

ELETTRONICA DIGITALE
I.T.I.S. MODESTO PANETTI - Bari
Alunni: Lattanzi Fabio, Rubino Dario
Classe: III E/A
Docente Prof. Panella Ettore

OGGETTO: Controllo di un motore in corrente continua con logica **PWM** (Pulse Width Modulation);

MOTORE IN CORRENTE CONTINUA

Nei sistemi di controllo industriale i motori in corrente continua occupano certamente un posto in primo piano. Sono dispositivi in grado di trasformare una tensione continua d'entrata in una coppia motrice in uscita, quindi energia elettrica in meccanica. In fig.1 è mostrata la schematizzazione costruttiva di un motore in corrente continua ad eccitazione indipendente.

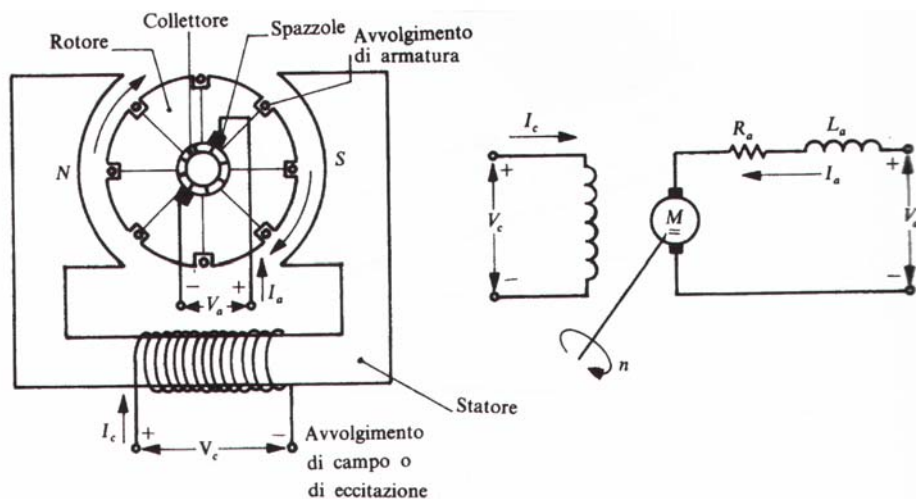


Fig.1 Motore in c.c.

Un motore in c.c. è costituito da uno *statore* e da un *rotore*. Lo statore genera un flusso magnetico il cui valore dipende dall'intensità di corrente I_c del circuito di eccitazione. Il rotore è posto entro le espansioni polari dello statore. Esso è costituito di materiale ferroso o plastico, e presenta sulla periferia delle cave entro le quali è posto un avvolgimento da cui vengono derivati dei conduttori che sono connessi, in modo opportuno, alle lamelle di un dispositivo denominato *collettore*.

Sul collettore poggiano dei contatti striscianti (*spazzole*) generalmente di carbone attraverso cui si alimenta il motore. Il rotore, le spazzole e il collettore costituiscono il *circuito d'armatura* del motore. Con V_a e I_a si indicano rispettivamente la tensione e la corrente di armatura o alimentazione del motore.

Lo statore insieme all'avvolgimento di eccitazione, costituisce il circuito di campo cui applicare la tensione V_c e la corrente I_c che definiscono il campo magnetico induttore.

Sono possibili altri due modi di eccitazione.

1. **eccitazione serie**
2. **eccitazione parallela**

Quando si alimenta il motore, la corrente I_a di armatura che circola negli avvolgimenti rotorici interagisce con il campo magnetico di statore generando una forza magnetomotrice che pone in rotazione il rotore.

Tale movimento produce per induzione elettromagnetica una forza controelettromotrice E che si oppone alla tensione V_a di armatura. Affinché possa circolare la corrente I_a che tiene in movimento il motore, la tensione V_a a regime, deve equilibrare sia la f.c.e.m. E che la caduta di tensione $R_a I_a$ nella resistenza del circuito di armatura:

$$V_a = E + R_a I_a$$

Si osservi che, essendo il motore alimentato in continua, l'effetto dell'induttanza di armatura L_a è nullo a regime. La f.c.e.m. E è legata alla velocità di rotazione dalla seguente relazione:

$$E = Kn\phi$$

dove K è una costante costruttiva del motore, n il numero di giri al minuto e ϕ l'intensità del flusso magnetico induttore. Combinando la formula precedente con la successiva, si ricava:

$$n = \frac{V_a - R_a I_a}{K\phi} \cong \frac{V_a}{K\phi}$$

essendo $R_a I_a$ trascurabile rispetto a V_a . La precedente indica che la velocità di rotazione di un motore c.c. è direttamente proporzionale alla tensione di alimentazione V_a . Per il principio di conservazione dell'energia e supponendo trascurabili le perdite, la potenza elettrica fornita al motore $P_a = V_a I_a$ deve uguagliare quella meccanica di rotazione $P_m = C_m \omega$. In particolare si è indicato che con C_m la coppia motrice e con $\omega = 2\pi n$, la velocità angolare. Si ha quindi:

$$C_m \cdot \omega = V_a I_a$$

Ponendo $K_m = 60K/2\pi$, si ricava:

$$C_m = K_m \phi I_a$$

La formula precedente mostra che la coppia motrice C_m è proporzionale al flusso induttore e alla corrente di armatura.

CIRCUITO DI COMANDO DEL MOTORE PWM (Pulse Width Modulation)

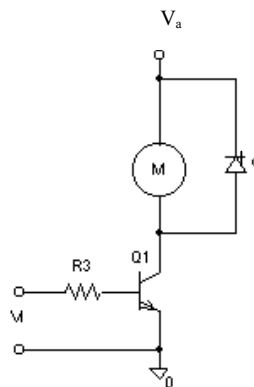


Fig. 2 Comando con transistor di un motore in c.c.

Il segnale V_i è costituito da un treno di onde rettangolari a frequenza tipica di qualche KHz (viene prelevato sul piedino 3 del Timer 555). Supponendo che il BJT commuti tra la saturazione e l'interdizione, la tensione di alimentazione del motore (trascurando $V_{Cesat} = 0.3 \text{ V}$) assume il seguente andamento.

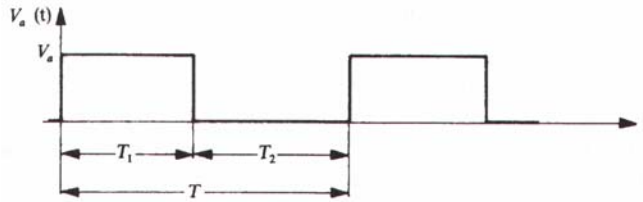


Fig. 3 Forme d'onda per il comando del motore

Il motore è equivalente ad un carico induttivo e si comporta come un filtro passa – basso con frequenza di taglio di alcune decine di Hz, imposta dalla costante di tempo meccanica τ_m .

La tensione impulsiva di comando viene, quindi, mediata dall'azione filtrante del motore che, a tutti gli effetti, è come se fosse alimentato da una tensione efficace V pari a:

$$V = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T V_a^2 \cdot dt} = \sqrt{V_a^2 \cdot \frac{T_1}{T}} = V_a \cdot \sqrt{D}$$

La precedente relazione mostra che è possibile regolare la velocità di rotazione del motore agendo sul duty-cycle D del segnale rettangolare di comando.

Inoltre, si tenga conto che la potenza è proporzionale a V^2 per cui si evince che la potenza del motore è proporzionale a duty-cycle D .

Nella seguente figura si riporta lo schema elettrico completo disegnato in ambiente EWB.

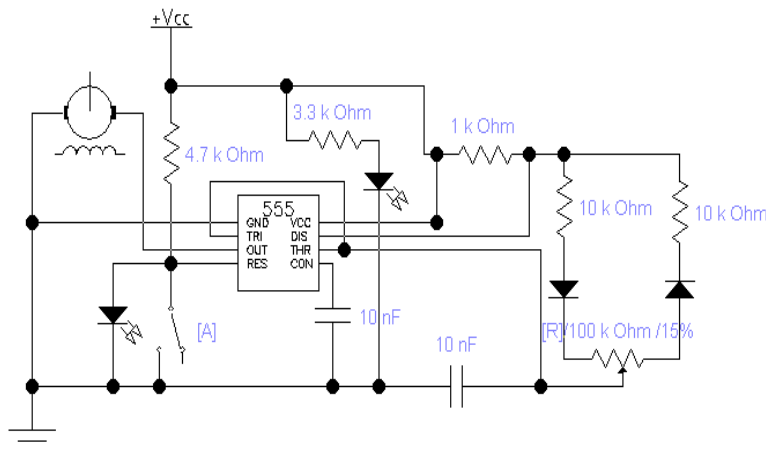


Fig. 4 Schema elettrico per la regolazione della velocità con la tecnica PWM.

Di seguito si mostrano le foto del circuito per il controllo della velocità del motore in corrente continua che utilizza la logica PWM come precedentemente descritto. Dalla vista frontale si possono notare i vari componenti del circuito:

- Il potenziometro;
- L'interruttore di stop;
- Il timer 555;
- Il motore in corrente continua(Evidenziato con un dischetto colorato);
- Le varie resistenze;
- I diodi led.

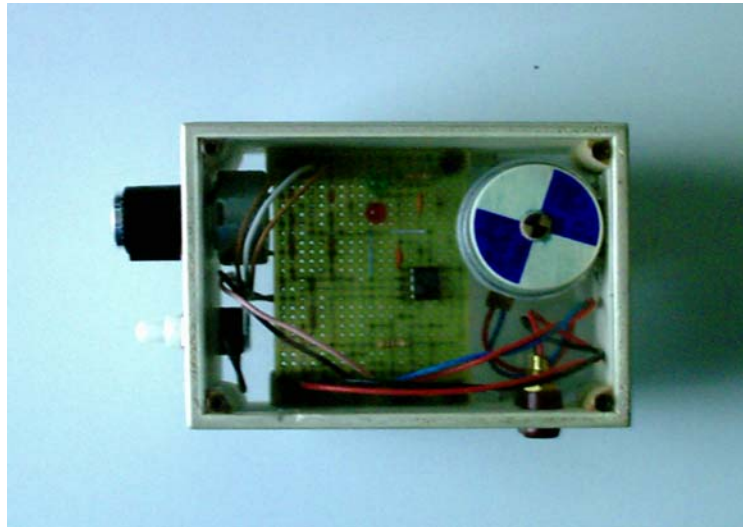


Fig. 5 Vista frontale del controllo di velocità di un motore in corrente continua con logica PWM.

Di seguito è riportata la vista posteriore.



Fig. 6 Vista posteriore del controllo di velocità di un motore in corrente continua con logica PWM.