



belva87

VOLTAGE INVERTER PER BREADBOARD!

30 September 2013

Introduzione

Quante volte vi sarà capitato di dover alimentare un circuito montato su breadboard che necessita di una alimentazione duale?

A me è accaduto innumerevoli volte, ed altrettante innumerevoli non c'era un alimentatore duale nei paraggi.

Quest'oggi voglio presentarvi un piccolo circuito in grado di accettare in ingresso tensioni positive, rispetto al nodo di riferimento, e di riproporle in uscita con uguale modulo (o quasi) ma di segno opposto; cioè un Voltage Inverter.

Dall'idea alle specifiche

A questo punto bisogna fissare le specifiche sulla base delle esigenze pratico-funzionali dell'oggetto finale.

L'idea è nata per l'utilizzo su breadboard perciò in primis ho optato per un ingombro minimo, semplicità d'uso e numero di cablaggi esterni anch'esso minimo.

A tale scopo ho adottato un sistema a connettori strip con passo standard 2.54mm, per la precisione due connettori con quattro pin ognuno, distanziati fra di loro di 15mm in modo tale da poter essere inseriti comodamente su una breadboard singola. Per la semplicità d'uso i trade-off che ho dovuto affrontare sono stati molteplici, premesso che questo circuito non si vuole (e non si può, così come è stato strutturato) sostituire ad un alimentatore da banco, ho deciso di puntare ad ottenere un oggetto estremamente semplice rinunciando di contro ad alcune feature interessanti come per esempio la possibilità di regolare la tensione di uscita, limitare la corrente fornita al carico ed altro ancora che, però, restano sempre opzioni implementabili in un secondo momento da chiunque abbia voglia farlo o la necessità.

La scelta del range di tensioni di ingresso, e di conseguenza quello di uscita, si è basata sulle tensioni standard partendo dalla 3.3 Vdc fino a raggiungere la must di 5 Vdc, mentre per il valore di corrente massima erogabile ho scelto 150 mA che risulta essere già un buon punto di partenza per alimentare un bel quantitativo di dispositivi analogici, come ad esempio Amplificatori Operazionali. Condensando il discorso in specifiche ho ottenuto questo:

- Range di tensioni accettabili in ingresso: da 3.3 Vdc a 5.0 Vdc
- Massima corrente fornita al carico: 150 mA

- Massima differenza fra Vin e Vout, in modulo: 650 mV a 150 mA
- Massimo valore di ripple in uscita: 50 mV a 150 mA
- Protezione da inversioni di polarità per Vin: no
- Protezione da corto circuito in uscita: no
- Limitazione della corrente di uscita: no
- Regolazione della tensione di uscita: no

Come potete vedere tra le specifiche **non c'è alcun tipo di protezione e ciò significa che dobbiamo stare in campana quando lo utilizziamo.**

Dovremmo perciò *prestare molta attenzione* a non mettere in corto circuito l'uscita ed assicurarci che i circuiti che verranno alimentati non assorbano più di 150 mA di corrente!

L'altro aspetto fondamentale che *non dobbiamo mai scordarci* è l'inversione di polarità per la tensione di ingresso, pena la "morte" del circuito. Perciò vi invito di ricontrollare due volte i collegamenti di ingresso ed uscita al circuito in modo da essere sicuri che non vi siano sviste.

Scelta della configurazione e dell'IC

La scelta è ricaduta su un integrato della Texas Instruments siglato LM2663M che lavora in configurazione switching di tipo inductorless, cioè che non fa uso di induttori, basato sul funzionamento a Pompa di Carica (Charge Pump).

Questo per minimizzare l'ingombro circuitale, ridurre al minimo i componenti e risparmiare qualche centesimo che non fa mai male, special modo di questi tempi...

Risulta inoltre in grado di soddisfare ampiamente le specifiche imposte precedentemente con un discreto margine di sicurezza per la massima corrente erogabile ed il range di tensioni in ingresso.

È realizzato in un contenitore (case) SOIC8 per montaggio superficiale (SMD) che non risulta ostico per una saldatura manuale e non impone distanze critiche per la realizzazione in proprio della PCB. Inoltre possiede una discreta capacità di dissipare il calore che, nel nostro caso, è in prima battuta stimabile tramite le relazioni:

$$P_{diss} = P_{in} - P_{out}$$

$$P_{out} = I_{out} \cdot V_{out}$$

$$P_{in} = \frac{P_{out}}{\rho}$$

Dove con ρ si intende il rendimento del circuito.

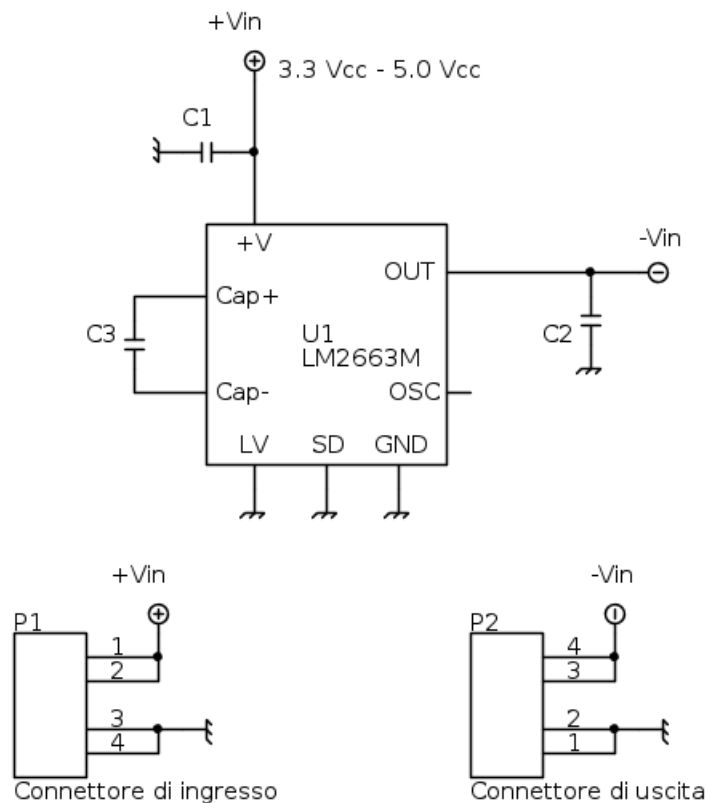
Assunto un valore conservativo ma ancora ragionevole per ρ di 85% (valore poi consolidato dai grafici riportati nel datasheet dell'integrato) e sostituendo i valori si ottiene circa $P_{diss} = 140 \text{ mW}$.

Come si può apprezzare dal Datasheet dell'LM2663M mette a disposizione alcune interessanti funzionalità come la possibilità di arrestarne il funzionamento portando a livello logico alto l'apposito pin LD, modificare la frequenza dell'oscillatore interno o imporre un clock dall'esterno attraverso il pin OSC ed altro ancora. Tutte questo

è stato volutamente tralasciato, e quindi non reso direttamente disponibile, proprio per mantenere la semplicità sia circuitale che d'uso. Un secondo motivo che mi ha portato a tale decisione è che, a parte l'agire sul pin LD, le altre funzionalità risultano avanzate e come tali vanno trattate con i guanti bianchi per non incappare in malfunzionamenti o comportamenti anomali dell'integrato che sono tutto meno quello voglio offrire con questo piccolo oggetto.

Schema elettrico

Lo schema adottato per l'occasione è quello visibile a pagina 1 del Datasheet, denominato Voltage Inverter, con l'aggiunta del condensatore C1. Qui di seguito riporto lo schematico in FidoCAD.



Come si vede la semplicità è pressochè disarmante!!

Purtroppo c'è uno scotto da pagare, tale configurazione è piuttosto rumorosa in termini di ripple in ingresso e in uscita, perciò dobbiamo sempre tenere bene in mente che in qualche situazione può essere necessario filtrare ulteriormente sia la tensione di uscita che quella di ingresso. Ancora una volta il filtraggio non è stato incluso nel circuito per limitare al minimo il numero dei componenti utilizzati.

Inoltre il buon funzionamento di questa configurazione dipende in gran parte dal tipo, dal valore e dalla "bontà" dei condensatori impiegati special modo in termini di

Resistenza Serie Equivalente (ESR).

A dirla tutta questo genere di configurazioni hanno una infinità di problematiche e di aspetti da considerare ma che, per fortuna nel nostro caso, sono già state affrontate dalla casa produttrice del componente e perciò senza dilungarmi troppo sulla teoria del funzionamento passo direttamente a parlare un poco di questi signori condensatori.

Ricordando che tale articolo non vuole essere una spiegazione in dettaglio di questo tipo di convertitori ho deciso di affrontare l'aspetto partendo dalla fine, cioè scegliendo un valore ed un tipo di condensatore e verificare se è idoneo a far lavorare il circuito dentro le specifiche. Per avere la massima uniformità dei componenti impongo che tutti i condensatori sono di ugual valore e stesso tipo.

Per chi volesse comunque approfondire in dettaglio il funzionamento di questo genere di convertitori e di tutti gli aspetti che vincolano la scelta e l'utilizzo dei condensatori può fare riferimento al Datasheet dell'integrato, che riporta una breve ma chiara trattazione per ambedue gli argomenti, oppure consultare il documento inserito a fine articolo.

Detto questo non ci resta che scegliere il tipo del condensatore, del dielettrico, e del valore di capacità e di tensione di lavoro. Ho scelto un condensatore di tipo ceramico con dielettrico X7R grazie alla sua enorme diffusione sul mercato anche per valori di capacità consistenti, l'ottima stabilità termica, bassi valori di ESR e ESL specialmodo per componenti a montaggio superficiale; infatti utilizzerò proprio questa tecnologia (SMD) che risulta anche congruente con quella dell'integrato.

Inoltre 6.3 Vdc come tensione di lavoro è un buon compromesso tra il goal di minimizzare gli effetti dei termini parassiti (ESR ed ESL) ed il margine di sicurezza in tensione. Tuttavia si possono utilizzare condensatori con tensioni di lavoro fino a 10 Vdc senza intaccare troppo tali valori e quindi compromettere il funzionamento del circuito.

La scelta del valore è ricaduta su 47uF, valore "saltato fuori" analizzando il grafico riportato nel Datasheet in figura 19 e un pizzico di sale ed esperienza. Prendiamolo per buono.

Bene, che cosa manca a questo punto? Il valore dell'ESR!!

Effettuando una ricerca tra i più noti produttori di condensatori si evince che l'indicazione di tale paramentro non è sempre espressamente indicato all'interno delle caratteristiche tecniche, perciò ancora una volta devo fare affidamento sull'esperienza e sulla conoscenza appresa fino a quest'oggi e dover stimare il valore dell'ESR del condensatore.

Partendo dal presupposto che queste stime sono sempre "di massima" e che l'ESR è un parametro legato a molteplici fattori come la temperatura e la frequenza di lavoro, si può affermare che l'ESR di un condensatore da 47uF 6.3 V in case 1206 può presentare mediamente un ESR compreso tra 30 mΩ e 100 mΩ.

Scelgo ragionevolmente 80 mΩ.

Rallento un attimo per sottolineare che questa ultima scelta non vuole essere un peccato di presunzione ma bensì il palesare di una situazione che si verifica spesso

nella vita reale.

Bene, ora che abbiamo il nostro splendido condensatore da 47uF 6.3 V dc in case 1206 con ESR assunto a 80 mΩ procediamo con il calcolo di verifica. Applicando la semplice relazione:

$$V_{ripple} = \frac{I_{out}}{f_{osc} \cdot C_2} \cdot (2 \cdot I_{out} \cdot ESR_{C_2})$$

Sostituendo tutti i valori e preso dal datasheet $f_{osc} = 150 \text{ kHz}$ si ottiene $V_{ripple} = 46 \text{ mV}$, in accordo con le specifiche fissate inizialmente seppur con poco headroom.

Ricapitolando abbiamo $C_1 = C_2 = C_3 = 47 \mu\text{F}$ 6.3 V dc in case 1206.

Non ci resta che garantire le specifiche di corrente e di differenza di tensione tra ingresso ed uscita, niente di più facile. Basta consultare rispettivamente la tabella delle Electrical Characteristics (pag.3 del Datasheet) ed il grafico in figura 8 (pag. 5 del Datasheet).

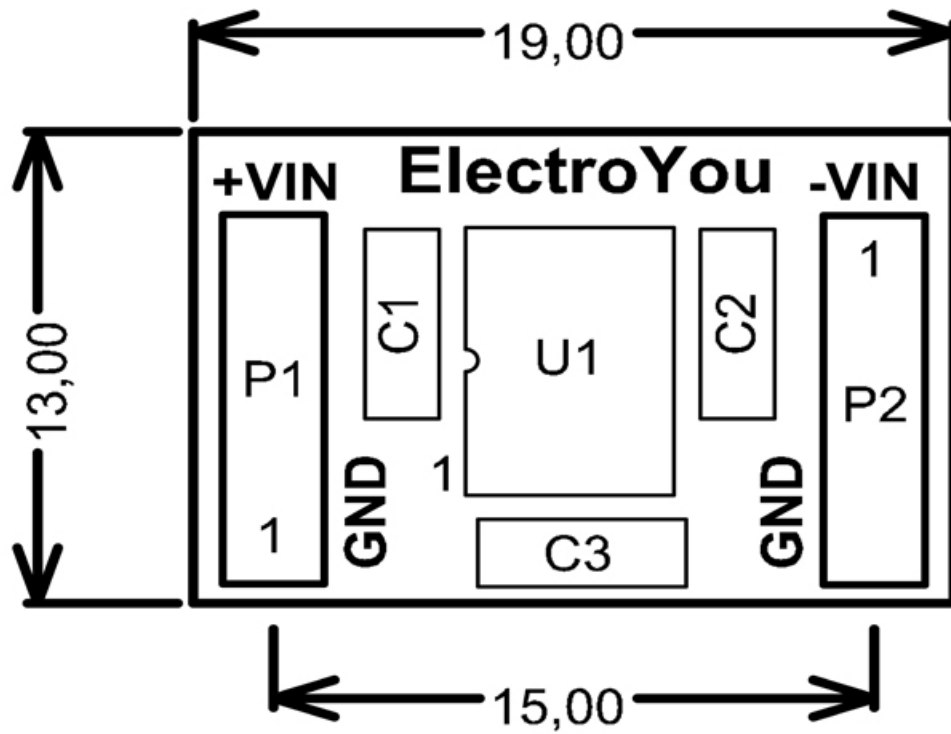
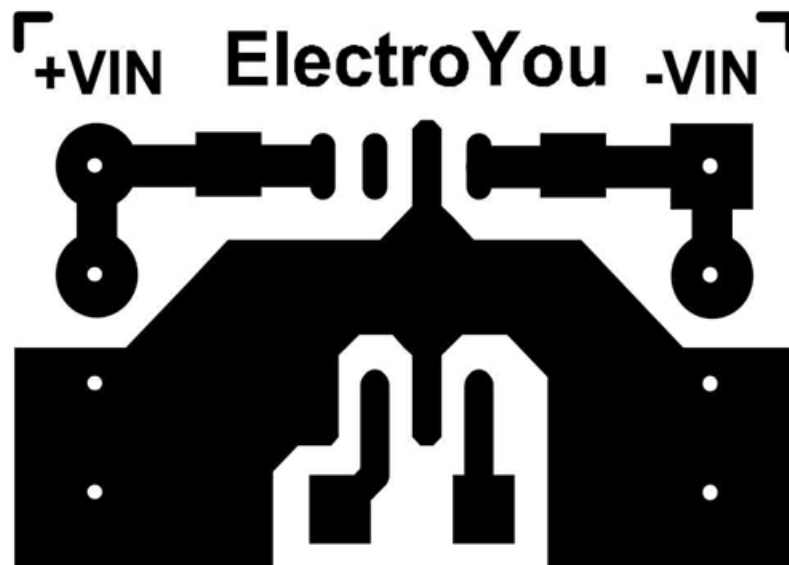
Dallo schema al PCB

A questo punto, dopo aver svolto il minimo sindacabile di conti, è arrivato il momento di tradurre in pratica tutto ciò dando luogo ad un PCB.

Fortunatamente l'integrato ha un case SMD "tra i più grandi" sia come dimensioni che come passo tra i pin così come i condensatori impiegati, questo si traduce in un PCB facilmente ottenibile in via "casareccia" attraverso i ben noti metodi senza troppe noie.

A fine articolo troverete una raccolta di tutto il materiale necessario per la realizzazione della PCB partendo dal "Master" fino al piano di montaggio.

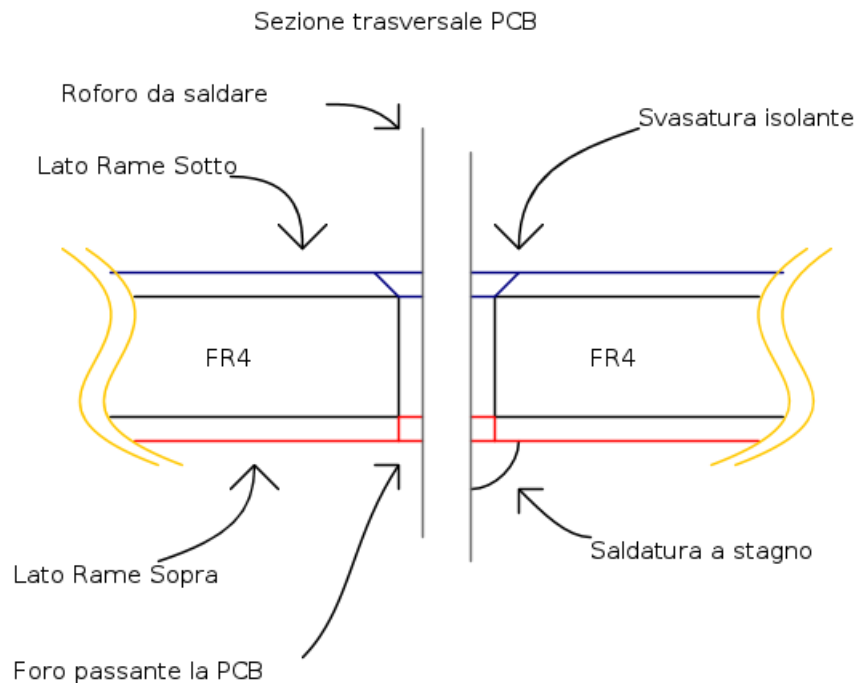
Ecco le immagini del piano di montaggio e della PCB lato rame (TopLayer) non in scala.

*Piano di montaggio LowQ.jpg**MasterLowQ.jpg*

I fori dei due connettori sono stati lasciati volutamente piccoli per facilitare il centraggio della punta nel momento in cui si forerà la PCB.

Per una maggiore resistenza meccanica e facilità di lavorazione, oltre che di reperibilità, consiglio la realizzazione della PCB con basetta in FR4 con spessore standard 1.60 mm con un solo lato rame. Si può anche azzardare la realizzazione su basette con due lati rame avendo cura di isolare i fori relativi alla +Vin e alla -Vin dei due connettori dal lato rame sottostante.

Per ottenere questo risultato vi schematizzo un metodo che uso quando ho queste necessità:



La svasatura isola la parte metallica del reoforo dal lato rame sotto, può essere ottenuta facendo offondare leggermente una punta di trapano di diametro maggiore rispetto a quella che si è impiegata per aprire il foro per il reoforo del componente da saldare, in questo caso del connettore.

Tipicamente per fori compresi tra 0.8mm e 1.2mm per la svasatura utilizzo una punta da 6mm.

Conclusioni

Purtroppo il mio tempo è giunto al termine, spero però di aver suscitato la vostra curiosità a riguardo questi tipi di circuiti che stanno sempre più prendendo piede nel campo professionale anche in applicazioni semplici e lowcost, di averne proposto uno che possa tornarvi utile e "marcato" ElectroYou e ultimo ma non ultimo di non avervi annoiato troppo con questo mio primo articolo.

Ho intenzione di costruire personalmente quanto descritto proprio per ciò detto nell'introduzione e perchè no magari un giorno offrire la possibilità di regalare a tutti gli utenti di questa splendida comunità la schedina montata e funzionante, ricalcando le orme del grande TardoFreak e del suo magnifico PierinPIC18!

Attualmente però per problemi di tempo e soldi non ho modo di intraprendere questa iniziativa (a dire il vero non ho tempo neanche per me) perciò per ora non vi resta che la realizzazione in proprio.

L'integrato LM2663M è facilmente reperibile dai più grandi rivenditori online di componenti elettronici al piccolo prezzo di 2€, all'incirca la stessa cifra si può spendere per acquistare tutti e tre i condensatori necessari. Considerando un pò tutto direi che con lo stesso prezzo di un pacchetto di sigarette o poco più dovrete riuscire a procurarvi tutto il materiale necessario.

Un grande saluto a tutti voi ed alla prossima puntata!

Documenti e riferimenti

1. [Datasheet dell'integrato LM2663M](#)
2. [IEEE Circuits and Systems Magazine - Charge Pump Circuits: An Overview on Design Strategies and Topologies](#)
3. [ChargePump - Wikipedia](#)
4. [Chi sono i condensatori?](#)
5. [Materiale per la realizzazione](#)

Estratto da "<http://www.electroyou.it/mediawiki/index.php?title=UsersPages:Belva87:voltage-inverter-per-breadboard>"