



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA**  
**TITULACIÓN: INGENIERO DE TELECOMUNICACIÓN**

**LABORATORIO DE COMUNICACIONES (3<sup>er</sup> CURSO)**

Examen final: 29 de Enero de 2008

*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)

Considere el circuito modulador balanceado de la Figura 1. Se pide:

- 1) **(1,5 puntos)** Analice el circuito mediante su modelo equivalente y demuestre que la señal de salida se trata de una modulación DBL. Asuma que los diodos son dispositivos de ley cuadrática  $i_d(t) = a_0 + a_1 v_d(t) + a_2 v_d^2(t)$ . ¿De qué otra forma puede obtener una modulación DBL mediante el uso de elementos activos?.
- 2) **(0,5 puntos)** Dibuje el espectro de salida de la señal si se tiene una frecuencia de portadora  $f_p = 100\text{KHz}$ , y como señal moduladora un tono de baja frecuencia  $f_m = 10\text{KHz}$ . ¿Cómo podría obtener una modulación de tipo AM?.
- 3) **(0,5 puntos)** Para limpiar la señal de salida de armónicos y componentes indeseadas se utiliza un filtro paso banda de tipo  $LC$ . Dibuje el esquema del filtro resultante y calcule el valor de  $L$  con  $C = 120\text{pF}$ .
- 4) **(1,0 puntos)** Para generar las señales portadoras se pueden emplear osciladores en base a amplificadores operacionales. Dibuje los esquemas de los osciladores que conozca de este tipo y explique el principio de funcionamiento indicando cómo puede controlar la frecuencia de oscilación.

**Problema 2** (3,0 puntos)

En relación al proceso de demodulación FM:

- 1) **(0,75 puntos)** Explique la base teoría de los discriminadores de FM. ¿Qué diferencias existen entre los basados en derivación en frecuencia y en el tiempo?. Diga cuáles son las ventajas e inconvenientes de cada tipo.
- 2) **(0,5 puntos)** Describa el funcionamiento del discriminador por derivada en el tiempo Foster-Seely de la Figura 2. Identifique la función de cada una de sus partes.
- 3) **(0,5 puntos)** Dibuje los diagramas fasoriales entre los puntos A-C y B-C, suponiendo que no existe señal moduladora, y se tiene una portadora a  $f_p = 200\text{KHz}$  (frecuencia de sintonía del circuito). Repita la misma operación para una portadora de valor  $f_p = 170\text{KHz}$  y  $f_p = 230\text{KHz}$ . Represente en cada caso la tensión de salida  $V_{sal}$ .



- 4) **(0,5 puntos)** Para una señal moduladora constituida por un tono de frecuencia  $f_m = 5\text{ KHz}$ , represente las señales en los puntos A, B, D y E, y la evolución de la tensión de salida  $V_{sal}$ .
- 5) **(0,75 puntos)** ¿Cómo implementaría un discriminador de sintonía escalonada que realice la misma función?. Dibuje el esquema resultante.

### Problema 3 (3,5 puntos)

Partiendo de la Figura 3 adjunta (considerando el coeficiente de amortiguamiento igual a  $\xi = 5$  y la pulsación propia igual a  $\omega_n = 1200$ ; y que el bloque de Laplace dentro de la figura es  $\frac{1+0,0083s}{0,0083s}$ ), conteste a las siguientes cuestiones:

- 1) **(0,75 puntos)** Considerando que Figura 4(a) es la salida del amplificador operacional de la Figura 3:
  - Explique qué información está transmitiéndose.
  - ¿Qué parámetro es el que nos interesa de la citada señal?.
  - ¿Es necesario hacer algún tipo de modificación sobre la señal?.
- 2) **(0,5 puntos)** En base a la Figura 3:
  - Transforme el bloque de Laplace en elementos discretos.
  - Elimine los elementos que sean necesarios para convertir el circuito de la Figura 3 en un modulador de FM, indicando los bloques básicos de que consta.
- 3) **(0,5 puntos)** Si el generador de frecuencia que hace de fuente transmisora fuera un generador de frecuencia del tipo rampa,
  - ¿Qué efectos son previsibles que sucedan? (demuestrelo matemáticamente)
  - ¿Habría que hacer alguna consideración para conseguir un enganche cercano a lo considerado perfecto? (En caso afirmativo diga cuál sería y haga una demostración matemática).
- 4) **(0,75 puntos)** Si disponemos de las señales representadas en la Figura 4, sabiendo que son las medidas obtenidas en los marcadores situados a la entrada del multiplicador:
  - Explique de qué señales se trata.
  - Considerando que ha transcurrido suficiente tiempo como para haber estabilizado el sistema, ¿se puede considerar conseguido el enganche? (Explíquelo usando la Figura 4, y realizando una demostración matemática).
- 5) **(1 punto)** Considerando que un VCO está compuesto básicamente por los siguientes bloques: un amplificador, una reactancia variable y un oscilador; identifique cada uno de estos bloques en la Figura 3, indicando que tipo de oscilador se está usando.

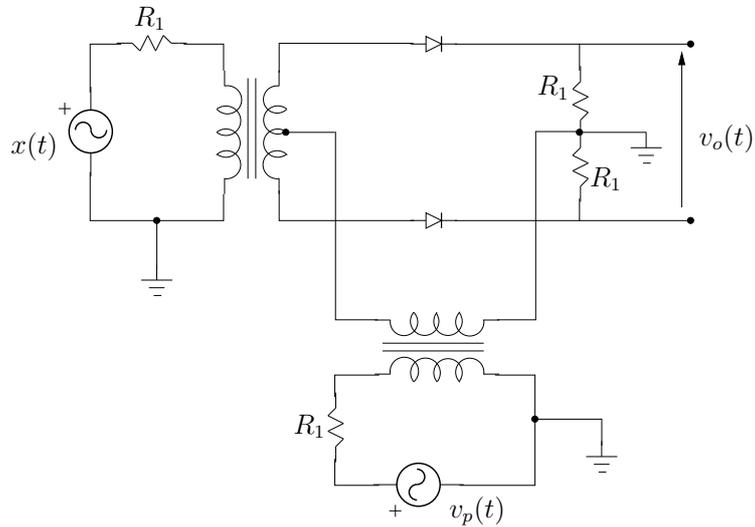


Figura 1: Modulador balanceado.

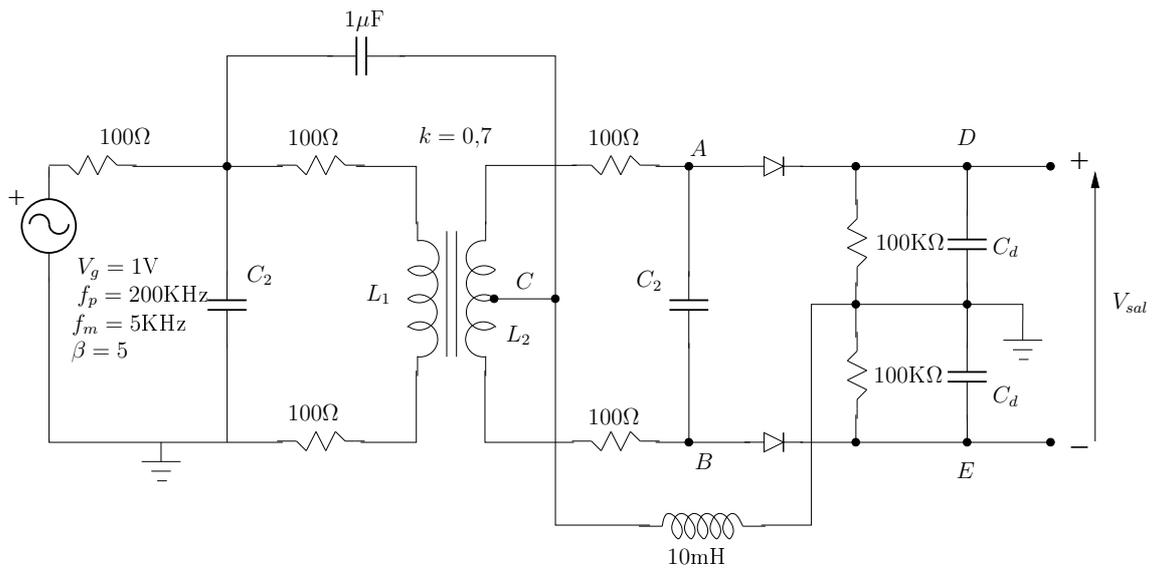


Figura 2: Esquema del discriminador de Foster-Seeley.

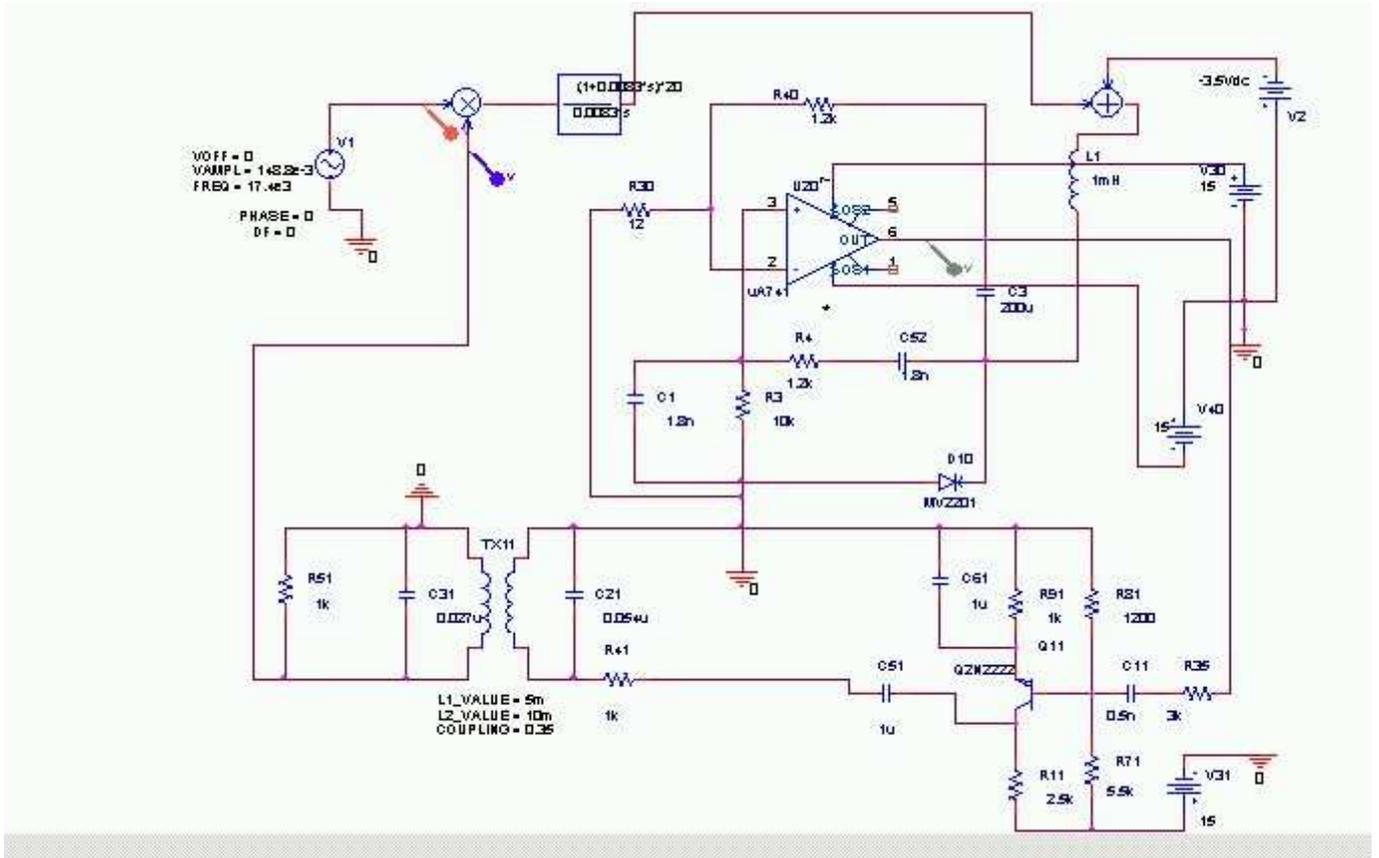
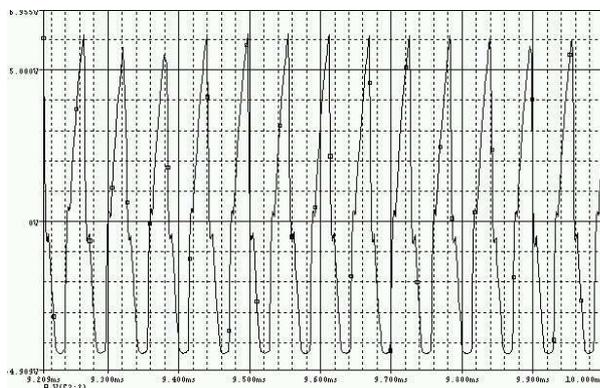
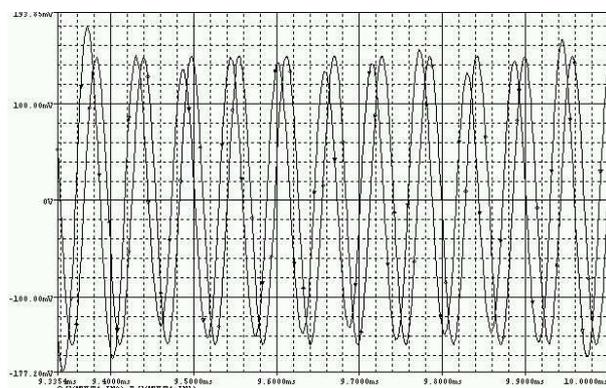


Figura 3: Implementación práctica de un PLL



(a) Señal de salida del amplificador operacional



(b) Señales a la entrada del multiplicador

Figura 4: Señales en el PLL