

# Sistemas de Radiofrecuencia

## Práctica 4. Simulación de un oscilador a frecuencia fija y como VCO



**Almudena Suárez Rodríguez**  
**Franco Ramírez Terán**  
**Mabel Pontón Lobete**

Departamento de Ingeniería de Comunicaciones

Este tema se publica bajo Licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



### Diseño de un oscilador en ADS

**Objetivos:** Simulación de un oscilador basado en FET a frecuencia y fija y como VCO.

**Pasos a seguir:**

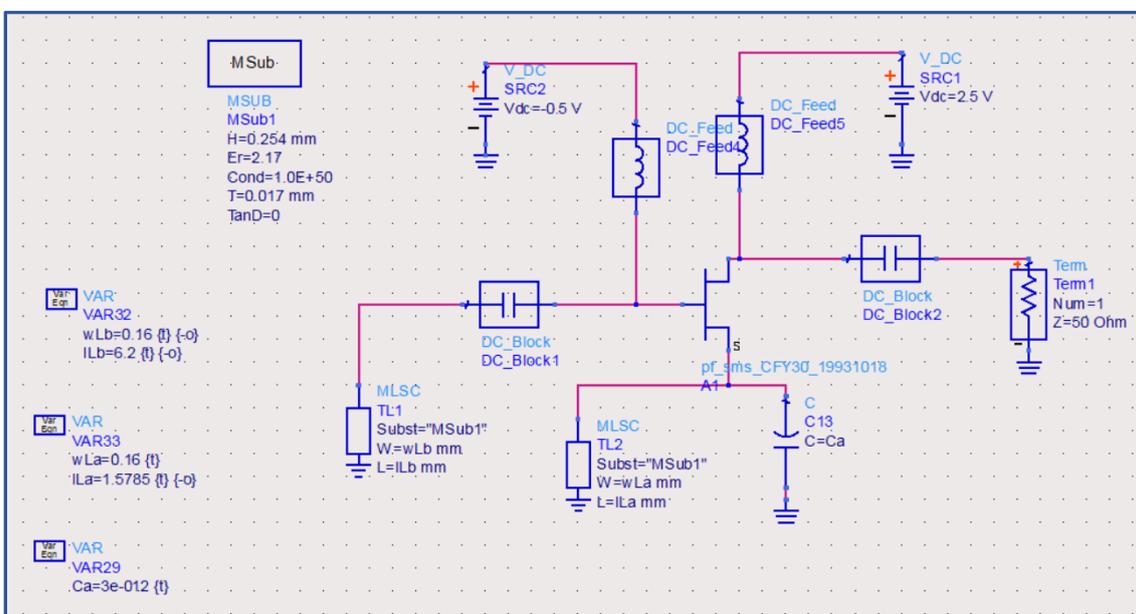
- 1- Comprobación de resistencia negativa en el oscilador.
- 2- Ajuste de la red de salida y comprobación de la condición de arranque de oscilación en pequeña señal.
- 3- Simulación del oscilador en gran señal con balance armónico.
- 4- Simulación del oscilador con análisis de transitorio.
- 5- Modificación del oscilador para que opere como VCO.
- 6- Implementación de la capacidad variable con un diodo varactor.

### 1. Comprobación de resistencia negativa en el oscilador.

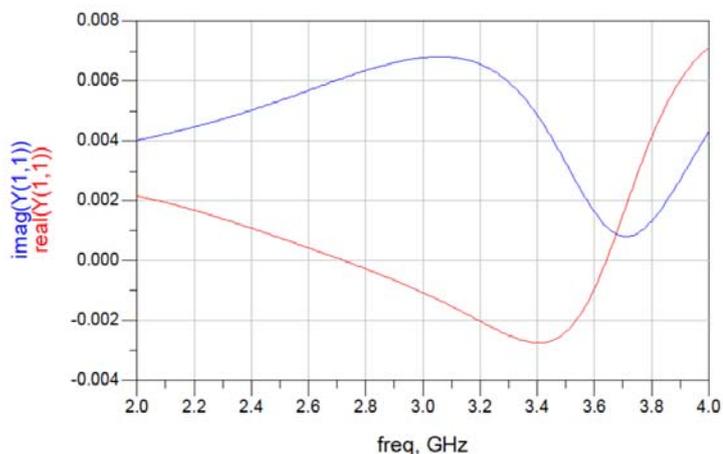
Las simulaciones se realizarán sobre un oscilador basado en el transistor FET CFY30, con una configuración de realimentación en serie. Los esquemáticos a simular son similares a los diseños vistos en los apuntes de clase. La frecuencia de oscilación del diseño está en torno a 3.4 GHz.

El modelo del transistor CFY30 está disponible en la librería de ADS 2009. Se trata de un transistor FET de bajo ruido ( $F_{min} = 1.4 \text{ dB @ 4 GHz}$ ) y alta ganancia ( $11.5 \text{ dB @ 4 GHz}$ ) recomendable para osciladores hasta 12 GHz y amplificadores hasta 6 GHz.

Para la simulación, deberemos insertar el modelo del transistor cfy30 de la librería de ADS. Además, insertamos de la paleta de ADS "TLines-microstrip" el sustrato y damos valores a sus parámetros como se ve en el esquemático (se trata de sustrato CuCLad 2.17). También insertaremos las líneas microstrip con sus correspondientes valores físicos (longitud y anchura) y el resto de componentes.



Esquemático del diseño de un oscilador basado en transistor FET



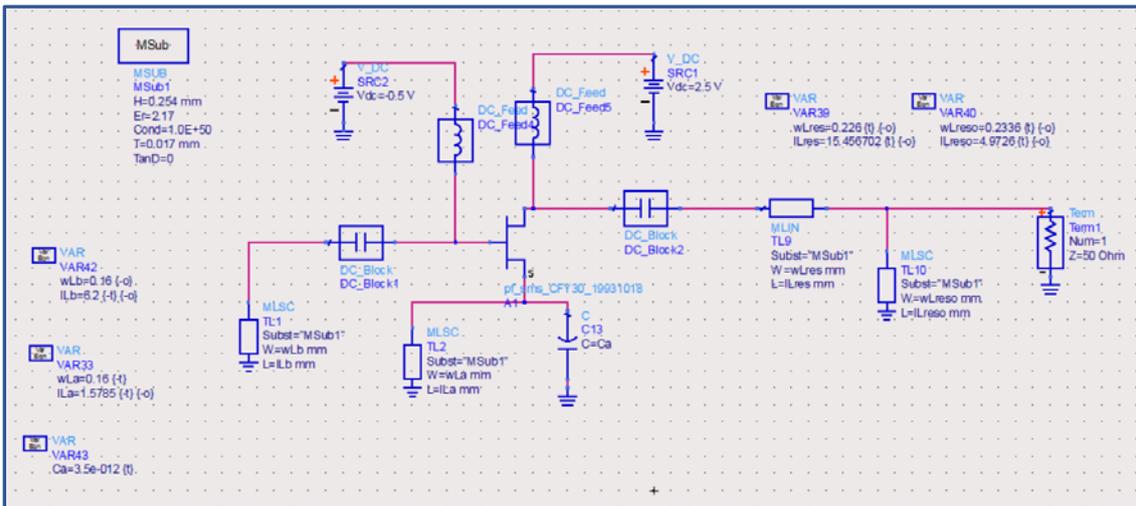
Resultado de la simulación en pequeña señal

**EJERCICIO:**

- Realizar una simulación en pequeña señal (parámetros S). ¿Para qué rango de frecuencias el circuito presenta resistencia negativa?
- ¿Para qué valor de frecuencia la resistencia negativa máxima?

**2. Ajuste de la red de salida y comprobación de la condición de arranque de oscilación en pequeña señal.**

Se añade la red de salida y se ajusta el valor de  $C_a$  para que se cumplan las condiciones de arranque de la oscilación.



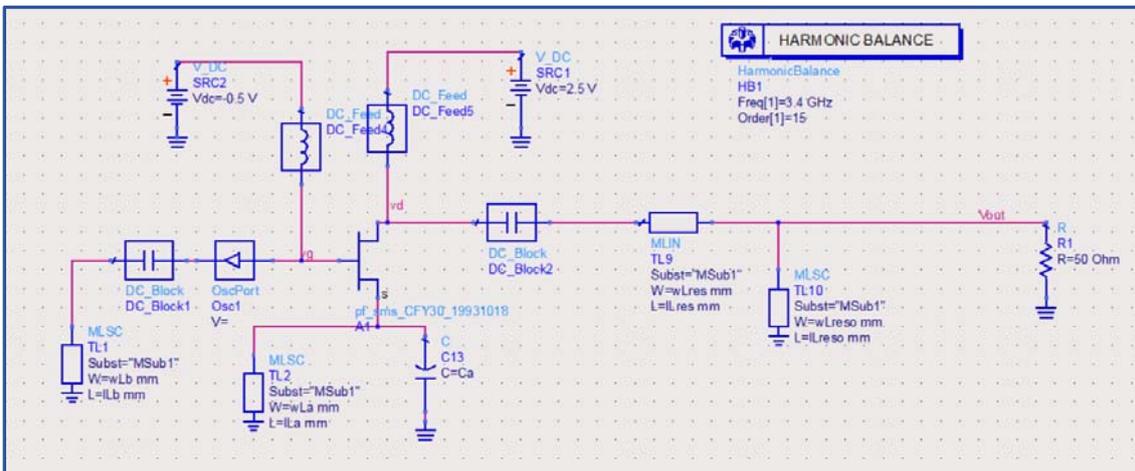
Esquemático con la inclusión de la red de salida para el ajuste de las condiciones de arranque de la oscilación.

**EJERCICIO:**

- Realizar una simulación en pequeña señal (parámetros S). ¿Se cumplen las condiciones de arranque de la oscilación en pequeña señal? ¿Para qué valor de frecuencia se cumplen? Anote el valor de la parte real e imaginaria de la admitancia para la frecuencia a la que se cumplen las condiciones.

### 3. Simulación del oscilador en gran señal con balance armónico.

A continuación, insertamos el controlador de balance armónico en el esquemático. Vamos a realizar un análisis de oscilador en gran señal con ayuda de la herramienta OscPort que insertamos de la paleta “Probe components”.

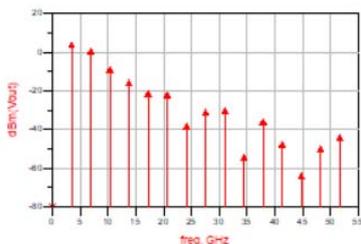


Esquemático para el análisis den gran señal del oscilador.

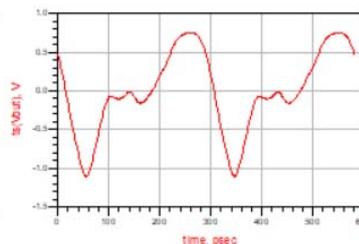


Debemos habilitar el modo “Análisis de oscilador” en el controlador de balance armónico y seleccionar el uso de la herramienta OscPort que habremos introducido en el terminal de gate como se muestra en el esquemático.

En el análisis de balance armónico le damos un valor de frecuencia cercano a la frecuencia de arranque de oscilación que hemos obtenido del análisis de pequeña señal. Vamos a considerar 15 armónicos.



harm index	freq
0	0.0000 GHz
1	3.441 GHz
2	6.881 GHz
3	10.32 GHz
4	13.76 GHz
5	17.20 GHz
6	20.64 GHz
7	24.08 GHz
8	27.53 GHz
9	30.97 GHz
10	34.41 GHz
11	37.85 GHz
12	41.29 GHz
13	44.73 GHz
14	48.17 GHz



Resultados de la simulación en balance armónico

**EJERCICIO:**

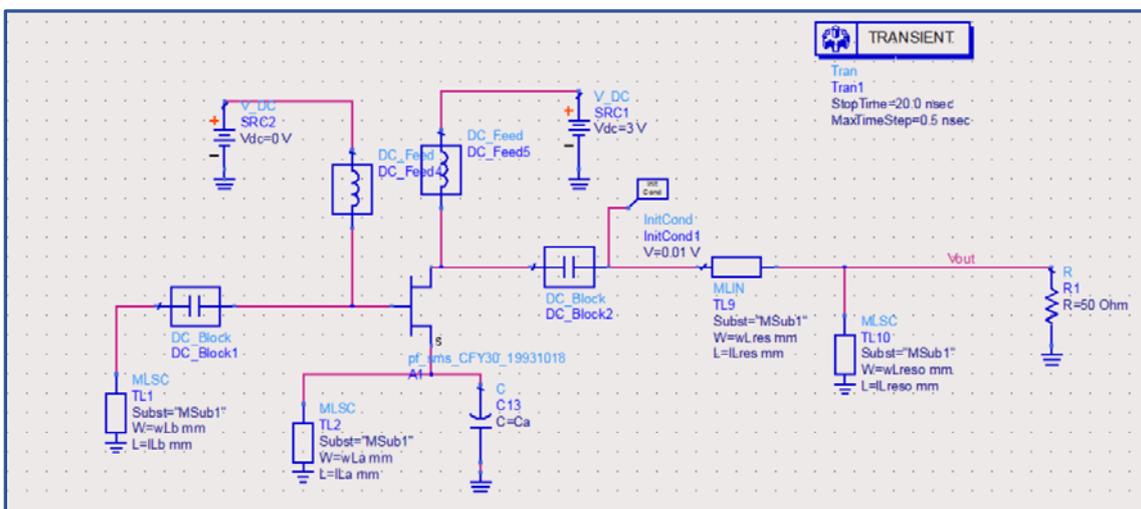
- ¿Cuál es la frecuencia de oscilación del oscilador? Represente el espectro y la forma de onda en el nodo de salida.

**EJERCICIO:**

- ¿Cómo es la solución que devuelve el análisis de balance armónico sin el uso del OscPort? ¿Por qué?

**4. Simulación del oscilador con análisis de transitorio**

Vamos a realizar un análisis de transitorio para comprobar que la señal es estable. Introducimos el controlador "Transient" y conectamos en un nodo del oscilador una condición inicial.



Esquemático para el análisis con transitorio

**EJERCICIO:**

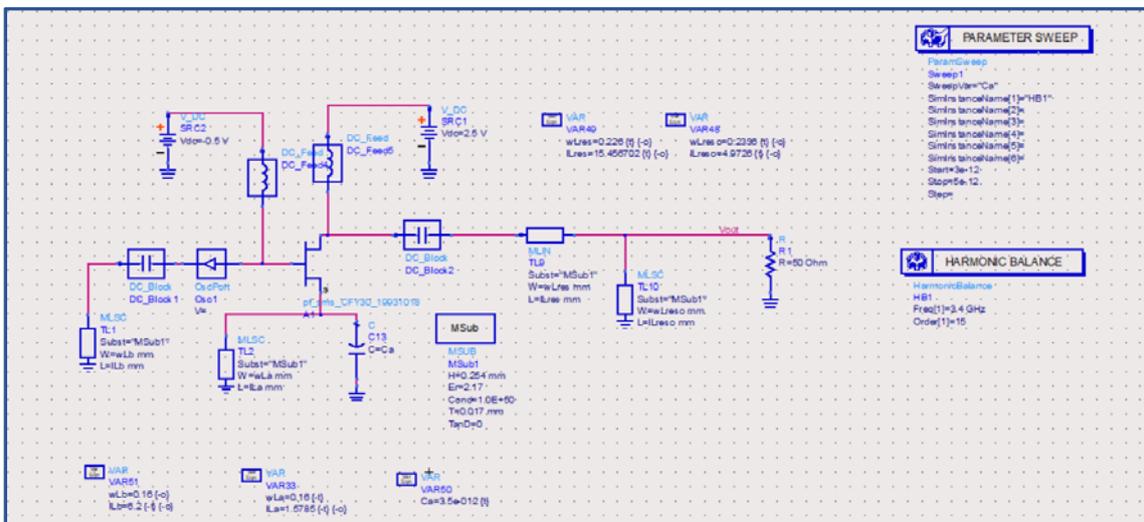
- ¿Para qué valor de tiempo el oscilador ha alcanzado el estado estacionario?
- ¿Coincide la solución de balance armónico con el análisis de transitorio?

## PRÁCTICA: SIMULACIÓN DE UN OSCILADOR A FRECUENCIA FIJA Y COMO VCO

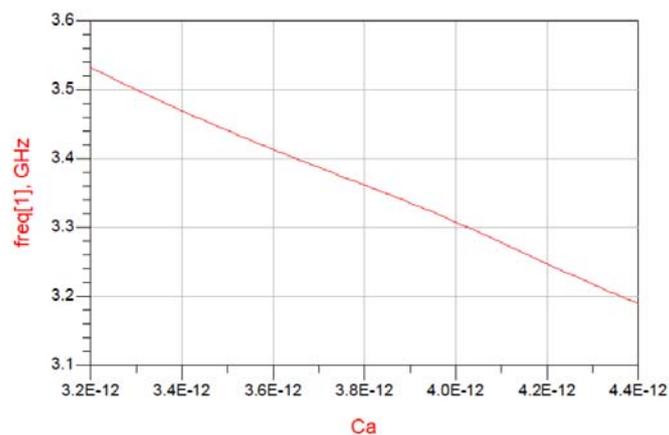
- ¿Qué ocurre si no damos una condición inicial en el análisis de transitorio?
- Comparar dos simulaciones en las que se utilicen distintas condiciones iniciales. Razonar los resultados

### 5. Modificación del oscilador para que opere como VCO

Vamos a modificar el diseño del oscilador a frecuencia fija en un oscilador controlado por voltaje (VCO). En primer lugar, vamos a variar la capacidad conectada en fuente y observar si varía la frecuencia de oscilación.



Esquemático para la simulación de la variación de la frecuencia con la capacidad en fuente



Variación de la frecuencia de oscilación con la capacidad  $C_a$

### EJERCICIO:

- ¿Cuál es el rango de variación máximo de la frecuencia que se obtiene variando la capacidad  $C_a$ ?

### 6. Implementación de la capacidad variable con un diodo varactor

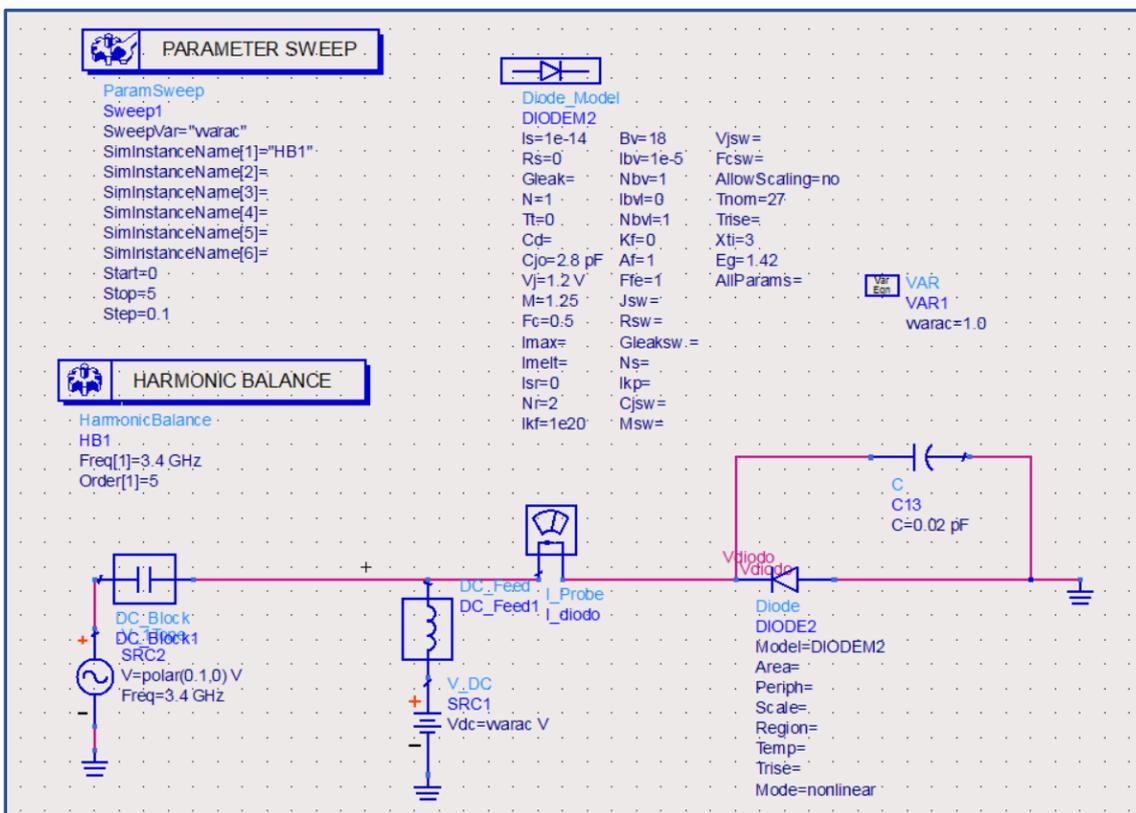
Vamos a conectar un diodo varactor en fuente que nos permita variar la frecuencia de oscilación cuando barremos su voltaje de polarización. Debemos buscar un varactor cuyo rango de variación de la capacidad esté en torno a la variación de  $C_a$  y que sirva para trabajar a frecuencias altas. En este caso vamos a utilizar un varactor de Microsemi el MV39003 (ver datasheet). Se trata de un varactor de GaAs que está diseñado para utilizarse como elemento de sintonía en VCOs manteniendo su rendimiento a altas frecuencias.

En primer lugar, trazaremos la característica C-V del diodo, para ello incluiremos el modelo del diodo como nos indica el fabricante (modelo SPICE).

#### SPICE Model Parameters

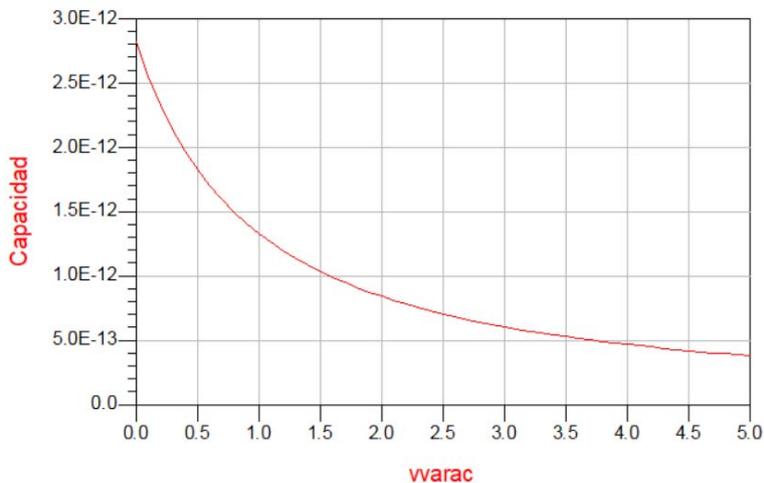
$I_S$ (A)	$R_S$ ( $\Omega$ )	N	$C_P$ (pF)	$C_{J0}$ (pF)			m			$E_G$ (eV)	$V_J$ (V)	$B_V$ (V)	$I_{B_V}$ (A)
				MV39001	MV39002	MV39003	MV39001	MV39002	MV39003				
1E-14 A	0	1.0	0.02	2.0	1.8	2.8	1.0	1.25	1.25	1.42	1.2	18	1E-5 A

Modelo Spice dado por el fabricante en el datasheet



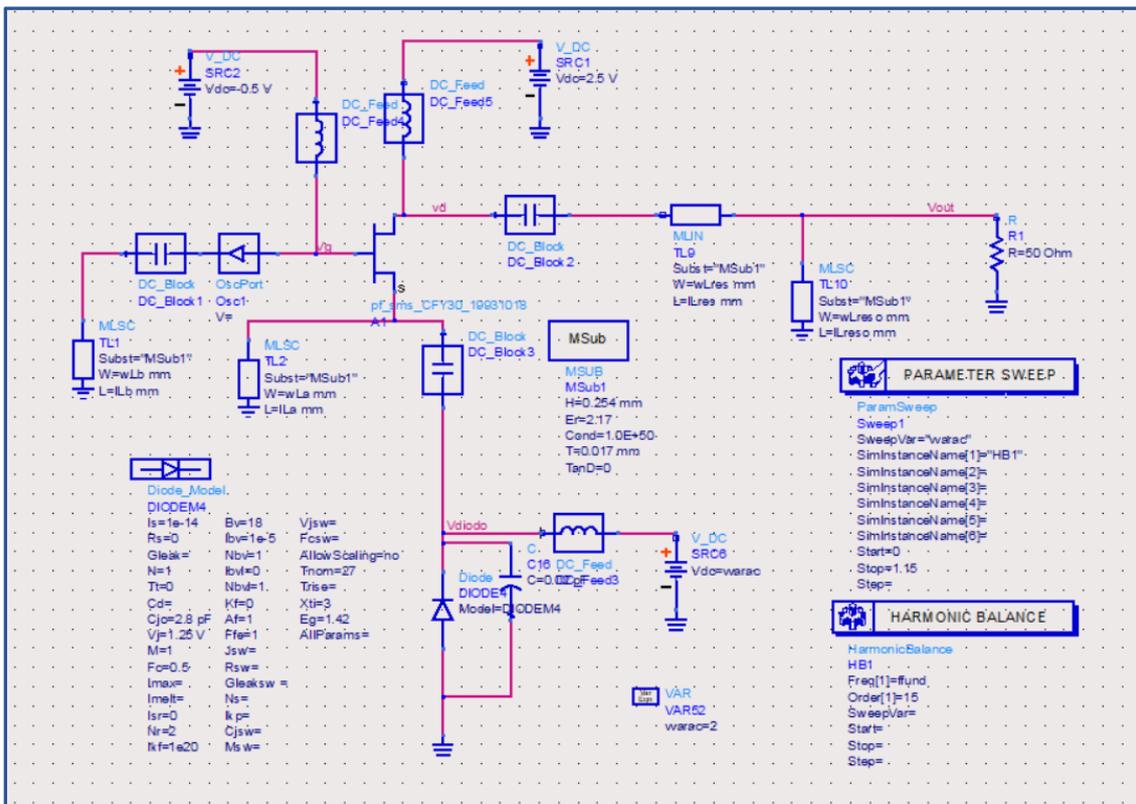
Esquemático para el trazado de la curva C-V del diodo varactor

$$\text{Eqn Capacidad} = -I_{\text{diodo}}.i[:,1]/(V_{\text{diodo}}[:,1]*2*\pi*3.4\text{e}9)$$

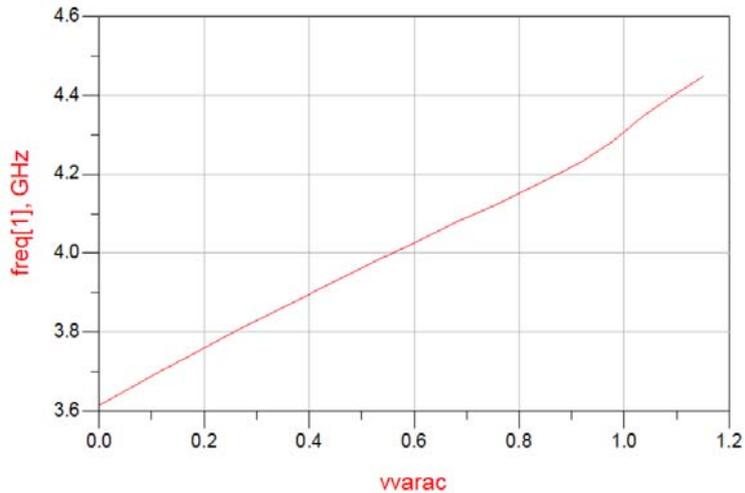


Resultado de la simulación de la curva característica del diodo varactor

A continuación, introducimos el modelo del varactor en el esquemático reemplazándolo por la capacidad Ca. Incluimos su red de polarización y barremos su voltaje.



Esquemático para la simulación del VCO



Resultado de la simulación de la curva característica del diodo varactor

**EJERCICIO:**

- ¿Cuál es el rango de variación máximo de la frecuencia que se obtiene variando el voltaje de polarización del varactor?

**EJERCICIO:**

- Probar los otros modelos dados por el fabricante MV39001 y MV390032. Observar y comparar los resultados. ¿Qué rangos de frecuencia se obtienen en cada caso?