

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BERGAMO

Dipartimento di
Ingegneria

Corso di laurea in
Ingegneria Informatica

Classe n. LM-32 - Ingegneria informatica

Soluzione software per la raccolta dei parametri vitali da dispositivi wearable via API e per il follow-up clinico.

Candidato:
Andrea Roggeri

Relatore:
*Chiar.mo/Chiar.ma Prof. (Prof.ssa)
Nome Cognome*

Matricola n.
1079033

Correlatore (se applicabile):
Dott. (Dott.ssa) Nome Cognome

Anno Accademico 2024/2025

Ringraziamenti

Desidero ringraziare il Prof. Angelo Gargantini e la Prof.ssa. Silvia Bonfanti, relatore e correlatore di questa tesi, per la disponibilità e cortesia dimostratemi, e per tutto l'aiuto fornito durante la stesura.

Un sentito ringraziamento ai miei colleghi ed amici, per essermi stati vicini sia nei momenti difficili, sia nei momenti felici.

Vorrei infine ringraziare con affetto la mia famiglia per il sostegno ed il grande aiuto che mi hanno dato durante tutto il percorso universitario e per avermi permesso di perseguire i miei obiettivi.

Andrea Roggeri

Abstract

Questa soluzione rappresenta una piattaforma web progettata specificatamente per semplificare il rilevamento e la valutazione dei parametri vitali nel contesto sanitario. Progettata con Python e Flask, fornisce un sistema composto destinato a medici e personale sanitario che vogliono seguire, analizzare e valutare gli impatti delle terapie elaborate mediante monitoraggio dei parametri vitali.

La piattaforma include funzionalità come la connessione ai device wearable (Fitbit) mediante API, visualizzazione dei trend temporali e la generazione di rapporti clinici personalizzati. L'architettura modulare permette una chiara separazione della gestione dei dati, dell'interfaccia utente e delle funzionalità di sicurezza, fornendo scalabilità e manutenibilità del codice.

Tra le sue funzionalità include un sistema di osservazioni cliniche che permette ai dottori di annotare interpretazioni e note su specifiche sessioni di registrazione dei parametri vitali e favorisce la correlazione tra le terapie somministrate e la risposta fisiologica del paziente. La piattaforma permette inoltre una condivisione del paziente tramite identificatori univoci (UUID), consentendo la consultazione fra specialisti di discipline differenti, rispettando nel frattempo standard di sicurezza e tracciabilità mediante un sistema di audit completo.

Questa tesi esplora la progettazione, implementazione e validazione della soluzione concepita e il suo impatto potenziale su una concreta applicazione in campo sanitario.

Indice

1	Introduzione	1
1.1	Contesto e motivazione	1
1.2	Obiettivi del progetto	2
1.3	Struttura della tesi	3
2	Stato dell'arte	4
2.1	Piattaforme web per la salute	4
2.1.1	Soluzioni esistenti nel mercato	4
2.1.2	Limiti delle soluzioni attuali	5
2.2	Tecnologie per lo sviluppo web	6
2.2.1	Framework backend per applicazioni sanitarie	6
2.2.2	Tecnologie frontend per la visualizzazione di dati clinici	6
2.2.3	Database e persistenza dei dati sanitari	7
2.3	Integrazione con dispositivi di monitoraggio della salute	7
2.3.1	Protocolli di comunicazione per dispositivi wearable	7
2.3.2	OAuth 2.0 e autenticazione sicura	7
2.3.3	Piattaforme Fitbit e API disponibili	8
2.3.4	Altre piattaforme e loro integrazione	9
3	Analisi dei requisiti	10
3.1	Requisiti funzionali	10
3.1.1	Autenticazione e sicurezza - M	10
3.1.2	Gestione pazienti - M	10
3.1.3	Interfaccia Utente - M	11
3.1.4	API Base - M	11
3.1.5	Integrazione con Piattaforme Sanitarie - S	11
3.1.6	Osservazioni sui Parametri Vitali - S	11
3.1.7	Internazionalizzazione - S	12
3.1.8	Reportistica - S	12

3.1.9	Integrazione con Ulteriori Piattaforme Sanitarie - C	12
3.1.10	Collaborazione tra Medici - C	12
3.1.11	Autenticazione a Due Fattori - C	13
3.1.12	Analisi Avanzata dei Dati - C	13
3.1.13	Prescrizione Elettronica - W	13
3.1.14	Cartella Clinica Elettronica Completa - W	13
3.1.15	Telemedicina - W	14
3.1.16	App Mobile Dedicata - W	14
3.2	Requisiti non funzionali	14
3.2.1	Sicurezza e Privacy - M	14
3.2.2	Performance - M	14
3.2.3	Disponibilità - M	14
3.2.4	Usabilità - M	15
3.2.5	Scalabilità - S	15
3.2.6	Manutenibilità - S	15
3.2.7	Portabilità - S	15
3.2.8	Interoperabilità - S	16
3.2.9	Prestazioni Avanzate - C	16
3.2.10	Monitoraggio e Analytics - C	16
3.2.11	Supporto Offline - C	16
3.2.12	Testing Automatizzato - C	16
3.2.13	Supporto Legacy - W	17
3.2.14	Alta Disponibilità Geografica - W	17
3.2.15	Integrazione Enterprise Completa - W	17
3.2.16	Conformità Internazionale Completa - W	17
3.3	Casi d'uso	17
3.3.1	Attori principali	17
3.3.2	Gestione dei pazienti	18
3.3.3	Gestione dell'account	18
3.3.4	Visualizzazione dei parametri vitali	18
3.3.5	Gestione note	18
3.3.6	Gestione report	19
3.3.7	Integrazione con piattaforme sanitarie	19
3.3.8	Gestione delle osservazioni cliniche	19
3.4	User stories e scenari comuni principali	20
3.4.1	Registrazione e accesso	20
3.4.2	Importazione e gestione pazienti	20

3.4.3	Collegamento dispositivi wearable	21
3.4.4	Visualizzazione e interpretazione dei dati	21
3.4.5	Generazione e invio report	22
3.4.6	Visualizzazione degli audit	23
3.4.7	Modifica dati personali	23
4	Progettazione	24
4.1	Architettura del sistema	24
4.1.1	Architettura generale e componenti principali	24
4.1.2	Modularità e separazione delle responsabilità	24
4.1.3	Flusso dei dati e interazioni tra componenti	27
4.2	Design pattern	27
4.2.1	Pattern architetturali	27
4.2.2	Pattern di progettazione	28
4.3	Modello dei dati	28
4.3.1	Entità principali e relazioni - Schema ER	28
4.3.2	Enumerazioni e tipi di dati	29
4.4	Architettura del database	29
4.4.1	Schema relazionale	29
4.4.2	Strategia di migrazione	30
4.5	Interfaccia utente	30
4.5.1	Design responsivo e mobile-first	30
4.5.2	Componenti UI per la visualizzazione dei dati sanitari	30
4.5.3	Flow di navigazione	30
4.6	API e integrazione con sistemi esterni	30
4.6.1	RESTful API design	30
4.6.2	Integrazione OAuth con Fitbit	30
4.6.3	Sistema di caching temporaneo	30
4.6.4	Estendibilità per future piattaforme	30
5	Implementazione	31
5.1	Stack tecnologico	32
5.1.1	Backend: Python e Flask	32
5.1.2	ORM: SQLAlchemy	32
5.1.3	Frontend: HTML5, CSS3, JavaScript	32
5.1.4	Database: PostgreSQL	32
5.1.5	Containerizzazione: Docker	32
5.2	Struttura del codice	32

5.2.1	Organizzazione dei moduli	32
5.2.2	Struttura dei package	32
5.2.3	Convenzioni di codifica	32
5.3	Implementazione del backend	32
5.3.1	Modelli di dati e ORM	32
5.3.2	Autenticazione e gestione degli utenti	32
5.3.3	Implementazione delle API RESTful	32
5.3.4	Sistema di audit e logging	32
5.3.5	Integrazione con piattaforme sanitarie	32
5.3.6	Gestione delle osservazioni cliniche	32
5.4	Implementazione del frontend	32
5.4.1	Struttura delle pagine e componenti	32
5.4.2	Visualizzazione dei parametri vitali con grafici	32
5.4.3	Form per la gestione dei dati	32
5.4.4	Interfaccia per la generazione di report	32
5.5	Integrazione con API esterne	32
5.5.1	Flusso OAuth 2.0 per Fitbit	32
5.5.2	Gestione dei token e refresh	32
5.5.3	Recupero e processamento dei dati	32
5.5.4	Gestione degli errori e rate limiting	32
5.6	Sicurezza e autenticazione	32
5.6.1	Protezione degli endpoint	32
5.6.2	Gestione delle sessioni	32
5.6.3	JWT per autenticazione API	32
5.6.4	Logging di sicurezza e audit	32
6	Testing e Validazione	33
6.1	Strategia di testing	34
6.1.1	Approccio al testing	34
6.1.2	Ambienti di test	34
6.1.3	Automazione dei test	34
6.2	Unit testing	34
6.2.1	Test dei modelli	34
6.2.2	Test delle API	34
6.2.3	Test dei servizi	34
6.2.4	Mock e fixture	34
6.3	Integration testing	34
6.3.1	Test del flusso OAuth	34

6.3.2	Test del sistema di report	34
6.3.3	Test dell'integrazione con il database	34
6.4	User testing	34
6.4.1	Metodologia	34
6.4.2	Raccolta feedback	34
6.4.3	Risultati e miglioramenti	34
6.5	Validazione dei requisiti	34
6.5.1	Verifica dei requisiti funzionali	34
6.5.2	Analisi dei requisiti non funzionali	34
6.5.3	Completezza della soluzione	34
7	Deployment e Operations	35
7.1	Ambiente di deployment	36
7.1.1	Architettura dell'ambiente di produzione	36
7.1.2	Configurazione del server	36
7.1.3	Gestione delle variabili d'ambiente	36
7.2	Containerizzazione e orchestrazione	36
7.2.1	Docker e Docker Compose	36
7.2.2	Immagini e configurazione	36
7.2.3	Persistenza dei dati	36
7.3	Continuous Integration e Continuous Deployment	36
7.3.1	Pipeline CI/CD	36
7.3.2	Automazione dei test	36
7.3.3	Deployment automatizzato	36
7.4	Monitoraggio e logging	36
7.4.1	Strategia di logging	36
7.4.2	Monitoraggio delle performance	36
7.4.3	Gestione degli errori in produzione	36
8	Risultati e valutazione	37
8.1	Obiettivi raggiunti	38
8.1.1	Funzionalità implementate	38
8.1.2	Conformità ai requisiti	38
8.1.3	Innovazioni apportate	38
8.2	Metriche di performance	38
8.2.1	Tempo di risposta	38
8.2.2	Scalabilità e carico	38
8.2.3	Efficienza nell'uso delle risorse	38

8.3	Feedback degli utenti	38
8.3.1	Metodologia di raccolta feedback	38
8.3.2	Analisi delle risposte	38
8.3.3	Aree di miglioramento identificate	38
8.4	Limiti e problemi riscontrati	38
8.4.1	Sfide tecniche	38
8.4.2	Limitazioni delle API esterne	38
8.4.3	Compromessi di design	38
9	Conclusioni e sviluppi futuri	39
9.1	Conclusioni	39
9.1.1	Riepilogo del lavoro svolto	39
9.1.2	Contributi principali	39
9.1.3	Riflessione sul processo di sviluppo	39
9.2	Sviluppi futuri	39
9.2.1	Integrazione con ulteriori piattaforme sanitarie	39
9.2.2	Funzionalità avanzate di analisi predittiva	39
9.2.3	Espansione del sistema di reportistica	39
9.2.4	Applicazione mobile companion	39
9.3	Considerazioni personali	39
9.3.1	Apprendimenti chiave	39
9.3.2	Sfide personali	39
9.3.3	Valore aggiunto dell'esperienza	39
A	Glossario	40
B	Codice sorgente significativo	41
B.1	Modelli di dati	41
B.2	Autenticazione e sicurezza	41
B.3	Integrazione OAuth	41
B.4	Sistema di osservazioni	41
B.5	Generazione report	41
C	Diagrammi UML	42
C.1	Diagrammi dei casi d'uso	42
C.2	Diagrammi delle classi	42
C.3	Diagrammi di sequenza	42
C.4	Diagrammi di stato	42
C.5	Diagrammi delle attività	42

C.6	Diagrammi di deployment	42
C.7	Diagrammi ER	42

Capitolo 1

Introduzione

1.1 Contesto e motivazione

Negli ultimi anni, grazie all'avvento del COVID-19, si è assistito ad un'incremento della diffusione di tecnologie a distanza. In questo contesto, anche la telemedicina ha visto uno sviluppo considerevole. Si stima che la sua adozione sia raddoppiata in seguito alla pandemia nei paesi Ocse[1]. Per molti medici però, soprattutto nel contesto italiano nel quale più che in altri paesi la rottura con il passato è difficoltosa, l'adozione di tecnologie digitali per il monitoraggio dei pazienti risulta ancora poco affermata[2]. In molti casi, come ad esempio nel decorso post-operatorio, la rilevazione dei parametri vitali dei pazienti risulta quantomeno essenziale per una corretta formulazione di eventuali terapie e suggerimenti per una migliore guarigione. Risulta quindi chiaro che l'implementazione nel contesto sanitario di un sistema di monitoraggio remoto dei parametri vitali dei pazienti possa essere un grande aiuto per migliori diagnosi e terapie. È però necessario soffermarsi su alcuni aspetti che potrebbero rendere difficile l'adozione di tali tecnologie. Infatti, nonostante la disponibilità di dispositivi wearable, esistono ancora barriere significative all'integrazione di questi dispositivi nell'uso quotidiano in ambito clinico. Tra queste barriere possiamo trovare:

- Interoperabilità limitata tra dispositivi e sistemi clinici esistenti
- Frammentazione dei dati su piattaforme proprietarie non facilmente accessibili
- Mancanza di strumenti che facilitino l'analisi clinica dei dati raccolti
- Preoccupazioni relative alla sicurezza e alla privacy dei dati sanitari
- Necessità di standardizzazione nella raccolta e nell'analisi dei dati

In questo scenario, emerge la necessità di una piattaforma software integrata che permetta di colmare il divario tra i dispositivi wearable attualmente in commercio e i sistemi sanitari, consentendo ai medici di accedere, analizzare e valutare efficacemente i dati dei pazienti per migliorare diagnosi, trattamenti e follow-up clinico.

1.2 Obiettivi del progetto

Il progetto VitaLink nasce con l'obiettivo di sviluppare una piattaforma web in grado di fornire ai medici e agli operatori sanitari la possibilità di integrare nel loro flusso di lavoro un nuovo strumento, capace di semplificare e migliorare quello che è il monitoraggio dei parametri vitali dei pazienti. La piattaforma si propone di affrontare le problematiche sopra menzionate, fornendo un sistema integrato e modulare per la raccolta, l'analisi e la valutazione dei dati sanitari dei pazienti.

- **Raccolta e integrazione dei dati:** Sviluppare una piattaforma capace di interfacciarsi con le API di dispositivi wearable (inizialmente Fitbit nativamente) per raccogliere i dati senza la necessità di salvarli in maniera permanente, ma solo per il tempo necessario alla consultazione.
- **Visualizzazione e analisi:** Creare un'interfaccia intuitiva user-friendly che permetta ai professionisti sanitari di visualizzare, analizzare e interpretare i dati raccolti, identificando possibili anomalie e permettendo di formulare diagnosi e terapie adeguate.
- **Follow-up clinico strutturato:** Implementare un sistema di osservazioni cliniche che consenta ai medici di documentare interpretazioni e mettere in correlazione dati analizzati e eventuali terapie in atto.
- **Condivisione sicura dei dati:** Realizzare un meccanismo di condivisione dei pazienti tra diversi specialisti, garantendo sicurezza e privacy.
- **Generazione di report:** Sviluppare funzionalità per la creazione di report personalizzati che integrino osservazioni, note mediche e dati analizzati.
- **Scalabilità e flessibilità:** Progettare un'architettura modulare che permetta future implementazioni di altri dispositivi e facilitino l'integrazione di nuove funzionalità.

Il progetto si propone, in ultima battuta, di sviluppare un sistema integrabile senza difficoltà in sistemi già esistenti (come ad esempio Google Cloud e Amazon AWS) in maniera da rendere il più semplice possibile l'adozione.

1.3 Struttura della tesi

La tesi è strutturata in otto capitoli principali che seguono i principi dello sviluppo dell'ingegneria del software, seguiti da appendici tecniche.

- Il **Capitolo 1** introduce il contesto di sviluppo del progetto, le motivazioni e gli obiettivi.
- Il **Capitolo 2** esamina lo stato dell'arte delle piattaforme sanitarie digitali e le tecnologie di integrazione con dispositivi wearable.
- Il **Capitolo 3** approfondisce l'analisi dei requisiti funzionali e non funzionali, presentando casi d'uso e user stories.
- Il **Capitolo 4** descrive la progettazione del sistema, includendo l'architettura, i design pattern e il modello dei dati.
- Il **Capitolo 5** documenta l'implementazione, dettagliando lo stack tecnologico e la struttura del codice.
- Il **Capitolo 6** tratta il testing e la validazione del sistema.
- Il **Capitolo 7** illustra le strategie di deployment.
- Infine, il **Capitolo 8** valuta i risultati ottenuti e propone sviluppi futuri.

Le appendici includono un glossario tecnico, esempi di codice sorgente e diagrammi UML dettagliati.

Capitolo 2

Stato dell'arte

2.1 Piattaforme web per la salute

2.1.1 Soluzioni esistenti nel mercato

Ad oggi, nell'anno 2025, esistono numerose soluzioni che si propongono per fare da intermediarie tra i dispositivi wearable e i professionisti sanitari. Un'analisi di queste piattaforme risulta necessaria per comprendere le funzionalità da sviluppare e da offrire.

- **Validic:** *"Validic guida la trasformazione digitale con il più ampio ecosistema di dispositivi sanitari connessi, perfettamente integrati nelle cartelle cliniche elettroniche (EHR). Offriamo la soluzione di monitoraggio remoto dei pazienti più completa, con risultati comprovati su larga scala e un'IA generativa all'avanguardia."* [3].
- **Human API:** *"Human API è una piattaforma di dati sanitari controllata dai consumatori che offre ai tuoi utenti un modo semplice per connettersi e condividere i propri dati sanitari con la tua azienda, piattaforma o applicazione sanitaria. I nostri clienti aziendali (sia aziende sanitarie che start-up) utilizzano il nostro prodotto per creare e fornire app e servizi sanitari incentrati sui consumatori."* [4].
- **Health Mate di Withings:** *"Withings Health Mate è il modo migliore per tenere traccia dell'attività, del sonno, del peso e molto altro. Vedrai le tendenze, i progressi e riceverai coaching per aiutarti a migliorare nel tempo. Qualunque sia il tuo obiettivo di salute, troverai supporto nell'app Health Mate."* [5].
- **Mywellness:** *"Eliminando le barriere fra gli ambienti scelti dall'utente per praticare movimento e attività fisica, mywellness® cloud offre una gamma completa di*

applicazioni web e mobile, alle quali è possibile accedere dalle attrezzature Technogym e da qualsiasi dispositivo personale, che consente all'utente di gestire il proprio stile di vita e all'operatore di accedere a strumenti professionali per svolgere il proprio business in modo più efficace." [6].

- **Wellmo:** *"Wellmo è una piattaforma ecosistemica come servizio (PaaS). Con Wellmo, un orchestratore può rapidamente immettere sul mercato e migliorare costantemente servizi sanitari brandizzati e coinvolgenti forniti dai propri partner. Le funzionalità chiave della piattaforma Wellmo includono l'integrazione con centinaia di dispositivi sanitari connessi, un'app mobile e un'interfaccia web white label, un sistema di gestione dei contenuti, API di integrazione e analisi di utilizzo e risultati. Il percorso del cliente, la personalizzazione, la logica e i contenuti sono tutti configurabili, il che rende la creazione e il miglioramento dei servizi agili, convenienti e altamente produttivi. Wellmo, o una società di consulenza, può aiutare un orchestratore a implementare, migliorare e gestire i servizi."* [7].
- **LiVA Healthcare:** *"La nostra piattaforma digitale consente ai team sanitari di offrire programmi di stile di vita basati su prove concrete, aiutando i pazienti a gestire patologie a lungo termine attraverso comprovate tecniche di modifica del comportamento."* [8].
- **Doccla:** *"I servizi di monitoraggio clinico di Doccla offrono una supervisione continua, garantendo che qualsiasi segno di peggioramento venga rapidamente identificato e gestito. Il nostro servizio non solo migliora gli esiti clinici per i pazienti, ma riduce anche il carico clinico per i team sanitari, gestendo il monitoraggio di routine e implementando protocolli di escalation concordati. In qualità di fornitore regolamentato dal CQC, garantiamo i più elevati standard di assistenza e sicurezza."* [9].

2.1.2 Limiti delle soluzioni attuali

Nonostante la varietà di piattaforme disponibili, si riscontrano diverse limitazioni comuni:

- **Costo:** La maggior parte di queste soluzioni risulta essere chiusa come sistema, richiedendo costi piuttosto elevati per l'utilizzo.
- **Complessità di utilizzo:** Molte piattaforme, concentrandosi sul fornire servizi complessi e ricchi di funzionalità, trascurano l'aspetto della semplicità che può essere rilevante in un contesto di utilizzo per personale non specializzato nell'uso di tecnologie digitali.

- **Focus limitato:** Alcune piattaforme riducono la raccolta dati a categorie di parametri specifiche, senza offrire una visione olistica.

In questo contesto, VitaLink si pone l'obiettivo di colmare queste limitazioni e di sviluppare un sistema semplice ma efficace, in grado di gestire ogni tipo di dispositivo o di parametro vitale e soprattutto senza costi legati alla licenza.

2.2 Tecnologie per lo sviluppo web

2.2.1 Framework backend per applicazioni sanitarie

Esistono sul mercato molti framework per la gestione del backend; tra questi possiamo trovare[10]:

- **Django:** Uno dei framework più popolari per lo sviluppo di applicazioni web in Python.
- **Express:** Un framework minimalista per Node.js, molto utilizzato per API RESTful.
- **Flask:** Un framework leggero per Python molto documentato e facile da usare, senza che ciò faccia mancare sicurezza e flessibilità.
- **ASP.NET:** Un framework modulare open-source scritto in C Sharp.

2.2.2 Tecnologie frontend per la visualizzazione di dati clinici

Per il frontend, esistono una varietà di tecnologie che semplificano di molto la creazione di pagine responsive e interattive, permettendo agli sviluppatori di concentrarsi maggiormente sullo sviluppo effettivo del backend. Tra queste troviamo:

- **Bootstrap:** Il framework probabilmente più popolare per la creazione di pagine responsive e interattive. [11]
- **Flutter:** Un framework sviluppato da Google e ora open-source, per lo sviluppo cross-platform di soluzioni mobile, web e desktop. [12]
- **React:** Sviluppata da Facebook, è una libreria JavaScript per la creazione di interfacce utente. È molto popolare per la creazione di applicazioni web reattive. [13]

2.2.3 Database e persistenza dei dati sanitari

Dal punto di vista legislativo, in UE, è necessario rispettare le normative GDPR [14] per la privacy e la protezione dei dati personali. Soluzioni che permettono di garantire il soddisfacimento di tali imposizioni risultano essenziali. Tra DBMS più comuni per la conservazione dei dati possiamo trovare:

- **MySQL:** Uno dei DBMS relazionali più popolari al mondo. Progettato per massimizzare velocità, scalabilità e affidabilità. [15]
- **PostgreSQL:** Un'altro DBMS relazionale. A differenza di MySQL, supporta una maggiore flessibilità per quanto riguarda i tipi di dati, scalabilità e integrità dei dati. [16]
- **MongoDB:** Un DBMS non relazionale(noSQL) orientato ai documenti. Permette di memorizzare in maniera efficiente dati non strutturati o semi strutturati. [17]

2.3 Integrazione con dispositivi di monitoraggio della salute

2.3.1 Protocolli di comunicazione per dispositivi wearable

I dispositivi wearable, al giorno d'oggi, nella maggioranza dei casi necessitano ancora di sfruttare il collegamento con un dispositivo dotato di collegamento a internet per poter caricare i dati raccolti sul cloud. Lo standard adottato da quasi tutti i dispositivi wearable è il Bluetooth [18]. A questo vanno poi ad aggiungersi standard di nuova generazione come il Bluetooth Low Energy (BLE) [19], che permette di ridurre il consumo energetico e di aumentare la durata della batteria dei dispositivi e l'ANT+ [20].

2.3.2 OAuth 2.0 e autenticazione sicura

Per quanto riguarda l'autorizzazione per accedere alle API dei dispositivi wearable, lo standard più utilizzato è l'OAuth 2.0, il quale permette agli utenti di fornire l'accesso ai propri dati ad un servizio richiedente senza dover condividere i propri dati di accesso. Lo standard si basa sul concetto di token; il servizio richiedente, dopo aver ricevuto l'autorizzazione da parte dell'utente, riceve un token di accesso con il quale può richiedere i dati all'API del dispositivo wearable. Questo tipo di autenticazione permette di garantire la protezione dei dati sensibili ed evitare che i dati di accesso possano venire compromessi.

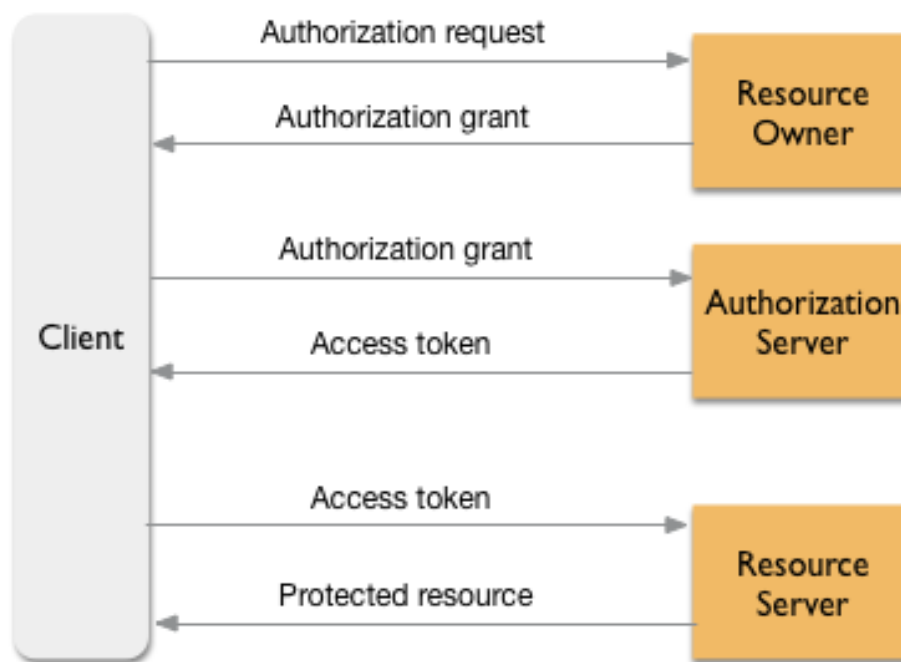


Figura 2.1: Flusso di autorizzazione OAuth 2.0 [28]

2.3.3 Piattaforme Fitbit e API disponibili

Fitbit è una marca di dispositivi wearable, acquisita nel 2019 da Google [21], che comprende una vasta gamma di prodotti i quali sono in grado di rilevare una grande quantità di dati. Una volta che l'utente ha connesso il proprio dispositivo alla piattaforma Fitbit, è possibile utilizzare una serie di API che permettono di accedere a tali dati. La piattaforma Fitbit adotta lo standard OAuth 2.0 per l'autenticazione. Tra i dati disponibili tramite le API Fitbit troviamo ad esempio:

- Battito cardiaco
- Calorie bruciate
- Calorie assunte
- Ossigenazione del sangue
- Attività fisica
- Sonno
- Temperatura corporea
- Temperatura della pelle

- Attività respiratoria

e molti altri.

Una nota da precisare è che quasi tutti i dati sono disponibili in formato intraday (ossia visibili con una frequenza che va da qualche secondo a pochi minuti), ma per accedere a questo livello di dettaglio è necessario mandare una richiesta speciale a Fitbit per entrare in possesso dell'autorizzazione necessaria alla loro consultazione [22].

2.3.4 Altre piattaforme e loro integrazione

In commercio, oltre ai dispositivi Fitbit, esiste una vasta gamma di prodotti wearable per il monitoraggio dei parametri vitali con vari livelli di funzionalità: dai più economici ai più costosi. Tra questi possiamo trovare:

- **Garmin Smartwatch:** Dispositivi molto avanzati dotati delle tecnologie più evolute per il monitoraggio. Molto adottati dagli sportivi. [15]
- **Apple Watch:** Orologi smart progettati per un'integrazione perfetta con l'ecosistema Apple. L'accesso ai dati di tali dispositivi risulta più difficoltosa che su altre tipologie di dispositivi in quanto per ottenere l'accesso ai dati risulta necessario un dispositivo Apple. [24]
- **Amazfit:** Dispositivi la cui feature principale è il prezzo. Risultano infatti molto più competitivi (in linea generale) dal punto di vista economico rispetto ai dispositivi sopra citati. [25]

Capitolo 3

Analisi dei requisiti

Per l'analisi dei requisiti (funzionali e non funzionali) è stata utilizzata la metodologia MoSCoW [26], la quale permette di classificare i requisiti in quattro categorie: Must have (M), Should have (S), Could have (C) e Won't have (W).

3.1 Requisiti funzionali

3.1.1 Autenticazione e sicurezza - M

- Il sistema deve fornire un meccanismo sicuro di registrazione per i medici e gli operatori sanitari.
- Gli utenti devono potersi autenticare tramite email e password.
- Il sistema deve supportare l'autenticazione API tramite token JWT.
- Le password devono essere memorizzate con crittografia sicura (libreria Werkzeug [27]).

3.1.2 Gestione pazienti - M

- I medici devono poter creare nuovi record paziente con informazioni anagrafiche di base.
- I medici devono poter visualizzare la lista di tutti i loro pazienti.
- I medici devono poter visualizzare i dettagli completi di un paziente.
- I medici devono poter modificare le informazioni dei loro pazienti.
- I medici devono poter aggiungere note mediche ai record dei pazienti

3.1.3 Interfaccia Utente - M

- Il sistema deve fornire una dashboard per i medici che mostri statistiche rilevanti.
- L'interfaccia deve essere accessibile tramite browser web standard.
- L'interfaccia utente deve essere responsiva per supportare diversi dispositivi.
- La navigazione deve essere intuitiva e coerente in tutta l'applicazione.

3.1.4 API Base - M

- Il sistema deve fornire API RESTful per le operazioni CRUD sui pazienti.
- Le API devono supportare la ricerca e il filtraggio dei pazienti.
- Le API devono essere protette tramite autenticazione JWT.
- Le risposte API devono seguire standard coerenti e gestire gli errori in modo appropriato.

3.1.5 Integrazione con Piattaforme Sanitarie - S

- Il sistema dovrebbe integrarsi con Fitbit per recuperare dati sui parametri vitali.
- I medici dovrebbero poter visualizzare i parametri vitali del paziente in formato grafico.
- Il sistema deve supportare l'autenticazione API tramite token JWT.
- Il sistema dovrebbe supportare l'autenticazione OAuth con le piattaforme sanitarie.

3.1.6 Osservazioni sui Parametri Vitali - S

- I medici dovrebbero poter creare osservazioni sui parametri vitali dei pazienti.
- I medici dovrebbero poter modificare e eliminare le loro osservazioni.
- Il sistema dovrebbe supportare diversi tipi di parametri vitali (frequenza cardiaca, pressione sanguigna, ecc.).
- Le osservazioni dovrebbero essere visualizzabili in modo cronologico.

3.1.7 Internazionalizzazione - S

- L'interfaccia utente dovrebbe essere disponibile in italiano e inglese.
- Il sistema dovrebbe consentire agli utenti di cambiare facilmente lingua.
- Date e numeri dovrebbero essere formattati in base alle convenzioni locali.
- I messaggi di errore dovrebbero essere localizzati.

3.1.8 Reportistica - S

- Il sistema dovrebbe generare report base sui dati dei pazienti.
- I report dovrebbero essere esportabili in formati standard (PDF).
- I report dovrebbero essere inviabili al paziente tramite email.
- I medici dovrebbero poter personalizzare alcuni parametri dei report.
- I report generati dovrebbero essere archiviati per consultazioni future.

3.1.9 Integrazione con Ulteriori Piattaforme Sanitarie - C

- Il sistema potrebbe integrarsi con Apple Health.
- Il sistema potrebbe integrarsi con Google Fit.
- Il sistema potrebbe integrarsi con Garmin Connect.
- Il sistema potrebbe supportare dispositivi medici Bluetooth LE.

3.1.10 Collaborazione tra Medici - C

- I medici potrebbero condividere l'accesso ai pazienti con altri medici.
- Il sistema potrebbe supportare commenti collaborativi sulle note mediche.
- I medici potrebbero ricevere notifiche quando ci sono aggiornamenti sui pazienti condivisi.
- Il sistema potrebbe tenere traccia di chi ha effettuato modifiche ai record.

3.1.11 Autenticazione a Due Fattori - C

- Il sistema potrebbe supportare l'autenticazione a due fattori via SMS.
- Il sistema potrebbe supportare l'autenticazione a due fattori via app mobile.
- L'utente potrebbe configurare le preferenze di sicurezza del proprio account.
- Il sistema potrebbe richiedere 2FA per operazioni sensibili.

3.1.12 Analisi Avanzata dei Dati - C

- Il sistema potrebbe implementare algoritmi di rilevamento anomalie nei parametri vitali.
- Il sistema potrebbe offrire suggerimenti basati sui trend dei dati.
- Il sistema potrebbe generare report comparativi tra pazienti anonimi.
- Il sistema potrebbe supportare la visualizzazione di correlazioni tra diversi parametri.

3.1.13 Prescrizione Elettronica - W

- Il sistema non supporterà la generazione di prescrizioni elettroniche.
- Non ci sarà integrazione con farmacie o sistemi di prescrizione nazionali.
- Non sarà possibile tracciare l'aderenza ai farmaci prescritti.
- Non ci sarà un modulo di gestione inventario farmaci.

3.1.14 Cartella Clinica Elettronica Completa - W

- Il sistema non sostituirà una cartella clinica elettronica completa.
- Non ci saranno moduli per la gestione di esami di laboratorio.
- Non ci sarà integrazione con sistemi ospedalieri.
- Non ci sarà supporto per la gestione di immagini diagnostiche.

3.1.15 Telemedicina - W

- Il sistema non includerà funzionalità di videoconferenza.
- Non ci sarà supporto per consultazioni remote in tempo reale.
- Non ci saranno strumenti per la pianificazione di visite virtuali.
- Non ci sarà integrazione con sistemi di pagamento per visite telematiche.

3.1.16 App Mobile Dedicata - W

- Non verrà sviluppata un'app mobile dedicata nella prima fase.
- I pazienti non avranno accesso diretto al sistema.
- Non ci sarà supporto per notifiche push su dispositivi mobili.
- Non ci sarà funzionalità offline per l'app mobile.

3.2 Requisiti non funzionali

3.2.1 Sicurezza e Privacy - M

- Tutti i dati personali dei pazienti devono essere crittografati a riposo.
- Deve essere implementato un sistema completo di log per gli audit di sicurezza.

3.2.2 Performance - M

- Il tempo di risposta per le operazioni di base deve essere inferiore a 2 secondi.
- Il sistema deve supportare almeno 1000 utenti concorrenti.
- Il caricamento della dashboard non deve richiedere più di 3 secondi.
- Il sistema deve supportare la gestione di almeno 100.000 record paziente.

3.2.3 Disponibilità - M

- Il sistema deve avere un uptime del 99,9% durante le ore lavorative.
- I backup del database devono essere eseguiti quotidianamente.

3.2.4 Usabilità - M

- L'interfaccia utente deve essere utilizzabile senza formazione specifica ed essere user-friendly.
- I flussi di lavoro principali non devono richiedere più di 3 clic.
- I messaggi di errore devono essere chiari e fornire indicazioni per la risoluzione.

3.2.5 Scalabilità - S

- L'architettura dovrebbe supportare lo scaling orizzontale.
- Il database dovrebbe gestire efficacemente l'aumento di volume dei dati.
- Le prestazioni non dovrebbero degradarsi significativamente con l'aumentare degli utenti.
- Il sistema dovrebbe implementare tecniche di caching per migliorare la reattività.

3.2.6 Manutenibilità - S

- Il codice dovrebbe seguire standard di codifica e best practice.
- La documentazione del codice dovrebbe essere completa e aggiornata.
- L'architettura dovrebbe essere modulare per facilitare gli aggiornamenti.
- Il sistema dovrebbe supportare aggiornamenti con tempi di inattività minimi.

3.2.7 Portabilità - S

- Il sistema dovrebbe funzionare sui principali browser web (Chrome, Firefox, Edge, Safari).
- L'interfaccia utente dovrebbe adattarsi a diverse risoluzioni dello schermo.
- Il sistema dovrebbe essere containerizzato per facilitare il deployment.
- Il backend dovrebbe funzionare su diversi sistemi operativi server.

3.2.8 Interoperabilità - S

- Le API dovrebbero seguire standard RESTful.
- Il sistema dovrebbe supportare almeno il formato JSON per lo scambio di dati.
- Il sistema dovrebbe utilizzare formati standard per date, orari e dati medici.

3.2.9 Prestazioni Avanzate - C

- Il sistema potrebbe implementare tecniche di precaricamento dei dati.
- L'interfaccia utente potrebbe utilizzare rendering lato server per il caricamento iniziale.
- Il sistema potrebbe implementare la compressione delle risposte API.
- Il database potrebbe essere ottimizzato con indici avanzati e strategie di partizionamento.

3.2.10 Monitoraggio e Analytics - C

- Il sistema potrebbe implementare dashboard di monitoraggio in tempo reale.
- Le metriche di prestazione potrebbero essere raccolte e analizzate.
- Il sistema potrebbe implementare alerting automatico per problemi prestazionali.
- Gli errori utente potrebbero essere tracciati per identificare problemi di usabilità

3.2.11 Supporto Offline - C

- L'interfaccia utente potrebbe implementare funzionalità progressive web app.
- I dati critici potrebbero essere memorizzati nella cache del browser.
- Il sistema potrebbe supportare la sincronizzazione dei dati dopo la riconnessione.
- Le modifiche potrebbero essere accodate quando offline.

3.2.12 Testing Automatizzato - C

- Il sistema potrebbe avere una copertura di test unitari superiore all'85%.
- Il sistema potrebbe implementare test di carico programmati.
- Il processo di CI/CD potrebbe includere test di sicurezza automatizzati.

3.2.13 Supporto Legacy - W

- Non ci sarà compatibilità con sistemi operativi obsoleti.
- Non verranno fornite versioni desktop standalone.

3.2.14 Alta Disponibilità Geografica - W

- Il sistema non implementerà il deployment multi-regione nella prima fase.
- Non ci sarà failover automatico tra diversi data center.
- Non ci sarà ottimizzazione per utenti in regioni geografiche specifiche.
- Non ci sarà un sistema di content delivery network globale.

3.2.15 Integrazione Enterprise Completa - W

- Non ci sarà supporto per Single Sign-On aziendale completo.
- Non ci sarà integrazione con sistemi ERP legacy.
- Non ci saranno connettori personalizzati per ogni sistema clinico.

3.2.16 Conformità Internazionale Completa - W

- Il sistema non sarà inizialmente certificato per standard internazionali come HIPAA.
- Non ci sarà supporto completo per tutti i requisiti normativi regionali.
- Non ci saranno localizzazioni complete per tutti i paesi.
- Non ci sarà certificazione FDA come dispositivo medico.

3.3 Casi d'uso

3.3.1 Attori principali

I principali attori del sistema risultano essere i medici e gli operatori sanitari, i quali si interfacciano con il sistema per la gestione dei pazienti e dei dati clinici. I pazienti non hanno accesso diretto al sistema, ma possono comunque ricevere via email i report generati e sono necessari nel flusso di autenticazione necessario per concedere l'accesso dei proprio dati al sistema.

3.3.2 Gestione dei pazienti

I medici e gli operatori sanitari possono:

- Visualizzare i pazienti.
- Creare nuovi pazienti.
- Importare pazienti tramite UUID.
- Visualizzare i dettagli di un paziente.
- Modificare i dettagli di un paziente.
- Eliminare un paziente(dissociandolo dal proprio account).

3.3.3 Gestione dell'account

I medici e gli operatori sanitari possono:

- Registrare un nuovo account.
- Eseguire il login.
- Eseguire il logout.

3.3.4 Visualizzazione dei parametri vitali

I medici e gli operatori sanitari possono:

- Visualizzare grafici dei parametri vitali.
- Visualizzare i parametri vitali in formato di tabelle.
- Selezionare un livello di dettaglio per la visualizzazione dei dati (1g, 7g, 30g, 90g).

3.3.5 Gestione note

I medici e gli operatori sanitari possono:

- Creare nuove note cliniche.
- Visualizzare note esistenti.
- Eliminare note(solo quelle create da loro).
- Visualizzare i dettagli di un paziente.

- Modificare i dettagli di un paziente.
- Eliminare un paziente.

3.3.6 Gestione report

I medici e gli operatori sanitari possono:

- Generare report specifici relativi ad un parametro vitale.
- Generare un report generale relativo a tutti i parametri vitali.
- Selezionare gli elementi(note, osservazioni, grafici) da includere nel report.
- Scaricare il report in formato PDF.
- Inviare una copia per email al paziente del report in formato PDF.

3.3.7 Integrazione con piattaforme sanitarie

I pazienti possono:

- Autorizzare la connessione del proprio account alla piattaforma.

La piattaforma su cui sono salvati i dati può:

- Revocare l'autorizzazione di accesso al sistema.

I medici e gli operatori sanitari possono:

- Generare un link valido 24h per permettere all'utente di fornire l'accesso da parte della piattaforma ai suoi dati.
- Reimuovere il collegamento alla della piattaforma alla piattaforma su cui sono salvati i dati.

3.3.8 Gestione delle osservazioni cliniche

I medici e gli operatori sanitari possono:

- Creare un'osservazione clinica relativa ad un parametro vitale e ad un periodo temporale specifico.
- Visualizzare le note esistenti per ciascun paziente.
- Eliminare un'osservazione clinica(solo quelle create da loro).

3.4 User stories e scenari comuni principali

3.4.1 Registrazione e accesso

- Il medico o il personale sanitario accede al sistema collegandosi tramite un browser al link fornitogli.
- Si presentano due opzioni: registrazione e login.
- Per registrarsi l'utente clicca sul collegamento "Nuovo medico? Registrati Qui"(La lingua effettiva dipende dalla localizzazione selezionata).
- L'utente, seguendo le richieste specificate nella pagina, compila i campi con i propri dati, facendo attenzione a rispettare i requisiti di sicurezza della password.
- Se tutto è stato inserito correttamente, non esistono altri account nel sistema con la stessa email e il sistema non ha restituito errori, dopo aver premuto il pulsante "Crea Account" l'utente viene registrato e reindirizzato alla pagina di login.
- L'utente può accedere al sistema inserendo la propria email e password.
- L'utente, se i dati sono corretti e se il sistema non ha restituito errori, dopo aver premuto il pulsante "Accedi" viene reindirizzato alla Dashboard del sistema.

3.4.2 Importazione e gestione pazienti

- Il medico o il personale sanitario accede e si trova davanti alla Dashboard.
- Decide di aggiungere un paziente: clicca sulla shortcut nella Dashboard "Nuovo Paziente" nel Menù Azioni rapide(oppure va nella pagina "Visualizza tutti i pazienti" e clicca sul pulsante "Aggiungi nuovo paziente").
- Nel form che si apre, l'utente compila i campi obbligatori richiesti e, se desidera, quelli opzionali.
- Dopo aver compilato il form, se i dati inseriti sono validi e se il sistema non ha restituito errori, dopo aver cliccato il pulsante "Salva Paziente" verrà creato un nuovo account.
- Dalla schermata "Visualizza tutti i pazienti" l'utente può importare un paziente esistente tramite UUID cliccando sul pulsante "Importa Paziente tramite UUID".
- Nel modale che si aprirà, l'utente inserirà il codice di associazione richiesto.

- Se il codice di associazione inserito è valido e associato ad un account paziente esistente (e se il sistema non ha restituito errori), dopo il click sul pulsante "Importa Paziente" il paziente verrà aggiunto alla lista dei pazienti seguiti dall'operatore.

3.4.3 Collegamento dispositivi wearable

- Il medico o il personale sanitario accede e si trova davanti alla Dashboard.
- Decide di collegare un dispositivo wearable al profilo di un paziente: clicca sul pulsante "Visualizza tutti i pazienti" e, sulla lista dei pazienti, clicca sul pulsante Azione "Visualizza i parametri vitali".
- Nella pagina che si trova davanti, l'utente clicca sul pulsante "Health Sync".
- Viene aperto un modale che mostra un QR Code (per permettere ad un paziente in visita al medico di collegarsi scansionandolo) ed un link testuale che può essere condiviso con il paziente tramite email o messaggio.
- Il paziente, una volta ricevuto il link, cliccando su di esso viene reindirizzato alla pagina di autorizzazione all'accesso ai propri dati da parte del sistema, la quale può essere raggiungibile per 24h (o comunque fino a che la procedura di autorizzazione non sarà riuscita). Se il link non dovesse essere più valido il paziente verrà informato di questo.
- Il paziente clicca sul servizio relativo al dispositivo che possiede (inizialmente saranno supportati solo i dispositivi Fitvbit).
- Si apre la pagina di login della piattaforma scelta, la quale dopo aver effettuato l'accesso chiede all'utente di autorizzare una certa serie di permessi al sistema richiedente.
- Una volta concessi, l'utente viene reindirizzato alla pagina dei servizi disponibili e gli viene comunicato l'esito dell'operazione(fallita o riuscita).
- Il medico è ora collegato al dispositivo del paziente e può visualizzare i dati relativi ai parametri vitali nella schermata in cui ha cliccato "Health Sync".

3.4.4 Visualizzazione e interpretazione dei dati

- Il medico o il personale sanitario accede e si trova davanti alla Dashboard.
- Clicca su "Visualizza tutti i pazienti" e clicca sull'azione "Visualizza Paziente".

- Qui il medico può intragire con le note relative al paziente, oltre che a visualizzare i relativi dati di registrazione.
- Clicca sul pulsante "Visualizza i parametri vitali" e si apre la pagina con i dati relativi ai parametri vitali del paziente.
- Il medico, dopo che è stato effettuato il collegamento al dispositivo wearable, può visualizzare i dati relativi ai parametri vitali in formato tabellare o grafico.
- Il medico può decidere il livello di dettaglio di visualizzazione dei dati andando a cliccare sul pulsante relativo al periodo scelto(1g, 7g, 30g, 90g).
- Il medico può cambiare il parametro vitale visualizzato cliccando sulla voce relativa al parametro vitale desiderato.

3.4.5 Generazione e invio report

- Il medico o il personale sanitario accede e si trova davanti alla Dashboard.
- Clicca su "Visualizza tutti i pazienti" e clicca sull'azione "Visualizza Parametri Vitali".
- Nella schermata che si apre, il medico visualizza i dati relativi ai parametri vitali del paziente.
- Nella sezione "Reports" il medico può scegliere di aprire la pagina di generazione del report relativa a tutti i parametri o a un singolo parametro vitale specifico.
- Se si sceglie su un parametro vitale specifico, la pagina verrà aperta con selezionato in automatico il grafico da includere nel report relativo al parametro vitale che era visualizzato nella pagina precedente(e con lo stesso livello di dettaglio).
- Se si sceglie su "Report Completo", la pagina verrà aperta con selezionati in automatico tutti i grafici relativi ai parametri vitali presenti(con il livello di dettaglio che era selezionato).
- In qualsiasi caso è possibile aggiungere o rimuovere parametri vitali e/o grafici. Inoltre è possibile aggiungere o rimuovere note cliniche e osservazioni cliniche.
- Il medico può inserire un messaggio opzionale riepilogativo con eventuali suggerimenti per il paziente.

- Il medico può selezionare di inoltrare una copia del report al paziente via email(solo se questa è stata inserita nel campo opzionale del paziente al momento della registrazione).
- Il medico clicca su "Genera Report PDF" e una copia PDF del report verrà scaricata sul dispositivo.
- Se selezionata l'opzione di invio email, il sistema invierà una copia del report anche al paziente tramite email.

3.4.6 Visualizzazione degli audit

- Il medico o il personale sanitario accede e si trova davanti alla Dashboard.
- Clicca sul pulsante "Visualizza i Log delle Attività" e sistema si apre la pagina con gli audit.
- Il medico visualizza una pagina con tutte le operazioni eseguite sugli utenti che esso segue (generati o importati) organizzate per "Azione" ed "Entità".
- Il medico può filtrare i dati per utente, Data(inizio e fine), tipo di azione, tipo di entità, paziente.
- Il medico può visualizzare dei grafici riepilogativi delle azioni eseguite in fondo alla pagina.

3.4.7 Modifica dati personali

- Il medico o il personale sanitario accede e si trova davanti alla Dashboard.
- Clicca sul pulsante in alto a destra col proprio nome.
- Nella tendina che si apre clicca su "Profilo".
- Si apre una pagina con i suoi dati personali.
- Per modificare i propri dati, il medico aggiorna i campi contenenti i vecchi dati con quelli nuovi e, verificando che questi soddisfino la validazione, clicca su "Aggiorna Profilo" (per i dati normali) o "Aggiorna passato" (per la password).
- Se i dati inseriti sono validi e il sistema non ha restituito errori, il medico riceve un messaggio che lo informa dell'avvenuto aggiornamento dei suoi dati.

Capitolo 4

Progettazione

4.1 Architettura del sistema

4.1.1 Architettura generale e componenti principali

VitaLink è strutturata come un'applicazione web progettata per essere altamente scalabile e modulare. Essa utilizza il Framework Flask (Python) per il backend, Bootstrap per il frontend e PostgreSQL come database relazionale (ma è possibile sostituirlo facilmente con un DBMS analogamente relazionale). La piattaforma è progettata per essere inizialmente accessibile solo tramite browser web, ma sono state inserite anche delle API per permettere l'integrazione futura con possibili app mobile o altri sistemi esterni.

4.1.2 Modularità e separazione delle responsabilità

La piattaforma è divisa in 15 moduli principali, ai quali vanno ad affiancarsi due moduli di supporto per la gestione delle migrazioni e per la compilazione delle traduzioni al momento dell'istanziamento di un container. Vi sono poi le directory dei file statici e dei template per quanto concerne il frontend, e la directory delle traduzioni per contenere le varie localizzazioni seguendo lo standard di Flask Babel. Infine nella root del progetto è presente la cartella dei test. La cartella contiene inoltre un file di configurazione per la creazione di un ambiente e la fornitura di funzioni per la gestione dei test.

- docs/ (cartella per la documentazione)
- app/
 - static/ (cartella per i file statici, come CSS e JavaScript)
 - * css/ (cartella per i file CSS)
 - custom.css (file CSS personalizzato per lo stile dell'applicazione)

- health_connect.css (file CSS specifico per lo stile della pagina di collegamento ai dispositivi)
- * img/ (cartella per le immagini)
 - fitbit-logo.png (logo di Fitbit)
 - apple-health-logo.png (logo di Apple Health)
 - health-connect-logo.png (logo di Google Health Connect)
- * js/ (cartella per i file JavaScript)
 - health_platforms.js
 - main.js
 - observations.js
 - patients.js
 - specific_report.js
 - translations.js
 - vital_charts.js
 - vitals.js
- templates/ (cartella per i template HTML)
 - * audit_logs.html
 - * base-no-session.html
 - * base.html
 - * dashboard.html
 - * health_connect_result.html
 - * health_connect.html
 - * login.html
 - * patient_detail.html
 - * patients.html
 - * patients.html
 - * profile.html
 - * register.html
 - * specific_report_form.html
 - * vitals.html
- translations/ (cartella per i file di traduzione)
 - * babel.cfg (file di configurazione per Babel)
 - * messages.pot (file di template per le traduzioni)

- * it/ (cartella per le traduzioni in italiano)
- __init__.py
- app.py (modulo di configurazione per l'applicazione e il database)
- audit.py (modulo per la gestione dei log di audit)
- auth.py (modulo per la definizione delle autorizzazioni)
- compile_translations.py (modulo per la compilazione delle traduzioni)
- email_utils.py (modulo per l'integrazione del servizio di API per l'invio di email)
- health_platforms_config.py (modulo per la definizione delle API delle piattaforme sanitarie da cui recuperare i dati)
- health_platforms.py (modulo per la configurazione del recupero dei dati dalle API definite in health_platforms_config.py)
- language.py (modulo per la gestione delle lingue)
- main.py (modulo punto di ingresso per l'applicazione)
- migrate.py (modulo per la gestione della migrazione del database. N.B che in caso di esecuzione locale è necessario configurare dapprima il database su psqI andando a creare user, password, db e fornendo i permessi all'utente creato su tale db)
- models.py (modulo per la definizione dei modelli del database)
- observations.py (modulo per la gestione delle osservazioni cliniche)
- reports.py (modulo per la generazione dei report)
- utils.py (modulo per le funzioni di utilità)
- views.py (modulo controller per le viste web)
- tests/
- Dockerfile (file di configurazione per la creazione dell'immagine Docker)
- docker-compose.yml (file di configurazione per la creazione e configurazione del container Docker)
- docker-entrypoint.sh (script di avvio del container Docker per la verifica della salute del DB)
- .env.example (file di esempio contenente la struttura necessaria per il settaggio dell'ambiente in ciascuna configurazione)

- `.env` (da configurare per sviluppo/test locale)
- `db_migrate.yml` (script di migrazione per migrazione automatica in ambiente Docker)
- `pyproject.toml` (file di configurabilità per la gestione delle dipendenze e dei test)
- `.dockerignore` (file per escludere file e cartelle dalla creazione dell'immagine Docker)
- `.gitignore` (file per escludere file e cartelle dalla gestione di Git)

4.1.3 Flusso dei dati e interazioni tra componenti

Il frontend interagisce con il backend mediante richieste HTTP alle API RESTful della piattaforma, ricevendo risposte in formato JSON. Queste API sono protette mediante autenticazione JWT o sessioni, facendo in modo che solo gli utenti autorizzati possano accedere ai dati. Il backend, implementato con Flask, gestisce tali richieste attraverso moduli specializzati come `auth.py` per l'autenticazione, `views.py` per le viste web e `api.py` per gli endpoint REST. I dati rimangono immagazzinati nel database PostgreSQL, accessibile tramite l'ORM SQLAlchemy [29] che astrae le interazioni a livello SQL. Una componente chiave per l'obiettivo della piattaforma è il modulo `health_platforms.py` che gestisce l'integrazione con servizi esterni come Fitbit mediante OAuth 2.0: quando un paziente autorizza l'accesso ai propri dati, il sistema riceve token di accesso e refresh che vengono memorizzati e associati al profilo dell'utente interessato. Successivamente, il sistema può recuperare i dati sanitari chiamando le API esterne, elaborarli secondo le regole in `health_platforms_config.py` e memorizzarli temporaneamente nella cache per ottimizzare le prestazioni e ridurre le chiamate API (mitigando la possibilità di incorrere in blocchi).

4.2 Design pattern

Tra i pattern architetturali adottati nel progetto possiamo citare i più rilevanti.

4.2.1 Pattern architetturali

- MVC (Model-View-Controller): separa la logica di business dalla presentazione, dell'interazione con la base di dati e della logica di controllo.

- Function Organization Pattern : ogni modulo è organizzato in funzioni, ciascuna delle quali ha una responsabilità specifica e coerente con la natura del modulo stesso.

4.2.2 Pattern di progettazione

- Factory Pattern: utilizzato per creare oggetti in una superclasse, permettendo alle sottoclassi di alterare il tipo di oggetto creato.
- Strategy Pattern: permette di definire una famiglia di algoritmi incapsulati in classi separate.
- Decorator Pattern: permette di aggiungere responsabilità aggiuntive ad un oggetto senza modificarne la struttura.

4.3 Modello dei dati

Per il modello dei dati è stato scelto un'approccio relazionale in quanto non vi è una particolare necessità di un modello noSQL, essendo i dati sanitari di tipo strutturato e relazionabile.

4.3.1 Entità principali e relazioni - Schema ER

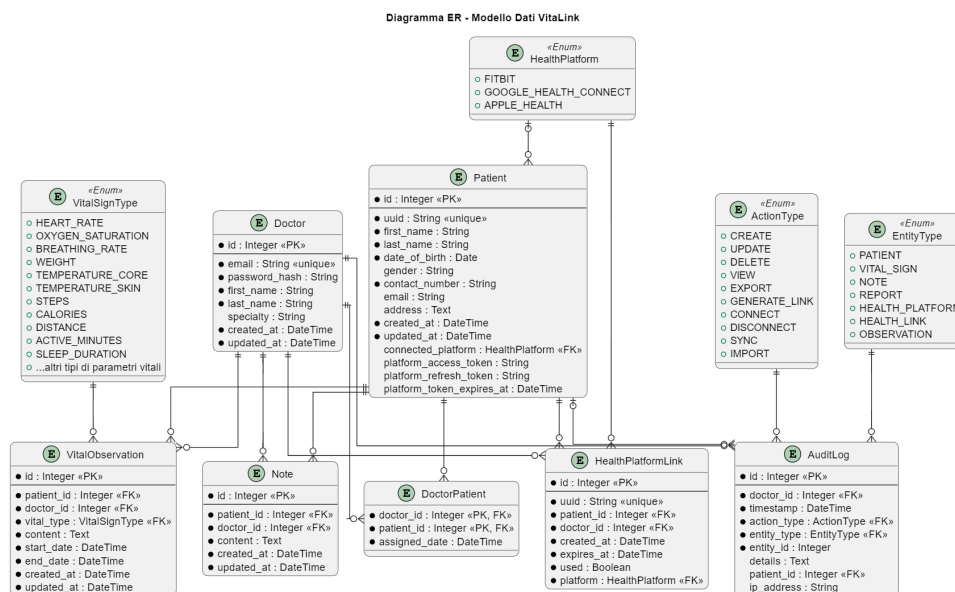


Figura 4.1: Schema ER completo del database

4.3.2 Enumerazioni e tipi di dati

È stato scelto di utilizzare i tipi di dati standard di PostgreSQL per la definizione dei campi del database, in quanto sono sufficienti a soddisfare gli obiettivi perseguiti. Sono presenti 4 Enum nel database utilizzati per casi specifici per garantire l'integrità dei dati e limitare i valori possibili ad un insieme predefinito di costanti.

- Tipi di parametri vitali
- Tipo di piattaforma sanitaria
- Tipo di attività per l'audit
- Tipo di entità per l'audit

4.4 Architettura del database

È stato scelto PostgreSQL come DBMS relazionale in quanto risulta essere uno dei più diffusi e supportati dalle piattaforme per il deployment. Non è comunque esclusa la possibilità di poter riconfigurare il sistema per l'utilizzo di un altro DBMS relazionale, come ad esempio MySQL o Microsoft SQL Server.

4.4.1 Schema relazionale

Per ovvie ragioni s

4.4.2 Strategia di migrazione

4.5 Interfaccia utente

4.5.1 Design responsivo e mobile-first

4.5.2 Componenti UI per la visualizzazione dei dati sanitari

4.5.3 Flow di navigazione

4.6 API e integrazione con sistemi esterni

4.6.1 RESTful API design

4.6.2 Integrazione OAuth con Fitbit

4.6.3 Sistema di caching temporaneo

4.6.4 Estendibilità per future piattaforme

Capitolo 5

Implementazione

5.1 Stack tecnologico

5.1.1 Backend: Python e Flask

5.1.2 ORM: SQLAlchemy

5.1.3 Frontend: HTML5, CSS3, JavaScript

5.1.4 Database: PostgreSQL

5.1.5 Containerizzazione: Docker

5.2 Struttura del codice

5.2.1 Organizzazione dei moduli

5.2.2 Struttura dei package

5.2.3 Convenzioni di codifica

5.3 Implementazione del backend

5.3.1 Modelli di dati e ORM

5.3.2 Autenticazione e gestione degli utenti

5.3.3 Implementazione delle API RESTful

5.3.4 Sistema di audit e logging

5.3.5 Integrazione con piattaforme sanitarie

5.3.6 Gestione delle osservazioni cliniche

Capitolo 6

Testing e Validazione

6.1 Strategia di testing

6.1.1 Approccio al testing

6.1.2 Ambienti di test

6.1.3 Automazione dei test

6.2 Unit testing

6.2.1 Test dei modelli

6.2.2 Test delle API

6.2.3 Test dei servizi

6.2.4 Mock e fixture

6.3 Integration testing

6.3.1 Test del flusso OAuth

6.3.2 Test del sistema di report

6.3.3 Test dell'integrazione con il database

6.4 User testing

6.4.1 Metodologia

6.4.2 Raccolta feedback

6.4.3 Risultati e miglioramenti

Capitolo 7

Deployment e Operations

7.1 Ambiente di deployment

7.1.1 Architettura dell'ambiente di produzione

7.1.2 Configurazione del server

7.1.3 Gestione delle variabili d'ambiente

7.2 Containerizzazione e orchestrazione

7.2.1 Docker e Docker Compose

7.2.2 Immagini e configurazione

7.2.3 Persistenza dei dati

7.3 Continuous Integration e Continuous Deployment

7.3.1 Pipeline CI/CD

7.3.2 Automazione dei test

7.3.3 Deployment automatizzato

7.4 Monitoraggio e logging

7.4.1 Strategia di logging

7.4.2 Monitoraggio delle performance

7.4.3 Gestione degli errori in produzione

Capitolo 8

Risultati e valutazione

8.1 Obiettivi raggiunti

8.1.1 Funzionalità implementate

8.1.2 Conformità ai requisiti

8.1.3 Innovazioni apportate

8.2 Metriche di performance

8.2.1 Tempo di risposta

8.2.2 Scalabilità e carico

8.2.3 Efficienza nell'uso delle risorse

8.3 Feedback degli utenti

8.3.1 Metodologia di raccolta feedback

8.3.2 Analisi delle risposte

8.3.3 Aree di miglioramento identificate

8.4 Limiti e problemi riscontrati

8.4.1 Sfide tecniche

8.4.2 Limitazioni delle API esterne

8.4.3 Compromessi di design

Capitolo 9

Conclusioni e sviluppi futuri

9.1 Conclusioni

9.1.1 Riepilogo del lavoro svolto

9.1.2 Contributi principali

9.1.3 Riflessione sul processo di sviluppo

9.2 Sviluppi futuri

9.2.1 Integrazione con ulteriori piattaforme sanitarie

9.2.2 Funzionalità avanzate di analisi predittiva

9.2.3 Espansione del sistema di reportistica

9.2.4 Applicazione mobile companion

9.3 Considerazioni personali

9.3.1 Apprendimenti chiave

9.3.2 Sfide personali

9.3.3 Valore aggiunto dell'esperienza

Appendice A

Glossario

API Application Programming Interface

CI/CD Continuous Integration/Continuous Deployment

JWT JSON Web Token

MVC Model-View-Controller

OAuth 2.0 Protocollo di autorizzazione standard dell'industria

ORM Object-Relational Mapping

REST Representational State Transfer

UI User Interface

UML Unified Modeling Language

UUID Universally Unique Identifier

Appendice B

Codice sorgente significativo

B.1 Modelli di dati

B.2 Autenticazione e sicurezza

B.3 Integrazione OAuth

B.4 Sistema di osservazioni

B.5 Generazione report

Appendice C

Diagrammi UML

C.1 Diagrammi dei casi d'uso

C.2 Diagrammi delle classi

C.3 Diagrammi di sequenza

C.4 Diagrammi di stato

C.5 Diagrammi delle attività

C.6 Diagrammi di deployment

C.7 Diagrammi ER

Bibliografia

- [1] MSD, Salute. (2025, January 23). *Telemedicina. Ocse: "Raddoppiato il suo uso dopo la pandemia"*. MSD Salute. <https://msdsalute.it/approfondimenti/notizie/telemedicina-ocse-raddoppiato-il-suo-uso-dopo-la-pandemia/>
- [2] Anastasio, P. (2023, February 8). *Sanità digitale, Italia in ritardo. 'Serve collaboration e telemedicina.'* Key4biz. <https://www.key4biz.it/sanita-digitale-italia-ancora-indietro-puntare-su-collaboration-e-telemedicina/434361/>
- [3] *An EHR-integrated solution for remote patient care.* (n.d.). Validic. <https://www.validic.com/>
- [4] *What is Human API?* (n.d.). Human API. <https://reference.humanapi.co/docs/overview>
- [5] *Health Mate by Withings - La migliore app per monitorare la tua attività, peso e altro.* (n.d.). Withings. <https://www.withings.com/it/it/health-mate>
- [6] SPA, T. (n.d.). *mywellness*. <https://www.mywellness.com/cloud/>
- [7] Wellmo Mobile Wellness Solutions MWS Oy. (2025, May 6). *Platform and mobile app for personalised digital health services.* Wellmo. <https://www.wellmo.com/>
- [8] *Improving lives through digital health coaching | LiVA Healthcare.* (n.d.). <https://www.livahealthcare.com/>
- [9] *Doccla – Europe's leading virtual care solution.* (n.d.). <https://www.doccla.com/>

- [10] GeeksforGeeks. (2024, December 10). *Top 7 Backend development Frameworks [2025 Updated]*. GeeksforGeeks. <https://www.geeksforgeeks.org/frameworks-for-backend-development/>
- [11] Contributors, M. O. J. T. a. B. (n.d.). *Bootstrap*. <https://getbootstrap.com/>
- [12] *Flutter - Build apps for any screen*. (n.d.) <https://flutter.dev/>
- [13] *React*. (n.d.). <https://react.dev/>
- [14] Altalex, R. (2019, February 22). *GDPR - Regolamento generale sulla protezione dei dati*. Altalex. <https://www.altalex.com/documents/codici-altlex/2018/03/05/regolamento-generale-sulla-protezione-dei-dati-gdpr>
- [15] *MySQL*. (n.d.). <https://www.mysql.com/it/>
- [16] PostgreSQL. (2025, May 7). *PostgreSQL*. <https://www.postgresql.org/>
- [17] *MongoDB: the world's leading modern database*. (n.d.). MongoDB. <https://www.mongodb.com/>
- [18] *Bluetooth App development: The role of Bluetooth in wearable technology | By Summer Swann | Connected Devices | Yeti LLC*. (n.d.). <https://www.yeti.co/blog/bluetooths-role-in-wearable-technology>
- [19] contributori di Wikipedia. (2025, March 21). *Bluetooth Low energy*. Wikipedia. https://it.wikipedia.org/wiki/Bluetooth_Low_Energy
- [20] contributori di Wikipedia. (2022, March 8). *ANT+*. Wikipedia. <https://it.wikipedia.org/wiki/ANT%2B>
- [21] contributori di Wikipedia. (2024, April 15). *Fitbit*. Wikipedia. <https://it.wikipedia.org/wiki/Fitbit>
- [22] *Fitbit Development: Intraday*. (n.d.). <https://dev.fitbit.com/build/reference/web-api/intraday/>
- [23] *Smartwatch | Orologi per lo Sport | GARMIN*. (n.d.). <https://www.garmin.com/it-IT/c/wearables-smartwatches/>
- [24] Apple. (n.d.). *Apple Watch*. Apple (Italia). <https://www.apple.com/it/watch/>

- [25] amazfit-it. (2025, April 30). *Amazfit Italia | Negozio online ufficiale*. Amazfit-it.
<https://it.amazfit.com/>
- [26] contributori di Wikipedia. (2024, September 5). *Metodo MOSCOW*. Wikipedia.
https://it.wikipedia.org/wiki/Metodo_MoSCoW
- [27] *Werkzeug — Werkzeug Documentation (3.1.x)*. (n.d.). <https://werkzeug.palletsprojects.com/en/stable/>
- [28] Google Cloud. (n.d.). *Flusso di autorizzazione OAuth 2.0*. Google Cloud Api-gee. <https://cloud.google.com/static/apigee/docs/api-platform/images/oauth-abstract.png>
- [29] SQLAlchemy. (n.d.). <https://www.sqlalchemy.org/>