IEE2413 - EXAMEN

Parte 2 - Preguntas Larguitas (10 pt. c/u)

Instrucciones: Responda las preguntas de desarrollo que se presentan a continuación. Desarrollos mágicos (no justificados) no recibirán puntaje aunque la respuesta sea la correcta. Esto incluye sacar "fórmula de la manga".

PREGUNTA LARGA 1 - MOSFET y OPAMPS

El circuito que se presenta en la Figura 6-a) se conoce como **Integrador de Capacitores Conmutados**. En él, los MOSFETs se utilizan como interruptores controlados por un par de relojes externos y el OpAmp es ideal.

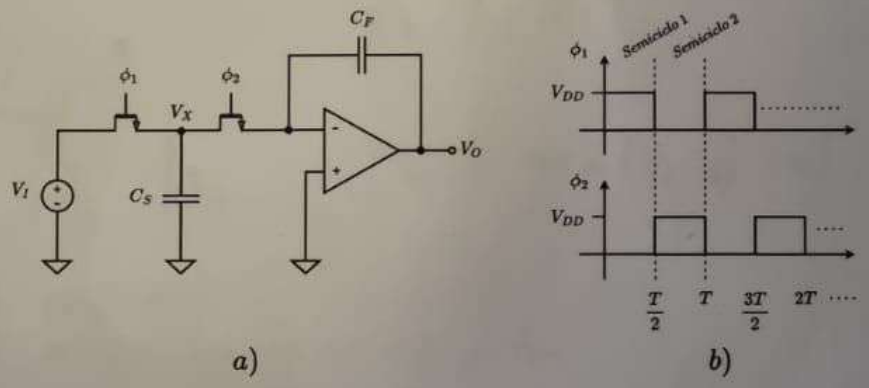


Figura 6: a) Circuito Integrador C-C y b) Diagrama de Tiempo Relojes de Control.

Se sabe que:

- El voltaje de entrada V_I es positivo y mucho menor a V_{DD}.
- Los interruptores M_1 y M_2 son idénticos e ideales y se accionan por relojes (clocks) independientes con ciclo de trabajo 50 % y con amplitud V_{DD}, que no se traslapan, denominados ϕ_1 y ϕ_2. Ambos relojes se presentan en la Figura 6-b)

A continuación:

a) **(2.5 pt.)** - Dibuje el circuito equivalente para el **Semiciclo 1**, reemplazando cada transistor por un circuito abierto o un cortocircuito, según corresponda. Luego, explique brevemente el funcionamiento del circuito durante este semiciclo y **asumiendo que los capacitores están inicialmente descargados**, determine el valor final de los voltajes V_X y V_O.

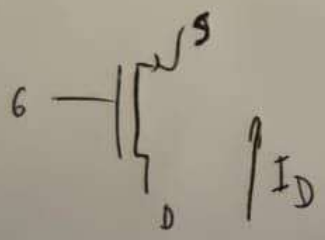
b) **(2.5 pt.)** - Dibuje el circuito equivalente para el **Semiciclo 2**, reemplazando cada transistor por un circuito abierto o un cortocircuito, según corresponda. Luego, explique brevemente el funcionamiento del circuito durante este semiciclo considerando que la condición inicial del mismo está dada por el resultado del **Semiciclo 1** y determine el valor final de los voltajes V_X y V_O.

Importante: No olvide que el OpAmp es ideal, tiene realimentación negativa y por ende hará todo lo necesario para mantener el cortocircuito virtual en sus entradas; tampoco olvide que $Q = C \cdot V$

c) **(2.5 pt.)** - Asumiendo que inicialmente $V_O = 0[V]$, y el voltaje en la entrada V_I es constante (positivo y pequeño), dibuje la evolución temporal de los voltajes V_X y V_O entre $t = 0$ y $t = 3 \cdot T$

d) **(2.5 pt.)** - Si $V_{DD} = 2{,}5[V]$, $C_S = 43{,}5[pF]$ y de los transistores se sabe que $V_{th} = 0{,}5[V]$ y $\mu \cdot C_{ox} \cdot \frac{W}{L} = 200\frac{\mu A}{V^2}$, determine de manera aproximada el valor mínimo de T necesario de forma que al final del **Semiciclo 1**, que tiene duración $\frac{T}{2}$, V_X sea igual o mayor al 99 % de V_I (positivo y mucho menor que V_{DD}).

$I_D \cdot \frac{T}{2} = Q$



$I_{D(t)} = \frac{1}{2} \cdot 200\mu \left(V_G - V_S - V_T\right)^2$

$V_{DD} >> V_i$

$\Rightarrow V_{DD} - 0{,}1V_i >> 0{,}5 \Rightarrow$ activa

$V_S = Q$

$V_S(t) = \frac{1}{C} \cdot Q_{CS}$

$Q_{SS} = \int I_D$

PREGUNTA LARGA 2 - BJT

Considere el siguiente circuito amplificador:

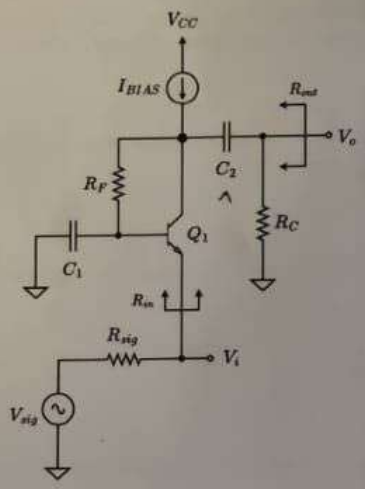


Figura 7: Circuito PL2

Del circuito se sabe que:

- El transistor tiene un voltaje $V_{BE} = 0{,}7[V]$ en conducción, un $V_{CE_{SAT}} = 0{,}2[V]$, un $\beta = 100$ y un V_A muy grande
- V_{CC} tiene un valor adecuado para la operación del circuito e $I_{BIAS} = 1[mA]$
- La fuente de pequeña señal es V_{sig}, de tipo sinusoidal pura, y tiene una resistencia $R_{sig} = 100[\Omega]$
- Las resistencias anexas tienen valores $R_C = 1[k\Omega]$ y $R_F = 100[k\Omega]$, y los capacitores tienen valores $C_1 = \infty$ y $C_2 = \infty$.

A continuación:

a) **(0.5 pt.)** - Identifique el tipo de amplificador que configura el transistor Q_1 (CE, CB o CC)

b) **(1 pt.)** - Determine el punto de operación DC del transistor (I_C y V_{CE}) y demuestre que éste opera en modo activo.

c) **(2 pt.)** - Determine valores numéricos para los parámetros de pequeña señal del BJT: g_m, r_π, r_e y dibuje el circuito en pequeña señal (π o T, a discreción), con el mínimo número de componentes.

d) **(1.5 pt.)** - Determine la resistencia de entrada R_{in} y el factor de atenuación de entrada definido como $\frac{V_i}{V_{sig}}$.

e) **(1 pt.)** - Determine la resistencia de salida R_{out}.

f) **(2 pt.)** - Determine la ganancia del amplificador definida como $\frac{V_o}{V_{sig}}$.

g) **(2 pt.)** - Si el capacitor $C_2 = 100[nF]$, identifique el tipo de amplificador (pasa-bajos o pasa-altos) que se configuraría, su frecuencia de corte y esboce su Diagrama de Bode de Magnitud (dB v/s Hz).

PREGUNTA LARGA 3 - OSCILADORES Y OPAMPS

En el ámbito de las comunicaciones, modular señales usando carriers sinusoidales en cuadratura es muy útil para optimizar el uso del ancho de banda disponible de transmisión. En efecto, en el mismo espacio de frecuencia, podemos enviar señales diferentes y asegurarnos que podemos demodularlas sin interferencia. Analógicamente es posible generar las señales carrier usando un circuito llamado **Oscilador en Cuadratura**, y es el que vamos a analizar a continuación. Considere el siguiente circuito:

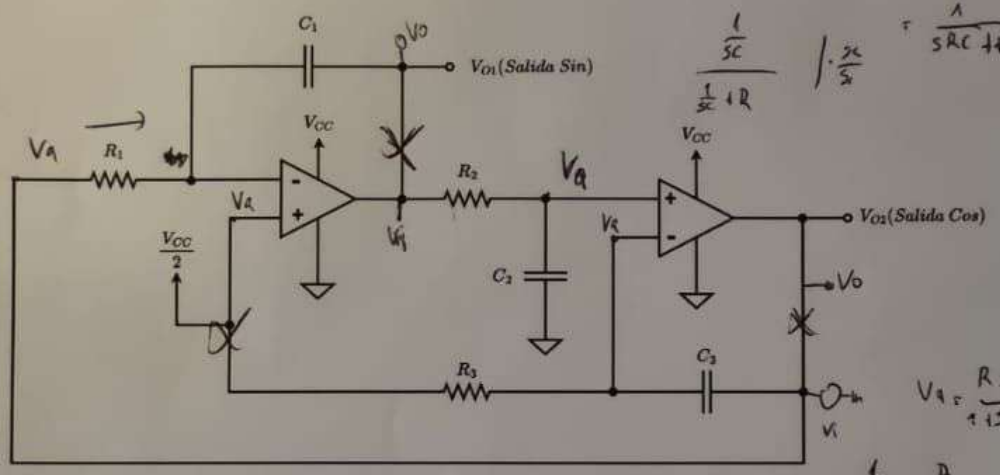


Figura 8: Oscilador de la PL3

Para efectos del circuito que va a analizar:

- Los OpAmps pueden considerarse ideales en todo aspecto, excepto que tienen rieles unipolares (V_{CC} y Tierra)
- Todas las resistencias y capacitores tienen valores no nulos.

A continuación responda:

a) **(1 pt.)** - Explique la razón por la cual es necesaria la fuente $\frac{V_{CC}}{2}$ en el circuito.

b) **(2 pt.)** - Identifique 3 puntos donde podría cortar el lazo de realimentación del circuito oscilador, sin que ello altere su función de lazo abierto $L(s)$. Márquelos claramente en el diagrama circuital de la hoja de respuesta, **y no olvide que la función de transferencia es sólo válida en AC.**

c) **(3 pt.)** - Encuentre la función de lazo abierto $L(s)$ del oscilador.

d) **(2 pt.)** - Empleando el Criterio de Barkhausen, y asumiendo que todas las resistencias y capacitores son idénticos e iguales a R y C respectivamente, encuentre la expresión para la frecuencia de oscilación del sistema (en Hz) en función de los parámetros del circuito que correspondan y luego verifique que la condición requerida para oscilación estable se cumple.

e) **(2 pt.)** - Determine el valor de R y C requeridos para generar una frecuencia de $500[kHz]$, con una impedancia en el lazo de realimentación de los OpAmps igual a 50 $[k\Omega]$. Asuma todas las resistencias y capacitores idénticos.