

Exercícios propostos – Sistemas de controle digital

$$f[k]$$

3. Para cada $F(z)$, obtenha $f(kT)$ utilizando expansão em frações parciais. [Seção: 13.3]

a. $F(z) = \frac{z(z+3)(z+5)}{(z-0,4)(z-0,6)(z-0,8)}$

b. $F(z) = \frac{(z+0,2)(z+0,4)}{(z-0,1)(z-0,5)(z-0,9)}$

c. $F(z) = \frac{(z+1)(z+0,3)(z+0,4)}{z(z-0,2)(z-0,5)(z-0,7)}$

$$f[k] = ?$$

a. $\frac{F(z)}{z} = \frac{\cancel{z}(z+3)(z+5)}{(z-0,4)(z-0,6)(z-0,8)} \quad \frac{1}{z}$

$$R(z) = \frac{F(z)}{z} = \frac{(z+3)(z+5)}{(z-0,4)(z-0,6)(z-0,8)} = \frac{A}{z-0,4} + \frac{B}{z-0,6} + \frac{C}{z-0,8}$$

$$A = R(z)(z-0,4) \Big|_{z=0,4} = \frac{(z+3)(z+5)}{(z-0,6)(z-0,8)} \Big|_{z=0,4} = 229,5$$

$$B = R(z)(z-0,6) \Big|_{z=0,6} = -504$$

$$C = R(z)(z-0,8) \Big|_{z=0,8} = 275,5$$

$$A = \frac{(0,4+3)(0,4+5)}{(0,4-0,6)(0,4-0,8)} = 229,5$$

$$\frac{F(z)}{z} = \frac{229,5}{z-0,4} - \frac{504}{z-0,6} - \frac{275,5}{z-0,8}$$

$$F(z) = \frac{229,5z}{z-0,4} - \frac{504z}{z-0,6} - \frac{275,5z}{z-0,8}$$

$$f[k] = \left[229,5 (0,4)^k - 504 (0,6)^k - 275,5 (0,8)^k \right] u[k]$$

Usando o método de Tustin e $T=0.5$:

- Obtenha o equivalente discreto da função $G(s)$
- Esboce um mapa de polos e zeros de $G(z)$
- Faça uma análise qualitativa do sistema discreto
- Obtenha a equação de diferenças que implementa a função

a. $G(s) = \frac{(s+4)}{(s+2)(s+5)}$

b. $G(s) = \frac{(s+1)(s+2)}{s(s+3)(s+4)}$

c. $G(s) = \frac{20}{(s+3)(s^2+6s+25)}$

d. $G(s) = \frac{15}{s(s+1)(s^2+10s+81)}$

a) $G(s) = \frac{s+4}{(s+2)(s+5)}$

$s \leftarrow \frac{2}{T} \frac{z-1}{z+1}$

$T=0,5 \Rightarrow \frac{2}{T} = 4$

$s \leftarrow 4 \frac{z-1}{z+1}$

$$G(z) = \frac{4 \frac{z-1}{z+1} + 4}{\left(4 \frac{z-1}{z+1} + 2\right) \left(4 \frac{z-1}{z+1} + 5\right)} = \frac{8z(z+1)}{(6z-2)(9z+1)}$$

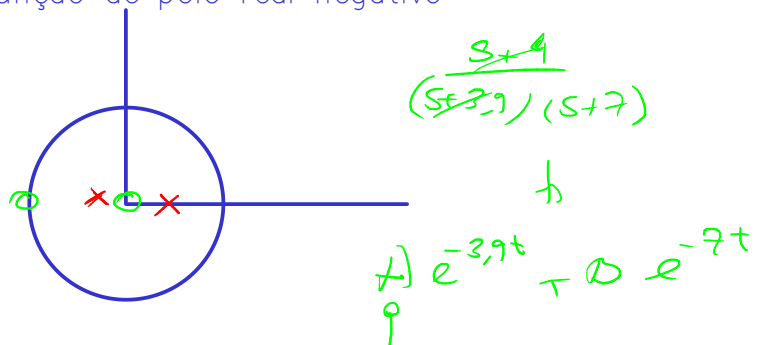
$$= \frac{8z^2 + 8z}{54z^2 - 12z - 2} \quad \cdot \quad \frac{z^{-2}}{z^{-2}} = \frac{8 + 8z^{-1}}{54 - 12z^{-1} - 2z^{-2}}$$

polos: $z = 1/3$, $z = -1/9$

zeros: $z = 0$, $z = -1$

Estável: todos os polos dentro do círculo

Leve oscilação em função de polo real negativo



$$G(z) = \frac{8 + 8z^{-1}}{54 - 12z^{-1} - 2z^{-2}} = \frac{Y(z)}{X(z)}$$

$$(54 - 12z^{-1} - 2z^{-2}) Y(z) = (8 + 8z^{-1}) X(z)$$

$$54 Y(z) - 12z^{-1} Y(z) - 2z^{-2} Y(z) = 8 X(z) + 8z^{-1} X(z)$$

$$54 y[k] - 12y[k-1] - 2y[k-2] = 8x[k] + 8x[k-1]$$

$$y[k] = \frac{12}{54} y[k-1] + \frac{2}{54} y[k-2] + \frac{8}{54} x[k] + \frac{8}{54} x[k-1]$$

24. Um controlador PID foi projetado no Exemplo 9.5 para um sistema contínuo com realimentação unitária. A planta do sistema era

$$G(s) = \frac{(s + 8)}{(s + 3)(s + 6)(s + 10)}$$

O controlador PID projetado foi

$$G_c(s) = 4,6 \frac{(s + 55,92)(s + 0,5)}{s}$$

Obtenha a função de transferência digital, $G_c(z)$, do controlador PID para que o sistema seja controlado por computador caso o período de amostragem, T , seja 0,01 segundo. [Seção: 13.10]

25. Um sistema com realimentação unitária contínuo possui uma função de transferência à frente

$$G(s) = \frac{1}{s(s+5)(s+8)}$$

O sistema deve ser controlado por computador com as seguintes especificações:

Ultrapassagem percentual: 10%

Tempo de acomodação: 2 segundos

Período de amostragem: 0,01 segundo

Projete um compensador de avanço de fase para o sistema digital para atender às especificações. [Seção: 13.10]