

LaurTec

**Alimentatore da Banco con
funzione di carica e scarica batterie
controllabile da PC**

Parte I

L'Hardware

Autore : *Luca Tanganelli (shinshi)*

ID: UP0006-IT

INFORMATIVA

Come prescritto dall'art. 1, comma 1, della legge 21 maggio 2004 n.128, l'autore avvisa di aver assolto, per la seguente opera dell'ingegno, a tutti gli obblighi della legge 22 Aprile del 1941 n. 633, sulla tutela del diritto d'autore.

Tutti i diritti di questa opera sono riservati. Ogni riproduzione ed ogni altra forma di diffusione al pubblico dell'opera, o parte di essa, senza un'autorizzazione scritta dell'autore, rappresenta una violazione della legge che tutela il diritto d'autore, in particolare non ne è consentito un utilizzo per trarne profitto.

La mancata osservanza della legge 22 Aprile del 1941 n. 633 è perseguibile con la reclusione o sanzione pecuniaria, come descritto al Titolo III, Capo III, Sezione II.

A norma dell'art. 70 è comunque consentito, per scopi di critica o discussione, il riassunto e la citazione, accompagnati dalla menzione del titolo dell'opera e dal nome dell'autore.

AVVERTENZE

I progetti presentati non hanno la certificazione CE, quindi non possono essere utilizzati per scopi commerciali nella Comunità Economica Europea.

Chiunque decida di far uso delle nozioni riportate nella seguente opera o decida di realizzare i circuiti proposti, è tenuto pertanto a prestare la massima attenzione in osservanza alle normative in vigore sulla sicurezza.

L'autore declina ogni responsabilità per eventuali danni causati a persone, animali o cose derivante dall'utilizzo diretto o indiretto del materiale, dei dispositivi o del software presentati nella seguente opera.

Si fa inoltre presente che quanto riportato viene fornito così com'è, a solo scopo didattico e formativo, senza garanzia alcuna della sua correttezza.

L'autore ringrazia anticipatamente per la segnalazione di ogni errore.

Tutti i marchi citati in quest'opera sono dei rispettivi proprietari.

Indice

Introduzione	4
Specifiche Tecniche	5
Applicazioni	5
Miglioramenti del progetto e compromessi	5
Analisi del progetto	6
Regolatore di tensione e corrente	7
Realizzazione delle schede	22
Istruzioni per il montaggio	23
Realizzazione del pannello frontale	25
Collaudo e messa in funzione	26
Prima messa in funzione dopo il montaggio.....	26
Messa in funzione ordinaria.....	27
Software	28
Analisi finale	29
Bibliografia	30

Introduzione

L'alimentatore da banco è uno degli strumenti più utili e versatili per un laboratorio di elettronica professionale, ma anche per un hobbista. Un alimentatore regolabile ha ovviamente il vantaggio di poter fornire la tensione di uscita per alimentare qualsiasi circuito abbiamo la necessità di testare. Inoltre la limitazione di corrente offre oltre alla sicurezza di non oltrepassare il limite massimo di utilizzo del circuito in prova, anche la possibilità di fornire la corrente di carica costante per una batteria. Spesso viene utilizzato come vero e proprio strumento di misura: ad esempio per la ricerca guasti di circuiti complessi nei quali si può capire dove orientarsi già controllando l'andamento della corrente assorbita, se possibile confrontandola con una scheda funzionante.

Di alimentatori da banco se ne possono facilmente trovare di molti tipi e per tutte le esigenze, ma anche di progetti DIY (Do It Yourself) se ne trovano praterie sconfinite. Mi sono inserito anche io in questo vasto mondo con un progetto un po' più articolato della media che offre buone caratteristiche ma soprattutto versatilità grazie alla presenza di un microcontrollore che in questo caso è il PIC18F4550. Il motivo principale è che la scheda di sviluppo Freedom II di Mauro Laurenti è stata la base di partenza per il progetto, ma anche perché questo PIC offre la possibilità di collegamento PC tramite la porta USB. La porta USB anche se è più difficile da gestire e occupa più risorse nel microcontrollore, offre la possibilità di collegamento a tutti i PC attuali dai quali è pressoché scomparsa la porta seriale.

Le funzionalità del progetto presentato sono le seguenti:

- **Alimentatore da Banco:** si tratta della modalità di base, ed ha le funzionalità classiche degli alimentatori da banco. Tramite i potenziometri è possibile regolare la tensione da 0V a 30V e la limitazione di corrente da 0A a 5A, inoltre con 2 ulteriori potenziometri è possibile effettuare la regolazione "fine" delle due grandezze. Utilizzando un microcontrollore c'è la possibilità di inserire una tastiera numerica invece dei potenziometri, ma trovo i potenziometri più immediati nell'utilizzo. Inoltre è possibile attivare e disattivare l'uscita con un tasto, molto utile durante la regolazione dell'alimentatore, evitando di staccare i morsetti di uscita.
- **Caricabatterie universale:** può caricare batterie NI-CD e NI-MH a corrente costante, batterie LI-POLY e LI-ION a corrente costante ma con limitazione della tensione massima di carica.
- **Scarica batteria:** per verificare l'efficienza di una batteria si può controllare in quanto tempo si scarica, oltre che necessario per alcuni tipi di batteria per evitare il cosiddetto "effetto memoria". La scarica verrà interrotta prima di raggiungere la soglia minima per il tipo di batteria e se richiesto verrà automaticamente avviato il ciclo di ricarica.
- **Collegamento al PC:** collegandolo al PC sarà possibile controllare la regolazione e l'attivazione dell'OUTPUT, sia monitorare l'andamento di tensione e corrente.

Specifiche Tecniche

Alimentazione : 220VAC 50Hz.

Tensione in uscita: regolabile da 0V a 30V.

Corrente massima erogabile: 5A.

Limitazione corrente: regolabile da 0A a 5A

Tolleranza indicatore: $\pm 1\%$

Rumore: non disponibile

Dimensioni: 131 x 203 x 279

Peso: 5 Kg



Nota:

Il sistema presentato nell'articolo ha delle parti ad alta tensione. Il progetto è pensato come sistema di sviluppo e nel realizzarlo devono essere prese le dovute precauzione per un sistema ad alta tensione. La mancata osservanza delle norme di sicurezza può rappresentare un pericolo di vita per l'operatore. Qualora non si abbia la dovuta esperienza e qualifica è bene far compiere il montaggio del sistema a tecnici qualificati.

Applicazioni

Questo tipo di alimentatore da laboratorio è estremamente versatile e può essere impiegato per l'alimentazione di tutti i circuiti da testare, all'interno dei limiti delle sue specifiche tecniche (vedi sopra). Inoltre può essere impiegato per altri scopi:

- Caricare tutti i tipi di batteria.
- Scarica controllata e sicura delle batterie.
- Controllo delle caratteristiche di una batteria.
- Verifica e controllo dell'assorbimento di corrente di un circuito.
- Ricerca guasti.

Miglioramenti del progetto e compromessi

Nella realizzazione del progetto ho cercato di utilizzare il più possibile componenti che avevo già in casa. Questo per risparmiare tempo e denaro durante i test e sviluppo. Questo significa che alcune soluzioni utilizzate potrebbero non essere quelle ottimali e potrebbero facilmente essere riviste. Un esempio per tutti è l'utilizzo di un trasformatore per avere la tensione negativa di alimentazione dell'operazionale, questa si potrebbe realizzare con un DC-DC converter con un minor ingombro.

Analisi del progetto

Per meglio descrivere e comprendere il circuito elettrico ho realizzato lo schema a blocchi di Figura 1. Il progetto è stato realizzato proprio studiando e calcolando i singoli blocchi che lo compongono e unendoli opportunamente. Nello schema a blocchi non sono riportati tutti i collegamenti e tutti i componenti del circuito, ma può essere la base per comprendere meglio il funzionamento del sistema. Analizzando lo schema elettrico non si avranno difficoltà a riconoscere le varie parti descritte.

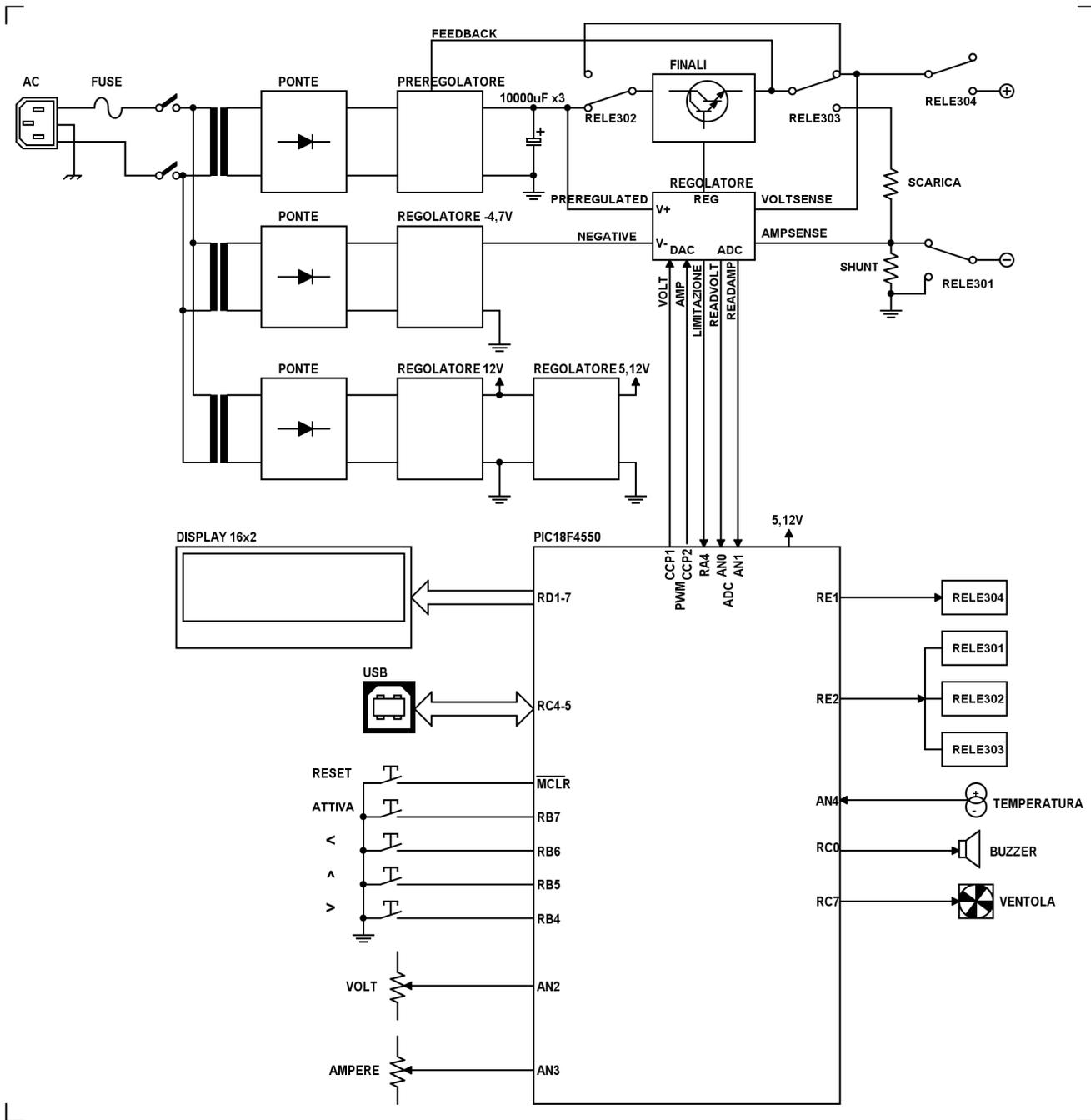


Figura 1 : Schema a blocchi dell'Alimentatore da banco.

Regolatore di tensione e corrente

Inizio la descrizione del funzionamento dal blocco regolatore perché è la parte che per prima mi ha ispirato allo sviluppo di questo alimentatore e rappresenta l'interfacciamento del "mondo digitale" con quello analogico di potenza. In Figura 2 è riportata la parte di schema che lo riguarda.

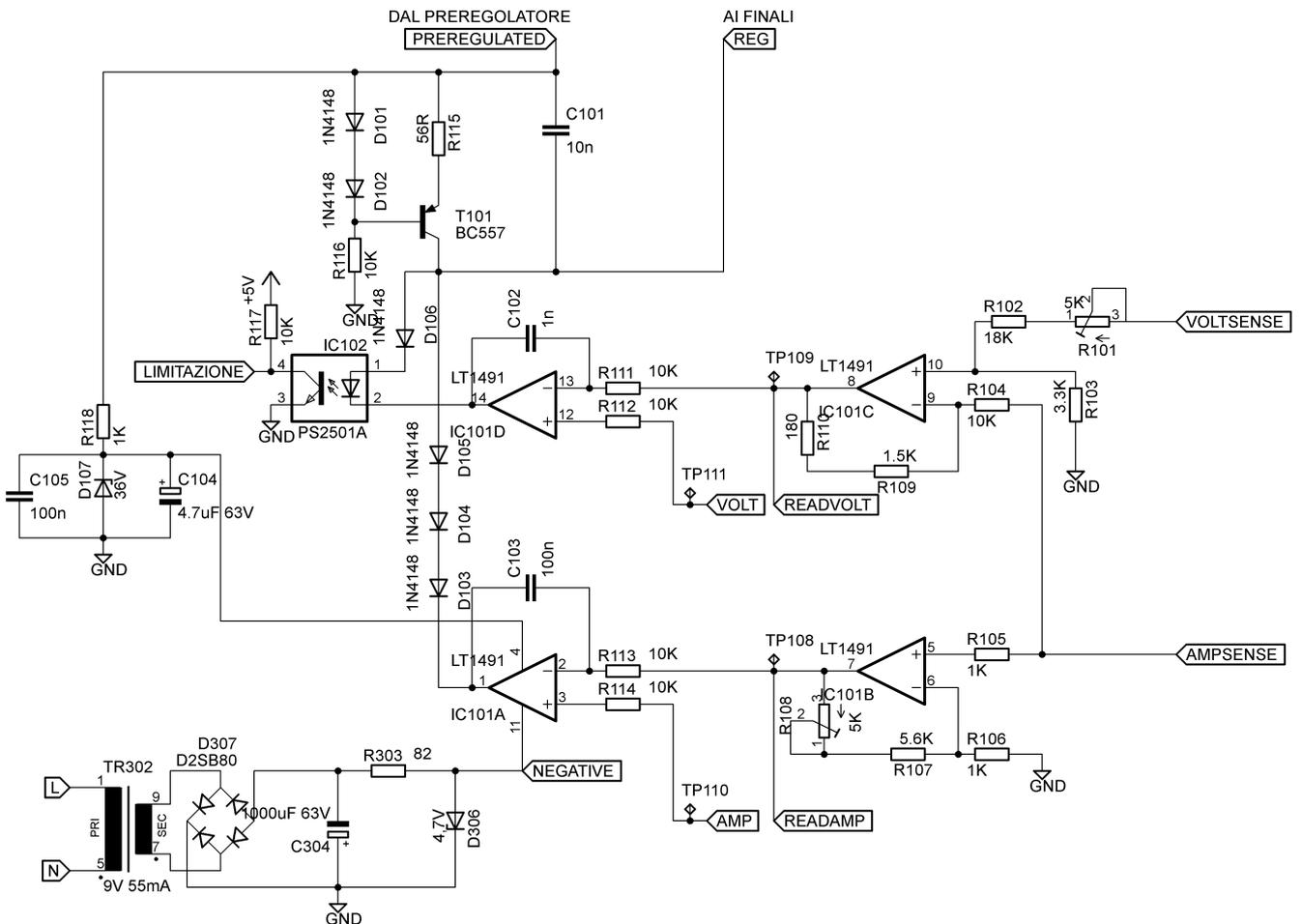


Figura 2 : Schema elettrico del Regolatore.

Il quadruplo operazionale utilizzato è l'LT1491 della Linear Technology perché ha la particolarità di poter essere alimentato fino ad una tensione di 44V. In questo progetto viene alimentato con una tensione variabile proveniente dal circuito di *preregolazione* (che vedremo più avanti) di circa 6V più alta della tensione presente in uscita all'alimentatore. Nel suo terminale di alimentazione negativo vi è una tensione di circa -4,7V proveniente da un apposito circuito di alimentazione. Vista la poca corrente assorbita, il trasformatore è molto piccolo e di tipo incapsulato, come stabilizzazione si è utilizzato uno zener. L'alimentazione anche negativa per l'operazionale si rende necessaria per poter effettivamente far partire l'alimentatore da 0V. Pur essendo l'operazionale di tipo rail to rail, è necessario compensare la caduta di tensione attraverso i diodi in serie alle uscite degli operazionali come vedremo in seguito. Il transistor T101 è configurato in modo tale da avere una corrente costante di circa 10mA che scorre da emettitore a collettore. Questa corrente, che in parte scorrerà nella base dei transistor finali, per la maggior parte scorrerà in uno delle due uscite degli operazionali (IC101A e D) configurati come Comparatore, generando la tensione di regolazione (REG). Solo uno dei due comparatori effettuerà la regolazione, ovvero quello ad un livello più basso di tensione, a causa dei diodi posti in serie in modo da bloccare la corrente in un senso. Ai comparatori, al terminale di ingresso non invertente, viene posta

la tensione continua generata filtrando l'uscita PWM del microcontrollore, mentre all'ingresso invertente il feedback opportunamente condizionato dell'uscita dei finali.

L'operazionale IC101B è configurato come amplificatore non invertente e ha il compito di condizionare il livello di feedback di corrente "AMPSENSE". Questo proviene dalla resistenza di shunt collegata tra il terminale negativo di uscita e massa, la caduta di tensione sulla resistenza è di 0,1V per ogni Ampere erogato dall'alimentatore. Per questo l'amplificatore è progettato per avere un'amplificazione di circa 10, in modo che con la massima erogazione di corrente che è di 5A avremo in uscita un valore di 5V. Per evitare l'utilizzo di resistenze di precisione ho messo un trimmer di regolazione fine dell'amplificazione che verrà tarato in fase di collaudo.

L'operazionale IC101C è invece in configurazione amplificatore di differenze, all'ingresso non invertente è applicato il feedback di uscita dai finali "VOLTSENSE" e il suo valore di amplificazione è:

$$AMP_{noninv} = \frac{R101 + R102}{R101 + R102 + R103} \cdot \left(1 + \frac{R109 + R110}{R104}\right)$$

All'ingresso invertente invece viene posta la caduta di tensione dovuta alla resistenza di shunt in modo da compensarla nella misura della tensione. L'amplificazione di questo ingresso è:

$$AMP_{inv} = \frac{R109 + R110}{R104}$$

Il risultato è che alla tensione massima di 30V, l'uscita dell'amplificatore è di 5V compensando anche la caduta di tensione sulla resistenza di shunt. Anche qui per non usare resistenze di precisione si è preferito utilizzare un trimmer che va opportunamente regolato in fase di taratura finale.

Per capire il funzionamento del regolatore si analizzino questi due casi tipici.

Nel caso in cui il livello di corrente erogato dall'alimentatore è al di sotto di quanto impostato con i potenziometri, la regolazione dovrà essere effettuata dal solo IC101D. L'ingresso invertente di IC101A avrà un livello minore dell'ingresso non invertente e in uscita sarà presente una tensione prossima al positivo di alimentazione e i diodi D103, D104 e D105 non consentiranno passaggio di corrente inversa rendendo influente questo operazionale ai fini della regolazione dell'alimentatore. Invece l'uscita di IC101D tenderà a stabilizzarsi facendo in modo che la tensione in ingresso invertente equivalga alla tensione nell'ingresso non invertente. Se infatti all'ingresso del feedback proveniente da IC101C la tensione tendesse ad alzarsi l'uscita tenderebbe verso un valore prossimo alla tensione di alimentazione negativa fino a che la tensione proveniente da IC101C raggiungerà nuovamente la tensione di regolazione del microcontrollore. Viceversa se la tensione di feedback tende a diminuire, l'uscita del comparatore tenderà verso il positivo di alimentazione fino a che l'equilibrio fra i due ingressi viene ristabilito.

Nel caso invece che la corrente aumenti fino a superare il valore impostato, la regolazione verrà passata all'operazionale IC101A. Il funzionamento di questo comparatore è lo stesso descritto per IC101D con la differenza che stavolta si regola la corrente erogata. L'IC101D diventa influente a causa del fatto che la tensione in uscita sarà inferiore a quella impostata e la sua uscita tenderà al positivo di alimentazione e verrà bloccato il passaggio di corrente dai diodi.

Il circuito di limitazione della corrente è quindi autonomo e non richiede l'intervento del microcontrollore per agire. Per informare il microcontrollore se siamo in condizione di limitazione di corrente o no ho posto il fotoaccoppiatore IC102 in modo tale che al passaggio di corrente il phototransistor va in conduzione ponendo a livello logico 0 il segnale di "LIMITAZIONE", viceversa sarà a livello logico 1 quando non passa corrente attraverso il ramo di regolazione della tensione. Per evitare che il photo diodo sia danneggiato da una tensione inversa elevata ho messo in serie il diodo D106. Ecco perché per avere la stessa caduta di tensione nel ramo del comparatore della corrente ho messo 3 diodi tipo 1N4148.

I livelli opportunamente condizionati "READVOLT" e "READAMP" vengono inviati anche agli ADC

del microcontrollore per consentire la misurazione e la visualizzazione di tensione e corrente erogati.

Finali

Per procedere con un certo ordine logico passo alla descrizione della sezione dei finali. Questa parte del circuito è sostanzialmente un regolatore lineare il cui schema è visibile in Figura 3.

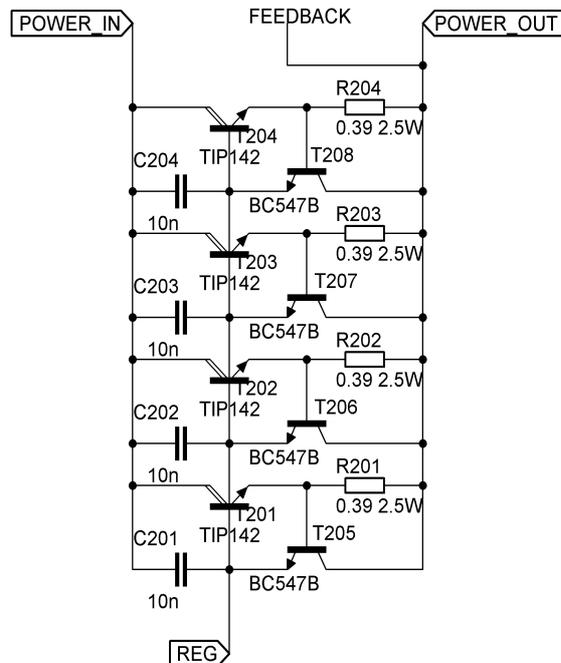


Figura 3 : Schema elettrico dei finali (Output Stage).

Lo schema mostra 4 transistor Darlington modello TIP142, posti in parallelo in modo tale che in ogni transistor scorrerà $\frac{1}{4}$ della corrente erogata dall'alimentatore. Come detto nelle specifiche la massima corrente erogata è di 5 Ampere, il che significa che la massima corrente per ogni transistor finale è di circa 1,25A.

Le caratteristiche dei transistor potrebbero differire leggermente l'uno dall'altro e questo potrebbe portare ad uno sbilanciamento di uno dei rami facendovi scorrere una corrente troppo elevata, per questa ragione ho posto i transistor BC547B che tendono a limitare la corrente se questa sale oltre una certa soglia. In pratica la corrente che scorre nelle resistenze da 0.39Ω provoca una caduta di tensione che raggiungendo la soglia di circa $0,66V$ manda in conduzione il transistor provocando la riduzione della tensione di regolazione dei transistor.

$$\frac{0,66 V}{0,39 \Omega} = 1,7 A$$

La soglia per ogni ramo sarà quindi di circa 1,7A. I transistor finali sono posti su di un opportuno dissipatore per poter disperdere facilmente il calore derivante dall'energia interna dissipata a causa dalla caduta di tensione su di essi (V_{ce}) e della corrente che vi circola. Per limitare la caduta di tensione e conseguentemente la potenza dissipata dai finali ho realizzato prima di essi un Preregolatore che vedremo fra poco. Questo regola la tensione in ingresso ai finali portandola a circa 6V superiore alla tensione di uscita dai finali, per questo dallo schema di Figura 3 vediamo il segnale di "FEEDBACK".

Per tale ragione, nel peggiore dei casi la potenza dissipata dal singolo Darlington finale è di circa 10,2W che è un livello molto ragionevole per un alimentatore di questo tipo.

$$6V \times 1,7 A = 10,2 W$$

Il calore da dissipare rimane ad un valore accettabile anche a basse tensioni ed elevate correnti e il rendimento migliora.

Preregolatore

Visto che ne abbiamo accennato alla fine del paragrafo precedente, proseguiamo la descrizione con il Preregolatore il cui schema è visibile in Figura 4.

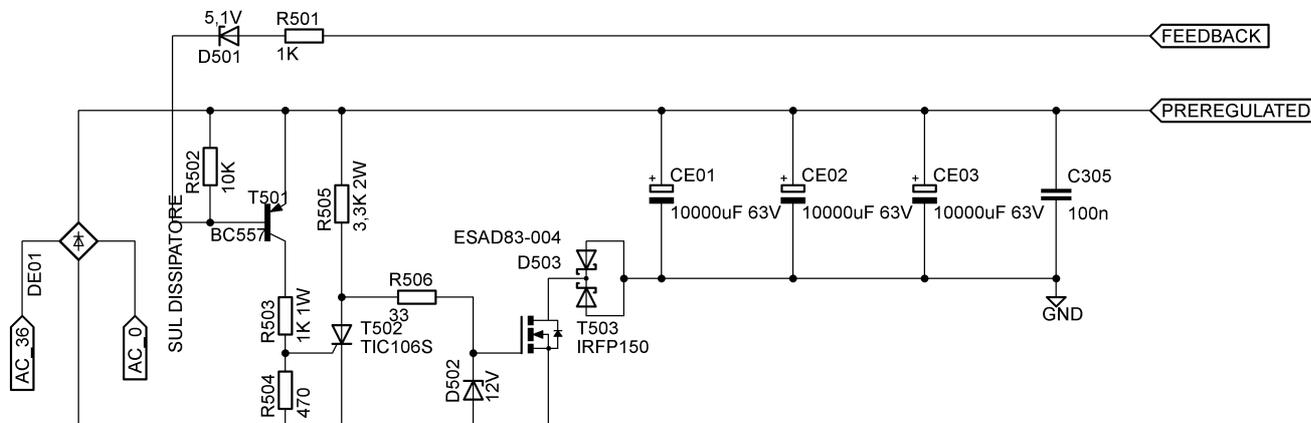


Figura 4 : Schema elettrico del pre-regolatore.

Lo scopo del preregolatore come abbiamo detto è quello di ridurre la tensione in ingresso ai finali ad un livello di poco superiore alla tensione richiesta in uscita, in modo da diminuire la caduta di tensione sui finali e ridurre così la potenza dissipata dai transistor, aumentando l'efficienza dell'alimentatore. A questo scopo è stato usato un regolatore di tipo "switching" in modo da ridurre al minimo la potenza dissipata.

In uscita dal ponte raddrizzatore avremo la semionda negativa ribaltata nella parte positiva. Durante il fronte di salita della semionda, l'SCR T502 è interdetto e il MOSFET T503 a canale N è in conduzione, quindi consentirà la carica dei condensatori.

Quando la tensione tra base-emettitore al transistor T501 raggiunge un livello di circa 0,7V questo va in conduzione innescando l'SCR. Quest'ultimo resta attivato fino a che la semionda torna nuovamente a 0V. In questa situazione il MOSFET è interdetto, bloccando la carica dei condensatori che a loro volta si scaricheranno verso i finali fino all'inizio di una nuova semionda. La tensione alla base del transistor T501 è data dalla somma della tensione di FEEDBACK che è l'uscita dei finali, la caduta di tensione sulla resistenza R501 e sullo zener D501.

In questo modo la tensione in ingresso ai finali è di circa 6V superiore all'uscita.

L'andamento della tensione che carica i condensatori a questo punto non è più semi sinusoidale ma impulsivo e per evitare un eccessivo ripple in uscita è necessario usare una capacità di livellamento elevato, per praticità ho sommato 3 condensatori da 10000uF per un totale di 30000uF.

Il MOSFET e l'SCR sono montati sulla stessa aletta di raffreddamento dei finali ma non contribuiscono molto al riscaldamento totale.

Unico neo di questa soluzione è un aumento della rumorosità del trasformatore, che comunque risulta accettabile in cambio di una diminuzione notevole di potenza dissipata. Si pensi che se non ci fosse il preregolatore la tensione in ingresso ai finali sarebbe di circa 50V e se volessimo erogare 5A su 5V dovremo dissipare 225W! Una bella stufetta!

Scheda Relay

Lo scopo del RELE304 è abbastanza intuitivo, ovvero serve ad escludere l'uscita della tensione dall'alimentatore. Verrà acceso o spento tramite il tasto "ATTIVA", oppure viene disabilitato in caso di allarme dovuto alla temperatura del dissipatore troppo elevata. All'accensione dell'alimentatore oppure dopo un Reset il Relay è aperto disattivando il carico nei transistori.

I RELE301, RELE302 e RELE303 sono attivati contemporaneamente con lo stesso circuito e il loro scopo è di commutare la funzione di **scarica batterie**. Come si vede in Figura 5, normalmente il RELE302 collega il preregolatore all'ingresso dei finali, il RELE303 porta la tensione di uscita dai finali verso il RELE304. Il RELE301 collega l'uscita negativa dell'alimentatore alla resistenza di shunt per consentire la misurazione della corrente erogata.

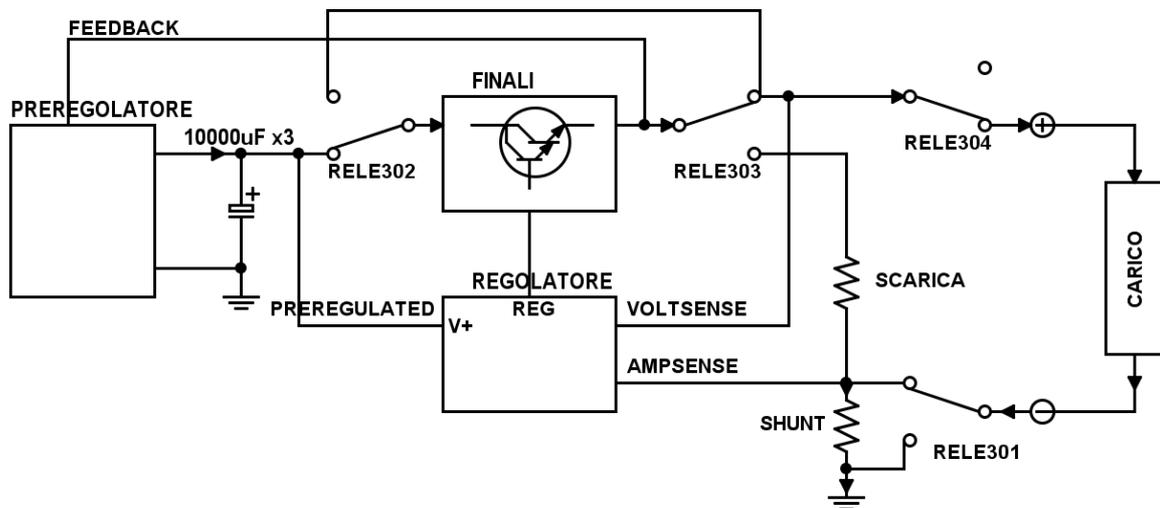


Figura 5 : Posizione "Normale" dei Relay, alimentatore da banco.

In modalità **scaricabatterie** i Relay commutano come si vede in Figura 6. In questo modo l'uscita dell'alimentatore diventa l'ingresso di tensione dalla batteria da scaricare. Il RELE302 porta la tensione della batteria all'ingresso dei finali mentre il RELE303 collega l'uscita dei finali alla resistenza di scarica. La resistenza di scarica deve poter dissipare il calore prodotto e deve essere posta sul dissipatore. Il RELE301 stavolta collega il polo negativo della batteria alla massa dell'alimentatore in modo tale che la resistenza di shunt si trovi in serie alla resistenza di scarica. Così facendo sarà possibile misurare e regolare opportunamente la corrente di scarica della batteria. La tensione misurata dal circuito regolatore sarà invece l'effettiva tensione della batteria.

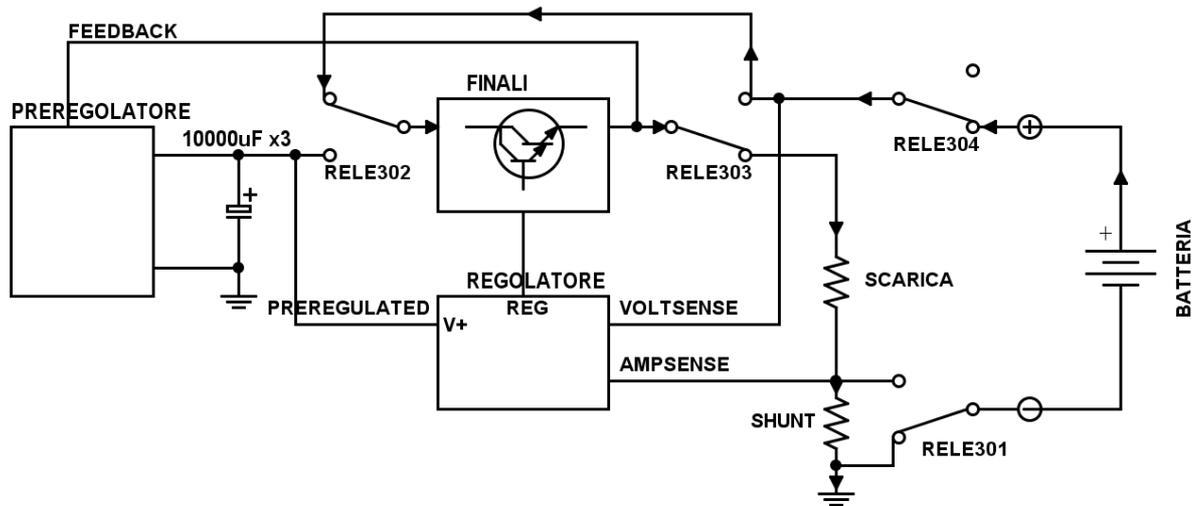


Figura 6 : Posizione dei Relay in posizione scarica batterie.

Ponendo il circuito in questo modo si ha la possibilità di regolare la corrente di scarica di qualsiasi batteria e mantenere sotto controllo la tensione della batteria interrompendo la scarica al valore minimo per la batteria. Sarà anche possibile monitorare l'andamento della tensione durante la scarica della batteria. La resistenza di scarica di 1 ohm 50 W pone alcuni limiti alla scarica di batterie. Ad esempio batterie di basso voltaggio non potranno essere scaricate ad elevata corrente, ad esempio una batteria da 3,7V nominali potrà essere scaricata al massimo ad una corrente di circa 3,7A.

$$\frac{3,7V}{1\Omega} = 3,7A$$

Inoltre batterie con tensioni elevate non potranno essere scaricate a correnti troppo elevate per il limite di potenza dissipabile dalla resistenza. Per esempio una batteria con tensione nominale di 14,4V non potrà essere scaricata ad una corrente più elevata di 3,47A raggiungendo il limite di potenza dissipabile.

$$\frac{50W}{14,4V} \approx 3,47A$$

Restano poi i limiti generali dell'alimentatore, quindi non potremo collegare batterie oltre i 30V e scaricarle oltre i 5A.

Una particolarità da notare è che il feedback verso il preregolatore di tensione rimane sempre collegato all'uscita dei finali. Anche se durante la scarica di una batteria non viene prelevata tensione dal preregolatore, questa comunque serve ad alimentare l'IC101 del circuito regolatore, che sarà sempre alimentato alla tensione di circa 6V superiore alla tensione della batteria.

Microcontrollore

Per ultimo descrivo la parte relativa al microcontrollore che è un PIC18F4550. In Figura 8 è visibile il circuito completo della sezione Microcontrollore. Questa sezione si occupa dell'interfaccia con l'utente attraverso un display da 16x2 caratteri, i pulsanti di comando e i potenziometri di regolazione dei parametri. Riceve i vari segnali analogici dalla sezione regolatore per la misurazione di tensione e corrente erogati, oltre alla temperatura del dissipatore. Il microcontrollore provvede ad inviare tramite PWM la tensione continua necessaria alla regolazione di tensione e corrente. Si occupa inoltre dell'eventuale collegamento con il PC tramite interfaccia USB.

Per la lettura di tensione e corrente erogati vengono utilizzati gli ingressi analogici AN0 e AN1. Come detto nel capitolo dedicato al regolatore, la tensione a questi ingressi sarà di 5V su AN0 per una tensione di 30V in uscita all'alimentatore e di 5V su AN1 per una corrente erogata di 5A.

Come segnalato nello schema a blocchi la tensione del regolatore LM317 IC401 che alimenta il PIC deve essere regolata in fase di messa a punto a 5,12V. La tensione di alimentazione al PIC verrà utilizzata anche come riferimento di tensione per gli ADC, che in questo caso hanno una risoluzione di 10 BIT. Il minimo valore di tensione leggibile dall'ADC sarà quindi

$$\frac{5,12 V}{1024} = 0,005 V$$

Questo semplifica molto i calcoli in fase di programmazione e rende possibile evitare l'uso di variabili di tipo float. Si potrà infatti moltiplicare il valore letto dall'AN0 per 30 per conoscere i millivolt in uscita, e moltiplicare l'AN1 per 5 per conoscere i mA erogati. Entrerò nei dettagli di questo aspetto nella descrizione del firmware.

I potenziometri per la regolazione dei valori di riferimento dell'alimentatore sono 2 per la regolazione dei Volt e 2 per la regolazione degli Ampere, rispettivamente uno per la regolazione grossolana e uno per la regolazione fine. Utilizzando un solo potenziometro la regolazione risultava poco precisa, ma invece di impegnare un altro ingresso ADC collegando un altro potenziometro per la regolazione fine, ho pensato il collegamento ben visibile nello schema generale di un potenziometro doppio canale di valore 1/10 del potenziometro di regolazione grossolana.

Le due uscite PWM CCP1 e CCP2 vengono utilizzate come convertitori DAC per la regolazione di tensione e corrente. L'uscita PWM viene opportunamente filtrata da una rete RC per poter essere applicata alla sezione regolatore.

L'ingresso analogico AN4 viene utilizzato per la lettura di un sensore LM35DZ. Questo è un sensore di temperatura posto sul dissipatore dei finali. Il microcontrollore in base alla temperatura rilevata da questo ingresso analogico può attivare la ventola di raffreddamento attivando l'uscita digitale RC7. Se la temperatura raggiunge soglie troppo elevate nonostante il raffreddamento forzato dalla ventola, il microcontrollore staccherà il carico azionando il RELE4 tramite l'uscita digitale RE1, segnalando inoltre l'anomalia con il buzzer autoscillante attivato tramite l'uscita digitale RC0.

I tre Relay RELE1 , RELE2 e RELE3, che pongono l'alimentatore in modalità di scarica batteria, vengono attivati dall'uscita digitale RE2.

Sull'ingresso digitale RA4 viene portato il segnale di intervento della limitazione di corrente. Sebbene non sia indispensabile per il microcontrollore essere a conoscenza dell'intervento della limitazione, in quanto il circuito della sezione regolatore si comporta autonomamente, in questo modo può essere visualizzata nel display la condizione, inoltre è utile per la precisa regolazione del segnale PWM di controllo del regolatore da parte del firmware. Viene infatti implementata nel firmware una funzione di correzione dell'errore, a questo scopo è necessario sapere se la regolazione a cui riferirsi è la tensione o la corrente.

L'interfaccia grafica del sistema è ottenuta per mezzo di un display da 16x2 caratteri con controllore HD44780 collegato alla PORTD. Il pannello frontale dell'alimentatore è dotato inoltre di cinque

pulsanti, di cui uno è il Reset del microcontrollore, utile per risolvere un eventuale blocco del Firmware. Uno viene utilizzato per l'attivazione e la disattivazione dell'uscita, mentre gli altri tre vengono utilizzati per cambiare modalità di utilizzo e per cambiare i parametri di funzionamento contestualmente alla funzione utilizzata.

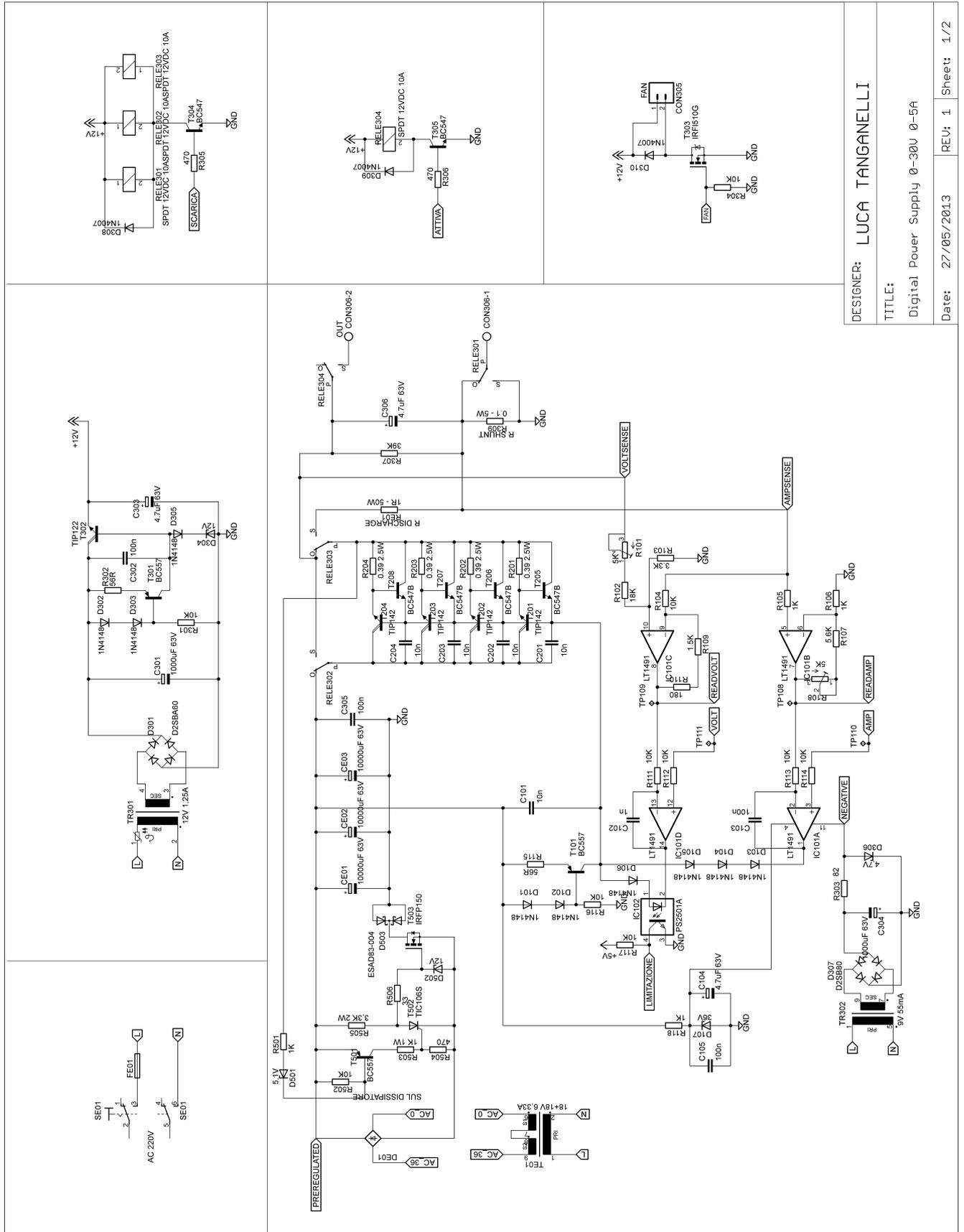
Il CON402 è l'header per la programmazione ICSP standard, utile alla prima programmazione del Bootloader, il firmware potrà essere programmato e aggiornato quando necessario tramite la porta USB posta sul pannello frontale dell'alimentatore. L'ingresso RB2 è utile per il rilevamento del collegamento USB con il PC.

Nella Tabella 1 sono riportate le relative funzioni per ogni pin del PIC18F4550 e breve descrizione.

Pin	Nome Pin	Direzione	Nome Linea	Funzione
1	MCLR	Input	RESET	Reset dell'alimentatore.
2	RA0/AN0	Input	READVOLT	Misura della tensione in uscita.
3	RA1/AN1	Input	READAMP	Misura della corrente erogata.
4	RA2/AN2	Input	POTVOLT	Misura del potenziometro regolazione tensione uscita.
5	RA3/AN3	Input	POTAMP	Misura del potenziometro regolazione corrente erogata.
6	RA4	Input	LIMITAZIONE	Segnale di intervento limitazione.
7	RA5/AN4	Input	TEMP	Misura della temperatura del dissipatore.
8	RE0/AN5	Input	-	-
9	RE1/AN6	Output	ATTIVA	Attivazione relay di uscita.
10	RE2/AN7	Output	SCARICA	Attivazione relay per la scarica di batterie.
11	VDD		VCC	+5,12V.
12	VSS		GND	0V.
13	OSC1	Input	OSC1	Connessione quarzo 20MHz.
14	OSC2	Input	OSC2	Connessione quarzo 20MHz.
15	RC0	Output	BUZZ	Segnale di allarme acustico.
16	RC1/CCP2	Output	AMP	Uscita PWM di regolazione della corrente erogata.
17	RC2/CCP1	Output	VOLT	Uscita PWM di regolazione della tensione di uscita.
18	VUSB	Output	VUSB	Regolatore interno dei 3,3V per USB.
19	RD0	Input	-	-
20	RD1	Output	R/W	Segnale R/W LCD.
21	RD2	Output	RS	Segnale RS LCD.
22	RD3	Output	E	Segnale E LCD.
23	RC4/USB D-	Input	D-	Segnale D- USB.
24	RC5/USB D+	Input	D+	Segnale D+ USB.
25	RC6/TX	Input	-	-
26	RC7/RX	Output	FAN	Attivazione ventola raffreddamento.
27	RD4	Output	D4	Segnale D4 LCD
28	RD5	Output	D5	Segnale D5 LCD.
29	RD6	Output	D6	Segnale D6 LCD.
30	RD7	Output	D7	Segnale D7 LCD.
31	VSS		GND	0V
32	VDD		VCC	+5,12V
33	RB0/AN12	Input	-	-
34	RB1/AN10	Input	-	-
35	RB2/AN8	Input	USB DET	Connessione cavo USB.
36	RB3/AN9	Input	-	-
37	RB4/AN11	Input	S405	Tasto >
38	RB5/PGM	Input	S404	Tasto ^
39	RB6/PGC	Input	S403	Tasto <
40	RB7/PGD	Input	S402	Tasto Attiva

Tabella 1: Tabella riassuntiva delle connessioni del PIC18F4550.

Schemi elettrici



DESIGNER: LUCA TANGANELLI
 TITLE: Digital Power Supply 0-30V 0-5A
 Date: 27/05/2013 REV: 1 Sheet: 1/2

Figura 7 : Schema elettrico parte I.

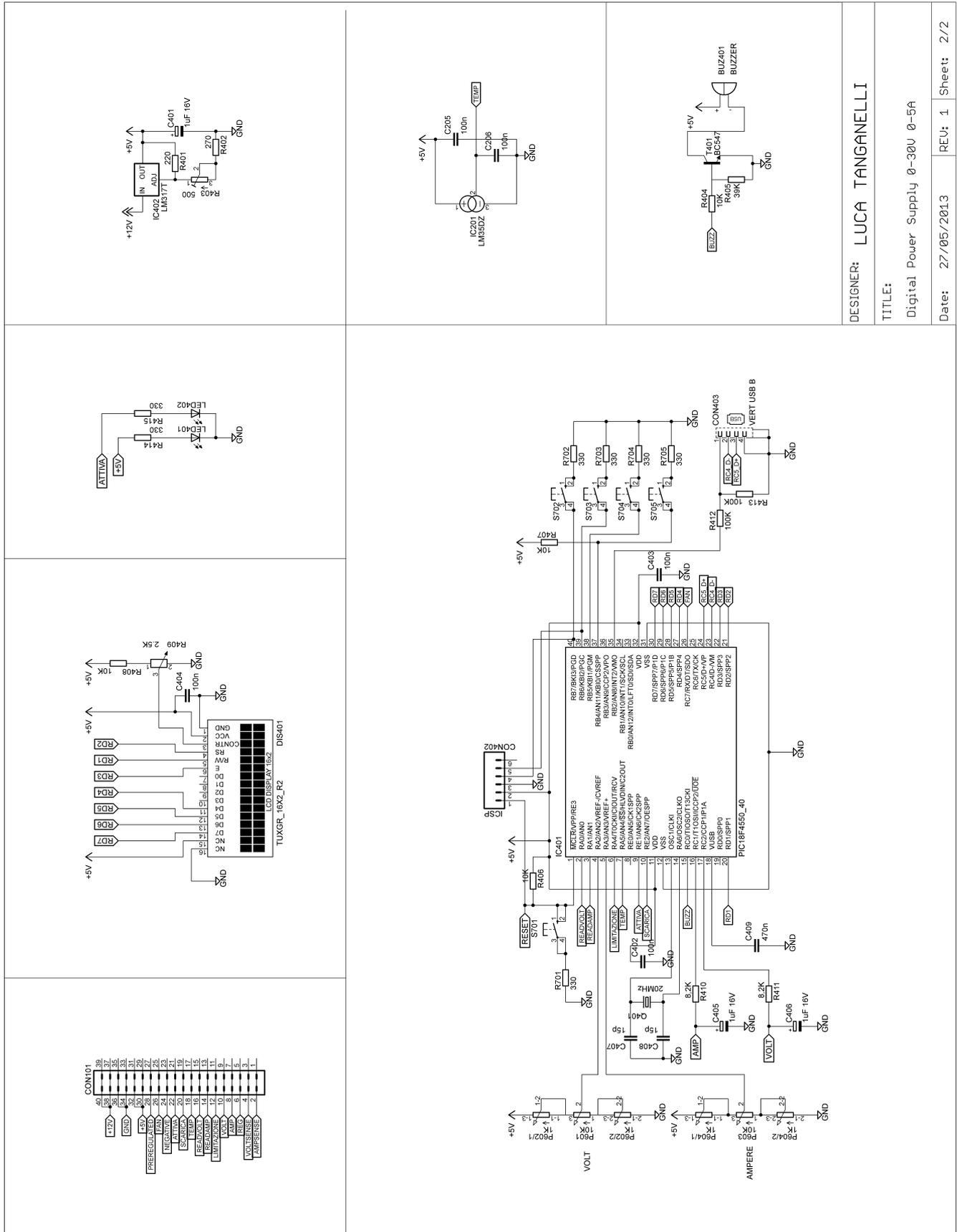


Figura 8 : Schema elettrico parte II.

DESIGNER: LUCA TANGANELLI
 TITLE: Digital Power Supply 0-30V 0-5A
 Date: 27/05/2013 REV: 1 Sheet: 2/2

Lista Componenti

Resistori

R101 = trimmer multigiro 5K Ω

R102 = 18K Ω 1/4W 5%

R103 = 3.3K Ω 1/4W 5%

R104 = 10K Ω 1/4W 5%

R105 = 1K Ω 1/4W 5%

R106 = 1K Ω 1/4W 5%

R107 = 5.6K Ω 1/4W 5%

R108 = trimmer multigiro 5K Ω

R109 = 1.5K Ω 1/4W 5%

R110 = 180 Ω 1/4W 5%

R111 = 10K Ω 1/4W 5%

R112 = 10K Ω 1/4W 5%

R113 = 10K Ω 1/4W 5%

R114 = 10K Ω 1/4W 5%

R115 = 56 Ω 1/4W 5%

R116 = 10K Ω 1/4W 5%

R117 = 10K Ω 1/4W 5%

R118 = 1K Ω 1/4W 5%

R201 = 0.39 Ω 2.5W 5%

R202 = 0.39 Ω 2.5W 5%

R203 = 0.39 Ω 2.5W 5%

R204 = 0.39 Ω 2.5W 5%

R301 = 10K Ω 1/4W 5%

R302 = 56 Ω 1/4W 5%

R303 = 82 Ω 1/4W 5%

R304 = 10K Ω 1/4W 5%

R305 = 470 Ω 1/4W 5%

R306 = 470 Ω 1/4W 5%

R307 = 39K Ω 1/4W 5%

R309 = 0.1 Ω 5W 5%

R401 = 220 Ω 1/4W 5%

R402 = 270 Ω 1/4W 5%

R403 = trimmer multigiro 500 Ω

R404 = 10K Ω 1/4W 5%

R405 = 39K Ω 1/4W 5%

R406 = 10K Ω 1/4W 5%

R407 = 10K Ω 1/4W 5%

R408 = 10K Ω 1/4W 5%

R408 = 10K Ω 1/4W 5%

R409 = trimmer 2.5K Ω

R410 = 8,2K Ω 1/4W 5%

R411 = 8,2K Ω 1/4W 5%

R412 = 100K Ω 1/4W 5%

R413 = 100K Ω 1/4W 5%

R414 = 330 Ω 1/4W 5%

R415 = 330 Ω 1/4W 5%

R501 = 1K Ω 1/4W 5%

R502 = 10K Ω 1/4W 5%

R503 = 1K Ω 1W 5%

R504 = 470 Ω 1/4W 5%

R505 = 3,3K Ω 2W 5%

R506 = 33 Ω 1/4W 5%

R701 = 330 Ω 1/4W 5%

R702 = 330 Ω 1/4W 5%

R703 = 330 Ω 1/4W 5%

R704 = 330 Ω 1/4W 5%

R705 = 330 Ω 1/4W 5%

RE01 = 1 Ω 50W 5%

Condensatori

C101 = 10nF 50V ceramico

C102 = 1nF 50V ceramico

C103 = 100nF 50V ceramico

C104 = 4.7 μ F 63V elettrolitico

C105 = 100nF 50V ceramico

C201 = 10nF 50V ceramico

C202 = 10nF 50V ceramico

C203 = 10nF 50V ceramico

C204 = 10nF 50V ceramico

C205 = 100nF 50V ceramico

C206 = 100nF 50V ceramico

C301 = 1000 μ F 63V elettrolitico

C302 = 100nF 50V ceramico

C303 = 4.7 μ F 63V elettrolitico

C304 = 1000 μ F 63V elettrolitico

C305 = 100nF 50V ceramico

C306 = 4.7 μ F 63V elettrolitico

C401 = 1uF 16V elettrolitico
C402 = 100nF 50V ceramico
C403 = 100nF 50V ceramico
C404 = 100nF 50V ceramico
C405 = 1μF 16V elettrolitico
C406 = 1μF 16V elettrolitico
C407 = 15pF 50V ceramico
C408 = 15pF 50V ceramico
C409 = 470nF 50V ceramico
CE01 = 10000μF 63V elettrolitico
CE02 = 10000μF 63V elettrolitico
CE03 = 10000μF 63V elettrolitico

Diodi

D101 = 1N4148
D102 = 1N4148
D103 = 1N4148
D104 = 1N4148
D105 = 1N4148
D106 = 1N4148
D107 = Zener 36V 1W
D301 = Ponte raddrizzatore D2SBA60
D302 = 1N4148
D303 = 1N4148
D304 = Zener 12V 1W
D305 = 1N4148
D306 = Zener 4,7V 1W
D307 = Ponte raddrizzatore D2SB80
D308 = 1N4007
D309 = 1N4007
D310 = 1N4007
D501 = Zener 5,1V 1W
D502 = Zener 12V 1W
D503 = Doppio SHOTKY ESAD83-004
DE01 = Ponte raddrizzatore 25A

Transistor

T101 = BC557

T201 = TIP142
T202 = TIP142
T203 = TIP142
T204 = TIP142
T205 = BC547B
T206 = BC547B
T207 = BC547B
T208 = BC547B
T301 = BC557
T302 = TIP122
T303 = IRFI510G
T304 = BC547
T305 = BC547
T401 = BC547
T501 = BC557
T502 = TIC106S
T503 = IRFP150

Circuiti Integrati

IC101 = LT1491
IC102 = PS2501A
IC201 = LM35DZ
IC401 = PIC18F4550
IC402 = LM317T

Quarzi

Q401 = Quarzo 20MHz

Pulsanti

S701 = Pulsante da circuito stampato
S702 = Pulsante da circuito stampato
S703 = Pulsante da circuito stampato
S704 = Pulsante da circuito stampato
S705 = Pulsante da circuito stampato

Connettori

CON101 = IDC maschio 40 pin
CON305 = Con-amp-quick 2 pin verticale

CON306 = Con-ptr500 2 pin

CON402 = Con-amp-quick 6 pin 90 gradi

CON403 = Connettore USB tipo B verticale

Diodo led

LED401 = Led 3mm rosso

LED402 = Led 3mm verde

Potenziometri

P601 = Potenzimetro lineare 10K

P602 = Potenzimetro lineare doppio 1K

P603 = Potenzimetro lineare 10K

P604 = Potenzimetro lineare doppio 1K

Trasformatori

TE01 = Trasformatore toroidale 18+18V 6,33A

TR301 = Trasformatore incapsulato 12V 1,25A

TR302 = Trasformatore incapsulato 9V 55mA

Componenti vari

BUZ401 = Buzzer autooscillante

DIS401 = Display 16X2 controller HD44780

FE01 = Fusibile 2A

SE01 = Doppio Interruttore

TP108 = testpad

TP109 = testpad

TP110 = testpad

TP111 = testpad

Realizzazione delle schede

Per la complessità del sistema ho preferito realizzare più schede. Per ogni scheda è possibile scaricare il relativo progetto eagle composto di schema elettrico e scheda per realizzare il PCB. I file è possibili scaricarli direttamente dal sito www.LaurTec.it alla pagina del progetto UP0006.

La numerazione delle schede utilizzata nel file compresso del progetto è la seguente:

- Regolatore [1]
- Finali [2]
- Relay [3]
- Microcontrollore [4]
- Preregolatore [5]
- Potenzimetri x 2 [6]
- Tastiera [7]

Istruzioni per il montaggio

Come visto lo schema è suddiviso in vari circuiti stampati per poter opportunamente alloggiare il tutto in un contenitore. In Figura 9 si ripresenta la numerazione e la disposizione delle varie schede all'interno della scatola di montaggio.

- Regolatore [1]
- Finali [2]
- Relay [3]
- Microcontrollore [4]
- Preregolatore [5]
- Potenzimetri x 2 [6]
- Tastiera [7]

Inoltre alcune parti non sono alloggiate su scheda come:

- Connettore AC [8]
- Porta fusibile [9]
- Interruttore di accensione [10]
- Trasformatore [11]
- Condensatori da 10000uF [12]
- Ventola [13]
- Cavo IDE 40 poli [14]

Per collegare fra di loro la scheda Microcontrollore, la scheda Regolatore e la scheda Relay, ho utilizzato un cavo IDE a 40 poli per PC. Nello schema si può vedere il connettore CON101.

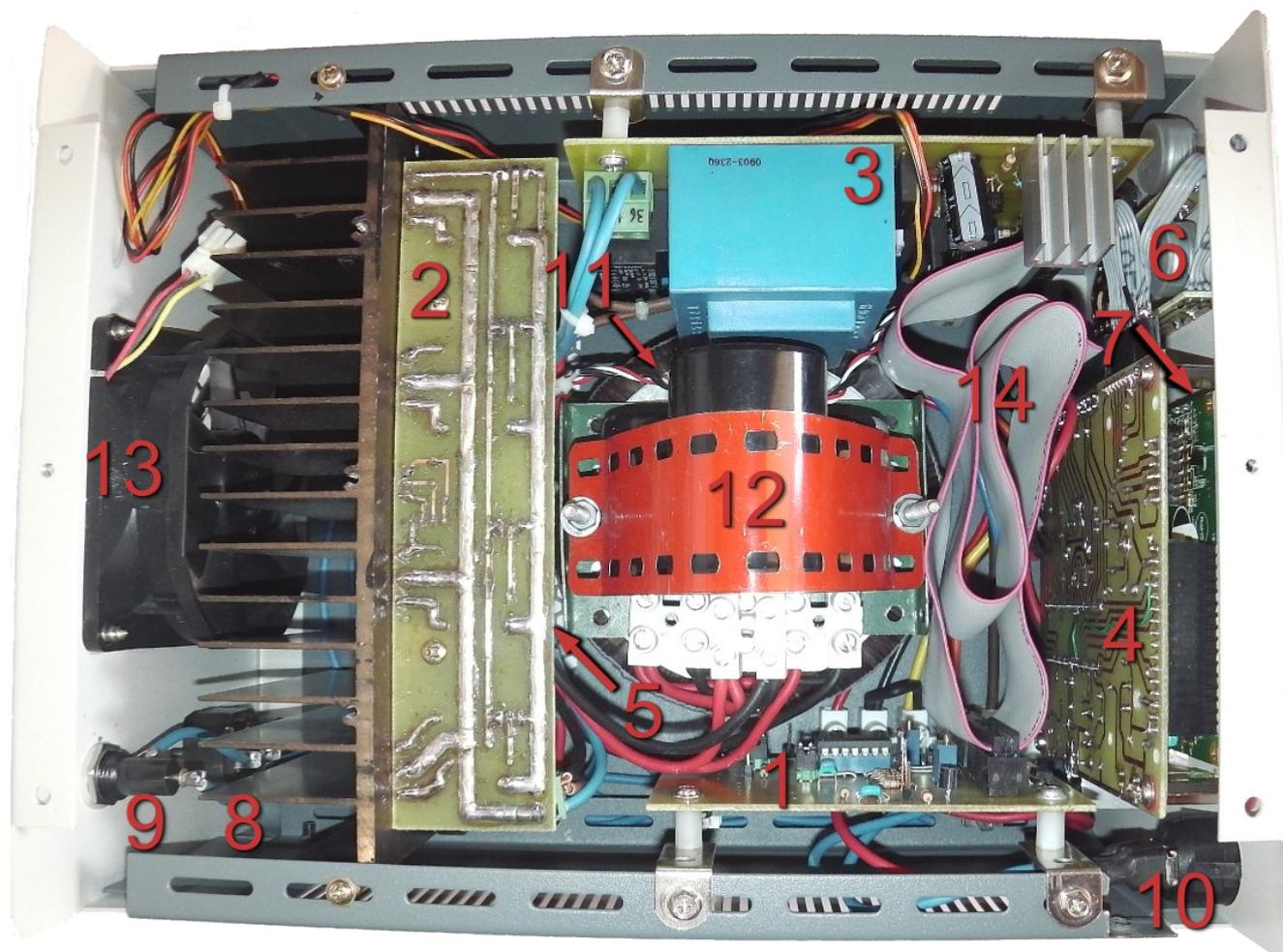


Figura 9 : *Disposizione delle schede nel contenitore.*

Il contenitore utilizzato come scatola di montaggio è di 131 x 203 x 279. Questo può risultare un po' stretto per far entrare tutto comodamente, ma alla fine è abbastanza compatto per poter essere posizionato in qualsiasi banco di lavoro.

Realizzazione del pannello frontale

Il frontale è stato disegnato utilizzando il software di disegno vettoriale Inkscape. Per posizionare nella giusta posizione gli elementi grafici, ho eseguito una prima maschera con Eagle CAD posizionando i componenti utilizzando i layout delle schede Microcontrollore, tastiera e potenziometri. Ho posizionato gli ulteriori elementi come l'interruttore e le boccole di uscita, creando una dima di foratura che ho stampato e utilizzato per eseguire i fori e le aperture necessarie al pannello. Ho poi esportato la dima eseguita con Eagle in formato SVG utilizzando l'ULP "eagle2svg-1.4.1.ulp". Il formato SVG può quindi essere importato con Inkscape. Usando i riferimenti della dima importata ho disegnato il frontale in un nuovo layer.

Ho utilizzato una carta adesiva per la stampa, e una pellicola trasparente di protezione adesiva sopra la stampa. Ho praticato i fori necessari e di fronte al display ho messo un pezzetto di acetato per proteggerlo. Il risultato finale è mostrato in Figura 10.



Figura 10 : Pannello frontale dell'alimentatore da banco.

Collaudo e messa in funzione

**Nota:**

Il sistema presentato nell'articolo ha delle parti ad alta tensione. Il progetto è pensato come sistema di sviluppo e nel realizzarlo devono essere prese le dovute precauzione per un sistema ad alta tensione. La mancata osservanza delle norme di sicurezza può rappresentare un pericolo di vita per l'operatore. Qualora non si abbia la dovuta esperienza e qualifica è bene far compiere il montaggio del sistema a tecnici qualificati.

Prima messa in funzione dopo il montaggio

Dopo aver terminato l'assemblaggio, prima di dare tensione, portare i 4 potenziometri di regolazione al minimo ruotandoli completamente a sinistra. I trimmer di regolazione devono essere posizionati tutti nella posizione centrale.

Dopo l'accensione eseguire per prima cosa la regolazione del trimmer R403 che serve a regolare la tensione di alimentazione del PIC. Il riferimento con un voltmetro digitale può essere preso al connettore ICSP tra i pin 2 e 3. La tensione deve essere regolata a 5,12V.

Prima di mettere in funzione l'alimentatore è necessario programmare il microcontrollore PIC18F4550 con il Bootloader EasyUSB il cui file hex è possibile scaricare dal sito www.LaurTec.it allegato al progetto embedded EasyUSB. E' possibile programmare il microcontrollore con il vostro programmatore collegato all'header ICSP della scheda Microcontrollore.

Una volta inserito il Bootloader è possibile inserire il vero e proprio firmware tramite l'Applicazione PC EasyUSB Bootloader scaricabile sempre dal progetto EasyUSB. Per attivare il Bootloader si deve tenere premuto il tasto “>” e resettare l'alimentatore. Collegare il cavo USB al PC e avviare l'Applicazione PC EasyUSB Bootloader. Caricare il firmware allegato al progetto e avviare la programmazione. Per informazioni sul funzionamento del Bootloader vi rimando alla documentazione disponibile per la scheda EasyUSB.

Se ancora non vedete nulla sul display non preoccupatevi, adesso è necessario regolare il trimmer R409 fino a che il display sia ben visibile.

Adesso si deve effettuare la vera “taratura” dell'alimentatore.

Per la regolazione di R101 collegare un voltmetro digitale in uscita all'alimentatore, attivare l'uscita senza collegare alcun carico. Ruotare il potenziometro di regolazione della tensione fino a che sul display dell'alimentatore viene visualizzata una tensione di 30V. Per raggiungere il livello massimo sarà necessario anche ruotare il potenziometro di regolazione fine della tensione. Adesso si regola il trimmer R101 fino a leggere nel voltmetro digitale la tensione di uscita di 30V.

Per la regolazione della R108 è necessario collegare all'alimentatore un carico in grado di sopportare 2,5A. Si può utilizzare una resistenza di potenza che rispetti la seguente formula:

$$\frac{\text{Potenza}}{\text{Resistenza}} \geq 6,25$$

La resistenza non deve superare i 12Ω, per esempio può andare bene una resistenza da 8Ω 50W. Si deve collegare in serie al carico un amperometro digitale e regolare la tensione erogata dall'alimentatore in modo che il display dell'amperometro digitale misuri 2,5A. Regolare ora la R108 fino a leggere nel display dell'alimentatore una corrente di 2,5A.

Messa in funzione ordinaria

Nella funzione alimentatore l'indicazione nel display è suddivisa in 2 linee in cui la linea superiore indica i Volt erogati e la linea inferiore indica gli Ampere. Il primo valore indica il valore effettivo in uscita dall'alimentatore, mentre l'indicazione fra parentesi è l'impostazione dei potenziometri. La freccia fra i 2 valori, se posta nella riga inferiore, indica che siamo in limitazione di corrente.

Con il tasto “ON” è possibile attivare o disattivare l'uscita dell'alimentazione.

Con il tasto “V” si attivano i relè di scarica, in questo modo si può testare la funzione di scarica batterie.

Attenzione

L'attuale versione del firmware non implementa lo spegnimento al raggiungimento di una soglia minima, per cui la batteria potrebbe non potersi ricaricare alla fine del processo di scarica.

La regolazione della tensione di uscita e della limitazione di corrente, hanno una regolazione grossolana con i potenziometri posti in alto e una regolazione fine, regolabile con i potenziometri posti in basso. La descrizione delle funzionalità aggiuntive di carica e scarica batterie e della funzione di collegamento a PC verrà eseguita nella prossima documentazione riguardante “il Software”.

Software

Allo stato attuale il software dell'alimentatore non è ancora completo, almeno per quanto riguarda le funzioni di carica e scarica batterie. Inoltre ancora devo iniziare a progettare il software dedicato per il comando da PC. Per queste ragioni ho deciso di dividere in 2 documentazioni separate hardware e software. Allo stato attuale il firmware allegato, versione 1.0, implementa la sola funzione di alimentatore standard.

Grazie alla presenza dell'interfaccia USB e della possibilità di aggiornare il Firmware, sarà comunque possibile aggiornare il sistema ad una nuova versione del software, senza alcun problema.

Analisi finale

Per la realizzazione del progetto mi sono avvalso di alcuni schemi che ho trovato in rete o su riviste di elettronica, tutti ricalcolati e modificati per le specifiche esigenze. Nella sezione Bibliografia troverete tutte le fonti di ispirazione. Il firmware si avvale delle librerie LaurTec.

Mi rendo conto che questa realizzazione a livello di prototipo può essere migliorata, per esempio non ho pensato a posizionare in modo che possano essere facilmente accessibili i Trimmer di regolazione o i morsetti, anche perché nel momento in cui ho disegnato i circuiti non avevo il contenitore e non conoscevo la disposizione che avrei fatto delle schede e dei componenti fuori scheda. Invito tutti coloro che lo realizzeranno a comunicarmi il risultato e le modifiche eseguite sul forum LaurTec.

Bibliografia

- [1] www.LaurTec.it : La scheda di sviluppo Freedom II ha ispirato la sezione microcontrollore.
- [2] www.microchip.com : sito dove scaricare i datasheet del PIC18F4550.
- [3] www.linear.com : sito dove scaricare il datasheet dell'operazionale LT1491.
- [4] www.elektor.com : sito della rivista Elektor. Nella rivista di novembre 2001 c'è lo schema di un alimentatore digitale dal quale ho preso ispirazione per la sezione regolatore e dei finali.
- [5] www.webalice.it/crapellavittorio/electronic/prereg3.html : Pagina internet del sito di I2VIU dal quale ho preso ispirazione per la sezione preregolatore.