

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere

SEZIONE A

Settore dell'Ingegneria Civile e Ambientale

PROVA PRATICA

1 - Strutture

Si consideri il telaio in figura, realizzato in cemento armato con calcestruzzo di classe C25/30 ($R_{ck}=30\text{MPa}$) e acciaio B450C ($f_{yk}=450\text{MPa}$). Si considerino le travi sui fili 1, 2 e 3 come principali, mentre quelle sui fili A, B e C come secondarie. Si assumano la quota del solaio, le distanze fra gli assi dei pilastri e i versi di orditura dei solai rappresentati in figura. Il candidato progetti allo Stato Limite Ultimo il telaio sul filo 2.

In particolare si richiede di:

1. Determinare le sollecitazioni sulle travi e sui pilastri del telaio per le seguenti combinazioni di carico:
 - (i) *Combinazione 1 (non sismica)*: questa combinazione include i carichi permanenti, il carico variabile (si consideri la copertura praticabile) e il carico neve (pari a $q_s=0.8\text{kN/m}^2$).
 - (ii) *Combinazione 2 (sismica-SLV)*: questa combinazione include i carichi permanenti l'aliquota appropriata dei carichi variabili e l'azione sismica. Ai fini del calcolo dell'azione sismica, si consideri un'accelerazione spettrale (ricavata sullo spettro elastico in corrispondenza del periodo proprio della struttura) pari a $S_e=0.23g$. Si assuma una classe d'uso $c_u=1$ e un fattore di struttura q appropriato per un progetto in alta duttilità. Si consideri l'azione sismica nella sola direzione X.

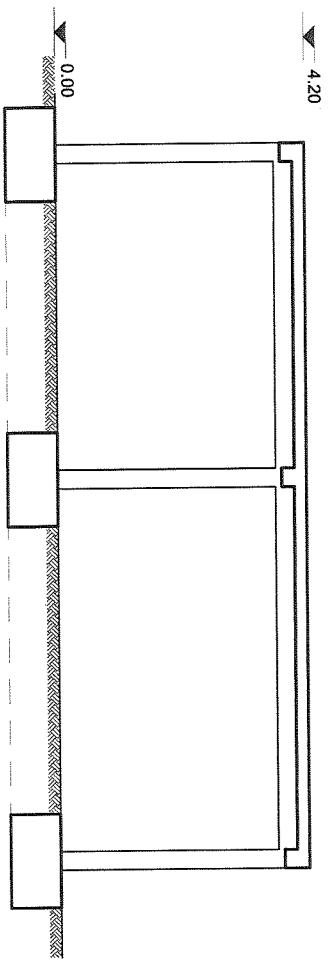
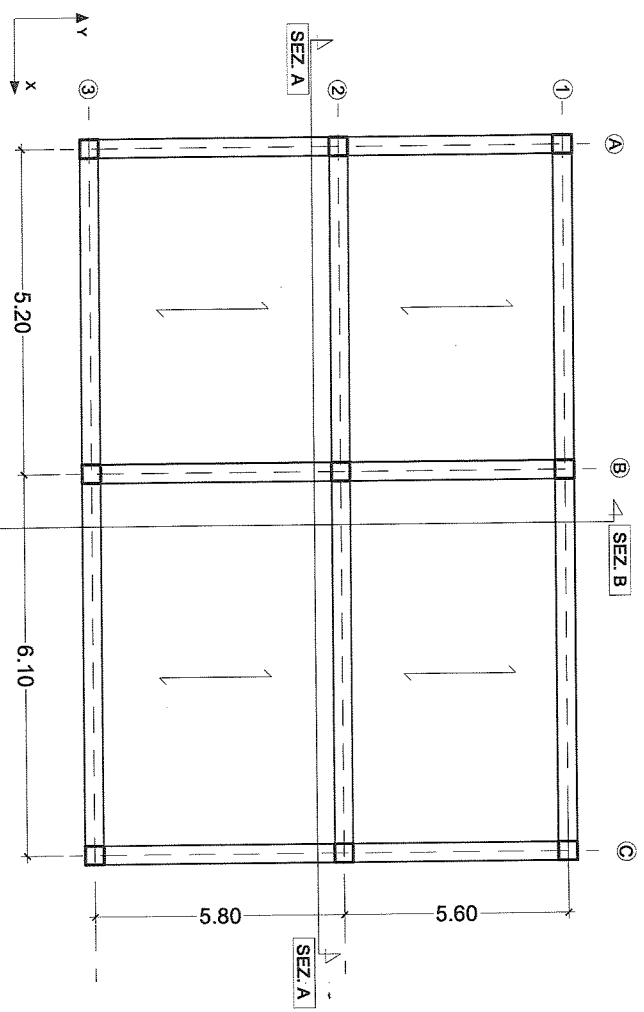
Ai fini del calcolo delle sollecitazioni, invece di risolvere il sistema iperstatico, si può considerare per semplicità il modello di trave continua su tre appoggi per i carichi verticali ed il modello di piedritto incastrato nel traverso superiore considerato infinitamente rigido per l'azione del sisma. Si considerino i pilastri incastrati nella sezione di spiccato dal plinto di fondazione. Per il calcolo delle sollecitazioni indotte dal sisma, si applichi il metodo della analisi lineare statica, ai sensi del par. 7.3.3.2. delle Norme Tecniche per le Costruzioni (DM Infrastrutture 14.01.2008).

Per il calcolo del peso proprio del solaio si considerino i seguenti carichi:

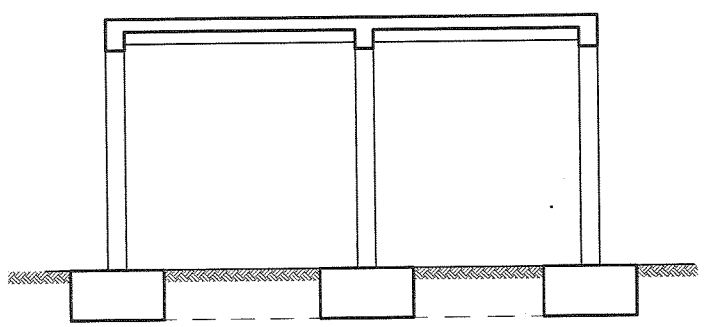
Pavimento + impermeabilizzazione	0.70kN/m ²
Allettamento (s=5cm)	0.95kN/m ²
Soletta in c.a. (s=4cm)	1.00kN/m ²
Travetti in c.a. (i=50cm)	0.72kN/m ²
Pignatte in laterizio (i=50cm)	0.26kN/m ²

2. Tracciare i diagrammi di involuppo delle sollecitazioni da considerare ai fini del progetto.
3. Progettare la carpenteria e le armature (longitudinali e trasversali) delle travi del telaio sul filo 2.
4. Progettare la carpenteria e le armature (longitudinali e trasversali) dei pilastri del telaio sul filo 2.
5. Produrre gli elaborati grafici per le travi e i pilastri progettati.

Pianta Solaio



Sezione B



[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

2 – Idraulica

Si dimensiona la quota minima di intradosso di un ponte stradale, che sarà realizzato in corrispondenza di una traversa fluviale esistente di larghezza pari a 40 metri; La quota fondo dell'alveo in corrispondenza della traversa è pari a 30 metri s.l.m; il coronamento della traversa è posto a quota pari a 33 metri.

Il ponte è inoltre ubicato a valle di un lago artificiale di laminazione, di cui sono note le caratteristiche geometriche. Si supponga che il ponte debba rimanere in sicurezza al passaggio della piena laminata con tempo di ritorno di 1000 anni.

L'invaso artificiale ha uno scarico di superficiale di larghezza pari a 60 metri, ed è caratterizzato da una curva altezza-volumi che si può rappresentare con la seguente espressione, $W(z) = 45000 + 10000z + 5000z^2 + 150z^3$, dove si è indicato con W il volume nel serbatoio e con z la quota generica a partire dallo scarico di fondo. Le quote di sfioro e di massimo invaso della diga sono rispettivamente pari a 40 m e 44 m.

Il bacino idrografico sotteso dalla sezione in ingresso al lago artificiale è caratterizzato da un'area drenata di 112 km², una lunghezza dell'asta principale pari a 17 km e una quota media di 450 m rispetto alla sua sezione di chiusura. Il regime delle precipitazioni intense sul bacino si può esprimere mediante la curva di probabilità pluviometrica $h = at^{0.25}$, dove la costante a è una funzione aleatoria distribuita secondo la distribuzione di probabilità di Gumbel di parametri $\epsilon=32$ e $\alpha=0,09$.

L'idrogramma in ingresso al lago può essere calcolato utilizzando il modello cinematico, assumendo una funzione di forma del bacino (curva area-tempi) di tipo lineare. Nel calcolo si assuma inoltre un coefficiente di deflusso $\phi=0,6$ e si adotti uno idrogramma di progetto lineare.

Suggerimento: effettuare l'interpolazione lineare per invertire la legge d'invaso utilizzando il metodo dei minimi quadrati o l'espansione in serie di Taylor con punto iniziale fissato alla quota di sfioro.

3 – Infrastrutture viarie

Con riferimento alla planimetria riportata nel seguito (in scala 1:25000) e nel rispetto della normativa vigente, il candidato sviluppi il progetto di una infrastruttura stradale di categoria C1 (extraurbana secondaria) che colleghi il punto A al punto B all'interno del corridoio delimitato.

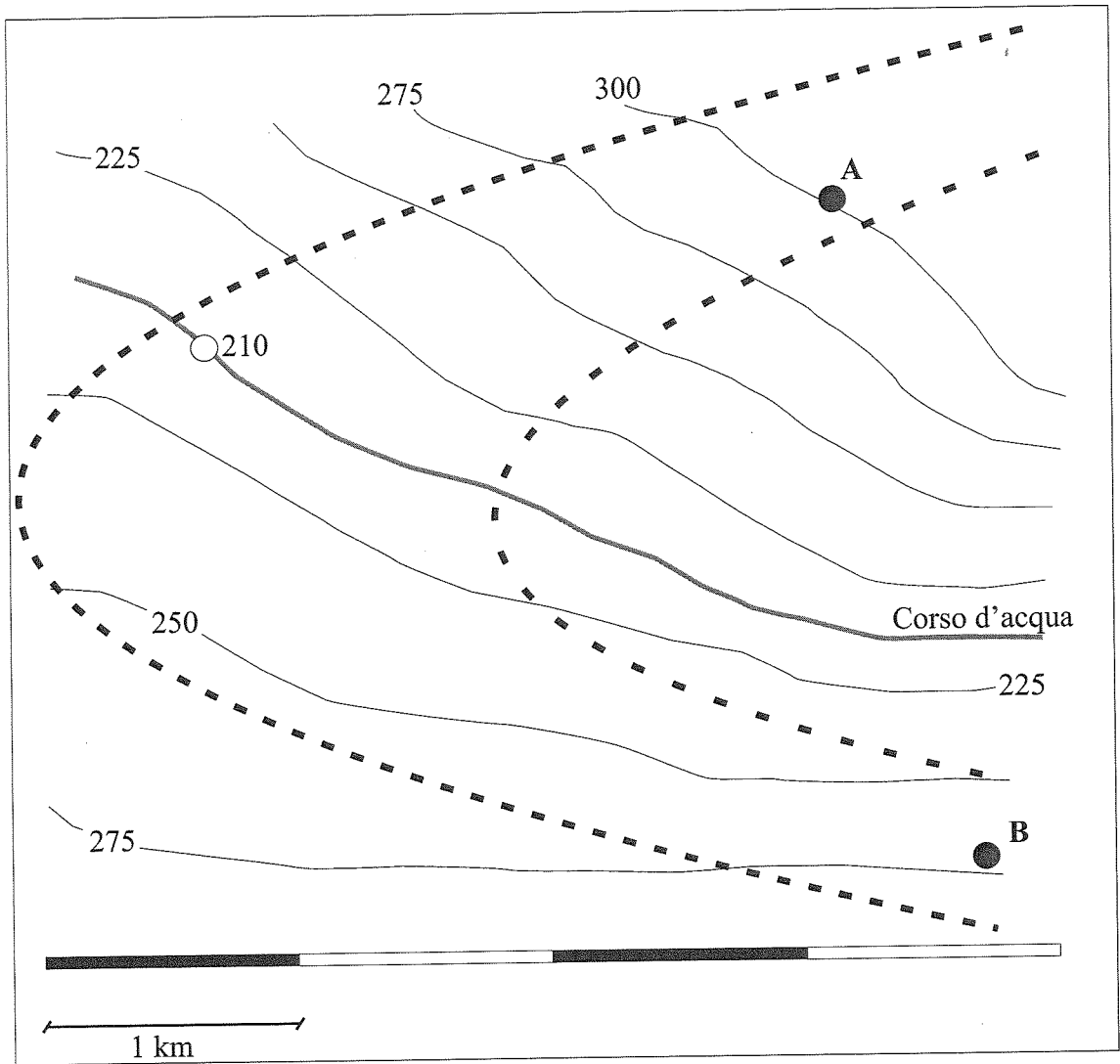
Rediga quindi la planimetria di tracciamento ed il profilo altimetrico dell'asse stradale, definendo i vari elementi geometrici propri di un progetto definitivo:

- raggi, angoli di deviazione e sviluppi delle curve planimetriche;
- lunghezze dei rettilinei;
- caratteristiche delle curve di transizione;
- caratteristiche delle livellette;
- caratteristiche dei raccordi verticali;
- pendenze trasversali della piattaforma stradale.

Il candidato dovrà fornire inoltre la sezione stradale tipo in mezzacosta (in scala 1:100), comprensiva dei necessari presidi idraulici e tutti gli elementi ritenuti utili. Il candidato dovrà poi redigere la planimetria generale almeno di un tratto dell'infrastruttura stradale attraverso la costruzione di almeno 6 sezioni correnti.

Infine il candidato illustri i criteri che intende adottare nell'ambito del capitolato per la scelta del materiale da utilizzare per la realizzazione del corpo stradale, nonché ne descriva le principali procedure costruttive.

4



Legenda

- - - Limite del corridoio
- Corso d'acqua
- Punto quotato
- Punti origine/destinazione

QR

A

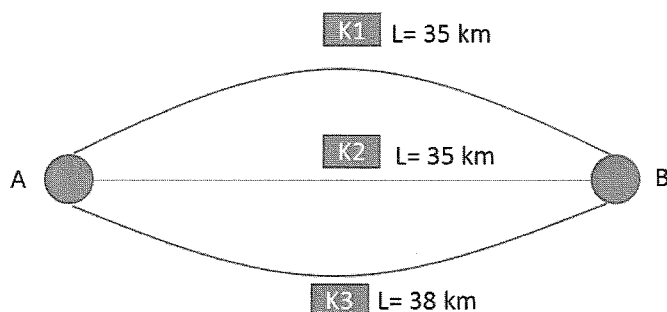
B

(W)

MB

4 – Trasporti

Il collegamento stradale tra le due zone "A" e "B" è fornito da tre alternative di percorso K come di seguito riportate:



Funzioni di costo (valide per entrambe le direzioni di marcia)

Sul percorso K1: $T=(L/50)+5*10^{-5}*\text{flusso}$

Sul percorso K2: $T=(L/130)+1*10^{-4}*\text{flusso}$

Sul percorso K3: $T=(L/70)+1,5*10^{-4}*\text{flusso}$

Sapendo che la domanda nell'ora di punta è pari a: $d_{A-B}= 8000$ veic/ora; $d_{B-A}=6500$ veic/ora, determinare i flussi sulla rete utilizzando le usuali tecniche di assegnazione.

A seguire, supponendo che in B sia localizzato un aeroporto, il candidato provveda alla progettazione di un nuovo servizio su gomma di tipo gran-turismo di collegamento A-aeroporto e ne verifichi la fattibilità economica.

Sono note:

- la domanda potenziale da servire con la nuova linea nei differenti periodi dell'anno (complessiva per entrambe le direzionalità):
 - periodo di morbida (Novembre, Dicembre, Gennaio e Febbraio): 20.000 passeggeri/mese;
 - periodo neutro (Marzo, Aprile, Maggio, Giugno, Settembre, Ottobre): 36.000 passeggeri/mese
 - periodo di punta (Luglio-Agosto): 40.000 passeggeri/mese
- i costi di acquisto di un pullman gran turismo pari a 290.000 €;
- i costi di gestione unitari (€/vett-km) del servizio gran turismo pari a $CU = 1,8*(1+0,002*Cap)$ dove Cap è la capacità del veicolo;
- i costi per lo stazionamento all'interno del sedime aeroportuale (B) pari a 10€/ora;
- si suppone che il nuovo servizio non abbia possibilità di avere corsie riservate, ma viaggi in promiscuo con il restante traffico veicolare.

Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere

SEZIONE A

Settore dell'Ingegneria Industriale

PROVA PRATICA

1 – Meccanica “fredda”

Eseguire lo schema di un riduttore ad ingranaggi ad assi paralleli.

Il riduttore trasmette una potenza nominale di 25 CV.

La velocità in entrata è di 2960 giri/min, quella in uscita è di 329 giri/min.

Dimensionare inoltre gli alberi, i cuscinetti, le ruote dentate ed i relativi accoppiamenti con gli alberi.

Assumere valori opportuni per i dati non forniti.

2 – Meccanica “calda”

- 1.1) Un motore Diesel a quattro tempi quattro cilindri fornisce una coppia $C = 30\text{Kgm}$ a $n = 2200$ giri/min. La potenza termica ceduta per trasmissione di calore all'ambiente e al circuito di refrigerazione Q_w è numericamente uguale alla potenza utile. La temperatura dell'aria aspirata è $T_a = 288$ K mentre quella dei gas di scarico è $= 800$ K. Il potere calorifico inferiore del combustibile è $H_i = 10200$ Kcal/Kg e il rapporto aria/combustibile vale $\alpha = 27$.

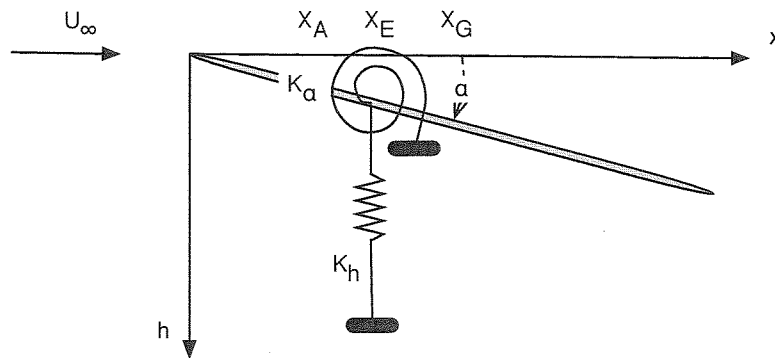
Calcolare il consumo specifico di combustibile e la massa d'aria aspirata in un ciclo del motore nella condizione di funzionamento indicata.

- 1.2) Eseguire il progetto di massima del sistema di iniezione del motore, nel caso in cui si impieghi una architettura di tipo common rail. Definire il funzionamento del sistema, evidenziandone la logica con uno schema a blocchi, in rapporto ai diversi sensori che rilevano i parametri operativi del motore.

- 1.3) Stimando le grandezze necessarie al dimensionamento del sistema di iniezione per il motore considerato, determinare le caratteristiche salienti (dal punto di vista idraulico) della pompa ad alta pressione, della tubazione, del volume accumulatore e dei polverizzatori.

3 – Aeronautica

La sezione tipica rappresentata in figura è rappresentativa di un'ala rettangolare con un profilo simmetrico biconvesso di piccolo spessore (*thickness ratio* = 0.12).



Il significato dei simboli è il seguente:

- x_A = posizione centro aerodinamico (1/4 della corda)
- x_E = posizione centro elastico (1/10 della corda)
- x_G = posizione centro di massa

Inoltre

- h_0 = spostamento verticale (positivo verso il basso)
- α = angolo di rotazione (positivo se antiorario)
- k_h = costante elastica a flessione
- k_α = costante elastica a torsione

Le pulsazioni proprie a flessione e torsione siano, rispettivamente,

$$\omega_h = 35 \frac{\text{rad}}{\text{s}}, \quad \omega_\alpha = 45 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Determinare la velocità di *flutter* utilizzando i seguenti modelli aerodinamici:

Aerodinamica stazionaria: $L = 2pcq\alpha$, con $q = \frac{1}{2}\rho U^2$

Aerodinamica quasi-stazionaria: $L = 2pcq\hat{\alpha}$, con $\hat{\alpha} = \alpha + \frac{1}{U} \frac{dh_0}{dt}$

Utilizzare i seguenti dati:

- m = massa per unità di apertura alare = 135 Kg
- ρ = densità dell'aria = 1.21 Kg/m³
- c = corda = 2.1 m.
- M = Mach di volo = $U/a_0 = 0.75$, con a_0 = velocità del suono in aria standard al livello del mare.

Si assuma, inoltre, nullo il momento delle forze aerodinamiche rispetto ad x_A



Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere

SEZIONE A

Settore dell'Ingegneria dell'Informazione

PROVA PRATICA

1 – Ingegneria delle Telecomunicazioni

Si consideri il problema del dimensionamento delle celle di un sistema radiomobile. Si assuma di dover coprire l'area di interesse avendo a disposizione 8 Mhz di banda da sfruttare con trasmissione GSM, e che l'assegnazione delle frequenze possa essere statica, per semplicità.

La densità di popolazione nell'area interessata è pari a 2000 utenti/km². Si assuma che in ogni trama GSM due time slot siano allocati per la segnalazione, ed i restanti per traffico voce. Si assuma inoltre di avere a disposizione un canale radio stabile nel tempo, in cui si possano trascurare i fenomeni di riflessione e rifrazione, ed in cui si possa considerare come effetto predominante una attenuazione della potenza ricevuta da un trasmettitore che sia proporzionale alla distanza della sorgente, elevata ad una potenza $\alpha = 4$.

Il valore minimo del rapporto segnale-interferente desiderato è pari a $C/I = 10.6$ dB.

Ciò posto, si determini:

- la dimensione del cluster necessaria a garantire il rapporto segnale-interferente desiderato, assumendo che solo l'interferenza delle celle più vicine possa essere significativa. Si considerino trascurabili gli effetti relativi alla portata di un trasmettitore rispetto a quelli di interferenza;
- il raggio R da impiegare per le celle da realizzare, identificato come distanza tra il centro ed i vertici dell'esagono con cui ogni cella può essere per convenienza rappresentata. La percentuale di utenti attivi contemporaneamente nell'ora di punta è del 50% sul totale, mentre la durata media delle chiamate è di 2 minuti. Si vuole garantire una probabilità di blocco delle chiamate pari all'1%.

Per riferimento, vengono riportati nella tabella seguente alcune combinazioni di intensità media di traffico (variabile A , espressa in Erlang) e minimo numero di server (variabile m) che risultano in una probabilità di blocco inferiore all'1% secondo la Formula B di Erlang:

m	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
A	1.3	4.5	8.1	12.0	16.1	20.3	24.6	29.0	33.4	37.9

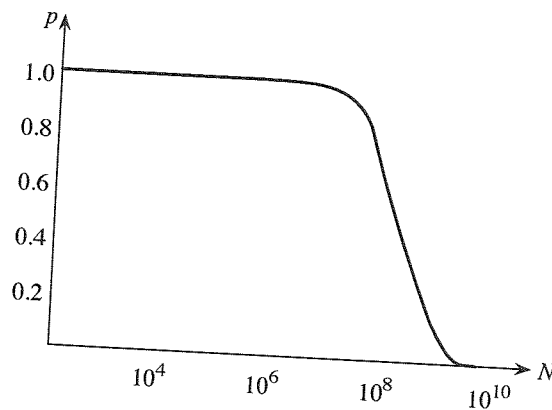
2 – Ingegneria Informatica

Una società di gestione di servizi (esempio: posta elettronica, accesso a dbms, ecc) ha la necessità di progettare la propria infrastruttura hardware e software. La società non fornisce servizi direttamente ai privati, ma li fornisce alle aziende clienti, le quali hanno la facoltà, tramite una applicazione mobile e via web, di creare e dimensionare i loro servizi web-based per i clienti finali.

In particolare, il progetto richiede le seguenti funzionalità:

1. Gestire le informazioni relative alle aziende clienti (denominazione legale, partita IVA, etc.);
2. Gestire i servizi richiesti dalle suddette aziende rispettando la legge sulla riservatezza dei dati;
3. Gestire una statistica dei prodotti e servizi relativi ai clienti.

La società di gestione di servizi on-line stima di dover accettare un carico di lavoro almeno pari a 10^6 sessioni al minuto, e pone come vincolo l'uso di un modello server di cui di seguito è riportato il grafico della percentuale p di sessioni accettate sul numero totale N di richieste (al minuto).



Si richiede al candidato:

1. Una proposta di progetto per la società che, partendo dalla lista di funzionalità di cui sopra, la estenda o la modifichi con l'obiettivo di offrire la miglior soluzione possibile;
2. Un prospetto dettagliato dei requisiti funzionali, tecnologici, e prestazionali, relativi alla proposta di cui al punto precedente;
3. Un progetto di sistema, attraverso l'ausilio di schematizzazioni ritenute utili dal candidato a presentare il progetto stesso (e.g., E-R, UML), e quanto di altro si ritenga utile allo scopo. Da questo progetto deve risultare chiara l'architettura del sistema sia in termini di componenti hardware che software;
4. Una pianificazione temporale per la realizzazione dell'intero progetto che, suddividendolo in sotto-progetti, mostri le dipendenze tra gli stessi, con i relativi sotto-prodotti, e riporti una stima dei tempi di realizzazione, parziali e totali. Ci si avvalga di uno strumento adeguato di analisi e di presentazione (e.g., Gantt, PERT). Si riporti una stima dei costi per la realizzazione di quanto progettato, mostrando nel dettaglio il costo di ciascun sotto-progetto.

[Handwritten mark]

[Handwritten mark]

[Handwritten mark]

[Handwritten mark]

3 – Ingegneria Gestionale e Automazione

Il candidato realizzi un algoritmo di controllo mediante regolatori standard per il sistema caratterizzato dalla seguente funzione di trasferimento

$$P(s) = \frac{1}{(0.25s + 1)(s + 2)^2(4s + 1)}$$

scegliendo le azioni di controllo in modo tale che il sistema in controreazione:

1. compensi il ritardo introdotto dell'implementazione discreta, considerando come organo di ricostruzione lo Zero Order Hold (ZOH)
2. sia robusto rispetto a disturbi di tipo costante agenti a valle del processo
3. minimizzi un funzionale di costo scelto dal candidato per ottimizzare dei parametri di consumo energetico.

Una volta progettato il regolatore, il candidato calcoli i primi campioni del segnale di forzamento del processo considerando come errore in ingresso un gradino costante, utilizzando la forma di rappresentazione che ritiene più idonea.

Tabelle trasformate notevoli di Laplace

Funzioni	Trasformate
1	$\frac{1}{s}$
e^{-at}	$\frac{1}{s+a}$
$\frac{1}{a-b} (e^{-bt} - e^{-at})$	$\frac{1}{(s+a)(s+b)}$
$\frac{1}{b-a} (be^{-bt} - ae^{-at})$	$\frac{s}{(s+a)(s+b)}$
$\sin at$	$\frac{a}{a^2+s^2}$
$\cos at$	$\frac{s}{a^2+s^2}$
$\sinh at$	$\frac{a}{s^2-a^2}$
$\cosh at$	$\frac{s}{s^2-a^2}$
$t \sin at$	$\frac{2as}{(a^2+s^2)^2}$
$t \cos at$	$\frac{s^2-a^2}{(a^2+s^2)^2}$
$\sin at - at \cos at$	$\frac{2a^3}{(s^2+a^2)^2}$
$t \sinh at$	$\frac{2as}{(s^2-a^2)^2}$
$t \cosh at$	$\frac{s^2+a^2}{(s^2-a^2)^2}$
$at \cosh at - \sinh at$	$\frac{2a^3}{(s^2-a^2)^2}$

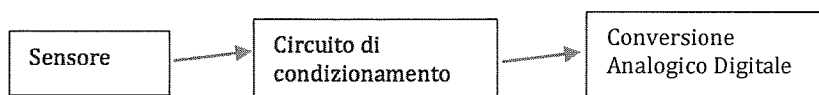
Funzioni	Trasformate
$e^{-bt} \sin at$	$\frac{a}{(s+b)^2+a^2}$
$e^{-bt} \cos at$	$\frac{s+b}{(s+b)^2+a^2}$
$\sin at \cosh at - \cos at \sinh at$	$\frac{4a^3}{s^4+4a^4}$
$\sin at \sinh at$	$\frac{2a^2s}{s^4+4a^4}$
$\sinh at - \sin at$	$\frac{2a^3}{s^4-a^4}$
$\cosh at - \cos at$	$\frac{2a^2s}{s^4-a^4}$
$\delta(t)$	1
$\delta(t-a)$	e^{-as}
$\delta'(t)$	s
$\delta(t)$	se^{-as}
$\frac{t^{n-1}}{(n-1)!} (n > 0)$	$\frac{1}{s^n}$
$t^n (n > -1)$	$\frac{n!}{s^{n+1}}$
$\frac{t^{n-1}e^{-at}}{(n-1)!} (n > 0)$	$\frac{1}{(s+a)^n}$
$\frac{(n-1)-at}{(n-1)!} t^{n-2} e^{-at}$	$\frac{s}{(s+a)^n}$

4 – Ingegneria Elettronica

Una rete di 4 sensori per il monitoraggio ambientale si estende su una superficie di 100 metri quadrati e rileva l'attività sismica quotidiana di una faglia. Ciascun sensore misura l'intensità dell'onda sismica locale sotto forma di variazione di posizione e produce una tensione di uscita lineare tra 0 e 5 mV per spostamenti nel range 0-10 mm, con un errore relativo del 0.2%. Il sensore è alimentato con una tensione pari a 5 V e gestisce segnali nel range di frequenze tra 0 e 20 Hz.

Il candidato, con riferimento al singolo sensore,

- progetti il circuito di condizionamento per il sensore
- progetti la sezione di alimentazione
- progetti e dimensioni un sistema di conversione analogico/digitale caratterizzato da un errore di conversione massimo pari al 1% della dinamica di ingresso.
- Opzionale:
 - Illustri, inoltre, una possibile implementazione dell'intero sistema di monitoraggio, che include anche la parte di acquisizione ed elaborazione presso una unità centrale operativa remota.



5 – Ingegneria Biomedica

Si vuole progettare un sistema basato su sensori inerziali per l'analisi dello stile di vita di soggetti anziani mediante valutazione delle ADL (Activity Daily Living). Il dispositivo in esame, oltre che essere indossabile, dovrà prevedere le seguenti caratteristiche:

- acquisizione di segnali analogici provenienti da accelerometro e giroscopio triassiale;
- alimentazione a batteria;
- memoria locale;
- possibilità di trasmissione wireless verso un centro di ascolto per la raccolta dati.

Dopo aver definito le specifiche dei sensori ed il funzionamento generale del sistema, anche attraverso l'uso di un diagramma a blocchi, si delineino le caratteristiche di progetto, valutando opportunamente le frequenze di campionamento dei sensori ed ipotizzando di utilizzare un convertitore A/D a 12bit. Si dimensionino inoltre il sistema in maniera tale che sia garantita un'autonomia di funzionamento di almeno 24 ore e si valuti il flusso dati affinché sia possibile anche l'acquisizione in tempo reale da una stazione remota.

Tabelle per la taratura dei parametri dei regolatori standard

Controllore	Ziegler- Nichols
<i>P</i>	$K \cdot K_p = (\theta/\tau)^{-1}$
<i>PI</i>	$K \cdot K_p = 0.9 \cdot (\theta/\tau)^{-1}$ $T_i/\tau = 3.33 \cdot (\theta/\tau)$
<i>PID</i>	$K \cdot K_p = 1.2 \cdot (\theta/\tau)^{-1}$ $T_i/\tau = 2 \cdot (\theta/\tau)$ $T_d/\tau = 0.5 \cdot (\theta/\tau)$

Variazione di set point				
<i>IAE</i>	<i>PI</i>	<i>P</i>	0.758	-0.861
		<i>I*</i>	1.020	-0.323
<i>ITAE</i>	<i>PI</i>	<i>P</i>	0.586	-0.916
		<i>I*</i>	1.030	-0.165
<i>IAE</i>	<i>PID</i>	<i>P</i>	1.086	-0.869
		<i>I*</i>	0.740	-0.130
<i>ITAE</i>	<i>PID</i>	<i>D</i>	0.348	+0.914
		<i>P</i>	0.965	-0.855
		<i>I*</i>	0.796	-0.147
		<i>D</i>	0.308	+0.929

*In questo caso si deve utilizzare $Y = A + B(\theta/\tau)$