

SOFTWARE PARA BUCLES DE ENGANCHE DE FASE

Mora F., Palau C., Boria V., Fernández J., Arnau A.

Universidad Politécnica de Valencia
E.T.S.I. Telecomunicaciones
Dpto. Ing. Electrónica
Camino de Vera S/N 46022 Valencia

Tfno: (96) 3877600
Fax: (96) 3877609
e-mail: fmora@etsit.upv.es

RESUMEN

La idea de la presente comunicación es presentar un programa de simulación de circuitos electrónicos, concretamente de bucles de enganche de fase (PLL). Estos dispositivos electrónicos se caracterizan por generar una señal de salida a partir de una señal de referencia de entrada.

El programa expuesto a continuación permite al profesor una mejor explicación de los contenidos teóricos de los PLL's, enfatizar detalles e ilustrar los contenidos de la lección. Dicho programa se está utilizando dentro de la asignatura "Diseño de Circuitos Electrónicos" que se imparte en el cuarto curso de la ETSIT de Valencia. El programa de simulación resulta de fácil manejo y aprendizaje rápido y permite mostrar casi instantáneamente las prestaciones del PLL.

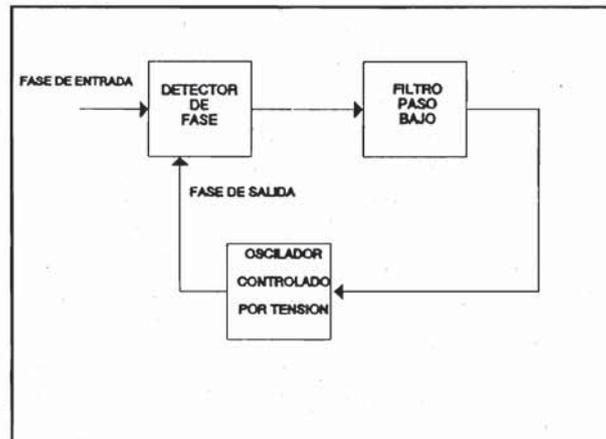
1.- INTRODUCCIÓN

En la figura 1 mostramos el diagrama de bloques de un PLL. Se trata de un sistema realimentado formado por tres dispositivos.

El primero de ellos es el *detector de fase*. Se trata de un dispositivo que, en el caso ideal, proporciona una tensión de salida proporcional a la diferencia entre las fases de las dos señales presentes a la entrada, que en el caso de un PLL son la señal de referencia (V_R) y la propia señal de salida (V_S), ambas periódicas o al menos pseudoperiódicas.

La tensión de salida del detector de fase (V_d) pasa por un *filtro paso bajo*, cuyas misiones principales son filtrar los armónicos superiores de V_d que aparecen en la realidad y facilitar el control. La tensión de salida del filtro (V_f) sirve para controlar la frecuencia de oscilación de un *oscilador controlado por tensión* (VCO). Este proporciona la tensión de salida del PLL,

que a su vez es realimentada al detector de fase.



Figuras 1. Diagrama de bloques de un PLL.

Para entender el funcionamiento del PLL como servomecanismo electrónico, supongamos que en la situación inicial la fase de la señal de entrada es igual a la de salida (bucle enganchado). En estas condiciones, tanto la tensión de salida del detector de fase como del filtro paso bajo son nulas. Si en un instante determinado la fase de la señal de entrada aumenta, el detector de fase proporcionará una tensión positiva a su salida proporcional a la diferencia de fases entre la señal de entrada y la de salida; esta tensión, tras ser filtrada, hará que la tensión de control del VCO (V_c) sea distinta de cero lo que variará la frecuencia del VCO y con ello la fase de la señal de salida que se acercará así a la de entrada. Se produce la secuencia:

$$(\Phi_R - \Phi_S) > 0 \Rightarrow V_d > 0 \Rightarrow \uparrow f_{VCO} \Rightarrow \uparrow \Phi_S \quad [1]$$

3.- DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA

La implementación del programa se realizó utilizando ANSI C y MATLAB por su potencial en el cálculo matricial. Con esta implementación se ha logrado reducir el tiempo de cálculo de varios minutos a pocos segundos.

El simulador tiene en cuenta los principales parámetros de los distintos subsistemas que componen el bucle de enganche de fase, detector de fase, filtro, oscilador controlado por tensión y posibles multiplicadores o divisores de frecuencia.

Parámetros del simulador:

- 1) Constante "a", su valor nos fija el ancho de banda del filtro paso bajo empleado en el PLL.

- 2) Constante del VCO "K", nos indica la sensibilidad del VCO.
- 3) Frecuencia central del VCO "f₀". Nos permite observar el rango posible de frecuencias de enganche del PLL.

Prestaciones del programa:

- Permite visualizar el comportamiento del PLL para ocho posibles señales de entrada.
- Cuatro posibilidades en la elección del filtro:
 - a) Filtro paso bajo simple, cuya anchura de banda es controlable por el parámetro "a".
 - b) Filtro paso bajo especial, caracterizado por disponer de un cero en el segundo armónico de la frecuencia central de la oscilación.
 - c) Introducción de la ecuación del filtro desde el teclado.

$$y[n] = b_0 * x[n] + b_1 * x[n-1] + \dots - a_1 * y[n-1] - a_2 * y[n-2] - \dots \quad [2]$$

Este filtro se puede archivar por si se solicita para posteriores utilidades.

- d) Introducción de la ecuación desde un archivo.
- Posibilidad de visualizar la señal en distintos puntos del bucle y superponerlas en una misma gráfica.

3.- RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

Una vez conocido el funcionamiento del programa, vamos a mostrar algunos de los resultados que nos presenta el programa ante unas variaciones de fase y frecuencia en las señales de entrada.

Si aplicamos a la entrada del PLL una rampa en frecuencia, la figura 2 nos muestra en su parte superior la salida del comparador de fase y del filtro y en la parte inferior tenemos la comparación entre entrada y salida del PLL. En la gráfica se observa que a partir de un cierto valor de frecuencia el PLL no es capaz de seguir estas variaciones.

La figura 3 vemos las mismas representaciones para el caso de un salto de fase.

Los resultados de la simulación son rápidos y esto nos permite un fácil análisis de las prestaciones del PLL en función de los elementos que lo constituyen.

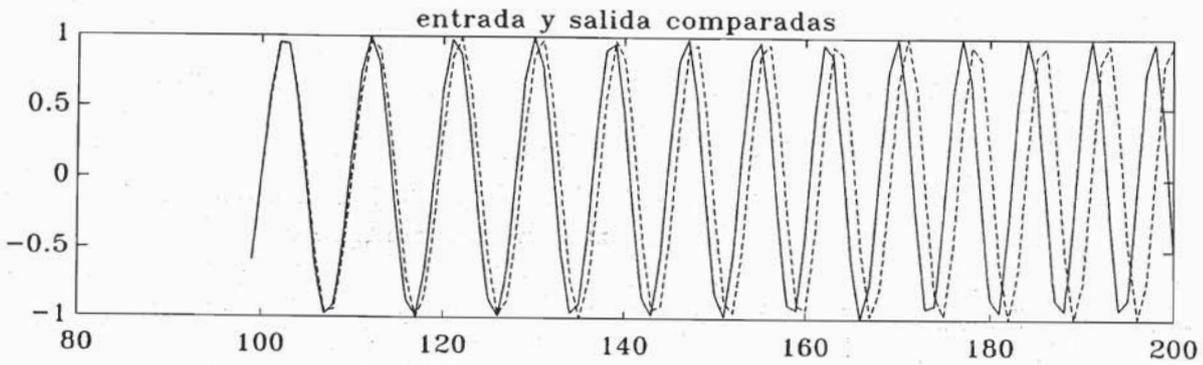
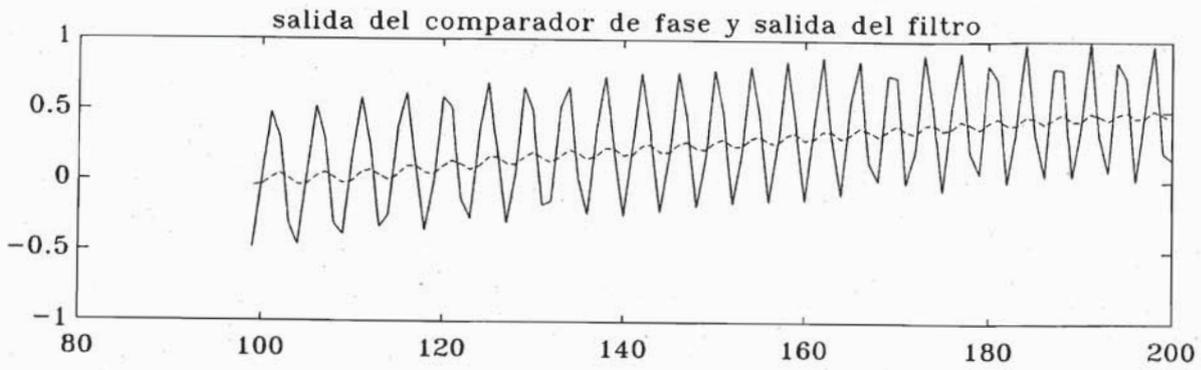


Figura 2. Respuesta del PLL ante una rampa de frecuencia a la entrada.

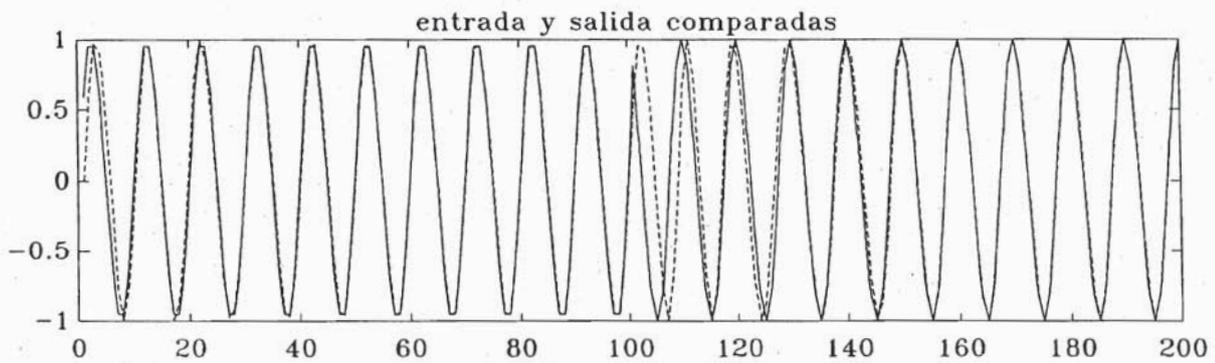
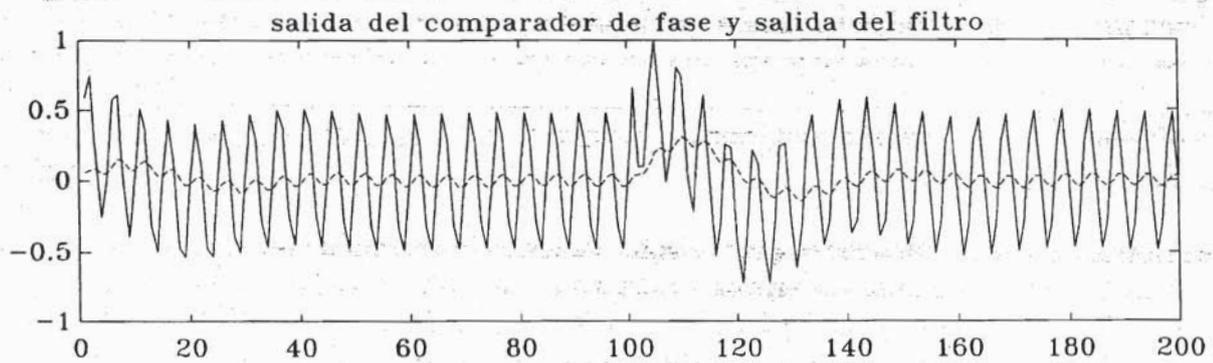


Figura 3. Respuesta del PLL ante un escalón de fase a la entrada.

4. CONCLUSIONES

Este programa proporciona una ayuda importante en la comprensión y diseño de sistemas electrónicos que contengan bucles de enganche de fase. Especialmente para moduladores y demoduladores síncronos (sean AM, FM o PM).

El hecho de disponer de una representación gráfica de las señales que intervienen en el PLL y de un tiempo de simulación es breve, hace posible que los alumnos puedan observar y comprender rápidamente la importancia de los parámetros de diseño de un PLL.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Vadim Manassewitsch. "Frequency Synthesizers". Ed. Wiley Interscience. Caps. 4 y 5. Enero, 1987.
- [2] A. Bruce Carlson. "Sistemas de Comunicación". Ed. McGraw Hill. Cap. 10. Diciembre de 1989.
- [3] Roland Best. "Phase Locked Loops". Ed McGraw Hill. 1984.