porta OR di potenza, ovvero esegue la selezione portando su VIN la tensione più alta delle tre disponibili. I diodi impediscono che la tensione più alta vada a finire su un ingresso a tensione più bassa.

I succitati diodi (D5, D6 ed il diodo interno al MOSFET) hanno, come tutti i diodi, una caduta di tensione più o meno elevata, che porta ad una dissipazione di potenza sotto forma di calore che può essere importante per correnti elevate.

Facciamo un paio di esempi per chiarire il concetto.

#### Caso 1

Tensione in ingresso di 12 volt, tensione in uscita di 5 volt, corrente assorbita dal carico di 1 ampere

ed efficienza del convertitore 100%. La corrente in ingresso, con queste condizioni, è pari a:

$$I_{in} = I_{out} \cdot \frac{V_{out}}{V_{in} - 0.4V} = 1A \cdot \frac{5V}{11.6V} = 0.43A$$

Vediamo che per ottenere in uscita 1 ampere, basta una corrente d'ingresso di appena 430 milliampere. Utilizzando un diodo Schottky con bassa caduta di tensione (diciamo 0,4 volt) abbiamo una dissipazione di potenza pari a:

$$P = V_d \cdot I_{in} = 0.4V \cdot 0.43A = 0.172W = 172\text{ milliwatt}$$

quindi una perdita sul diodo che è relativamente trascurabile.

#### Caso 2

Ipotizziamo ora una tensione in ingresso pari a 3 volt, una tensione in uscita sempre di 5 volt ed una corrente sempre di 1 ampere; in queste condizioni la corrente d'ingresso vale:

$$I_{in} = I_{out} \cdot \frac{V_{out}}{V_{in} - 0.4V} = 1A \cdot \frac{5V}{2.6V} = 1.92A$$

e la potenza dissipata sul diodo è pari a:

$$P = V_d \cdot I_{in} = 0.4V \cdot 1.92A = 0.768W = 768\text{ milliwatt}$$

Si tratta di una potenza assolutamente non tra-

scurabile, che causa il surriscaldamento del diodo e determina una notevole perdita di efficienza dell'alimentatore. Infatti, anche considerando che il convertitore SEPIC lavori al 100% di efficienza, su una potenza di 5 W forniti in uscita ne preleviamo ben 5,76 dalla linea d'ingresso, con un'efficienza pari all'86%, ovvero una perdita del 14% dovuta al solo diodo, che va a sommarsi alle perdite intrinseche del convertitore. Consideriamo poi che i diodi Schottky hanno la caratteristica poco apprezzabile di presentare una caduta di tensione crescente con la corrente più di quanto non avvenga nei diodi a giunzione PN, quindi i dati esposti sinora rappresentano una valutazione ottimistica; la caduta reale, misurata in laboratorio, si attesta attorno agli 0,55 volt, peggiorando ulteriormente la situazione. È chiaro che, mentre per alte tensioni di ingresso, essendoci in gioco basse correnti, il problema è secondario, questo non succede in caso di alimentazione a batteria, dove abbiamo tensioni basse in ingresso e conseguenti correnti molto elevate. L'efficienza peggiora drasticamente proprio quando dovrebbe essere più elevata per risparmiare l'energia stivata nella batteria; ma qui entra in gioco il MOSFET Q1, inserito solo sulla linea della batteria per mantenere il circuito sufficientemente economico e compatto.

In assenza di tensione sulle linee VUSB e PWRIN, il gate del MOSFET viene posto a massa tramite la resistenza R5 e quindi, essendo il MOS un canale P,

conduce bypassando il diodo interno di cui abbiamo parlato qualche paragrafo indietro. La scelta del MOSFET è caduta su un sub-logic level, in grado di condurre con una tensione tra source e gate di soli 2,5 volt, anche se le prestazioni migliori in fatto di RDSON si hanno con tensioni superiori a 3 V. Questo componente ha una resistenza di conduzione tipica a 2,5 volt di tensione tra source e gate (RDSON) di soli 90 milliohm, che corrispondono ad una caduta di tensione, alle correnti viste sopra, pari a

$$V_{mosfet} = I_{in} \cdot R_{ds(on)} = 1.92 A \cdot 0.09 \Omega = 0.17 V$$

quindi una caduta di tensione di meno della metà del caso precedente; essendo inoltre diminuita la caduta, diminuisce anche la corrente in ingresso e quindi il vantaggio aumenta ulteriormente. La potenza dissipata e la perdita di efficienza vengono quindi ridotte di un buon 70%.

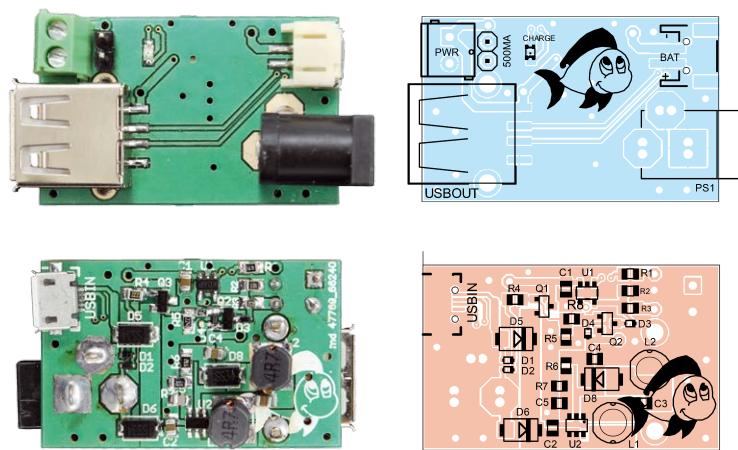
In caso di presenza di tensione sugli input USB o PS1, questa giunge al gate del MOSFET tramite i diodi D1 o D2 e la resistenza R4, polarizzandolo positivamente e portandolo quindi all'interdizione, disattivando così l'ingresso BATT.

Una piccola nota: i MOSFET a livelli logici di gate (logic- o sub logic-level) hanno una tensione di accensione (V<sub>GSON</sub>) di gate molto bassa, ed entrano quindi in conduzione piena anche con segnali logici provenienti da circuiti a bassissima tensione;

## [piano di MONTAGGIO]

### Elenco Componenti:

R1: 470 ohm (0805)	D7: LED rosso (0805)
R2: 10 kohm (0805)	D8: SS34
R3: 2,7 kohm (0805)	Q1, Q2: NTR4171PT1G
R4: 2,2 kohm (0805)	L1: Bobina 4,7µH
R5: 220 kohm (0805)	L2: Bobina 4,7µH
R6: 97,6 kohm 1% (0805)	U1: MCP73831T-2ACI/OT
R7: 13,3 kohm 1% (0805)	U2: SX1308
R8: 220 kohm (0805)	
C1: 4,7 µF ceramico (0805)	Varie:
C2÷C4: 22 µF ceramico (0805)	- Connettore micro-USB
C5: 100 pF ceramico (0805)	- Connettore USB-A femmina
D1÷D4: RB521S30T1G	- Plug alimentazione
D5, D6: SS34	- Circuito stampato S1239



**Tabella 1**

SENZA CONDENSATORE	
VOLT INGRESSO	VOLT USCITA
2.39	4.59
2.92	4.80
3.50	4.94
5.57	4.96
7.64	5.12
9.63	5.17
11.64	5.24
13.63	5.33
15.63	5.48
17.68	5.65
19.64	5.84

**Tabella 2**

CON CONDENSATORE	
VOLT INGRESSO	VOLT USCITA
2.49	4.93
3.58	4.96
4.60	4.95
5.62	4.95
7.64	4.95
9.65	4.96
11.67	4.96
13.66	4.96
15.68	4.97
17.68	4.98
19.69	4.99

per contro hanno lo svantaggio di presentare una tensione gate-source sopportabile ( $V_{gsmax}$ ) piuttosto bassa, a causa del fatto che la rigidità dielettrica dell'ossido di gate è minore. Il componente da noi scelto ha, infatti, una tensione di rottura di soli 13 volt. Potrebbe quindi sembrare che il MOSFET Q1 possa avere problemi quando la tensione in ingresso supera i 13 volt, tuttavia non è così: analizzando a fondo lo schema del circuito si evince che in caso di alimentazione a batteria la tensione tra gate e source vale esattamente quanto quella applicata ai contatti BATT (massimo 4,2 volt); poiché il gate si trova a massa, il MOSFET conduce ed il suo source si trova alla stessa tensione di ingresso. Per contro, quando viene utilizzata l'alimentazione esterna il source si trova a tale valore (meno la caduta su D2), mentre il gate viene polarizzato dal partitore costituito da R4 + R5 ad una tensione pari a 0,99 volte la tensione di ingresso. Ad una tensione di ingresso di 20 volt (il massimo previsto) la tensione  $V_{gs}$  risulta quindi di 0,2 volt e perciò ampiamente entro i margini di sicurezza.

### IL CARICABATTERIA

Il caricabatteria è costruito attorno al noto integrato MCP73831-2, previsto per la carica di batterie LiPo a cella singola con tensione di 4,2 volt.

Il LED rosso (D7) polarizzato attraverso la resistenza R1, indica lo stato della carica (acceso per batteria in carica, spento per batteria carica e spento o lampeggiante per batteria assente).

Le resistenze R2 ed R3 sono utilizzate per selezionare la corrente di carica, impostata a 100 mA con il ponticello siglato 500 mA aperto (solo R2 inserita) oppure 500 mA se il ponticello viene chiuso, con il conseguente inserimento della resistenza R3 in parallelo ad R2. Di questa sezione circuitale, l'unica parte degna di nota è l'insieme del MOSFET Q2 e del diodo D3, utilizzati per spegnere il caricabat-

teria se manca la tensione agli ingressi USB e PS1: quando la tensione sui suddetti ingressi è assente, il gate del MOSFET è polarizzato negativamente e si trova quindi in stato di conduzione, portando la tensione di 5V al pin PROG di U1 disattivandolo; per contro, quando è presente un'alimentazione esterna, il gate del MOSFET viene polarizzato positivamente e quindi interdetto, scollegando il +5V dall'ingresso PROG ed attivando quindi la carica. Il diodo D4 e la resistenza R8 servono unicamente ad evitare che la tensione sul gate del MOSFET superi quella ammissibile dallo stesso (13 V) limitandola ai 5V dell'alimentazione.

### IL CONVERTITORE SEPIC

Il convertitore gravita attorno all'integrato U2, un componente pensato per realizzare convertitori boost ma qui utilizzato, con ottimi risultati, in modalità SEPIC.

L'integrato contiene un oscillatore a frequenza costante di 1,2 MHz circa ed a duty-cycle variabile, un MOSFET a bassissima RDSON che fa le veci dell'interruttore degli schemi teorici visti nella puntata precedente, oltre ad un circuito di feedback che, variando appunto il duty-cycle, permette di mantenere costante la tensione in uscita.

Al piedino VIN arriva la tensione di alimentazione, che può variare da un minimo di 2,5 volt circa ad un massimo di 20 volt. L'alimentazione viene applicata anche alla bobina L1, il cui secondo terminale è connesso al piedino SW (switch = interruttore) che è il drain del MOSFET interno, il cui source è connesso a massa, replicando gli schemi teorici.

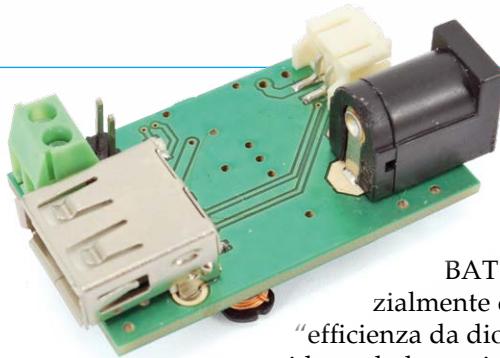
L'ingresso EN serve eventualmente per spegnere il convertitore (cosa che avviene portando a massa il piedino). In questo caso non è utilizzato ed è connesso direttamente alla tensione di alimentazione. Proseguendo, si riconoscono il condensatore C3, la bobina L2, il diodo D8 ed il condensatore C4 che rispecchiano esattamente i componenti degli schemi di principio visti nell'articolo precedente e che compongono il convertitore SEPIC.

All'uscita notiamo le resistenze R6 ed R7 che costituiscono un partitore in grado di ricavare la tensione di controllo che viene confrontata, all'interno del chip, con un riferimento fisso a 0,6 volt:

$$V_{ref} = 5 V \cdot \frac{R_7}{R_6 + R_7} = 5 V \cdot \frac{13.3 K}{97.6 K + 13.3 K} = 0.6 V$$

Quando la tensione supera i 5V, quella di controllo supera gli 0,6V e l'integrato provvede a ridurre au-





tomaticamente il duty-cycle per compensare, mentre nel caso opposto aumenta il duty-cycle, in modo da mantenere costante la tensione in uscita al variare sia della tensione in ingresso che del carico. Le resistenze della rete di retroazione sono state scelte all'1% di tolleranza in modo da avere la stessa precisione sulla tensione in uscita.

Una nota a proposito del condensatore C5, che è da soli 100 picofarad: questo non era previsto nello schema fornito dal costruttore del chip, ed è stato inserito per ovviare ad un problema emerso con i primi prototipi; in questi, le forti correnti impulsive a 1,2 MHz presenti nel circuito, a causa della vicinanza delle piste del circuito stampato, riuscivano ad "entrare" nella linea di controllo FB ed a peggiorare drasticamente la qualità della tensione in uscita e la sua costanza al variare di ingresso e carico. Il condensatore permette di eliminare tali componenti impulsive dalla tensione di feedback, rendendo l'alimentatore stabilissimo.

La **Tabella 1** riporta le misure realizzate senza il condensatore e la **Tabella 2** quelle effettuate con il condensatore: nel primo caso (condensatore assente) notate che la tensione in uscita è molto instabile e soffre di grosse variazioni al mutare dell'ampiezza della tensione in ingresso, mentre nel secondo caso (condensatore presente) la tensione risulta stabilissima entro l'1% in corrispondenza di un'e-scursione della tensione d'ingresso compresa tra 2,4 e 19,6 volt circa.

Per il buon funzionamento della retroazione e quindi per assicurare la stabilità della tensione d'uscita è importante anche la posizione della pista diretta al pin (FB) dell'integrato U1; questo lo abbiamo riscontrato personalmente in una prima versione di Torpedo, avendola fatta passare troppo vicino alle bobine e permettendo quindi che le interferenze impulsive entrassero nella rete di feedback peggiorandone drasticamente le caratteristiche.

Nel PCB di cui trovate le tracce nel nostro sito [www.elettronicain.it](http://www.elettronicain.it) (insieme ai file del progetto) abbiamo ovviato all'inconveniente correggendo il percorso della pista.

### **ANALISI DELLE PRESTAZIONI**

Nelle sezioni della **Tabella 3** abbiamo tabulato alcuni valori di tensioni e correnti nelle varie parti dell'alimentatore ed effettuato dei calcoli di efficienza del medesimo. Nelle prove che ci hanno permesso di ottenere i valori abbiamo alimentato Torpedo attraverso l'ingresso PWRIN, quindi

trascurando i benefici del MOSFET sull'ingresso BAT che comunque sono parzialmente desumibili dalla colonna

"efficienza da diodo" nelle tabelle, calcolata considerando la tensione dopo i diodi in ingresso e quindi trascurandone la perdita.

Le tabelle sono state ricavate con quattro differenti carichi resistivi (rispettivamente 13,5 ohm, 9 ohm, 7,5 e 4,5 ohm), corrispondenti a correnti in uscita teoriche pari a, rispettivamente, 370 mA, 550 mA,

**Tabella 3**

ALIMENTATORE	INGRESSO	RESISTENZA DI CARICO			13.5 OHM			NOTE	
		PAD	DOPO	CADUTA	USCITA	I	EFFICIENZA DA PAD	EFFICIENZA DA DIODO	
V	V	V	V	V	V	%	%	%	
3.00	1.10	2.64	2.07	0.57	4.78	0.35	58.28	74.33	OVER
3.30	0.85	3.00	2.49	0.51	4.93	0.37	70.60	85.06	
4.20	0.56	4.00	3.58	0.42	4.96	0.37	81.35	90.90	
5.10	0.43	5.00	4.60	0.40	4.95	0.37	84.42	91.76	
6.10	0.35	6.00	5.62	0.38	4.95	0.37	86.43	92.27	
8.00	0.26	8.00	7.64	0.36	4.95	0.37	87.26	91.37	
10.00	0.21	10.00	9.65	0.35	4.96	0.37	86.78	89.93	
12.00	0.17	12.00	11.67	0.33	4.96	0.37	89.33	91.86	
14.00	0.15	14.00	13.66	0.34	4.96	0.37	86.78	88.94	
16.00	0.13	16.00	15.68	0.32	4.97	0.37	87.97	89.76	
18.00	0.12	18.00	17.68	0.32	4.98	0.37	85.05	86.59	
20.00	0.11	20.00	19.69	0.31	4.99	0.37	83.84	85.16	

ALIMENTATORE	INGRESSO	RESISTENZA DI CARICO			9.0 OHM			NOTE	
		PAD	DOPO	CADUTA	USCITA	I	EFFICIENZA DA PAD	EFFICIENZA DA DIODO	
V	V	V	V	V	V	%	%	%	
3.60	1.32	2.98	2.39	0.59	4.59	0.51	59.51	74.20	OVER
4.00	1.10	3.50	2.92	0.58	4.80	0.53	66.49	79.70	OVER
4.30	0.90	4.00	3.50	0.50	4.94	0.55	75.32	88.08	
5.20	0.70	5.00	4.52	0.48	4.96	0.55	78.10	86.39	
6.10	0.54	6.00	5.57	0.43	4.96	0.55	84.37	90.88	
8.00	0.39	8.00	7.60	0.40	4.96	0.55	87.61	92.22	
10.00	0.31	10.00	9.03	0.37	4.96	0.55	88.18	91.57	
12.00	0.26	12.00	11.68	0.32	4.96	0.55	87.61	90.01	
14.00	0.23	14.00	13.68	0.32	4.96	0.55	84.89	86.88	
16.00	0.20	16.00	15.67	0.33	4.96	0.55	85.42	87.22	
18.00	0.18	18.00	17.09	0.31	4.96	0.55	84.37	85.85	
20.00	0.16	20.00	19.70	0.30	4.97	0.55	85.77	87.07	

ALIMENTATORE	INGRESSO	RESISTENZA DI CARICO			7.5 OHM			NOTE	
		PAD	DOPO	CADUTA	USCITA	I	EFFICIENZA DA PAD	EFFICIENZA DA DIODO	
V	V	V	V	V	V	%	%	%	
4.00	1.29	3.38	2.80	0.58	4.57	0.61	63.87	77.09	OVER
4.10	1.18	3.60	3.05	0.55	4.66	0.62	68.16	80.45	OVER
4.40	1.06	4.00	3.49	0.51	4.84	0.65	73.67	84.43	OVER
5.30	0.80	5.00	4.57	0.43	4.95	0.66	81.68	89.36	
6.20	0.64	6.00	5.56	0.44	4.96	0.66	85.42	92.18	
8.10	0.47	8.00	7.58	0.42	4.96	0.66	87.24	92.07	
10.00	0.37	10.00	9.61	0.39	4.96	0.66	88.65	92.25	
12.00	0.31	12.00	11.61	0.39	4.96	0.66	88.10	91.14	
14.00	0.27	14.00	13.65	0.35	4.96	0.66	88.78	89.00	
16.00	0.23	16.00	15.63	0.37	4.96	0.66	89.14	91.25	
18.00	0.21	18.00	17.66	0.34	4.96	0.66	88.78	88.45	
20.00	0.19	20.00	19.68	0.32	4.96	0.66	86.32	87.73	

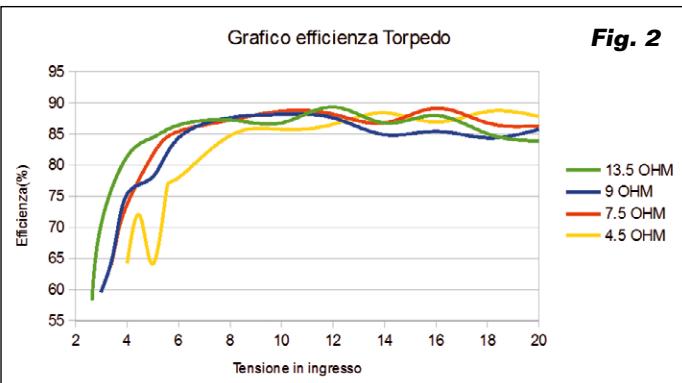
ALIMENTATORE	INGRESSO	RESISTENZA DI CARICO			4.5 OHM			NOTE	
		PAD	DOPO	CADUTA	USCITA	I	EFFICIENZA DA PAD	EFFICIENZA DA DIODO	
V	V	V	V	V	V	%	%	%	
4.50	1.42	4.00	3.47	0.53	4.05	0.90	64.17	73.97	OVER
5.00	1.30	4.50	3.95	0.55	4.35	0.97	71.88	81.89	OVER
5.50	1.30	5.00	4.44	0.56	4.33	0.96	64.10	/2.18	OVER
6.00	1.20	5.50	4.92	0.58	4.72	1.05	75.01	83.85	OVER
6.40	1.09	6.00	5.48	0.52	4.79	1.06	77.96	85.36	
8.20	0.80	8.00	7.52	0.48	4.94	1.10	84.73	90.14	
10.10	0.63	10.00	9.56	0.44	4.93	1.10	85.73	89.68	
12.00	0.52	12.00	11.59	0.41	4.93	1.10	86.56	89.62	
14.00	0.41	14.00	13.59	0.41	4.95	1.10	88.39	91.06	
16.00	0.39	16.00	15.00	0.40	4.94	1.10	86.91	89.14	
18.00	0.34	18.00	17.62	0.38	4.94	1.10	88.61	90.52	
20.00	0.31	20.00	19.62	0.38	4.95	1.10	87.82	89.52	

660 mA e 1,1 A. Le due colonne di sinistra (intestate "Alimentatore") sono i valori di tensione e corrente indicati dall'alimentatore regolabile utilizzato per le prove. Poiché i cavi al medesimo erano piuttosto lunghi e sottili, abbiamo inserito la colonna "Pad ingresso" contenente la misura effettiva della tensione all'ingresso di Torpedo, trascurando la caduta sui fili dell'alimentatore, che è notevole per correnti elevate.

Le colonne "Dopo diodo" e "Caduta diodo" forniscono rispettivamente le letture della tensione dopo il diodo in ingresso (utilizzata per calcolare l'efficienza senza contare le perdite sul medesimo) e la caduta di tensione diretta sul diodo.

Le colonne targate "Uscita" riportano rispettivamente tensione e corrente in uscita dell'alimentatore. Le due colonne targate "Efficienza" forniscono rispettivamente l'efficienza complessiva di Torpedo (colonna "Da pad") e l'efficienza trascurando le perdite sui diodi di ingresso (colonna "Da diodo"). Nella colonna "Note" la dicitura "Over" indica quando l'alimentatore supera la portata consentita, che dipende dalla tensione in ingresso. Si nota che l'efficienza complessiva è sempre superiore al 70% e quasi sempre (salvo i casi di tensione estremamente bassa in ingresso) superiore all'80-85%. L'efficienza -trascurando le perdite sui diodi (quindi l'effettiva efficienza del convertitore SEPIC)- si mantiene sempre sopra l'85% in tutti i casi, con picchi fino al 92%. La Fig. 2 mostra un grafico dell'efficienza complessiva (da ingresso ad uscita, perdita sui diodi compresa) dell'alimentatore Torpedo.

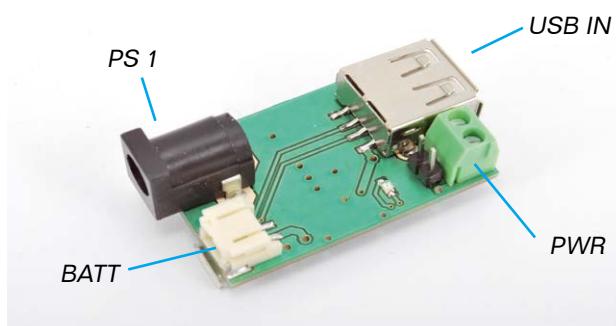
Un'ultimissima nota sul dispositivo: i connettori USB in ingresso ed in uscita hanno i segnali passanti, ovvero connettendo l'ingresso ad un PC ed un dispositivo all'uscita di Torpedo questo funzionerà normalmente, con il vantaggio che, se



alimenteremo Torpedo con una sorgente esterna, l'alimentazione passerà automaticamente a questa evitando di caricare la porta USB del PC. Questo risulta utilissimo per alimentare dispositivi "affamati" di corrente, quali hard disks esterni ed altri, nel caso il computer a disposizione sia piuttosto scarso come corrente in uscita sulle porte USB.

## **REALIZZAZIONE PRATICA**

Concludiamo con le note pratiche, riguardanti la costruzione dell'alimentatore: una volta ottenuto il c.s. dalle nostre tracce lato rame (le trovate nel nostro sito web), montatevi i componenti SMD dopo esservi attrezzati con un saldatore da non più di 20W a punta finissima e del flussante, che aiuta a sciogliere lo stagno e ad evitare di saldare insieme pad vicini che dovrebbero rimanere separati; ricordate di iniziare con resistenze, diodi e condensatori, privilegiando i non polarizzati e di terminare con gli elettrolitici e le induttanze). Sul lato opposto disponete i connettori; il micro USB va invece montato insieme agli altri componenti. A saldature terminate verificate, con l'aiuto di una lente d'ingrandimento, che sia tutto a posto, ovvero che non vi siano "baffi" di stagno a cortocircuitare piazzole adiacenti.



**Fig. 1** - Connessioni dell'alimentatore: PWR è l'uscita, BAT l'attacco per la batteria, PS1 l'alimentazione principale e USB IN l'ingresso d'alimentazione da USB.



L'alimentatore switching Torpedo (cod. TORPEDO) viene fornito montato e si può acquistare presso Futura Elettronica al prezzo di Euro 16,00. Il prezzo si intende IVA compresa.

Il materiale va richiesto a:  
Futura Elettronica, Via Adige 11, 21013 Gallarate (VA)  
Tel: 0331-799775 · Fax: 0331-792287 - [www.futurashop.it](http://www.futurashop.it)