

ESAMI DI STATO DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

I SESSIONE 2005 - COMMISSIONE II
SEZIONE A

VERBALE N.2

Determinazione dei compiti e svolgimento delle prove scritte

Oggi 15 giugno 2005 alle ore 7.00 si riunisce presso la saletta Telecomunicazioni del Dipartimento di Ingegneria Elettronica Informatica e Sistemistica della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Bologna la II Commissione Giudicatrice degli Esami di Stato di abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere, Sezione A, per la determinazione dei temi relativi alle prove scritte in vista dello svolgimento delle prove scritte. Sono presenti:

Prof. Paolo Bassi	Presidente
Ing. Andrea Chiesa	Membro Effettivo
Prof. Enrico Denti	Membro Effettivo
Ing. Carlo Manni	Membro Effettivo
Ing. Alberto Zucchini	Membro Effettivo
Ing. Luigi Biagiotti	Membro Esperto
Ing. Andrea Giovanni Cutti	Membro Esperto
Ing. Davide Fagiani	Membro Esperto
Ing. Manuel Iori	Membro Esperto
Ing. Alessandro Linari	Membro Esperto
Ing. Matteo Nicolini	Membro Esperto
Ing. Raffaella Pedone	Membro Esperto
Ing. Luca Zarri	Membro Esperto

I membri esperti dei diversi settori propongono i temi relativi alla prova scritta dei candidati in possesso della Laurea Quinquennale secondo il vecchio ordinamento degli studi, che la Commissione approva (Allegato 1).

Successivamente i membri esperti dei diversi settori propongono i temi relativi alla prima prova scritta dei candidati che hanno conseguito la Laurea Specialistica secondo il nuovo ordinamento, che la Commissione approva (Allegato 2).

Infine i membri esperti dei diversi settori propongono i temi relativi alla

seconda prova scritta dei candidati che hanno conseguito la Laurea Specialistica secondo il nuovo ordinamento, che la Commissione approva (Allegato 3).

Alle ore 7.50 la Commissione si ripartisce fra le aule 6.1 e 6.2 e controlla che queste siano preparate come previsto, in particolare verificando che non contengano materiale estraneo a quello strettamente necessario per le prove d'esame.

Alle ore 8.05 la Commissione provvede all'appello e all'ingresso in aula dei candidati iscritti all'esame per la sezione A, controllandone l'identità personale.

Si presentano alla prova scritta N. 188 candidati in possesso della Laurea Quinquennale secondo il vecchio ordinamento degli studi, così ripartiti:

INGEGNERIA DELLE TELECOMUNICAZIONI:	40
INGEGNERIA ELETTRICA:	24
INGEGNERIA ELETTRONICA:	74
INGEGNERIA INFORMATICA:	50

Si presentano inoltre N. 34 candidati che hanno conseguito la Laurea Specialistica secondo il nuovo ordinamento così ripartiti:

26/S – INGEGNERIA BIOMEDICA:	4
29/S – INGEGNERIA DELL'AUTOMAZIONE:	1
30/S – INGEGNERIA DELLE TELECOMUNICAZIONI:	6
32/S – INGEGNERIA ELETTRONICA:	5
35/S – INGEGNERIA INFORMATICA:	18

La prova scritta per i candidati in possesso della Laurea Quinquennale secondo il vecchio ordinamento degli studi e la prima prova scritta per candidati che hanno conseguito la Laurea Specialistica secondo il nuovo ordinamento iniziano alle ore 8.45. I membri della Commissione assicurano a turno nelle aule il servizio di sorveglianza.

La prima prova scritta per candidati che hanno conseguito la Laurea Specialistica secondo il nuovo ordinamento termina alle ore 10.45.

Alle ore 13.00 la Commissione provvede all'appello e all'ingresso in aula dei candidati che hanno conseguito la Laurea Specialistica secondo il nuovo ordinamento iscritti all'esame per la sezione A, per sostenere la seconda prova scritta, controllandone l'identità personale.

Si presentano alla prova N. 34 candidati che hanno conseguito la Laurea Specialistica secondo il nuovo ordinamento così ripartiti:

26/S – INGEGNERIA BIOMEDICA:	4
29/S – INGEGNERIA DELL'AUTOMAZIONE:	1
30/S – INGEGNERIA DELLE TELECOMUNICAZIONI:	6
32/S – INGEGNERIA ELETTRONICA:	5
35/S – INGEGNERIA INFORMATICA:	18

La seconda prova scritta per candidati che hanno conseguito la Laurea

Specialistica secondo il nuovo ordinamento inizia alle ore 13.22. I membri della Commissione assicurano a turno nelle aule il servizio di sorveglianza.

La seconda prova scritta per candidati che hanno conseguito la Laurea Specialistica secondo il nuovo ordinamento termina alle ore 15.22.

La prova scritta per i candidati in possesso della Laurea Quinquennale secondo il vecchio ordinamento degli studi termina alle ore 16.45.

La seduta si conclude alle ore 16.45.

Il Segretario

Il Presidente

(Prof. Enrico Denti)

(Prof. Paolo Bassi)

Allegato 1 al verbale N. 2

**ESAMI DI STATO DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO
DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE**

PRIMA SESSIONE 2005 - COMMISSIONE 2 - SEZIONE A

**Temi proposti relativi alla
prova scritta per i candidati
in possesso della Laurea
Quinquennale secondo
il vecchio ordinamento.**

TEMA N. 1
ELETTRONICA

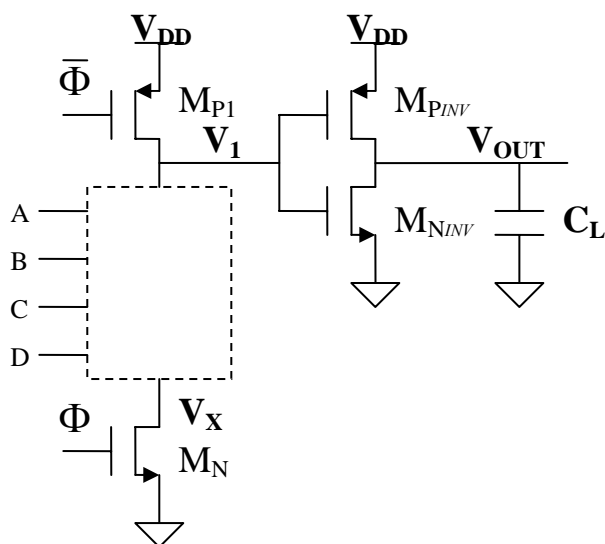


FIGURA 1

Con riferimento al circuito in figura 1 il candidato risponda ai seguenti quesiti:

1. Si progetti utilizzando dei transistor n-MOS la rete logica che, a partire dagli ingressi indicati, fornisce in uscita la funzione:

$$V_{OUT} = (A \cdot B + C) \cdot D$$
2. Dimensionare i transistor n-MOS in modo che il tempo di scarica del nodo V_1 al 90% dell'escursione sia nel caso peggiore di 300 ps. Si consideri come unico carico al nodo V_1 la capacità di ingresso dei transistor M_{PINV} e M_{NINV} e le commutazioni della fase Φ e del suo negato istantanee.
3. Nelle stesse condizioni di cui al punto sopra si calcoli il tempo di salita del nodo V_1 (sempre al 90% dell'escursione) durante la fase di precarica.
4. Ipotizzando per il nodo V_1 una commutazione istantanea alto-basso dopo 300 ps dall'inizio della fase di valutazione, si calcoli il tempo di salita di V_{OUT} al 90% dell'escursione.
5. Si calcoli il consumo di potenza dinamica del circuito nel caso peggiore ad una frequenza di funzionamento di 33MHz.
6. Si supponga ora di collegare in cascata due porte logiche in cascata come mostrato in figura 2. Si descrivano i vantaggi del secondo blocco rispetto al primo e si spieghino i motivi per cui è possibile questa implementazione.

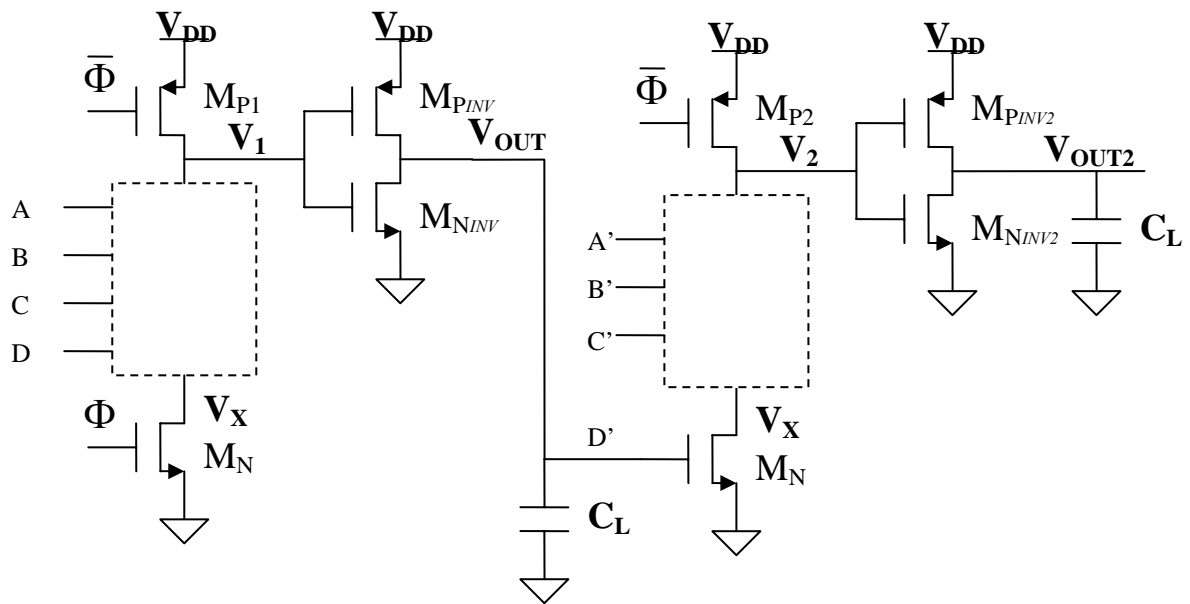


FIGURA 2

7. Supponendo una commutazione istantanea del nodo V_{OUT} si calcoli il tempo di commutazione del nodo V_2 nel caso peggiore e se ne valuti il vantaggio rispetto all'analogia transizione del nodo V_1 (vedi punto 2).

DATI: $V_{DD} = 5V$, $\mu_n = 300cm^2/Vs$, $\mu_p = 150cm^2/Vs$, $t_{ox} = 150 \text{ \AA}$, $V_{TN} = -V_{TP} = 1V$, $C_L = 0.1pF$, $L_{min} = 1.0\mu m$, $(W/L)_{MP1} = (W/L)_{MP2} = 1$.

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE
ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
Sezione A – Candidati con Laurea Vecchio Ordinamento
PRIMA SESSIONE 2005**

**TEMA N. 2
Informatica**

Esercizio 1

La Segreteria Generale di Stato, allo scopo di stilare alcune statistiche, decide di approntare un sistema informativo che tenga la storia a dei governi e dei parlamenti che hanno guidato il paese negli anni passati.

Il paese è (ed è stato) governato da uomini politici che, negli anni, possono aver ricoperto più di una carica. Le cariche ricopribili sono quella di Presidente della Repubblica, Presidente del Consiglio, Ministro e Parlamentare. Un parlamentare fa parte del Parlamento e può essere, a sua volta, un senatore o un deputato e un senatore è stato eletto o è stato nominato senatore a vita dal Presidente della Repubblica. Un Ministro, che è associato ad uno specifico Ministero, fa parte del Governo e, in certi casi, un parlamentare può essere nominato Ministro (in questo caso, per semplicità, non si consideri il caso di decadimento dalla carica di senatore o di deputato). Il Presidente della Repubblica, oltre ai senatori a vita, nomina il Presidente del Consiglio, che a sua volta forma il Governo. Questo, per divenire effettivo, deve ricevere la fiducia da parte del Parlamento. Per poter mantenere la storia politica, infine, è necessario associare ogni Governo ed ogni Presidente della Repubblica alle rispettive date di inizio e di fine incarico.

Il candidato disegni lo schema E/R per il database della Segreteria Generale di Stato.

Opzionalmente, il candidato illustri, anche attraverso query SQL di esempio, come gli unici riferimenti temporali esplicitati sul Presidente della Repubblica e sul Governo siano sufficienti a caratterizzare anche le altre entità presenti nello schema.

Esercizio 2

Si effettui il progetto logico dello schema E/R dato in Figura 1.

Nota: per quanto riguarda la notazione adottata, la cardinalità degli attributi è esplicitata solo se diversa da (1,1) e, nella copertura delle gerarchie di specializzazione, è utilizzato il simbolo “p” per indicare una copertura parziale, “t” per indicare una copertura totale, “n” per indicare una copertura non esclusiva, “e” per indicare una copertura esclusiva.

Esercizio 3

Sia dato il seguente schema relazionale (nota: la chiave primaria di ogni relazione è costituita dagli attributi sottolineati).

ALBUM(NomeAlbum, Anno, CasaDisco)

CANZONE(NomeAlbum, Titolo, Anno, Genere)

Foreign Key: NomeAlbum references ALBUM

ARTISTA(NomeArtista, Sesso, Età, Strumento)

COMPOSITORE(NomeAlbum, Titolo, NomeArtista)

Foreign Key: NomeAlbum references ALBUM

Foreign Key: NomeAlbum, Titolo references CANZONE

Foreign Key: NomeArtista references ARTISTA

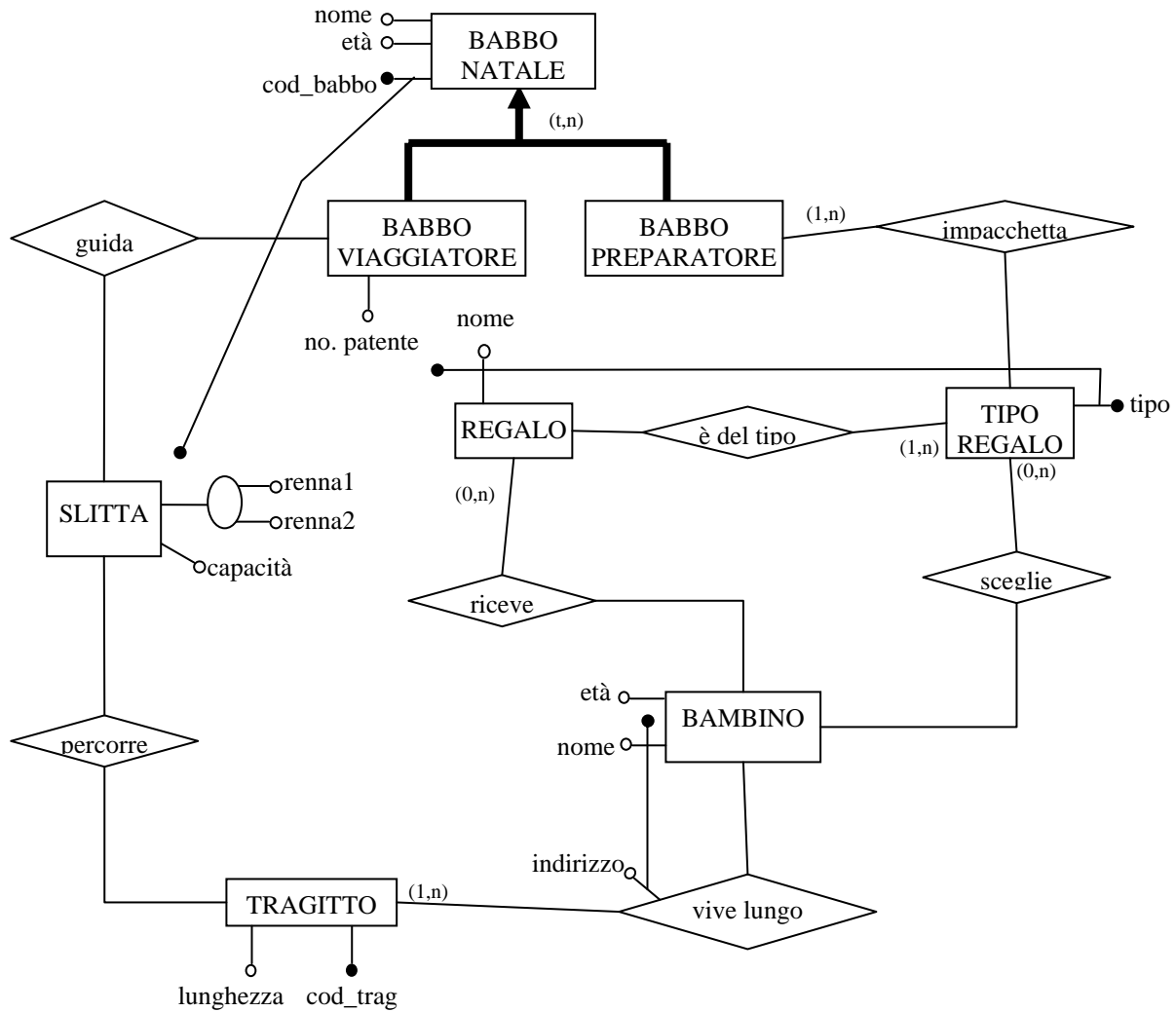
Si scrivano in linguaggio SQL le seguenti interrogazioni:

1. Selezionare gli strumenti musicali suonati dai compositori dell'album “Aqualung”.
2. Selezionare tutti i generi delle canzoni che sono state pubblicate fra il 1980 e il 1990 e restituirli non duplicati e in ordine alfabetico.
3. Selezionare l'artista più giovane che ha composto solo canzoni rock.

Esercizio 4

Supponendo che le relazioni dell'esercizio precedente siano memorizzate in file di testo (una relazione per ogni file), si scriva in un linguaggio di programmazione ad alto livello (C, C++, Java) un programma per la risoluzione della seguente interrogazione: selezionare gli strumenti musicali suonati dai compositori dell'album "Aqualung".

Figura 1



TEMA N. 3
TELECOMUNICAZIONI

Si vuole studiare il collegamento in uplink di un sistema radio via satellite per fornire connettività agli utenti sui treni ad alta velocità. La linea di alimentazione del treno è sorretta da imponenti tralicci di acciaio larghi $l = 5\text{m}$ e posti a $L = 500\text{m}$ l'uno dall'altro. La presenza di questi tralicci rappresenta un serio ostacolo per la trasmissione verso il satellite che viene fronteggiato ricorrendo a due diversi modi di trasmissione:

- **modo H** (high bit-rate), utilizzato quando il trasmettitore sul treno è in line-of-sight (LOS), ovvero in linea di vista, col satellite ed è quindi possibile trasmettere alla massima bit-rate R_b^H con modulazione 16-QAM e codifica a ritmo $r_H=1/2$;
- **modo L** (low bit-rate), in cui l'offuscamento da parte del traliccio (condizione identificata come NLOS) rende necessario ridurre la bit-rate a $R_b^L < R_b^H$, impiegando una modulazione 4-QAM (QPSK) con ritmo di codifica $r_L=1/4$ al fine di garantire la stessa probabilità d'errore per pacchetto del caso LOS.

Il sistema impiega una tecnica di accesso multiplo a divisione di tempo (TDMA) in cui la trama ha lunghezza $L_F = 225 \cdot 000$ simboli e durata T_F secondi, e ogni trama contiene $N_p = 30$ pacchetti ognuno dei quali di lunghezza $L_p = 7 \cdot 500$ simboli.

Il sistema passa dal modo H al modo L (e viceversa) solo in corrispondenza dell'inizio di una nuova trama. Pertanto la durata di ciascun modo operativo è pari ad un numero intero di trame.

Il sistema di trasmissione opera con un satellite geostazionario ($D = 36 \cdot 000\text{km}$) rigenerativo ad una frequenza portante $f_0 = 20\text{GHz}$, con banda in radiofrequenza pari a $B = 6\text{MHz}$, e con $ERP = 42\text{dBW}$. Il ricevitore, che si può assumere termostato alla temperatura di 10°C , impiega un'antenna con guadagno $G_a = 40\text{dB}$ e temperatura d'antenna $T_a = 54\text{K}$, e una sezione di amplificazione composta da due amplificatori in cascata con guadagni e cifre di rumore rispettivamente pari a $G_1 = 20\text{dB}$, $F_1 = 2\text{dB}$ e $G_2 = 16\text{dB}$, $F_2 = 5.2\text{dB}$. In condizioni NLOS è inoltre presente l'attenuazione supplementare da traliccio $A_t = 8\text{dB}$.

1. Sapendo che il sistema utilizza un filtraggio a coseno rialzato con fattore di roll-off $\alpha = 0.2$, determinare R_b^H e R_b^L .
2. Calcolare il rapporto segnale/rumore E_s/N_0 in condizioni LOS e NLOS nella sezione a monte del demodulatore a bordo del satellite, dove E_s è l'energia media per simbolo codificato e modulato, e il rumore è assunto bianco con densità spettrale di potenza bilaterale pari a $N_0/2$. Calcolare inoltre i corrispondenti valori di E_b/N_0 a valle del decodificatore.

Si trascurino inizialmente eventuali perdite che si possono verificare tra l'inizio dell'offuscamento e l'inizio della prima trama del modo L.

3. Determinare il minimo numero di trame, N^{\min} , da assegnare al modo di funzionamento L affinché il sistema sia robusto agli offuscamenti da traliccio quando il treno viaggia ad una velocità $v_1 = 50\text{km/h}$. Assumendo di adottare tale durata per il modo L, calcolare la bit-rate media del sistema.
4. Calcolare il valore di N^{\min} e la bit-rate media associata, assumendo che il treno si muova ad una velocità $v_2 = 200\text{km/h}$.
5. Il trasmettitore impiega un circuito rivelatore della presenza del traliccio che presenta prestazioni ottime solo in avvicinamento al traliccio, ma non in allontanamento da esso. Per ovviare a questo problema, quando la presenza del traliccio viene rivelata, il trasmettitore commuta dal modo H al modo L, e la durata del modo L è fissata in modo statico pari al valore N^{\min} trovato per v_1 . Valutare qual è la perdita in termini di bit-rate media quando la velocità del treno è v_2 rispetto al caso ideale in cui il trasmettitore resta in modo L solo per il tempo minimo necessario.

Per tenere ora conto delle eventuali perdite che si possono verificare tra l'inizio dell'offuscamento e l'inizio della prima trama del modo L, si consideri l'istante t_{off} in cui ha inizio l'offuscamento all'interno della trama come una variabile aleatoria uniforme sul dominio $[0, T_F]$.

6. Sapendo che la probabilità di errore per pacchetto (PER) in funzione di E_b/N_0 segue gli andamenti riportati in figura 1 per il modo L e il modo H rispettivamente, determinare la PER media se si sceglie di dimensionare la durata del modo L secondo il punto 3 e la velocità del treno è v_1 .

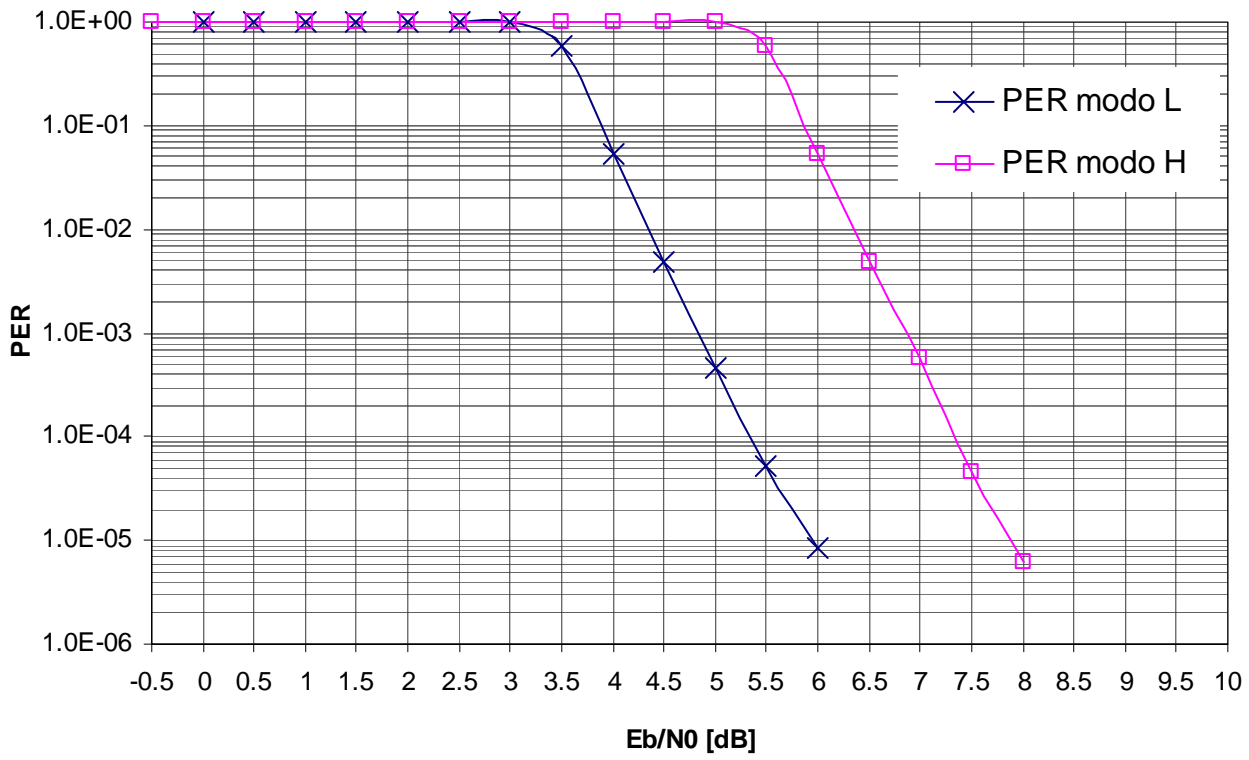


Figura 1 – Probabilità di errore per pacchetto per il modo L e il modo H di funzionamento in funzione del rapporto segnale rumore E_b/N_0 .

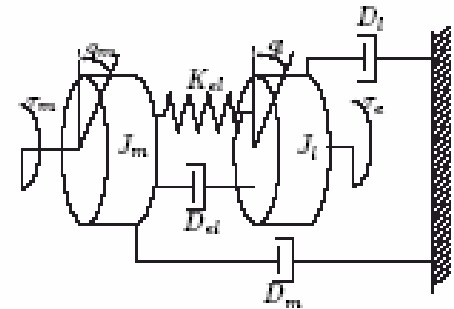
ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
PRIMA SESSIONE 2005 - Vecchio Ordinamento

TEMA N.4
AUTOMATICA

Esercizio 1

Il giunto di un robot per applicazioni spaziali può essere convenientemente descritto come una coppia di masse rotanti connesse attraverso una trasmissione elastica, caratterizzata da una rigidezza K_{el} e da un coefficiente di smorzamento D_{el} , come riportato in figura.

Il primo volano rappresenta l'inerzia (J_m) del motore ed è soggetto all'attrito viscoso rappresentato dal coefficiente D_m . Il secondo è associato al carico, la cui inerzia è J_l , mentre il coefficiente di attrito viscoso è D_l . Il moto del giunto può essere descritto dalle coordinate di posizione q_m e q_l , riferite a un sistema di riferimento fisso. Assumendo che la larghezza di banda del loop di corrente del motore sia sufficientemente ampia, la coppia τ_m applicata al rotore può essere assunta direttamente come ingresso del sistema, mentre un'ulteriore segnale esogeno τ_e (coppia esterna) è applicato al sistema dalla parte del carico. I valori numerici dei parametri sono: $J_m = 0.5 \text{ Kg m}^2$, $J_l = 4 \text{ Kg m}^2$, $D_m = 0.1 \frac{\text{Nm s}}{\text{rad}}$, $K_{el} = 100 \frac{\text{Nm}}{\text{rad}}$, $D_{el} = 0.8 \frac{\text{Nm s}}{\text{rad}}$, $D_l = 0 \frac{\text{Nm s}}{\text{rad}}$.



1. Scrivere il modello matematico del sistema (equazioni di stato) del tipo:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= Ax + B_1 u_1 + B_2 u_2 \\ y &= Cx \end{aligned}$$

dove $u_1 = \tau_m$, $u_2 = \tau_e$, $y = q_l$.

2. Discutere le proprietà di stabilità del sistema.
3. Studiare la controllabilità e l'osservabilità del sistema, considerando il solo ingresso u_1 .
4. Progettare una retroazione dello stato (anche in questo caso si consideri il solo ingresso u_1) del tipo $u_1 = -Kx + r$, dove r è il nuovo ingresso di controllo, in modo da assegnare al sistema in catena chiusa i poli $\lambda_1 = -5$, $\lambda_2 = -50$ e $\lambda_{3,4}$ aventi smorzamento $\delta = 0.5$ e pulsazione naturale $\omega_n = 100$.
5. Calcolare la funzione di trasferimento tra la coppia del motore τ_m e la posizione del carico q_l .
6. Riscrivere il modello considerando come uscita y la coppia τ_e misurata da un opportuno sensore collocato prima della flangia di uscita del giunto, il quale misura la coppia trasferita dalla trasmissione elastica unitamente alla coppia persa per attrito¹. Studiare le proprietà di osservabilità del modello così ottenuto e calcolare la funzione di trasferimento tra la coppia del motore τ_m e la coppia misurata dal sensore τ_e .
7. Scegliendo un tempo di campionamento $T_s = 0.05s$ la funzione di trasferimento discreta del sistema al punto 6 (e del ricostruttore di ordine zero) risulta:

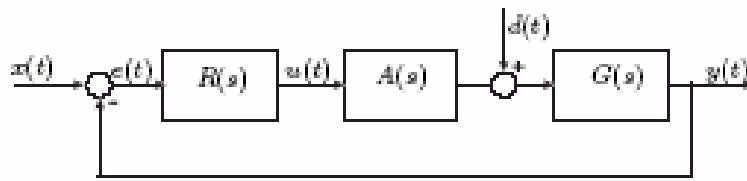
$$G(z) = \frac{0.00018(z + 0.61)(z - 0.99)}{(z - 0.97)(z^2 + 1.4z + 0.92)}$$

Impostare il progetto (non è richiesta la risoluzione dell'equazione diofantea) di un regolatore R, S, T che abbia come specifica la dinamica dominante $\delta = 0.7$, $\omega_n = 5 \text{ rad/s}$, supponendo di voler essere robusti al disturbo $d(t) = \text{const}$.

¹ $\tau_e = K_{el}(q_m - q_l) + D_{el}(\dot{q}_m - \dot{q}_l)$

Esercizio 2

1. Si consideri lo schema a blocchi di figura.



$$R(s) = K \frac{\tau_z s + 1}{\tau_p s + 1},$$

$$A(s) = 1,$$

$$G(s) = \frac{(s + 60)}{s(s + 6)(s + 10)}$$

Assumendo $\tau_p = \tau_z$

- Determinare l'intervallo di valori di $K > 0$ che rendono stabile il sistema e la pulsazione dei poli immaginari puri che si hanno in corrispondenza della stabilità semplice.
 - Considerando il disturbo $d(t) = 5 \sin(15t)$, determinare il valore di K che riduce sotto il 2% il contributo a regime (in ampiezza) di tale disturbo sull'uscita.
 - Utilizzando il valore di K precedentemente trovato, calcolare il valore a regime dell'uscita $y(t)$ quando sul sistema agiscono contemporaneamente il segnale $x(t) = 20$ e il disturbo $d(t) = 12 \sin(15t + 30^\circ)$.
 - Tracciare il luogo delle radici del sistema, calcolando l'ascissa di intersezione di eventuali asintoti e dell'eventuale baricentro.
2. Con riferimento alla figura precedente:
- Utilizzando tecniche di cancellazione poli/zeri, determinare i valori τ_p e τ_z che consentono di spostare il punto di incontro degli asintoti del luogo delle radici nel punto di ascissa $\sigma_a = -2$.
 - Commentare il regolatore così ottenuto dicendo per quali valori di K il sistema retroazionato è stabile.
 - Stimare il tempo di assestamento T_a del sistema retroazionato per $K \rightarrow \infty$, giustificando tale risultato.
3. Posta la funzione di trasferimento dell'attuatore $A(s) = \frac{1}{1 + \tau_a s}$
- Tracciare i diagrammi asintotici di Bode (delle ampiezze e delle fasi) di $G(s)$.
 - Scegliere in maniera opportuna (la risposta va motivata) la costante di tempo τ_a dell'attuatore (anche in relazione al punto successivo) e riportare i diagrammi asintotici di Bode di $A(s)G(s)$. Determinare inoltre i valori della pulsazione di incrocio ω_c , del margine di fase M_f e del margine di ampiezza M_a del sistema così ottenuto.
 - Progettare un opportuno controllore $R(s)$ che consenta di ottenere una pulsazione di incrocio $5 \leq \omega_c \leq 20 \text{ rad/s}$ e un margine di fase $M_f \geq 55^\circ$. Tracciare i diagrammi asintotici di Bode di $R(s)A(s)G(s)$.
4. Supponendo di voler implementare il regolatore $R(s)$, ottenuto al punto precedente, su un calcolatore digitale:
- Scegliere il tempo di campionamento T_s svolgendo le considerazioni ritenute più idonee.
 - Discretizzare $R(s)$ utilizzando il metodo della trasformazione bilineare.
 - Scrivere l'equazione alle differenze che esprime la relazione tra l'ingresso e_k e l'uscita u_k .

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE
ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
Sezione A – Candidati vecchio ordinamento
PRIMA SESSIONE 2005
Prova Scritta**

TEMA N. 5 – Ricerca operativa

Esercizio 1

Si costruisca il diagramma di flusso per la simulazione del seguente ufficio bancario. I clienti arrivano secondo una distribuzione di Poisson di valor medio λ . All'arrivo si dirigono con probabilità P_1 verso gli sportelli delle casse, e con residua probabilità verso l'ufficio della direzione.

Le casse aprono contemporaneamente all'apertura dell'ufficio bancario. Sono a disposizione N sportelli, ognuno con un'associata coda FIFO. I clienti che hanno bisogno di usufruire di tali servizi si dirigono verso il primo sportello disponibile, se ve ne sono, altrimenti si posizionano nella coda di lunghezza minore e attendono il proprio turno. La durata del servizio è uniformemente distribuita in un intervallo di tempo $[T_{C\text{MIN}}, T_{C\text{MAX}}]$. Ogni volta che una cassa termina di effettuare un servizio, il cliente esce dal sistema e l'operatore prende il primo cliente in attesa nella propria coda. Se la coda è vuota, l'operatore seleziona il primo cliente in attesa in una qualsiasi delle code relative agli altri sportelli. Se un cliente è ancora in coda dopo un tempo superiore a un dato valore $T_{C\text{MAX}}$, esso decide di abbandonare la coda ed uscire dal sistema.

L'ufficio direttivo apre con ritardo T_D rispetto all'apertura della banca, e ha una coda FIFO di attesa. I clienti che arrivano prima di T_D si posizionano in tale coda. Quando il direttore inizia il servizio estrae dalla coda i clienti, se ve ne sono, uno alla volta e li serve in un tempo uniformemente distribuito in $[T_{D\text{MIN}}, T_{D\text{MAX}}]$.

Durante l'orario di servizio dell'ufficio direttivo, arrivano, con distribuzione di Poisson di valor medio λ telefonate dirette a tale ufficio. Qualora all'arrivo di una telefonata il direttore stia servendo un cliente, tale servizio si interrompe per rispondere alla telefonata. La telefonata ha durata uniformemente distribuita in $[T_{T\text{MIN}}, T_{T\text{MAX}}]$. Alla fine della telefonata il direttore riprende il servizio precedentemente interrotto. La durata residua del servizio è determinata dal tempo di servizio generato inizialmente e il tempo di servizio già svolto prima della telefonata.

Una volta terminato il servizio all'ufficio direttivo, il cliente con probabilità P_2 si dirige verso le casse, altrimenti esce dal sistema. Qualora si diriga verso le casse egli necessita di un tempo uniformemente distribuito in $[T_{S1}, T_{S2}]$ per spostarsi fino alle casse, e poi si comporta come gli altri utenti che non sono passati dalla direzione.

Dopo T_F istanti dall'apertura, la banca chiude l'ingresso e non accetta ulteriori clienti. La simulazione termina quando tutti i clienti presenti in banca sono usciti dal sistema.

Determinare:

- A) La percentuale di clienti che abbandona la coda alle casse, relativamente a tutti i clienti che hanno usufruito del servizio alle casse;
- B) Il tempo medio di attesa nella coda all'ufficio direttivo;

C) La lunghezza massima della coda alle casse.

Esercizio 2

Un'azienda operante nel settore del legname deve ottimizzare i propri trasporti di materiale verso i clienti. L'azienda si occupa di vendite di due tipologie principali di prodotti: il legname allo stato grezzo (da affrontarsi nel punto C dell'esercizio) e i semilavorati (da affrontarsi nei punti A e B dell'esercizio).

A) Per quanto riguarda il trasporto di semilavorati, essi sono posti su pallet di dimensioni di base predefinite e formano un'altezza determinata dalla richiesta del cliente. Sono presenti n clienti e ogni cliente i ($i=1, \dots, n$) richiede un numero n_i di lotti. Ognuno dei lotti (i,j) ($i=1, \dots, n; j=1, \dots, n_i$) ha un'altezza h_{ij} . L'azienda ha a disposizione T veicoli identici per effettuare i trasporti dei semilavorati. Ogni veicolo t ($t=1, \dots, T$) ha una base che permette di contenere q pile di pallet, e un'altezza totale H . In ogni veicolo, ogni pila p ($p=1, \dots, q$) deve avere un'altezza complessiva (data dalla somma delle altezze dei pallet posizionati in tale pila) inferiore od uguale ad H . Tutti gli n_i lotti richiesti dal cliente i devono essere posizionati in un unico veicolo t . L'azienda desidera conoscere il minimo numero r (si supponga $r \leq T$) di veicoli necessari per il trasporto dei lotti richiesti.

A.1) Fornire un modello di programmazione lineare intera per il problema presentato.

A.2) Descrivere possibili rilassamenti del modello matematico.

B) Sia r il minimo numero di veicoli ricavato nel punto precedente. Si supponga ora di rilassare i vincoli sul carico: un cliente i richiede un insieme di altezza h_i ($i=1, \dots, n$) e la somma delle altezze dei clienti caricati su un veicolo non deve superare l'altezza complessiva qH . Sia data una rete stradale con $n+1$ nodi (un nodo per ogni cliente, e un nodo 0 per il deposito), e siano dati i lati (non orientati) congiungenti ogni coppia di nodi (i,l) , a cui sia associato un costo c_{il} (inteso come lunghezza in chilometri del lato).

B.1) Si definisca il modello di programmazione lineare intera che permette di trasportare tutti i prodotti richiesti con il minor numero di chilometri.

B.2) Si proponga un algoritmo euristico per la risoluzione del problema.

B.3) Si descriva il caso in cui siano presenti più depositi.

C) Per quanto concerne il trasporto di legname, l'azienda pone in vendita lotti di grandezza uguale alla capacità massima di carico del veicolo. Il problema di ottimizzazione è in questo caso quello di inviare ogni veicolo ad ogni singolo cliente con un costo di trasporto minimo.

C1) Si descriva il problema di ottimizzazione risultante e se ne descriva un possibile algoritmo risolutivo.

C2) Si studi il caso applicativo rappresentato dal grafo orientato in tabella, determinando i tragitti ottimi dei 5 veicoli verso i 5 clienti.

i	l	c_{il}
0	1	3
0	2	2
0	4	5
1	3	5
1	4	1
2	4	3
3	4	2
3	5	3
4	5	4

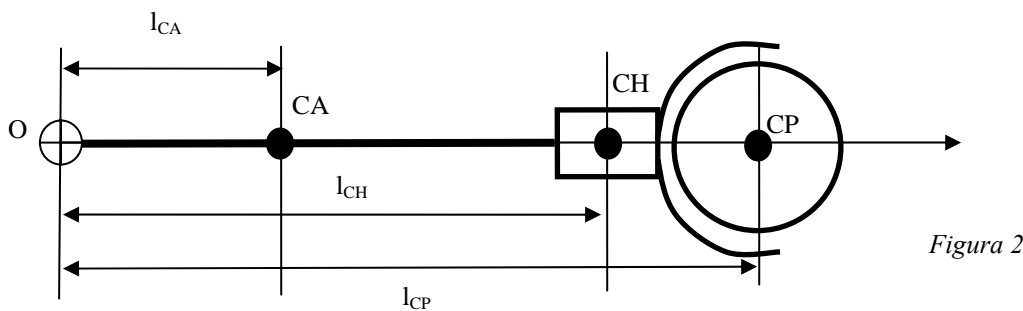
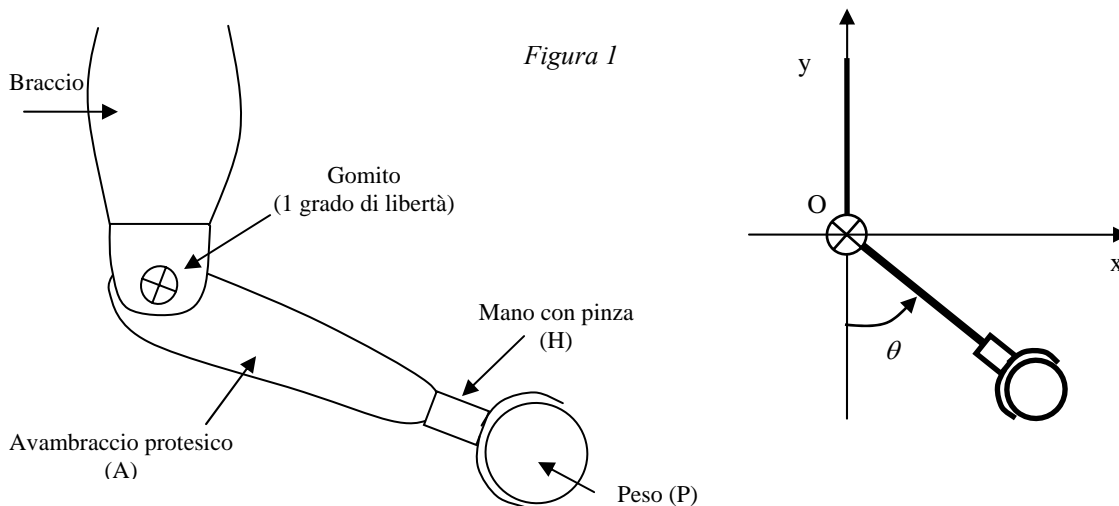
TEMA N. 6
INGEGNERIA BIOMEDICA

Protesi d'arto con gomito ad attivazione mioelettrica

Quando un paziente, a causa di infortunio o malattia, viene sottoposto ad amputazione del braccio a livello dell'omero, viene a trovarsi fortemente limitato nello svolgimento di molte attività della vita quotidiana. Un aiuto importante per la riconquista dell'autonomia, è la fornitura al paziente di una protesi d'arto con gomito elettromeccanico ad attivazione mioelettrica.

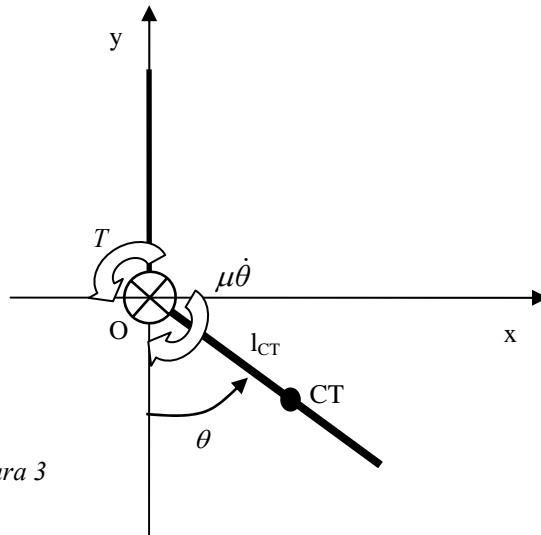
PARTE 1

Lo schema della protesi è illustrato in Figura 1. La protesi è composta da braccio protesico, avambraccio protesico (A) e mano con pinza (H). Quest'ultima regge un peso (P). Nel seguito si assumerà il braccio fermo ed allineato lungo la verticale. A, H e P sono assunti rigidamente connessi ed hanno dimensioni, masse e momenti inerziali descritti in Tabella 1 e Figura 2. Braccio ed avambraccio sono articolati attraverso il gomito elettromeccanico, assimilabile ad una cerniera, ovvero un meccanismo ad 1 grado di libertà corrispondente all'angolo di flessione-estensione θ .



Componente protesico	Posizione del centro di massa rispetto all'asse di rotazione del gomito [m]	Massa [Kg]	Momento d'inerzia rispetto al proprio centro di massa [Kg*m ²]
Avambraccio (A)	$l_{CA} = 0.10$	$m_A = 0.4$	$I_{CA}^A = 0.0025$
Mano + pinza (H)	$l_{CH} = 0.30$	$m_H = 0.5$	$I_{CH}^H = 0.0002$
Peso (P)	$l_{CP} = 0.37$	$m_P = M$	$I_{CP}^P = M \cdot 6.4e - 4$

- 1) Determinare la posizione l_{CT} del centro di massa complessivo del sistema A-H-P in funzione della massa M di P.
- 2) Calcolare il momento d'inerzia di A, H, e P rispetto al punto O (applicare il teorema di Huygens-Steiner, detto anche degli assi paralleli). Calcolare quindi il momento d'inerzia complessivo I_O^T del sistema A-H-P, rispetto al punto O, in funzione della massa M di P.
- 3) Considerando la Figura 3, detta T la coppia motrice applicata dal gomito e considerando la presenza di uno smorzatore viscoso di coefficiente μ al gomito, scrivere l'equazione del moto del sistema, in funzione della massa complessiva del sistema m_{CT} , di l_{CT} e I_O^T . In particolare, esprimere T in funzione delle altre grandezze.



4) Linearizzare l'espressione ricavata al punto precedente per piccole variazioni $\delta\theta$, $\delta\dot{\theta}$ e $\delta\ddot{\theta}$, in un intorno di $\theta = \frac{\pi}{2}$, $\dot{\theta} = 0$ e $\ddot{\theta} = 0$.

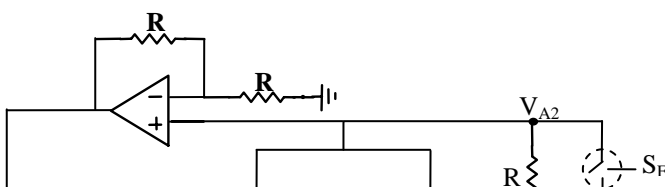
5) Calcolare la funzione di trasferimento $\frac{\delta\dot{\theta}(s)}{\delta T(s)}$, basandosi sull'equazione del moto linearizzata ricavata al punto precedente. Disegnare qualitativamente l'andamento temporale della risposta in velocità del sistema ad un gradino unitario di $\delta T(t)$, al variare di μ , assumendo costante la massa M .

6) Supponendo che la massa di P sia $M=1$ Kg, ricavare il coefficiente μ dello smorzatore viscoso ed il gradino di coppia δT che il gomito deve generare affinché il sistema abbia $t_A = 0.5s$ (t_A : tempo di assestamento, pari a 7 volte la costante di tempo del sistema), e $\delta\dot{\theta}$ a regime pari a 0.7 rad/s. Ricordando il valore di T nel punto di linearizzazione, ricavare la T complessiva richiesta al gomito per soddisfare le specifiche.

PARTE 2

Si assuma di volere realizzare il gomito attraverso un motore in corrente continua (CC) a magneti permanenti controllato in corrente (e quindi in coppia). I motori in CC operano normalmente ad alta velocità e bassa coppia (T'). Per potere quindi muovere la protesi a bassa velocità ed alta coppia (T) è necessario predisporre un riduttore fra il sistema A-H-P-smorzatore ed il motore stesso. L'analisi di data-sheet di motori in CC, dei corrispondenti riduttori e delle prestazioni richieste, vi porta a scegliere un motore mod.XX123 da fare lavorare a coppia variabile imponendo in esso la circolazione di una opportuna corrente i . Il circuito, che permette di imporre questa i , è mostrato in Figura 4 (ponte ad H). L'attivazione della flessione del gomito è controllata dal segnale elettromiografico EMG_1^* , mentre l'estensione dal segnale elettromiografico EMG_2^* , prelevati da due muscoli distinti del residuo intatto dell'arto che ha subito l'amputazione. Si assumano EMG_1^* e EMG_2^* due segnali cui possano corrispondere unicamente valori logici 0 e 1 (0-10V in logica CMOS). Gli interruttori ideali del ponte ad H devono essere comandati da EMG_1^* e EMG_2^* attraverso la seguente logica di controllo:

- a. S_F attivo solamente se EMG_1^* è attivo e EMG_2^* è disattivo;
- b. S_E attivo solamente se EMG_2^* è attivo e EMG_1^* è disattivo.



- 7) Disegnare la logica di controllo combinatoria per generare S_E e S_F da EMG_1^* e EMG_2^* .
- 8) Supponendo di attivare la flessione, dimensionare le resistenze R_r ed R_i affinché il motore sviluppi una coppia T' di $70\text{mN}\cdot\text{m}$. Si ricorda a questo proposito la relazione che lega la coppia voluta alla corrente attraverso il motore: $i = T' / K_m$, con la costante $K_m = 19.1$ [$\text{mN}\cdot\text{m}/\text{A}$].
- 9) Determinare il rapporto di riduzione e la velocità angolare del motore a regime (giri al minuto). Considerare a tale proposito un rendimento del riduttore pari a 1.
- 10) Fissato il dimensionamento del punto precedente, a quanto si porta la coppia quando ad essere attiva è l'estensione? Dare quindi una spiegazione del perché si sia introdotto l'interruttore IT_1 .

PARTE 3

Per poter ricavare i segnali EMG_1^* ed EMG_2^* dai segnali EMG_1 ed EMG_2 prelevati dagli elettrodi posti sulla cute, è necessario predisporre un opportuno percorso di elaborazione, i cui primi due stati sono mostrati in Figura 5.

- 11) Assunta una resistenza R_e per ciascun elettrodo di $40\text{K}\Omega$, calcolare la resistenza d'ingresso differenziale dell'amplificatore in modo tale che l'errore di interconnessione agli elettrodi sia inferiore all'1%.
- 12) Dimensionare i componenti e determinare la tolleranza delle resistenze R_1 - R_4 , affinché il secondo stadio abbia guadagno complessivo 500 e $\text{CMRR} > 100\text{dB}$. Si assuma il guadagno G_0 del sottostadio 2a pari a 25.

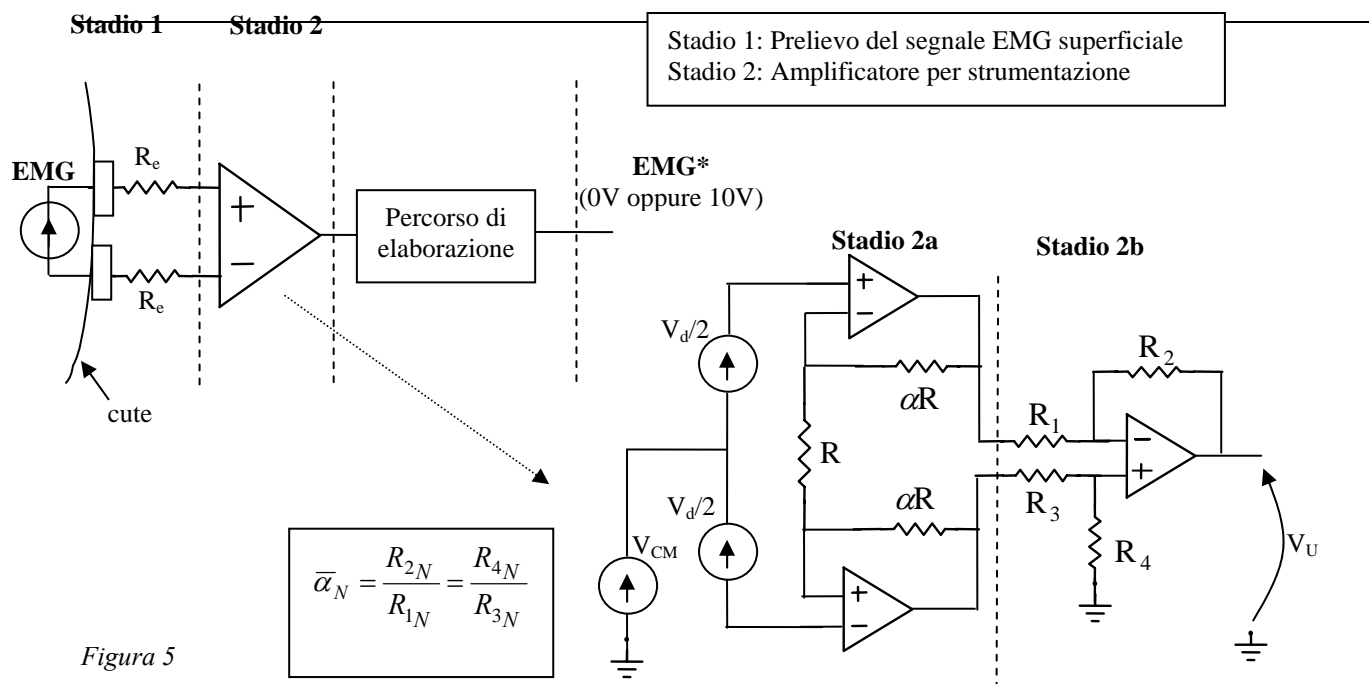


Figura 5

TEMA N. 7
IMPIANTI ELETTRICI

Progetto di impianto elettrico in una porzione di stabilimento industriale per la produzione di materiali polimerici

In un grande complesso industriale esistente in cui si producono materiali polimerici si decide di costruire un nuovo reparto destinato alla realizzazione di nuovi cavi elettrici in polietilene reticolato (XLPE) nanoadditivato, aventi miglior resistenza alle sollecitazioni termiche ed elettriche.

Il reparto sarà costituito da due capannoni e da una palazzina uffici. In particolare:

- 1) **Capannone 1:** dimensioni di circa 1000 m²; destinato allo stoccaggio e al pretrattamento del materiale di base, degli additivi e dei compatibilizzanti. I rispettivi carichi elettrici sono indicati nell'allegato 1.
- 2) **Capannone 2:** avente dimensioni di circa 5000 m²; è destinato a produzione e magazzino. I rispettivi carichi elettrici sono indicati nell'allegato 1
- 3) **Palazzina uffici:** dimensioni di circa 500 m², in cui sono presenti uffici per il personale tecnico, i laboratori di ricerca e sviluppo e controllo di qualità. I rispettivi carichi elettrici sono indicati nell'allegato 1.

Il nuovo reparto dovrà essere dotato di una propria cabina elettrica di trasformazione. L'energia per alimentare questa cabina verrà prelevata da una cabina di ricevimento già esistente nel complesso industriale ad una distanza di circa 700 m, entro la quale il candidato dovrà prevedere i necessari organi di sezionamento e protezione richiesti dall'ente distributore. Nel punto di prelievo l'energia ha le seguenti principali caratteristiche: tensione, 15 kV \pm 10% a 3 conduttori con neutro a terra tramite impedenza; frequenza, 50 Hz; potenza di corto circuito, 325 MVA; corrente convenzionale di guasto monofase a terra, 40 A; tempo di eliminazione del guasto a terra > 10s.

Inoltre, in locali separati ma adiacenti alla cabina di trasformazione, troveranno collocazione il Quadro elettrico Generale di Bassa Tensione (QGBT), il gruppo elettrogeno per energia di riserva del tipo ad avviamento automatico e la centrale termica.

Il candidato esegua:

- 1) Il dimensionamento della cabina di trasformazione, utilizzando macchine isolate in resina.
- 2) Il dimensionamento della linea MT tra la cabina di ricevimento e la cabina di trasformazione.
- 3) Lo schema elettrico unifilare della cabina di ricevimento e trasformazione con indicate le caratteristiche delle apparecchiature di potenza e delle protezioni adottate sul lato MT.
- 4) Il dimensionamento del gruppo elettrogeno per alimentare i carichi privilegiati.
- 5) Il dimensionamento delle linee principali tra il QGBT ed i quadri del capannone 1 (QC1), del capannone 2 (QC2) e della palazzina uffici (QU), utilizzando cavi tipo FG7R 0.6/1kV (o similari) con posa in cunicolo interrato e lunghezza di circa 40, 30 e 60m, rispettivamente.
- 6) Il calcolo delle correnti di corto circuito alle sbarre dei suddetti quadri e lo schema elettrico unifilare del QGBT e del QC2 indicando le caratteristiche delle apparecchiature di manovra e protezione.
- 7) Il dimensionamento delle linee montanti principali in partenza dal QC2 per alimentare i vari carichi, eseguite con cavi FG7(O)M1 0.6/1kV (o similari) con percorso in passerelle metalliche (potenza e lunghezza come da allegato).
- 8) Il dimensionamento dell'impianto di rifasamento per la marcia a vuoto di ogni trasformatore e di quello di rifasamento automatico.
- 9) Il progetto di massima della rete disperdente di terra.
- 10) Il progetto di un filtro selettivo L-C da inserire in parallelo nel quadro QC2 per limitare la propagazione in rete dell'undicesima armonica di corrente (I_{11}), assorbita dal raddrizzatore a dodici impulsi, al di sotto del valore limite stabilito dalla normativa CEI EN 61000-2-4 (e cioè < 3% della corrente nominale alla frequenza fondamentale, I_{1n}). E' noto che $I_{11} = 0.09I_{1n}$

ALLEGATO 1:

Carichi relativi al capannone 1:

Utenza	Potenza [kW]	Fattore di potenza	Lunghezza linea [m]	Carico privilegiato
Motore asincrono - purificatore 1	30	0,78	20	NO
Motore asincrono - purificatore 2	40	0,79	25	NO
Motore asincrono - purificatore 3	50	0,79	30	NO
Motore asincrono - miscelatore	80	0,80	45	NO

Motore asincrono - impianto trasporto	70	0,80	50	NO
Impianto di aspirazione	30	0,75	60	NO
Impianto di sollevamento	60	0,76	30	NO
Officina	30	0,70	70	NO

Carichi relativi al capannone 2:

Utenza	Potenza [kW]	Fattore di potenza	Lunghezza linea [m]	Carico privilegiato
Motore asincrono - miscelatore	180	0,80	80	SI
Raddrizzatore a 12 impulsi	60	0,60	70	NO
Forno di preriscaldamento	150	0,78	50	SI
Pompa 1	(*)	(*)	30	NO
Pompa 2	(*)	(*)	20	NO
Pompa 3	(*)	(*)	60	SI
Trafilatrice	200	0,82	40	SI
Cordatrice	150	0,79	70	SI
Estrusore	170	0,80	60	SI
Impianto di aspirazione	50	0,75	55	SI
Impianto di sollevamento	60	0,75	20	SI

Carichi relativi alla palazzina uffici:

Utenza	Potenza [kW]	Fattore di potenza	Lunghezza linea [m]	Carico privilegiato
Impianto di condizionamento	20	0,80	20	NO
Laboratorio ricerca e sviluppo	15	0,70	30	SI
Laboratorio controllo qualità	25	0,70	40	SI
Ascensore/montacarichi	10	0,75	15	SI

Per la determinazione delle potenza elettrica luce e FM si consideri: per i capannoni una potenza installata di 12 W/m² per la luce e 10 W/m² per le prese e FM; per la palazzina uffici 20 W/m² per la luce e 15 W/m² per le prese e FM (la superficie è indicata nella parte iniziale del testo).

* Per determinare la potenza elettrica delle pompe si consideri che:

- la Pompa 1 deve portare ad una pressione di 10 bar una quantità di acqua pari a 100 m³/h;
- la Pompa 2 deve portare ad una pressione di 7 bar una quantità di acqua pari a 100 m³/h;
- la Pompa 3 deve portare ad una pressione di 8 bar una quantità di acqua pari a 70 m³/h

Per rendimento e fattore di potenza il candidato assuma i valori che ritiene più idonei.

N.B.: Il candidato potrà supplire con le proprie conoscenze ai dati non forniti nel testo giustificando le ipotesi fatte.

ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2005 – **Laurea Vecchio Ordinamento**

TEMA N. 8
MACCHINE ELETTRICHE

Il candidato esegua il dimensionamento di massima del motore asincrono trifase autoventilato a rotore avvolto avente i seguenti dati di specifica:

Potenza resa all'albero	45 kW
Tensione di alimentazione	400 V
Frequenza di alimentazione	50 Hz
Velocità nominale	1475 rpm

Successivamente determini:

- 1) il rendimento in condizioni nominali
- 2) la corrente a vuoto
- 3) la corrente e la coppia di spunto
- 4) la coppia massima

Il candidato deve descrivere le ipotesi semplificative adottate per il dimensionamento. Inoltre, potrà supplire con le proprie conoscenze ai dati non forniti nel testo.

Allegato 2 al verbale N. 2

**ESAMI DI STATO DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO
DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE**

PRIMA SESSIONE 2005 - COMMISSIONE 2 - SEZIONE A

**Temi proposti relativi alla
prima prova scritta
per i candidati
che hanno conseguito
la Laurea Specialistica
secondo il Nuovo
Ordinamento.**

ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE
ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
Sezione A – Candidati con Laurea Specialistica
PRIMA SESSIONE 2005
Prima Prova Scritta

LA PROVA CONSISTE NELLO SVOLGIMENTO DI TUTTI I
TEMI PROPOSTI NEL SEGUITO

Tema N. 1

Il candidato descriva un dispositivo a scelta tra MOS, BJT, diodo, amplificatore operazionale, mettendone in evidenza le caratteristiche principali a livello logico. Opzionalmente, se ne descriva la caratteristica corrente-tensione e se ne discuta una qualche applicazione.

Tema N. 2

Il candidato illustri analogie e differenze della programmazione ad oggetti rispetto alla programmazione strutturata. Opzionalmente, ne discuta i vantaggi in termini di maggiore ingegnerizzazione ottenibile in fase di modellazione di un sistema software.

Tema N. 3

Il candidato discuta e confronti tra loro i sistemi di comunicazione wired (cavo o fibra) e wireless, portando opzionalmente qualche esempio relativo a caratteristiche del canale, tecniche di trasmissione, bande tipicamente adottate, servizi forniti.

Tema N. 4

Il candidato illustri brevemente la definizione e l'impiego dei diagrammi di Bode per sistemi dinamici SISO (Single Input Single Output) lineari tempo invarianti.

Allegato 3 al verbale N. 2

**ESAMI DI STATO DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO
DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE**

PRIMA SESSIONE 2005 - COMMISSIONE 2 - SEZIONE A

**Temi proposti relativi alla
seconda prova scritta
per i candidati
che hanno conseguito
la Laurea Specialistica
secondo il Nuovo
Ordinamento.**

ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE
ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
Sezione A – Candidati con Laurea Specialistica
PRIMA SESSIONE 2005
Seconda Prova Scritta

LA PROVA CONSISTE NELLO SVOLGIMENTO DI UNO DEI
TEMI PROPOSTI NEL SEGUITO

Tema N. 1

Il candidato descriva le principali differenze tra le logiche TTL e CMOS aiutandosi con alcuni esempi di semplici porte logiche. Si disegnino, in particolare, due possibili implementazioni della porta NAND o NOR a scelta.

Tema N. 2

La possibilità di accedere ad un DBMS (Data Base Management System) direttamente dal Web solleva numerose problematiche: l'interfacciamento con la rete o con un Web Server, il linguaggio di interrogazione da utilizzare, l'algoritmo più adeguato per la ricerca e la restituzione dei risultati all'utente remoto, solo per citarne alcune. Il candidato faccia una breve panoramica generale e scelga uno degli aspetti legati all'interrogazione di database remoti, discutendone caratteristiche, problematiche e soluzioni adottabili.

Tema N. 3

Il candidato illustri il problema della stima di parametri incogniti in un sistema di comunicazione generico. In particolare si considerino la stima di fase, frequenza e ritardo di trasmissione, discutendone la necessità e proponendo alcune soluzioni.

Tema N. 4

Il candidato illustri le principali analogie/differenze nell'analisi di sistemi dinamici tempo-continui e tempo-discreti, mettendo in evidenza le conseguenze che esse hanno sulle relative tecniche di controllo.

Tema N. 5

Si discutano i problemi di ottimizzazione su grafi. In particolare si affronti il problema del ritrovamento di un cammino minimo tra una coppia di vertici su un grafo pesato e orientato. Per tale problema si presentino i risultati teorici fondamentali e un algoritmo risolutivo, discutendone la complessità computazionale.

Tema N. 6

Il candidato illustri con un esempio l'utilizzo dei metodi propri dell'Ingegneria per la risoluzione di problemi medico-biologici, evidenziando i problemi legati alla raccolta, elaborazione ed analisi dei dati.