

Un circuito "step-start"

per la limitazione della corrente all'inserzione e la precarica del circuito di anodica degli amplificatori lineari a valvole

2ª parte

Il circuito realizzato

Per realizzare un circuito così semplice, ossia che inserisca una resistenza all'avvio in serie all'alimentazione e dopo un certo tempo la cortocircuiti, ci sono vari modi, tutti più o meno semplici, tutti con diversi pregi e difetti.

Elenchiamo i principali circuiti utilizzabili, partendo dal più semplice:

1. Resistenza + fusibile + relè a 230Vac non temporizzato
2. Resistenza + fusibile + relè a 230Vac temporizzato e regolabile
3. Resistenza + fusibile + relè a 24 o 12 Vdc con semplice circuito temporizzatore, alimentato dalla rete direttamente
4. Resistenza + fusibile + relè a 12Vdc con circuito temporizzatore, alimentato dalla rete con alimentatore dedicato.

Ovviamente qualunque sia il circuito scelto, il relè indicato deve essere in grado di sostenere la piena corrente lato rete del vostro amplificatore lineare, quindi servirà qualcosa almeno in grado di portare 16 A 250Vac sui contatti principali; nel mio caso ho recuperato dalla cassettera un relè Finder con bobina a 12Vdc, con due contatti da 8 A 250Vac collegati in parallelo, per avere appunto almeno 16A.

1. Il primo circuito, giocando sul tempo di ritardo di eccitazio-

ne del relè, circa 10...20 ms, aiuta a contenere la corrente di prima magnetizzazione, ma non influisce molto sull'andamento della tensione di carica del circuito di anodica; inoltre il tempo non è regolabile, comunque è meglio che niente.

Vi starete chiedendo perchè vi abbia incluso nelle possibilità un circuito così limitato. Ebbene, la stessa casa che produce il mio lineare offre a catalogo un mirabolante "inrush current limiter", dal costo importato di circa 70...80 euro, che è realizzato proprio in tale modo...se siete curiosi scaricatevi dal sito della casa in oggetto il manuale con lo schema dell'oggetto e vedrete, provare per credere: <http://www.ameritron.com/Product.php?productid=ICP-240>.

2. Il secondo circuito è l'evoluzione del primo, ossia se siete pigri con il saldatore e il portafoglio non vi duole, si può usare un relè temporizzatore da 16 A commerciale, regolabile. Ne esistono di tante marche in commercio, per applicazioni di automazione, ad esempio per rimanere su un ottimo costruttore italiano abbiamo la Finder con la serie 83, costo circa 40...50 euro secondo il modello scelto. Vedere il sito www.findernet.com per le caratteristiche tecniche e il listino prezzi, e le eventuali connessioni necessarie. Uno svantaggio di tale soluzione, costo a parte, è lo

spazio maggiore richiesto per l'installazione, ma il risultato finale è sicuramente ottimo e professionale.

3. Il terzo circuito è sicuramente quello più semplice tra quelli con il tempo regolabile, e forse il più economico, nella figura seguente ecco un classico, tratto dallo schema dell'ottima scheda realizzata da Ian, G3SEK, vedi <http://www.ifwtech.co.uk/g3sek/boards/triode/triode-1.htm>, nella sua famosa "Triode board" universale, per equipaggiare e proteggere al meglio gli amplificatori "homemade" e non solo.

Vi invito alla lettura del manuale della scheda poichè contiene molti aspetti interessanti per capire le tecniche di protezione necessarie per i nostri amati amplificatori...e se mai ne vogliate costruire uno, usare una simile scheda per le protezioni è praticamente indispensabile.

All'inizio volevo utilizzare proprio il circuito della figura sopra, poi alcune considerazioni pratiche mi hanno portato ad un'altra soluzione.

Se osservate il circuito, il "prezzo" per poter implementare la temporizzazione voluta, regolabile tra l'altro solamente variando in fase di costruzione i valori fissi dei componenti scelti, ossia della resistenza da 2200 Ω (2k2 25W) e del condensatore elettrolitico da 1000 μ F 35Vdc, è il dover

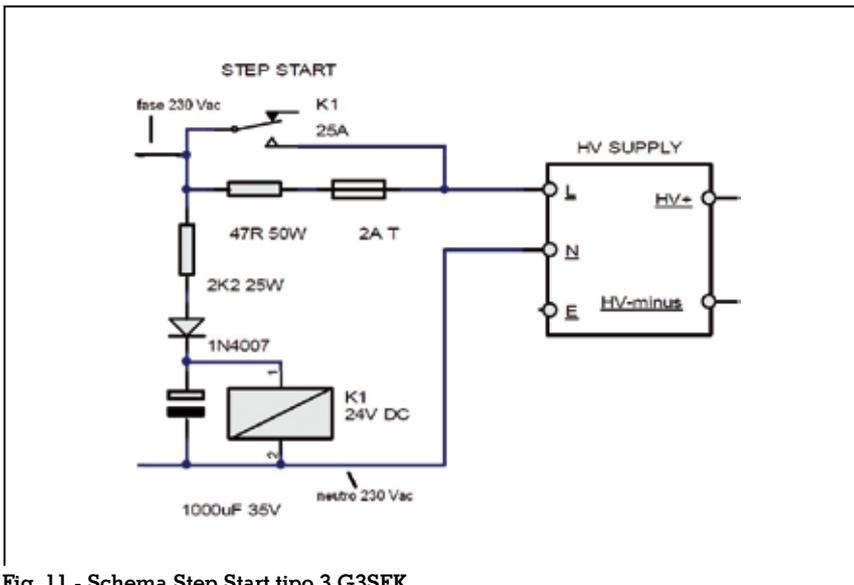


Fig. 11 - Schema Step Start tipo 3 G3SEK

montare una resistenza di caduta da 25W e dissipare poi in effetti continuamente almeno tra gli 8...12 W su tale resistenza, come facilmente calcolabile da alcuni semplici relazioni.

Considerando infatti la tensione raddrizzata dal diodo 1N4007, il valore effettivo di corrente nella resistenza in base al circuito

raddrizzatore utilizzato ($I_{R_{ac\ rms}} = 1,57 \cdot I_{dc}$) - ad una semionda - e gli almeno 40... 50mA (I_{dc}) in continua richiesti da un relè a 24Vdc, si stimano:

$$P_R = (45 \text{ mA} \times 1,57)^2 \times 2200 \text{ ohm} = 11 \text{ W} \text{ dissipati, almeno.}$$

Le simulazioni effettuate per tale circuito con il "TINA" confermano tali semplici calcoli.

Da cui la scelta del progettista di adoperare una resistenza da almeno il doppio di potenza nominale, pari a 25W, per evitare il raggiungimento di temperature troppo elevate della stessa.

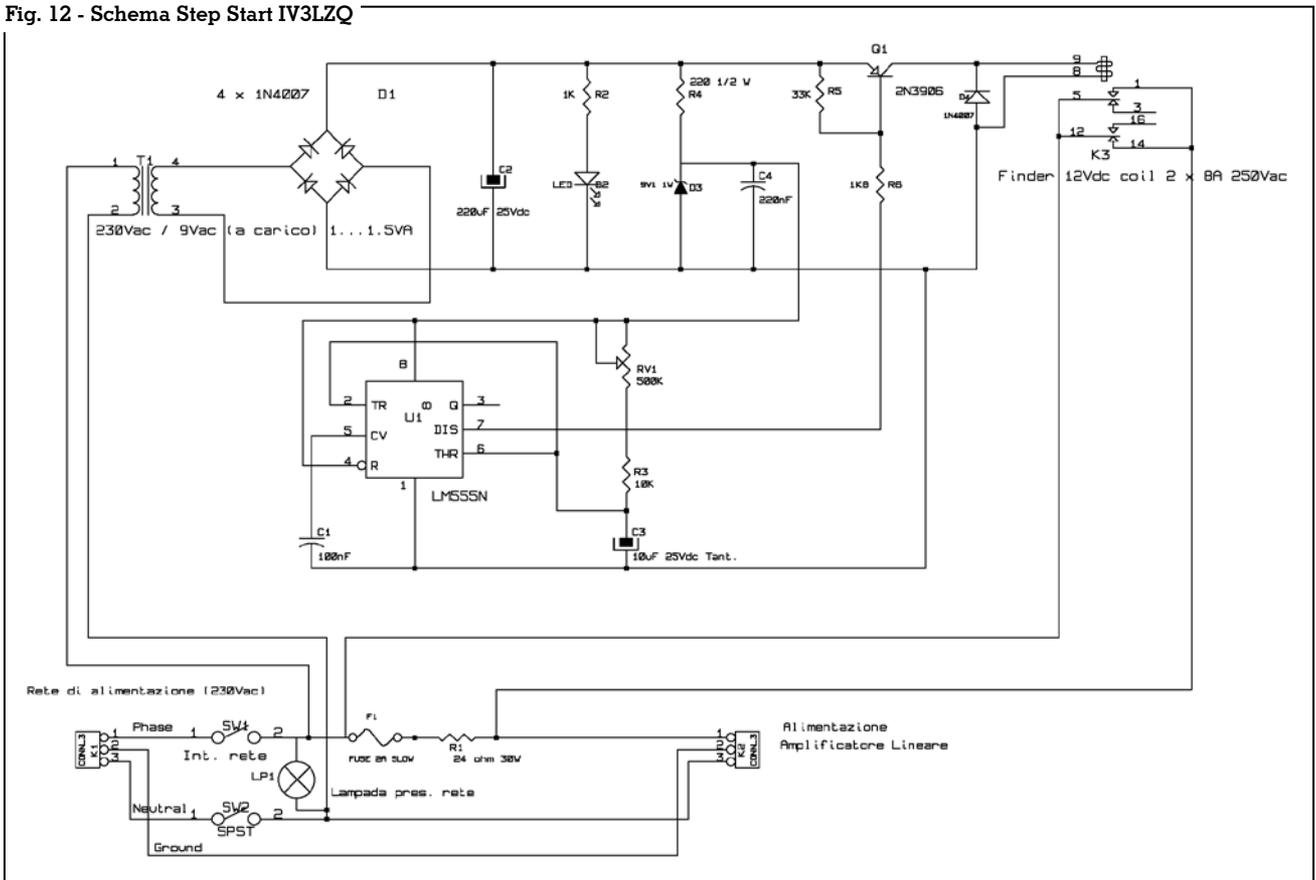
Se utilizzate tale circuito dentro il grosso contenitore metallico dell'alimentatore di un amplificatore lineare, magari dissipare 10...15W non è un grosso problema, ma nel mio caso volevo implementare il tutto in un contenitore plastico isolante esterno, il più piccolo possibile e anche 10W da dissipare in tale installazione non sono certo pochi...

Inoltre la temporizzazione non è regolabile a piacimento, come è desiderabile per poter rendere il circuito il più flessibile e universale possibile.

4. Quanto realizzato e qui presentato alla fine ricade nella tipologia del quarto circuito.

Volendo poter regolare a piacimento la temporizzazione in modo semplice, economico ed affidabile la scelta non poteva che cadere sul classico integrato timer 555; tale integrato tra l'altro

Fig. 12 - Schema Step Start IV3LZQ



giaceva in attesa nella solita cassetta da chissà quanto tempo...

Disponendo poi come già accennato di un relè adatto con bobina a 12V in continua con i contatti di potenza adeguati allo scopo, ho deciso di realizzare un piccolo alimentatore dedicato, con trasformatore da 1,5 VA, 230Vac 9Vrms a carico, anch'esso di recupero; l'alimentatore è non regolato, appunto per minimizzare la dissipazione di calore generata dal circuito stesso, scartando altre soluzioni senza trasformatore che hanno il difetto appunto di dissipare troppo.

Un trasformatore da 1...1,5VA dissipa al massimo 0.5...0.6 W a pieno carico, un valore accettabile senz'altro.

L'unica parte regolata, tramite zener e resistore di caduta è l'alimentazione da 9V all'integrato, che necessita di una tensione continua di alimentazione, fra i 5 e i 16V in continua; si veda quindi lo schema realizzato, riportato nella figura seguente.

Le scelte circuitali non sono casuali, ma tutte mirate a contenere la potenza dissipata; vi invito ad osservare il circuito proposto.

Di solito infatti, i circuiti applicativi dei datasheet del 555 per un monostabile, con ritardo all'inserzione riportano, per correnti in uscita fino a 200 mA (il nostro relè ne richiede 50...55mA al massimo a 12Vdc), la possibilità di pilotare direttamente il relè dal piedino 3 di uscita dedicato. Questo avrebbe di fatto semplificato il circuito, eliminando la necessità di avere Q1, R5 ed R6, ma avrebbe comportato di dover regolare anche la tensione di alimentazione del relè, dovendo essere questa in tal caso la stessa dell'integrato; il 555 può in realtà funzionare anche non regolato, ma la variazione sulla tensione non regolata da vuoto a carico quando si eccita il relè può in certi casi, in base al valore della rete generare un quantomai indesiderato "retriggering" del flip-flop del timer. La soluzione ovvia è quella di usare invece il piedino 7 del 555, che è un transistor open collector, che viene

portato in conduzione, verso massa, al raggiungimento dei 2/3 della tensione di alimentazione sul comparatore del timer. Tale soluzione non richiede che il 555 e il relè abbiano la stessa alimentazione, ma solo lo stesso zero ossia la massa o comune.

Inoltre il pin7 regge tranquillamente fino a 100mA, e oltre 18V, e il nostro Q1 in base richiede meno di 10mA.

In questo modo anche la corrente massima assorbita dal 555 è minima, al massimo 10...15mA come da datasheet, rendendo minima la potenza dissipata sulla resistenza R4 e lo zener D3.

Occorre far notare che la scelta di non regolare la tensione applicata al relè da 12Vdc, eliminando la potenza dissipata su un eventuale regolatore serie (es. 7812, che avrebbe dissipato qualche centinaio di milliwatt, oltre a richiedere una tensione di ingresso non regolata di almeno 15 V a carico e quindi un trasformatore più grande) si basa sul fatto che i relè in continua, hanno tutti una interessante caratteristica, ossia quella di avere una tensione di ritenuta minima molto più bassa della tensione nominale di alimentazione.

Dal datasheet del relè Finder usato, del tipo 40.52, con bobina da 12Vdc, si trovano come tensioni in continua massima e minima di funzionamento rispettivamente, $V_{max} = 18Vdc$ e V_{min}

$= 8.8 Vdc$; la corrente assorbita dalla bobina a 12Vdc nominali sono 55mA, per $R_{coil} = 220\Omega$.

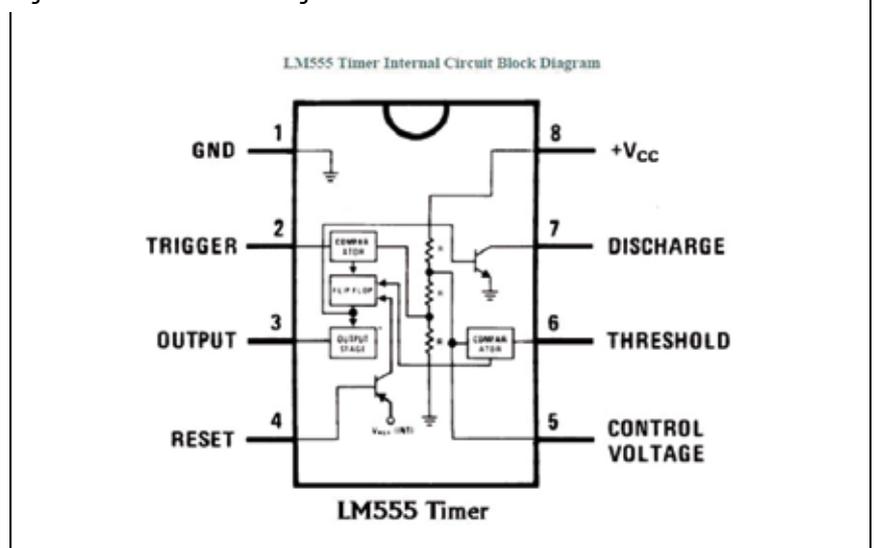
Una volta poi che la bobina si è energizzata e i contatti chiusi, affinché la stessa si riapra occorre che la tensione ai suoi capi scenda al di sotto della tensione di rilascio, che è data pari a $0.1 \times U_n$, ossia a 1,2 Vdc; inoltre la tensione di mantenimento del contatto chiuso è data pari a $0.4 \times U_n = 4,8 Vdc$.

Quindi è ben chiaro, con tali caratteristiche della bobina in continua, valida in generale per tali tipi di relè anche di altri costruttori, come sia del tutto inutile stabilizzare la tensione con cui si alimenta il relè; nel circuito in esame, in base al valore della rete e della tensione a vuoto del trasformatore da 1,5VA scelto, la tensione non stabilizzata varia da circa 15...18Vdc a vuoto a circa 10...12Vdc a carico, ossia quando il timer 555 energizza il relè, dopo il tempo impostato con il trimmer RV1.

In base al relè che reperite, potete fare una semplice prova, collegando la bobina da 12Vdc ad un alimentatore regolabile da laboratorio, verificando la minima tensione di prima eccitazione, tipicamente intorno ai 9V e quella minima di diseccitazione, tipicamente al di sotto di 2V.

Infine due parole sul funzionamento del circuito integrato 555, sempre utili.

Fig. 13 - Schema interno integrato LM555



Il funzionamento, in base al circuito realizzato è molto semplice. Come viene fornita alimentazione al circuito integrato 555, il piedino 2 di trigger attiva il comparatore interno, dato che è collegato ai capi del condensatore C3 da $10\mu\text{F}$ che è inizialmente scarico, quindi con la tensione ai suoi capi al di sotto di $1/3$ della tensione di alimentazione di 9V.

Tale comparatore setta il flip-flop interno, che avendo uscita negata, tiene inibito il piedino di uscita 3 e il transistor open collector di scarica del piedino 7. Il nostro transistor Q1, collegato al piedino 7 è quindi interdetto e il relè K3 è quindi a riposo, con i contatti aperti. Non appena la tensione al piedino 6, anch'esso collegato ai capi di C3 raggiunge i $2/3$ dell'alimentazione del 555, il flip-flop interno viene resettato, quindi la sua uscita negata, che comanda il piedino di uscita 3 e il transistor open collector di scarica del piedino 7, si attiva portando il piedino 3 al valore della tensione di alimentazione del 555 e il pin 7 a massa, facendo saturare il Q1 e quindi attivando il relè.

Il tutto resta in tale condizione finché la tensione ai capi del pin 2 non torna sotto un $1/3$ della tensione di alimentazione del 555 e la tensione non regolata ai capi del relè scende al di sotto della minima tensione di mantenimento ($1...2\text{V}$), ossia finché non si toglie alimentazione al circuito e al lineare aprendo l'interruttore di rete.

Le resistenze R5 e R6 di polarizzazione di Q1 sono scelte in modo che lo stesso, un 2N3906 in contenitore TO-92, all'attivazione del pin 7 verso massa, saturi appieno, con una V_{ce_sat} di circa $50...100\text{mV}$, e una corrente di collettore pari alla corrente della bobina del relè ossia 55mA , dissipando quindi nel caso peggiore, eccitando il relè una potenza $P_{Q1} = V_{ce_sat} \times I_{ce} = 0.1\text{V} \times 55\text{mA} = 5,5\text{mW}$, ben al di sotto dei 92mW massimi dissipabili in aria del contenitore TO-92 del transistor stesso...

Un qualunque transistor equivalente o con caratteristiche si-

mili va più che bene allo scopo, ovviamente la scelta del 2N3906 è derivata da quanto presente in cassetteria...come al solito. Consultate il sito indicato nella bibliografia per reperire il datasheet con la disposizione corretta dei piedini EBC, in base al transistor scelto.

La realizzazione pratica e il reperimento dei materiali

Il circuito del temporizzatore è abbastanza semplice da poter essere realizzato su una comune basetta millefori, come qui presentato; i più volenterosi potranno realizzare un circuito stampato. Mi raccomando di tenere l'adeguato isolamento sulla millefori o sullo stampato tra la parte alimentata a 230Vac e quella a bassa tensione; personalmente sulle millefori usate (una per il temporizzatore e una per ancorare le resistenze di potenza, vedere nelle figure seguenti) con una fresetta del trapanino Dremel ho rimosso lato saldature le piazzole di rame intorno alla parte della morsettiere e dei cablaggi alla tensione di rete, per avere un'area isolata sul lato saldature di almeno $10...15\text{mm}$; consiglio di fare lo stesso anche intorno ai fori di fissaggio delle basette millefori, in modo da non dover usare poi viteria di teflon isolata per il fissaggio. Ovviamente è bene che le viti di fissaggio siano a distanza adeguata dalle piazzole o dai cablaggi in tensione.

Nella mia realizzazione ho voluto creare un dispositivo indipendente, esterno, da poter collegare agevolmente all'amplificatore lineare e in caso anche ad altre apparecchiature; non ho volutamente realizzato il tutto all'interno del lineare stesso, cosa peraltro possibile, apposta per lasciarlo il più inviolato possibile...

Quindi per dare una veste il più possibile professionale alla realizzazione ho scelto una scatola da parete per installazioni elettriche, da uno dei possibili costruttori italiani, vedi il catalogo Vimar, www.vimar.eu; ne esistono



Fig. 14 - Basetta temporizzatore

comunque molti altri sul mercato.

Il tutto è reperibile facilmente da qualunque rivenditore di materiale elettrico, con dimensioni simili, in base a cosa trovate. Poi ovviamente nei 6 moduli disponibili sono stati collocati, nell'ordine, come da figura sopra:

- Modulo 1: interruttore bipolare da rete da 16 A
- Modulo 2: fusibile da 2 A 250Vac $5 \times 20\text{mm}$ ritardato + portafusibile
- Modulo 3: coperchio vuoto per installarvi all'interno il relè di potenza
- Modulo 4: coperchio vuoto dove ho installato la lampada di segnalazione presenza rete
- Modulo 5: presa universale da 16 A per collegarvi il lineare alimentato
- Modulo 6: coperchio vuoto, per avere lo spazio al di sotto per installare la basetta del temporizzatore.

Ciascun costruttore di tali serie di contenitori, offre quindi una gamma di moduli con le funzioni di cui sopra da montare nelle cassette, ad innesto, in modo molto semplice e pratico poi per i cablaggi interni; se decidete

Fig. 15 - Il contenitore da fuori



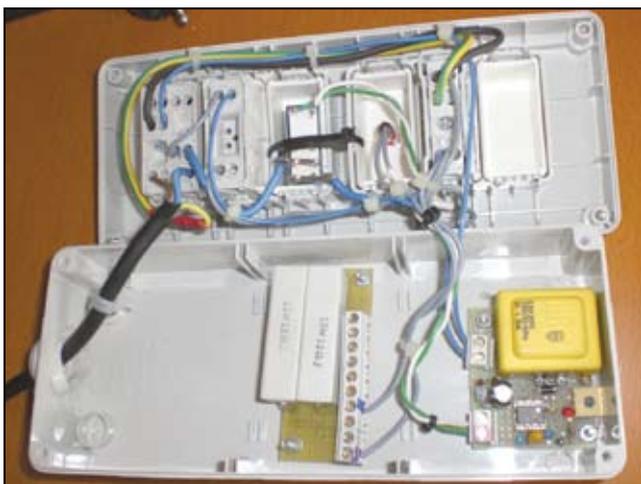


Fig. 16 - Dettagli cablaggio interno

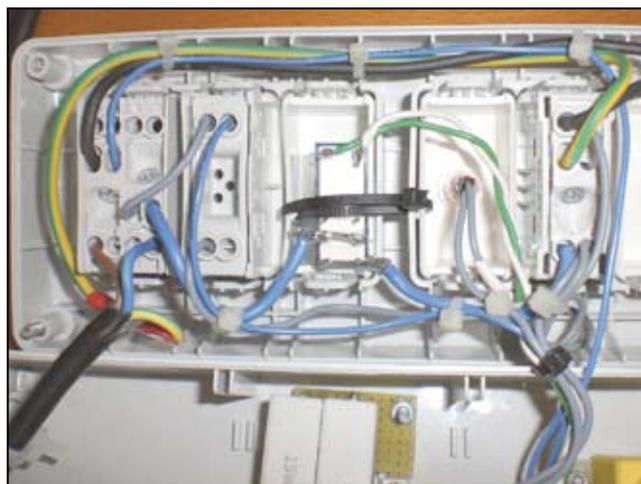


Fig. 17 - Dettagli fissaggio relé K3

per la mia stessa soluzione la lista sopra vi tornerà utile per l'approvvigionamento.

Per facilitarvi la realizzazione vi allego due foto dei cablaggi interni, con indicazioni di dettaglio; inoltre mi raccomando di eseguire necessariamente tutti i cablaggi interni ed esterni con fili adeguati alla tensione di isolamento (250Vac) e alle correnti in gioco, che dipendono dal lineare che gli collegherete.

Per la parte collegata al relè di potenza suggerisco, in caso di realizzazione come la mia, per correnti massime fino a 16 A, di usare trecciola di rame isolata in PVC da almeno 250...400Vac di isolamento antifiamma da impianti elettrici civili, da almeno 1,5...2 mm² di sezione, con colori diversi per la fase, il neutro e la terra.

Inoltre vi suggerisco di incollare il relè di potenza, all'interno di un coperchio vuoto, con collante cianoacrilico, e di assicurarlo meccanicamente con una fascettina e due fori nella scatola, dal lato opposto, per essere sicuri che non si muova.

Sempre al riguardo del relè, se usate il tipo da me utilizzato, questo dispone di terminali a saldare per circuito stampato; per facilitare il collegamento, la saldatura e dare resistenza meccanica adeguata alle connessioni da 16 A vi raccomando di saldare un capicorda a ciascuna coppia dei piedini dei contatti di potenza

per realizzare il parallelo e poter poi saldare agevolmente la trecciola nell'occhiello del capicorda.

Per il resto dei materiali, l'unico componente forse meno facile da reperire è il trasformatore da circuito stampato, da 1...1,5 VA con 9Vac di uscita, a carico, sempre che non abbiate qualcosa di simile in qualche cassettera.

Comunque dovrete riuscire a trovarlo dal vostro rivenditore di componenti elettronici abituale, i vari distributori nazionali di componenti che riforniscono i negozianti hanno tutti a catalogo dei trasformatoretti di tale tipo e sicuramente possono farvi arrivare in breve e per qualche euro (3...6 euro) la taglia 1,5VA 1 x 9Vac - a carico - 166mA ac, se a singolo secondario, oppure sempre 1,5VA, 2 x 9Vac - a carico - 83 mA ac, se a doppio secondario. In tal caso basta collegare in parallelo correttamente i due secondari, i capi da collegare insieme sono quelli rispettivamente con "i pallini" e i due senza, ossia con le due tensioni in fase, e il gioco è fatto.

Se usate dei trasformatoretti con tensioni o potenze nominali diverse sinceratevi che a vuoto la tensione al secondario non ecceda i 12,5...13Vac, misurabili con un multimetro. Difatti il trasformatore utilizzato, da 9Vac a carico ha proprio tale tensione a vuoto; la cosa non dovrebbe essere critica, basta non eccedere i 18..19V

in continua, a vuoto sulla tensione raddrizzata non regolata.

Vi raccomando inoltre di usare uno zocchetto 4+ 4 pin per il 555.

Il costo completo del tutto come realizzato si aggira intorno ai 20...30 Euro, il costo maggiore è dato dalla scatola e dai vari moduli, e il tutto si realizza indicativamente in un paio di giornate di lavoro.

Il collaudo

Le indicazioni al riguardo sono le solite dovute al buon senso.

Mi raccomando prestate sempre la massima attenzione nei cablaggi, ricontrollate il tutto sempre almeno tre volte, e una volta completato il circuito, lasciandolo staccato dalla rete provate con un multimetro la continuità dei vari collegamenti e la funzionalità dei moduli, verificando che non vi siano cortocircuiti tra fase e neutro e verso terra.

Inoltre prestate sempre la massima attenzione lavorando con circuiti alimentati alla tensione di rete, il rischio di folgorazioni mortali o bruciature è sempre presente e servono tutte le cautele del caso, quindi se non avete la sufficiente esperienza fatevi aiutare o consigliare da amici esperti.

Quindi verificata la correttezza dei cablaggi e del montaggio dei componenti elettronici sulla bassetta del temporizzatore, verifi-

cando i valori dei componenti montati, le polarità dei diodi e dei condensatori, le corrette connessioni EBC di Q1, e dello zocchetto del 555 in base allo schema, **senza inserire ancora l'integrato 555 nello zocchetto**, verificate con il multimetro l'assenza di corti in base allo schema tra le alimentazioni, e la continuità tra i punti del circuito collegati fra loro.

Se tutto appare corretto, applicate la tensione di rete al trasformatore di alimentazione, e se tutto va bene e senza nessun segnale di fumo, vedrete il LED rosso illuminarsi; a tal punto misurate con un multimetro la tensione a vuoto ai capi dell'alimentazione non regolata, ad esempio ai capi del condensatore C2 o ai capi corrispondenti del ponte a diodi 1N4007, e dovrete ottenere una tensione tra i 14 e i 18V in continua; misurate poi la tensione tra il piedino 8 e il piedino 1 dello zocchetto del 555, e dovrete ottenere intorno ai 9..9,2V in continua. Con l'ausilio dello schema verificate poi che tale tensione positiva compaia poi anche sui piedini 2, 4 e 6, sempre rispetto al piedino 1. Inoltre sul piedino 7, sempre rispetto al pin 1 dovrete leggere circa il valore della tensione non regolata (14...18Vdc).

Se tutto ciò non avviene, togliete tensione e riverificate i cablaggi o i componenti della basetta. Una volta riusciti ad ottenere quanto sopra, tolti tensione, **inserite il 555 con il verso giusto**, regolate il trimmer a metà corsa e date tensione. Dovreste sentire dopo qualche secondo il relè K3 che si eccita. In tal caso misurate la tensione ai capi dei morsetti del relè, dovrete rilevare circa 11 V in continua quando è eccitato.

Regolate quindi il trimmer per il tempo a voi congeniale, nel mio caso un secondo e mezzo sono il tempo ottimale, ma ciò dipende da come è costruito il lineare che alimentate, riprovate più volte accendendo e spegnendo l'interruttore principale senza il lineare inserito, per verificare che non ci siano problemi di cablag-

gio o quant'altro, a scatola aperta e poi chiusa.

Con l'interruttore principale del circuito spento, collegate quindi il lineare alla presa di uscita, e ponete in posizione di accensione il lineare; a questo punto date tensione tramite il nostro interruttore e verificate l'andamento della tensione anodica del lineare, mediante l'apposito voltmetro dedicato che ogni lineare possiede; il comportamento regolare deve essere una tensione anodica che cresce fino all'80...90% del valore nominale in un secondo, poi appena chiude il relè dovrete osservare una ulteriore salita a gradino dell'anodica fino alla piena tensione di esercizio consueta. Se i tempi vi sembrano troppo corti o lunghi regolate il trimmer VR1 a piacimento, con i valori da schema il tempo è regolabile tra circa 100 ms e 5..6 s. Se vi dovessero servire tempi superiori, basta cambiare il condensatore C3 da 10 μ F con uno da 22 μ F ed arriverete ad oltre 10 secondi.

Ricordatevi quindi che d'ora in avanti l'interruttore di accensione principale del vostro lineare è quello sulla scatola, quindi l'interruttore di rete generale originale del lineare va sempre lasciato in posizione di accensione, viceversa se lo attivate come prima, con il nostro circuito di step-start già acceso, non vi è alcun effetto di limitazione da parte di quest'ultimo!

Questo circuito può tornare utile anche a chi intendesse costruirsi un proprio lineare, potreste integrarlo nella scheda di controllo e protezione, oppure usarlo anche da solo.

Nel caso poi di grossi lineari con alimentazione trifase, il relè da 16 A 250Vac del nostro circuito può essere usato come relè ausiliario sulla bobina di comando a 230Vac per inserire un contattore di potenza trifase che usereste in tal caso come step-start e contattore di anodica, ovviamente con delle resistenze ben più grandi, in base alla taglia del trasformatore alimentato.

Conclusione

Spero che abbiate trovato interessante l'articolo, la teoria e la pratica esposta; anche dietro ad un circuito così apparentemente semplice ci sono parecchie considerazioni e ragionamenti da fare, e che spesso tornano utili anche in altre applicazioni.

Sono a vostra disposizione come al solito, per chiarimenti o suggerimenti all'indirizzo di posta elettronica: iv3lzq@gmail.com

Bibliografia

Vi riporto per comodità qui i vari link e riferimenti bibliografici già indicati nel corso dell'articolo.

1) Link al sito della Texas Instruments per scaricare e provare il software gratuito di simulazione analogica TINA: <http://focus.ti.com/docs/toolsw/folders/print/tina-ti.html>

Tale software di simulazione ha una limitazione: in teoria deve essere sempre presente almeno un circuito integrato nel circuito da simulare, altrimenti non vi fa partire la simulazione. Il trucco principale per usare tale software di simulazione anche in assenza di integrati, consiste nel piazzare un qualunque operazionale della libreria componenti con i piedini collegati tutti a massa in un angolo del vostro circuito, e poi vedrete che vi farà simulare qualunque circuito vogliate...da provare dopo aver ben letto i manuali a corredo.

2) Sito dell'Ameritron, www.ameritron.com per consulto degli schemi dei vari lineari offerti e degli accessori degli stessi.

3) Sito della Ten-Tec <http://radio.tentec.com/downloads/amplifiers/> per consulto degli schemi dell'ottimo lineare costruito.

4) Sito di G3SEK, vedi <http://www.ifw-tech.co.uk/g3sek/boards/triode/triode-1.htm> per l'ottima scheda "Triode boards" e non solo, tutto il materiale è molto interessante

5) Siti dei vari produttori di componenti utilizzabili o di riferimento: sito www.findernet.com - relè sito www.vimar.eu - materiale elettrico e contenitori

6) Per i datasheet dei vari componenti elettronici vi rimando all'ottimo <http://www.datasheetcatalog.com> dove trovate datasheet scaricabili e consultabili per praticamente tutti i componenti elettronici, inclusi quelli usati nel progetto.

