

Tarea 1

Resuelva cada uno de los problemas que se le presentan a continuación. Para los incisos que requieran el uso de MATLAB, Simulink y/o Simscape asegúrese de incluir dentro de su documento, junto con sus respuestas, evidencia suficiente de lo realizado en software. Estas pueden incluir: diagramas de bloques, breves pedazos de código y las figuras generadas.

1. Determine si los siguientes sistemas son lineales, invariantes en el tiempo o ninguno de los dos.
 - (a) $y(t) = \cos(2t)u(t)$.
 - (b) $y(t) = u(t/2)$.
 - (c) $y(t) = \int_{-\infty}^t u(s)ds$.
 - (d) $y(t) = \dot{u}(t)$.
2. Uno de los proyectos en desarrollo bajo la línea de investigación de robótica bio-inspirada del Departamento de Ingeniería Electrónica, Mecatrónica y Biomédica de la Universidad del Valle de Guatemala, consiste en elaborar un par de extremidades robóticas capaces de excavar, inspiradas en las patas delanteras del grillo topo. El proyecto tiene como fin último el utilizarse en aplicaciones de búsqueda y rescate, para crisis humanitarias como las producidas por el deslizamiento de tierra del Cambray II en 2015 y la erupción del volcán de Fuego en 2018. En la primera fase del proyecto, desarrollada durante el año 2018 por el Ing. Julio Diéguez, se logró diseñar un par de mecanismos de Scott Russell modificados que recrearan las trayectorias realizadas por los efectores finales (garras) de las patas frontales del grillo topo, como se muestra en la Figura 1. Para garantizar una fuerza constante en las garras,

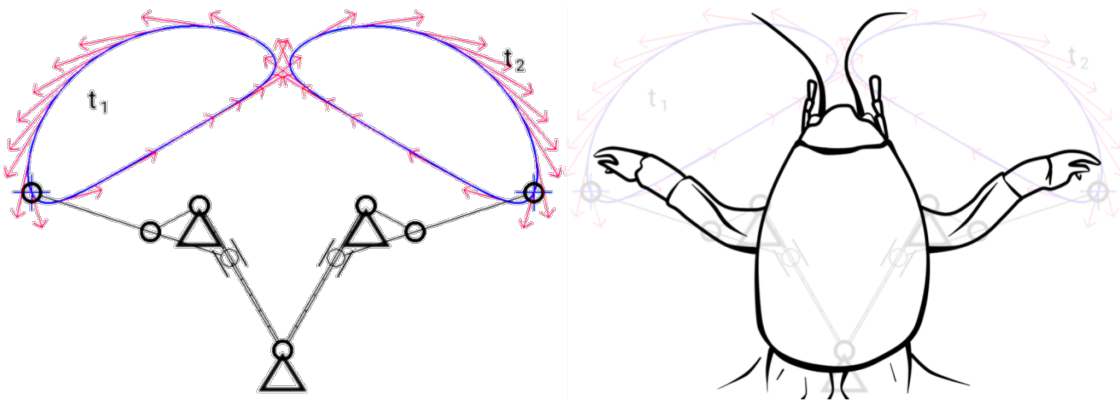


Figura 1: Mecanismos de Scott Russell modificados propuestos.

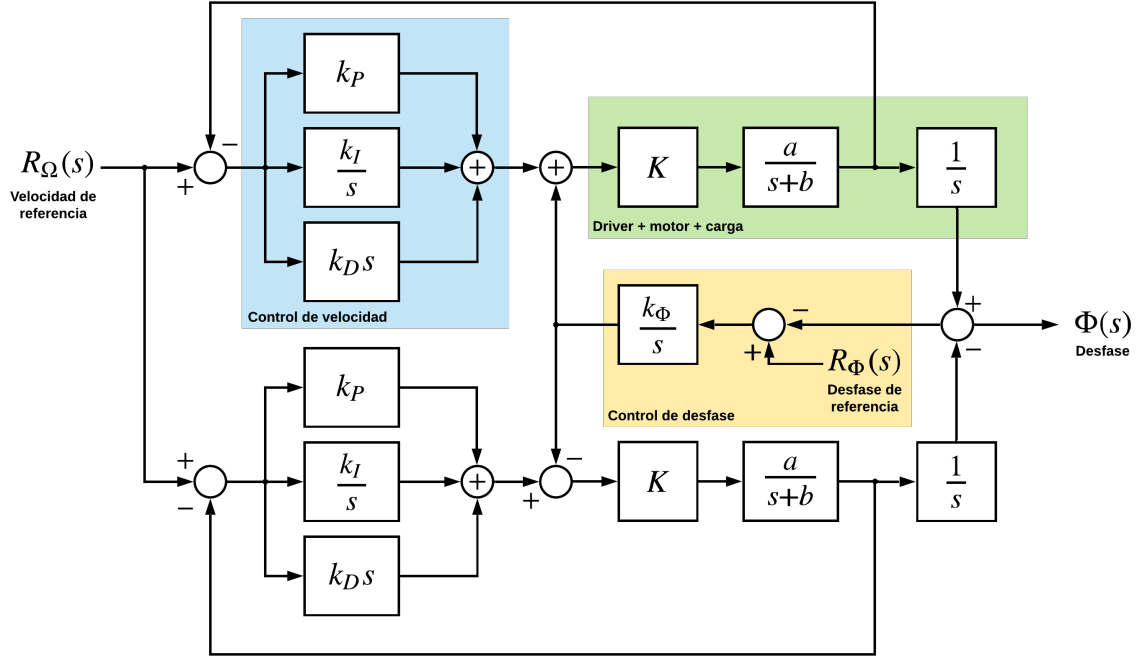


Figura 2: Diagrama de bloques del esquema de control empleado para las patas del robot grillo topo, con movimiento sincronizado.

necesaria para excavar con éxito, se empleó un control de velocidad en cada pata que forzara a los motores a suministrar el torque necesario (gracias a la relación de este con la velocidad angular del motor mediante la potencia). Adicionalmente, dadas las ligeras diferencias entre los parámetros físicos y la carga de los motores, se requirió el uso de un control de desfase que permitiera establecer si el movimiento de las extremidades durante la excavación debía hacerse de manera alternante o sincronizada. Para lograr ambas tareas se empleó la arquitectura de control detallada en la Figura 2, en la cual se establece el desfase de referencia a cero si se desea sincronizar el movimiento o bien se emplea un valor constante para obtener un movimiento alternante en las patas al excavar.

Tomando todo esto en consideración, efectúe lo siguiente:

- Encuentre el equivalente en lazo abierto del sistema, considerando como entrada el desfase de referencia $R_\Phi(s)$ y al desfase $\Phi(s)$ como salida.
- Con base en el resultado del inciso anterior ¿Qué puede concluir acerca de la velocidad de referencia y el funcionamiento del control de velocidad individual para cada motor?
- (MATLAB) De este inciso en adelante, asuma que $a = 4094$, $b = 3375$, $K = 10$, $k_P = 5$, $k_I = 1$, $k_D = 0.5$ y $k_\Phi = 2$. ¿Qué puede decir sobre la estabilidad del sistema? ¿Por qué?
- ¿Cuál es el valor en estado estable del offset? ¿Tiene sentido esto con la forma en que se espera que funcione el sistema?
- (MATLAB) Obtenga la respuesta impulsional del sistema, ¿Se llega a la misma conclusión que en el inciso (c)? Cualitativamente, ¿Qué puede decir acerca de la respuesta del sistema a perturbaciones bruscas?
- (Simulink) Construya un diagrama de bloques del sistema completo, empleando el bloque PID de Simulink en lugar de los controles de velocidad y asumiendo que el desfase

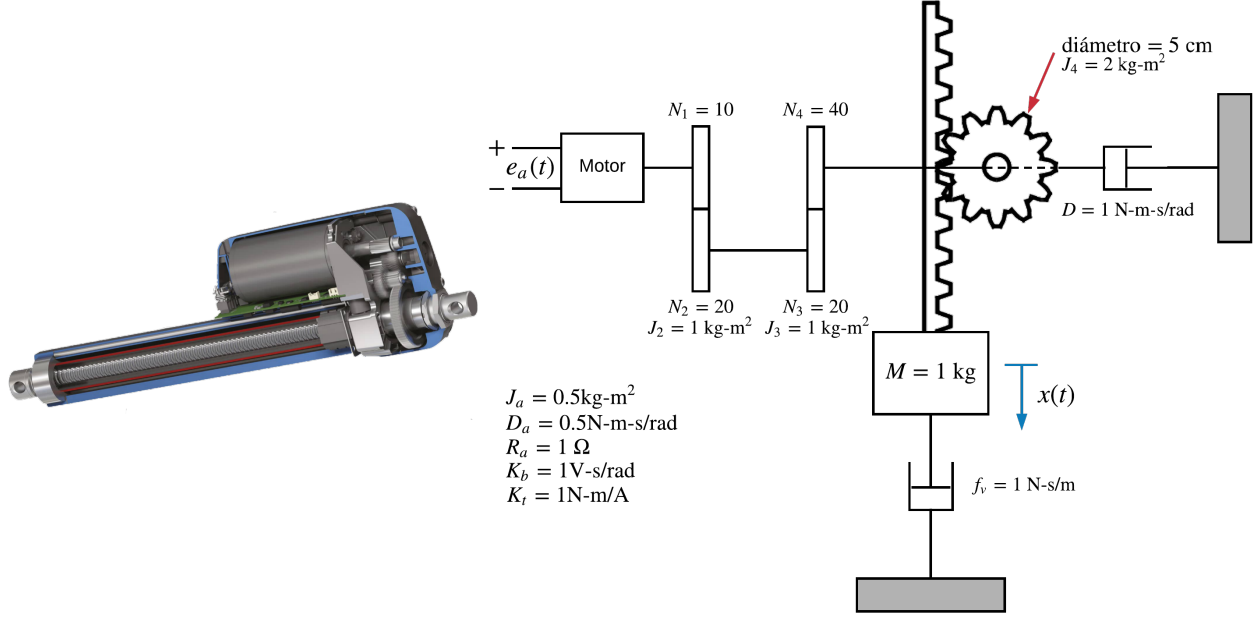


Figura 3: Actuador lineal y su sistema electromecánico equivalente.

de referencia es cero. Ejecute la simulación y grafique la respuesta al escalón del sistema (empleando la velocidad de referencia). ¿Coincide la respuesta en estado estable con el comportamiento esperado del sistema? ¿Presenta el sistema un comportamiento (cualitativamente) distinto al modificar la amplitud del escalón?

3. Considere que se tiene un actuador/servo lineal como el que se muestra en el lado izquierdo de la Figura 3. Si se asume que la fricción en la caja reductora es despreciable, el actuador puede modelarse como un sistema que combina una parte rotacional con una traslacional, como se muestra en el lado derecho de la Figura 3. El encargado de suplir la potencia del sistema es un motor que se coloca en la entrada de la reducción, el cual presenta una función de transferencia

$$\frac{\Theta_m(s)}{E_a(s)} = \frac{K_t/(R_a J_m)}{s \left[s + \frac{1}{J_m} \left(D_m + \frac{K_t K_b}{R_a} \right) \right]},$$

en donde J_m y D_m corresponden a la inercia y fricción del motor respectivamente. Estas pueden calcularse al sumar la inercia J_a y fricción D_a de armadura con el reflejo de las inercias y fricciones de la carga en el eje del motor. Emplee los valores dados y determine:

- (a) La función de transferencia $G(s) = \frac{X(s)}{E_a(s)}$ del sistema.
- (b) La respuesta impulsional del sistema.
- (c) La ecuación diferencial que describe la evolución en el tiempo de la posición del actuador lineal según el voltaje aplicado al motor.
- (d) (Simulink) El diagrama de bloques que soluciona la ecuación diferencial (emplee como referencia el video adjunto a este documento), asumiendo condiciones iniciales iguales a cero y un voltaje constante unitario en las terminales de entrada del motor. ¿Qué forma tiene la respuesta del sistema? ¿Qué ocurre si cambia la entrada de voltaje por un senoide de la misma amplitud?

4. Considere el circuito eléctrico de la Figura 4, que contiene un resistor no lineal cuya relación voltaje-corriente está definida por $i_r(t) = 5e^{0.2v_r(t)}$, donde i_r y v_r corresponden a la corriente y voltaje en el resistor respectivamente. Adicionalmente, $i(t)$ es una fuente de corriente de pequeña señal (small-signal current source) y $v(t)$ es el voltaje en las terminales del capacitor. Determine:
- El voltaje de operación v_o , si para calcularlo se asume $i(t) = 0$ y que ha transcurrido una gran cantidad de tiempo desde que se encendió el circuito.
 - La función de transferencia $G_1(s) = \frac{\Delta V(s)}{I(s)}$ del sistema.
 - La función de transferencia $G_2(s) = \frac{I_C(s)}{I(s)}$, donde $i_C(t)$ corresponde a la corriente en el capacitor.
 - (Simscape) El modelo físico del circuito equivalente del sistema linealizado con función de transferencia $G_1(s)$. En otras palabras, utilice como base la función de transferencia obtenida para proponer un circuito eléctrico lineal que presente el mismo modelo, procurando mantener una topología lo más cercana a la del circuito original. ¿Cómo se ve la respuesta del sistema cuando se conecta una fuente de corriente constante de 1 A en la entrada?

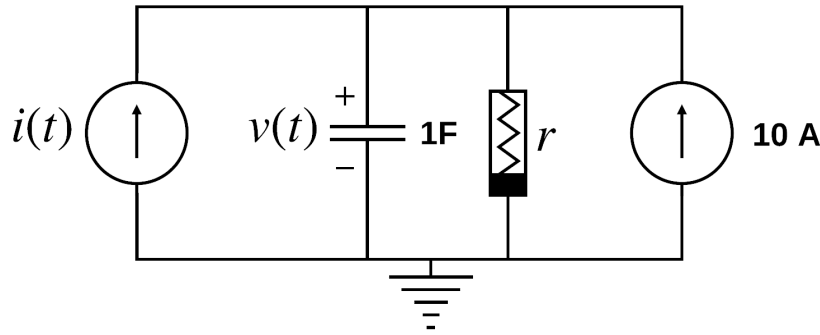


Figura 4: Circuito eléctrico con resistor no lineal.