



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

TITULACIÓN: INGENIERO DE TELECOMUNICACIÓN

LABORATORIO DE COMUNICACIONES (3^{er} CURSO)

Examen final: 30 de Junio de 2010

Profesores: Pedro Vera Castejón, Alejandro Álvarez Melcón y Fernando D. Quesada Pereira

Problemas (10.0 puntos)

No se permite tener en la mesa ningún tipo de apuntes ni libros durante el examen. Deje su carné de estudiante o DNI en un lugar bien visible sobre la mesa. *No olvide poner el nombre en todas las hojas.* Tiempo de examen 3 horas.

Problema 1 (3,5 puntos)

- a) **(0,75 puntos)** ¿Para qué se emplean los mezcladores? Clasifique y describa los tipos de mezcladores estudiados en la asignatura. ¿Qué elementos adicionales es necesario utilizar junto a los mezcladores para obtener el comportamiento deseado? ¿Cuál es el motivo?
- b) **(0,75 puntos)** Estudiaremos el modulador en banda lateral única por transformada de Hilbert de la Figura 1.
- Atendiendo a la clasificación hecha en el apartado anterior, diga de qué tipo han de ser los mezcladores para que el circuito de la figura realice correctamente su función.
 - Teniendo en cuenta que la señal $x(t)$ está limitada en banda con $f_{max} \ll f_p$, represente el espectro de la señal en los puntos A, B, C y D. ¿Qué tipo de modulación BLU tenemos a la salida?
 - Si se produce un error de fase θ en el desfasador del oscilador local y un error de frecuencia de éste de valor $\Delta\omega$, encuentre la expresión de la señal de salida de circuito en el punto D. Represente el espectro para errores de fase $\theta = 0$, $\theta = \pi/3$, $\pi/2$ y π .
- c) **(0,5 puntos)** Se puede demostrar que la relación de potencias entre la banda lateral deseada y la rechazada obedece a la siguiente expresión:

$$S(dB) = 10 \log_{10} \left(\frac{1 + R^2 + 2R \cos(\Delta - \theta)}{1 + R^2 - 2R \cos(\Delta - \theta)} \right)$$

donde Δ es el error de fase cometido en la transformada de Hilbert, mientras que R es la relación de amplitudes entre la señal y su transformada de Hilbert. Para $R = 1$ y $\Delta = 0$ calcule el valor de $S(dB)$ para los errores de fase θ del apartado anterior.

- d) **(0,5 puntos)** Empleamos un detector coherente para recuperar la señal moduladora $x(t)$ una vez que está se ha transmitido a partir del punto D sin errores. Dibuje el esquema del detector coherente y encuentre la expresión de la señal demodulada. Encuentre la expresión de la señal demodulada si en el oscilador del detector coherente tenemos un error de frecuencia $\Delta\omega$ y de fase ϕ . ¿Qué señal encontramos a la salida del detector coherente si los errores son $\Delta\omega = 0$ y $\phi = \pi/2$?



- e) (1 punto) ¿Qué es la banda imagen de una modulación BLU? ¿Qué problemas presenta la banda imagen en el proceso de demodulación de la BLU? Para solucionar los problemas asociados a la banda imagen utilizamos el esquema utilizado en la Figura 2. Considere que la señal $v(t) = [x(t) \cos(\omega_p t) + \hat{x}(t) \sin(\omega_p t)] + [y(t) \cos(\omega_p t) - \hat{y}(t) \sin(\omega_p t)]$ a la entrada del circuito está formada por la señal a detectar $x(t)$ y la interferencia imagen $y(t)$. Demuestre siguiendo el esquema que se ha conseguido eliminar correctamente la imagen (nota: $\hat{x} = -x(t)$, siendo \hat{x} la transformada de Hilbert de $x(t)$).

Problema 2 (3,0 puntos)

- a) (0,5 puntos) Diga en que consiste una modulación de fase (PM) y una modulación en frecuencia (FM). ¿Cuál es la relación existente entre los dos tipos de modulaciones? ¿Cómo se define la excursión máxima en fase y la excursión máxima en frecuencia?
- b) (0,5 puntos) ¿En qué consiste el método indirecto para la realización de una modulación de FM? ¿Qué problemas presenta y cómo se pueden solventar?
- c) (0,75 puntos) Considere el modulador de FM de tipo armstrong de la Figura 3, con una señal moduladora de entrada $x_m(t)$, tal que $|x_m(t)|_{max} = K$. Encuentre la expresión matemática de la señal $x_s(t)$. ¿Cuál es la máxima excursión en frecuencia Δf_{max} ?
- d) (0,75 puntos) Si la señal moduladora $x_m(t)$ se encuentra limitada en banda ($X_m(f) = 0$ para $f > f_m$) con $\Delta f_{max} \leq f_m$, escriba el ancho de banda aproximada de la señal modulada de salida $x_s(t)$. ¿Cómo ha de ser la desviación en frecuencia máxima Δf_{max} para que el modulador funcione correctamente? ¿Qué implicaciones tiene y cómo se pueden solventar los posibles inconvenientes?
- e) (0,5 puntos) Si eliminamos el integrador a la entrada del circuito, encuentre la expresión de la señal de salida $x_s(t)$. ¿A qué tipo de modulación corresponde? Encuentre la desviación máxima en frecuencia o en fase, según corresponda en este caso.

Problema 3 (3,5 puntos)

Partiendo de la Figura 4 adjunta conteste a las siguientes cuestiones:

- a) (1,25 puntos) La Figura 5 representa la salida del VCO, si analizamos el resultado, respecto a la modulación que tiene esta señal (suponiendo que la distribución de máximos representada sigue una curva uniforme), ¿qué parámetro podría caracterizarla? (coeficiente β , índice de modulación m , ...).
- Justifique la respuesta anterior analizando las marcas temporales señaladas en la Figura 5.
 - ¿Qué deberíamos añadir al circuito propuesto para realizar una detección de la señal moduladora?



- b) (1,25 puntos) La Figura 6 representa la salida del circuito (terminal 2 de R_{51}), y se le ha solapado la señal moduladora (línea de menor frecuencia que se mueve entre 221 mV y -795 mV). Analizando el periodo de la señal de salida en torno a dos instantes diferentes (cuando la moduladora pasa por cero y cuando vale $0,8\text{ V}$), obtengo los siguientes resultados: $104,21\mu\text{seg}$ y $105,378\mu\text{seg}$ respectivamente.
- Comente qué se ha conseguido desde la salida del VCO hasta la salida del circuito, en lo referente a las modulaciones.
 - ¿Qué etapas se ha necesitado implementar en el circuito para llegar a obtener esta salida? (Analice desde la salida del VCO, indicando cuál es la función de cada una de estas etapas y marcándolas sobre el circuito)
- c) (1 punto) ¿Qué etapas sería necesaria añadir o eliminar para convertir el circuito anterior en un PLL?
- Añada o elimine sobre la figura del circuito propuesto los elementos necesarios.
 - Explique la necesidad de cada uno de los elementos marcados en el apartado anterior.

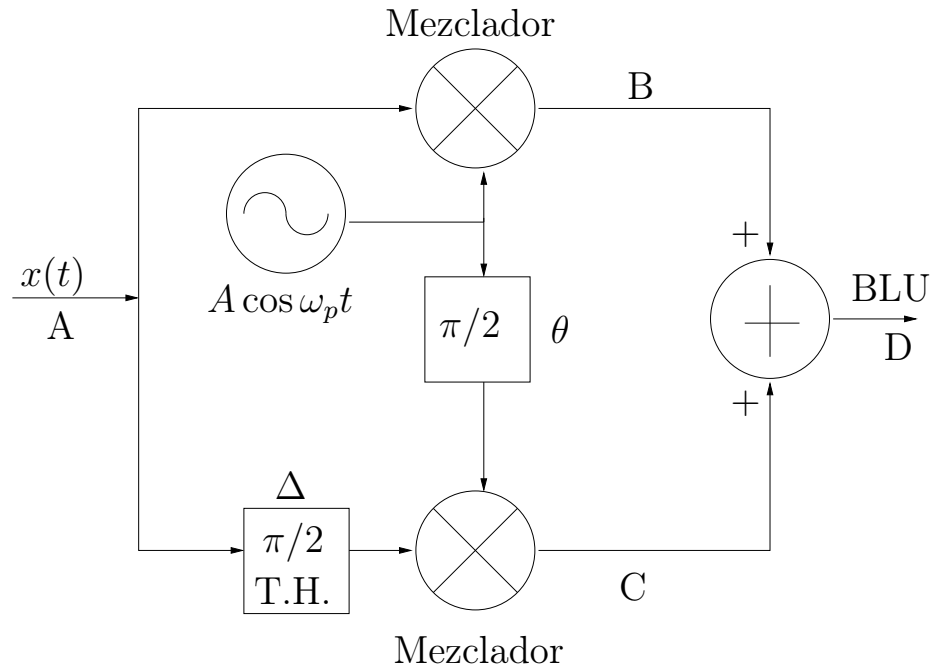


Figura 1: Modulador en Banda Lateral Única (BLU) con transformada de Hilbert.

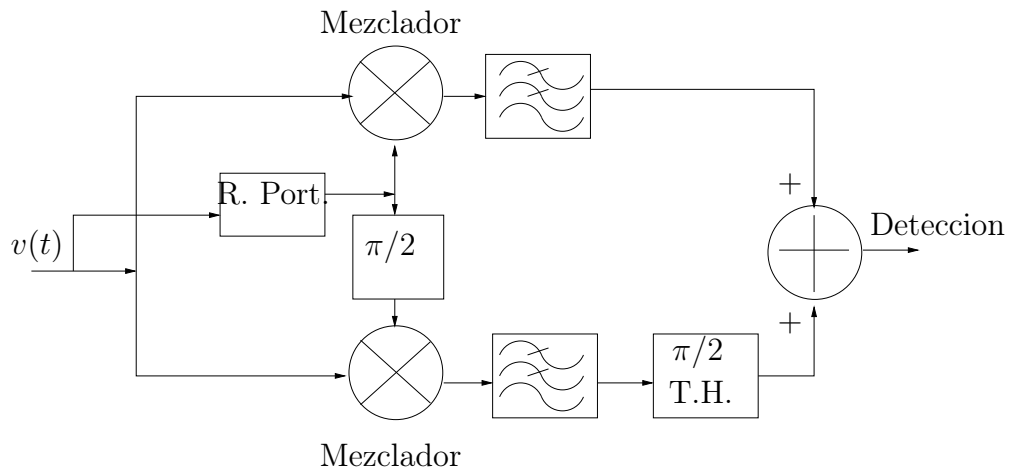


Figura 2: Detector BLU con eliminación de banda imagen.

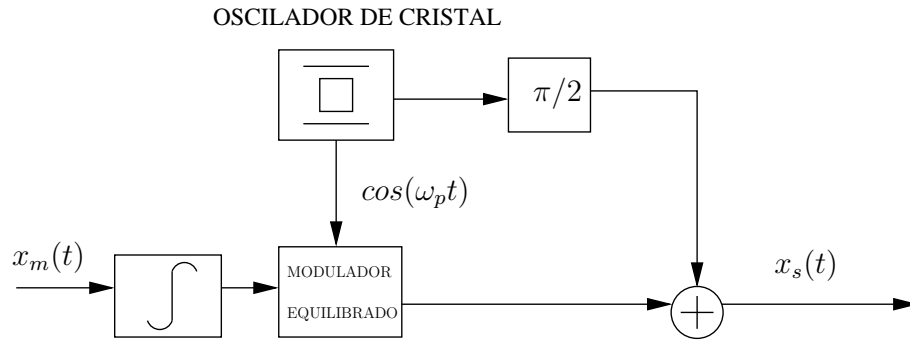


Figura 3: Modulador de FM.

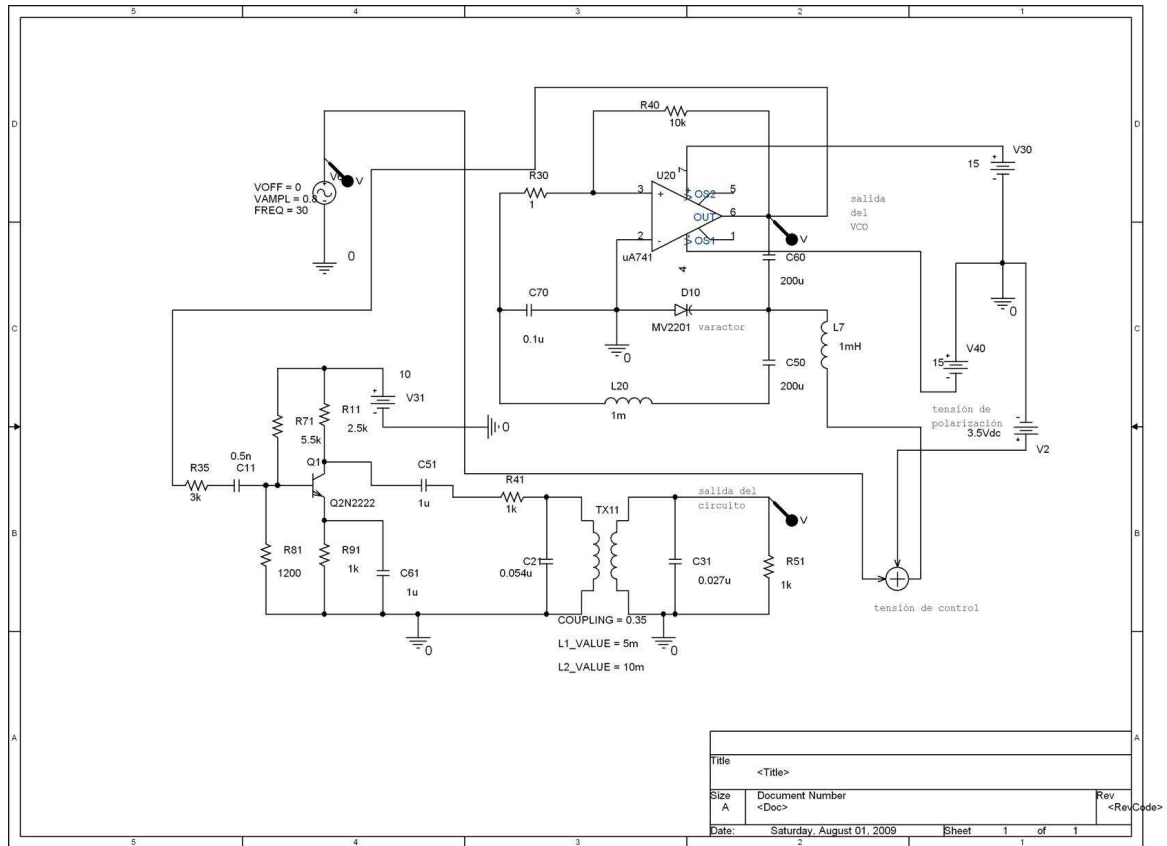


Figura 4: Esquema del circuito de partida del problema.

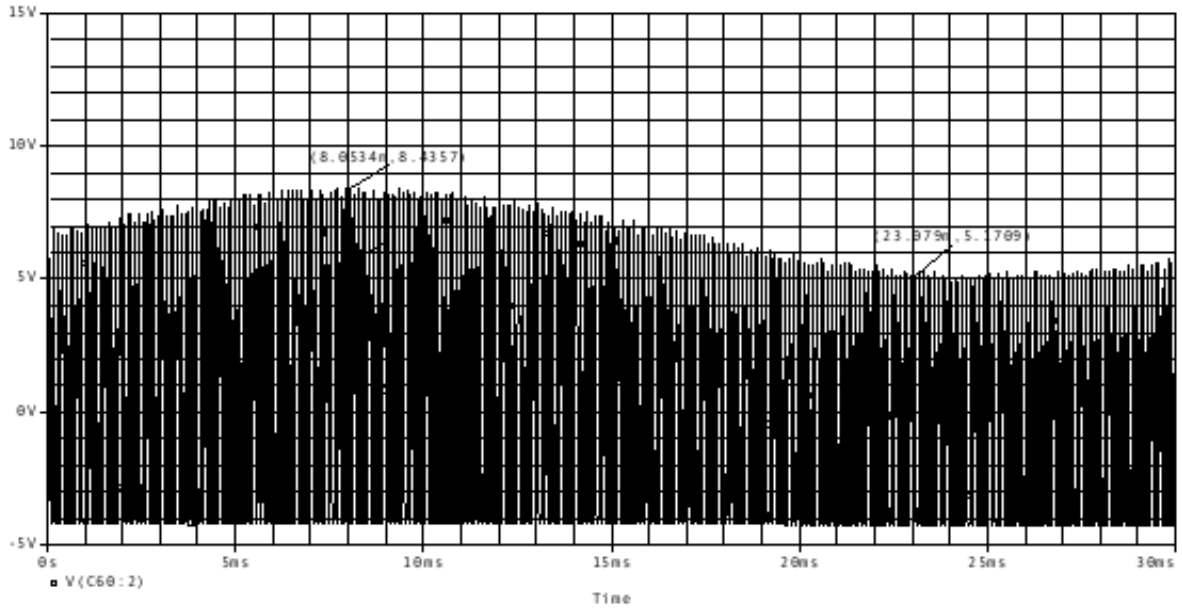


Figura 5: Señal de salida del VCO.

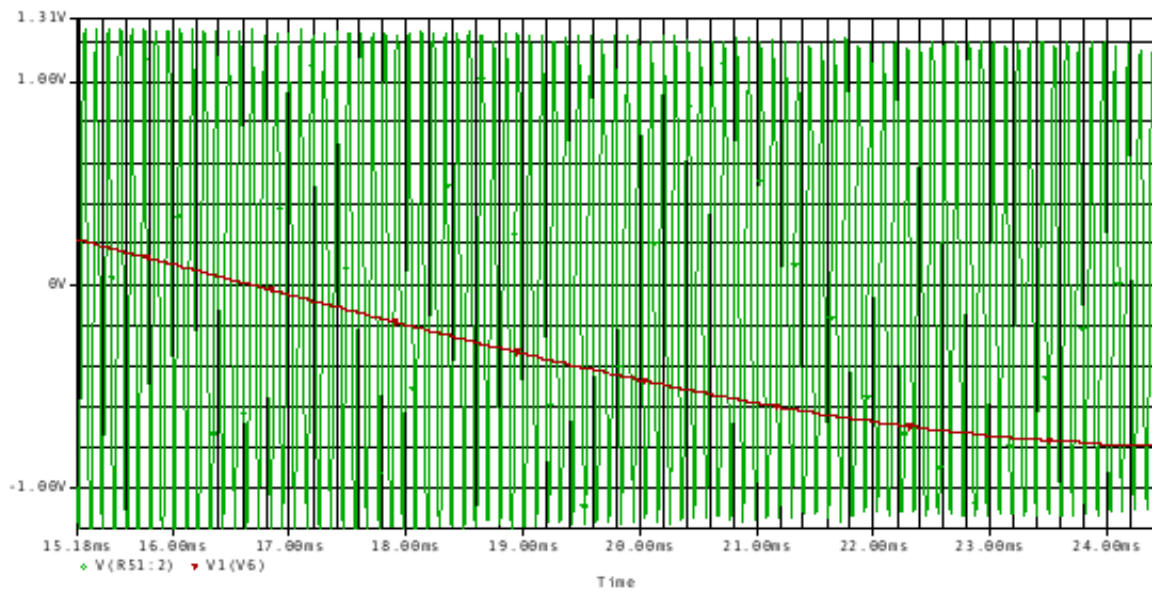


Figura 6: Señal de salida del circuito.