



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

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

Examen final: 26 de Enero 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** (3,0 puntos)

Una de las posibles formas de realizar una modulación en Banda Lateral Única (BLU) es la utilización de modulador de tipo Weaver (ver la Figura 1). Para una señal moduladora  $x_m(t) = \cos 2\pi f_m t$  con  $f_m < W$ :

- 1) **(1,0 puntos)** Demuestre matemáticamente que a la salida se obtiene una señal  $x_o(t)$  modulada en banda lateral única.
- 2) **(0,75 puntos)** Dibuje el espectro de la señal en los puntos  $A_1, A_2, B_1, B_2, C_1, C_2$  y  $D$ .
- 3) **(0,75 puntos)** Empleando la transformada de Hilbert implemente un modulador que realice la misma función. Justifique matemáticamente el resultado.
- 4) **(0,5 puntos)** Diseñe un demodulador para recuperar la información contenida en  $x_o(t)$ . ¿Qué sucede si se producen errores de fase respecto a la señal portadora en el proceso de demodulación? (justifique matemáticamente el resultado)

**Problema 2** (3,5 puntos)

En la Figura 2 tenemos un modulador de fase basado en circuito resonante. Para el citado circuito responda a las siguientes cuestiones:

- 1) **(0,75 puntos)** Indique para se utiliza el oscilador a cristal, el condensador  $C_d$  y la bobina  $L$ , y la bobina  $L_2$  y el condensador  $C$ .
- 2) **(0,75 puntos)** Dibuje el modelo de pequeña señal del circuito (tenga en cuenta que los  $L_2$  y  $C$  no afectan a las frecuencias utilizadas para el análisis en este modelo).
- 3) **(0,75 puntos)** Calcule el fasor de la tensión de salida  $V_o$  en función de la tensión de entrada  $V_i$ .
- 4) **(0,75 puntos)** Definiendo  $\omega_0^2 = \frac{1}{C_d}$  y  $Q = R\omega_p C_d$ , podemos escribir el fasor de la tensión de salida  $V_o$  en función de la entrada como:

$$V_o = -g_m V_i \frac{R}{1 + j2Q \frac{\Delta f}{\omega_p}}$$



La desviación de frecuencia es proporcional a la señal moduladora  $\Delta f = KV_m$ , donde  $K$  es una constante. Se cumple que  $2Q\frac{\Delta f}{\omega_p} \ll 1$ . Teniendo en cuenta esta condición, encuentre la expresión final en el tiempo de la señal de salida modulada  $V_o$ . ¿Qué implica la anterior condición?

- 5) **(0,5 puntos)** ¿Qué tendría que hacer para obtener una modulación en frecuencia? ¿Y para aumentar la excursión en frecuencia?

### Problema 3 (3,5 puntos)

Basándonos en la Figura 3 (señal modulada y demodulada):

- 1) **(1,0 punto)** Considere que la señal modulada ha sido generada empleando como moduladora una señal que codifica los bits de valor 0 con un nivel eléctrico igual a  $72 mV_{pp}$  y los bits de valor 1 con un nivel igual a  $1,38 V_{pp}$ .
  - ¿Qué modulación podríamos asociar a dicha representación?
  - ¿Qué secuencia de información se está transmitiendo?
- 2) **(0,75 puntos)** Observamos que existe un pequeño desfase entre la señal detectada y la modulada.
  - ¿Podría deberse al filtro empleado en la detección?
  - Y en caso que fuese así, ¿podríamos sustituirlo por otro más adecuado, según lo visto en teoría?
  - ¿Qué elementos quedarían sustituidos dentro del circuito de la Figura 4, según haya sido la respuesta escogida anteriormente?
- 3) **(1,0 puntos)** El circuito que vemos en la Figura 4 utiliza un PLL.
  - Delimítelo dentro de este circuito (marcándolo con una línea cerrada), así como el resto de bloques que componen el circuito.
  - ¿Qué representa todo este conjunto de bloques?
- 4) **(0,75 puntos)** A la vista de la Figura 5, que corresponde a la medida hecha sobre el condensador C1 del circuito de la Figura 4, comente:
  - ¿Qué significa el tono de 20 Hz?
  - ¿Qué significa el tono de 40 Hz?



Relaciones trigonométricas útiles:

$$\sin(\alpha + \beta) = \sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta$$

$$\sin(\alpha - \beta) = \sin \alpha \cos \beta - \cos \alpha \sin \beta$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta$$

$$\cos(\alpha - \beta) = \cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta$$

$$\cos \alpha \cos \beta = \frac{\cos(\alpha - \beta) + \cos(\alpha + \beta)}{2}$$

$$\sin \alpha \sin \beta = \frac{\cos(\alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta)}{2}$$

$$\cos \alpha \sin \beta = \frac{\sin(\alpha + \beta) - \sin(\alpha - \beta)}{2}$$

$$\sin \alpha \cos \beta = \frac{\sin(\alpha + \beta) + \sin(\alpha - \beta)}{2}$$

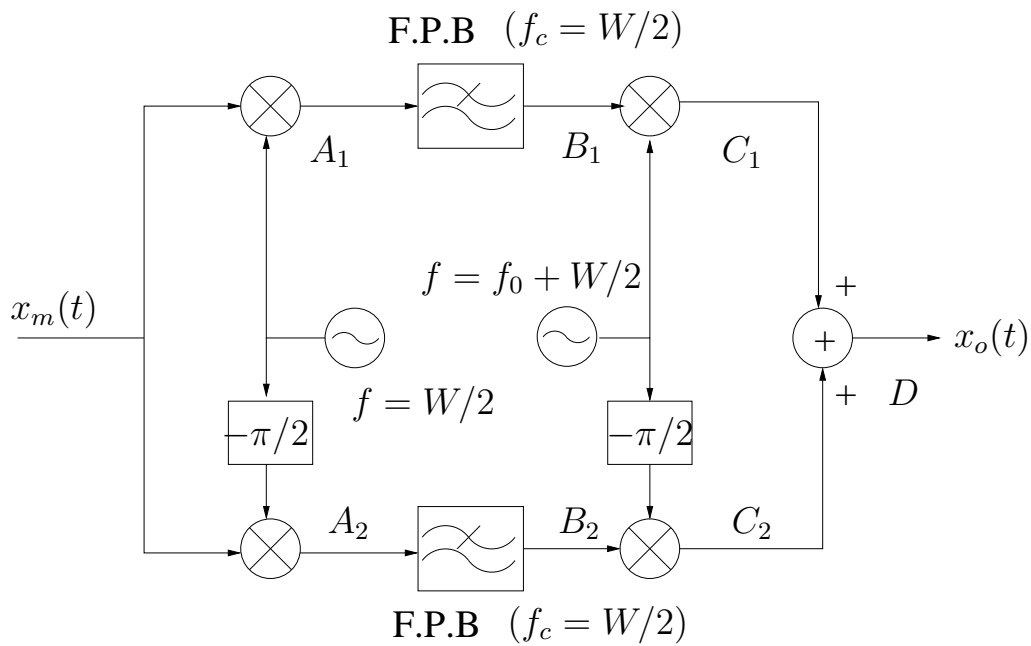


Figura 1: Modulador en banda lateral única de tipo Weaver.

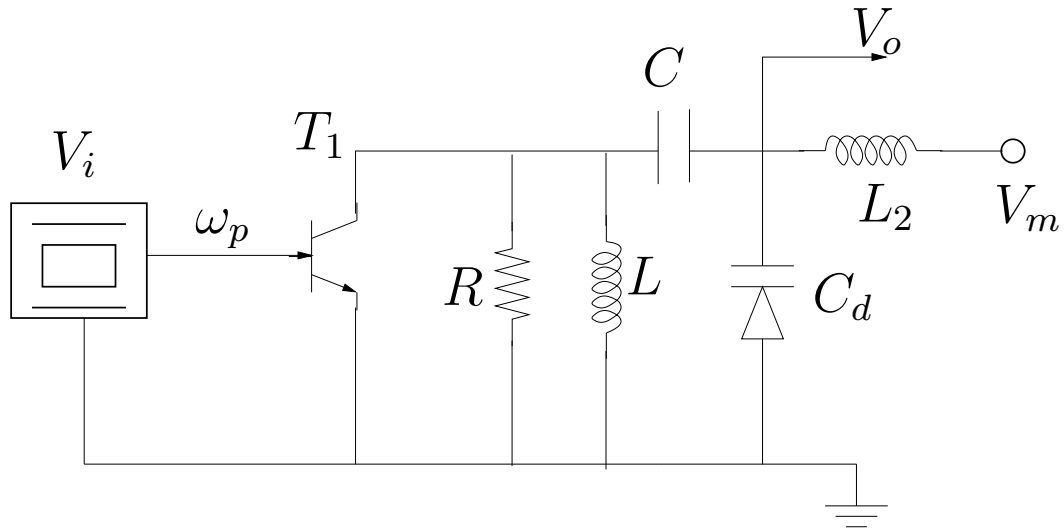


Figura 2: Modulador de fase con circuito resonante.

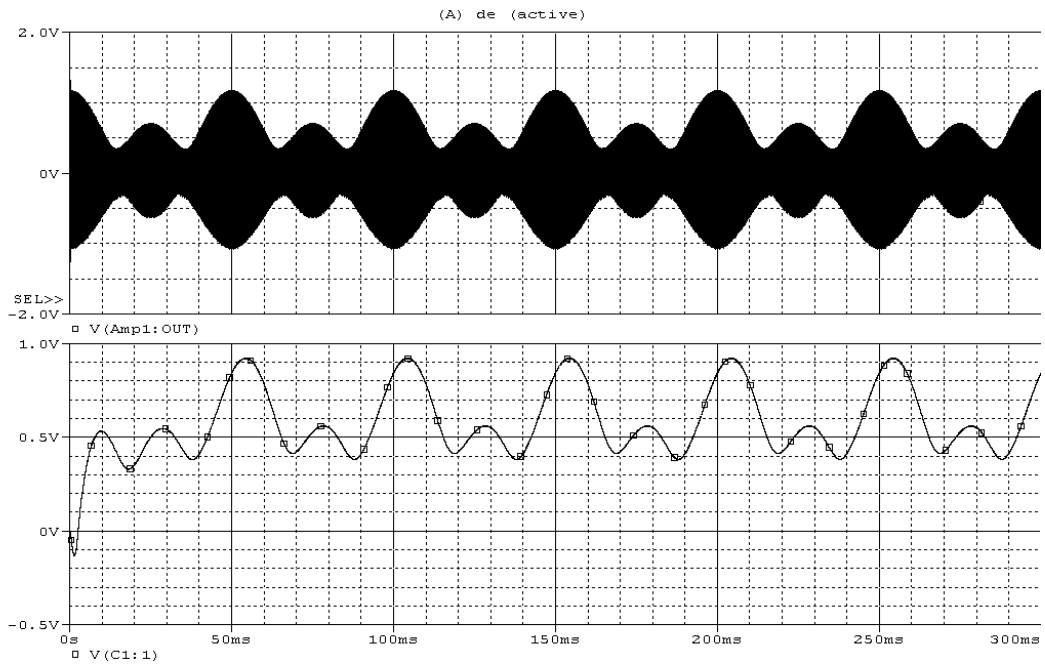


Figura 3: Señal modulada y demodulada.

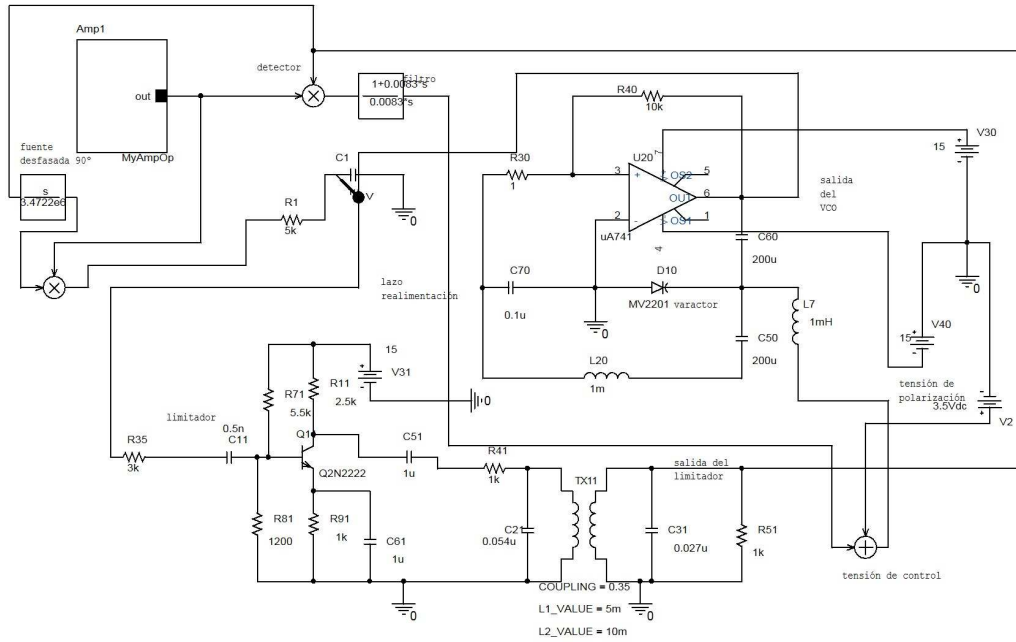


Figura 4: Esquema de un PLL.

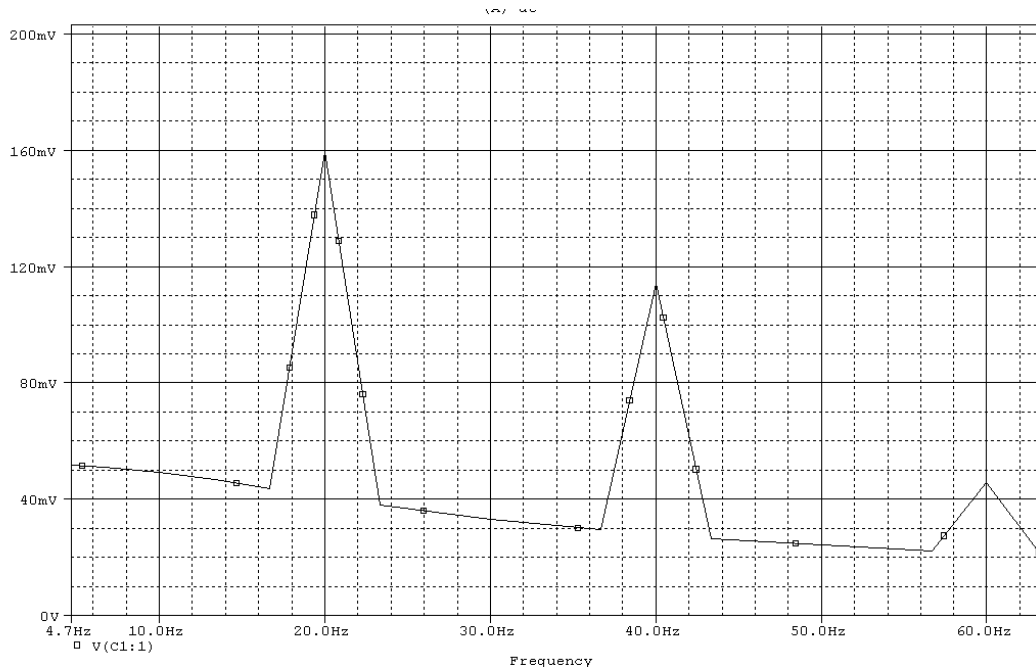


Figura 5: Señal medida sobre el condensador C1 del circuito de la Figura 4.