

4.0 Gym Prototype

Luca Cinti^{1*}, Emanuele Lattanzi²

Sommario

In questo elaborato abbiamo cercato di predisporre un'architettura per la raccolta dei dati in una piccola home gym, innanzitutto per verificare la fattibilità nel reperimento di alcune misurazioni, per poi passare all'analisi dei dati raccolti, con l'obiettivo di estrapolare delle metriche significative sia ai fini dell'allenamento, che dello studio delle caratteristiche termiche dell'ambiente.

Keywords

IOT — Arduino — ESP32 — MQTT — Gym Metrics

¹Laurea Magistrale in Informatica Applicata, Università degli Studi di Urbino Carlo Bo, Urbino, Italia

²Docente di Programmazione per l'Internet of Things, Università degli Studi di Urbino Carlo Bo, Urbino, Italia

*Corresponding author: l.cinti@campus.uniurb.it

Introduzione

L'obiettivo preliminare di questo elaborato era verificare la fattibilità dell'allestimento di un sistema di raccolta dati, in una piccola home gym, costruendo l'infrastruttura per far comunicare attraverso diversi protocolli una rete di sensori.

Tra le più disparate metriche di possibile interesse ai fini dello studio di una palestra, sono state scelte due categorie di dati: da un lato i quelli relativi all'ambiente di allenamento, dall'altro i dati sull'esecuzione degli esercizi.

Per il progetto corrente sono state dunque prese in analisi le metriche seguenti:

- temperatura e umidità della stanza, prima durante e dopo l'allenamento
- variazione di CO₂ e TVOC (Total Volatile Organic Compounds)
- accelerazione del bilanciere durante l'esecuzione di un esercizio campione

1. Descrizione dell'ambiente

Funzionale alla comprensione di questo elaborato, è la descrizione dell'ambiente in cui è stata allestita la palestra: si tratta di una stanza appartenente ad un vecchio immobile disabitato, appositamente ristrutturata, le cui misure sono 5.05 x 4.95 metri, per un'altezza di 3.86 metri.

L'ambiente presenta una finestra, una porta finestra e un'arcata di ingresso sulla quale sono state applicate due tende, fissate con velcro ai lati del muro, come isolante dal resto del locale, in quanto non sono presenti sistemi di riscaldamento centralizzato. Possiamo vederne una panoramica nell'immagine che segue (Figura 2).

Il primo punto di analisi è dunque diretta conseguenza di quanto appena detto: analizzare le performance termiche dell'ambiente, per trovare il miglior metodo di riscaldamento durante i mesi invernali.

Collegato a questo vi è il secondo punto in analisi: riscaldando un ambiente di circa 96 metri cubici, quanto più possibile isolato dal resto del locale, abbiamo ritenuto importante monitorare la qualità dell'aria durante l'allenamento.

1.1 La terza metrica

Come abbiamo visto in precedenza, come terzo oggetto di studio è stata presa in analisi l'accelerazione del bilanciere durante l'esecuzione di un esercizio campione.

L'esercizio selezionato è la distensione su panca piana, scelto in quanto ci garantiva il maggior grado di controllo sull'esecuzione, essendo uno degli esercizi base di ogni allenamento. Ne possiamo vedere uno schema in Figura 1.

La popolarità di tale esercizio ci garantiva inoltre buone potenzialità di espansione di questo studio ad un ampio campione di tester, nel caso fossimo riusciti a standardizzare il più possibile il metodo di acquisizione dei dati.

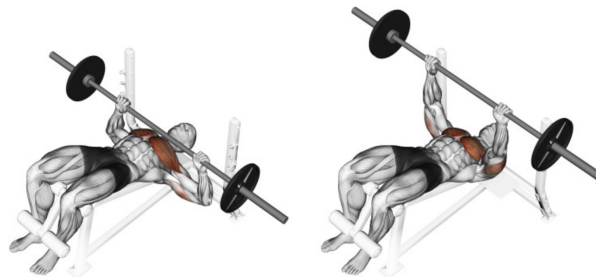


Figura 1. distensioni su panca piana



Figura 2. Visione panoramica dell’ambiente

2. Gli strumenti utilizzati

In questa sezione porremo l’attenzione sugli strumenti di indagine utilizzati, sulla loro costruzione, e sulle scelte di progetto e implementazione adottate.

2.1 Allestimento dell’infrastruttura

La prima necessità è stata dunque quella di creare l’infrastruttura attraverso la quale sarebbe avvenuta la comunicazione dei dati.

A livello di rete e internet sono stati fatti diversi tentativi, prima con due diversi router extender che prolungavano una rete casalinga fino al locale della palestra, e poi con un router con scheda SIM situato direttamente in loco. La prima soluzione è stata scartata in quanto, ad una distanza in linea d’aria dal router di casa di circa cinquanta metri, senza considerare i muri, la connessione era troppo instabile.

A questa rete è stato poi collegato un Raspberry Pi 4 che ha fatto sia da broker MQTT (di cui parleremo in seguito), che da semplice computer per la raccolta e visualizzazione dei dati, come vediamo in Figura 3.

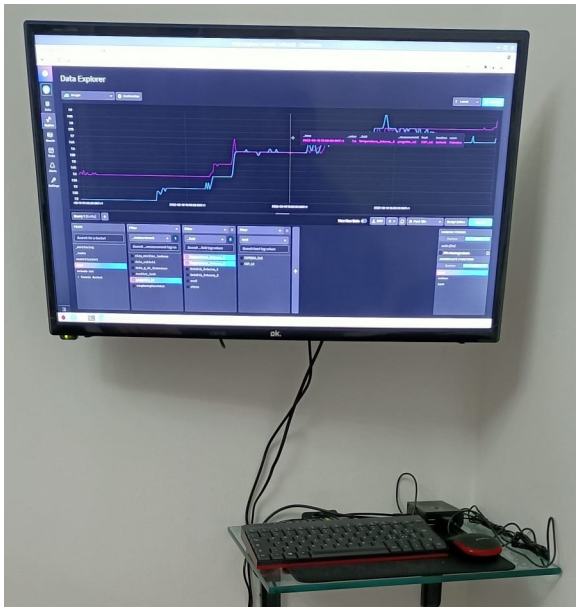


Figura 3. Raspberry e monitor

2.2 I sensori utilizzati

Per raccogliere i dati sono stati utilizzati i seguenti sensori:

- due DHT11 e due DHT22 per temperatura e umidità
- un CCS811 per CO₂ e TVOC
- due GY-521 MPU-6050 per l’accelerazione

Si è scelto di collegare gli accelerometri a dei moduli di sviluppo ESP32 mini, potendo così accedere ad un’architettura double core, mentre tutti gli altri sensori sono stati collegati a delle normali ESP8266. Abbiamo adottato sensori DHT11 e DHT22 per temperatura e umidità, potendo così avere un confronto nella precisione dei due: vediamo le differenze tra le loro specifiche nella tabella che segue.

Tabella 1. Specifiche DHT

	DHT11	DHT22
Range umidità	20-90%	0-100%
Precisione umidità	±5%	±2%
Range temperatura	0-50 °C	-40 +80 °C
Precisione temperatura	±2%	±0.5%
Tempo di lettura	6-10 s	2 s

Nelle tre immagini che seguono (Figure 4, 5, 6) sono mostrati gli schemi dei circuiti costruiti:

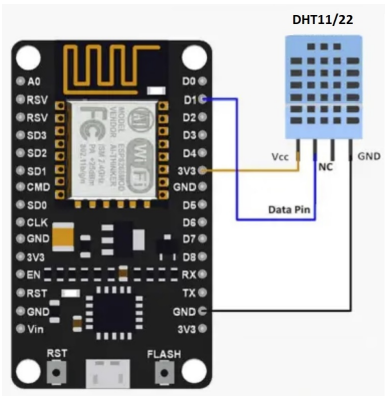


Figura 4. ESP8266 - DHT11/22

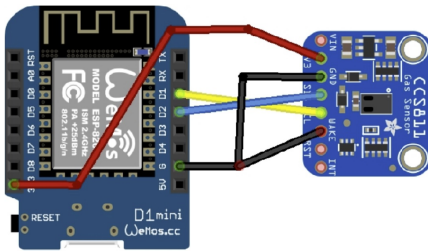


Figura 5. ESP8266 - CCS811

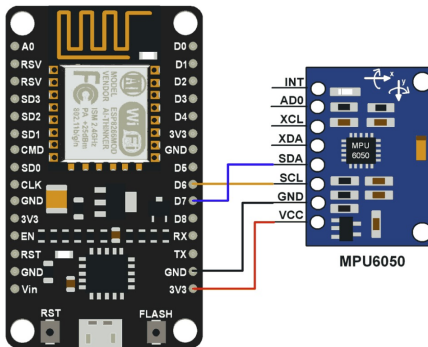


Figura 6. ESP32 - MPU-6050

2.2.1 I sensori per i dati ambientali e il loro obiettivo

Tenendo a mente il primo punto di indagine indicato nell'introduzione, ovvero analizzare i dati ambientali, è doveroso innanzitutto rispondere al perché abbiamo ritenuto delle metriche tuttosommato banali, quali umidità e temperatura, interessanti ai fini dell'elaborato.

Come già detto, il locale non presenta sistemi di riscaldamento centralizzato, e, raggiungendo nei mesi invernali temperature interne prossime agli zero gradi centigradi, si è scelto di riscaldarlo tramite un generatore di calore a GPL con una potenza di 10 KW, posizionato all'ingresso della palestra, ovvero con la parte frontale dentro il locale, e lo scarico fuori (si faccia riferimento alla Figura 7).



Figura 7. Termoventilatore GPL

Tuttavia questo presentava altri problemi, sia a livello di sicurezza, trattandosi pur sempre di una combustione in un ambiente chiuso, per quanto la zona di scarico fosse sufficientemente grande e areata, che a livello pratico: il generatore di calore utilizzato è in grado di portare l'ambiente ad una temperatura confortevole in tempi contenuti, dell'ordine di dieci/quindici minuti (chiaramente in base alla temperatura di partenza), è dunque necessario spegnerlo per non surriscaldare l'ambiente. Questo comporta però un crollo della temperatura pressoché immediato. Si è scelto dunque di inserire una stufa da 3 KW il cui compito è quello di mantenere la temperatura costante.

Alla luce di quanto detto, assume ancora più importanza la seconda metrica oggetto di studio, ovvero la variazione di CO₂ e TVOC (Total Volatile Organic Compounds), come monitor indiretto della qualità dell'aria.

Data questa premessa possiamo ora a descrivere le relative scelte di progetto.

Fare uno studio accurato delle performance termiche di un ambiente richiede una grande quantità di dati, sia a livello di caratteristiche ingegneristiche e architettoniche dell'ambiente, che dei materiali di costruzione, informazioni alle quali non avevamo completo accesso. Potevamo tuttavia estrapolarle e farne una buona stima, sia attraverso l'analisi in loco di periti tecnici, che dai dati restituiti dai sensori.

Il dato che si è scelto di ricercare è la dispersione del calore dall'ambiente, che costituisce un buon aggregato e indice delle performance termiche della stanza.

Per ottenere tale informazione si è scelto di utilizzare i quattro sensori DHT come segue: due sono stati posizionati a due angoli della stanza, per ottenere la temperatura media interna, uno fuori dall'edificio per la temperatura esterna, e uno appena fuori dall'ingresso della palestra, comunque in un ambiente interno, ma non riscaldato.

Le due postazioni di rilevamento di temperatura e umidità esterne alla stanza, non avendo accesso a prese elettriche, sono state implementate con batteria e un con meccanismo di *deep sleep* per il risparmio energetico. I relativi circuiti sono stati quindi dotati di collegamenti per una batteria da 650 mA e di un jumper per consentire la programmazione del modulo.

2.2.2 Gli accelerometri e il loro obiettivo

Un discorso a parte va fatto per gli accelerometri, che costituiscono la parte principale, nonché di maggiore interesse di questo studio.

Innanzitutto è necessario chiarire l'obiettivo dell'analisi, ovvero cercare di registrare se, nell'esecuzione di un qualsiasi esercizio che coinvolga il sollevamento di un bilanciere, si rilevano delle imperfezioni, da cogliere attraverso le differenze nelle accelerazioni agli estremi dell'attrezzo: se un accelerometro posto a un estremo del bilanciere, avesse riscontrato accelerazioni diverse da quelle registrate all'estremo opposto, sarebbe stato possibile individuare degli errori nell'esecuzione dell'esercizio, dandoci così un feedback sulla qualità dello

stesso, ed eventuali indicazioni per migliorarlo.

Con questo obiettivo in mente abbiamo ritenuto imprescindibile che entrambi i moduli fossero alimentati a batteria, per evitare perturbazioni nelle misurazioni dovute ad eventuali interferenze dei fili di alimentazione. Questo ha però aumentato la difficoltà nella costruzione del "sistema accelerometro", che includendo ora anche una batteria, diventava più ingombrante e difficilmente stabilizzabile sul bilanciere.

La soluzione che abbiamo adottato è stata quella di progettare delle scatole di plastica, appositamente disegnate in base alle misure del modulo ESP32 col sensore e la batteria, stampate in 3D. Per minimizzare le vibrazioni e i movimenti interni alla scatola, sono stati poi inseriti degli spessori in gommapiuma e dei tappi in plastica, aumentando così la stabilità del sistema. Ogni scatola presenta inoltre un foro per accedere alla porta USB dell'ESP32 per le future programmazioni del modulo.

Ne possiamo vedere il risultato nella Figura 8.



Figura 8. Scatola con accelerometro

Queste scatole sono state poi fissate agli anelli di bloccaggio dei dischi al bilanciere, come vediamo in Figura 9.

Aggiungiamo inoltre che i bilancieri utilizzati per questi test sono bilancieri standard olimpici, di cui riportiamo le misure nell'immagine che segue (Figura 10), che hanno, e questo vedremo in seguito che risulterà critico, la caratteristica di avere la zona di fissaggio dei pesi capace di ruotare attorno all'asse del bilanciere.

Tale accorgimento tecnico si utilizza per minimizzare la rotazione, e le conseguenti accelerazione e variazione di momento angolare del sistema, in fase di movimento del carico: un'improvvisa rotazione del bilanciere attorno al suo asse orizzontale non comporta così la rotazione dei pesi (o comunque la riduce significativamente), che causerebbe maggiore instabilità nell'esercizio.

Prima di passare alla raccolta e analisi dei dati ci è doveroso aggiungere che tutti i microcontrollori sono stati programmati tramite Arduino. Eventuali particolarità o dettagli



Figura 9. Anello di bloccaggio dischi su bilanciere

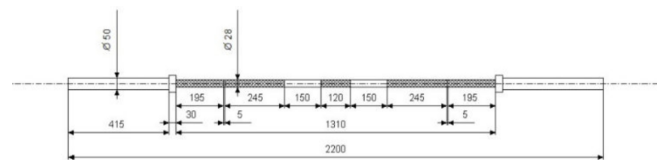


Figura 10. Misure bilanciere olimpico

specifici di implementazione saranno affrontati in fase di analisi dei dati.

Tutto il codice è comunque consultabile nella repository GitHub indicata in bibliografia.

3. Raccolta dati

I dati sono stati raccolti su un server remoto sul quale è stato installato *influxdb*, un database open source per serie temporali, particolarmente adatto ad applicazioni IOT.

Dei sette sensori di cui si è discusso, cinque comunicavano tramite il modulo WiFi del microcontrollore collegandosi direttamente al server remoto.

Per i due moduli con DHT11 posizionati fuori dalla palestra, quello interno al locale, e quello esterno all'edificio (per maggior chiarezza si faccia riferimento alla pianta del locale in Figura 11) si è optato per una soluzione differente: essendo alimentati a batteria, abbiamo scelto di utilizzare due tecnologie particolarmente adatte al risparmio energetico. Come protocollo di comunicazione si è scelto MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), particolarmente meno energivoro del classico WiFi, con il Raspberry Pi 4, come precedentemente detto, che funge da broker, e i due sensori da client.

Per l'invio dei dati su *influxdb* è stato poi appositamente configurato su Raspberry un *plugin telegraf*.

La seconda tecnologia per il risparmio energetico è più che altro un accorgimento a livello implementativo: invece di programmare i sensori con la classica modalità, ovvero in loop

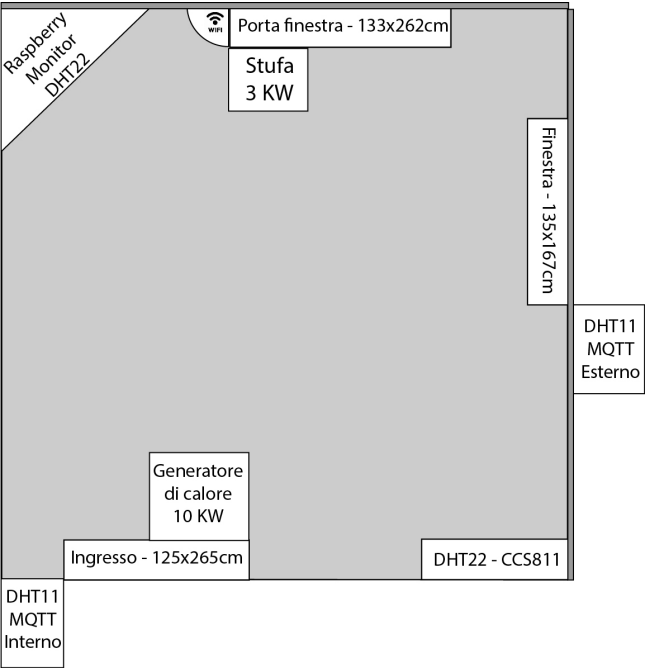


Figura 11. Pianta palestra. Non in scala

continuo, si è scelto di adottare il *deep sleep*, ovvero al termine di ogni lettura e invio dati, i moduli vengono letteralmente addormentati, lasciando attivo il Real Time Clock (RTC), che si occupa di risvegliare il sistema dopo un intervallo di tempo programmabile.

Nel nostro caso abbiamo visto che la durata della batteria, con questo accorgimento, è praticamente decuplicata, passando da circa cinque ore a oltre due giorni.

Nell’immagine che segue (Figura 12) vediamo uno dei due sensori in oggetto.

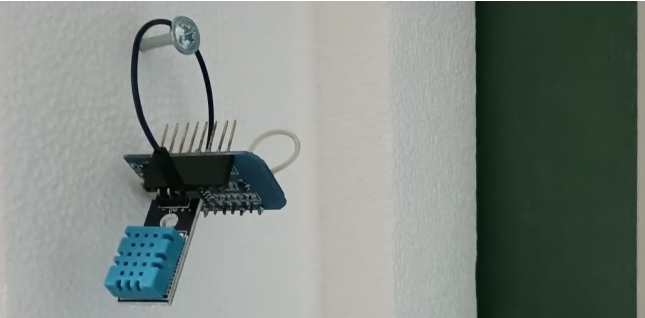


Figura 12. Sensore DHT11 fuori dall’ingresso della palestra

3.1 Dati ambientali durante l’allenamento

Premettiamo che tutti i dati sono disponibili sia in forma aggregata che estensivamente nella repository GitHub indicata in bibliografia, oltre ad essere consultabili direttamente sul server influxdb.

Passiamo ora vedere i dati raccolti, relativi ad una data campione particolarmente indicativa, in cui è stata utilizzata la palestra. Alleghiamo i grafici estratti da influxdb nelle im-

magini che seguono (Figure 13, 14, 15), con allegati i dati in alcuni momenti significativi.

Le linee azzurre e viola sono relative ai due sensori interni, quella arancio al sensore fuori dall’ingresso, quella magenta al sensore esterno.

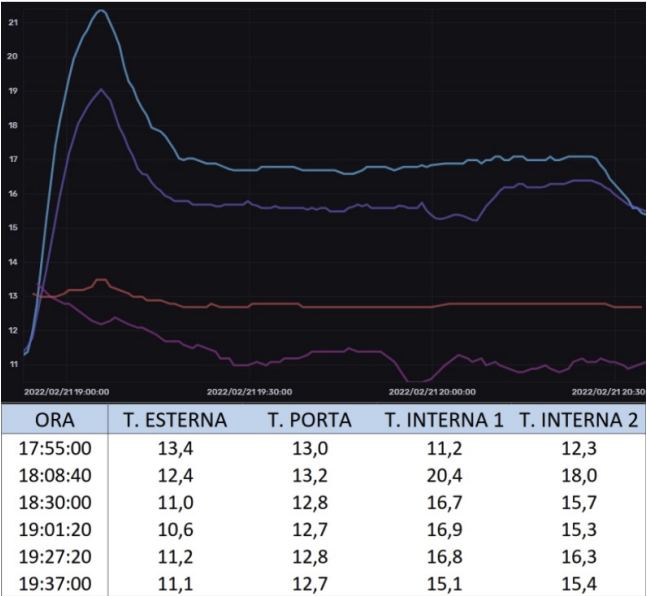


Figura 13. Variazione temperatura

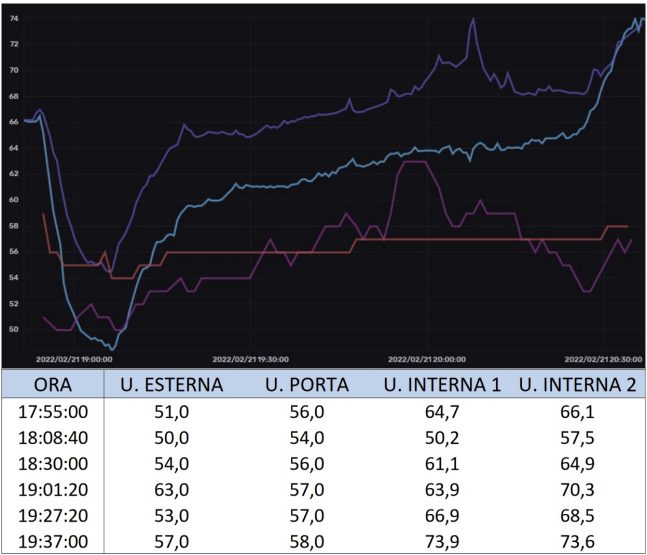


Figura 14. Variazione umidità

4. Analisi dei dati

4.0.1 Subsubsection

4.0.2 Subsubsection

5. Conclusioni

Riferimenti bibliografici

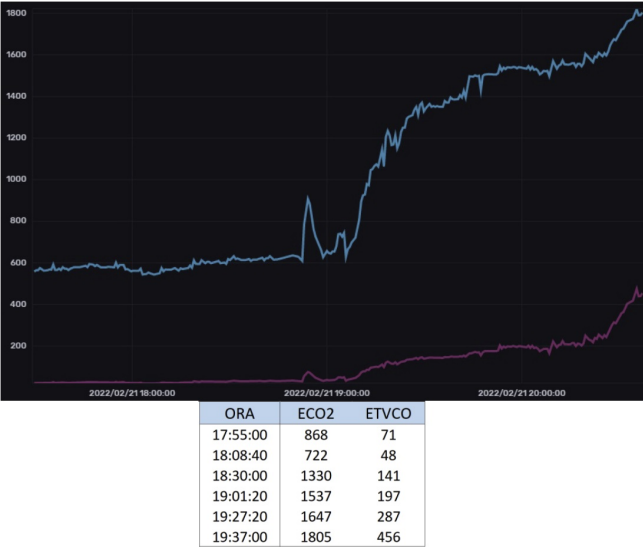


Figura 15. Variazione CO₂ e TVOC