

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

SECONDA SESSIONE 2019 – SEZIONE B

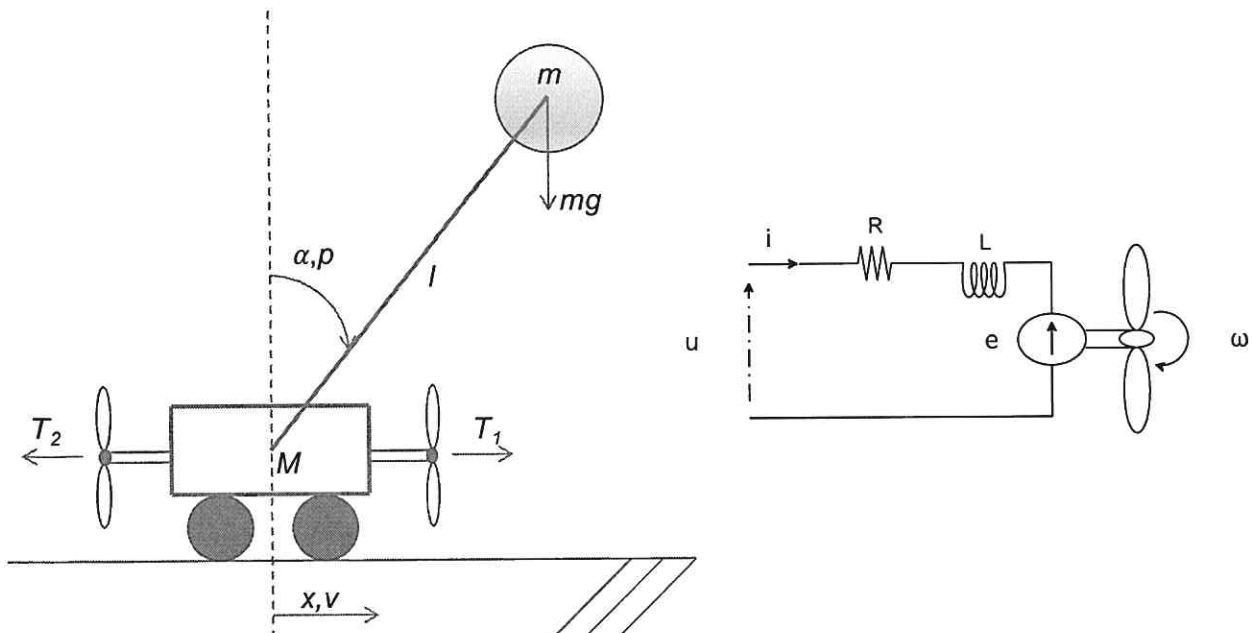
SETTORE DELL'INFORMAZIONE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 1: AUTOMAZIONE

Esercizio 1

Si consideri il sistema rappresentato nelle figure sottostanti, costituito da un pendolo inverso fissato su un carrello, attuato per mezzo di due eliche con motori in corrente continua. In particolare, il circuito elettrico dei due motori è schematizzato a destra, uguale per motore 1 e motore 2, dunque riportato una singola volta per brevità.



Si descriva il sistema in esame tramite rappresentazione nello spazio degli stati, considerando in particolare la seguente notazione: configurazione angolare del pendolo α , velocità angolare del pendolo p , thrust (forze di spinta) applicati dai motori T_1, T_2 , velocità angolare dei due motori ω_1, ω_2 , correnti di armatura i_1, i_2 , tensioni applicate u_1, u_2 , forze controelettromotrici $e_1 = k\omega_1, e_2 = k\omega_2$, resistenza e induttanza statorica (uguali in entrambi i motori) R e L , rispettivamente, costante di coppia/velocità k , massa del carrello M , massa del punto materiale all'estremità del pendolo m , momento d'inerzia di motore ed elica rispetto all'asse di rotazione del motore J (uguale per entrambi i motori), lunghezza dell'asta del pendolo l e accelerazione gravitazionale g , coefficiente di attrito viscoso c .

Al fine della costruzione del modello, si considerino le seguenti coppie totali applicate ai motori DC:

$$\begin{aligned} C_1 &= -c\omega_1^2 + ki_1. \\ C_2 &= -c\omega_2^2 + ki_2. \end{aligned}$$

Siano infine le forze di spinta delle eliche date da $T_1 = \delta\omega_1^2, T_2 = \delta\omega_2^2$, con δ una costante positiva. Si suggerisce di derivare il modello del sottosistema meccanico nella figura a sinistra tramite la lagrangiana $L = K - U$, dove K è l'energia cinetica totale, mentre U è l'energia potenziale totale.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

SECONDA SESSIONE 2019 – SEZIONE B

SETTORE DELL'INFORMAZIONE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 1: AUTOMAZIONE

Con riferimento al modello così ricavato, il candidato fornisca le risposte ai seguenti quesiti, considerando come valori numerici delle costanti di interesse $l = 1 \text{ m}$, $m = 1/10 \text{ kg}$, $M = 5/10 \text{ kg}$, $g = 10 \text{ m/s}^2$, $k = 2 \text{ Nm/A}$, $c = 2 \text{ Nm s}^2/\text{rad}^2$, $J = 2 \text{ kgm}^2$, $\delta = 5/20 \text{ Ns}^2/\text{rad}^2$, $R = 1 \text{ m}\Omega$, $L = 1 \mu\text{H}$.

1. Si ricavino il punto di equilibrio $(x^*, v^*, \alpha^*, p^*, \omega_1^*, \omega_2^*, i_1^*, i_2^*)$ e le azioni forzanti u_1^*, u_2^* corrispondenti al punto di lavoro $\alpha^* = 0$, $x^* = X$, $\omega_1^* = \omega_2^* = \Omega > 0$.
2. Si ricavi il sistema linearizzato nel punto di equilibrio di cui sopra. Per il sistema linearizzato si usi la notazione $z = (\tilde{x}, \tilde{v}, \tilde{\alpha}, \tilde{p}, \tilde{\omega}_1, \tilde{\omega}_2, \tilde{i}_1, \tilde{i}_2)$, con input \tilde{u}_1, \tilde{u}_2 .
3. Si consideri la funzione di trasferimento tra input di tensione \tilde{u}_1 e output di corrente z_7 , assumendo di aver compensato la forza controelettrica con un'opportuna azione in avanti. Si progetti, per la funzione ricavata, un regolatore che garantisca in retroazione una risposta al gradino unitaria, con un tempo di assestamento $\tau_{el} = 0.1 \text{ ms}$. Si suggerisce per semplicità di usare un regolatore PI.
4. (Opzionale) Considerando la funzione di trasferimento ricavata al punto precedente tra riferimento di corrente e risposta di corrente, si ottenga la funzione di trasferimento tra riferimento di corrente e velocità angolare del motore z_5 . Si progetti un regolatore che garantisca in retroazione una risposta al gradino unitaria e con tempo di assestamento del polo dominante pari a $\tau_{prop} = 0.5 \text{ s}$.

F. M. M.

A. M. V.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

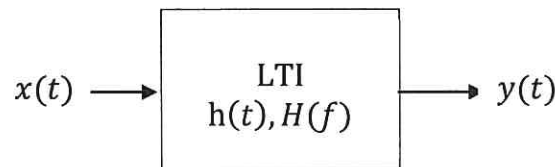
SECONDA SESSIONE 2019 – SEZIONE B

SETTORE DELL'INFORMAZIONE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 2: TELECOMUNICAZIONI

Si consideri un sistema Lineare Tempo Invariante (LTI) del tipo in figura sotto, con risposta impulsiva $h(t)$ nel tempo e funzione di trasferimento $H(f)$ nel dominio delle frequenze, che in presenza di un ingresso $x(t)$ genera un'uscita $y(t)$.



Il candidato risponda alle seguenti domande.

- 1) Si valuti l'energia di $x(t)$ in funzione dell'ampiezza V e dell'intervallo di tempo τ , assumendo che il segnale in ingresso sia definito come

$$x(t) = \begin{cases} V \cos\left(\frac{\pi t}{\tau}\right), & |t| < \frac{\tau}{2} \\ 0, & \text{altrove} \end{cases} .$$

- 2) Con riferimento al punto sopra, si calcoli la trasformata di Fourier di $x(t)$.

Si supponga ora che il sistema in figura sia caratterizzato dal seguente legame ingresso-uscita

$$y(t) = a x(t) + b x(t - 2T) + c x(t - 3T) + d y(t - T)$$

dove $x(t)$ è un generico segnale in ingresso, T rappresenta un ritardo, e dove valgono le relazioni: $a = 1, b = -1, c = -2, d = -2$.

- 3) Si determini l'espressione della funzione di trasferimento $H(f)$ del filtro in esame.
- 4) Si disegni lo schema a blocchi funzionale del filtro.
- 5) Si discutano le principali caratteristiche del filtro disegnato al punto precedente.

Si consideri ora $c = 0$ e $d = 0$, con a e b invariati rispetto ai punti precedenti.

- 6) Si calcoli la risposta impulsiva $h(t)$ di tale filtro.
- 7) Si valuti se tale sistema ammette stabilità ILUL.
- 8) Si assuma ora in ingresso il segnale $x(t) = B \text{rect}\left(\frac{t}{3T}\right)$, dove la funzione $\text{rect}(z)$ è definita come:

$$\text{rect}(z) \triangleq \begin{cases} 1, & |z| < \frac{1}{2} \\ 0, & |z| > \frac{1}{2} \end{cases} .$$

Il candidato valuti l'espressione dell'uscita $y(t)$.

Si consideri ora un sistema che all'ingresso $x(t) = A_1 \cos(2\pi f_0 t)$ genera in uscita il segnale $y(t) = A_2 \cos(2\pi 3f_0 t)$, con A_2 indipendente da A_1 .

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

SECONDA SESSIONE 2019 – SEZIONE B

SETTORE DELL'INFORMAZIONE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

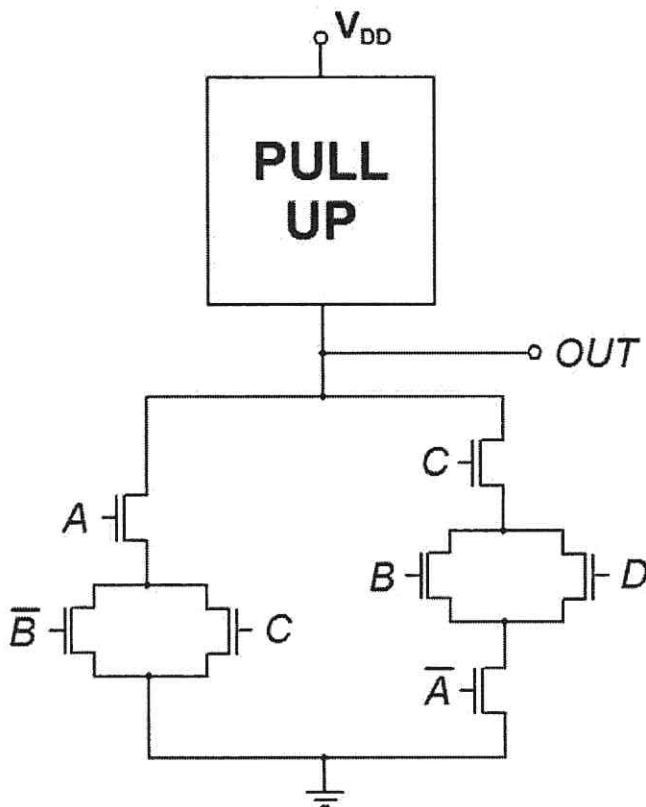
TEMA N. 2: TELECOMUNICAZIONI

- 9) Il candidato progetti lo schema a blocchi del sistema in modo tale che sia verificata la relazione sopra.
- 10) Si discuta se il sistema in questione è ancora LTI.
- 11) Si dimostri, mediante l'analisi dei segnali presenti all'ingresso dei vari blocchi proposti, il funzionamento del sistema in accordo alla specifica del punto precedente.





Esercizio 1



Parametri tecnologici

$$V_{DD} = 1V$$

$$V_{Th} = 0.25V$$

$$V_{Tp} = -0.25V$$

$$\beta'_n = 200\mu A/V^2$$

$$\beta'_p = 100\mu A/V^2$$

$$C_{ox} = 23fF/\mu m^2$$

$$L_{min} = 0.09\mu m$$

$$\lambda = \gamma = 0$$

Con riferimento al circuito in figura, si considerino i transistori esauriti al 90% dell'escursione di tensione e si assumano istantanei i fronti dei segnali applicati agli ingressi. Si consideri poi che il nodo di uscita OUT piloti un carico di capacità $C_L = 25$ fF. Il candidato risponda ai seguenti quesiti:

1. Progettare la rete di Pull-Up del circuito FCMOS in figura e determinare la funzione logica realizzata al nodo di uscita OUT.
2. Sapendo che i transistori nMOS della rete di pull down hanno tutti fattore di forma S_N e che i transistori pMOS della rete di pull up hanno tutti fattore di forma S_P , identificare una commutazione degli ingressi digitali A, B, C, D (sia per la fase di carica che di scarica del nodo OUT) che produce un transitorio al nodo OUT di durata massima.
3. Si determinino i valori minimi per i fattori di forma dei transistori (S_N e S_P) che garantiscono transistori al nodo OUT di uscita di durata non superiore a 120 ps.
4. Utilizzando per i fattori di forma dei transistori (S_N e S_P) i valori minimi determinati al punto 3, si calcoli la durata dei transitori di carica e scarica del nodo di uscita OUT nelle condizioni di caso migliore (durata minima dei transistori).

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

SECONDA SESSIONE 2019 – SEZIONE B

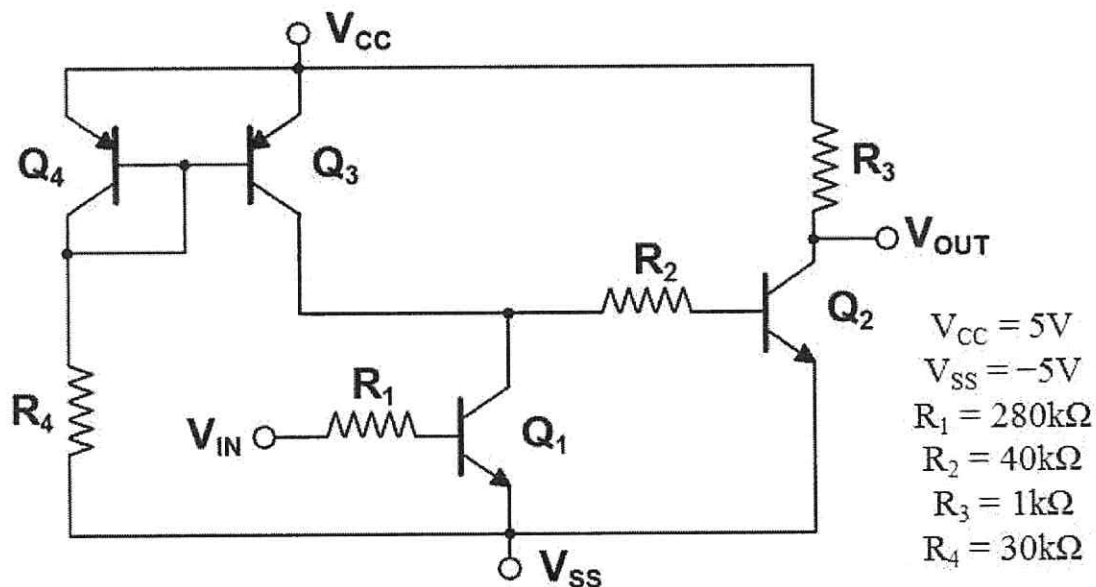
SETTORE DELL'INFORMAZIONE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 3: ELETTRONICA

5. Si consideri ora $B = 0$, $C = 1$, $D = 0$ mentre il segnale digitale A è una onda quadra con frequenza 20 MHz e duty-cycle 75%. Si calcoli la potenza statica media e la potenza dinamica media dissipata sul circuito.
6. Realizzare con un circuito di tipo DOMINO la funzione logica determinata al punto 1.

Esercizio 2



Con riferimento al circuito in figura si considerino i transistori bipolari ideali (assenza di effetto Early, i.e. $V_A = \infty$) e descritti mediante un modello a soglia con $V_{BE,on\ npn} = V_{EB,on\ pnp} = 0.7V$, $V_{CE,sat\ npn} = V_{EC,sat\ pnp} = 0.2V$, $\beta_n = 50$, $\beta_p = 25$. Il candidato risponda ai seguenti quesiti:

1. Determinare la tensione di ingresso V_{IN} per cui risulta $V_{OUT} = 0V$.
2. Determinare la potenza statica dissipata sull'intero circuito in corrispondenza del punto di lavoro individuato al punto 1.

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

SECONDA SESSIONE 2019 – SEZIONE B

SETTORE DELL'INFORMAZIONE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 4: INFORMATICA

Il candidato progetti un sistema software, basato su architettura distribuita client-server e dotato di accesso tramite sole interfacce web (desktop), che si occupi di gestire i servizi a supporto della normale attività di una filiale di banca.

Un tipico scenario d'uso è il seguente:

- gli *utenti fisici* si presentano in filiale dove un impiegato chiede loro quale tipo di operazione vogliano compiere. Si supponga, per semplicità, che le operazioni previste siano *stampa saldo c/c, deposito, prelievo, bonifico, variazione anagrafe*. L'impiegato li assegna quindi ad una delle casse presenti in filiale (ogni filiale possiede almeno 3 casse). Quando è giunto il loro momento, l'impiegato della cassa in cui sono stati messi in coda provvede all'identificazione dell'utente tramite documento attestante l'identità, e poi procede a svolgere l'operazione richiesta (previa verifica di opportune precondizioni).
- Gli *utenti web desktop* si connettono ai servizi web della banca tramite un browser: dopo l'identificazione tramite username e password, l'utente sceglie una delle operazioni disponibili (su web desktop le operazioni disponibili sono solo *stampa saldo c/c, e bonifico*), introduce i dati, e conferma l'operazione reinserendo la password utente (che viene richiesta per conferma).
- Esistono infine gli *impiegati*, che utilizzano l'interfaccia web predisposta per l'utente. Differentemente dagli altri utenti, però, l'interfaccia web offre anche le operazioni di *deposito, prelievo e variazione anagrafe* (l'impiegato infatti è in filiale e può eseguire tali operazioni); inoltre, mentre per gli utenti normali il sistema garantisce che essi possano agire solo sul c/c di loro appartenenza, qui gli impiegati hanno una sorta di "delega" ad agire su qualunque c/c.

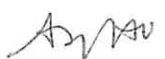
Ogni operazione viene registrata nel sistema informatico, che tiene traccia sia dell'operazione, sia di chi l'ha svolta, ed eventualmente per conto di chi. Il sistema memorizza i seguenti dati:

- Dati anagrafici (e ruoli previsti: i tre tipi di utente, e l'impiegato; si noti che un utente può assumere tutti e tre i ruoli, ma non contemporaneamente).
- Eventi di "messa in coda" nella filiale (con i dati relativi)
- Eventi di identificazione (fisica, web, mobile), di login nel sistema (con quale ruolo), e di logout
- Operazioni effettuate.
- Eventuale esito dell'operazione, in particolare nel caso di bonifico

Il sistema informativo deve essere strutturato come un sistema distribuito a più server, ognuno dei quali deputato a specifici compiti sistemistici e architetturali. Si tenga in considerazione la necessità, dato lo scenario applicativo, di particolari accorgimenti al fine di garantire la sicurezza del sistema.

Al candidato è richiesto di svolgere i seguenti punti, motivando le sue scelte progettuali.





ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

SECONDA SESSIONE 2019 – SEZIONE B

SETTORE DELL'INFORMAZIONE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 4: INFORMATICA

1. Eseguire un'analisi dei requisiti, distinguendoli tra funzionali e non funzionali, preferibilmente usando diagrammi di casi d'uso UML, e poi elencando i requisiti in forma testuale.
2. Progettare, esibendo un diagramma E/R, una strutturazione delle informazioni memorizzate, assumendo di avere a disposizione un DB relazionale.
3. Produrre in linguaggio SQL alcuni esempi delle interrogazioni necessarie per soddisfare i casi d'uso.
4. Presentare, analizzare e discutere i possibili protocolli di comunicazione tra i vari componenti distribuiti, affrontando anche gli aspetti legati alla sicurezza.

Il candidato è libero di scegliere l'architettura e lo stack tecnologico di supporto che riterrà più opportuno. Si forniscano giustificazioni per le scelte fatte. Il candidato, qualora lo ritenga necessario, può aggiungere assunzioni ragionevoli che integrino le specifiche qui descritte.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

SECONDA SESSIONE 2019 – SEZIONE B

SETTORE DELL'INFORMAZIONE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 5: BIOMEDICA

Il candidato progetti un sistema per la valutazione real-time della risposta cellulare a concentrazioni variabili di un farmaco in condizioni dinamiche. Il candidato si focalizzi sia sugli aspetti teorici che stanno alla base della progettazione di tale dispositivo, che quelli pratici legati alla sua realizzazione ed al controllo delle variabili fisiologiche.

Felice Napolitano



ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

SECONDA SESSIONE 2019 – SEZIONE B

SETTORE DELL'INFORMAZIONE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 6: GESTIONALE

Parte Prima

Il management dell'azienda Alfa deve valutare la convenienza economica di un progetto di investimento in un nuovo impianto da utilizzarsi per la produzione di un tipo di lavatrici ad uso professionale. Lo studio del progetto viene affidato a una società di consulenza, per un costo di 33.000 Euro, che considera ed elabora le seguenti informazioni fornite dal management:

- L'investimento iniziale per l'acquisto e l'installazione del nuovo impianto sarà pari a 4.500.000 Euro.
- Il costo opportunità del capitale per il progetto di investimento è del 8%.
- L'impianto verrebbe posizionato in un terreno di proprietà dell'impresa, non ancora utilizzato, avente un valore di mercato di 515.000 Euro, per il quale esistono acquirenti.
- La vita utile dell'impianto è di 15 anni, ma considerando l'avanzamento delle tecnologie nel settore, si prevede che questo verrà ceduto alla fine dell'anno 6 ad un'altra società, con lo scopo di svolgere l'attività produttiva con nuovi impianti. Il valore di recupero previsto dalla vendita dell'impianto al termine del quarto anno è pari a 400.000 Euro.
- Le previsioni di vendita delle nuove lavatrici sono pari a 6.000 unità il primo anno, con un aumento stimato di un tasso annuo costante del 7% negli anni 2, 3, 4 e una stabilizzazione delle vendite negli anni successivi. Si consideri però che il nuovo impianto è progettato per una capacità produttiva massima di 7.500 pezzi l'anno e che la produzione delle nuove lavatrici non può essere effettuata ricorrendo ad altri impianti già in possesso dell'azienda.
- Il prezzo di vendita unitario delle nuove lavatrici è stimato pari a 1230 Euro.
- Il costo variabile unitario di produzione delle nuove lavatrici sarà pari a 3.000 Euro.
- Sarà necessario assumere due ingegneri per la supervisione dell'impianto. Si prevede che lo stipendio dei due nuovi professionisti sarà pari a 3.800 Euro lordi al mese.
- Il funzionamento del nuovo impianto comporterà un incremento delle spese generali di stabilimento pari a 70.000 Euro all'anno.
- I fornitori di materie prime concedono una dilazione di pagamento pari a 4 mesi. Il costo annuo delle materie prima è da considerarsi compreso nel costo di produzione, ed è pari al 40% di tale costo.
- Il nuovo impianto sarà ammortizzato in quote costanti annue, ciascuna pari al del 10% del valore complessivo dell'investimento.
- L'aliquota fiscale è del 34%.

Il candidato valuti se il progetto di investimento relativo al nuovo impianto risulti economicamente conveniente per l'impresa Alfa, esplicitando calcoli e risultato finale della decisione.

Fabio Mepoluz

Alfa

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

SECONDA SESSIONE 2019 – SEZIONE B

SETTORE DELL'INFORMAZIONE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 6: GESTIONALE

Parte Seconda

L'azienda Alfa sta inoltre effettuando una riorganizzazione delle celle produttive. A tal scopo gli ingegneri coinvolti nel progetto stanno applicando tecniche di Cellular Manufacturing per misurare la similarità tra le varie macchine presenti nel reparto di lavorazioni meccaniche e coinvolte nella fabbricazione di cinque parti (P1, P2, P3, P4, P5).

Al candidato Ingegnere si chiede di supportare lo staff aziendale nello svolgimento dell'analisi in questione. In particolare, a partire dalla matrice di similarità riportata in tabella 1 e riferita alle parti P1-P5, di cui si riportano in tabella 2 i cicli di lavoro, si chiede di:

1. calcolare il coefficiente di similarità mancante tra le macchine M1 e M3 attraverso l'indice di Gupta e Seiffodini, considerando la matrice simmetrica;
2. individuare una possibile clusterizzazione risultante dall'applicazione dell'algoritmo di clustering UPGMA;
3. costruire il dendogramma;
4. commentare i risultati ottenibili attraverso il taglio del dendogramma al 60° e all'80° percentile del numero di aggregazioni;
5. confrontare i parametri prestazionali delle due soluzioni di taglio indicate al punto 2 e indicare il migliore per ciascun parametro, commentando la clusterizzazione ottenuta nei due casi;
6. calcolare il parametro di prestazione Grouping Efficiency con e senza Quality Index (QI).

INDICE	60° percentile	80° percentile
PD (Problem Density)		
ID (Inside Cells Density)		
RE (Ratio of Exceptions)		
REC (Ratio of Non zero Elements)		

Tabella 1. Indici di performance

Foto Magella



ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

SECONDA SESSIONE 2019 – SEZIONE B

SETTORE DELL'INFORMAZIONE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 6: GESTIONALE

	M1	M2	M3	M4	M5	M6
M1	1					
M2	0.80	1				
M3		0.46	1			
M4	0	0.18	0.32	1		
M5	0.52	0.20	0.86	0.75	1	
M6	0.98	0	0.56	0.42	0.20	1

Figura 1. Matrice di similarità

PARTE	CICLO DI LAVORO
P1	M3-M2-M5-M4 (45 pz; 3-5-3-2 min)
P2	M1-M3-M5-M2 (60 pz; 11-4-6-3 min)
P3	M3-M1-M6 (73 pz; 6-2-8 min)
P4	M2-M4-M6-M1-M3-M5 (25 pz; 1-2-3-4-5-6 min)
P5	M6-M2-M3-M1-M5 (68 pz; 10-8-4-5-1 min)

Tabella 2. Cicli di lavoro

Parte Terza

Per l'esercizio 2019 si consideri la produzione di lavatrici identificati dai codici A, B, C, i cui dati di costo unitario pieno a consuntivo sono riportati nella seguente tabella. Per la produzione delle tre tipologie di lavatrici viene utilizzata un'unica macchina C.N.C. che, dipendentemente dal tipo di lavatrice prodotta, è caratterizzata da una diversa produttività oraria.

	Prezzo vendita (€/pezzo)	Costi variabili M.P.(€/pezzo)	Costi variabili personale e attrezzaggio (€/pezzo)	Produttività oraria macchina C.N.C. (pezzi/ora)	Domanda di mercato (pezzi/mese)
A	15	3	4	40	4400
B	12	2	3	50	7500
C	10	2	2	50	2000

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

SECONDA SESSIONE 2019 – SEZIONE B

SETTORE DELL'INFORMAZIONE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA N. 6: GESTIONALE

Tenendo conto che i costi fissi mensili originati dall'utilizzo della macchina sono pari a € 26.000 e che per la produzione dei cuscinetti l'azienda può impiegare la macchina C.N.C. per 12 ore al giorno 23 giorni al mese, si valuti:

a) il mix produttivo ottimale;

Il management di Alfa sta valutando l'opportunità di lanciare la produzione di una nuova tipologia di lavatrice, D. A questo proposito, con riferimento ai seguenti elementi di costo:

	Prezzo vendita (€/pezzo)	Costi variabili M.P.(€/pezzo)	Costi variabili personale e attrezzaggio (€/pezzo)	Produttività oraria macchina C.N.C. (pezzi/ora)	Domanda di mercato (pezzi/mese)
D	20	5	6	40	0

E alle seguenti variazioni rispetto alla situazione precedente:

- la domanda di lavatrici A aumenta di 200 unità al mese;
- il totale delle ore giornaliere destinate alla produzione dei cuscinetti aumenta di 4 unità.

Si chiede di valutare:

b) il nuovo mix produttivo ottimale;

c) il profitto mensile originato dalla commercializzazione del mix.

Fabio Magellano

Alfa

