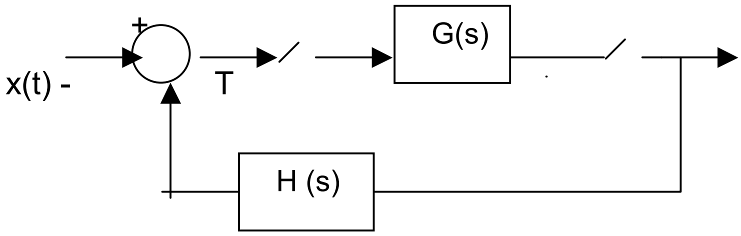
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΣΑΕ
ΑΣΚΗΣΗ: ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ Ι - CC

Πορεία εργασίας :

1)Θεωρήστε το ψηφιακό σύστημα ελέγχου του σχήματος

$$G(s) = \frac{5(s+1)}{s^2(s+5)}$$



Ισχύει :

$$Y(z) = \frac{z(G(s)) \cdot z(Xs)}{1 + z(G(s)) \cdot z(H(s))}$$

α)Να διακριτοποιηθεί η G(s) με τη μέθοδο **z-transform of sampled inverse Laplace transform** στο πεδίο z για T=0.1 sec, να βρεθούν οι πόλοι και τα μηδενικά της καθώς και ο αντίστροφος μετασχηματισμός Z αυτής.

♦ Για να εισάγουμε στο πρόγραμμα την συνάρτηση μεταφοράς που μας δίνεται παρακάτω πρέπει πρώτα να πληκτρολογήσουμε στο **CC> enter** ↵ και στο μενού που μας εμφανίζεται να δώσουμε την επιλογή **1**.

Program CC, Version 4
CC>**enter**
Option > **1**
 1 = transfer function .... (command GENTER)
 2 = transfer function, z^-1 notation ...... (command ZENTER)
 3 = transfer function, shorthand notation . (command SENTER)
 4 = transfer function matrix .... (command HENTER)
 5 = function of transfer functions .... (command FENTER)
 6 = real matrix or state space quadruple .. (command PENTER)
 7 = complex matrix .... (command CENTER)
 8 = real or complex data file .... (command DENTER)
 9 = time series, real vector data file .... (command INPUT)

♦ Στην συνέχεια δίνουμε τον αριθμητή και παρονομαστή του κλάσματος με τις πιο κάτω εντολές :

Enter transfer function > **G**
Enter each polynomial as follows: order, coefficients high to low
For example, enter s^3 + 2*s^2 + 3*s + 4 as follows: 3,1,2,3,4
Enter # of polynomials in numerator > **1**
Enter poly # 1 > **1,5,5**
Enter # of polynomials in denominator > **2**
Enter poly # 1 > **2,1,0,0**
Enter poly # 2 > **1,1,5**

♦ Και μας εμφανίζει την συνάρτηση:

CC>**GENTER,G, 1,1,5,5,   2,2,1,0,0,1,1,5 :** άλλος τρόπος για να δώσουμε τη G(s)

$$G(s) = \frac{5s+5}{s^2\,(s+5)}$$

Διακριτοποιούμε τη συνάρτηση με την μέθοδο z-transform of sampled inverse Lapace transform για T=0.1sec όπως παρακάτω:

➔ Μετασχηματίζουμε την συνάρτηση σε G(z)

CC>**convert**
 Gj(z) = discretized version of Gi(s), (Gi can be either a tf or quadruple)
 Enter Gi,Gj > **G,G2**
 Enter discretization option > **7**
  1=Forward rectangle
  2=Backward rectangle
  3=Bilinear
  4=Tustin w/ prewarping
  5=Any other integration technique
  6=Pole-zero map
  7=z-transform of sampled inverse Lapace transform
  8=Zero-order-hold equivalenc
  9=First-order-hold equivalenc
 10=Slewer-order-hold equivalenc
 11=Return with no changes
 Enter sample time > **.1**
 Enter delay [+number=delay, -number=advance, default = 0] >
 Now in digital mode
DIG>**G2**

tf = --------------------------------------

➔ Βρίσκουμε τους πόλους και τα μηδενικά.

DIG>**pzf,G2**

G2(z) = ---------------------------------------

➔ Βρίσκουμε τον αντίστροφο μετασχηματισμό της G2(z)

DIG>**izt,G2**
 Inverse z transform (causal)

g2(n) =

β)Να σχεδιαστεί η καμπύλη της χρονικής απόκρισης του κλειστού συστήματος θεωρώντας είσοδο της μορφής της μοναδιαίας βηματικής ακολουθίας και H(s)=1.Μετακινώντας τον κέρσορα να προσδιοριστούν τα χαρακτηριστικά μεγέθη όπως μέγιστο σφάλμα,χρόνος ανόδου,χρόνος αποκατάστασης κλπ. Πως συμπεριφέρεται το σύστημα;

➔ Σχεδιάζουμε τη βηματική απόκριση του κλειστού συστήματος:

DIG>**dtime**
 Enter [tf; REDO; or tf,REDO] > **G2**
 Enter type > **1**
  1=Closed loop step
  2=Closed loop single pulse
  3=Open loop step
  4=Open loop single pulse
  5=Open loop non-causal impulse
 Automatic entry of remaining parameters ? [AUTO=yes, default=no] > **y**

Η καμπύλη χρονικής απόκρισης είναι:

➔ Βρίσκουμε τα χαρακτηριστικά μεγέθη.

Το μέγιστο σφάλμα είναι:

Χρόνος ανόδου είναι ο χρόνος που απαιτείται για να φθάσει η έξοδος από το 10% στο 90% της τελικής της τιμής άρα **time = T * n =**

Χρόνος αποκατάστασης είναι ο χρόνος που απαιτείται για να κυμαίνεται η έξοδος γύρω στο 3% με 5% της τελικής της τιμής άρα **time = T * n =**

Ο σχολιασμός που προκύπτει από τα χαρακτηριστικά μεγέθη είναι ότι …

γ)Να βρεθεί η συνάρτηση μεταφοράς του κλειστού βρόχου με 2 τρόπους:1.Με την εντολή FEEDBACK και 2.Χωρίς την εντολή FEEDBACK.

→ ***Με την εντολή Feedback***

DIG>**ccf**
 P = controllable canonical form of G (κανονική ελέγξιμη μορφή της G2)
 Enter G,P > **G2,P1**
DIG>**display,P1**
P1:#outputs = 1 #inputs = 1 #states = 3 (Ε.Κ ανοικτού βρόχου)
A (Πίνακας του συστήματος)

B (Πίνακας εισόδου)

C (Πίνακας εξόδου)

D=

DIG>**feedback**
 Enter feedback option > **2**
  1: Pj = inv(I+Pi)
  2: Pj = Pi*inv(I+Pi)
  3: Pk = Pi*inv(I+Pj*Pi)
  4: Pj = Pi with full state feedback F
  5: Pj = Pi with observer gain H
  6: Pj = Pi with 1st p outputs connected to 1st p inputs

2: Pj = Pi*inv(I+Pi)
 Enter Pi,Pj > **P1,P2**

DIG>**fadeeva**
 G = P, convert by Fadeeva's method
 where Input: P = quadruple
       Output: G = transfer function or transfer function matrix
 Enter P,G > **P2,G3**
DIG>**display,G3**

G3(z) = ---

→***<u>Χωρίς την εντολή Feedback.</u>***
DIG>**G4=G2/(1+G2)**

DIG>**single,G4**

G4(z) = ---------------------------------------

Προσοχή: Πρέπει η G3(z)=G4(z)

δ) Να σχεδιαστεί η αναρριχητική απόκριση του κλειστού συστήματος. Στο ίδιο διάγραμμα να σχεδιαστεί και η βηματική απόκριση. Εκφράστε συμπεράσματα ως προς τη συμπεριφορά του συστήματος στις 2 εισόδους.

→Η X(z) για αναρριχητική είσοδο είναι X(z)=z/(z-1)^2 και για βηματική είσοδο είναι X(z)=z/(z-1).
DIG>**Y1=G4*z/((z-1)^2)**

DIG>**Y2=G4*z/(z-1)**
DIG>**dtime**
Now in DIGITAL mode with sample period T=1
Enter [tf; REDO; or tf,REDO] > **Y1**
Enter type > **4**
1=Closed loop step
2=Closed loop single pulse
3=Open loop step
4=Open loop single pulse
5=Open loop non-causal impulse
Automatic entry of remaining parameters ? [AUTO=yes, default=no] > **y**

Για να σχεδιαστεί και η βηματική απόκριση πατήστε το πλήκτρο **A** και επιλέξτε την option **3** δίνοντας την συνάρτηση **Y2**. Μετά πατήστε το enter 2 φορές για να σχεδιαστεί με κόκκινο χρώμα.

Συμπεράσματα:

ε) Να σχεδιαστεί ο Γεωμετρικός τόπος των ριζών της Χ.Ε του συστήματος. Να βρεθούν τα S_b,k_{cr} και να δικαιολογήσετε τη μορφή του τόπου που προέκυψε. Για ποιές τιμές του K είναι το σύστημα ευσταθές;

→Για να σχεδιάσουμε τον Γ.Τ.Ρ. της Χ.Ε. του συστήματος και για να βρούμε τα S_b,k_{cr} χρησιμοποιούμε τις παρακάτω εντολές.

DIG>**root locus**
Enter [tf; REDO; or tf,REDO] > **G2**
tf = New transfer function
REDO = Previous tf, previous parameters
tf,REDO = New tf, previous parameters
Automatic entry of remaining parameters? [AUTO=yes, default=no] > **Y**

Με την εντολή **Shift ?** παίρνω πληροφορίες με το **Information(Πλήκτρο I)**
Οι πληροφορίες είναι:

```
Open loop poles, Angle of departure      Open loop zeros, Angle of arrival
```

```
Center of gravity =                      Breakpoints, Gain
# Asymptotic infinite patterns =
Angles .
```

➔ Οι τιμές για τα ζητούμενα $\mathbf{S_b, k_{cr}}$ είναι:

στ) Να σχεδιαστεί η απόκριση συχνότητας (πλάτος – φάση) του συστήματος κλειστού βρόχου. Τι είδους φίλτρο είναι;
Για το σύστημα κλειστού βρόγχου (G4**) έχουμε:**

DIG>**Dfrequency**
Enter system > **G4**
Enter wlow, #pts, #repeats > **0.01,100,100**
wlow = low freq
#pts = # points from wlow to pi/T
#repeats = # repeats of fundamental freq range, high freq = #repeats*pi/T
Enter option (default=0) > **0**
0 = log10 scale, rad/sec
1 = linear scale, rad/sec
2 = log10 scale, Hz
3 = linear scale, Hz
Enter option (default=0) > 0
Enter output file (default=FREQ) >
FREQ data file created

DIG>**Bode**
Enter [#; REDO; or tf,REDO] > **3**
 1 = Mag(G)
 2 = Phase(G)
 3 = Mag(G) and Phase(G)
 REDO = Previous transfer function, previous parameters
 tf,REDO = New transfer function, previous parameters
Automatic entry of remaining parameters ? [AUTO=yes, default=no] > **y**

→ΣΧΟΛΙΑ:

ζ) Να μελετηθεί το κλειστό σύστημα ως προς την ελεγξιμότητα και την παρατηρησιμότητα.

→Για να μελετήσουμε το κλειστό σύστημα ως προς την ελεγξιμότητα και την παρατηρησιμότητα χρησιμοποιούμε τις εξής εντολές.
DIG>**conmatrix**
 P = controllability matrix for state space quadruple Pi(A,B;C,D)
 where P = [B A*B ... A^(n-1)*B]
 Enter Pi,P > p2,q1
DIG>**q1**
 #rows = 3 #columns = 3

 1:
 2:
 3:

DIG>**controllability**

Determine controllability and observability of state space quadruple
Enter quadruple > **p2**

DIG>**observability**
Determine controllability and observability of state space quadruple
Enter quadruple > **p2**

η) Χρησιμοποιώντας την εντολή stability μελετήστε την ευστάθεια του συστήματος για K=1, K=5, K=10 και K=100. Ερμηνεύσατε τα αποτελέσματα.

DIG>**stability**
Enter transfer function > **g2**
Closed loop characteristic polynomial:

p(z) =

DIG>**g5=5*g2**
Enter transfer function >**g5**
Closed loop characteristic polynomial:

p(z) =
κ.ο.κ
θ) Επαναλάβατε τα ερωτήματα (γ),(δ) και (στ) σε περίπτωση που η ανατροφοδότηση έχει συνάρτηση μεταφοράς: H(s)=2/(s+3)