



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

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

Examen final: 4 de Septiembre de 2009

*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 representado utilizando el programa PSPICE de la Figura 1.

- 1) **(0,75 puntos)** Diga cuál la función del circuito. Asimismo represente su circuito equivalente y obtenga la tensión diferencial de salida entre  $V^+$  y  $V^-$ . Tenga en cuenta que los diodos son dispositivos de ley cuadrática. Represente el espectro de la señal de salida. ¿Cómo han de ser los transformadores TX1 y TX2? ¿Qué señal se obtiene a la salida si se cambia el signo del acoplo mutuo de una de las dos mitades del bobinado correspondiente a TX1 y TX2.
- 2) **(0,5 puntos)** Diseñe un filtro paso banda de tipo LC con  $L = 21 \text{ mH}$  para obtener la señal de la modulación deseada. Dibuje el esquema del circuito resultante ¿Cómo puede controlar el ancho de banda del filtro?
- 3) **(0,25 puntos)** ¿Qué sucede con la señal a la salida del circuito si se hace que  $R_2 \neq R_3$ ? Dibuje de forma cualitativa el espectro resultante.
- 4) **(0,5 puntos)** Dibuje y explique el esquema de un modulador de amplitud en banda lateral única superior (BLUS) empleando la transformada de Hilbert.
- 5) **(0,5 puntos)** Se modula con un circuito basado en la transformada de Hilbert un tren de pulsos rectangulares. Dibuje el espectro del tren de pulsos. ¿Es posible modular directamente esta señal? En caso contrario, diga qué tiene que hacer previamente.
- 6) **(0,5 puntos)** Dibuje de forma cualitativa el espectro de la señal modulada en BLUS. ¿Qué está sucediendo si se tiene un espectro como el de la Figura 2?
- 7) **(0,5 puntos)** ¿Qué tipo de detector ha de utilizar para recuperar la señal de información del tren de pulsos? ¿Qué está sucediendo si a la salida del detector obtiene una señal como la de la Figura 3?

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

Sea el esquema de un modulador comercial de FM como el representado en la Figura 4,



1. **(0,75 puntos)** Descomponga el circuito en bloques funcionales y diga cuál es la función de cada uno de ellos.
2. **(0,75 puntos)** En la Figura 5 se representa un esquema correspondiente al primer triplicador del circuito de FM comercial, donde la salida de éste se ha modelado por una resistencia de carga  $R_L$ . Diga cuál es la función de cada uno de los componentes. ¿En qué régimen ha de funcionar el transistor para comportarse como triplicador?
3. **(0,75 puntos)** Represente el modelo de pequeña señal del anterior circuito. Calcule la impedancia de salida. ¿En que influye el valor de la carga  $R_L$ ?
4. **(0,75 puntos)** Si a la entrada del triplicador se tiene una señal de FM de frecuencia  $f_p = 10$  MHz e índice de modulación  $\beta = 0,5$ , diga como han de ser los valores de L y C para tener a la salida una señal FM de frecuencia  $f_p = 30$  MHz. Escriba la expresión de la modulación FM a la entrada y a la salida del triplicador. ¿Qué le ha sucedido al ancho de banda de la modulación? (Aplique la regla Carson)

### Problema 3 (3,5 puntos)

En este problema se estudiará circuito práctico basado en un PLL. Partiendo de la Figura 6 adjunta contestar a las siguientes cuestiones:

- 1) **(0,81 puntos)** Diga a qué tipo de modulación o demodulación pertenece la salida que tenemos en el circuito de la Figura 6.
- 2) **(0,81 puntos)** Si se analiza la señal de salida del VCO (ver la Figura 7, parte inferior),
  - ¿Qué podríamos decir que sucede con dicha señal (parte de abajo), si la comparamos con la señal senoidal procedente de V6 (parte de arriba)?
  - ¿El efecto observado es necesario para la señal de salida (justifíquelo)?
  - ¿Qué elementos sería necesario utilizar para eliminarlo en caso de que fuese necesario?
- 3) **(0,53 puntos)** Analizando la Figura 8 (parte de arriba correspondiente señal tras el condensador C51, parte de abajo correspondiente a la salida del VCO), ¿qué efecto beneficioso se ha conseguido tras pasar por el transistor del circuito, y qué efecto pernicioso se ha generado?
- 4) **(0,27 puntos)** Explique brevemente la función del diodo varactor, diciendo qué lo controla.
- 5) **(0,27 puntos)** Si comparamos en dos periodos distintos la señal de salida con respecto a la entrada, obtenemos que cuando la señal de entrada es máxima el periodo de la señal de salida es de 100,622 microsegundos, mientras que cuando es mínima el periodo de la señal de salida vale 105,73 microsegundos ¿qué se puede decir sobre este comportamiento?
- 6) **(0,81 puntos)** Si analizamos el espectro de la señal de salida del circuito (VR51) y de la señal de VCO (VR40) (ver la Figura 9), ¿qué podemos decir del comportamiento continuo de las señales representadas y qué efectos se han producido entre una y otra, y si existe alguna relación con la señal de entrada? ¿Podríamos deducir de forma aproximada cuál es el valor de la frecuencia portadora, viendo simplemente la gráfica?

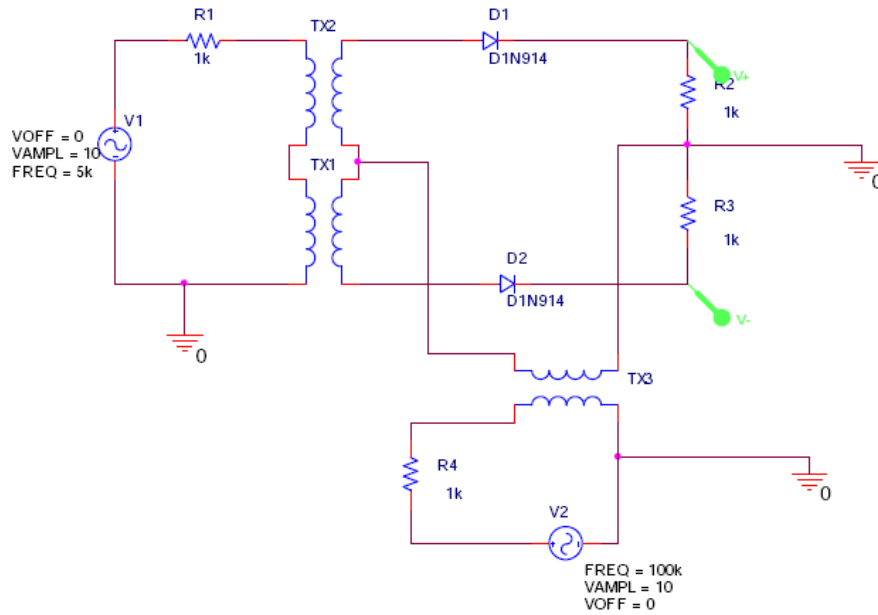


Figura 1: Esquema de un circuito con PSPICE.

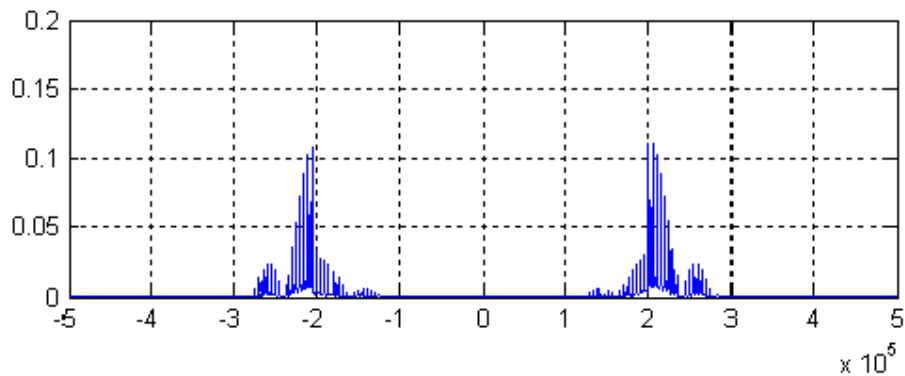


Figura 2: Espectro de un tren de pulsos rectangulares tras pasar por un modulador BLUS con transformada de Hilbert al que le ocurre algún problema.

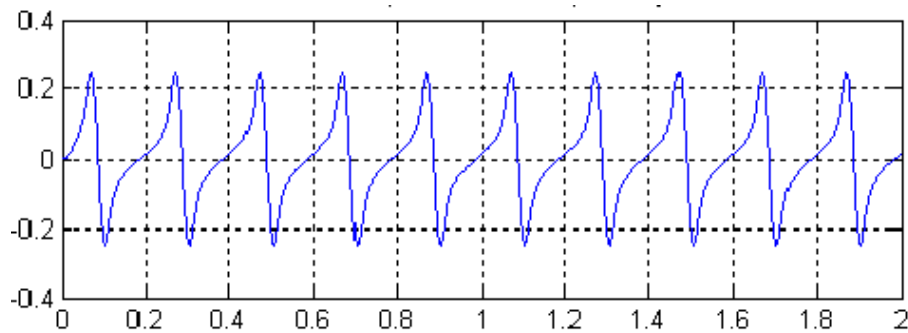
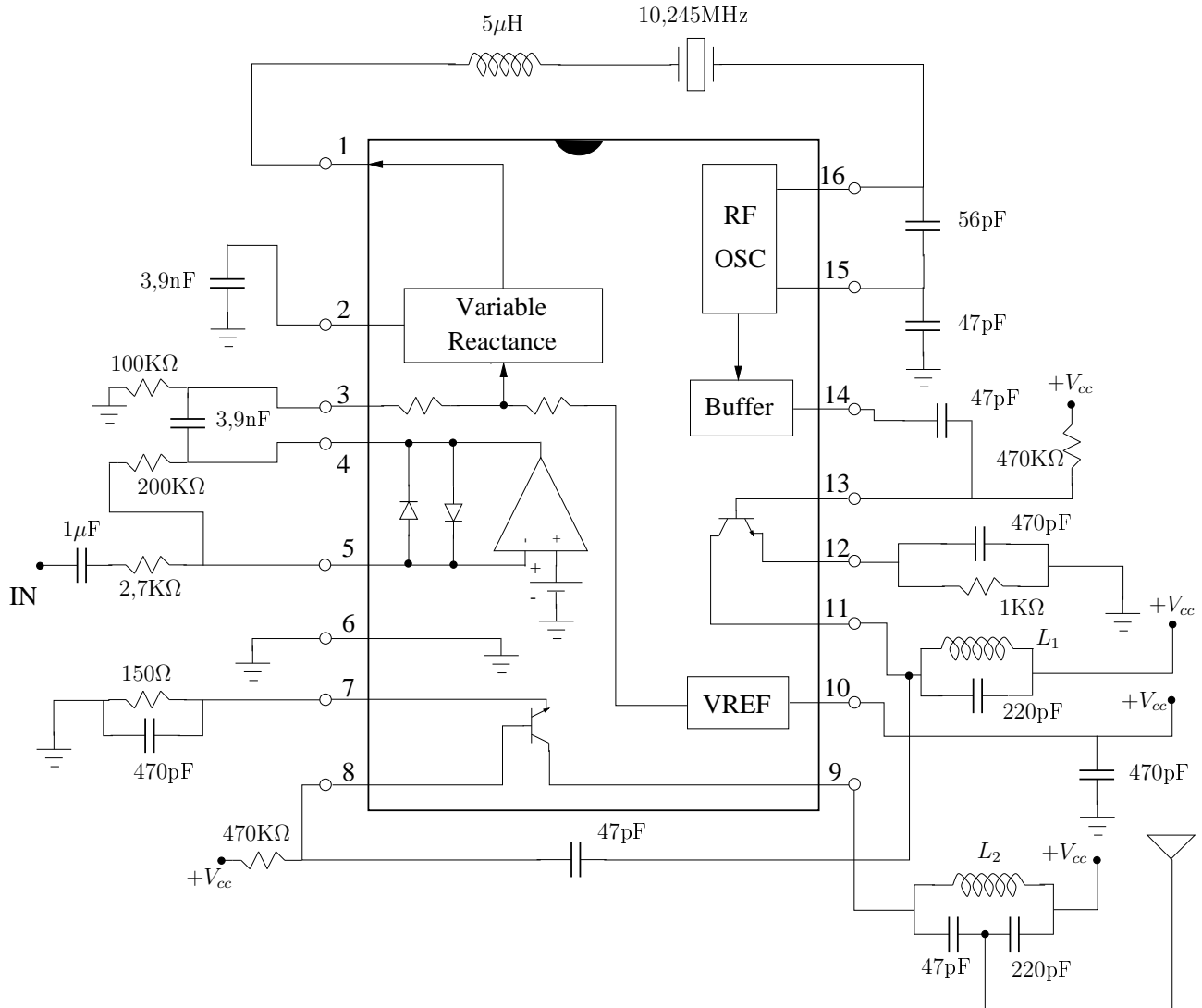
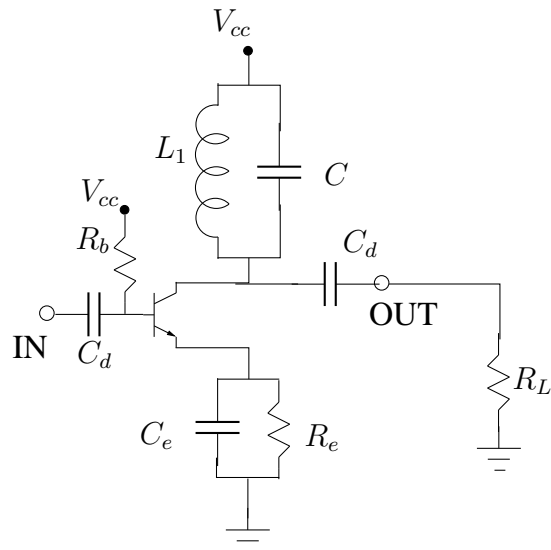


Figura 3: Señal a la salida de un demodulador no ideal correspondiente a un tren de pulsos rectangulares.

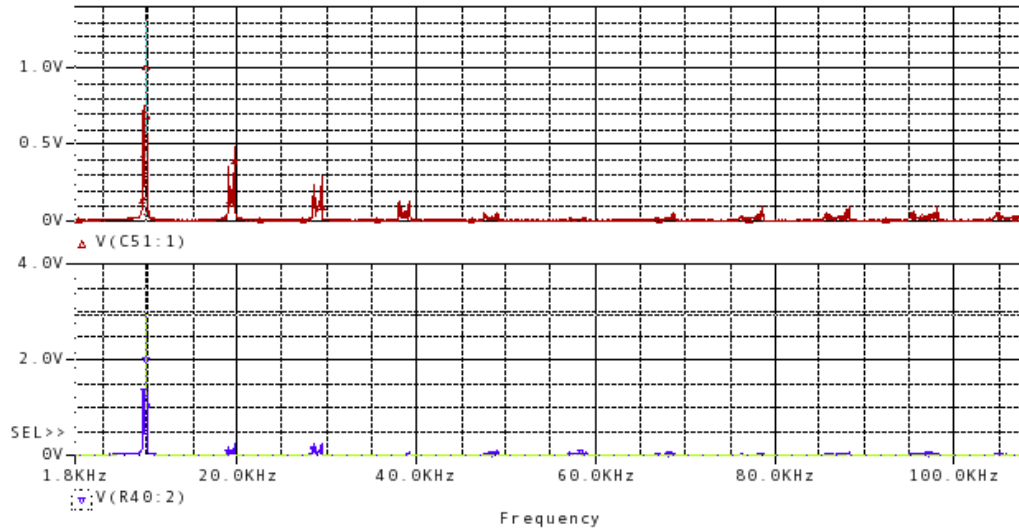


**Figura 4:** Esquema eléctrico final del modulador FM comercial.

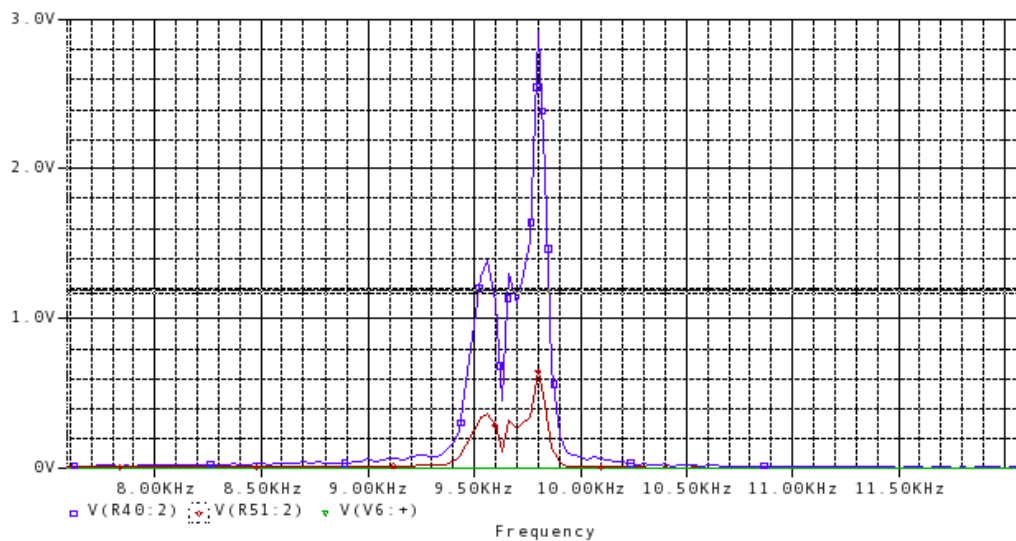


**Figura 5:** Esquema eléctrico del triplicador.





**Figura 8:** Espectro de la señal a la salida del VCO (parte inferior) y espectro de la señal tras el condensador C51 (parte superior).



**Figura 9:** Detalle del espectro a la salida del VCO (VR40) y a la salida del circuito (VR51).