

**ÁREA: CONTROL**

**CÁTEDRA: Sistemas de Control (4C8) – Plan 2003**

**PARCIAL Nº 2: 15 / 11 / 2018 (Cursada)**

Nombre:	Matricula:
---------	------------

Problema 1	Problema 2	Problema 3	Problema 4
<b>2 puntos</b>	<b>2 puntos</b>	<b>3 puntos</b>	<b>3 puntos</b>

Este parcial es una instancia de evaluación de la cátedra de Sistemas de Control, y como tal es un documento. Por ende resulta necesario establecer que:

- Todos los pasos de resolución, y las respuestas a las preguntas, deben estar debidamente justificados en forma escrita, de la forma que sea pertinente (matemática, gráfica, etc.)
- La resolución escrita de este parcial es lo único que se tendrá en cuenta al momento de calificarlo. Las aclaraciones realizadas en forma posterior al momento de la evaluación no podrán modificar la calificación.
- Las gráficas y los cálculos matemáticos deberán estar acompañados de sus respectivas unidades y denominaciones. La representación de múltiples curvas sobre un mismo par de ejes deberá incluir la correspondiente identificación de todas ellas.

**Problema 1**

El esquema de la figura 1 representa un PLL construido con un CD4046. La señal  $\varphi_R(t)$  es una rampa de fase de pendiente variable  $F_R / 2 \leq \frac{\partial \varphi_R(t)}{\partial t} \leq 2F_R$ , tal como se señala en la figura.

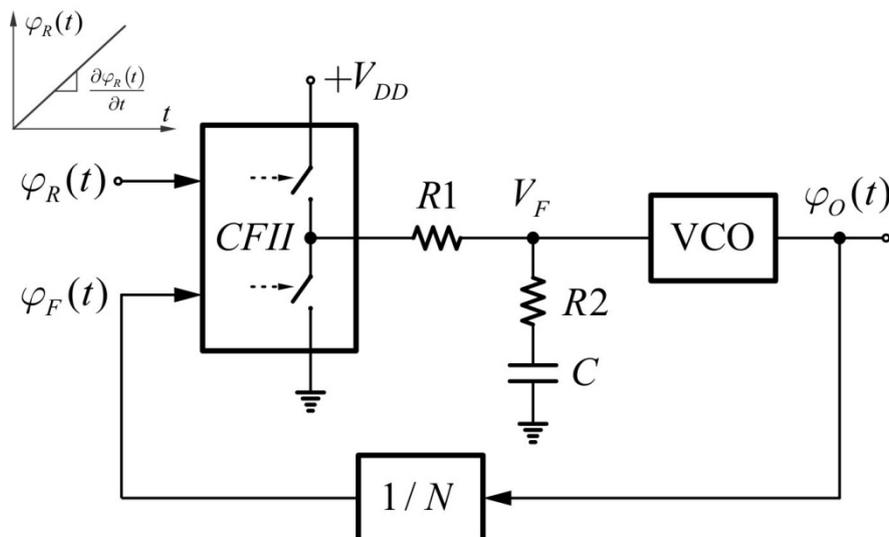


Figura 1: Esquema de un PLL basado en el circuito CD4046

- a)- Definir la frecuencia central del VCO de forma de maximizar la excursión de salida, considerando todo el rango de operación del sistema. Ajustar la constante del VCO,  $K_{VCO} = \frac{\partial f_o}{\partial V_F} = \frac{\partial^2 \varphi_o}{\partial^2 V_F}$ .
- b)- Dibujar el diagrama de bloques correspondiente, modelando adecuadamente las distintas etapas en pequeña señal.
- c)- Dimensionar los componentes  $R_1$ ,  $R_2$  y  $C$  en función del resto de los elementos del sistema para garantizar la estabilidad en el peor de los casos. Dibujar un diagrama de Bode con la compensación propuesta.

## Problema 2

En la figura 2 se muestra un convertidor DC/DC tipo buck, el cual presenta una carga y una fuente de entrada que pueden variar dentro del rango especificado.

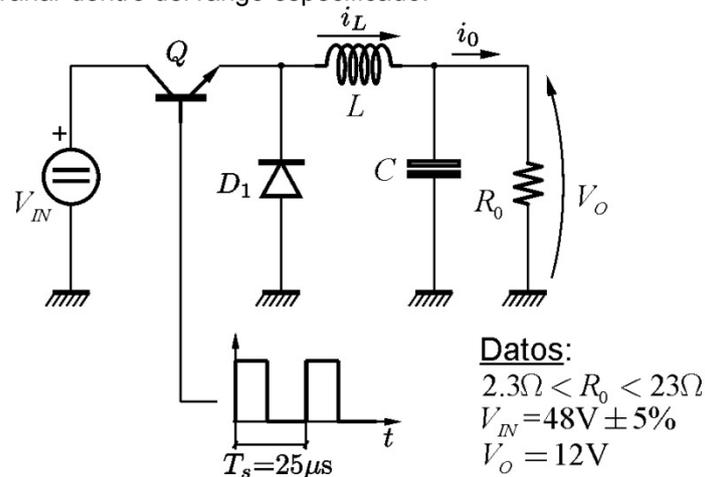


Figura 2: Convertidor buck

- a) Determinar el mínimo valor de inductancia  $L$  que asegure Modo de Conducción Continua (CCM), en todo el rango de operación, tanto de  $V_{IN}$  como de  $R_0$ . Justificar el cálculo empleando gráficos y expresiones analíticas que considere pertinente.
- b) Calcular el valor de capacidad necesaria de modo de asegurar que, ante la ocurrencia de un cambio abrupto en la carga de  $R_{OMIN} \rightarrow R_{OMAX}$  o de  $R_{OMAX} \rightarrow R_{OMIN}$ , la variación de la tensión en la salida sea menor o igual al 5%. Asumir que el sistema opera a lazo cerrado y que el control se encuentra saturado durante el cambio en la carga. Adoptar el valor de  $L$  calculado en el inciso anterior. Representar gráficamente las formas de onda de tensión y corriente de salida para cada condición. Señalar qué valor adopta el ciclo de trabajo durante el cambio de  $R_0$  en cada caso.
- c) Determinar, para el peor caso, cuánto es el ripple de tensión en la carga producido por la conmutación. Considerar el valor de  $L$  y  $C$  calculado en los incisos anteriores.

## Problema 3

En la figura 3 se muestra un convertidor boost con un lazo de control de tensión. La tensión de entrada  $V_{IN}$  es constante y de 10V; en tanto que la tensión de referencia  $V_{REF}$  se define en 2.4V. La resistencia de carga  $R_0$  puede variar entre 4Ω y 6Ω, tal como se señala en la figura.

- a) A partir del sistema de control planteado, determinar la tensión de salida y el ciclo de trabajo con el que va a operar el convertidor. Verificar, para las diferentes condiciones de carga, que el sistema siempre opere en CCM.
- b) A partir de la función de transferencia del convertidor respecto de la variable de control  $G_d = \tilde{v}_o / \tilde{d}$ , dibujar el diagrama de bloques del sistema de control identificando claramente la

función de transferencia de las diferentes etapas. Asumir que el amplificador operacional es ideal; es decir,  $Z_{IN} = \infty$ ,  $Z_O = 0$  y ganancia  $A(\omega)$  infinita en todo el rango de frecuencias.

$$G_d(s) = G_0 \frac{\left(1 - \frac{s}{\omega_z}\right)}{\left(1 + \frac{s}{Q\omega_0} + \frac{s^2}{\omega_0^2}\right)}$$

$G_0 = \frac{V_{IN}}{(1-D)}$	$\omega_z = \frac{(1-D)^2 R_0}{L}$	$\omega_0 = \frac{(1-D)}{\sqrt{LC}}$	$Q = (1-D)R_0\sqrt{C/L}$
------------------------------	------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------

- c) Dibujar el diagrama de Bode correspondiente a la transferencia de avance y a la ganancia de realimentación para las diferentes condiciones de carga. Identificar de manera clara las singularidades y ganancias resultantes para cada caso.
- d) Determinar el valor de los componentes del controlador  $C_1$  y  $R_1$  de modo de obtener un sistema con el mayor ancho de banda posible y un margen de fase superior o igual a  $45^\circ$ . Nota: considerar, si fuera necesario, el empleo de una red de amortiguamiento. En caso de utilizarla, calcular el valor de sus componentes. Señalar el ancho de banda obtenido.

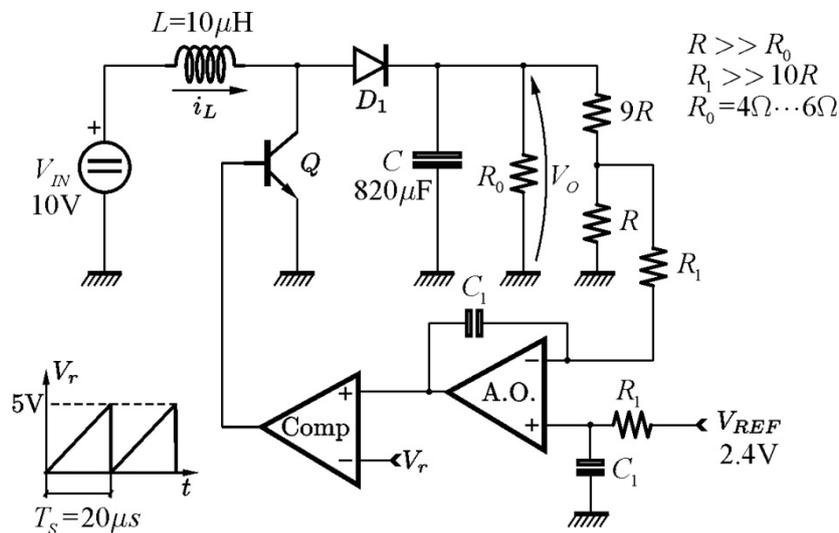


Figura 3: Fuente de alimentación basada en convertidor boost.

## Problema 4

Una motocicleta eléctrica emplea un motor DC para la tracción, con las características siguientes:

- $V_{AN} = 48V$  excitación en derivación (Independiente).
- $P_{MN} = 6kW$  continuo (12kW transitorio)
- $T_{Mmx} = 50Nm$  máximo  $\equiv I_{Amx} > I_{AN}$
- $R_A = 10m\Omega$
- $L_A = 5mH$
- $\omega_{Mmx} = 5000RPM$

La transmisión desde el motor a la rueda trasera es con cadena y la relación de diámetro de los engranajes es de  $n = 4:1$ .

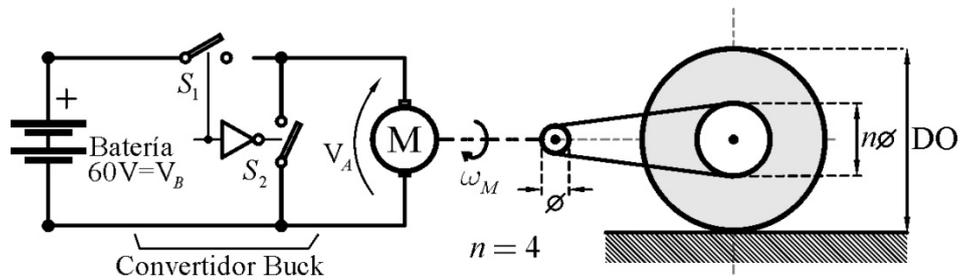


Figura 4: Esquema del sistema de transmisión.

La rueda trasera tiene diámetro  $DO = 0.45m$  y se espera que el vehículo completo cargado con un pasajero transporte una masa de  $m = 300kg$ .

- Considerando las limitaciones del motor, dibujar su espacio de operación  $T_M$  vs  $\omega_M$  permitido, tanto en el caso estacionario ( $P_M$  continuo) como transitorio.
- Asumiendo que tanto  $S_1$  como  $S_2$  son llaves controladas en forma complementaria, indicar el ciclo de trabajo máximo  $D_{mx}$  para no exceder  $V_{AN}$ . Es necesario garantizar CCM? Por qué?
- Hallar la corriente nominal de armadura y  $k_w$ .
- Asumir que el acelerador del vehículo implementa un control de torque como el que se muestra en la figura 5 de modo de no exceder  $T_{Mmx} = 50Nm$ , realimentando la corriente  $I_A$  con un transductor de efecto Hall. Hallar  $I_{Amx} > I_{AN}$  para producir el  $T_{Mmx} = 50Nm$ . Calcular la constante  $k_H$ . Asumir que la ganancia de avance es suficientemente grande.

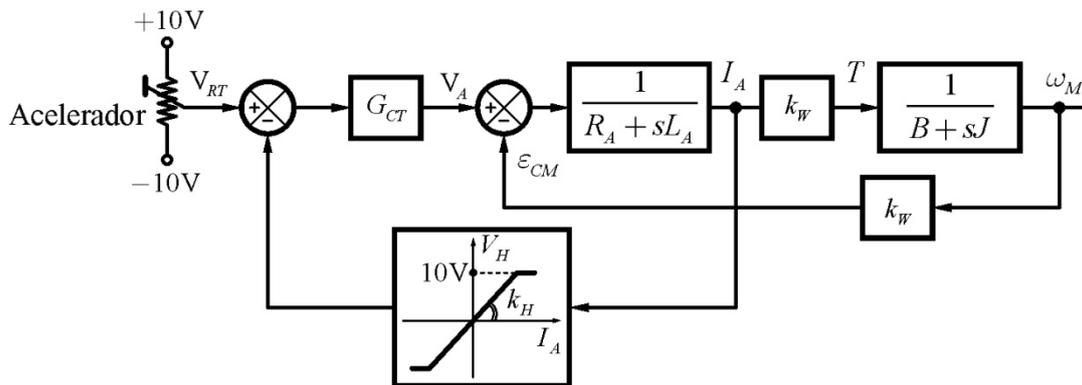


Figura 5: Lazo de control de torque.

- Suponer que la motocicleta parte del reposo y que el rozamiento  $B$  puede considerarse nulo, acelerándose a  $V_{RT} = 10V$ . Calcular el tiempo necesario para alcanzar  $v_F = 80km/h$ . Recordar  $J = m \cdot r^2$  por teorema de Steiner. Asumir que el polo eléctrico  $R_A / L_A$  puede despreciarse en el análisis dinámico.