

Programmazione di Sistemi Embedded

Jimmy Challenge Arduino Game

Edoardo Rosa - Matr. 707922
Federico Torsello - Matr. 702619

14 giugno 2016

Sommario

In questa relazione si descriverà il gioco Jimmy Challenge.

Questo gioco è stato realizzato utilizzando molti componenti hardware/-software; sempre con l'obiettivo di sfruttare ed ottimizzare quando più possibile la board Arduino in un'ottica IoT.

Capitolo 1 .

Capitolo 1

Introduzione

Jimmy Challenge¹ è un gioco interattivo in cui un "ladro" tenta di *forzare* un lucchetto utilizzando un *grimaldello*.

Per poter giocare bisogna alimentare l'**Arduino UNO**² e attendere qualche secondo di setup.

Una volta che il settaggio è completo, l'utente può interagire con Arduino utilizzando diversi componenti hardware che mutano il loro comportamento in base al contesto.

¹ "jimmy" in inglese vuol dire grimaldello, da questo il nome del gioco

² Arduino UNO - è una scheda elettronica di piccole dimensioni con un microcontrollore ATmega, utile per creare rapidamente prototipi e per scopi hobbyistici, didattici e professionali.

Capitolo 2

Progettazione di un sistema Embedded

2.1 Analisi dei requisiti

2.1.1 Requisiti funzionali

Il sistema realizzato deve permettere ad uno o due giocatori di competere per sbloccare dei lucchetti. Ad ogni lucchetto sbloccato si supera il livello fino a quando i livelli non terminano e il gioco si dice finito. Durante il gioco sono presenti delle penalità e dei bonus.

2.1.2 Requisiti non funzionali

Le performance utili per la buona riuscita del progetto a cui non si può rinunciare riguardano la rilevazione della distanza e l'invio dei feedback locali/remoti. Il tempo gioca un ruolo importante in questo progetto, quindi si devono evitare inutili ritardi nella rilevazione ed invio delle informazioni.

2.2 Modeling

Il sistema si suddivide in più parti:

- parte fisica lato client/server;
- parte software lato client/server;
- networking lato client/server.

2.2.1 Modellazione della parte fisica - lato client

Dal punto di vista fisico, si ha un Arduino UNO:

- connesso ad una breadboard e a dei componenti hardware attraverso i sui pin digitali
- connesso ad un PC mediante la porta USB (da cui riceve l'alimentazione a 5v).

Ogni componente della breadboard ha un proprio impiego distinguendoli in **sensori** ed **attuatori** secondo la visione di *sistema reattivo*.

Reactive system: è l'ambiente esterno che determina gli eventi che condizionano l'esecuzione del sistema

La connessione seriale via USB serve per inviare i dati campionati dall'Arduino verso il PC. A loro volta questi dati possono servire per creare una interfaccia utente locale (per esempio su terminale) o remota, su browser.

2.2.2 Modellazione della parte logica - lato client

Per realizzare il comportamento dinamico del progettare, nella parte software si è replicato il funzionamento di una macchina a stati finiti (*FSM*) che esegue dei task.

Macchine a stati finiti (o *automi a stati finiti*): sono il modello nel discreto più utilizzato per modellare sistemi embedded.

Ogni FSM opera in una sequenza di passi (discreti) e la sua dinamica è caratterizzata da sequenze di eventi (discreti).

Un evento discreto avviene ad un determinato istante e non ha durata.

Decomposizione in task: principio di progettazione importante, rende modulare il sistema in quanto:

- ogni modulo è rappresentato da un task (compito da eseguire)
- un task può essere decomposto in sotto-task in modo ricorsivo o un task complesso può essere definito come composizione di sotto-task più semplici

Vantaggi:

- separation of concerns
- l'utilizzo di singoli moduli per migliore la comprensibilità del comportamento
- debugging semplificato

- supporto alla modificabilità, all'estensione ed al riuso del codice

Si è fatto uso della programmazione ad oggetti, modellando ogni task (es. LedTask, BuzzerTask) come una classe separata che estende dalla classe base Task. In ogni *task* viene fatto l'***inject*** del **comportamento** da avere.

Il multi-tasking realizzato è cooperativo, tipo **round-robin** in quanto c'è parallelismo e le funzioni *tick()* sono chiamate sequenzialmente all'interno del loop dello Scheduler.

- si è fatto uso della programmazione Object-Oriented per rendere la struttura del codice ingegneristica, lineare e scalabile;
- si sono utilizzate le lambda expression per definire il comportamento di ogni task.

La comunicazione tra i task avviene attraverso variabili condivise. Queste variabili appartengono alla classe Context.

Per quanto riguarda la connessione USB, per scelta progettuale tutti i dati inviati dall'Arduino al PC sono tutti formattati in **JSON**.

2.2.3 Modellazione della parte fisica - lato server

A lato server si ha un Odroid C2 (prodotto da Hardkernel) con sistema operativo Arch Linux ARM:

- CPU: ARM Cortex-A53 Quad Core 2GHz
- RAM: 2GB DDR3
- 40pin GPIOs + 7pin I2S
- Gigabit Ethernet
- 4 x USB 2.0

Il dispositivo è collegato in rete e funge come server per abilitare la modalità multiplayer di Jimmy Challenge dalla parte client tramite lo script python in esecuzione sul dispositivo collegato all'Arduino.

In un'ottica più orientata all'hardware, al server è collegato un LCD 16x2 che mostra alcune statistiche sullo stato attuale dei servizi e delle risorse.

Lo schema ?? presenta il monitor LCD collegato ai pin GPIO dell'odroid con un potenziometro per l'aggiustamento del contrasto.

Al fine di collegare in rete il server si è aggiunto un modulo WiFi (TP-Link TL-WN722N) tramite una porta USB.

2.2.4 Modellazione della parte logica - lato server

Per permettere agli utenti di giocare tra di loro online, il server dispone:

- una interfaccia per visualizzare gli utenti loggati;
- una chat globale in cui poter invitare gli utenti a giocare;
- una view con lo stato del gioco.

La piattaforma riceve messaggi JSON dallo script lato client tramite richieste POST ad un'interfaccia PHP RESTful. Una volta che le informazioni sono inviate al server, sono elaborate e pubblicate ai vari subscriber tramite Server-Sent Events.

La modalità multiplayer di Jimmy Challenge in sostanza consiste in una applicazione web, quasi real-time, in cui i giocatori possono vedere, tramite l'apposita interfaccia grafica, lo stato e l'avanzamento dell'avversario nel gioco.

Per garantire massime performance e sicurezza sono state adottate queste tecnologie:

- NGINX come web server;
- PHP 7 come backend e motore delle parti dinamiche dell'applicazione e che implementa l'interfaccia RESTfull;
- Javascript per elaborazione lato client;
- Mysql per lo store degli account degli utenti;
- Redis come staging area per i dati temporanei da condividere con tutti i subscriber;
- JSON come modello per i messaggi scambiati;
- HTTPS over TLS
- token JWS (JSON Web Signature)

Il monitor LCD visualizza alcune statistiche sulle risorse usate dal sistema:

- RAM usata;
- Spazio disco usato della partizione di root ('/');
- Temperatura e percentuale di carico della CPU;
- Indirizzo IP interno;
- Traffico in upload e in download.

I dati stampati sullo schermo LCD sono collezionati e formattati tramite uno script python che utilizza un wrapper del porting di WiringPi (<https://github.com/hardkernel/WiPy>) per i dispositivi Odroid.

2.3 Design

Il sistema che si suddivide in più aree:

1. I/O locale attraverso Arduino UNO
2. feedback remoto su browser
3. input per invio dei dati seriali al server attraverso async task Python
4. connessione USB da Arduino UNO verso il PC
5. connessione del PC ad un server
6. sito internet come GUI remota
7. gestione del server remoto

2.4 Analysis

Potenzialità software di Arduino UNO sfruttate:

- programmazione Object-Oriented con [Wiring](#)¹.
 - modularizzazione in classi,
 - utilizzo di oggetti e metodi,
 - information hiding,
 - ereditarietà,
 - polimorfismo.
- utilizzo di *lambda expressions*

Potenzialità hardware di Arduino UNO sfruttate:

- sono stati utilizzati tutti i 12 pin di I/O digitale;
- si è cercato di limitare l'utilizzo di **delay** per mantenere le prestazioni ottimali;
- in alcuni casi al posto dei *delay* si è fatto ricorso a dei **custom timer** impiegando il metodo **millis()**;

¹Wiring - linguaggio di programmazione semplice e intuitivo derivato dal C e dal C++

Capitolo 3

Giocare a Jimmy Challenge

3.1 Giocare con la mano e con i sensi

L’obiettivo del giocatore è trovare e quindi scassinare il lucchetto nel minor tempo possibile. Questo gioco è giocabile **online** (uno contro uno) che **offline**.

La posizione del lucchetto viene assegnata in modo random ad ogni nuovo livello e rimane fissa fino al suo superamento.

Per trovare la posizione attuale del lucchetto al giocatore basta muovere la mano orizzontalmente in direzione del sensore ad ultrasuoni. (La rilevazione del lucchetto è spiegata più avanti).

Durante le varie fasi di gioco l’utente ha la possibilità di rendersi conto dell’evoluzione del gioco ascoltando i suoni emessi dal buzzer o guardando i colori dei LED.

3.1.1 Significato dei suoni e dei colori

- All’avvio del gioco:
 - i LED a 12 pin giallo e rosso fanno un carosello;
 - il LED verde e il buzzer si comportano come quando il lucchetto non è stato trovato.
- Quando **non** si è trovato il lucchetto:
 - il LED verde emette una luce pulsante;
 - il LED RGB emette una luce continua di color blu chiaro;
 - il buzzer suona due note in modo frenetico.
- Quando si è nell’area del lucchetto:
 - il LED verde emette una luce fissa;

- il LED RGB continuerà ad emettere una luce continua blu chiaro, ma solo fino a quando non entrerà nello stato di scasso;
- il buzzer suona due note meno freneticamente.

3.1.2 Superare un livello

Per superare il livello il ladro deve forzare il lucchetto.

Dal punto di vista del giocatore il lucchetto è un'area nello spazio posta davanti al sensore (in linea orizzontale).

Per forzare il lucchetto è sufficiente utilizzare una mano posta davanti al sensore ad ultrasuoni per un tempo delimitato, avviando lo stato di scasso. Se il tempo di scasso non viene rispettato o la mano viene rimossa troppo presto, il livello riparte senza salvare i progressi.

- **Non** si supera il livello:
 - Se la mano viene spostata dall'area del lucchetto troppo presto, per esempio non si è ancora nello stato di scasso
 - Se si rimane troppo tempo nella fase di scasso (il lucchetto è stato "rotto").
- Si può superare il livello:
 - Se la mano resta fissa nella posizione in cui si trova il lucchetto, rispettando il tempo nello **stato di scasso** e poi la si agita sempre nell'area del lucchetto ("aprendolo").

3.1.3 Stato di scasso

Se si rispetta il tempo nello stato di scasso e quindi si apre il lucchetto, si supera il livello.

Per indicare lo stato di scasso si è utilizzato il LED RGB.

- Ogni colore ha un significato:
 - blu scuro: si sta scassinando il lucchetto
 - verde: il lucchetto è scassinato.
- NB: per passare al livello successivo si deve togliere la mano e riposizionarla nell'area del lucchetto [come se si infilasse la "*chiave*"].
- arancio: attenzione, se non si toglie la mano ora si rischia di rompere il lucchetto
- giallo: pericolo di rottura ancora più elevato
- rosso: il lucchetto è stato rotto, quindi il livello deve essere ricominciato di nuovo.

Capitolo 4

Modellazione del sistema software

Capitolo 5

Classi astratte

5.1 Interfacce sviluppate

1. Audio.h;
2. Input.h;
3. Light.h;
4. LightPwm.h.

5.1.1 Audio.h

Metodi

- public virtual void playSound (int) = 0

5.1.2 Input.h

Metodi

- virtual bool readBool() {
 return false;
};
- virtual int readDistance() {
 return 0;
};

5.1.3 Light.h

Metodi

- public virtual void switchOn() = 0;
- public virtual void switchOff() = 0;

5.1.4 LightPwm.h

Metodi

- virtual void setIntensity(uint8_t) = 0;

Capitolo 6

Classi concrete

6.1 Classi concrete sviluppate

- Classi utilizzate per l'input:
 1. Sonar.cpp, Sonar.h;
 2. Button.cpp, Button.h.
- Classi utilizzate per l'output:
 1. Buzzer.cpp, Buzzer.h;
 2. Led.cpp, Led.h;
 3. LedPwm.cpp, LedPwm.h;
 4. LedRgb.cpp, LedRgb.h;
 5. MessageService.cpp, MessageService.h;
 6. Multiplexer.cpp, Multiplexer.h.

6.1.1 Sonar.cpp, Sonar.h

Metodi

- `int readDistance();`

6.1.2 Button.cpp, Button.h

Metodi

- `bool readBool();`

6.1.3 Buzzer.cpp, Buzzer.h

Metodi

- public void playSound(const int sound);
- private void playMarioTheme();
- private void buzz(int, int);

6.1.4 Led.cpp, Led.h

Metodi

- protected void switchOn();
- protected void switchOff();

6.1.5 LedPwm.cpp, LedPwm.h

Metodi

- public void setIntensity(uint8_t);
- public void switchOn();
- public void switchOff();

6.1.6 LedRgb.cpp, LedRgb.h

Metodi

- public void setColor(int, int, int);
- protected void switchOn();
- protected void switchOff();

6.1.7 MessageService.cpp, MessageService.h

Metodi

- public void init(const int, const String &);
- public void setMessage(String);
- public String getMessage();
- public void errorMsg();
- public void ackMsg(const String);

- `public void sendMsg(const String, const String);`
- `public void sendInfo(const int, const int, const uint8_t, const String);;`

6.1.8 Multiplexer.cpp, Multiplexer.h

Metodi

- `public void switchOn(int);`
- `public void carouselYellow(int);`
- `public void carouselRed(int);`

Capitolo 7

Multi-Tasking

7.1 Task

I task rappresentano le azioni da eseguire concorrentemente nel sistema, pianificate dallo Scheduler.

- Dal **punto di vista del progettista**:
 - sono dei moduli software che impegnano il microprocessore per un certo periodo;
 - permettono di eseguire calcoli e/o azioni di I/O;
 - possono essere sostituiti, alterati, inibiti o modificati in base alle necessità.
- Dal **punto di vista dell'utente** invece:
 - creano l'illusione di avere un unico sistema monolitico;
 - la semplice esistenza e quindi la loro gestione è trasparente all'utente.

Per la descrizione del comportamento di ogni task, si è deciso di utilizzare le lambda expression (7.1.1).

In sintesi i vari task sono istanziati definendo all'interno del *body* del metodo `init(...)` ogni singolo *behaviour*. Per farlo sono utilizzati:

- i metodi propri del task;
- i metodi del Context 7.3 come mezzo di comunicazione tra i diversi task.

Questo ci ha permesso di avere più gradi di libertà nella definizione del comportamento dei task e quindi del codice da eseguire. In quest'ottica non vi è necessità di creare una classe per ogni singolo comportamento, ma basta istanziare due o più volte lo classe e definire diversi body.

Esempio

Si vogliono controllare due LED utilizzando il task LedTask; in particolare:

- se viene trovato il lucchetto, il led1 viene acceso e il led2 viene spento,
- altrimenti, se il lucchetto non viene trovato, il led1 passa a spento e il led2 diventa acceso.

```
ledT0 = new LedTask(led1, pContext);
ledT0->init(50, [] {
    if (pContext->isPadlockDetected()) {
        ledT0->led->switchOn();
    } else {
        ledT0->led->switchOff();
    }
});
sched.addTask(ledT0);

ledT1 = new LedTask(led2, pContext);
ledT1->init(50, [] {
    if (pContext->isPadlockDetected()) {
        ledT1->led->switchOn();
    } else {
        ledT1->led->switchOff();
    }
});
sched.addTask(ledT1);
```

Dopo ogni creazione, ogni task per essere eseguito deve essere aggiunto alla lista di esecuzione dello Scheduler; per farlo si usa `sched.addTask(<nome del task>)`.

7.1.1 Le espressioni Lambda in Wiring/C++11

Una **Lambda expression** (*lambda closure*) è una funzione anonima definita al momento della chiamata.

Sintassi accettate dal compilatore di Arduino:

```
[ capture-list ] ( params ) { body }
[ capture-list ] { body }
```

Caratteristiche

- La *capture list* è la lista di variabili che è possibile utilizzare oltre agli argomenti della funzione.
 - Se si definisce `[&]`, tutte le variabili locali saranno passate per riferimento.
 - Se non viene specificato niente, la *lambda function* non ha variabili come argomenti e viene indicata con `[]`;

- Il tipo di ritorno è `void`, a meno che non viene specificato diversamente;
- Il body della funzione che si trova tra parentesi graffe rappresenta le azioni che devono essere eseguite.

Vantaggi

- è possibile creare una classe "generica" che può avere più istante a cui assegnare più behaviour;
- si evita di dover creare per ogni comportamento una classe specifica;
- codice modulare, (diverse istanze dello stesso oggetto possono avere diversi body);
- definizione del comportamento direttamente dal file `*.ino`.

Contro

Per utilizzare le lambda expression siamo stati costretti a rinunciare parzialmente all'*information hiding* della programmazione OO. Questo vincolo è legato al fatto che non è stato possibile passare oggetti come parametro di chiusura.

L'unico modo per passare gli oggetti e quindi i metodi all'interno di queste particolari funzioni è stato mettere tutto `public`.

7.1.2 Generalizzazione del funzionamento di un task

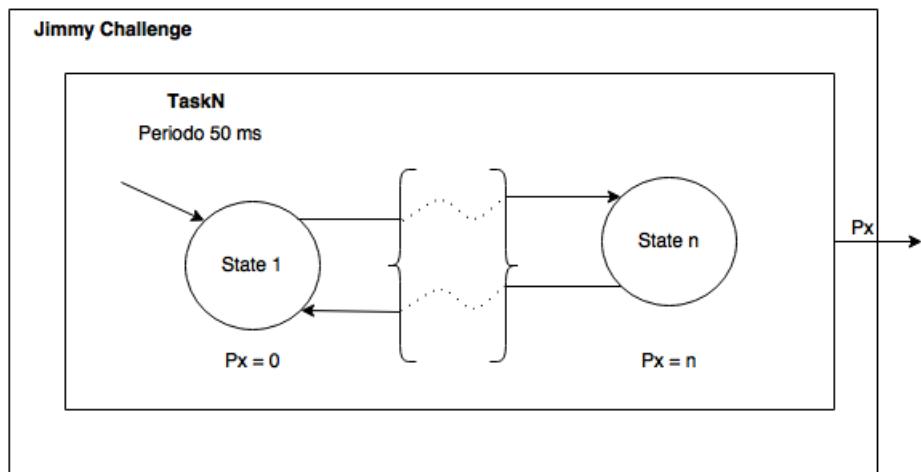


Figura 7.1: Generalizzazione dei task

Elenco dei Task sviluppati:

1. SonarTask
2. ButtonTask
3. BuzzerTask
4. LedTask
5. LedPwmTask
6. LedRgbTask

7.1.3 SonarTask

È il task più importante del progetto in quanto:

- permette l'interazione utente-sistema sfruttando il sensore ad ultrasuoni;
- aggiorna la `currentDistance` del Context (7.3);
- in modo indiretto può variare l'evoluzione del sistema

Nella classe SonarTask viene definito il metodo `privare playLevel()` in cui:

- si legge la `currentDistance` dal sonar;
- si setta tale `currentDistance` nel Context;
- si gestiscono gli `status` da inviare alla seriale

Dal Context:

- si riceve il **numero segreto** (il lucchetto, cioè la distanza dal sensore)
- si riceve il **delta** (intervallo superiore/inferiore a partire dal lucchetto)
- si riceve il **livello attuale** a cui si sta giocando
- si controlla se il lucchetto è aperto con `pContext->isPadLockOpen()`

Sul Context:

- se il lucchetto è stato aperto si crea un nuovo livello con `pContext->setNewLevel();`
- se il padLock non è stato completamente sbloccato viene settato come chiuso con `pContext->setPadlockOpen(false);`
- se il padLock non è stato completamente sbloccato viene resettato lo stato di scasso con `pContext->setLockpicking(false);`

- in base al tempo passato nello scassinare il lucchetto (e quindi allo **status** in cui ci si trova), viene settato **pContex->setDangerLevel(...)** con un numero da 0 a 4, (che nel LedRgbTask indica il colore da visualizzare sul LED RGB).

```

void SonarTask::playLevel() {
    currentDistance = sonar->readDistance();
    pContext->setCurrentDistance(currentDistance);
    int secretDistance = pContext->getSecret();
    int currentLevel = pContext->getLevel();
    uint8_t delta = pContext->getDelta();
    int status = 0;
    int feedbackDistance = 0;

    feedbackDistance = abs(currentDistance - secretDistance
    );
    if (feedbackDistance == 0)
        feedbackDistance = 0;
    else if (currentDistance == 0)
        feedbackDistance = 100;

    if (currentDistance <= (secretDistance + delta)
    && currentDistance >= (secretDistance - delta)) {
        pContext->setPadlockDetected(true);
        timeFound = (millis()/1000) - timeOut;      //
        //inizializzazione a zero
        switch (timeFound) {
            case 0:
                if (pContext->isPadlockOpen()) {
                    msgService.sendMsg("Lucchetto
                        livello " + String(
                        currentLevel) + " APERTO",
                        F("all"));
                    pContext->setNewLevel();
                    if (!pContext->isGameOver()) {
                        status = 300 +
                        currentLevel + 1;
                        pContext->
                            setPadlockOpen(
                            false);
                        pContext->
                            setLockpicking(
                            false);
                    }
                } else
                    status = 101;
                break;
            case 1:
                status = 101;
                break;
            case 2:
                status = 102;
                break;
        }
    }
}

```

```

        case 3:
            status = 103;
            break;
        case 4:
            status = 104;
            pContext->setDangerLevel(0);
            pContext->setLockpicking(true);
            break;
        case 5:
            status = 104;
            pContext->setDangerLevel(0);
            break;
        case 6:
            status = 105;
            pContext->setDangerLevel(1);
            pContext->setPadlockOpen(true);
            break;
        case 7:
            status = 201;
            pContext->setDangerLevel(1);
            break;
        case 8:
            status = 202;
            pContext->setDangerLevel(2);
            break;
        case 9:
            status = 203;
            pContext->setDangerLevel(3);
            break;
        case 10:
            status = 204;
            pContext->setDangerLevel(4);
            pContext->setPadlockOpen(false);
            break;
        case 11:
            status = 205;
            pContext->setDangerLevel(4);
            break;
    }
} else {
    timeOut = millis()/1000;
    pContext->setPadlockDetected(false);
    pContext->setLockpicking(false);
}
msgService.sendInfo(currentDistance, status, currentLevel, F("remote"));
}
}

```

Per la rilevazione della distanza della mano dal sensore è stata utilizzata la libreria **NewPing** 7.1.3.

Libreria NewPing

Caratteristiche

- Funziona con diversi modelli di sensori ad ultrasuoni: SR04, SRF05, SRF06, DYP-ME007 e Parallax PingTM;
- Non ha un **lag** di un secondo se non si riceve un ping di eco
- Ping coerente e affidabile fino a 30 volte al secondo.
- Timer interrupt method per sketch event-driven
- Metodo di filtro digitale Built-in `ping_median()` per facilitare la correzione degli errori.
- Utilizzo dei registri delle porte durante l'accesso ai pin per avere un'escuzione più veloce e dimensioni del codice ridotte.
- Consente l'impostazione di una massima distanza di lettura del ping "in chiaro".
- Facilita l'utilizzo di più sensori.
- Calcolo distanza preciso, in centimetri, pollici e uS.
- Non fa uso di `pulseIn`, in quanto lento e con alcuni modelli di sensore a ultrasuoni restituisce risultati errati.
- Attualmente in sviluppo, con caratteristiche che vengono aggiunte e bug/issues affrontati.

7.1.4 ButtonTask

Questo task controlla se è avvenuta la pressione del *button*. Finché il gioco non è finito è possibile stampare su terminale un messaggio che indica la posizione del lucchetto.

Se il gioco è finito, ma il bottone viene comunque premuto, si avvia una divertente *easter egg* legata al BuzzerTask e ad un famoso gioco degli anni '80...

7.1.5 BuzzerTask

Questo task controlla i suoni che il *buzzer* deve emettere attraverso il metodo `buzzerT0->buzzer->playSound(<num>)`

- Se il gioco non è finito e il lucchetto non è ancora stato trovato, viene emesso il suono 0;

- Se il gioco non è finito e il lucchetto è stato trovato, viene emesso il suono 1;
- Se il gioco è finito e il pulsante premuto, viene emesso il suono 2 (*easter egg*).

7.1.6 LedTask

Questo task controlla l'accensione e lo spegnimento del LED verde.

- Se il gioco non è finito e il lucchetto è stato trovato, il LED viene acceso;
- Se il gioco non è finito e il lucchetto non è ancora stato trovato, il LED viene spento.

7.1.7 LedPwmTask

Questo task gestisce il LED verde utilizzando il pin PWM grazie ai seguenti metodi:

- `ledPwmT0->ledPwm->setIntensity(<num>)` per gestire l'intensità luminosa (anche temporizzata) del LED;
- `ledPwmT0->ledPwm->switchOff()` per spegnere immediatamente il LED.

Analizzando questo task nel dettaglio:

- Se il lucchetto non è stato aperto e non è stato trovato:
 - si aumenta l'intensità del LED usando un ciclo `for` inizializzato a 64 (in modo da non partire dal LED completamente spento) per arrivare a 255 (valore massimo consentito).
 - al termine del ciclo il LED viene spento

L'obiettivo di questo frammento di codice è far capire al giocatore che il sistema è in funzione facendo illuminare e subito spegnere il LED, come se questo emettesse tanti flash luminosi.

- Se il gioco è finito:
 - si aumenta l'intensità del LED usando un ciclo `for` inizializzato a 10 (riducendo il tempo necessario per arrivare al massimo).
 - all'interno di questo ciclo è stato inserito un `delay` di 3 ms per rendere più visibile il dimmeraggio
 - al termine del ciclo `for`, il LED viene spento.

7.1.8 LedRgbTask

Questo task gestisce il funzionamento del LED RGB.

In fase di creazione prende in input i pin PWM dell'Arduino a cui è collegato fisicamente il LED RGB (costanti `LED_RGB_R`, `LED_RGB_G`, `LED_RGB_B`).

Funzionamento:

- Finché il gioco non è finito:
 - Se si è in fase di scasso, si imposta un colore nel costrutto `sswitch-case` in base al numero intero di `pContext->getDangerLevel()`
 - Nel dettaglio:
 - * 0 = **blu scuro** (inizio stato di scasso);
 - * 1 = **verde** (lucchetto sbloccato);
 - * 2 = **giallo** (attenzione, rischio di rompere il lucchetto);
 - * 3 = **rosa** (attenzione, elevato pericolo di rottura);
 - * 4 = **rosso** (rottura del lucchetto).
 - Altrimenti si imposta un colore ***light blue*** costante.

7.2 Scheduler

Lo Scheduler coordina e fa cooperare i task del sistema.

Al suo interno è presente il vettore `taskList[...]` in cui sono aggiunti i task da eseguire grazie al metodo `bool addTask(Task* task)`.

Nel caso in cui nello Scheduler non ci fossero task o fossero stati tutti bloccati, il sistema rimarrebbe apparentemente fermo (anche se in realtà il microcontrollore continuerebbe ad eseguire il suo `void loop()`).

Lo Scheduler è **cooperativo** in quanto una volta selezionato un task, questo viene eseguito fino al suo completamento (*run-to-completion*). Ad ogni tick della FSM vengono eseguite atomicamente le azioni associate al nuovo stato.

Lo scheduling è a **priorità statica**, in quanto ad ogni task viene assegnata una priorità che non cambia durante l'esecuzione. La si può considerare come definita implicitamente dall'ordine di inserimento dei task nella *task list*.

7.3 Context

La classe Context contiene tutti le variabili di stato del programma. I metodi al suo interno sono accessibili da tutti i task in modo da far evolvere il sistema.

Metodi di Context

- `bool isPadlockOpen()` : serve a sapere se il giocatore ha aperto il lucchetto;
- `void setPadlockOpen(bool padlockOpen)` : setting dello stato del lucchetto aperto/chiuso;
- `bool isPadlockDetected()` : serve a sapere se il giocatore ha trovato il lucchetto, cioè la distanza giusta dal sensore;
- `void setPadlockDetected(bool padlockDetected)` : set dello stato del padlock trovato o no;
- `void setCurrentDistance(int currentDistance)` : set della distanza del padlock da aprire;
- `int getCurrentDistance()` : restituisce la distanza a cui si trova la mano;
- `void setButtonPressed(bool buttonPressed)` : set dello stato del bottone, se premuto o no;
- `bool isButtonPressed()` : restituisce lo stato del bottone;
- `void setNewLevel()` : crea il nuovo livello da giocare;
- `uint8_t getDelta()` : margine di errore come scarto;
- `uint8_t getLevel()` : restituisce il livello a cui si sta giocando;
- `int getSecret()` : restituisce la distanza a cui si trova il lucchetto;
- `void newRandomNumber()` : genera un nuovo numero random;
- `void setGameOver(bool gameOver)` : setta lo stato del gioco, cioè se è finito o no;
- `bool isGameOver()` : restituisce lo stato del gioco, finito o no;
- `void setDangerLevel (uint8_t dangerLevel)` : set del livello di pericolo nello stato di scasso;
- `uint8_t getDangerLevel()` : restituisce il livello di pericolo nello stato di scasso;
- `void setLockpicking (bool state)` : set dello stato di scasso;
- `bool isLockpicking()` : indica se ci si trova nello stato di scasso;
- `void carousel(uint8_t delay1, uint8_t delay2)` : esegue un carosello temporizzato dei due LED a 12 pin.

7.4 Networking e Sicurezza

Il mondo embedded e IoT che si sta sviluppando in questi anni, grazie anche alla presenza sempre maggiore di dispositivi dal rapporto prestazioni/prezzo vantaggioso, avvicina molti *inesperti* al mondo dell'elettronica/informatica, permettendo una rapida diffusione e quindi lo sviluppo di nuove librerie e sistemi software orientati all'IoT. Questo *trend* si sta materializzando con l'avvento di un nuovo mercato sempre più vasto, composto da produttori di device dalle dimensioni ridotte che risultano essere performanti, economici, perfetti per realizzazioni embedded.

A causa di questo sviluppo, quasi incontrollato, in cui tutto può e viene collegato *online*, si è persa la visione della **sicurezza dei sistemi** (hardware e software). I primi attacchi a questi sistemi hanno avuto facilità di esecuzione e una rapidissima diffusione (una breve lista di attacchi a sistemi IoT nel 2015 <http://tinyurl.com/honlko2>).

In questo scenario, dalla parte dei produttori hardware si registra una mancanza o addirittura una resistenza nel supporto nella correzione di falle o al rilascio di aggiornamenti firmware, a causa di **codice proprietario non modificabile** o economicamente svantaggioso per l'azienda stessa. Per certi versi si potrebbe parlare di **obsolescenza programmata**.

Anche da parte degli utilizzatori dei sistemi finali, non si evince una particolare attenzione ai problemi relativi alla sicurezza a causa di scarse conoscenze del sistema in uso o del *closed source* dello stesso. È tristemente noto che lo sviluppo di questi dispositivi *perennemente connessi*, non prende quasi mai in considerazione le problematiche relative alla sicurezza derivata dalla connessione a sistemi più *fragili* o legate all'interazione con altri device (perdita di privacy o di prestazioni, utilizzo improprio di risorse di rete).

Jimmy Challenge è stato sviluppato garantendo la sicurezza del sistema e degli utenti che lo utilizzano. In questo capitolo verranno presentate alcune delle soluzioni adottate e le tecnologie utilizzate per l'implementazione dell'applicativo lato server. In generale si è preferito utilizzare esclusivamente software *open-source* (ove possibile).

7.4.1 Sistema Operativo

Il server (fisicamente un **Odroid C2**) esegue una distribuzione Arch Linux ARM a 64-bit. Questa distro, più *bleeding edge* per quanto riguarda l'upstream degli aggiornamenti, è sempre aggiornata all'ultima versione dei software disponibile, generalmente considerata più sicura, e fornisce una libertà maggiore per quanto riguarda la configurazione del sistema stesso.

Software orientato alla sicurezza installato

- SSH con autenticazione chiave pubblica-privata RSA;

- UFW come firewall per rendere disponibili soltanto alcuni servizi dall'esterno:
 - 80: Web Server;
 - 22: SSH;
 - 443: HTTPS.
- Cerbot (<https://certbot.eff.org/>) per i certificati SSL/TLS;
- Netdata (<https://github.com/firehol/netdata>) per una visualizzazione delle risorse del sistema da remoto.

Oltre all'installazione e alla configurazione dei software sono stati configurati diversi parametri per l'*hardening* del kernel tramite *sysctl* assieme ad un sistema di *logging* per registrare gli accessi.

7.4.2 NGINX e HTTPS

NGINX è un web server orientato alle performance, al ridotto consumo di risorse e alla facilità di configurazione. In un sistema come l'Odroid con potenza computazionale ridotta (rispetto ai classici web server) l'utilizzo di applicativi con ridotto consumo di risorse garantisce una maggiore reattività del sistema e un migliore risulto agli occhi dell'utente.

La configurazione di NGINX prende in considerazione tutti i maggiori problemi legati all'esposizione di un sito e di un web server in rete: buffer overflow, DDoS, bruteforcing, sniffing, etc. e cerca di mitigare o prevenire ogni tipo di attacco senza generare intralcio o rallentamenti all'utilizzo standard del web server. [link configuazione NGINX] Grazie a *Cerbot* è possibile ottenere certificati SSL/TLS gratuitamente e garantire un canale di comunicazione protetto tra client e server.

L'intera configurazione di NGINX cerca di essere compatibile con gli ultimi protocolli e limitare quelli obsoleti e poco sicuri, rischiando però di ridurre la compatibilità con il browser. Per garantire ulteriori performance NGINX è abilitato ad instaurare connessioni tramite il recente HTTP/2 con i client compatibili.

7.4.3 MySQL, Redis

Con **MySQL** si gestisce il database per lo storage delle credenziali degli utenti e la lista degli utenti connessi online. [link dump sql] Un event MySQL controlla periodicamente se un utente è ancora collegato o meno.

Redis è un applicativo per lo store di strutture dati chiave-valore in memoria. Il principale vantaggio di Redis è la sua velocità in lettura e scrittura e la facilità di utilizzo. Né MySQL né Redis sono esposti verso l'esterno ma entrambi sono protetti da password e configurati per rispettare il POLP (*principle of least privilege*).

7.4.4 Sito Web, back-end e API RESTful

Il sito web (sia front-end che back-end) è stato sviluppato tenendo a mente le linee guida del W3C e del OWASP. Da test dedicati non presenta lampanti vulnerabilità come XSS (*Cross-site scripting*), *clickjacking* o *session hijacking*.

Al fine di rendere l'applicativo il più possibile portatile, sono state implementate delle API RESTful in PHP7; sia l'applicativo Python lato client, sia il sito web (tramite AJAX) utilizzano queste API.

Una volta che un utente si è loggato, gli viene assegnato un JWT (JSON Web Signature) che deve essere validato ad ogni richiesta che farà l'utente da quel momento in poi. Questo *token* permette di verificare l'identità dell'utente ad ogni richiesta. Le API possono essere invocate solo tramite richieste POST e comunicano tramite messaggi JSON appositamente formattati.

In seguito al login effettuato, il sito web si presenta all'utente come un'unica pagina in cui è possibile inviare messaggi a tutti gli altri utenti collegati tramite una chat globale e selezionare un giocatore da sfidare.

Una volta iniziata una partita, nella view principale della pagina appariranno i dati relativi allo stato della partita dell'avversario. Ogni aggiornamento dello stato verso i client è effettuato tramite Server-Sent Events (SSE).

Grazie ai SSE, per mezzo di pattern **publish-subscribe**:

- si riducono i consumi di risorse computazionali
- si limita l'utilizzo della banda
- si eliminano i problemi di gestione di altre tecnologie come WebSocket o WebRTC.

Per farlo si instaura un canale mono direzionale verso il client, attivo solo in presenza di nuovi dati.

Per il back-end sono state utilizzate diverse librerie per fornire alcune funzionalità come i JWS e i SSE scelte appositamente per la loro compatibilità con gli ultimi standard e versioni di PHP al fine di garantire maggiori performance e sicurezza:

- **jose** (<https://github.com/namshi/jose>) per i JWS;
- **libSSE-php** (<https://github.com/licson0729/libSSE-php>) per SSE;
- **http-foundation** (<https://github.com/symfony/http-foundation>)
- **predis** (<https://github.com/nrk/predis>) come dipendenze di "libSSE-php".

Le interazioni tramite il database MySQL avvengono per mezzo di una connessione locale, utilizzando le varie tecniche di mitigazione per SQLi di primo e secondo livello fornite dal PHP.

Per proteggere la privacy degli utenti, le password sono salvate sul database come hash (usando bcrypt).

7.4.5 Python

Come anticipato nella relazione, per poter inviare al server i dati letti dalla seriale di Arduino è stato sviluppato uno script Python, in particolare **Python 3.5**.

Tenendo a mente la visione di utilizzare sistemi embedded e quindi dalle capacità computazionali ridotte rispetto ad un laptop o ad un PC desktop, si è deciso di utilizzare:

- **pyserial** (<https://github.com/pyserial/pyserial>) : per la lettura dei dati dalla seriale;
- **ujson** (<https://github.com/pyserial/pyserial>) : per la i messaggi JSON;
- **asyncio** (<https://github.com/python/asyncio>) : per eseguire le routine in maniera asincrona;
- **aiohttp** (<https://github.com/KeepSafe/aiohttp>) : come client per asyncio.

Per poter utilizzare lo script è necessario autenticarsi e ricevere il token JWS al fine di effettuare le richieste HTTP.

L'obiettivo di rendere completamente asincrono il codice ed eliminare il thread della libreria pyserial teoricamente sarebbe possibile utilizzando anche delle API per asyncio, ma al momento dello sviluppo del progetto queste soluzioni sono incomplete e non affidabili, quindi non sono state scartate.

Pyserial

La libreria **pyserial** consente la connessione all'Arduino tramite porta seriale e la lettura dei messaggi in maniera continua grazie all'utilizzo di un thread che agisce da produttore di messaggi per l'intero script.

L'elaborazione di questi messaggi viene effettuata da un routine che dopo aver *parsato* il messaggio li instrada al corretto destinatario. Se si deve inviare un messaggio al server, viene composto il messaggio in JSON e viene inviato tramite una richiesta HTTP POST al server.

Asyncio

A parte il thread creato per la lettura dei messaggi da Arduino, le altre *routine*, o meglio, *coroutine* sono eseguite all'interno dell'event loop di asyncio.

Asyncio fornisce una infrastruttura single-threaded per la scrittura di codice concorrente utilizzando coroutine, in particolare è consigliato per **programmi concorrenti IO-bound**.

Aiohttp

Aiohttp fornisce un supporto per richieste HTTP asincrone tramite l'infrastruttura messe a disposizione da asyncio.

Questo tipo di approccio:

- permette di ridurre i consumi di risorse;
- aumentare notevolmente le performance dell'applicazione.

Questo risultato si ottiene perché la maggior parte dell'esecuzione dello script è basata sull'invio di dati al server.

Appendice A

Elenco dei componenti utilizzati

A.1 Componenti hardware

- Componenti lato client:
 - Arduino UNO
 - Breadboard
 - Cavi di collegamento
 - Resistori
 - Sensore di prossimità ad ultrasuoni HC-SR04
 - Buzzer
 - Potenziometro
 - Multiplexer CD4067B
 - Button
 - LED verde
 - LED RGB
 - LED rosso 6 pin
 - LED giallo 6 pin
- Componenti lato server:
 - Odroid C2
 - Monitor LCD

A.2 Componenti software

Librerie Arduino:

- [NewPing](#)
- [ArduinoJson](#)

IDE utilizzati:

- [Atom](#) con [PlatformIO](#)
- [Arduino IDE](#) (per alcuni test sulla comunicazione seriale)

Linguaggi di sviluppo:

- Wiring/C++, per lo sketch Arduino lato client
- Python
- JSON per la codifica della comunicazione USB e remota
- HTML ...

Altro:

- [Fritzing](#) per lo schema di collegamento

Appendice B

Schema di collegamento

B.1 Sketch Arduino - lato client

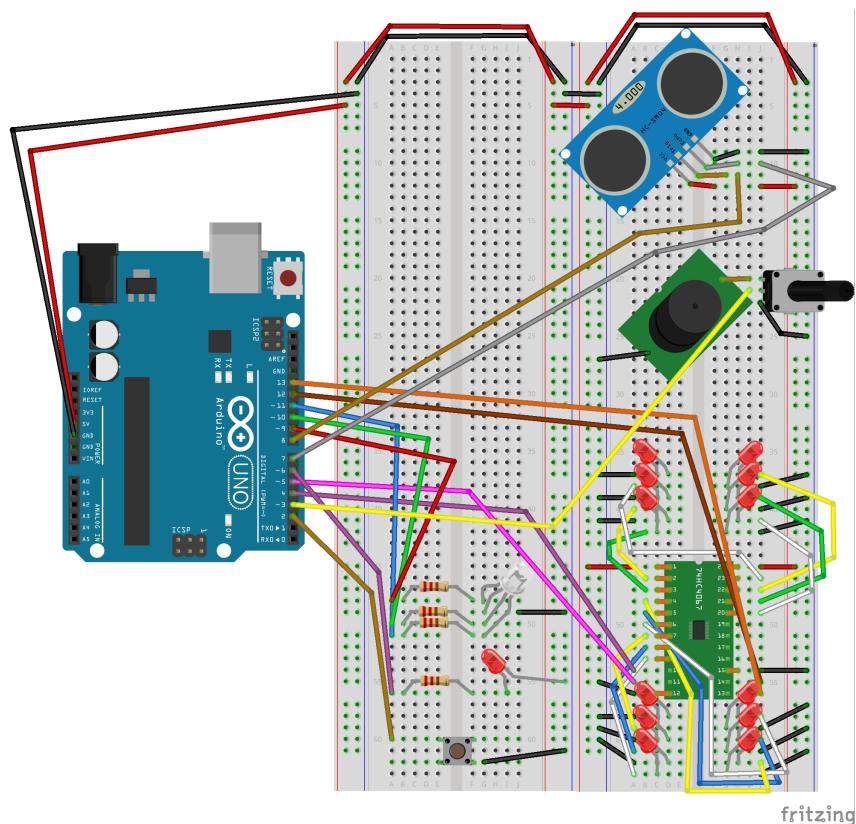


Figura B.1: Sketch Arduino - fritzing

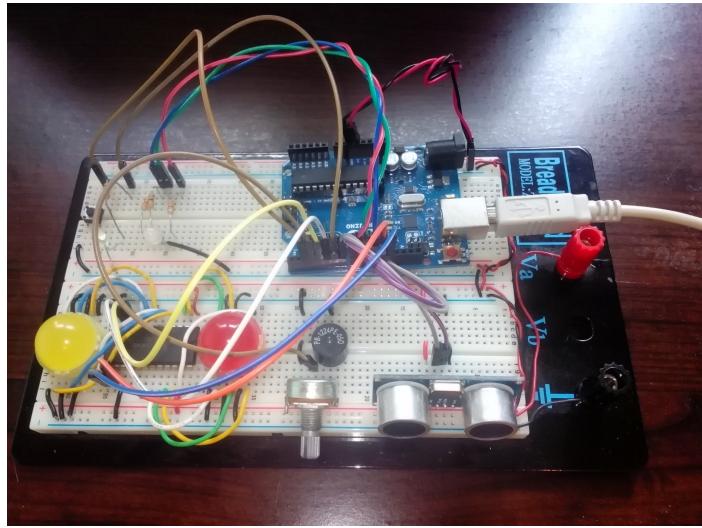


Figura B.2: Sketch Arduino - realizzazione reale

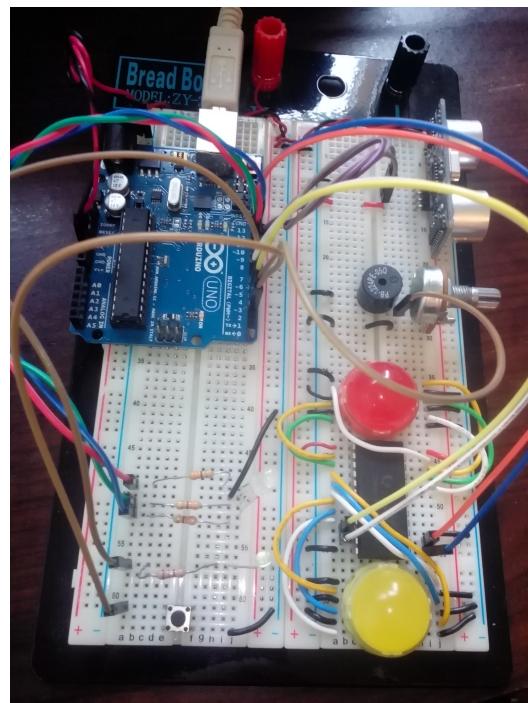


Figura B.3: Sketch Arduino - realizzazione reale

B.2 Sketch Odroid - lato server

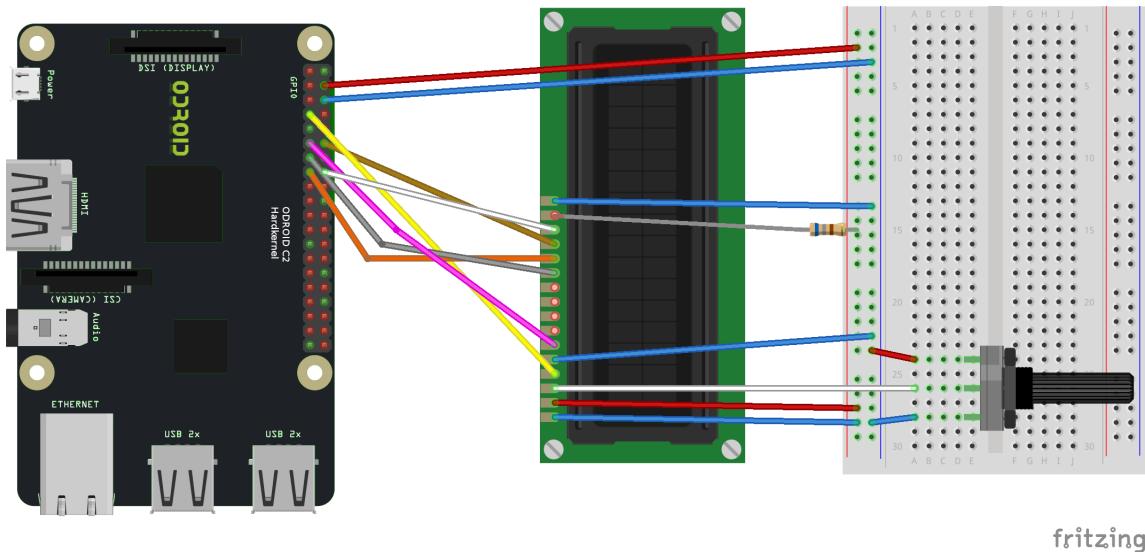


Figura B.4: Sketch Arduino - fritzing

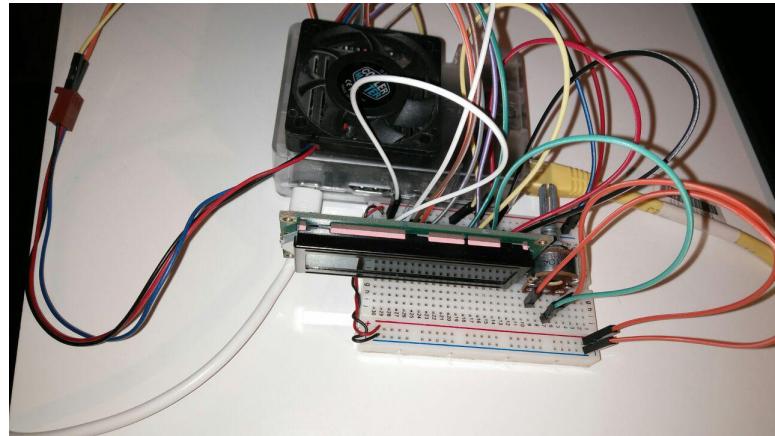


Figura B.5: Sketch Odroid - realizzazione reale

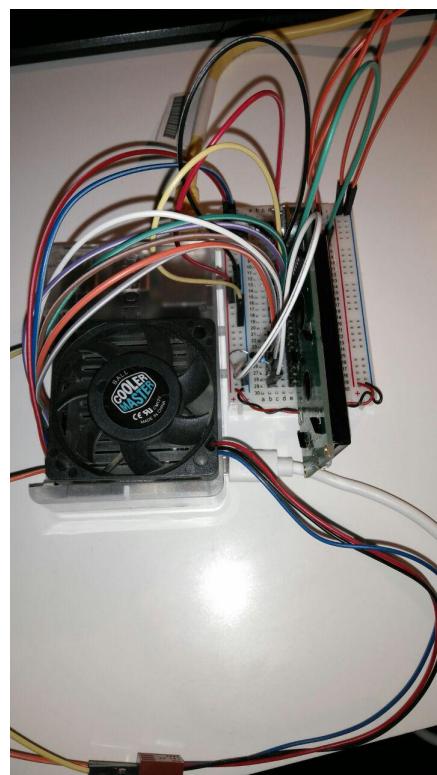


Figura B.6: Sketch Odroid - realizzazione reale