

# TRACCE PROVA PRATICA ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

## **Tema di:** Biomedica

Il candidato scelga uno specifico settore applicativo e progetti un sistema computerizzato per estrarre l'informazione

utile attraverso l'acquisizione e l'elaborazione di un'immagine o segnale biomedico. Si definiscano quindi:

- Le specifiche del problema in esame e la descrizione dell'informazione di interesse
- La tecnologia migliore per l'acquisizione del segnale o immagine di interesse. Si descrivano le possibili alternative le motivazioni della scelta effettuata (indicando pro e conto, sorgenti di rumore o degradazione del segnale, e strategie per migliorare la qualità del dato)
- Una analisi dei possibili rischi per la sicurezza del paziente
  - Le metodiche per la sperimentazione e validazione del sistema realizzato

## **Tema di:** Elettronica

Si consideri un sensore che necessiti di acquisire contemporaneamente 2 segnali, utilizzando uno o più dispositivi ADC a 12 bit con le seguenti caratteristiche:

- 2 canali di ingresso multiplexati
- 2 stadi indipendenti di amplificazione/attenuazione con passi di 1-2-5-10 (uno per ogni canale)
- dinamica di ingresso -1/+1 V
- frequenza massima di campionamento pari a 100kSa/s

I segnali da acquisire sono caratterizzati come:

- sinusoide alla frequenza di rete, con ampiezza picco-picco pari a 1mV
- onda quadra, con frequenza pari a 10 kHz e ampiezza 5V

Indicare se e come è possibile acquisire correttamente tutti i segnali con un unico dispositivo, indicando le frequenze di campionamento utilizzate per ciascun canale. Valutare l'eventuale distorsione dei segnali acquisiti, indicandone le

cause, e le possibilità di ridurre o eliminare le distorsioni utilizzando dispositivi di acquisizione (ADC) separati per uno o più canali. Stimare anche gli errori di quantizzazione presenti nei vari segnali in funzione delle scelte effettuate.

## **Tema di:** Informatica

Una startup deve sviluppare un sistema di distribuzione video su web. Il sistema ha le seguenti caratteristiche: • Per ogni utente che vuole registrarsi vengono memorizzate informazioni relative al suo profilo (immagine dell'avatar, nome, email, password). Quando un utente registrato usa il sistema si registrano anche le sue

preferenze (video da lui votati o segnalati come interessanti). • Per ogni video, l'utente registrato che lo carica può aggiungere metadati come il titolo, una breve descrizione,

una lista di "tag". Il sistema registra anche i vari voti dati dagli utenti e ne calcola la media.

L'utente può

inoltre definire un periodo di "embargo" prima del quale il video non è disponibile alla

visualizzazione. • Per ogni visualizzazione di un video, se questa è richiesta da un client il cui IP non è in una lista di indirizzi

proibiti per quel video, ne viene registrata la data ed ora.

Considerato il sistema sopra descritto, il candidato ne sviluppi il progetto, anche facendo ricorso ad opportuni formalismi di rappresentazione, ed approfondendo ciascuno dei seguenti punti:

1. Cenni all'architettura hardware e software del sistema;
2. Progettazione concettuale della base di dati e definizione dello schema entità relazione (ER);
3. Traduzione dello schema ER in un modello relazionale;

4. Specifica in linguaggio SQL delle seguenti interrogazioni:

- Elenco dei dieci video con maggior numero di visualizzazioni da IP diversi nell'ultima settimana;
- Elenco dei dieci video con voto più alto dell'ultima settimana;
- Elenco dei video caricati da un certo utente.
- Elenco dei video a cui è associato un certo "tag"

Il candidato evidenzia anche eventuali chiarimenti da richiedere al committente che si ritengono essenziali al fine di prendere specifiche decisioni progettuali.

### **Tema di: Telecomunicazioni**

Un sistema deve trasmettere un gruppo di 120 segnali vocali multiplati in frequenza con modulazione SSB e poi trasmessi con modulazione FM su un ponte radio operante alla frequenza di 14 GHz e utilizzante parabole del diametro di 1 metro sia in trasmissione che in ricezione. Il trasmettitore è in grado di erogare una potenza di 2 W ed il ricevitore presenta una temperatura di sistema di 300 °K, distando 30 km dal trasmettitore. Il candidato progetti nel dettaglio il sistema tenendo conto del fatto che il rapporto segnale rumore di ciascun segnale demodulato deve essere superiore a 20 dB.

### **Tema di: Automazione**

Il modello termico a parametri concentrati di un edificio da riscaldare è schematizzato dal circuito termico di figura 1. Nello schema riportato: •  $u$  è il flusso termico dell'impianto di riscaldamento (variabile di controllo manipolabile) •  $w_1$  è la temperatura esterna (disturbo) •  $w_2$  è il flusso termico della radiazione solare (disturbo) •  $y$  è la temperatura interna media dell'edificio (variabile da controllare)

I valori numerici dei parametri sono i seguenti: • capacità termica delle pareti  $C_w = 40 \cdot 10^6$  J/K • capacità dell'aria interna  $C_a = 72 \cdot 10^4$  J/K • resistenza termica delle pareti  $R_w = 1.9 \cdot 10^{-3}$  K/W • resistenza termica delle finestre e  $R_v = 1.4 \cdot 10^{-3}$  K/W

dovuta alle perdite di ventilazione • resistenza di convezione esterna  $R_{co} = 0.14 \cdot 10^{-3}$  K/W • resistenza di convezione interna  $R_{ci} = 0.37 \cdot 10^{-3}$  K/W

Il candidato svolga i seguenti punti:

- Posto  $w = [w_1, w_2]^T$  e definito opportunamente il vettore di stato, si scrivano le equazioni di stato del modello;
- Si determinino le funzioni di trasferimento  $P(s)$ ,  $G_1(s)$ ,  $G_2(s)$  dai tre ingressi  $u$ ,  $w_1$ , e rispettivamente,  $w_2$  all'uscita  $y$ .
- Si progetti un controllore a retroazione ad un solo grado di libertà  $C(s)$  che garantisca  
• reiezione di disturbi costanti • errore di inseguimento alla rampa unitaria non superiore a 0.01 • tempo di salita di circa mezz'ora • transitorio privo di sovraelongazione
- Si imposti il problema della stima dello stato del processo, assumendo di misurare la temperatura interna  $y$  con un errore di misura di deviazione standard pari a 0.5 °K, di conoscere con buona accuratezza la temperatura esterna e di modellare il flusso termico della radiazione solare nel seguente modo:  
con periodo  $T_0$  di 24 ore.
- Si discuta come compensare, mediante controllori ad azione diretta, i disturbi  $w_1$  e  $w_2$  supponendo che tali disturbi siano accessibili (misurati o stimati con buona accuratezza).
- Si illustri come si può procedere al progetto di un controllore digitale che soddisfi le specifiche di cui al punto 3, scegliendo opportunamente l'intervallo di campionamento  $T$  e giustificandone la scelta.

### **Tema di: Elettrica**

La società SOLARIA ha deciso di installare 3 impianti fotovoltaici da collegare ad una cabina primaria secondo lo schema riportato in figura 1. Le tre cabine BT/MT sono connesse tra loro mediante una linea principale con connessioni entra-esce. Dalla cabina MT3 è prevista una richiusura di emergenza alla cabina primaria, per i casi in cui si presenti un guasto nei diversi tratti della linea principale.

Al Candidato si richiede di:

1. Dimensionare l'impianto di distribuzione MT facendo riferimento ai dati tecnici dei conduttori in Tab.1 ed ipotizzando che la  $\Delta V\%$ , in ciascuna tratta MT sia minore del 5% sia ipotizzando la gestione dell'anello aperto nel nodo MT2 sia considerando la possibilità di alimentazione di emergenza di tutte le cabine da una sola direttrice.
2. Disegnare lo schema unifilare della rete e calcolare i flussi di potenza e le tensioni in tutti i nodi MT durante il funzionamento dell'impianto alla massima produzione ed ipotizzando la tensione nominale di 15 kV nel punto di connessione alla rete.
3. Calcolare la corrente di guasto per corto circuito trifase netto in tutti i nodi MT dell'impianto trascurando prima e considerando dopo i contributi dei generatori fotovoltaici.
4. Disegnare lo schema di connessione dell'impianto FV alla rete nella cabina MT3 secondo la norma CEI 0-16, dimensionando i trasformatori ed i fusibili/interruttori.
5. Disegnare un possibile schema a blocchi della distribuzione BT (c.a. e c.c.) e quello unifilare di potenza di uno dei campi FV, dimensionando in particolare il numero di stringhe, gli inverter e i cavi lato c.a. e lato c.c. con l'ipotesi di utilizzare dei pannelli con le caratteristiche riportate nella Tabella 2.

## Tabella 2 : PARAMENTRI PANNELLO

Definizione U.M. Valore

Potenza di picco( $W_p$ ) W 255Corrente di corto circuito ( $I_{sc}$ ) A 8.41Tensione a circuito aperto ( $V_{oc}$ ) V 38.36Tensione al punto di max potenza ( $V_{mp}$ ) V 31.58Corrente al punto di max potenza ( $I_{mp}$ ) A 8.08Coefficiente di temperatura di  $I_{sc}$   $\%/^{\circ}C$  0,046Coefficiente di temperatura di  $V_{oc}$   $\%/^{\circ}C$  -0,34Coefficiente di temperatura di  $P_{max}$   $\%/^{\circ}C$  -0,327Temperatura operativa  $^{\circ}C$  da -40 a +85NOCT (800W/m<sup>2</sup>)  $^{\circ}C$  49NOCT (1000 W/m<sup>2</sup>)  $^{\circ}C$  44

Tensione nominale V 36

Tensione massima di sistema V 1000

Efficienza della cella % 17.10

Efficienza del modulo % 15.30

Il Candidato è libero di fare, motivandole, tutte le ipotesi necessarie per lo svolgimento dell'elaborato.

La capacità di sintesi, l'ordine e la chiarezza espositiva costituiranno elementi di valutazione.

Fig. 1 - Schema dell'impianto

Cabina Primaria

ENEL

15 kV - 12.5 kA

$P_1=2 MW_p$

10 km

Sez.

mm<sup>2</sup>

R

( $\Omega/km$ )

X

( $\Omega/km$ )

$I_z$

(A)

185 0.193 0.173 357  
240 0.124 0.166 454  
300 0.075 0.158 595  
Tab. 1 - Dati tecnici  
4 km 3 km 3 km  
 $P_2=3 \text{ MW}_p$   $P_3=2.5 \text{ MW}_p$

## Tema di: Energetica

Una sala riunione, con superficie utile in pianta di  $100\text{m}^2$  e altezza netta di  $3\text{m}$ , è dotata di un impianto termico e di ventilazione meccanica necessari a soddisfare il carico termico di riscaldamento e il rinnovo dell'aria.

Il locale ha una richiesta di  $3\text{kW}$  di potenza termica di dispersioni per trasmissione attraverso l'involucro edilizio,

quando all'esterno la temperatura dell'aria è pari a  $0^\circ\text{C}$  (temperatura di progetto) e la temperatura dell'aria richiesta nel

locale ( $T_{\text{set}}$ ) è pari a  $20^\circ\text{C}$ . Nel locale deve essere garantito il rinnovo dell'aria per un affollamento massimo  $0.3\text{pers}/\text{m}^2$

ed una portata di rinnovo pari a  $0.01\text{m}^3/\text{s}$  a persona, mediante un impianto di ventilazione meccanica a doppio flusso, con solo recuperatore di calore (efficienza pari a  $0.5$ ) interposto fra le correnti in immissione e in espulsione di ugual portata in massa.

Il generatore termico dell'impianto è una pompa di calore acqua/aria (sorgente di scambio lato circuito utenza/sorgente

esterna) ad alimentazione elettrica (come in schema di figura 1). Questa usa R134a come fluido frigorifero ed esegue un ciclo frigorifero con il gas in ingresso al compressore in condizioni di vapore saturo, in uscita dal condensatore in condizioni di liquido saturo. L'efficienza isoentropica del compressore sia pari a  $0.8$ . La pompa di calore è dotata di uno

scambiatore tubo in tubo (con R134a nel tubo esterno e acqua nel tubo interno) al condensatore (S1), mentre utilizza una batteria alettata con ventilatore all'evaporatore (S2) che scambia con aria esterna. Entrambi gli scambiatori hanno una efficienza pari a  $0.7$ .

L'impianto termico gestito dalla pompa di calore è dotato di 3 ventilconvettori ad acqua, uguali fra loro, allacciati ad un

circuito idraulico gestito da una pompa di circolazione (figura 1). L'efficienza degli scambiatori di calore dei

ventilconvettori è pari a  $0.5$ . Per ogni ventilconvettore l'area utile al passaggio dell'aria della griglia di immissione aria

è pari a  $0.2\text{m}^2$  e, per contenere il rumore, la velocità massima consentita per l'aria in attraversamento della griglia è di

$0.2\text{m}/\text{s}$ .

Il candidato determini il ciclo della pompa di calore in modo da ottenere un COP minimo pari a  $3$ , considerando per il ventilatore una potenza elettrica assorbita proporzionale alla portata volumetrica d'aria

( $P_{\text{vent}}=250V$ ;  $V$  in  $\text{m}^3/\text{s}$ ,  $P_{\text{vent}}$  in

$\text{W}$ ) e per la pompa di circolazione una potenza elettrica assorbita proporzionale alla portata massica d'acqua

( $P_{\text{pompa}}=250m$ ;  $m$  in  $\text{kg}/\text{s}$ ,  $P_{\text{pompa}}$  in  $\text{W}$ ).

Il candidato calcoli inoltre le dimensioni dello scambiatore tubo in tubo, considerato adiabatico verso l'esterno, scegliendo per il tubo interno una dimensione fra quelle riportate nell'allegata tabella dei tubi in rame, mentre per il

tubo esterno consideri un diametro esterno pari a  $42\text{mm}$  e spessore di  $1.5\text{mm}$ . Si trascuri, il desurriscaldamento del fluido frigorifero nel calcolo delle dimensioni dello scambiatore.

Per il calcolo del valor medio  $\alpha_f$  del coefficiente di scambio termico del R134a in condensazione è possibile usare

l'equazione:

$$\alpha_f = \frac{0.728 \cdot k_l \cdot \Delta T}{D \cdot \left( \frac{g}{k_l} + \frac{r}{\rho_l} \right)^{1/4} \left( \frac{\rho_l}{\rho_v} \right)^{1/3} \mu_l^{1/4}}$$

$k_l$  è conduttività termica del liquido saturo,  $D$  è il diametro esterno del tubo interno dello scambiatore tubo in tubo,  $g$  è l'accelerazione di gravità,  $\rho_l$  e  $\rho_v$  sono rispettivamente le densità del liquido saturo e del vapore saturo,  $\mu_l$  è la viscosità

dinamica del liquido saturo,  $\Delta T$  è la differenza fra la temperatura di saturazione di R134a condensante e la temperatura di parete calcolata come temperatura media fra ingresso e uscita dell'acqua.

$r' = r + 3/8 c_l \Delta T$  dove  $r$  è il calore latente di condensazione,  $c_l$  è il calore specifico del liquido assunto pari a 4.18 kJ/kgK.

Per il calcolo del valor medio  $\alpha_w$  del coefficiente di convezione dell'acqua è possibile usare l'equazione:

Per  $Re > 2300$   $\left( \left( \frac{z}{Pr} \right)^{1/4} + 0.02 \right)^{1/4} \cdot Re^{0.8} \cdot Pr^{1/4}$   
 $z = \frac{Nu}{Re} \cdot Pr$   
 per  $Re < 2300$   $Nu_w = 3.66$

Temperature Density Enthalpy Therm. Cond. Viscosity Prandtl

(K)	(kg/m³)	(kJ/kg)	(mW/mK)	(μPa-s)
278.15	1000.0	21.17	570.6	1518.0
283.15	999.7	42.17	580.1	1305.8
288.15	999.1	63.12	589.4	1137.5
293.15	998.2	84.05	598.5	1001.6
298.15	997.1	104.97	607.2	890.1
303.15	995.7	125.87	615.5	797.3
308.15	994.1	146.76	623.4	719.3
313.15	992.2	167.66	630.7	653.0
318.15	990.2	188.56	637.4	596.1
323.15	988.1	209.46	643.6	546.9
328.15	985.7	230.37	649.3	504.0
333.15	983.2	251.29	654.4	466.4
338.15	980.6	272.22	659.0	433.3
343.15	977.8	293.16	663.2	403.9
348.15	974.9	314.12	666.8	377.8
353.15	971.8	335.09	670.0	354.4
358.15	968.6	356.09	672.9	333.4
363.15	965.3	377.10	675.3	314.4
368.15	961.9	398.14	677.4	297.3
373.15	958.4	419.20	679.1	281.8

Tabella 1: Proprietà dell'acqua alla pressione del circuito di riscaldamento. Tabella 2: dimensione dei tubi in rame

**De x s****(mm x mm)**

10 x 1

12 x 1

14 x 1

16 x 1

18 x 1

22 x 1,5

28 x 1,5

35 x 1,5

**Tema di: Gestionale**

Il 31/12/20X0 la BETACICLI Spa deve decidere, sulla base dei risultati di uno studio di mercato che aveva fatto eseguire nell' Aprile del 20X0 e che aveva pagato 1400 Euro, se sostituire un impianto dedicato alla produzione dei

telai in carbonio della linea di biciclette da corsa "COPPI".

Il nuovo impianto costerebbe 400.000 €, ha una capacità produttiva di 700 telai/anno ed andrebbe ammortizzato a

quote costanti in 5 anni.

Il vecchio impianto, la cui capacità produttiva è di 500 telai/anno risulta essere invece già interamente ammortizzato.

Nel caso in cui avvenga la sostituzione, tutta la produzione del 20X0 verrebbe realizzata con il vecchio impianto e tutta la produzione del 20X1 verrebbe realizzata con il nuovo impianto.

A prescindere che l'impianto venga sostituito, la linea di biciclette "COPPI" verrà comunque messa fuori produzione il

31/12/20X5 e l'impianto utilizzato per la realizzazione dei telai verrebbe dismesso o alienato.

Il vecchio impianto, decisamente obsoleto, ha un valore di recupero nullo e verrebbe rottamato sia nell'ipotesi in cui

venga rimpiazzato il 31/12/20X0 sia nell'ipotesi in cui venga dismesso il 31/12/20X5.

Il nuovo impianto, invece, potrebbe essere alienato il 31/12/20X5 ed il suo valore di recupero sarebbe 250.000 €.

Le previsioni di vendita riportate nell'analisi di mercato, per le biciclette "COPPI", sono le seguenti:

Anno Vendite (biciclette/anno)

20X1 510

20X2 610

20X3 610

20X4 610

20X5 610

Le vendite avverrebbero per mezzo di agenti che applicherebbero una provvigione del 5% per ciascuna bicicletta venduta. Il prezzo di vendita per tali biciclette sarà, per tutti e cinque gli anni, 2200 Euro/bicicletta.

Sia con il nuovo impianto sia con il vecchio, per realizzare ciascuna bicicletta è richiesto l'assemblaggio manuale di

alcuni componenti (sellino, cambio, ruote ecc..) sul telaio in carbonio che viene realizzato per mezzo dell'impianto

stesso. L'operazione di assemblaggio richiede 30 minuti e viene realizzata da operai specializzati il cui costo può essere

considerato totalmente variabile. Tali operai, infatti, non vengono assunti, ma pagati con un contributo proporzionale al tempo lavorato. Il costo orario degli operai specializzati è di 15 euro/ora.

Il costo dei componenti (sellino, cambio, ruote ecc..) necessari a realizzare ciascuna bicicletta, è pari a 400 euro/bicicletta (a prescindere dall'impianto utilizzato per la realizzazione del telaio) e rimarrà costante per tutta la durata dell'investimento.

Per la supervisione delle operazioni di assemblaggio l'azienda si deve avvalere (sia con il vecchio impianto che con il

nuovo) di due tecnici che percepiscono, ciascuno, uno stipendio annuo di 20.000 Euro.

Il costo dell'energia necessaria alla produzione dei telai può essere considerato proporzionale al numero di telai prodotti

e pari a 1 euro/bicicletta sia per il vecchio impianto sia per il nuovo.

Per ogni telaio sono richiesti: • 5 kg di carbonio nel caso in cui il telaio sia realizzato con il vecchio impianto (che comporta molti scarti di

lavorazione); • 4 kg di carbonio nel caso in cui il telaio sia realizzato con il nuovo impianto.

Il carbonio verrebbe acquistato (in lamine sottilissime) al prezzo di 50 euro/kg. Il costo del carbonio si ritiene che non subirà variazioni nei prossimi 5 anni.

La manutenzione del vecchio impianto costa 3000 €/anno, mentre la manutenzione del nuovo costerebbe solo

2000€/anno. Ipotizzando che: • le quantità prodotte siano uguali a quelle vendute e che quindi non si accumulino scorte né di materie prime

(carbonio e componenti) né di prodotti finiti (biciclette) • venga concessa ai clienti una dilazione di pagamento pari a 60 giorni • si paghino i fornitori di componenti e del carbonio in contanti • per il pagamento di manodopera, energia e manutenzione non sia prevista alcuna dilazione di pagamento • al 31/12/20X5 vengano saldati tutti i debiti ed i crediti in essere • tutti i flussi di cassa abbiano manifestazione al 31/12 • l'aliquota di imposta sul reddito sia pari al 50% • l'investimento possa essere considerato marginale e con una rischiosità analoga a quella dell'impresa nel suo

complesso • L'impresa abbia sempre utili sufficientemente elevati per coprire eventuali perdite dovute all'investimento • il WACC aziendale sia pari a 10%

Si chiede di: • calcolare il NPV dell'investimento operando secondo la logica del capitale investito • calcolare il PBP period dell'investimento • calcolare, per via iterativa, il valore dell'IRR (suggerimento: partire da un valore pari al 15%)

## Tema di: Impianti

La Exasta s.r.l produce SuperMix, una miscela di farine per allevamenti bovini. Nella tabella a fianco sono riportati i valori della domanda di prodotto Lampostar ( $D_t$ ), espressa in kg, storicamente registrati negli ultimi venti mesi ( $t$ ) dalla Exasta s.r.l.

Si preveda la domanda nel ventunesimo mese con la tecnica dello

smorzamento esponenziale lineare con correzione di trend. Si adotti  $\alpha=\beta=0,3$ .

Successivamente, si ipotizzi che la domanda calcolata al ventunesimo mese sia costante dal ventunesimo mese in poi. La domanda annuale di

Lampostar, in altre parole, dal ventunesimo mese in poi è pari a 12 volte l'ultimo valore individuato.

Il Lampostar, bene finale dell'azienda, è un prodotto costituito da due costituenti: la farina A e il polverino B. Le percentuali in massa richieste sono il 60% per A e il 40% per B.

Si deve rinnovare il reparto aziendale in cui si trovano le miscelatrici.

L'impianto lavora su 2 turni da 8 ore, per 220 giorni annui di apertura

impianto. Sono previste campagne produttive mensili, con tempi di setup di 8 ore per avviare ciascuna produzione.

Le caratteristiche a catalogo delle nuove miscelatrici riferiscono che ciascuna sia in grado di produrre con una potenzialità produttiva pari a 250 kg/h di farina tipo A e di 200 kg/h per la elaborazione del polverino di tipo B.

La resa qualitativa è pari al 95% per A e al 98% per B, la disponibilità per guasti è il 92% (sia per A che per B). I dati storici dicono che al personale è da attribuire una resa del 85%.

Determinare il numero di impastatrici richieste nel nuovo reparto.

$t \ D_t \ D_t$

1 2.687 11 20.354

2 3.687 12 23.020

3 7.020 13 24.687

4 7.020 14 26.020

5 9.354 15 27.687

6 12.354 16 28.020

7 12.020 17 29.354  
8 14.020 18 32.687  
9 17.687 19 33.687  
10 18.687 20 35.020

**Tema di: Meccanica**

Analizzare diverse soluzioni per la realizzazione di una tavola girevole per collegare due nastri trasportatori a rulli disposti a  $90^\circ$  e larghi 70 cm, per il trasporto di pacchi di massa massima di 100 kg. Indicare per ogni soluzione pregi e difetti e effettuare un disegno costruttivo di massima della soluzione individuata quale migliore, giustificando le scelte progettuali.