Theremino

PICCOLI LASER PER INCIDERE IL LEGNO

2 April 2017

Premessa

Seguire le prescrizioni di sicurezza

Applicazioni

In questo articolo parleremo di piccoli Laser utilizzabili principalmente per marchi e incisioni.

I piccoli Laser (da 200 a 700 mW) riescono con fatica a tagliare alcuni materiali sottili (legno molto sottile, balsa, plastica sottile, carta...). Per tagliare davvero ci vorrebbero decine di Watt e quindi Laser notevolmente costosi. Per cui ci limiteremo solo a piccole incisioni.

Le lavorazioni più adatte a questi piccoli laser sono le incisioni su legno, plastica o alluminio.

Con le applicazioni **Theremino ImgToGcode** e **Theremino CNC** si possono trasformare le fotografie in GCode e fare splendide incisioni.

Per le immagini (o fotografie) la punta deve fare una scansione a righe parallele e ci vuole molto tempo, a volte anche delle ore. Ma fortunatamente incidere scritte e piccoli disegni è una operazione abbastanza veloce.

Con un laser da qualche centinaio di milliwatt, si possono già scrivere brevi frasi in poche decine di secondi.

Prima di tutto parliamo di sicurezza

I Laser rossi (di bassa potenza) sono relativamente sicuri perché l'occhio umano li vede e reagisce, chiudendosi come per la luce comune. Comunque sono pericolosi anche loro, come tra l'altro è pericoloso anche guardare il sole. Con tutti i laser, anche i più piccoli si deve sempre fare attenzione, non puntarli mai negli occhi e non puntarli su animali domestici. E' anche importante abbassare la corrente, quando si guarda il puntino per mettere a fuoco la lente.

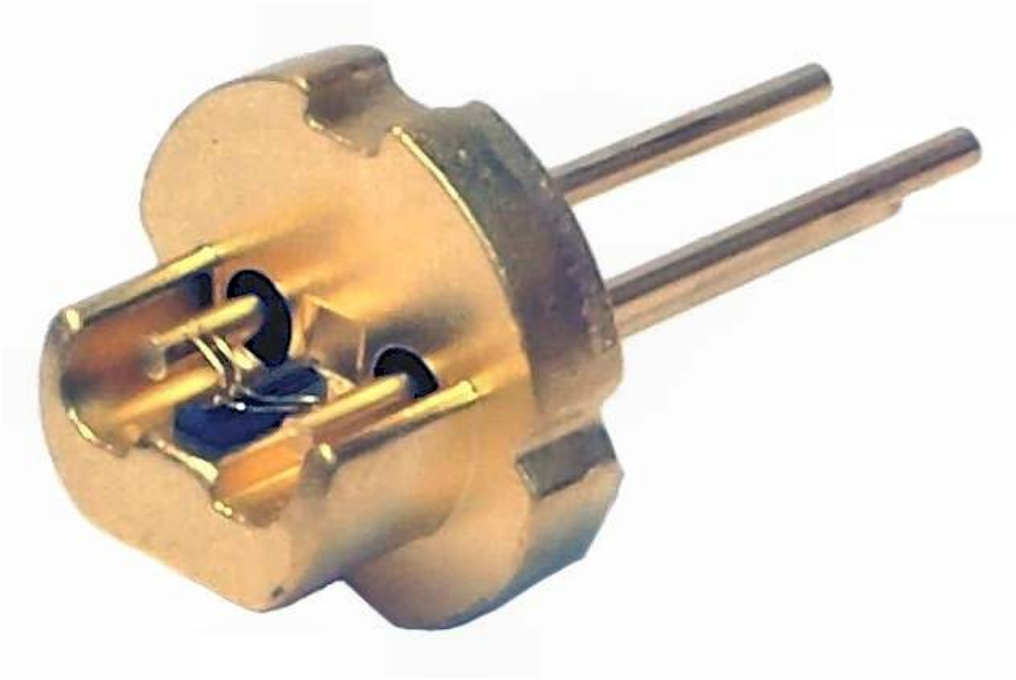
Con i laser verdi e blu e viola si devono usare maggiori precauzioni. E si dovrebbero usare SEMPRE gli appositi occhiali.

– MA ATTENZIONE –

- I laser infrarossi (circa 800 nm), sono pericolosissimi!!!
- Non comprateli e non utilizzateli!!!
- La luce infrarossa è invisibile, per cui le normali reazioni di difesa dell'occhio non funzionano.
- C'è veramente il pericolo di causare gravi danni alla vista.

Qualche informazione sui diodi Laser

I diodi Laser sviluppati per gli scrittori di DVD arrivano fino a mezzo watt e quelli per gli scrittori "BlueRay" arrivano quasi a 1 Watt (di potenza luminosa emessa). Concentrando il raggio, con apposite lenti, si possono incidere e tagliare piccoli spessori, di alcuni materiali (legno e plastica). I diodi Laser devono essere pilotati in corrente, da 100 mA a 1 ampere a seconda del modello. E devono essere montati negli appositi cilindretti di alluminio, con lente regolabile, altrimenti scaldano troppo e si bruciano in pochi secondi.



Migliore è la qualità delle lenti e meglio si riuscirà a mettere a fuoco. Il puntino luminoso deve essere più piccolo possibile e si deve poter mantenere la lente abbastanza distante dal pezzo in lavorazione, per non sporcarla con il fumo. Per allontanare il fumo può essere utile un aspiratore.

I diodi Laser sono molto delicati, basta poca corrente in più per bruciarli in un attimo. Si consiglia di non usarli oltre il 90% della loro massima corrente. Costa meno comprare subito un modello più potente, e tenerlo con corrente un po' bassa, che tirare per il collo quelli piccoli, e bruciarne due o tre.

Su eBay si trovano contenitori con lente (da 5 a 10 Euro), diodi rossi da 100 mW a 500 mW (da 8 a 40 Euro) e viola da 200 mW a 900 mW (da 10 a 60 Euro).

I Laser con potenze inferiori ai 200 mW non servono a niente, non tagliano e non incidono.

Attenzione: Esistono Laser blu (445-455 nm) con potenze maggiori dei Laser viola (405 nm) e con prezzi allettanti. Ma purtroppo non vanno bene perché non si possono mettere a fuoco in un punto abbastanza piccolo. Anche con le lenti migliori non si riesce a scendere sotto gli 0.5 mm. invece con i Laser viola si arriva a 0.1 mm. Per cui i Laser blu, anche se molto potenti, incidono meno di quelli viola.

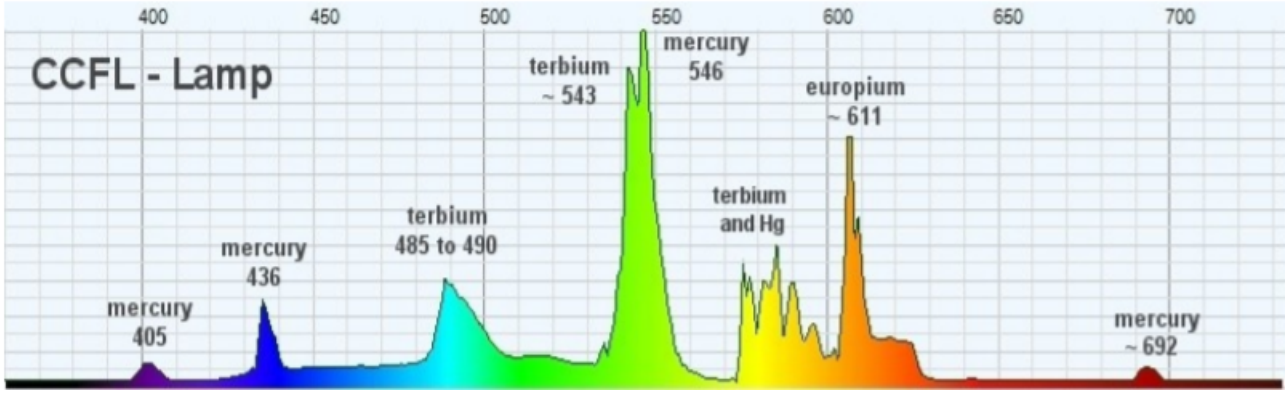
La differenza tra laser Blu e laser Viola è maggiore di quel che si può pensare. La potenza viene applicata su un'area 25 volte maggiore. Questo non vuol dire che per ottenere gli stessi risultati si devono utilizzare potenze 25 volte maggiori, infatti

il materiale si scalda e trasmette il calore anche intorno. Fatte tutte le dovute considerazioni si ottiene che: se il movimento di traslazione è rapido il puntino concentrato riesce a incidere bene; mentre un puntino largo (Laser blu) non ci riesce e quindi si deve rallentare la lavorazione. Chi ha esperienza considera che per avere circa gli stessi risultati con i Laser blu si devono utilizzare potenze dieci volte maggiori e velocità di lavorazione più basse.

Infine i Laser blu si portano dietro dei costi che a prima vista non si notano. Correnti dell'ordine dei 600 mA (o anche fino a 3 ampere) sono facilmente e economicamente ottenibili con il circuito e l'alimentatore mostrati in questo articolo. Ma correnti di dieci ampere e oltre richiederebbero schemi più complessi e alimentatori ben più costosi.

Orizzontarsi tra i nanometri

I nanometri indicati dai venditori non si notano gran che, ma sono importanti quando si sceglie un diodo Laser. Per "farsi l'occhio" sui nanometri e i colori corrispondenti consiglio di leggere **questo documento** e anche questo **documento più approfondito**.



Fare click per ingrandire

Le pubblicazioni precedenti fanno parte del progetto Open Source "Theremino Spectrometer" che si scarica da **questa pagina**.

Quali diodi Laser acquistare?

Se si possono spendere una ottantina di Euro conviene andare subito sul Laser migliore il BDR-209, altrimenti si può cercare di risparmiare seguendo i **consigli e i link di questa pagina**.

BDR-209 – Massima corrente consigliata 600 mA. A questa corrente la potenza di uscita è circa 950 mW e la tensione è circa 6.5 Volt. Questo è il diodo più potente che si riesce ad avere a prezzi ragionevoli. Con le lenti buone e tirandolo un po' per il collo si supera abbondantemente il watt.

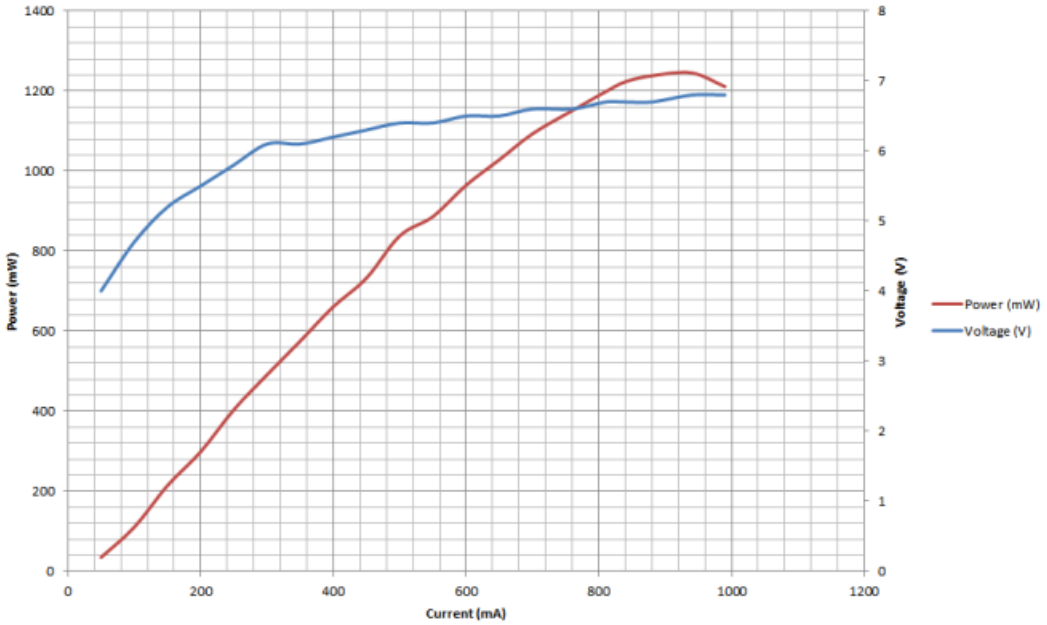


Grafico con corrente, tensione e potenza del laser BDR-209

Il modulo LaserDriver

L'adattatore "LaserDriver" può pilotare diodi Laser da 100 mW fino a 1 watt. La massima corrente si imposta con un resistore e potrebbe anche essere maggiore di 1 ampere. Quindi se in futuro diventassero reperibili diodi Laser più potenti, si potrebbe arrivare anche a 3 watt e oltre. E non sono watt di alimentazione ma proprio di potenza luminosa!

Collegando questo adattatore a un Pin di tipo PWM del **modulo Master**, si può regolare la corrente da zero al massimo (stabilito con il valore di R4). Abbassare la corrente serve per incidere con minore energia, ma anche per poter guardare il puntino mentre si regola la lente.

Con questo adattatore la applicazione **Theremino CNC** può spegnere e accendere il Laser e regolare la sua potenza in pochi millisecondi. Si possono quindi utilizzare dei file in formato GCode per incidere disegni e scritte nel legno. E si possono anche tagliare alcuni materiali sottili (metalli esclusi).

Stabilità rispetto alla temperatura

Per non appesantire l'articolo questo capitolo non era presente nella prima revisione. Poi i commenti sulla stabilità della corrente rispetto alla temperatura hanno suggerito che potrebbe essere un argomento interessante.

Guardando l'immagine dell'adattatore si può notare che abbiamo posizionato T1 vicino a T2 per far lavorare i due transistor approssimativamente alla stessa temperatura. In questo modo le variazioni delle due tensioni BE tendono a cancellarsi reciprocamente e la corrente di uscita è più stabile. Inizialmente era anche previsto di saldare T1 con i piedini lunghi per poi coricarlo e incollare il suo lato piatto su T2. Con questo accorgimento la temperatura di T1 seguirebbe quella di T2 con un ritardo di pochi secondi. Invece lasciando i due transistor separati, come si vede nella immagine, il ritardo è approssimativamente di alcuni minuti.

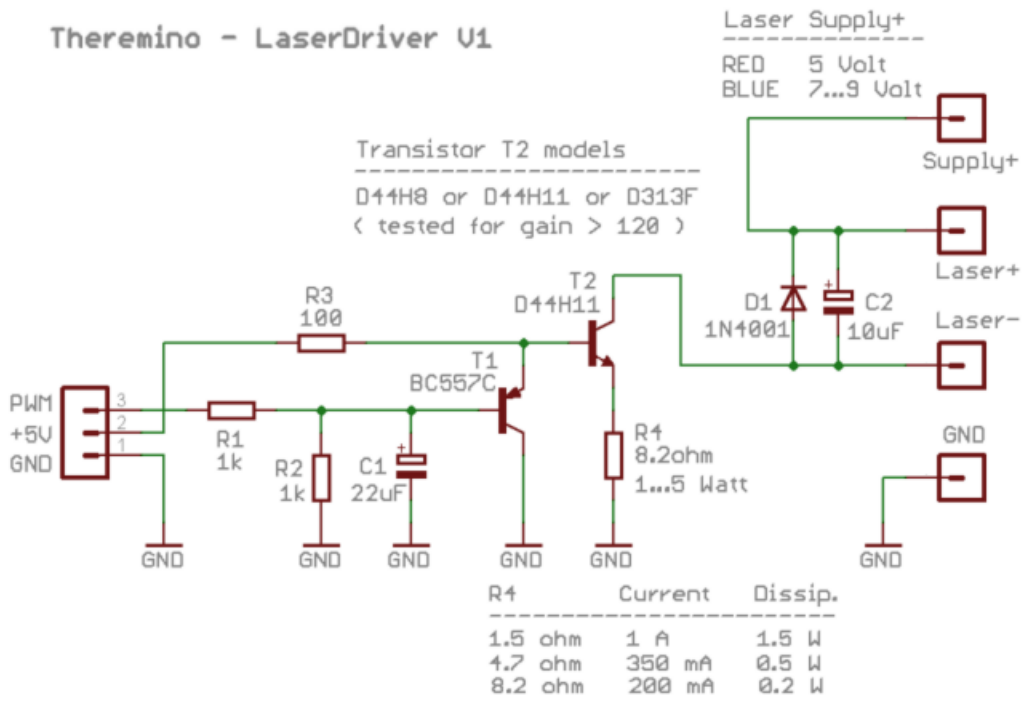
La temperatura della giunzione di T1, oltre a essere in ritardo ritardo rispetto a quella di T2 è anche minore di essa, a causa del gradiente termico che si viene a creare quando T2 scalda.

In base alle precedenti considerazioni una progettazione scolastica suggerirebbe di aggiungere un operazionale e azzerare ogni variazione della corrente di uscita. Questa mania di precisione a tutti i costi non solo non produrrebbe miglioramenti visibili, ma addirittura peggiorerebbe il funzionamento globale del sistema, come spiegato nei punti seguenti.

- Il diodo Laser scaldando perde di efficienza e diminuisce la sua potenza di uscita. Questa variazione viene parzialmente compensata dall'aumento della corrente di pilotaggio prodotto da T2 che si scalda.
- La perdita di potenza del laser è nell'ordine del 10% mentre l'aumento di corrente prodotto da T2 è solo del 3..6%. Quindi la compensazione è solo parziale ma è comunque un effetto positivo.
- Compensare di più non sarebbe una buona idea. Un aumento di corrente inferiore al 10% è tollerabile, dato che nel calcolo di R4 si deve sempre tenere un buon margine rispetto ai maximum ratings del Laser. Ma aumentare ulteriormente la corrente potrebbe abbreviare la sua vita.
- Il tempo di salita della corrente segue approssimativamente il tempo di riscaldamento del sistema laser-dissipatore e anche questo è un effetto positivo per la stabilità globale del sistema.
- Gli effetti positivi elencati finora non ci sarebbero in una versione con operazionale, che a prima vista poteva apparire migliore e più precisa.
- Non utilizzare operazionali semplifica notevolmente il circuito e permette la costruzione anche a chi dispone di bassa tecnologia e poca esperienza pratica.
- Un circuito semplice è intrinsecamente più affidabile.
- La presenza di operazionali e di alti guadagni di anello potrebbe comportare fenomeni di overshoot potenzialmente mortali per il laser. Si potrebbero anche verificare aumenti di corrente pericolosi per il Laser anche solo avvicinando uno smartphone. Invece il circuito proposto, non avendo controreazione e alti guadagni, è del tutto insensibile a questi pericoli.

Questo esempio insegna che ragionare in modo scolastico può portare a trascurare gli effetti di insieme. Si resta abbagliati dalla lucida visione di alcuni particolari, si vede l'albero e non la foresta. In alternativa una progettazione più "intuitiva" può trovare soluzioni semplici e anche funzionalmente migliori. Naturalmente l'intuito va poi accompagnato con tutti i calcoli necessari per garantire anche la sicurezza formale del funzionamento. Ed è anche vero, purtroppo, che per coltivare un buon intuito ci vogliono molti anni di esperienza pratica.

Schema elettrico



Il segnale PWM in arrivo dal **modulo Master** ha una ripetizione di 4 mS (250 Hz) e viene filtrato da R1 // R2 e C1. Il leggero ripple rimanente non disturba il funzionamento del Laser. Volendo ridurlo ulteriormente si può configurare l'uscita come FastPwm e regolarla per una frequenza di 15 KHz. Con il FastPwm il ripple si riduce a meno di tre millivolt nella zona centrale della regolazione e praticamente a zero nelle zone iniziali e finali.

Il partitore costituito da R1 e R2 dimezza la tensione per cui su C1 si ha una tensione variabile da zero a 1.65 volt (la metà del segnale di 3.3 volt in arrivo dal Master). La variazione da zero a 1.65 si ottiene variando il duty-cycle del segnale PWM.

Il transistor T1 lavora come emitter follower caricato dalla resistenza R3, che agisce da pull-up verso il 5 volt in arrivo dal pin 2 del connettore che va al Master. Il Beta di questo transistor è sempre sovrabbondante e quindi la sua corrente di base influisce poco sul partitore R1 // R2 che genera la tensione di base.

La tensione sull'emettitore di T1 è traslata in alto di circa 0.6 volt e poi nuovamente traslata in basso di altrettanta tensione dal transistor T2. Per cui sul resistore R4 ci sarà una tensione praticamente identica a quella della base di T1, che va da 0 a 1.65 volt a seconda del duty-cycle del segnale PWM di comando.

In queste condizioni il transistor T2 si comporta come un buon generatore di corrente per il diodo Laser, che è collegato tra il suo collettore e la tensione di alimentazione positiva.

Modificando il valore del resistore R4 si stabilisce la corrente massima con la formula: Imax = 1.65 volt / R4

Con correnti alte (oltre i 500 mA) la corrente effettiva sarà leggermente minore di quella calcolata con questa formula. La tabella dello schema mostra infatti che per ottenere 1 ampere si deve utilizzare un resistore da 1.5 ohm, al posto di 1.65 ohm che si otterrebbero dal calcolo. Utilizzando la tabella è facile calcolare altri valori intermedi.

La nota "Tested for gain > 120" si riferisce al D44H11, ma solo nel caso si utilizzassero correnti maggiori di un ampere. Maggiori informazioni nei commenti a fine articolo.

Impostare la corrente massima

La corrente massima si imposta con R4, il cui valore può essere calcolato con la seguente formula: Resistenza (ohm) = 1600 / Corrente desiderata (mA)

Conviene sempre provare, con un tester al posto del Laser, se la corrente massima è giusta.

Ricordarsi SEMPRE di spegnere tutto e scaricare C2, prima di ricollegare il laser. Se si sbaglia una sola volta il laser è fritto.

Per raffinare la corrente massima si collega un resistore del valore standard, appena superiore al necessario. E gli si salda in parallelo, un resistore di valore più alto (solitamente dai 100 ai 1000 ohm), fino a raggiungere la giusta corrente. Il resistore in parallelo, essendo di alta resistenza, dissipa poco e quindi può essere un normale resistore da 1/4 di watt.

Evitare di friggere il diodo laser

I diodi laser sono delicatissimi e sono anche sensibili alle cariche statiche. Vanno collegati stabilmente al diodo D1 e al condensatore C2, che li proteggono. E vanno collegati PRIMA DI DARE TENSIONE. Se li si scollega anche solo per un attimo, appena li si ricollega si bruciano in un microsecondo e sono da buttare. Questo accade perché scollegando il laser, la tensione su C2 sale fino a cinque volt e oltre. Poi, appena lo si ricollega, il C2 gli scarica sopra la sua tensione, supera la corrente sopportabile e lo brucia all'istante.

Quindi, PRIMA DI COLLEGARE IL LASER, spegnere l'alimentatore e scollegare la USB. Poi attendere almeno un minuto che C2 si scarichi. O meglio ancora, mettere in corto le due uscite Laser+ e Laser- per scaricare C2. Si deve anche fare molta attenzione ai collegamenti dei due fili che vanno al laser. Basta un falso contatto ad alimentatore acceso (un attimo di tocca non tocca) e il diodo laser è morto.

Potrebbe essere una buona idea, non montare D1 e C2 sullo stampato del Laser Driver, ma montarli stabilmente, lungo i due fili che vanno al laser. In questo modo il diodo avrebbe i componenti di protezione saldati ai suoi stessi fili e il rischio di fare errori si ridurrebbe di molto.

Temperatura di T2 e R4

Durante le prove è bene anche controllare che il transistor T2 e il resistore R4 non scaldino troppo.

Per tenere freddo T2, si può utilizzare un dissipatore di alluminio, per R4 un resistore di potenza adeguata. Nessuno dei due deve arrivare a scottare le dita. Se scaldano troppo, si aumenta l'area del dissipatore e si cambia R4 con un resistore di maggiore potenza.

Con i laser rossi, fino a 200 mA, e con alimentatore da 5 Volt, il calore da dissipare è minimo. Il transistor resta quasi freddo e per R4 può bastare un resistore da 1 watt.

Quando si lavora con maggiore corrente e con maggiore tensione di alimentazione, potrebbe essere una buona idea non montare R4 sul circuito stampato, ma usare una resistenza rettangolare collegata con due fili e fissata a qualche parte metallica della macchina, che agirà da dissipatore.

Tensione di alimentazione

Premessa: Chi utilizza un laser rosso può cercare un alimentatore fisso da 5 volt e almeno 1 ampere e saltare questo capitolo.

Per far scaldare meno il transistor, non si deve esagerare con la tensione "Laser Supply". La tensione giusta è la massima tensione richiesta dal laser più due volt. Quindi per i laser rossi, si userà sempre un cinque volt e per quelli viola, otto o nove volt.

Con 12 volt, il transistor scalderebbe di più e si aumenterebbe il rischio di bruciare il laser. Ricordarsi sempre che al minimo errore il laser è defunto. Con la giusta tensione di alimentazione il laser potrebbe anche tollerare brevi errori, ma con 12 volt frigge all'istante!

Per fornire la giusta tensione si dovrebbe trovare un alimentatore da dodici volt con il trimmer di regolazione che permetta di scendere fino a otto volt. Chi ha abbastanza esperienza potrebbe anche fare un semplice alimentatore regolabile con un LM309.

Chi non ha molta esperienza potrebbe utilizzare un alimentatore "da banco" da almeno 12 volt e almeno 2 ampere.

Questi alimentatori hanno due strumenti di misura e due manopole, per regolare la tensione e la corrente massima. Si possono trovare su eBay o Amazon per prezzi che vanno da 40 a 80 Euro.

Se anche l'alimentatore ha una regolazione della corrente massima non utilizzatela per proteggere il Laser. Il suo intervento sarebbe comunque troppo lento. La corrente massima va limitata con R4, come spiegato nei capitoli precedenti.

Misurare la corrente con laser acceso

Dato che si tiene la tensione di alimentazione al minimo (per ridurre la dissipazione) e dato che la tensione sul diodo Laser è variabile a seconda del diodo e della corrente. Può essere utile verificare la corrente con laser acceso.

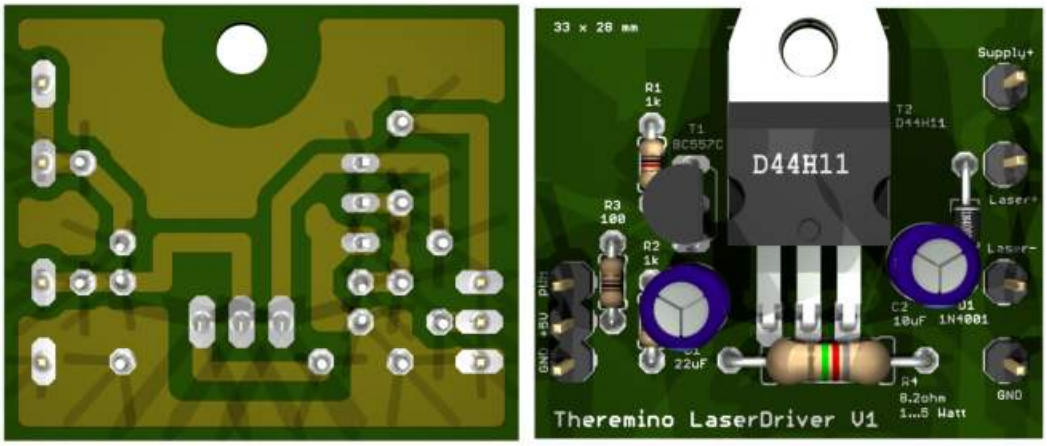
Per verificare che la tensione di alimentazione sia sufficiente si procede cosi:

- Si predispone il tester sulla portata di 2 volt in continua e lo si collega ai due capi di R4
- Si calcola la corrente partendo dalla tensione indicata dal tester e dal valore di R4, con la formula seguente.
- Corrente (ampere) = Tensione misurata (volt) / Valore di R4 (ohm)
- Si imposta il segnale di controllo del PWM per la potenza massima.
- Si controlla sempre di non superare la massima corrente sopportabile dal laser (se il valore di R4 è giusto la corrente non dovrebbe mai essere troppa ma, almeno nelle prime prove, è bene tenerla sotto controllo).

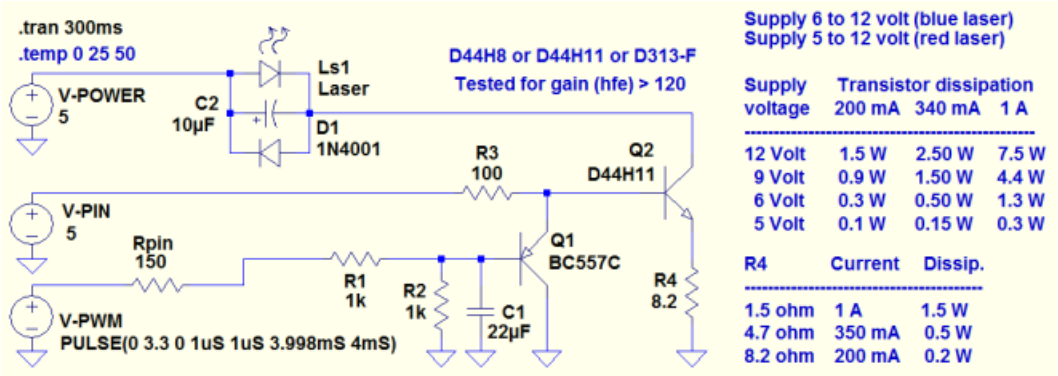
- Si riduce gradualmente la tensione dell'alimentatore fino a che la tensione indicata dal tester inizia a scendere.
- Si alza nuovamente la tensione di mezzo volt o un volt, per stare sul sicuro.

Progetto del PCB e simulazioni

Il circuito è talmente semplice che lo si può facilmente costruire su un millefori e collegare i componenti con qualche filo nudo. Si consiglia di utilizzare fili sottili e monofilari, ad esempio i reofori che si tagliano dai resistori.



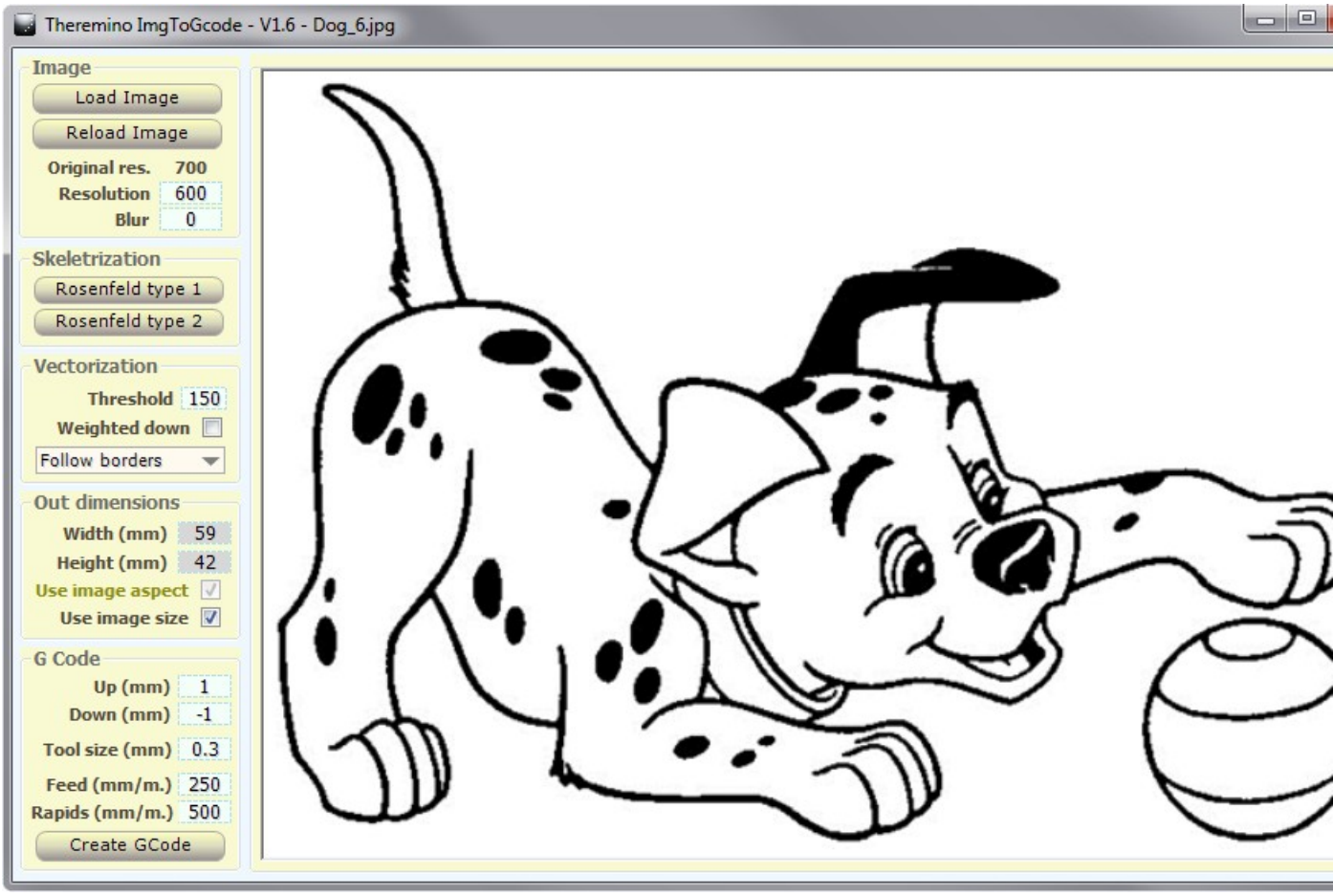
Le simulazioni LTSpice possono aiutare a calcolare correnti e potenze dissipate:



Da qui si può scaricare il progetto completo, con PCB Eagle, immagini in 3D e simulazione LTSpice: **http://www.theremino.com/wp-content/uploads/files/Adapter_LaserDriver_V1.zip**

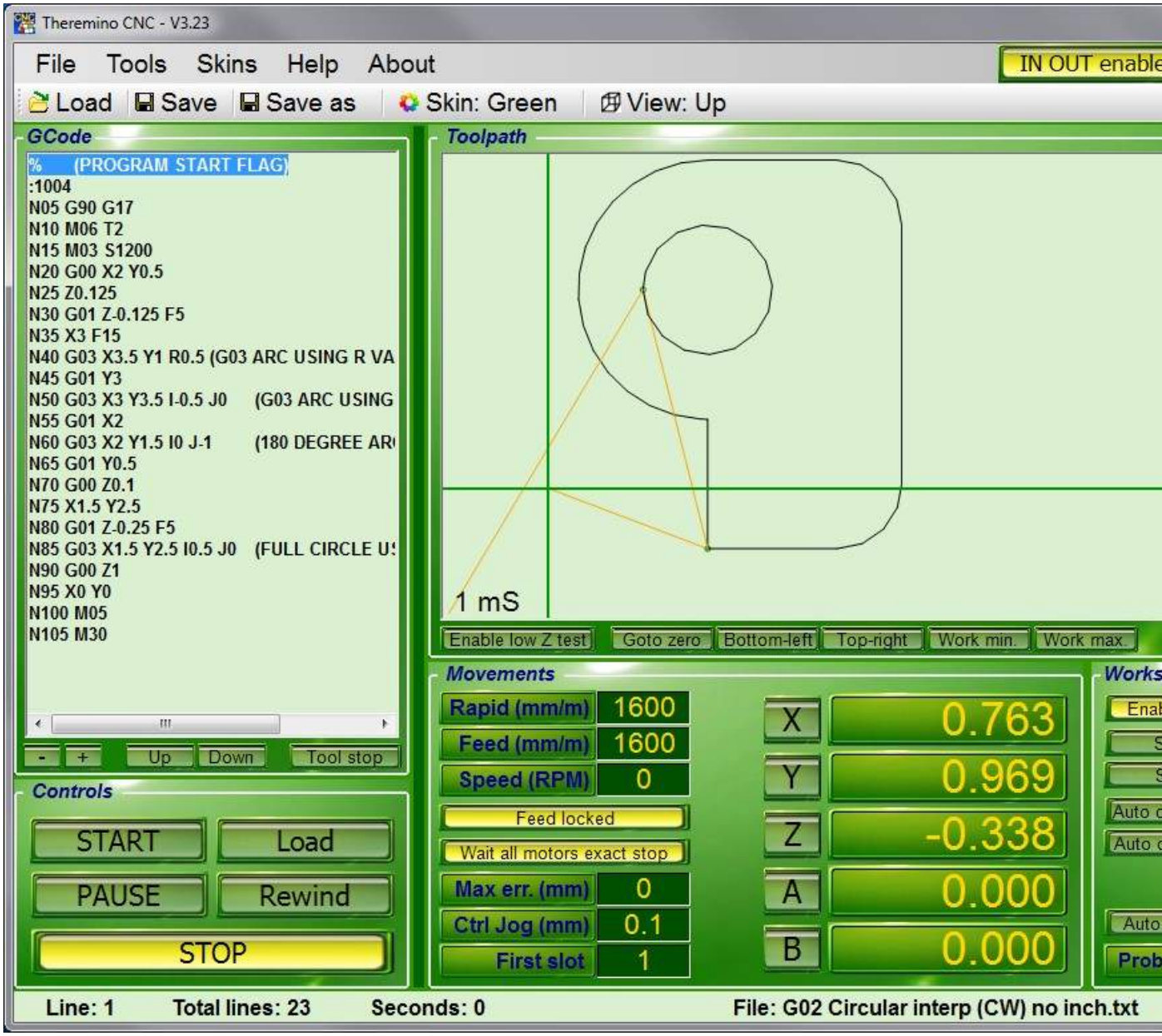
Dal disegno alla macchina CNC

Per trasformare i disegni in files GCode si utilizza la applicazione **Theremino ImgToGcode**



Cliccare la immagine per vedere anche la parte destra

Per controllare la macchina CNC si utilizza la applicazione **Theremino CNC**



Cliccare la immagine per vedere anche la parte destra

Software e Hardware completamente free

Tutte le pubblicazioni del sistema Theremino sono completamente freeware, Open Hardware e Open Source, nel significato più ampio possibile e con **licenza Creative Commons**.

Estratto da "http://www.electroyou.it/mediawiki/index.php?title=UsersPages:Theremino:adattatore-per-diodi-laser"