



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA
TITULACIÓN: INGENIERO DE TELECOMUNICACIÓN

LABORATORIO DE COMUNICACIONES (3^{er} CURSO)

Examen final: 30 de Enero de 2007

Profesores: Jorge Larrey, Pedro Vera Castejón 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 (3,0 puntos)

- 1) (2 puntos) Considere la señal AM $y(t)$ que aparece en la figura Figura 1. Asuma que la moduladora es un tono y se encuentra normalizada ($\max[x(t)] = 1$). Se pide:

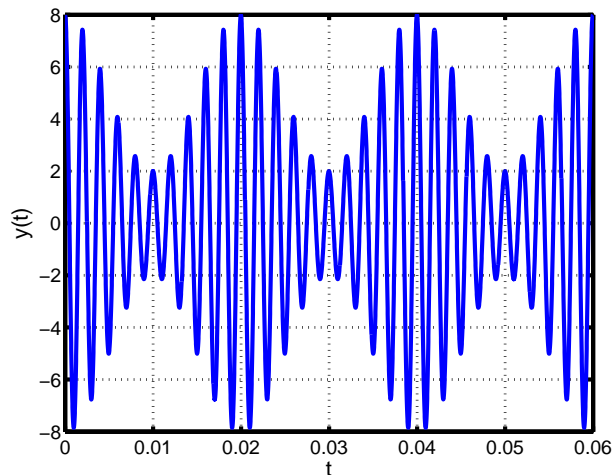


Figura 1: Señal AM $y(t)$.

- Escriba la expresión matemática de la modulación anterior, especificando el valor del índice de modulación m , la frecuencia de la portadora ω_p , la frecuencia de la moduladora ω_m y la amplitud de la señal A .
- Represente la señal $y(t)$ en frecuencia ($Y(j\omega)$).
- Calcule la relación η entre la potencia correspondiente a la moduladora y la potencia total de la modulación.
- Dibuje la señal AM $y(t)$ si $m = 1$ y $m = 1,5$ tanto en tiempo como en frecuencia. Asimismo, calcule la relación η en estos casos.
- Diseñe un detector de envolvente apropiado, especificando los valores de R y C , para poder obtener la moduladora de $y(t)$.



- 2) (1 punto) Explique el funcionamiento de un modulador AM basado en amplificador diferencial y espejo de corriente. Dibuje el esquema.

Problema 2 (3,5 puntos)

- 1) (1 punto) Comente la función que desempeñan cada una de las partes del circuito comercial de la Figura 2.
- 2) (2.5 puntos) Se tiene una modulación FM dada por la señal:

$$y(t) = \cos \left[\omega_0 t + 2\pi \Delta f \int_0^t m(x) dx \right] \quad (1)$$

tomando una señal moduladora sinusoidal, de la forma: $m(t) = A \cos(\omega_m t)$, encuentre el índice de modulación sabiendo que la amplitud de la moduladora es $A = 1V$, su frecuencia es $f_m = 100KHz$, y la sensibilidad del modulador de FM es $\Delta f = 10Hz/mV$. Compruebe si la modulación FM es de banda estrecha.

- Demuestre para la señal anterior que su espectro se aproxima a una modulación AM. ¿Qué diferencias observa entre la señal obtenida y una modulación AM tradicional?. ¿Cuál es el índice de modulación en la modulación AM equivalente?.
- Usando la regla de Carson, calcule el ancho de banda útil de la señal.
- La señal pasa por un triplicador ideal: $s(t) = y^3(t)$. Encuentre la señal que se obtiene a la salida del triplicador. ¿Cuál es la señal fundamental, y qué armónicos genera?. ¿Qué podría hacer para limpiar la señal?.
- Encuentre el índice de modulación de la señal fundamental a la frecuencia triple. Calcule el ancho de banda de la nueva señal. ¿Con qué factor se ha ensanchado la banda con respecto de la señal $y(t)$?

Problema 3 (3,5 puntos)

Partiendo de la Figura 3 y suponiendo que la fuente V1 es un tono de frecuencia 9,667 KHz, que representa la señal radiada desde el transmisor, conteste a las siguientes cuestiones:

- 1) (0,5 puntos) Calcule la frecuencia que debemos eliminar después de pasar por el detector, y el valor por el que será atenuada dicha frecuencia tras pasar por el filtro.
- 2) (1 punto) Suponiendo que la constante de lazo del PLL vale 1 y sustituyendo el filtro RC por un lead-lag activo de pulsación propia $\omega_n = 64$ y coeficiente de amortiguamiento $\xi = 5$:
- Dibuje los elementos que componen el nuevo filtro y obtenga la función de transferencia del PLL.
 - Si el condensador que forma parte del nuevo filtro vale 1 nF calcule el valor que toman el resto de elementos del filtro.

- Calcule la señal de error que generaría el PLL ante una variación del tipo rampa en la frecuencia de la señal recibida, interpretando lo que se obtendría en el caso de que dejásemos funcionar al PLL durante un tiempo lo suficientemente grande como para considerarlo infinito.
- 3) Determine sobre el circuito de la Figura 3 qué elementos componen el VCO y diga cuál de esos elementos se considera clave para generar variaciones en la frecuencia de salida del VCO en función de la tensión de entrada introducida al VCO.

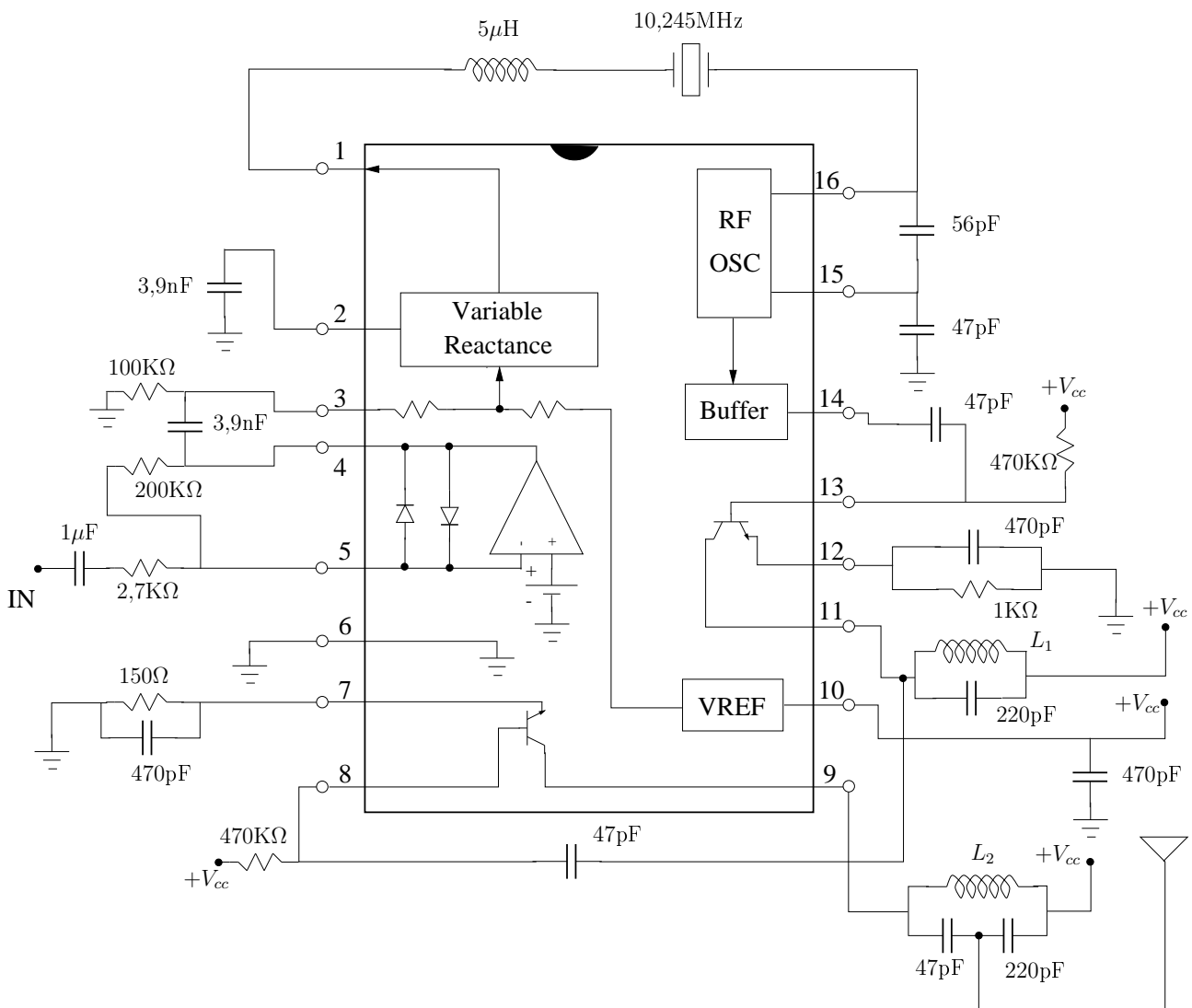


Figura 2: Esquema eléctrico final del modulador FM comercial

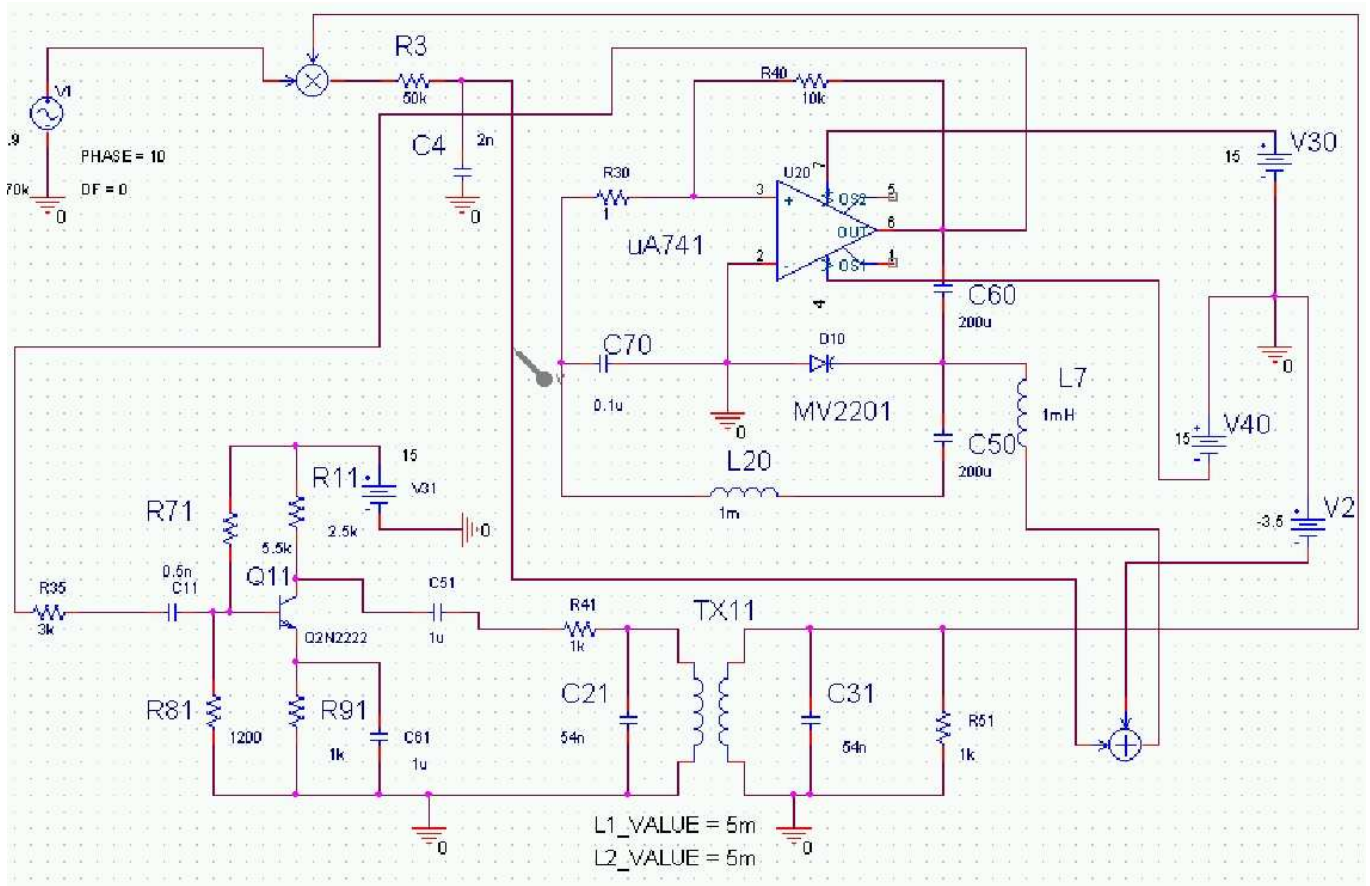


Figura 3: Implementación práctica de un PLL