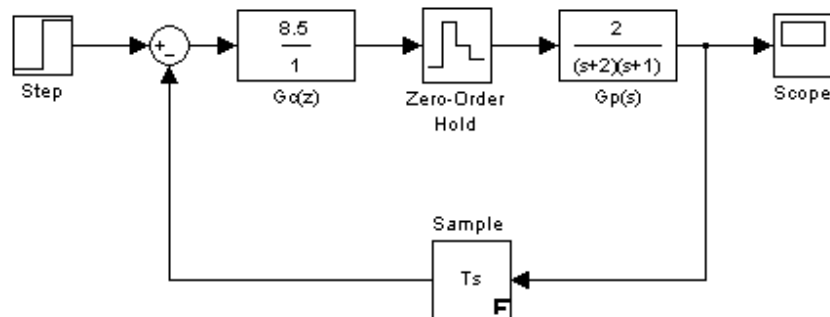


**Primer ejercicio**

Sea una unidad de disco, *Hard Disk (HD)*, constituida por una pila de discos magnéticos y un motor de corriente continua. Se sabe que tras aplicar una tensión continua, los discos comienzan a girar y tardan aproximadamente 4 segundos en alcanzar el régimen permanente. Calcular el compensador para que tarde 1.5 segundos en alcanzar el régimen permanente, siempre y cuando la sobreoscilación no alcance el 10% y el error entre la referencia de velocidad y la velocidad medida no supere el 10%.

1. Diseño del regulador continuo.
2. Discretizar el regulador mediante transformadas bilineales. Calcular el periodo de muestreo y la ecuación en diferencias del algoritmo compensador.

Mediante simulación se ha simplificado el control digital sobre el motor, cuyo diagrama a bloques queda representado en la figura adjunta y se ha tomado una frecuencia de muestreo de 20Hz:



3. Obtener el modelo equivalente de la planta en el dominio  $z$ ,  $B_0 G_p(z)$ .
4. Determinan la FDT de la cadena cerrada.
5. Calcular los índices de  $k_p$ ,  $k_p$ ,  $M_p$ ,  $k_s$  de la cadena cerrada sometido a una entrada en escalón y determinar el error en posición en el régimen permanente.

**Datos**

1. La FDT entre la tensión aplicada y la velocidad angular de los discos es:

$$G_p(s) = \frac{\omega_M(s)}{V(s)} = \frac{2}{(s+2)(s+1)}$$

2. Emplear un encoder para medir la velocidad angular, su FDT es prácticamente unitaria.



**Segundo ejercicio**

Un sistema de lavavajillas automático se compone de tres zonas colocadas consecutivamente y conectadas por medio de una cinta transportadora que es activada en un solo sentido por la señal A5.

La primera zona es la zona de carga, en la que un operador va situando sobre una bandeja los platos y cubiertos que se quieren limpiar. En dicha zona se dispone de un sensor S1 y un botón B1. El sensor detecta la presencia de la bandeja sobre la cinta, mientras que el botón es utilizado por el operario para indicar que la bandeja ya está lista para ser limpiada. No deberá activarse la cinta si habiendo una bandeja en esta zona, el operario no ha pulsado el botón.

La segunda zona es la zona de limpieza. Un sensor S2 de presencia detecta que una bandeja entrante está en la posición de limpiado, por lo que en ese momento se deberá parar la cinta. Una vez situada la bandeja, se realiza el siguiente ciclo:

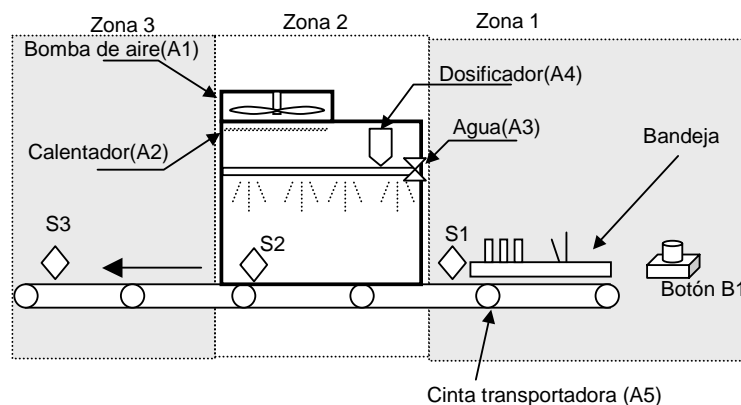
- 1º Enjuagado durante 30 s.
- 2º Enjabonado durante 1 minuto.
- 3º Enjuagado durante 1 minuto.
- 4º Secado (chorro de aire caliente durante 1 minuto)
- 5º Secado (chorro de aire frío durante 1 minuto)

Para ello se dispone de una bomba de aire (A1), una rejilla que calienta el aire expulsado por la bomba (A2), una bomba de agua (A3), y un dosificador de jabón (A4) conectado a la entrada de agua. Por tanto, para enjabonar es necesario activar tanto A3 como A4, y para secar con aire caliente hay que activar A1 y A2.

La tercera zona es la zona de recogida, en donde un sensor S3 de presencia detecta si hay alguna bandeja aún en la parrilla. Evidentemente en caso de que haya alguna bandeja, no podrá accionarse la cinta transportadora.

Los sensores de posición S1 y S2 generan un pulso al situarse la bandeja en la posición de trabajo. S3 está siempre activo cuando hay bandeja.

La siguiente figura representa los elementos del sistema automático.



Se pide:

1. GRACET de nivel 1 y 2 para el caso de tener una sola bandeja en todo el proceso.
2. Implementación en AWL para STEP 5.
3. Para aumentar la eficiencia de la automatización se permite poder tener más de una bandeja en el lavavajillas. Diseño paralelo con GRAFCET nivel 1.



**Resolución de examen****Primer ejercicio**

1. Los polos dominantes del sistema realimentado, con las especificaciones marcadas, son:  $s_{d1,2} = -2.1 \pm j2.86$ .

Este punto no pertenece al LDR, por tanto, habrá de modificar las raíces con un regulador PD:

$$G_c(s) = 0.6(s + 8.83) \quad PD \text{ Ideal}$$

$$G_c(s) = 5.39 \frac{s + 2.89}{s + 4.37} \quad RAF \text{ por método de la bisectriz}$$

Sin embargo, el error ante el escalón es del 15.88% para el caso del PD ideal y del 21.91% para la RAF. La solución por tanto estará en un regulador PID:

$$G_c(s) = 0.62 \frac{(s + 8.83)(s + 0.2)}{s} \quad PID$$

$$G_c(s) = 1.77 \frac{(s + 2.88)^2}{s} \quad PID \text{ con cero doble}$$

$$G_c(s) = 5.52 \frac{(s + 2.89)(s + 0.25)}{(s + 4.37)(s + 0.1)} \quad RAF + RRF$$

2. El periodo de muestreo será:

$$T = \min\left(\frac{1}{10 \cdot 2.1}, \frac{\pi}{5 \cdot 2.86}\right) \approx 50ms$$

Aplicando la transformada bilineal queda los reguladores discretizados como:

$$G_c(s) = 0.6(s + 8.83) \quad G_c(z) = \frac{29.29(z - 0.638)}{(z + 1)}$$

$$G_c(s) = 5.39 \frac{s + 2.89}{s + 4.37} \quad G_c(z) = \frac{5.2(z - 0.86)}{(z - 0.8)}$$

$$G_c(s) = 0.62 \frac{(s + 8.83)(s + 0.2)}{s} \quad G_c(z) = \frac{30.42(z - 0.99)(z - 0.638)}{(z + 1)(z - 1)}$$

$$G_c(s) = 1.77 \frac{(s + 2.88)^2}{s} \quad G_c(z) = \frac{81.36(z - 0.865)^2}{(z + 1)(z - 1)}$$

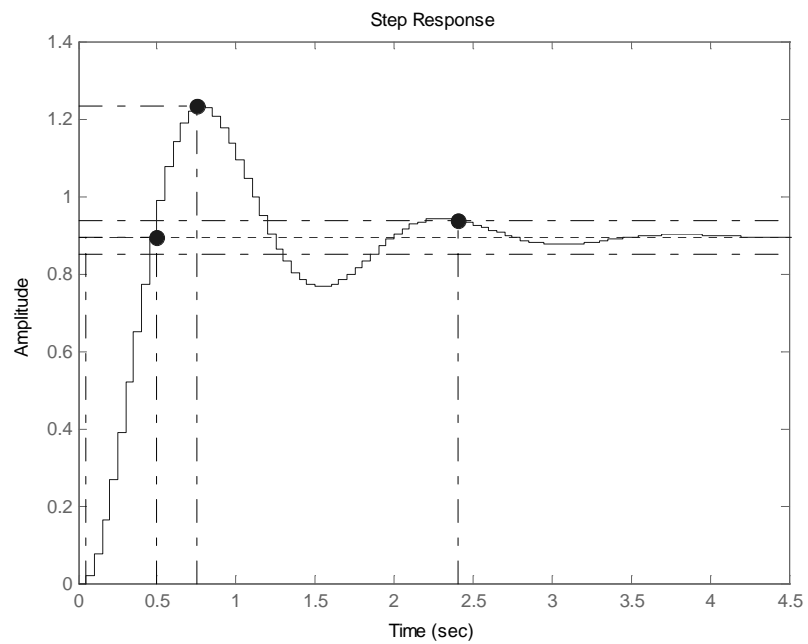
$$G_c(s) = 5.52 \frac{(s + 2.89)(s + 0.25)}{(s + 4.37)(s + 0.1)} \quad G_c(z) = \frac{5.35(z - 0.98)(z - 0.86)}{(z - 0.995)(z - 0.8)}$$

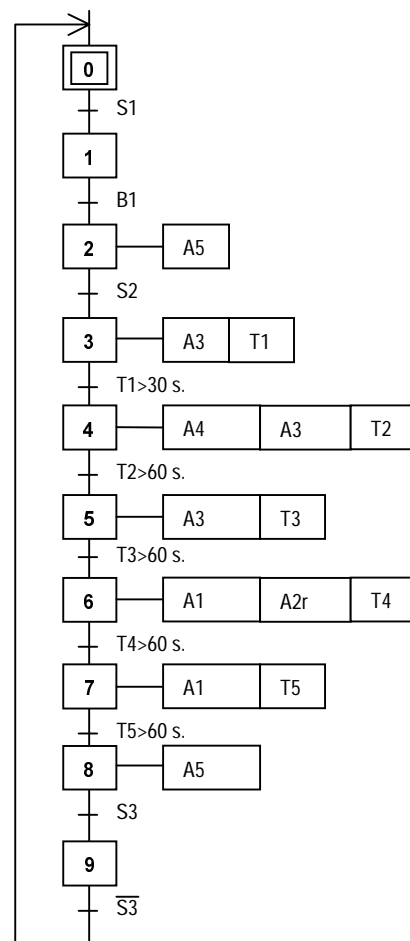
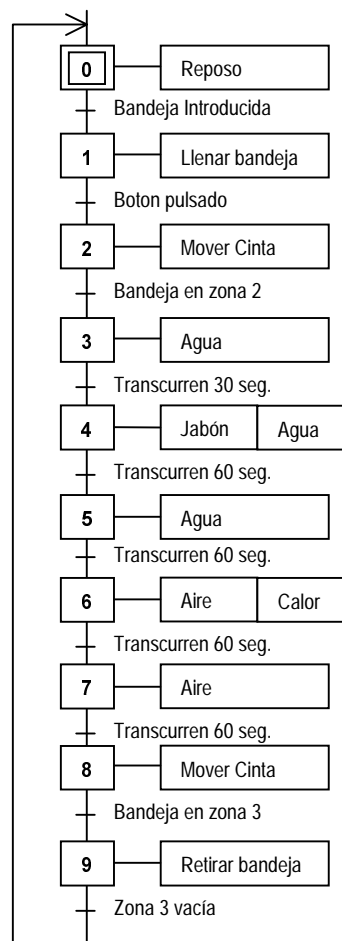
3. 
$$B_0 G_p(z) = \frac{0.00237(z + 0.9512)}{(z + 0.9512)(z - 0.9048)}$$

4. 
$$M(z) = \frac{0.02(z + 0.9512)}{(z^2 - 1.836z + 0.8798)}$$



5.



**1º.- GRAFCET de NIVEL 1 y NIVEL 2****2º.- Código AWL**

Mapeado de entradas y salidas:

Señal	Símbolo	Significado
E32.0	B1	Botón de listo
E32.1	S1	Sensor zona 1
E32.2	S2	Sensor zona 2
E32.3	S3	Sensor zona 3
M0.x	Mx	Estado de la etapa x
M1.x	Mx+8	Estado de la etapa x+8

Señal	Símbolo	Significado
A32.0	A1	Bomba de Aire
A32.1	A2	Calentador
A32.2	A3	Agua
A32.3	A4	Dosificador
A32.4	A5	Cinta transportadora



**OB1**

SPA PB1  
SPA PB2  
BE

U M0.7  
U –T5  
S M1.0  
U M1.0  
R M0.7

\*\*\*\*\*

**OB21**

R M0.1  
R M0.2  
R M0.3  
R M0.4  
R M0.5  
R M0.6  
R M0.7  
R M1.0  
R M1.1  
S M0.0  
BE

U M1.0  
U –S3  
S M1.1  
U M1.1  
R M1.0

\*\*\*\*\*

U M1.1  
UN –S3  
S M0.0  
U M0.0  
R M1.1  
BE

**PB1**

U M0.0  
U –S1  
S M0.1  
U M0.1  
R M0.0

\*\*\*\*\*

U M0.1  
U –B1  
S M0.2  
U M0.2  
R M0.1

\*\*\*\*\*

U M0.2  
U –S2  
S M0.3  
U M0.3  
R M0.2

\*\*\*\*\*

U M0.3  
U –T1  
S M0.4  
U M0.4  
R M0.3

\*\*\*\*\*

U M0.4  
U –T2  
S M0.5  
U M0.5  
R M0.4

\*\*\*\*\*

U M0.5  
U –T3  
S M0.6  
U M0.6  
R M0.5

\*\*\*\*\*

U M0.6  
U –T4  
S M0.7

U M0.7  
R M0.6

\*\*\*\*\*

**PB2**

U M0.6  
O M0.7  
= -A1  
U M0.6  
= -A2

U M0.3  
O M0.4  
O M0.5  
= -A3  
U M0.4  
= -A4

U M0.2  
O M1.0  
= -A5

U M0.3  
L KT 300.1  
SE T1  
U M0.4  
L KT 600.1

SE T2  
U M0.5  
L KT 600.1  
SE T3

U M0.6  
L KT 600.1  
SE T4  
U M0.7  
L KT 600.1

SE T5  
BE



**3º.- GRAFCET de Nivel 1 con varias bandejas.**

