

Problema 1

Como parte de su labor como ingeniero en una compañía de diseño de componentes para computadoras, se le solicita participar en el desarrollo del sistema de enfriamiento para un nuevo procesador.

La estructura general del sistema de enfriamiento se muestra en la Figura 1a. El mismo se apoya sobre el encapsulado del procesador, y se compone de un disipador de aluminio, que a su vez tiene un ventilador montado en su parte superior. El ventilador fuerza el pasaje de aire entre las aletas del disipador.

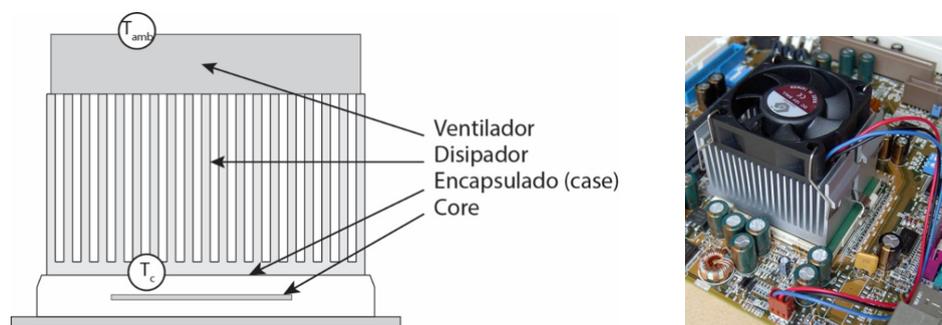


Figura 1: Esquema de la estructura del sistema de enfriamiento. Imagen de un sistema de enfriamiento real.

El nuevo procesador tiene la capacidad de modificar de forma autónoma la frecuencia de sus relojes, lo que genera un consumo de energía variable. En consecuencia, la potencia disipada en forma de calor desde el core es también variable, y se representa con P_{MCU} .

A modo de simplificación, se realizan los siguientes supuestos:

- Todo el calor generado por el core se disipa a través del sistema de enfriamiento
- La resistencia térmica del conjunto formado por el disipador y el ventilador varía según el flujo de aire forzado por el ventilador Q_{AIRE} , según la ecuación

$$\frac{r_0}{1 + c \cdot Q_{AIRE}} [K/W] \quad (1)$$

- El flujo de aire forzado por el ventilador es función de su voltaje de alimentación, según la transferencia

$$\frac{Q_{AIRE}}{V_M}(s) = \frac{\alpha}{\beta + s} \quad (2)$$

- La temperatura del ambiente es variable, y se representa como T_{amb} . La temperatura de la interfaz entre el disipador y el encapsulado se representa como T_C

1. Tomando como entradas T_{amb} , P_{MCU} y V_M , halle las ecuaciones dinámicas para T_C

Con el objetivo de controlar la temperatura T_C , un colega sugiere colocar un sensor de temperatura capaz de medir T_C . El sensor de temperatura tiene una salida de voltaje

$$V_{sensor} = K \cdot T_C \quad (3)$$

Además, su colega sugiere el siguiente circuito de control

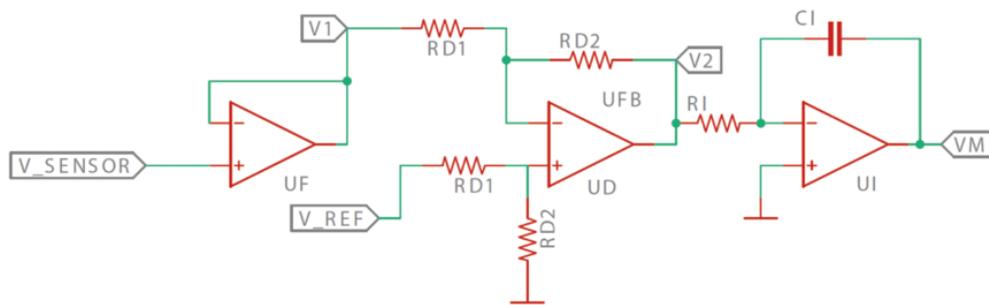


Figura 2: Circuito de control

En la Figura 2, V_{sensor} representa la salida del sensor de temperatura, V_{ref} una señal de referencia, y V_m el voltaje de alimentación al motor

2. Modele el sistema de entradas [V_{sensor}, V_{ref}] y de salida V_m . Sugerencia: preste especial atención a la división del circuito en sub-bloques con funcionalidad definida.

A partir de ahora, se trabaja conjuntamente con el sistema de enfriamiento y su sensor de temperatura, el circuito de control y el ventilador, dando como resultado el sistema de entradas ($T_{amb}, V_{ref}, P_{MCU}$).

3. Linealice el sistema en torno al punto de operación ($T_{amb_0}, V_{ref_0}, P_{MCU_0}$), determinando de forma completa el punto de operación.
Halle un modelo en variables de estado para el sistema, con (Q_{AIRE}, V_M) como vector de estados.
4. Realizar un diagrama de bloques del sistema completo que muestre todas las señales presentes en la Figura 2, usando solamente bloques sumadores, proporcionales e integradores.
5. Dibujar el lugar geométrico de las raíces del sistema realimentado al variar el parámetro K .
6. Halle el valor de K que determine que el sistema tenga una respuesta no oscilatoria con un tiempo de establecimiento tan bajo como sea posible.
7. Determine el margen de ganancia del sistema

Problema 2

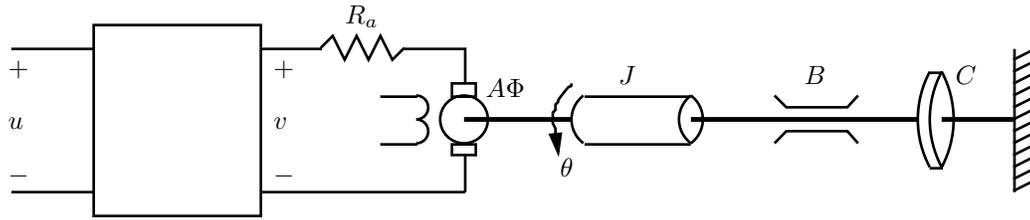


Figura 1: Sistema electromecánico.

Se tiene el sistema de la figura 1, donde:

- el amplificador responde de la siguiente forma a la entrada u :

$$\frac{dv}{dt} + 10v = 150u \quad ;$$

- el motor es de corriente continua, de inducción constante $A\Phi = 0,4 \frac{V \cdot s}{rad}$, resistencia de inducido $R_a = 2 \Omega$, inductancia despreciable y aplica un par mecánico T_m al eje;
- el eje tiene un momento de inercia $J = 1 \frac{N \cdot m \cdot s^2}{rad}$, una constante de fricción $B = 0,12 \frac{N \cdot m \cdot s}{rad}$, una constante elástica $C = 10 \frac{N \cdot m}{rad}$ y su desplazamiento angular es medido por θ .

1. Se pide:

- Hallar una representación en variables de estado para el sistema de entrada u y salidas θ y T_m .
- Dibujar un diagrama de bloques del sistema compuesto por sumadores, multiplicadores e integradores.
- Obtener la matriz de transferencia.

2. Tomando ahora como única salida θ , se implementa un controlador proporcional como el de la figura 2 donde H es la función de transferencia entre u y θ .

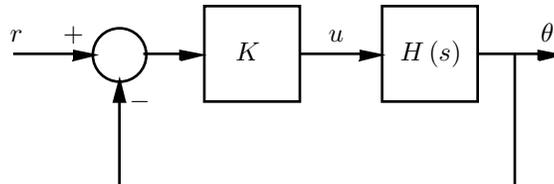


Figura 2: Sistema realimentado.

Se pide:

- Encontrar los valores de $K \in \mathbb{R}$ que estabilizan el sistema realimentado.
- Dibujar el lugar de las raíces, paramétrico en $K \in \mathbb{R}$.
- Determinar K para que el sobretiro de la respuesta a una entrada en escalón sea de 16,3%.
Nota: Se aceptan soluciones aproximadas con la debida justificación.
- Para el K determinado en el punto anterior, hallar el error en régimen ante una entrada escalón unitario.