

Caos en el Oscilador Colpitts

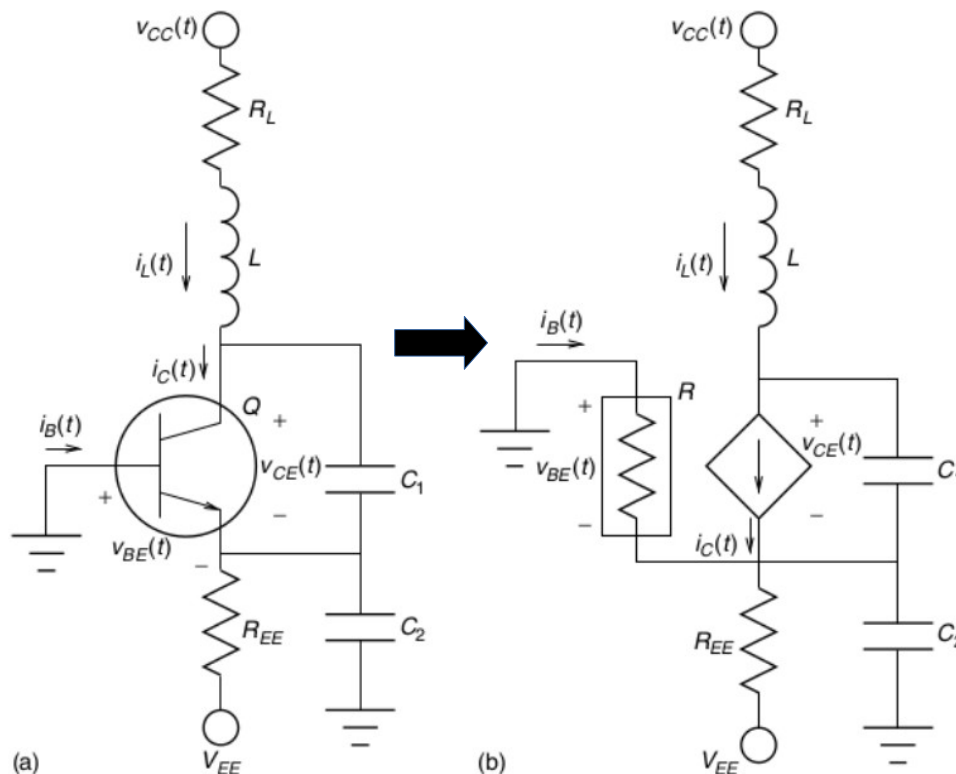
I. RESUMEN

El presente trabajo presenta una modelacion y simulacion del oscilador Colpitts. Se muestra como el oscilador puede ser modelado por un sistema de ecuaciones ordinarias mediante el uso de un resistencia no lineal. Podemos ver que para ciertos valores el modelo del circuito puede tener relaciones caoticas.

II. INTRODUCCION

El oscilador Colpitts es un circuito electronico no lineal de tercer orden. Que utiliza 2 condensadores(C_1 , C_2) y 1 bobina(L), es decir es un oscilador L-C. Este tipo de oscilador es usado en bandas de alta frecuencia VHF(30MHz-300MHz) .

Dentro del circuito electronico usado como modelo, el dispositivo Q es un transistor NPN-BJT(Bipolar Junction Transistor) el cual puede ser representado por un circuito equivalente en pequeña señal como un resistor R no lineal y una fuente de voltaje controlado(Hybrid- π model).



Donde tenemos que la corriente $i_C(t)$ depende de la corriente base $i_B(t)$:

$$i_C(t) = \beta_F i_B(t)$$

La corriente base $i_B(t)$ del transistor es usada para calcular el voltaje base $v_{BE}(t)$ el cual tiene que ser menor que un voltaje v_{TH} umbral para que el transistor Q pueda funcionar y emitir corriente $i_{BE}(t)$, de lo contrario el transistor Q estaria como apagado. Entonces segun la ley de Ohm, tenemos:

$$i_B(t) = \begin{cases} 0, & v_{BE}(t) \leq V_{TH} \\ \frac{(v_{BE}(t) - V_{TH})}{R_{ON}}, & v_{BE}(t) > V_{TH} \end{cases}.$$

Segun lo anterior, podemos poner la corriente base $i_B(t)$ en funcion del voltaje emisor $v_{BE}(t)$:

$$i_B(t) = f_R(v_{BE}(t)).$$

Por otro lado tenemos el voltaje $v_{CC}(t)$ y v_{EE} . El voltaje $v_{EE} < 0$ ($v_{EE} = -5$) y el voltaje $v_{CC}(t)$ es dependiente del tiempo, por lo que podemos describirla con la funcion escalon:

$$u(t) = \begin{cases} 1, & t \geq 0 \\ 0, & t < 0 \end{cases}.$$

Aplicando las leyes de Rirchoff podemos deducir las ecuaciones de estado del oscilador Colpitts son las siguientes:

$$\begin{aligned} C_1 \frac{dv_{CE}(t)}{dt} &= i_L(t) - \beta_F f_R(v_{BE}(t)), \\ C_2 \frac{dv_{BE}(t)}{dt} &= -\frac{v_{BE}(t) + V_{EE}}{R_{EE}} - f_R(v_{BE}(t)) - i_L(t), \\ L \frac{di_L(t)}{dt} &= v_{CC}(t) - v_{CE}(t) + v_{BE}(t) - R_L i_L(t). \end{aligned}$$

El voltaje collector $v_{CE}(t)$ es el que se utiliza para transmitir las señales. Cabe mencionar que este circuito no es la unica representacion, pero es conveniente para nuestro analisis.

III.EXPERIMENTACION DEL MODELO Y SIMULACION

Para simular el modelo podemos usaremos python lenguaje de programacion y tambien usarmeos el metodo de Runge Kuta de orden 4 explicito con los siguientes valores de K_i , las cuales desarrollamos usando la siguiente tabla de Butcher:

$C1=0$	0	0	0	0
$C2=1/3$	$1/3$	0	0	0
$C3=2/3$	$1/3$	$1/3$	0	0
$C4=1$	$1/3$	$1/3$	$1/3$	0
	$b1=3/7$	$b2=2/7$	$b3=1/7$	$b4=1/7$

Entonces verificaremos que para ciertos valores, la señal colectora $v_{CE}(t)$ sera de forma senoidal y en otra tendra una forma distorcionada la cual no puede ser transmitida.

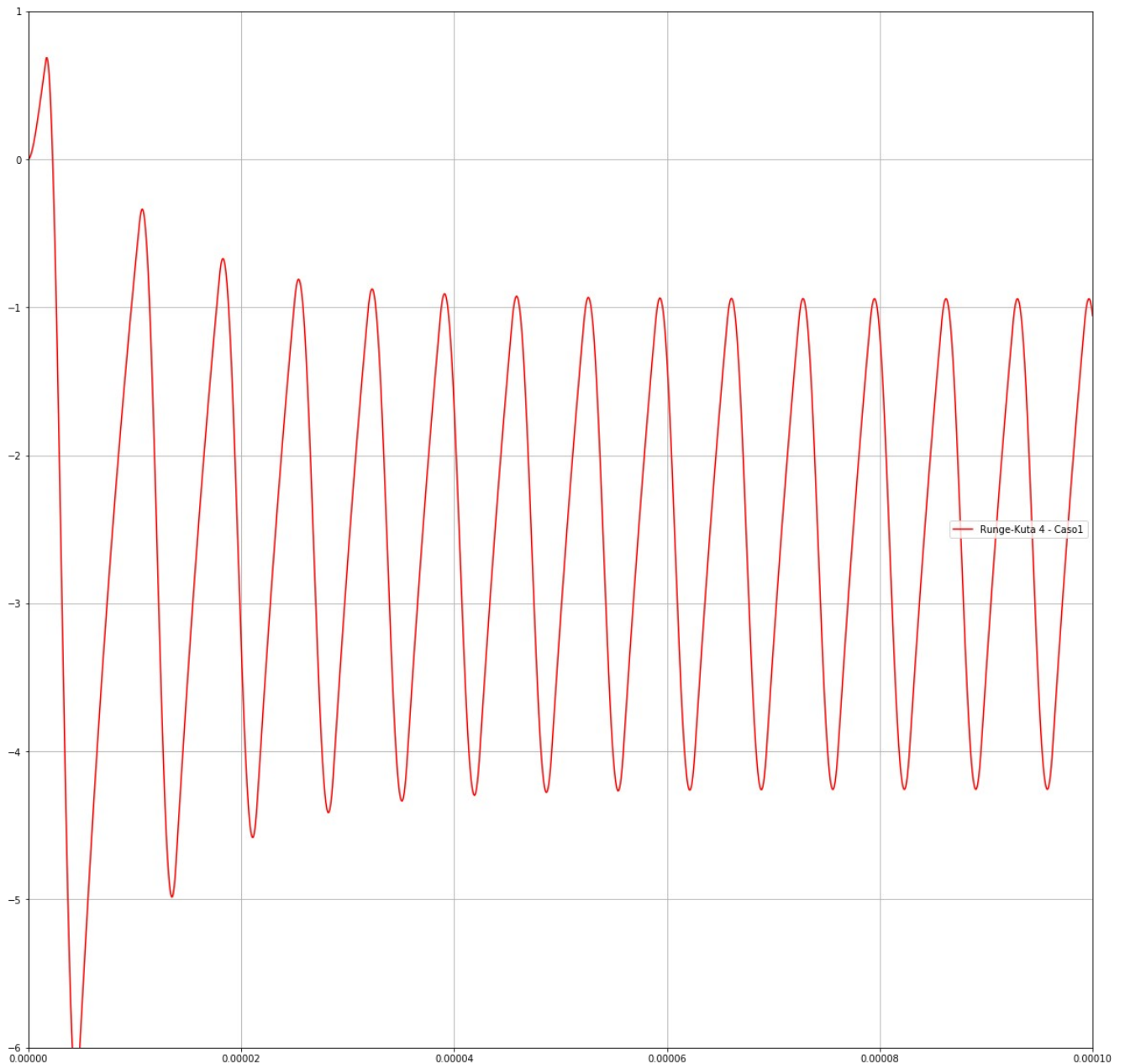
Caso1:

RON=115
VTH=0.75
VCC=5
VEE=-5

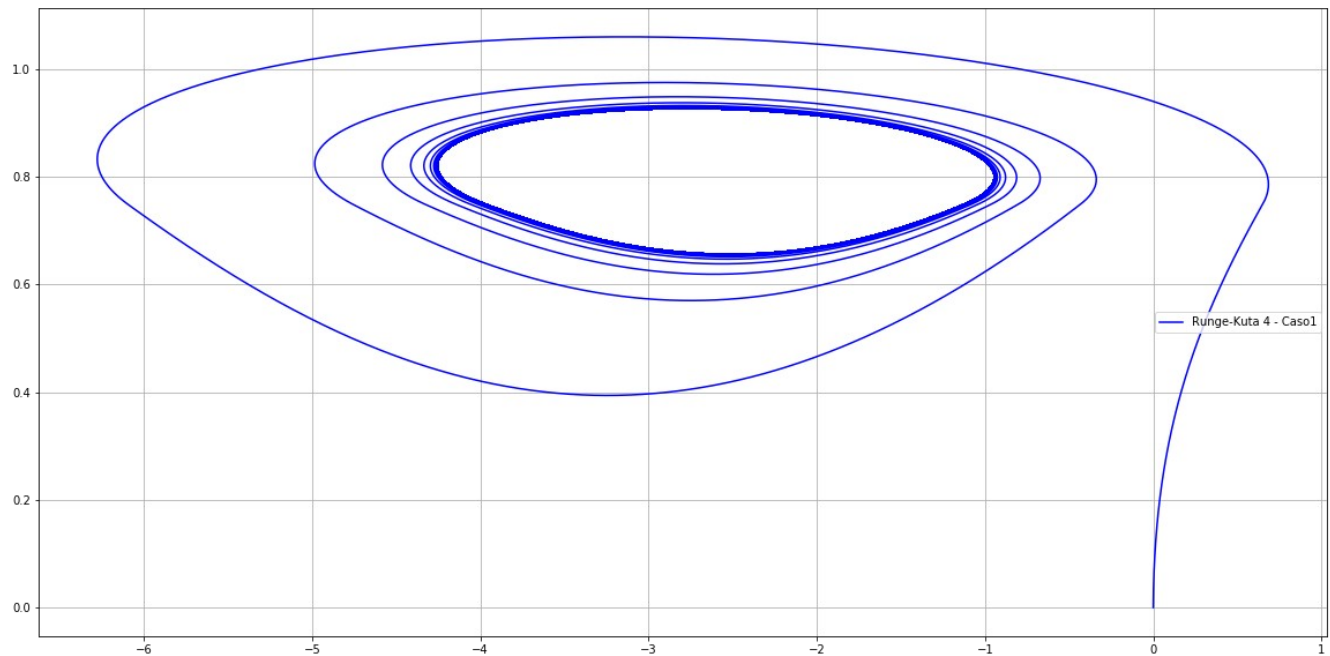
C1 = 45e-9;
C2 = 58e-9;
REE = 100;
VEE = -5;
betaF = 80;
RL = 200;
L = 100e-6;

Iteracion	Paso	Voltaje $v_{CE}(t)$	Voltaje $v_{BE}(t)$	Corriente $i_L(t)$
0	0	0	0	0
1	1E-08	0.000199	0.008463	0.000482
2	2E-08	0.000505	0.016829	0.000955
3	3E-08	0.000917	0.025099	0.00142
4	4E-08	0.001431	0.033274	0.001876
5	5E-08	0.002047	0.041357	0.002324
6	6E-08	0.002763	0.049348	0.002764
7	7E-08	0.003575	0.05725	0.003195
8	8E-08	0.004484	0.065064	0.003619
9	9E-08	0.005487	0.072792	0.004035
10	1E-07	0.006582	0.080435	0.004443
11	1.1E-07	0.007768	0.087994	0.004844
12	1.2E-07	0.009043	0.095472	0.005237
13	1.3E-07	0.010405	0.102868	0.005623
14	1.4E-07	0.011852	0.110186	0.006002
15	1.5E-07	0.013384	0.117425	0.006374
16	1.6E-07	0.014999	0.124588	0.00674
17	1.7E-07	0.016694	0.131676	0.007098
18	1.8E-07	0.018469	0.138689	0.00745
19	1.9E-07	0.020322	0.145631	0.007795

Para estos valores podemos ver que la señal colectora $v_{CE}(t)$ es de forma casi senoidal por lo que puede ser transmitida. Este tipo de señales puede ser representado por una combinación de armónicos y por tanto puede ser enviada y recepcionada.



Al mostrar la relacion $v_{BE}(t)$ con respecto a $v_{CE}(t)$, podemos ver que no tienen una relacion caotica.



Caso2:

RON=100

VTH=0.75

VCC=5

VEE=-5

C1 = 54e-9;

C2 = 54e-9;

REE = 400;

VEE = -5;

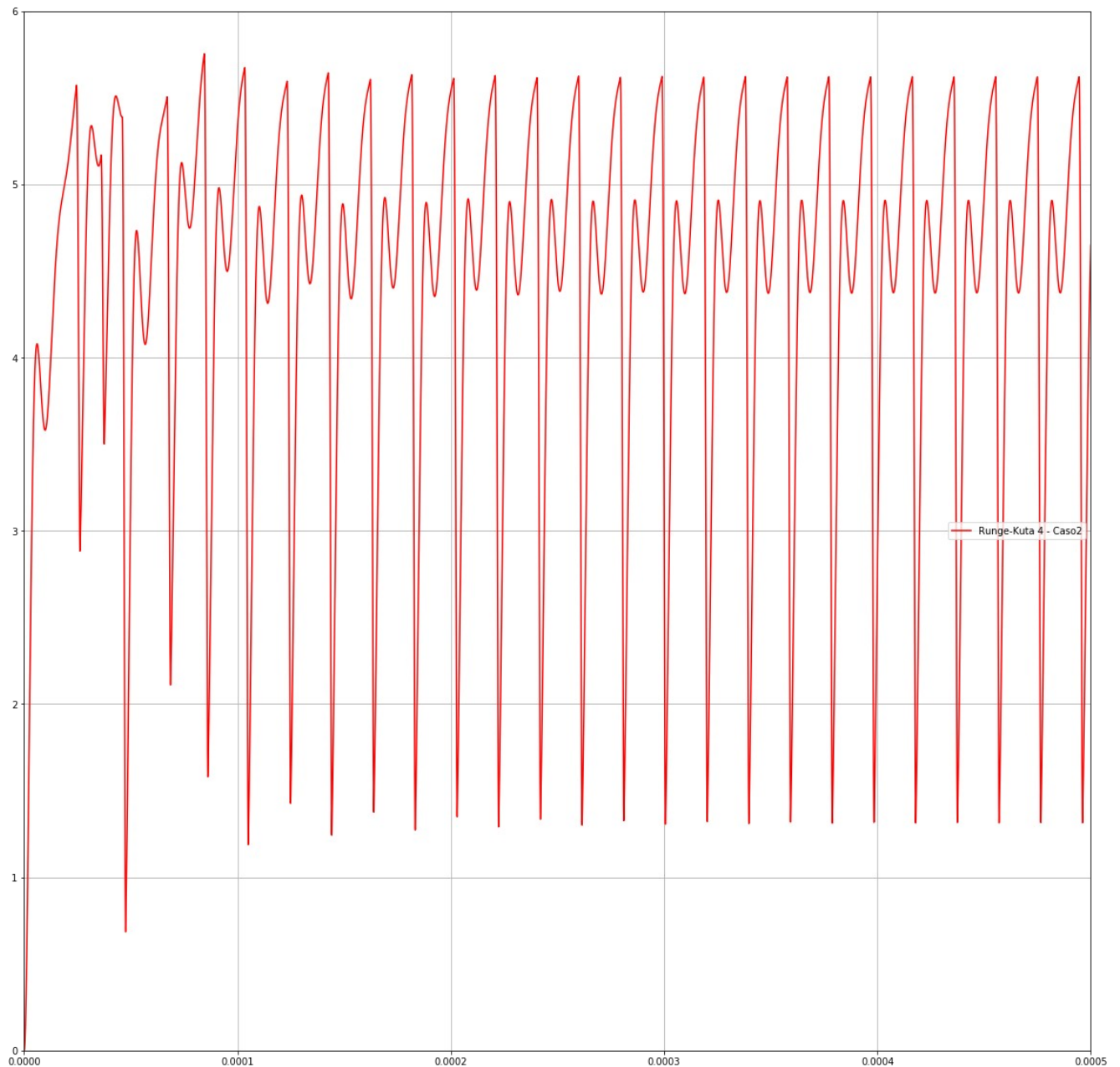
betaF = 200;

RL = 35;

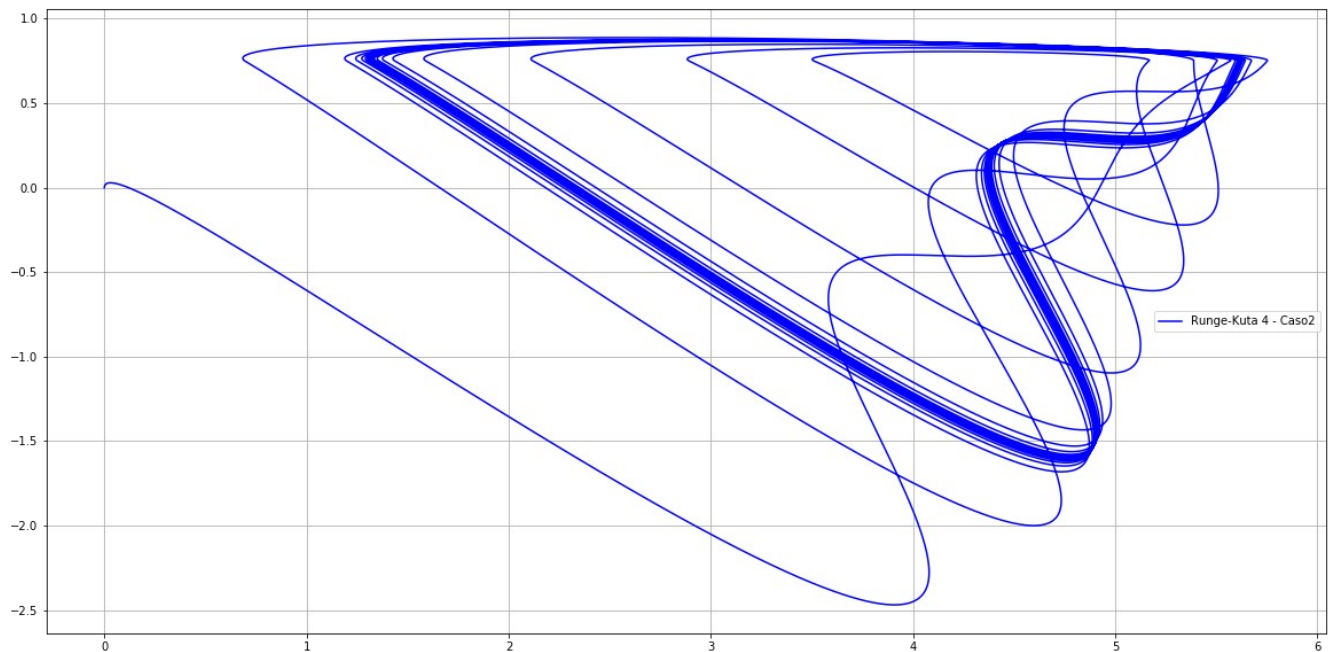
L = 98.5e-6;

Iteracion	Paso	Voltaje $v_{CE}(t)$	Voltaje $v_{BE}(t)$	Corriente $i_L(t)$
0	0	0	0	0
1	1E-08	5.4E-05	0.00226	0.000507
2	2E-08	0.000202	0.004426	0.001012
3	3E-08	0.000444	0.006497	0.001515
4	4E-08	0.000778	0.008474	0.002017
5	5E-08	0.001206	0.010357	0.002517
6	6E-08	0.001726	0.012147	0.003016
7	7E-08	0.002338	0.013844	0.003513
8	8E-08	0.003042	0.015448	0.004008
9	9E-08	0.003838	0.016959	0.004501
10	1E-07	0.004726	0.018379	0.004993
11	1.1E-07	0.005704	0.019706	0.005484
12	1.2E-07	0.006773	0.020943	0.005972
13	1.3E-07	0.007933	0.022088	0.006459
14	1.4E-07	0.009182	0.023143	0.006944
15	1.5E-07	0.010522	0.024108	0.007427
16	1.6E-07	0.01195	0.024982	0.007909
17	1.7E-07	0.013468	0.025768	0.008389
18	1.8E-07	0.015075	0.026464	0.008867
19	1.9E-07	0.01677	0.027071	0.009343

Para estos valores podemos ver que la señal colectora $v_{CE}(t)$ es de forma no regular y por lo que no puede ser transmitida. Este tipo de casos representa modos de falla, modo abnormal en la que el circuito no puede trabajar.



Al mostrar la relación $v_{BE}(t)$ con respecto a $v_{CE}(t)$, podemos ver que tiene una relación dinámica caótica.



IV. CONCLUSIONES

- I. Para estos valores podemos ver que la señal colectora $v_{CE}(t)$ es de forma casi senoidal por lo que puede ser transmitida. Este tipo de señales puede ser representado por una combinación de armónicos y por tanto puede ser enviada y recibida.
- II. Para estos valores podemos ver que la señal colectora $v_{CE}(t)$ es de forma no regular y por lo que no puede ser transmitida. Este tipo de casos representa modos de falla, modo anormal en la que el circuito no puede trabajar.

V. REFERENCIAS

- I. An Introduction to Numerical Analysis for Electrical and Computer Engineers, by C.J. Zarowski ISBN 0-471-46737-5 2004 John Wiley & Sons, Inc.
- II. M. P. Kennedy, "Chaos in the Colpitts Oscillator," IEEE Trans. Circuits Syst. (Part I: Fundamental Theory and Applications) 41, 771-774 (Nov. 1994).
- III. A. S. Sedra and K. C. Smith, Microelectronic Circuits, 3rd ed., Saunders College Publ., Philadelphia, PA, 1989.
- IV. R. L. Burden and J. D. Faires, Numerical Analysis, 4th ed., PWS-KENT Publ., Boston, MA, 1989.