

PREMESSA	2
IL TRASMETTITORE.....	2
OSCILLATORE A RILASSAMENTO	2
TRANSISTOR ON-OFF	4
EMETTITORI DI LUCE.....	4
FORME D'ONDA DEL CIRCUITO TRASMETTITORE	5
CIRCUITO RICEVITORE.....	8
FOTODIODO.....	8
AMPLIFICATORE	9
SWITCH.....	10
NE555 COME MONOSTABILE.....	11
RELE'	12
FUNZIONAMENTO RIASSUNTIVO DEL RICEVITORE.....	12
FORME D'ONDA DEL CIRCUITO RICEVITORE	13

LX617-618 Trasmettitore-Ricevitore a Raggi Infrarossi

Peli Luca

Sagonti Cristian

classe 5BI a.s. 94-95

corso TIEE Tecnico Industrie Elettriche ed Elettroniche

docenti:

prof. Cleto Azzani

prof. Vitonofrio de Trizio

Premessa

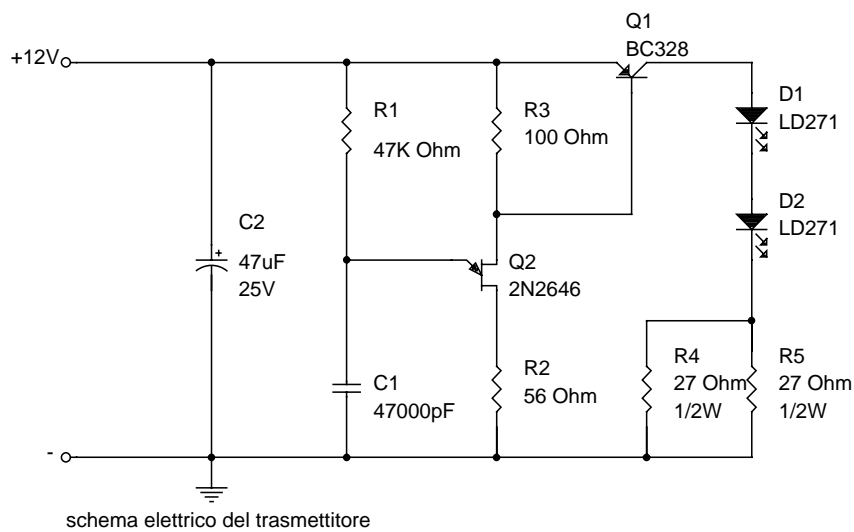
Questo circuito è diviso in due parti distinte:

IL TRASMETTITORE;

IL RICEVITORE.

Il trasmettitore genera degli impulsi a raggi infrarossi che vengono captati dal ricevitore; quando il fascio di raggi viene interrotto il ricevitore cambia lo stato della propria uscita. Questa proprietà viene sfruttata per realizzare sistemi di antifurto, un contapezzi oppure un apriporta; precisiamo che la portata si aggira sui 2-3 metri, mentre distanze maggiori possono essere raggiunte applicando di fronte al fotodiodo una lente convergente.

IL TRASMETTITORE



Come si nota dalla fig.1 il circuito trasmettitore è stato diviso in tre blocchi:

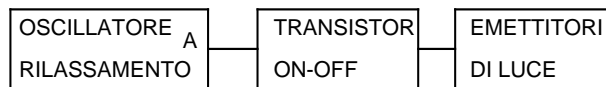


fig. 1 : schema a blocchi del tramettitore

OSCILLATORE A RILASSAMENTO

Il cuore di questo blocco è il transistor unigiunzione UJT e ora ne spiegheremo il funzionamento.

L'UJT è un transistor ad unigiunzione a semiconduttore a tre terminali.

Per descrivere il funzionamento ci riferiamo alla fig.2.

Innanzitutto la R_{b1} è variabile al variare della corrente di emettitore; al crescere della I_e essa diminuisce e assume valori massimi di 5KOhm fino a valori di qualche Ohm. La resistenza totale, R_{bb} , è data dalla somma di R_{b1} e R_{b2} con I_e uguale a 0. Quando la tensione applicata all'emettitore diviene maggiore della

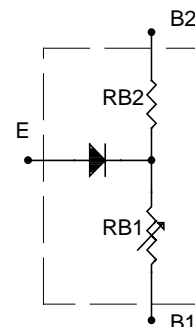


FIG.2: Schema equivalente dell'UJ

somma tra V_d (tensione ai capi del diodo) e V_{Rb1} (tensione ai capi di R_{b1}) il diodo si polarizza e circola sulla R_{b1} una corrente I_e che provoca un abbassamento della R_{b1} stessa e di conseguenza della R_{bb} . La tensione che permette la circolazione di I_e viene definita tensione di picco:

$$V_p = \eta \cdot V_{BB} + V_D$$

dove :

$$\eta = \left. \frac{R_{B1}}{R_{BB}} \right|_{I_e=0}$$

La caratteristica dell'UJT è riportata nella figura 3: si nota che finchè V_e si mantiene al di sotto del valore di picco V_p la corrente I_e coincide con la corrente di polarizzazione inversa della giunzione di emettitore. Quando $V_e = V_p$ comincia a circolare la corrente I_e dall'emettitore verso la base B1, e a ciò consegue una diminuzione di R_{b1} , aumento di I_e e diminuzione di V_e . La zona in cui ciò si verifica è detta a resistenza differenziale negativa. La I_e aumenta fino a che la zona di barretta di silicio compresa tra emettitore e B1 non raggiunge la saturazione. In queste condizioni si ha un punto della caratteristica definito punto di valle (V). Quando la I_e supera il valore I_v , il comportamento del transistor è paragonabile a quello di un normale diodo. Dopo aver spiegato il funzionamento dell'UJT passo alla spiegazione dell'oscillatore a rilassamento rappresentato in figura 4 riportata sopra. Sono detti a rilassamento quei circuiti che generano forme d'onda di tipo non sinusoidale e basati sull'impiego di dispositivi a resistenza differenziale negativa. Alimentando il circuito, il condensatore C2 inizia a caricarsi attraverso la resistenza R1. Quando la tensione V_e , ai capi del condensatore raggiunge il valore di picco V_p , si ha circolazione di corrente nella regione E-B1 dell'UJT; di conseguenza abbiamo una diminuzione di R_{b1} che provoca una rapida scarica del condensatore attraverso la serie costituita da R_{b1} e R3 esterna. In tal modo ai capi di R3 si ha un impulso di tensione che tende rapidamente a zero con legge esponenziale. Esaurita la scarica del condensatore, la corrente di emettitore scende al di sotto del valore I_v , R_{b1} cresce rapidamente e provoca l'interdizione dell'UJT; si ritorna quindi alla situazione iniziale, cioè il condensatore ricomincia a caricarsi ripetendo il ciclo sopra descritto. Quando l'UJT è interdetto la tensione che cade ai capi di R2 è piccola e non sufficiente per polarizzare la base del TR1, perchè la V_{cc} , dato il valore elevato della R_{bb} interna dell'UJT cade tutta su questa. Quando il condensatore ha raggiunto il valore di picco V_p , come sappiamo, inizia a scorrere la corrente I_e di emettitore, che provoca la diminuzione di R_{b1} e quindi di R_{bb} ; in questo modo diminuisce anche il potenziale V_{bb} , mentre aumenta la caduta di tensione su R2 che permette alla base di TR1 di polarizzarsi e mandare così un impulso di corrente ai due diodi led. In figura 5 è riportato il segnale presente fra la base 2 dell'UJT e massa.

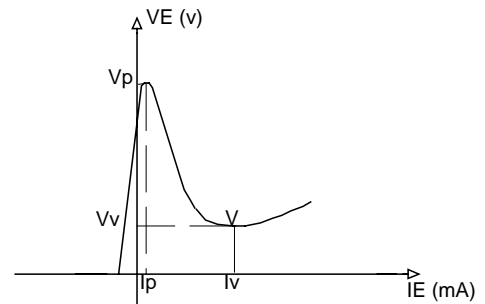


FIG.3 : caratteristica dell'UJT.

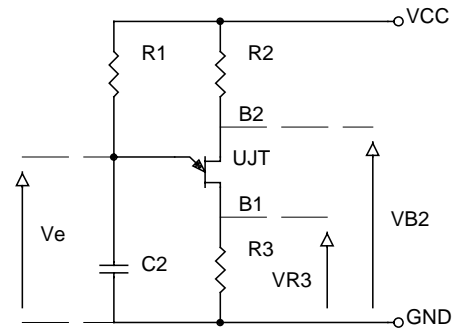


FIG.4:Oscillatore a Rilassamento

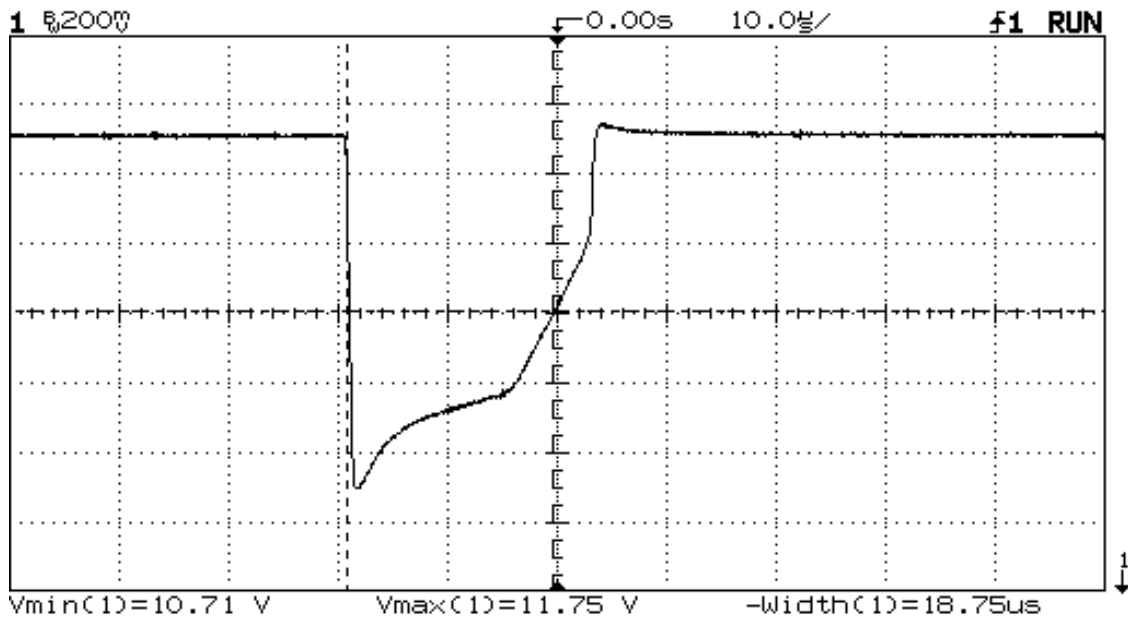


FIG.5 : segnale presente sulla base di TR1

TRANSISTOR ON-OFF

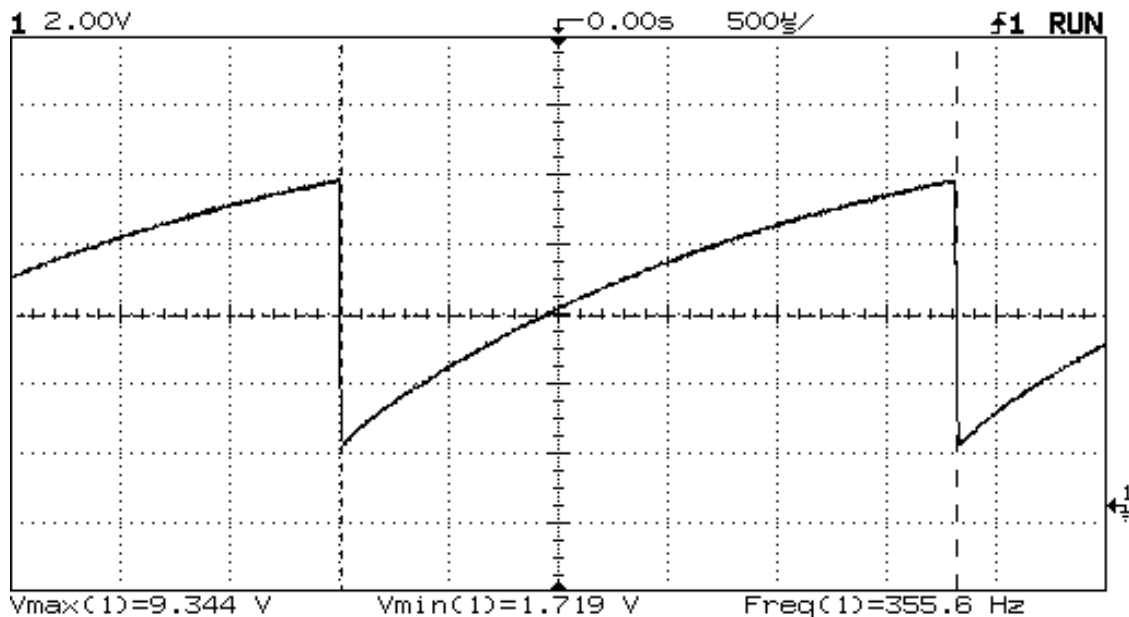
Il nostro transistor TR1 agisce da interruttore on-off in modo da fornire ai due diodi led a raggi infrarossi degli impulsi di corrente. Nel nostro circuito, siccome il carico è collegato a massa, il transistor deve fornire corrente, quindi opera in modalità source.

EMETTITORI DI LUCE

Il diodo led si utilizza in polarizzazione diretta, e quando viene raggiunta la tensione di soglia, la giunzione PN emette pacchetti di fotoni che costituiscono la luce. Quando il diodo è polarizzato direttamente gli elettroni della zona N passano, per diffusione, nella zona P e viceversa; gli elettroni appartengono alla banda di conduzione mentre le lacune alla banda di valenza. Nel loro modo di diffusione, gli elettroni incontreranno le lacune ricombinandosi con esse; ciò vuol dire che un elettrone durante la ricombinazione passa dalla banda di conduzione alla banda di valenza perdendo energia, che viene emessa sotto forma di radiazione. Per far sì che l'energia emessa sia sotto forma di raggi infrarossi, il diodo led deve essere costruito con l'Arseniuro di Gallio. Quando il TR1 si porta in conduzione alimenta i due diodi led con una frequenza di 356Hz con dei picchi di corrente il cui valore, limitato dalle due resistenze R4 e R5, si aggira sui 600mA.

FORME D'ONDA DEL CIRCUITO TRASMETTITORE

Ora verranno riportate alcune forme d'onda rilevate attraverso un oscilloscopio digitale HP54600B interfacciato al PC attraverso il software BENCH-LINK.

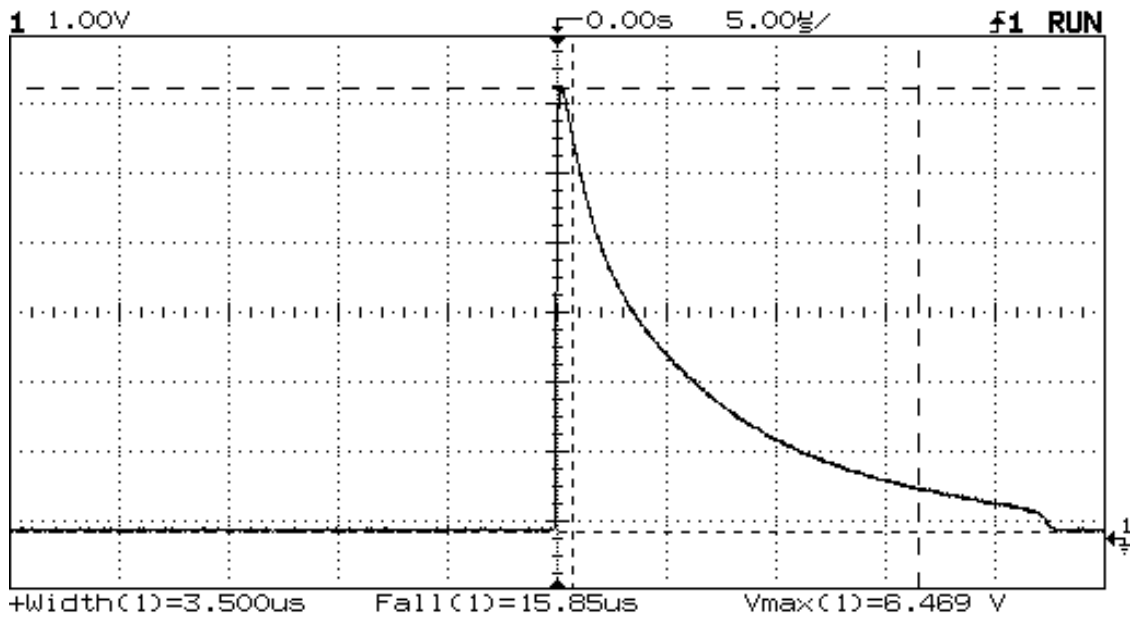


Il segnale in figura viene prelevato sull' emettitore dell' ujt .

Si puo' rilevare che la tensione d' innesco è 9,34 volt . Il ramo R1-C2 stabilisce la frequenza degli impulsi ; teoricamente il circuito doveva avere una frequenza di 452 Hz con $\eta = 0,6$, in realtà essa non aveva questo valore perchè :

$$V_p = \eta \cdot V_{BB} + V_D$$
$$\eta = \frac{V_p - V_D}{V_{BB}} \quad \text{con i valori pratici risulta } \eta = 0,7$$

Siccome η risulta piu' alto del previsto ($\eta = 0,6$) abbiamo un aumento della V_p quindi una diminuzione della frequenza.



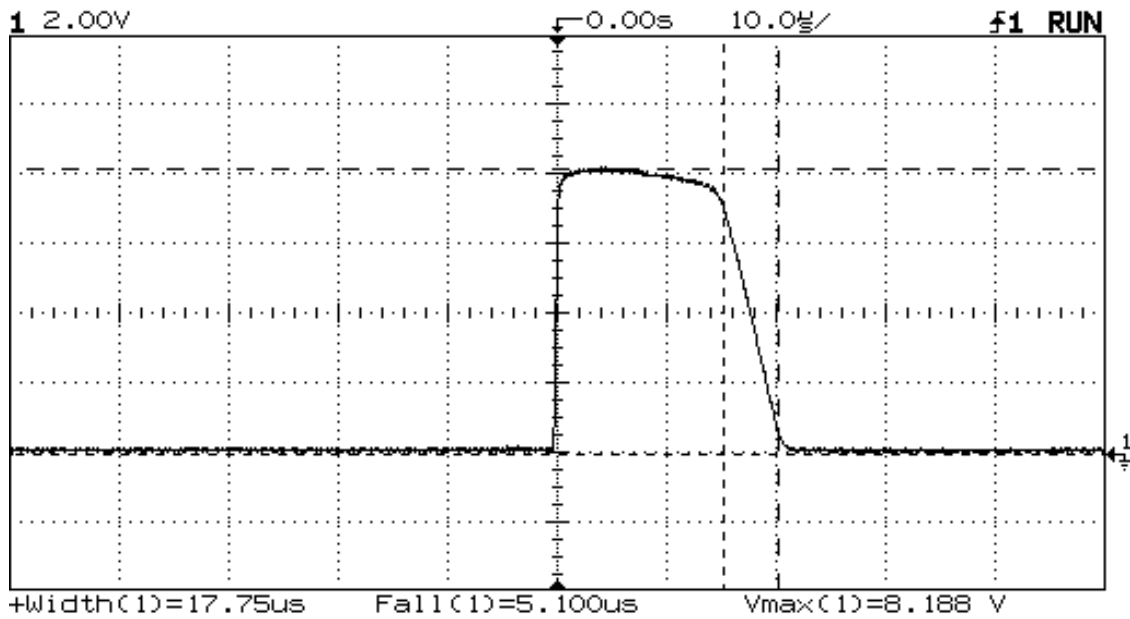
Il segnale viene prelevato su B1-R2 e ci mostra l' impulso tipico di un oscillatore a rilassamento; come si vede Vmax è 6,469 volt, al posto di 9,4 (tensione d' ingresso); questo vuol dire che la Rb1 interna dell' ujt provoca una caduta di tensione di circa 3 V. Sapendo che il "fall time" valutato tra il 90% e il 10% del segnale vale :

$T_F = 15,85\mu s$ tale parametro è dato dalla formula

$$T_F = 2,2 \cdot R \cdot C$$

$$R_S = R_3 + R_{B1} \quad \text{da cui :}$$

$$R_{B1} = 97,2\Omega \quad \text{questo è il valore minimo della resistenza } R_{B1}.$$



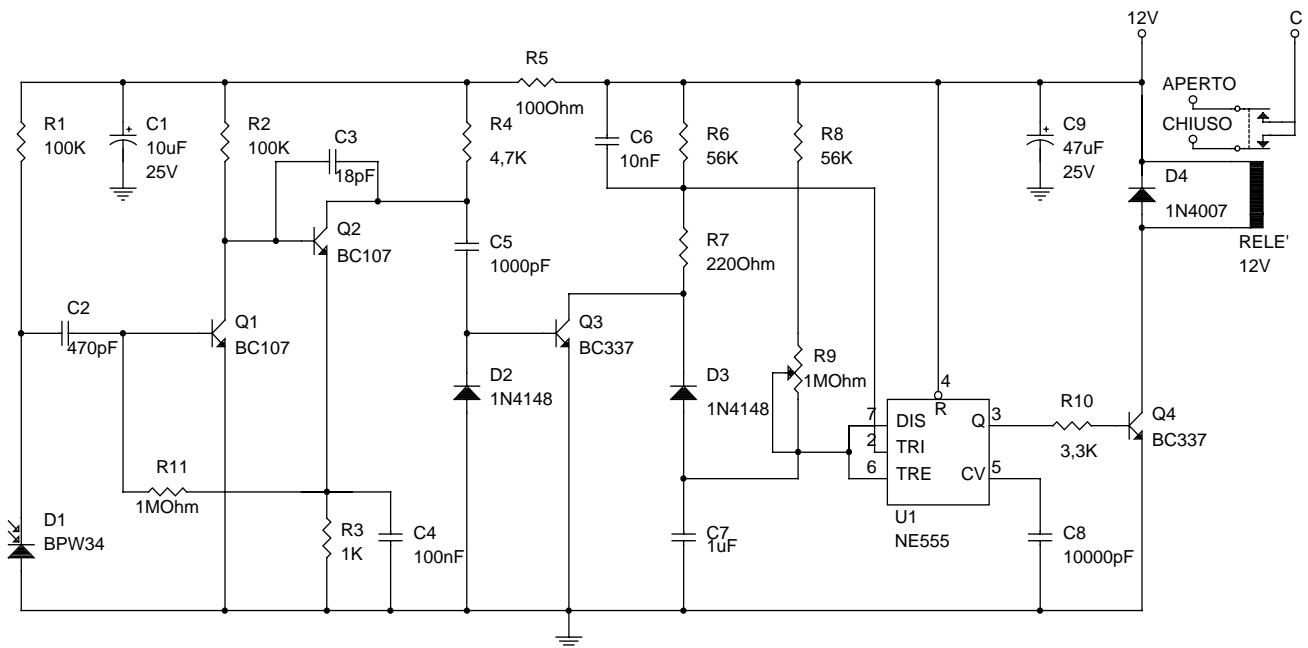
Il segnale viene prelevato ai capi del parallelo R4 - R5; il valore di tensione è 8,188 V quindi possiamo calcolare il valore dell' impulso di corrente:

$$I = \frac{V_{R4R5}}{(R_4 \parallel R_5)} = 607 \text{ mA}$$

Tale corrente in condizioni normali brucerebbe il led ma visto che essa scorre solo per 17,75 μs su 2,82 ms non provoca alcun danno . E' possibile calcolare anche il duty cycle:

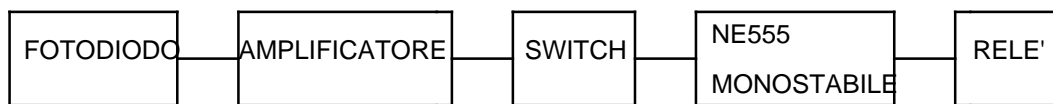
$$DC = \frac{T_1}{T} = 6,29 \cdot 10^{-3}$$

CIRCUITO RICEVITORE



Schema elettrico del ricevitore

Il circuito ricevitore lo possiamo suddividere in 5 blocchi:



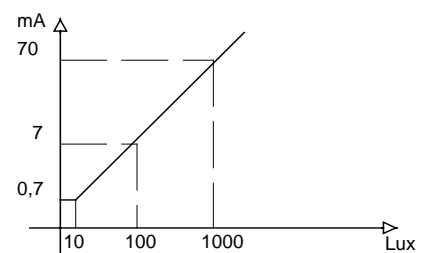
FOTODIODO

Il fotodiodo usato nel circuito è il BPW-34.

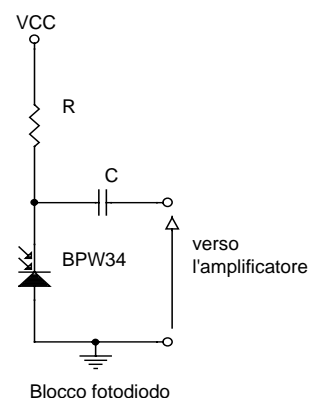
Esso è essenzialmente un trasduttore di raggi luminosi in corrente, difatti al variare della luminosità a cui è sottoposto varia la corrente d'uscita secondo la caratteristica riportata a lato.

Nel nostro caso era investito da un fascio di raggi infrarossi, oltre alla luce ambiente, ma in uscita è posto un condensatore che blocca la componente continua provocata dalla luce ambiente, di conseguenza il circuito diveniva sensibile alle sole variazioni dei raggi infrarossi.

Come si vede il fotodiodo viene polarizzato inversamente e la resistenza da 100k fa da carico; ai suoi capi viene prelevato il segnale che va verso l'amplificatore. Il condensatore è d'accoppiamento perchè blocca la componente continua sul transistor.



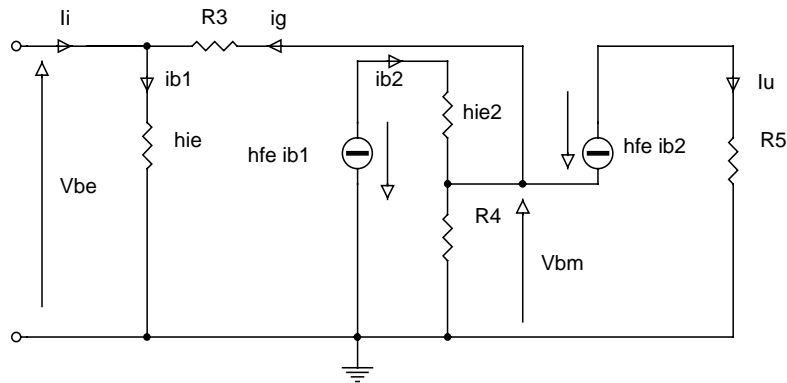
caratteristica del fotodiodo



Blocco fotodiodo

AMPLIFICATORE

Tramite C1 il segnale viene portato sulla base di TR1 che collegato in cascata con TR2, costituisce un amplificatore accoppiato in continua, caratterizzato da un elevato guadagno determinato da R3. Ora dimostreremo che il guadagno di tale amplificatore dipende da R3 e da R4. Supponiamo che i due transistor Q1 e Q2 abbiano le stesse caratteristiche.



Circuito con parametri ibridi del blocco di retroazione

$$A_i = \frac{I_u}{I_i} = \frac{-h_{fe} \cdot i_{b2}}{I_i} \quad \text{ma} \quad i_{b2} = -h_{fe} \cdot i_{b1} \quad \text{quindi} \quad A_i = \frac{h_{fe}^2 \cdot i_{b1}}{I_i}$$

considerato che

$$i_{b1} = I_i + i_g = I_i + \frac{v_{bm} - v_{BE}}{R_3}$$

$$v_{bm} = R_4 (i_{b2} + h_{fe} i_{b2} - i_g) \cong h_{fe}^2 i_{b1} R_4$$

$$v_{BE} = h_{ie} \cdot i_{b1}$$

otteniamo

$$I_i = \frac{i_{b1} \cdot (R_3 - h_{fe}^2 \cdot R_4 - h_{ie})}{R_3}$$

sostituendo quest'ultima espressione in quella del guadagno otteniamo

$$A_i = \frac{h_{fe}^2 \cdot R_3}{-R_3 + h_{fe}^2 \cdot R_4 + h_{ie}}$$

Essendo R_3 e h_{ie} molto minori di $h_{fe}^2 \cdot R_4$ il guadagno di corrente risulta essere

$$A_i = \frac{R_3}{R_4}$$

Il blocco è a retroazione negativa, la quale ha la caratteristica di stabilizzare il circuito, infatti si nota che il guadagno non dipende dalle caratteristiche del transistor ma dalle sole resistenze R3 e R4; quindi cambiando uno dei due transistor il guadagno non cambia. In questo modo si hanno dei vantaggi sia in continua che in alternata. Una rapida dimostrazione che la retroazione stabilizza il circuito, la si può avere analizzando il seguente esempio (vedi blocco G): se per caso c'è un

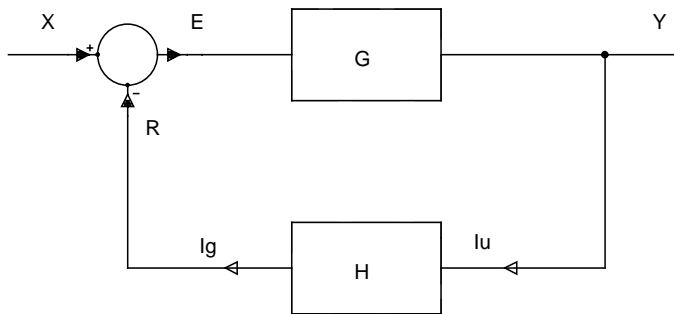
aumento di temperatura, abbiamo un aumento della I_{CBO} del TR1; di conseguenza aumenta anche la

$$I_{CEO} = (\beta + 1)I_{CBO}$$

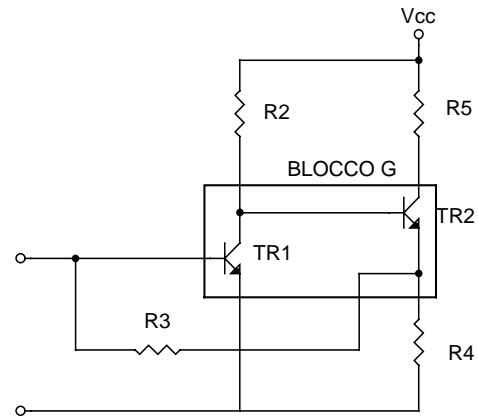
quindi aumenta anche la

$$I_C = \beta \cdot I_B + (\beta + 1)I_{CBO}$$

questo provoca una diminuzione del potenziale su R4, diminuisce di conseguenza I_{B1} che stabilizza il punto di lavoro dei due transistor. Possiamo schematizzare molto semplicemente la retroazione negativa con l'utilizzo dei seguenti blocchi:



Schema a blocchi della retroazione negativa



circuito del blocco di retroazione

Nodo di confronto: nodo di corrente (punto di confluenza di I_g e I_i)

Segnale X : corrente proveniente dal fotodiode

Segnale R : corrente I_g

Segnale Y : corrente I_u di TR2

Blocco H: il blocco R3-R4 trasformano la caduta di tensione in una proporzionale corrente. Siccome il nodo sommatore è di tipo ++ dobbiamo inserire un blocco -1 perchè a noi serve la differenza tra i due segnali.

Blocco G : composto dai due transistor in cascata come si nota dalla figura accanto.

Il guadagno del sistema ha la seguente espressione:

$$W = \frac{Y}{X} = \frac{G}{1 + HG}$$

sapendo che

$$H = \frac{i_g}{I_u} = \frac{i_g}{v_{bm}} \cdot \frac{v_{bm}}{I_u} = \frac{1}{R_3} \cdot R_4$$

e se G è molto grande, l'espressione del guadagno risulta:

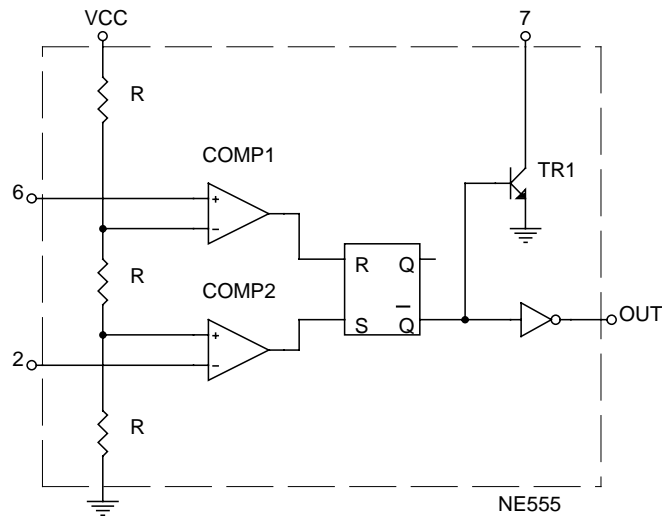
$$W = \frac{1}{H} = \frac{R_3}{R_4}$$

dove H è il blocco $R_3 - R_4$; la dimostrazione precedente è così confermata.

SWITCH

Il transistor TR3 funziona come interruttore veloce: quando siamo in presenza del segnale il transistor si apre e si chiude con la stessa frequenza del segnale che giunge in base; quando invece il segnale viene a mancare TR3 rimane interdetto.

NE555 COME MONOSTABILE

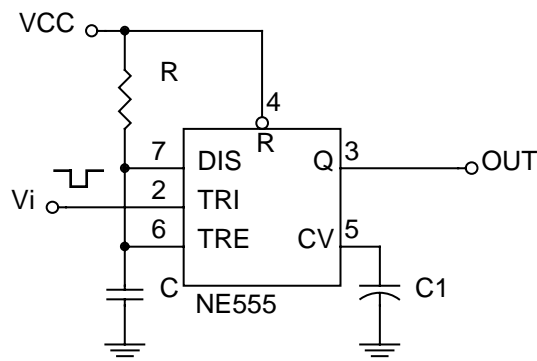


Circuito interno dell' NE555

Si tratta di un integrato realizzato con BJT che può essere alimentato con tensioni che vanno dai 5V ai 15V. Esso è composto da due comparatori (elementi che forniscono in uscita un livello alto se la tensione all'ingresso non invertente è maggiore di quella sull'ingresso invertente, o un livello basso in caso contrario), un flip-flop S-R, un buffer invertente, un transistor BJT e tre resistenze che fissano i valori delle tensioni sugli ingressi dei due comparatori (COMP1 - COMP2)

Funzionamento dei blocchi dell'NE555:

- il comparatore superiore impone un 1 all'ingresso R del FF solo se la tensione di soglia all'ingresso + è superiore a quella presente sull'ingresso -, pari a $2/3V_{cc}$ (tensione di riferimento), in caso contrario impone uno zero.
- il comparatore inferiore impone un 1 all'ingresso S del FF se la tensione di trigger è inferiore ad $1/3V_{cc}$ (tensione di riferimento) in caso contrario impone uno zero.
- il flip-flop presenta gli ingressi attivi alti e dispone di una sola uscita Q negato, il successivo buffer invertente permette comunque di prelevare Q; questo FF presenta anche un reset asincrono attivo basso.



NE555 in configurazione monostabile

Funzionamento del monostabile:

Quando sul piedino di trigger (pin 2) abbiamo un segnale alto, il set del FF interno è a livello logico 0; di conseguenza l'uscita dell'integrato (pin 3) è bassa e il transistor interno è in saturazione e tiene cortocircuitato a massa il condensatore C. Quando sul pin 2 la tensione scende sotto $1/3V_{cc}$ il set del FF interno va a livello logico 1 portando così l'uscita alta e interdendo il TR: in questo caso il condensatore inizia a caricarsi tramite la resistenza R; quando la tensione ai capi del condensatore raggiunge il valore $2/3V_{cc}$ (applicata sul pin 6), il reset del FF va a 1 portando l'uscita a livello logico basso e allo stesso tempo fa scaricare il condensatore istantaneamente; poi riprende il ciclo iniziale.

RELE'

Quando l'uscita dal pin 3 dell' NE555 è bassa TR4 è interdetto e di conseguenza il relè è diseccitato mentre quando l'uscita del monostabile è alta TR4 va in saturazione facendo eccitare il relè. Come si nota dal circuito, in parallelo al relè è collegato un diodo chiamato diodo volano; la sua funzione è quella di proteggere l'NE555 e il TR4 dai possibili impulsi di sovratensione che si verificano alle commutazioni del relè.

FUNZIONAMENTO RIASSUNTIVO DEL RICEVITORE

Il segnale dopo essere stato captato dal fotodiodo, e trasformato in una corrispettiva corrente, viene amplificato dal blocco Q1-Q2 (amplificatore a due stadi in cascata) e portato tramite il condensatore C5 sulla base del Q3 (switch veloce). Quando sulla base del Q3 giunge il segnale questo va in saturazione (ON) e così facendo D3 e R7 vengono cortocircuitati a massa; in questa situazione sul pin 2 avremo una tensione sicuramente minore di $1/3V_{cc}$; questo perchè C6 è un circuito aperto, $R6 \gg R7$, e di conseguenza la caduta di tensione su R7 tende a zero. Quindi stando sotto $1/3V_{cc}$ il set è a 1.

I pin 6 e 7 sono cortocircuitati a massa tramite C7, D3 e Q3; di conseguenza su questi avremo una tensione minore di $2/3V_{cc}$ (quindi reset è a 0).

Quando il set è a 1 significa che l'uscita dell'NE555 (pin 3) è a livello logico alta quindi il Q4 è polarizzato e ciò fa sì che il relè si ecceta.

In condizioni normali il Q3 riceve degli impulsi che lo fanno commutare velocemente passando dalla condizione ON a quella OFF e viceversa.

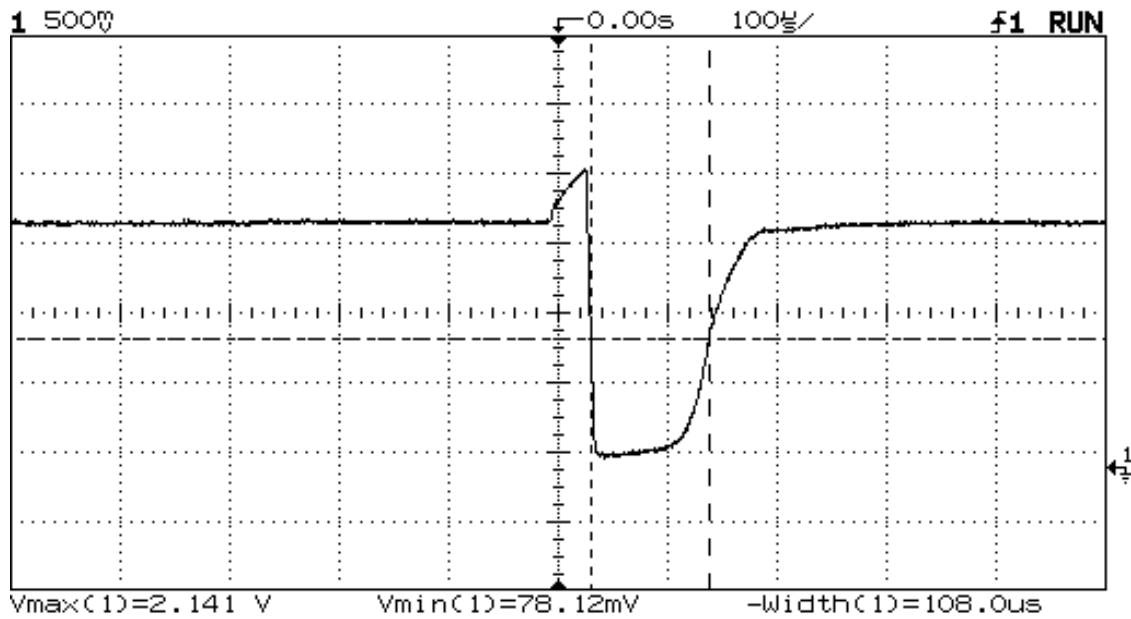
Il tempo con cui avvengono questi impulsi è tale che C7 non riesca a caricarsi in modo da raggiungere il valore $2/3V_{cc}$; questo perchè attraverso D3 il condensatore si carica partendo sempre da zero e quindi non ha il tempo sufficiente per raggiungere la soglia $2/3V_{cc}$.

Quando gli impulsi vengono a mancare (interruzione dei raggi infrarossi) Q3 è interdetto (OFF); di conseguenza D3 si polarizza inversamente e C7 comincia a caricarsi tramite R8 e R9 [tempo di carica = $1,1 \cdot (R_8 + R_9) \cdot C_7$], e quando la tensione ai suoi capi supera i $2/3V_{cc}$ (applicata sul pin 6) il reset va a livello logico alto, Q4 viene interdetto e il relè si diseccita.

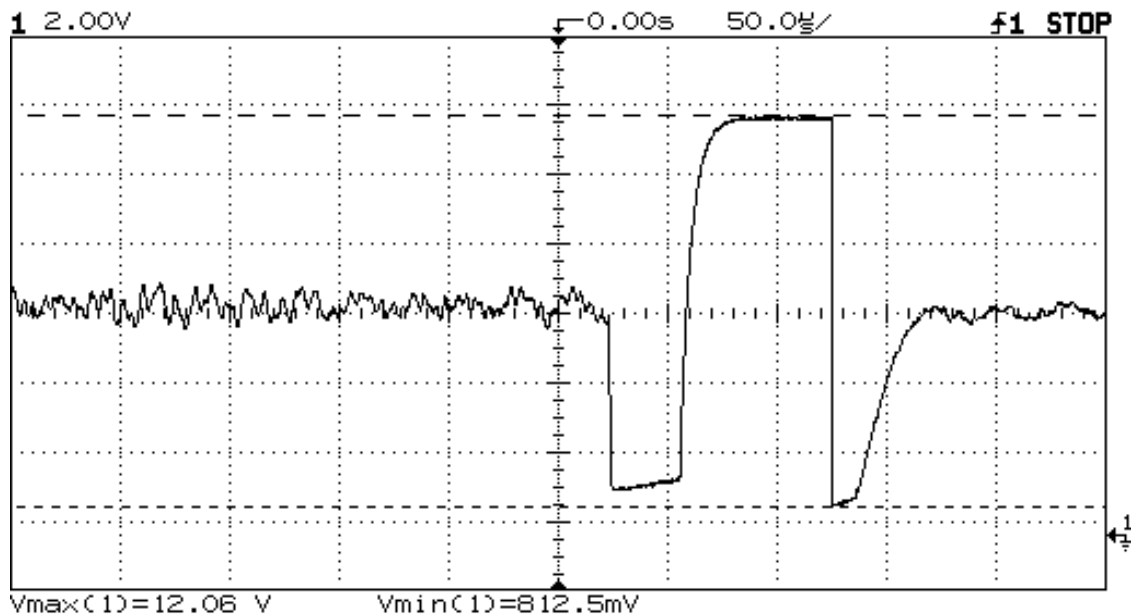
Il tempo di carica del condensatore C7 può essere regolato agendo sul trimmer R9; se questo viene completamente cortocircuitato la risposta sarà istantanea; con R9 massimo la durata della carica è di 1,5 secondi.

FORME D'ONDA DEL CIRCUITO RICEVITORE

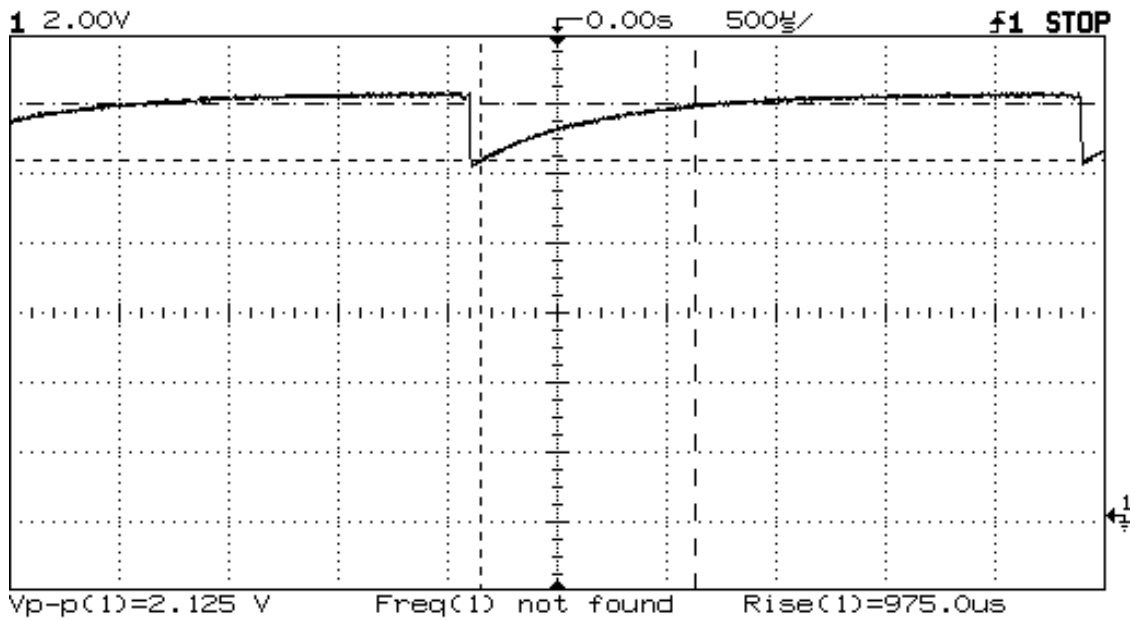
Ora verranno riportate alcune forme d'onda rilevate attraverso un oscilloscopio digitale HP54600B interfacciato al PC attraverso il software BENCH-LINK.



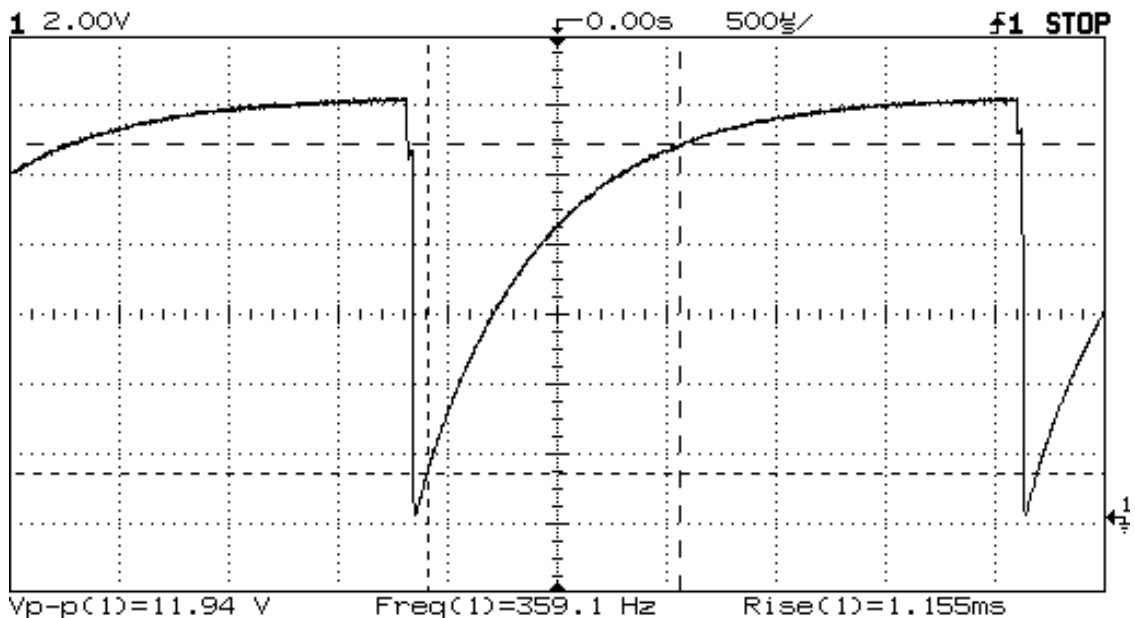
Il segnale è stato prelevato sul collettore di TR1



Questo segnale è stato prelevato sul collettore di TR2



La misura viene effettuata a fascio non interrotto , la tensione che raggiunge è 2,125 volt e questa non riesce a far commutare l' NE555.



La misura è stata effettuata a fascio interrotto , in tale condizione il condensatore è libero di caricarsi e di far commutare l' NE555. La scarica del condensatore è rapida perchè appena l' NE555 commuta il transistor interno cortocircuita il condensatore a massa.

