



Flavio Ansovini (ian27177)

FRESA CNC HOMEBREW

6 April 2009

Introduzione

Come si intuisce dal titolo, vorrei descrivere gli elementi fondamentali di una macchina a controllo numerico autocostruita per fresatura. Questo articolo non ha la pretesa di trattare tutte le problematiche , nè tanto meno la teoria legata alla costruzione di una macchina fresatrice a controllo numerico, vuole solo descriverne i passi necessari e i problemi riscontrati durante la sua costruzione.

Obbiettivi

Il fine del progetto è quello di realizzare una fresatrice a 3 assi che permetta di realizzare oggetti di piccole/medie dimensioni ma anche dotata della precisione necessaria a scontornare le piste di un PCB.

Cosa sono e come funzionano le macchine CNC

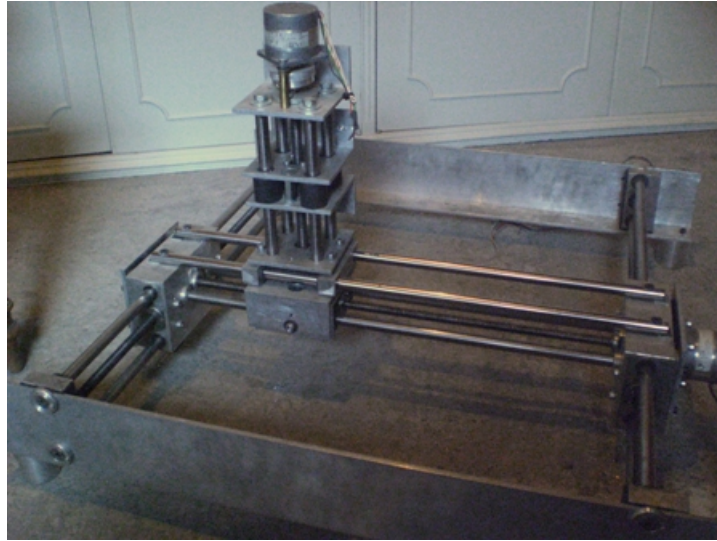
CNC sta per "Computer Numerical Control" , quindi una macchina utensile controllata da un computer. Ne esistono diversi tipi, dai torni alle frese a macchine ibride o custom. Tutte hanno la caratteristica di lavorare il materiale in modo completamente automatico, i comandi vengono impartiti dal computer in base ad un progetto elaborato e disegnato in precedenza per mezzo di un programma CAD. Le macchine cnc professionali sono in grado di riprodurre lo stesso pezzo con una rapidità impressionante e con margini di errore molto bassi. Le fasi di lavorazione vengono eseguite con utensili di tipo appropriato, prelevati da un magazzino utensili al suo interno in modo automatico, sono in grado di forare, filettare, tornire ,fresare e alcune possono anche fare una scansione 3D di un oggetto per poi riprodurlo. Le più avanzate hanno diverse libertà di movimento in modo da poter ruotare il pezzo ed intorno al pezzo, al fine di eseguire lavorazioni più complesse. Quando se ne vede una in funzione per la prima volta, si rimane impressionati dalla rapidità con cui si riesce ad ottenere una parte meccanica o un oggetto di uso comune a partire da un blocco di materiale grezzo, di fatto la macchina scolpisce il materiale fino ad ottenere il pezzo finito. Tuttavia, al contrario di quanto si possa pensare vendendole lavorare, queste macchine non sono dotate di una particolare intelligenza artificiale, eseguono solo una serie di comandi elementari impartiti in sequenza dal computer.

La fresa CNC homebrew

La mia fresa come ho già detto ha 3 DOF (almeno per ora), che sarebbero poi i tre assi di riferimento delle coordinate spaziali cartesiane , X, Y ,Z. Al lato pratico si tratta di un elettromandrino in grado di muoversi elettricamente in senso verticale (asse Z) ed in senso trasversale (asse X) e dal piano di fissaggio del materiale in grado di muoversi longitudinalmente (asse Y). Detta così sembra facile.. è quello che abbiamo pensato anch'io e mio padre Piero (io elettronico lui meccanico) quando un anno fa abbiamo deciso di costruirla.. ma ci sbagliavamo. In effetti ci sono state varie modifiche e revisioni al progetto iniziale, questo non per ottenere una maggior precisione o prestazioni migliori ma solo per farla muovere... Comunque oggi possiamo dirci soddisfatti dei risultati fino ad ora ottenuti e in questo articolo spero di chiarire le idee a chi intenda lanciarsi in un simile progetto.

Meccanica

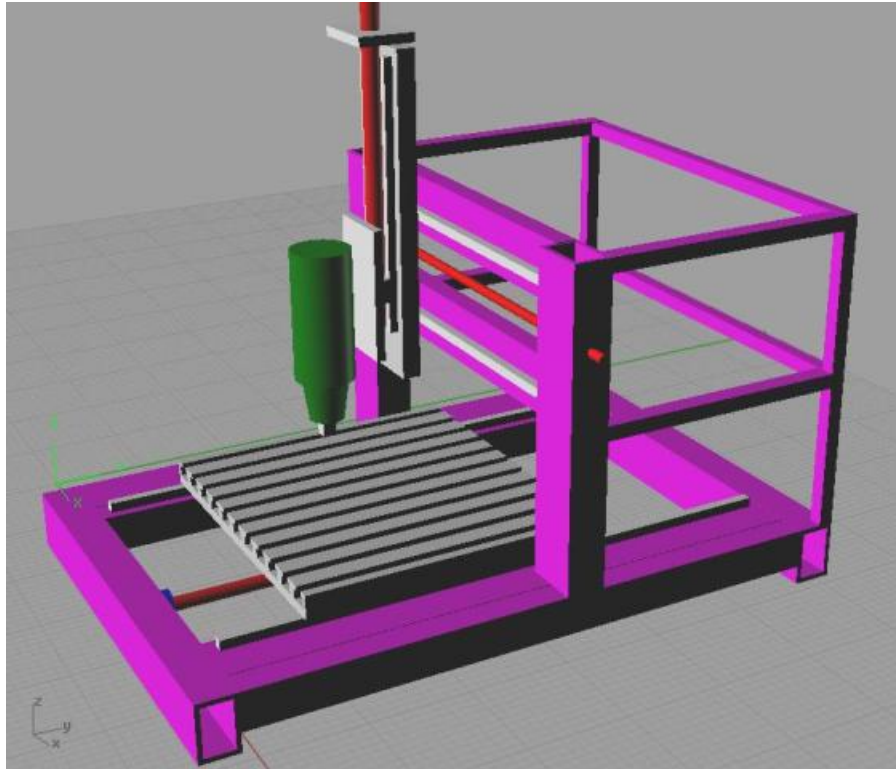
La parte meccanica è sicuramente la più complessa e costosa. Partire con il piede sbagliato significa buttare dalla finestra soldi e tempo, tuttavia, nella ricerca dei componenti "perfetti", un hobbista rischia anche di rendere irrealizzabile il progetto a causa dei costi elevatissimi delle meccaniche (se avete tanti soldi e non badate a spese meglio per voi!). Prima di iniziare bisogna considerare quel che si ha.. ovvero gli utensili, le macchine utensili a disposizione, e la precisione delle stesse! Questo lo dico perché se si fosse dotati di macchinari meccanici di precisione (e ovviamente delle necessarie competenze.. in questo caso potreste saltare al capitolo sull'elettronica!..) uno potrebbe anche pensare di autocostruirsi quasi tutto, risparmiando quindi i costi di parti meccaniche dedicate, ma immagino che la maggior parte (come noi del resto..) non siano dotati di tutto ciò, e quindi bisogna accettare di dover spendere un po' per le parti dove è necessaria una maggior precisione. Dal nostro canto lo abbiamo imparato dopo aver realizzato una struttura fatta di alluminio, barre rettificate, carrelli etc etc, tutto homebrew, bellissima da vedere, ma che non era in grado di funzionare a causa di qualche tolleranza (nell'ordine del 1/10 di mm) impossibile da eliminare con le attrezzature in nostro possesso.

*CIMG1212-2.jpg**CIMG1215-2.jpg*

Per la realizzazione abbiamo avuto a disposizione un tornio da banco, un trapano a colonna vari utensili manuali , mole , filiere, maschi etc. comunque nulla di particolarmente preciso o professionale. Tuttavia non ci siamo abbattuti e abbiamo iniziato a cercare nei negozi di meccanica di precisione , su internet , ovunque.. allora.. lì si che ci siamo abbattuti! I costi sono ESAGERATI, almeno per noi.. non sapevamo nemmeno se alla fine avrebbe funzionato.. e facendo le somme.. 0.85 Euro al cm la barra filettata(x3 m), 150 Euro una chiocciola a ricircolo di sfere(x3), 0.5 Euro al cm le guide a scorrimento (x3 m), 50 Euro un carrello (x6) .. + tutto il resto.. e l'elettronica.. insomma era veramente troppo. Per trovare i pezzi necessari ho semplicemente frequentato le fiere dell'elettronica, dove si possono

trovare cose, giudicate ciarpame da molti, ma che per te , in quel momento hanno un valore inestimabile. Allora trovi guide a scorrimento lineare smontate da qualche apparecchiatura biomedica.. motori stepper di qualche fotocopiatrice.. cuscinetti.. giunti assiali.. etc etc. La cosa che prima di tutto bisogna trovare sono le guide a scorrimento lineare, trovare il tipo della giusta misura e del modello appropriato significa avere il progetto in mano. Sì.. perché in questo modo il progetto lo rivedi ogni volta che compri un pezzo.. non esiste la ricetta adatta per tutti, dipende da quello che decidi di comprare. La ricetta esiste se sai già cosa puoi comprare, cosa hai a disposizione, su internet se ne trovano a centinaia, esistono siti web dedicati interamente alla costruzione di macchine cnc. In questi siti, alcuni fatti anche molto bene, si possono trovare innumerevoli progetti di macchine cnc, quasi tutte uguali a livello concettuale, ma che differiscono per i materiali usati, perché ovviamente ognuno ha usato quello che ha trovato! Io non intendo scrivere la ricetta del mio progetto cnc, è noioso e non servirà a nessuno, vorrei scrivere di cosa si può costruire in cantina.

Prima di tutto abbiamo realizzato lo scheletro della macchina, è la struttura che sorregge tutto il resto e quindi deve essere sufficientemente rigida per non flettere sotto il peso e lo sforzo della macchina in funzione. Infatti se la struttura si torcesse oltre all'ovvia conseguenza sul pezzo lavorato, l'effetto si andrebbe a ripercuotere anche sulle guide di scorrimento, con un aumento dell'attrito che potrebbe essere causa di blocchi dei movimenti. Nel nostro progetto abbiamo realizzato la struttura portante saldando tra loro profilati di ferro a sezione rettangolare di varie misure. Un disegno approssimativo lo si può vedere nell'immagine seguente:

*telaio2.jpg*

Ai due profilati longitudinali abbiamo fissato 4 guide a scorrimento lineare rollon , 2 per lato, ognuna provvista di un carrello adeguato, in modo da permettere il fissaggio del piano di lavoro ai carrelli e quindi lo scorrimento longitudinale (Y). I carrelli sono venduti insieme alle guide e scorrono grazie a tre cuscinetti in fila, di cui il centrale, essendo montato su un eccentrico ha anche la funzione di registro. Anche sul ponte abbiamo montato due guide analoghe per permettere lo scorrimento trasversale dell'utensile(X).Ai carrelli delle guide trasversali abbiamo fissato la torretta utensile della quale parlerò più avanti.

*xrail-sez.jpg*

Se il telaio e le guide sono state montate correttamente, a questo punto il piano di lavoro e la piastra sulla quale verrà montata la torretta devono essere in grado di scorrere liberamente. Per far sì che si possano muovere per mezzo di motori è necessario utilizzare una vite vincolata alla struttura e la chiocciola al piano e alla piastra, in modo che facendo girare la vite le parti mobili si muovano. L'ideale per ridurre al minimo gli attriti sarebbe quello di utilizzare una coppia vite e chiocciola a ricircolo di sfere. La vite non è proprio un filetto, ma è più una scanalatura a sezione semicircolare nella quale scorrono le sfere racchiuse nella chiocciola.



Chiocc ricircolo sfere.jpg

La funzione è la stessa ma la differenza sta nel fatto che l'attrito è ridotto al minimo e anche il gioco della chiocciola sulla vite è quasi nullo e non dovrebbe aumentare di molto con l'usura. Invece utilizzando viti e chioccioline "normali" si ha sempre un certo gioco ed un attrito dovuto allo sfregamento tra i due, inoltre riducendo il gioco aumenta inevitabilmente l'attrito. Il primo è un problema che si ripercuote sulla precisione ed il secondo richiede forze maggiori per eseguire lo stesso lavoro, quindi motori più grandi, alimentatori più potenti, strutture più rigide etc.. Di contro c'è il costo elevato che mi ha fatto decidere per una soluzione più economica, cioè l'utilizzo di viti trapezoidali da 12 mm fatte di un materiale di elevata durezza e buona rugosità con tolleranza di ± 0.1 mm ogni 300 mm di filetto, il che è accettabile. Accoppiate alle viti ho utilizzato delle chioccioline flangiate in bronzo con filetto a profilo trapezoidale, anch'esso da 12 mm.

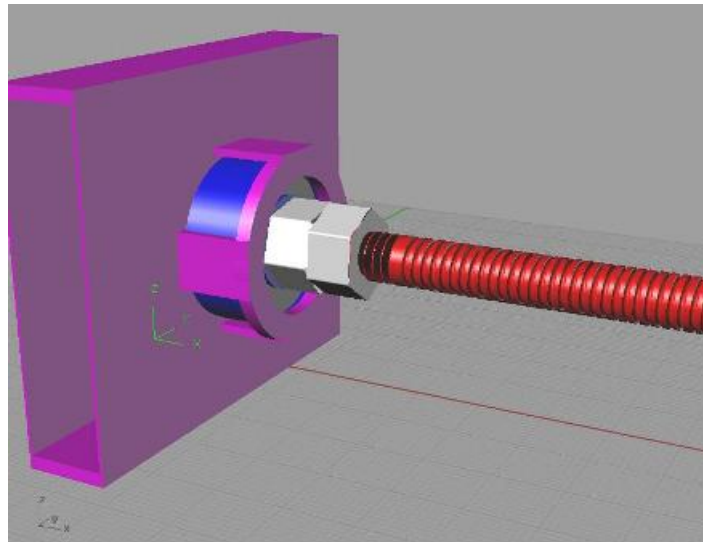
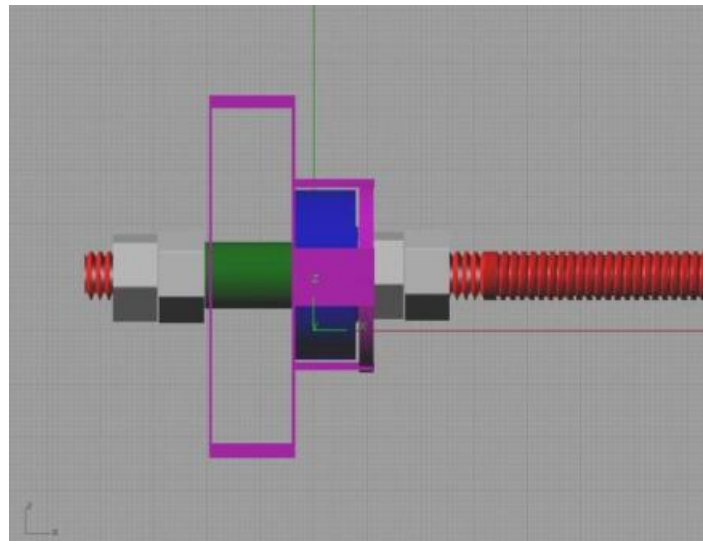


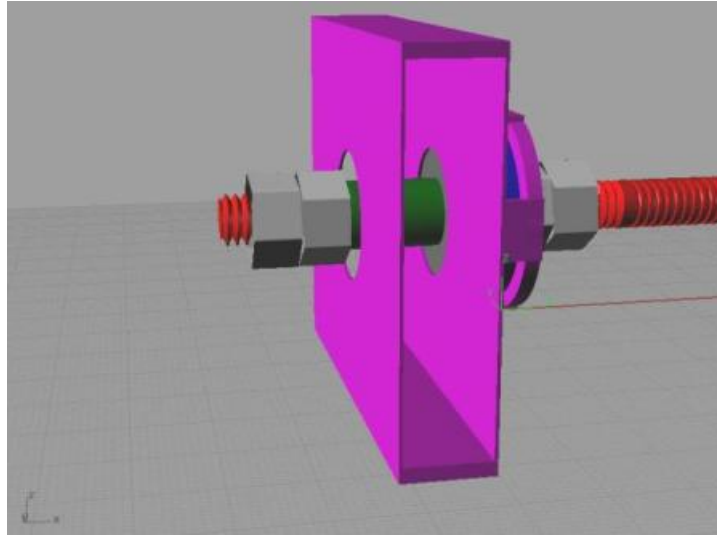
vitetrapezia.jpg



chiocctrapp.jpg

Affinchè la vite possa ruotare liberamente è necessario vincolarla alla struttura in metallo per mezzo di due cuscinetti ai suoi estremi. Per fare questo è stato necessario tornire la barra in modo che entrasse nei cuscinetti, e filettarla affinché con un dado+controdado si possano togliere eventuali giochi e permetterne il serraggio agli estremi lasciandola libera di ruotare nei cuscinetti. I cuscinetti sono stati fissati ai montanti per mezzo di boccole in alluminio tornito. Questo vale per entrambi gli assi X e Y , per l'asse Z c'è qualche differenza ma il concetto non cambia.

*mecc1.jpg**mecc2.jpg*

*mecc3.jpg*

A questo punto, se tutto è andato liscio abbiamo un piano che si muove lungo il nostro asse Y per mezzo di un asse in rotazione e la piastra di fissaggio della torretta lungo l'asse X. Siamo a buon punto! Per permettere che la fresa possa muoversi lungo l'asse verticale Z è necessario costruire la torretta. Abbiamo deciso di utilizzare come materiale l'alluminio, affinché non fosse troppo pesante da alzare, ed anche per comodità. Funziona come gli altri assi, ci sono due guide, solo più corte e una piastra alla quale è ancorato l'elettromandrino. Per il movimento verticale abbiamo utilizzato le stesse viti e chioccioline, ma solo un cuscinetto sulla parte superiore per questioni di ingombro. Un problema apparentemente banale ma che ci ha dato diversi grattacapi è quello dell'accoppiamento tra i motori e le barre filettate. Infatti tornire le boccole e le barre a misura, i fori per i grani ed i fori di fissaggio dei motori in modo che tutto sia in asse non è stato affatto semplice. Del resto basta che il foro della boccia sia leggermente più largo dell'asse perché il tutto risulti disassato, con la conseguente rottura a breve del motore. Una soluzione che non ho ancora avuto il tempo di adottare ma che ho lì pronta è l'utilizzo di giunti elastici.



giunti6.jpg

Questi componenti, grazie alla lavorazione a spirale, permettono l'accoppiamento di due barre non perfettamente in asse senza perdite dovute alla flessibilità del materiale, come nel caso dei giunti in gomma.

Elettronica

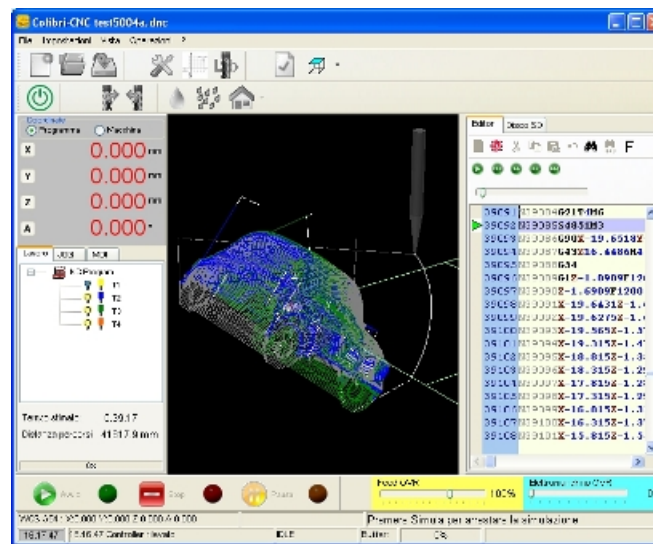
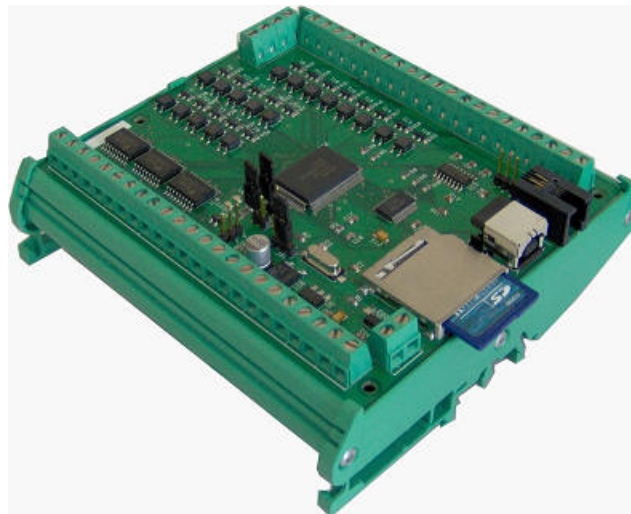
A questo punto passiamo alla parte elettronica del progetto. Si tratta di montare 3 motori passo passo ai tre assi. Per questi scopi in genere si usano motori passo passo perché, grazie alle loro caratteristiche uniche, è possibile conoscere con esattezza la posizione del motore anche in un sistema ad anello aperto, almeno finché va tutto bene ed il motore non si blocca. Inoltre hanno buone caratteristiche di coppia, a scapito però della velocità di rotazione che nel nostro caso non è fondamentale (sempre se si ha pazienza!).



Stepper_Motor.jpg

Questi motori, detti anche stepper, permettono di ottenere buoni risultati con una piccola spesa, inoltre si trovano comunemente alle fiere e costruire un azionamento è semplice. Certamente non sono il top, l'ideale sarebbero motori brushless.. ma hanno costi nettamente superiori, non sono così diffusi per scopi non professionali e gli azionamenti in confronto sono costosissimi.. quindi li ho esclusi subito. Comunque c'è da dire che molte macchine cnc commerciali di pari dimensioni utilizzano motori stepper non dissimili da quelli usati da noi. Per quanto riguarda i driver dei motori ho utilizzato la "famosa" coppia l297-l298, che sono rispettivamente il controller, che suddivide l'onda quadra del clock nelle quattro onde relative ad ogni bobina del motore, ed il full bridge driver, che permette di pilotare fino carichi di 1.5A- 35V da impulsi TTL. Al contrario di quanto si possa credere leggendo sui forum in relazione

ai due “signori” appena presentati, io mi sono sempre trovato bene.. pare che tutti li usino e molti se ne lamentino.. non è che ci siano nemmeno molte alternative low cost.. Certamente acquistando un azionamento professionale si ottengono prestazioni superiori, e si arriva a pilotare i motori anche con sezioni di passo molto piccole (fino ad 1/64 di passo, con l297 solo fino al 1/2 passo), ma nell’ottica del risparmio.. la premiata coppia secondo me vince. Comunque ho trovato l298 robusto, l’ho stressato parecchio, anche provando configurazioni di motori fantasiose e non mi ha mai tradito, non scalda nemmeno molto. Leggendo il datasheet dell’l297 in fondo si può trovare lo schema di connessione tra i due.. praticamente il circuito è tutto lì... bisogna solo stare attenti a regolare correttamente la corrente di uscita delle bobine in funzione del carico , altrimenti l’l298 diventa utile solo per fare le uova al tegamino. Per connettere il pc agli azionamenti in genere si usano degli optoisolatori, questo per limitare i rischi di danneggiamento del pc. Nei progetti di cnc amatoriali (e anche qualcuno commerciale) , per risparmiare si utilizza come interfaccia la porta parallela. Lo svantaggio più grosso è dato dal fatto che se si utilizzano s.o. Microsoft , è difficile averne il controllo completo. Anche se alcuni software lo promettono, per esperienza personale, succede a volte che qualcosa ne prevarichi il funzionamento. In effetti, per una macchina a 3 assi servono solo 6 segnali, i tre clock dei motori e le tre direzioni dei motori. C’è però da tenere presente che i 3 segnali di clock sono onde quadre, di frequenza proporzionale alla velocità di rotazione dei motori. Se gli stepper sono da 200 passi/giro e li voglio pilotare a 1/2 passo, per una velocità lineare di 400 mm/min (è la velocità di taglio che uso per i pcb) ed una vite con passo da 2 mm Sono circa 1333 Hz, il che non sarebbe un problema per una parallela, se non fosse che il s.o. non essendo realtime non garantisce l’accesso incondizionato alla porta. C’è anche il problema che ormai le parallele sono quasi in disuso e sui portatili non le montano più da tempo. Esistono varie interfacce seriali ed usb che funzionano egregiamente ed hanno prezzi abbordabili. Per un certo periodo mi era balenata l’idea di costruirmene una.. ed avevo anche scambiato info tecniche con un francese che aveva prodotto un programma per gestire generiche macchine CNC. Quindi per un po’ di tempo ho utilizzato un’interfaccia seriale homebrew .. ma aveva sempre problemi ad interpolare le curve. Tuttavia ho sempre considerato questa macchina, non come un progetto fine a sé stesso, ma come un mezzo per poter creare cose nuove, uno strumento, e non volevo che diventasse lei stessa oggetto di uno studio troppo impegnativo (e già di tempo me ne aveva portato via tanto..), quindi un giorno decisi di risolvere una volta per tutte il problema e di comprarmi un’interfaccia commerciale, e mi comprai un’interfaccia esagerata! Questa: http://www.twintec.it/colibri.htm#colibri_controller

*colibri-cnc1.jpg**colibri.jpg*



Keypad.jpg

In dotazione c'è anche il software di controllo veramente ben fatto e funzionale. La scheda è provvista di usb, sd-card per dati e firmware, gestisce fino a 6 assi!! Poi ha tutti gli ingressi per i fine corsa e i limiti, le uscite per eventuali luci o allarmi, e anche un'uscita analogica per un eventuale regolatore di velocità per l'elettromandrino. Insieme alla scheda ho anche acquistato un pannello di controllo remoto, per muovere la macchina senza l'uso del pc. Inoltre devo dire che i signori della Twintec di Catania si sono sempre comportati benissimo, rendendosi sempre disponibili a risolvere i problemi che gli ho sottoposto e a rispondere alle mie domande.

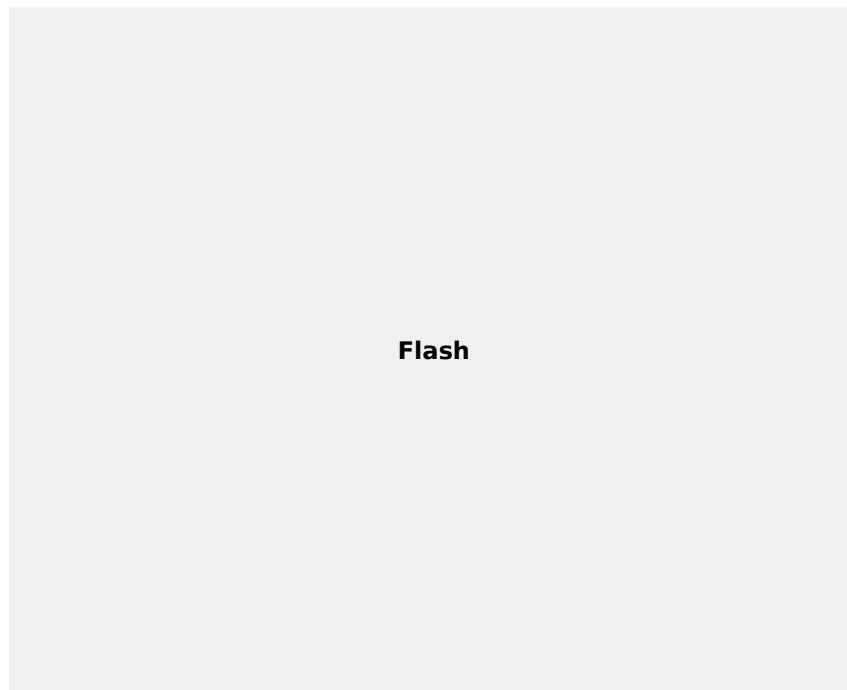
Software

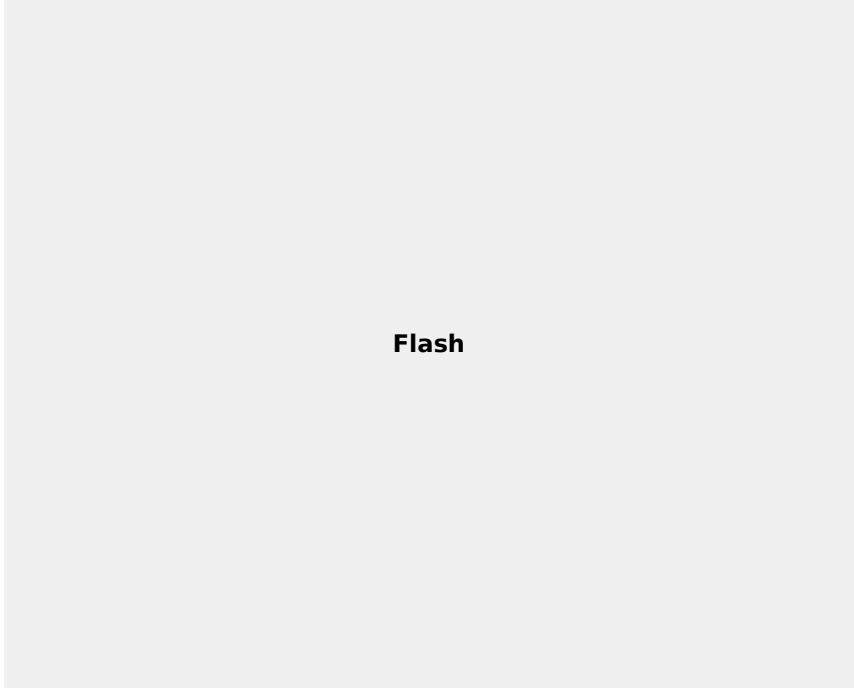
Per la realizzazione di parti meccaniche, si inizia col disegnare il pezzo con un comune software CAD tipo Autocad, Rhino, Bobcad o molti altri.. Ottenuto il disegno tridimensionale del pezzo, è necessario un software che in base alle caratteristiche meccaniche della macchina e dell'utensile e in base alle nostre preferenze di lavorazione, come il tipo di lavorazione, lo spessore di ogni passata, il tipo di approccio, le velocità di taglio, di approccio, movimenti rapidi, e molte altre caratteristiche, calcoli i vettori che l'utensile deve seguire per eseguire correttamente la lavorazione. In poche parole (..e povere) si tratta di ricavare tutti i percorsi che l'utensile deve fare passata dopo passata. Lo standard più usato è l' RS274NGC G-CODE, esso consiste in una lunga lista di comandi, per lo più coordinate e comandi di spostamento, ma anche cambio utensile, pausa, velocità

mandrino , impostazione delle coordinate dello zero pezzo .. etc etc.. Il compito di calcolare il file in g-code viene eseguito da programmi chiamati CAM (Computer Aided Manufacturing). A volte è un plug-in del programma di CAD, come nel caso di RhinoCAM, mentre altre ne è parte integrante come il caso di Bobcad (CAD/CAM) oppure può anche essere completamente separato. Una volta ottenuta la trasformazione da disegno 3D a file g-code , sia nel caso si voglia utilizzare un'interfaccia seriale che parallela, è necessario un software che sia in grado di controllare la macchina ed impartirgli tutti i comandi. Nel primo caso il sw deve essere dedicato, o meglio, deve essere previsto che possa interfacciarsi al protocollo usato dall'hardware. Come ho già detto, nel mio caso il software è stato fornito dalla Twintec, nel caso invece si voglia utilizzare la porta parallela esistono svariati software di controllo. I più diffusi sono kCam , e Mach3 (+ il secondo). Per quanto riguarda i circuiti stampati il discorso non cambia, è necessario un software che calcoli il g-code dalle piste progettate con il programma CAD. Io ad esempio utilizzo Eagle, perché funziona bene per lo scopo hobbistico, senza troppi fronzoli ed è free per pcb <= di 100X80. Inoltre c'è un'ampia scelta di plug-in sempre free, tra cui Eagle-gcode appunto per la scontornatura delle piste con la cnc.

Filmati della fresa CNC in funzione

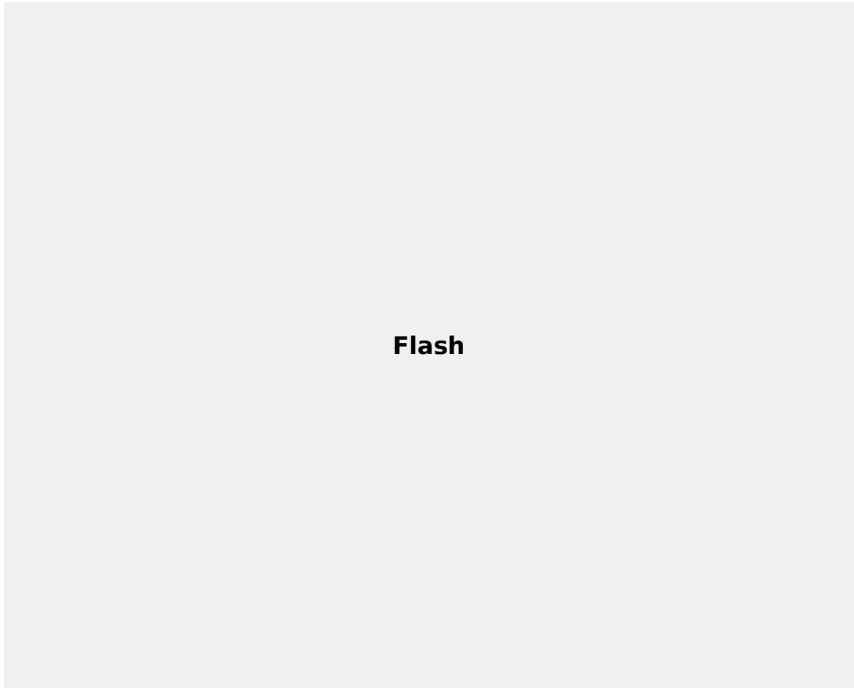
A questo punto, dopo aver detto tutto e niente, passo a presentare un paio di filmini della nostra macchina CNC Homebrew (era funzionante ma ancora in fase di costruzione..).



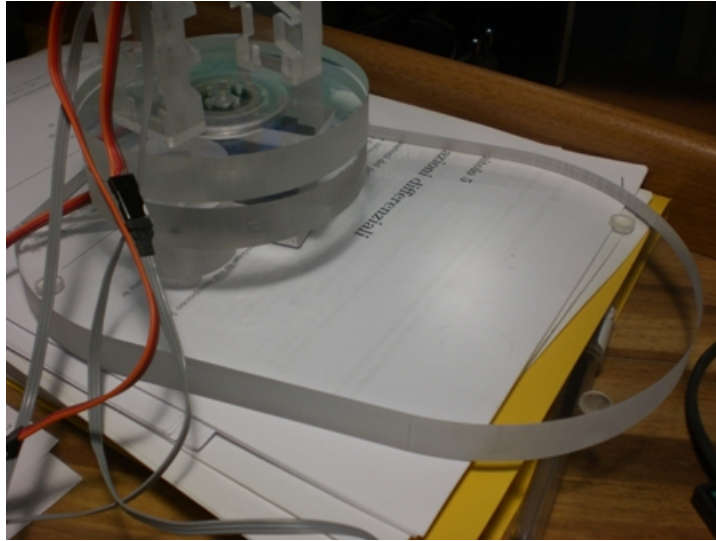
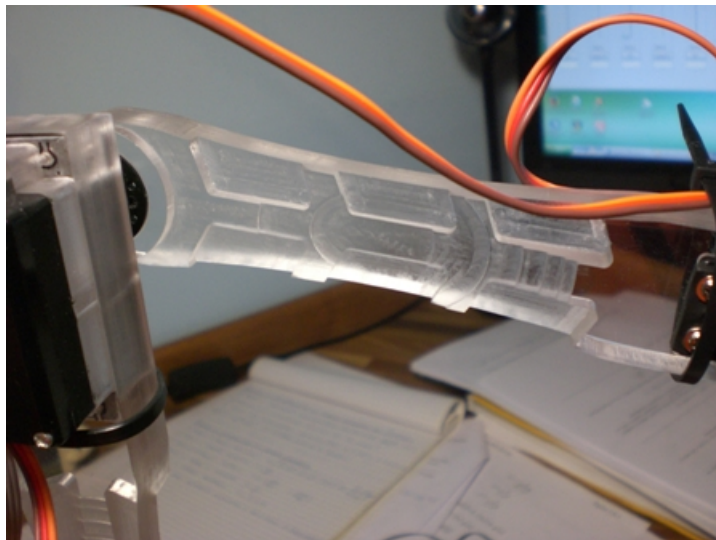


Flash

In entrambi si vede la lavorazione delle parti meccaniche di un braccio robotico con 5DOF , nel terzo film si vede il braccio assemblato e in funzione e in seguito alcuni dettagli.



Flash

*CIMG1225-2.jpg**CIMG1229-2.jpg*

In questa foto si può vedere un esempio di lavorazione della basette di rame per la produzione di PCB.

*CIMG1221-2.jpg*

Ending...

Ho scritto questo per lo più per stimolare la fantasia di chi proprio non sapeva da dove cominciare o non si è mai nemmeno posto il problema. Nè io nè mio padre siamo esperti di macchine a controllo numerico, tuttavia pensiamo che considerando la base da cui siamo partiti i risultati siano apprezzabili, e ci è sembrato interessante presentarli ai lettori di Electroportal. Prego gli esperti del settore di farmi notare eventuali mancanze o imprecisioni, sarei il primo a beneficiarne! Per tutti gli altri, sono a disposizione per eventuali chiarimenti.

Un saluto, Flavio e Piero

Estratto da
[index.php?title=UsersPages:Ian27177:s](http://www.electroyou.it/mediawiki/index.php?title=UsersPages:Ian27177:s)

["http://www.electroyou.it/mediawiki/index.php?title=UsersPages:Ian27177:s"](http://www.electroyou.it/mediawiki/index.php?title=UsersPages:Ian27177:s)