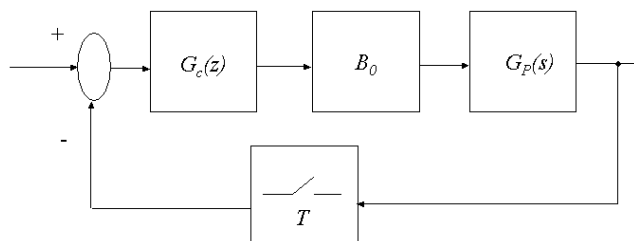


Primer ejercicio

El sistema de control de temperatura sobre una célula Peltier es sometido a un control digital directo (figura 1). En una primera aproximación se puede modelar la planta física, $G_p(s)$, como un sistema de primer orden que alcanza el régimen permanente al cabo de 60 s y su ganancia estática es unitaria.



1. Determinar cual podría ser el periodo de muestro y su fundamento.
2. Determinar de FDT discreta equivalente del bloqueador planta considerando que el periodo de muestreo es de 2s (para el resto de los apartados considerar que éste es el periodo de muestreo). Definición de funciones en MATLAB del proceso de discretización de la planta.
3. Si el compensador en serie es del tipo:

$$G_c(z) = \frac{k}{(z - 0.8)}$$

determinar cual es el rango de k que hace de sistema realimentado estable.

4. Para el caso de que k fuese igual a 1 en el compensador anterior, determinar el intervalo de subida, el intervalo de pico, el valor de pico y el intervalo de establecimiento.
5. Calcular el error ante la entrada en escalón y dibujar la forma de onda de salida ante la señal en escalón indicando los valores más significativos (indicar los valores del anterior apartado).

Un modelo más adecuado para el equipo Peltier sería el definido por:

$$G_p(s) = \frac{0.045}{(s + 0.07)(s + 0.525)}$$

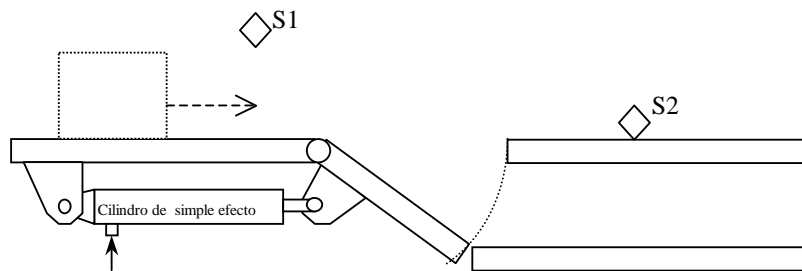
considerando que las constantes de tiempo son muy grandes respecto al periodo de muestreo, 2s., suponer que es razonable la igualdad entre la FDT en transformada de Laplace y la FDT mediante la transformada bilineal. Determinar el algoritmo de computador que implemente una red de primer orden sabiendo que se desea disminuir la respuesta del transitorio y que tenga un margen de fase de 65° y un error al escalón del 9%. Procedimiento:

6. Calcular la FDT de la red de primer orden del compensador.
7. Determinar $G_c(z)$.

Red de adelanto/retraso de fase	$G(w) = k \frac{1 + w\tau_1}{1 + w\tau_2}$	$G(z) = \frac{b_0 + b_1 z^{-1}}{a_0 + a_1 z^{-1}}$ $b_0 = k \left(1 + \frac{2\tau_1}{T} \right) ; b_1 = k \left(1 - \frac{2\tau_1}{T} \right)$ $a_0 = 1 + \frac{2\tau_2}{T} ; a_1 = 1 - \frac{2\tau_2}{T}$
---------------------------------	--------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

8. Escribir el cuerpo de la función en pseudocódigo C teniendo una función de lectura del convertidor analógico/digital y otra de escritura del convertidor digital/analógico.



Segundo ejercicio

La presente figura, representa una bifurcación en el plano vertical en una cinta transportadora de un sistema automático. Para conseguir el movimiento del segmento del carril de la bifurcación, se ha dispuesto de un cilindro neumático de simple efecto, controlado por una válvula monoestable pilotada eléctricamente.

El sensor S1 es un sensor infrarrojo, dispuesto de tal forma que cuando las cajas entrantes superan una determinada altura, el sensor responderá con 24 V, mientras que estará fijando una señal de 0V en cualquier otro caso (cajas más pequeñas o ninguna).

El sensor capacitivo de presencia S2, detecta, en el carril superior, que la caja ya ha salido completamente de la bifurcación, de tal modo que siempre se activa (24 V) ante la presencia de la caja, y está situado respecto del final del carril móvil a una distancia tal que asegura que se cumple lo expuesto.

El automatismo funciona de la siguiente manera:

La posición de reposo es la indicada en la figura. Siempre que se detecte una caja en S1 (es decir, una caja alta), se desviará al carril superior, y por tanto deberá permanecer en esta posición hasta detectar que la caja ha salido.

Las cajas discurren por la cinta con bastante espacio entre ellas, no dándose nunca la situación de que dos cajas puedan estar a la vez en la bifurcación.

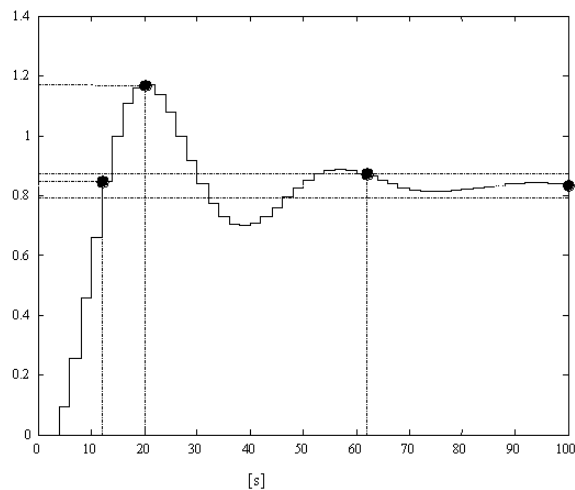
Se pide:

1. Ventajas e inconvenientes de la lógica programable frente a la lógica cableada.
2. Dibujar el esquema neumático del sistema, indicando el tipo de válvula.
3. Representar el diagrama de estados y deducir sistemáticamente el número de estados mínimo necesario para realizar el automatismo. No considerar para el diagrama de estados ninguna situación de error.
4. Deducir las ecuaciones lógicas que rigen el sistema (de la salida y de los estados si los hay).
5. Dibujar el circuito eléctrico que mediante relés y contactores consiga el automatismo propuesto.
6. Escribir en AWL sobre STEP5 el código funcionalmente equivalente al esquema de contactos realizado.
7. Al mismo sistema se le añaden dos pulsadores, uno de marcha y otro de parada. Al pulsar el botón de marcha, el sistema moverá la cinta transportadora y actuará como el automatismo anterior. Si se pulsa el botón de parada, volverá a la posición inicial de reposo y se parará la cinta pero asegurando que no se queda ninguna caja alta en la bifurcación. Realizar el GRAFCET (nivel 1 y 2) correspondiente a todo este sistema. En dicho GRAFCET no se podrán utilizar Macroetapas.

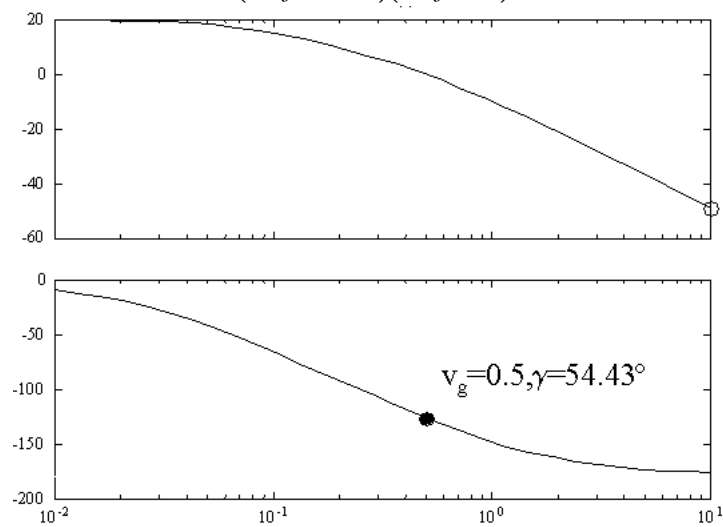


Resolución**Primer ejercicio**

1. $\tau = \frac{t_s}{3} = 20s \quad T = \frac{\tau}{10} = 2$ (Regla experimental)
2. $B_0 G_p(z) = (1 - z^{-1}) \sum \text{residuos} \left(\frac{0.05}{s(s+0.05)} \frac{1}{1 - e^{sT} z^{-1}} \right) = \frac{0.1}{z - 0.9}$
3. k
4. $M(z) = \frac{0.1}{z^2 - 1.7z + 0.82} \quad z_d = 0.85 \pm j0.312$
 $k_r = 6 \quad k_p = 10 \quad M_p = 35.41\% \quad k_s = 31$
 $k_p = \lim_{z \rightarrow 1} G_c(z) B_0 G_p(z) = 5$
5. $e_{ss} = 16.67\%$



$$6. \quad e_{ss} = 9\% \rightarrow k_p = 10 \rightarrow k \alpha G_p(jv) = \frac{10}{(1 + jv14.28)(1 + jv1.9)}$$



$$\sin \phi_m = \frac{1-\alpha}{1+\alpha} \rightarrow \alpha = 0.588 \rightarrow | \alpha G_p(jv) | = 0.766 \rightarrow v'_g = 0.6 [\text{rad} / s] \rightarrow v'_g = \frac{1}{T_{Z(RAF)} \sqrt{\alpha}}$$

$$T_{Z(RAF)} = 2.17s \quad P(RAF) = 1.27s$$

$$G_c(w) = 13.94 \frac{w + \frac{1}{2.17}}{w + \frac{1}{1.27}}$$



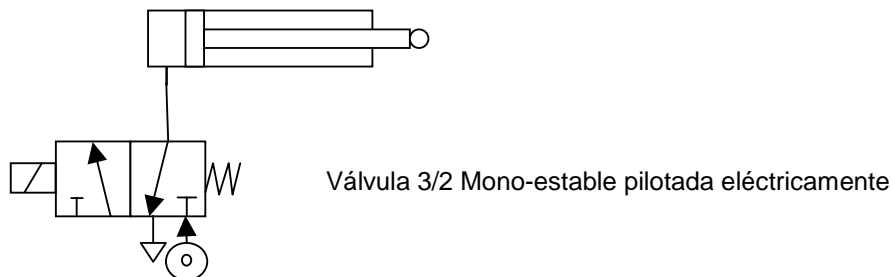
1. Ventajas e inconvenientes de la lógica programable frente a la lógica cableada.

Ventajas principales:

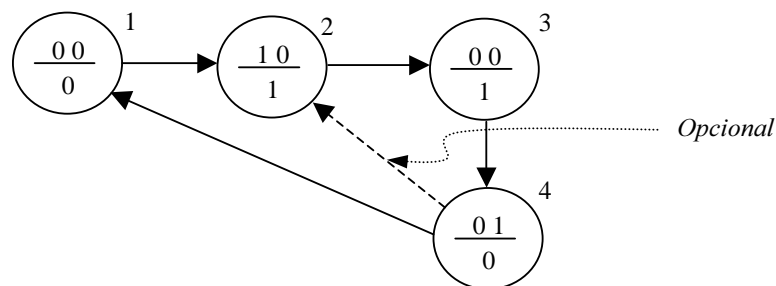
- Ocupa menos espacio
- Fáciles de mantener
- Muy flexible a modificaciones
- Aplicable para sistemas mucho más complejos

Inconvenientes principales:

- Personal más especializado
- Mayor coste para sistemas simples

2. Dibujar el esquema neumático del sistema, indicando el tipo de válvula.**3. Escribir el diagrama de estados y deducir sistemáticamente el número de estados mínimo necesario para realizar el automatismo. No considerar para el diagrama de estados ninguna situación de error.**

Seguiremos la siguiente notación: S1 S2 / A+, en donde S1 es el sensor de altura, S2 el sensor de presencia de la salida, y A+ la señal que acciona la válvula del cilindro. El diagrama de estados según la notación seguida en clase sería el siguiente:



A partir del mismo, y considerando las transiciones “estables” y las “inestables” obtenemos la tabla de fases primitiva

	0 0	0 1	1 1	1 0	A
1	①	-	-	2	0
2	3	-	-	②	1
3	③	4	-	-	1
4	1	④	-	- / 2	0

Reduciendo la tabla, obtenemos que sólo es necesario una marca o un biestable, que además podemos hacer coincidir con la señal de salida:

	0 0	0 1	1 1	1 0	A=M
1	①	④	-	2	0
2	③	4	-	②	1



4. Deducir las ecuaciones lógicas que rigen el sistema (de la salida y de los estados si los hay).

Hacemos el mapa Karnaugh para la valor de estado (M) en función de S1, S2 y el valor de estado anterior:

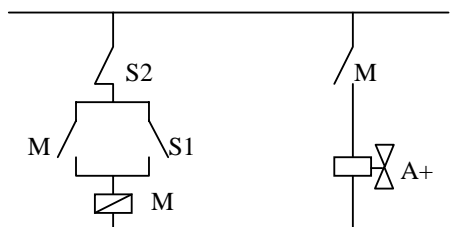
S1S2/M	0 0	0 1	1 1	1 0
0	0	0	-	1
1	1	0	-	1

Se podrían tomar los elementos indeterminados (-) como 1 para simplificar las ecuaciones, sin embargo, aunque no hayamos hecho tratamiento de errores, esto no sería lo más correcto, puesto que significa que estamos actuando sobre la válvula en estos casos, cuando el estado de parada es sin mover la bifurcación. Según la agrupación indicada en la tabla obtenemos:

$$M_{k+1} = \overline{S1} \cdot \overline{S2} + M_k \cdot \overline{S2} = \overline{S2} \cdot (M_k + S1)$$

$$A=M$$

5. Dibujar el circuito eléctrico que mediante relés y contactores consigue el automatismo propuesto.



6. Escribir en AWL sobre STEP5 el código funcionalmente equivalente al esquema de contactos realizado.

Primero asociamos cada salida – entrada al correspondiente puerto físico:

S1: E32.0
S2: E32.1
A+: A32.0

El código funcionalmente equivalente es:

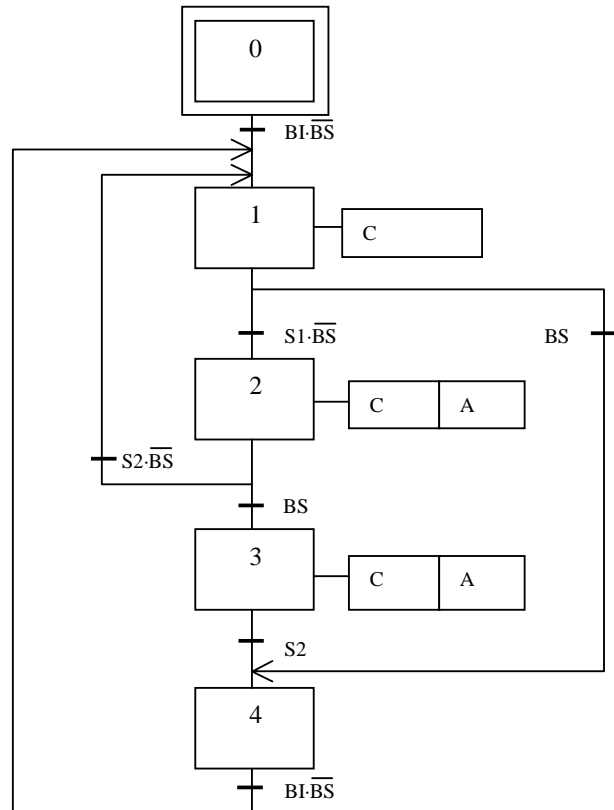
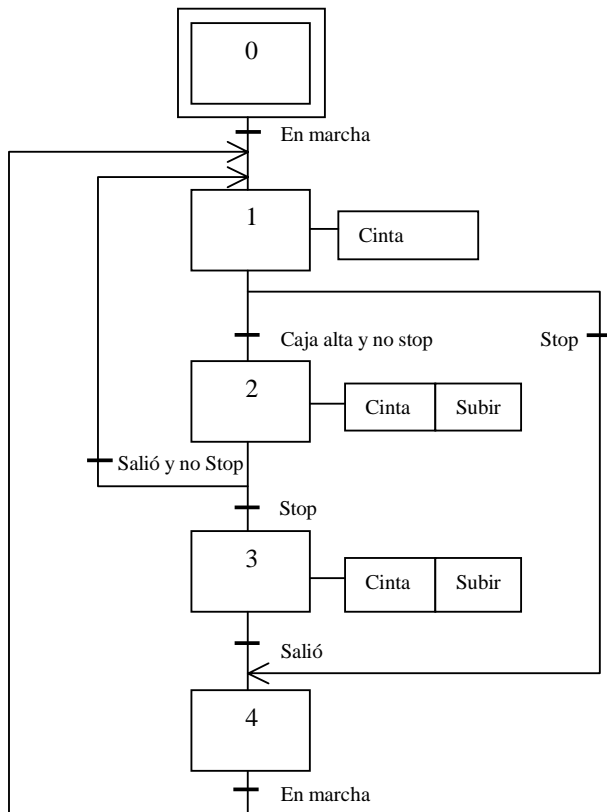
```
UN E32.1
U(
O A32.0
O E32.0
)
= A32.0
```

7. Al mismo sistema se le añaden dos pulsadores, uno de marcha y otro de parada. Al pulsar el botón de marcha, el sistema moverá la cinta transportadora y actuará como el automatismo anterior. Si se pulsa el botón de parada, volverá a la posición inicial de reposo y se parará la cinta pero asegurando que no se queda ninguna caja alta en la bifurcación. Realizar el GRAFCET (nivel 1 y 2) correspondiente a todo este sistema. En dicho GRAFCET no se podrán utilizar Macroetapas.



Realizamos el GRAFCET del nivel 1

y el del nivel 2



Para el GRAFCET de nivel 2 hemos seguido la siguiente notación:

BI : Botón de inicio NA.

BS : Botón de parada NA.

C: Movimiento de cinta.

A: Accionar el cilindro.

S1: Sensor de altura .

S2: Sensor de presencia a la salida.

