



ISTITUTO TECNICO INDUSTRIALE STATALE

ALESSANDRO ROSSI

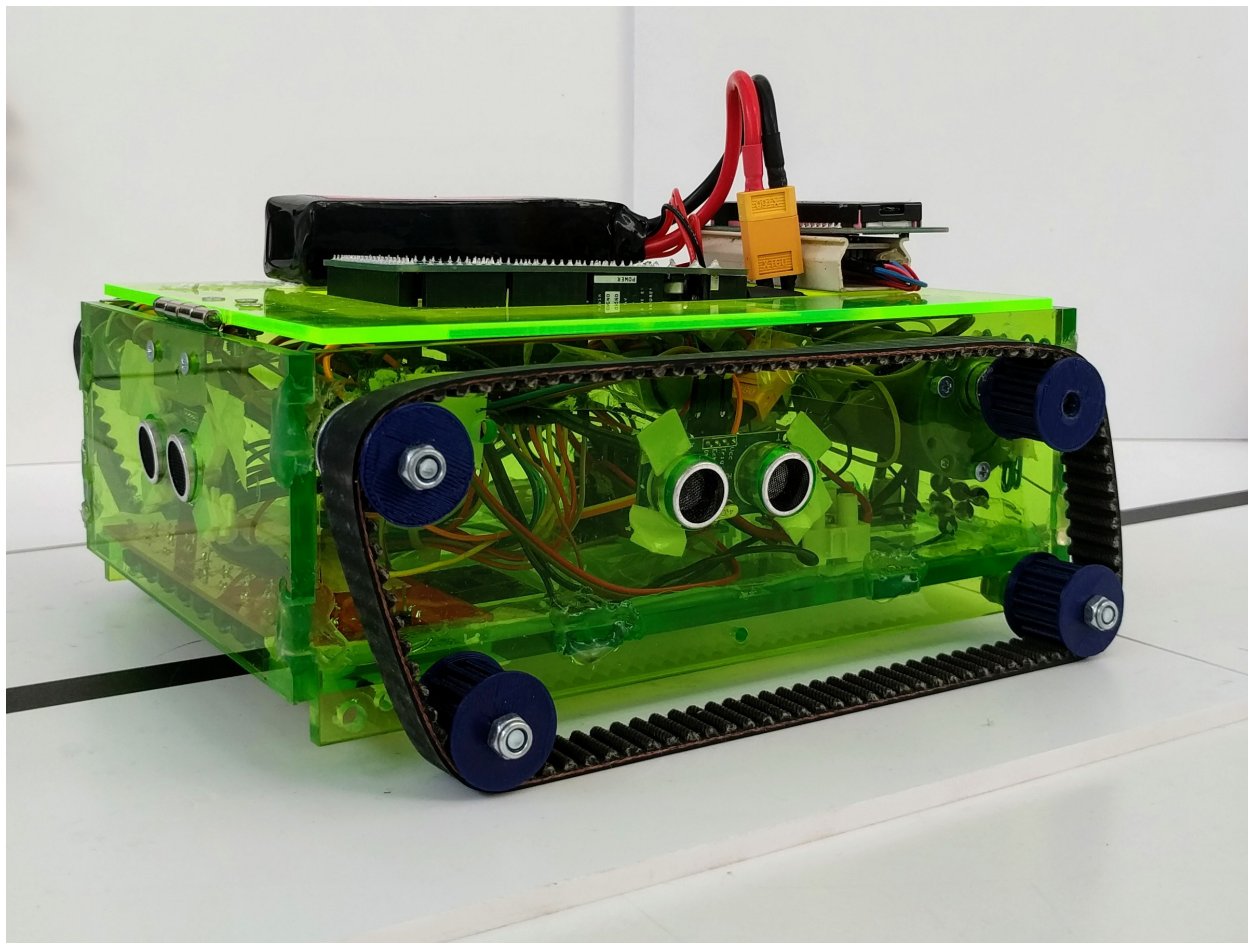
VICENZA

ALUNNI : ROBERTO CARTA & FEDERICO CHIARELLO

CLASSE : 5 BEA

ANNO SCOLASTICO : 2016/2017

ROBOT SEGUILINEA



INDICE

- Che cos'è un robot seguilinea3
- Descrizione del progetto e componenti usati.....4
- Schema elettrico.....6
- Hardware.....7
- Flow Chart programmazione.....11
- Software.....12
- Algoritmo PID.....13
- Problemi riscontrati e risoluzione.....15

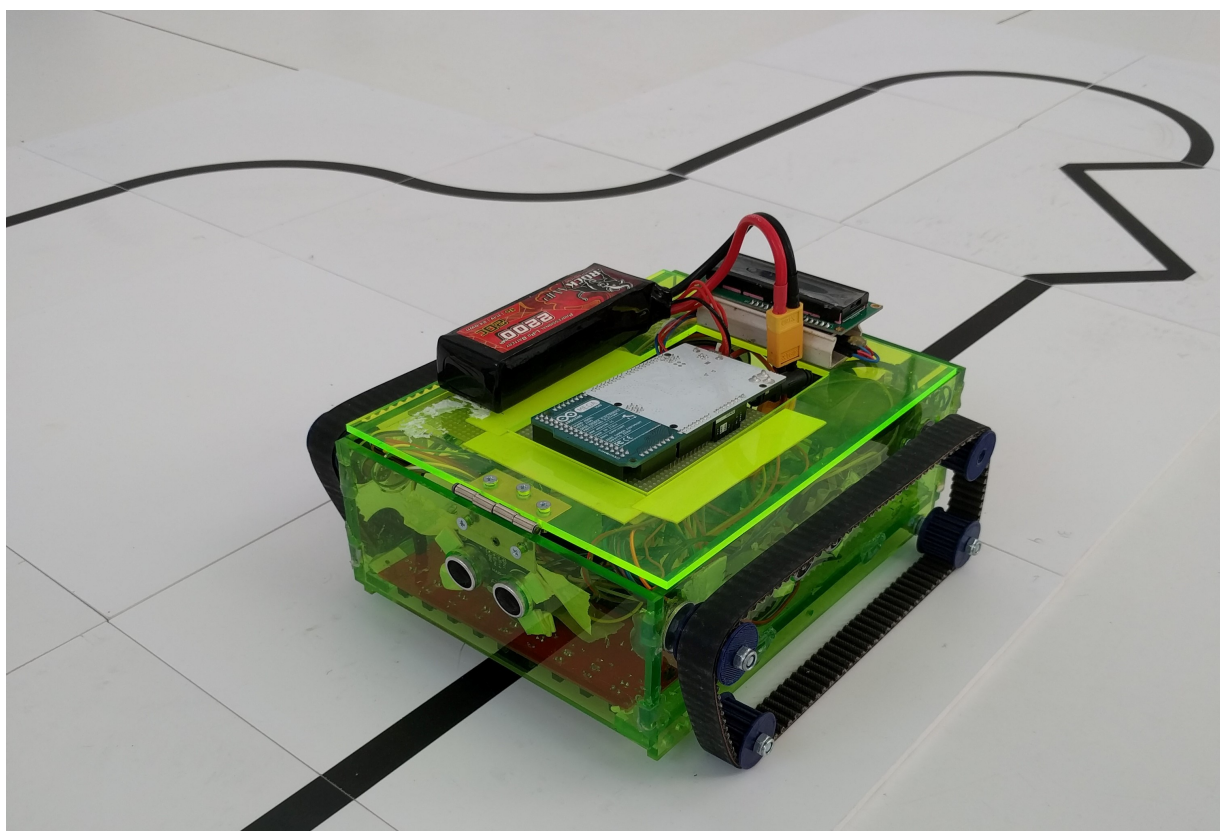
CHE COS' E' UN ROBOT SEGUILINEA

Premessa:

L' idea per la progettazione, realizzazione e programmazione di questo robot è nata per partecipare alla competizione RobocupJr nella categoria Rescue Line. Questa manifestazione è organizzata per stimolare i ragazzi a progettare robot in grado di risolvere un percorso e alla fine di ciò salvare delle vittime. Questa ovviamente non è un' applicazione direttamente applicabile alla realtà ma solo una simulazione, però comunque è un punto di partenza per capire ed affrontare i problemi relativi a sistemi di salvataggio automatizzati più avanzati ed efficienti.

Il nostro robot

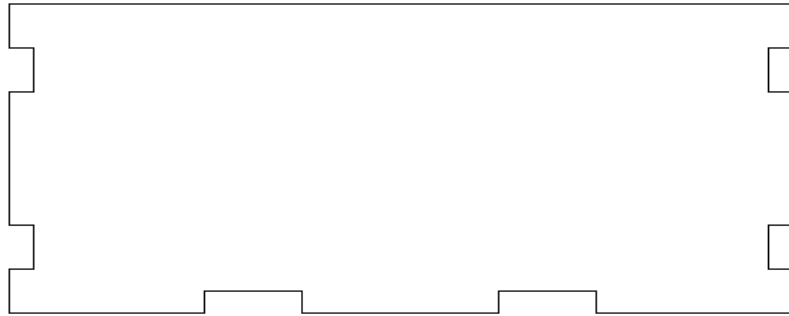
Il robot da noi realizzato è in grado di seguire un percorso definito da una linea nera su piastrelle bianche. Inoltre nel mezzo del percorso possono essere presenti ostacoli che il robot è in grado di individuare ed evitare. Esso riesce anche a riconoscere e percorrere salite fino ad una pendenza massima del 60%.



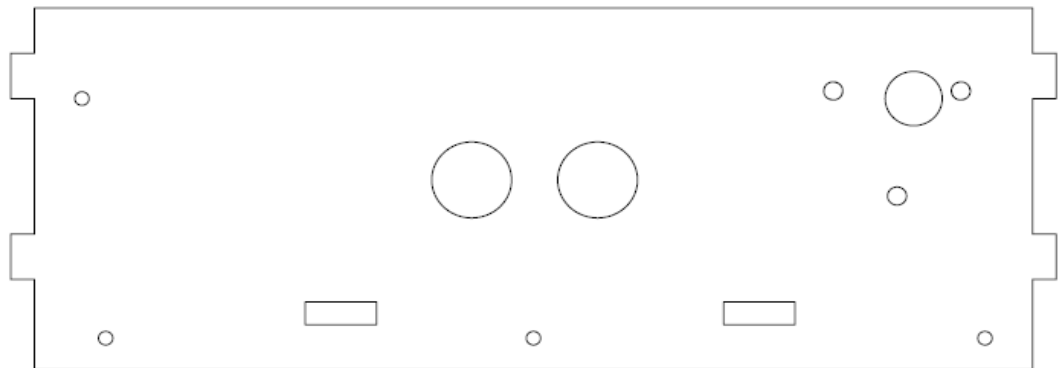
DESCRIZIONE PROGETTO E COMPONENTI USATI

La struttura del robot è stata realizzata in plexiglas e i pezzi necessari sono stati ottenuti tramite taglio laser. La meccanica del robot è stata completata con delle cinghie di trasmissione in gomma collegate agli alberi dei motori tramite delle pulegge stampate con la stampante 3D. I disegni delle parti meccaniche sono i seguenti:

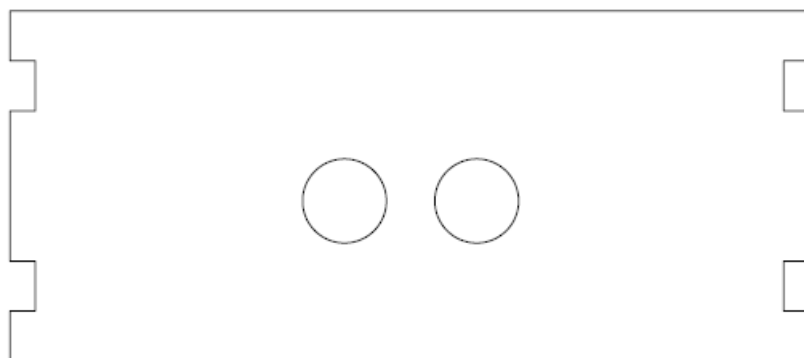
**Parete
posteriore**

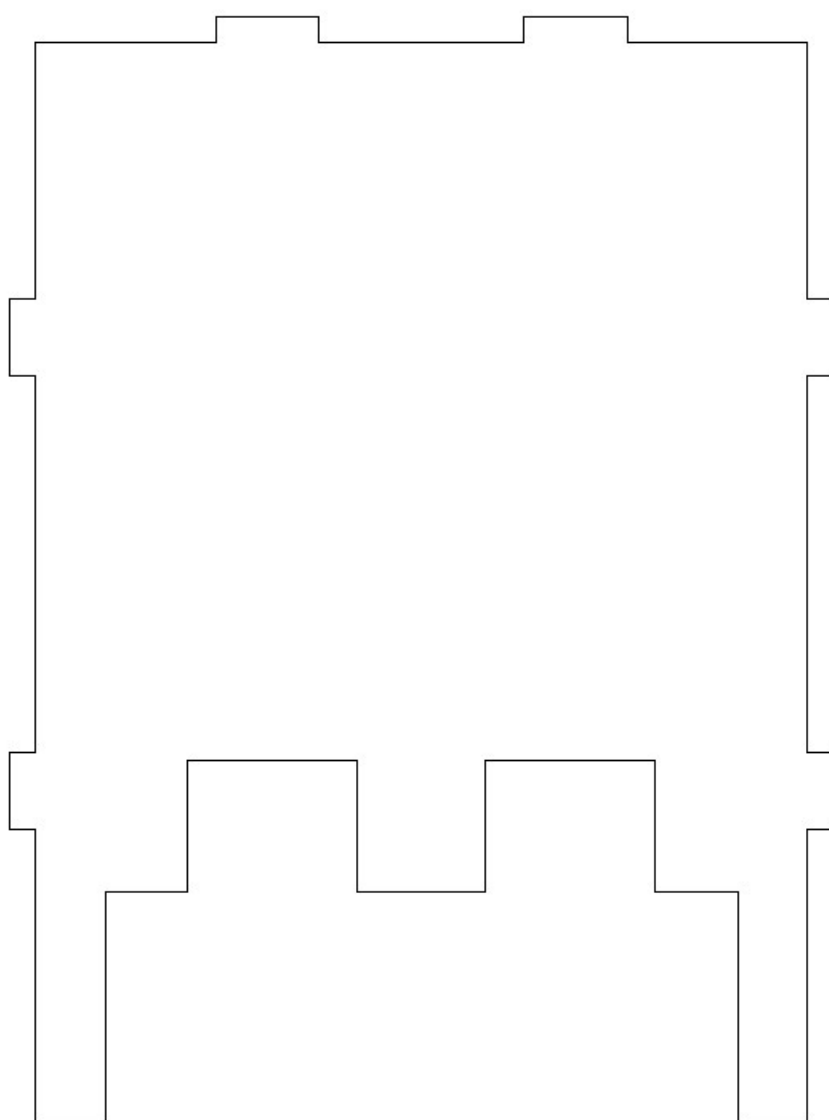


**Parete
laterale**



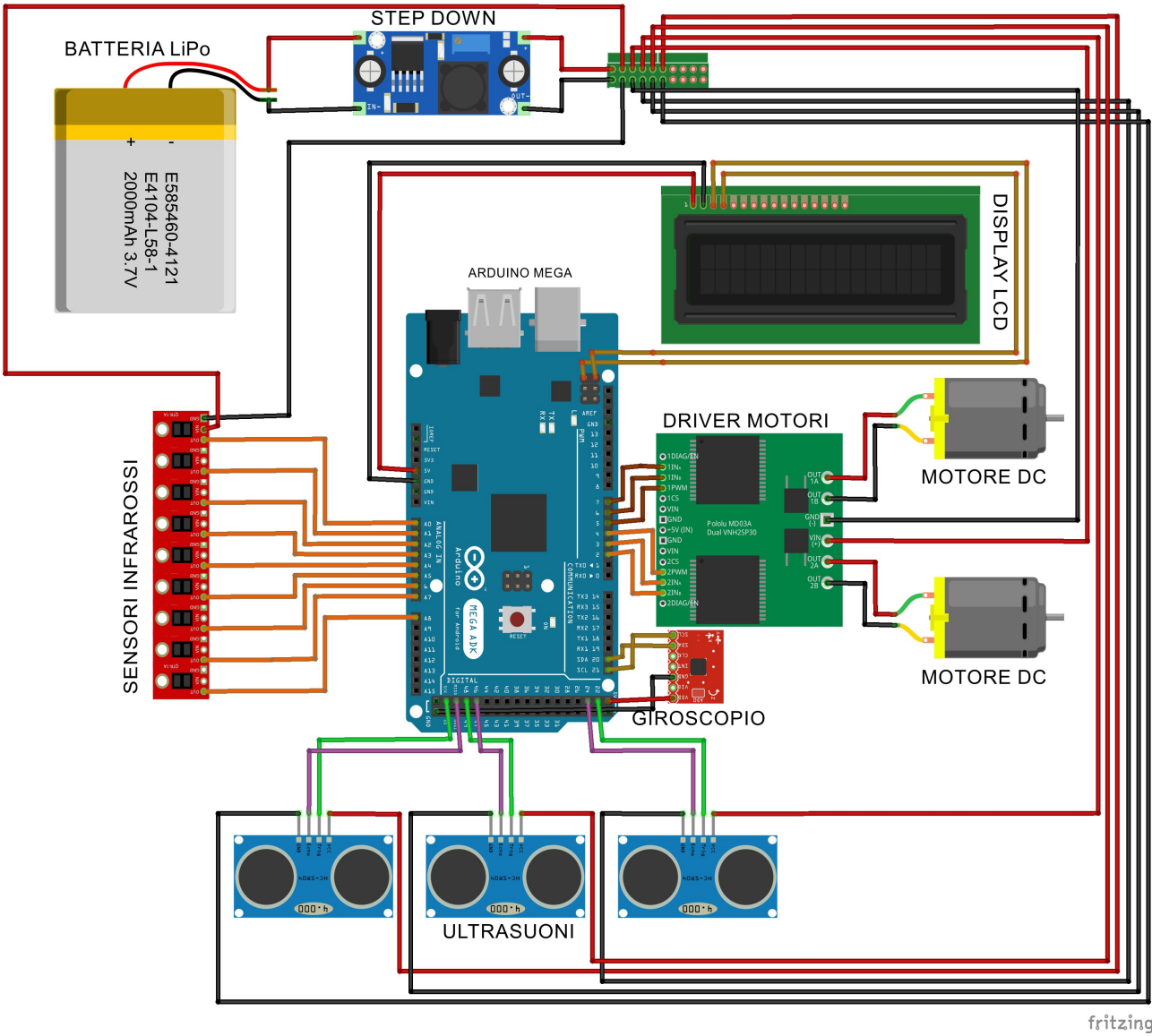
**Parete
frontale**





Base

SCHEMA ELETTRICO



fritzing

HARDWARE

Per il funzionamento del robot sono stati utilizzati vari sensori e attuatori collegati a un'unità centrale di elaborazione, ovvero un Arduino Mega.

HC-SR04

Caratteristiche:

- Tensione di alimentazione: 5V
- Corrente di lavoro: 15mA
- Range: 2cm-400cm
- Sensibilità: 3mm



Il principale utilizzo del sensore a ultrasuoni HC-SR04 è quello del rilevamento di oggetti a distanza.

Il funzionamento consiste come segue:

dopo aver inviato un impulso al pin TRIG (di durata minima 10ms) il sensore genera 8 periodi di un' onda quadra di frequenza 40KHz. Se il segnale rimbalza contro un oggetto, il pin ECHO del sensore va a livello logico alto. Calcolando il tempo che intercorre tra l' impulso dato al TRIG e la ricezione del segnale di ritorno da parte del pin ECHO e conoscendo la velocità del suono, è possibile calcolare la distanza dell' oggetto tramite la formula $d = \frac{V_s \cdot t}{2}$

MOTORI DC

È una macchina che converte l'energia elettrica in energia meccanica. In questo robot vengono utilizzati 2 motori collegati ciascuno a un sistema di cingolato: uno a destra e uno a sinistra.



POLOLU VN5019

È un driver per motori DC a 2 canali che interfaccia una parte di potenza a una di segnale collegata a un Arduino Mega come nel nostro caso. La necessità di utilizzare un driver sorge nel momento in cui la scheda Arduino non è in grado di erogare una corrente adeguata per 2 motori.

Cambiando i livelli logici dei vari pin presenti si può invertire il verso di rotazione del motore collegato al canale: per esempio nel canale numero 1, avendo la combinazione M1ENA=1 e M1ENB=0 il motore gira in verso orario, mentre invertendo i livelli logici in entrambi gli ingressi il motore cambia verso di



rotazione. Se invece questi ingressi presentano contemporaneamente lo stesso livello logico il motore non ruota.

La velocità può essere regolata tramite un segnale PWM fornito dall'Arduino, che fa variare il valore medio della tensione sul carico e di conseguenza della corrente.

Le principali specifiche tecniche della scheda sono le seguenti:

- Tensione di alimentazione: 5V–24V
- Corrente di lavoro: 12A
- Corrente massima: 30 A
- Massima frequenza PWM: 20KHz

ARDUINO MEGA

Il microcontrollore utilizzato per i numerosi calcoli del robot è l'Arduino Mega 2560 con le seguenti caratteristiche:

- Tensione sui pin 5V
- Tensione di alimentazione 6-20 V
- Pin digitali 54
- Canali PWM 15
- Ingressi analogici 16
- Corrente massima per pin 20 mA
- Frequenza di clock 16 Mhz

E' stato scelto questo microcontrollore per le sue dimensioni ridotte e per i numerosi ingressi digitali e analogici che quindi permettono la connessione di molte periferiche come ad esempio i sensori



SENSORE INFRAROSSI

È formato da 9 fototransistor infrarossi e 9 led infrarossi. Sfruttando la riflessione della luce infrarossa è utile per riconoscere il contrasto tra bianco e nero della linea da seguire.

Ogni fototransistor riduce la sua tensione tra collettore ed emettitore all'aumentare della luce riflessa. Questa tensione viene letta da un canale analogico dell'Arduino.

I sensori utilizzati sono i TCRT5000 e sono stati saldati su una scheda PCB (printed circuit board) progettata interamente da noi. Il progetto della scheda è stato inviato alla ditta PCBWay che ha provveduto alla realizzazione della stessa.



- Tensione di alimentazione 5V
- Corrente assorbita 180 mA

BATTERIA LiPo



- Capacità 2200 mAh
- Tensione 11,1 V
- Celle 3
- Corrente di scarica 60 A

STEP DOWN CONVERTER

Questo dispositivo serve per trasformare una tensione continua in un'altra tensione continua di valore minore.

Questi convertitori sono anche chiamati chopper (dall'inglese *to chop* = *tagliare*) per richiamare il loro principio di funzionamento: la tensione di alimentazione viene frazionata in una serie di impulsi di frequenza costante ma durata variabile. In questo



modo si genera un segnale PWM che ha valore medio minore o uguale alla tensione di alimentazione.

Il vantaggio di usare un convertitore di questo tipo rispetto a un regolatore di tensione è che il suo rendimento è molto più alto.

In questo progetto viene usato per abbassare la tensione continua della batteria LiPo da 11,1V a 5V. La tensione di 5V serve per alimentare tutti i sensori del robot, dato che Arduino non ne sarebbe in grado.

DISPLAY LCD

E' un display 16x2, comunica con l' Arduino per via seriale con un protocollo I2C: ciò diminuisce il numero di connettori.

Questo dispositivo permette di visualizzare alcune operazioni svolte dal robot, come l' angolo di rotazione o il rilevamento di un ostacolo.

- Tensione d' alimentazione: 5V
- Indirizzo I2C: 0x27

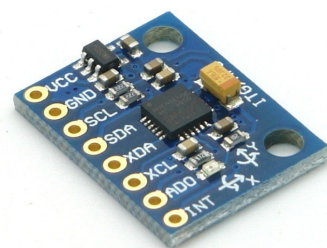


GIROSCOPIO

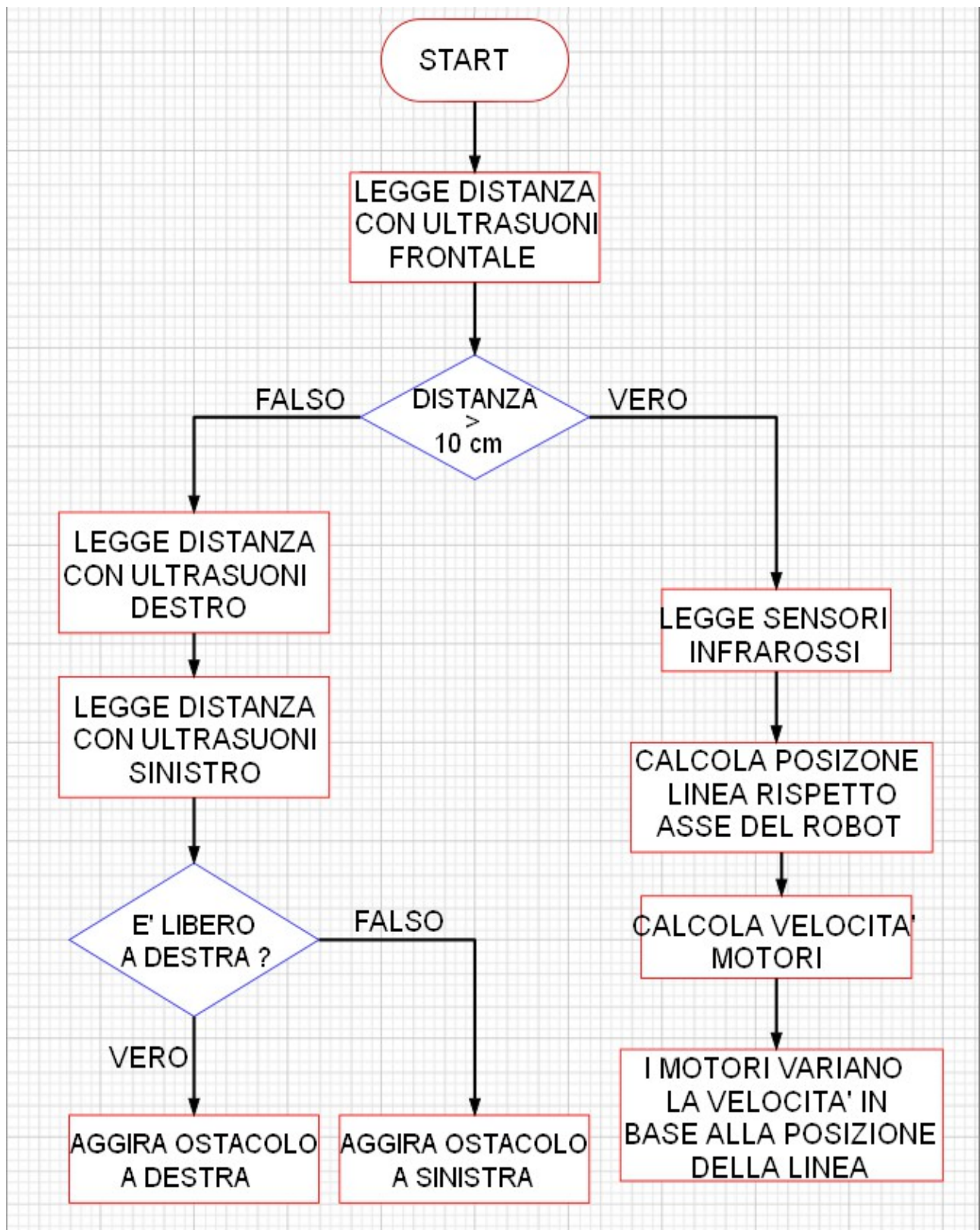
Il giroscopio è utilizzato per calcolare l' angolo su uno dei tre assi X,Y,Z.

Per ottenere il valore dell'angolo il giroscopio utilizza un approccio capacitivo, dove il valore della capacità di uno o più condensatori varia quando viene applicato uno stress meccanico. Comunica in I2C.

- Tensione d' alimentazione: 3.3/5V
- Range giroscopio: 2000°/s
- Indirizzo I2C: 0x47



FLOW CHART PROGRAMMAZIONE



SOFTWARE

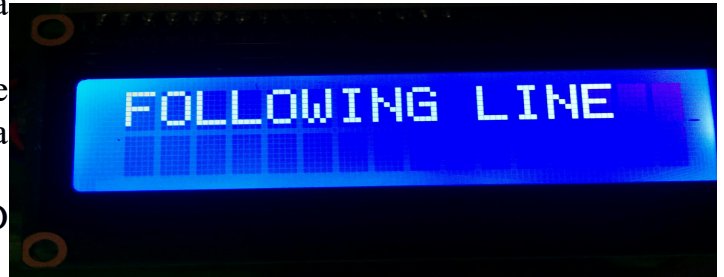
All'accensione il robot calibra il giroscopio sull'asse Z e durante ciò sul display LCD compare la scritta “Calibrating gyroscope”. Dopo circa 10 secondi di calibrazione il sistema è pronto ad eseguire il programma.



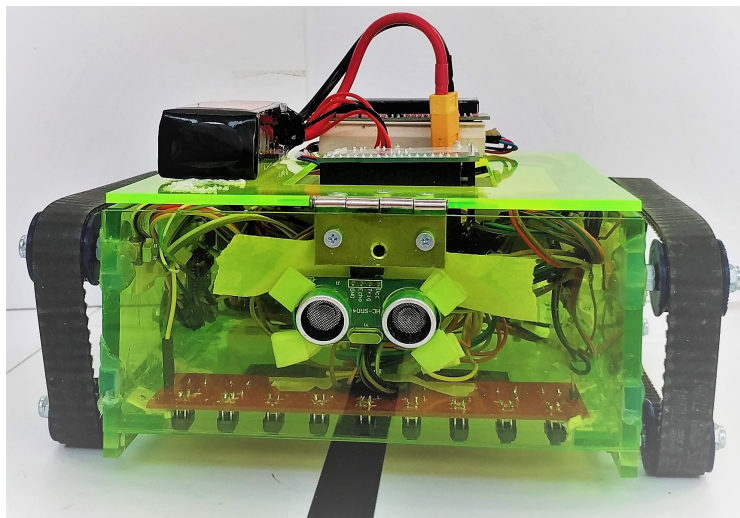
Esso legge la distanza rilevata dal sensore ad ultrasuoni frontale e in caso essa sia maggiore di 10 cm può seguire il percorso tracciato dalla linea. Esso acquisisce i valori analogici di ogni sensore infrarossi e dopo averli convertiti in digitale è pronto a elaborarli per ottenere la posizione della linea rispetto al suo asse. Per farlo si calcola una media ponderata tra tutti i 9 sensori IR dove ogni sensore ha un determinato peso in relazione alla sua posizione.

Il dato relativo alla posizione viene elaborato da un algoritmo PID che regola la velocità dei due motori.

Durante il percorso, sul display LCD compare la scritta “FOLLOWING LINE”



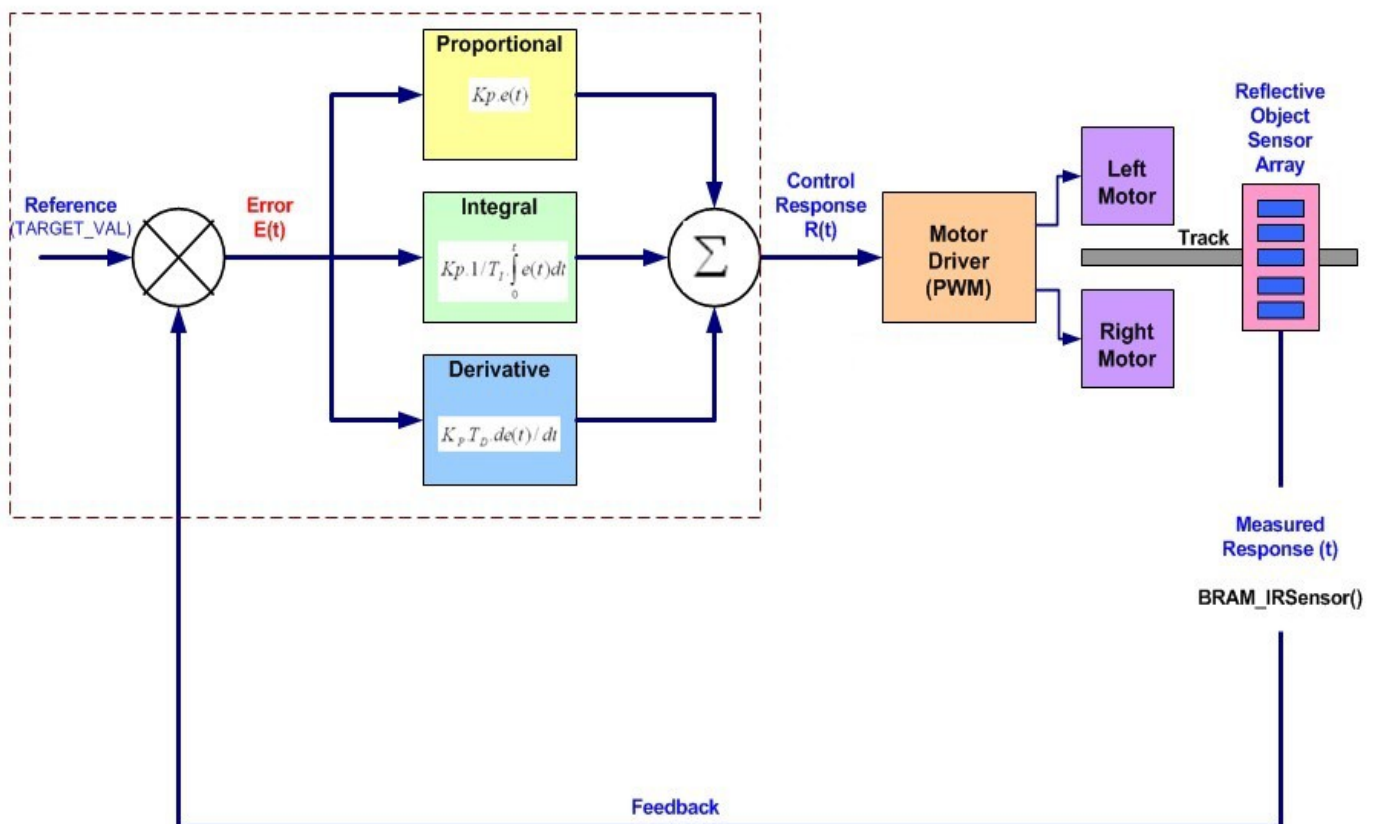
Nel caso in cui la distanza rilevata dal sensore ultrasuoni frontale sia minore di 10 cm il robot ha individuato un ostacolo, quindi confronta le distanze laterali tramite i sensori ultrasuoni laterali per valutare quale sia il percorso libero da seguire per aggirare l'ostacolo. Una volta aggirato l'ostacolo il robot riprende a seguire la linea.



ALGORITMO PID

Questo è l'algoritmo principale utilizzato dal robot per l'inseguimento della linea. Esso fa parte dei regolatori per il controllo automatico dei sistemi retroazionati e funziona come segue:

il segnale di retroazione (nel nostro caso la posizione della linea rispetto all'asse del robot) viene sottratto a un valore di riferimento dato in ingresso. Il segnale risultante, chiamato segnale di errore, viene elaborato dall'algoritmo stesso che lo integra, lo deriva e lo moltiplica per una costante. Questi 3 segnali elaborati vengono infine sommati e costituiscono l'uscita del PID. Il segnale di uscita nel nostro caso costituisce il valore del segnale PWM da dare ai motori per correggersi correttamente e fare convergere l'errore verso lo 0.



$$u(t) = \underbrace{K_p e(t)}_{\text{Proportional}} + \underbrace{K_i \int_0^t e(\tau) d\tau}_{\text{Integral}} + \underbrace{K_d \frac{d}{dt} e(t)}_{\text{Derivative}}$$

Cosa producono le 3 azioni?

- **PROPORZIONALE** : essa è ottenuta moltiplicando per un coefficiente K_P il segnale d'errore.
- **INTEGRALE** : fa sì che il controllore abbia memoria dei valori passati del segnale d'errore. Nel dominio di Laplace essa diminuisce gli errori a regime.
- **DERIVATA** : questa azione incide sulla velocità di correzione del sistema. Se il coefficiente K_D è troppo piccolo il sistema è lento. Per contro, se è troppo elevato, anche per piccole variazioni dell'errore il sistema diventa instabile e oscilla ad ogni correzione. Nel dominio di Laplace essa aumenta la velocità del sistema e la sua banda passante.

Come si calibrano i coefficienti?

Il metodo più utilizzato è quello di Ziegler-Nichols e consiste in una calibrazione empirica: si fissano K_I e K_D a 0, mentre si aumenta K_P fino a portare il sistema alla condizione di oscillazione persistente. In questo caso chiamiamo K_P come K_u e si misura il periodo di oscillazione T_u . I coefficienti sono dati dalla seguente tabella.

Control Type	K_p	K_i	K_d
P	$0.5 K_u$	-	-
PI	$0.45 K_u$	$1.2 K_p / T_u$	-
PD	$0.8 K_u$	-	$K_p T_u / 8$
PID	$0.6 K_u$	$2 K_p / T_u$	$K_p T_u / 8$

PROBLEMI RISCONTRATI E RISOLUZIONE

La progettazione e la costruzione meccanica del robot hanno occupato gran parte del tempo dedicato al progetto per nostra inesperienza in tale ambito. I problemi maggiori sono stati riscontrati nella progettazione della struttura e del cingolato e nel loro complessivo assemblaggio, ma dopo vari tentavi il risultato è stato soddisfacente. Per quanto riguarda il software le maggiori difficoltà sono state incontrate nella taratura del PID, poiché il metodo Ziegler-Nichols non sempre fornisce coefficienti direttamente applicabili nella realtà, ma necessitano di aggiustamenti tramite prove sperimentali.

Un' altra problematica è stata affrontata per la taratura e utilizzo del giroscopio, perché se non accuratamente calibrato fornisce un valore continuamente crescente: questo problema è stato risolto con una taratura precisa ad ogni accensione del robot. Durante lo svolgimento delle gare nazionali abbiamo incontrato complicazioni dovute all'interferenza a cui erano soggetti i sensori infrarossi, dovuta alla luce solare. Il problema è stato risolto tramite una schermatura che diminuisce la luce che colpisce il ricevitore dei sensori.