



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

Indirizzo: ITEC - ELETTRONICA ED ELETTROROTECNICA

ARTICOLAZIONE ELETTRONICA

Tema di: SISTEMI AUTOMATICI

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

PRIMA PARTE

Una rete sperimentale per la rilevazione della fase *strong motion* dei terremoti, il cui campo di frequenze significative è compreso tra 0,03 Hz e 25 Hz, funziona utilizzando sismometri sia mobili che fissi: i sistemi mobili si avvalgono degli accelerometri interni degli smartphone, quelli fissi sono realizzati come dispositivi dedicati controllati da un sistema programmabile.

In entrambi i casi, al superamento di un valore di soglia dell'accelerazione rilevata a_{TH} pari a $g/20$ (con $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ accelerazione di gravità) viene inviato un segnale di allarme ad un server centrale: sulla rete cellulare per gli smartphone; mediante la rete internet, avvalendosi di una apposita periferica dedicata, per i sistemi fissi.

Ogni sismometro fisso utilizza un accelerometro triassiale che fornisce tre diverse tensioni secondo i tre assi direzionali:

$$V_j = K \cdot a_j + 1,5 \quad \text{con } j = x, y, z$$

Dove

a_j accelerazione lungo il generico asse spaziale j

$K = 300 \text{ mV/g}$ sensibilità del sensore

Le modalità di intervento dei sistemi fissi sono così strutturate:

- a partire dall'istante in cui il modulo dell'accelerazione $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$ supera il valore di soglia a_{TH} si invia la segnalazione di allarme al server remoto e si inizia la trasmissione di record, la cui struttura è riportata nella seguente tabella.

Codice sismometro (2 byte)	Time Stamp (2 byte)	a_x (2 byte)	a_y (2 byte)	a_z (2 byte)
-------------------------------	------------------------	-------------------	-------------------	-------------------

(I primi due campi riportano, rispettivamente, le coordinate per la localizzazione del sismometro e l'identificativo temporale (Time Stamp) dei campioni inviati; i restanti tre campi contengono i valori delle tre componenti spaziali dell'accelerazione)

- Se a supera un valore pari al 125% di a_{TH} si attivano segnalazioni ottiche e acustiche;
- al superamento del 150% di a_{TH} si interrompono le forniture di gas e acqua mediante due elettrovalvole nonché la fornitura dell'energia elettrica mediante un dispositivo di sezionamento;
- la trasmissione dei dati viene interrotta se il modulo dell'accelerazione si riduce, per almeno 100 campionamenti successivi, a un valore inferiore al 10% di a_{TH} .

Il sistema si completa con due pulsanti U e D, gestiti in polling, mediante i quali si può incrementare (U) o ridurre (D) il valore di soglia a_{TH} . Sono inoltre presenti relè di potenza per attivare l'avvisatore acustico e il segnalatore ottico e per disconnettere la fornitura dei servizi.



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

Indirizzo: ITEC - ELETTRONICA ED ELETTROTECNICA
ARTICOLAZIONE ELETTRONICA

Tema di: SISTEMI AUTOMATICI

Il candidato, formulate le ipotesi aggiuntive che ritiene opportune:

1. Disegni uno schema a blocchi, che utilizzi un dispositivo programmabile di sua conoscenza, del sismometro e descriva i singoli blocchi dal punto di vista funzionale, evidenziando in particolare le modalità di interconnessione tra periferiche e sistema di gestione.
2. Descriva le interfacce hardware necessarie alla corretta acquisizione dei dati provenienti dall'accelerometro, evidenziando in particolar modo le problematiche connesse al campionamento e le tecniche utilizzate per limitare l'effetto dell'aliasing.
3. Indichi, mediante un diagramma di flusso dettagliato o altra rappresentazione idonea, la struttura del software di gestione dell'intero processo.
4. Effettui, in un linguaggio di programmazione coerente con il sistema programmabile scelto, la codifica del segmento di software di gestione che controlla l'acquisizione dei dati provenienti dall'accelerometro e l'attivazione dei relè.

SECONDA PARTE

QUESITO N. 1

In relazione alla prima parte della prova, si descriva una modifica del sistema che consenta la gestione dei pulsanti U e D con una tecnica di *interrupt* utilizzabile con il sistema programmabile scelto e si specifichino le variazioni da apportare al software precedentemente sviluppato.

QUESITO N. 2

In relazione alla prima parte della prova, si descriva una possibile modalità per l'acquisizione dei dati provenienti dai sensori, indicando le modifiche da apportare all'hardware ed al software del sistema, nel caso in cui questi producano dati digitali e comunichino, a scelta del progettista, mediante una delle interfacce seriali SPI o I²C.



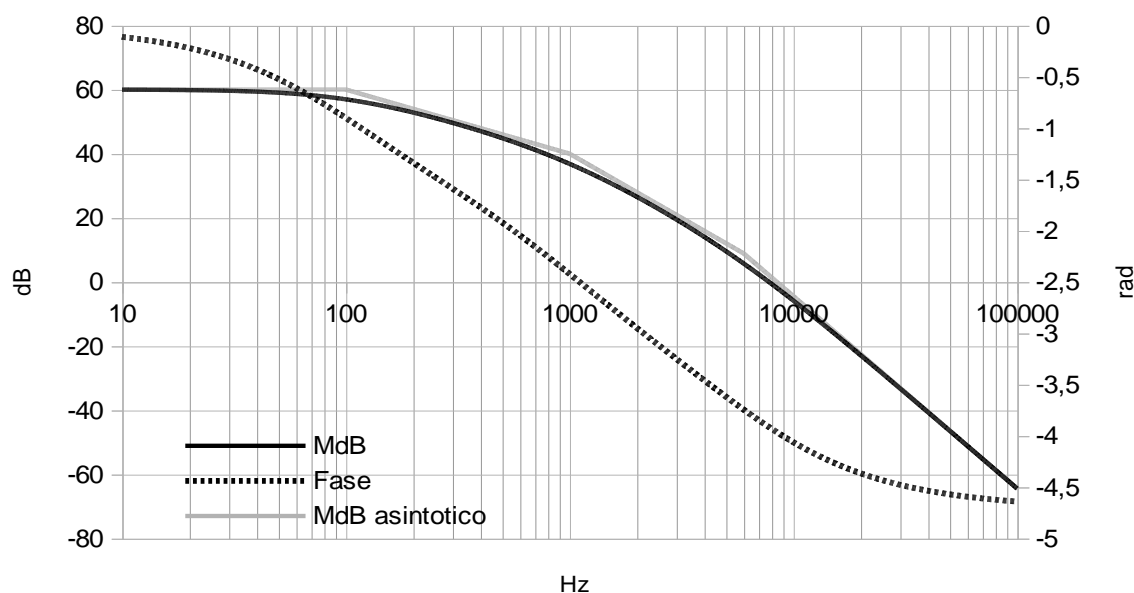
Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca
ITEC – ESAME DI STATO DI ISTRUZIONE SECONDARIA SUPERIORE

Indirizzo: ITEC - ELETTRONICA ED ELETTROTECNICA
 ARTICOLAZIONE ELETTRONICA

Tema di: SISTEMI AUTOMATICI

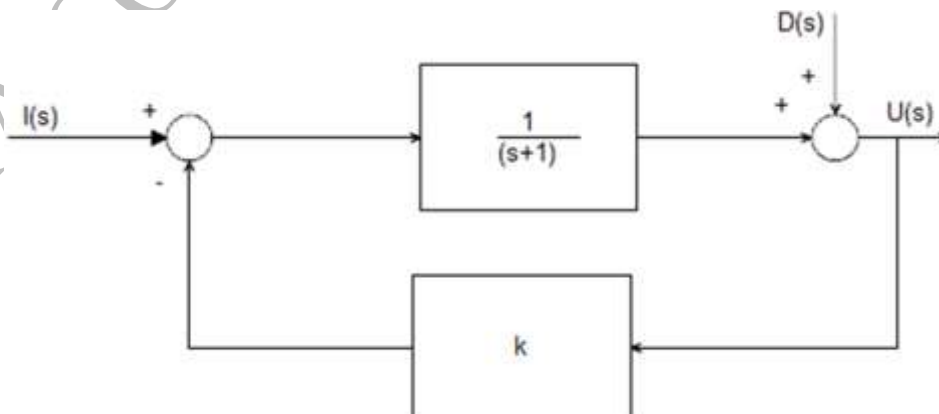
QUESITO N. 3

Un sistema di controllo a retroazione è caratterizzato dai diagrammi di Bode ad anello aperto riportati in figura. Si valuti la stabilità del sistema e si proponga una tecnica idonea per assicurare un margine di fase di $\pi/4$ rad e una banda non inferiore a 1 kHz.



QUESITO N. 4

Si consideri il sistema rappresentato in figura e si determini il range dei valori possibili di k per i quali l'ampiezza di un disturbo additivo $d(t)$, di natura sinusoidale con pulsazione $\omega=1$ rad/s, venga ridotta di almeno 14 dB rispetto al suo valore originario.



Durata massima della prova: 6 ore.

È consentito l'uso di manuali tecnici e di calcolatrici non programmabili.

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

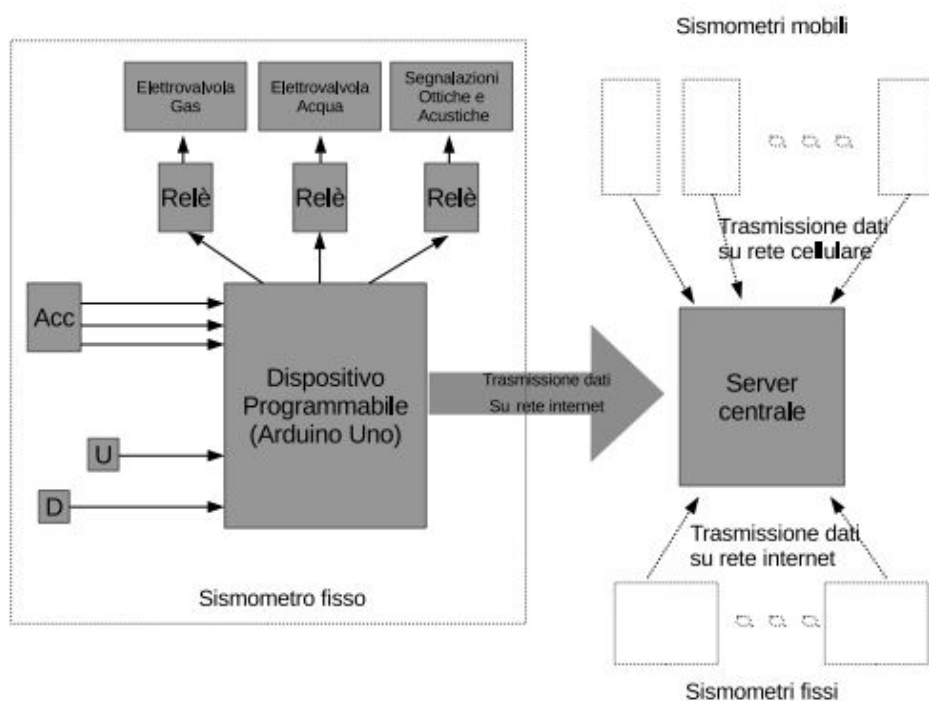
Non è consentito lasciare l'Istituto prima che siano trascorse 3 ore dalla dettatura del tema

SVOLGIMENTO SECONDA PROVA 2017 SISTEMI AUTOMATICI: PARTE 1

Tema svolto

Il testo non precisa l'estensione della rete sperimentale della fase di strong motion dei terremoti. Si può quindi ragionevolmente considerare un'intera città divisa in zone, ognuna delle quali è in grado di gestire la propria fornitura di gas e acqua. La traccia neppure precisa il modo in cui le forniture di acqua e gas vengano ristabilite dopo un'eventuale interruzione. Pertanto si può assumere che questi servizi vengano riattivati manualmente. Si può ipotizzare lo stesso per quanto riguarda la disattivazione dell'avvisatore acustico e il segnalatore ottico. Per gestione in polling dei pulsanti U e D si intende che il loro stato viene acquisito a ogni iterazione del ciclo di esecuzione delle istruzioni del dispositivo programmabile. Si sceglie un microcontrollore programmabile Arduino Uno

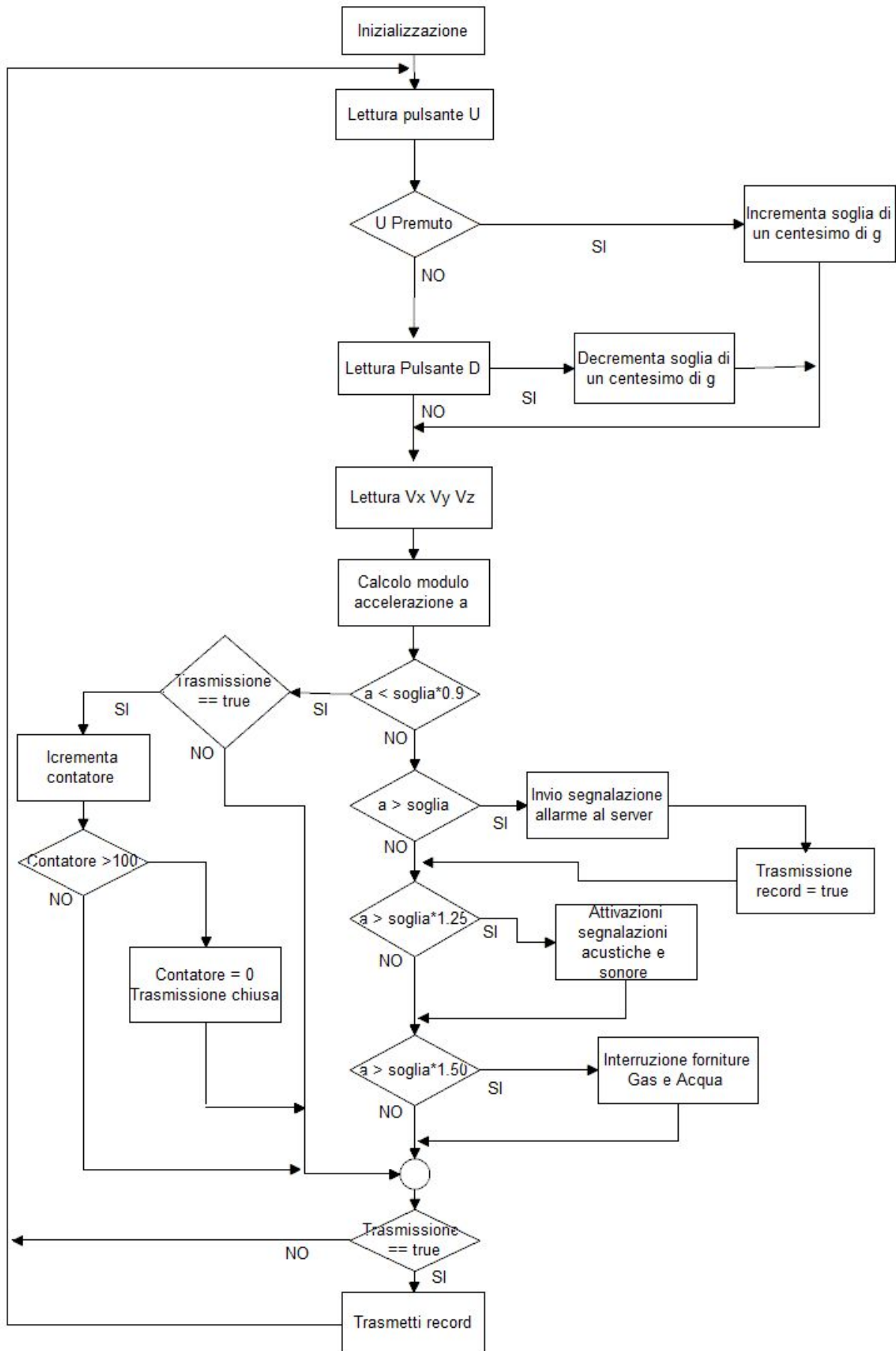
1.1 SCHEMA A BLOCCHI



1.2 INTERFACCIA HARDWARE

Si consideri come accelerometro una scheda fornita di cinque pin: tre di uscita corrispondenti a V_x , V_y e V_z , un quarto per la tensione VCC e un ultimo per la tensione GND. Le tre tensioni vanno lette mediante convertitori analogico-digitale, i quali sono presenti sulle schede Arduino in corrispondenza dei pin A0-A5. Le tensioni generate, in quanto analogiche, sono segnali di natura continua. I segnali che si ottengono tramite campionamento, in quanto digitali, sono discreti e quantizzati. Inoltre, essendo l'estremo superiore dell'intervallo di frequenze di interesse 25Hz, la frequenza di campionamento, per il teorema del campionamento di Nyquist-Shannon, deve essere almeno pari a 50Hz, il doppio della frequenza del segnale misurato. Questa soglia evita che i segnali provenienti dall'accelerometro vengano distorti. Si può ragionevolmente richiedere una frequenza di campionamento di 250Hz per garantire una misura sufficientemente fedele.

1.3 DIAGRAMMA DI FLUSSO DELL'INTERO PROCESSO



1.4 SEGMENTO DI CODICE

```
// Codice Arduino per sismografo fisso, soluzione sistemi elettronica 2017
```

```
//
```

```
//
```

```
// NON COMPLETO
```

```
float K = 300;
```

```
// ANALOG IN
```

```
int axPin = A0;
```

```
int ayPin = A1;
```

```
int azPin = A2;
```

```
// DIGITAL
```

```
int upPin = 8;
```

```
int downPin = 7;
```

```
// ANALOG OUT
```

```
int releGas = 9;
```

```
int releAcqua = 10;
```

```
int releOtticaAcust = 11;
```

```
double Vx = 1.5;
```

```
double Vy = 1.5;
```

```
double Vz = 1.5;
```

```
double ax = 0.0;
```

```
double ay = 0.0;
```

```
double az = 0.0;
```

```
double a = 0.0;
```

```
double aTH = 9.81/20; // soglia
```

```
double aTHincr = 9.81/100; // incrementodellasoglia
```

```
void setup(){
```

```
  // imposta U e D come input
```

```
  pinMode (upPin,INPUT);
```

```
  pinMode (downPin,INPUT);
```

```

// attiva la resistenza di pull-up
digitalWrite (upPin, HIGH); //ora HIGH corrisponde a interruttore aperto
digitalWrite (downPin, HIGH);

// Relè
pinMode (releGas, OUTPUT);
pinMode (releAcqua, OUTPUT);
pinMode (releOtticaAcust, OUTPUT);

int up= digitalRead (upPin);
if (up == LOW)
aTH = aTH + aTHincr;

int down= digitalRead (downPin);
if (up == HIGH)
aTH = aTH - aTHincr;

Vx = analogRead(axPin);
Vy = analogRead(ayPin);
Vz = analogRead(azPin);

// calcolo del modulo di accelerazione
ax = (Vx-1.5)/K;
ay = (Vy-1.5)/K;
az = (Vz-1.5)/K;
a = sqrt (ax*ax+ay*ay+az*az);

if(a>aTH) {
  if(a>aTH*1.25)
  {
    digitalWrite(releOtticAcust, HIGH);
  }
  if (a>aTH*1.50 {
    digitalWrite(releGas, HIGH);
    digitalWrite(releAcqua, HIGH);
  }
}
}

```


TRACCIA SISTEMI AUTOMATICI 2017: SVOLGIMENTO PARTE 2

QUESITO 1 - Le modifiche da apportare per gestire i pulsanti U e D con una tecnica di interrupt con il sistema descritto nella prima parte sono soprattutto di tipo software. Infatti i piedini dei pulsanti U e D sono collegati rispettivamente a GND e sui pin 8 e 7, pertanto vengono già usati in modalità HIGH corrispondente a circuito aperto. Tuttavia per la tecnica di interrupt U e D vanno trasferiti su i pins 3 e 2, gli unici disponibili per la modalità interrupt su Arduino Uno. Le variazioni da apportare al software sviluppato nella prima parte sono riportate di seguito.

```
// Codice Arduino per sismografo fisso, soluzione sistemi elettronica 2017
// Codice modifica interrupt
```

```
// NON COMPLETO
```

```
// DIGITAL
```

```
int upPin = 3;
int downPin = 2;
```

```
volatile double aTH = 9.81/20; //forza il compilatore a caricarlada ram
double aTHincr = 9.81/100; // incremento della soglia
```

```
void setup() {
  // imposta U e D come pin di interrupt
  pinMode (upPin, INPUT_PULLUP);
  pinMode (downPin, INPUT_PULLUP);
  attachInterrupt (digitalPinToInterrupt (upPin), incrementa, CHANGE);
  attachInterrupt (digitalPinToInterrupt (downPin), decrementa, CHANGE);
}
```

```
void loop (){
}
```

```
void incrementa (){
  aTH = aTH + aTHincr;
}
```

```
void decrementa (){
  aTH = aTH - aTHincr
}
```

Dai diagrammi di Bode si evince facilmente che il sistema in anello chiuso non è asintoticamente stabile poiché il margine di fase della funzione di trasferimento ad anello aperto è negativo nonostante il guadagno generalizzato sia positivo.

QUESITO 3

Dai diagrammi di Bode si evince facilmente che il sistema in anello chiuso non è asintoticamente stabile poiché il margine di fase della funzione di trasferimento ad anello aperto è negativo. Infatti in corrispondenza della frequenza di attraversamento la fase è minore di π .

Detta $F(s)$ la funzione di trasferimento a ciclo aperto sintetizziamo una rete compensatrice del tipo $kR(s)$ dove $R(s) = \frac{1+\tau s}{1+\frac{\tau}{m}s}$ è una rete anticipatrice elementare. La funzione di trasferimento a ciclo aperto compensata è quindi $F(s) = k\hat{F}(s)R(s)$.

Essendo il modulo di 40db circa, ovvero 100, scegliendo $k = \frac{1}{100}$ si ha un margine di fase prossimo a zero ma positivo per $k\hat{F}(s)$ e una frequenza di attraversamento di circa 1 kHz.

Con l'ausilio dei diagrammi di fase e modulo al variare di m e $\omega\tau$ di $R(s)$ si possono determinare dei valori per m e per $\omega\tau$ che soddisfino le specifiche del problema di controllo. Si sceglie quindi $m = 10$ e $\omega\tau = 2$ che, ponendo $\omega = 2\pi 1000\text{Hz}$ dà $\omega = \frac{1}{1000\pi}$.

Pertanto ponendo la rete $kR(s) = \frac{1}{100} \frac{1+\frac{1}{1000\pi}s}{1+\frac{1}{10000\pi}s}$ in cascata a $\hat{F}(s)$ si garantiscono un margine di fase di $\frac{\pi}{4}$ e una banda passante non inferiore a 1kHz.

QUESITO 4

Infine di pone:

$$|F(j)| < -14\text{dB} = 10^{-\frac{14}{20}}$$

e risolve trovando i valori di k ammissibili che soddisfano le specifiche del problema:

$$\frac{2}{k^2 + 2k + 2} < -14\text{dB} = 10^{-\frac{14}{20}}$$

$$2 < (k^2 + 2k + 2)10^{-\frac{14}{20}}$$

$$k^2 + 2k + 2 > 2 \cdot 10^{\frac{14}{20}}$$

$$k^2 + 2k + 2 - 2 \cdot 10^{\frac{14}{20}} > 0$$

dove $2 - 2 \cdot 10^{\frac{14}{20}} \simeq -8$. Si è giunti a un'equazione di secondo grado nella k le cui radici sono $-1 \pm \sqrt{1 - 2(1 - 10^{\frac{14}{20}})} \simeq -1 \pm 3$. Poiché il coefficiente del termine di secondo grado è positivo le soluzioni della disequazione sono $k < -1 - \sqrt{1 - 2(1 - 10^{\frac{14}{20}})}$ e $k > -1 + \sqrt{1 - 2(1 - 10^{\frac{14}{20}})} = k_{min}$ e, tenendo conto della condizione di stabilità $k > -2$ l'insieme ammissibile è $(k_{min}, +\infty)$.

In conclusione scegliendo $k > k_{min}$ si garantisce che l'ampiezza del disturbo additivo $d(t)$, di natura sinusoidale con pulsazione $\omega = 1\text{rad/s}$, venga ridotta di almeno 14dB.