

**I** robot stanno progressivamente penetrando nella nostra vita, non soltanto nell'industria, nella logistica, nella chirurgia e nell'assistenza sanitaria, quindi in ambito professionale, ma ce li troviamo in casa ad esempio sotto forma di aspirapolvere capaci di muoversi nell'ambiente orientandosi e scansando gli ostacoli, ma anche raggiungendo autonomamente la stazione di ricarica delle batterie. La tecnologia di questi elettrodomestici indipendenti è molto interessante, tant'è che in altre occasioni ci siamo cimentati nella realizzazione di robot su ruote capaci di circolare autonomamente. Peraltro oggi è implementabile con prodotti facilmente reperibili e di basso costo. In questo articolo vogliamo tornare sull'argomento per "snocciolare" il problema della navigazione autonoma di un robot all'interno di un ambiente chiuso sconosciuto. Approfondiremo, inoltre, il problema della localizzazione all'interno di ambienti chiusi e la costruzione di una mappa dell'ambiente circostante mediante una tecnologia recente come il **LIDAR (Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging)**, impiegato, ad esempio, nell'ADAS (autoveicoli a guida autonoma). Per loro natura gli argomenti trattati non sono dei più semplici, ma proveremo a spiegarli nella maniera più comprensibile possibile. Il problema generale della navigazione autonoma dei robot è oggi uno dei più studiati, sotto l'impulso della necessità del volo automatico dei droni, ma soprattutto della guida autonoma delle automobili. Noi ci concentreremo però sulla navigazione in ambienti interni, problema che si incontra nei robot aspirapolvere, che devono percorrere tutto lo spazio a disposizione in modo da poter raccogliere la polvere in ogni punto raggiungibile; il nostro scopo finale è, invece, la mappatura dell'ambiente circostante

(map building): è quindi essenziale che la navigazione avvenga negli spazi più ampi piuttosto che in quelli più stretti dove potrebbe raccogliersi la polvere. Se volessimo realizzare un robot per la navigazione autonoma, alcuni sensori ad ultrasuoni sarebbero più che sufficienti per fornire al robot le informazioni necessarie per riconoscere gli ostacoli nelle vicinanze, anche se la navigazione non sarebbe molto efficiente in quanto non sarebbe possibile valutare con precisione il percorso migliore (path planning) a causa delle poche informazioni disponibili. Per raggiungere il nostro obiettivo dobbiamo necessariamente utilizzare un sensore molto avanzato in grado di fornire al robot molte più informazioni sull'ambiente circostante; stiamo parlando di sensori laser scanner di tipo LIDAR.

Robot su tre ruote a navigazione autonoma, in grado di muoversi e orientarsi all'interno di spazi chiusi con la capacità di ricostruire una mappa dell'ambiente circostante tramite sensore LIDAR.

LIDAR rappresenta una tecnica grazie alla quale è possibile misurare la distanza degli oggetti tutto attorno, tramite impulsi laser; la tecnica usata è simile a quella usata nei radar, che però utilizzano segnali radio invece che impulsi luminosi. Essendo il fascio laser di tipo puntiforme, la misura sarà estremamente accurata a differenza di quella ottenibile con i sensori ad ultrasuoni, che eseguono una valutazione in un arco di cerchio ampio non meno di 30 gradi.

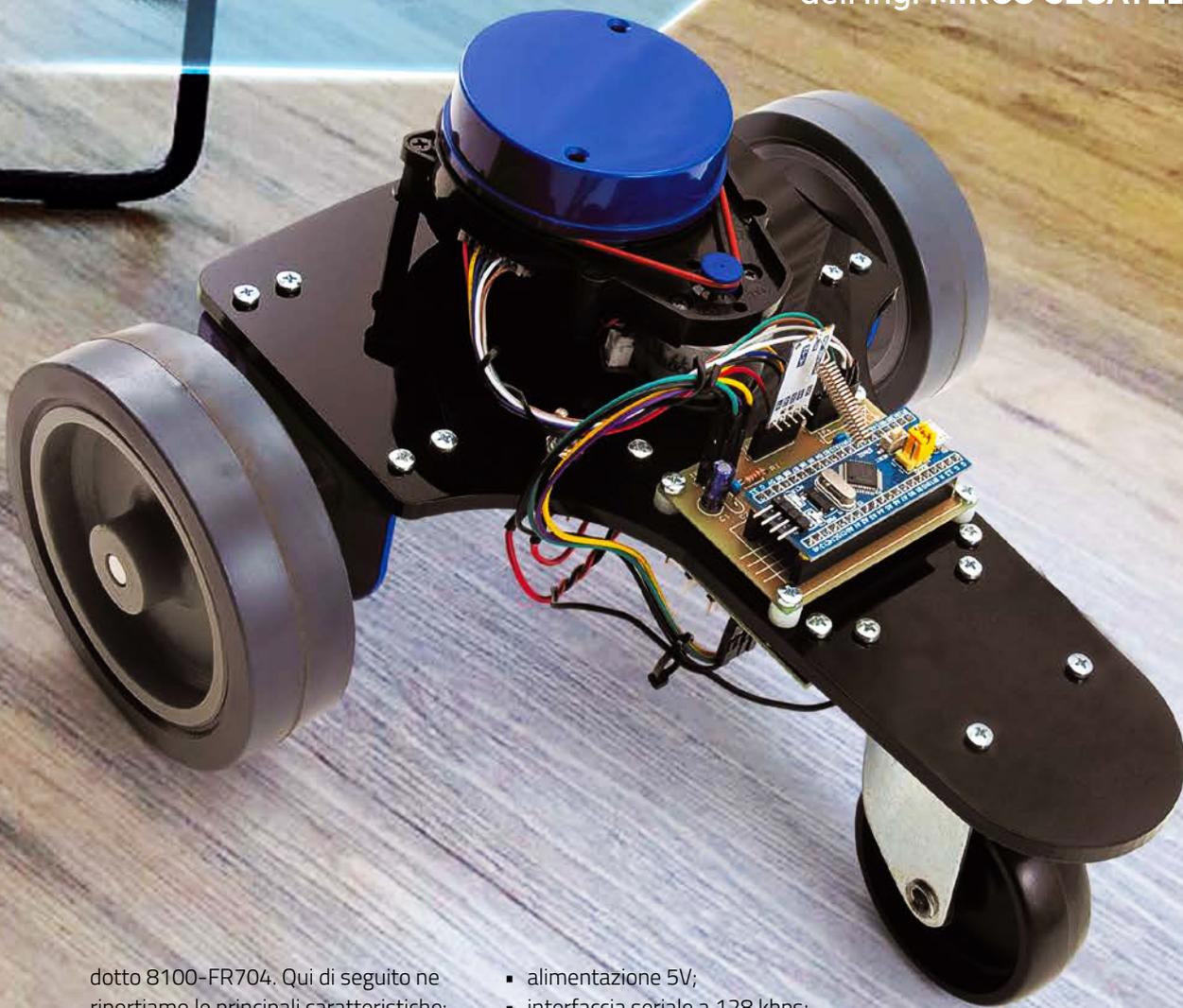
#### **IL SENSORE LASER SCANNER 2D**

Per il nostro progetto ci avvarremo di un sensore YDLidar X4 (**Fig. 1**) prodotto dall'azienda cinese EAI e distribuito in Italia dalla Futura Elettronica, quindi reperibile sul relativo sito Internet ([www.elettronica.it](http://www.elettronica.it)) con il codice pro-



# YDLidar ROBOT

dell'Ing. MIRCO SEGATELLO



dotto 8100-FR704. Qui di seguito ne riportiamo le principali caratteristiche:

- scansione su 360°;
- rilevamento da 12 cm a 10 metri;
- laser all'infrarosso in classe I (sicuro per l'occhio nel caso si intercetti il raggio);
- campionamento fino a 5.000 letture al secondo;
- risoluzione angolare 0,5°;
- risoluzione nella distanza 1 mm;

- alimentazione 5V;
- interfaccia seriale a 128 kbps;
- assorbimento 350 mA (in scansione).

I sensori LIDAR sono composti da due parti: una fissa ed una mobile posta in rotazione da un motore. La parte mobile invia costantemente impulsi laser nell'ambiente circostante e valuta l'angolo di incidenza del segnale riflesso tramite un piccolo sensore CCD.

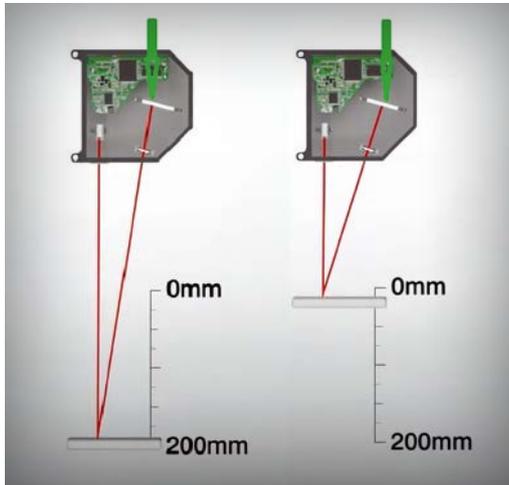
A differenza della tecnica TOF (acronimo inglese di Time of Flight) la tecnica a triangolazione permette di ottenere più misure in minor tempo e con maggiore precisione.

Facendo riferimento alla **Fig. 2**, un oggetto posto lontano farà in modo che il fascio laser riflesso cada nella

➔ Fig. 1  
Sensore  
YDLidar X4.

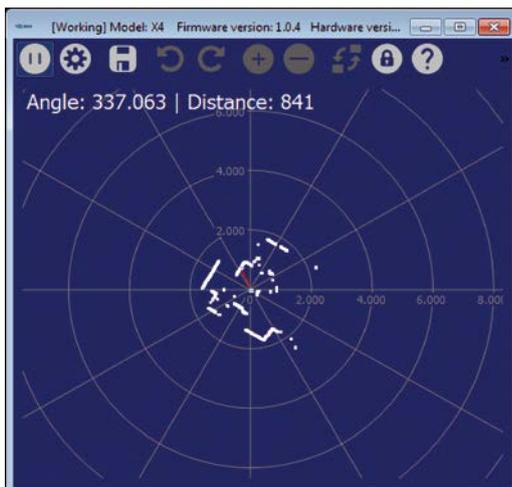


➔ Fig. 2  
Tecnica della  
triangolazione  
in un sensore  
laser.



zona sinistra del sensore CCD mentre un oggetto posto nelle vicinanze farà cadere il fascio laser più a destra, un'opportuna logica a microcontrollore ricaverà la distanza dell'oggetto. La distanza misurata avviene in una ben precisa direzione che viene rilevata durante la rotazione, pertanto ogni singola misurazione consta di un angolo e di una distanza a cui può essere

➔ Fig. 3  
Mappa creata  
con il software  
PointCloudViewer.



associato anche un valore che indica la qualità (e quindi l'affidabilità) della misura in quanto alcune misurazioni potrebbero fallire per diversi motivi, spesso dipendenti dalla forma e tipo di superficie colpito dal raggio laser. Ruotando rapidamente, la parte mobile fornirà centinaia, ma anche migliaia di letture al giro, tracciando una mappa accurata dell'ambiente circostante.

Ancora più complicati sono i laser scanner 3D che permettono una ricostruzione spaziale dell'ambiente circostante nelle tre dimensioni.

Nella confezione del sensore troverete anche due cavetti di collegamento ed un convertitore seriale USB per poter interfacciare facilmente il sensore con un PC. Dal sito del produttore potete scaricare il software *PointCloudViewer* (per PC) che permette di visualizzare in una mappa 2D i dati forniti dal sensore, come visibile in Fig. 3.

### REALIZZAZIONE PRATICA

Il sensore LIDAR fornisce un flusso di dati notevole e l'interfaccia seriale a 128 kbps mal si sposa con le logiche Atmel tipo ATmega328 e ATmega2560 di Arduino; sarebbe meglio optare per una scheda Raspberry Pi oppure, come nel caso del robot proposto in queste pagine, per una scheda basata su STM32 programmabile in ambiente Arduino. Allo scopo, la stessa azienda produttrice del

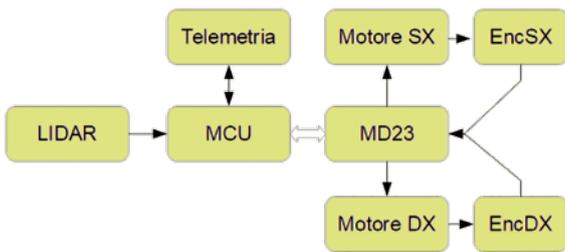
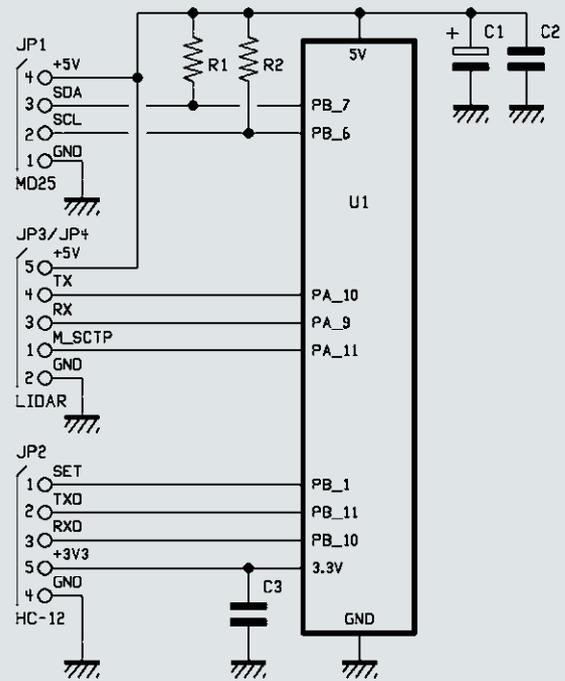
⬇ Tabella 1  
Materiale occorrente.

COMPONENTE	CODICE FUTURA ELETTRONICA
1x YDLidar X4	8100-FR704
1x Driver MD25	7300-MD25
2x Motore MG30 con ruota	7300-EMG30
2x Ruota diametro 100mm	7300-WHEEL100
2x staffa 90° per motore MG30	7300-EMG30SUPP
2x Modulo radio HC-12	2846-HC12
1x Board con Microcontrollore STM32F103C8T6	2846-STM32ARMCORE
1x Ruota pivotante diametro 600mm	-
1x Batteria ricaricabile LiPO 2.200 mAh - 11,1 V	7893-25C2200MAH11V1

senore fornisce l'apposita libreria in grado di interpretare il flusso di dati in uscita dal sensore, semplificando enormemente lo sketch da scrivere per la gestione del LIDAR.

Nel nostro caso, dunque, abbiamo utilizzato una board basata su STM32F103 con core a 32 bit funzionante a 72 MHz. Questa MCU dispone di una porta USB nativa e 3 porte seriali hardware che useremo per interfacciare il sensore LIDAR e la telemetria. In **Fig. 4** lo schema a blocchi del sistema con l'interconnessione dei vari componenti. Il materiale necessario a realizzare il nostro robot è riportato nella **Tabella 1**.

Per poter creare un robot per la navigazione autonoma abbiamo bisogno di una base robotica con ben precise caratteristiche, prima fra tutte la necessità di sgravare la CPU principale dal compito di gestire i motori e gli encoder. Abbiamo anche la necessità che il robot si muova con precisione ed in modo fluido con un controllo diretto di accelerazione e velocità, come vedremo questo è un punto fondamentale per la successiva implementazione dell'odometria.

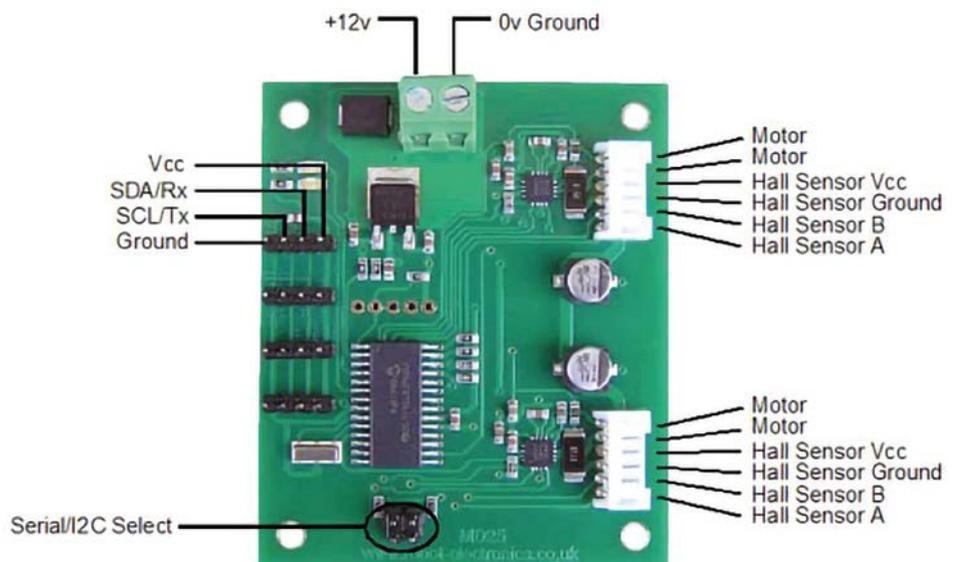


**Fig. 4**  
Schema a blocchi del sistema.

Per questi motivi abbiamo scelto i motoriduttori di precisione EMG30 dotati di encoder ad alta risoluzione. Queste le loro caratteristiche:

- alimentazione: 12 Vcc;
- coppia: 1,5 Kg/cm;
- velocità angolare sotto carico: 170 rpm;
- velocità angolare senza carico: 216 rpm;

**Fig. 5**  
Il driver per i motori MD25.



Mensile di elettronica applicata, attualità scientifica, novità tecnologiche.

# Elettronica In

[www.elettronica.in.it](http://www.elettronica.in.it)

oltre l'elettronica