

# Uso e montaggio dell' “ELS Reborn”

## Licenza e Avvertenze.

Questo lavoro e' stato realizzato Macheda Francesco ( utente Fra&Mac nel forum CNC Italia Forum ) ed e'stato pubblicato per la prima volta nel forum CNC Italia Forum.

Questo lavoro Hardware e Software e' free: e' possibile redistribuirlo e/o modificarlo sotto i termini della licenza GNU General Public License come pubblicata dalla Free Software Foundation versione 3 della licenza o successive.

Questo lavoro hardware e software e' distribuito nella speranza che sia utile ma, SENZA NESSUNA GARANZIA escludendo quindi anche quelle di COMMERCIALIZZABILITA' o UTILIZZO PER UN PARTICOLARE SCOPO. Per i dettagli vedere la GNU General Public License.

Nello sviluppo del presente lavoro si e' cercato di evitare errori ma, non se ne puo' escludere la presenza.

Nella costruzione e/o uso possono esserci molti rischi e pericoli il costruttore finale /utilizzatore finale e' direttamente e solo responsabile di quello che fa' in qualsiasi momento e forma.

## INDICE

- Descrizione Generale	3
- Uso dell'ELS	4
- Prima Accensione	4
- Velocita' Mandrino	4
- Movimento Veloce	4
- Movimento Lento	5
- Avanzamento Libero	5
- Avanzamento Vincolato	5
- Filettatura	6
- Posizione Angolare	7
- Impostazioni	8
- Salva Setup	9
- Ripristina Default	9
- Test EMI	9
- Circuito/Montaggio dell'ELS	10
- Schema Generale ELS – Mondo esterno	10
- Circuito e componenti	12
- Circuito stampato	13
- Montaggio	14
- Utilizzo di un driver esterno	16

# Descrizione Generale

Il presente Lavoro prende spunto da quanto realizzato da McMax che quindi ringrazio essendo all'origine del mio interesse per gli ELS la documentazione di McMax e' pubblicata e disponibile all'indirizzo :<https://github.com/McMax1973/ELS---Electronic-Lead-Screw/tree/main>

Il presente progetto e' comunque profondamente diverso sia come Hw utilizzato che come firmware.

In generale e' diversa sia l'interfaccia utente che le routine di comando delle diverse funzioni.

In particolare le routine di controllo dei movimenti sono completamente riscritte.

L'hardware utilizzato si basa sull'Arduino UNO R4 Minima e non sull'Arduino UNO R3, il nuovo microprocessore e' un 32 bit a 48 Mhz contro gli 8 bit e 16 Mhz della versione precedente inoltre aumenta sia la memoria del processore che il numero di interrupt gestibili permettendo di inserire facilmente controlli/funzioni prima implementabili con difficolta'.

Esempio di tali modifiche sono la gestione di due fine corsa tramite interrupt e la possibilita' di gestire un encoder a tre canali ( Z, A, B ) al posto di un encoder a soli due canali ( A, B ).

## Funzioni principali

Le operazioni possibili comandate dal menu principale sono in ordine:

- Velocita' Mandrino
- Movimento Veloce
- Movimento Lento
- Avanzamento Libero
- Avanzamento Vincolato
- Filettatura
- Posizione Angolare
- Impostazioni
- Salva Setup
- Ripristina Default
- Test EMI

L'ELS si presenta con uno schermo da 20 caratteri per 4 righe ed i seguenti comandi:

- 1) joystick con movimenti SX/DX, SU/GIU, pulsante SEL
- 2) pulsante ESC
- 3) pulsante RESET



tramite i comandi precedenti si possono utilizzare tutte le funzione dell'ELS.

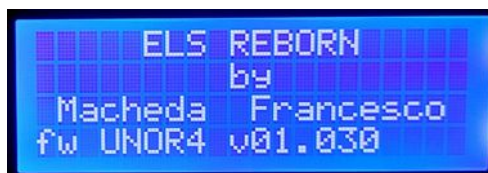
E' possibile installare due **fine corsa** ( uno a SX e uno a DX ) per evitare collisioni non volute. I fine corsa devono essere NC ( normalmente chiusi ) nel caso non li si voglia installare bisogna chiudere i relativi contatti ponticellando i relativi connettori.

**Dopo che un fine corsa sia intervenuto l'unico modo per riattivare l'ELS e' spegnerlo eliminare il contatto muovendo manualmente il carro in posizione sicura e poi riaccendere l'ELS.**

# Uso dell'ELS

## Prima accensione

All'accensione compare il nome dell'ELS, dell'autore e della versione utilizzata dopo 2.5 s si passa automaticamente alla funzione di Velocita' Mandrino. La scelta di passare alla funzione Velocita' Mandrino e non al menu' principale e' legata al fatto che molto spesso il tornio sara' utilizzato in manuale e quindi la funzione utilizzata il piu' delle volte sara' la visualizzazione della velocita' mandrino (almeno per lo scrivente e' cosi').)



**Solo alla prima accensione** bisogna inizializzare la EEPROM dell'Arduino R4 con i parametri di default per fare cio' e sufficiente premere il pulsante SEL mentre e' visualizzata la schermata iniziale.

Un modo alternativo di caricare i valori iniziali nella EEPROM e' dal men' "Ripristina Default" seguito da "Salva Setup".

**Attenzione** la memoria EEPROM puo' essere riscritta solo circa 1000 volte percui l'operazione non e' assolutamente da ripetere ad ogni accensione.

## Velocita' Mandrino

La funzione mostra la velocita del mandrino in RPM la sola opzione disponibile e' di uscita dalla funzione per accedere al menu principale tramite il pulsante ESC



## Movimento Veloce

la funzione permette di muovere il carro del tornio alla massima velocita' impostata nel setup. L'utilizzo e' tramite il joystick SX/DX viene visualizzata la posizione del carro tenendo conto degli spostamenti effettuati. La posizione iniziale e' 0 ma puo' essere resettata in qualsiasi momento tramite il pulsante RESET.

La posizione reale risente ovviamente del gioco presente nella meccanica del tornio e non viene corretta via SW.

Per uscire dalla funzione premere ESC.



## Movimento Lento

La funzione permette di muovere il carro molto lentamente in modo controllato e permette di raggiungere la posizione desiderata in modo molto preciso ( ad esempio fare lo zero contro un pezzo utilizzando un foglio sottile di riscontro )

Tramite il tasto RESET si puo' resettare la posizione visualizzata e tramite il tasto ESC si esce dalla funzione.

La posizione reale risente ovviamente del gioco presente nella meccanica del tornio e non viene corretta via SW.



## Avanzamento Libero

La funzione permette di settare la velocita' di avanzamento in centesimi/giro e di muoversi di quanto desiderato a SX e DX tramite il joystick ( SX/DX ). Per effettuare il movimento il joystick va mantenuto a SX o DX rilasciando il joystick il movimento si ferma.

Per settare la velocita' di avanzamento desiderata muovere il joystick SU/GIU

La posizione raggiunta viene riportata sull'LCD e' possibile resettarne il valore con il tasto RESET.

La posizione reale risente ovviamente del gioco presente nella meccanica del tornio e non viene corretta via SW.

Per uscire dalla funzione e tornare al menu principale premere il tasto ESC



## Avanzamento Vincolato

La funzione permette di settare la velocita' di avanzamento in centesimi/giro e di muoversi tra due limiti impostabili a piacimento.

La posizione del carro all'entrata della funzione dovra' essere interna ai limiti di spostamento desiderati e verra' assunta come posizione 0.

All'entrata nella funzione bisognera' settare i parametri desiderati ( vlocita' di spostamento, limite SX, limite DX ).

muovendo il joystick con dei colpi veloci a SX o DX ci si sposterà da un parametro al successivo ( la cosa e' evidenziata da un asterisco a fianco del parametro modificabile ) una volta selezionato il parametro lo si potra' modificare muovendo il joystick SU/GIU.

Quando tutti i parametri hanno i valori desiderati si puo' premere il tasto SEL per iniziare i movimenti.

Il valore SX non potra' essere che 0 o inferiore ed il valore DX non potra' essere che 0 o superiore.

Per effettuare il movimento basta un colpo di joystick nella direzione desiderata ed il carro si muovera' fino al limite settato.

La posizione raggiunta viene riportata sull'LCD.

La posizione reale risente ovviamente del gioco presente nella meccanica del tornio e non viene corretta via SW.

Per uscire dalla funzione e tornare al menu principale premere il tasto ESC



## Filettatura

La funzione permette di eseguire filettature SX o DX con qualsiasi passo e lunghezza.

Per le filettature a passo non metrico basta convertire il passo in unità metriche.

La forma del filetto dipenderà ovviamente dall'utensile utilizzato.

Il sistema riproduce la modalità di filettatura manuale e quindi l'avanzamento trasversale (asse X del tornio) sarà gestito in manuale a cura dell'operatore.

La posizione del carro all'entrata della funzione dovrà essere al limite DX per le filettature DX e al limite SX per le filettature SX.

La posizione succitata dovrà essere raggiunta da un movimento che avviene dall'interno del campo di filettatura desiderato in questo modo il sistema sarà in grado di compensare i giochi meccanici (valore specificato nel setup) presenti nella movimentazione del tornio.

Il limite superiore di passo realizzabile dipende dalla particolare implementazione realizzata e verrà calcolato in automatico dal sistema che evidenzierà sull'LCD il problema.

Il limite dipende dalla velocità di spostamento (tramite il motore stepper) che è possibile realizzare con il carro e dalla velocità di rotazione del mandrino.

A titolo d'esempio:

- Velocità mandrino 500 rpm
- Velocità massima stepper 500 rpm
- Spostamento carro per ogni giro dello stepper 2 mm/giro

Il passo limite sarà di 2mm, volendo eseguire filettature con passo maggiore si può agire, fissata la meccanica, sul numero di giri del mandrino

Dall'esempio precedente riducendo la velocità mandrino a 100 rpm il passo limite diventa 10 mm.

All'entrata nella funzione bisognerà settare i parametri desiderati (verso vite, passo, lunghezza filettatura).

Muovendo il joystick con dei colpi veloci a SX o DX ci si sposterà da un parametro al successivo (la cosa è evidenziata da un asterisco a fianco del parametro modificabile) una volta selezionato il parametro lo si potrà modificare muovendo il joystick SU/GIU.

Quando tutti i parametri hanno i valori desiderati si può premere il tasto SEL per iniziare la filettatura.

Per eseguire la corsa di lavorazione o il ritorno è sufficiente premere una volta il tasto SEL.

**Attenzione** nella corsa di ritorno bisogna ricordarsi di portare manualmente l'utensile in una posizione di "non lavoro" in quanto l'asse X del tornio non è gestito dal programma.

Come per tutti gli ELS vi sarà una fase iniziale di accelerazione ed una finale di decelerazione del carro, tali fasi saranno tanto più brevi quanto maggiore sarà l'accelerazione/decelerazione gestibile dalla particolare implementazione. Durante questi transitori il passo della filettatura sarà

inferiore a quello impostato, per ovviare a tale inconveniente bisogna prevedere due zone dove la filettatura non verrà utilizzata ( ad esempio partire un poco prima e mettere una gola alla fine del filetto ).

Un accortezza banale ma essenziale da osservare per avere una buona filettatura e' quella di operare ad una velocità mandrino stabile e con una coppia sufficiente per le profondità di taglio che si vogliono utilizzare altrimenti si avranno filetti irregolari.

Nel caso si utilizzi il canale Z dell'encoder ( deve essere collegato con un rapporto 1:1 con l'asse mandrino ) sarà possibile spegnere il mandrino, provare la filettatura e, nel caso, riaccendere il mandrino aspettare che vada allo stesso regime precedente e quindi continuare con ulteriori passate ( ovviamente non bisogna nel frattempo muovere il carro manualmente ).



## Posizione Angolare

La funzione mostra la posizione angolare del mandrino, entrando nella funzione l'angolo mandrino sarà 0. E' possibile muovere il mandrino nella posizione angolare desiderata e resettare a 0 la posizione mandrino tramite il tasto RESET.

La visualizzazione della posizione e' in gradi sessadecimali ( 360 gradi per l'angolo giro e un valore frazionario dopo la virgola e non in primi e secondi ).

Per uscire dalla funzione premere il tasto ESC.

La Posizione Angolare e' l'unica funzione che trae vantaggio da un encoder con elevata risoluzione ( l'implementazione moltiplica per 4 la risoluzione di targa dell'encoder utilizzando tutti i fronti dei canali A e B ).

Nel Setup bisogna riportare il dato di targa dell'encoder.

Nel caso si utilizzi un encoder con canale Z ( collegato 1:1 con l'asse mandrino ) non si ha nessuna controindicazione ad utilizzare un encoder ad alta risoluzione, bisogna comunque osservare che la precisione sarà comunque influenzata dalla meccanica di collegamento dell'encoder all'asse mandrino per cui la precisione letta potrebbe essere "apparente".



**nota:** al posto di un encoder con canale Z si potrebbe usare un encoder con i soli canali A e B ed aggiungere un sensore sull'asse mandrino che fungerà da canale Z.

## Impostazioni

la funzione permette di adattare il firmware alla particolare implementazione realizzata.

La funzione modifica i parametri di funzionamento del firmware. Per renderli disponibili ad una successiva accensione bisogna comunque utilizzare, successivamente, la funzione “Salva Setup”. E’ preferibile variare questi parametri direttamente dall’IDE Arduino prima della compilazione e scrittura sul microprocessore in modo che si adattino all’installazione specifica.



I parametri impostabili sono:

parametro	significato
- passi encoder/giro	numero di step/giro ( dato di targa ) dell'encoder usato
- tau mandrel encod	rapporto trasmissione tra mandrino ed encoder inserito per considerare anche rapporti non interi ( quando l'asse encoder gira piu' lentamente dell'asse mandrino il valore e' superiore a 1) <b>ATTENZIONE:</b> il rapporto (passi encoder/giro )/( tau mandrel encod ) deve essere intero
- passo vite madre	passo avanzamento del carro in mm/giro
- passi stepper/giro	numero di step del motore passo-passo affinche' la "vite madre" del carro compia 1 giro completo ( bisogna quindi tenere conto del microstepping e del rapporto meccanico del montaggio )
- Acceleraz step/s^2	accelerazione motore stepper in steps/s^2
- Deceleraz step/s^2	decelerazione motore stepper in steps/s^2
- rit. per mandr. on	ritardo in microsecondi per consentire al mandrino di raggiungere la velocità costante
- Valore logico CW	LOW o HIGH variabile che controlla il senso di rotazione dello stepper
- gioco	gioco nella meccanica di movimentazione del carro in mm
- Vel max stepper	Velocita' massima del motore passo-passo in rpm
- def lunghezza vite	default per la lunghezza da filettare in mm
- default verso vite	parametro che controlla il default del verso di filettatura, LOW destrorsa HIGH sinistrorsa
- default passo vite	passo filettatura di default in mm
- def min dist lib	distanza minima da percorrere in movimento libero e avanzamento libero ( oltre alla parte di acc e decelerazione ) e' utilizzato per pacchettizzare il controllo sullo stato del joystick
- verso joystick X	verso di utilizzo asse x del joystick ( SX/DX )
- verso joystick Y	verso di utilizzo asse y del joystick ( SU/GIU )



- contr iniz filet

tipo di controllo per inizio filettatura , LOW  
canale Z , HIGH canale A

## Salva Setup

La funzione salva il setup attuale sulla EEPROM e sara' disponibile come setup attivo alla prossima accensione.

ATTENZIONE: la memoria EEPROM puo' essere riscritta solo per circa 1000 volte e quindi deve essere usata solo quando si voglia effettivamente conservare i parametri per gli utilizzi futuri.

## Ripristina Default

La funzione ripristina i parametri di default previsti nel programma alla routine EEPROM.ino .  
E' preferibile variare questi parametri direttamente dall'IDE Arduino prima della compilazione e scrittura sul microprocessore in modo che si adattino all'installazione specifica.

## Test EMI

La funzione e' stata introdotta in quanto i disturbi elettromagnetici disturbano il normale funzionamento ed introducono errori non prevedibili, In particolare falsano il numero di step letti dall'encoder o falsano il numero di step eseguiti dal motore stepper.

Il test e' pensato per essere realizzato con:

- Encoder connesso elettricamente ma sconnesso meccanicamente.

- Trascinamento carro inserito. Bisogna **porre particolare attenzione allo spazio disponibile ai lati del carro** in modo da evitare impatti. Il carro si muovera' di 12000 step motore ( oltre a quelli necessari per accelerare e decelerare ) prima in una direzione e poi in quella opposta.

Entrando nella funzione il test parte immediatamente e ne esce automaticamente dopo 5 s dalla conclusione e visualizzazione del risultato.

Per controllare la perdita di passi bisogna verificare la posizione del carro prima e dopo il test che deve coincidere a meno del gioco della meccanica.



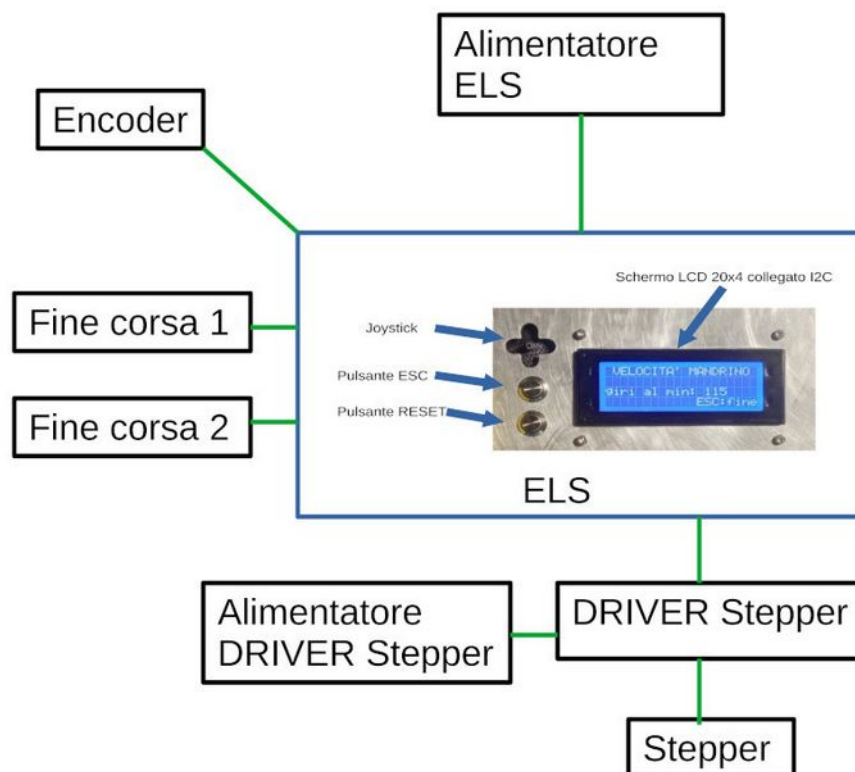
## Circuito/Montaggio dell'ELS

In questa parte verra' descritto il circuito ed il montaggio dell'ELS in se' ma non saranno descritte le modifiche meccaniche da fare sul tornio per il montaggio delle parti accessorie ( motore stepper, driver, alimentatore, encoder, fine corsa ) in quanto fortemente dipendenti dalla particolare implementazione che si vuole realizzare.

Nel paragrafo successivo viene comunque fornito uno schema di principio delle parti che si dovrebbero collegare all'ELS per ottenere un sistema funzionante.

## Schema Generale ELS – Mondo esterno

L'ELS in esame e' solo una parte del sistema da realizzare. I componenti da collegare dipendono per caratteristiche, dimensioni e montaggio dalla particolare installazione che si vuole realizzare. Lo schema di principio sara' comunque il seguente:



Di seguito una breve descrizione ( non esaustiva ) dei moduli esterni da collegare:

**- Alimentatore ELS:** l'alimentatore ELS serve ad alimentare il circuito dell'ELS con l'Arduino UNO R4 vi sono diverse possibilita' di alimentazione:

- alimentare l'Arduino R4 dalla presa prevista su R4 con un alimentatore dc tra 7.5 e 24V
- alimentare l'Arduino R4 tramite l'usb integrata con un alimentatore dc a 5V
- alimentare l'ELS ( e di conseguenza l'Arduino R4 ) con un alimentatore dc 5V dai pin previsti sulla scheda dell'ELS ( **Attenzione** che tale alimentazione bypassa le protezioni dell'Arduino).

- alimentare l'ELS ( e di conseguenza l'Arduino R4 ) con un alimentatore dc 7.5-24V dai pin previsti sulla scheda dell'ELS VIN.

- **Encoder:** l'encoder deve essere un modello alimentabile a 5V dc possibilmente a 3 canali ( Z A e B ) in quanto il canale Z sarebbe particolarmente utile per la funzione di filettatura.

La risoluzione dell'encoder e' ininfluyente sulla precisione delle varie funzioni.

L'unica funzione influenzata dalla risoluzione dell'encoder e' la funzione di "Posizione Angolare" in quanto ovviamente la precisione dipendera' del numero di tacche sul giro dell'encoder ( viene comunque moltiplicato per 4 il dato di targa dell'encoder).

**Attenzione** che la precisione del posizionamento angolare non dipende solo dall'encoder ma anche dal montaggio meccanico e quindi avere un numero elevato di tacche sull'encoder serve spesso solo ad incrementare i costi inutilmente:

- **Fine corsa:** i fine corsa sono due interruttori normalmente chiusi ( NC ) che servono a limitare via HW la corsa del carro in modo che, se opportunamente montati, evitino collisioni tra l'utensile/carro e altre parti del tornio ( mandrino, contropunta, ... ).

**Attenzione**, i fine corsa sono gestiti tramite interrupt per cui bloccano il motore stepper in tempi brevissimi indipendentemente dall'operazione in corso ma comunque il carro avra' una sua inerzia e quindi bisognerebbe prevedere uno spazio/fermo opportuno per evitare il contatto fisico tra utensile/carro e le parti che si vogliono proteggere.

- **Driver Stepper, Alimentatore Driver Stepper, Stepper:** questa parte e' la maggiormente influenzata dalla specifica installazione in quanto dipende fortemente dalle dimensioni/meccanica del tornio su cui si vuole installare il sistema.

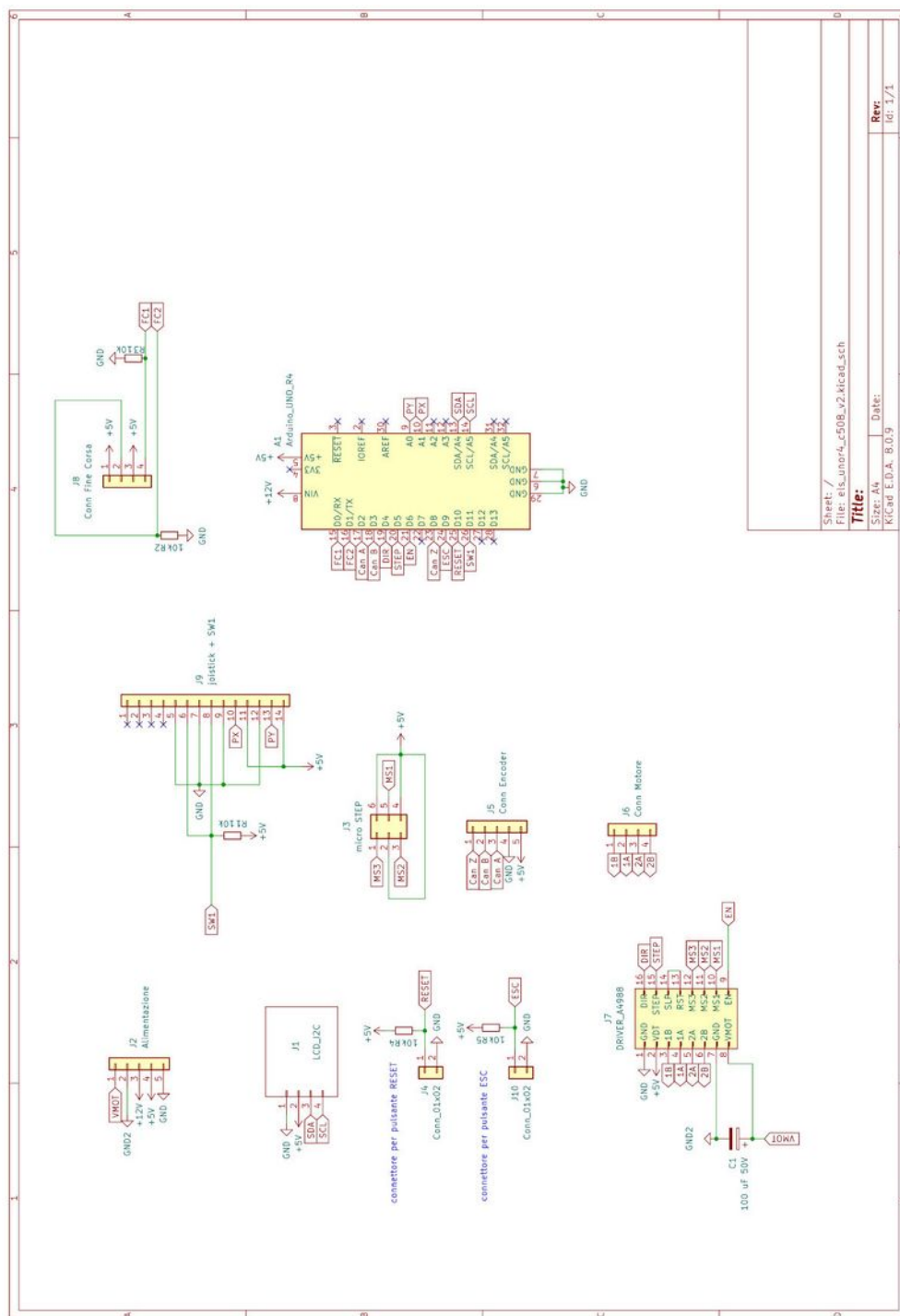
Il driver stepper puo' essere montato direttamente sull'ELS nel caso di piccoli motori oppure ( nella maggioranza dei casi ) dovra' essere esterno. Nel caso che sia esterno e' consigliabile montarne uno che sia optoisolato in modo da ridurre i potenziali problemi d'interferenza.

## Circuito e componenti

Il circuito e' stato sviluppato in Kicad ( cad elettronico open source ) utilizzando il piu' possibile parti standard in modo da semplificarne il montaggio.

Per semplificare il montaggio tramite Kicad e' stato realizzato anche un circuito stampato che semplifica l'assemblaggio e le connessioni.

I file Gerber per la realizzazione del pcb sono disponibili sul forum CNC Italia Forum all' indirizzo: <https://www.cncitalia.net/forum/viewtopic.php?f=21&t=97104>

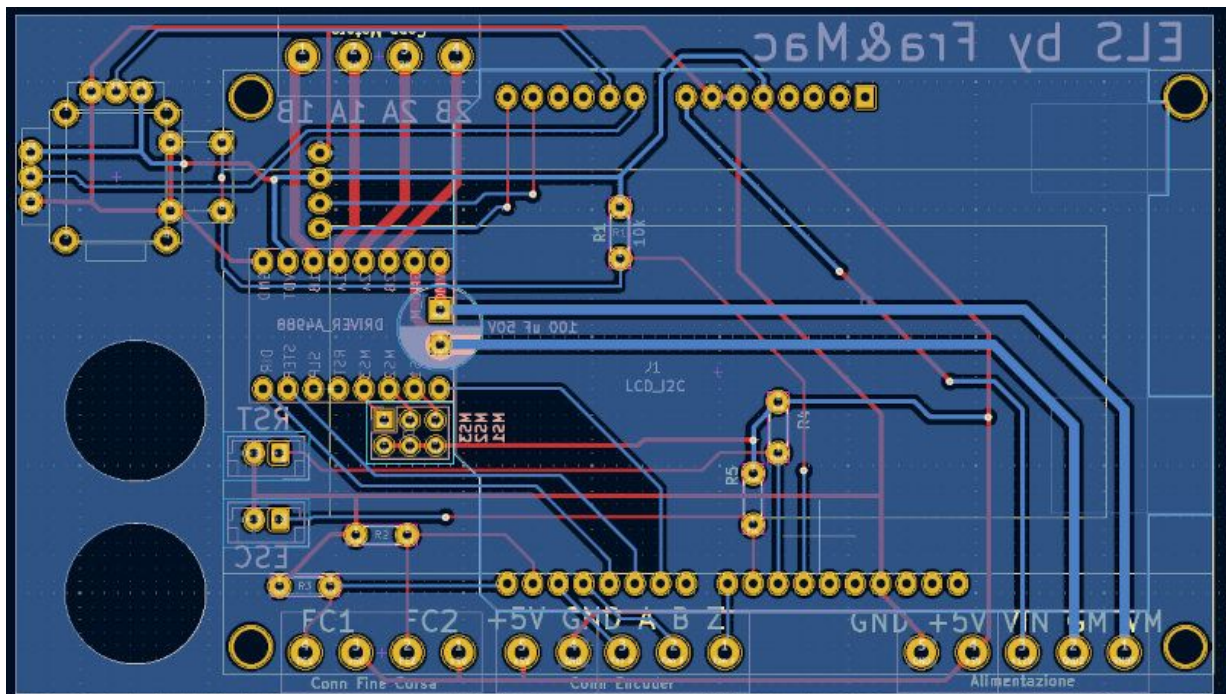


i componenti per la realizzazione sono:

- Scheda pcb
- A1 Arduino UNO R4 Minima
- C1 Elettrolitico 100 uF 50V da montare solo se si installa il driver A4988
- J1 Schermo I2C LCD\_20x4
- J2 connettore per l'alimentazione 1x5 passo 5.08mm da montare se si vuole usare il driver A4988 e/o alimentare l'ARDUINO R4 dalla scheda ELS
- J3 connettore per il microSTEP del driver A4988 connettore 2x3 passo 2.54mm da montare solo se si vuole utilizzare il driver A4988
- J4,J10 connettori per i pulsanti RESET e ESC connettore 1x2 passo 2.50mm
- J5 connettore per encoder 1x5 passo 5.08mm
- J6 connettore per il motore stepper se presente il driver A4988 o per i segnali al driver se si utilizza un driver esterno connettore 1x4 passo 5.08mm
- J7 DRIVER\_A4988
- J8 Connettore per i Fine Corsa 1x4 passo 5.08mm
- J9 joystick + SW1
- R1,R2,R3,R4,R5 resistenze da 10KOhm

## Circuito stampato

I file Gerber per la realizzazione del pcb sono disponibili sul forum CNC Italia Forum all'indirizzo:  
<https://www.cncitalia.net/forum/viewtopic.php?f=21&t=97104>

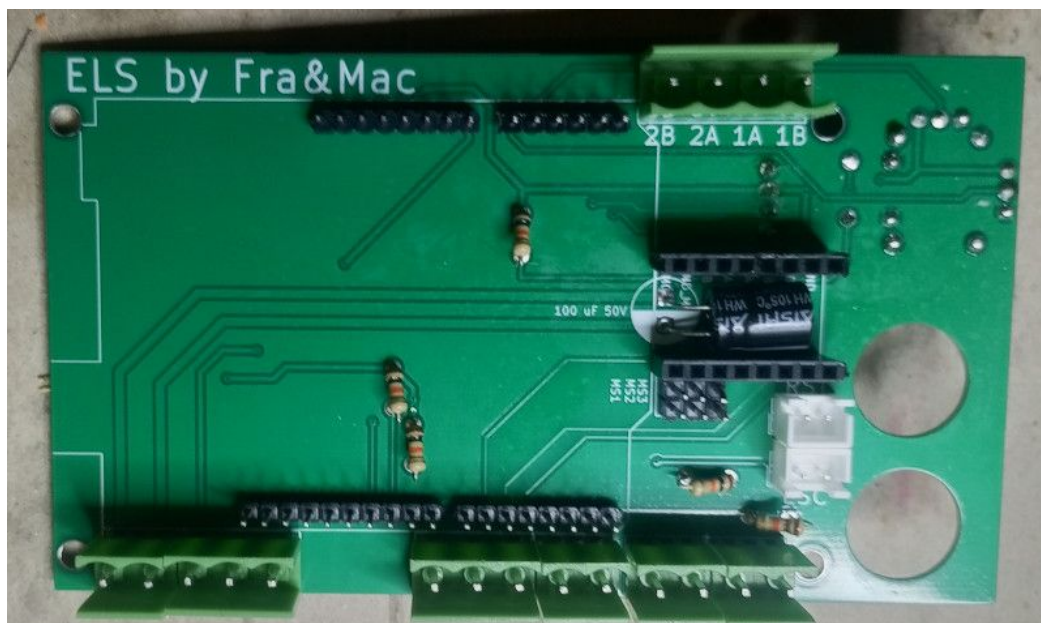
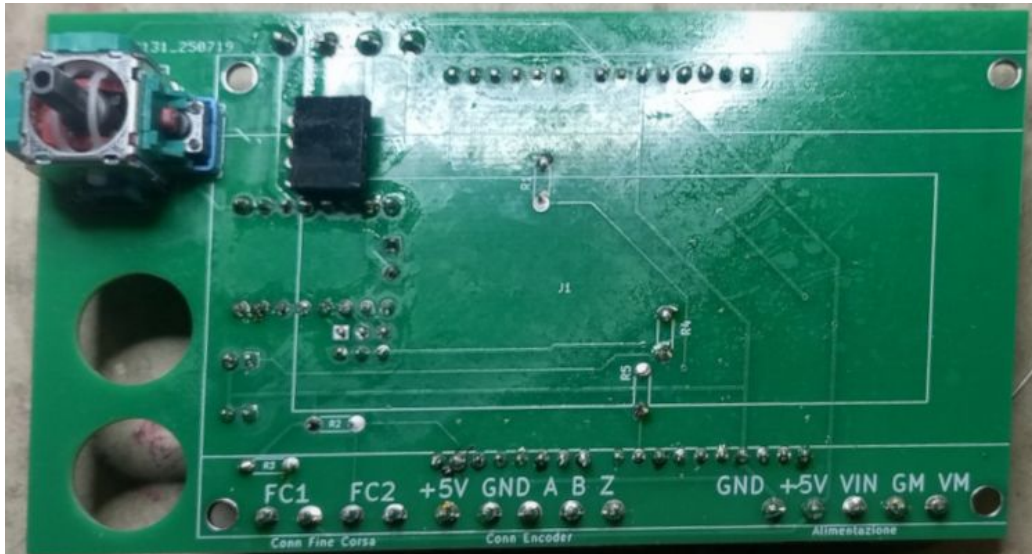


Il pcb e' a doppio layer.

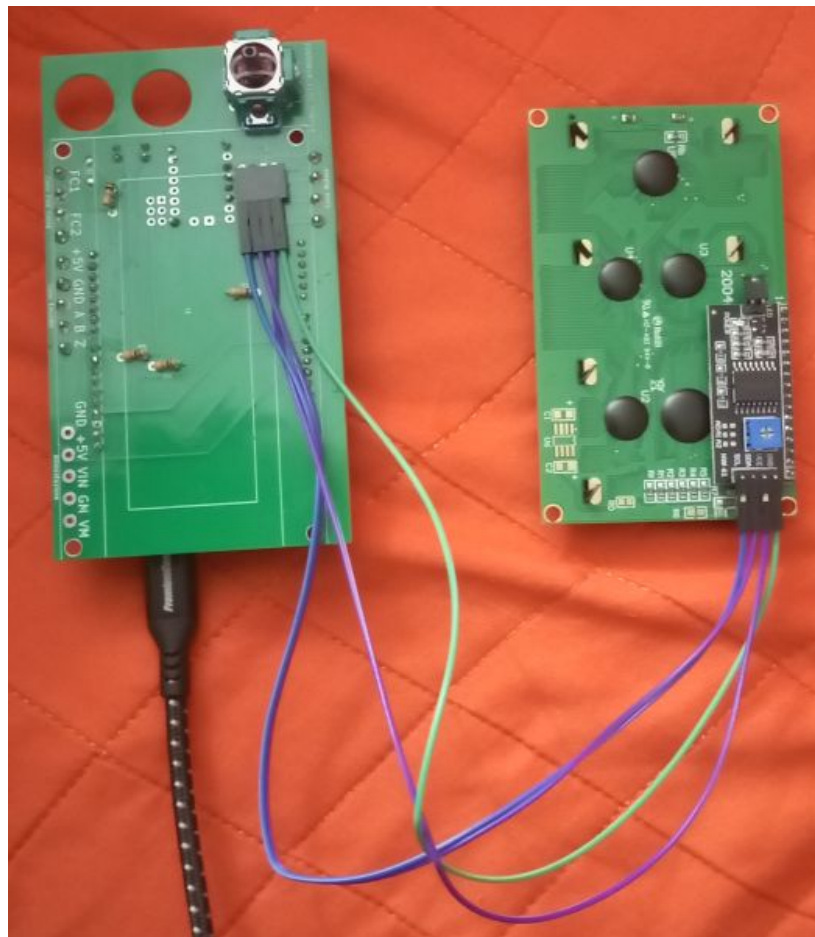


## Montaggio

Per il montaggio si suggerisce di non montare direttamente l'Arduino UNO R4, lo schermo LCD ed eventualmente in driver A4988 sul pcb ma di saldare sul pcb dei pin header con passo 2.54mm in modo da poter eventualmente rimuovere senza problemi i componenti.



Lo schermo LCD 20x4 dovrà anche essere regolato come luminosità ed essendo che il trimmer di regolazione risulta inaccessibile per il montaggio bisognerà o regolarlo in precedenza o crearsi una briglia per utilizzo temporaneo.

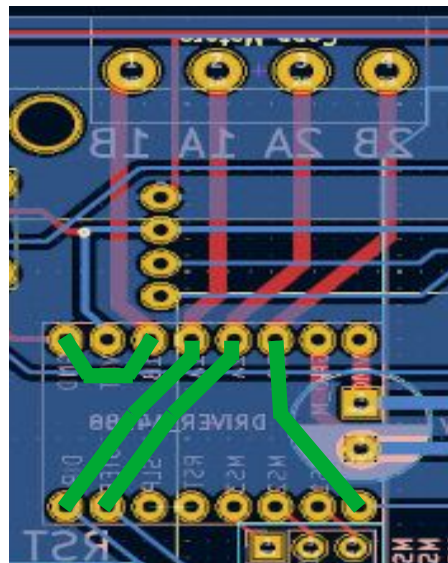


Per l'assemblaggio tra pcb e schermo LCD bisognerà realizzare dei distanziali che permettano il fissaggio disassato dell'LCD rispetto al PCB, lo spessore dei distanziali dovrà fare in modo che non ci siano contatti non desiderati nella zona d'interfaccia.



## Utilizzo di un driver esterno

Nel caso si voglia utilizzare un driver esterno si possono realizzare i ponticelli come nell'immagine sottostante e prelevare i segnali nel connettore originariamente previsto per il motore



Con i ponticelli sopra riportati si avra' quindi:

su	1B	il segnale	GND
	1A	.....	DIR
	2A	.....	STEP
	2B	.....	ENABLE