

ANNO SCOLASTICO 2015-2016
ESAME DI STATO DI ISTRUZIONE SECONDARIA SUPERIORE
Indirizzo: ELETTROTECNICA ED ELETTRONICA
Articolazione: AUTOMAZIONE

Tema di: SISTEMI AUTOMATICI

Il candidato svolga la prima parte della prova e due tra i quesiti proposti nella seconda parte.

PRIMA PARTE

Si vuole realizzare un sistema automatico per la gestione di un parcheggio per automobili a due piani.

Il parcheggio è dotato di due ingressi e due uscite controllati da semafori e sbarre mobili; i posti a disposizione per le auto sono 180, suddivisi in 90 per piano.

Agli ingressi e alle uscite sono posizionati dei sensori che rilevano il passaggio dei veicoli; in corrispondenza degli ingressi sono collocati due pannelli indicatori con display numerici che segnalano i numeri di posti liberi per ogni piano.

Il sistema deve svolgere le seguenti funzioni:

- contare quante automobili sono presenti in ciascun piano ed inviare queste informazioni ai due pannelli indicatori posti in corrispondenza degli ingressi;
- indicare il raggiungimento della capacità massima di autovetture bloccando i veicoli agli ingressi (semaforo a luce rossa e sbarra abbassata);
- fornire una statistica relativa alla occupazione media giornaliera dei posti disponibili.

Il candidato, fatte le ipotesi aggiuntive ritenute idonee:

1. disegni uno schema a blocchi del sistema di controllo dell'intera apparecchiatura;
2. codifichi l'algoritmo di gestione dei sensori di ingresso, degli attuatori (sbarre mobili e semafori) e dei pannelli indicatori dell'impianto, impiegando un dispositivo di controllo di tipo programmabile conosciuto;
3. codifichi l'algoritmo che fornisce la statistica relativa alla occupazione media giornaliera dei posti disponibili;
4. descriva una possibile soluzione realizzativa per la visualizzazione del numero di posti liberi di ogni piano.

Seconda parte

Quesito 1

Il candidato, con riferimento al tema proposto nella prima parte, descriva il circuito di condizionamento del segnale proveniente da una cella di carico posta in corrispondenza di ogni ingresso al fine di limitare il peso dei veicoli all'interno del parcheggio; se il peso supera 20 kN, l'accesso deve essere impedito e segnalato.

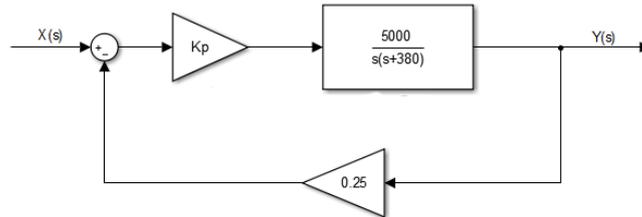
Quesito 2

Con riferimento al tema proposto nella prima parte, ipotizzando che il motore elettrico che muove la barriera mobile sia di tipo asincrono trifase, il candidato descriva il tipo di azionamento ritenuto idoneo per questo utilizzo.

Quesito 3

Dell'impianto lineare rappresentato in figura, progettare il regolatore industriale di tipo proporzionale K_p in modo che venga garantito un margine di fase di 45° della funzione d'anello.

Successivamente, dopo aver individuato il tipo del sistema, calcoli la funzione ad anello chiuso e disegni qualitativamente il diagramma di Bode del modulo.



Quesito 4

Il regolatore di un sistema di controllo è di tipo PID.

Si illustrino le caratteristiche del regolatore, mettendo in evidenza gli effetti prodotti da una variazione dei coefficienti: K_p , K_d e K_i .

SOLUZIONE

Prima parte

Viene suddivisa in quattro sottoquesiti.

Sottoquesito 1

Il sistema di controllo più adatto per questo scopo può essere realizzato impiegando un PLC; in alternativa possono essere utilizzati una scheda a microcontrollore (ad esempio un PIC) o, solo a scopo didattico, una scheda Arduino.

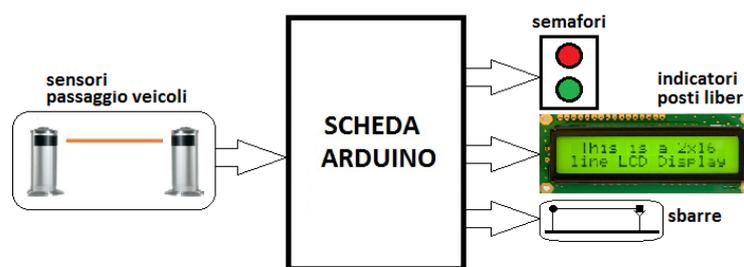
Per semplicità si utilizza in questo caso una scheda Arduino.

Gli ingressi sono i quattro sensori di passaggio veicoli posti sui due ingressi e sulle due uscite.

In relazione a quanto richiesto si devono prevedere le uscite relative a:

- due indicatori di posti liberi che possono essere ad esempio display a cristalli liquidi;
- due semafori rosso/verde e quattro sbarre.

Un possibile schema a blocchi del sistema di controllo viene riportato in figura.



Si ipotizza che ciascun ingresso consenta l'accesso ad un solo piano; in questo modo possono essere gestiti due sistemi di controllo identici uno per il piano uno e l'altro per il piano due.

Si osserva che la scheda Arduino Uno, la più utilizzata, non sarebbe sufficiente per gestire l'intero impianto per una evidente mancanza di pin a disposizione.

Con l'ipotesi fatta la scheda Arduino Uno è sufficiente per la gestione di una delle due parti dell'impianto.

Con questa semplificazione i componenti gestiti da ciascuna si riducono utilizzando in ingresso un semaforo, un display, una sbarra e un sensore; in uscita si prevedono invece una sbarra e un sensore.

Utilizzando il visualizzatore LCD compatibile con la scheda i pin digitali da 4 a 9 non risultano disponibili per essere impiegati come ingressi o come uscite.

Per i due sensori di passaggio (cellule fotoelettriche) si possono usare gli ingressi digitali 2 e 3 rispettivamente per l'ingresso e per l'uscita.

Per la movimentazione delle due sbarre, supponendo di utilizzare dei motorini passo-passo, si possono occupare i pin 10 e 11.

Per il semaforo posto all'ingresso si possono occupare i pin 12 e 13 rispettivamente per il rosso e per il verde.

Sottoquesito 2

Nella codifica dell'algoritmo si devono tenere presenti le seguenti considerazioni:

- elemento centrale del programma è la presenza di un contatore che avanza o

- decresce nel conteggio in relazione all'impulso fornito dai sensori di passaggio;
- la presenza di un impulso fornito dal sensore posto all'ingresso determina l'avanzamento del conteggio e l'apertura della sbarra corrispondente;
- la presenza di un impulso fornito dal sensore posto all'uscita determina il decremento del conteggio e l'apertura della sbarra corrispondente;
- quando il contatore raggiunge 90 (numero massimo di veicoli che possono essere ospitati su un piano) la sbarra di ingresso deve rimanere chiusa anche in presenza di un impulso di ingresso ed il semaforo (normalmente verde) deve diventare rosso;
- il numero di posti liberi deve essere visualizzato sul display (si ottiene sottraendo a 90 il numero corrente del contatore che rappresenta il numero di posti liberi).

Si fa presente che la sbarra si dovrebbe chiudere quando il veicolo la ha oltrepassata completamente (e non a tempo in quanto il medesimo, per una qualsiasi ragione, si potrebbe fermare in corrispondenza della sbarra); sarebbe necessario in questo caso un ulteriore sensore di passaggio dopo la sbarra (per semplificare si tralascia questo particolare).

Un frammento significativo di programma che comprende la lettura dei sensori, la progressione del conteggio e il conseguente funzionamento del semaforo viene di seguito riportato.

Il programma deve essere completato con l'abilitazione delle uscite che comandano il funzionamento delle sbarre e con la visualizzazione del numero di posti liberi sul display.

```
void setup () {
int cont=0; // inizializzo contatore
digitalWrite(2,LOW); //rosso spento
digitalWrite(3,HIGH); //verde acceso
}
void loop () {
statIn=digitalRead(2); //leggo sensore ingresso
if (statIn==1) { //se fascio interrotto
cont=cont+1; //il conteggio si incrementa
}
if (cont==90) { //se il conteggio raggiunge 90
digitalWrite(2,HIGH); //rosso acceso
digitalWrite(3,LOW); //verde spento
}
else { // altrimenti
digitalWrite(2,LOW); //rosso spento
digitalWrite(3,HIGH); //verde acceso
}
statoOut=digitalRead(3); //leggo sensore uscita
if (statoOut==1) { //se fascio interrotto
cont=cont-1; //il conteggio si decrementa
}
}
```

Sottoquesito 3

Per fornire una statistica relativa alla occupazione media giornaliera dei posti disponibili è necessario introdurre un secondo contatore che gestisce il conteggio del numero di macchine entranti; tale numero deve essere diviso per il numero delle giornate.

Supponendo che il parcheggio osservi la chiusura notturna il conteggio del numero di giornate può essere affidato ad un ulteriore contatore il cui conteggio avanza quando l'operatore addetto all'apertura del parcheggio preme l'apposito pulsante che comanda l'apertura degli ingressi dei veicoli.

Per ottenere periodicamente una statistica aggiornata in formato cartaceo (ad esempio settimanalmente) si può procedere al calcolo e alla scrittura della media quando il contatore delle giornate assume valori corrispondenti a multipli di sette.

Sottoquesito 4

Supponendo di impiegare display LCD ed in particolare di utilizzare la scheda *LCD KeyPad Shield V1.1* compatibile con Arduino Uno sia la parte Ardware che la parte software si semplificano.

A inizio programma, prima del void setup (), devono essere incluse la libreria dei display LCD e la corrispondenza tra i pin della scheda e del display.

Nel void setup () si deve inizializzare il display e scrivere sul medesimo, nella prima riga, la frase *posti liberi*; si riserva la seconda riga alla scrittura del numero.

Le istruzioni da utilizzare vengono di seguito riportate.

```
#include <LiquidCrystal.h> //viene inclusa la libreria dei display LCD
LiquidCrystal lcd(8, 9, 4, 5, 6, 7);
lcd.begin(16, 2); // definisce il numero di righe e colonne del display
lcd.print("posti liberi"); // scrive la frase "posti liberi" sul display
```

Il void setup () deve contenere le istruzioni necessarie alla visualizzazione del numero di posti liberi tenendo conto del valore attuale della variabile cont.

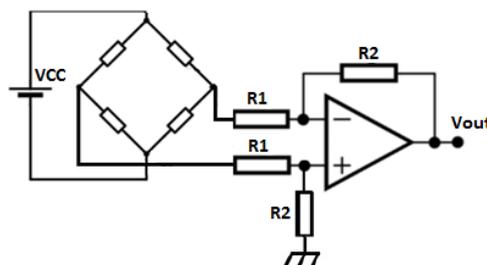
Le istruzioni da utilizzare vengono di seguito riportate.

```
lcd.setCursor(2, 1); //posizione cursore terza colonna seconda riga
lcd.print(90-cont); // scrive sul display il numero di posti liberi
```

Seconda parte

Quesito 1

Un circuito di condizionamento tipico di una cella di carico viene riportato in figura.



Avendo una cella di carico l'uscita differenziale non riferita a massa, consegue che il primo stadio deve essere un amplificatore differenziale.

Inoltre il segnale in uscita dal trasduttore deve essere amplificato in quanto il suo livello è piuttosto basso; il guadagno, oltre che sul differenziale, si può distribuire anche su stadi amplificatori successivi.

L'amplificazione dipende dalle caratteristiche della cella di carico.

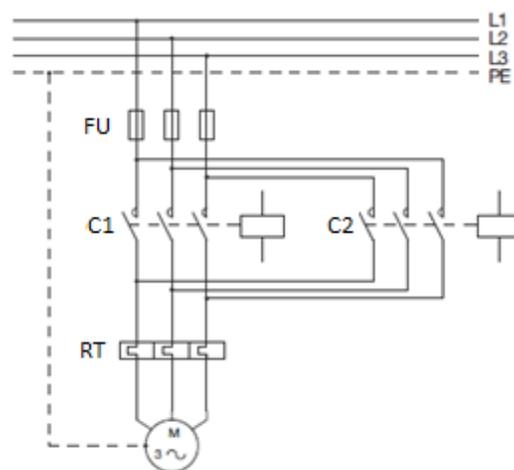
Poichè viene vietato l'ingresso ai veicoli con peso superiore a 20 kN (sono pari a circa 2000 kg, valutazione in eccesso) si deve inserire, a valle del circuito di condizionamento,

un comparatore che confronta il segnale proveniente dal circuito di condizionamento con il valore di tensione di soglia del comparatore corrispondente a 20 kN. Quando l'esito del confronto è positivo l'accesso al veicolo può essere impedito ad esempio mantenendo la sbarra abbassata; contemporaneamente l'evento deve essere segnalato in modo opportuno (con un allarme luminoso o acustico posto sull'uscita del comparatore).

Quesito 2

Per il motore elettrico che muove la barriera mobile, del tipo asincrono trifase, bisogna prevedere che il movimento avvenga nei due sensi di rotazione orario e antiorario (definiti anche marcia avanti e marcia indietro).

Lo schema di potenza riportato in figura è di conseguenza quello tipico dell'inversione di marcia che prevede l'impiego dei due contattori C1 e C2.



Quesito 3

Per ottenere un m.d.f. di 45° la fase deve essere pari -135° in corrispondenza del punto di attraversamento a 0 dB della f.d.t. ad anello aperto che assume la forma seguente:

$$G(s)_{aa} = \frac{5000 \cdot 0,25 \cdot k_p}{s(s + 380)} = \frac{1250 \cdot k_p}{s(s + 380)} = \frac{3,3 \cdot k_p}{s(1 + \frac{s}{380})}$$

Per la fase risulta la seguente equazione:

$$\frac{\pi}{2} = \tan^{-1} \frac{\omega_0}{380} + \frac{3\pi}{4}$$

Risolviendo si ricava $\omega_0=380$ rad/s.

Tale valore deve essere sostituito nell'espressione del modulo.

Imponendo il modulo unitario si ricava poi il parametro k_p .

Dall'espressione

$$\frac{3,3 \cdot k_p}{\omega_0 \sqrt{1 + \frac{\omega_0}{380}}} = 1$$

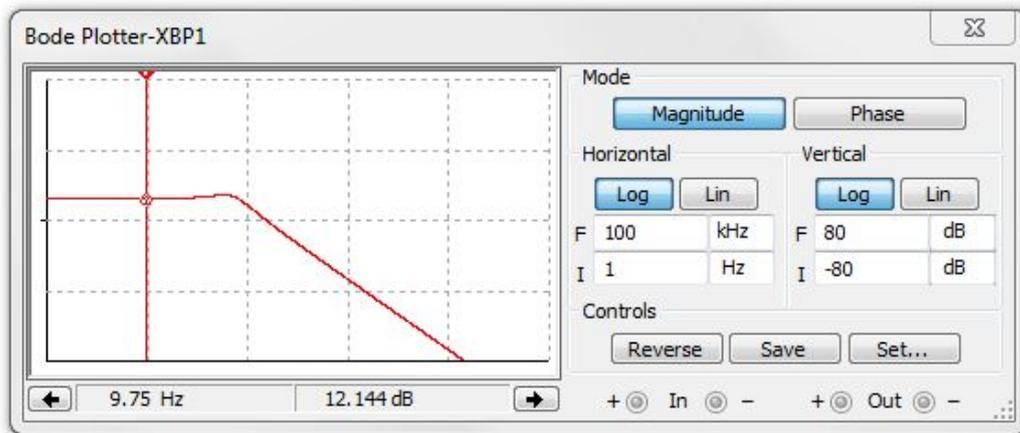
sostituendo si ricava $k_p=162,4$.

Per la f.d.t. ad anello chiuso, con $K_p=162,4$ si ha quindi:

$$G(s)_{ac} = \frac{\frac{162,4 \cdot 5000}{s(s + 380)}}{1 + \frac{K_p \cdot 5000 \cdot 0,25}{s(s + 380)}} = \frac{812000}{s^2 + 380s + 203000}$$

Il sistema che si ottiene è del secondo ordine con due poli complessi coniugati; si verifica che il coefficiente di smorzamento risulta pari a 0,76.

Il diagramma di Bode del modulo realizzato con Multisim viene riportato in figura.



Quesito 4

I regolatori PID svolgono un'azione proporzionale-integrale-derivativa.

Con il termine azione proporzionale-integrale-derivativa si intende che la variazione del segnale di controllo è proporzionale:

- alla variazione della variabile controllata;
- al tempo in cui tale variazione è avvenuta;
- alla velocità con cui tale variazione è avvenuta.

Il regolatore è costituito da tre blocchi in parallelo, il *blocco proporzionale*, il *blocco integrale* e il *blocco derivativo*.

Nel caso di zeri reali, distinti e piuttosto distanti tra loro la f.d.t. del regolatore risulta dalla relazione:

$$G(s) = k_p + \frac{k_i}{s} + k_d \cdot s = k_p \cdot \left(1 + \frac{1}{\tau_i \cdot s} + \tau_d \cdot s \right)$$

Dalla combinazione delle tre azioni si possono ottenere contemporaneamente prestazioni soddisfacenti in termini di stabilità, velocità di risposta, precisione e sovralongazione.

L'azione semplicemente integrale migliora la precisione del sistema ma non favorisce la stabilità; per questo motivo deve essere accoppiata all'azione proporzionale.

Il vantaggio che deriva dall'utilizzo combinato delle due azioni è di poter ottenere un errore nullo a regime senza compromettere la stabilità e la prontezza di risposta del sistema; si ha però un aumento della sovralongazione e delle oscillazioni.

L'azione derivativa produce una riduzione delle oscillazioni che si verificano durante i transitori mantenendo l'errore a regime che si ha con il solo controllo proporzionale, inconveniente che si può eliminare utilizzando un opportuno contributo integrale.