

- - - - -

# Modificare una Proxxon MF70 per regolare la velocita' del mandrino con un segnale PWM Revisione 1.0

- - - - -

Documento realizzato da Livio  
distribuito da: [www.ideegeniali.it](http://www.ideegeniali.it)



**La costruzione e il montaggio di questo circuito deve essere realizzata a regola d'arte, da persona competente.**



**Dal momento che si apre il coperchio del motore a quando lo si richiude si deve fare grande attenzione perche' si interviene su un circuito normalmente collegato alla rete elettrica.**



**Maneggiare i componenti del regolatore della Proxxon puo' essere molto pericoloso. Controllare sempre di aver staccato la spina prima di intervenire.**



**Eventuali errori di montaggio possono portare a cortocircuiti, scintille, scoppi, pericolo per le persone e danni di ogni genere.**

## **Caratteristiche.**

Se non si fanno errori e si rispettano le regole di isolamento necessarie, una volta richiuso il coperchio del motore si dispone di una Proxxon con motore regolabile in velocità dall'esterno con ottime caratteristiche di **semplicità, sicurezza, precisione, stabilità e affidabilità**.

### **Semplicità**

- Il circuito è molto semplice e fa uso di pochissimi componenti
- I componenti usati sono facili da trovare e non sono costosi.

### **Sicurezza**

- Il circuito fa uso di un fotoaccoppiatore che garantisce un totale isolamento.
- Non vi sono possibilità di danni al motore o ai componenti del regolatore della Proxxon anche in caso di guasti dei componenti.
- Non ci sono pericoli o possibilità di scintille o di esplosioni anche in caso di guasti dei componenti.
- Nel caso peggiore (tutti i componenti in corto) il motore gira a velocità massima ma non si rovina nulla.

### **Precisione**

- Se il circuito è ben costruito e ben tarato la precisione della velocità dovrebbe stare entro i +/- 500 giri in tutto il range da 1000 giri al minuto a 20000 giri al minuto.
- Questa precisione è maggiore della precisione del regolatore originale il quale, nel mio caso, produceva una velocità minima di 6000 giri in luogo dei 5000 indicati.

### **Stabilità**

- In tutto il range da 1000 giri al minuto a 20000 giri al minuto il motore gira con regolarità, senza saltellamenti o sbandamenti di velocità.
- A velocità molto basse, anche inferiori ai 1000 giri al minuto, il motore mantiene una buona coppia e non rallenta anche se sottoposto a sforzi notevoli.

### **Affidabilità**

- Il circuito è semplicissimo e i componenti che non ci sono non possono rompersi o creare problemi.

Si potrebbe pensare di usare uno schema elettrico più sofisticato, magari con un mosfet ed una vera architettura switching per regolare la tensione del motore, ma si otterrebbero caratteristiche di regolazione e di stabilità inferiori.

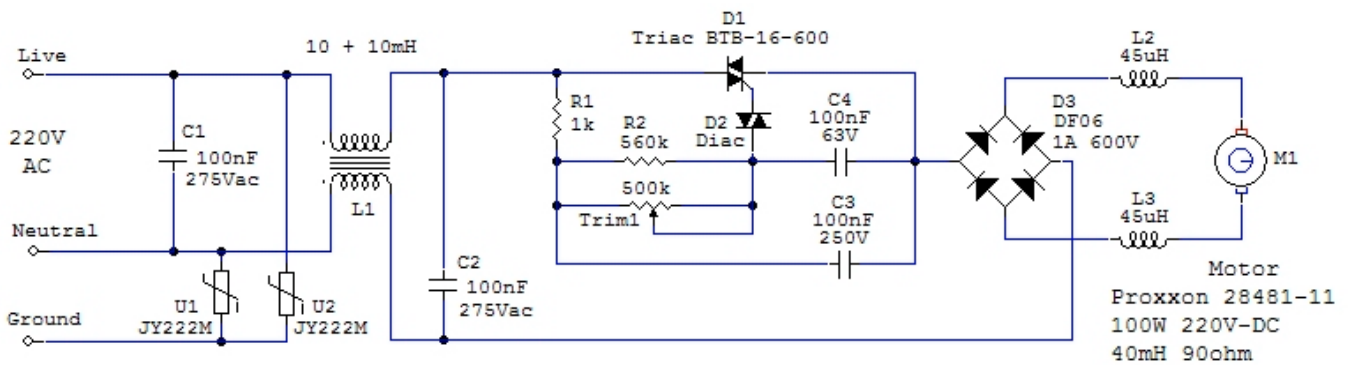
Il circuito proposto tiene conto delle peculiarità del tipo di controllo motore che la Proxxon definisce "ad onda intera", si abbina ad esso in modo ottimale e ne esalta le caratteristiche.

Per fare di meglio si dovrebbe usare un circuito switching con una dinamo tachimetrica e il circuito diventerebbe estremamente complesso e anche molto costoso.

## Il controllo Proxxon "a onda intera".

La Proxxon MF70 fa uso di un motore da 100 Watt alimentato con 220 volt in continua. La tensione proveniente dalla rete viene raddrizzata con un ponte di diodi e regolata con un triac con un circuito simile a quello dei regolatori per le lampade alogene.

Il vantaggio di questo sistema e' che si usa un motore potente ma molto silenzioso e che si riesce ad ottenere una buona coppia anche a basse velocita' senza fare uso di metodi troppo costosi (dinamo tachimetrica).



Tutta la parte sinistra C1, U1, U2, L1 e C2 serve per smorzare eventuali extratensioni provenienti dalla rete che, in caso di fulmini o di altri eventi casuali, potrebbero danneggiare il triac e gli altri componenti del circuito.

La parte centrale, composta da R1,R2,Trim1,D1,D2,C3 e C4 e' il regolatore vero e proprio che in base alla posizione del cursore di Trim1 alimenta il motore per un tempo variabile da zero a tutti i dieci millisecondi di ogni semionda della tensione alternata.

Il ponte di diodi D3 raddrizza la tensione alternata e fornisce al motore una tensione continua pulsante.

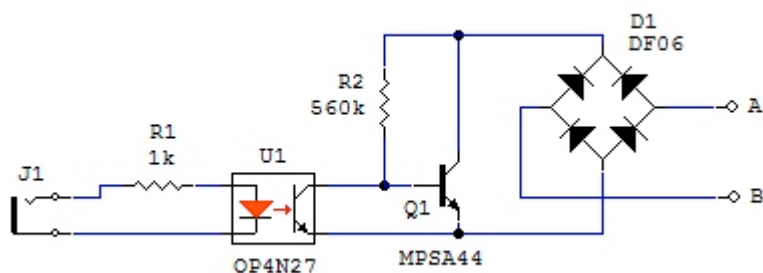
Le induttanze L2 e L3 sopprimono i disturbi a frequenze radio causati dalle scintille sulle spazzole del motore e, forse, allungano la vita delle spazzole stesse.

Il motore M1 e' un motore a spazzole in continua da 220V / 100W che, alimentato con una tensione parzializzata nel tempo e pulsante detta "a onda intera", fornisce buona potenza anche a basse velocita'.

Probabilmente non e' possibile invertire i fili positivo e negativo per far ruotare il motore in senso antiorario. Se si prova a ruotare a mano il perno in senso antiorario le spazzole fanno un brutto rumore di click/click che scoraggia dal fare ulteriori prove.

## Circuito da aggiungere al regolatore Proxxon.

Per regolare la velocità del motore con un controllo in tensione esterno dobbiamo aggiungere un circuito molto semplice, composto da soli cinque componenti.



La possibilità di realizzare un circuito piccolissimo che non necessita di alimentazione permette di collocarlo all'interno del contenitore del motore e di mantenere confinate le tensioni pericolose al suo interno.

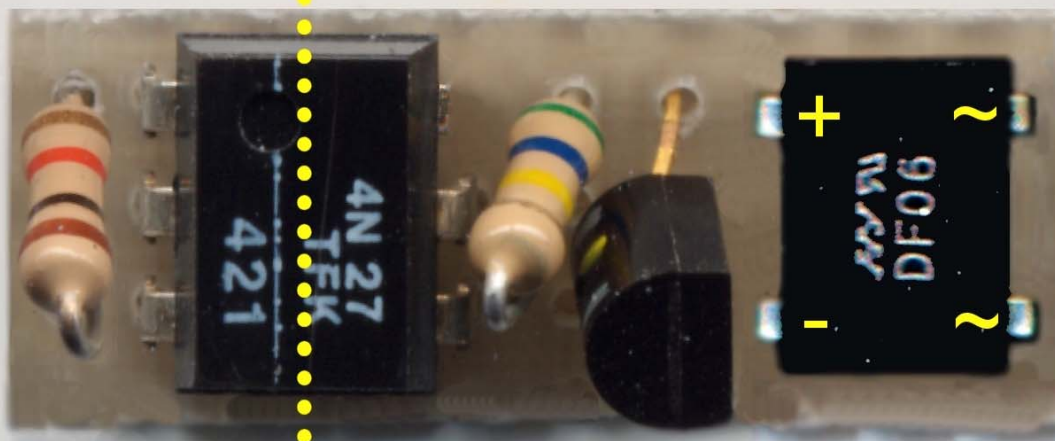
Le soluzioni possibili per ottenere l'isolamento necessario senza ricorrere ad un circuito complesso non sono molte. Forse questo è l'unico schema che raggiunge lo scopo senza richiedere una alimentazione aggiuntiva.

Il connettore (un jack mono da 3.5mm) che monteremo sul contenitore del motore è isolato con il fotoaccoppiatore U1 e quindi una volta chiuso il coperchio del motore potremo lavorare con segnali a bassa tensione e bassa corrente che non sono pericolosi e che non necessitano di attenzioni particolari.

Mantenere bene isolata la zona a sinistra della linea gialla rispetto alla zona di destra

Fare attenzione che questi componenti siano bene isolati da tutto e che i fili "A" e "B" non vengano schiacciati o spellati contro qualche componente o parte metallica.

Jack

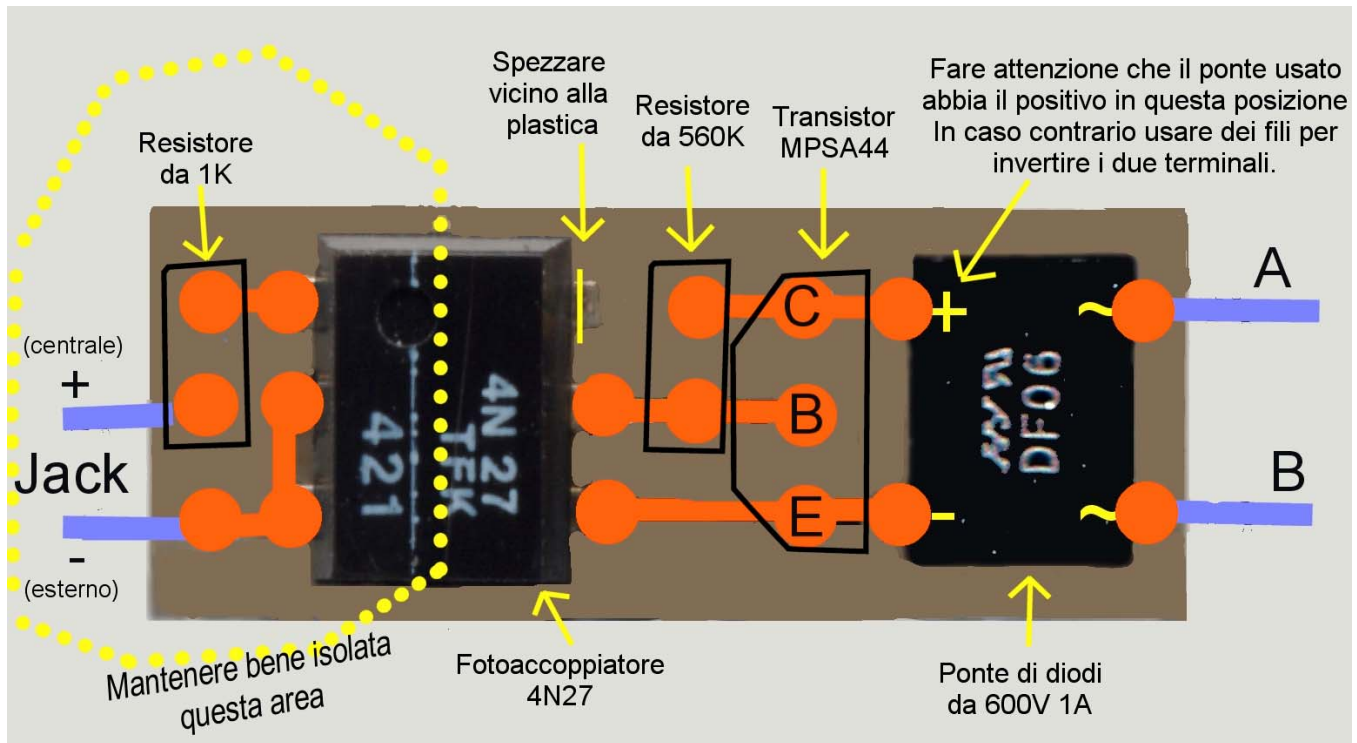


I punti "A" e "B" verranno collegati con due fili ben isolati alla basetta del regolatore originale Proxxon come indicato nelle pagine seguenti.

## Costruzione e note.

Il circuito e' talmente semplice che non necessita di uno stampato, basta usare una basetta in vetronite o in bachelite, senza rame, e fare dei fori da 0.8mm nei punti indicati con i cerchi rossi.

I piedini dei componenti passano nei fori e vengono saldati direttamente uno all'altro.



Le zone rosse sono i collegamenti (visti in trasparenza). In azzurro i fili isolati.

E' bene spezzare il piedino 6 del fotoaccoppiatore perche' e' un ingresso molto sensibile che potrebbe venire disturbato anche da correnti bassissime, causate da umidita' o sporco. Potrebbe anche essere una buona idea montare il fotoaccoppiatore con uno zoccolo perche' e' facile trovare fotoaccoppiatori difettosi o con caratteristiche molto lontane dalla media.

Al posto del transistor MPSA44 si potrebbe usare un MPSA42 (che e' solo da 300 volt invece di 400 ma che sta funzionando nella Proxxon dell'autore senza problemi) Eventualmente si potrebbe usare qualunque altro transistor che sopporti piu' di 300V e che abbia un guadagno di circa 100 ma non ho provato altri transistor e non sono sicuro che funzionino bene. Fare anche attenzione che molti transistor hanno il collettore e l'emettitore disposti al contrario rispetto agli MPS.

Se il circuito funziona bene il motore deve girare alla massima velocita' (20000 giri o quasi) quando l'ingresso e' scollegato e deve fermarsi completamente quando si collega l'ingresso ad una tensione di 5volt. La zona di regolazione dovrebbe andare da un volt (massima velocita') a circa due volt (motore fermo).

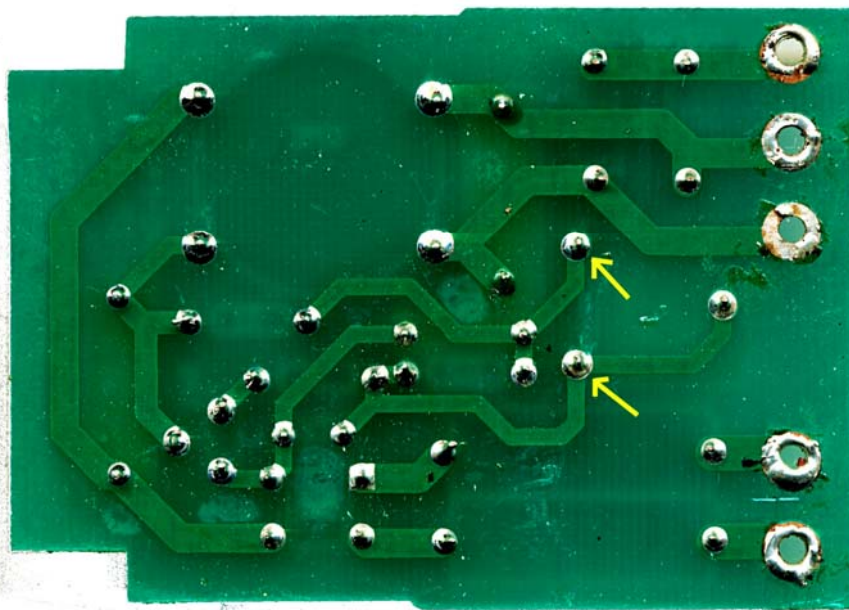
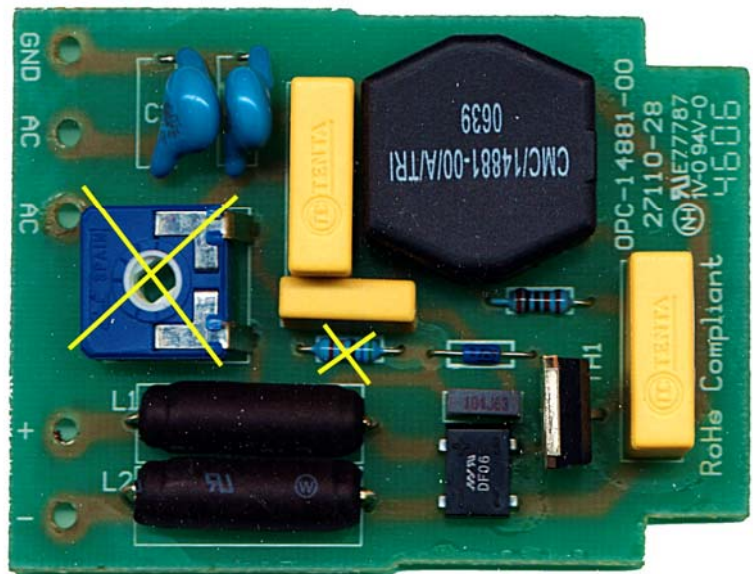
Con tensioni inferiori a dieci volt il fotoaccoppiatore non si rompe anche se si collegano i fili al contrario.

## Come connettere i fili "A" e "B" alla scheda del regolatore.

( versione semplice, da usare se non si desidera conservare la possibilita' di regolazione manuale )

Togliere il trimmer e il resistore segnati con la croce gialla.

E' possibile dissaldare i due componenti oppure si possono tagliare i loro terminali con un tronchesino.



Saldare i due fili isolati che provengono dai punti "A" e "B" del circuito aggiuntivo alle piazzole indicate con le due frecce gialle.

Non importa il senso di connessione basta che uno dei due fili sia connesso ad una piazzola e uno all'altra.

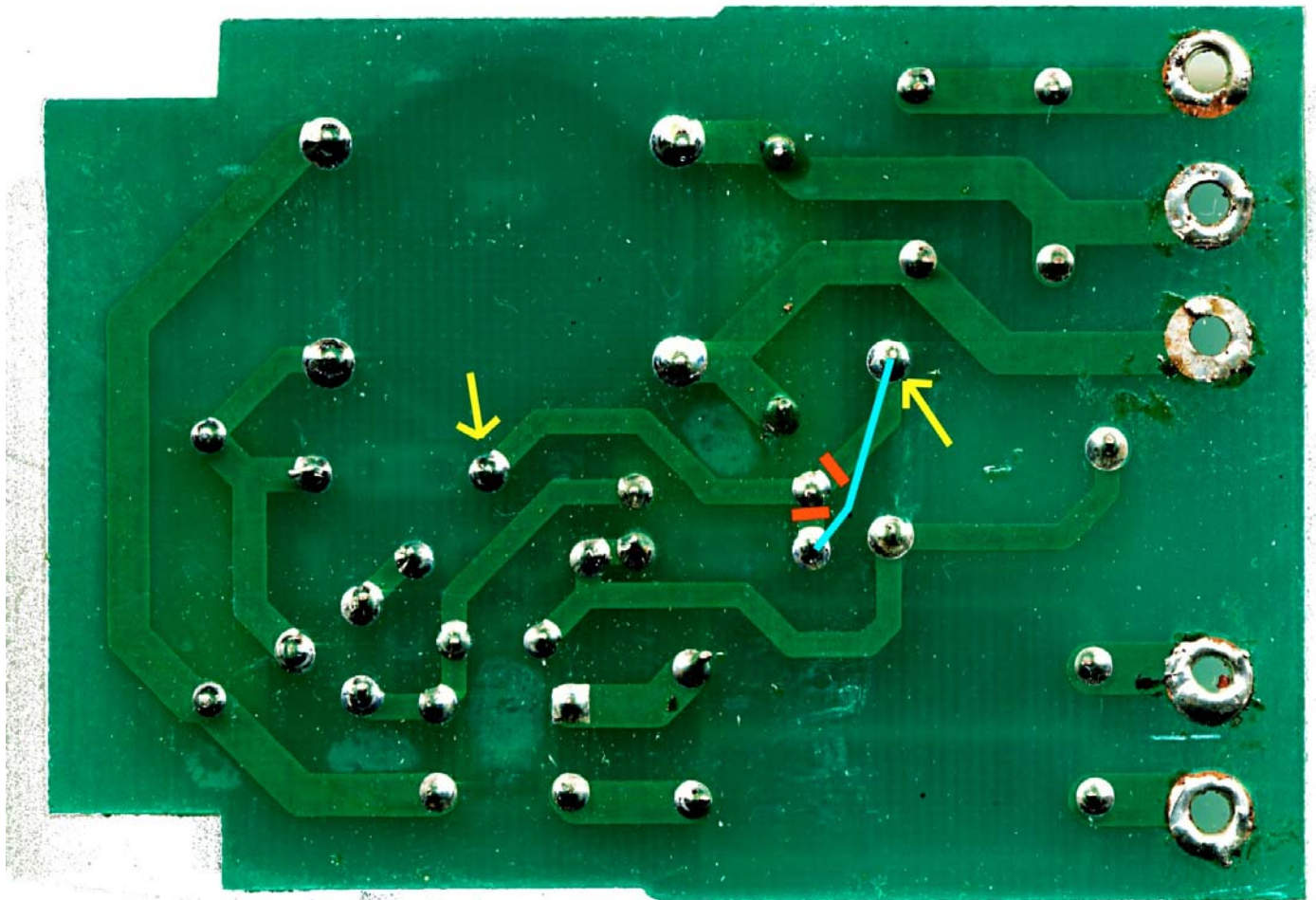
Procedendo in questo modo abbiamo collegato il circuito aggiuntivo "al posto" del trimmer (regolatore di velocita') originale.

In questo caso il foro della manopola di regolazione della velocita' rimane libero e possiamo usarlo per il Jack adattando quest'ultimo al foro un po' grande con rondelle in metallo o in plastica.

Se si usano rondelle metalliche e' bene controllare che i terminali della presa jack non facciano contatto con il metallo. Se c'e' un contatto non succede nulla di grave ma e' meglio mantenere il jack completamente isolato dall'alluminio della Proxxon che, essendo collegato al filo di terra della rete elettrica, potrebbe portare disturbi verso il regolatore dei motori.

## Come connettere i fili "A" e "B" alla scheda del regolatore.

( versione piu' complessa, da usare se si desidera conservare la possibilita' di regolazione manuale )



Tagliare le due piste nei punti indicati con i segni rossi (con un cacciavite o con una fresa montata sul "Dremel")

Collegare tra loro le due piazzole, come indicato in azzurro, usando un filo isolato.

Saldare i due fili isolati che provengono dai punti "A" e "B" del circuito aggiuntivo alle piazzole indicate con le due frecce gialle. Non importa il senso di connessione basta che uno dei due fili sia connesso ad una piazzola e uno all'altra.

Procedendo in questo modo abbiamo collegato il circuito aggiuntivo "in serie" al trimmer mantenendo in funzione l'originale regolatore di velocita' e la sua manopola.

Non potendo usare il foro della manopola per il jack dovremo fargli un foro dedicato. Un buon posto per il jack e' vicino al filo di alimentazione come e' visibile in questa immagine.



## Note varie sul circuito aggiuntivo.

Prima di chiudere il coperchio si faccia ben attenzione all'isolamento dei componenti J1, R1 e dei piedini di ingresso del fotoaccoppiatore. Questi componenti devono stare lontani e visibilmente ben isolati da qualunque altra parte presente all'interno del vano motore.

Per quanto riguarda i componenti a destra del fotoaccoppiatore (R2 / Q1 e D1) si ricordi che essi e anche i due fili "A" e "B" sono percorsi da tensione di rete e devono essere ben isolati. Si faccia attenzione a non pinzare i fili chiudendo il vano motore e a non pungere i fili o rovinare il loro isolamento schiacciandoli contro qualche punta.

E' anche bene racchiudere tutto il circuito in una piccola scatola in plastica isolante, o in un tubo lungo qualche centimetro e di diametro adeguato o in una piccola sezione di canalina da impianto elettrico.

Una volta racchiuso nell'involucro isolante in plastica il circuito puo' trovare posto nella parte che sta a sinistra dell'ingresso dei fili del 220 e il jack puo' essere avvitato in un foro effettuato nella plastica a destra dei fili del 220.

Una soluzione piu' semplice, che pero' comporta di rinunciare alla regolazione manuale, e' di usare il foro della manopola per il jack e di saldare il circuito direttamente ad esso.

La semplicita' di questo circuito non permette di ottenere una caratteristica di regolazione standard da 0 a 10V. Nel caso si volesse pilotare questo circuito con un segnale 0..10V si dovrebbe aggiungere un trimmer da 10k in serie al filo positivo e regolarlo in modo che il motore si fermi esattamente con una tensione di 10V.

Si dovrebbe anche tenere conto che la regolazione avviene al contrario, cioe' che il motore gira alla massima velocita' con tensione di un volt e che il motore si ferma con 10 volt. La zona di regolazione lineare va da 1 a 10 volt ed e' negativa e il controller PWM, o il software, dovrebbero poter fornire un segnale con queste specifiche. Sarebbe anche bene disporre di una tabella software di corrispondenza tra le velocita' richieste e le tensioni di uscita in modo da linearizzare la curva di risposta.

Nel nostro caso tutte queste operazioni verranno invece eseguite da un semplice circuito, illustrato in seguito, che trasformerà il segnale PWM in una tensione continua con le giuste caratteristiche di linearita' e con una precisione adeguata.

Si tenga conto che in mancanza di una dinamo tachimetrica la precisione sara' sempre limitata dalle variazioni della tensione di rete e dalle variazioni di velocita' sotto sforzo per cui una ricerca di precisione esagerata porterebbe solo a complicare i circuiti elettrici senza ottenere alcun miglioramento pratico. Fortunatamente la precisione richiesta dalle lavorazioni non e' molta e variazioni di velocita' anche molto maggiori di quelle ottenibili con questi schemi non dovrebbero comportare nessuna differenza sul risultato finale.

## Il segnale PWM.

Il segnale di controllo proveniente dal programma Mach3 e' una onda quadra con ripetizione regolabile da 1Hz a 5000Hz circa.

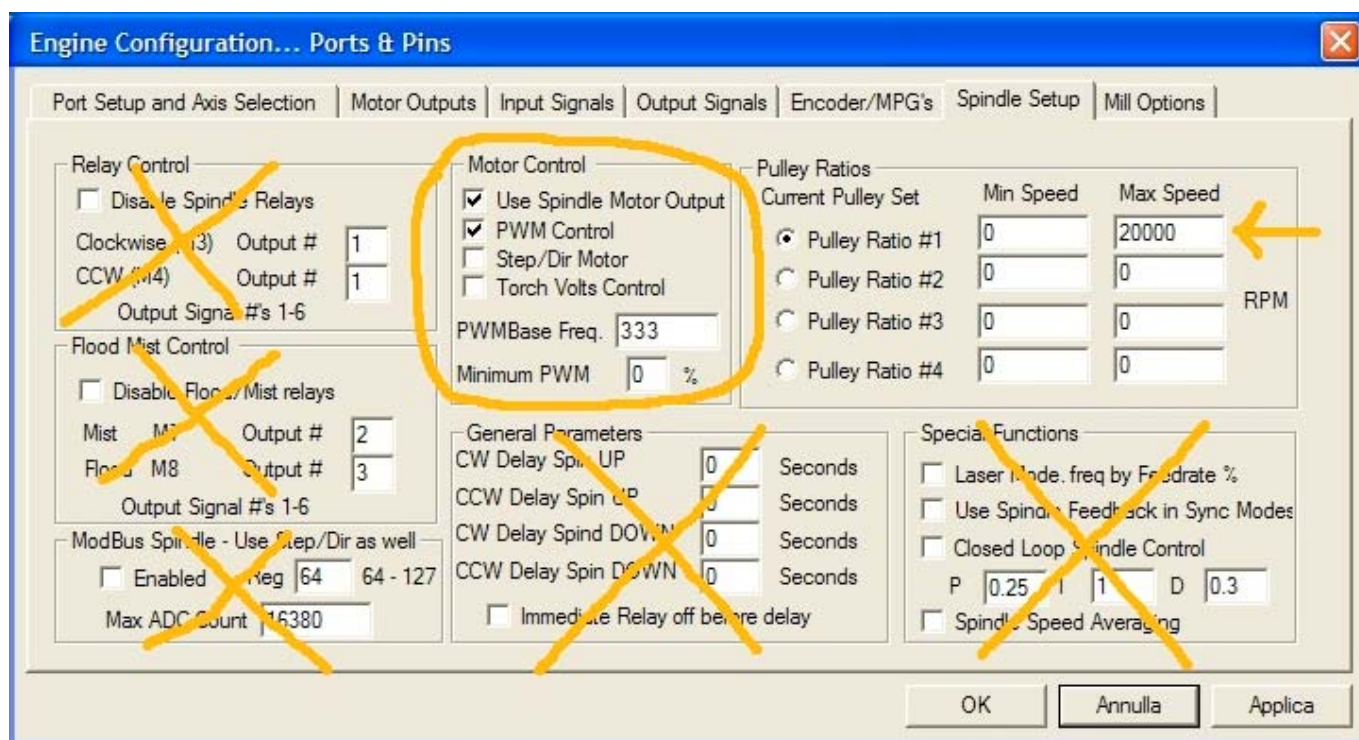
Per il nostro uso la regoleremo a 333Hz che e' un buon compromesso tra risoluzione, stabilita', prontezza di risposta e semplicita' del circuito di condizionamento del segnale.

Dal tempo di ripetizione dipende la risoluzione della scala delle velocita', con 333Hz e con Mach3 regolato a 45000Hz la minima variazione di velocita' ottenibile e' di circa 100 giri al minuto.

## Configurare il programma Mach3

Aprire dal menu "Config" il pannello "Ports & Pins"

Scegliere il TAB "Spindle setup"



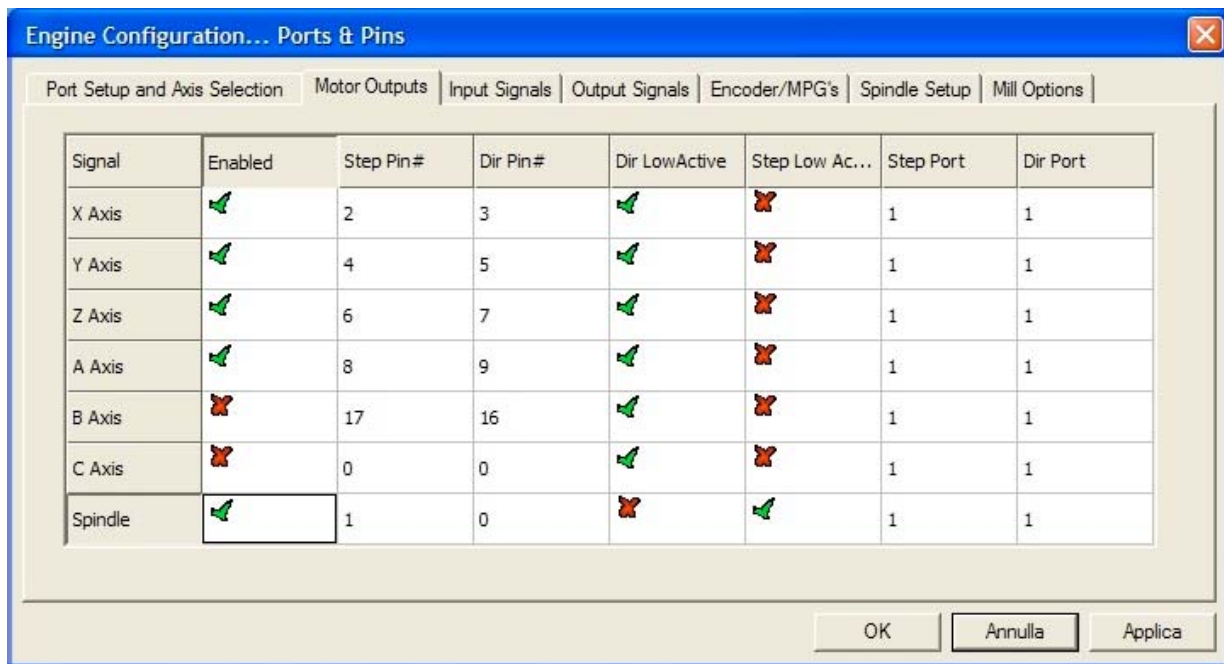
Regolare la zona "Motor Control" come indicato.

Regolare la zone "Pulley ratios" da 0 a 20000 giri (la Proxxon dispone di un solo range di velocita' e non e' presente il cambio di velocita' a pulegge)

Controllare che tutte le zone con la croce gialla siano completamente disabilitate.

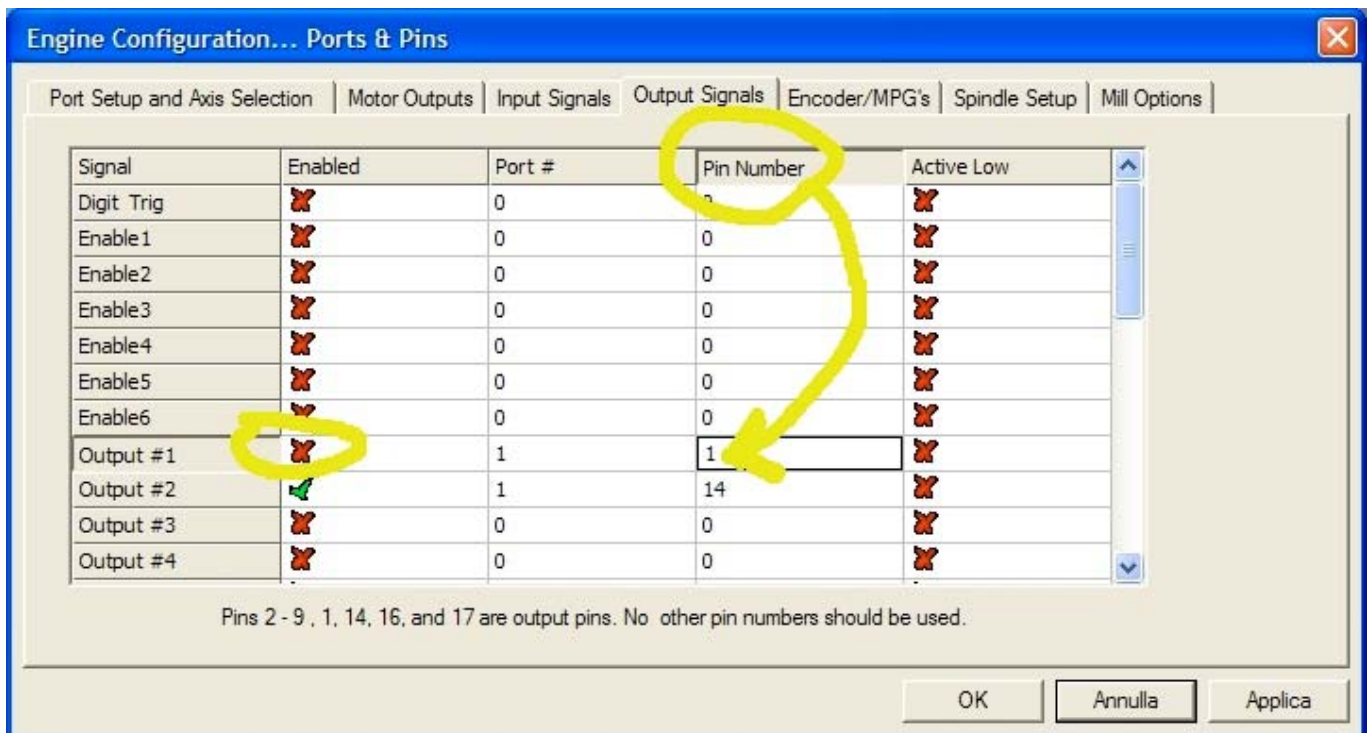
Ricordarsi di premere il tasto "Applica" altrimenti si perdono le regolazioni effettuate.

Scegliere il TAB "Motor outputs"



Impostare i valori della ultima riga in basso come indicato.

Controllare in tutte le altre righe che nelle caselle relative a "Step Pin" e "Dir Pin" non ci sia mai indicato il pin "1" che deve essere riservato per il segnale PWM.



Controllare nel pannello "Output signals" che non sia usato il "Pin number" "1" e, se fosse usato, mettere a zero i valori "Port#", "Pin Number" e/o disabilitare la riga da "Enabled".

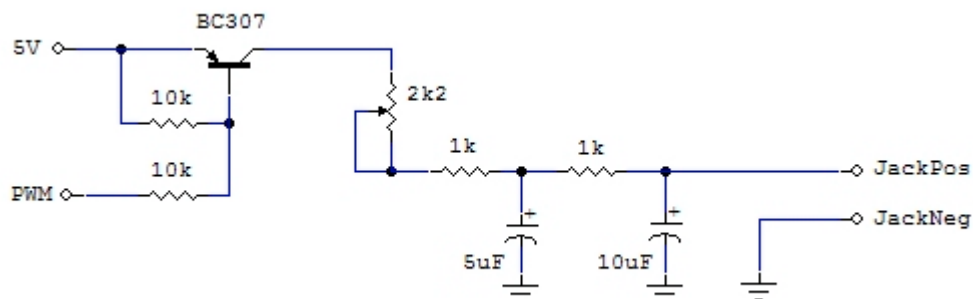
Ricordarsi di premere il tasto "Applica" altrimenti in alcuni casi si potrebbero perdere le regolazioni effettuate.

## Il circuito condizionatore del segnale PWM.

Ora disponiamo di una macchina con il motore del mandrino regolabile in velocità e di un segnale PWM adeguato ma ci manca il circuito elettrico che sta in mezzo e che deve fare le operazioni seguenti.

- Accettare in ingresso un segnale PWM ad onda quadra con rapporto tra pieno e vuoto variabile che solitamente proviene dal programma di controllo Mach3.
- Convertire il segnale PWM in una tensione continua variabile tra un minimo di circa un volt (motore alla massima velocità) e un massimo di circa due volt (motore fermo).
- Permettere di regolare la tensione massima con un trimmer in modo da compensare le caratteristiche del fotoaccoppiatore (che sono molto variabili) e rendere precisa la zona relativa alle basse velocità, che è la più critica.
- Compensare le caratteristiche del circuito regolatore del motore con una curva di regolazione non lineare in modo da ottenere un risultato globale abbastanza lineare.

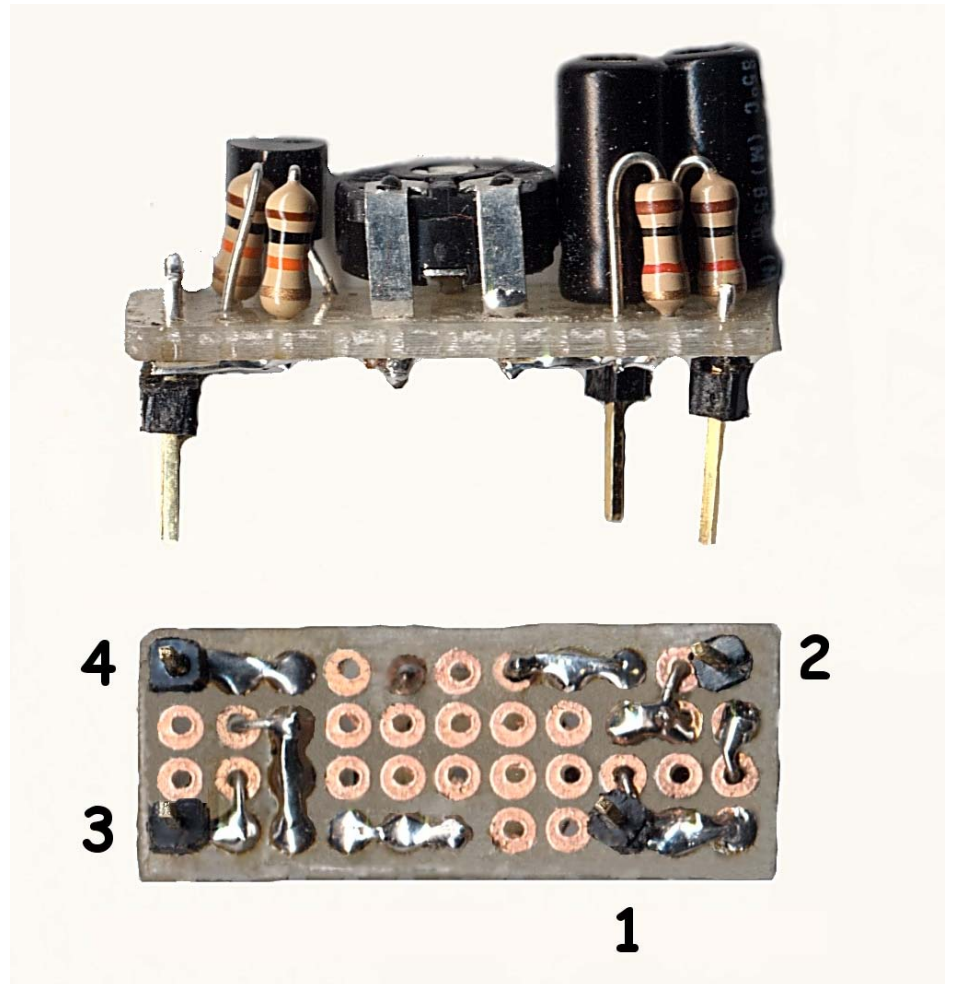
Possiamo ottenere tutte queste caratteristiche con il seguente circuito che è veramente semplice da costruire.



Il circuito ha quattro collegamenti.

- 1 - Un collegamento negativo (massa) che serve al circuito e come filo negativo della tensione di controllo (esterno del Jack)
- 2 - Un filo di uscita per la tensione positiva di controllo (filo centrale del jack)
- 3 - Una alimentazione positiva di 5V stabili in continua.
- 4 - Un filo di ingresso del segnale PWM

La piastrina isolante forata con il circuito del segnale PWM puo' essere piazzata al posto del relè "spindle" e collegata con quattro piedini maschio-femmina o con quattro fili rigidi che la tengono distanziata e in posizione.

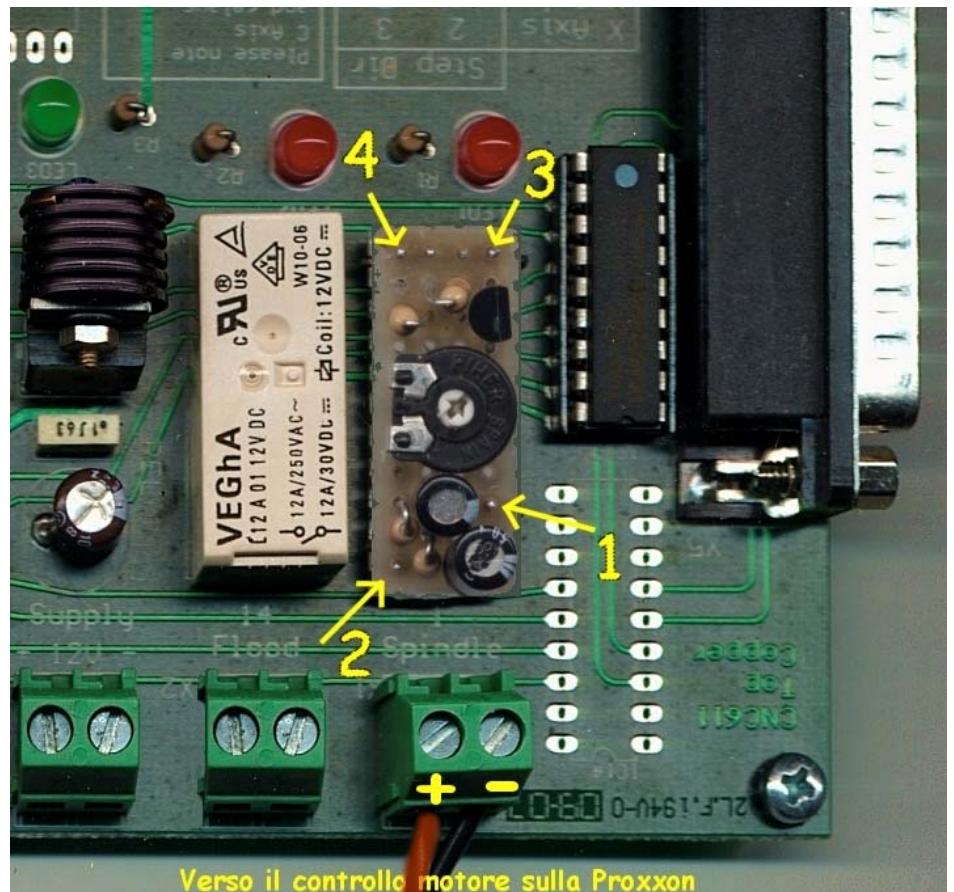


- 1 = massa (uscita negativa)
- 2 = uscita positiva
- 3 = alimentazione +5V
- 4 = ingresso segnale PWM

Io ho fatto la modifica su una piastra CNC611 e ho piazzato il circuito al posto del relè che avrebbe dovuto comandare il motore del mandrino in modo on/off.

In questo modo ho anche evitato di portare sulla piastra la tensione di 220V di alimentazione del motore, mi sento piu' tranquillo e posso prendere in mano la scheda senza pericoli.

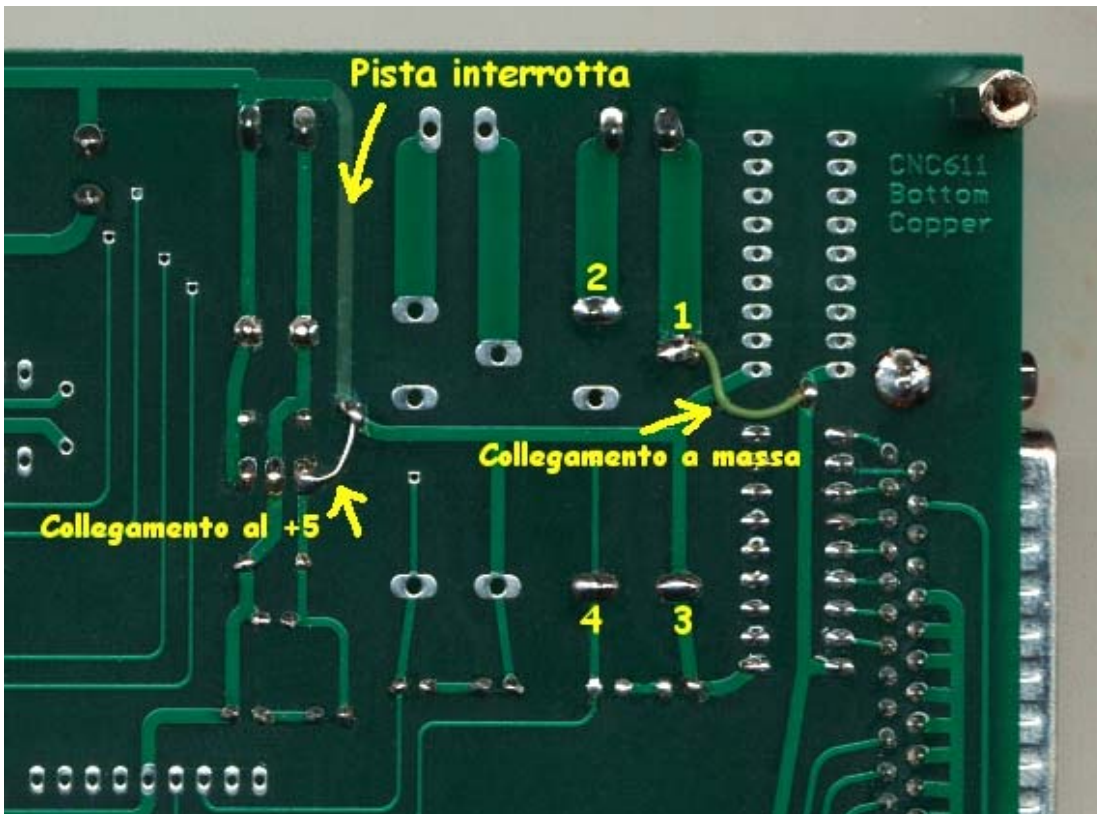
Il trimmer deve essere regolato in modo che il motore sia fermi quando si imposta una velocita' pari a zero.



Verso il controllo motore sulla Proxxon

## Modifiche da fare alla CNC611.

- Aggiungere un filo che collega il punto 1 del circuito aggiuntivo a massa
- Tagliare la pista che va dal punto 3 ai dodici volt e collegare il punto 3 con un filo ai cinque volt dalla uscita del regolatore 7805. (tagliando come da immagine si perde la possibilita' di usare il secondo rele', se invece si volesse usarlo si dovrebbe tagliare subito prima del punto "3" e collegare il punto "3" al "+5" con un filo isolato un po' lungo)



Il connettore verde che era relativo ai contatti del rele' diventa l' uscita del filo che porta il segnale fino al jack sul motore della Proxxon.

## Applicare questo circuito su piastre differenti dalla CNC611.

Se si vuole applicare questo circuito su piastre differenti dalla CNC611 si deve studiare la situazione caso per caso.

Prima di procedere alle modifiche e' bene controllare di poter disporre di una tensione stabilizzata di cinque volt positivi e di un segnale PWM con una escursione da 0 a 5V

Se necessario il circuito con due transistor, che viene illustrato nelle pagine seguenti, potrebbe anche funzionare con segnali PWM diversi da 0..5V anche con escursioni da 0..1V fino 0..12V e oltre ma il circuito adattatore deve sempre essere alimentato con cinque volt sul punto "3".

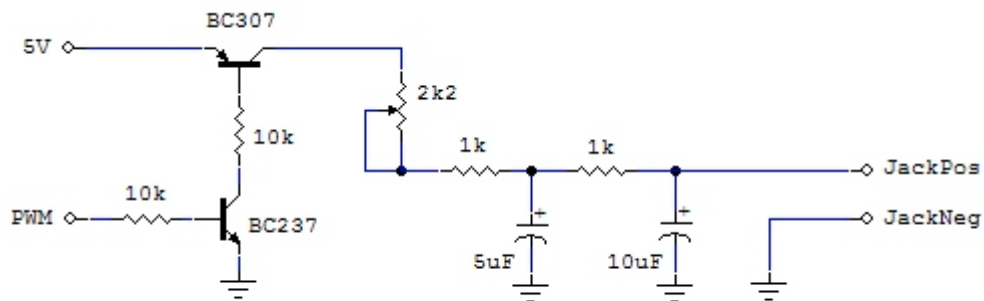
Nel caso che il segnale PWM provenisse da un integrato "open collector" (come ad esempio lo ULN2803) e che si intendesse usare il circuito con due transistor della pagina seguente ci si dovrebbe anche assicurare della presenza di qualcosa che agisce da pull-up, una resistenza oppure un led con la sua resistenza. In caso di mancanza di pull-up aggiungere un resistore da 10k verso la tensione positiva.

## Il circuito condizionatore del segnale PWM in versione con due transistori di ingresso.

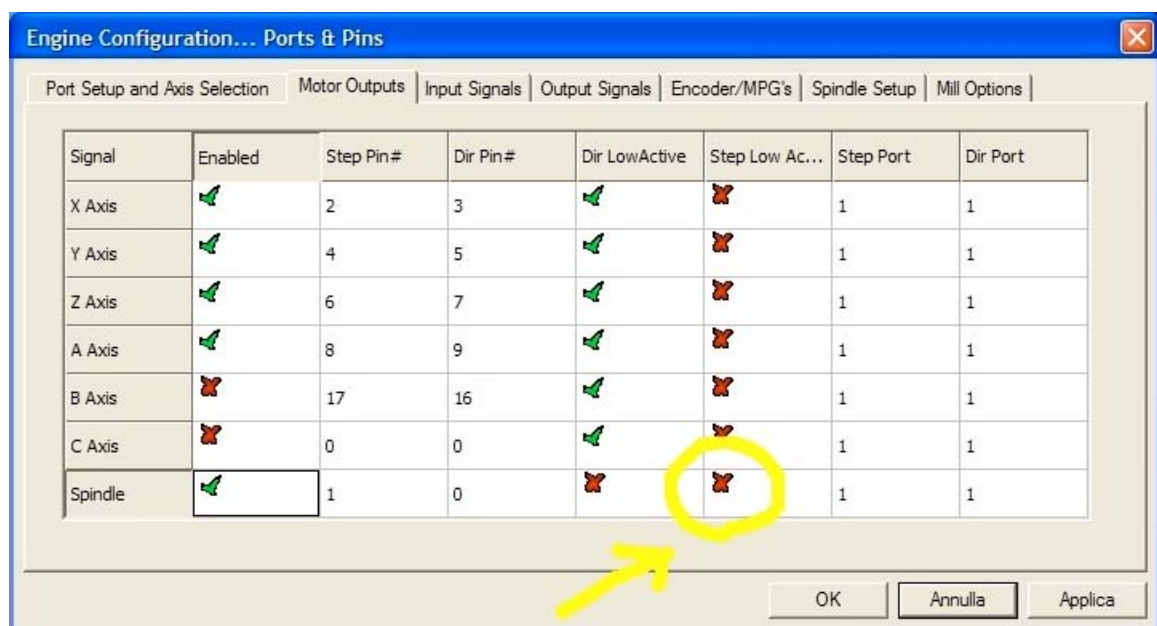
Il circuito condizionatore mostrato precedentemente fa girare il motore del mandrino a velocità massima quando non c'è il segnale PWM, quando il programma Mach3 non è avviato o anche quando il cavo della parallela non è connesso.

Questo comportamento è adatto a chi usa la Proxxon in manuale e preferisce avere il motore attivo (e quindi regolabile con il controllo manuale) anche senza avviare il programma Mach3.

Il fatto che uscendo dal programma Mach3 il motore parte alla massima velocità potrebbe essere considerata un difetto, per evitarlo si può usare il circuito seguente.



Il transistor BC237 aggiuntivo inverte il segnale e si deve correggere questa inversione anche nella configurazione di Mach3 come si vede qui sotto.



Ricordarsi di premere il tasto "Applica" altrimenti in alcuni casi si potrebbero perdere le regolazioni effettuate.

## Misurare la velocità del motore "spindle".

Un metodo molto semplice per misurare la velocità del motore è mettere una calamita su una punta da fresa da 3mm per il Dremel. Vanno benissimo i gambi di vecchie frese ormai consumate o rotte. Si deve prendere un pezzo di calamita in plastica (quelle che servono per attaccare i bigliettini al frigo o qualcosa di simile) e farci un buco da 3mm controllando che il nord e il sud finiscano da un lato e dall'altro del buco e non in direzione assiale. Poi si calza la calamita sul gambo, la si taglia con il tronchesino e la si lima fino a darle una forma approssimativamente rotonda e infine si annaffia abbondantemente con "Attack" in modo che il tutto diventi un blocco unico in grado di resistere ai 20000 giri e alle vibrazioni senza disintegrarsi.

Poi si devono montare punta e calamita sul mandrino, trovare una bobina adatta e posizionarla vicino alla calamita, da un lato.

La bobina deve avere un numero sufficiente di spire in modo che il segnale di uscita sia di almeno di qualche decimo di volt, meglio ancora se si riesce a ottenere un segnale intorno al volt.

Se la bobina non ha nucleo è bene aggiungere un piccolo nucleo in ferro o in ferrite per aumentare la impedenza e quindi anche la tensione di uscita.



L'impedenza della bobina dovrebbe essere intorno a un Henry quando è senza nucleo e a una decina di Henry con il nucleo. Il numero di spire dovrebbe essere intorno alle 5000..10000. Se non si ha modo di misurare l'impedenza si può misurare la resistenza in serie che, se la bobina è adatta, dovrebbe essere intorno ai 1000 .. 2000 ohm.

In ogni caso quando il motore gira a 20000 giri il segnale è molto maggiore di quando gira a 1000 giri. Quando il segnale è troppo alto il frequenzimetro può sincronizzarsi sulla seconda armonica e può capitare di leggere il doppio del valore reale, in questo caso si deve allontanare la bobina dalla calamita fino a leggere valori corretti. Quando invece il segnale è troppo basso il frequenzimetro non misura niente e indica zero.

È possibile aggiungere un condensatore e una resistenza in parallelo ai fili della bobina in modo da ottenere una tensione di uscita approssimativamente uguale a tutte le velocità ma non posso dare consigli sui valori da usare perché dipendono moltissimo dalla resistenza interna e dalla impedenza della bobina.

## Risultati delle misure di velocità del motore "spindle".

Come frequenzimetro e' possibile usare anche un tester adatto a misurare le frequenze. Il campo di frequenze da misurare va da 15Hz a 500Hz e ricade sicuramente nel range di misura di qualunque tester o frequenzimetro.

Come si potra' vedere nel grafico seguente la linearita' e' ottima ma la zona delle velocità basse, sotto ai 5000 giri, ha un range di variazione abbastanza grande (la zona tra le linee tratteggiate) Questa variazione non e' dovuta ai circuiti illustrati in questo documento e non cambia con la temperatura ma e' dovuta solo alle variazioni della tensione di rete che in condizioni normali puo' variare da 200 a 240 volt circa.

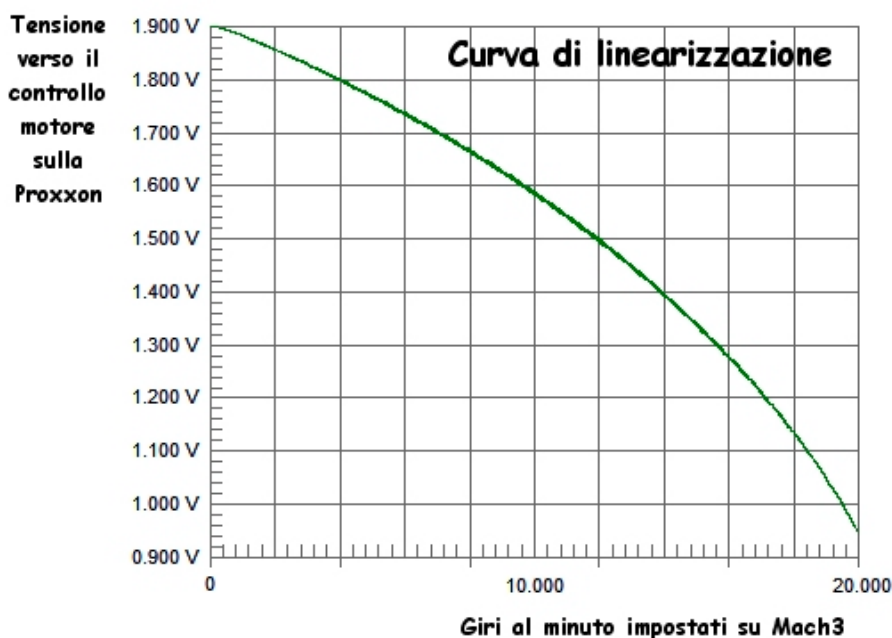
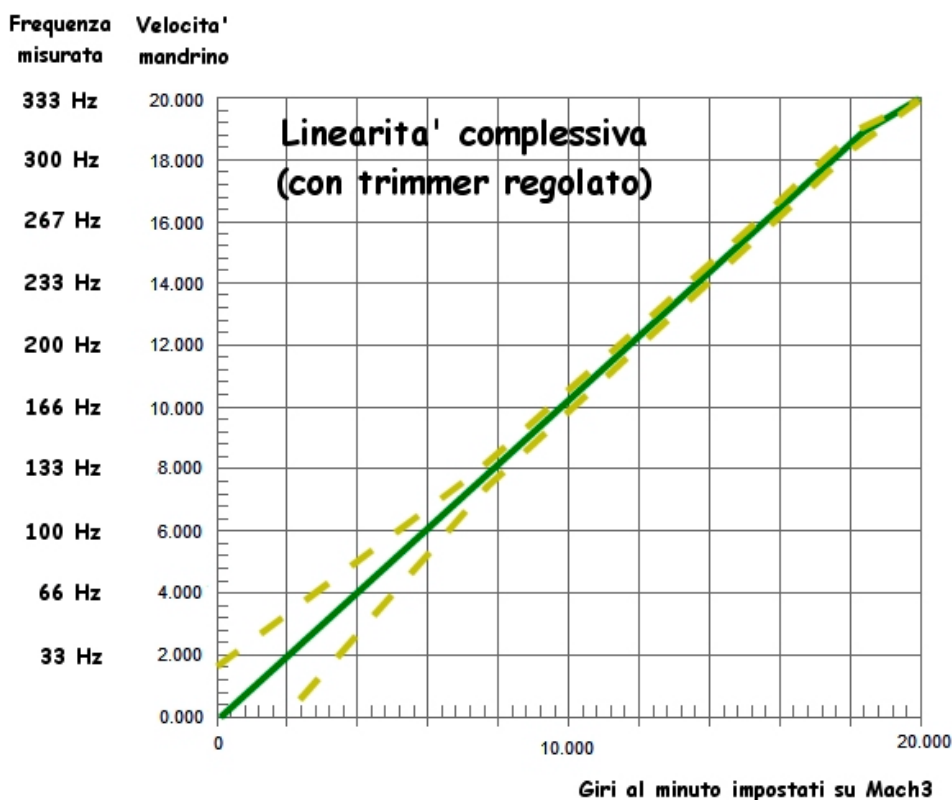
Un miglioramento ulteriore e' ottenibile solo stabilizzando la tensione di rete.

Potrebbe essere una buona idea usare un gruppo di continuita', da scegliere con buone caratteristiche di stabilizzazione.

Un gruppo di continuita' per PC non costa molto e, a volte, potrebbe salvare molte ore di lavorazione e qualche pezzo da una brutta fine.

La risposta e' molto lineare grazie alla curva di linearizzazione della tensione effettuata dal circuito condizionatore del segnale PWM, mostrata qui a fianco.

Per ottenere queste ottime caratteristiche il circuito deve essere esattamente quello proposto e la sua alimentazione (pin3) deve essere di 5Volt precisi.



## Considerazioni per la sicurezza.



Anche usando il circuito con due transistor non ci si puo' fidare del tutto che il mandrino stia sempre fermo. Se si usa il PC per altre operazioni il motore potrebbe avviarsi improvvisamente e questo potrebbe anche essere molto pericoloso.

In alcuni casi il Mach3 cambia i segnali sui fili della parallela quando si esce dal programma e non ho trovato un modo di assicurare che la parallela si posizioni in uno stato desiderato quando si esce.

Anche quando si scollega il filo che va alla Proxxon o si toglie alimentazione al controller il motore del mandrino gira a velocita' massima. ( si potrebbero quindi usare questi metodi per usare la Proxxon in manuale )

La soluzione sicura e definitiva per tutti questi problemi e' usare un circuito di tipo "charge pump" e togliere la alimentazione a tutti i motori della fresa quando il Programma di controllo viene spento, non e' stato ancora avviato o si e' inceppato.



In ogni caso prima di avvicinarsi al mandrino per cambiare le punte e' sempre bene spegnere l'interruttore che si trova sul corpo del motore o, meglio ancora, spegnere l' interruttore generale di alimentazione di tutta la fresa.

Buone fresate a velocita' variabile !