

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione
Corso di Laurea in Ingegneria Informatica

Relazione per la prova finale

***«Progettazione e sviluppo di un sistema di rilevamento
dell'utente per deambulatori intelligenti mediante celle di carico»***

Relatore: Prof. Luca Tonin

Laureanda: Giulia Tamburrano
Matricola n.: 2101755

Padova, 21/07/2026

La sfida dell'autonomia motoria

Il problema delle cadute

La perdita di **autonomia** legata a difficoltà motorie rappresenta una sfida cruciale per l'indipendenza individuale.

Le cadute hanno un alto tasso di incidenza: circa **un terzo** della popolazione con età maggiore ai 65 anni cade almeno una volta l'anno.

Questo fenomeno non solo causa **infortuni**, ma ha anche un forte impatto sulla salute mentale della persona.

La sfida dell'autonomia motoria

Soluzioni assistive intelligenti

I deambulatori tradizionali sono suggeriti come soluzione assistiva per migliorare stabilità e mobilità.

Incrementano significativamente l'**indipendenza** e la **sicurezza** dell'utente durante le attività quotidiane, ma non prevengono comportamenti anomali o scivolamenti.

I deambulatori intelligenti, come quello del progetto EasyWalk, mirano a colmare questo divario.

Sviluppo di un sistema per il rilevamento dell'utente

L'obiettivo principale è stata l'integrazione hardware e software di celle di carico sulle maniglie del deambulatore intelligente, al fine di rilevare la presenza dell'utente.



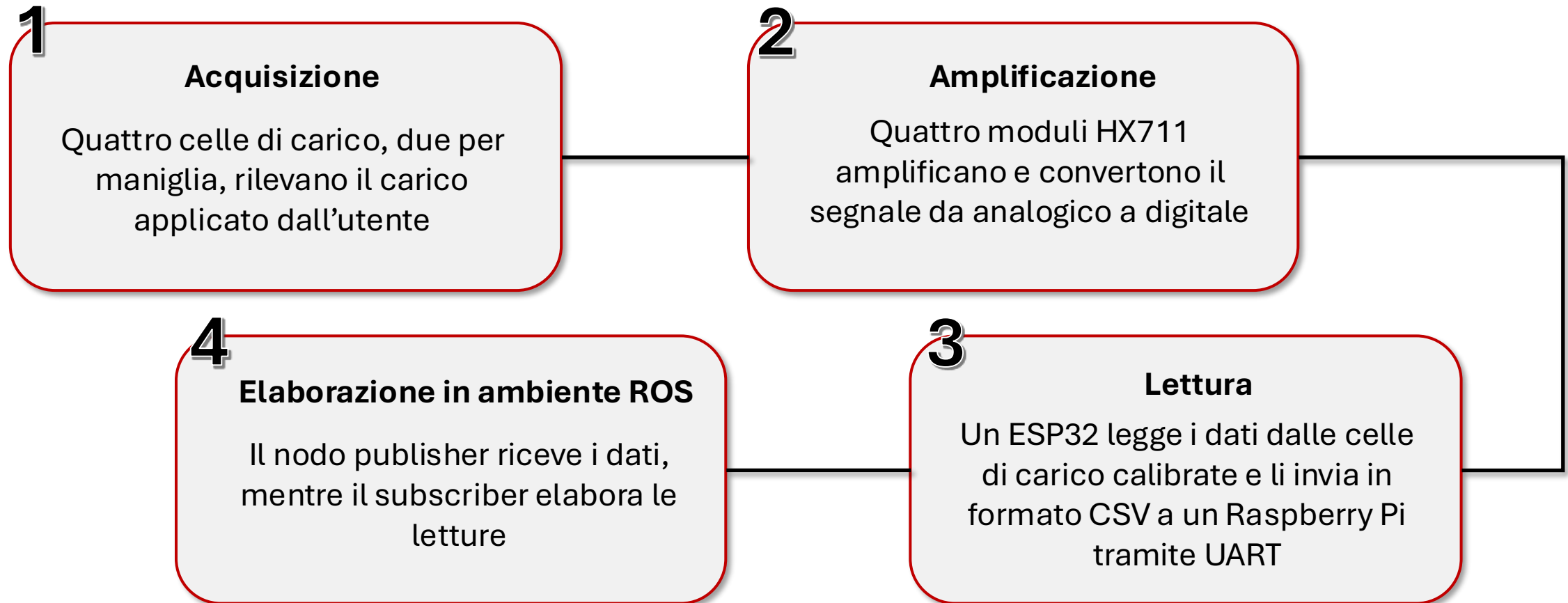
Integrazione Hardware: Interfacciamento di ciascuna cella con amplificatori HX711 dedicati e microcontrollori per l'acquisizione delle letture.



Sviluppo Software: Scrittura di sketch Arduino su ESP32 e sviluppo di nodi in ROS 2 su Raspberry Pi per l'elaborazione dei dati ricevuti tramite protocollo UART.

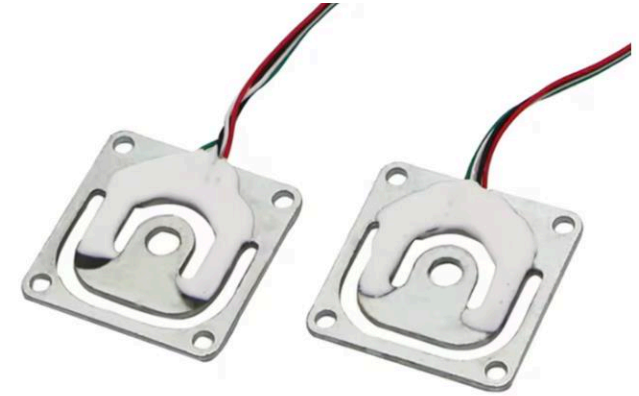
OBIETTIVO DEL LAVORO

Architettura e flusso dei dati



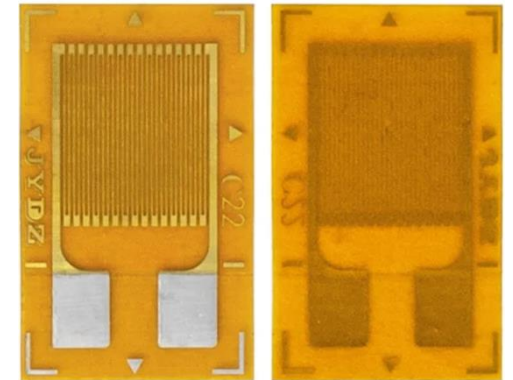
Celle di carico

Una cella di carico è un **trasduttore** utilizzato per misurare forze o pesi, convertendoli in un segnale proporzionale alla forza applicata. Sono composte da un elemento elastico, in genere acciaio o alluminio, sul quale sono incollati quattro estensimetri.



Estensimetri

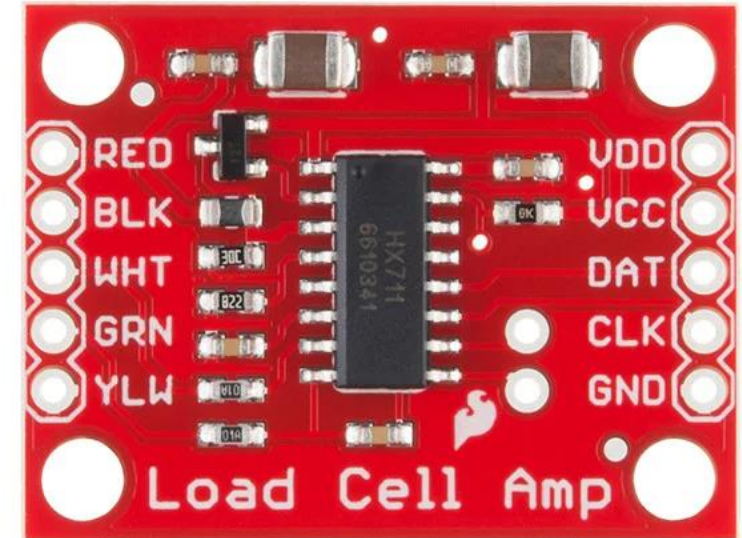
Gli estensimetri sono conduttori elettrici collegati saldamente ad una pellicola siliconica. Essi si accorciano o si allungano in accordo con la pellicola. Queste variazioni provocano un cambiamento di **resistenza** nei conduttori elettrici, calcolabile grazie a un ponte di Wheatstone.



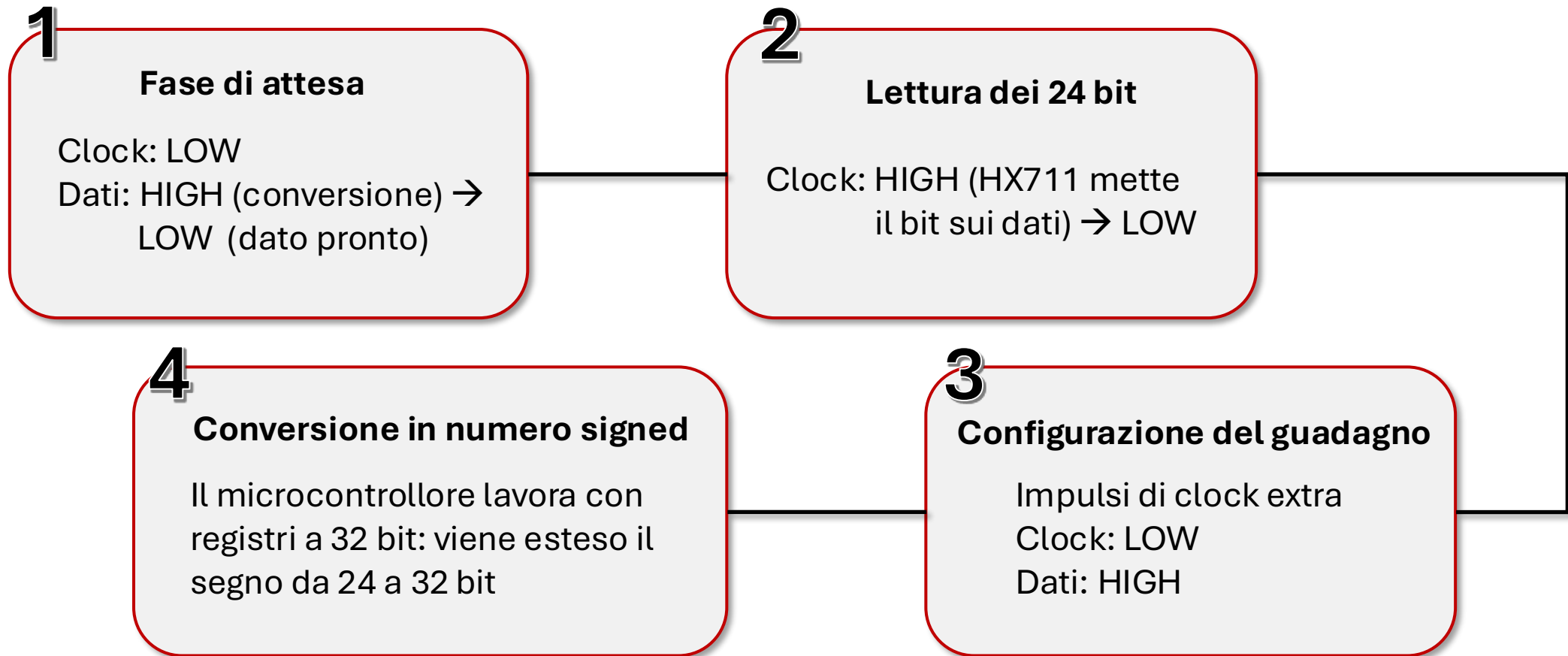
Modulo HX711

Il modulo HX711 è un **convertitore analogico-digitale** a 24 bit di alta precisione, progettato specificamente per l'interfacciamento con celle di carico e applicazioni di pesatura industriale o di controllo statico.

Il segnale generato dalle celle di carico è dell'ordine dei millivolt, perciò i moduli HX711 fungono anche da **amplificatori**.

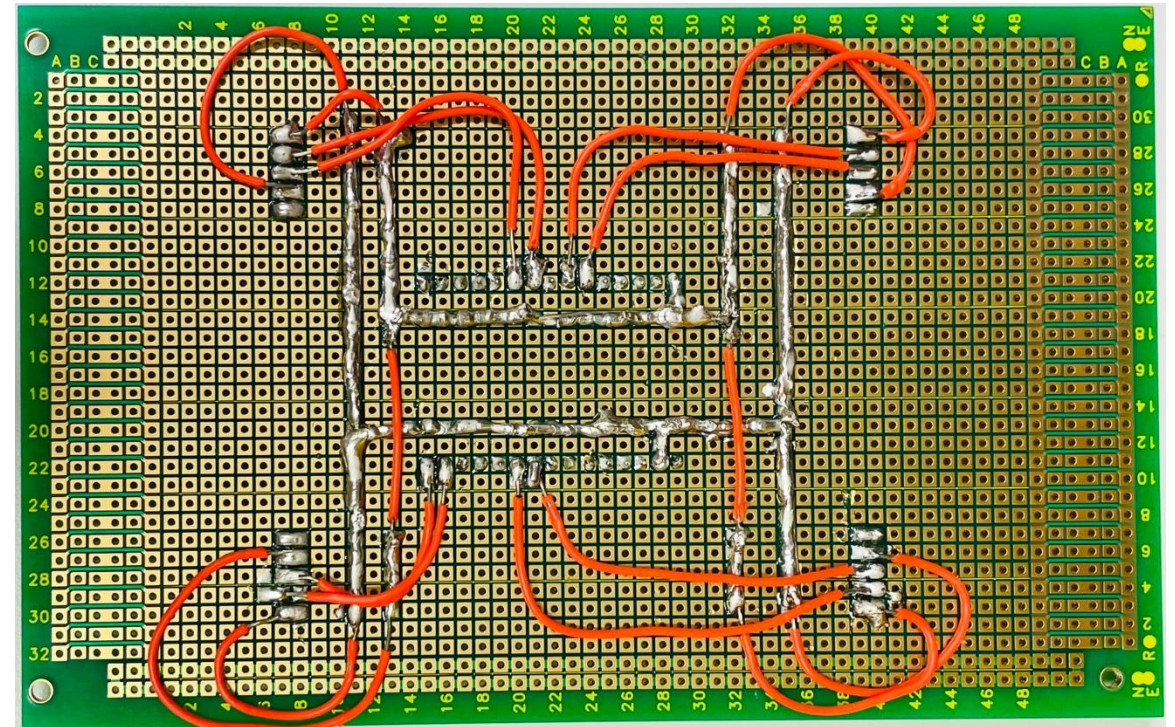
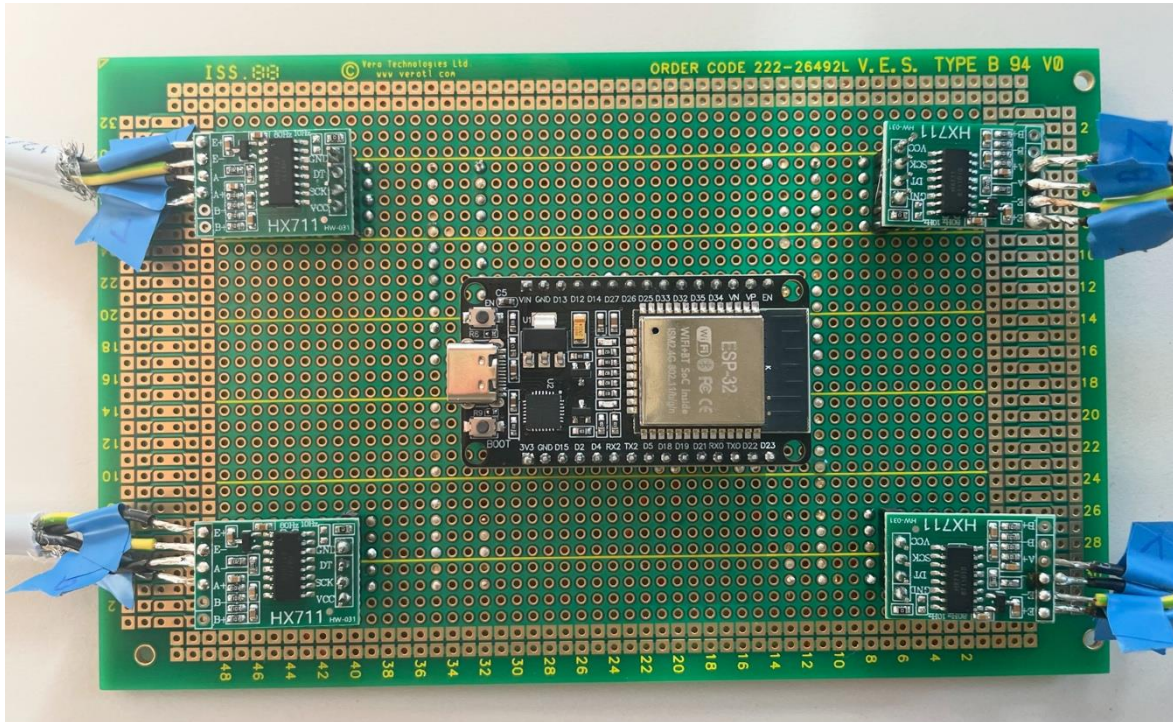


Protocollo del modulo HX711



DESCRIZIONE DEL LAVORO

Circuito sulla millefori



ROS: Robot Operating System

È un framework **open source** ampiamente utilizzato nella ricerca e nell'industria robotica.

- ☐ Architettura modulare
- ☐ Comunicazione tra processi
- ☐ Astrazione sull'hardware
- ☐ Molteplici strumenti per visualizzazione, debug e simulazione (RViz, Gazebo, ...)
- ☐ Vastità e collaborazione open-source

Sviluppo software

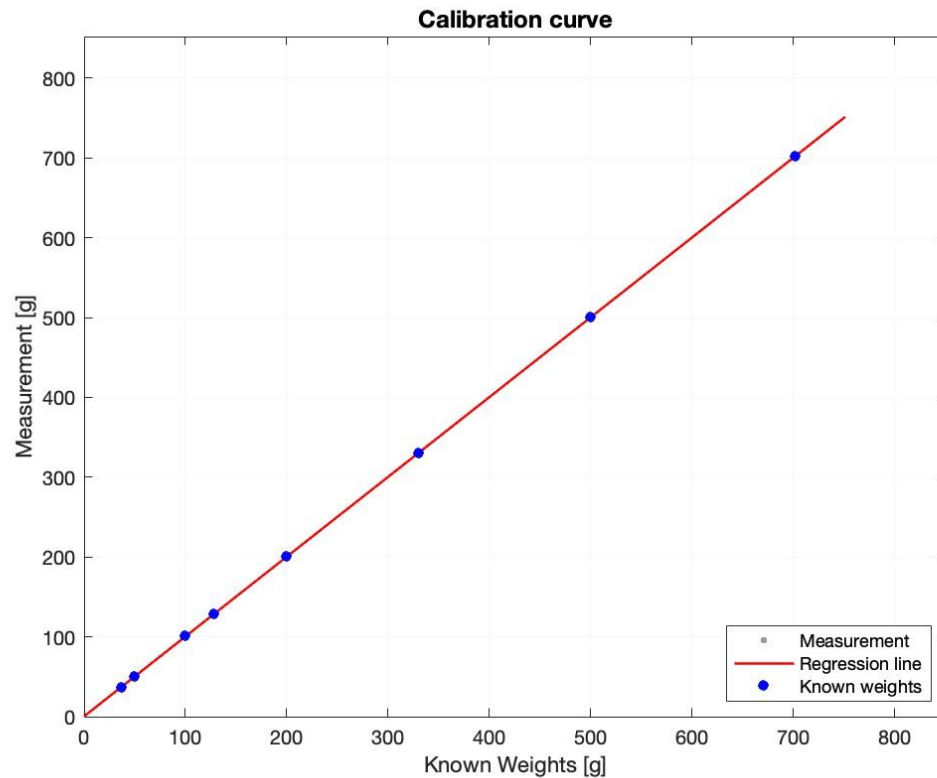
- ❑ **Calibrazione** delle celle di carico tramite sketch Arduino, sfruttando la formula

$$calibration_factor = \frac{reading}{known_weight}$$

- ❑ Lettura dei dati dalle quattro celle tramite sketch Arduino caricato su un **ESP32**
- ❑ Invio dei dati dall'ESP32 a un Raspberry Pi tramite protocollo **UART**
- ❑ Lettura dei dati da parte di un **nodo publisher** in ambiente ROS 2
- ❑ Lettura dei dati da parte di un **nodo subscriber**, il quale interpreta l'azione dell'utente

CONCLUSIONI

Curva di calibrazione



Peso [g]	Acquisizione n°														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
37	37.0	36.9	36.9	36.7	36.5	36.7	36.8	36.8	36.8	37.0	36.8	36.6	36.8	36.8	36.8
50	50.5	50.3	50.5	50.7	50.6	50.7	50.6	50.6	50.5	50.7	50.9	50.6	50.5	50.5	50.8
100	100.9	100.9	100.9	100.9	101.0	101.0	100.8	101.0	101.1	101.2	101.1	101.1	101.3	101.0	101.1
128	128.0	128.3	128.5	128.2	128.2	128.0	128.2	128.4	128.4	128.4	128.3	128.3	128.3	128.3	128.6
200	200.7	200.8	200.8	200.5	200.4	200.6	200.9	201.0	200.9	200.8	200.7	200.5	200.3	200.6	200.6
330	329.8	329.8	329.9	329.8	330.0	330.1	329.8	330.2	330.2	330.3	330.2	330.1	329.9	329.8	329.9
500	500.4	500.5	500.2	500.2	500.1	500.3	500.1	500.2	500.5	500.2	500.3	500.4	500.5	500.3	500.6
701	701.8	702.0	701.9	701.7	701.8	701.6	701.5	701.7	701.5	701.6	701.4	701.4	701.5	701.3	701.3

CONCLUSIONI

Test con gli utenti

Tre task:

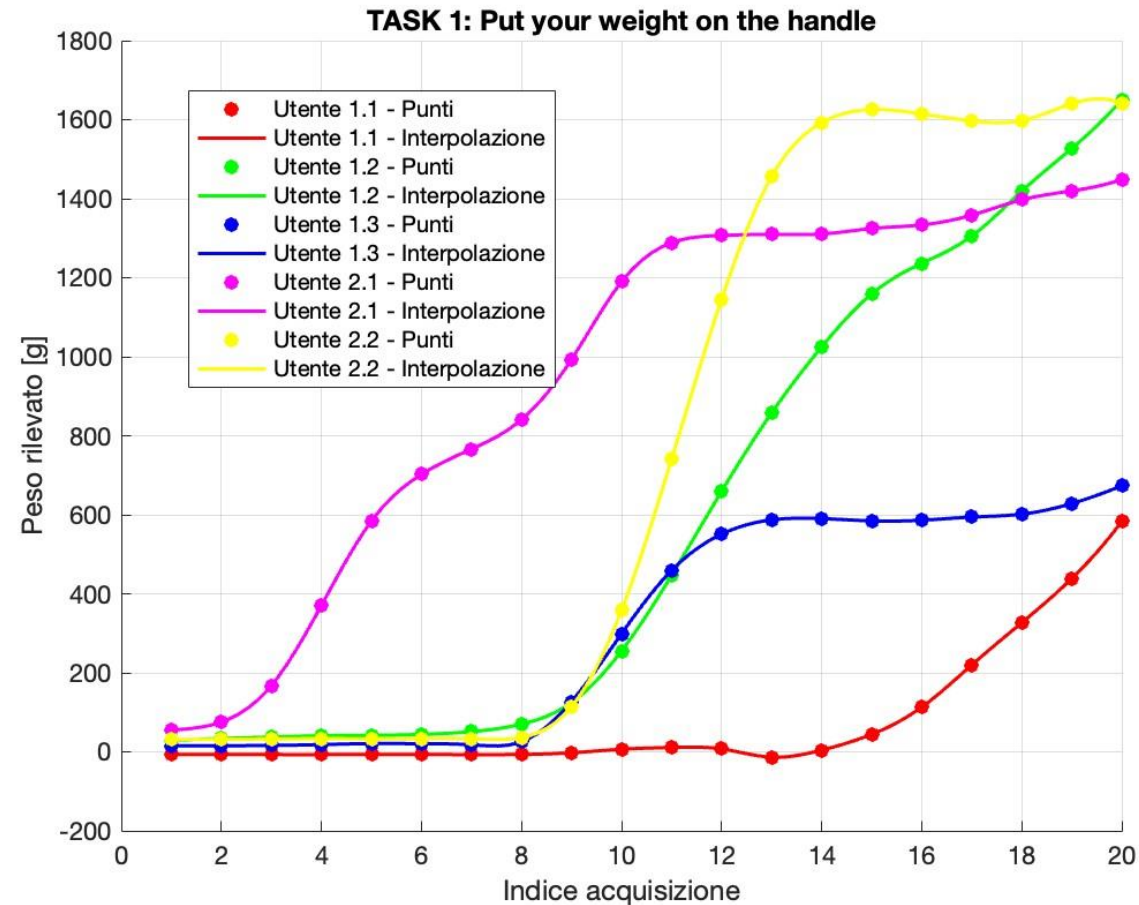
1. Poggiare il peso sulla maniglia
Si nota che il carico rilevato dalle celle cresce
2. Spingere la maniglia
Il carico rilevato dalle celle cresce
3. Tirare la maniglia
Il carico rilevato dalle celle diminuisce

A causa del posizionamento delle celle sulle maniglie, vi è sempre un offset iniziale sul carico.

Al contrario i test effettuati sul piano sono molto precisi e sono caratterizzati da carico iniziale quasi nullo.

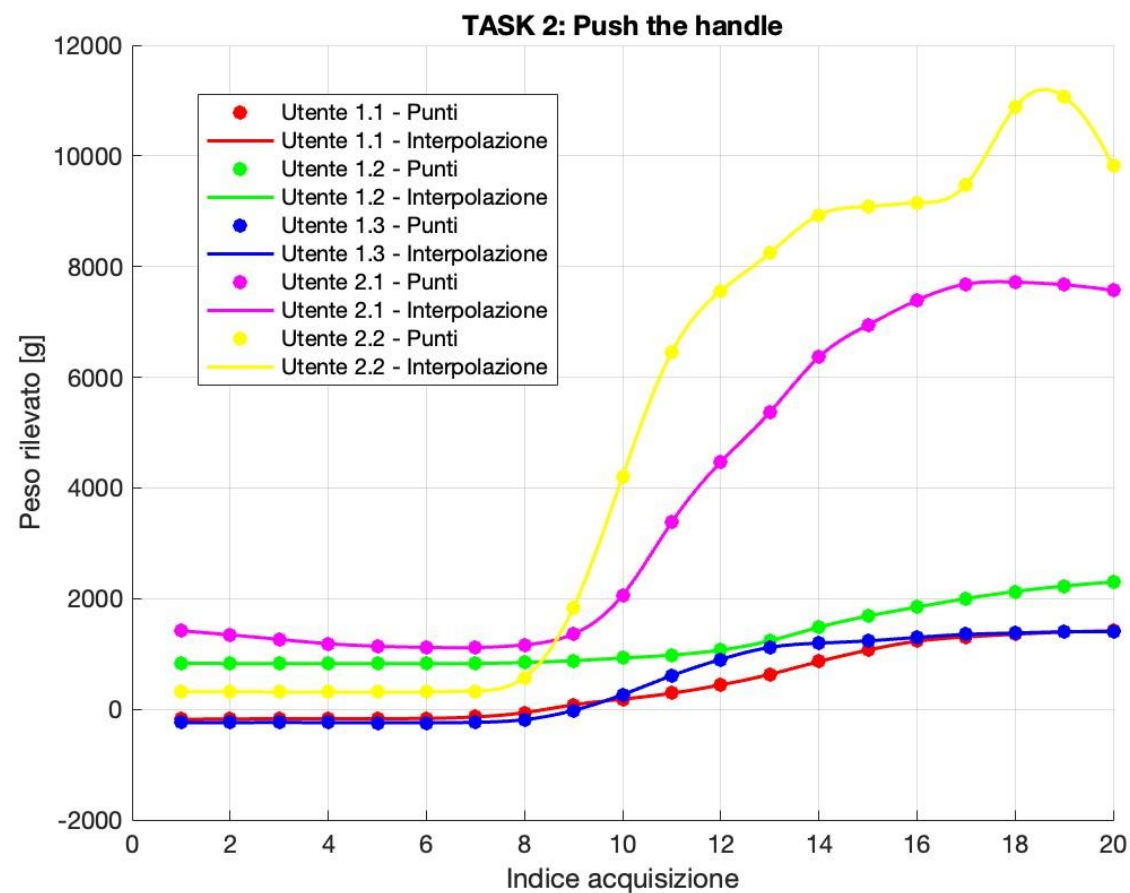
CONCLUSIONI

Test con gli utenti



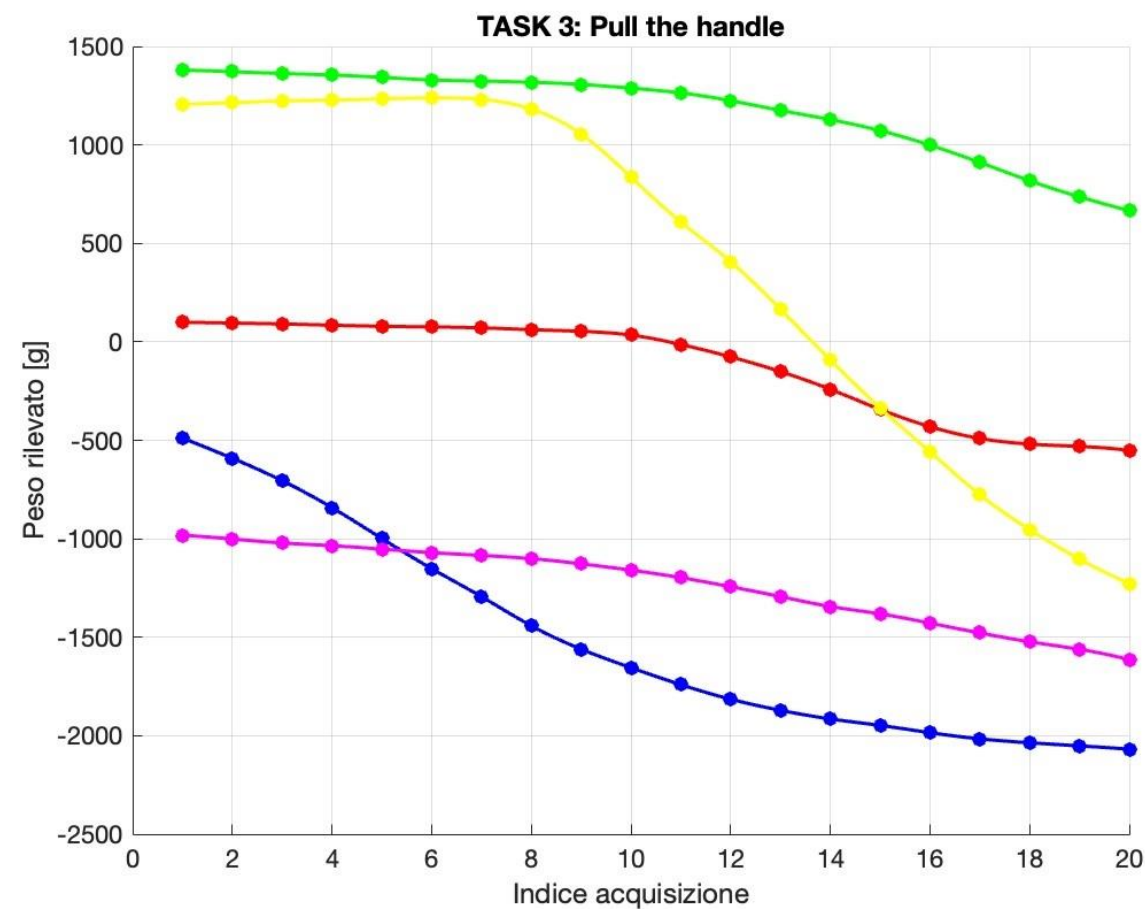
CONCLUSIONI

Test con gli utenti



CONCLUSIONI

Test con gli utenti



CONCLUSIONI

Perché

- Rilevamento in tempo reale della presenza dell'utente
- Prevenzione dei rischi evitando movimenti autonomi dovuti ai sensori integrati

Come

- Integrazione hardware con celle di carico, moduli HX711 e ESP32 interfacciati tramite millefori
- Software: Sketch Arduino su ESP32 e nodi ROS 2 su Raspberry Pi
- Validazione con risposta lineare delle celle e capacità di discriminare la spinta dalla trazione

Sviluppi futuri

- Algoritmo di assistenza alla marcia cooperativa e integrazione con il sistema di attivazione delle ruote
- Ingegnerizzazione dell'hardware tramite PCB