

CONTROL CLÁSICO Y MODERNO USANDO LA CALCULADORA HP48

Alexander López Parrado
Universidad del Quindío
Ingeniería Electrónica

I. INTRODUCCIÓN

A continuación se realiza una descripción de las librerías **CTR1** y **CTR2** útiles en los cursos de control *I* y *II* del programa de Ingeniería Electrónica.

II. LIBRERÍA CTR1 1778

CTR1¹ posee herramientas útiles para el diseño de controladores usando el lugar geométrico de las raíces y respuesta en frecuencia.

Las funciones de transferencia se deben representar en la HP48 mediante listas, por ejemplo:

$$G(s) = \frac{s + 2}{s^2 - 3s + 1}$$

En la calculadora se representa como:

2: Numerador: {1 2}
1: Denominador: {1 -3 1}

A. Descripción y diagrama de pila de los comandos

A.1 TFEVAL

Evalua una función de transferencia en un valor cualquiera.

Entrada

3: Numerador
2: Denominador
1: Punto a evaluar

Salida

1: Punto evaluado

A.2 Din→Polo

Calcula un polo complejo en tiempo continuo para un coeficiente de amortiguamiento y tiempo de establecimiento dados.

Entrada

2: Coeficiente de amortiguamiento
1: Tiempo de establecimiento

Salida

1: Polo complejo

A.3 Ps→Pz

Dado un polo complejo en tiempo continuo, calcula su equivalente discreto tomando N muestras de la oscilación amortiguada ω_d .

Entrada

2: Polo continuo
1: N

Salida

2: Polo discreto
1: Tiempo de muestreo

A.4 RLOCFIND

Para una función de transferencia, calcula la ganancia y fase que debe suministrar un controlador para que el lugar de las raíces del sistema en lazo cerrado pase por la ubicación del polo deseado.

Entrada

¹1797 bytes

- 3: Numerador
- 2: Denominador
- 1: Polo deseado

Salida

- 2: Ganancia necesaria (no en dB)
- 1: Fase necesaria (en grados)

A.5 EVALBODE

Para una función de transferencia, calcula la ganancia, fase y margen de fase² en el punto $s = j\omega$.

Entrada

- 3: Numerador
- 2: Denominador
- 1: omega

Salida

- 3: Ganancia (no en dB)
- 2: Fase (en grados)
- 1: Margen de fase si el cruce de ganancia por 1 fuera en omega

A.6 FindW180

Encuentra la frecuencia a la cual el gráfico de fase de la función de transferencia cruza por determinado valor.

Entrada

- 3: Numerador
- 2: Denominador
- 1: Fase

Salida

- 1: Frecuencia en la cual se da el cruce por Fase

A.7 FindWMF

Encuentra la frecuencia a la cual el sistema tendría el margen de fase deseado.

Entrada

- 3: Numerador
- 2: Denominador
- 1: Margen de fase

Salida

- 1: Frecuencia en la cual se tendría el margen de fase deseado

A.8 LEAD

Diseño de un compensador en adelante de fase.

$$D(s) = a_0 \frac{\frac{s}{s_0} + 1}{\frac{s}{s_p} + 1}$$

Entrada

- 5: Numerador
- 4: Denominador
- 3: Frecuencia de cruce por 1
- 2: Margen de fase deseado
- 1: a0

Salida

- 2: s0
- 1: sp

A.9 LAG

Diseño de un compensador en atraso de fase.

$$D(s) = a_0 \frac{\frac{s}{s_0} + 1}{\frac{s}{s_p} + 1}$$

Entrada

²Si ω fuera la frecuencia de ganancia 1

3: Numerador
 2: Denominador
 1: Margen de fase deseado

Salida

2: s0
 1: a0*sp

A.10 cPId

Diseño de un controlador PI digital, usando el lugar geométrico de las raíces.

$$D(z) = \frac{a_1 z - a_0}{z - 1}$$

Entrada

3: Numerador
 2: Denominador
 1: Polo deseado en tiempo discreto

Salida

2: Numerador controlador
 1: {1 -1}

III. LIBRERÍA CTR2 1779

CTR2³ posee herramientas útiles para el diseño de reguladores y observadores de estado, así como controladores digitales por asignación polinomial.

A. Descripción y diagrama de pila de los comandos

A.1 CTRB

Cálculo de la matriz de controlabilidad.

Entrada

2: Matriz de estado

³2409 bytes

1: Matriz de entrada

Salida

1: Matriz controlabilidad

A.2 OBSRV

Cálculo de la matriz de observabilidad.

Entrada

2: Matriz de estado
 1: Matriz de salida

Salida

1: Matriz observabilidad

A.3 ACKER

Solución de la ecuación de Ackerman.

Entrada

3: Matriz de estado
 2: Matriz de entrada
 1: Polinomio caracteristico deseado

Salida

1: Matriz de realimentacion

A.4 OBSR

Diseño del observador de predicción.

Entrada

3: Matriz de estado

2: Matriz de salida
 1: Polinomio caracteristico
 deseado para la dinamica
 del error

Salida

1: Matriz del observador

A.5 OBSA

Diseño del observador actual.

Entrada

3: Matriz de estado
 2: Matriz de salida
 1: Polinomio caracteristico
 deseado para la dinamica
 del error

Salida

1: Matriz del observador

A.6 AEXP

Eleva una matriz a un exponente
 $n = 0, 1, 2, 3, \dots$.

Entrada

2: Matriz
 1: n

Salida

1: Matrizⁿ

A.7 INV2S

Calcula la inversa de una matriz simbólica 2 x 2.

Entrada

1: $\begin{Bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{Bmatrix}$

Salida

1: $\begin{Bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{Bmatrix}^{-1}$

A.8 SYLV

Para una función de transferencia, calcula la matriz de Sylvester.

Entrada

2: Numerador
 1: Denominador

Salida

1: Matriz de Sylvester

A.9 APOLI

Diseño de un controlador *digital* por asignación polinomial. (solución de la ecuación Diophantina).

Entrada

3: Numerador
 2: Denominador
 1: Polo complejo deseado para la
 dinamica dominante de lazo
 cerrado

Salida

1: $\begin{bmatrix} r_0 \\ r_1 \\ \vdots \\ r_{n-1} \\ s_0 \\ s_1 \\ \vdots \end{bmatrix}$

[sn-1]]

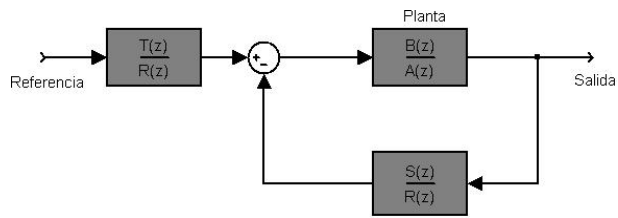


Fig. 1. Controlador por asignación polinomial

Donde n es el orden de la planta, y para los polinomios de la figura 1 tenemos:

$$R(z) = r_{n-1}z^{n-1} + \dots + r_0$$

$$S(z) = s_{n-1}z^{n-1} + \dots + s_0$$

$$T(z) = (z - 0.01)^{n-1}$$

REFERENCIAS

- [1] Phillips L., Charles y Nagle, H. Troy.
Digital Control System Analysis and Design, Prentice Hall, 1995.
- [2] Åström, Karl J.. *Computer Controlled Systems Theory and Design*, Prentice Hall, 1997.