



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BRESCIA

ESAME DI STATO DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
(Lauree Specialistiche D.M. 509/99 - Lauree Magistrali D.M. 270/04 - Lauree Vecchio Ordinamento)

SEZIONE A - Prima sessione 2019

PRIMA PROVA SCRITTA DEL 13 GIUGNO 2019

SETTORE DELL'INFORMAZIONE

Tema n. 1:

Nell'ambito della realizzazione di sistemi per l'acquisizione, l'elaborazione e la trasmissione della informazione, il candidato descriva in modo approfondito e discuta criticamente una delle seguenti tematiche (si indichi chiaramente la tematica prescelta all'inizio dell'elaborato):

- Descrizione delle caratteristiche metrologiche della strumentazione di misura;
- Problematiche e soluzioni dei sistemi di misura in ambienti con elevati disturbi elettrici;
- Descrizione delle tecniche di filtraggio nei sistemi di misura e delle relative tecnologie realizzative.

Tema n. 2:

Nell'ambito della realizzazione di sistemi per la trasmissione e la ricezione dell'informazione, il candidato descriva in modo approfondito le tecnologie e metodologie elettroniche, informatiche e di telecomunicazioni che possono essere utilizzate, facendo riferimento a una o più delle seguenti tematiche (si indichi chiaramente la tematica prescelta all'inizio dell'elaborato):

- Aspetti fondamentali e problematiche della propagazione in fibra ottica;
- Descrizione delle caratteristiche delle principali tipologie di reti di telecomunicazione disponibili a livello locale e metropolitano;
- Tecniche e principali campi applicativi relativi alla classificazione dei contenuti di immagini e video digitali.

Tema n. 3:

Nell'ambito della realizzazione di sistemi per l'acquisizione, l'elaborazione e la trasmissione dell'informazione, il candidato descriva in modo approfondito e discuta criticamente (evidenziandone anche accuratamente i pregi e i difetti) le tecnologie e le metodologie elettroniche, informatiche e di telecomunicazioni applicabili, facendo riferimento a una o più delle seguenti tematiche (si indichi chiaramente la tematica prescelta all'inizio dell'elaborato):

- progettazione del software e dei dati per la realizzazione di portali di Web, anche con eventuale riferimento allo sviluppo di interfacce uomo-macchina;
- progettazione di un sistema intelligente per il supporto alle decisioni;
- architetture per la gestione di basi di dati distribuite.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BRESCIA

ESAME DI STATO DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
(Lauree Specialistiche D.M. 509/99 - Lauree Magistrali D.M. 270/04 - Lauree Vecchio Ordinamento)

SEZIONE A - Prima sessione 2019

SECONDA PROVA SCRITTA DEL 21 GIUGNO 2019

SETTORE DELL'INFORMAZIONE

Classi di laurea appartenenti al settore:

LM/32 - Ingegneria informatica e Ingegneria informatica V.O. ante DM 509/99;

LM/29 - Ingegneria elettronica;

LM/27 - Ingegneria delle telecomunicazioni.

Tema n. 1 (classe LM/27 – Ingegneria delle telecomunicazioni; classe LM/29 - Ingegneria elettronica; classe LM/32 - Ingegneria informatica e Ingegneria informatica V.O. ante DM 509/99):

Il candidato consideri un sistema di trasmissione dati cablato. In particolare, si discutano le problematiche relative alla propagazione dei segnali su fibra ottica, descrivendo:

- 1) le principali caratteristiche e le differenze tra fibre ottiche monomodali e multimodali;
- 2) i fenomeni di attenuazione e le cause e possibili soluzioni per minimizzare il loro impatto;
- 3) il fenomeno della dispersione e le sue conseguenze sulla trasmissione dati;
- 4) gli effetti non-lineari in fibra ottica.

Tema n. 2 (classe LM/32 - Ingegneria informatica e Ingegneria informatica V.O. ante DM 509/99):

Il candidato descriva la progettazione di massima delle componenti di un sistema informatico che consenta l'acquisto on-line di biglietti per eventi sportivi calcistici. Un evento sportivo (per esempio, una partita di Serie A o di una competizione europea) si svolge in una sola data e in certo impianto sportivo e per ogni evento si possono prenotare diverse tipologie di posti a diverso prezzo, dalla tribuna alla curva. Il sistema deve prevedere l'uso di carta di credito o PayPal per il pagamento dei biglietti, oppure consentire la prenotazione on-line e il ritiro dei biglietti presso uno dei centri autorizzati. Inoltre, il sistema deve permettere all'utente di scegliere i posti e di annullare la prenotazione effettuata fino ad una settimana dall'evento, pagando il 5% di penale. Infine, il sito deve offrire un servizio di messaggistica via e-mail per avvisare tempestivamente l'utente di eventuali variazioni nell'organizzazione dell'evento o per spedire newsletter e pubblicità.

Il candidato evidenzi debitamente i punti critici del sistema da realizzare, con particolare riferimento alle problematiche di sicurezza dei dati e gestione dei dati sensibili, problematiche di usabilità dell'applicazione, problematiche di salvataggio robusto dei dati, accorgimenti per garantire la disponibilità del servizio 24h/24h e 7g/7g, problematiche legate al corretto dimensionamento del sistema e al sovraccaricamento della rete, problematiche legate all'uso del sistema su diversi tipi di browser.

Si richiede al candidato di:

- 1) stilare un piano di lavoro che specifichi le varie attività di progettazione che saranno svolte, quali competenze specifiche sono richieste da ciascuna di esse, in che ordine tali attività saranno svolte;
- 2) specificare le funzionalità che dovrà avere l'applicazione e progettare l'archivio dei dati sottostante, aiutandosi con l'uso di schemi e diagrammi;
- 3) specificare l'architettura di massima del sistema, sia per la memorizzazione e la corretta gestione di tutti i dati, sia per l'implementazione delle funzionalità;
- 4) descrivere quali tecniche intende adottare per svolgere una valutazione dell'applicazione dal punto di vista del funzionamento;
- 5) descrivere quali tecniche intende adottare per svolgere una valutazione dell'applicazione dal punto di vista dell'usabilità;
- 6) stimare in termini di ore/uomo l'entità del lavoro da svolgere suddividendo tale entità per ciascuna fase del progetto ed indicando le professionalità necessarie per ciascuna fase.

Tema n. 3 (classe LM/29 - Ingegneria elettronica):

L'azienda SiScioglieIlSurgelato, leader nel settore della catena del freddo per prodotti surgelati, ha deciso di sviluppare un nuovo sistema di misura per tracciare le condizioni dei sistemi utilizzati per il trasporto e lo stoccaggio di surgelati alimentari. Tale sistema di misura dovrà essere installato all'interno delle celle frigorifere, siano esse utilizzate per il trasporto su automezzi o fisse, con lo scopo di controllare i parametri (temperatura ed esposizione alla luce) interni alla cella frigorifera. Il sistema dovrà essere in grado di monitorare la temperatura e l'esposizione alla luce dei prodotti all'interno della cella frigorifera e trasmettere le informazioni in formato digitale alla centralina che regola il funzionamento del sistema di raffreddamento e di allarme.

Il sistema di misura dovrà essere in grado di monitorare la temperatura e l'esposizione alla luce ogni secondo durante tutta la giornata e di inviare i dati alla centralina tramite un sistema di trasmissione. Il range di temperatura che si vuole monitorare è da $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ e il range di illuminamento è da 5 lx a 1000 lx. Qualora la temperatura della cella frigorifera superi i $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ o la luce superi i 300 lx, il sistema dovrà inviare un segnale di allerta verso l'operatore.

Il candidato si deve immedesimare nel progettista del sistema. Quindi,

- proponga uno schema a blocchi dell'intero sistema di misura specificando per ogni blocco le unità di misura in ingresso ed in uscita, e discuta criticamente le scelte effettuate in relazione alle specifiche del sistema, valutandone i pro ed i contro ed indicando le possibili alternative e perché non sono state scelte. Tale schema a blocchi dovrà includere anche il sistema di allerta verso l'operatore ed il sistema di alimentazione.

Con riferimento al punto precedente, il candidato:

- 1) definisca la tipologia del sensore di temperatura più adatta in base alle specifiche di progetto riportate e si motivi la scelta;
- 2) definisca la tipologia del sensore di misura dell'esposizione alla luce più adatta in base alle specifiche di progetto riportate e si motivi la scelta;
- 3) proponga uno schema circuitale generale ma completo del circuito di elaborazione dei segnali di misura provenienti dai sensori e dello stadio di conversione analogico/digitale, descrivendo e motivando le scelte progettuali;
- 4) indichi le problematiche a cui i sensori potrebbero andare incontro nell'ambiente di utilizzo (analisi dei guasti), indicando i criteri con cui scegliere i sensori e le contromisure da adottare per garantirne comunque il corretto funzionamento;
- 5) indichi quale sistema di comunicazione rappresenta la soluzione ottimale (in termini di costo, complessità realizzativa e affidabilità) per il dispositivo;
- 6) definisca quali strategie adottare al fine di realizzare un sistema automatico di rilevazione dei guasti dei sotto-componenti del sistema in modo da avvisare l'operatore che il sistema di misurazione non è più in grado di funzionare correttamente.

Tema n. 4 (classe LM/27 - Ingegneria delle telecomunicazioni):

Un albergo a 5 stelle intende migliorare il proprio sistema di parcheggio a pagamento accompagnato (valet parking), percepito come obsoleto e poco pratico dagli ospiti. Per questa ragione, l'albergo vuole automatizzare le operazioni di parcheggio con una soluzione elegante che sia corrispondente al resto dei lussuosi servizi dell'albergo. Il sistema deve soddisfare una serie di requisiti lato cliente e lato management. Per la clientela, l'accesso al parcheggio deve essere immediato, senza le perdite di tempo connesse al rilascio di un pass o di un biglietto di carta da esporre. Per il manager, il sistema deve essere in grado di monitorare la situazione in tempo reale, usando un apposito software per la gestione dei dati. Il parcheggio deve inoltre possedere un sufficiente grado di sicurezza, garantendo che solo i veicoli autorizzati possano entrare ed uscire dal parcheggio, e provvedere un sistema di pagamento efficiente per il cliente. In particolare, il pagamento deve avvenire per mezzo di stazioni automatizzate poste nella hall dell'albergo.

La soluzione più corrispondente ai requisiti si basa su di un sistema di riconoscimento automatico di targhe. In questo caso è necessario installare delle apposite telecamere a infrarossi per la cattura delle immagini. La cattura deve avvenire solo al passaggio di un veicolo, ad esempio usando un sistema di loop detector induttivo nell'asfalto. Un sistema di elaborazione delle immagini va posto in una centralina nei pressi del parcheggio. I risultati del sistema di elaborazione vanno trasmessi ad un ufficio interno all'albergo dotato di una infrastruttura software per la gestione dei dati.

Si richiede al candidato di:

- 1) discutere l'architettura complessiva del sistema di parcheggio, evidenziandone i singoli componenti e specificandone le caratteristiche funzionali. Esplicitare le azioni richieste al cliente e al manager dipendente dell'albergo durante le operazioni sia di ingresso che di uscita dei veicoli dal parcheggio;
- 2) discutere l'infrastruttura di connessione tra i suddetti componenti, scegliendo la tecnologia appropriata in base alle caratteristiche dei dati in transito;
- 3) discutere le caratteristiche del sistema di elaborazione delle immagini volto al riconoscimento della targa, proponendo le tecnologie più appropriate per lo scenario proposto e discutendone le caratteristiche di robustezza agli errori;
- 4) discutere brevemente le caratteristiche del sistema software di gestione, soffermandosi in particolare sui dati da gestire e i requisiti funzionali che deve soddisfare in relazione alle azioni del manager;
- 5) considerare la seguente richiesta. L'albergo intende fornire anche una certa misura di sicurezza all'ospite, garantendogli la possibilità di monitorare l'ingresso e l'uscita del proprio veicolo. Tuttavia, tale servizio deve anche garantire il più possibile la privacy del cliente, escludendo in particolare il riconoscimento diretto delle persone nel veicolo. Proporre una soluzione pratica ed efficiente.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BRESCIA

ESAME DI STATO DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
(Lauree Specialistiche D.M. 509/99 - Lauree Magistrali D.M. 270/04 - Lauree Vecchio Ordinamento)

SEZIONE A – Prima sessione 2019

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE DEL 09 LUGLIO 2019

SETTORE DELL'INFORMAZIONE

Classi di laurea appartenenti al settore:

LM/32 - Ingegneria informatica e Ingegneria informatica V.O. ante DM 509/99;

LM/29 - Ingegneria elettronica;

LM/27 - Ingegneria delle telecomunicazioni.

Tema n. 1 (classe LM/32 - Ingegneria informatica e Ingegneria informatica V.O. ante DM 509/99):

Si vuole automatizzare la gestione dei pacchetti vacanza offerti da un'agenzia viaggi, allo scopo di aumentare la visibilità dell'agenzia e ridurre allo stesso tempo il carico di lavoro per i suoi impiegati, che devono dedicarsi soprattutto alla formulazione dei pacchetti e alla predisposizione delle offerte, riducendo il tempo dedicato ad operare prenotazioni per conto dei clienti. A tal scopo, deve essere progettata un'applicazione Web attraverso la quale: (a) gli impiegati dell'agenzia possono pubblicare pacchetti vacanza per gli utenti del sito; (b) gli utenti generici possono visualizzare la parte pubblica del sito, venendo a conoscenza dei diversi pacchetti vacanza in offerta; (c) gli utenti registrati, accedendo alla propria area privata tramite username e password, possono selezionare pacchetti vacanza di interesse e possono ricevere offerte personalizzate.

Un pacchetto vacanza è costituito da tre elementi: il viaggio di andata e ritorno (che può essere organizzato in tratte, per ciascuna delle quali è indicato il mezzo, l'orario e la data di partenza e di arrivo, il luogo di partenza e arrivo); il soggiorno (per il quale sono specificati la tipologia di alloggio, le date di check-in e check-out e i servizi offerti, come alloggio per animali, WiFi, ecc.); le attività organizzate incluse nel pacchetto (per ciascuna delle quali sono specificati una descrizione, un numero minimo di partecipanti e una serie di avvertenze, per esempio relative all'equipaggiamento richiesto, oppure limitazioni per certe categorie di persone sulla base di età o particolari patologie). Un pacchetto infine ha un prezzo, un numero di persone a cui è destinato ed una data complessiva di inizio e di fine. Si noti come certi pacchetti possano riguardare viaggi itineranti, per i quali sono previsti più viaggi nel corso della vacanza e più alloggi.

L'applicazione Web deve prevedere pagine in cui sono visualizzati i pacchetti e i dettagli relativi a viaggio, soggiorno e attività organizzate. Gli utenti registrati devono poter prenotare o acquistare i pacchetti in autonomia. In caso di prenotazione, è richiesto il versamento di una caparra e il pagamento del viaggio dovrà essere eseguito entro 1 mese dall'inizio della vacanza. Nell'arco di tempo che va da 2 mesi a 1 mese dall'inizio della vacanza la prenotazione può essere annullata perdendo il 50% della caparra, prima di 2 mesi dall'inizio della vacanza la prenotazione può essere annullata senza costo, negli altri casi l'intero importo della caparra verrà trattenuto. L'acquisto può avvenire tramite carta di credito oppure bonifico bancario. In quest'ultimo caso un documento che attesti il pagamento deve essere caricato sul sito. Lo username e la password per accedere al sito possono essere richiesti registrandosi direttamente sul sito Web oppure recandosi in agenzia e facendone richiesta. Gli impiegati possono utilizzare l'applicazione Web per inserire prenotazioni da parte di clienti che si

recano direttamente in agenzia. In qual caso anche i pagamenti saranno gestiti completamente dall'impiegato, che dovrà comunque inserire queste informazioni. Si vuole tenere traccia di acquisti e prenotazioni effettuate da clienti e da impiegati al fine di estrarne indicatori utili alla valutazione dell'efficacia dell'applicazione Web nel ridurre il carico di lavoro dell'agenzia. L'applicazione Web deve anche supportare l'impiegato nel caricamento delle informazioni sui pacchetti vacanza.

Il sistema include anche una funzionalità per suggerire all'utente registrato offerte personalizzate. L'algoritmo utilizzato è un algoritmo di raccomandazione di tipo collaborative filtering che tiene conto delle analogie tra scelte precedenti dello stesso utente o di utenti simili con i pacchetti vacanza attualmente in offerta.

Si richiede al candidato di:

- 1) Specificare i requisiti dell'applicazione Web; il candidato può aggiungere nuovi requisiti e raffinare i requisiti dati sulla base della propria esperienza e di ragionevoli ipotesi;
- 2) Proporre un progetto di massima del sistema informatico complessivo da realizzare sia a livello di architettura software che di architettura hardware, prestando particolare attenzione agli aspetti critici di sicurezza dell'applicazione;
- 3) Specificare lo schema dei dati richiesti per la realizzazione dell'applicazione Web;
- 4) Specificare, attraverso opportuni linguaggi grafici, i principali moduli di elaborazione/archiviazione dati e l'interfaccia Web dell'applicazione;
- 5) Specificare, attraverso opportuni formalismi, l'algoritmo di raccomandazione a supporto della formulazione di offerte mirate ai clienti, indicando nel dettaglio quali dati utilizzare e quali no, motivando opportunamente le scelte;
- 6) Proporre la formulazione di opportuni KPI (Key Performance Indicators) utili alla valutazione dell'efficacia dell'applicazione Web nel ridurre il carico di lavoro dell'agenzia, come calcolarli e come renderli disponibili al quadro dirigenziale dell'agenzia viaggi.

Tema n. 2 (classe LM/27 – Ingegneria delle telecomunicazioni)

Il rover Curiosity è arrivato sulla superficie marziana nel 2012. Uno dei compiti del sottosistema di telecomunicazioni è quello di trasmettere i dati della telemetria alle stazioni sulla Terra. Una opzione è utilizzare il satellite Mars Reconnaissance Orbiter (MRO) orbitante intorno a Marte come nodo intermedio. MRO effettua 2 passaggi al sol visibili da Curiosity (il sol è il giorno solare marziano, 1 sol equivale a 24 ore e 39 minuti), per un totale di 13 minuti al sol di finestra per le trasmissioni. L'altezza dell'orbita di MRO si può assumere costante ad ogni passaggio, ed è variabile tra 250km e 316km.

Per comunicare con l'MRO, Curiosity ha un'antenna di tipo quadhelix operante nella banda UHF; in particolare, il canale di ritorno (da Curiosity a MRO) in condizioni normali utilizza il canale 0 con portante a frequenza 401 MHz. Si può ipotizzare che la circuiteria passiva tra i sensori e l'antenna abbiano un'attenuazione di -1.9dB, con temperatura di lavoro media sulla superficie marziana di 210K ma che può arrivare fino a 300K. L'antenna quadhelix ha un guadagno di 5dBi, e la temperatura di rumore dell'antenna si può stimare in 1860K (in tale valore sono ricomprese altre sorgenti di rumore). L'antenna UHF ricevente su MRO ha un guadagno di 4dBi quando allineata perfettamente con Curiosity e 2dBi al limite estremo di 30 gradi di disallineamento, ed opera alla temperatura di 30K. La radio a bordo di Curiosity è in grado di scegliere dinamicamente il rate di trasmissione da 2000b/s fino a 2048kb/s, utilizzando una potenza di trasmissione di 5W.

Ipotizziamo che gli unici dati di telemetria da trasmettere siano quelli in arrivo da una coppia di camere MastCam, che catturano coppie di immagini 1200x1200 pixels (sulla Terra poi verranno fuse per creare immagini 3D). Si ipotizzi che il segnale di tensione in uscita dal sensore per ogni pixel sia statisticamente uniformemente distribuito da 0 a 2V. La quantizzazione uniforme viene conservativamente effettuata sull'intervallo da 0 a 3V, e si vuole garantire un rapporto segnale/rumore di quantizzazione maggiore di 50dB. Le immagini vengono salvate in formato RAW, aggiungendo un'intestazione di 1024 bit.

Il protocollo di comunicazione Proximity-1 tra Curiosity e MRO in condizioni normali prevede un livello di collegamento dati. Senza entrare nei dettagli, la trama consiste in 3 byte di sincronizzazione, seguiti da 5 byte di header e poi dal payload (di lunghezza variabile, ma assumiamo che sia costante a 2043 byte). In coda il codice CRC per la rilevazione di errore è lungo 4 byte: in caso di trama errata, MRO ne richiede la ritrasmissione.

Si richiede al candidato di:

- 1) Disegnare uno schema a blocchi complessivo dettagliato del sistema di telecomunicazioni tra Curiosity e MRO;
- 2) Il rover Curiosity è equipaggiato anche di un'antenna ad alto guadagno fortemente direzionale per trasmissioni direttamente verso Terra in banda X, usate per i comandi e la diagnostica. Discutere criticamente la scelta dei progettisti di affidarsi alla trasmissione via MRO tramite antenna omnidirezionale per la trasmissione principale dei dati di telemetria;
- 3) Calcolare la probabilità di errore sul bit nelle condizioni più sfavorevoli tra quelle possibili;
- 4) Ipotizzando (non realisticamente) che gli errori sul bit siano statisticamente indipendenti, determinare la probabilità che sia necessario ritrasmettere una trama;
- 5) Determinare il numero di coppie di immagini in formato RAW che si possono acquisire ogni sol senza determinare code di trasmissione, e dimensionare opportunamente il buffer delle fotocamere;
- 6) Il protocollo Proximity-1 prevede anche una modalità expedited non affidabile (senza ritrasmissione) per immagini compresse JPEG (si supponga fattore di compressione 12), che prevede l'invio in modalità bitstream (senza headers) e l'uso di un codice esterno Reed-Solomon (255,239) e un codice interno convoluzionale (7,1/2). Rispondere alla domanda 5) utilizzando questa configurazione.

Tema n. 3 (classe LM/29 - Ingegneria elettronica):

Un'azienda leader nel settore delle apparecchiature elettromedicali vuole sviluppare un nuovo prodotto per la sua linea di strumentazione professionale per l'allenamento delle persone. Tale strumento dovrà essere in grado di misurare il peso ma anche altri parametri sullo stato complessivo di salute della persona da allenare. Tale classe di strumenti, altamente professionali, permettono a personale propriamente formato di poter proporre schemi di allenamento personali e di poter distinguere una persona con una buona massa cellulare da una persona disidratata o affetta da ritenzione idrica. Il meccanismo che dovrà essere utilizzato per valutare lo stato di salute della persona da allenare è quello della bio-impedenza. La bio-impedenza può essere stimata attraverso la tecnica a quattro elettrodi. Tale tecnica richiede di posizionare quattro elettrodi sul corpo della persona da monitorare, due vengono utilizzati per somministrare una corrente di bassa ampiezza e due per misurare la tensione generata. I quattro elettrodi possono essere posizionati in diverse parti del corpo, ma la tecnica più comunemente utilizzata, e meno invasiva, prevede di posizionare gli elettrodi sulla pianta dei piedi. Lo schema semplificato del sistema da realizzare è riportato in Figura 1. La persona, posizionandosi sullo strumento a piedi nudi, appoggia il piede sinistro su entrambi gli elettrodi di sinistra, mentre quello destro sui due elettrodi di destra. Viene quindi applicata al corpo della persona da monitorare, attraverso uno degli elettrodi A, una corrente di bassa ampiezza (300 μ A) e bassa frequenza (50 kHz) che rientra dall'altro elettrodo A. Tale metodologia si chiama bio-impedenza a singola frequenza (SF-BIA), in quanto l'impedenza (Z) viene stimata alla sola frequenza di 50 kHz. I due elettrodi B misurano la conseguente variazione di tensione tra i due piedi dovuta all'applicazione della corrente. L'ampiezza della tensione tipicamente misurata tra i due elettrodi B è tra i 100 mV ed i 300 mV, in funzione del livello di idratazione del soggetto. In generale, l'impedenza (Z) del corpo umano, aumenta all'aumentare della massa grassa e diminuisce all'aumentare della massa magra e diminuisce al ridursi della massa grassa. La bio-impedenza misura quindi direttamente solo grandezze elettriche dipendenti dall'idratazione dei tessuti attraversati dalla corrente. E' possibile quindi ottenere vari parametri, quali: variazioni dell'acqua corporea totale (TBW - total body water), Acqua extracellulare (ECW - extra cell water); Acqua intracellulare (ICW - intra cell water). Attraverso l'ausilio di co-predittori, quali altezza, sesso e peso, è possibile anche stimare il rapporto tra massa magra (FFM - fat free mass, contenente elevate quantità di acqua e elettroliti, pertanto a minore resistenza) e massa grassa (FM - fat mass, contenente poca acqua e elettroliti e pertanto ad elevata resistenza). I bioimpedenzimetri vettoriali effettuano una misura della parte reale dell'impedenza, ovvero la resistenza (R_z), e la reattanza capacitiva (X_c).

La quantità di acqua totale (TBW) può essere stimata attraverso le seguenti equazioni empiriche:

$$TBW_{\text{male}} = 1.2 + 0.45 \text{ Ht}^2/\text{Rz} + 0.18 \text{ Wt} \quad (1)$$

$$TBW_{\text{female}} = 3.75 + 0.45 \text{ Ht}^2/\text{Rz} + 0.11 \text{ Wt} \quad (2)$$

ove Ht è l'altezza (in metri); Wt il peso (in kg).

L'indice di acqua extra cellulare (ECW) viene stimato attraverso la seguente equazione:

$$ECW = -5.22 + 0.20 \text{ Ht}^2/\text{Rz} + 0.005 \text{ Ht}^2/\text{Xc} + 0.08 \text{ Wt} + 1.9 \text{ Health} + 1.86 \text{ s} \quad (3)$$

ove s = 1, maschio; 0, femmina; Health = 1, salute, 0 malato; Ht è l'altezza (in metri); Wt è il peso (in kg).

L'indice di massa magra (FFM) viene stimato attraverso la seguente formula empirica:

$$FFM = -4.104 + (0.518 \text{ Ht}^2)/\text{Rz} + 0.231 \text{ Wt} + 0.130 \text{ Xc} + 4.229 \text{ s} \quad (4)$$

ove s = 1, maschio; 0, femmina; Ht è l'altezza (in metri); Wt il peso (in kg).

La massa grassa (FM) invece può essere stimata attraverso la seguente formula:

$$FM = 14.94 - 0.079 \text{ Ht}^2/\text{Rz} + 0.818 \text{ Wt} - 0.231 \text{ Ht} - 0.064 \text{ s} \cdot \text{Wt} + 0.077 \text{ Age} \quad (5)$$

ove s = 1, maschio; 0, femmina; Ht è l'altezza (in metri); Wt il peso (in kg); Age l'età in anni.

Per misurare il peso verrà utilizzata una cella di carico che sfrutta due estensimetri, uno che lavora in trazione e l'altro in compressione, le cui caratteristiche sono riportate in Tabella 1. La cella di carico sarà posizionata come in Figura 1.

Il candidato si dovrà immedesimare nel progettista della parte elettronica dello strumento. Dovranno essere progettati e realizzati due diversi circuiti, uno per la misura del peso corporeo ed uno per la misura della bio-impedenza. Entrambi i circuiti dovranno essere integrati nello stesso sistema. I segnali di misura generati dai due circuiti saranno inviati ad un unico sistema di elaborazione. Lo strumento dovrà essere dotato di una facile interfaccia uomo-macchina, costituita da uno schermo LCD e da due pulsanti, uno per l'accensione e lo spegnimento, e l'altro per scorrere tra le diverse misure messe a disposizione. Il sistema di misura dovrà essere interfacciato a dispositivi esterni, quali smartphone, al fine di passare informazioni sull'utilizzatore, necessarie per la corretta stima dei parametri visti in precedenza, e per trasmettere le informazioni di misura ai dispositivi personali dell'utente ed al sistema di monitoraggio della palestra o dell'allenatore. Il sistema di misura dovrà essere alimentato da due batterie da 3 V.

Il candidato affronti i seguenti punti:

- 1) Si proponga uno schema a blocchi dettagliato dell'intero sistema elettronico, specificando per ogni blocco le unità di misura in ingresso ed in uscita;
- 2) Con riferimento allo schema a blocchi precedente, si definisca quali sono le elaborazioni che ogni blocco deve fare sui segnali di misura;
- 3) Si calcoli la variazione di resistenza degli estensimetri (ΔR) che si ottiene quando la bilancia è a fondo scala, sapendo che in tal caso si genera un allungamento relativo ($\Delta L/L_0$) di $350 \cdot 10^{-6}$;
- 4) Si progetti e si dimensiona un circuito di condizionamento per i due estensimetri della cella di carico: disegnare lo schema circuitale, dimensionare i componenti e scrivere la funzione di trasferimento tra ingresso e uscita;
- 5) Si progetti e si dimensiona un circuito per la misura della bio-impedenza: disegnare lo schema circuitale, dimensionare i componenti e disegnare il diagramma di Bode del circuito di filtraggio;

- 6) Si calcoli nel dettaglio come una variazione di temperatura di 20 °C possa influire sul corretto funzionamento del sistema di misura del peso corporeo considerando il coefficiente di temperatura riportato in Tabella 1;
- 7) Si definiscano con precisione le caratteristiche minime del convertitore analogico-digitale da utilizzare per acquisire i segnali in uscita dai circuiti di elaborazione progettati al punto 4 e 5, indicandone risoluzione e range in ingresso;
- 8) Si progetti lo schema a blocchi del firmware da realizzare per il calcolo degli indicatori sopra riportati e la presentazione del dato attraverso le interfacce messe a disposizione dal sistema;
- 9) Si scriva lo pseudocodice che implementi lo schema a blocchi del punto precedente. Si discuta criticamente, quali sono le soluzioni che possono essere utilizzate per realizzare tale codice in un sistema reale;
- 10) Si definisca e si discuta criticamente il sistema di comunicazione più adatto al fine di permettere una comunicazione bidirezionale tra il sistema di misura e sistemi esterni, quali lo smartphone dell'utente o il sistema di monitoraggio della palestra.

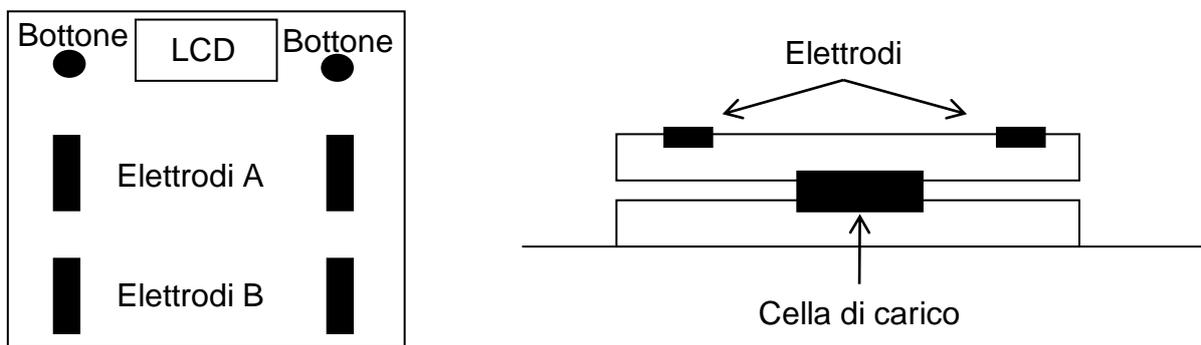


Figura 1: Schema semplificato del sistema da realizzare.

Tabella 1: Parametri di progetto dei sensori estensimetrici.

Descrizione	Parametro	Valore
Gauge Factor	G.F.	4
Resistenza a riposo estensimetro	R_0	110 Ω
Allungamento relativo massimo	$\Delta L/L_0$	$350 \cdot 10^{-6}$
Coefficiente di temperatura estensimetro	α	$0.008 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$