

Istituto Professionale di Stato per l'Industria e l'Artigianato
MORETTO
Via Luigi Apollonio, 21 BRESCIA

Interruttore crepuscolare

Realizzazione

ROMANO FABIO
GUERRINI FABIO

della classe 5AI a.s. 1995-96

corso per Tecnici delle Industrie Elettriche ed Elettroniche

| | |
|--|----|
| SCOPO DELLA PROVA:..... | 3 |
| SCHEMI ELETTRICI ED ELENCO COMPONENTI: | 3 |
| COMPONENTI FONDAMENTALI DEL CIRCUITO:..... | 5 |
| - <i>FOTORESISTENZA</i> :..... | 5 |
| - <i>PONTE RADDRIZZATORE</i> :..... | 6 |
| - <i>DIAC</i> : | 7 |
| - <i>TRIAC</i> : | 9 |
| FUNZIONAMENTO DEL TRIGGER DI SCHMITT PRESENTE NEL PRIMO BLOCCO:..... | 11 |
| SCHEMA ELETTRICO:..... | 15 |
| INSTALLAZIONE:..... | 17 |

SCOPO DELLA PROVA:

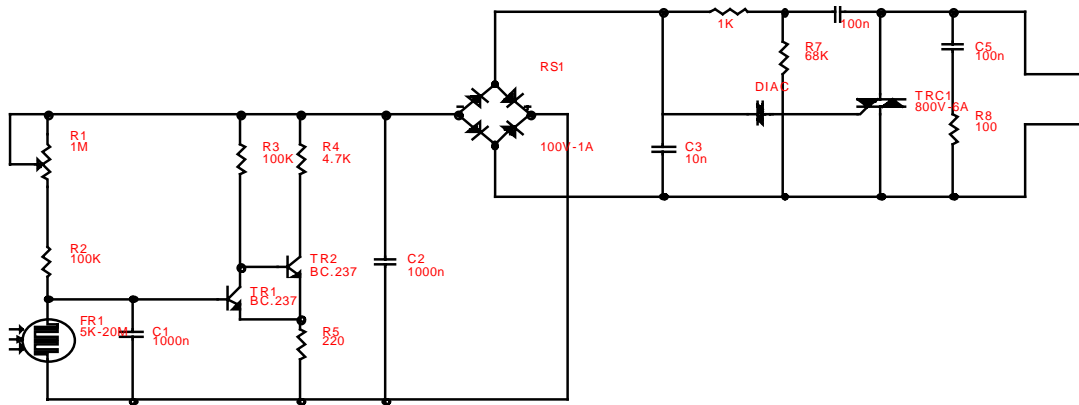
Lo scopo della prova di laboratorio da noi svolta è stato quello di realizzare, tramite un circuito prestampato, un meccanismo che ci permette di accendere autonomamente delle lampade quando l'intensità luminosa tende a diminuire e di spegnerle quando l'intensità luminosa tende ad aumentare. Disporre di lampade che si accendono autonomamente al primo imbrunire e che si spengono al mattino, può risultare molto utile per molteplici applicazioni.

L'interruttore crepuscolare che abbiamo realizzato presenta quattro caratteristiche che lo differenziano dai comuni interruttori presenti in commercio. Queste caratteristiche sono:

1. L'interruttore crepuscolare realizzato non possiede alcun relè ma solo un triac, in grado di alimentare delle lampade sino ad un massimo di 700-800 watt.
2. Il circuito è autoalimentato, quindi lo si può collegare direttamente ai due fili che si congiungono a l'interruttore di rete che accende le lampade.
3. L'innesco del triac viene effettuato da una rete di sfasamento al passaggio della semionda alternata sullo 0 e questo ci permette di ridurre il "rumore di commutazione" e la dissipazione in calore dello stesso.
4. Vi è un solo trimmer di taratura. Non appena si supera il livello di oscurità per il quale è stato tarato, automaticamente il triac si innesca e, sempre automaticamente, si disinnesca quando al mattino aumenta la luminosità.

SCHEMI ELETTRICI ED ELENCO COMPONENTI:

Lo schema elettrico che ci ha permesso di realizzare l'interruttore crepuscolare è il seguente:



Analizzando questo circuito possiamo individuare l'esistenza di tre blocchi che sono rispettivamente ; il trigger di schmit, il ponte raddrizzatore ed il blocco di comando e controllo e possono essere schematizzati nel seguente modo :



Per lo svolgimento di questa esperienza abbiamo realizzato il seguente materiale:

ELENCO COMPONENTI

| | | | |
|---|---|-------|--------|
| 1 | 2 | C1,C2 | 1000n |
| 2 | 1 | C3 | 10n |
| 3 | 2 | C4,C5 | 100n |
| 4 | 1 | DIAC | |
| 5 | 1 | FR1 | 5K-20M |
| 6 | 1 | R1 | 1M |
| 7 | 2 | R2,R3 | 100K |
| 8 | 1 | R4 | 4.7K |

May 30, 1996

11:35:03

Page 1

| | | | |
|----|---|---------|---------|
| 9 | 1 | R5 | 220 |
| 10 | 1 | R7 | 68K |
| 11 | 1 | R8 | 100 |
| 12 | 1 | RR6 | 1K |
| 13 | 1 | RS1 | 100V-1A |
| 14 | 2 | TR1,TR2 | BC.237 |
| 15 | 1 | TRC1 | 800V-6A |

COMPONENTI FONDAMENTALI DEL CIRCUITO:

Analizzando lo schema circuitale del nostro interruttore crepuscolare, possiamo notare al suo interno la presenza di quattro componenti che sino ad ora non abbiamo mai analizzato. Essi sono: la fotoresistenza, il ponte raddrizzatore, il diac ed il triac:

-FOTORESISTENZA:

la fotoresistenza è uno dei componenti più importanti del nostro circuito. Questa è composta da solfuro di cadmio alloggiato in un contenitore TO-18 rivestito in resina epossidica e superficie di testa aperta.

Essa è un dispositivo che sfrutta la proprietà di alcuni semiconduttori, che diminuiscono la propria resistenza all'aumentare della luce.

IL fenomeno è dovuto al fatto che, grazie all'energia fornita con l'illuminazione, si scinde una coppia elettrone lacuna e l'elettrone passa dalla banda di valenza a quella di conduzione, migliorando in tal modo la conducibilità del dispositivo. Le fotoresistenze non hanno verso di polarizzazione in quanto all'interno non vi trova alcuna giunzione. Nella condizione di buio completo, le fotoresistenze hanno resistenza di alcune decine di mega ohm mentre in corrispondenza del massimo illuminamento possono arrivare ad alcune centinaia di ohm.

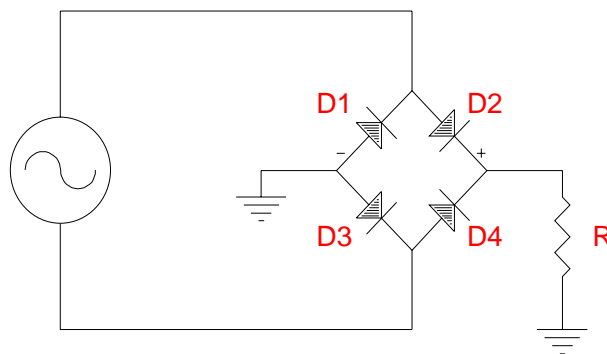
Il tempo di reazione di una fotoresistenza ad una variazione luminosa è abbastanza elevato, infatti non può giungere in condizioni normali, al di sotto dei 0.3 - 0.4 ms. In funzione del materiale semiconduttore utilizzato, una fotoresistenza può essere sensibile a frequenze luminose comprese nel campo ottico oppure al di fuori di esso. Le cellule al solfuro di cadmio hanno infatti uno spettro compreso nel campo della luce visibile, mentre quelle al solfuro di piombo sono sensibili anche alle frequenze comprese nell'ultra violetto.

Le specifiche tecniche di questa fotoresistenza sono:

| | |
|---|------------------|
| Reazione spettrale di picco (tip.) | 550nm |
| Resistenza di celle a 10 lux(min.-max.) | 20-100K Ω |
| Resistenza di celle a 100 lux(nom.) | 5K |
| Resistenza di oscurita (min.) | 20M |
| Tensione max.di picco \cong | 100V |
| Dissipazione max. di potenza | 50mw |
| Tempo di salita a lux. 3m | 45ms |
| Tempo di caduta a lux3 | 55ms |
| Campo temperatura di esercizio | da -60°C a +75°C |

-PONTE RADDRIZZATORE:

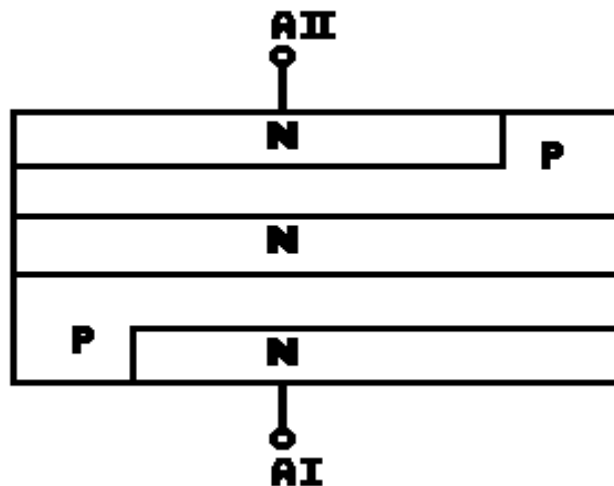
Il raddrizzatore a quattro diodi detto anche ponte di Graetz funziona nel seguente modo :



Nel circuito qui sopra riportato, i quattro diodi sono connessi in una configurazione circuitale chiamata ponte con la quale è possibile convertire una corrente alternata in una continua , sia sopprimendo una semionda , sia facendo in modo che la corrente relativa a questa semi-onda possa scorrere nella stessa direzione della corrente relativa all' altra semi-onda.

Nel periodo della semi-onda negativa , il diodo D1 il diodo conduce e la corrente scorre verso il terminale negativo della resistenza (carico). Nel punto di giunzione fra l'alimentazione ed il ponte la corrente non può scorrere attraverso i diodi D2 e D3 , in quanto questi risultano polarizzati inversamente . In questo modo la corrente può solo scorrere verso il terminale negativo del carico e attraverso questo. Una volta che la corrente ha attraversato il carico giunge alla giunzione fra ponte e carico . Sia D2 che D4 hanno i rispettivi catodi rivolti verso la corrente entrante in quel punto . Tuttavia solo D4 può condurre , in quanto l'anodo di D2 si trova ad un potenziale negativo mentre l'anodo di D4 si trova ad un potenziale positivo. In questo modo il diodo D4 è polarizzato direttamente , mentre D2 è polarizzato inversamente, quindi la corrente scorre attraverso D4 verso la linea di ritorno. Quando la linea di ritorno diviene negativa, nel semi-periodo successivo , la corrente scorre attraverso D3 poiché i diodi D1 e D4 non conducono e la corrente è diretta verso il terminale negativo del carico, a questo punto la corrente passa attraverso il diodo D2 fino a raggiungere la linea di andata del segnale . Il punto cruciale di questo tipo di conversione consiste nella possibilità di commutare la corrente attraverso i diodi in modo che questa scorre sempre nella stessa direzione.

-DIAC :



Il DIAC (diode alternate current) è un dispositivo a semiconduttore realizzato mediante cinque zone di drogaggio di tipo NPNPN. all'esterno esso presenta

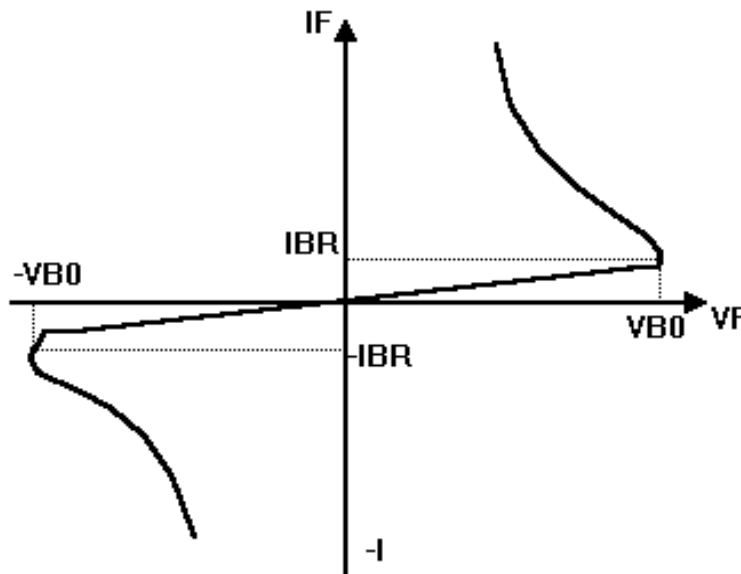
solamente due elettrodi , che ne giustificano il nome DIAC(diodo per corrente alternata).Il DIACpuò essere posto in conduzione sia applicandogli una differenza di potenziale positiva che negativa .La tensione deve superare quella di rottura V_{B0} e una volta avvenuto l'innescò , la tensione che si stabilisce ai capi del DIAC è minore di V_{B0} .

I valori tipici di funzionamento di un DIAC sono:

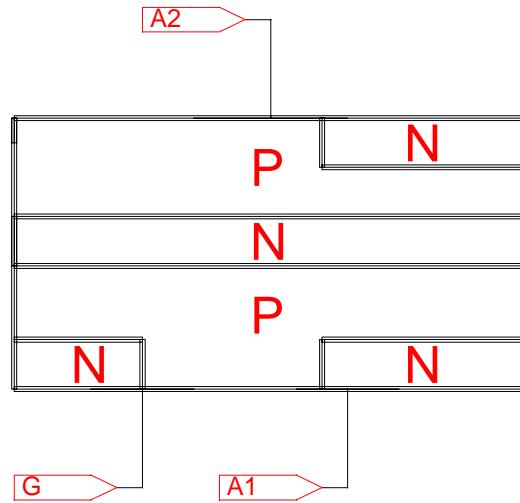
- $-V_{B0}$ (tensione di innesco) $\sim 30V$
- $-I_B$ (corrente di innesco) \sim centinaia di μA

La corrente d'innescò non è possibile definirla corrente di mantenimento , in quanto , raggiunge il valore di rottura , il dispositivo presenta una zona di caratteristica a resistenza differenziale negativa. Il campo di applicazioni del DIAC è normalmente ristretto ai circuiti di comando dei TRIAC.

Schema della caratteristica voltanperometrica diretta ed inversa di un DIAC:



-TRIAC:

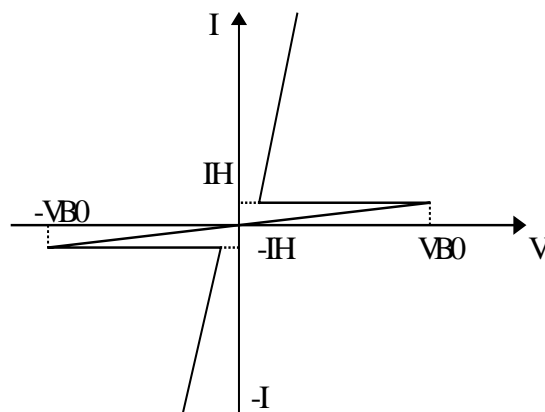


Il TRIAC è un dispositivo che fa parte della famiglia dei tiristori , che consente la regolazione di potenza su carichi che funzionano normalmente in corrente alternata. esso presenta una struttura analoga a quella del DIAC ma in esso è stata ricavata , rispetto al precedente , una ulteriore giunzione , cui è applicato L'elettrodo di gate . I terminali del TRIAC hanno la seguente denominazione: A2 (anodo 2;corrispondente all' anodo di un SCR) A1 (anodo 1 che corrisponde al catodo di un SCR), G (gate).Il TRIAC equivale a due SCRconnessi in anti-parallelo perciò conduce sia polarizzando A1 sia polarizzando A2 positivamente rispetto ad A1, Listante di polarizzazione può essere determinato da un impulso di corrente inviato in gate.

Si osservi che gli impulsi forniti al gate per innescare la conduzione hanno normalmente la stessa polaritàdell'anodo 2 . In altri termini , se A2 è positivo rispetto ad A1 , si ottiene la conduzione del TRIAC portando il gate a potenziale positivo rtispetto ad A1 ; viceversa, se A1 è positivo rispetto ad A2 , si ottiene la conduzione di corrente attraverso il dispositivo , fornendo al gate un impulso di verso opposto al precedente . L interdizione del TRIAC si ottiene annullando la differenza di potenziale ai suoi capi e in generale facendo sì che la corrente che lo percorre scenda al di sotto del valore di mantenimento IH.

I TRIAC, sono componenti che bloccano la conduzione in entrambe i versi di polarizzazione ;mediante un impulso all'elettrodo di gate , è possibile renderli conduttori sia in un verso che nell'altro.

Nella figura qui sotto riportata è presente la caratteristica di un triac , ottenuta con una corrente di Gate $I_g = 0$; in tale figura sono indicati i punti V_{B0} = tensione di innesco con $I_g = 0$ (condizione di funzionamento non comandato , da evitarsi in un funzionamento normale) I punti fondamentali di questo grafico possono essere ricavati mediante una misura di tipo voltamperometrico , curando di limitare la massima corrente al di sotto dei valori previsti dal costruttore.



Analizzando il funzionamento del TRIAC nei quattro quadranti del piano cartesiano possiamo notare che:

-Nel primo quadrante l'anodo 2 è a potenziale superiore rispetto all'anodo 1 ed al gate viene fornito un impulso con potenziale positivo rispetto ad A1 (I_g entrante), che consente l'innesco.

-Nel secondo quadrante l'anodo2 è a potenziale positivo rispetto all'anodo 1 mentre il gate è a potenziale negativo ; in tal caso l'innesco richiede una potenza maggiore che in quello precedente;

-Nel terzo quadrante , l'anodo 2 è a potenziale negativo rispetto all'anodo 1 mentre il gate è a potenziale negativo ; in tal caso l'innesco richiede una potenza maggiore che in quello precedente.

-Nel quarto quadrante ,l'anodo 2 è a potenziale negativo rispetto all'anodo 1 ed il gate è positivo rispetto ad A1 ; in questo caso si richiede una potenza d'innesco analoga a quella del secondo quadrante.

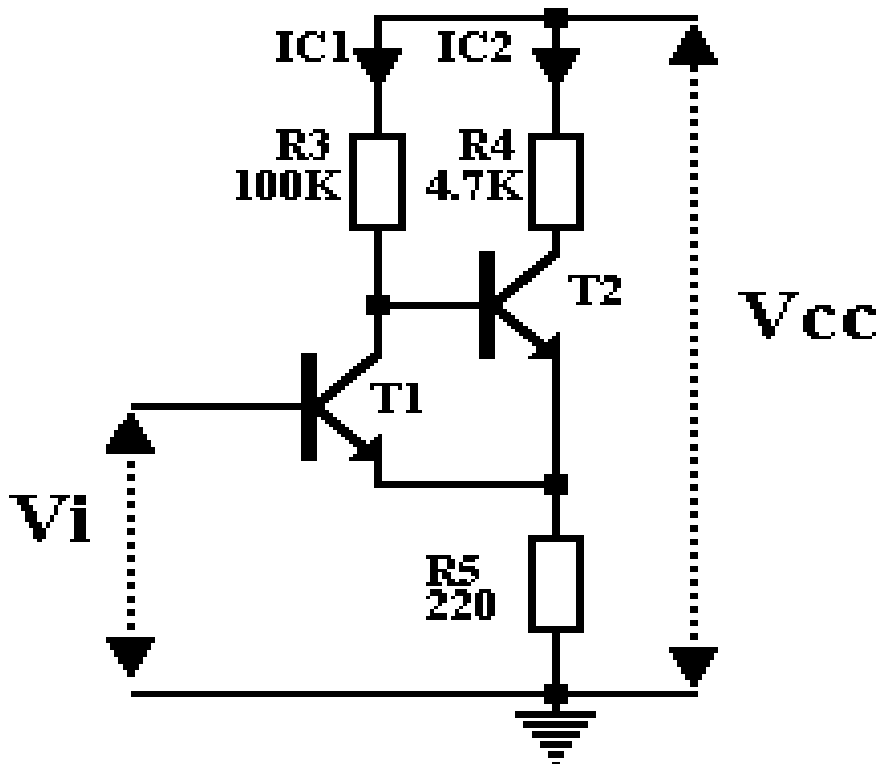
FUNZIONAMENTO DEL TRIGGER DI SCHMITT PRESENTE NEL PRIMO BLOCCO:

Il primo blocco è costituito dai seguenti componenti;

| Item | Quantity | Reference | Part |
|------|----------|-----------|--------|
| 1 | 2 | C1,C2 | 1000n |
| 2 | 1 | FR1 | 5K-20M |
| 3 | 1 | R1 | 1M |
| 4 | 2 | R2,R3 | 100K |
| 5 | 1 | R4 | 4.7K |
| 6 | 1 | R5 | 220 |
| 7 | 2 | TR1,TR2 | BC.237 |

In questo blocco sono essenzialmente tre i componenti elettronici che determinano l'intero comportamento del blocco e del circuito stesso , essi sono i due transistor ,che in quella particolare configurazione determinano un trigger di schmitt, e la fotoresistenza che determina il segnale d'ingresso al trigger.

La connessione dei due transistor è la seguente:



Il circuito così ottenuto , noto con il nome di trigger di schmitt, ha la proprietà di commutare dall' uno all'altro dei due stati stabili tipici di un multivibratore , in funzione dei valori assunti dal segnale introdotto all' ingresso

Nella situazione iniziale (buio) in cui il segnale risulta $V_i = 0$ si ha che il transistor T2 è in conduzione mentre il transistor T1 risulta essere interdetto .Ciò è dovuto al fatto che , alla base di T2 , giunge la corrente I_{b2} attraverso R3 , tale da mantenere sicuramente interdetto T1 , in quanto il potenziale d' emettitore è notevolmente superiore di quello di base .

Il sistema rimane nella condizione sopra esposta fino a che il segnale V_i introdotto nella base di T1, non raggiunge un valore pari a :

$$V_i' = V_{re} + V_{be1} = I_{c2} R_e + V_{be1}$$

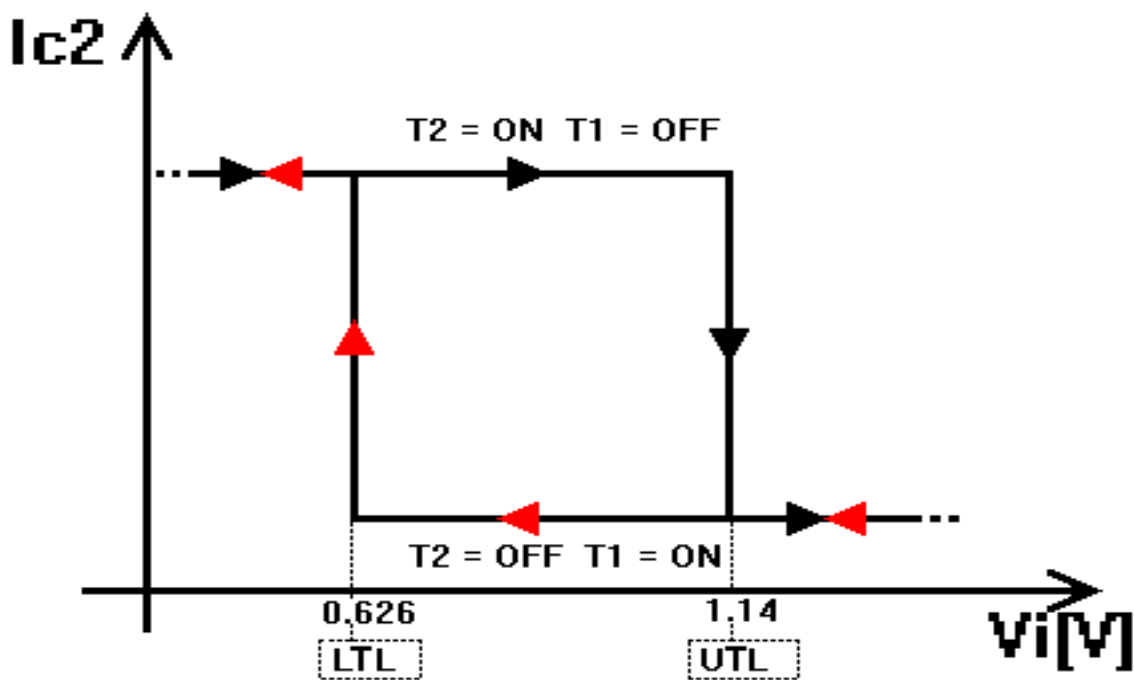
Allorche $V_i > V_i'$, T1 si pone in conduzione e la tensione al suo collettore inizia a decrescere . Poiche il collettore di T1 è connesso alla base di T2 , anche il

potenziale di questa tende ad abbassarsi , portando il transistor verso l'interdizione .

Dato che, nello stesso tempo, si ha una riduzione di I_{c2} ed il potenziale V_{re} si abbassa e consente a T1 di portarsi in prossimità della saturazione , ovvero a T2 di portarsi in interdizione .

Il circuito presenta una forma d'isteresi nella commutazione , questo significa che , se la commutazione iniziale (da T1 interdetto a T1 attivo) avviene in corrispondenza di un certo valore V_i' , durante la crescita del segnale V_i , la nuova commutazione (da T1 in conduzione a T1 interdetto) può avere luogo , durante la decrescita di V_i , in corrispondenza di un valore $V_i'' \neq V_i'$

La forma d'isteresi che la commutazione presenta è la seguente:



Le due soglie cioè UTL ed LTL del nostro circuito possono essere ricavate applicando le leggi principali dell' elettronica. Il calcolo di queste è rappresentato qui di seguito.

Nel caso in cui si ha T1 = OFF e T2 = ON si ha che:

$$I_{c2} = \frac{V_{cc}}{R_4 + R_5} = 2.44mA$$

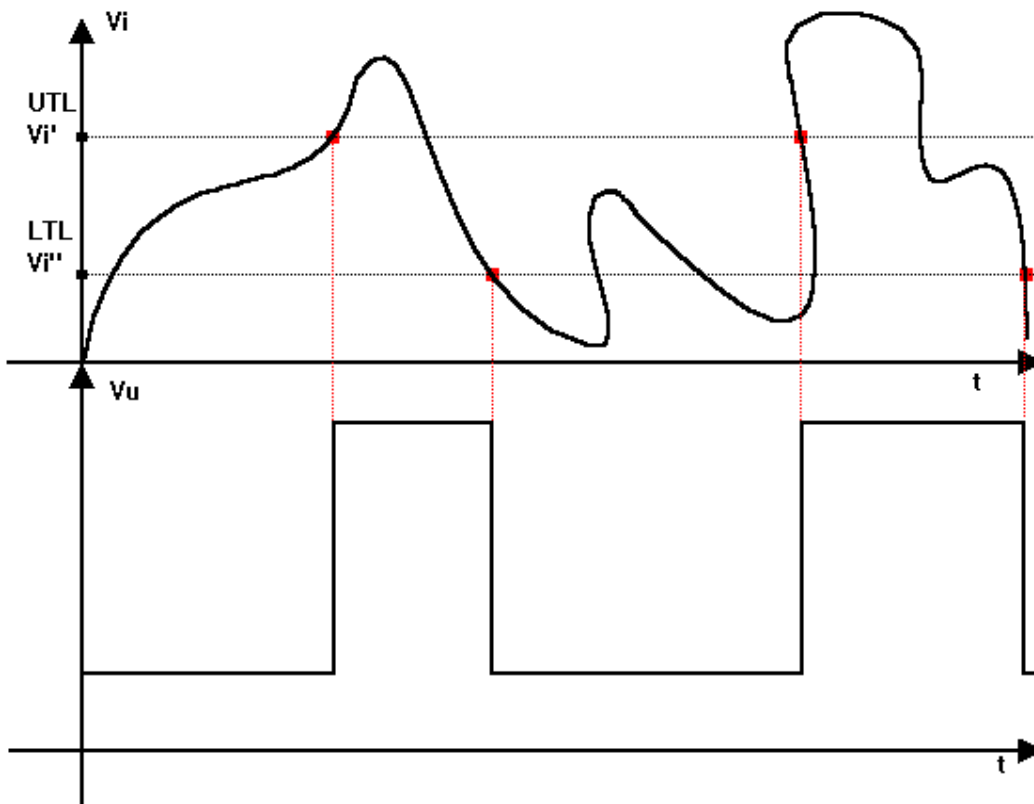
$$V_{R5} = I_{C2} \cdot R_5 = \frac{V_{CC}}{R_4 + R_5} \cdot R_5 = 0.54V$$

Affinche $T2 = ON \Rightarrow V_i > V_{R5} + V_{BE} \rightarrow 0.54 + 0.6 \rightarrow V_i > 1.14 V$ [UTL]
 Nel caso in cui si ha $T1 = ON$ e $T2 = OFF$ si ha che:

$$I_{C1} = \frac{V_{CC}}{R_3 + R_4} = 120\mu A$$

$$V_{R5} = I_{C1} \cdot R_5 = \frac{V_{CC}}{R_3 + R_4} \cdot R_5 = 26.4mV$$

Affinche $T2 = ON \Rightarrow V_i < V_{R5} + V_{BE} \rightarrow 0.0000264 + 0.6 \rightarrow V_i < 626 mV$
 Dall'analisi compiuta si comprende l'uso circuitale del trigger di schmitt è quello di squadratore ovvero, una qualsiasi forma d'onda che raggiunga valori $> V_i'$ e $< V_i''$, può essere trasformata in un'onda costituita da impulsi rettangolari aventi la forma di figura:



Un altro uso del trigger è quello di circuito di soglia cioè un circuito in grado di commutare in corrispondenza di un ben preciso livello del segnale d'ingresso e proprio per questa particolare caratteristica il trigger viene utilizzato in circuiti risonanti

SCHEMA ELETTRICO:

L'ingresso di questo circuito , indicato dalle due boccole d'ingresso A-B , deve essere collegate ai due fili che fanno capo al normale interruttore di rete .Questo interruttore però è sostituito dal TRIAC infatti , l'accensione avverrà solo e soltanto quando il TRIAC TRC1 si porterà in conduzione e questa funzione di comando dell' eccitazione verra svolta dal circuito composto dalla fotoresistenza FR1 ,dai due transistor TR1 e TR2, dal ponte raddrizzatoreRS1e dal DIAC.Il TRC1 è collegato in serie con la lampada , sulla

rete a 220 volt ed il gate di questo triac viene eccitato attraverso un DIAC e poiche la tensione di soglia di questo semiconduttore è di circa 30 volt , dovremo per prima cosa abbassare la tensione di alimentazione dai 220volt della rete a circa 40-50 volt, in modo da essere certi che la tensione di alimentazione superi il valore di soglia del DIAC,ma non eccede esageratamente per non inviare sul gate del triac una corrente eccessiva.

Questa specifica funzione viene svolta dal condensatore C4 da 100 μ F - 630Volt e della resistenza R7 da 68K Ω ½ wat , collegati in serie sulla rete di 220volt.

Attraverso la resistenza R6 questa tensione verrà poi applicata ad un capo del Diac che, entrando in conduzione , trasferirà questa tensione sul gate del triac TRC1 ogniqualvolta bisognerà eccitarlo.

In questo circuito di innesco è presente anche il condensatore C3 , collegato fra il DIAC ed il terminale A1 del triac TRC1. Quest'ultimo condensatore è un condensatore di sfasamento e serve per sincronizzare l'innseco del triac con il passaggio dello zero della tensione di rete.

In questo modo verrà drasticamente ridotto il “rumore di commutazione” del triac ed in oltre verra limitata al minimo la dissipazione di potenza del triac stesso.A questo punto se nel circuito non fossero presenti la fotoresistenza FR1 , i

due transistor TR1 e TR2 ed il ponte raddrizzatore RS1, il triac TRC1 rimarrebbe sempre eccitato in quanto il Diac , ad ogni passaggio sullo zero della tensione di rete, fornirebbe degli impulsi di comando sul gate del triac eccitandolo. Pertanto il circuito di controllo collegato alla fotoresistenza agisce sull' innesco del triac , impedendo l' innesco di quest'ultimo fino a quando la luce ambientale non scende al di sotto del livello da noi prestabilito. Infatti la resistenza R6 presente nel circuito di innesco del triac , svolge una duplice funzione infatti , oltre ad essere utilizzata nella rete di sfasamento assieme al condensatore C3 per l'alimentazione del diac, viene utilizzata anche da resistenza di limitazione per la tensione di alimentazione necessaria al circuito di comando collegato alla fotoresistenza FR1. Attraverso il ponte di diodi RS1 , tale tensione alternata viene raddrizzata poi livellata dal condensatore C2 da 1mF , in modo da ottenere una tensione continua di circa 30-40 volt.

Come è noto dall'introduzione , varia il proprio valore ohmmico in funzione della luce che essa riceve , in pratica al buio presenta un valore di circa 10 megahom , mentre se colpita da una luce intensa di soli 300-400 hom.

Poiché questa fotoresistenza è collegata in serie al trimmer R1 ed alla resistenza R2 , ne consegue che sulla base del transistor TR1 si avrà una tensione positiva di circa 15 volt quando la fotoresistenza si troverà al buio e di pochi millivolt , cioè in pratica zero volt, in presenza di un forte campo luminoso .

I transistor TR1 e TR2 sono collegati fra loro in modo da ottenere un efficace trigger di Smith e , a tale proposito analizzerò successivamente in modo più accurato il funzionamento di quest'ultimo.

Quando la fotoresistenza viene illuminata , la base del transistor TR1 non è polarizzata ed in questo caso il transistor TR1 risulterà interdetto e pertanto la base del transistor TR2 , per la presenza della resistenza R3, risulterà polarizzata. Il transistor TR2 risultando in conduzione assorbirà un massimo di corrente attraverso la resistenza R4 e la resistenza R5.

Questo, elevato assorbimento di corrente provocherà una caduta di tensione ai capi della resistenza R6 che, abbassandosi notevolmente sotto i 30 volt, non riuscirà a superare il valore di soglia del Diac, pertanto , non ricevendo il gate del triac gli impulsi di comando , quest'ultimo rimarrà diseccitato.

Quando , al contrario , la fotoresistenza non riceverà la quantità di luce richiesta , il transistor TR1 si porterà in conduzione , togliendo sulla base del transistor TR2 la necessaria tensione di polarizzazione .

Risultando in conduzione il solo transistor TR1, poiché il suo valore della resistenza di collettore (vedi R3 da 100K Ω) risulta molto più elevato di quello della

resistenza di collettore del transistor TR2 (vedi R4 da 4.700Ω), l'assorbimento di corrente che ne deriverà risulterà assai inferiore al caso precedente.

Questo non provocherà ovviamente alcuna caduta di tensione ai capi della resistenza R6 , quindi ai capi del Diac giungeranno 40-50 volt.

Il diac , portandosi in conduzione , invierà sul gate del triac i necessari impulsi di comando e questo , eccitandosi,provocherà l' accensione della lampada ad esso collegata.Poiche il diodo diac sia in presenza della semionda positiva che di quella negativa , l'eccitazione del Gate del triac avverrà su entrambe le semionde e, così facendo,la lampada verrà alimentata in alternata ad onda intera e quindi non si alcuna riduzione di luminosità.

INSTALLAZIONE:

Terminato il montaggio , è possibile collaudare subito il circuito collegando alla morsettiera d'ingresso una lampadina da 220 volt .

Per provarlo occorre però è utile collocare la lampada di prova in un' altra stanza onde evitare che la luce emessa da essa , colpendo la fotoresistenza , comandi al triac di diseccitarsi .

Tenendo il circuito sopra ad un piano di lavoro e facendo diminuire lentamente l'intensità luminosa che investe la fotoresistenza si nota che ad un certo valore d'oscurità la lampada si accende .Per tarare il grado di oscurità necessario a fare accendere la lampada si deve lentamente ruotare il trimmer R1 fino ad ottenere il grado di oscurità necessario.

Una volta constatato che il circuito funziona è utile racchiudere il circuito entro una piccola scatola plastica sulla quale si deve effettuare un foro che permetta di far entrare i due fili da collegare alla morsettiera e quello necessario a fissare la fotoresistenza .Anche se questo circuito venisse utilizzato per accendere le luci di un giardino o di un viale , converrebbe sempre fissare la scatola in plastica all'interno dello stabile, in modo da impedire che acqua o neve possano infiltrarsi. I due fili che escono dalla morsettiera andranno utilizzati in sostituzione dell' attuale interruttore , quindi, tolto dall'impianto l'interruttore , i suoi due fili andranno collegati alla morsettiera e successivamente si dovrà interagire sul trimmer R1 fino a trovare la posizione in cui le lampade si accendono nella condizione di oscurità desiderata.Nel posizionamento della scatola si deve evitare che la luce di una qualsiasi lampada possa colpire la fotoresistenza perchè così il triac potrebbe diseccitarsi.

