ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE DELL'INFORMAZIONE
I SESSIONE 2026 – 27 LUGLIO 2026
SEDE SVOLGIMENTO: **POLITECNICO DI MILANO**

II COMMISSIONE – SETTORE DELL'INFORMAZIONE

SEZIONE A

PROVA SCRITTA
(PROVA DI SETTORE)

TEMA N. 1

Le tecnologie digitali sono ormai divenute parte integrante della filiera agroalimentare. Quando queste tecnologie sono applicate in campo, tale approccio prende il nome di Precision Farming o Smart Agriculture.

In questo contesto si consideri una vigna distribuita su un terreno prevalentemente pianeggiante della dimensione di 4 ettari. Si intende monitorare in modo integrato tale vigna ed in particolare si vuole misurare il contenuto idrico, la temperatura del terreno in diversi punti, nonché le precipitazioni, la velocità del vento e la temperatura dell'aria e la sua umidità relativa. Inoltre, grazie ad opportuni sensori ottici montati su piccoli droni si intende monitorare le viti – a campione – ed in particolare si vuole rilevare la temperatura del grappolo mediante una termocamera a infrarossi e osservare l'assorbimento di specifiche lunghezze d'onda grazie a piccole fotocamere iperspettrali. Tenendo presente quanto esposto, il candidato:

a) Descriva la struttura d'insieme del sistema di monitoraggio e discuta le tecnologie alla base dei sensori indicati. Per la termocamera a infrarossi, il candidato approfondisca i principi fisici di trasduzione dettagliando le soluzioni tecnologiche.

b) Indichi le tecnologie necessarie per la navigazione del drone lungo i filari e per la sua stabilizzazione in prossimità di un grappolo nel momento in cui è necessario scattare una foto. Si descrivano quindi gli algoritmi di controllo tipicamente impiegati in applicazioni di questo genere.

c) Identifichi tutti i dati che il sistema deve raccogliere e si valutino le frequenze di raccolta ed elaborazione delle varie misure. In base a queste informazioni si scelga una opportuna tipologia di database e se ne descriva la struttura.

d) Valuti gli aspetti economici del sistema proposto, elencando le principali voci di investimento e di esercizio e stimandone i costi. Il candidato discuta inoltre la sostenibilità economica dell'intervento, individuando opportuni indicatori di convenienza.

Ordine della trattazione e leggibilità della calligrafia sono considerati nella valutazione della prova.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE DELL'INFORMAZIONE
I SESSIONE 2026 – 27 LUGLIO 2026
SEDE SVOLGIMENTO: **POLITECNICO DI MILANO**

II COMMISSIONE – SETTORE DELL'INFORMAZIONE

SEZIONE A

PROVA SCRITTA
(PROVA DI SETTORE)

TEMA N. 2

Si consideri l'ambito degli apparecchi di riproduzione audio miniaturizzati "in-ear", per applicazioni consumer o biomedicali.

a) Si consideri la tecnologia di comunicazione Bluetooth. Se ne descrivano le caratteristiche tecniche principali e se ne giustifichi quindi l'ampio utilizzo per questo contesto. Si identifichi un insieme di parametri e criteri che permettano di confrontare differenti tecnologie wireless; si quantifichino tali parametri per la tecnologia wi-fi, comparandone pregi e difetti per questo scenario applicativo.

b) Si consideri il trasduttore. Si indichi una tecnologia che può essere utilizzata per generare onde acustiche, e se ne descrivano il principio fisico di funzionamento ed eventuali sviluppi tecnologici recenti in questo settore. Si discuta come può essere codificato in digitale il dato audio da trasmettere. Si descriva poi la catena elettronica che, a partire dal dato digitale, porta un segnale analogico di attuazione al trasduttore.

c) Si consideri lo scenario di cancellazione attiva di suoni indesiderati provenienti dall'ambiente circostante. Si identifichino i limiti della banda audio, e si tracci, su un grafico bilogaritmico, il modulo di uno spettro con generico rumore bianco, rumore di tipo flicker (1/f), e con disturbi dovuti a due vibrazioni a distinte frequenze. Si rappresenti quindi e descriva nel dettaglio uno schema a blocchi che consenta di effettuare una cancellazione attiva di rumori/disturbi (si indichino tutti gli elementi hardware e software necessari a effettuare l'operazione).

d) Si descriva come sensori biomedicali possano essere integrati in tali dispositivi. Si identifichino le grandezze fisiologiche misurabili a livello del condotto uditivo ed i principali componenti hardware necessari. Si discutano quindi gli aspetti essenziali di sicurezza elettrica, biocompatibilità e protezione dei dati nel contesto di un dispositivo biomedicale indossabile.

Ordine della trattazione e leggibilità della calligrafia sono considerati nella valutazione della prova.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE DELL'INFORMAZIONE
I SESSIONE 2026 – 27 LUGLIO 2026
SEDE SVOLGIMENTO: **POLITECNICO DI MILANO**

II COMMISSIONE – SETTORE DELL'INFORMAZIONE

SEZIONE A

SECONDA PROVA SCRITTA
(PROVA DI CLASSE)

TEMA N. 1

Per Precision Livestock Farming si intende l'insieme delle tecnologie e delle tecniche utilizzate nel campo dell'allevamento di diverse specie per monitorare e controllare i processi, gli ambienti e gli animali nei moderni allevamenti. Tali sistemi, in generale, consistono di diversi sensori, una infrastruttura di comunicazione ed un back end per la raccolta e l'elaborazione dei dati.
In questo contesto si vuole progettare la base di dati di un sistema destinato a raccogliere le informazion di diversi allevamenti di vacche da latte. Il sistema deve essere in grado di gestire i dati associati a diverse aziende agricole, ognuna delle quali è identificata da un nome, una breve descrizione testuale libera e dalla partita IVA dell'azienda.
Nella stalla di ogni azienda agricola sono installati diversi tipi di sensori, ognuno in grado di effettuare diverse misure, quali, a titolo di esempio, temperatura, umidità relativa, concentrazione di anidride carbonica e illuminamento.
Una stalla ospita un numero variabile di vacche ognuna identificata da un codice numerico di quattro cifre (NNNN) e la data di nascita (YYYYMMDD). Le vacche sono suddivise in tre gruppi gravide, asciutte e in lattazione. Ogni vacca indossa un sensore, in grado di effettuare diverse misure, tra cui temperatura corporea, accelerazione media e accelerazione massima.
L'allevatore, mediante una apposita app, dovrà manualmente associare i sensori della stalla alla propria azienda agricola ed i sensori indossati dalle vacche al codice numerico della specifica vacca. Si tenga presente che tutti i sensori sono dotati di un numero serie univoco ed un identificatore che ne specifica il tipo (sensore di gas, sensore di temperatura, …).

Il candidato, ove necessario, completi la specifica con le informazioni eventualmente mancanti, argomentando in modo opportuno le scelte effettuate. Ciò fatto, svolga i seguenti punti:

a) Fornisca una rappresentazione fisica di un database in grado di modellare tutte le informazioni richieste, discutendone la normalità**.**

b) Realizzi la struttura fisica del database definito al punto 1 mediante classi di un linguaggio ad oggetti a sua scelta (C++, Java, …) o, al limite, mediante pseudocodice, orientato comunque alla nozione di oggetto.

c) Sviluppi un algoritmo, nel linguaggio/pseudocodice prescelto, in grado di calcolare la temperatura corporea media giornaliera di ogni vacca in lattazione, con un'età maggiore di due anni, in una data stalla in un dato giorno.

d) A titolo di approfondimento, discuta le diverse possibili modalità di rappresentazione di una relazione molti-a-molti mediante il linguaggio/pseudocodice scelto, considerando anche il caso in cui la relazione possieda alcuni attributi.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE DELL'INFORMAZIONE
I SESSIONE 2026 – 27 LUGLIO 2026
SEDE SVOLGIMENTO: **POLITECNICO DI MILANO**

II COMMISSIONE – SETTORE DELL'INFORMAZIONE

SEZIONE A

SECONDA PROVA SCRITTA
(PROVA DI CLASSE)

TEMA N. 2

Nell'ambito del monitoraggio dei parametri fisiologici relativi alla quantità di movimento e allo stile di vita in condizioni ecologiche (non in laboratorio) di un soggetto sano o con patologia , il candidato illustri le principali tecnologie e i sensori attualmente impiegati per la rilevazione dei segnali biologici e biomeccanici, mettendone in evidenza i principi di funzionamento, le caratteristiche tecniche e i principali ambiti di utilizzo.
In particolare, si sviluppino i seguenti punti:

a) Requisiti del sistema, identificando le condizioni di uso (tutto il giorno, momenti specifici, etc.), parametri monitorati, informazioni utili per l'utente o per il medico/caregiver.

b) Principi di funzionamento, descrivendo gli aspetti tecnici alla base del funzionamento delle diverse tipologie di sensori utilizzabili.

c) Modalità di acquisizione del segnale, illustrando le tecniche di rilevazione, condizionamento, campionamento, digitalizzazione, trasmissione e registrazione dei dati, con particolare riferimento ai sistemi indossabili e ai dispositivi per il monitoraggio continuo.

d) Grandezze fisiologiche e biomeccaniche misurate, indicando i principali parametri direttamente rilevati e i parametri derivati ottenibili mediante opportune elaborazioni del segnale e fonti di errore, artefatti e strategie di compensazione.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE DELL'INFORMAZIONE
I SESSIONE 2026 – 27 LUGLIO 2026
SEDE SVOLGIMENTO: **POLITECNICO DI MILANO**

II COMMISSIONE – SETTORE DELL'INFORMAZIONE

SEZIONE A

SECONDA PROVA SCRITTA
(PROVA DI CLASSE)

TEMA N. 3

Si consideri il modello lineare di un sistema di controllo del volume e della cancellazione attiva del rumore di un auricolare Bluetooth, rappresentato a tempo continuo dalle seguenti equazioni di stato e di uscita:

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t)$$
$$y(t) = Cx(t) + Du(t)$$

dove il vettore *x* comprende le variabili di stato del sistema, *y* rappresenta il livello sonoro misurato dal microfono dell'auricolare e *u* è il segnale di controllo applicato all'altoparlante.
Si assuma di voler progettare un regolatore e implementarlo digitalmente sul microcontrollore integrato nell'auricolare Bluetooth.

Si svolgano i seguenti punti:

a) Si introducano i principali blocchi di uno schema di controllo digitale del sistema di regolazione del volume e della cancellazione attiva del rumore, si disegni lo schema e si discutano nel dettaglio il problema del campionamento del segnale audio, dell'aliasing e della temporizzazione delle diverse operazioni di acquisizione, elaborazione e conversione dei segnali.

b) Si discuta il progetto del regolatore dal "punto di vista digitale", evidenziando gli aspetti legati all'implementazione sul microcontrollore dell'auricolare Bluetooth.

c) Si discuta il progetto del regolatore dal "punto di vista analogico", illustrando le principali differenze rispetto alla progettazione direttamente nel dominio discreto.

d) Partendo dalla funzione di trasferimento del sistema a tempo continuo sopra indicato, si discuta la progettazione di un regolatore PI a tempo discreto, facendo riferimento al modello dinamico del sistema di regolazione del livello sonoro di un auricolare Bluetooth, al fine di mantenere costante il volume percepito dall'utilizzatore anche in presenza di variazioni del rumore ambientale.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE DELL'INFORMAZIONE
I SESSIONE 2026 – 27 LUGLIO 2026
SEDE SVOLGIMENTO: **POLITECNICO DI MILANO**

II COMMISSIONE – SETTORE DELL'INFORMAZIONE

SEZIONE A

SECONDA PROVA SCRITTA
(PROVA DI CLASSE)

TEMA N. 4

Il candidato consideri un sistema di trasmissione dati via cavo.
Il candidato:

a) Descriva le principali caratteristiche delle tecnologie Ethernet ed i principali casi d'uso.

b) Discuta le problematiche relative alla propagazione dei segnali su fibra ottica, descriva le principali caratteristiche e le differenze tra fibra monomodale e multimodale.

c) In un cavo non ottico descriva la distorsione di ampiezza e di fase nel segnale ricevuto e illustri come la distorsione possa essere trattata (lato ricevitore) la distorsione per limitare l'impatto sulla qualità della trasmissione.

d) Nel caso di dispositivi IoT cablati descriva e discuta i potenziali aspetti critici relativi alla trasmissione dei dati raccolti dal dispositivo.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE DELL'INFORMAZIONE
I SESSIONE 2026 – 27 LUGLIO 2026
SEDE SVOLGIMENTO: **POLITECNICO DI MILANO**

II COMMISSIONE – SETTORE DELL'INFORMAZIONE

SEZIONE A

SECONDA PROVA SCRITTA
(PROVA DI CLASSE)

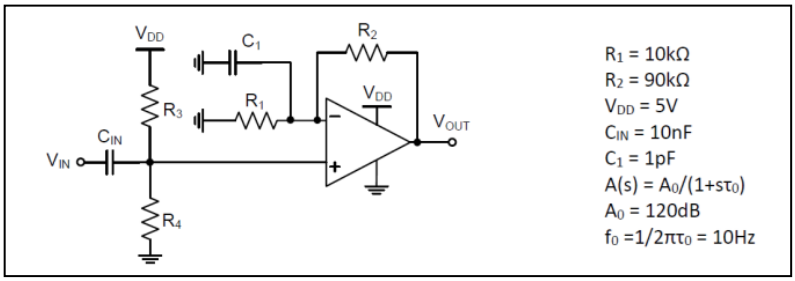
TEMA N. 5

La retroazione, fin dalla sua scoperta datata 1927 per opera dell'ingegnere Harold S. Black, è una tecnica comunemente utilizzata nei circuiti elettronici. Il candidato risponda in modo dettagliato ed esaustivo alle seguenti domande:

a) Dopo aver descritto i principali vantaggi che la retroazione negativa garantisce nell'ambito di circuiti elettronici analogici, prendendo come esempio un comune amplificatore di tensione reazionato, il candidato discuta la principale criticità dei circuiti reazionati, ovvero, la stabilità. In particolare, si descriva il metodo comunemente utilizzato per quantificare la stabilità di un circuito reazionato, enunciando le condizioni per cui tale criterio è applicabile, e le condizioni che il sistema deve soddisfare per garantire asintotica stabilità. Infine, si spieghi perché nell'ambito dei circuiti elettronici si richiede tipicamente un margine di fase di almeno 45° e, facendo riferimento alla risposta di un sistema ad un segnale a gradino, si disegni qualitativamente la risposta in casi di margine di fase di pochi gradi, di 45° e di 90°.

b) Dopo aver espresso il guadagno di un circuito reazionato in funzione del guadagno con reazione ideale, G_{ID}, e del guadagno d'anello, G_{LOOP}, il candidato disegni un amplificatore reazionato non invertente facente uso di un amplificatore operazionale. Nell'ipotesi che l'operazionale abbia guadagno in continua pari a 100dB e due poli a 10Hz e 100kHz, si specifichi che guadagno minimo ad anello chiuso garantisce margine di fase di 45°.

c) Si consideri ora il circuito in figura.
   1. Si determini il trasferimento ideale, $H_{ID}(s)=V_{OUT}(s)/V_{IN}(s)$, considerando cioè l'operazionale ideale (guadagno infinito, banda infinita, resistenza d'ingresso infinita e d'uscita nulla).
   2. Si tracci inoltre il diagramma di Bode di modulo e fase del trasferimento ideale.
   3. Considerando quindi per l'operazionale un guadagno in continua di 120dB e un trasferimento a singolo polo a 10Hz, si valuti il margine di fase.
   4. Nelle condizioni del punto precedente si valutino i poli del trasferimento ad anello chiuso.



d) Si consideri ora la retroazione positiva. Facendo uso di tale reazione si disegni e si spieghi il funzionamento di un latch a bistabile, un astabile e di un oscillatore a filtro LC.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE DELL'INFORMAZIONE
I SESSIONE 2026 – 27 LUGLIO 2026
SEDE SVOLGIMENTO: **POLITECNICO DI MILANO**

II COMMISSIONE – SETTORE DELL'INFORMAZIONE

SEZIONE A

SECONDA PROVA SCRITTA
(PROVA DI CLASSE)

TEMA N. 6

Il candidato consideri un'impresa che opera in un contesto riconducibile al settore ICT; la società intende sviluppare un progetto di investimento finalizzato all'espansione della capacità produttiva. Il candidato:

a) Illustri i criteri decisionali applicabili ai fini della valutazione del progetto di investimento, evidenziando punti di forza e di debolezza.

b) Definisca le logiche per identificare costi e benifici rilevanti ai fini decisionali.

c) Discuta la tematica di finanziamento del progetto illustrando le possibili fonti di finanziamento.

d) Evidenzi come la scelta delle fonti di finanziamento possa influenzare l'applicazione dei criteri decisionali.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE DELL'INFORMAZIONE
I SESSIONE 2026 – 1 OTTOBRE 2026
SEDE SVOLGIMENTO: **POLITECNICO DI MILANO**

II COMMISSIONE – SETTORE DELL'INFORMAZIONE

SEZIONE A

PROVA PRATICA

TEMA N. 1

Il candidato svolga i quesiti indicati nel seguito tenendo presente quanto segue: ***chiarezza espositiva****,* ***ordine*** *e* ***leggibilità*** *dell'elaborato contribuiscono alla valutazione in modo significativo.*

Una azienda di produzione e vendita di biciclette da corsa personalizzate è presente in una città di medie dimensioni ed ha altri 3 punti vendita in altrettante città; l'azienda, pur consapevole del ritardo rispetto ad altri concorrenti, ha deciso di attivare un secondo canale di vendita via Internet attraverso l'implementazione di un sito di e-commerce.
Nei negozi fisici, oltre alla vendita di ricambi ed accessori, sono presenti aree per la manutenzione delle biciclette da corsa personalizzate.
L'azienda fa richiesta di una offerta per la progettazione ed implementazione della nuova piattaforma per il sito di e-commerce, aperta a soluzioni sia on-prem sia cloud, che vada ad integrare il sito pubblico istituzionale esistente ed al sistema informativo attualmente utilizzato per backoffice, amministrazione, magazzino, gestione dei punti vendita, ecc …
L'azienda richiede che vengano implementate le tipiche funzionalità di e-commerce (anagrafica utenti, prenotazione manutenzione, storico transazioni, salvataggio carrello, ecc …), che il sistema risulti adeguatamente sicuro, resiliente e flessibile in ottica integrazione al sistema esistente e permetta profilazioni per future campagne di marketing personalizzate.
Oltre al nuovo canale di vendita via Internet, l'azienda richiede un sistema più efficace di quello attuale (che utilizza consuntivi giornalieri di transazioni per singolo punto vendita che poi vengono comunicati e consolidati presso la sede centrale) per controllare in tempo reale l'andamento delle vendite, lo stato del magazzino, ecc … per poter segnalare la eventuale indisponibilità di un articolo sia sul sito pubblico di e-commerce sia sulla Intranet.

II candidato progetti il sistema informativo per I 'e-commerce e sviluppi i seguenti punti:

1) descriva l'architettura e le principali caratteristiche della soluzione progettata e dettagli gli aspetti relativi alla integrazione dei sistemi;

2) descriva in modo dettagliato i principali processi e casi d'uso della nuova soluzione (registrazione nuovo utente, profilazione, acquisti, magazzino, ecc …);

3) definisca un opportuno schema dati e modelli (anagrafica, profilazione, transazioni, ecc.) e dettagli i principali flussi di informazione della soluzione proposta;

4) ipotizzi una organizzazione temporale delle attività.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE DELL'INFORMAZIONE
I SESSIONE 2026 – 1 OTTOBRE 2026
SEDE SVOLGIMENTO: **POLITECNICO DI MILANO**

II COMMISSIONE – SETTORE DELL'INFORMAZIONE

SEZIONE A

PROVA PRATICA

TEMA N. 2

Il candidato svolga i quesiti indicati nel seguito tenendo presente quanto segue: ***chiarezza espositiva****,* ***ordine*** *e* ***leggibilità*** *dell'elaborato contribuiscono alla valutazione in modo significativo.*

Negli ultimi anni, il mondo aziendale ha mostrato una crescente attenzione alla tutela della salute, del benessere e della sicurezza dei lavoratori e, in particolare, alla valutazione dei fattori di rischio connessi alle diverse attività professionali. Accanto ai tradizionali approcci di valutazione ergonomica, si sta progressivamente affermando l'interesse verso strumenti e tecnologie in grado di fornire una caratterizzazione più oggettiva e quantitativa dell'interazione tra lavoratore, mansione e ambiente di lavoro.

Si progetti un sistema per il monitoraggio dei lavoratori in ambiente aziendale, basato sull'acquisizione e sull'analisi integrata di parametri fisologici (cardiorespiratori e motori) e ambientali, finalizzato alla valutazione delle condizioni di stress e affaticamento lavorativo e all'identificazione di situazioni di potenziale rischio (ex. biomeccanico o psicologico) associate alle diverse mansioni.
La progettazione dovrà essere preceduta da un'analisi delle attività lavorative e delle relative modalità operative, considerando sia mansioni a prevalente carattere sedentario, caratterizzate principalmente dal mantenimento prolungato di posture statiche, sia mansioni a maggiore impegno fisico, che possono comportare movimentazione di carichi, applicazione di forze, posture variabili o incongrue, movimenti ripetitivi e frequenti cambiamenti posturali.
Per le diverse tipologie di mansione dovranno essere individuati i principali fattori ergonomici e biomeccanici di interesse, considerando, ove pertinenti, le posture assunte, le forze applicate e le forze inerziali associate al movimento, la movimentazione manuale dei carichi, la ripetitività e la durata delle azioni così come l'interazione del lavoratore con le attrezzature e con l'ambiente di lavoro. Dovranno inoltre essereindividuati eventuali fattori di stress psicologico.
Sulla base di tale analisi, si proponga una possibile architettura del sistema di monitoraggio, discutendo in particolare:

Si identifichi una possibile struttura del sistema discutendo in particolare:

1) le specifiche di progetto sulla base della tipologia di lavoro (carattere sedentario, attività fisica elevata) tenendo in considerazione le esigenze degli attori coinvolti, quali lavoratore, responsabile della sicurezza/prevenzione, medico competente ed eventuali altre figure aziendali pertinenti; specificare per ciascuno di questi le modalità di interazione con il sistema, le informazioni di interesse e i differenti livelli di accesso ai dati.
2) Le grandezze da monitorare (fisiologiche, motorie ambientali, etc.), motivandone la scelta in relazione alle differenti tipologie di mansione e agli indicatori di stress, affaticamento e sovraccarico biomeccanico che si intendono ricavare.

3) Possibili sensori e strumentazioni per la misura delle grandezze individuate al punto precedente tenendo in considerazione le condizioni di lavoro ed eventuali intralci/disagi derivanti dall'uso della strumentazione;
4) Lo schema a blocchi funzionali del sistema, identificando le principali componenti della catena di misura — sensori, acquisizione e condizionamento dei segnali, elaborazione, estrazione degli indicatori, classificazione/valutazione del rischio, memorizzazione e restituzione delle informazioni — e specificando, per ciascun blocco, le caratteristiche tecniche più rilevanti.
5) Le modalità di elaborazione e integrazione dei dati, descrivendo come le informazioni cardiorespiratorie e motorie possano essere combinate per distinguere le normali risposte fisiologiche e biomeccaniche associate alla mansione da condizioni indicative di affaticamento, stress o potenziale sovraccarico.
6) Le modalità di restituzione e interpretazione dei risultati, individuando possibili indicatori sintetici, soglie, segnalazioni o rappresentazioni utili a supportare la valutazione ergonomica e l'eventuale individuazione di interventi di miglioramento delle condizioni di lavoro.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE DELL'INFORMAZIONE
I SESSIONE 2026 – 1 OTTOBRE 2026
SEDE SVOLGIMENTO: **POLITECNICO DI MILANO**

II COMMISSIONE – SETTORE DELL'INFORMAZIONE

SEZIONE A

PROVA PRATICA

TEMA N. 3

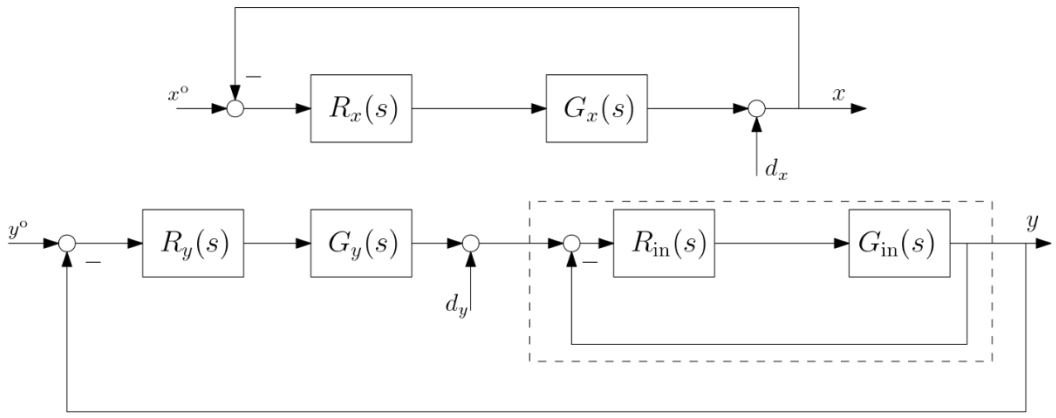
Il candidato svolga i quesiti indicati nel seguito tenendo presente quanto segue: ***chiarezza espositiva****,* ***ordine*** *e* ***leggibilità*** *dell'elaborato contribuiscono alla valutazione in modo significativo*.

L'introduzione delle tecnologie digitali nella filiera agroalimentare offre importanti opportunità in termini di efficienza, sostenibilità e qualità delle produzioni. Tra le applicazioni dell'agricoltura di precisione, particolare interesse riveste l'impiego di droni per il monitoraggio dei filari in vigneti e frutteti.

Si consideri un drone impiegato per sorvolare un filare mantenendo una determinata quota e distanza dalla vegetazione. Il drone è governato da un sistema di controllo che ne regola il moto e consente di seguire la traiettoria desiderata.

I motori elettrici che azionano le eliche costituiscono gli attuatori, mentre un sistema di percezione, basato ad esempio su telecamere e sensori di distanza, permette di stimare la posizione del drone rispetto al filare e di chiudere l'anello di controllo della posizione.

Assumendo l'altitudine e l'orientamento del drone opportunamente controllati, si consideri ora il seguente schema di controllo di posizione x, y realizzato su un modello linearizzato del sistema:



- x^o, y^o rappresentano i riferimenti di posizione;
- x, y rappresentano le posizioni effettive;
- $G_x(s) = \frac{g}{s^2}$ è la funzione di trasferimento che rappresenta la dinamica del sistema lungo x;
- $G_y(s) = -\frac{g}{s^2}$ è la funzione di trasferimento che rappresenta la dinamica del sistema lungo y;

- $R_x(s)$ e $R_y(s)$ sono le funzioni di trasferimento dei regolatori di posizione;
- $R_{\text{in}}(s) = 0.5\frac{1+0.5s}{1+0.0025s}$ è un regolatore interno che agisce sul sistema descritto dalla funzione di trasferimento $G_{\text{in}}(s) = \frac{200}{s^2}$;
- g è l'accelerazione di gravità;
- d_x e d_y sono disturbi di processo a scalino unitario.

Dati lo schema di controllo e le funzioni di trasferimento sopra indicate:

i) Si disegnino i diagrammi di Bode di modulo e fase della funzione d'anello interno caratterizzato dalle funzioni $R_{\text{in}}(s)$ e $G_{\text{in}}(s)$.

ii) Si progettino i regolatori $R_x(s)$ e $R_y(s)$ di tipo PD reale tali che la risposta del sistema a riferimenti a scalino non presenti oscillazioni, l'errore sia nullo a transitorio esaurito a fronte dei disturbi e dei riferimenti a scalino, e la pulsazione critica sia almeno di 30 rad/s.

iii) Alla luce del progetto realizzato, si commenti opportunamente la relazione tra l'anello di controllo esterno con il regolatore $R_y(s)$ e quello interno con il regolatore $R_{\text{in}}(s)$.

iv) Assumendo il disturbo d_x come una funzione periodica, si facciano delle ipotesi sulla natura e sulla pulsazione del disturbo e si modifichi, se necessario, il progetto del regolatore per attenuare il disturbo sull'uscita almeno di un fattore 10.

v) Assumendo ora il disturbo d_x misurabile, si disegni lo schema di controllo comprensivo di un compensatore del disturbo misurabile.

vi) Utilizzando un metodo di discretizzazione a scelta (Eulero in avanti, Eulero all'indietro o Tustin) e assumendo un generico tempo di campionamento T, si scriva l'espressione dei regolatori digitali $R_x(z)$ e $R_y(z)$.

vii) Si commenti la stabilità dei regolatori digitali trovati alla luce del metodo di discretizzazione utilizzato.

viii) Considerando un'implementazione digitale dello schema di controllo, con campionatore e mantenitore sincroni e in fase, si definisca il tempo di campionamento in modo che il sistema controllato lungo le direzioni x, y sia ancora asintoticamente stabile.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE DELL'INFORMAZIONE
I SESSIONE 2026 – 1 OTTOBRE 2026
SEDE SVOLGIMENTO: **POLITECNICO DI MILANO**

II COMMISSIONE – SETTORE DELL'INFORMAZIONE

SEZIONE A

PROVA PRATICA

TEMA N. 4

Il candidato svolga i quesiti indicati nel seguito tenendo presente quanto segue: ***chiarezza espositiva****,* ***ordine*** *e* ***leggibilità*** *dell'elaborato contribuiscono alla valutazione in modo significativo*.

Si consideri il progetto di un sistema di comunicazione satellitare basato su una costellazione di satelliti in orbita terrestre bassa (LEO - Low Earth Orbit).
Il sistema comprende il feeder link, ossia il collegamento tra le stazioni gateway terrestri e i satelliti della costellazione, e lo user link, ossia il collegamento tra i satelliti e i terminali degli utenti a terra.

Supponendo che il dimensionamento delle due tratte possa essere svolto in maniera indipendente, il candidato concentri la propria analisi sul feeder link, descrivendo gli aspetti fondamentali che intervengono nel dimensionamento del segmento terrestre, costituito dalla stazione gateway, e del segmento spaziale, costituito dal satellite LEO.

Le frequenze di progetto sono:
Uplink gateway-satellite: 29.5 GHz -- Downlink satellite-gateway: 19.5 GHz
Si assuma l'impiego della banda Ka o, ove opportuno, di frequenze superiori
Il candidato analizzi, in particolare, i fenomeni che determinano una riduzione della potenza ricevuta e un aumento del rumore e delle interferenze, indicando i principali parametri progettuali sui quali è possibile intervenire per migliorare l'affidabilità e la disponibilità del collegamento.

Il candidato sviluppi i seguenti quattro punti con riferimento alle ipotesi indicate nella traccia.

1. **Descrizione del feeder link:** descrivere lo schema generale del feeder link di un sistema satellitare LEO, individuando i principali componenti della gateway e del satellite coinvolti nella trasmissione e nella ricezione del segnale.
2. **Perdite di propagazione:** illustrare le principali cause di attenuazione del segnale alle frequenze di 29,5 GHz e 19,5 GHz, considerando la perdita di spazio libero e gli effetti atmosferici, con particolare riferimento alla pioggia.
3. **Rumore e interferenze:** descrivere le principali sorgenti di rumore e interferenza presenti nel feeder link e indicare come esse influenzano la qualità del collegamento e il rapporto segnale-rumore.
4. **Tecniche di mitigazione:** indicare i principali parametri sui quali è possibile intervenire per compensare le attenuazioni e migliorare l'affidabilità del collegamento, considerando, ad esempio, la potenza trasmessa, il guadagno delle antenne, il margine di collegamento, la modulazione e la codifica..

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE DELL'INFORMAZIONE
I SESSIONE 2026 – 1 OTTOBRE 2026
SEDE SVOLGIMENTO: **POLITECNICO DI MILANO**

II COMMISSIONE – SETTORE DELL'INFORMAZIONE

SEZIONE A

PROVA PRATICA

TEMA N. 5

Il candidato svolga i quesiti indicati nel seguito tenendo presente quanto segue: ***chiarezza espositiva****,* ***ordine*** *e* ***leggibilità*** *dell'elaborato contribuiscono alla valutazione in modo significativo*.

Si vuole realizzare un registratore audio portatile alimentato da una batteria ricaricabile Ni-MH AA (comunemente chiamata "stilo") con tensione nominale 1.2V e capacità di 5000 mAh. Il sistema contiene al suo interno due microfoni, in posizione opposta l'uno rispetto all'altro per migliorare la qualità del segnale audio da registrare. E' necessario garantire un'autonomia del dispositivo di almeno 10 ore.

1) Si effettui un dimensionamento del consumo massimo del sistema durante la fase di registrazione e del tipo e dimensione di memoria da installare facendo le dovute assunzioni su qualità e bitrate del segnale da registrare.

2) Si realizzi uno schema a blocchi che illustri i componenti fondamentali di tale sistema (filtraggio e amplificazione del segnale, memoria, etc.) scegliendo in maniera opportuna il dispositivo di processing (temporal computing, quindi microcontrollore, o spatial computing, quindi dispositivo FPGA). Si motivi tale scelta.

I microfoni sono polarizzati mediante un pull-up resistivo da 1kΩ e accoppiati in AC al resto del circuito, in modo da centrare il segnale intorno alla metà dinamica dell'ADC. L'ADC ha un FSR (Full Scale Range) di 3 V. Viene utilizzato un solo ADC per campionare entrambi i microfoni. Si trascuri l'impedenza del microfono, in quanto molto maggiore della resistenza di bias.

Considerando un solo microfono:

3) Si progetti e dimensioni lo schema di amplificazione e filtraggio del segnale.

Considerando entrambi i microfoni:

4) Si dimensionino il MUX, il Sample and Hold e l'ADC per una qualità accettabile dell'audio. Considerando che le sezioni analogica e digitale del sistema sono alimentate a 3 V, si progetti un alimentatore in grado di erogare 3 V a partire dalla tensione proveniente dalla batteria.

5) Si vuole pilotare uno speaker, di impedenza 16 Ω, in grado di riprodurre l'audio per il riascolto delle registrazioni. Si confrontino diversi stadi d'uscita e si scelga il più opportuno al registratore portatile.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI:
INGEGNERE DELL'INFORMAZIONE
I SESSIONE 2025 – 1 OTTOBRE 2026
SEDE SVOLGIMENTO: **POLITECNICO DI MILANO**

II COMMISSIONE – SETTORE DELL'INFORMAZIONE

SEZIONE A

PROVA PRATICA

TEMA N. 6

Il candidato svolga i quesiti indicati nel seguito tenendo presente quanto segue: ***chiarezza espositiva****,* ***ordine*** *e* ***leggibilità*** *dell'elaborato contribuiscono alla valutazione in modo significativo*.

La I.S.M.E. srl è un'azienda specializzata nella produzione di assemblaggi elettronici ed elettromeccanici utilizzati prevalentemente nel settore militare. Da ormai qualche anno, l'azienda assembla, imballa e vende sottomoduli elettronici di tre diverse tipologie di prodotti, denominati A80, B34, C31. Anche per il 2027, il management dell'impresa prevede di mantenere l'attuale gamma di prodotti; l'ing. Rossi, l'analista dell'ufficio di pianificazione e controllo, ha appena ricevuto dall'ufficio commerciale aziendale le stime di vendita per il 2027, definite sulla base di uno studio effettuato da una società di consulenza costato 12.000 Euro; i dati sulle previsioni di vendita a preventivo per il 2027 sono riportati in Tabella 1.

Tabella 1 - Previsioni di vendita per il 2027

	SOTTOMODULO A80	SOTTOMODULO B34	SOTTOMODULO C31
QUANTITÅ (PZ)	3100	4200	5000
PREZZO (€/PZ)	750	880	910

Le stime rappresentano un sensibile miglioramento rispetto al passato e tengono conto dell'importante sforzo di marketing e promozione che l'impresa intende sostenere per la fine dell'anno in corso. L' Ing. Rossi, alle prese con la stesura del budget, è preoccupato che il reparto produzione non sia in grado di sostenere tali volumi di vendita.
Si rivolge quindi all'lng. Bianchi, responsabile della produzione, per avere informazioni aggiornate in merito al processo produttivo, che si compone essenzialmente di tre fasi distinte: (1) assemblaggio dei componenti, (2) packaging, (3) controllo qualità; nel seguito un estratto di tali informazioni.

(1) Assemblaggio dei componenti

I sottomoduli vengono realizzati assemblando componenti elettronici acquistati da fornitori esteri; i coefficienti di impiego di tali componenti, per ognuno dei realizzati, preventivati dal responsabile della produzione per il 2027 sono riportati in Tabella 2.

Tabella 2 — Costi e consumi standard dei componenti

	COSTO COMPONENTE	SOTTOMODULO A80	SOTTOMODULO B34	SOTTOMODULO C31
COMPONENTE 1	59 €/U	3 U/PZ	2 U/PZ	1 U/PZ
COMPONENTE 2	68 €/U	2 U/PZ	---	2 U/PZ
COMPONENTE 3	75 €/U	---	4 U/PZ	4 U/PZ

L'attività di assemblaggio dei componenti è altamente automatizzata e non prevede la presenza di manodopera diretta; l'assemblaggio avviene infatti su un unico impianto robotizzato, acquistato nel 2022 per 1.250.000 € (con una vita utile prevista 8 anni). Per quanto riguarda il 2027, la capacità produttiva prevista é pari a 25.000 h. II tempo di lavorazione richiesto per la fase di assemblaggio é pari a 2,5 h/pz per il sottomodulo A80, 3,5 h/pz per il sottomodulo B34, 2 h/pz per il sottomodulo C31.

(2) Packaging

Al contrario, la fase di packaging é effettuata manualmente da alcuni operai (tutti i dipendenti assunti hanno un contratto a tempo indeterminato e non saranno facilmente licenziabili nel breve periodo), che lavorano in questa fase mettendo a disposizione un numero complessivo di ore all'anno pari a 20.000. II costo orario di tali operai (calcolato su tale monte-ore) é di 35 €/h. II tempo di lavorazione richiesto per ogni sottomodulo, (indipendentemente dalla tipologia) è pari a 1,5 h/pz. I materiali utilizzati il packaging comportano costi pari a 6 €/pz per i sottomoduli A80 e B34, mentre per il sottomodulo C31 il costo di tali materiali pari a 8 €/pz.

(3) Controllo qualità

La fase di controllo qualità altamente automatizzata, e non prevede neanch'essa (come l'assemblaggio) manodopera diretta. L'impianto per il controllo qualità è stato acquistato nel 2023 per un importo pari a 530.000 € e ha una vita utile prevista di 6 anni. II tempo macchina richiesto per ogni sottomodulo, indipendentemente dalla tipologia, di 1 h/pz.
Per il 2027 non si prevedono problemi di capacità produttiva per questa fase di lavorazione.
Dalla relazione dell'lng. Bianchi si prevedono per il 2027 costi per l'energia legati al funzionamento degli impianti per l'assemblaggio ed il controllo qualità pari a 7 €/pz (per i sottomoduli A80 e B34) e pari a 8 €/pz (per il sottomodulo C31). Si prevedono costi per il personale indiretto di produzione pari a 430.000 € e costi di riscaldamento e manutenzione per strutture produttive per 19.000 €.
A valle di un confronto con il responsabile del magazzino, I'lng. Rossi ottiene infine i valori relativi al livello di scorte iniziali e finali previste per il 2027 (si faccia riferimento alla Tabella 3). Per problemi di ottimizzazione del magazzino, la politica delle scorte non è modificabile (le scorte sono valorizzate con logica FIFO).

Tabella 3 —Scorte di prodotti finiti e componenti per il 2027

	SCORTE INIZIALI		SCORTE FINALI
	QUANTITÀ	VALORE	QUANTITÀ
SOTTOMODULO A80	210 PZ	126.210 €	100 PZ
SOTTOMODULO B34	198 PZ	128.700 €	150 PZ
SOTTOMODULO C31	87 PZ	61.074 €	100 PZ
COMPONENTE 1	200 U	10.200 €	200 U
COMPONENTE 2	323 U	18.734 €	200 U
COMPONENTE 3	107 U	6.955 €	200 U

L'Ing. Rossi ha infine stimato per il 2027 i seguenti costi:

- 850.000 € per spese pubblicitarie
- 145.000 € per spese di rappresentanza
- 250.000 € per costi generali ed amministrativi

Si noti che, a causa dell'elevato livello di indebitamento, la I.S.M.E. srl si trova in una situazione economico-finanziaria particolarmente difficile e probabilmente non sarà in grado di espandere la capacità produttiva per il 2027.

Sulla base delle informazioni precedentemente riportate, si risponda ai seguenti quesiti.

A) Si rediga il budget delle vendite, della produzione, dei costi di produzione, degli approvvigionamenti e dei costi di periodo per 2027. Nel rispondere al quesito, si tenga conto della fattibilità del piano di produzione e si proceda alle opportune variazioni, qualora necessarie.

B) Sulla base della risposta al Quesito A, si determini il Conto Economico previsionale della I.S.M.E. srl (fin dove possibile), evidenziando in particolar modo il Margine Lordo Industriale e il Margine Operativo Netto.

C) Si determini la quantità di break-even sulla base del mix riportato nel budget delle vendite.

Una volta ricevuto il budget dall'ing. Rossi, il responsabile dell'ufficio pianificazione e controllo, ing. Verdi, decide di valutare l'opportunità di espandere la capacità produttiva dell'impresa. l'ing Verdi, consapevole che l'elevato livello di indebitamento dell'azienda rende difficile l'accesso al credito per finanziare l'investimento, è convinto che acquistando un nuovo macchinario per le operazioni di assemblaggio e assumendo 3 nuovi operai da inserire nel reparto di packaging, la I.S.M.E. srl avrebbe la capacità produttiva adeguata per far fronte alla domanda futura, che si prevede in crescita negli anni a venire a parità di sforzo di marketing e politiche di prezzo (si vedano le Tabelle 4 e 5).

Tabella 4 - Previsioni di vendita per il periodo 2028 - 2031 - scenario ottimistico

	SOTTOMODULO A80	SOTTOMODULO B34	SOTTOMODULO C31
ANNO	QUANTITÀ (PZ)	QUANTITÀ (PZ)	QUANTITÀ (PZ)
2028	3.300	4.400	5.500
2029	3.300	4.400	5.500
2030	3.300	4.400	5.500
2031	3.300	4.400	5.500

Tabella 5 - Previsioni di vendita per il periodo 2028 - 2031 - scenario pessimistico

	SOTTOMODULO A80	SOTTOMODULO B34	SOTTOMODULO C31
ANNO	QUANTITÀ (PZ)	QUANTITÀ (PZ)	QUANTITÀ (PZ)
2028	3.100	4.300	5.200
2029	3.100	4.300	5.200
2030	3.100	4.300	5.200
2031	3.100	4.300	5.200

II nuovo macchinario verrebbe acquistato a fine 2026 per un importo pari a 1.400.000 € e avrebbe una vita utile prevista di 5 anni, mentre l'impianto esistente potrebbe essere venduto per 250.000 €.
Convinto delle proprie ragioni, l'ing. Verdi si rivolge in via preliminare a diversi istituti di credito per discutere di un possibile finanziamento. Nel caso cui venisse effettuato l'investimento sarebbe infatti necessario un finanziamento di 800.000 €.
Considerata la difficile situazione economico-finanziaria della I.S.M.E. srl, l'unica proposta di finanziamento pervenuta prevede un tasso di interesse annuo del 7% sul capitale preso a prestito e restituzione del capitale interamente nel 2031. Si tenga conto Che la tassazione sugli utili é pari al 32% del risultato al lordo delle imposte e il costo del capitale normalmente utilizzato dalla I.S.M.E. srl per valutare gli investimenti è pari al 10%. Una volta ricevuta la proposta di finanziamento, l'Ing. Verdi decide di non effettuare l'investimento.

D) Si valuti la decisione dell'lng. Verdi, attraverso i criteri del Net Present Value, Internal Rate of Return e Tempo di Payback.