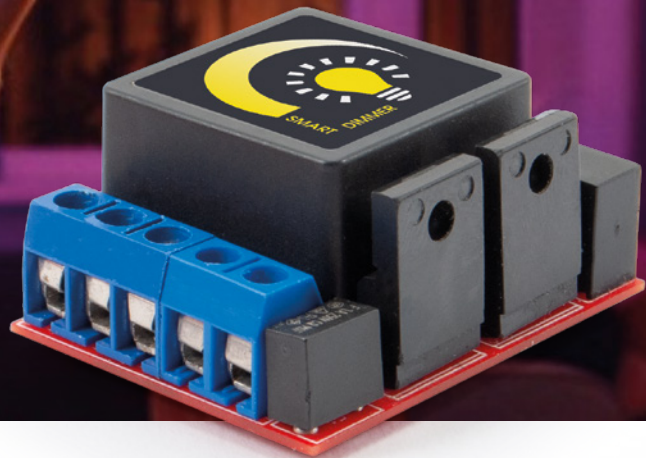


# SMART DIMMER

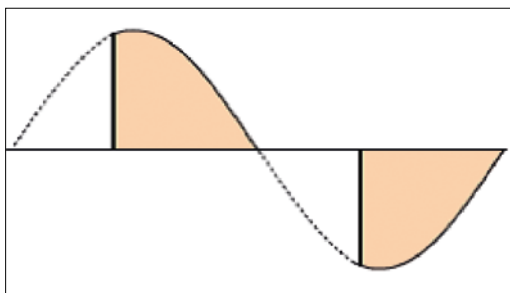
di MAURIZIO ŠKERLIČ



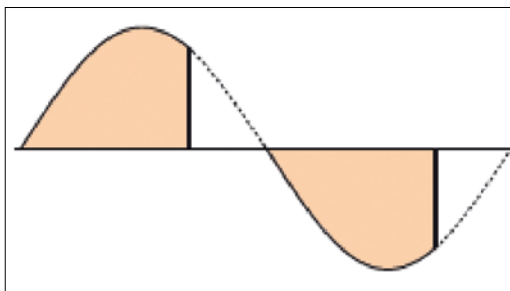
Regola l'intensità luminosa di lampade a incandescenza, CFL e a LED dimmerabili, controllato da smartphone, localmente o tramite assistente vocale.

**L**a rapida diffusione degli assistenti vocali, come ad esempio Amazon Alexa, ha visto nascere parallelamente una serie di dispositivi interfacciabili ad essi, capaci di trasformare la nostra abitazione in una casa Smart. In questo articolo vi spiegheremo come realizzare uno smart dimmer e in che modo interfacciarlo con l'assistente vocale Amazon Alexa oppure Google assistant, per regolare la luminosità delle lampade con semplici comandi vocali. Immaginate di rientrare a casa dopo aver fatto la spesa con le mani piene di borse accendere la luce diventa un'impresa ardua; con l'assistente vocale vi basta semplicemente pronunciare un comando vocale non solo per accendere e regolare l'intensità della luce, ma anche aprire la porta del garage, accendere la televisione, impostare la temperatura del climatizzatore ecc. Praticamente è possibile comandare

→ **Fig. 1**  
 Funzionamento della tecnologia leading edge, conosciuta anche come forward phase.



→ **Fig. 2**  
 Funzionamento della tecnologia trailing edge, conosciuta anche come reverse.



qualsiasi dispositivo o elettrodomestico.

In passato, regolare la luminosità di lampade a incandescenza era molto semplice e conveniente, utilizzando la tecnologia leading edge con TRIAC (acronimo di TRIode for Alternating Current). Con l'avvento delle lampade fluorescenti compatte CFL (Compact Fluorescent Lamp) e successivamente con quelle a LED, utilizzare tale tecnologia non è più possibile e bisogna ricorrere alla regolazione trailing edge, più complessa e più costosa da realizzare, che fornisce un controllo della luminosità più fluido senza generare fastidiosi ronzii tipici dei dimmer a TRIAC.

### FUNZIONAMENTO DEI DIMMER

I dimmer per lampade ad incandescenza spengono l'alimentazione al corpo illuminante durante una parte del ciclo di alimentazione. Accendendo e spegnendo rapidamente il corpo illuminante due volte per ogni ciclo della tensione di alimentazione, 100 volte al secondo per gli impianti a 50Hz e 120 volte per quelli a 60 Hz, riducendo l'energia totale erogata. Maggiore è la porzione del ciclo durante

la quale la corrente è interrotta, più debole sarà la luminosità. Nelle lampade a incandescenza, la persistenza termica del filamento attenua questi impulsi, assicurando che lo sfarfallio dovuto dalla rapida commutazione sia impercettibile all'occhio umano.

I dimmer possono essere suddivisi in due categorie: quelli che funzionano con angolo positivo cioè taglio inizio fase (forward phase), noto come regolazione "leading edge", e quelli a funzionamento con angolo negativo, cioè con taglio fine fase (reverse phase), noto come regolazione "trailing edge".

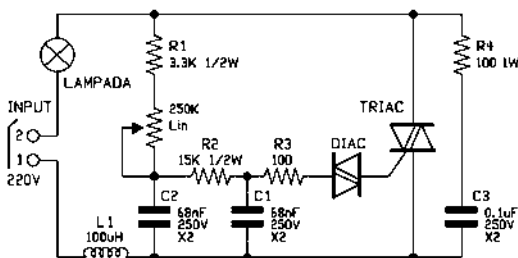
I dimmer "leading edge" funzionano variando il punto di accensione della corrente di alimentazione del circuito di illuminazione, nel senso che rilevano l'inizio, cioè il punto di passaggio per lo zero di ogni semi ciclo della tensione di alimentazione, quindi attendono un intervallo di tempo prima di applicare la corrente. Viene parzializzata la parte iniziale cioè la parte ascendente della semionda e spenta al passaggio per lo zero, vedi **Fig. 1**. Poiché la corrente non viene fornita quando la tensione passa per lo zero, l'accensione del corpo illuminante non è graduale ma brusca, con picchi di corrente che purtroppo ne riducono la vita.

I dimmer "trailing edge" accendono la corrente al passaggio della semionda per lo zero e variano il punto di spegnimento, interrompendo la corrente di alimentazione al circuito di illuminazione ad intervalli predeterminati. Viene parzializzata la parte finale discendente della semionda, per cui la corrente elettrica viene tolta prima del passaggio per lo zero, vedi **Fig. 2**. Dato che il corpo illuminante viene acceso con il passaggio della semionda per lo zero, l'accensione sarà graduale e comporterà meno stress, prolungando la vita della lampada. I dimmer di tipo leading edge sono quelli più semplici da realizzare, perché si ottengono utilizzando un TRIAC e alcuni componenti passivi (un esempio è lo schema di **Fig. 3**); sono più economici rispetto a quelli di tipo trailing edge, che risultano più complessi da realizzare.

### SCHEMA ELETTRICO

Incominciamo con l'analisi dello schema elettrico, il cui elemento principale è il modulo ESP03, siglato U4 e basato sul microcontrollore Espressif ESP8266, equipaggiato con una memoria Flash da 1MB. La regolazione dell'intensità luminosa è affidata al circuito integrato FL5150 (in commercio esiste la variante FL5160, progettata per funzionare con correnti alternate a 60Hz). Il chip FL5150 può funzionare sia in modalità leading che trailing

→ **Fig. 3**  
 Semplice dimmer con Triac di tipo leading Edge.



edge, è protetto da sovracorrenti ed è capace di pilotare transistor sia IGBT sia MOSFET. L'integrato va alimentato dal piedino 6 con una tensione non superiore ai 17 V (al suo interno è presente un diodo Zener che va in conduzione se superiamo questo valore) che serve ai driver per riuscire a pilotare i gate dei due transistor in uscita. Al suo interno troviamo pure un regolatore di tensione da 5 V, la cui uscita fa capo al piedino 3. La regolazione dell'intensità luminosa avviene tramite un potenziometro da collegare tra il piedino DIM e il GND. Per poter regolare la luminosità della lampadina con l'assistente vocale, all'inizio abbiamo pensato di sostituire il potenziometro analogico con uno digitale, però ci siamo accorti che quasi tutti quelli reperibili in commercio hanno una risoluzione bassa a 8 bit che permette una regolazione di soli  $2^8=255$  livelli, rendendo la regolazione luminosa a scatti. Per ottenere una regolazione più fluida e lineare, abbiamo optato per un convertitore analogico digitale DAC (*digital to analog converter*) a 12 bit MCP4725, nello schema elettrico siglato U2, con il quale siamo riusciti ad ottenere una risoluzione della regolazione luminosa di  $2^{12}=4096$  livelli. Sostituendo il potenziometro analogico (meccanico) con uno digitale possiamo regolare la luminosità mediante un pulsante, semplificando l'impianto elettrico domestico, soprattutto nei corridoi o nelle trombe delle scale, dove il corpo illuminante deve essere comandato da più punti. In questo modo il costo dell'impianto sarà inferiore poiché non si utilizzeranno più i deviatori e tantomeno i costosi invertitori.

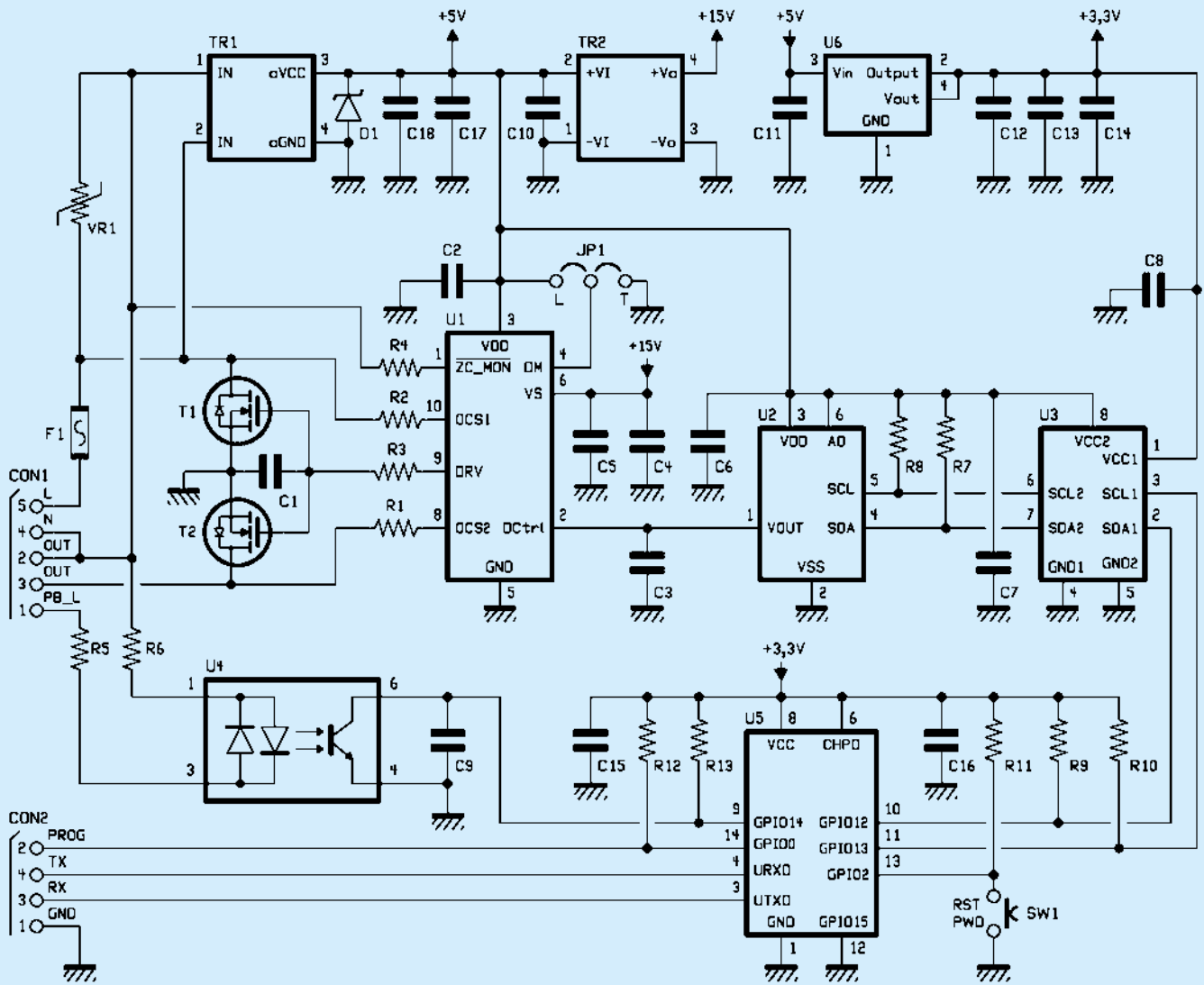
L'integrato MCP4725 preleva l'alimentazione a 5V direttamente dal piedino 3 del chip FL5150 fornita dal regolatore di tensione lineare interno. Poiché entrambe i chip MCP4725 e FL5150 sono collegati direttamente alla tensione di rete a 220 V, per scongiurare eventuali folgorazioni, soprattutto in fase di programmazione, abbiamo dovuto separarli galvanicamente dal resto del circuito. Per isolare il bus I<sup>2</sup>C abbiamo utilizzato il circuito integrato ISO1541D, nello schema elettrico siglato U3, mentre per alimentare l'FL5150 abbiamo utilizzato un alimentatore step-up galvanicamente isolato da 15 V, nel circuito elettrico siglato TR2. Anche se l'FL5150 viene alimentato con una tensione inferiore a quella consigliata dal costruttore, i driver riusciranno comunque a pilotare i moderni MOSFET e IGBT. Da prove effettuate, sono sufficienti addirittura 12 V. Quindi chi non riesce a reperire in commercio un alimentatore step-up galvanicamente isolato da 15 V può sostituirlo con uno da

12 V. Il circuito viene alimentato da uno switching da 5 V 1 A e poiché il modulo ESP03 lavora a 3,3 V il voltaggio viene abbassato mediante un regolatore di tensione lineare, nello schema elettrico siglato U6. Potevamo evitare di utilizzare il regolatore di tensione U6 e usare direttamente un alimentatore switching da 3,3 V, però ci siamo accorti che il ripple generato dall'alimentatore switching oppure piccole fluttuazioni di tensione, provocano malfunzionamenti del modulo ESP03, in particolar modo quando il modulo WiFi trasmette alla massima potenza e il consumo raggiunge picchi di corrente alti. Partendo con una tensione più alta e utilizzando un regolatore da 3,3 V la tensione di alimentazione risulta priva di disturbi e rimane stabile in tutte le condizioni, anche in quelle più gravose. Poiché i microprocessori Espressive sono conosciuti per la loro sensibilità alle variazioni di tensione e ai disturbi EMI, per evitare reset casuali provocati dal watchdog o crash di sistema, consigliamo sempre di aggiungere un condensatore minimo 100 uF e uno da 100 nF posti il più vicino possibile ai piedini di alimentazione del modulo ESP e mantenere il collegamento del piedino reset il più corto possibile. Il piedino 1 del circuito integrato FL5150 tramite la resistenza R4 capta il passaggio per lo zero della semionda, mentre la modalità di funzionamento viene impostata con il piedino 4. Se posto a livello basso viene impostato il funzionamento trailing edge, mentre a livello alto si sceglie il funzionamento leading edge. I gate dei due Transistor T1 e T2 sono pilotati dal piedino 9 tramite la resistenza R3 e dal condensatore C1. I piedini 8 e 10 sono collegati mediante le resistenze R1 e R2 rispettivamente ai Drain di T2 e T1, per monitorare l'estensione massima di corrente di carico e di conseguenza limitare la potenza dissipata. Se vengono rilevati 16 impulsi consecutivi di sovracorrente, l'FL5150 va in protezione e disabilita l'uscita DRV piedino 9. Per ristabilire il normale funzionamento bisognerà scollegare fisicamente il circuito dalla corrente elettrica. Il pulsante SW1, collegato al piedino GPIO2 del modulo ESP03 serve a reimpostare la password predefinita di sistema, "123456789", in caso dimenticaste quella da voi impostata. Il foto accoppiatore U4 grazie al doppio diodo LED in entrata assieme alle due resistenze R1 e R2, ci permette di disaccoppiare la tensione alternata a 230 V fornita dal pulsante collegato al piedino 1 del connettore CON1 e la invia al piedino GPIO14 del modulo ESP03. La resistenza R13 serve da pullup e il condensatore C8 filtra il segnale in entrata, migliorando anche la funzione anti rimbalzo

## CARATTERISTICHE TECNICHE

- ◆ Carico commutabile: 200 W
- ◆ Modalità di funzionamento: leading edge o trailing edge
- ◆ Carico resistivi e induttivo.
- ◆ Compatibile con lampadine CFL e LED dimmerabili.
- ◆ Protezione termica e da sovracorrente.
- ◆ Memoria dell'intensità luminosa impostata.
- ◆ Accensione e spegnimento in dissolvenza.
- ◆ Timer spegnimento automatico.
- ◆ Impostazione luminosità minima.
- ◆ Eliminazione sfarfallii o tremolii della luce.
- ◆ Regolazione mediante pulsante o smartphone.
- ◆ Compatibile con assistenti vocali Amazon Alexa e Google Assistant.
- ◆ Configurazione tramite interfaccia web.
- ◆ Connessione WiFi.
- ◆ Protezione con password.





software. Il carico viene collegato tra i piedini 2 e 3 del connettore CON1 e la tensione di rete viene collegata ai piedini 4 e 5 rispettivamente neutro e fase. Il circuito è protetto dalle sovratensioni e sovracorrenti di rete mediante il varistore VR1 e il fusibile F1, mentre il diodo D1 protegge il circuito da una tensione eccessiva in caso di guasto del trasformatore.

### REALIZZAZIONE PRATICA

Passiamo ora alla realizzazione pratica che richiederà una conoscenza minima nel montaggio SMD. Per chi fosse interessato a realizzare da solo lo stampato, facciamo presente che sul nostro sito web [www.elettronica.in.it](http://www.elettronica.in.it) trovate disponibili per il download i file Gerber del circuito stampato a doppia faccia ottenibile per fotoincisione, nonché il firmware. Come sempre, per il montaggio dei

componenti suggeriamo l'utilizzo di un saldatore stilo a punta sottile con potenza non troppo elevata (20 ÷ 25 watts) e del filo di lega saldante possibilmente non superiore a 0,7 mm di diametro. Consigliamo inoltre di usare un Flussante di ottima qualità che non lascia scorie residue, utile soprattutto se usate leghe saldanti senza piombo che notoriamente aderiscono con difficoltà e possono richiedere del Flussante aggiuntivo per ottenere buone saldature. Per posizionare i componenti aiutatevi con delle pinzette a punta fine possibilmente amagnetiche di acciaio inox oppure con le punte in plastica o ceramica, altrimenti magnetizzandosi i componenti saranno attratti dalle punte metalliche complicandovi il lavoro. Consigliamo sempre di iniziare a saldare i semiconduttori a montaggio superficiale come U1, U2, U3, U4, U6 e successivamente tutti i componenti passivi.

Mensile di elettronica applicata, attualità scientifica, novità tecnologiche.

# Elettronica In

[www.elettronica.in.it](http://www.elettronica.in.it)

oltre l'elettronica