



Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca

ESAME DI STATO DI ISTRUZIONE SECONDARIA SUPERIORE

Indirizzo: ITEC - ELETTRONICA ED ELETTROROTECNICA
ARTICOLAZIONE ELETTRONICA

Tema di: ELETTROROTECNICA ED ELETTRONICA e SISTEMI AUTOMATICI

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

PRIMA PARTE

Un laboratorio di analisi cliniche per la ricerca di uno specifico batterio si avvale di una macchina che rende possibile quantificare la presenza di un frammento di DNA identificativo del batterio in un campione biologico fornito dal paziente (PCR - Real Time). Il metodo consiste nel replicare e quantificare, in un'unica reazione, la sequenza di DNA del batterio presente nel campione immerso in una opportuna soluzione cui sono stati aggiunti preliminarmente marcatori fluorescenti. Tale processo, detto *amplificazione*, si ottiene sottoponendo il campione ad un certo numero di cicli termici, a loro volta divisi in tre successive fasi. Al termine di ciascun ciclo termico la sostanza viene eccitata mediante luce ad una specifica lunghezza d'onda: i marcatori fluorescenti si legano selettivamente al DNA del batterio che si amplifica ad ogni ciclo aumentando, di conseguenza, la probabilità che avvenga il fenomeno di fluorescenza. Quando questo si manifesta si può ricavare la quantità di molecole del batterio presenti originariamente nella sostanza con la relazione:

$$K(n) = K(0) 2^n$$

Dove

$K(n)$ = numero molecole DNA al ciclo n-esimo

$K(0)$ = numero molecole DNA presenti originariamente

n = numero di cicli termici effettuati

Il valore così calcolato verrà successivamente confrontato con una tabella di riferimento che riporta, per ciascun tipo di elemento analizzato, il valore limite della concentrazione di molecole di batterio, definendo in tal modo la presenza o meno di una infezione.

Una generica macchina PCR-Real time, rappresentata in figura, è costituita da un contenitore isolato termicamente dall'esterno in cui si trovano:

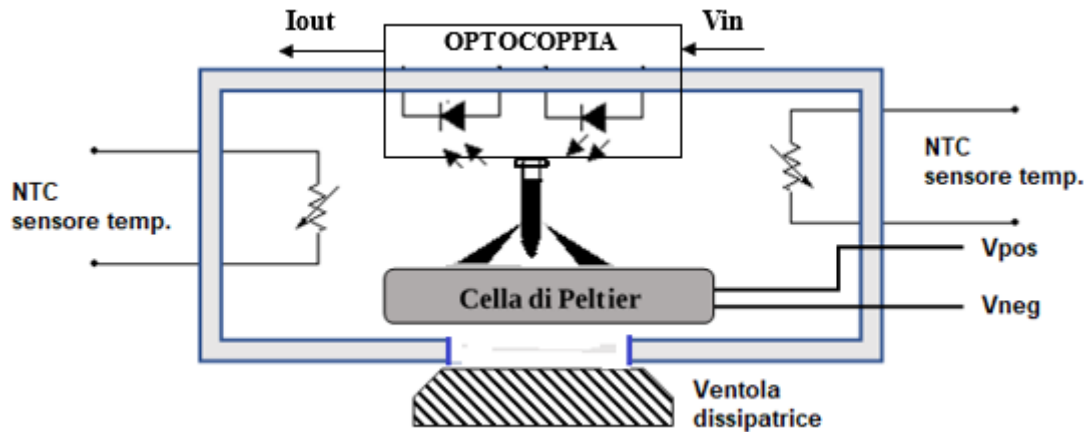
- Una cella di Peltier che attua i cicli termici necessari all'amplificazione del DNA;
- Due termistori NTC per il controllo della temperatura all'interno del contenitore;
- Un circuito di eccitazione e rilevazione luminosa (optocoppia) costituito da un emettitore LED a luce blu ed un fotodiode.



Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca
ESAME DI STATO DI ISTRUZIONE SECONDARIA SUPERIORE

Indirizzo: ITEC - ELETTRONICA ED ELETTROTECNICA
 ARTICOLAZIONE ELETTRONICA

Tema di: ELETTROTECNICA ED ELETTRONICA e SISTEMI AUTOMATICI



Le caratteristiche di tali componenti sono di seguito descritte.

Cella di Peltier: è una piastra metallica, con tensione di alimentazione 24 Volt, che racchiude uno strato di materiale semiconduttore. A seconda della polarizzazione le due facce della piastra invertono il loro funzionamento: polarizzando direttamente si surriscalda la faccia superiore e si raffredda quella inferiore e polarizzando inversamente si ottiene il comportamento contrario. Nell'apparecchio per la PCR – Real Time alla superficie inferiore della cella di Peltier è collegata una ventola di dissipazione del calore.

Termistori NTC: presentano una caratteristica resistenza-temperatura rispondente alla relazione:

$$R(T) = R_0 \cdot e^{\beta \cdot \left(\frac{T_0 - T}{T \cdot T_0} \right)}$$

Con

$$R_0 = 1 \text{ k}\Omega$$

$$\beta = 3000 \text{ K}$$

$$T_0 = 273 \text{ K}$$

Optocoppia: presenta una tensione di soglia di 3,5 V necessaria al diodo LED per l'emissione del segnale luminoso, mentre il fotodiode ad esso accoppiato è caratterizzato da una dark current di 2 nA. La soglia di fluorescenza indicativa della positività al batteria è fissata a 100 volte il valore di dark current.



Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca
ESAME DI STATO DI ISTRUZIONE SECONDARIA SUPERIORE

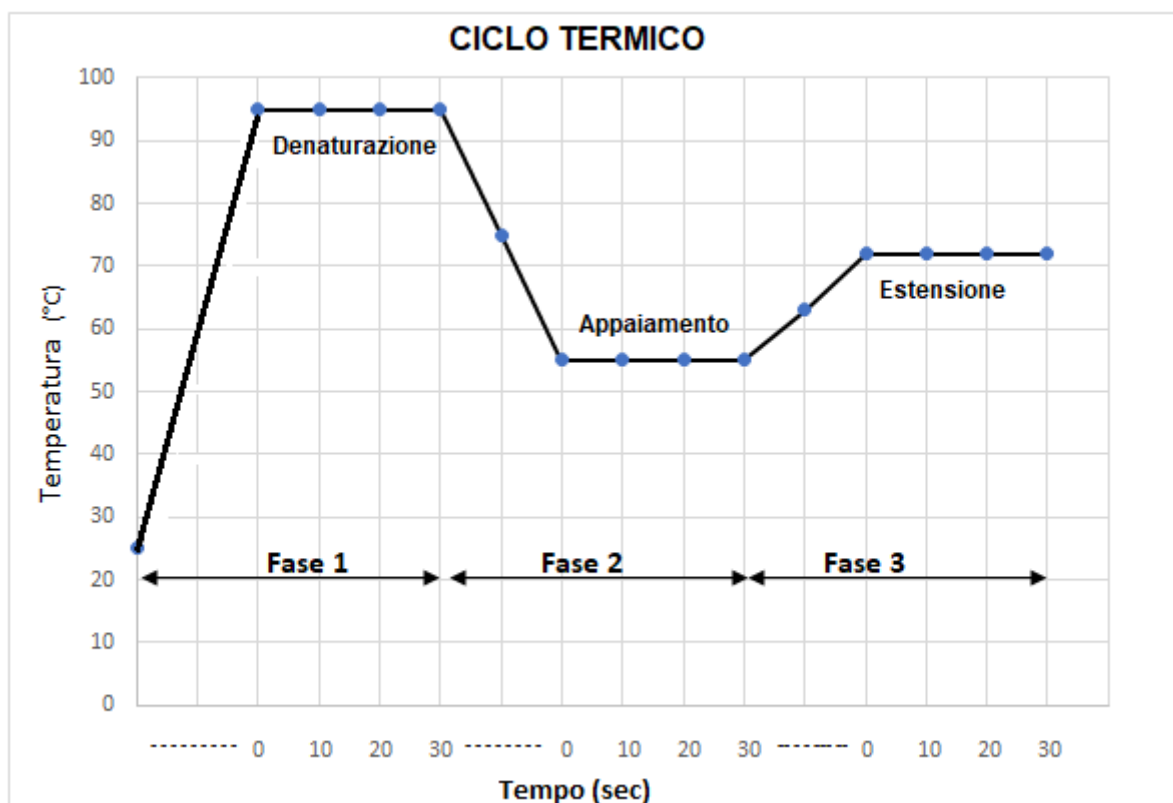
Indirizzo: ITEC - ELETTRONICA ED ELETTROTECNICA
 ARTICOLAZIONE ELETTRONICA

Tema di: ELETTROTECNICA ED ELETTRONICA e SISTEMI AUTOMATICI

La macchina PCR è dotata, infine, un display di visualizzazione dei dati rilevati.

L'apparato di misura è provvisto di un sistema micro-programmabile che gestisce le singole fasi, attuando il seguente processo:

- a) la chiusura dello sportello della PCR - Real Time avvia i cicli termici, che si ripeteranno per 40 volte. Ciascun ciclo realizza una sequenza di riscaldamento e raffreddamento del campione costituita da tre fasi come mostrato in figura 1;



- **Fase 1:** si riscalda il campione fino a 95 °C mantenendo la temperatura per 30 secondi. Si suppone che il primo ciclo del processo inizi a temperatura ambiente e nei cicli successivi la Fase 1 abbia temperatura iniziale uguale a quella finale della Fase 3 (72 °C);
- **Fase 2:** si raffredda il campione fino a 55 °C mantenendo la temperatura per 30 secondi;
- **Fase 3:** si riscalda nuovamente il campione fino a 72 °C mantenendo la temperatura per 30 secondi.

La corretta polarizzazione della cella di Peltier consente il riscaldamento o il raffreddamento della superficie della piastra all'interno del contenitore, e nel caso di raffreddamento il processo è coadiuvato dall'attivazione della ventola di dissipazione del calore posta al di sotto della cella di Peltier. Il controllo della temperatura si effettua sulla media dei valori rilevati dai due termistori.



Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca

ESAME DI STATO DI ISTRUZIONE SECONDARIA SUPERIORE

Indirizzo: ITEC - ELETTRONICA ED ELETTROTECNICA
ARTICOLAZIONE ELETTRONICA

Tema di: ELETTROTECNICA ED ELETTRONICA e SISTEMI AUTOMATICI

- b) Alla fine del singolo ciclo termico il diodo LED dell'optocoppia viene polarizzato direttamente per un tempo di 50 ms terminati i quali viene acquisita e memorizzata la risposta del fotodiodo.
- c) Completati i 40 cicli realizzativi dell'intero processo il software analizza i dati memorizzati relativi alla risposta del fotodiodo e individua il numero d'ordine del ciclo in cui è stata eventualmente superata la soglia di corrente fissata.

Il candidato fatte le opportune ipotesi aggiuntive deve

1. Proporre uno schema a blocchi dell'intero sistema di controllo evidenziando le connessioni tra dispositivi di input, di output e il dispositivo programmabile scelto per la gestione del processo e descrivendone la funzionalità;
2. Progettare le interfacce necessarie al condizionamento dei segnali provenienti dai termistori e dal fotodiodo e alla gestione dell'alimentazione della cella di Peltier;
3. Determinare un opportuno intervallo di acquisizione e controllo della temperatura volendo garantire una precisione $\pm 0,1$ °C sapendo che la cella di Peltier garantisce una velocità di variazione della temperatura di ± 5 °C/sec sia durante le fasi di riscaldamento che di raffreddamento;
4. Definire un algoritmo di gestione del processo, o altra struttura rappresentativa, che al termine dei cicli individui e visualizzi il numero d'ordine del ciclo cui è avvenuta la reazione oppure, nel caso che questa non si verifichi, visualizzi la cifra 0. Codificarne quindi un segmento significativo in un linguaggio di programmazione adeguato all'hardware progettato.

SECONDA PARTE

Quesito 1

In riferimento al tema proposto nella prima parte si discutano le possibili implementazioni circuitali utilizzabili per la generazione del segnale di eccitazione del LED nell'optocoppia. Si consideri la possibilità di variare potenza dell'impulso in modo da rendere utilizzabile la macchina per differenti tipi di marcatori fluorescenti.

Quesito 2

In riferimento al processo descritto nella prima parte, l'accidentale apertura dello sportello del contenitore può essere assimilata ad un disturbo esterno che interviene sul sistema. Nello schema a blocchi in figura è riportato un caso specifico di sistema sollecitato da un disturbo $D(s)$



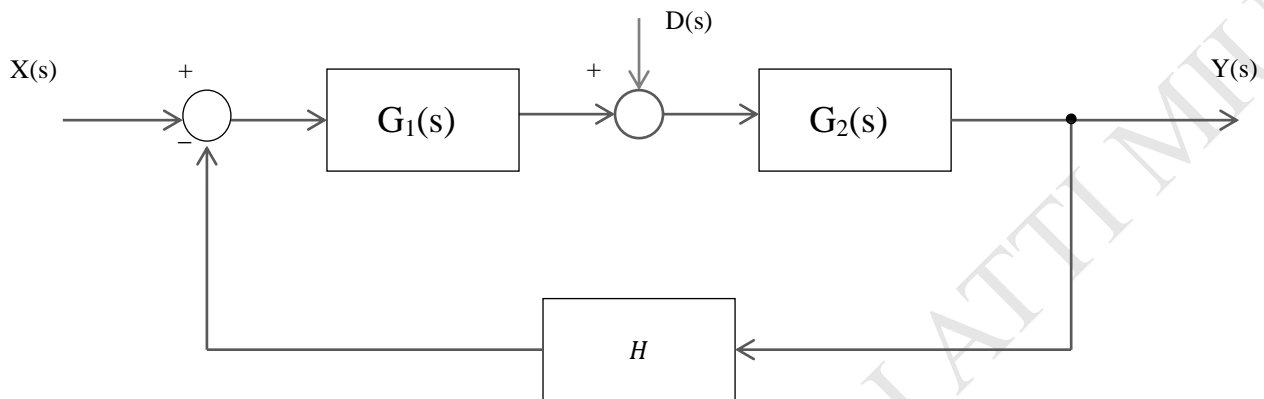
Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca

ESAME DI STATO DI ISTRUZIONE SECONDARIA SUPERIORE

Indirizzo: ITEC - ELETTRONICA ED ELETTROROTECNICA

ARTICOLAZIONE ELETTRONICA

Tema di: ELETTROROTECNICA ED ELETTRONICA e SISTEMI AUTOMATICI



Si ricavi la risposta a regime permanente del sistema ad anello chiuso sollecitato da un segnale a gradino $x(t)$ di ampiezza 2, il disturbo $d(t)$ sia assimilabile ad un segnale a gradino di ampiezza 0,1 e le F.d.T. dei blocchi siano:

$$G_1(s) = \frac{1}{(1 + 2 \cdot 10^{-1}s)}$$

$$G_2(s) = \frac{5}{(1 + 2 \cdot 10^{-2}s)}$$

$$H = 2$$

Quesito 3

Nel circuito di figura la termoresistenza $R(T)$ assume valore proporzionale alla temperatura secondo la relazione:

$$R(T) = 100 \cdot (1 + \alpha_1 T + \alpha_2 T^2) [\Omega]$$

Con:

$$\alpha_1 = 3,9 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\alpha_2 = -5,77 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-2}$$

Ed inoltre:

$$R_1 = 2,0 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 2,2 \text{ k}\Omega$$



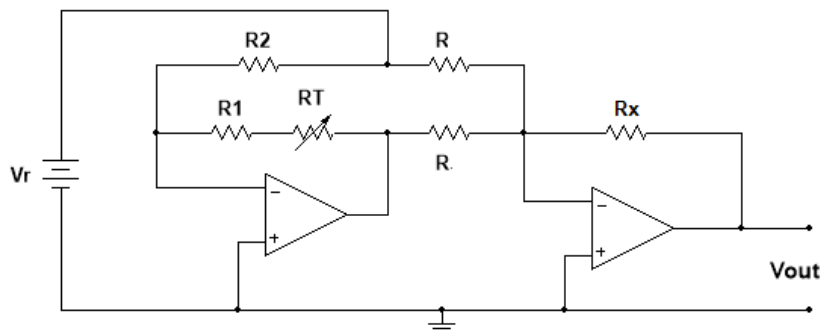
Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca

ESAME DI STATO DI ISTRUZIONE SECONDARIA SUPERIORE

Indirizzo: ITEC - ELETTRONICA ED ELETTROTECNICA

ARTICOLAZIONE ELETTRONICA

Tema di: ELETTROTECNICA ED ELETTRONICA e SISTEMI AUTOMATICI

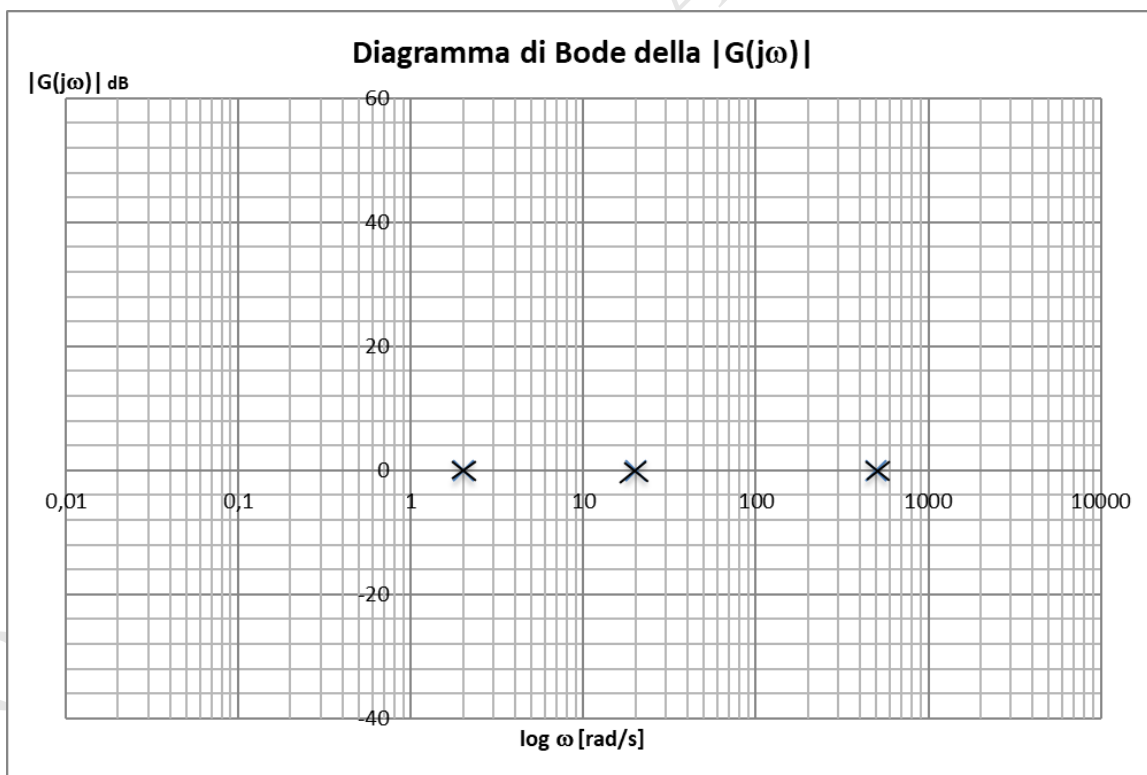


Dopo aver determinato l'espressione della V_{out} in funzione dei componenti presenti. Determinare per quale valore di temperatura questa assume valore nullo.

Quesito 4

Si tracci il diagramma di Bode del modulo e della fase di una funzione di trasferimento $G(s)$ con guadagno statico $K = 100$, uno zero nell'origine e i tre poli riportati sul diagramma sottostante.

Si ricavi quindi l'espressione della funzione di trasferimento a partire dalle informazioni in possesso.



Durata massima della prova: 6 ore.

È consentito l'uso di manuali tecnici e di calcolatrici scientifiche e/o grafiche purché non siano dotate di capacità di calcolo simbolico (O.M. n. 205 Art. 17 comma 9).

È consentito l'uso del dizionario bilingue (italiano-lingua del paese di provenienza) per i candidati di madrelingua non italiana.

Non è consentito lasciare l'Istituto prima che siano trascorse 3 ore dalla lettura del tema.