

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale  
Corso di Laurea in Ingegneria dell'Energia

# ***Sviluppo di una scheda elettronica open- hardware per l'interfacciamento di un microcontrollore***

Tutor universitario: *Prof. Luigi Alberti*

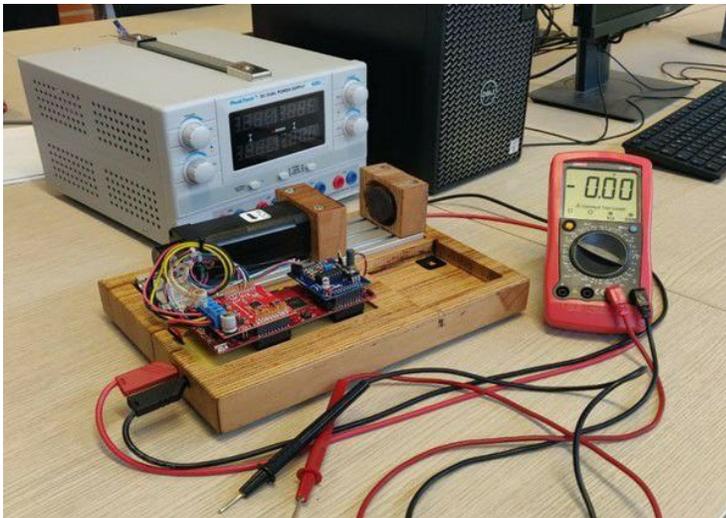
Laureanda: *Lucia Peraro*

Padova, 15/11/2024

Durante questo progetto è stata testata una scheda elettronica, precedentemente sviluppata con il software KiCAD, che funge da interfaccia per controllare un microprocessore commerciale (LAUNCHXL-F28069M, Texas Instruments) il quale a sua volta gestisce un motore elettrico BLDC (QBL4208-100-04-025, ADI Trinamic).

Le funzionalità dei vari componenti sono state verificate tramite circuiti di prova disegnati con il software PLECS.

Di seguito sono descritti i componenti principali della scheda.



**KiCad**

**PLECS**

Questo dispositivo permette di trasformare un segnale analogico che varia gradualmente in un segnale digitale a gradino.

Uno degli ingressi è sempre alimentato a 5V, mentre l'altro è connesso al segnale da digitalizzare. La commutazione avviene quando il segnale in salita supera la tensione di soglia  $V_P$  oppure quando il segnale in discesa scende sotto la tensione di soglia  $V_N$ . La commutazione dunque è descritta da un ciclo di isteresi.

Essendo in configurazione invertente, tale dispositivo può essere utilizzato anche come porta logica NAND.

Di seguito sono riportati alcuni schemi estratti dal datasheet del componente CD4093BE, utilizzato in questo progetto.

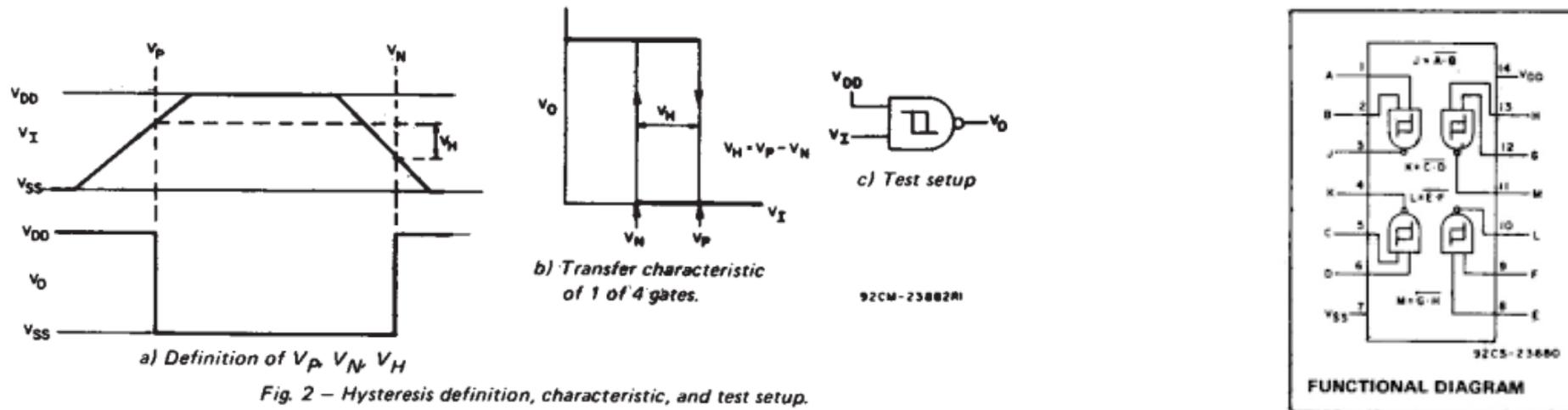


Fig. 2 – Hysteresis definition, characteristic, and test setup.

Il pulsante non è collegato direttamente al GPIO in quanto il segnale deve prima essere pulito.

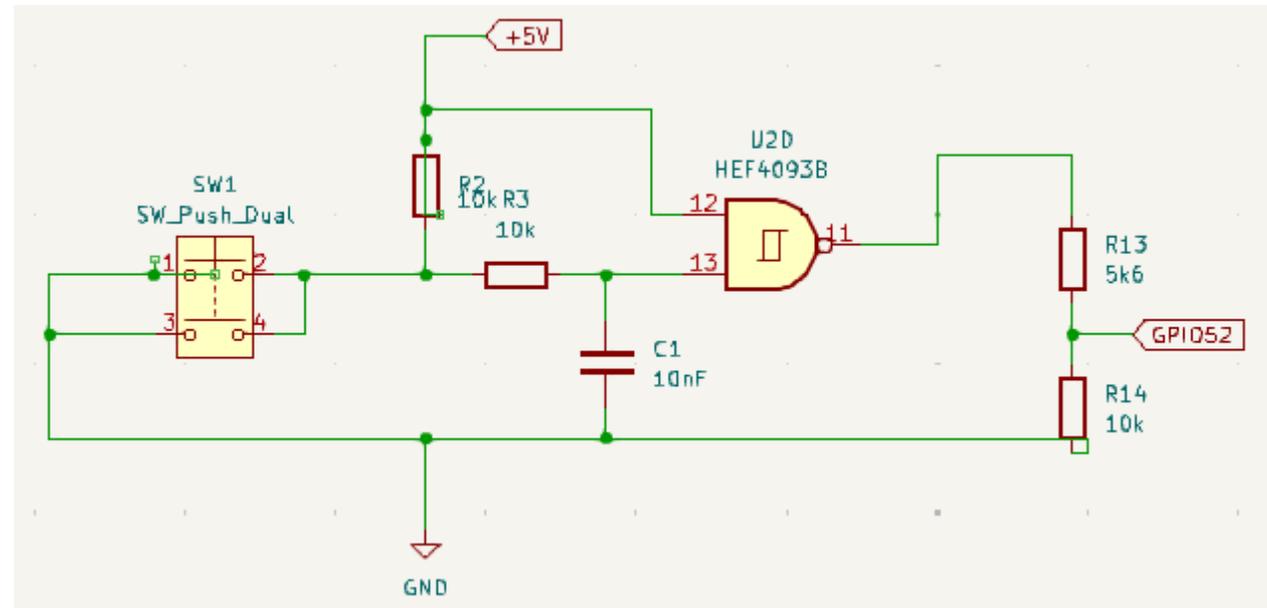
È presente un filtro RC passa-basso per eliminare i rimbalzi di tensione presenti quando il pulsante viene premuto o rilasciato. Si ottiene così un segnale che passa dallo stato logico ALTO allo stato BASSO (o viceversa) in modo continuo con andamento esponenziale.

Per ottenere il segnale digitale a gradino viene utilizzata una porta del componente CD4093BE.

Infine, l'uscita della porta logica arriva al partitore di tensione dove viene abbassata da 5V a circa 3.3V.

$$V_{GPIO} = \frac{R14}{R13 + R14} \cdot V_{out} =$$

$$= \frac{10000}{5600 + 10000} \cdot 5 = 3,2V$$

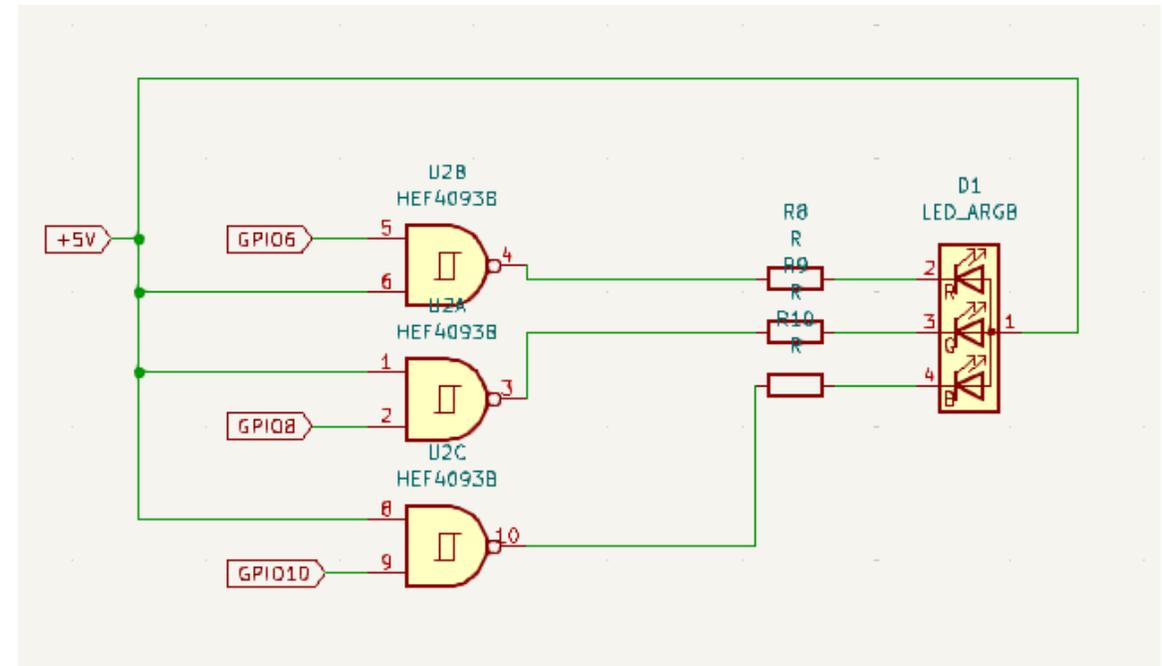


È stato utilizzato un LED RGB ad anodo comune. L'accensione dei tre colori è controllata tramite i GPIO collegati a tre porte del CD4093BE.

In questa configurazione i catodi sono mantenuti sempre nello stato logico ALTO (5V) finché lo stato del GPIO rimane BASSO. L'attivazione del GPIO porta a 0V l'uscita, permettendo al LED di accendersi.

Per stimare le resistenze sono stati considerati due fattori:

- tensioni e correnti tipiche dei tre colori del LED (note da datasheet),
- corrente massima accettabile dalle porte del CD4093BE.



Sono state ricavate le resistenze interne dei tre colori del LED come:  $R_{int,X} = \frac{V_{F,X}}{I_F}$  con:

$$\begin{aligned} V_{F,R} &= 2,8V \\ V_{F,G} &= 4,0V \\ V_{F,B} &= 4,1V \\ I_F &= 20mA \end{aligned}$$

Il CD4093BE invece può sostenere una corrente massima pari a  $I_{O,max} = 6,8 mA$ .

Sapendo però che il tempo di utilizzo della scheda è molto limitato è stato cercato un compromesso, dunque le resistenze aggiuntive sono state stimate considerando correnti pari a circa  $I_{hyp} = 7 \div 10 mA$  tramite la relazione:

$$R_{add,X} = \frac{V_s}{I_{hyp}} - R_{int,X}$$

dove  $V_s$  è la tensione di alimentazione pari a 5V.

Le resistenze effettivamente utilizzate e le correnti corrispondenti sono riportate di seguito.

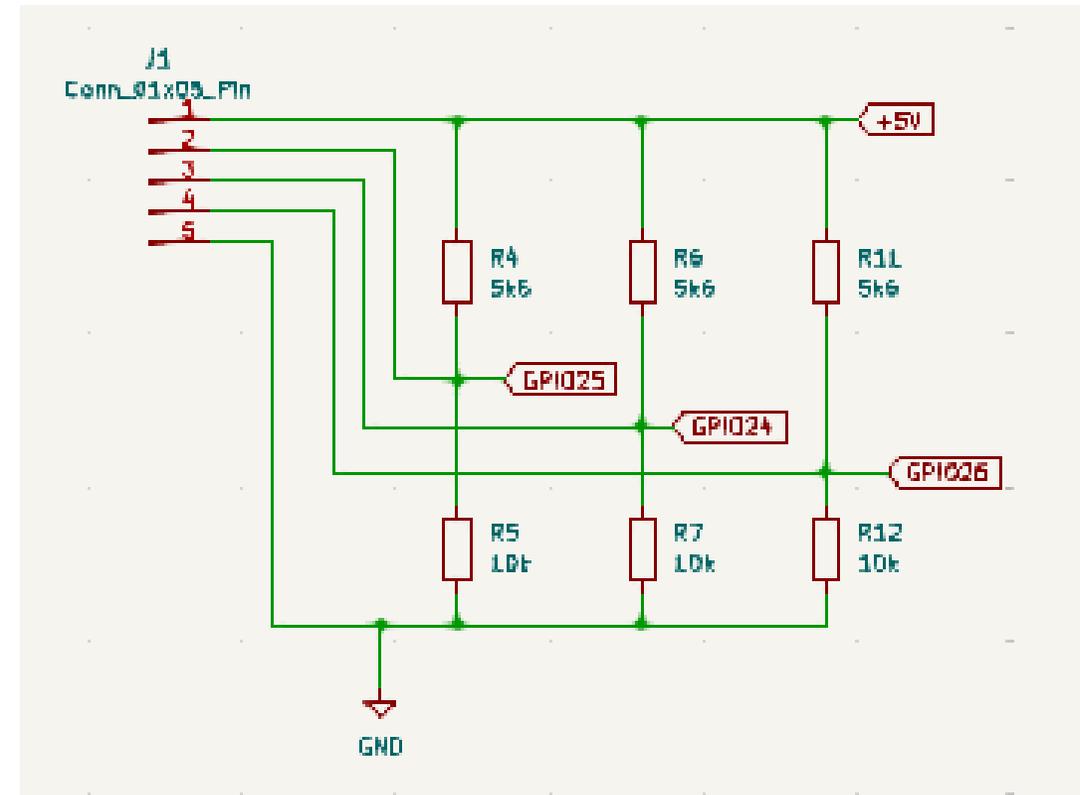
Si noti che, nonostante le correnti siano più elevate di quelle specificate nel datasheet del CD4093BE, non è stato rilevato surriscaldamento del dispositivo durante l'utilizzo.

$$\begin{aligned} R_{add,R} &= 536 \Omega & I_R &= 7,4mA \\ R_{add,G} &= 316 \Omega & I_G &= 9,7mA \\ R_{add,B} &= 340 \Omega & I_B &= 9,2mA \end{aligned}$$

È un dispositivo il cui funzionamento si basa sull'effetto Hall utilizzato per monitorare la posizione del rotore del motore BLDC.

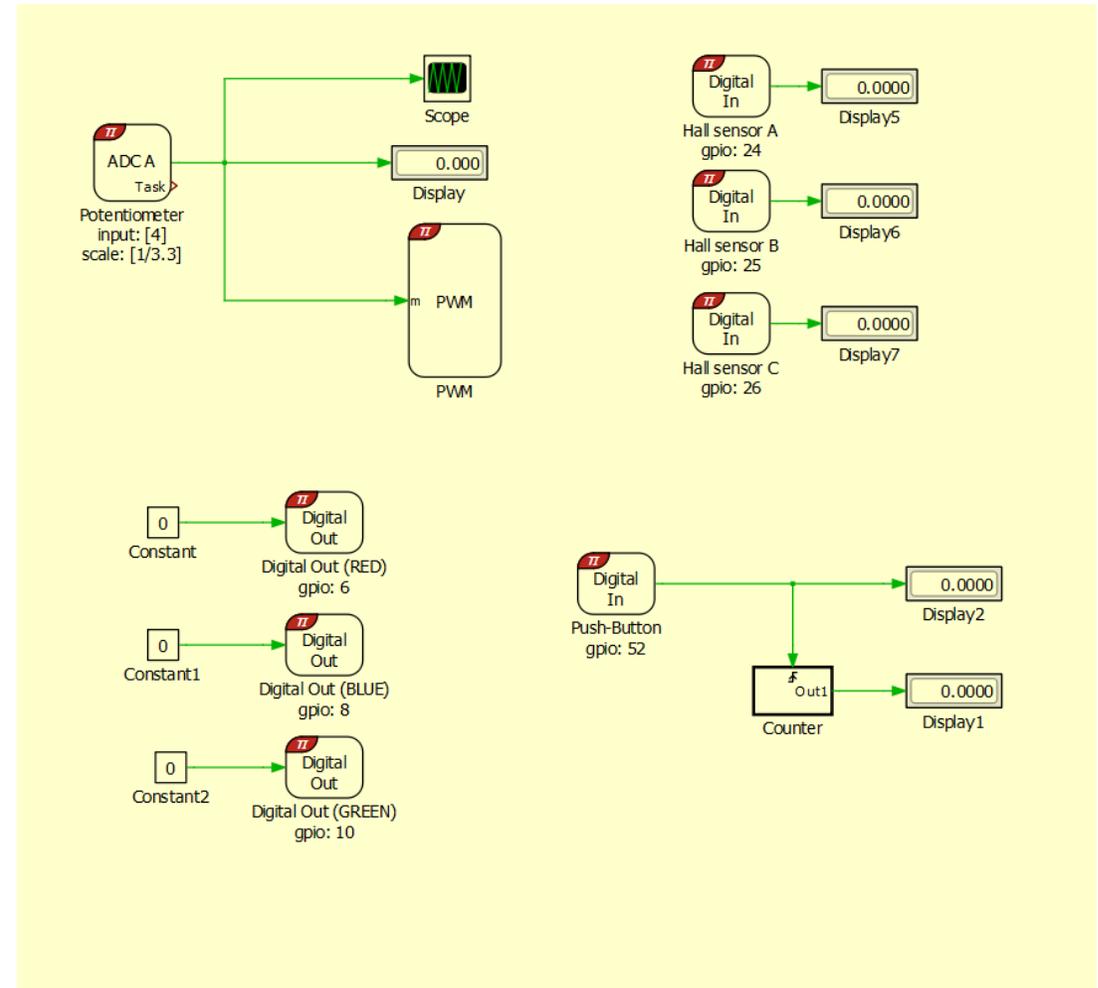
Le tre uscite del sensore, di tipo open-collector, possono assumere lo stato logico ALTO o BASSO in base alla posizione del sensore corrispondente rispetto al polo magnetico. I tre sensori sono sfasati tra loro di  $120^\circ$ .

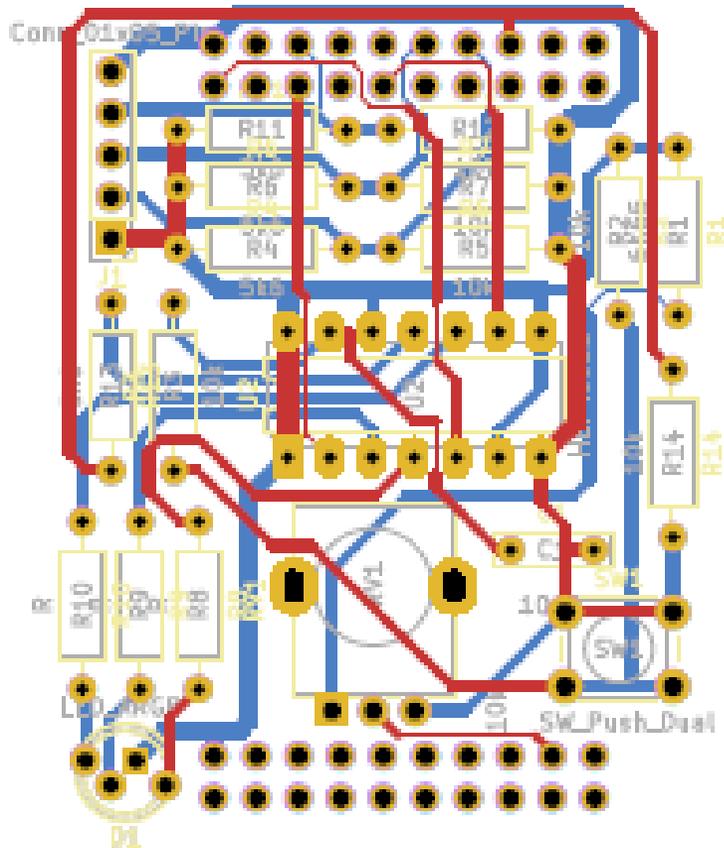
Si ottengono dunque 8 ( $2^3$ ) combinazioni dei tre segnali. Togliendo le combinazioni 111 e 000 (non possibili), le restanti sei identificano la posizione del rotore ad intervalli di  $60^\circ$  elettrici.



Per testare le funzioni è stato preparato un semplice circuito su PLECS in grado di leggere o comandare i GPIO.

Essendo presente anche un potenziometro è stato utilizzato anche un ingresso ADC. Con esso è anche possibile controllare l'accensione del LED con sistema PWM.





LAUNCHL-F30065M

Per concludere è stato ridisegnato il master della pcb.

Sono stati corretti alcuni collegamenti errati della prima versione, in particolare nel filtro RC del pulsante e nella sonda Hall.

È stato cambiato un GPIO in quanto quello precedente utilizzato non dava la risposta attesa alla pressione del pulsante stesso.

Infine il pulsante e il potenziometro sono stati spostati in una posizione più comodamente accessibile per l'utente.