

Diseño del Oscilador Controlado por Voltaje con el circuito integrado MAX2620 para un sintetizador de frecuencia para la banda HF (Diciembre 2008)

J.G Alarcón Espítia, código: 260694. E.A Salazar Perdomo, código: 260923

Abstract— this report includes the VCO design with the integrated circuit MAX2620 that was chosen like VCO for the integrated circuit frequency synthesizer LMX2352.

Palabras Claves— circuito tanque, frecuencia, impedancia, oscilador.

I. INTRODUCTION

Para realizar el Oscilador Controlado por Voltaje del sintetizador de frecuencia basado en un PLL para la banda HF se escogió el circuito integrado MAX2620 que funciona para un rango de frecuencia de 10 MHz hasta 1050 MHz. En este informe se incluye el diseño realizado para configurar este circuito integrado como un VCO entre 26.502 MHz y 26.828 MHz. Además se incluye el diseño de un oscilador Colpitts a 26.665 MHz, frecuencia central del rango especificado para el oscilador controlado por voltaje VCO.

II. MARCO TEÓRICO

Los VCOs son componentes esenciales en arquitecturas de sistemas de comunicación inalámbricos.

Para el diseño del oscilador controlado por voltaje se usará el circuito integrado MAX2620, este circuito integrado combina en su interior un oscilador de bajo ruido con dos buffers de salida. Se usa este dispositivo para la reducción del ruido de fase ya que este oscilador muestra muy poco ruido de fase cuando se monta con un varactor sintonizado en un circuito tanque externo, por otro lado los buffers de salida están diseñados para el manejo de Mezcladores o “Prescalers”, haciendo del circuito integrado una buena alternativa de uso en los sistemas de comunicaciones. El circuito integrado trabaja perfectamente en rangos de 2.7V a 5.25V en la alimentación.

El MAX2620 es un circuito integrado de montaje superficial, con una configuración de oscilador en topología de colector común (La configuración de colector común se utiliza sobre todo para propósitos de acoplamiento de impedancia, debido a que tiene una alta impedancia de entrada y una baja impedancia de salida). El circuito integrado además se modela con una resistencia negativa creada por los elementos parásitos propios del IC en el puerto base emisor, estas características propias del IC se pueden manipular y para ello la base y el emisor tienen conexiones externas que permiten realizar realimentaciones con capacitores y resonadores.

Un circuito resonador a la frecuencia indicada y conectado a la base permitirá causar la oscilación. Con un diodo varactor se puede sintonizar el circuito tanque resonador usado para crear un oscilador controlado por voltaje (VCO). El oscilador es internamente en el IC llevado a un punto de óptima operación.

Los buffers de salida uno y dos son open collector, (requieren ser conectadas a una resistencia para funcionar, de esta forma se controla la corriente de trabajo) también son de configuración par-diferencial teniendo aislamiento al oscilador de la carga, la salida puede ser usada diferencialmente para manejar un circuito integrado mezclador, como alternativa se tiene otra salida que puede manejar un Prescaler previniendo que el ruido de este altere el funcionamiento del VCO.

Características a tener en cuenta

- Lead Temperature (soldering, 10s) +300°C
- Frequency Range 10 MHz to 1050 MHz.
- Potencia en la salida.
- Para la salida del buffer número uno se tiene una potencia entre -5.5 dBm hasta -6 dBm para temperatura ambiente de 25°C. y una alimentación de 5 V.
- En el buffer dos se tiene una menor potencia de salida, esta está en el rango de -11.4 dBm a -11.7 dBm para temperatura ambiente y una alimentación de 5 v.
- La recomendación para la carga en la frecuencia de trabajo se encuentra en la tabla 1.

Frequency (MHz)	Real component (R in Ω)	Imaginary component (X in Ω)
10 to 250	106	163

Tabla 1: recomendaciones para la carga del circuito integrado MAX2620 a la frecuencia de trabajo.

- Espectro de salida fundamental normalizado a 0 dB, se puede observar en la figura 1.

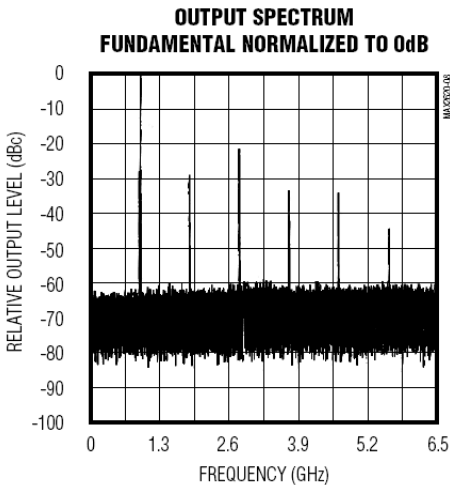


Figura 1: espectro fundamental de salida normalizado a 0 dB del circuito integrado MAX2620. Tomado de la hoja de datos proporcionada por el fabricante.

- Nivel de armónicos en la salida es una medida de la energía del VCO en los armónicos de la frecuencia de oscilación, para el circuito integrado MAX2620 este nivel de armónicos está por debajo de -15dBc. La ganancia excesiva del oscilador puede incrementar el nivel de armónicos, la ganancia puede ser mucho mayor que lo que se necesita para compensar todas las pérdidas en la resonancia.

III. DISEÑO

Mientras en la práctica existen muchas topologías para hacer un VCO la más usada es la de los Colpitts common collector como el de la figura 2.

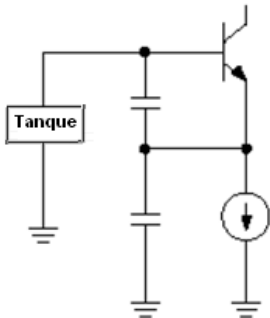


Figura 2: Oscilador Colpitts colector común.

Este el tipo de oscilador que presenta el IC MAX2620, según la hoja de datos se tiene el circuito de la figura 3.

El circuito tanque es quizá la parte más importante para obtener la respuesta en frecuencia esperada, el circuito resonador puede ser construido con un inductor y un capacitor (LC), para el diseño de este circuito externo al IC se usará un inductor de montaje superficial y un diodo varactor de la misma característica. El circuito tanque es entonces un circuito resonante paralelo que controla la frecuencia de oscilación con cualquier cambio en el capacitor, para este caso. El modo paralelo para la resonancia se usa en frecuencias bajas donde un valor alto del diodo varactor es muy poco recomendable y el valor del inductor puede ser mucho mayor. El diagrama del tanque a montar en el modo paralelo se encuentra en la figura 4.

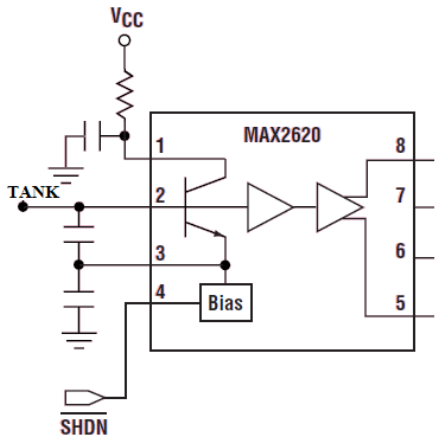


Figura 3: Oscilador del circuito integrado MAX2620.

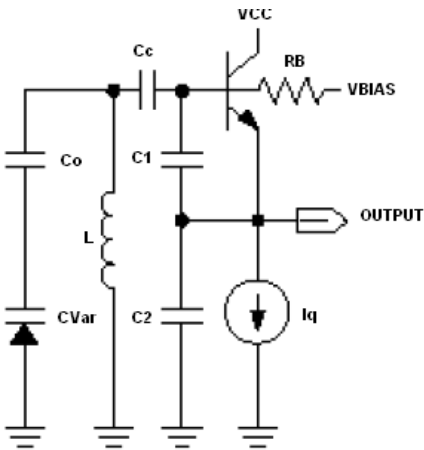


Figura 4: Tanque en modo paralelo.

En la bibliografía de este informe se puede ver que este oscilador ha sido objeto de muchos estudios como el de Ulrich L. Rohde, y muchas ecuaciones se han publicado a partir de la topología Colpitts en particular.

El oscilador es en general un lazo amplificador realimentado, y las expresiones para obtener las frecuencias exactas se

obtienen de la comparación de las impedancias del modelo, haciendo más complejo el diseño final. Desde este punto de vista se plantea el circuito de la siguiente manera, con una impedancia negativa y un acople que la elimina, esto se ve en la figura, luego se combinan para obtener ecuaciones muy precisas. [Meyer 1998].

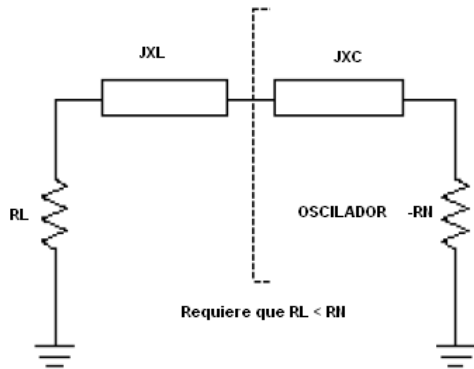


Figura 5: Modelo de reflexión del amplificador para el IC MAX2620. Tomado de la hoja de datos del circuito proporcionada por el fabricante MAXIM.

Para el circuito resonador se debe tener un circuito tanque que debe tener una impedancia que sea un complemento a la impedancia de la red del IC MAX2620, y como la impedancia generada por el circuito integrado es negativa se necesita diseñar un circuito tanque que sea de impedancia positiva de igual magnitud o que presente un comportamiento inductivo.

Se debe tener en cuenta que los componentes de montaje superficial también presentan capacitancias, inductancias y resistencias parasitas, esto afecta la sintonización en la frecuencia de interés, el varactor y la bobina presentan circuitos equivalentes suministrados por los fabricantes, estos modelos no serán usados porque las frecuencias de trabajo no lo requieren. Para el varactor se tiene el modelo mostrado en la figura 6 y para la bobina el modelo mostrado en la figura 7.

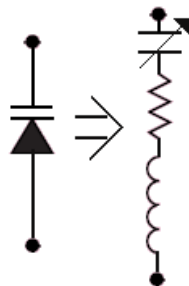


Figura 6: modelo para un varactor.

Al hacer los cálculos de la reactancia que aporta el varactor en la frecuencia de trabajo se puede ver que es mucho mayor que la reactancia entregada por la bobina en la frecuencia de trabajo que aparece en el modelo, por esta razón se desprecia y se toma el varactor sin modelo.

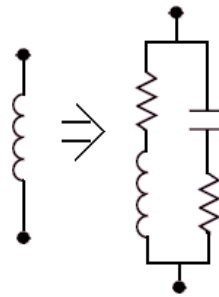


Figura 7: modelo para un bobina.

Pero la frecuencia de autoresonancia es mucho más alta que la de trabajo por lo que se desprecia el modelo y solo se trabaja con el inductor, los cambios al calcular la impedancia del modelo comparados con la del dispositivo ideal no son grandes por lo que se trabaja con los dispositivos ideales.

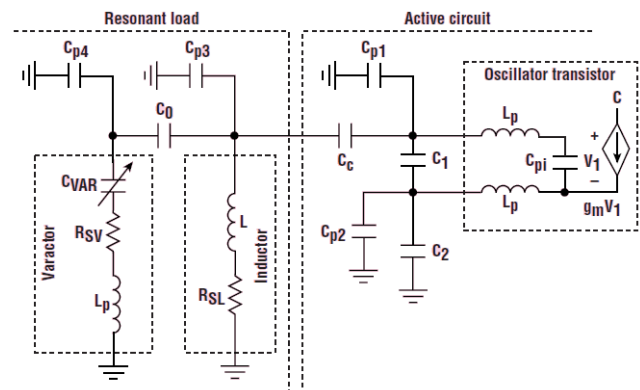


Figura 8: circuito tanque y circuito activo (MAX2620). Tomado de Microwaves y RF. Develop and trimless voltage – controlled oscillator, part 2. Enero del 2000.

En la figura 8 está el circuito del tanque y el circuito activo en este caso el IC MAX2620, se ve claramente que el circuito es muy complejo comparado con el que no considera las impedancias parasitas que aparecen en los modelos de los dispositivos, en las uniones y demás.

Cálculos

De acuerdo con el diseño propuesto se tiene que la frecuencia mínima de oscilación debe ser 26.502 MHz y la frecuencia máxima de 26.828 MHz. Para ello se tiene un voltaje de entrada de 0.1 V a 2 V.

En la figura 9 se encuentra el Modelo eléctrico del circuito integrado MAX2620.

La impedancia del tanque del MAX2620 puede ser optimizada a un valor deseado usando los condensadores C3 y C4. Con estos dos condensadores se debe obtener una R_n (que es la resistencia negativa que se ve al mirar la impedancia de

entrada del IC MAX2620), la parte imaginaria de la impenacia debe entonces mostrar un comportamiento capacitivo.

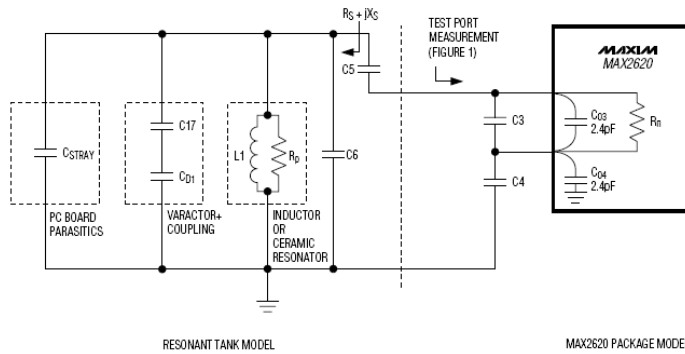


Figura 9: modelo eléctrico del IC MAX2620. Tomado de la hoja de datos del circuito proporcionada por el fabricante MAXIM.

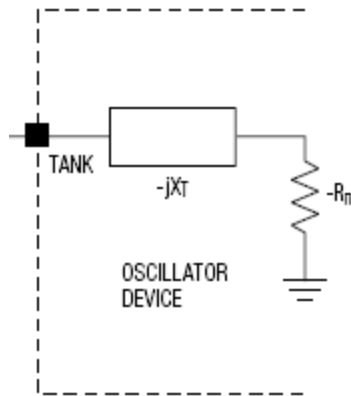


Figura 10: Impedancia interna del circuito integrado MAX2620. Tomado de la hoja de datos del circuito integrado proporcionada por el fabricante MAXIM.

Se procede a hacer el cálculo de los dispositivos a usar, se tiene para la impedancia de entrada según el fabricante se tiene el circuito de la figura 11.

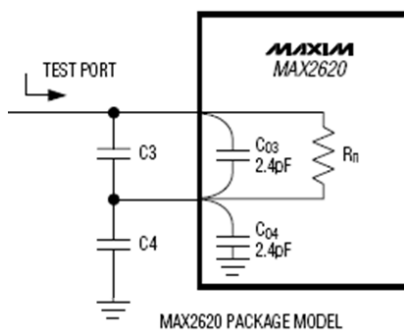


Figura 11: esquema para determinar la impedancia de entrada del circuito integrado MAX2620. Tomado de la hoja de datos del circuito integrado proporcionada por el fabricante MAXIM.

Si se tiene que las ecuaciones que determinan el valor de Rn donde esta es la impedancia real negativa, establecida por los condensadores C3 y C4 es:

$$R_n = g_m \left(\frac{1}{2\pi f(C_3 + C_{03})} \right) \left(\frac{1}{2\pi f(C_4 + C_{04})} \right)$$

En la cual gm es el parámetro de transconductancia del transistor FET que está dentro del IC y tiene el valor según la hoja de datos de 18mS. Como Rn es negativo se agrega el signo a la ecuación.

Para el diseño es conveniente poner los valores de Rn entre 10 y 100 y la parte real de la impedancia debe ser un valor muy parecido a su magnitud.

Si se toman los condensadores C3 y C4 de 180 pF se tiene una Rn de -129.3851 Ω.

Y al usar la ecuación para hallar la impedancia de entrada se tiene además que:

$$C1 = C3 + C03$$

$$C2 = C4 + C04$$

$$C1 = 70.4 \text{ pF}$$

$$C2 = 70.4 \text{ pF}$$

El circuito queda entonces como se muestra en la figura 12.

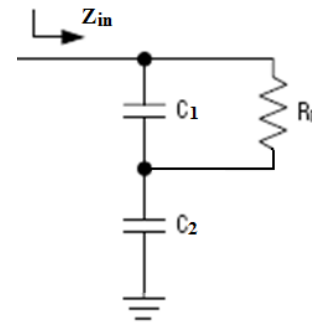


Figura 12: circuito equivalente para la resistencia interna del circuito integrado MAX2620. Tomado de la hoja de datos del circuito proporcionada por el fabricante MAXIM.

La ecuación es la siguiente:

$$\frac{1}{i * \omega * C2} + \frac{\frac{Rn}{i * \omega * C1}}{\frac{1}{i * \omega * C1} + Rn} = Zin$$

Reemplazando se tiene que la impedancia de entrada es:

$$Zin = -38.8668 - j144.0965$$

Para el montaje del circuito se escogieron el varactor y el inductor, las referencias de estos son:

Varactor MA4ST2400-1141T que a un voltaje de 1 V tiene una capacitancia de 31,75 pF, fabricante M/A-COM Products. El inductor de 1000 nH con $Q = 25$ medido a 25 MHz dado por el fabricante Bourns.

Circuito tanque de acople

Se requiere que el circuito cumpla con las siguientes características:

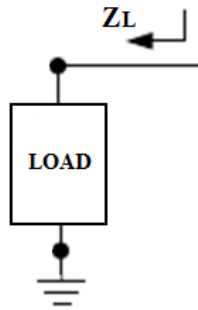


Figura 13: carga del circuito integrado MAX2620.

Donde $Load = Z_L$ y debe cumplir:

$$Z_L = R_L + jX_L$$

Y para la oscilación:

$X_L = -X_{in}$ evaluado en las frecuencias de trabajo intermedia, mínima y máxima. Además de:

$$|R_L| > 3 * |R_{in}|$$

Para compensar pérdidas.

Se tiene una parte del circuito tanque que es fija y se muestra en la figura 14.

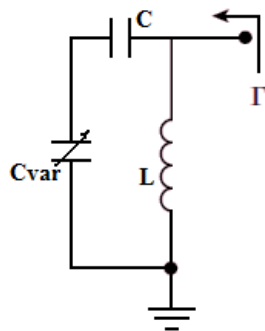


Figura 14: Parte fija del circuito tanque.

Al calcular la impedancia de este circuito se tiene una R_p que le aparece al inductor y se define por:

$$R_p = Q \times 2\pi \times f \times L1$$

La R_p para el inductor que se escogió es de: 4188.5284 Ω , y aparece paralelo al inductor. Como se muestra en el esquema eléctrico del MAX2620, figura 9.

$$Z_L = \left(\left(\frac{1}{j\omega C} + \frac{1}{j\omega C_{var}} \parallel R_p \parallel j\omega L \right) \right)$$

Si $C = 33$ pF

$$Z_L = (-j368.859 \parallel 4188.52 \parallel j167.54)$$

La impedancia sin acoplar es entonces:

$$Z_L = 22.377 + j305.33$$

Para el acople se usa la carta de Smith se hace con un condensador serie y uno en paralelo, la idea es hacerlo con capacitancias para que el circuito total quede de la forma como se muestra en la figura 15.

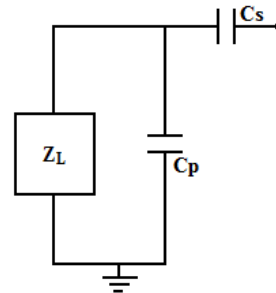


Figura 15: acople para la impedancia de carga hecho con la carta de Smith.

Los condensadores que acoplan la Z_L a la impedancia que se requiere son:

$$\begin{aligned} C_s &= 26.2 \text{ pF} \\ C_p &= 47 \text{ pF} \end{aligned}$$

Y se tiene:

$$Z_L = 124.051 + j144.136 \Omega$$

IV. OSCILADOR COLPITTS

A continuación se encuentra el diseño elaborado para obtener un oscilador Colpitts a base de un circuito tanque y del transistor 2N2222. La figura 16 muestra el esquema de un circuito oscilador Colpitts.

Las resistencias $R1$, $R2$, $R3$ y $R5$ y la fuente de voltaje V , se encargan de la polarización del transistor, los condensadores $C1$, $C2$ y $C5$ cumplen la función de desacoplar y los

condensadores C3 y C4 y la bobina L1 forman parte del circuito tanque que se encarga de la oscilación del circuito.

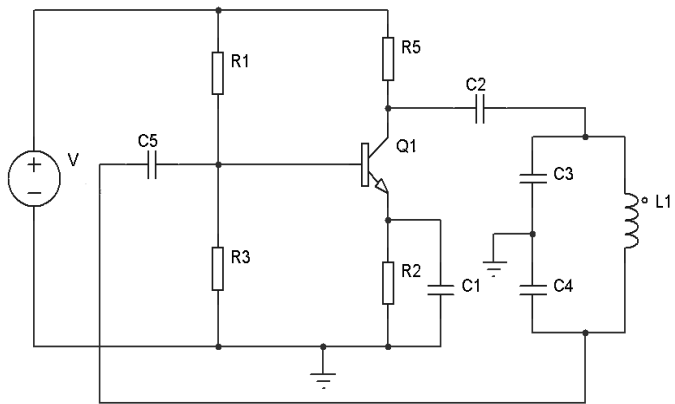


Figura 16: esquema para un oscilador Colpitts.

En la tabla 2 se encuentran los valores de las resistencias y la fuente de voltaje que se diseñaron para lograr una correcta polarización del transistor 2N2222.

Elemento	Valor
V	10 V
R1	82 KΩ
R2	1 KΩ
R3	18 KΩ
R5	2.2 KΩ

Tabla 2: valores de los elementos encargados de la polarización del transistor 2N2222.

En la tabla 3 se encuentran los condensadores que se escogieron para el desacople; estos se determinaron de tal forma que no afectaran la frecuencia de resonancia del circuito tanque.

Elemento	Valor
C1	3.3 nF
C2	22 pF
C5	330 pF

Tabla 3: valores de los condensadores de desacople.

Se pretende que el circuito de la figura 16 oscile a una frecuencia de 26.665 MHz, y se tiene una bobina de 450 nF, el valor de los condensadores C3 y C4 se determina de la siguiente manera:

La relación entre C3 y C4 que generalmente se asume para el diseño de este oscilador es:

$$C4=2C2$$

La frecuencia de oscilación está dada así:

$$f_{osc} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_{equ}}} = 26.665 \text{ MHz}$$

De la anterior ecuación reemplazamos el valor de L1 (450 nF) y hallamos entonces C_{equ} . C_{equ} es igual al equivalente serie de los condensadores C3 y C4.

$$C_{equ} = \frac{C3 * C4}{C3 + C4} = 79.17 \text{ pF}$$

Con la anterior ecuación y con la relación planteada anteriormente entre C3 y C4 se puede entonces hallar el valor de estos condensadores. Estos se encuentran en la tabla 4.

Elemento	Valor
C3	118.76 pF
C4	237.52 pF

Tabla 4: valores de los condensadores del circuito tanque.

La figura 17 muestra el esquema del oscilador Colpitts con los valores especificados en las tablas 2, 3 y 4 que se realizó para la simulación. En la figura 18 se encuentra la gráfica que resultó de la simulación de este circuito.

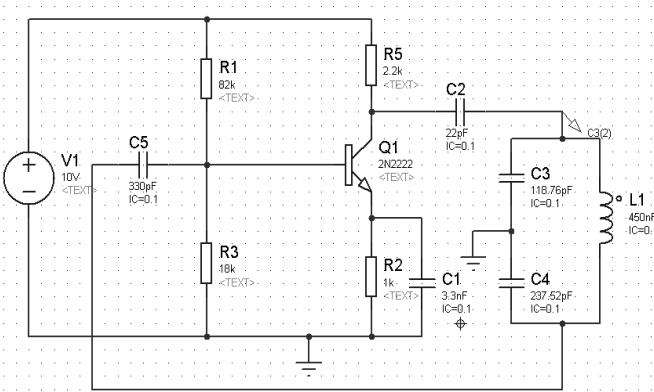


Figura 17: esquema del circuito oscilador Colpitts utilizado para la simulación.

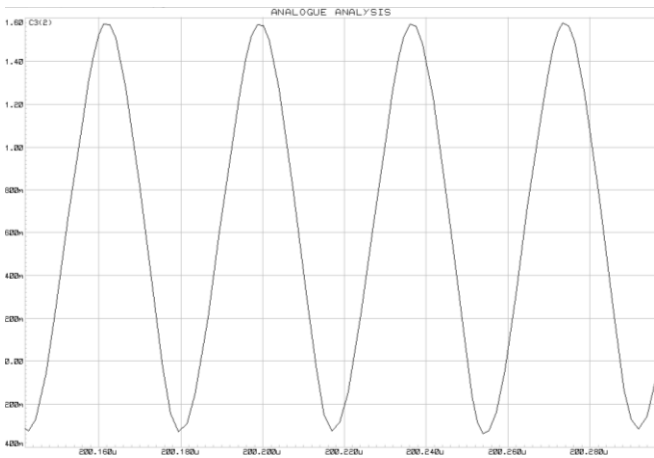


Figura 18: Resultado de la simulación del circuito oscilador Colpitts.

En la figura 18 se observa la oscilación que se obtuvo con el circuito Colpitts diseñado anteriormente; esta oscilación es de 26.7 MHz, valor muy cercano al esperado.

V. AUTORES

Javier Guillermo Alarcón Espítia Código: 260694
jgalarcone@unal.edu.co

Erika Alejandra Salazar Perdomo Código: 260923
easalazarp@unal.edu.co

REFERENCIAS

Microwaves y RF. Develop and trimless voltage – controlled oscillator, part 2. January 2000.

Egan, W. Frequency Synthesis by Phase Lock. John Wiley & Sons, Inc., 1981.

MAX2620 Data Sheet, Rev. 0, July 1997, Maxim Integrated Products, Inc.

Temple, R. "Choosing a Phase Noise Measurement Technique-Concepts and Implementations," HP RF and Microwave Measurement Symposium, February, 1983.