**Abstract**

**Setup**

Il pendolo inverso consiste in due unità hardware distinte:

* Controllore: si occupa dell’esecuzione degli algoritmi di controllo (PID) e di pilotaggio del motore passo passo;
* Lettore dell’angolo: montato sul carrello del pendolo, acquisisce dati sullo stato del pendolo e li trasmette al controllore.

Il controllore consiste in una scheda ESP8266 (modello Wemos d1), alimentato direttamente dal cavo USB C dal PC. A bordo di questo microcontrollore viene eseguito il codice che ha compito di ricevere i dati sullo stato del pendolo, calcolare l’accelerazione da imprimere al carrello per stabilizzare il pendolo, e comandare il motore passo con l’accelerazione indicata. Il comando generato dal ESP8266 consiste in un treno di impulsi che viene mandato in ingresso al piedino “STEP” del driver del motore. Il driver è un A4988, ed è capace di controllare un motore passo-passo a 4 fili con vari livelli di microstepping. L’alimentazione del motore è fornita da una batteria LiPo da 7.4v, connessa direttamente ai rispettivi piedini VMOT e GND del driver A4988. L’intero modulo è inscatolato in un case stampato in 3D, in cui alloggia la batteria e la basetta millefori su cui è stato realizzato il circuito. Dal modulo escono i 4 fili del motore passo-passo, direttamente connessi alle fasi del motore. Il motore è fissato su un banco piano usando del nastro adesivo.

Sul rotore del motore passo passo è ancorato il blocco “carrello”. In esso alloggiano due cuscinetti radiali su cui una barra è libera di ruotare. Su un estremità della barra è bullonato il braccio del pendolo; sull’altra estremità è incollato un magnete con magnetizzazione diametrale, che ruota in prossimità dell’encoder rotatorio AS5600, che rileva l’orientamento del magnete posto in sua prossimità con una risoluzione di 0.087 gradi. Il microcontrollore utilizzato è un'altra scheda ESP8266 (Wemos d1), collocato su una piccola breadboard. Sulla breadboard è anche inserito un potenziometro, il cui segnale analogico viene acquisito dall’unico piedino ADC presente sulla scheda. Il codice a bordo del ESP8266 si occupa dell’acquisizione (tramite i2c) dell’angolo rilevato dall’encoder (e derivazione numerica per il calcolo della velocità angolare), lieve post-processamento dei dati (per mitigare il rumore e aggiungere un offset, regolabile tramite potenziometro), e trasmissione dei dati alla scheda ricevente utilizzando il protocollo proprietario di espressif ESP-NOW.

Software usato per la programmazione