

LURCH - Let Unleashed Robot Crawl the House



Illustrazione 1: La carrozzina Otto Bock "Rabbit"

LURCH è una carrozzina elettrica “smart” sviluppata presso l'AirLab del Politecnico di Milano. Le carrozzine smart sono state studiate e realizzate in ambito di ricerca per permettere ad un maggior numero di persone di accedere all'uso di ausili alla mobilità: è facile notare che coloro che non sono in grado di controllare correttamente il movimento degli arti superiori non sono in grado di comandare le normali carrozzine elettriche presenti in commercio. In particolare, nel caso di LURCH, si è scelto di estendere le funzionalità di una carrozzina elettrica in tre direzioni: aggiunta di nuovi dispositivi di comando e sviluppo di comportamenti semiautonmi, ovvero funzioni di assistenza alla guida come l'evitamento delle collisioni e degli ostacoli, e autonomi, ovvero l'esecuzione automatica di percorsi in ambienti noti.

LURCH è stato sviluppato sulla base della carrozzina commerciale Rabbit, prodotta dalla ditta tedesca Otto Bock. Per sviluppare le funzionalità previste è stato necessario modificare la carrozzina e renderla controllabile con un interfaccia di comunicazione standard, in modo da poter

equipaggiare la carrozzina con un'unità di elaborazione su cui eseguire il software di controllo del moto della carrozzina che, basandosi sui dati rilevati dai sensori con cui la carrozzina è stata equipaggiata, potesse sviluppare le funzionalità di semiautonomia e autonomia.

Circuito di interfaccia tra PC e carrozzina

Il joystick con cui è equipaggiata la carrozzina invia informazioni su un bus dati digitale ad una centralina di comando dei motori. Le specifiche elettriche e il protocollo di comunicazione del bus dati (denominato DX BUS) non sono note e la ditta produttrice del sistema di controllo della carrozzina (Dynamic Control) non si è resa disponibile a fornirle per scopi di ricerca. L'unica possibilità di interfacciarsi direttamente a questo canale di comunicazione con il sistema di controllo dei motori era quella di effettuare un *reverse engineering* delle specifiche e del protocollo. Un'altra soluzione possibile consiste nella sostituzione dell'intero sistema di controllo dei motori con uno stadio di potenza sviluppato ad hoc e comandato tramite un interfaccia di comunicazione standard. Considerando queste soluzioni complesse da realizzare e rischiose per l'affidabilità del sistema complessivo, si è scelto di utilizzare un altro



Illustrazione 2: Interno del Joystick della carrozzina, in rosso evidenziato il connettore della leva

approccio per prendere il controllo della carrozzina e in particolare di interfacciarsi indirettamente al bus dati del sistema di controllo della carrozzina. In particolare, analizzando i circuiti presenti all'interno del joystick della carrozzina si è notato che era possibile separare il sistema in modo da isolare la leva del joystick dal resto del circuito di controllo. Analizzando solo la leva e i segnali elettrici presenti su di essa si è scoperto che essi erano costituiti da tensioni continue direttamente proporzionali alla posizione assunta dalla leva sui due assi avanti-indietro e destra-sinistra. La presenza di un connettore che collega i segnali provenienti dalla leva del joystick al resto del circuito costituisce un punto di accesso per interfacciarsi al sistema di controllo della carrozzina. Si è dunque pensato di realizzare un circuito che si sostituisce alla leva del joystick simulando le tensioni continue da essa prodotte e che fosse comandabile da un computer tramite la porta seriale RS-232. Per non estromettere la leva del joystick dalla comando della carrozzina si è scelto di sviluppare una parte del circuito che si occupasse di interpretare i segnali di tensioni prodotti dalla leva del joystick e comunicare al computer, sempre tramite la porta RS-232, la posizione della leva stessa. Il software di controllo può utilizzare le informazioni ricevute dal circuito per conoscere la posizione della leva e

dunque il comando impartito dall'utente e controllare la carrozzina basandosi sulle altre informazioni in suo possesso (e.g., presenza di ostacoli, comandi da altri dispositivi, etc.).

Il circuito è in grado di funzionare in due modalità differenti: in modalità *automatica* il circuito legge periodicamente la posizione della leva e la invia al computer e comanda il moto della carrozzina con la posizione della leva comunicata dal computer; in modalità *manuale* il circuito legge la posizione della leva, la invia al computer e comanda il movimento della carrozzina stessa con la posizione della leva appena rilevata; i comandi inviati dal computer sono dunque ignorati e la presenza del circuito risulta trasparente all'utente, in quanto la carrozzina si guida normalmente con il joystick, come se il circuito non fosse presente. Il passaggio tra le due modalità si effettua con la pressione di un pulsante e la modalità di funzionamento corrente è indicata da due led di colori differenti. Il passaggio dalla modalità manuale a quella automatica è effettuabile solo tramite l'uso del suddetto pulsante, mentre il passaggio dalla modalità automatica a quella manuale può avvenire in tre modi: con la pressione del pulsante, con un apposito comando inviato dal computer o qualora il computer non invii comandi corretti per un tempo superiore ad un timeout fissato a 2 secondi. Il protocollo di comunicazione tra PC e circuito è molto semplice e basato su una trama binaria di lunghezza fissa (4 byte).



Illustrazione 3: Il joystick della carrozzina e il pulsante per il cambio della modalità di funzionamento del circuito con i due led di segnalazione

I componenti principali del circuito di interfaccia della carrozzina sono:

- Un microprocessore Microchip PIC18F452, di cui sono stati utilizzati i moduli per comunicazione seriale, della conversione analogico-digitale (ADC) e della comunicazione Serial Peripheral Interface (SPI).
- Due moduli per la conversione digitale-analogica (DAC) Microchip MCP-4822, collegati al microprocessore tramite la sopracitata interfaccia SPI.

I moduli ADC sono necessari per leggere la posizione della leva del joystick e convertirla in digitale, in modo da essere trattabile dal microprocessore; i moduli DAC sono invece necessari per simulare le tensioni analogiche necessarie al comando della carrozzina.

Il microprocessore è corredato da un clock a 4MHz e esegue un ciclo di controllo ogni 20ms, permettendo di rilevare la posizione della leva e comandare la carrozzina 50 volte al secondo.

Ogni ciclo di controllo è costituito dai seguenti passi:

1. Leggere i valori in ingresso agli ADC e calcolare la posizione assoluta della leva lungo le due direttrici. (avanti-indietro e destra-sinistra).
2. Comunicare al PC i valori calcolati al punto 1.
3. Se la modalità è automatica, porre in uscita sui DAC l'ultimo comando ricevuto dal PC.
4. Se la modalità è manuale, porre in uscita sui DAC i valori calcolati al punto 1.
5. Leggere i dati eventualmente comunicati dal PC.
6. Controllare la scadenza del timeout di validità dei comandi.
7. Controllare eventuali pressioni del pulsante.
8. Aggiornare la modalità di funzionamento in base agli eventi rilevati ai punti 5, 6 e 7 e comunicarla con uno dei due led colorati.