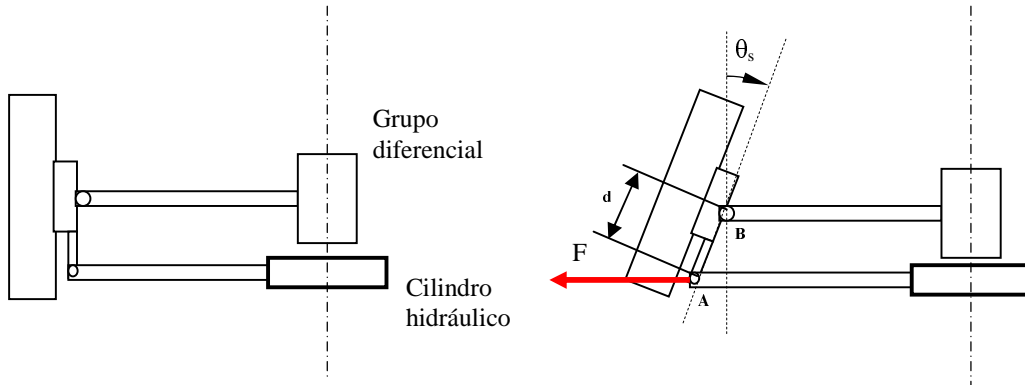


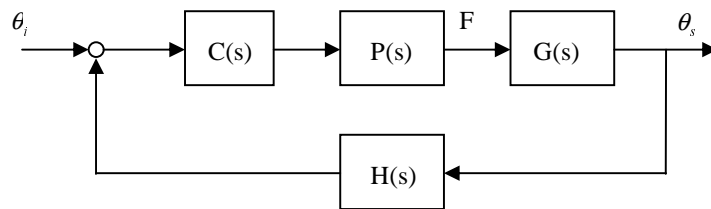
Primer ejercicio

Un sistema de servodirección en un automóvil permite reducir el esfuerzo que el conductor debe efectuar para girar el volante. Este dispositivo es especialmente útil en maniobras de aparcamiento.



Mediante un captador en la rótula A se dispone del valor de θ_s . Al actuar sobre el volante del automóvil, se conoce también el ángulo girado por el conductor θ_i (referencia o entrada del sistema), teniendo en cuenta que la desmultiplicación entre el giro del volante y las ruedas es de 9:1 ($H(s)$). La orden de giro proporcionada por el conductor al girar el volante, produce una sobrepresión por parte del actuador (cilindro hidráulico), generando sobre la cremallera de dirección una fuerza F que se aplica sobre la rótula A, provocando el giro de las ruedas. Debido a la masa del tren de rodadura y al contacto de la rueda con el suelo existirán asociados al equilibrio de momentos o pares sobre la rótula B las constantes J y B correspondientes al momento de inercia del conjunto y al rozamiento viscoso respectivamente.

El comportamiento dinámico del actuador hidráulico $P(s)$ se puede aproximar a un filtro paso bajo de primer orden de pulsación a la frecuencia de corte de 2 rad/s y ganancia 5. $C(s)$ es un bloque compensador de valor k .



Nota: $J = 5 \text{ kgm}^2$ $B = 25 \text{ Nms}$ $d = 25 \text{ cm}$

Se pide:

1. Ecuación diferencial que relaciona la fuerza F con el ángulo girado θ_s . Linealizar la expresión para $\theta_s = 0$.
2. Expresión de la función de transferencia en cadena abierta y en lazo cerrado.
3. Valor de k para que el error de velocidad en lazo cerrado sea menor de un 5% ante entrada rampa.
4. Lugar de las raíces.
5. Valor máximo de k para que el sistema sea estable (críticamente estable).



Segundo ejercicio

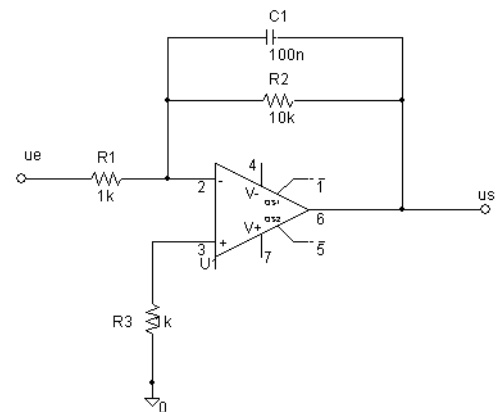
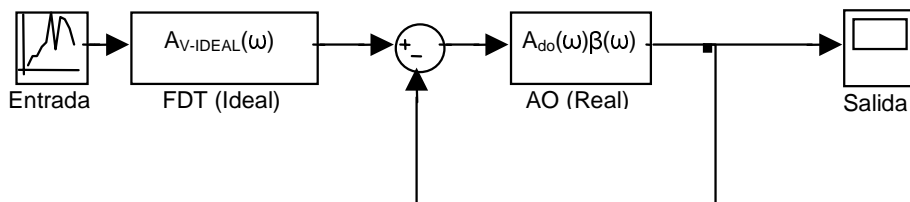
Para el circuito de la figura se pide:

1. FDT de la ganancia de tensión del montaje considerando el amplificador operacional ideal.
2. Diagrama de Bode y curva polar de la respuesta en frecuencia del circuito.

Considerando el amplificador operacional real, el modelo del conjunto queda representado en el diagrama a bloques adjunto. La respuesta del sistema es la ganancia de tensión del circuito, calculada en el apartado 1, en cascada con la estructura de realimentación entre la ganancia de tensión en cadena abierta, A_{do} , con la red de realimentación, β . El amplificador operacional en cadena abierta tiene una ganancia estática de tensión de 10^4 y dos polos uno a 100 [rad/s] y el otro a 10^6 [rad/s]. La FDT de la red de realimentación vale:

$$\beta(\omega) = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \frac{(1 + j\omega R_2 C_1)}{(1 + j\omega R_2 // R_1 C_1)}$$

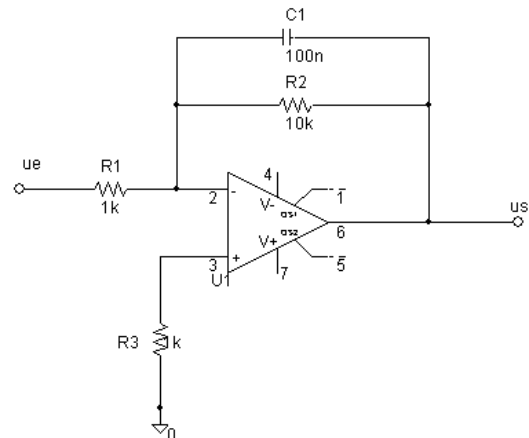
3. Determinar aproximadamente la frecuencia de cruce de ganancia, el margen de fase, la frecuencia de cruce de fase y el margen de tensión del equipo.
4. Respuesta aproximada en frecuencias del circuito considerando que el amplificador operacional es real.

**Tercer ejercicio**

Se pretende la conversión del filtro analógico en digital. Obviamente, el comportamiento del operacional es considerado ideal para hacer la transformación.

Se pide:

1. Diagrama a bloques de la arquitectura del filtro digital.
2. Determinar el periodo de muestreo.
3. FDT del filtro digital.
4. Respuesta impulsional del filtro digital.
5. Respuesta en frecuencia del filtro digital (utilícese una aproximación hasta de tercer orden).



Ejercicio de Automatización

Cuestiones:

- 1.- Explique la diferencia funcional existente entre un cilindro de simple efecto y otro de doble efecto. Indique el tipo de válvulas y el montaje que utilizaría para controlar cada uno de ellos.
- 2.- Enumere y describa brevemente la funcionalidad de los distintos módulos de los que dispone S5 para la programación de un autómatas.

Problema:

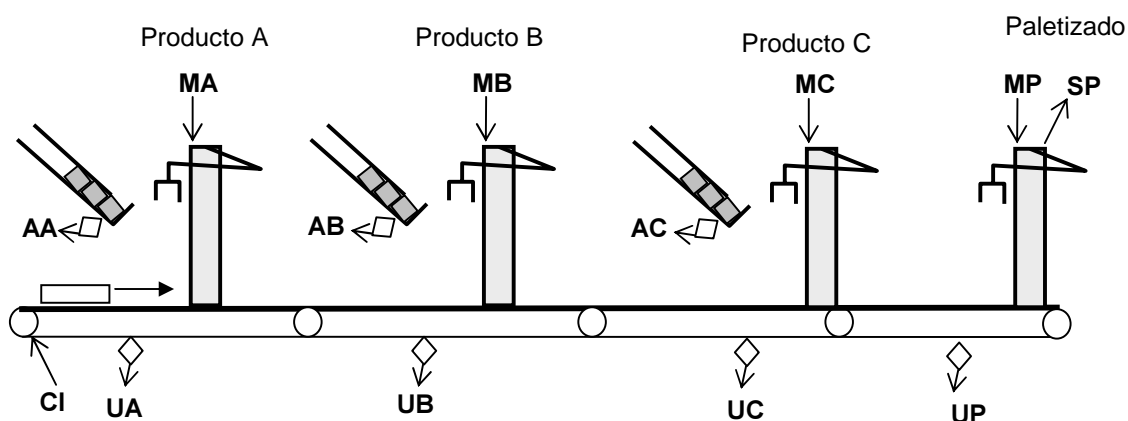
El siguiente diagrama representa una línea automática de preparación del catering para aviones. Una serie de productos son depositados por un conjunto de manipuladores en las bandejas que van circulando por la cinta. Una vez rellena la bandeja, un último manipulador se encarga de ir transfiriendo las bandejas a un sistema de envasado y paletizado. En la figura se muestran los sensores de presencia ultrasónicos (**UA, UB, UC, UP**) capaces de detectar la presencia de bandejas (La señal valdrá 1 en este caso y cero si no está la bandeja) en cada una de las zonas de descarga de productos, así como al final de la línea. Además, cada uno de los alimentadores de los distintos productos, tiene un sensor **AA, AB, AC** que detecta si se ha quedado vacío o no el alimentador (el sensor dará 1 si hay producto y 0 en caso contrario).

Los manipuladores están preprogramados, de forma que cuando se recibe un flanco en el detector de las bandejas, se debe activar su señal de activación (**MA, MB, MC**), con lo que serán capaces, sin parar la cinta de colocar correctamente el producto en la bandeja. De igual forma el manipulador de paletizado es activado con una señal, y no es necesario parar la cinta para que recoja la bandeja. Adicionalmente este manipulador tiene una señal de salida (**SP**) que informa de si está listo para recoger una bandeja (1) o si por el contrario aún está ocupado (0).

Inicialmente el sistema se pone en marcha por activación del botón de marcha (**BM**). Si no hay ninguna bandeja en el sistema se activará la cinta (**CI**). A medida que van pasando bandejas, los manipuladores irán poniendo los productos A, B y C en las mismas. En caso de que alguno de los manipuladores se quede sin productos en el alimentador, este no hará nada: ni se mueve el manipulador ni se para la cinta. Sin embargo, si el sistema detecta que ha llegado una bandeja al final de la línea y que el manipulador de paletizado aún no está listo, entonces se parará la cinta y se pasará a la situación inicial. De esta forma el operario se verá obligado a retirar todas las bandejas del sistema y a pulsar el botón de marcha para que siga la producción.

Se pide:

- 1.- Realizar el GRAFCET de nivel 1.
- 2.- Considerando que el sistema va a ser implementado mediante una autómatas de la serie S5 de Siemens, dibujar el GRAFCET de nivel 2 utilizando para las señales la notación propia de dicho PLC.
- 3.- Escribir el código en AWL sobre S-5 que realiza el automatismo.



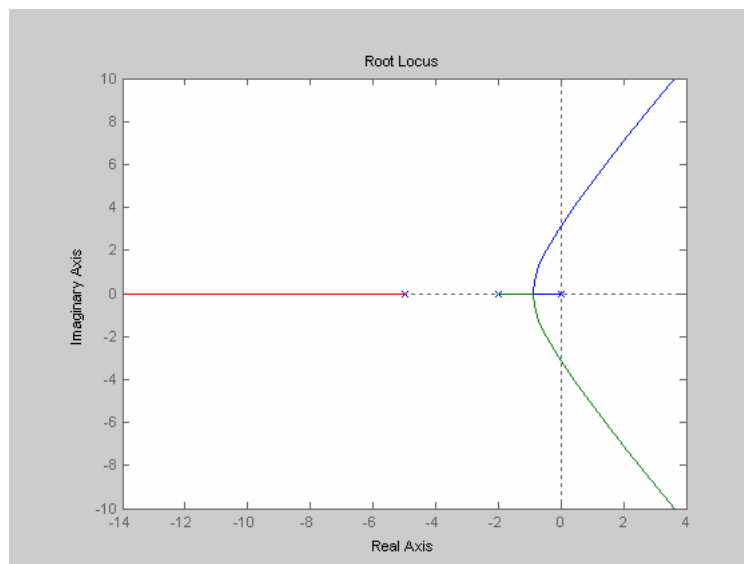
Resolución**Primer ejercicio**

$$1. J \frac{d^2 \theta}{dt^2} + B \frac{d\theta}{dt} = Fd \cos \theta \quad \text{En } \theta_s = 0 \quad J \frac{d^2 \theta_s}{dt^2} + B \frac{d\theta_s}{dt} = Fd$$

$$2. C(s)P(s)G(s)H(s) = \frac{4.5k}{s(s+2)(s+5)} \quad M(s) = \frac{0.5k}{s(s+2)(s+5)+4.5k}$$

$$3. k \geq 5$$

4.



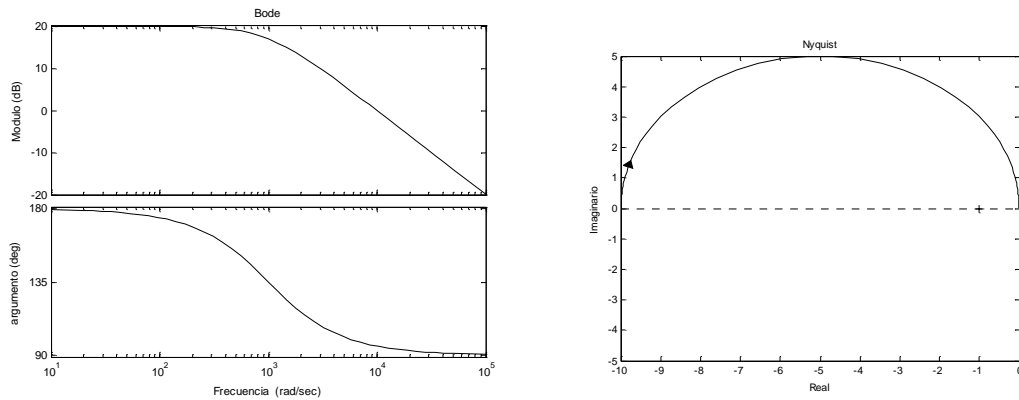
$$5. K_{crit} = 15.6$$

Segundo ejercicio

$$1. A_v(\omega) = \frac{-10}{1 + j\omega 10^{-3}}$$

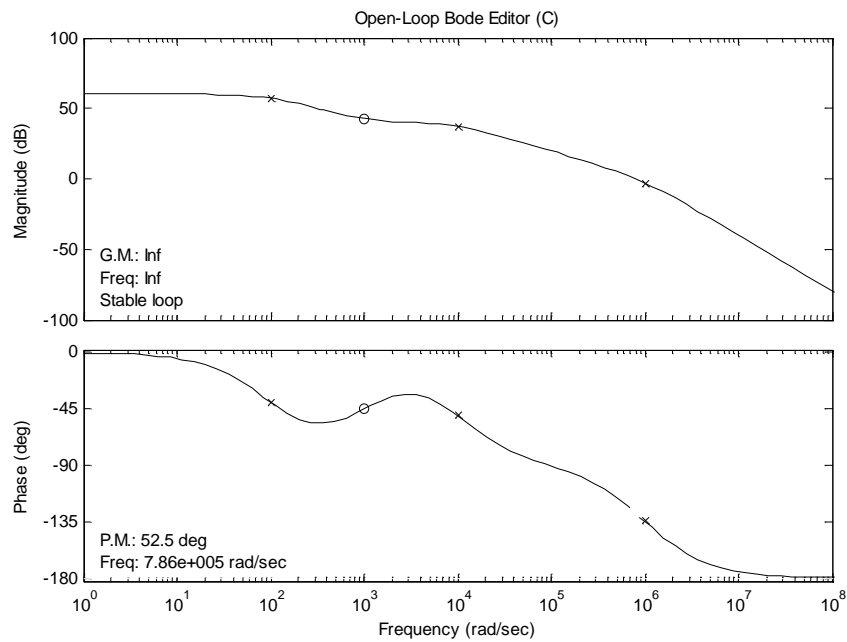
2.





3. La estabilidad dependerá del bucle realimentado, por tanto, se calculará las frecuencias de cruce y los márgenes a partir de la información de la cadena abierta:

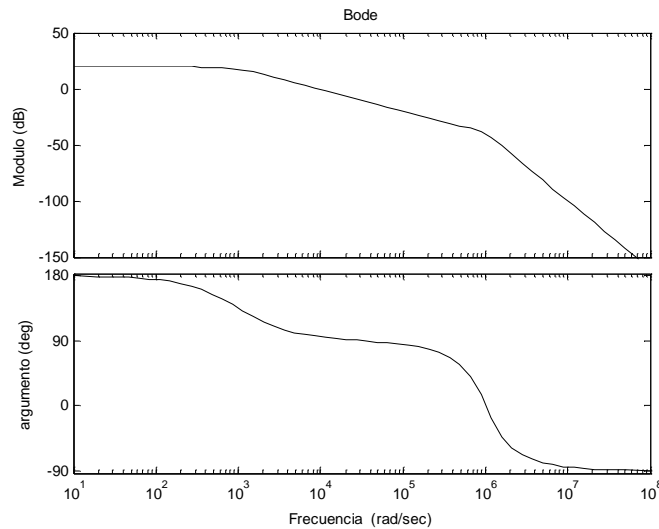
$$A_{do}(\omega)\beta(\omega) = \frac{10^{-3}(1 + j\omega 10^{-3})}{(1 + j\omega 10^{-2})(1 + j\omega 10^{-4})(1 + j\omega 10^{-6})}$$



4. Considerando que el bucle cerrado en su conjunto se puede aproximar a un sistema de segundo orden reducido equivalente, entonces:

$$\lim_{\omega \rightarrow 0} \frac{A_{do}(\omega)\beta(\omega)}{1 + A_{do}(\omega)\beta(\omega)} \cong 1 \quad \omega_{r,cc} \approx \omega_g = 10^6 \quad \xi_{cc} \cong 0.45$$



**Tercer ejercicio**

1.



$$2. A_v(\omega) = \frac{-10}{1 + j\omega 10^{-3}} \Rightarrow T = \frac{10^{-3}}{10} = 10^{-4} \text{ s.}$$

$$3. \text{Proceso muestro-reconstrucción (operador bilineal)} \quad G_c(z) = \left(\frac{-10}{s(1 + s10^{-3})} \right)_{s=\frac{2}{T} \frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}}} = -0.47 \frac{1+z^{-1}}{1-0.9z^{-1}}$$

$$\text{Proceso reconstrucción-muestreo: } G_c(z) = (1 - z^{-1}) Z \left(\frac{-10}{s(1 + s10^{-3})} \right) = \frac{z^{-1}}{1 - 0.9z^{-1}}$$

$$4. y_k - 0.9y_{k-1} = -x_{k-1} \Rightarrow g_k = \{0, -1, -0.9, -0.81, -0.729, \dots\}$$

$$5. G(\omega) \approx \sum_{k=0}^3 g_k e^{-j\omega k T} = -\left(0.9e^{-j\omega 10^{-4}} + 0.81e^{-j\omega 2 \cdot 10^{-4}} + 0.729e^{-j\omega 3 \cdot 10^{-4}} \right)$$



