

Sviluppo di un robot Line Follower con l'impiego del microcontrollore Arduino Uno

DAVIDE CRISTINI*

Università Degli Studi dell'Aquila
john@smith.com

MATTEO POLSINELLI†

Università degli Studi Dell'Aquila
jane@smith.com

4 luglio 2017

Sommario

Durante il corso di Laboratorio di Automatica è stato realizzando un robot in grado di, attraverso dei sensori infrarossi, seguire una linea nera.

I. INTRODUCTION

Uno dei temi odierni più discussi è quello riguardante nuovi sistemi che siano in grado, autonomamente e senza l'intervento umano, di completare un task assegnato. C'è molto interesse per questo settore, sia in ambito scientifico ma soprattutto in quello aziendale.

Nell'industria automobilistica la Tesla Inc è stata l'apri pista per veicoli a guida completamente autonoma. Su questa scia tutti gli altri produttori di automobili stanno sviluppando sistemi simili, appoggiati anche dai big dell'IT come Nvidia. Al di là dei benefici in termini economici derivanti dallo sviluppo di tali tecnologie, si pensi a ciò che queste comportano in ambito di sicurezza stradale. Un veicolo in grado di evitare ostacoli, accorgersi di un impatto imminente poco più avanti, frenare con tempi di reazione pari a quelli di un computer diventa uno strumento in grado di ridurre gli incidenti e di conseguenza le perdite di vite umane.

Per quanto riguarda il campo dell'edilizia la costruzione di case efficienti dal punto di vista energetico è diventata ormai una consuetudine consolidata. Da una parte ci sono gli inquinanti

sicuramente felici di dover pagare bollette meno salate e dall'altra un problema noto a tutti come l'inquinamento globale. Termostati intelligenti, in grado di prevedere la temperatura esterna dell'edificio, sono capaci di coordinare i sistemi di riscaldamento (ed allo stesso modo quelli di raffreddamento) in modo tale da mantenere la temperatura interna ad un costo sicuramente minore rispetto ai metodi tradizionali.

Di esempi ne esistono molti altri ancora che giustificano l'interesse e l'importanza dello studio in questo campo di ricerca.

Durante il corso *Laboratorio di Automatica* è stato sviluppato un robot in grado di seguire una linea di colore nero. Il principio di funzionamento si basa sull'emissione e la ricezione di raggi infrarossi attraverso tre sensori emettitori e tre ricevitori. I dati raccolti vengono elaborati da un microcontrollore Arduino Uno rev. 3 il quale, attraverso un algoritmo di controllo, regola le velocità di rotazione dei motori collegati alle ruote (Figura 1).

L'obiettivo finale è quello di far seguire al robot un tracciato disegnato con del nastro isolante di colore nero. Il percorso prevede rettilinei, curve paraboliche, curve ad angolo retto e per finire incroci.

*A thank you or further information

†Corresponding author

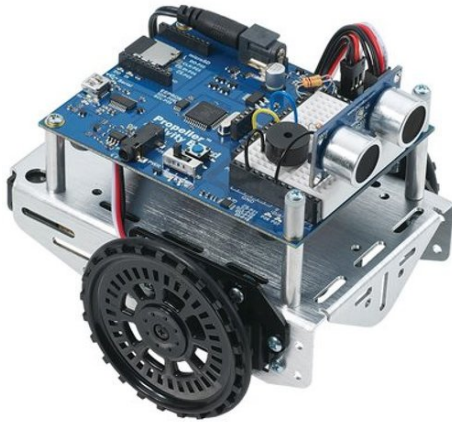


Figura 1: Robot utilizzato.

II. METHODS

In fisica lo spettro elettromagnetico indica l'insieme di tutte le possibili frequenze delle radiazioni elettromagnetiche. Pur essendo lo spettro continuo, è possibile una suddivisione puramente convenzionale ed indicativa in vari intervalli o bande di frequenza (Figura 2)

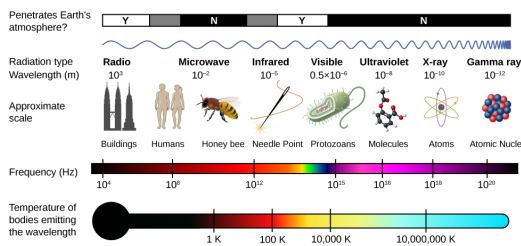


Figura 2: Spettro Elettromagnetico

In particolare la radiazione infrarossa (IR) è la radiazione elettromagnetica con banda di frequenza dello spettro elettromagnetico inferiore a quella della luce visibile, ma maggiore di quella delle onde radio, ovvero lunghezza d'onda compresa tra 700 nm e 1 mm (banda infrarossa). L'infrarosso è utilizzato comunemente come mezzo di trasmissione dati: nei telecomandi dei televisori (per evitare interferenze con le onde radio del segnale televisivo), tra computer portatili e fissi, palmari, telefoni cellulari, nei sensori di movimento e altri apparecchi elettronici. La radiazione infrarossa è

soggetta al seguente fenomeno: viene assorbita da un materiale di colore nero e riflessa da uno bianco.

In elettronica esistono sensori sia in grado di emettere che ricevere il segnale infrarosso. In questo progetto sono stati utilizzati congiuntamente. In particolare sono stati affiancati e tra di loro è stato posto un materiale di colore nero (Figura 3), il cui scopo è quello di evitare che la radiazione infrarossa emessa dall'emettitore venga rilevata dal ricevitore abbinato.

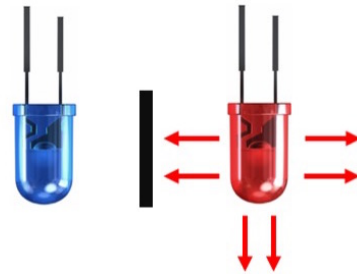


Figura 3: Il led di colore rosso è l'emettitore. Il led di colore blu è il ricevitore.

Questa configurazione permette di distinguere una superficie bianca da una nera. Com'è possibile vedere in figura 4, la coppia di componenti è stata posizionata in prossimità di una superficie bianca. La radiazione infrarossa, che ha origine dall'emettitore, viene riflessa dalla superficie. Ai capi del ricevitore, un dispositivo analogico, è possibile misurare una tensione direttamente proporzionale alla quantità di raggi infrarossi che il sensore riceve. In questo caso quindi tale tensione sarà sicuramente maggiore di zero.

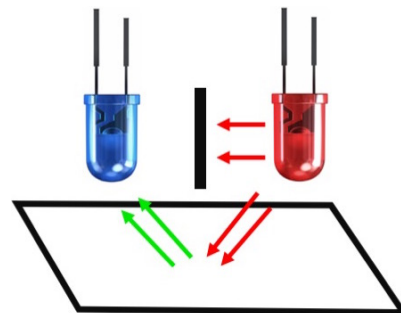


Figura 4: Superficie bianca

Viceversa, se la coppia di componenti si trova in prossimità di una superficie nera, come in figura 5, quest'ultima assorbirà quasi tutta la radiazione infrarossa e di conseguenza al ricevitore non arriverà nulla. Quindi in uscita si leggerà una segnale basso ovvero una tensione vicina allo zero.

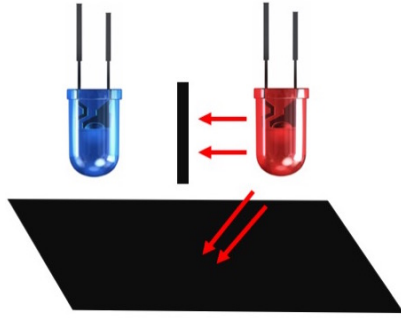


Figura 5: Superficie nera

In questo lavoro sono state utilizzate tre coppie di sensori/emettitori divise ciascuna da una lunga linea di materiale colorato di nero. Le coppie sono disposte in modo tale da formare una griglia (Figura 6). La prima fila è composta da tutti i ricevitori mentre la seconda da tutti gli emettitori.

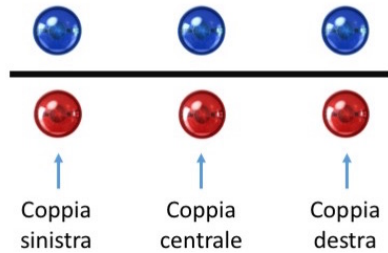


Figura 6: Griglia formata dalle coppie di ricevitori/emettitori.

D'ora in poi verrà indicata la coppia sinistra con il simbolo L , la coppia centrale con C e quella di destra con R . Inoltre ciascun ricevitore di ciascuna coppia è stato collegato all'ingresso analogico del microcontrollore Arduino. Quest'ultimo, con l'impiego di un convertitore analogio-digitale, campiona il segnale continuo e il valore dei quanti varia da 0 a 1023.

La griglia di sensori è stata montata sullo chassis del robot, in modo tale da trovarsi a 0.5 centimetri da terra (Figura 7).

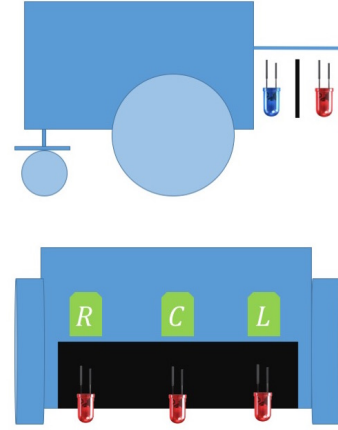


Figura 7: Rispettivamente il prospetto laterale e frontale del robot. In quest'ultimo non si vedono i ricevitori infrarossi in quanto coperti dagli emettitori.

L'obiettivo è quello di mantenere la C perfettamente allineata con una linea nera. Di conseguenza, se questa condizione non si verifica, è stato introdotto il concetto di distanza definito come:

$$distanza = (R - C) - (L - C) \quad (1)$$

L'equazione è stata esposta con un abuso di notazione in quanto R , C e L indicano i valori letti dai ricevitori di ciascuna coppia. Per comprendere meglio la formula supponiamo che il valore letto dal ricevitore sia pari a 0 se si trova sulla linea nera e pari a 10 se si trova sulla superficie bianca. Supponiamo inoltre di trovarci nella situazione illustrata in figura 8. Il ricevitore C leggerà un valore pari a 0 mentre L e R 10. Dall'equazione 1 la distanza risulta pari 0 in quanto il robot si trova perfettamente allineato (e di conseguenza anche C) alla linea nera.

Nella figura 9 è illustrato un altro scenario. Il robot non è allineato alla linea nera e quindi se continuasse ad avanzare in quella direzione finirebbe per perdere la linea. Dall'equazione 1 la distanza da C è pari a 10, il massimo possibile. Nel caso in cui il robot si trovasse

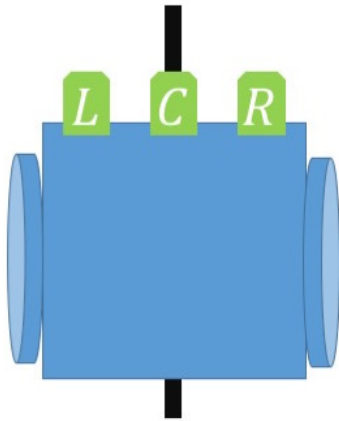


Figura 8

con R sulla linea nera e L e C sulla superficie bianca (ovvero lo scenario speculare rispetto alla figura 9) la distanza risultante sarebbe pari a -10 . Il segno positivo o negativo discrimina quindi le due condizioni tra loro simmetriche.

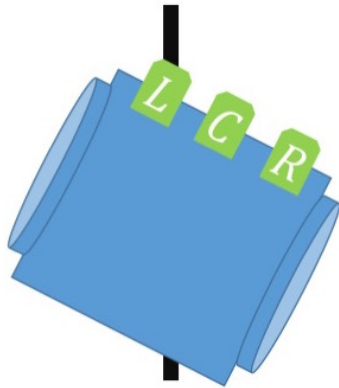


Figura 9

Nella figura 10 il robot deve affrontare un incrocio. Tutti i ricevitori forniscono come valore di riferimento 0. La distanza di conseguenza è 0 (C è allineato con la linea nera) e quindi il robot procede sulla stessa direzione.

Nella figura 11 è illustrato l'ultimo scenario che il robot può affrontare, ovvero una curva a 90 gradi. La distanza risultante dall'equazione 1 è pari a 10. Nel caso di curva a destra, il caso è simmetrico in quanto la distanza è pari a -10 .

La distanza calcolata con l'equazione 1 viene dato in ingresso ad un controllore PID.

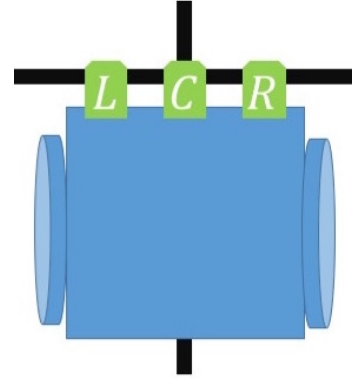


Figura 10

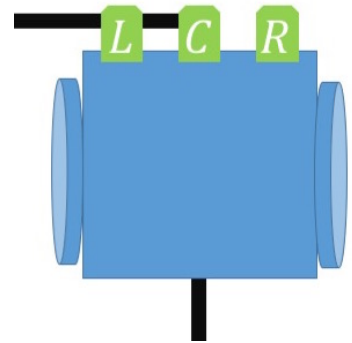


Figura 11

Il controllore **PID (Proportional Integral Derivative Controller)** è un sistema in retroazione negativa ampiamente impiegato nei sistemi di controllo. Il controllore acquisisce in ingresso un valore da un processo e lo confronta con un valore di riferimento. La differenza, il cosiddetto segnale di errore, viene quindi utilizzata per determinare il valore della variabile di uscita del controllore, che è la variabile manipolabile del processo.

Il PID regola l'uscita in base a:

1. il valore del segnale di errore (azione proporzionale);
2. i valori passati del segnale di errore (azione integrale);
3. quanto velocemente il segnale di errore varia (azione derivativa).

Lo schema di funzionamento del PID è riepilogato in figura 12.

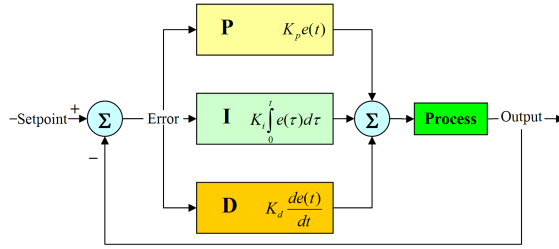


Figura 12

III. RESULTS

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

$$e = mc^2 \quad (2)$$

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi

sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

IV. DISCUSSION

i. Subsection One

A statement requiring citation [Figueredo and Wolf, 2009]. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

ii. Subsection Two

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, tur-

pis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc
quis urna dictum turpis accumsan semper.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

[Figueredo and Wolf, 2009] Figueredo, A. J.
and Wolf, P. S. A. (2009). Assortative
pairing and life history strategy -
a cross-cultural study. *Human Nature*,
20:317–330.