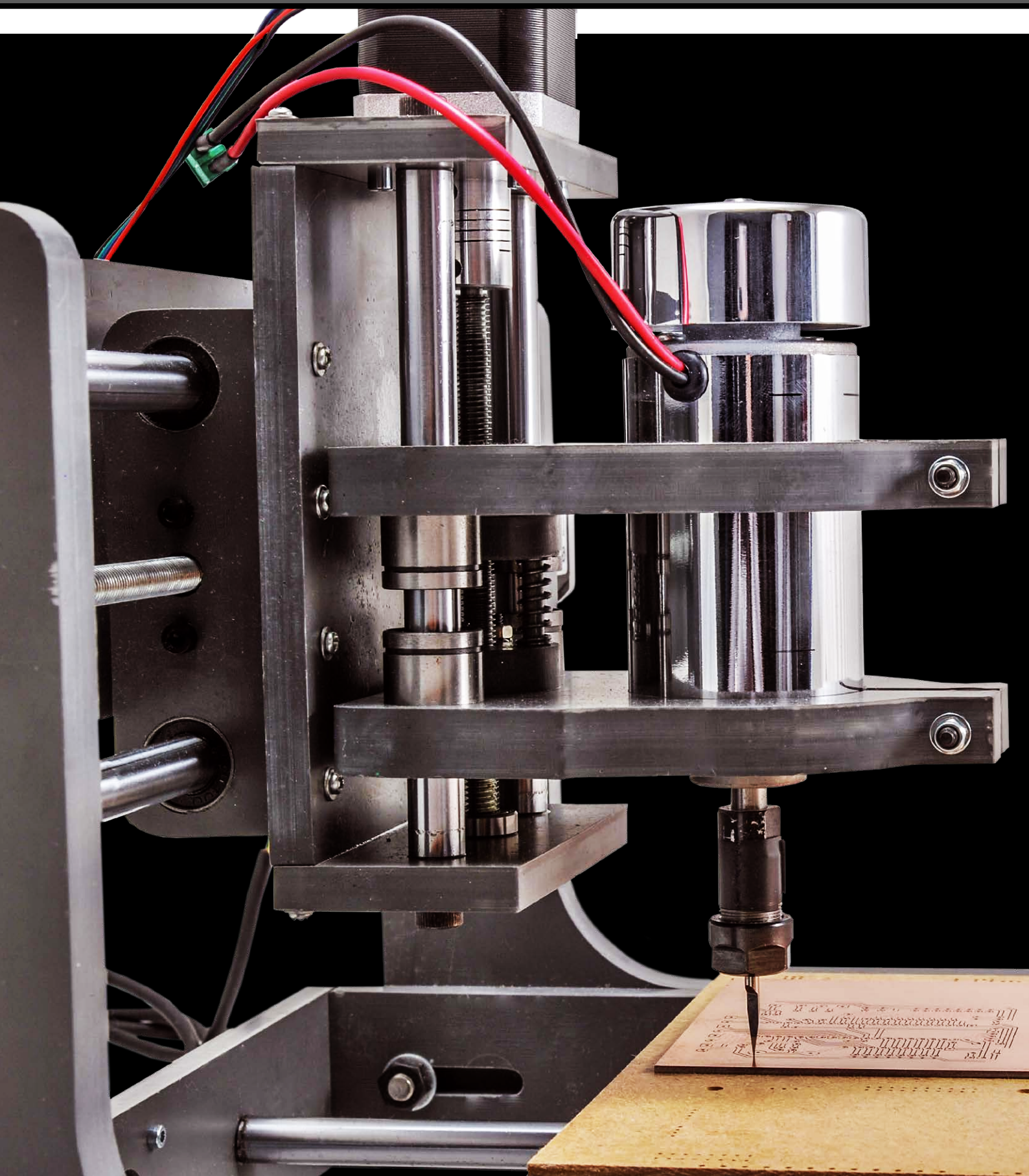
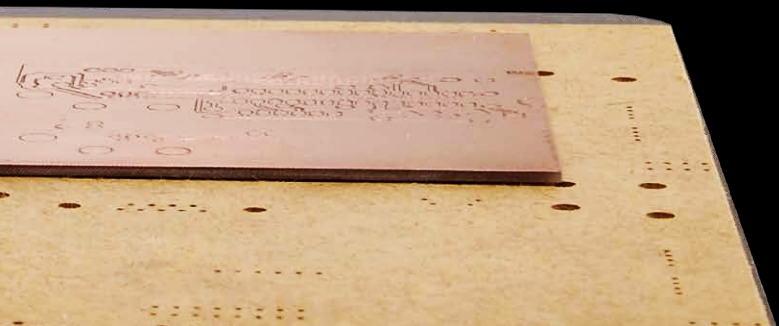




LA MIA PRIMA... CNC

di BORIS LANDONI & GABRIELE DAGHETTA

Dotata di robusto telaio in materiale plastico e 3 motori passo-passo, dispone di un elettromandrino a 9.000 giri/min al quale applicare frese di vario genere per lavorare legno, plastica, resine sintetiche ed effettuare piccole incisioni su alluminio.



Non è la prima volta che parliamo di macchine a controllo numerico per l'utilizzo domestico adatte a fresare o incidere particolari, ovvero creare parti meccaniche ed oggetti di varia forma per stampa 3D sottrattiva; lo abbiamo già fatto nel fascicolo n° 182, quando vi abbiamo mostrato una delle mille trasformazioni della nostra stampante 3Drag, in quell'occasione diventata una fresa CNC per incidere i circuiti stampati, opportunamente equipaggiata di elettromandrino Proxxon. Nel frattempo abbiamo avuto modo di provare altre macchine e in queste pagine vi parliamo di una CNC disponibile in kit di montaggio, che si distingue per l'ottimo rapporto qualità/prezzo, ottenuto anche grazie all'utilizzo di PVC compatto per il telaio. La macchina è stata pensata principalmente per incidere PCB, e targhette (tipo cassetta della posta, citofono, porta) poi sicuramente ci si lavora il legno, la plastica (anche POM) senza esagerare ci si può incidere (ma a bassa profondità) targhette in alluminio.

Come la gran parte delle CNC, anche questa

dispone di una scheda di controllo dei tre assi interfacciata su porta parallela, per poter essere pilotata con software tipo il notissimo Mach 3 (o il più recente Mach4), che converte il G-Code in impulsi prodotti direttamente sulla parallela. Ciò potrebbe essere visto come un problema a causa dell'estinzione della porta sui PC moderni, ma abbiamo pensato a una soluzione che vi descriveremo nel prossimo fascicolo e che consente il pilotaggio direttamente da USB, quindi attraverso tutti i computer moderni. Qualcuno potrebbe obiettare che è sufficiente utilizzare un convertitore USB/parallelo, di quelli che si trovano in commercio, ma non è facile come sembra; infatti il problema è duplice: prima di tutto, siccome i dati verrebbero inviati su una parallela virtuale e sarebbero poi convertiti in forma parallela con un certo ritardo, o peggio, con ritardi non uguali, che porterebbe ad avere sui tre assi movimenti non perfettamente sincronizzati. Il secondo è che molti programmi nati per il controllo delle CNC non prevedono nativamente la gestione attraverso porte USB

CARATTERISTICHE TECNICHE

- **Struttura:** PVC compatto
- **Dimensioni massime d'ingombro (con i motori):**
390 mm (larghezza) x 370 mm (lunghezza) x 310 mm (altezza)
- **Area di lavoro:** X: 200 mm, Y: 180 mm, Z: 60 mm
- **Piano di lavoro:** PVC 240x190 mm
- **Scorrimento:** asse XYZ con tondini rettificati e manicotti a ricircolo di sfere da 12 mm
- **Attacco elettromandrino:** diametro 52 mm
- **Attacco motori passo-passo:** 43 x 43 mm - asse 5 mm
- **Peso:** 7,5 kg

(ma con i loro plug-in, sì).

La nostra proposta è invece un hardware che, partendo dalla USB e sfruttando software open-source, permette di ricostruire sulla macchina gli impulsi di comando per la scheda di controllo della CNC, avviando così alle incoerenze temporali dei canonici convertitori USB/parallelo.

LA MACCHINA

Facciamo subito una carrellata su questa nuova macchina utensile hobbistica, che è composta da una meccanica molto robusta e precisa, da un telaio che la sorregge (che consente dimensioni utili di lavoro di ben 200x180x60 mm) da un elettromandrino e da una scheda elettronica che governa il tutto; le alimentazioni vengono fornite da un alimentatore switching per la scheda (e quindi i motori) e da un trasformatore seguito da un ponte di Graetz per l'elettromandrino (tensione, quindi, non regolata). La scheda, alimentata dall'apposito alimentatore c.a./c.c. switching comanda i tre motori passo-passo tipo NEMA17 (200 step/giro) e con un relé accende e spegne l'elettromandrino su comando del programma che gira nel PC; dispone dell'interfaccia parallela, i cui pin sono collegati direttamente alle linee di comando dei driver dei tre motori, quindi EN (enable), STEP (impulsi) e DIR (direzione). Ognuno

dei tre canali driver per stepper-motor permette il funzionamento in modalità microstep, ovvero a frazionamenti di passo, il che consente di far avanzare il rispettivo motore, al sopraggiungere di un impulso sulla linea STEP corrispondente, di 1/2, 1/8 o 1/16 di giro. Considerata la risoluzione del motore, ciò significa poter far avanzare il rispettivo asse di 400, 1.600 o 3.200 step per giro. La meccanica, particolarmente semplice ma al contempo robusta, consta di pareti laterali (fianchi della base e spalle) e posteriori (base) sulle quali si applicano il piatto dove prenderà posto il pezzo da lavorare e i tondini

rettificati (da 12 mm di diametro) che fanno da guida alla testa che sostiene e muove l'elettromandrino. Il movimento di quest'ultimo è su 2 assi, y (laterale) e z (verticale) ciascuno motorizzato tramite uno stepper motor che, mediante un giunto in alluminio con attacco per albero motore Ø5 mm, fa ruotare una vite senza fine nella quale è calettata una delle staffe che impongono il movimento, favorito da manicotti a ricircolo di sfere da 12 mm di diametro interno.

L'accoppiamento sfrutta una raffinata e collaudata soluzione che consente il recupero automatico del gioco grazie a molle di precarico, da tarare durante l'assemblaggio. Il supporto per l'elettromandrino ha un collare del diametro di 52 mm.

Le spalle della meccanica hanno spessore di 15 mm, mentre il piatto mobile che sostiene il pezzo misura 240x190 mm ed è realizzato in PVC compatto anch'esso; viene mosso avanti e indietro tramite il solito motore passo-passo che aziona median-

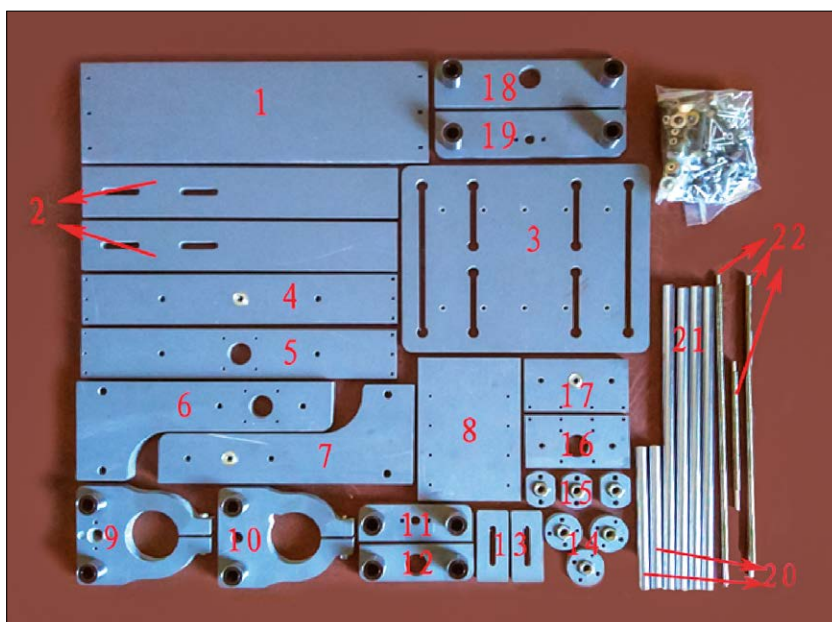


Fig. 1 - Il contenuto del kit per quanto riguarda la meccanica della CNC.

te un giunto in alluminio con attacco per albero motore Ø5 mm una vite senza fine, accoppiata al carrello grazie al predetto meccanismo di recupero del gioco.

La testa portautensile e il carrello del piatto si muovono scorrendo ciascuno su due tondini in acciaio rettificato da 12 mm di diametro, mediante i soliti cuscinetti lineari (manicotti a ricircolo di sfere da 12 mm).

Le barre filettate che costituiscono le viti senza fine sono M8 ed hanno passo del filetto di 1,25 mm, il che, riprendendo il discorso fatto poc'anzi a proposito dell'elettronica che pilota i motori passo-passo, consente di ottenere una risoluzione, nel movimento su ciascun asse, di $1,25/200 = 0,00625$ mm, corrispondenti a 6,25 millesimi di mm! Se poi si adotta il microstep, sale ulteriormente, ma diciamo pure che siamo a valori più che adatti a qualsiasi lavorazione. Notate che in virtù delle ridotte dimensioni della macchina, la scheda di controllo e gli alimentatori non sono applicati al telaio (perché il loro ingombro sarebbe tale da richiedere un contenitore molto grande) ma vanno collocati in un contenitore a parte, connettendoli ai motori e all'elettromandrino con appositi cavi elettrici di lunghezza adeguata.

REALIZZAZIONE DELLA MECCANICA

Bene, con questo crediamo di avervi reso appetibile questa CNC, quindi se avete deciso di realizzarla vi accompagniamo passo per passo, partendo dall'assemblaggio della meccanica. L'utilizzo di materiale plastico per il telaio agevola la realizzazione, in quanto è possibile fissare alcune parti per semplice incastro (cosa che viene fatta in fabbrica con i manicotti a ricirco-



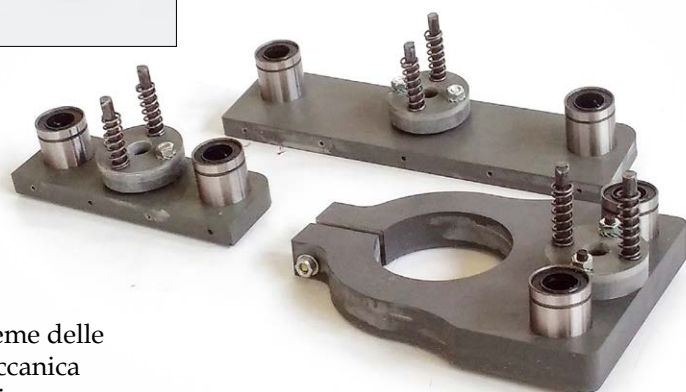
Fig. 2
I particolari dotati di bullone M8 con inserite le spine.

lo di sfere) o a viti.

La Fig. 1 mostra l'insieme delle parti costituenti la meccanica della CNC. Una volta in possesso del materiale, la prima cosa da fare è preparare i gruppi di accoppiamento con recupero del gioco, prendendo le 3 parti (piattelli) identificate in Fig. 1 con il numero 14 ed inserendo in ciascuna di esse due spine (aiutandosi con un martello) con la testa rivolta verso il dado M8, come visibile nella Fig. 2. Fatto ciò bisogna fissare sul particolare n° 19 uno dei piattelli così preparati, mediante due



Fig. 3
I gruppi di accoppiamento alle barre filettate provvisti di molle per il sistema di recupero del gioco.



viti M4x25 TCEI, 2 dadi M4 ed altrettante rondelle dentate M4. Lo stesso va fatto con i particolari n° 11 e n° 9, prestando attenzione al fatto che con quest'ultimo andranno utilizzate 2 viti M4x30 TCEI. Inserendo, poi, una molla in ciascuna spina, vi ritroverete la situazione di Fig. 3. Sulle spine andranno inseriti i particolari n° 15 sull'estremità delle spine, quindi avvitati con le barre filettate. Avvitare per un paio di centimetri quella più corta nel dado della testa portautensile (particolare n° 9) tenendo l'estremità più corta e non filettata della barra rivolta verso l'alto. Premete il particolare n° 15 sulle

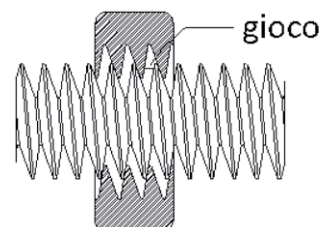


Fig. 4 - A lato, il sistema di recupero del gioco montato sulla testa portautensile e lubrificato con olio prima dell'installazione; sopra, esemplificazione del gioco.

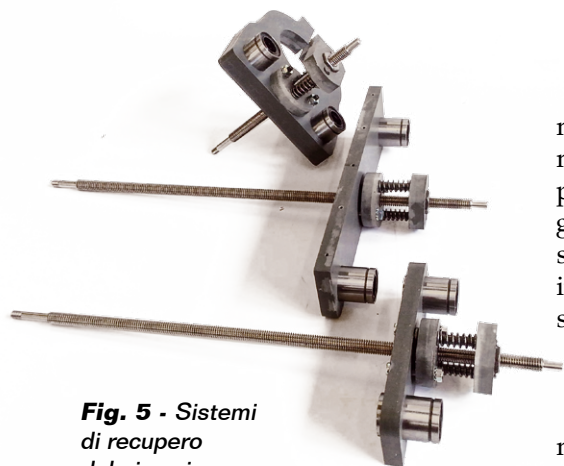


Fig. 5 - Sistemi di recupero del gioco in opera.

molle, in modo da far spuntare di circa 2 millimetri le spine, quindi continuare ad avvitare la barra filettata in modo da farla entrare anche nel secondo dado come visibile in foto. Le molle servono a eliminare il gioco (backlash) tra dado e barra filettata in modo da garantire un'attuazione estremamente precisa anche nei movimenti più ridotti.

Dopo aver inserito la barra filettata in entrambi i dadi bisogna verificare che possa ruotare senza eccessivo sforzo, onde evitare perdite di passi del relativo motore. Se necessario, ridurre la pressione esercitata sulle molle. Ora bisogna applicare dell'olio fine nei due dadi per migliorare lo scorrimento della barra (Fig. 4). Seguire la stessa procedura per inserire la barra filettata da 315 mm nel particolare n° 11 e quella da 305 mm nel particolare n° 19, così da arrivare alla situazione di Fig. 5, dove tutti e tre i siste-

mi di recupero del gioco sono montati. A questo punto si può passare a montare il gruppo guida e azionamento del piatto scorrevole che ospiterà il pezzo in lavorazione: si parte fissando sul profilo n° 5 (posteriore) un motore passo-passo con gli appositi bulloni M3x12 e quindi di due tondini rettificati da 305 mm mediante 2 viti M6x20 TCEI, ma senza stringerle a fondo in modo da consentire il successivo allineamento. Montate sul perno del motore un giunto fissandolo provvisoriamente con un grano per non farlo muovere, poi infilate i manicotti montati sul particolare n° 18 nelle barre rettifiche orientando come in Fig. 6 dopo aver oliato (col solito olio fine) l'interno dei manicotti in corrispondenza delle micro-sfere. Notate che tutti i manicotti della CNC devono essere oliati prima di essere infilati sui tondini rettificati, così da agevolarne lo scorrimento. Aggiungete il particolare n° 19 orientandolo come visibile in Fig. 6 e proseguite fissando lateralmente al profilo n° 5 le due fiancate n° 2 (con le asole orientate verso il motore) utilizzando le apposite viti ma senza stringerle a fondo, quindi infilandole sull'estremità della barra filettata un cuscinetto e applicando il lato opposto (particolare n° 4) con il cuscinetto (in cui verrà inserita l'estremità della barra filettata) rivolto verso l'esterno.



Fig. 6 - Complesso guida carrello quasi montato.



Fig. 7 - La base del telaio assemblata.



Fig. 8 - Base con piatto montato.

Avvitare le viti senza stringerle a fondo e poi, con il telaio appoggiato su una superficie piana, allineate tutte le relative parti quindi stringere gradualmente a fondo tutte le viti di fissaggio.

Ora dovete allineare le estremità delle due barre rettifiche con i fori del profilo frontale quindi inserire 2 viti M6x20 TCEI. Fissate definitivamente le barre rettifiche stringendo gradualmente le relative viti, così da arrivare alla situazione di Fig. 7.

Non vi resta che stringere il dado M5 della barra filettata pinzando quest'ultima (interponendo un foglietto di gomma per non rovinarla) e avvitando l'estremità dal lato esterno; nel serrare quest'ultimo stringete finché non sentite che il cuscinetto si sta bloccando, quindi allentate per lasciarlo libero di ruotare, altrimenti risulterà inutile.

Appoggiate ora il piano n° 3 (con le cave rivolte verso il basso) sui profili n° 18 e 19 che compongo-

no il carrello dell'asse X, allineate i fori del piano con quelli presenti sui profili del carrello, quindi fissare il tutto mediante 10 viti autofilettanti 2,8x18: la base completa di piatto è pronta.

Passiamo adesso all'assemblaggio dei montanti che sosterranno la testa portautensile: prendete il particolare n° 6 ed applicate le due barre rettificate da 305mm mediante 2 viti M6x20 TCEI, che dovranno essere puntate a mano, quindi applicare il particolare n° 12 facendone calzare i manicotti montati sulle barre rettificate, rispettando l'orientamento mostrato in Fig. 9. Applicare sulle barre anche il particolare n° 11 completo di chiocciola (oliare i manicotti) orientandolo in modo che i fori di fissaggio delle piastre siano rivolti dallo stesso lato. Infilate un cuscinetto sull'estremità della barra filettata e, a questo punto, prendete l'altro montante e serratelo con le viti in dotazione (sui tondini rettificati), dopo aver fatto entrare la testa della barra filettata nell'apposito foro; ricordate di stringere il dado della barra filettata (col solito accorgimento di stringere la barra con la pinza interponendo della gomma) quanto basta a lasciare libero di girare il cuscinetto. Avete così preparato il montante con la sua meccanica.

Infilate un giunto sul perno di un motore passo-passo e fissatelo (mediante i 2 grani) a 7 mm di

distanza dal corpo del motore stesso, quindi montate il motore sulla spalla destra mediante 4 viti M3x20 TCEI, ciascuna completa di rondella piana 3x6, orientando il relativo connettore verso la base della spalla (lato più largo) come visibile in Fig. 10. Stringete quindi la spalla mediante le viti in dotazione.

Adesso fissate la piastra n° 1 sul lato posteriore delle spalle utilizzando quattro viti autofilettanti 2,8x24, quindi la piastra n° 8 sul carrello dell'asse Y mediante 8 viti autofilettanti 2,8x18, orientando verso il basso il lato corto con i fori più ravvicinati al bordo, come visibile in Fig. 11.

Ora potete assemblare il complesso che sosterrà la testa portautensile ed il relativo meccanismo di movimentazione dell'asse Z; per prima cosa applicate al particolare n° 16 l'ultimo motore passo-passo e stringetegli sull'albero il giunto in alluminio. Successivamente far scorrere i manicotti montati sul particolare n° 10 (dopo averli oliati) sulle barre rettificate, orientando l'elemento come mostrato in Fig. 12,



Fig. 9 - Il blocco di movimentazione sull'asse Y della testa portautensile.

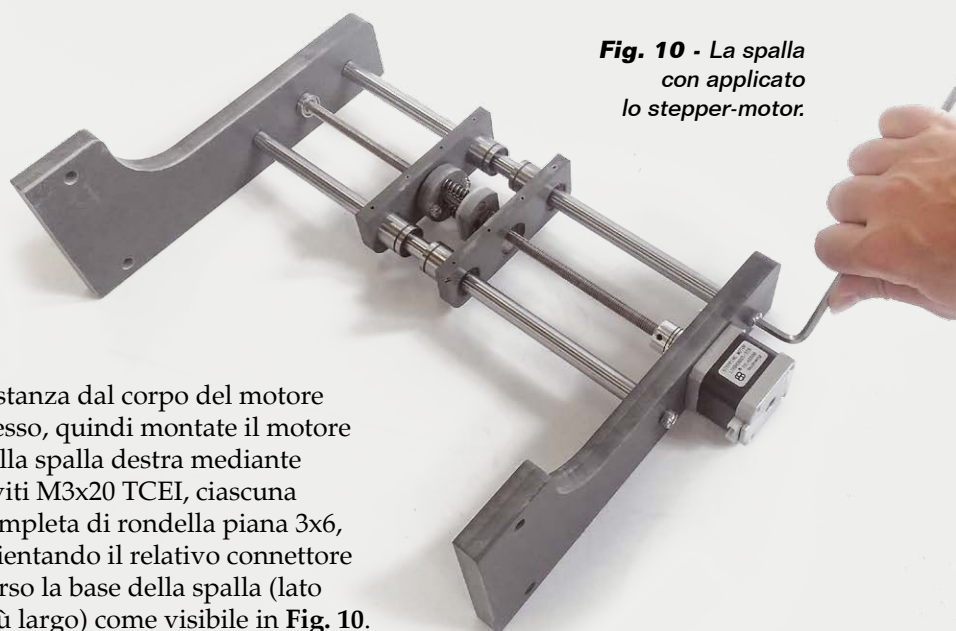


Fig. 10 - La spalla con applicato lo stepper-motor.



Fig. 11 - Il supporto per la testa portautensile.

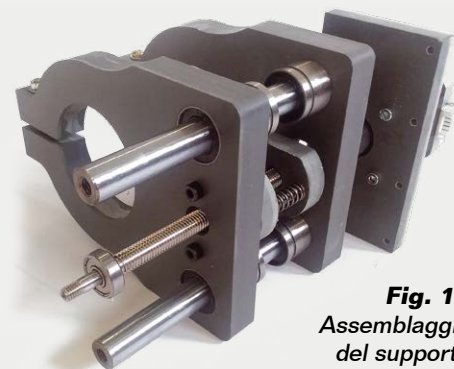
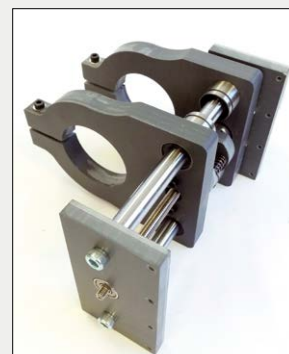


Fig. 12
Assemblaggio del supporto per l'elettromandrino.

Fig. 13
Blocco di sostegno dell'elettromandrino assemblato.



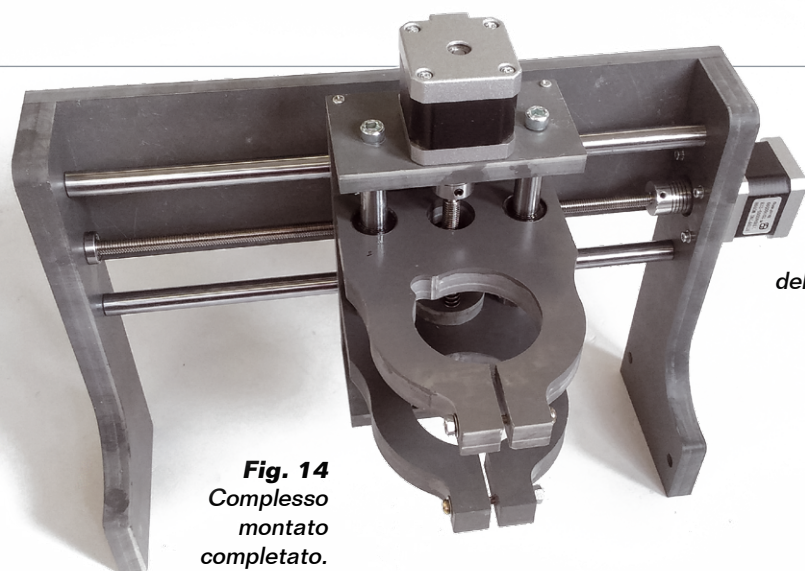


Fig. 14
Complesso
montato
completato.

dove si vede l'insieme ottenuto aggiungendo il particolare n° 9 e l'ultimo cuscinetto sulla barra filettata. Applicate la piastra n° 17 alle barre rettificata mediante viti M6x20 TCEI rivolgendo il cuscinetto verso l'esterno e i quattro fori dallo stesso lato di quelli presenti sulla piastra moto-

Fig. 16
I componenti
dell'elettromandrino.



Fig. 15
La meccanica
pronta, priva
dell'elettromandrino.

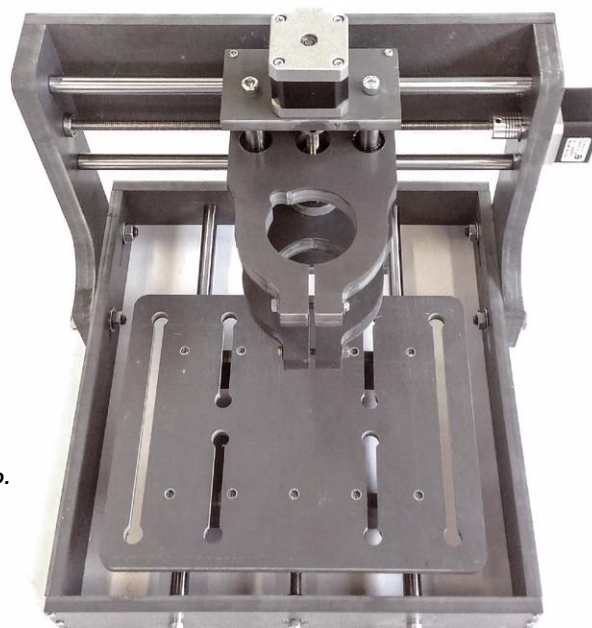


Fig. 17 - L'autocentrante montato.



Fig. 18 - Serraggio dell'elettromandrino.

re, ottenendo l'insieme in **Fig. 13**, che applicherete poi alla piastra mostrata in **Fig. 11**. Otterrete così la situazione di **Fig. 14**, ovvero il complesso montante che dovrete applicare alla parte inferiore della macchina mediante le apposite viti. Collocate il montante sulla base del telaio e fissatelo nella posizione più arretrata con 4 viti M8x35 TE complete di 2 rondelle piane 8x16 e dado M8, in posizione tale da mantenere le spalle equidistanti dal fondo della base: con questa operazione avete completato la meccanica della vostra CNC (**Fig. 15**).

Non vi resta che assemblare l'elettromandrino presente nel kit oppure scegliere di montare un elettrotensile differente, purché dotato di "collo" di fissaggio tondo da 52 mm di diametro. Se utilizzate quello del kit, togliete dalla scatola la pinza autocentrante, innestate la pinza

autocentrante nell'apposita cava ricavata nella ghiera di serraggio del mandrino (collocatela con la parte riportante la cava verso il coperchio a vite) quindi stringete la ghiera stessa fino ad ottenere la situazione in **Fig. 17**. Posizionate l'elettromandrino nel collare della testa portautensile e serratelo con le apposite viti; completate il piatto con le staffe posizionate del pezzo.

CABLAGGIO DELLA PARTE ELETTRICA ED ELETTRONICA

Completata la meccanica, bisogna passare al cablaggio, la cui prima operazione consiste nell'inserire nel connettore di ciascun motore stepper il relativo cavetto di collegamento, da auto-costruire, che riporta a ciascuna estremità un connettore: uno per il motore e l'altro per la scheda controller 3 assi. I connettori sono tipo AMP MODU I o morsettiere

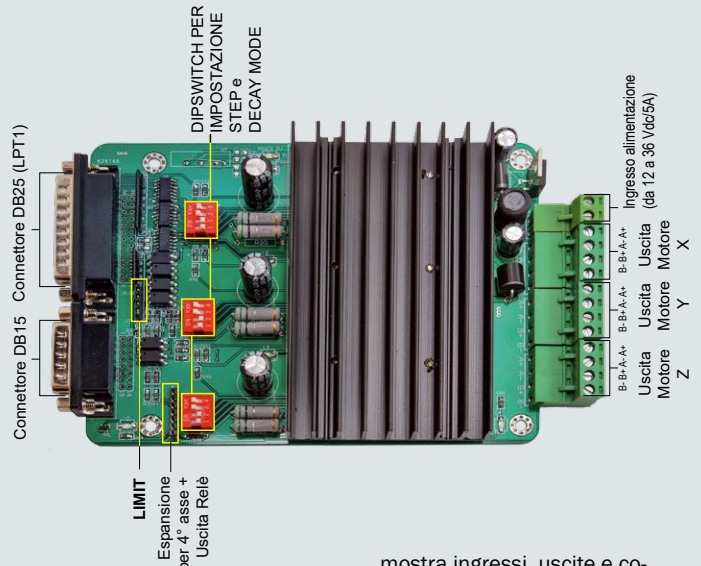
La scheda controller

Basata sul chip TB6560AHQ della Toshiba, la scheda controller è in grado di gestire fino a 3 motori passo-passo bipolari con corrente massima di 3,5 A, compatibile con i software Mach 3, Emc2, Kcam e tutti i sistemi su porta parallela. Le caratteristiche principali sono:

- possibilità di selezionare 4 modalità di controllo motore (passo intero, 1/2 passo, 1/8 di passo e 1/16 di passo) e Decay Mode;
- ingressi e uscite della parallela optoisolati;
- uscita relè per collegamento elettromandrino;
- gestione finecorsa, home ed E-Stop;
- uscita 4° asse opzionale;
- alimentazione da 12 a 36 Vdc - 5 A
- dimensioni 175 x 115 x 20 mm.

La scheda viene fornita completa di relé esterno per

Pin DB25 maschio	Funzione del pin
1	STEP A
2	STEP X
3	DIR X
4	STEP Y
5	DIR Y
6	STEP Z
7	DIR Z
8	Non collegato
9	Non collegato
10	LIMIT - 1
11	LIMIT - 2
12	LIMIT - 3
13	LIMIT - 4
14	DIR A
15	E-STOP
16	EN (enable) ALL AXIS
17	RLY (controllo relé)
18-25	GND



l'attivazione dell'elettromandrino (con cavetto a 2 fili), cavo parallelo per il collegamento al PC. La tabella in questo riquadro riporta le connessioni della parallela. L'immagine sopra

mostra ingressi, uscite e comandi da dip-switch; infatti la scheda può essere configurata per meglio adattarsi alle esigenze operative. I tre controller supportano diverse modalità di collegamento dei motori, ma qui utilizziamo quella a 4 fili, per stepper bipolare.

terminanti con tale attacco. Per il cablaggio attenetevi alla Fig. 21, che illustra le connessioni di tutti gli elementi della macchina CNC. L'ingresso 220 Vca dell'alimentatore e il primario del trasformatore devono essere alimentati in parallelo tramite un cordone di alimentazione terminante con spina di rete. L'elettromandrino va alimentato facendo passare il positivo della linea di alimentazione uscente dal ponte raddrizzatore dallo scambio del relé, la cui bobina sarà pilotata dall'apposita coppia di pin evidenziati dal cerchio giallo nella Fig. 21.

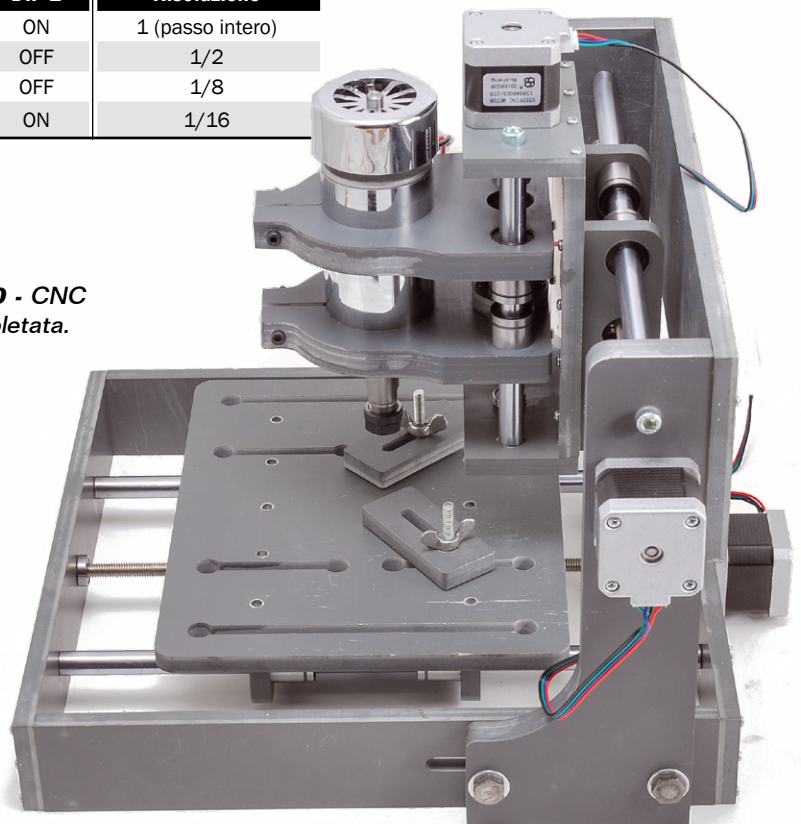


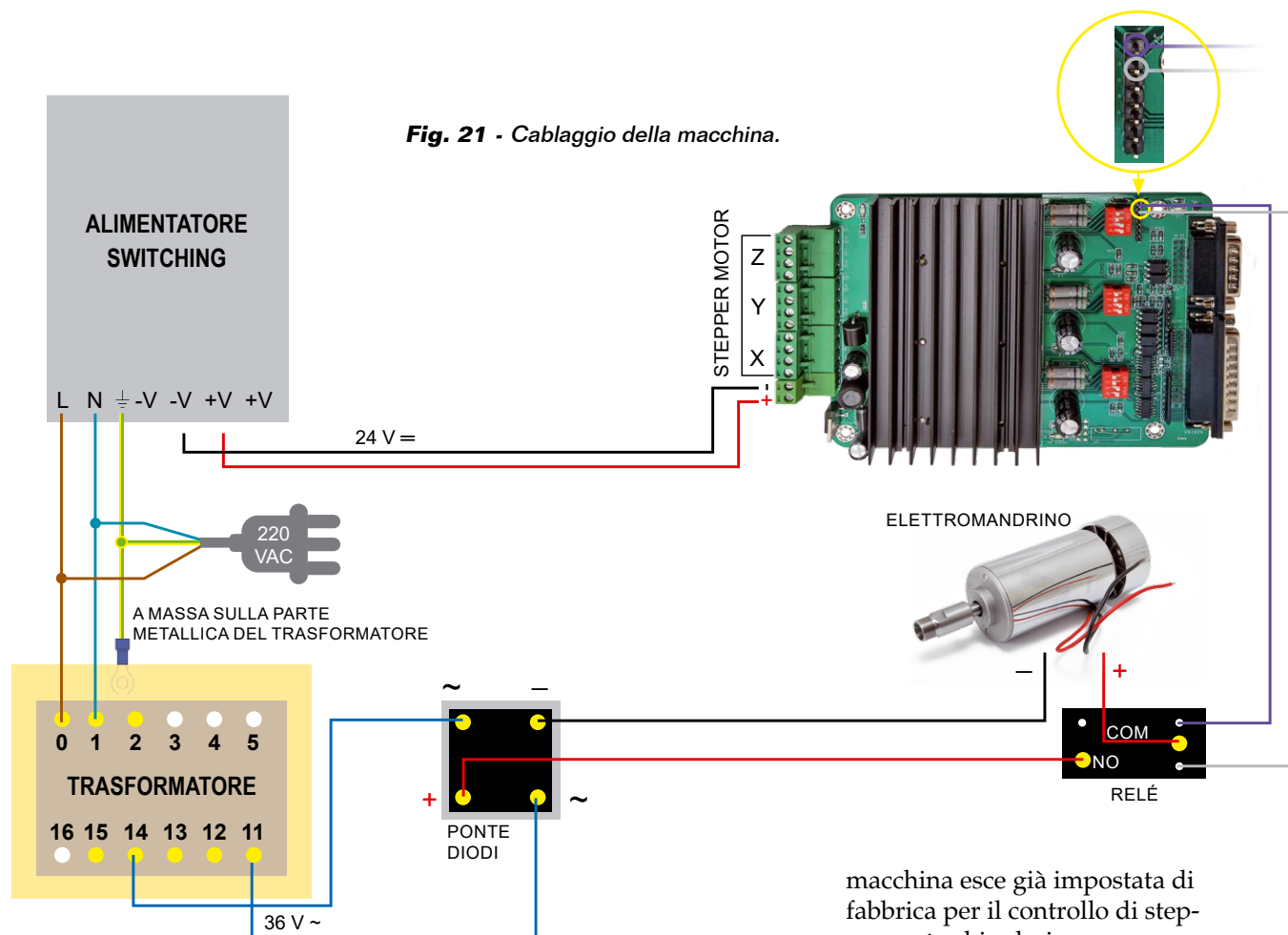
Fig. 19 - Staffe del piatto.

Tabella 1 - Impostazioni microstep

DIP 1	DIP 2	Risoluzione
ON	ON	1 (passo intero)
ON	OFF	1/2
OFF	OFF	1/8
OFF	ON	1/16

Fig. 20 - CNC Completata.





La Fig. 22 mostra la macchina completa di connessioni elettriche, i cui cavi passano tutti dietro per non essere d'intralcio. L'elettronica e le alimentazioni vanno tutte collocate distanti dalla CNC (scegliete di conseguenza la lunghezza dei cavetti) e protette per evitare che vengano raggiunte dai trucioli e sfridi prodotti in caso di lavorazioni su metalli, che causerebbero pericolosi cortocircuiti e metterebbero fuori uso in breve tempo l'elettronica o il DC/DC.

La scheda controller 3 assi per la

macchina esce già impostata di fabbrica per il controllo di stepper motor bipolari, comunque potete modificare le impostazioni a vostro piacimento mediante una serie di dip-switch per ciascuno dei tre driver.

Vediamo per prima l'impostazione dell'eventuale modalità microstep: tramite i DIP 1 e 2 è possibile impostare la risoluzione dei motori (passo intero, 1/2 passo, 1/8

Tabella 2 - Impostazioni decay.

DIP 3	DIP 4	Impostazione Decay
ON	ON	FAST
ON	OFF	25%
OFF	ON	50%
OFF	OFF	SLOW



Fig. 22 - Connessioni elettriche.

passo e 1/16 passo) come indicato nella **Tabella 1**, per far avanzare i motori degli assi di frazioni di passo in corrispondenza di ciascun impulso proveniente dal computer su STEP.

L'impostazione Decay (**Tabella 2**) riguarda il fronte di discesa degli impulsi di pilotaggio dei motori, che può essere più o meno ripido a seconda del comportamento atteso; tramite i DIP 3 e 4 è possibile programmare i modi FAST, 25%, 50%, Slow. L'impostazione Slow corrisponde a un decadimento lento della tensione, mentre "FAST" coincide con un decadimento rapido (funzionamento normale). Con fronti ripidi il motore non ha inerzia ma se deve effettuare frequenti arresti e ripartenze tale impostazione va abbandonata a favore di un decay lento (Slow o 50%).

Il relé per l'alimentazione dell'elettromandrino viene comandato in modo on/off dall'apposita uscita della scheda dietro comando impartito dal software di controllo (Mach3, per esempio) della macchina. Sempre in tema di elettromandrino, notate che la sua alimentazione non è regolata, perciò è normale che sotto carico (cioè quando la fresa è a contatto con il pezzo da lavorare e il motore sforza) scenda a poco più di 40 volt.

UTILIZZO CON MACH 3

Per il corretto utilizzo della scheda controller 3 assi con il software Mach3 è necessario effettuare le impostazioni di seguito indicate (**Fig. 23**).

- Aprire Mach3 e selezionare "Port and Pins" dal menu Config.
- Selezionare Port#1; l'address della porta parallela 1 deve essere 0x378.
- Impostare 25000Hz nel riquadro Kernel Speed. Con sistemi

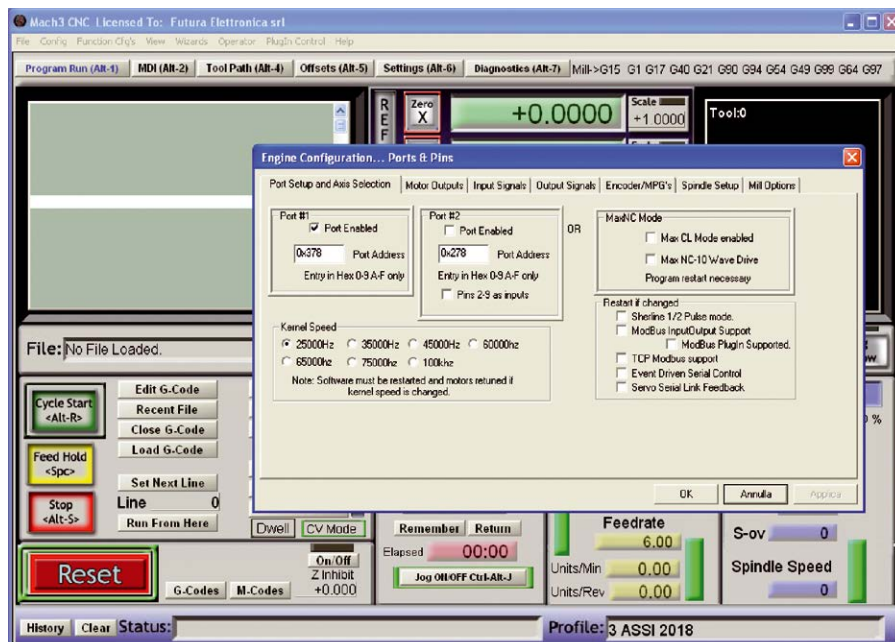


Fig. 23 - Impostazioni motori.

più performanti selezionare un valore superiore (questo valore influisce sulla velocità massima di rotazione dei motori).

Passare alla scheda "Motor Outputs" (**Fig. 24**).

- Attivare il segnale di comando relativo agli assi X, Y e Z (Enabled) cliccando nella relativa

casella. Il segno di spunta verde indica la condizione "attivo".

- Riportare nella casella "Step Pin#" di ciascun asse il numero del pin corrispondente della porta parallela (X=2; Y=4; Z=6).
- Riportare nella casella "Dir Pin#" di ciascun asse il nu-

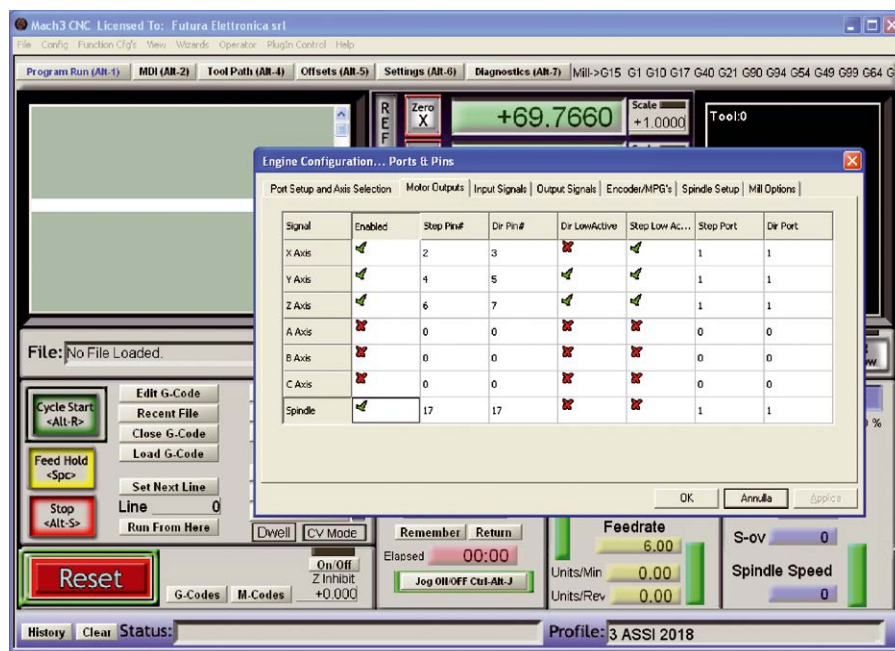


Fig. 24 - Scheda Motor Outputs.

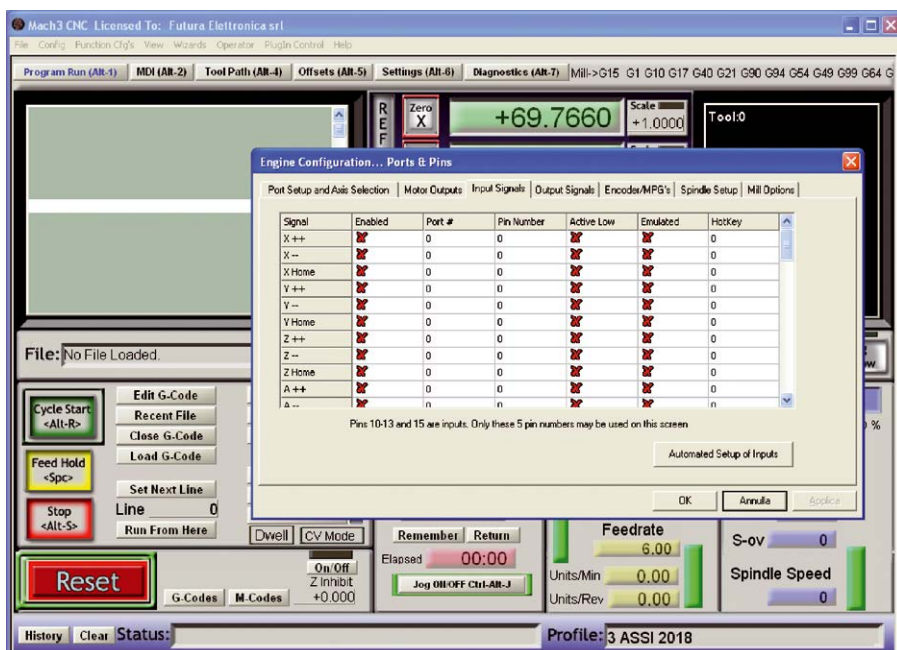


Fig. 25 - Scheda Input Signals.

mero del pin corrispondente della porta parallela (X=3; Y=5; Z=7).

- Inserire il numero "1" nelle caselle "Step Port" e Dir Port" di ciascun asse.

Passare alla scheda "Input Signals" (Fig. 25) e:

- attivare il limite X++, X--, X Home, Y++ ecc... in funzione dei microswitch realmente installati sulla propria macchina e collegati al connettore LIMIT (a 5 poli) della scheda;
- impostare "1" nelle relative caselle "Port#" riportando il

numero di PIN corrispondente, rilevabile dalla tabella dei pin della porta parallela LPT1 riportata nel riquadro due pagine indietro;

- spuntare "Active Low" solo se lo switch del corrispondente limite chiude verso massa (GND) quando viene azionato;
- Se utilizzate il pulsante d'emergenza, spuntare la voce EStop, impostare "1" nella casella "Port#" e specificare il Pin Number "17"; anche in questo caso spuntare "Active Low" solo se lo switch del pulsante d'emergenza chiude verso massa (GND) quando viene azionato.

Passare alla scheda "Output Signals" (Fig. 26), nella quale bisogna operare come di seguito.

- Attivare Digit Trig, Enable1, Enable2, Enable3 e Output#1 cliccando nella relativa casella. Il segno di spunta verde indica la condizione "attivo".
- Impostare "1" nelle relative caselle "Port#".
- Specificare il Pin Number assegnato a ciascuna voce (16 per Digit Trig, 16 per Enable1, 16 per Enable2, 16 per Enable3 e 17 per Output#1).
- Terminare le configurazioni, fare clic sul pulsante OK.

CONFIGURAZIONE PARAMETRI DEI MOTORI

Passiamo adesso alla configurazione dei parametri di funzionamento dei motori, la cui procedura è la seguente.

- Selezionare "Motor Tuning" dal menu Config.
- Fare clic sul pulsante "X Axis" a destra quindi impostare i seguenti parametri:
 - "Steps per" (valore passi per mm; dipende dall'impostazione microstep adottata e dal tipo di accoppiamento

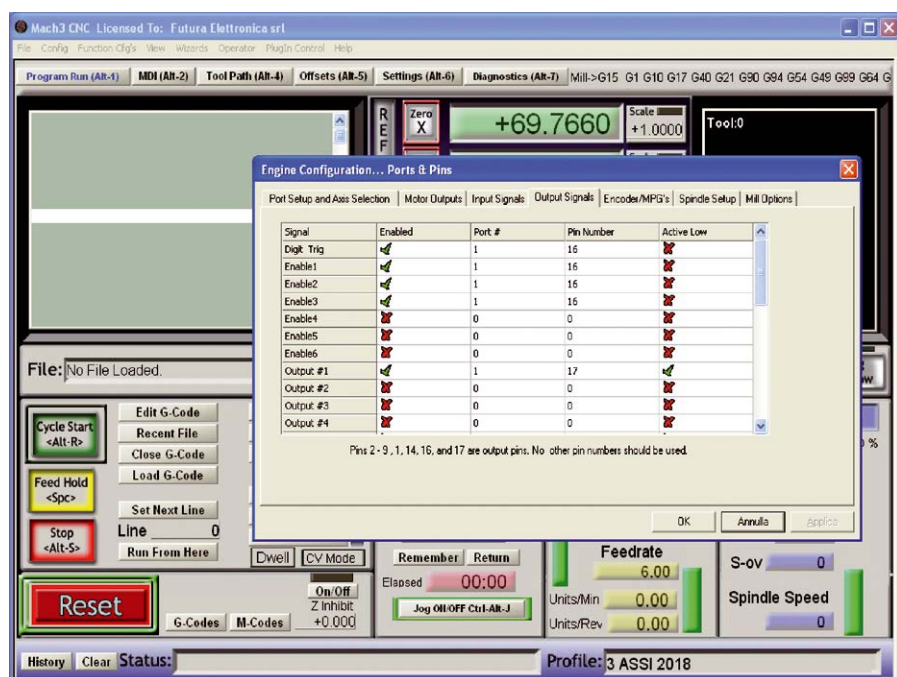


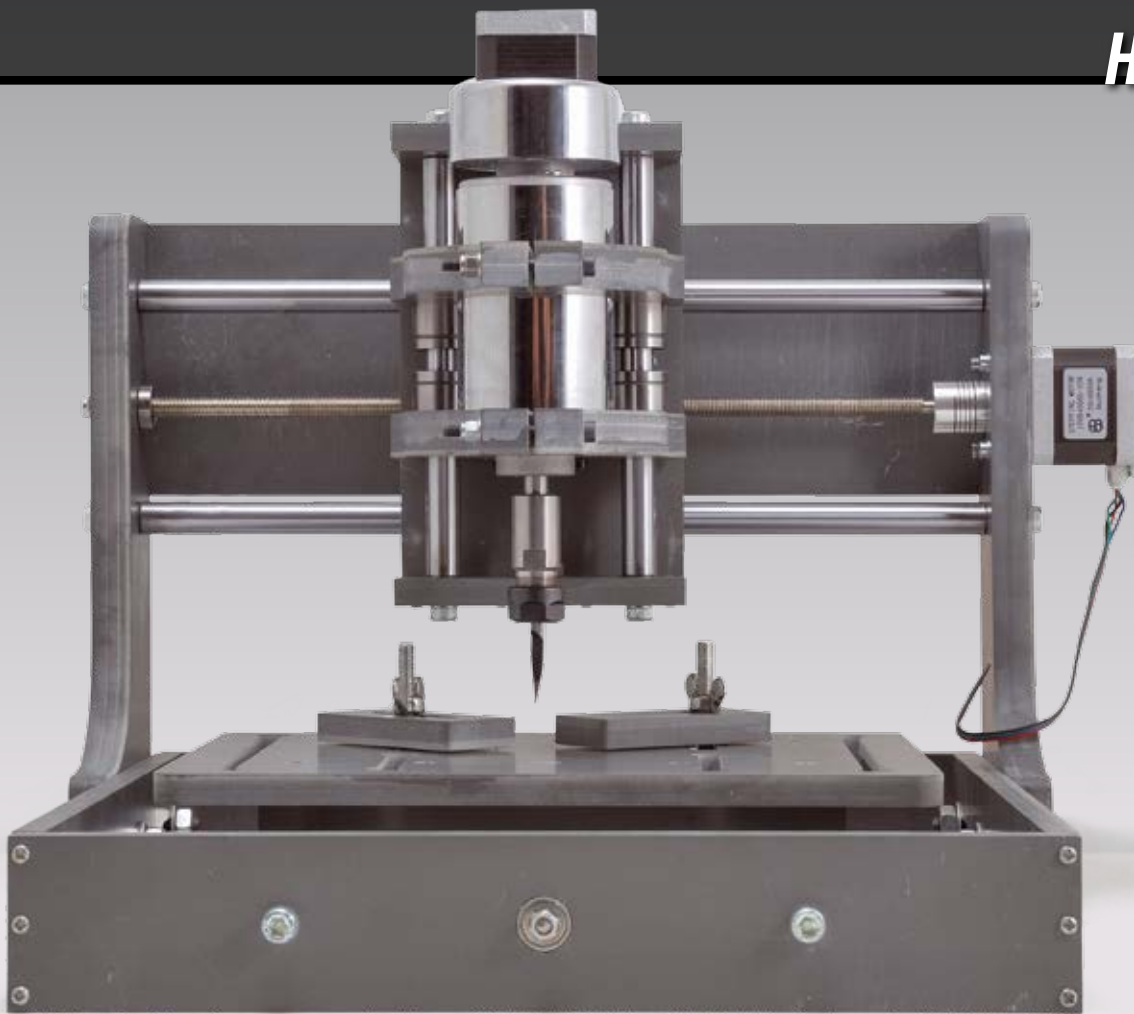
Fig. 26 - Scheda Output Signals.

Mensile di elettronica applicata, attualità scientifica, novità tecnologiche.

Elettronica In

www.elettronica.in.it

oltre l'elettronica

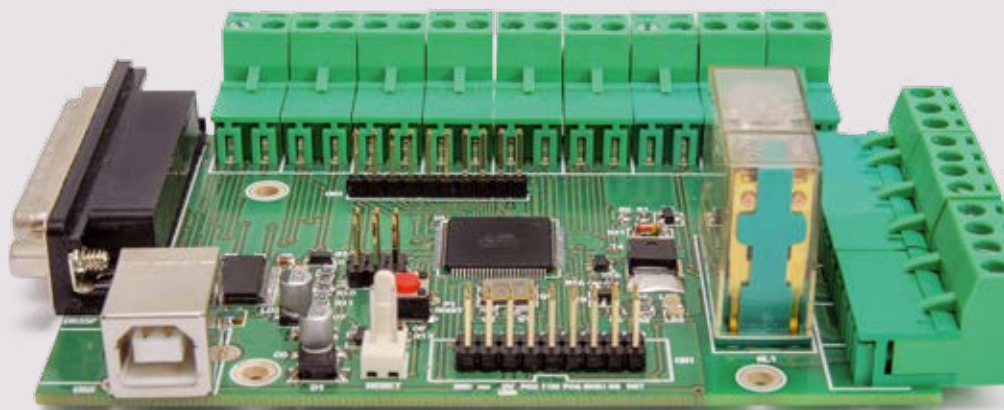


Stampiamo i PCB con la nostra CNC, equipaggiata stavolta con un controller che si connette al PC tramite USB, preleva i segnali di controllo e rigenera gli impulsi correttamente temporizzati simulando la porta parallela. Prima puntata.

CONTROLLER PER CNC SU USB

di BORIS LANDONI e GABRIELE DAGHETTA

Nel fascicolo di novembre avete avuto modo di conoscere e valutare la nostra nuova fresa CNC dotata di elettromandrino a 9.000 giri, disponibile in kit di montaggio e dotata di telaio in PVC compatto; questa macchina, che si distingue per l'ottimo rapporto qualità/prezzo, come si addice a una CNC per uso hobbistico, è stata pensata principalmente per incidere targhette (tipo cassetta della posta, citofono, porta) e partico-



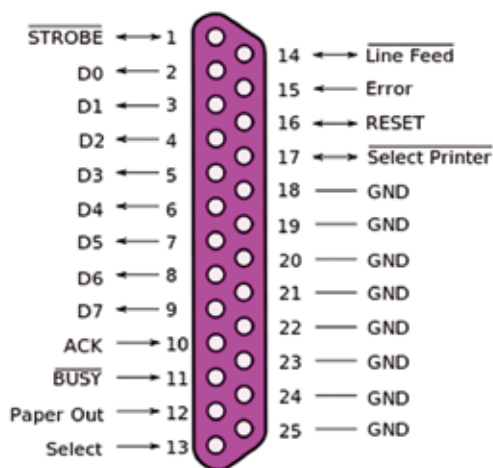


Fig. 1 - Piedinatura della porta LPT bidirezionale.

lari in plastica (anche in POM, tra cui il Delrin); poi sicuramente ci si lavora il legno e, ma senza esagerare, ci si può incidere (ma a bassa profondità) targhette in alluminio. In questo articolo vi facciamo vedere come impiegarla per incidere i circuiti stampati utilizzando, però, un software open source per il controllo e una raffinata soluzione hardware che ci consente di gestirla via USB da PC che non dispongono della parallela.

Come la gran parte delle CNC, anche la nostra (presentata nel fascicolo n° 210) dispone di una scheda di controllo dei tre assi interfacciata su porta parallela, per poter essere pilotata con software tipo Mach 3, che converte il G-code in impulsi prodotti direttamente sulla parallela. Siccome molti PC desktop e tutti i portatili non hanno più la parallela, abbiamo pensato a una soluzione che vi descriveremo in queste pagine, che consente il pilotaggio direttamente da USB, quindi con tutti i computer moderni. Si tratta di un'apposita scheda che abbiamo realizzato perché per gestire la CNC da USB non è sufficiente utilizzare un convertitore USB/parallelo tradizionale; infatti, siccome i dati verrebbero

inviati su una LPT virtuale e in forma seriale (visto che l'USB è seriale), sarebbero poi ricostituiti in forma parallela con un certo ritardo, o peggio, con ritardi non uguali tra i bit, il che porterebbe ad avere sui tre assi movimenti non perfettamente sincronizzati e quindi errori nella lavorazione del pezzo.

La nostra proposta è invece un hardware che, partendo dalla USB e sfruttando software open-source, permette di ricostruire sulla macchina gli impulsi di comando per la scheda di controllo della CNC. Consente quindi di mantenere l'elettronica originale aggiungendo un hardware che è qualcosa più di una semplice interfaccia.

IL SISTEMA

Per comprendere l'utilità dell'interfaccia, va detto che nelle comuni CNC su porta LPT il comando viene impartito dal software di lavorazione (ad esempio Mach 3) che partendo dal file in linguaggio G-code ricava e manda direttamente sulle linee della parallela impulsi per far avanzare i rispettivi assi di un certo numero di step/mm; in pratica Mach 3 esegue il G-code ed emette impulsi specifici per i motori, uno per pin della parallela, sincronizzati e coerenti temporalmente tra loro.

Se si tentasse di comunicare via USB con un convertitore, come abbiamo detto poco fa si potrebbero verificare, a causa della latenza, problemi di sincronizzazione tra impulsi (perché Mach 3 comanda attraverso i pin della parallela i motori e le loro linee da driver) e coerenza temporale, perciò è sconsigliabile usare un adattatore USB/parallelo.

Noi abbiamo aggirato il problema realizzando qualcosa che in realtà è un sottosistema

interprete dei comandi inviati dal software di controllo della CNC: una scheda che si collega da un lato all'USB e dall'altro, tramite un connettore DB-25, alla parallela della scheda controller 3 assi della CNC e che interpreta i comandi ricevuti, li estrae dalle stringhe seriali in arrivo sull'USB e ricostruisce i comandi su una connessione parallela, riassegnando loro le giuste temporizzazioni e la coerenza temporale con gli impulsi di tutte le linee di comando.

La ricostruzione su parallela degli impulsi di comando a partire dai comandi ricevuti su USB è effettuata da un microcontrollore ATmega2560 interfacciato a un converter USB/TTL; nel microcontrollore abbiamo caricato il firmware grbl, grazie al quale la nostra scheda riceve da USB le coordinate di G-Code e localmente genera gli impulsi sulla propria parallela, che pilota il controller originale della stampante. Per come funziona il firmware da noi scelto, non possiamo usare Mach 3, ma solo software che vadano su USB, come ad esempio grblControl, che invia dati sulle coordinate nel formato che la nostra scheda legge.

SCHEMA ELETTRICO

Diamo dunque uno sguardo allo schema elettrico della scheda, che è incentrato sul microcontrollore U1, ossia lo stesso ATmega 2560 che troviamo nelle schede Arduino Mega e Fishino Mega; il micro all'avvio (dopo il power-on-reset) inizializza le linee PE0 e PE1 rispettivamente come ingresso e uscita dei dati scambiati sull'USB tramite il converter U3, mentre PL0, PB6, PB5, PB4, PH4, PH5, PA7, PA6, PA5, PA4, PA3, PA2, PE4, PE5, PK0, PB7, PH3 vengono assegnate alla parallela "ricostruita" con la quale si

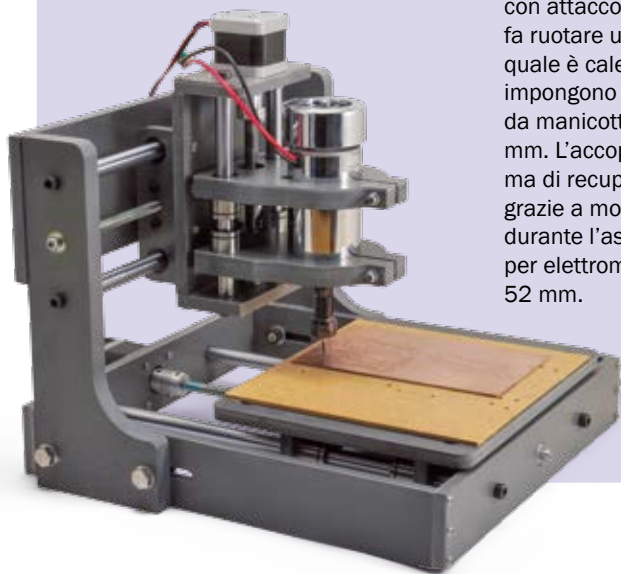
La CNC in breve

La nostra piccola macchina utensile a controllo numerico è composta da una meccanica molto robusta e precisa, da un telaio che la sorregge (che consente dimensioni utili di lavoro di ben 200x180x60 mm) da un elettromandrino e da una scheda elettronica che governa il tutto; le alimentazioni vengono fornite da un alimentatore switching per la scheda (e quindi i motori) e da un trasformatore seguito da un ponte di Graetz per l'elettromandrino (tensione, quindi, non regolata). La scheda, alimentata dall'apposito alimentatore c.a./c.c. switching comanda i tre motori passo-passo tipo NEMA17 (200 step/giro) e con un relé accende e spegne l'elettromandrino su comando del programma che gira nel PC. Ognuno dei tre canali driver per stepper-motor supporta il micro-

step, il che consente di far avanzare il rispettivo motore, al sopraggiungere di un impulso sulla linea STEP corrispondente, di 1/2, 1/8 o 1/6 di giro, riducendo così la velocità minima di rotazione.

Considerata la risoluzione del motore, ciò significa poter far avanzare il rispettivo asse di 400, 1.600 o 3.200 step per giro.

La meccanica, particolarmente semplice ma al contempo robusta, consta di pareti laterali (fianchi) e posteriori sulle quali si applicano il piatto dove prenderà posto il pezzo da lavorare e i tondini rettificati (da 12 mm di diametro) che fanno da guida alla testa che sostiene e muove l'elettromandrino. Il movimento di quest'ultimo è su 2 assi, X (laterale) e Z (verticale) ciascuno motorizzato tramite uno stepper motor che, mediante un giunto in alluminio con attacco per albero motore Ø5 mm, fa ruotare una vite senza fine nella quale è calettata una delle staffe che impongono il movimento, consentito da manicotti a ricircolo di sfere da 12 mm. L'accoppiamento utilizza un sistema di recupero automatico del gioco grazie a molle di precarico, da tarare durante l'assemblaggio. Il supporto per elettromandrino ha il diametro da 52 mm.



comunica con la scheda controller della CNC. Dato che si tratta di una parallela bidirezionale, alcune linee sono inizializzate come I/O e altre come output; più precisamente, tutte le linee corrispondenti a EN, DIR, STEP, RL, sono output (perché mandano gli impulsi di comando ai driver della scheda 3-assi (la controller di bordo della nostra CNC), mentre LIM1, LIM2, LIM3 e LIM4 sono input, in quanto servono a leggere gli eventuali finecorsa che è possibile applica-

re alla macchina.

La **Fig. 1** aiuta a capire quali sono le linee bidirezionali I/O e quali quelle di input (segnali di stato della stampante).

Invece le linee SS, PH0, PH1, PA1, PL3, PL4, PL5, PC0, PC2, PC4, PC6, PF2÷PF7 e AREF sono attualmente libere e disponibili per futuri sviluppi ed evoluzioni che vorrete apportare al firmware; allo scopo le abbiamo riportate sui connettori CN1 e CN2.

La linea PK1 è assegnata al FEEDH, mentre la PK2 al CY-

ST: sono entrambe inizializzate dal firmware come ingressi con assegnato il resistore di pull-up e servono per gestire la sospensione del ciclo. In pratica bisogna collegargli dei pulsanti normalmente aperti terminanti a massa; premendo quello collegato a FEEDH si mette in pausa la lavorazione in corso, nel senso che viene eseguita solo la serie di comandi rimasta nel buffer del microcontrollore, dopodiché il sistema va in pausa, si arrestano gli stepper-motor e si attende il comando di ripresa. Il carrello e la testa portautensile rimangono nella posizione in cui erano al momento dell'esecuzione dell'ultimo comando presente nel buffer.

Per riprendere il ciclo si deve premere il pulsante collegato a CY-ST, che funziona come un comando "riprendi": il software di controllo della macchina, se predisposto a riconoscerlo, lo riceve e lo esegue, riprendendo l'invio dei dati sulla parallela virtuale assegnata all'USB.

ESTOP invece è inizializzato come un input, sempre con assegnato il pull-up interno, e va collegato ad un eventuale pulsante rosso di STOP di emergenza; in questo caso, quando è stato premuto viene disabilitata l'uscita del relé, quella PWM SPIN (allo scopo di arrestare l'elettromandrino) e la nostra scheda comunica al programma utilizzato per la gestione della CNC la condizione di arresto, che richiede il riavvio manuale della lavorazione, la quale può riprendere dall'inizio o dal punto di arresto forzato (in quest'ultimo caso bisogna sincerarsi che la posizione da cui si riprende sia corretta, altrimenti il pezzo verrà sbagliato).

La linea PH6 dell'ATmega è inizializzata da firmware come uscita con assegnato un modulo

PWM interno e serve se vogliamo controllare direttamente la velocità di rotazione dell'albero dell'elettromandrino: infatti gli impulsi che essa emette controllano, opportunamente bufferizzati dalla porta logica NOT U2 e amplificati in corrente dal transistor NPN T3 (montato a emettitore comune e utilizzato da interruttore statico) il gate del MOSFET di potenza T4, al cui drain fa capo l'uscita PWM SPIN per il comando dell'elettromandrino (che andrebbe quindi collegato tra essa e il positivo di uscita dell'alimentatore). In tal caso occorre unire la massa dell'alimentatore dell'elettromandrino con quella della scheda, il più vicino possibile al source del MOSFET, dato che questo funziona da interruttore statico e commuta gli impulsi di corrente PWM sul motore.

Alla linea PE3 è assegnato l'output per il segnale del controllo di

direzione, utile nel caso desideriate pilotare il motore dell'elettromandrino attraverso un ponte a MOSFET che permetta l'inversione del flusso di corrente.

Se volete il controllo tradizionale (per intendersi, quello on/off che implementa l'attuale scheda controller 3-assi della CNC), la linea PH3 pilota il transistor NPN T2, il cui collettore alimenta il solito relé con il quale si commuta la linea di alimentazione dell'alimentatore a 48Vcc sull'elettromandrino (vedere la Fig. 2).

Notate che in questo progetto il controllo del relé di alimentazione dell'elettromandrino non avviene ad opera dell'uscita posta sulla scheda controller 3-assi della CNC, ma viene "sbrigato" on-board, allo scopo di poter implementare anche il controllo proporzionale da PWM.

Quanto ai finecorsa, va aperta una parentesi: la CNC di base non ha alcun finecorsa, quindi

l'azzeramento delle posizioni sui tre assi (X, Y, Z) va eseguito manualmente ordinando al programma di controllo di eseguire tot passi fino a raggiungere la posizione che consideriamo lo zero. Ad ogni lavorazione la macchina parte dalla posizione attuale della testa portautensile e del piatto, perché impartisce coordinate di spostamento relative ad essa. Se volete avere a disposizione dei riferimenti, come ad esempio la posizione Home, dovete montare (in aggiunta all'hardware esistente) dei microswitch a levetta in modo che rilevino detta posizione per ciascun asse; tali microswitch vanno fissati in modo che la loro levetta venga premuta quando la rispettiva parte scorrevole della meccanica è in posizione tale da corrispondere alla posizione di home. Notate che nell'interfaccia utente di grblControl (il software che utilizzeremo per gestire la CNC)

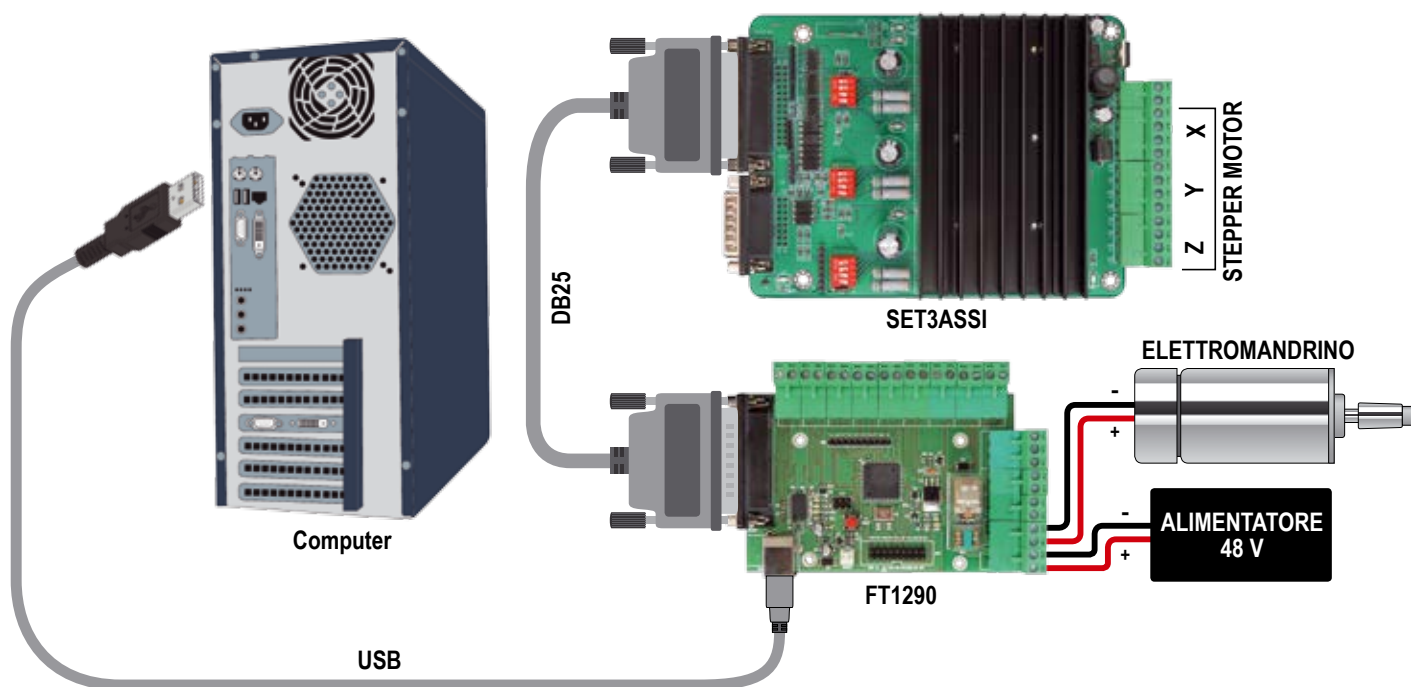


Fig. 2 - Cablaggio della scheda a PC e CNC.

Listato 1

```
#ifndef DEFAULTS_FuturaElettronica
// Description: CNC2018 NEMA 17 stepper motors.
// www.futurashop.it/cnc

#define MICROSTEPS 8
#define STEPS_PER_REV 200.0
#define MM_PER_REV 1.25 // 1,25 mm/rev leadscrew
#define DEFAULT_X_STEPS_PER_MM (STEPS_PER_REV*MICROSTEPS/MM_PER_REV)
#define DEFAULT_Y_STEPS_PER_MM (STEPS_PER_REV*MICROSTEPS/MM_PER_REV)
#define DEFAULT_Z_STEPS_PER_MM (STEPS_PER_REV*MICROSTEPS/MM_PER_REV)
#define DEFAULT_X_MAX_RATE 500.0 // mm/min
#define DEFAULT_Y_MAX_RATE 500.0 // mm/min
#define DEFAULT_Z_MAX_RATE 500.0 // mm/min
#define DEFAULT_X_ACCELERATION (100.0*60*60) // 100*60*60 mm/min^2 = 600 mm/sec^2
#define DEFAULT_Y_ACCELERATION (100.0*60*60) // 100*60*60 mm/min^2 = 600 mm/sec^2
#define DEFAULT_Z_ACCELERATION (100.0*60*60) // 100*60*60 mm/min^2 = 600 mm/sec^2
#define DEFAULT_X_MAX_TRAVEL 185.0 // mm
#define DEFAULT_Y_MAX_TRAVEL 200.0 // mm
#define DEFAULT_Z_MAX_TRAVEL 60.0 // mm
#define DEFAULT_STEP_PULSE_MICROSECONDS 10
#define DEFAULT_STEPPING_INVERT_MASK 0
#define DEFAULT_DIRECTION_INVERT_MASK 224 // ((1<<Z_DIRECTION_BIT))
#define DEFAULT_STEPPER_IDLE_LOCK_TIME 25 // msec (0-254, 255 keeps steppers enabled)
#define DEFAULT_JUNCTION_DEVIATION 0.02 // mm
#define DEFAULT_ARC_TOLERANCE 0.002 // mm
#define DEFAULT_DECIMAL_PLACES 3
#define DEFAULT_REPORT_INCHES 0 // false
#define DEFAULT_AUTO_START 1 // true
#define DEFAULT_INVERT_ST_ENABLE 1 // true
#define DEFAULT_INVERT_LIMIT_PINS 0 // false
#define DEFAULT_SOFT_LIMIT_ENABLE 0 // false
#define DEFAULT_HARD_LIMIT_ENABLE 0 // false
#define DEFAULT_HOMING_ENABLE 0 // false
#define DEFAULT_HOMING_DIR_MASK 0 // move positive dir
#define DEFAULT_HOMING_FEED_RATE 25.0 // mm/min
#define DEFAULT_HOMING SEEK_RATE 250.0 // mm/min
#define DEFAULT_HOMING_DEBOUNCE_DELAY 250 // msec (0-65k)
#define DEFAULT_HOMING_PULLOFF 1.0 // mm
#endif
```

abbiamo sia Machine coordinates che Work coordinates: le prime sono quelle della macchina e possono essere ottenute coi finecorsa oppure azzerando la macchina dopo aver manualmente portato l'elettromandrino nella posizione voluta e azzerato, con gli appositi pulsanti, la posizione. Le seconde sono invece quelle relative alla lavorazione in corso.

Con i finecorsa possiamo anche definire il massimo spostamento su ciascun asse in modo che le parti in movimento non vadano oltre la corsa massima, impedendo inutili collisioni.

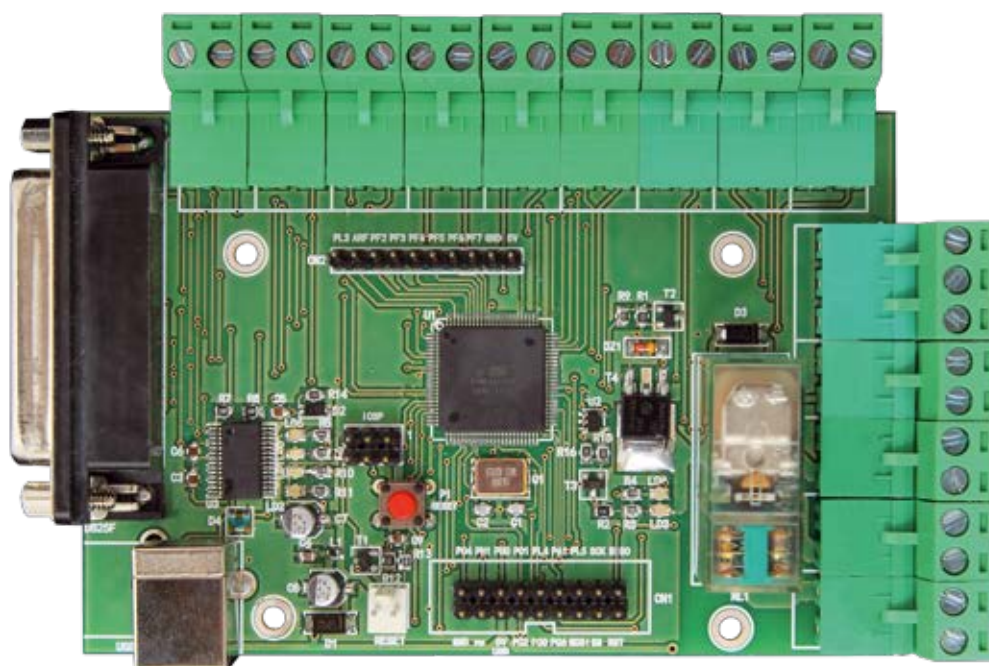
Il microcontrollore può essere resettato localmente tramite il pulsante P1, che interviene sulla linea /RST (normalmente mantenuta a livello logico alto dal resistore di pull-up R14) oppure

da remoto: due sono le possibilità previste, ovvero da USB tramite l'apposito comando impartito dal computer attraverso l'IDE Arduino nella fase di attivazione del bootloader (in questo caso il DTR del converter USB/TTL si porta a livello logico basso e tramite C5 fornisce un impulso di reset negativo) o attraverso l'ingresso RESET della scheda, al quale va applicato un contatto pulito che chiuda gli elettrodi mandando in saturazione il transistor T1, il cui collettore trascina a zero logico /RST. Notate il diodo Schottky che serve a spegnere l'impulso negativo che si verificherebbe ai capi della R14 al ritorno a livello alto del DTR del converter U3. Proseguiamo con l'analisi dello schema elettrico e vediamo il convertitore USB/TTL U3, che

è il classico integrato FTDI FT232RL che converte i segnali della linea USB in formato TTL (0/5V) e provvede alle dovute temporizzazioni; è un'interfaccia di tipo Device e supporta la comunicazione USB 2.0 Full Speed. Sulle linee di ingresso D+ e D- è collocato D4, che è un doppio Zener bidirezionale di protezione che sopprime eventuali interferenze impulsive ad alta tensione che il cavo USB potrebbe captare, cosa non da escludere se si utilizza la macchina in un ambiente dove operano macchine utensili. Quanto all'alimentazione, la scheda attinge al +5V della USB, in virtù dell'assorbimento piuttosto ridotto della logica; chiaramente l'USB alimenta il microcontrollore e i LED, oltre a quel minimo di logica discreta e transistor che si trovano on-board. I 5V della porta USB raggiungono la linea di alimentazione attraverso il diodo D1, che serve a proteggere la linea +5V del computer nel caso si colleghi il connettore di programmazione in-circuit (ICSP) senza staccare il cavo USB dal computer. Dal catodo del diodo l'alimentazione, ben filtrata da C4 e C8, passa dall'ulteriore filtro costituito dalla bobina L1, che la ripulisce da eventuali impulsi di disturbo (insieme a C6, C7 e C4, C8, L1 forma un filtro CLC a pi-greco) e la porta al microcontrollore. La bobina del relé (che qui è con alimentazione a 5V) è alimentata dai 5V in arrivo dall'USB, in modo da evitare che la sua commutazione disturbi il funzionamento del microcontrollore. Nel normale funzionamento, il microcontrollore ATmega2560 attende l'arrivo delle stringhe di dati dall'USB (sul piedino PE0) e al loro arrivo le spacchetta, estrae i comandi e li ricompone in forma parallela secondo le tempo-

C1: 22 pF ceramico (0805)
C2: 22 pF ceramico (0805)
C3: 100 nF ceramico (0805)
C4: 100 nF ceramico (0805)
C5: 100 nF ceramico (0805)
C6: 100 nF ceramico (0805)
C7: 4,7 μ F 35 VL elettrolitico (B)
C8: 4,7 μ F 35 VL elettrolitico (B)
C9: 100 nF ceramico (0805)
R1: 10 kohm (0805)
R2: 1 kohm (0805)
R3: 470 ohm (0805)
R4: 470 ohm (0805)
R5: 470 ohm (0805)
R6: 470 ohm (0805)
R7: 10 ohm (0805)
R8: 10 ohm (0805)
R9: 4,7 kohm (0805)
R10: 470 ohm (0805)
R11: 470 ohm (0805)
R12: 10 kohm (0805)
R13: 4,7 kohm (0805)
R14: 4,7 kohm (0805)
R15: 4,7 kohm (0805)
R16: 10 kohm (0805)
Q1: Quarzo 16 MHz (C7S)
LD1: LED giallo (0805)
LD2: LED verde (0805)
LD3: LED rosso (0805)
LD4: LED rosso (0805)
LD5: LED giallo (0805)
LD6: LED rosso (0805)
L1: BK0603HS330-T (0603)
D1: GF1M (DO-214BA)
D2: BAT42W (SOD-123)
D3: GF1M (DO-214BA)
D4: PGB102ST23WR (SOT-23)
T1: BC817 (SOT-23)
T2: BC817 (SOT-23)
T3: BC817 (SOT-23)
T4: BUK6215-75C (SOT-428)
P1: Microswitch
U1: ATMEGA2560-16AU
U2: SN74LVC1G14DBVR
U3: FT232RL (SSOP28)
DZ1: BZV55-C10
RL1: Relé 2 scambi 5V
DN25F: Connettore DB25

Femmina da CS



Varie:

- Morsetto 2 poli (13 pz.)
- Morsetto 3 poli

- Strip maschio 10 vie
- Strip maschio 3+3 vie
- Connettore POD 9+9
- Board to wire - Maschio 2 poli
- Circuito stampato (107 x 73 mm)



Fig. 3 - Schematizzazione dei comandi G-code.

rizzazioni richieste dal controllo della scheda set 3-assi.

QUALCOSA SU GRBL

Abbiamo detto che il firmware installato è grbl; siccome non è compatibile con Mach3, per il software di controllo della nostra CNC ci dobbiamo orientare verso soluzioni compatibili che vi descriveremo in queste pagine e nella prossima puntata. Grbl è un firmware nato per interpretare il linguaggio G-code e convertirlo

in comandi sui tre assi di una macchina CNC; quindi il G-code invia le coordinate di spostamento sui tre assi (per esempio per tracciare un quadrato occorrono 4 coordinate e quindi 4 comandi: da un punto a un secondo, dal secondo al terzo, dal terzo al quarto e da questo al primo) secondo questo formato tipico:

G0 Xn Yn

Dove G0 è il comando che impone lo spostamento alla massima velocità permessa dalla CNC (anche detto Movimento Rapido) e X e Y sono le coordinate, dove n sta a indicare la posizione da raggiungere su ciascuno degli assi specificati (riferitevi alla Fig. 3 per chiarirvi le idee). Simile è il comando che definisce, oltre a dove portare il movimento degli assi (*endpoint*) anche a che velocità farlo: si tratta del G1, la cui sintassi è del tipo:

G1 X7 Y18 F500

dove il parametro F è la velocità di spostamento, anche detta *Feed Rate*, che nella nostra macchina corrisponde al numero di step per unità di tempo compiuti dal motore passo-passo.

Nel caso dei comandi che impongono il movimento lineare, la nostra macchina converte le coordinate contenute nei comandi in step da dare al motore (tenendo conto dei microstep) per compiere gli spostamenti richiesti dai comandi. Grbl è stato ideato per il mondo Arduino e può dunque essere installato su scheda basate su microcontrollori ATmega dell'Atmel con precaricato il bootloader utilizzando lo stesso IDE Arduino. Nel nostro caso, trattandosi di un firmware open, lo abbiamo personalizzato modificando alcune parti, in special modo quelle che definiscono la struttura della CNC cui sarà abbinata la scheda controller. Il firmware può essere scaricato da github.

La conversione delle istruzioni G-code in comandi diretti ai motori di azionamento degli assi segue determinate regole e avviene secondo una certa logica; inoltre grbl supporta alcune modalità di funzionamento e gestioni standard, come quelle dei fincorsa, del pulsante di stop d'emergenza, della velocità di regolazione dell'elettrotensile ecc.

Nel **Listato 1** vedete la porzione significativa del firmware (la versione che utilizziamo è GRBL9FMEGA2560), dove c'è la definizione dei parametri operativi della macchina.

Tra i parametri notiamo MICROSTEPS, che indica l'eventuale riduzione in modalità microstep (dev'essere tale e quale nella scheda controller 3 assi), STEPS PER REV (passi/giro del motore dell'asse corrispondente), MM per REV, che è la distanza sull'asse per ogni giro (1,25 è dovuto al fatto che utilizziamo barre filettate

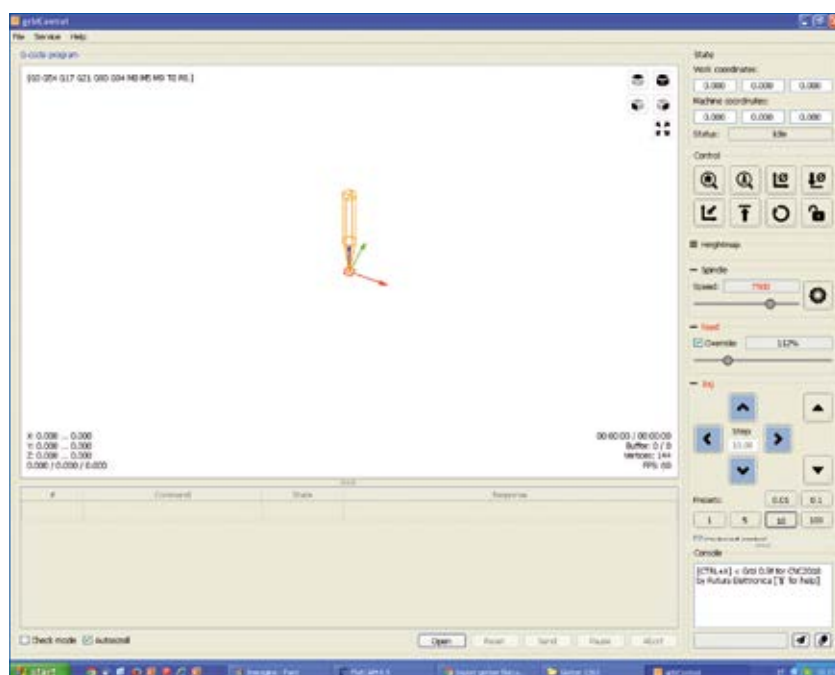


Fig. 4 - Schermata di grblControl.

M8 a passo 1,25 mm). Seguono le impostazioni per gli assi; in particolare notate che STEPS PER MM sono i passi richiesti per lo spostamento di 1 mm, che sono ottenuti dal prodotto step/giro x microstep/mm x mm/giro. MAX RATE è la velocità lineare, che dipende dalla frequenza degli impulsi di pilotaggio dei motori stepper e si può impostare tra 500 e 6000 (noi scegliamo 500); si tratta della massima velocità a vuoto. La massima velocità in lavorazione dipende invece dalla forza resistente incontrata dall'elettrotensile.

Interessante è la sezione che permette di comunicare alla macchina l'escursione sugli assi e la presenza di eventuali finecorsa: DEFAULT_X_MAX_TRAVEL indica l'escursione sull'asse X (185 mm), DEFAULT_Y_MAX_TRAVEL l'escursione sull'asse Y (200 mm) e DEFAULT_Z_MAX_TRAVEL (60 mm) quella sull'asse Z (elettromandrino). SOFT_LIMIT_ENABLE è l'abilitazione dei limiti firmware (a 0 sono disabilitati) mentre HARD_LIMIT_ENABLE permette di leggere i finecorsa (deve avere 1 come valore). HOMING_ENABLE abilita (posto a 1) il ritorno automatico alla posizione HOME.

Dunque, dopo aver scaricato il firmware in versione GRBL9FMEGA2560, dovete editarlo con l'IDE Arduino e impostare i parametri della porzione mostrata nel **Listato 1** come vedete nel listato stesso, altrimenti la macchina lavorerà in modo scorretto (per esempio lo spostamento potrà eccedere quello accettabile, con il rischio di danneggiare la meccanica).

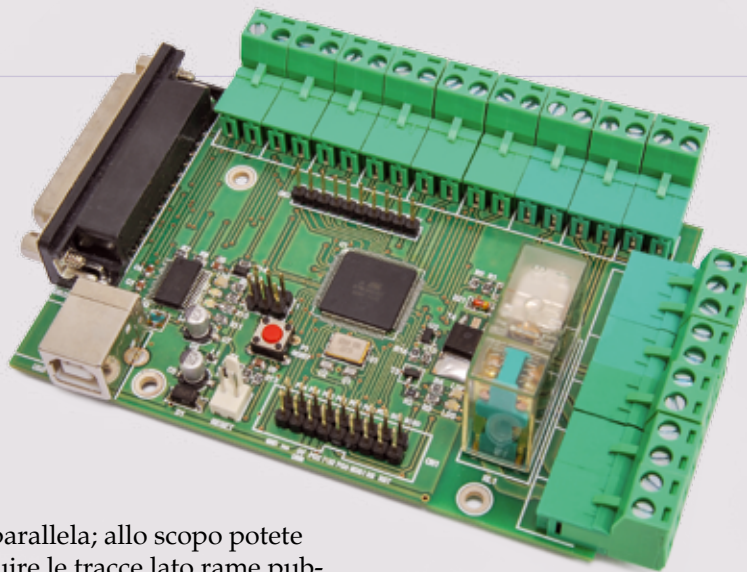
REALIZZAZIONE PRATICA

Bene, passiamo adesso alla parte pratica, ossia alla preparazione della scheda elettronica d'interfaccia e controllo

su parallela; allo scopo potete seguire le tracce lato rame pubblicate sul nostro sito Internet www.elettronica.in insieme agli altri file del progetto in modo da ricavarne le pellicole per la fotoincisione. Incisa e forata la basetta dovete montare i componenti, operazione per la quale vi servirà un po' di manualità e pratica con i componenti SMD, visto che a parte le morsettiere, il pulsante, il relé e i connettori, il resto degli elementi è a montaggio superficiale. Procuratevi quindi un saldatore a punta fine, del filo di lega saldante da 0,5 mm max di diametro, della pasta flussante poco densa e un pennellino per spargerla, oltre a una pinzetta per manipolare i componenti e una lente d'ingrandimento per verificare che siano prima posizionati e poi saldati correttamente. Vi farà comodo anche della trecciola dissaldante per rimuovere eventuali eccedenze di stagno che dovessero cortocircuitare pin o piazzole. Ciò detto, partite con il montaggio dei componenti più piccoli, poi posizionate gli integrati ben centrati nelle rispettive piazzole (spalmate preventivamente con pasta flussante) e orientati come mostra il disegno di queste pagine; procedete con i condensatori elettrolitici, il pin-strip, i connettori a vaschetta, il DB-25 e l'USB; quest'ultimo notate che può essere disposto a piacimento, ovvero in due possibili posizioni ortogonali tra loro. Tale solu-

zione vi torna utile a seconda di come monterete la scheda, quindi se dovette inserirla in un contenitore nel quale volete tenere tutte le connessioni da un lato posizionate l'USB allineato al DB-25, altrimenti mettetelo ortogonale. Infine, montate le morsettiere e il relé di azionamento dell'elettromandrino.

Per le connessioni seguite la **Fig. 2** ricordando che l'alimentazione del trasformatore di alimentazione dell'elettromandrino deve entrare nei morsetti V_SPIN e uscire da SPIN, rispettando la polarità indicata (quindi non serve più il relé esterno della scheda controller 3-assi). Per l'utilizzo, dovete collegare con un cavo USB A/B la presa USB della scheda USB/parallela e con un cavo parallelo maschio/femmina con due DB-25 alle estremità, il connettore DB-25 della scheda a quello della controller 3-assi della CNC. Se l'alimentazione dell'elettromandrino viene commutata dal relé della scheda, dovete collegare il positivo e il negativo del ponte raddrizzatore di potenza ai rispettivi poli della morsettieria V_SPIN e i fili dell'elettromandrino a + e - SPIN; notate che trattandosi di contatti puliti, in realtà le morsettiere si possono scambiare, cioè V_SPIN può essere usata per collegare il motore e SPIN per ricevere l'alimentazione 48Vcc.



In tema di alimentazione, ricordate che la scheda descritta in questo articolo non richiede alcun alimentatore per funzionare: infatti prende i 5 volt che le occorrono dal computer tramite la presa USB con cui si connette ad esso. L'alimentazione dell'elettromandrino viene semplicemente commutata, ma non raggiunge l'elettronica.

La scheda convertitrice deve essere inserita in un apposito contenitore in plastica nel quale bisogna ricavare una finestra per il connettore USB, una per il DB-25 ed una per il passaggio dei cavi dell'elettromandrino e degli eventuali finecorsa che potreste voler aggiungere alla macchina CNC di base. Sul contenitore o in prossimità della CNC potete fissare, magari in una scatola da impianti elettrici per esterni, a tenuta, potete montare il pulsante per lo stop di emergenza della macchina, da collegare agli appositi contatti d'ingresso. Idem per il reset, che porterete su un lato del contenitore della scheda e per l'eventuale pulsante di sospensione (FEEDH) e quello di ripresa (CY-ST).

CONCLUSIONI

Bene, con questo abbiamo concluso, almeno con l'hardware. Nel prossimo fascicolo vi faremo vedere come utilizzare l'insieme interfaccia/CNC per costruire dei circuiti stampati senza stampare alcunché, senza fotoincisione, pennarelli, pellicole, sviluppo e soluzione acida. Qui li incidiamo nel vero senso della parola, mediante un apposito utensile montato nell'elettromandrino. Come al solito si parte da un file gerber (che oggi è lo standard per la lavorazione industriale dei PCB). La prima cosa da fare è procurarsi un CAM, che è un software di progettazione assi-

stata da computer di particolari e sistemi meccanici; nel nostro caso vi spiegheremo come lavorare utilizzando FlatCAM, che si può scaricare da Internet alla pagina <http://flatcam.org/>. Scaricato e installato, aprite il programma FlatCAM. Come software di controllo della CNC, scegliamo tra quelli compatibili con il nostro hardware e con il firmware grbl che vi gira: ce ne sono molti open source e tra ciò che offre il panorama abbiamo optato per grblControl, il cui utilizzo verrà descritto approfonditamente nel prossimo fascicolo.

Per ora ci limitiamo ad analizzarne gli aspetti principali, ossia l'installazione e gli elementi che si trovano nella schermata di lavoro; nel prossimo articolo, quando vedremo come utilizzarlo per stampare, tutto diverrà più chiaro.

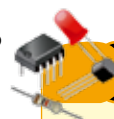
Il software è di libero utilizzo e si scarica dalla pagina web <https://github.com/Denvi/Candle> in forma di cartella compressa; scompattandola si ottiene la cartella grblControl, nella quale troviamo il file eseguibile *grblcontrol.exe*. Facendo clic sulla relativa icona si avvia il programma, la cui schermata di lavoro è quella mostrata in Fig. 4.

Nel riquadro centrale troveremo il disegno del pezzo in lavorazione, mentre in alto c'è la barra dei menu, che sono *File*, *Service* ed *Help*: il primo consente di aprire e salvare file da lavorare, per esempio, mentre nel secondo troviamo le impostazioni di lavoro.

A destra si trova il pannello di controllo, con in alto la sezione State, sotto la Control e via di seguito. State indica la condizione della CNC (idle o working) mentre le caselle Work coordinates e Machine coordinates indicano le coordinate alle quali sono posizionati i tre assi: nel primo caso

sono riportate quelle del lavoro in esecuzione e nel secondo quelle della macchina.

Nel riquadro Control sono riuniti i comandi per la lavorazione e i pulsanti (i due sulla destra) per azzerare le coordinate. Abbiamo poi il riquadro Spindle, dove è possibile, se sulla scheda viene attivata la gestione PWM della velocità, variare i giri/min dell'elettromandrino. Il riquadro console mostra i comandi in esecuzione e permette eventualmente di impartire comandi in G-code. Bene, con questo abbiamo concluso; riprenderemo e approfondiremo l'utilizzo del software nella prossima puntata, dove incideremo il nostro PCB. ■



per il MATERIALE

Tutto il materiale per realizzare la CNC è disponibile presso Futura Elettronica. La scheda USB controller CNC (cod. FT1290M) costa Euro 69,00, la meccanica CNC in kit (cod. CNC2018) è in vendita a Euro 179,00, l'elettromandrino 36VDC/300W (cod. ELEMANDER11) è disponibile a Euro 85,00, il set scheda 3 assi + accessori (cod. SET3ASSI) costa Euro 75,00. L'alimentatore switching 24 VDC/150W (cod. LRS-150F-24TE) è in vendita a Euro 46,00 e il motore passo-passo bipolare da 1,5A (cod. STEPMOT03), di cui ne occorrono 3 pezzi, è disponibile a Euro 18,00. I prezzi si intendono IVA compresa.

Il materiale va richiesto a:
Futura Elettronica, Via Adige 11,
21013 Gallarate (VA)
Tel: 0331-799775
<http://www.futurashop.it>

Guarda la CNC in funzione su YouTube!



Potete vedere la CNC in funzione mentre esegue alcune lavorazioni alla pagina <https://youtu.be/f7pJcEjgBlo> Dal nostro canale YouTube www.youtube.com/user/ElettronicaIN potrai anche vedere i video di moltissimi altri nostri progetti proposti in passato.



motore/vite utilizzato dalla macchina);

- Velocity In's or mm's per min." (imposta la velocità di rotazione del motore);
- Acceleration In's or mm's/sec/sec" (imposta l'accelerazione del motore);
- Step Pulse e Dir Pulse (imposta la durata dell'impulso in microsecondi).

Terminate le impostazioni, fate clic sul pulsante "SAVE AXIS SETTINGS".

Ripetete la stessa procedura sopra indicata per gli altri assi e poi uscite dalla configurazione facendo clic sul pulsante OK.

SCELTA DELLA TENSIONE DI ALIMENTAZIONE

Un discorso particolare è quello riguardante la tensione di alimentazione dei motori passo-passo, perché generalmente maggiore è la tensione, più elevata è la coppia del motore ad alta velocità di funzionamento,

con conseguente riduzione del rischio di perdita di passi (che può verificarsi in special modo nella modalità microstep); tuttavia ciò potrebbe danneggiare il driver e comporta un aumento delle vibrazioni del motore a bassi giri. La scheda utilizza la stessa tensione di alimentazione dei motori, quindi non dovrebbero esserci problemi. Non modificate tale tensione, perché è quella risultata ottimale.

NOTE D'USO

Una volta completata la macchina, per utilizzarla avviate il computer e il software, poi date tensione alla macchina; questa rimarrà inerte fino a che non verrà impartito il comando dal software.

Per l'utilizzo, ricordate innanzitutto di tenere protette e lontane le schede, nonché l'alimentatore e il trasformatore, che consigliamo di avvitare a una base in legno o (se prevedete un contenitore) al suo fondo, tramite viti 3MA con dado). Proteggere anche e soprattutto l'alimentatore switching, visto che il suo contenitore è una griglia i cui fori possono lasciare entrare limatura metallica, trucioli, liquido refrigerante ed altri elementi dannosi.

Rammentate che l'elettromandrino supporta qualsiasi tipo di utensile rotativo, il cui stelo sia di diametro fino a 1/8 di pollice, ossia 3,17 mm (l'autocentrante si allarga fino a tale diametro).

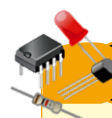
CONCLUSIONI

In questo articolo vi abbiamo presentato una nuova macchina CNC molto prestante e con un ottimo rapporto qualità prezzo; la macchina dispone di un'elettronica di controllo predisposta per l'interfacciamento su porta parallela ma se non disponete di tale porta e nel computer



Elettromandrino smontato con in evidenza l'autocentrante (in basso) e la ghiera di serraggio).

avete solo la USB, non perdetevi il prossimo fascicolo, nel quale pubblicheremo una scheda suppletiva da collegare tra la scheda controller 3 assi e il computer, la cui particolarità è che riceve dal software di controllo i comandi per i tre assi e localmente genera gli impulsi che poi saranno inviati alla parallela.



per il MATERIALE

Tutto il materiale per realizzare la CNC è disponibile presso Futura Elettronica. La meccanica CNC in kit (cod. CNC2018) è in vendita a Euro 179,00; l'elettromandrino 36VDC/300W (cod. ELEMANDER11) è disponibile a Euro 85,00; il set scheda 3 assi + accessori (cod. SET3ASSI) costa Euro 75,00. L'alimentatore switching 24 VDC/150W (cod. LRS-150F-24TE) è in vendita a Euro 46,00 e il motore passo-passo bipolare da 1,5A (cod. STEPMOT03), di cui ne occorrono 3 pezzi, è disponibile a Euro 18,00. I prezzi si intendono IVA compresa.

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



Prepariamo il G-code
a partire dal file
gerber e stampiamo
finalmente
il nostro PCB.
Terza e ultima puntata.

INCIDIAMO GLI STAMPATI CON LA CNC

..... di BORIS LANDONI e GABRIELE DAGHETTA

Ci siamo lasciati, nel fascicolo precedente, dopo aver analizzato l'hardware che ci consente di gestire la nostra CNC mediante qualsiasi PC moderno sprovvisto di porta parallela, purché dotato di connessione USB. Ne abbiamo approfittato anche per introdurre l'applicazione che ci siamo preposti di realizzare, ovvero creare dei PCB senza ricorrere al tradizionale processo di fotoincisione e per presentare il software che

utilizzeremo in abbinamento alla nostra interfaccia convertitrice USB/parallela LPT: grblControl. Si tratta di un software libero fatto per interfacciarsi con schede basate su microcontrollori in cui gira il firmware grbl. In realtà ci serve anche un ulteriore software, per trasformare il canonico file CAD del circuito stampato in un file "digeribile" da grblControl, dato che i CAD elettronici forniscono la descrizione del PCB in un formato nato

per le tradizionali procedure di incisione fotolitografica, mentre qui abbiamo a che fare con una lavorazione meccanica su macchine a controllo numerico.

STAMPARE I PCB SENZA ACIDI

Bene, detto ciò possiamo vedere il succo dell'applicazione, cioè come costruire dei circuiti stampati ma senza stampare alcunché, senza fotoincisione, pennarelli, pellicole, sviluppo e soluzione acida. Qui li incidiamo nel vero

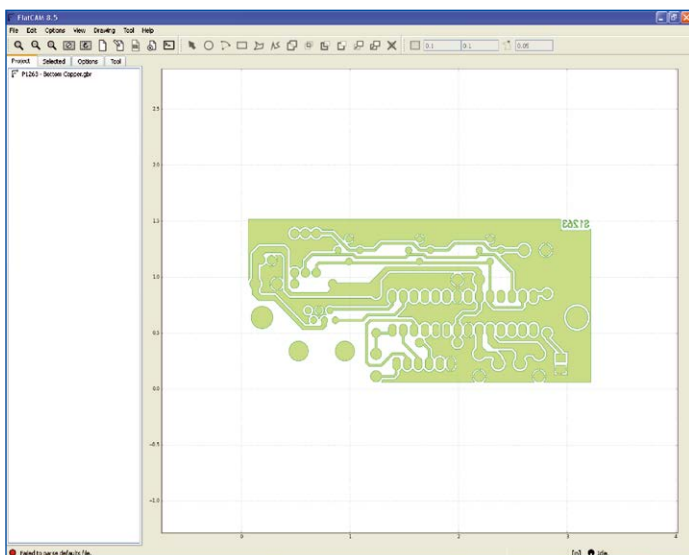


Fig. 1 - Importazione del tracciato del PCB.

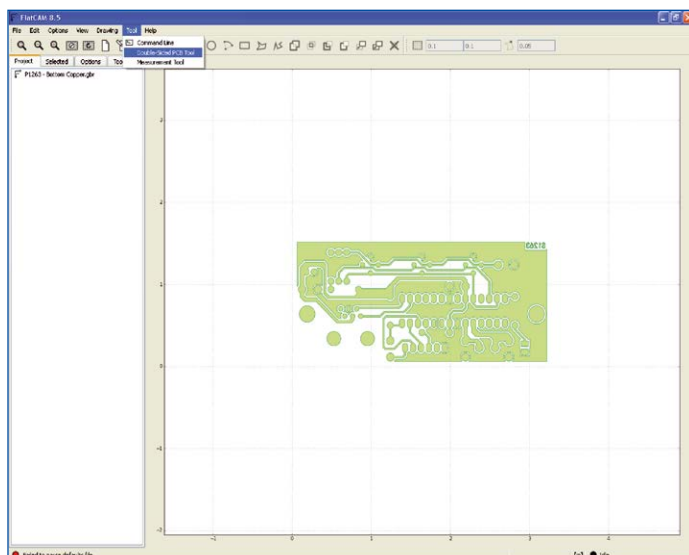


Fig. 2 - Attivazione della modalità doppia ramatura.

senso della parola, mediante un apposito utensile montato nell'elettromandrino.

La prima cosa da fare è procurarsi un CAM, che è un software di progettazione assistita da computer di particolari e sistemi meccanici; nel nostro caso vi spiegheremo come lavorare utilizzando FlatCAM, che si può scaricare da Internet alla pagina <http://flatcam.org/>.

Una volta scaricato e installato, aprite il programma FlatCAM; nella sua schermata di avvio, importate il file Gerber desiderato cliccando su **File / Open Gerber** (nel nostro esempio *P1263 - Bot-*

tom Copper.gbr). Il Gerber deve chiaramente essere già stato preparato con un software CAD elettronico, come ad esempio Eagle (<https://cadsoft.io/>) oppure OrCAD (o tanti altri in grado di produrre file Gerber). Nel quadrante di destra della schermata di FlatCAM verrà visualizzato il PCB, mentre nella cartella *Project* apparirà il nome del relativo file (in questo caso *P1263 - Bottom Copper.gbr*). Nel caso qui descritto le piste del PCB sono viste dal lato componenti (Fig. 1), tuttavia per effettuare correttamente l'incisione delle piste sulla basetta in

vetronite è necessario effettuare il mirror del PCB stesso, così da avere la vista dal lato saldature. Dunque, dovete cliccare sul menu **Tool** e impartire il comando **Double-Sided PCB Tool** (Fig. 2); fatto ciò, sul lato sinistro dello schermo viene selezionata automaticamente la scheda **Tool**, nella quale dovranno essere spuntate le voci "Y" (per **Mirror Axis**) e "Box" (per **Axis Location**). Cliccate quindi sul pulsante *Mirror Object* e vedrete che il PCB verrà ruotato sull'asse Y e apparirà esattamente come verrà inciso sul lato rame. Notare che l'angolo in basso a

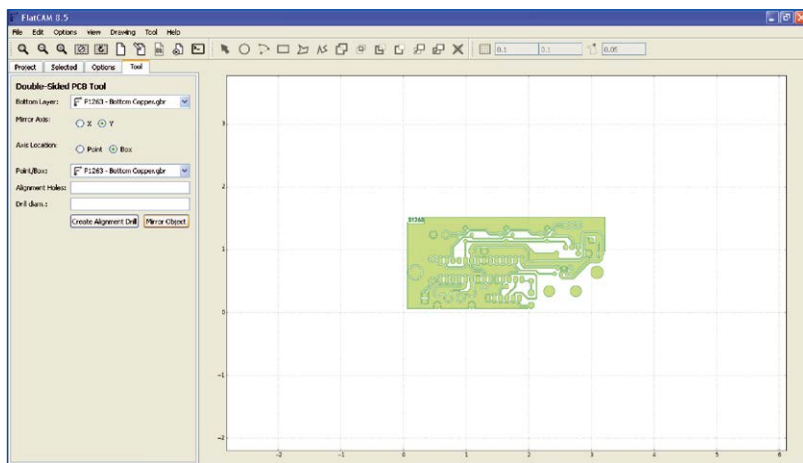


Fig. 3 - Orientamento della traccia.

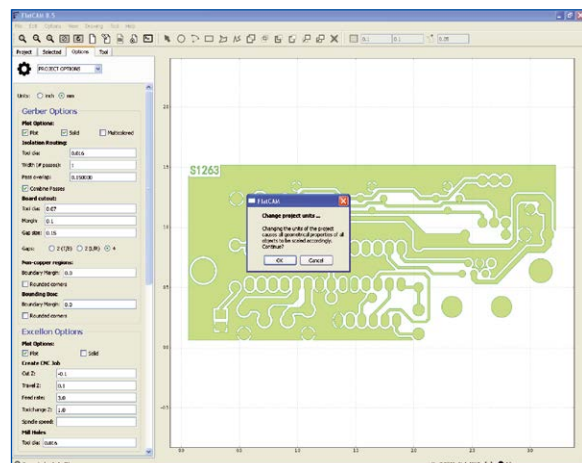


Fig. 4 - Proprietà e misure del Gerber.

sinistra è orientato verso il punto di origine (coordinate 00) come mostrato nella Fig. 3.

Cliccate ora sulla scheda **Options** e, nel menu a tendina, selezionate **PROJECT OPTIONS**. In questo caso il nostro progetto ha le misure espresse in mm pertanto dovrà essere selezionata la stessa unità di misura (**mm**). Subito apparirà una finestra di notifica che informa che tutto il progetto verrà adeguato all'unità di misura selezionata; accettate cliccando su **OK**. Così facendo, la griglia e l'intero PCB verranno aggiornati secondo la nuova impostazione (Fig. 4).

Selezionate ora la scheda **Project**, nella quale si trova il file Gerber importato (in questo caso *P1263 - Bottom Copper.gbr*) e fare doppio clic su di esso: verrà aperta la scheda **Selected** relativa a **Gerber Object**. Nella sezione **Isolation Routing** dovete specificare il diametro dell'utensile (**Tool dia**) utilizzato per l'incisione delle piste. **Width** indica la larghezza dell'isolamento creato dall'utensile (1= diametro dell'utensile) mentre **Pass overlap** indica la sovrapposizione di ogni singola passata; queste ultime due voci devono essere impostate in funzione delle vostre necessità (Fig. 5). In questo esempio è stato inserito un diametro utensile (**Tool dia**) pari a 0,2 mm, lasciando ad 1 la voce **Width** e a 0,15 **Pass overlap**. Dopo aver effettuato l'impostazione fate clic su **Generate Geometry** per creare la geometria di contorno delle piste del PCB, che vi apparirà evidenziata col tratto di colore rosso (Fig. 6).

Adesso dovete tornare ad aprire la scheda **Project**, in cui ora sarà presente il nuovo file **xxxx_iso** (in questo caso *P1263 - Bottom Copper.gbr_iso*), quindi fare doppio clic su questo file per aprire

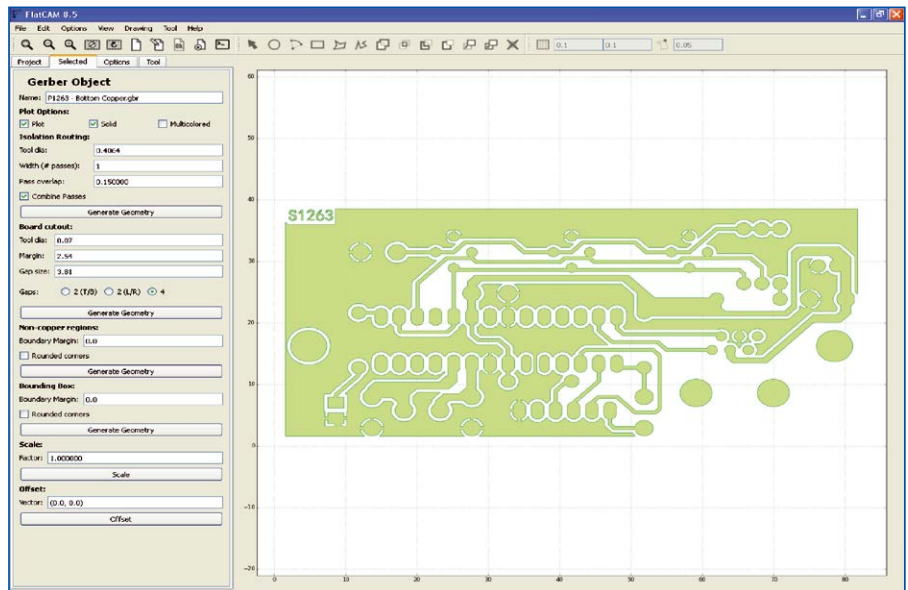


Fig. 5 - Impostazioni nella scheda Selected.

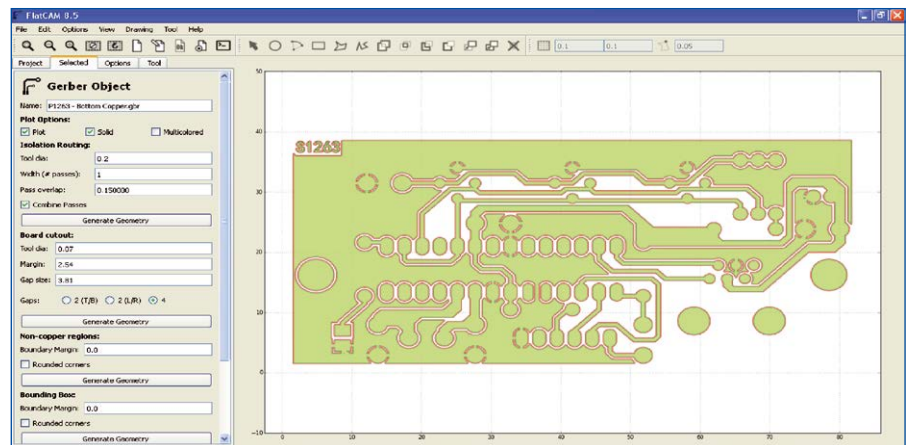


Fig. 6 - Definizione della geometria delle piste del PCB.

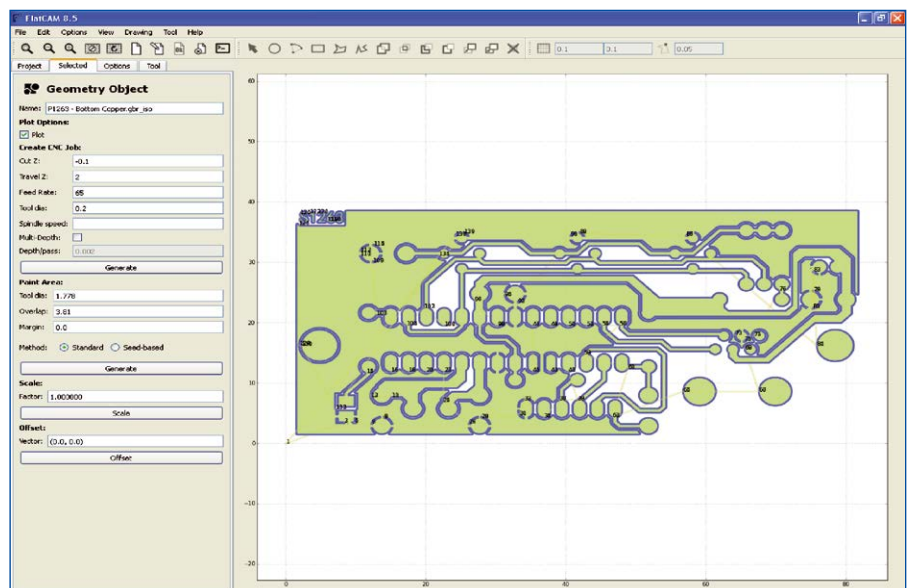


Fig. 7 - Risultato del comando Generate.

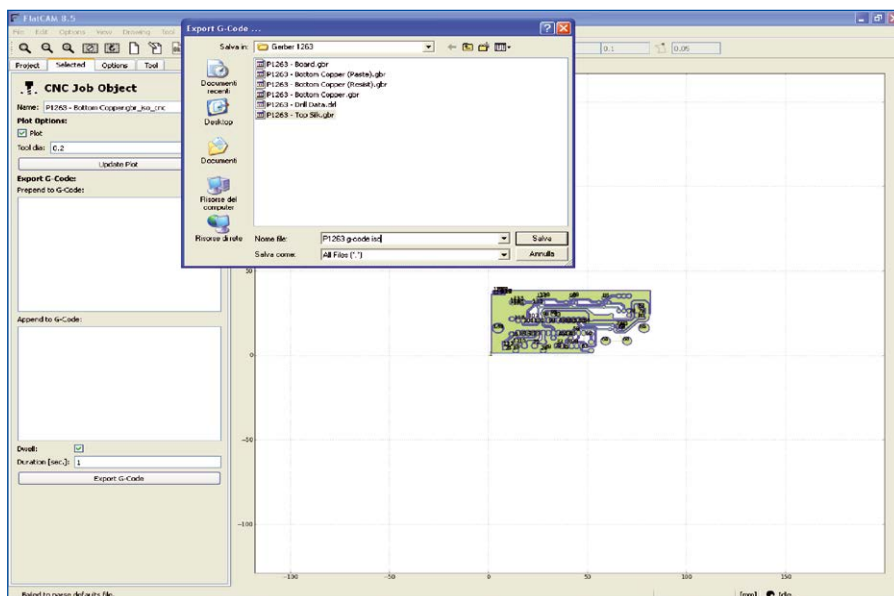


Fig. 8 - Finestra per la definizione di nome e percorso del file.

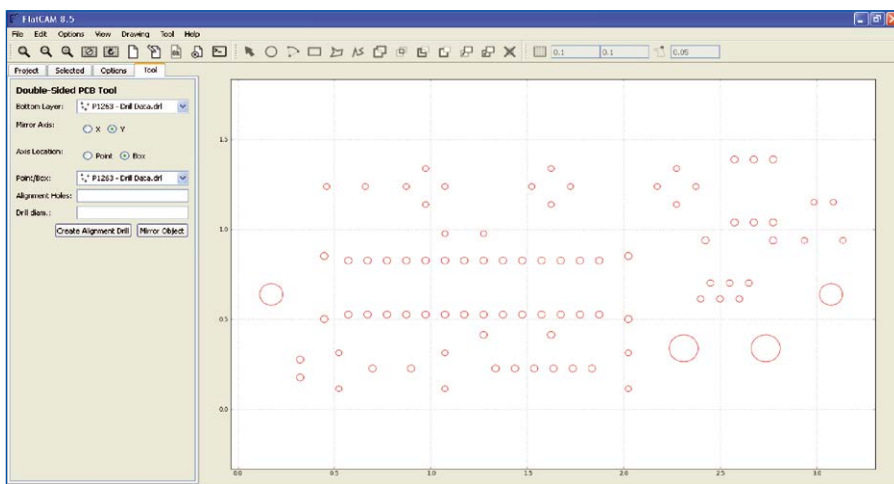


Fig. 9 - Il PCB ruotato sull'asse Y.

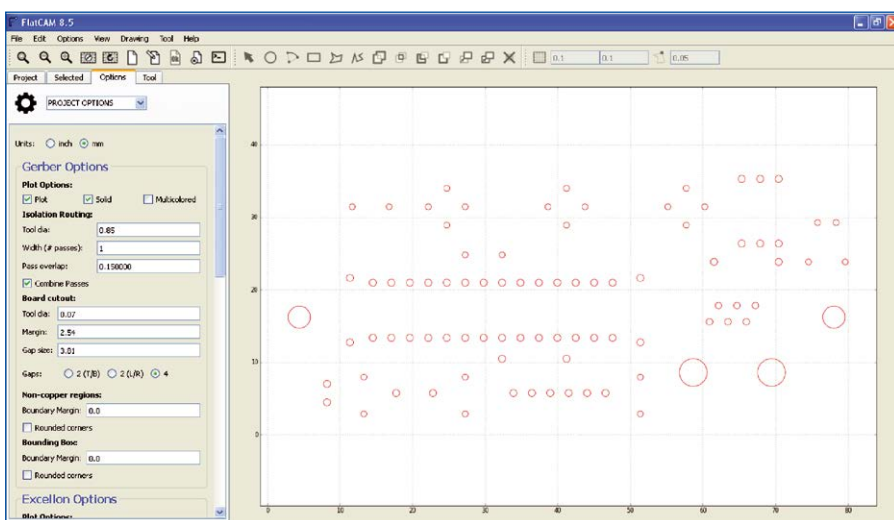


Fig. 10 - Confermare la modifica da Options.

la scheda **Selected** relativa al Geometry Object (Fig. 7). Impostare i campi presenti nella scheda relativi a **Cut Z** (profondità incisione, per esempio 0,1 mm), **Travel Z** (altezza dell'utensile rispetto la basetta in lavorazione durante gli spostamenti rapidi impartiti dai comandi G0: ad esempio 2 mm), **Feed Rate** (velocità di avanzamento sugli assi nei comandi di spostamento ordinario, ossia i G1: ad esempio 65 mm/min) e **Tool dia** (diametro dell'utensile utilizzato, ad esempio 0,2 mm).

Dopo aver impostato i parametri richiesti, fate clic su **Generate** per creare il file **xxxx_iso_cnc** che verrà collocato sempre nella cartella **Project**; il contorno delle piste diventerà di colore blu, come appare nella Fig. 7.

Andate ora nella cartella **Project** e fate doppio clic sul file **xxxx_iso_cnc** appena creato (in questo caso *P1263 - Bottom Copper.gbr_iso_cnc*); automaticamente si aprirà la cartella **Selected** relativa a **CNC Job Object**. Qui dovete inserire nel campo **Tool dia** il diametro corretto dell'utensile per scontornatura che verrà utilizzato, quindi premere **Update Plot** e di seguito **Export G-Code**.

Fatto ciò si aprirà una finestra in cui andrà specificato il nome relativo al file G-code che verrà creato per la scontornatura delle piste e il percorso dove dovrà essere salvato (Fig. 8).

Per la creazione del G-Code relativo alla foratura dello stesso PCB la procedura è molto simile; per rendere più chiara e semplice la procedura abbiamo immaginato di partire da un nuovo progetto (cliccando su **File / New**) ma nulla vieta di proseguire dal punto precedente.

Aprirete quindi il file **.drl** relativo al piano di foratura del PCB in lavorazione (in questo esempio

P1263 - Drill Data.drl) cliccando su **File / Open Excellon**.

Nel riquadro a destra della relativa finestra di dialogo appaiono i fori dei pad del PCB; cliccate su **Tool / Double-Side PCB Tool**.

Automaticamente viene selezionata la scheda **Tool**, nella quale dovranno essere spuntate le voci "Y" (per **Mirror Axis**) e "Box" (per **Axis Location**). Il PCB verrà ruotato sull'asse Y e apparirà esattamente come verrà inciso sul lato rame (Fig. 9).

Cliccate ora sulla cartella **Options** per selezionare **PROJECT OPTIONS** e l'unità di misura mm, quindi fate clic su **OK** per confermare la modifica (Fig. 10). Selezionate la scheda **Project** in cui è presente il file .drl (in questo esempio P1263 - Drill Data.drl) e fate doppio clic su questo file per aprire la scheda **Selected** relativa al **Excellon Object**.

Nella tabella **Tools** dovete ora selezionare il primo utensile e nei campi sotto **Create CNC Job**, inserire i valori relativi a **Cut Z** (profondità di foratura: ad esempio -2 mm), **Travel Z** (altezza dell'utensile rispetto la basetta in lavorazione durante gli spostamenti rapidi: ad esempio 2 mm) e **Feed Rate** (velocità di avanzamento: ad esempio 40 mm/min). Dopo l'inserimento dei parametri, dovete cliccare su **Generate**.

Nel quadrante di destra verranno evidenziati tutti i fori che saranno realizzati con l'utensile selezionato (N°1), il percorso che effettuerà l'elettromandrino e la sequenza di foratura (Fig. 11). Con questa operazione viene anche creato (nella cartella **Project**) un nuovo file **XXXX.drl_cnc** (in questo caso, P1263 - Drill Data.drl_cnc).

Ora dovete fare doppio clic su questo nuovo file per aprire la scheda **Selected** relativa al **CNC Job Object**. Dopo aver impostato

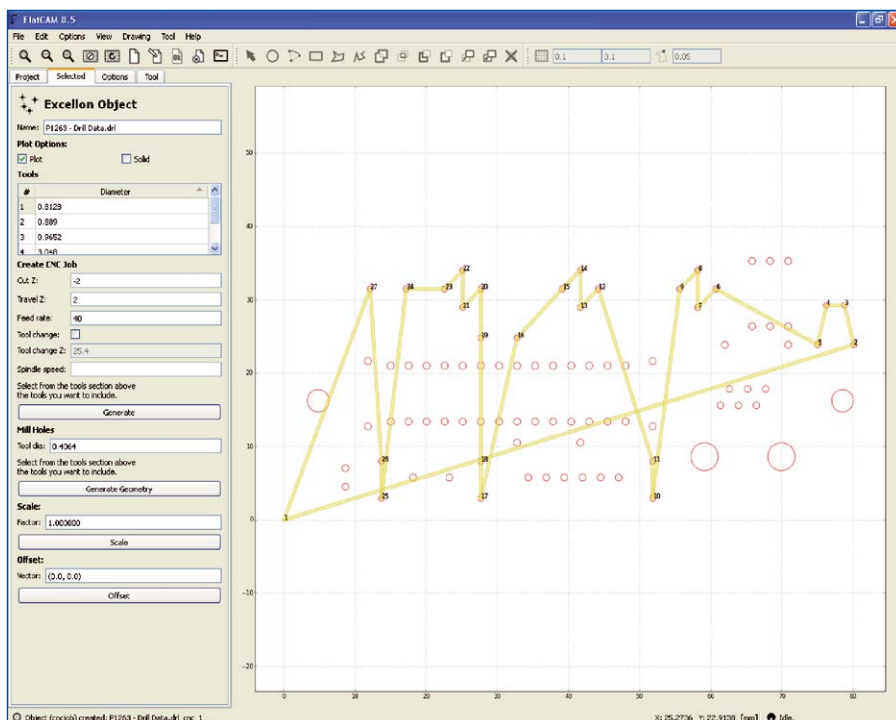


Fig. 11 - Fori, percorso dell'elettromandrino e sequenza di esecuzione.

il diametro della punta di foratura, dovete fare clic su **Export G-Code**, allorché si aprirà una finestra in cui andrà specificato il nome da assegnare al file conte-

nente G-Code (ad esempio P1263 g-code DRILL 1) che verrà creato per eseguire la foratura delle piazzole del PCB, e il percorso dove salvarlo.

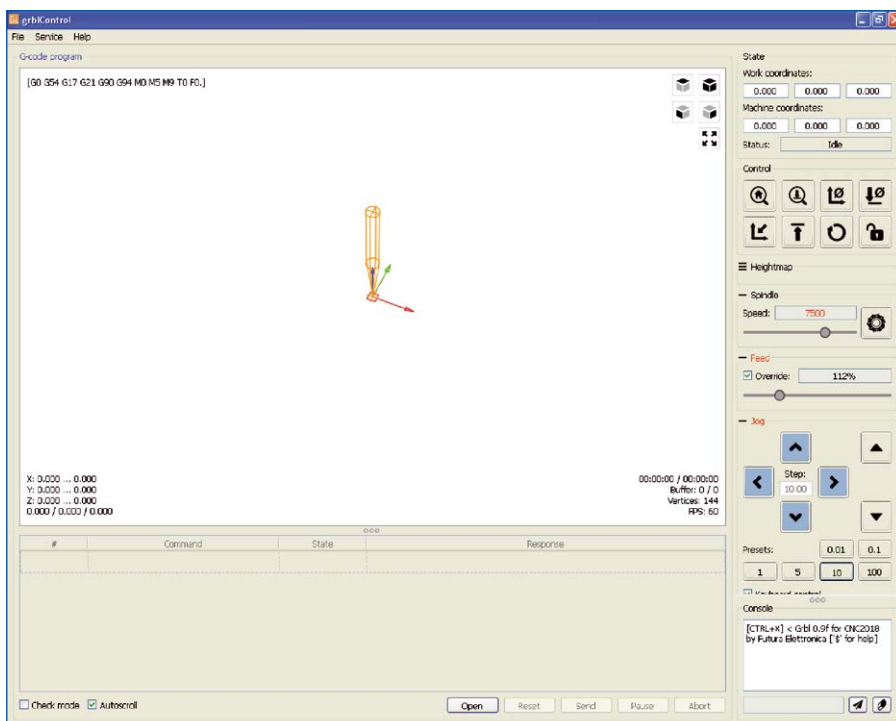


Fig. 12 - Schermata di lavoro di grblControl.

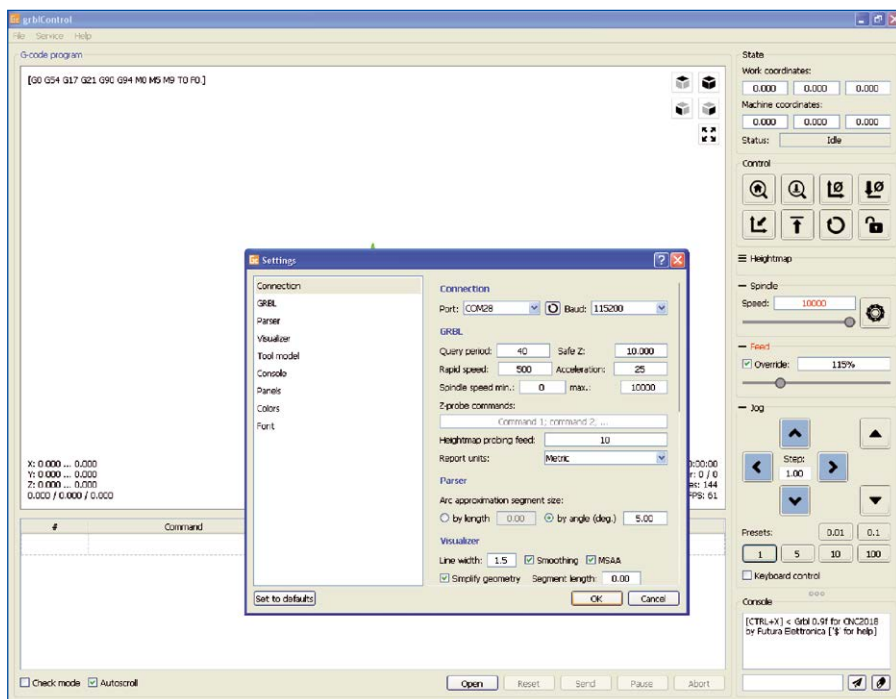


Fig. 13 - Impostazioni nella finestra Settings di grblControl.

La procedura appena descritta ha permesso di creare il G-Code relativo al primo utensile di foratura previsto nel Gerber (salvato col nome *P1263 g-code DRILL 1*). Siccome in questo caso il PCB

richiede di fori con differenti diametri, sarà necessario aprire nuovamente la scheda **Selected** e, in **Excellon Object**, selezionare il secondo utensile impiegato, quindi ripetere le stesse

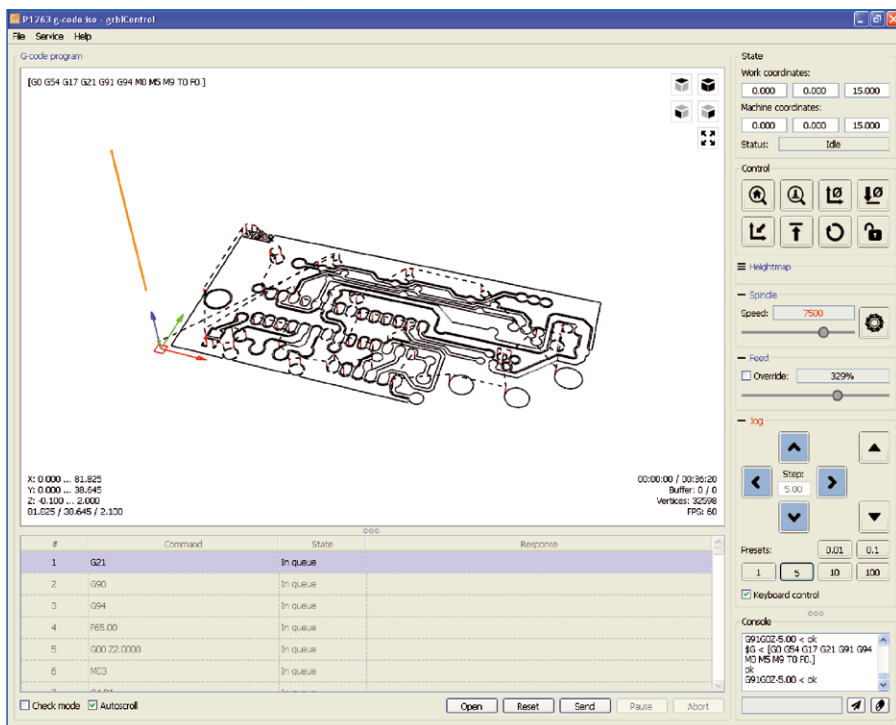


Fig. 14 - Il contorno delle piste del PCB e l'utensile (appare in blu).

operazioni sopra descritte fino a generare il G-Code per questo secondo utensile (salvando il file, ad esempio, con il nome *P1263 g-code DRILL 2* per distinguerlo dal primo).

La stessa procedura andrà seguita per tutti i restanti utensili da foratura presenti nell'elenco di **Excellon Object**.

INCISIONE E FORATURA PCB CON SOFTWARE GRBLCONTROL

Bene, adesso che abbiamo i file siamo pronti per iniziare l'incisione: andiamo alla macchina e colleghiamo la scheda convertitrice USB/parallela per la CNC a una porta USB libera del PC su cui facciamo girare grblControl. Windows individuerà un nuovo hardware ed installerà il relativo driver; se dovesse occorrere qualche problema e l'installazione non andrà a buon fine, dovrete procedere manualmente da Gestione Periferiche (o Gestione Dispositivi, a seconda della versione di Windows).

Terminata l'installazione dell'hardware dovete cliccare su **START/Pannello di controllo/Sistema/Hardware/Gestione periferiche** e verificare che sia stata creata una nuova porta COM associata alla scheda. Prendete nota del numero porta perché vi servirà tra breve.

Ora dovete aprire il programma **grblControl**, che si presenterà con la schermata di **Fig. 12**; cliccate sul menu **Service** e da qui impartite il comando **Settings**: si aprirà una finestra relativa alle impostazioni, dalla quale dovete selezionare la porta COM virtuale assegnata alla scheda (nell'esempio COM28) USB/parallela e la relativa velocità di comunicazione (115200 Baud).

Nella finestra di dialogo delle impostazioni dovete, quindi,

impostare i seguenti valori:

Safe Z = 10

Rapid speed = 500

Acceleration = 25

Report units = Metric

Fatte queste impostazioni, cliccate su **OK** per confermarle e uscire dalla relativa finestra di dialogo (**Fig. 13**).

Adesso cliccate sul menu **File** e da esso impartite il comando **Open Gerber**, quindi in **Tipo file** selezionate **All files** e poi scegliete il file G-Code relativo alla scontornatura delle piste del PCB che desiderate realizzare (ad esempio *P1263 - g-code iso*).

Nel riquadro centrale verrà visualizzato il contorno delle piste del PCB e l'utensile (di colore arancione) posizionato sopra l'asse verticale, che vedrete di colore blu (**Fig. 14**).

Mediante biadesivo, dovete fissare al centro del piano di lavoro del pantografo CNC la piastra in vetronite con il lato rame rivolto verso l'alto; assicuratevi che la bassetta sia perfettamente in piano (complanare con la punta dell'elettro utensile).

Notate che per evitare di danneggiare il piano di lavoro del pantografo CNC (soprattutto durante la foratura) è consigliabile fissare sotto alla bassetta un pannello in masonite (o faesite) da 3÷4 mm di spessore; tale pannello deve essere perfettamente in piano ed avere spessore regolare.

Inserire e bloccare nella pinza dell'elettromandrino il bulino per l'incisione, con dimensione della punta identica a quella definita durante la creazione del G-Code relativo alla scontornatura delle piste del PCB (è consigliato il bulino in metallo duro, in quanto la vetronite è altamente abrasiva!) lasciandolo sporgere il minimo indispensabile, onde evitare vibrazioni e run-out eccessivi.

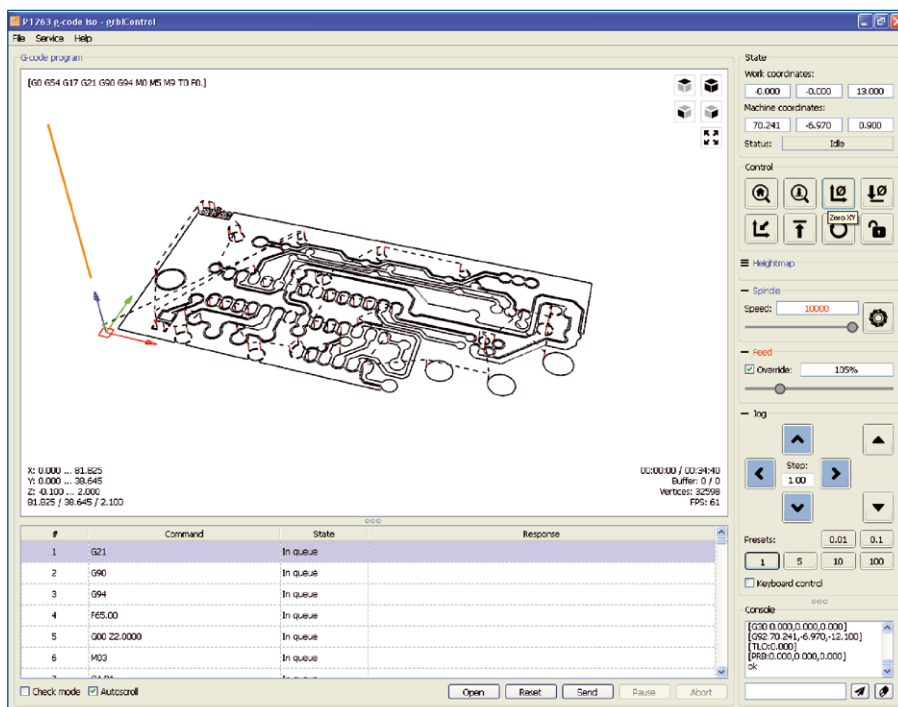


Fig. 15 - Azzeramento delle coordinate

Utilizzare i tasti Freccia, del riquadro **Jog**, per posizionare fisicamente l'elettromandrino (quindi l'utensile) in un punto della bassetta che verrà considerata l'origine del PCB che si desi-

dera incidere (per gli spostamenti scegliere gli avanzamenti predefiniti - **Presets** - più adeguati o impostare un valore nel riquadro **Step**).

Fatto questo potete fare clic sul

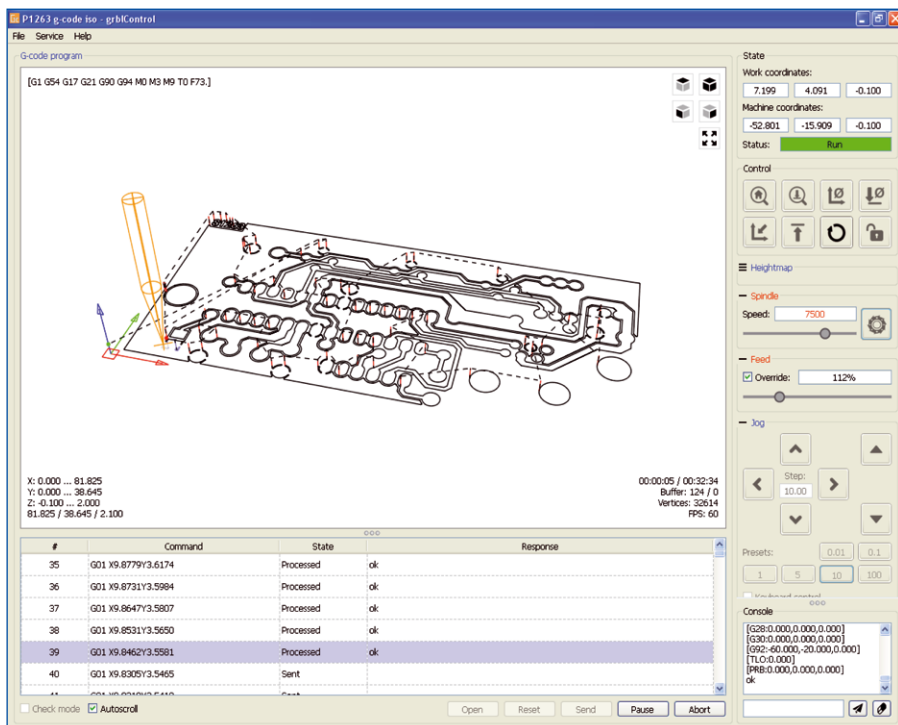


Fig. 16 - Avvio dell'incisione.

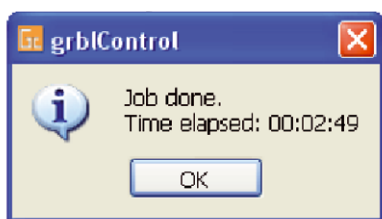


Fig. 17 - Il messaggio che appare al termine della lavorazione.

pulsante **Zero XY** del quadrante **Control** (indicato con 2 frecce e Ø) allorché le posizioni X e Y verranno azzerate in quel punto (Fig. 15).

Dopo aver impostato un **Preset** o uno **Step** adeguato (vi consigliamo scegliere un basso valore onde evitare di spezzare l'utensile) dovete cliccare sulla freccia **GIU** per abbassare l'asse Z della macchina in modo da avvicinare il più possibile la punta del bulino al lato rame del PCB. Adesso potete avviare l'elettromandrino facendo clic sul pulsante **Spindle on/off** (quello col simbolo a forma di fresa...) presente nel riquadro **Jog**. Con l'utensile in rotazione ed uno spostamento di 1 centesimo di millimetro (**Preset 0,01**) abbassate l'asse Z fino a quando il bulino non entra in contatto con il rame. A questo punto potete considerare la relativa posizione come coordinata zero dell'asse Z; per

effettuare l'azzeramento non vi resta che fare clic sul tasto **Zero Z** del quadrante **Control** (indicato con 1 freccia e Ø).

Dopo aver verificato che tutte le **Work coordinates** sono a zero, sollevate di un paio di mm l'utensile, quindi arrestate l'elettromandrino facendo nuovamente clic sul pulsante **Spindle on/off** presente nel solito riquadro **Jog**. Per avviare l'incisione delle piste dovete fare clic sul tasto **Send** presente nella parte bassa dello schermo; notate che adesso il tasto **RUN** diventerà di colore verde (Fig. 16).

È possibile variare la velocità di avanzamento della lavorazione in qualsiasi momento: allo scopo bisogna selezionare **Override** nel riquadro **Feed**, quindi agire sullo slider per incrementare o diminuire l'avanzamento.

Consigliamo, almeno per le prime lavorazioni, nelle quali bisogna valutare l'operatività della CNC, di effettuare piccole variazioni onde evitare di danneggiare l'utensile.

Per mettere in pausa il lavoro potete fare clic sul pulsante **Pause** presente nella parte bassa della schermata di grblControl; se per qualche ragione (ad esempio vi accorgete che il PCB non sta venendo come dovrebbe) volete interrompere il lavoro, dovete

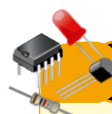
invece fare clic su **Abort**.

Al termine dell'incisione delle piste componenti il PCB l'elettrotroutensile si riposiziona alle coordinate X=0, Y=0 e Z= valore di sicurezza impostato durante la creazione del G-Code.

Se prevedete di effettuare anche la foratura, non rimuovete la basetta e non variate la posizione X Y dell'utensile; per eseguire la foratura del PCB seguire la medesima procedura importando, questa volta, il file G-Code relativo al piano di foratura ed utilizzando una punta avente lo stesso diametro impostato durante la creazione del G-Code in questione. Anche qui, per evitare di danneggiare il piano di lavoro della CNC consigliamo di mantenere sotto alla basetta il pannello in masonite (o faesite) da circa 3÷4 mm di spessore.

Al termine della lavorazione apparirà un messaggio come quello visibile nella Fig. 17.

Bene, avete così realizzato il vostro primo PCB inciso meccanicamente. Congratulazioni! ■



per il MATERIALE

È possibile acquistare tutti i componenti per realizzare la CNC (parti meccaniche ed elettroniche) in un unico ordine al prezzo di Euro 419,00 al link <https://goo.gl/bnKxnF>. Sempre presso Futura Elettronica è disponibile la scheda USB controller per la CNC (cod. FT1290M) che viene fornita montata e collaudata al prezzo di Euro 69,00. I prezzi si intendono IVA compresa.

Il materiale va richiesto a:

Futura Elettronica, Via Adige 11,
21013 Gallarate (VA)

Tel: 0331-799775 • Fax: 0331-792287

<http://www.futurashop.it>

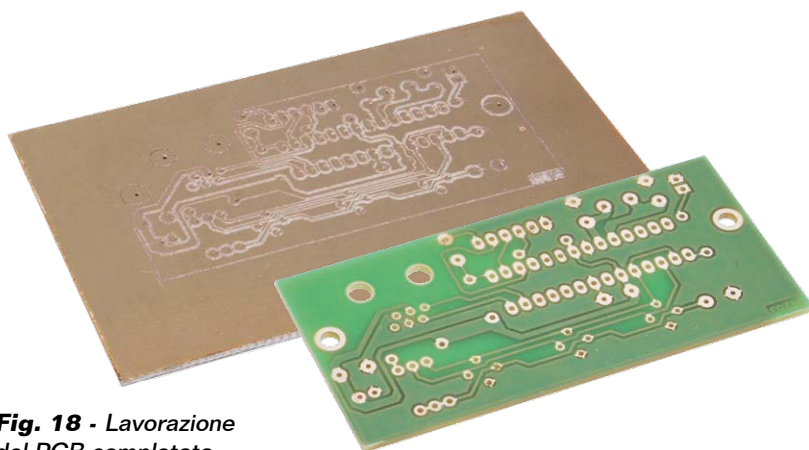


Fig. 18 - Lavorazione del PCB completata.