



Regolatore switching per taglio-polistirolo con protezione per i cortocircuiti

Ci sono molti sistemi per scaldare un filo metallico alla giusta temperatura per tagliare il polistirolo o materiali affini. Infatti, basta far passare la corrente necessaria al tipo di filo e con una tensione adeguata alla lunghezza dello stesso. Io, per esempio, ho sempre usato un alimentatore stabilizzato e regolabile in corrente che ritengo sia la soluzione più semplice. Purtroppo gli alimentatori stabilizzati sono complessi e costosi, specialmente se servono solo per questo uso. E allora si ripiega su altre soluzioni, spesso pericolose, come quella che ho trovato su un sito Internet che propone, come regolatore, due lampade da 200 W in parallelo collegate fra il filo caldo e la rete a 120 V (che da noi sono 230 V): praticamente una bella sedia elettrica casalinga! Mi sono reso conto che, in giro, ci sono poche idee e per di più ben confuse sui sistemi più corretti da usare, ed allora ho cercato di farmi una cultura in proposito.

Tipi di filo

I metalli da usare non sono poi molti. Vediamo i più idonei con le loro caratteristiche fisiche nella tabella 1. (Il rame serve solo per confronto). Penso sia trascurabile il fattore di espansione lineare perché non

presenta differenze significative fra i vari metalli. Interessante invece la colonna della resistenza relativa, perché ci permette di sapere di quale metallo è fatto il filo di cui siamo in possesso. Basta misurarne la resistenza e consultare la tabella 2. Supponiamo di avere, come nel mio caso, un filo da 0,5 mm che presenta una resistenza di 5,8 Ohm/metro. Usando la tabella se ne ricava che deve trattarsi di nichelcromo. E pensare che me lo avevano spacciato per costantana!

Tensioni e correnti

In base al metallo usato, per scaldare un filo di nichelcromo da 0,5 mm alla temperatura di taglio, che si aggira intorno ai 140° C, servono circa 2 A. La tensione necessaria dipende dalla lunghezza del filo, ovvero dalla sua resistenza. Supponiamo di avere un archetto da 120 cm.

La resistenza del filo sarà di circa 7 Ohm ($5,8 \times 1,2$) e la tensione necessaria sarà: $(A \times Ohm) = 2 \times 7 = 14$ Volt. La corrente necessaria è direttamente proporzionale alla sezione del filo, così, per scaldare sempre lo stesso filo ma con 0,7 mm di diametro bisogna fare la proporzione fra le due sezioni, che corrispondono a 0,196 mm² per il filo da 0,5 mm e a 0,385 mm² per quello da 0,7 mm.

Quindi:
 $0,196:2 (A) = 0,385:x(A)$
 e allora $x = 2 \times 0,385 / 0,196 = 3,9 A$
 La tensione necessaria, per 120 cm, sarà (usando le tabelle):
 $2,99 \times 1,2 = 3,58$ Ohm,
 $3,9 \times 3,58 = 14$ Volt.
 (Come per il filo da 0,5 mm).

Questo dimostra che la corrente dipende dalla sezione del filo e la tensione solo dalla sua lunghezza. Tutto questo per il solo nichelcromo. Per l'acciaio le cose diventano un po' più vaghe, perché i vari tipi di acciaio a disposizione hanno valori resistivi abbastanza diversi fra

loro. (Vedi tabelle 1 e 2). Ho comunque preparato la figura 1, che dà un'indicazione sulla corrente che è lecito aspettarsi necessaria. Oltretutto la corrente dipende dalla temperatura richiesta, che può essere più o meno alta a seconda che si usi il taglio a "irradiazione" o a contatto. Il Monel richiede una nota a parte. È un metallo molto robusto e resistente alla corrosione. Per questo viene usato per la pesca in mare, e si trova appunto nei negozi di pesca sportiva. Di solito è trecciato, anche se lo si può trovare come filo singolo e, mi dicono, addirittura in lingotti. Parlando di quello più comune, in treccia da 0,7 mm di diametro, è formato da sette fili singoli da 0,2 mm di diametro ciascuno. La sezione totale del metallo però, non corrisponde a quella di un filo unico da 0,7 mm, perché ci sono gli spazi fra filo e filo. Il fatto che il diametro non sia da 0,6 mm ma 0,7 mm dipende dal fatto che i fili non se ne stanno ben allineati, come si vede in fig. 2. In fondo, un decimo di millimetro non si nega a nessuno! La corrente necessaria per il Monel e la costantana, che sono molto simili, è una via di mezzo fra quella necessaria per il NiCr e quella per l'acciaio.

Alimentazione

Prima di realizzare un alimentatore per il filo, dobbiamo

Metallo	Resistenza relativa	Coefficiente di espansione lineare $\times 10^{-6}$
Rame	1	16.7
Acciaio	7.6-12.7	10.5-11.6
Monel	27.8	14
Costantana	28.45	17
Nichelcromo	65	12.5

Tab. 1: caratteristiche dei metalli.

Diam. mm	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
	Sez. mm ²	0.126	0.196	0.283	0.385
Rame	0.139	0.089	0.062	0.045	0.035
Acciaio	1-1.8	0.7-1.1	0.5-0.8	0.3-0.6	0.3-0.5
Monel	3.86	2.47	1.72	1.28	0.97
Costantana	3.95	2.53	1.76	1.30	0.99
Nichelcromo	9.03	5.78	4.03	2.99	2.27

Tab. 2: resistenza in Ohm per metro di filo.

calcolare la potenza necessaria. Dagli esempi riportati si può facilmente dedurre che avremo bisogno di una corrente massima di 4-5 A ed una tensione di 20-25 V e questo ci porta ad una potenza di 100-125 W. Si tratta poi di trovare un sistema per ridurre la tensione al giusto valore per ogni tipo di archetto. Supponiamo di avere un alimentatore in grado di fornire 5 A a 25 V. Se il filo richiede solo 4 A a 10 V, i restanti 15 V a 4 A vengono dissipati in calore dal regolatore, e si tratta di ben 60 W. Questo se si tratta di un alimentatore normale o "lineare". Se invece usiamo un regolatore switching, la potenza dissipata è solo quella effettivamente necessaria (o quasi). Sarebbe molto meglio fare una scelta "mirata", ossia adatta al tipo di filo che s' intende usare. Mi spiego meglio con qualche esempio:
 Filo NiCr da 0,5 mm, lungo 1 m: Servono 12 V e 2 A (24 W).
 Filo NiCr da 0,5 mm, lungo 2 m: 24 V e 2 A (48 W).
 Filo d'acciaio da 0,4 mm, lungo

ga il circuito di protezione. Prima che qualcuno se lo chieda, spiego che lo Zener da 12,6 V serve come limitatore di tensione più che come stabilizzatore, e quindi, anche se a 10 V non entra in funzione, il circuito lavora bene comunque. In pratica, senza arrivare a casi limite, come fili di diametro maggiore di 0,8 mm o con lunghezza superiore a un metro e mezzo, un trasformatore da 100-125 W con tensione compresa fra 12 e 18 V servirà perfettamente allo scopo. Basterà aggiungere un ponte raddrizzatore e collegare l'uscita all'ingresso del circuito (vedi fig. 6). Il fusibile è sempre consigliabile perché, anche se l'uscita verso l'archetto è protetta, potrebbe sempre verificarsi un guasto nel trasformatore, nel ponte, o nei condensatori elettrolitici. Improbabile, ma possibile. In alternativa si può usare un caricabatteria da macchina o anche un alimentatore in continua stabilizzato o non, purché vengano rispettati i requisiti in

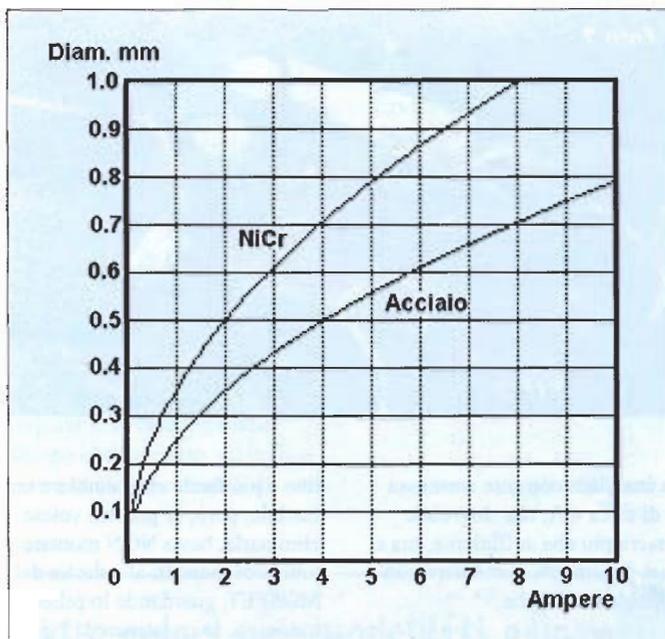


Fig. 1: corrente necessaria in funzione del diametro del filo.

ha un consumo irrisorio. Il primo inverter del 40106 è un oscillatore ad onda quadra a circa 500 Hz. Il potenziometro da 100 K permette di regolare il "duty cycle", ovvero il rapporto della semionda positiva rispetto a quella negativa, in pratica la percentuale di tempo, per ogni cinquecentesimo di secondo, nel quale il MOSFET farà scorrere corrente attraverso il filo. Se il potenziometro viene regolato diversamente cambierà il rapporto positivo/negativo, e quindi la corrente media. In questo circuito ho inserito una protezione contro i cortocircuiti che funziona in questo modo: la corrente che scorre nel filo passa anche nella resistenza da 0,1 Ohm 10 W, sempre ad impuls. Ai capi della resistenza c'è una rete RC che li converte

in una tensione che ne rappresenta il valore medio. Se questa tensione supera i 0,6 V circa, l'SCR s'innescia e mette praticamente in cortocircuito la tensione che alimenta l'integrato attraverso la resistenza da 1 K ed il LED rosso. Quindi il LED si accende ed abbassa la tensione sull'integrato a circa 2 V. A questo punto il MOSFET non conduce più e la corrente scende a zero. Nota importante: il LED deve essere rosso, infatti, se ne montaste uno verde, o blu, o bianco, la tensione ai suoi capi potrebbe non essere sufficientemente bassa da bloccare il MOSFET. Per riattivare il circuito, dopo aver eliminato il corto, basta premere il pulsantino e tutto ricomincia a funzionare. Come forse avrete intuito, in questo modo

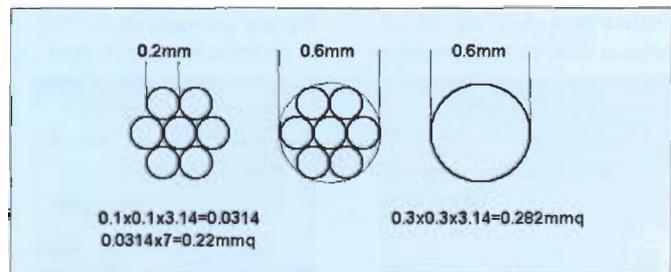


Fig. 2: il Monel.

1 metro: 4 V e 2,5 A (10 W).
 Filo d'acciaio da 0,8 mm, lungo 2 m: 4 V e 10 A (40 W).
 Come già detto, per l'acciaio possono esserci differenze notevoli. I valori in Watt sono il minimo indispensabile, quindi è meglio puntare sul doppio, in modo da avere un buon campo di regolazione. Anche le tensioni è bene siano un po' più alte di quanto indicato; tanto ci pensa il circuito a ridurle al giusto valore. Diciamo pure che la tensione non può, in ogni caso, essere inferiore a 10-12 V, perché deve alimentare la parte logica, e la corrente può arrivare ad un massimo di 6 A, prima che interven-

Volt e Watt sopra esposti. Al limite, per fili più corti di un metro, si può impiegare una batteria da auto a 12 V, e in questo caso, come in quello di un alimentatore stabilizzato, si possono anche eliminare i due condensatori da 2200 uF, che diventerebbero perfettamente inutili.

Il circuito

La tensione continua, o pulsante (se da caricabatteria o trasformatore con ponte), viene livellata dai condensatori da 2200 uF. Ridotta a 12,6 V per mezzo della resistenza da 1000 Ohm e dello Zener, alimenta la parte "logica" del circuito che

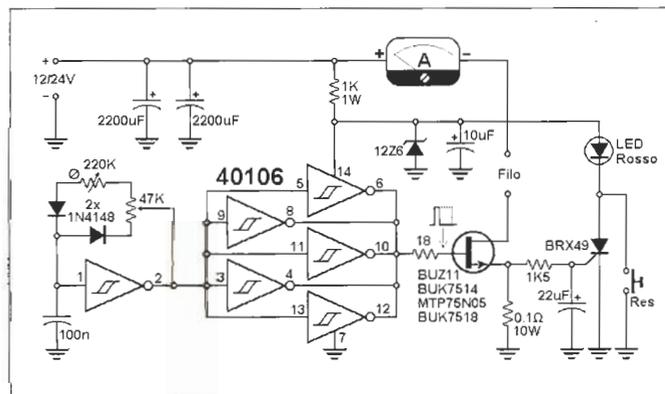


Fig. 3: schema elettrico.



la massima corrente ammessa è di circa 6 A, che dovrebbe essere più che sufficiente, ma si può facilmente aumentare con piccole modifiche.

□ A proposito di modifiche...

Volendo, si può eliminare la protezione da cortocircuito, visto che c'è un fusibile. Certo che schiacciare un pulsantino

è più facile che cambiare un fusibile, però, se proprio volete eliminarla, basta NON montare tutti i componenti alla destra del MOSFET, guardando lo schema, ossia: la resistenza da 1,5 K, il condensatore da 22 uF, il BRX49, il pulsantino, e il LED. Bisogna inoltre mettere un ponticello di filo al posto della resistenza da 0,1 Ohm.

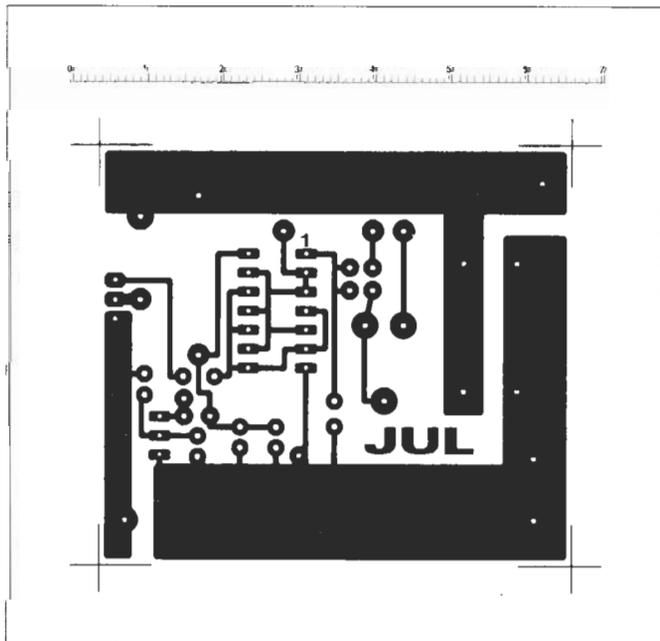


Fig. 4: circuito stampato - lato rame.

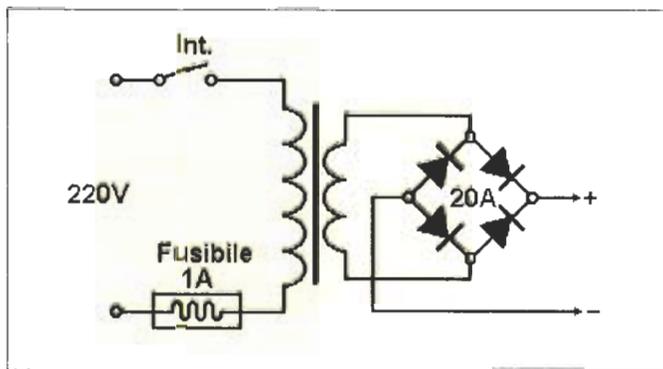


Fig. 6: alimentatore.

□ Costruzione

Il circuito è abbastanza semplice, anche se dallo schema sembra complesso. Una volta ottenuto in qualche modo lo stampato, montate i componenti seguendo il disegno allegato. La resistenza da 10 W va montata con i terminali abbastanza lunghi da tenerla sollevata di almeno tre o quattro millimetri dallo stampato. Questo perché scalda abbastanza, anche se sempre meno di 10 W, e se fosse appoggiata sullo stampato trasmetterebbe il calore anche a tutti gli altri componenti. I fili che vanno al potenziometro è bene che siano saldati come si vede dalla disposizione componenti; in questo modo, girando l'asse in senso orario, la corrente aumenta, come fosse un controllo di volume. Il radiatore per il MOSFET non

deve necessariamente essere come quello che si vede in foto 1. Visto che non scalda poi molto, (almeno fino a 3 A), potete montarne uno più piccolo, come quello della foto 2. Oppure usatene uno di quelli che si vedono nella foto 3. Basta che non scegliate quello giallo: infatti è una moneta da 50 centesimi che ho messo solo per far apprezzare le dimensioni.

□ Note sui componenti

Il ponte raddrizzatore è uno di quelli quadrati con fondo metallico, da 20 A o più. Se usate una scatola metallica fissatelo sul fondo o su una parete in modo da dissipare il calore, oppure montateci un piccolo radiatore. L'amperometro, opzionale ma consigliabile, da mettere in serie all'uscita del filo, deve avere un fondo-scala

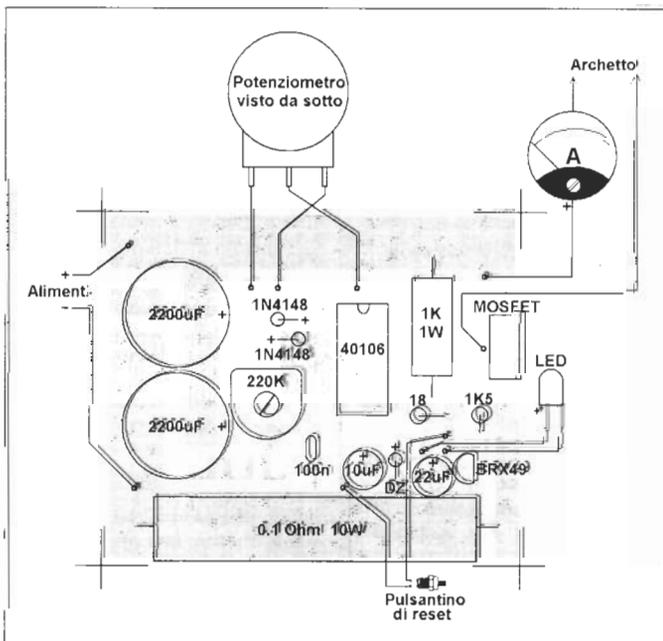


Fig. 5: disposizione dei componenti.

compatibile con la corrente massima che pensate di usare; vale a dire 3, 5 o 10 Ampere. Il MOSFET può essere di un qualsiasi tipo, a canale N, con resistenza RdsON intorno ai 20 milliohm (o minore). Per esempio: BUZ11; BUK7514; MTP75N05; BUK7518; SMP50N05 e molti altri. Il potenziometro da 47 K è del tipo lineare. Gli elettrolitici da 2200 uF devono avere una tensione di lavoro superiore a quella in ingresso (meglio se da 35 V). Quelli piccoli sono da 16 V. Lo Zener va bene da 1/2 W in su.

□ Taratura

Il trimmer da 220 K serve a stabilire la massima corrente quando il potenziometro è girato tutto a destra, ovvero al massimo. Forse basterebbe questa informazione per fare la taratura. Comunque fatela così:

- 1) Girate completamente in senso antiorario il trimmer.
- 2) Posizionate al centro, o quasi al centro, il potenziometro.
- 3) Collegate l'archetto e date tensione al circuito.
- 4) Girate MOLTO lentamente

il trimmer in senso orario fino a che il filo si scalda e comincia a tagliare un pezzetto di polistirolo.

Taratura finita. Da questo momento in poi la regolazione fine della temperatura si può fare girando il potenziometro.

□ Commento finale

Mi sono accorto, a mie spese, che non si trattava di un argomento semplice. I fili che si trovano in giro non sempre rispettano le caratteristiche fisiche che ho citato, ed inoltre non è facile procurarseli di

tutti i tipi e diametri, e allora sono dovuto ricorrere ad alcune interpolazioni per calcolare le curve. Pertanto non stupitevi se i valori di corrente che dovrete impiegare saranno leggermente diversi dai miei. La regolazione del circuito permette comunque di scaldare bene qualsiasi filo, con le limitazioni sopra citate. Come al solito, per qualsiasi chiarimento, domanda, complimento, insulto, offerta, sono sempre disponibile su:

julcat@tiscali.it