Misurazioni su relè

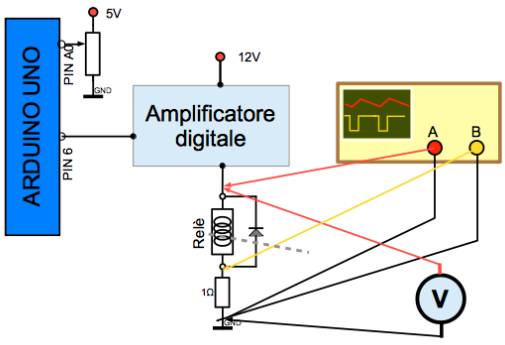
Commutazione on-off (rapida)

Si è visto che con l'uso di programmi su pc, come Snap for Arduino oppure mBlock, la la massima frequenza raggiungibile di pilotaggio del relè non riesce a permettere di osservare il limite alla velocità di commutazione.

Come è già stato notato il limite è dato dal fatto che il tempo necessario per comandare Arduino dal PC impedisce che il periodo scenda al di sotto di un certo valore.

Per aumentare la frequenza di commutazione diventa necessario programmare direttamente la scheda Arduino in modo da generare la commutazione direttamente dal codice con periodi dipendenti dalla posizione di un potenziometro.

Il codice di Arduino prevede di alternare valori alti e bassi del Pin 6 con interposto un ritardo dipendente dalla posizione del cursore di un potenziometro collegato al Pin A0.




```
/*
 oscillatore on off a frequenza
 il  periodo dipende dal valore di "ritardo"
 controllato con un potenziometro su A0
*/

const int uscita = 6;  // pin di uscita digitale
int ritardo=100;       //per modificare il periodo

void setup()
{
  pinMode(uscita, OUTPUT);
  digitalWrite(uscita,0);
}

void loop()
{
ritardo = analogRead (0)/10+1;
//consente ritardi da 1 a 103 millisecondi
delay (ritardo);
digitalWrite (uscita,1);

delay (ritardo);
digitalWrite (uscita,0);
}
```

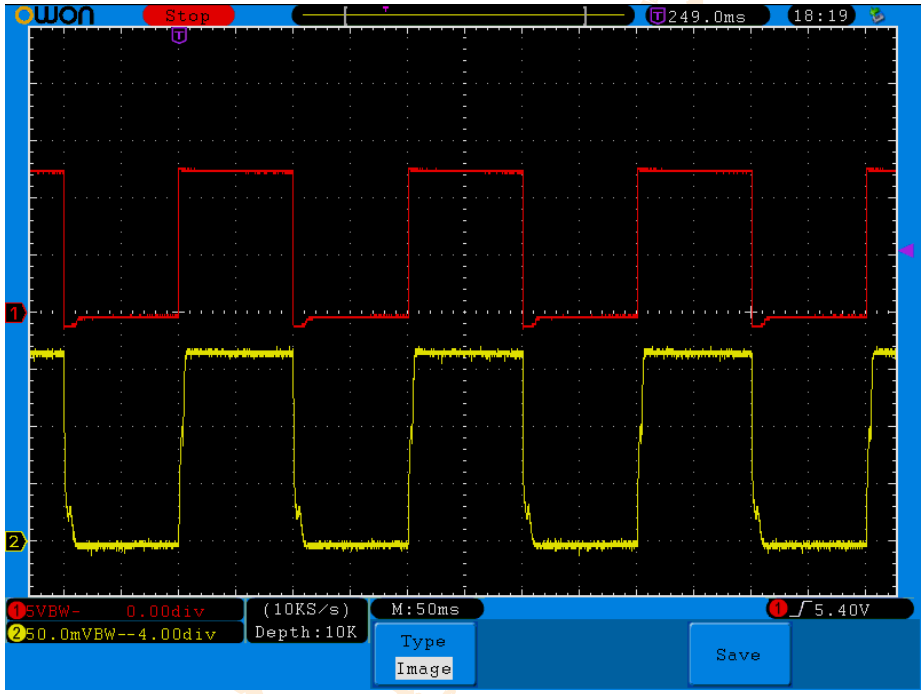
Le misurazioni vengono effettuate con il consueto schema che prevede l'uso di un oscilloscopio con una sonda (rossa) che preleva il segnale di eccitazione del relè ed una sonda (gialla) che rileva il segnale sulla resistenza da 1 Ω previsto per misurare la corrente assorbita dal relè.

La percezione della commutazione la si può rilevare otticamente guardando il LED rosso sia acusticamente in quanto il meccanismo produce un ronzio a frequenza variabile.

Otticamente, la percezione delle oscillazioni del LED svanisce quando la frequenza delle commutazioni supera il valore di circa 10Hz che è il limite della percezione visiva umana[1].

Risultati delle misurazioni

A bassa frequenza si vedono tensione e corrente su relè si inseguono abbastanza fedelmente in apparente sincronismo:



Si vedono:

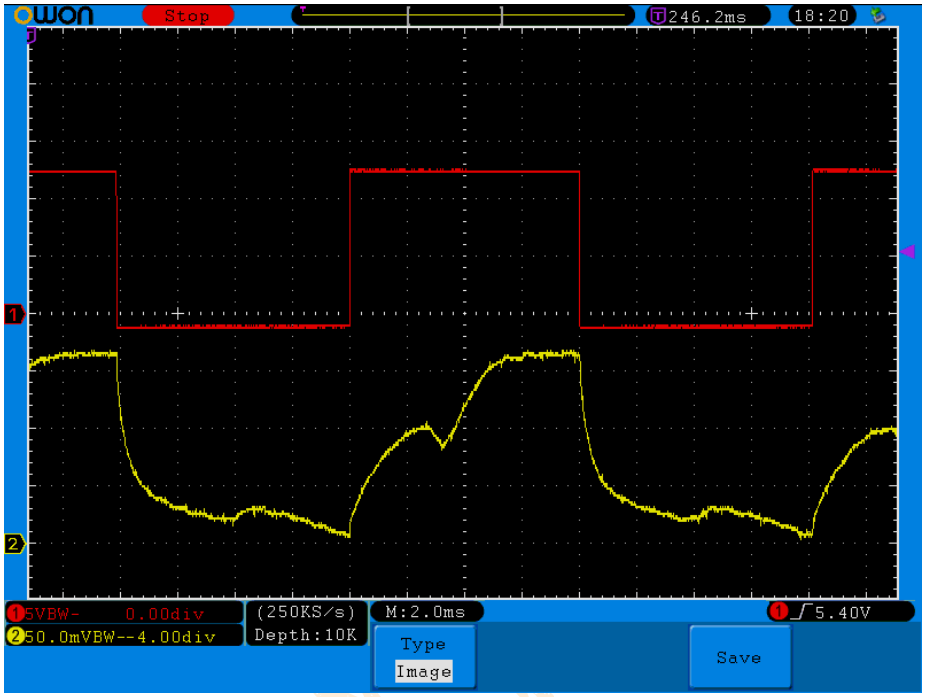
- la tensione negativa dovuta alla extracorrente nel diodo di libera circolazione;
- i due disturbi della corrente che si manifestano nei momenti di commutazione;
- la durata di ciascun impulso è di 100 ms corrispondenti alla posizione di massimo ritardo derivante dal valore analogico prodotto dal potenziometro.

A frequenze più elevate si vedono emergere la curve esponenziali della corrente, tipiche dei circuiti elettrici RL.

---

[1] *Si tratta del "fenomeno phi" che riguarda la **persistenza della visione**.*

La curva esponenziale diventa via via più importante; a frequenze elevate ci si trova in una situazione in cui i transitori di corrente non si esauriscono[2].



Un impulso della durata di 8 ms si trova al limite dell'esaurimento del transitorio.

Per un po' la commutazione del relè avviene lo stesso in quanto la corrente raggiunge ancora entrambi i valori di soglia per l'eccitazione e per la diseccitazione.

Nel frattempo la commutazione del relè è percepita grazie al ronzio prodotto dal meccanismo.

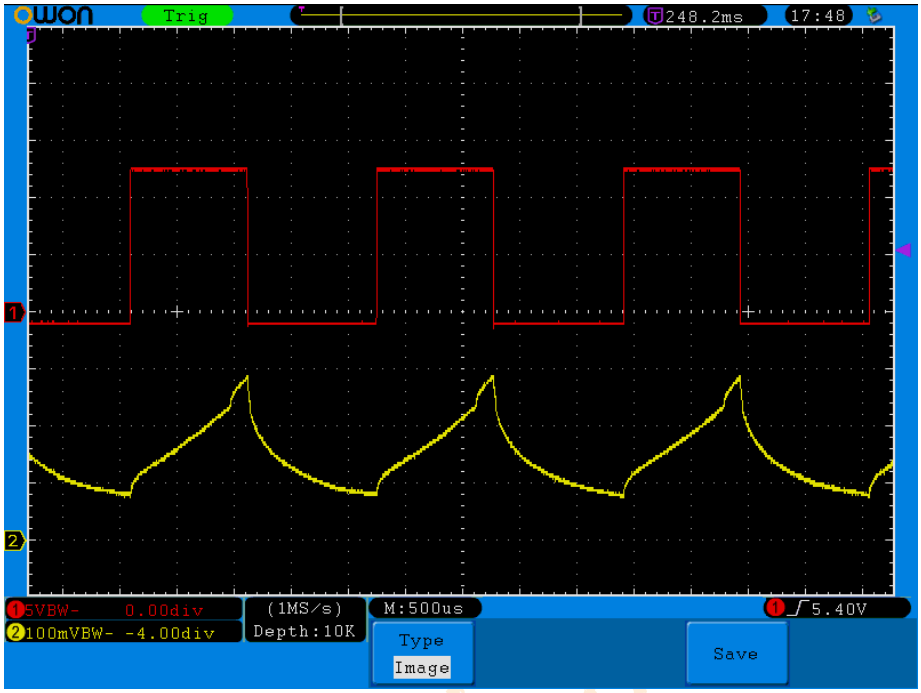
Non si vede oscillare la luce del LED a causa del fenomeno della persistenza dell'immagine[3].

A frequenza ancora più alta la variazione di corrente diventa minima e, almeno acusticamente, non si sente lo scatto dell'ancora del relè.

---

[2] In una precedente misurazione si era rilevata una costante di tempo di circa 1 ms. Tecnicamente si considera esaurito il transitorio dopo circa cinque volte la costante di tempo.

[3] Con una videocamera a 30 fps si possono cogliere al massimo alternanze spento/acceso a 15Hz.



Il periodo risulta di 2,7 ms e la frequenza è 370 Hz.

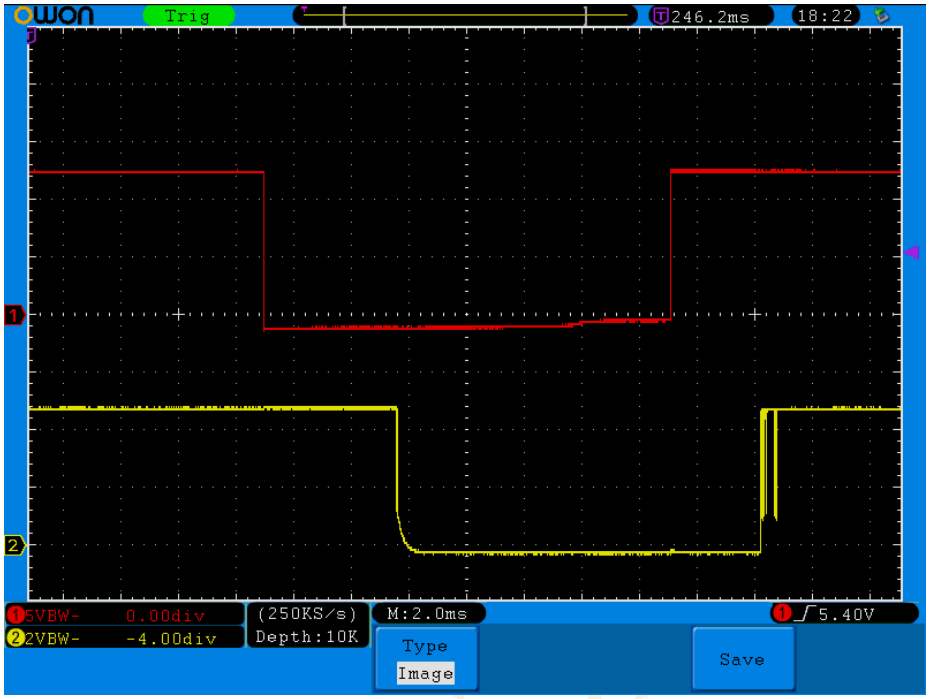
A questa frequenza il meccanismo non riesce a seguire le variazioni nel campo magnetico e l'ancora rimane in posizione sempre chiusa, il LED resta acceso.

Sincronismo entrata-uscita

Modificando lo schema di misura in modo da potere osservare la tensione sul contatto del relè posizionando in quel punto la sonda gialla si possono confrontare le tensioni in uscita con quelle in ingresso.

L'immagina di una commutazione a bassa frequenza:

Giovanni Mastropaolo www.mastropaolo



mostra lo sfasamento tra i due impulsi.

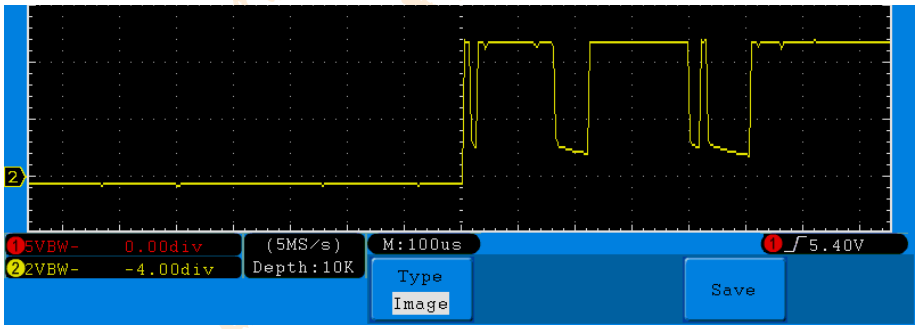
La curva gialla è spostata in ritardo sia all'eccitazione (da basso ad alto) che alla diseccitazione.

In particolare si misurano:

- 4,6 ms di ritardo alla diseccitazione;
- 3,2 ms all'eccitazione.

Si vede la tensione negativa della extracorrente di apertura del circuito RL e si vedono strani disturbi sulla curva gialla appena il relè viene eccitato.

Aumentando la risoluzione temporale si vede quanto segue:

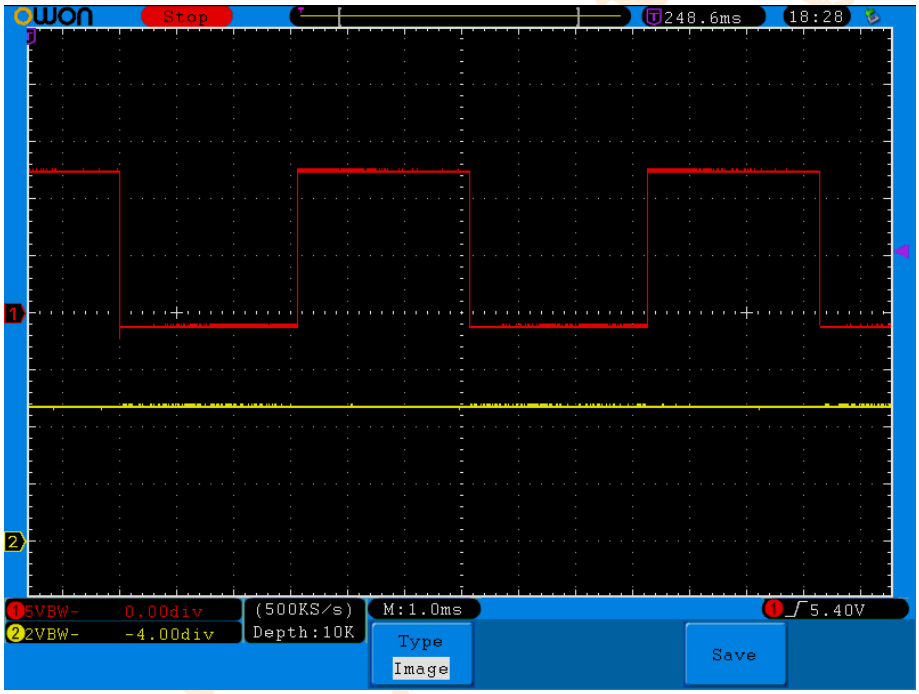


È un evento che dura mezzo millisecondo in tutto.

Quelle oscillazioni sono il rimbalzo dei contatti così che il circuito si apre e si chiude più volte prima di chiudersi definitivamente.

Il rimbalzo è dovuto sia all'elasticità ed all'inerzia delle lamelle che sostengono i contatti sia alle forze di repulsione elettrodinamica generate dalle correnti sui contatti.

A frequenza di commutazione molto alta si vede anche che la tensione sul LED non varia più anche se il comando è ancora pulsante:



Il periodo è di 6,1 ms, la frequenza è 164 Hz.

La tensione sul LED è costante: significa che il sistema composto dal circuito RL ed il meccanismo composto da masse e molle non segue più le variazioni in ingresso.