

DISEÑO DE UN OSCILADOR A CRISTAL COMPENSADO EN TEMPERATURA

David Ramírez Morán, Javier Gismero Menoyo, José Luis Jiménez Martín*

Grupo de Microondas y Radar

Dpto. de Señales, Sistemas y Radiocomunicaciones. ETSI Telecomunicación

* Departamento de Ingeniería Audiovisual y Comunicaciones. EUIT Telecomunicación

Universidad Politécnica de Madrid

dramirez@gmr.ssr.upm.es

Abstract: *This communication describes the design of a Temperature Compensated Crystal Oscillator.*

Compensation is achieved by means of an analog circuit instead of a digital one in order to reduce the effect of phase noise increase due to switching and quantization inherent to this kind of systems.

Finally, the results obtained are shown comparing the behavior of the prototype before and after compensation.

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas actuales de microondas y radiofrecuencia requieren señales de referencia a partir de las cuales se generan el resto de señales. Por lo tanto, de la calidad de estas señales de referencia dependerán las características del resto del sistema, en especial la estabilidad y el ruido de fase.

Es común utilizar cristales de cuarzo para la generación de tonos de gran pureza espectral. El inconveniente que presentan es la dependencia de la frecuencia de resonancia de los cristales con la temperatura.

Mediante la técnica que se va a describir se ha mejorado considerablemente la estabilidad de un oscilador a cristal en un margen de temperatura suficientemente amplio.

2. DESCRIPCIÓN

El punto de partida ha sido el diseño de un oscilador de frecuencia fija que responde al esquema general que se puede ver en la figura 1. Se compone de un elemento activo encargado de transformar la señal continua de alimentación en un tono a la frecuencia de oscilación, y de una red de realimentación que causa la oscilación que se basa en un cristal de cuarzo y que es el que proporciona las excelentes características de la señal de salida.

La técnica usada para corregir la deriva de la frecuencia de oscilación que se produce al variar la temperatura del sistema ha sido la modificación electrónica del circuito de realimentación en función de la temperatura.

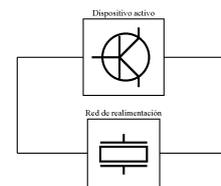


Figura 1. Esquema básico de un oscilador a cristal

Para ello se ha modificado ligeramente el diseño del oscilador para introducir un elemento dependiente de una tensión de control (figura 2) para obtener un VCXO (Oscilador a cristal controlado por tensión). El único paso restante es la generación de la señal de control que corrija la deriva de la frecuencia de oscilación.

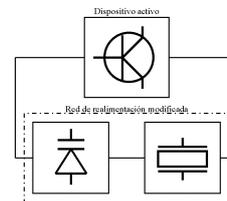


Figura 2. Esquema del oscilador modificado

En primer lugar se ha caracterizado el oscilador tanto en función de la tensión de control como en función de la temperatura. El error debido a la deriva en función de la temperatura tiene un comportamiento modelable como la suma de una variación lineal y una variación de tipo cúbico (figura 3). En cuanto a la dependencia de la señal de control, el comportamiento es bastante lineal como se aprecia en la figura 4.

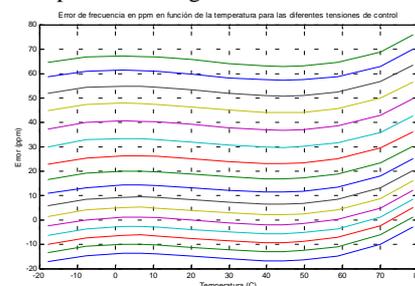


Figura 3. Error de frecuencia en función de la temperatura

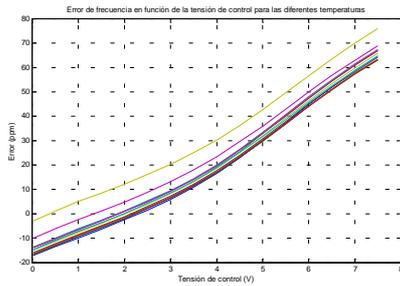


Figura 4. Función de transferencia tensión-frecuencia del VCXO

Para corregir la deriva se ha construido un circuito analógico que proporciona una señal dependiente de la temperatura que compensa la deriva de la frecuencia de oscilación (figura 7). Este circuito se basa en un sensor de temperatura y un bloque de tratamiento de la señal entregada por el sensor que proporcione la respuesta deseada. Dada la variación no lineal de la deriva, este circuito debe presentar una respuesta igualmente no lineal (figura 8) por lo que para su ajuste se ha desarrollado un modelo matemático para aplicar optimización. De este modo, caracterizando el oscilador y ajustando a estos valores el circuito, se compensan no sólo las variaciones del cristal sino las de todos los componentes del oscilador.

3. RESULTADOS

En la figura 5 pueden verse las curvas de calibrado del VCXO diseñado. Se comprueba como el error obtenido es del orden de 5 partes por millón en el margen de temperaturas de -15 C a 60 C .

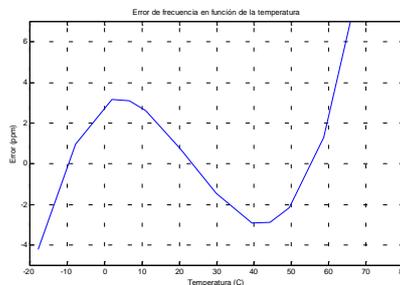


Figura 5. Error de frecuencia del oscilador sin compensar

Aplicando la señal correctora se aprecia que el error de la frecuencia de salida a disminuido notablemente manteniéndose por debajo de 1 ppm en el margen de temperaturas anterior (figura 6).

4. CONCLUSIONES

Se ha realizado el diseño de un dispositivo de muy buenas características con un precio bastante menor que los dispositivos comerciales de características similares. El funcionamiento de los dispositivos debe comprobarse en todas las condiciones ambientales en que éste va a funcionar ya que el comportamiento de éstos con la temperatura no es fácil de modelar

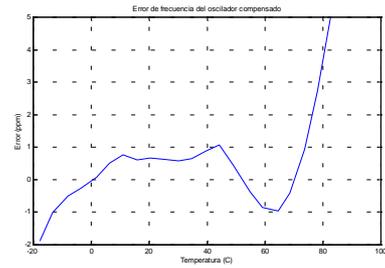


Figura 6. Error de frecuencia del oscilador compensado

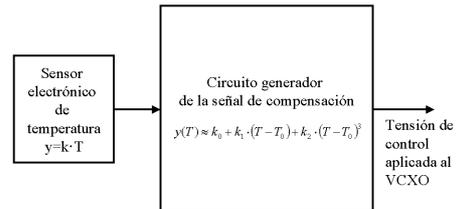


Figura 7. Esquema de bloques del circuito de compensación

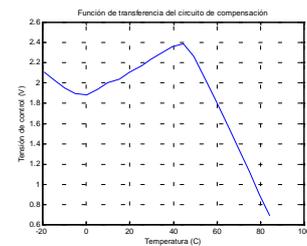


Figura 8. Función de transferencia del circuito de compensación

La utilización de técnicas informáticas para el ajuste de circuitos presenta grandes posibilidades pese a que requieren cierto tiempo para el desarrollo del software.

5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado al amparo del acuerdo de colaboración entre IKUSI S.A. y el Grupo de Microondas y Radar y por la CICYT (Proyecto TIC 1999-1172-C02-01).

6. REFERENCIAS

- [1] Frerking, M.E., "Crystal oscillator design and temperature compensation", pp. 130-163, Van Nostrand Reinhold, 1978.
- [2] Franco, S., "Design with operational amplifiers and analog integrated circuits" 2nd edition, pp 214-238, pp 315-330, McGraw-Hill, 1998.
- [3] D. Habic, A. Pavasovic, and D. Vasiljevic, "The design of a microcontroller temperature compensated crystal oscillator (uCTCXO) and automatic compensation line," IEEE Trans. Ultrason., Ferroelec., Freq., Cont., vol. 42, pp. 509-516, 1995.