

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño



APLICACIONES DEL CAOS EN LA INGENIERÍA

Proyecto Final

Trabajo experimental

7mo Semestre

Ingeniería en Electrónica - Grupo 371

Integrantes

Muñiz Hernández Oscar Javier - 358851

Guzman Gudiño Said Raul - 361198

Cruz Bautista Dante Danilo - 362118

Docente

Dr. Cruz Hernández Cesar

Ensenada, Baja California a 14 de diciembre de 2022

I) Comportamiento dinámico del circuito de Chua

1.- Escribir las ecuaciones de estado del circuito de Chua.

Originalmente se tienen las siguientes ecuaciones:

$$\frac{dV_1}{dt} = \frac{1}{RC_1}(V_{C2} - V_{C1}) - \frac{1}{C_1}g(V_{C1})$$

$$\frac{dV_2}{dt} = \frac{1}{RC_2}(V_{C2} - V_{C1}) + \frac{1}{C_2}i_L$$

$$\frac{di}{dt} = -\frac{1}{L}V_{C2}$$

Se podrían simplificar aún más pero estas son las ecuaciones en relación al circuito.

2.- Incluir el diagrama de la implementación electrónica del circuito de Chua.

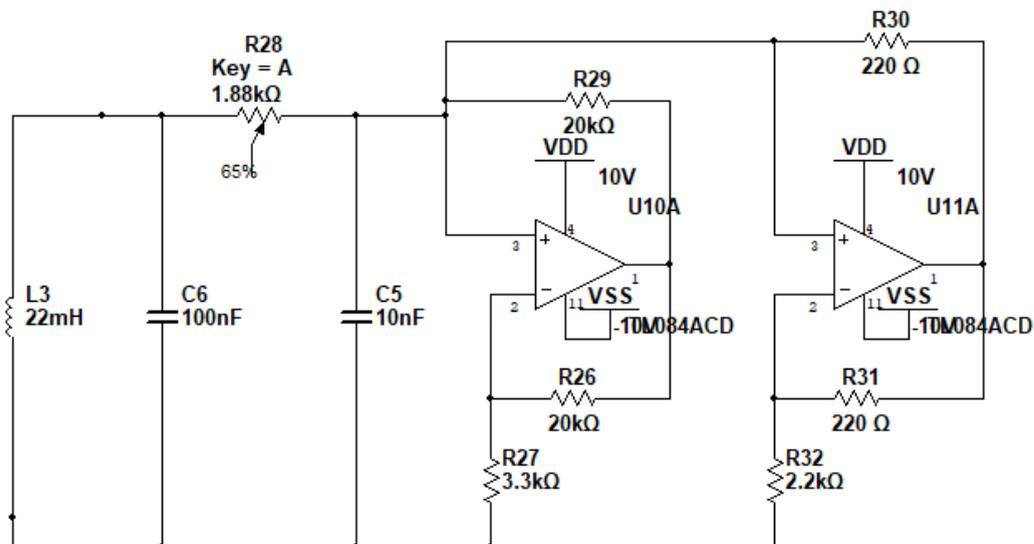


Figura 1. Diagrama del circuito de Chua con Multisim

Se consideraron esos valores de resistencias para que al momento de realizar el circuito en un protoboard no se tuvieran arreglos con resistencias, esas fueron las más comerciales y funcionales en el circuito.

El potenciómetro fácilmente podría cambiarse por uno de 2K pero se tendrían secuencias diferentes a las que se muestran en este documento.

Dando valores apropiados al parámetro crítico del circuito de Chua. Mostrar en la pantalla del simulador los comportamientos dinámicos.

a) **Punto de equilibrio** (atractor punto).

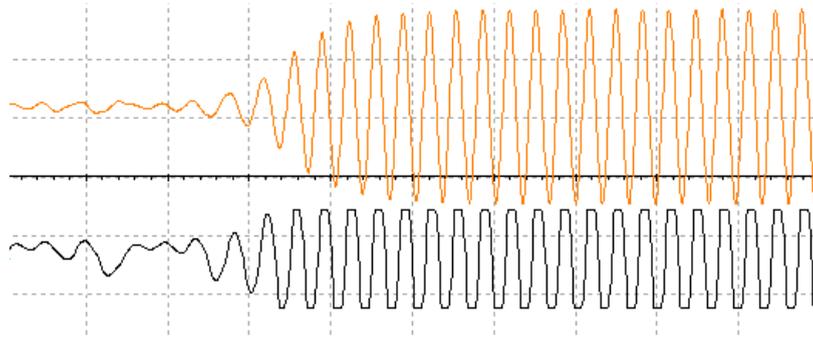


Figura 2. Gráficas temporales de estado en equilibrio.

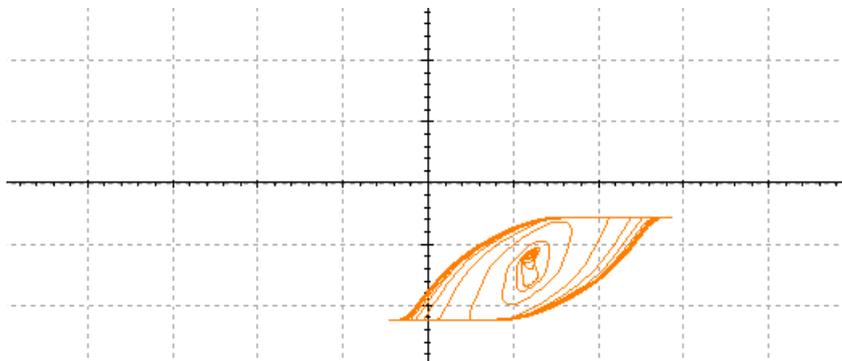


Figura 3. Gráfica en el plano de fase en equilibrio.

b) **Oscilaciones periódicas** (atractor ciclo límite).

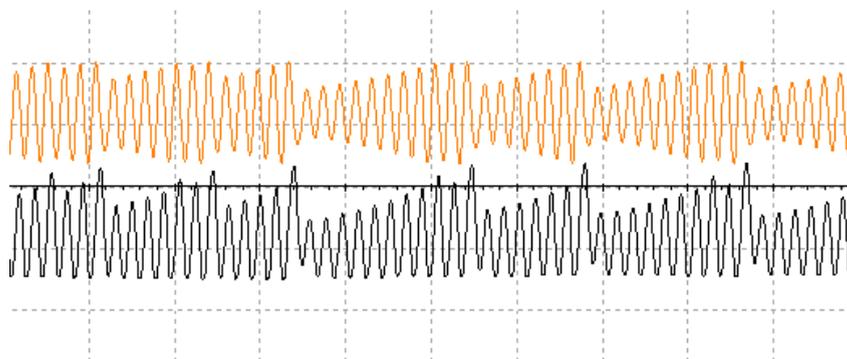


Figura 4. Gráficas temporales de estado periodico.

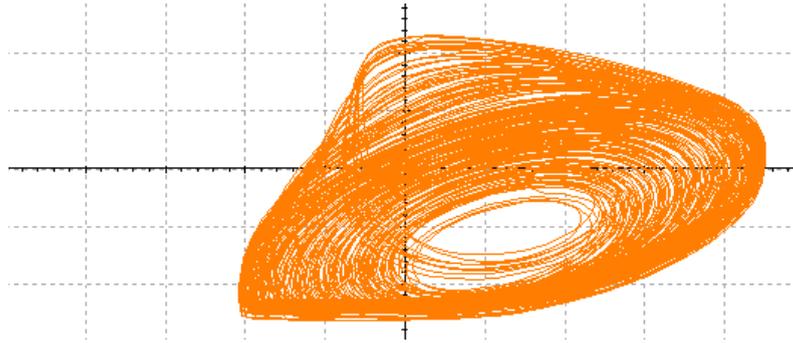


Figura 5. Gráfica en el plano de fase en comportamiento periodico.

c) Oscilaciones caóticas (atractor extraño). Gráficas temporales y en el plano de fase, correspondientes.

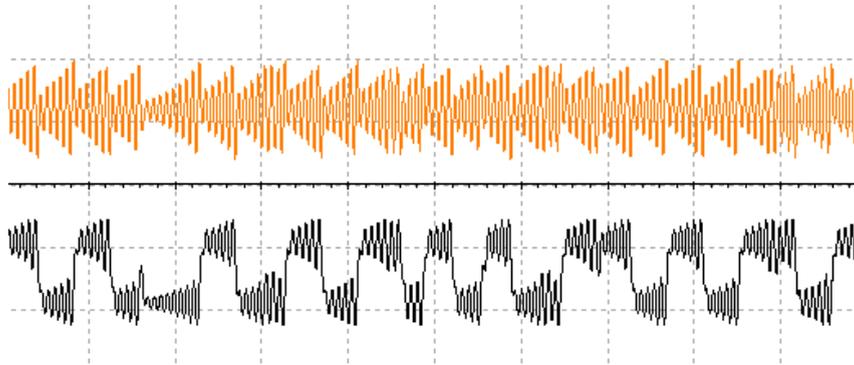


Figura 6. Gráficas temporales de estado en comportamiento caótico.

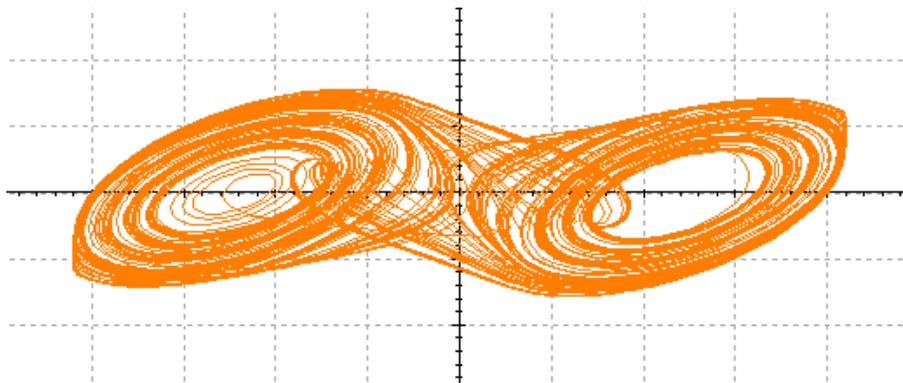


Figura 7. Gráfica de fase en comportamiento caótico.

II) Sincronización por Pecora y Carroll de dos circuitos caóticos de Chua

a) Escribir las ecuaciones de estado de los circuitos maestro M y esclavo E. Indicando las condiciones iniciales y los valores de los parámetros.

$$M : \begin{cases} \dot{x}_1 = \alpha(x_2 - x_1 - f(x_1)), \\ \dot{x}_2 = x_1 - x_2 + x_3, \\ \dot{x}_3 = -\beta x_2, \end{cases}$$

$$f(x_1) = bx_1 + \frac{1}{2}(a-b)[|x_1 + 1| - |x_1 - 1|]$$

$$E : \begin{cases} \dot{\hat{x}}_1 = \alpha(\hat{x}_2 - \hat{x}_1 - f(\hat{x}_1)), \\ \dot{\hat{x}}_2 = \hat{x}_1 - \hat{x}_2 + \hat{x}_3, \\ \dot{\hat{x}}_3 = -\beta \hat{x}_2, \end{cases}$$

$$f(\hat{x}_1) = b\hat{x}_1 + \frac{1}{2}(a-b)[|\hat{x}_1 + 1| - |\hat{x}_1 - 1|].$$

b) Incluir los diagramas de la implementación electrónica de los circuitos maestro M y esclavo E.

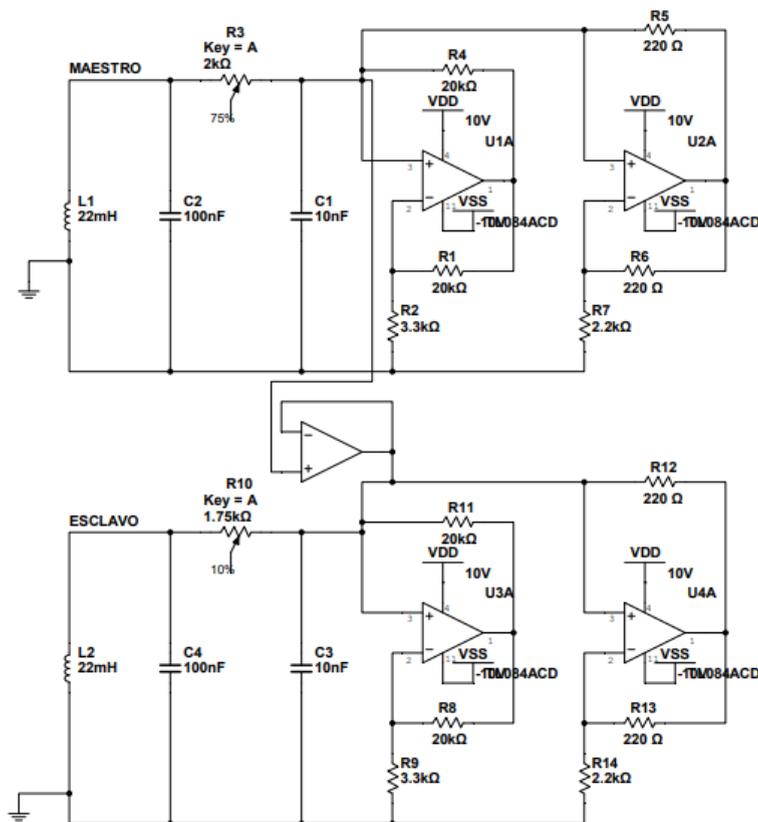


Figura 8 . Diagrama del circuito de sincronización Maestro-Esclavo de Chua.

c) Mostrar las gráficas en la pantalla del simulador del plano de fase.

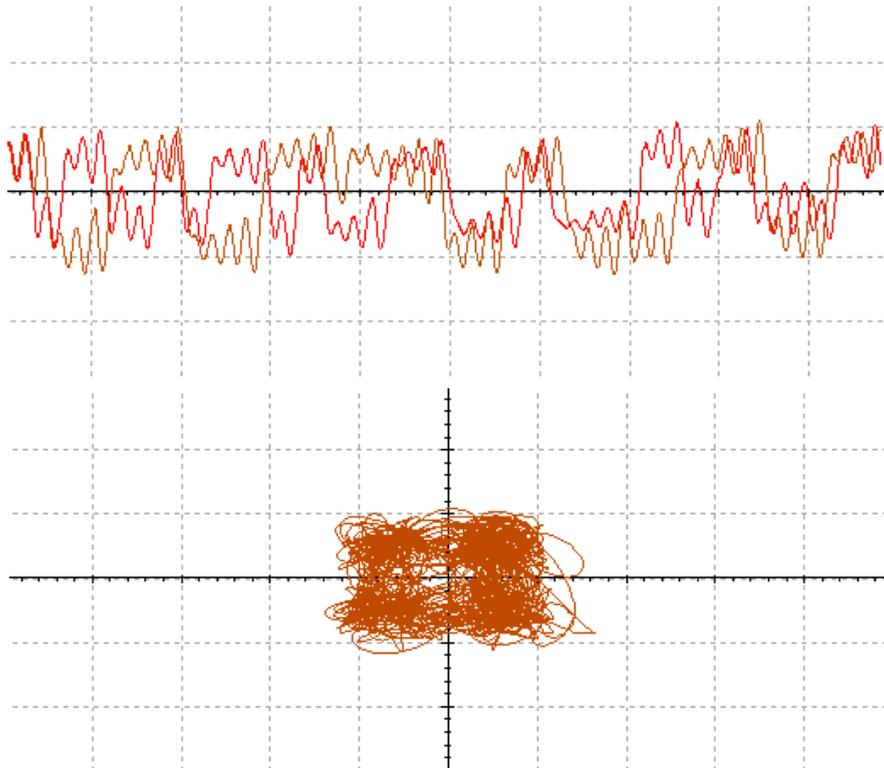


Figura 9. a) Señales caóticas antes de la sincronización, b) Plano de fase antes de la sincronización en el simulador

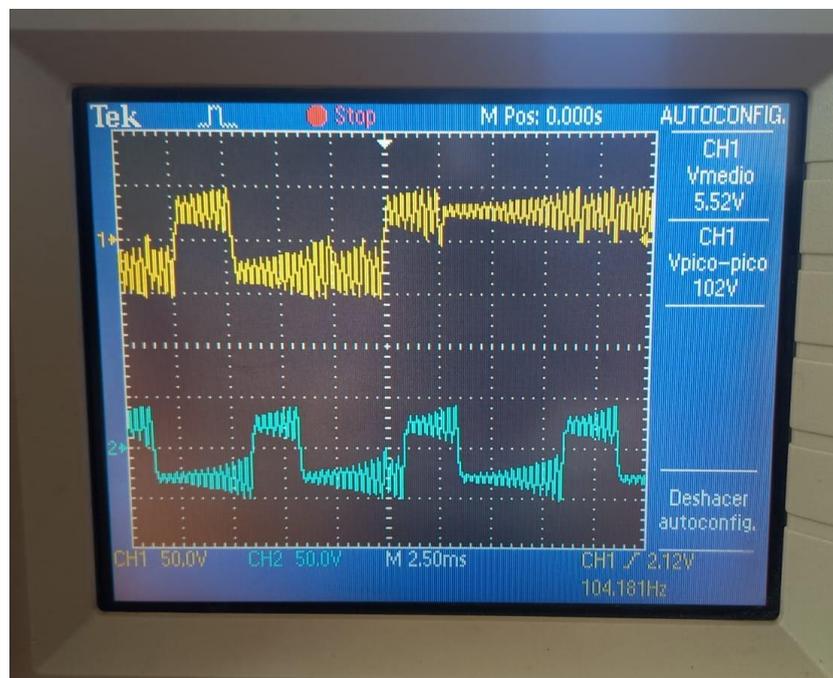


Figura 10. Señales caóticas antes de la sincronización vistas en el osciloscopio

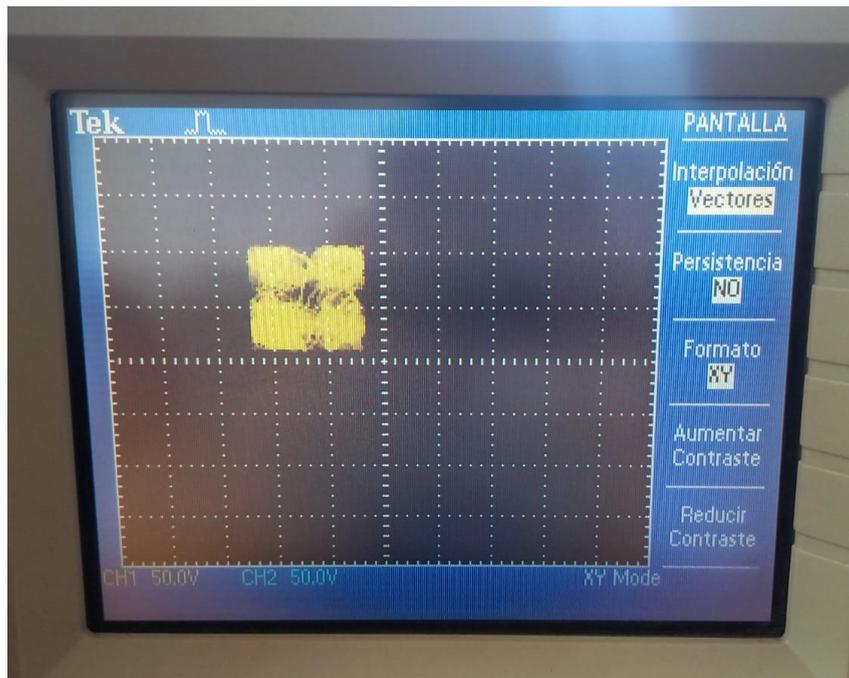


Figura 11. Plano de fase antes de la sincronización visto en el osciloscopio

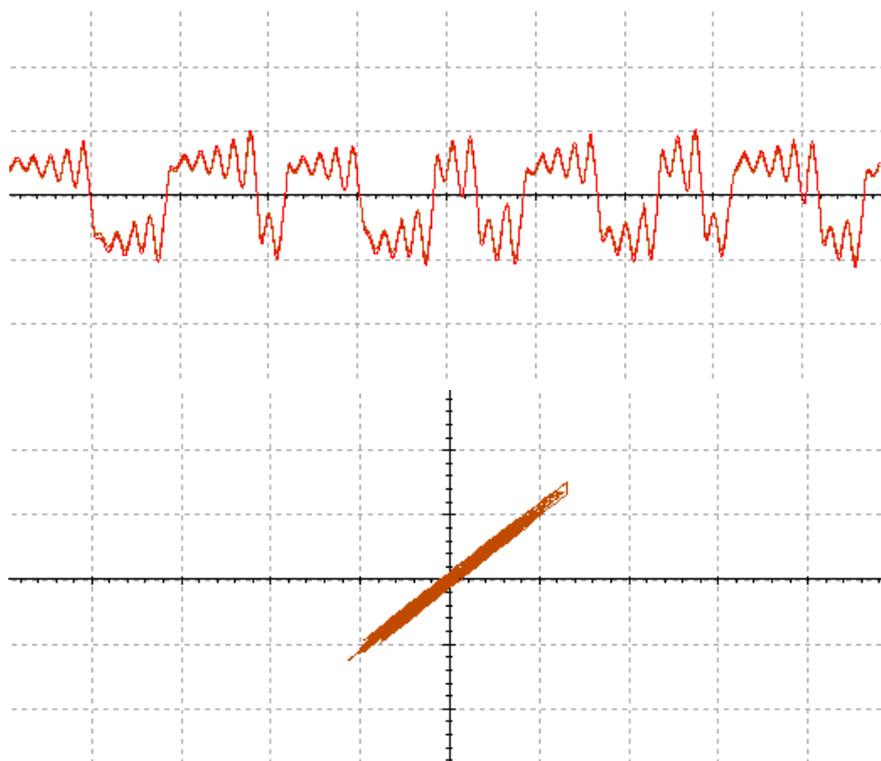


Figura 12. a) Señales caóticas después de la sincronización, b) Plano de fase después de la sincronización

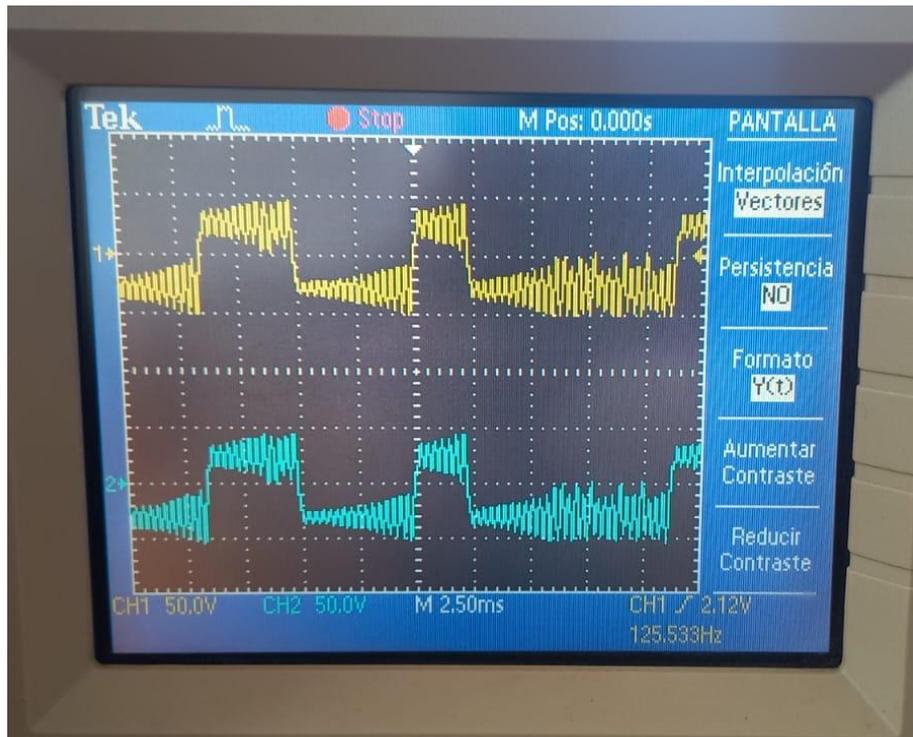


Figura 13. Señales caóticas después de la sincronización maestro-esclavo



Figura 14. Señales caóticas después de la sincronización encimadas

Se puede ver como el sistema esclavo responde perfectamente y se sincroniza a la señal maestro.

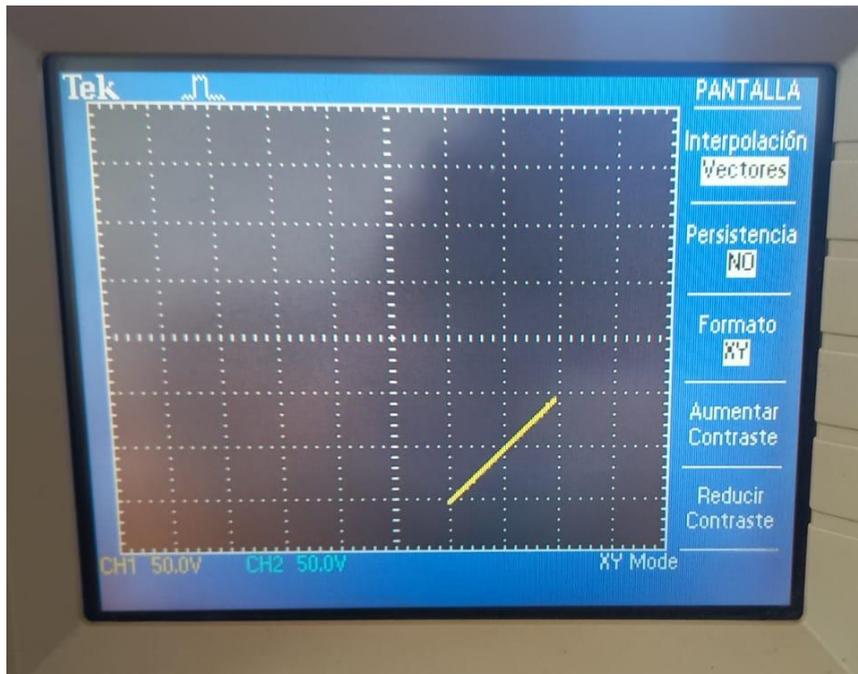


Figura 15. Plano de fase después de la sincronización visto en el osciloscopio

III) Comunicación segura empleando el circuito caótico de Chua

Empleando una señal senoidal como mensaje a ser encriptado y enviado por Alicia a Bob: **a) Mediante un canal de transmisión.** Mostrar en la pantalla del simulador: el mensaje por enviar en el transmisor, el mensaje encriptado transmitido en el canal público y el mensaje recuperado (desencriptado) en el receptor de Bob.

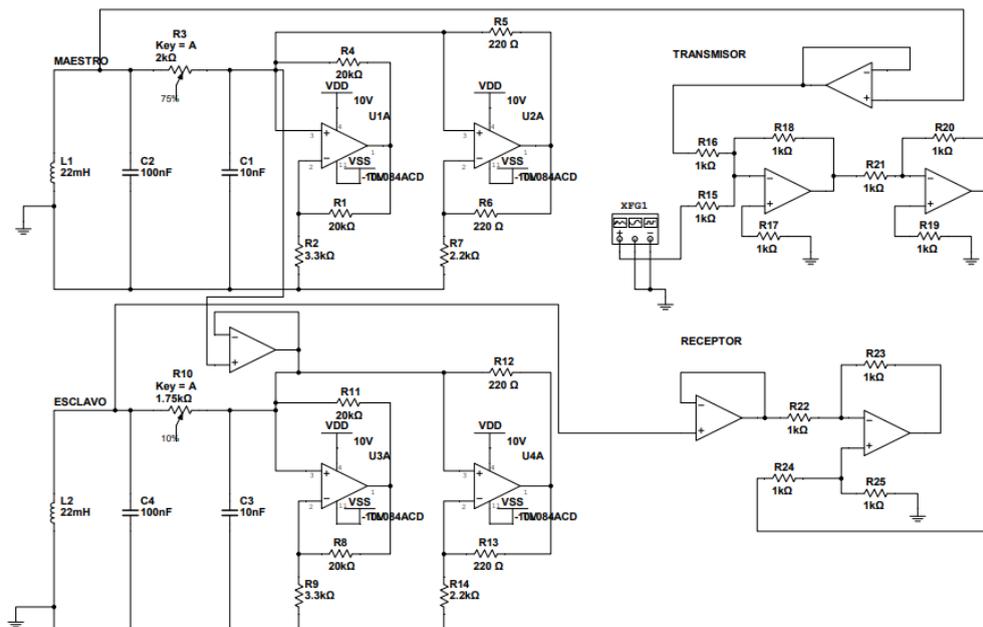


Figura 16. Circuito de sincronización con el transmisor y receptor en multsim

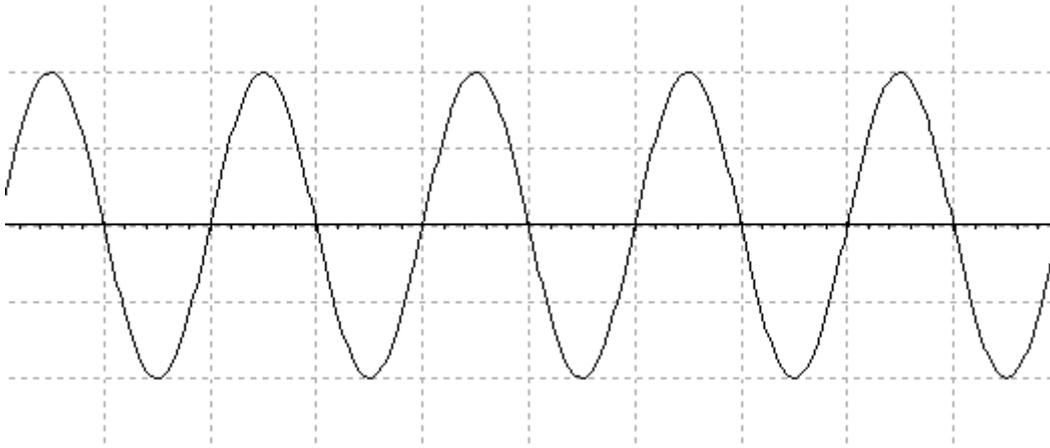


Figura 17. Señal de mensaje en el transmisor, senoidal de 1 Vpp a 60Hz

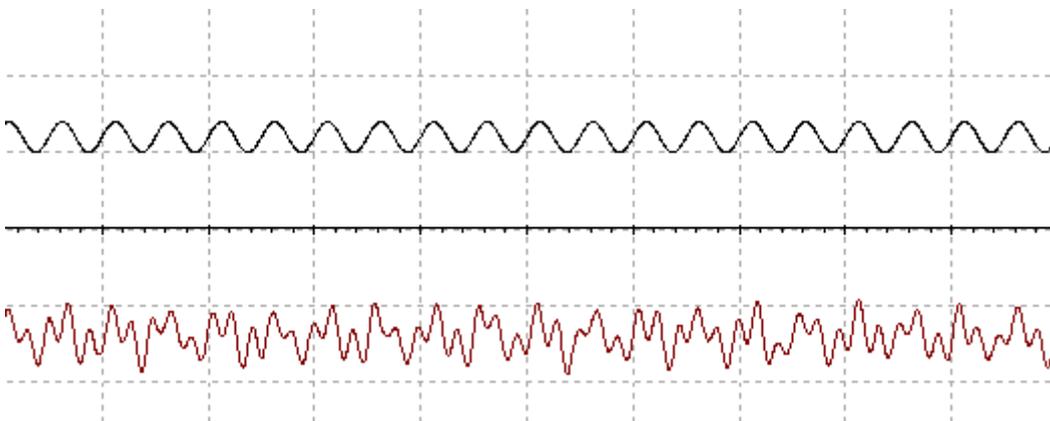


Figura 18. Señal de mensaje (color negro) y criptograma enviado (color rojo)

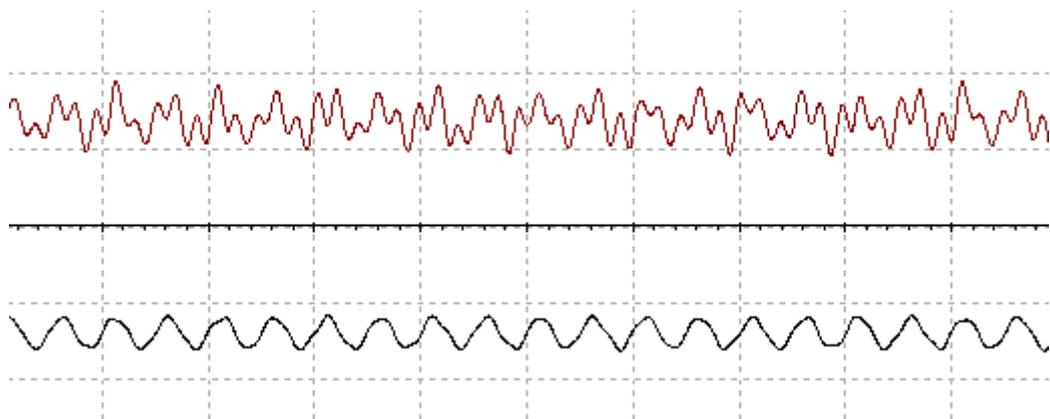


Figura 19. Criptograma recibido en el receptor (color rojo) y descryptada (color negro)

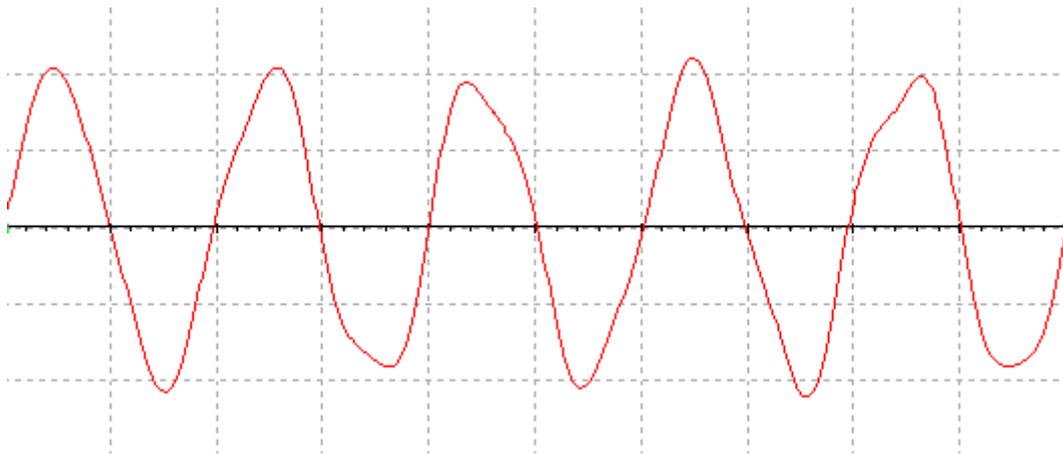


Figura 20 .Señal descriptada

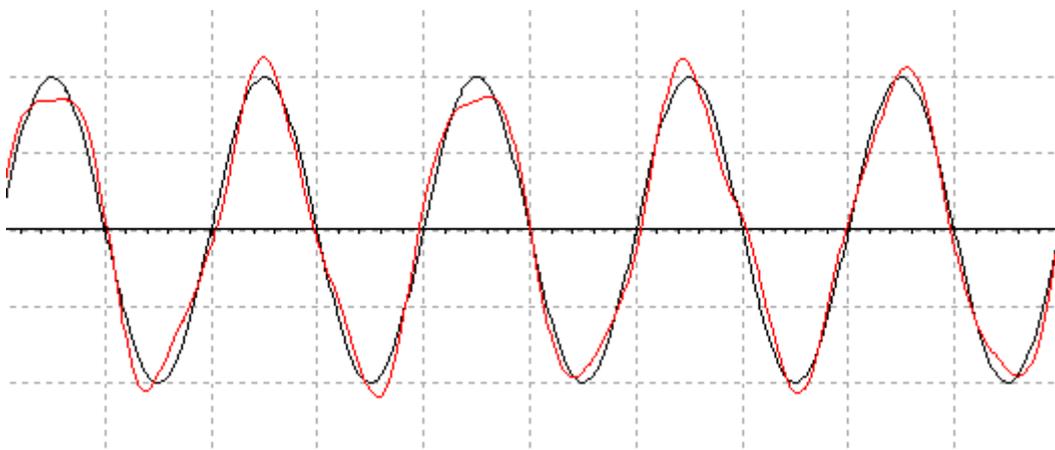


Figura 21. Mensaje original (color negro) y mensaje recibido descriptado (rojo)

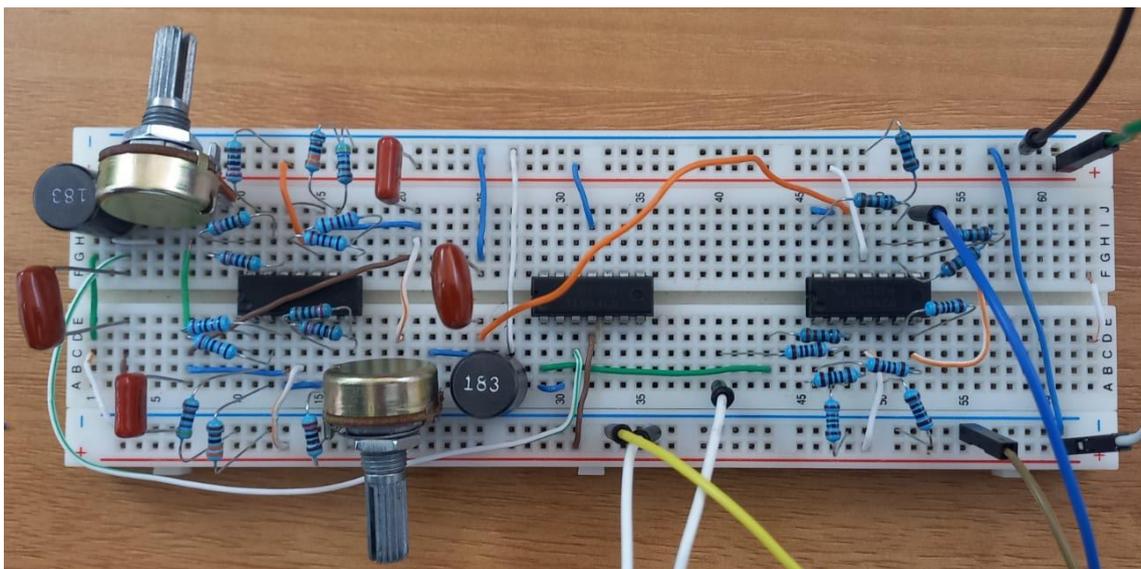


Figura 22. Circuito de sincronización con el transmisor y receptor en el protoboard

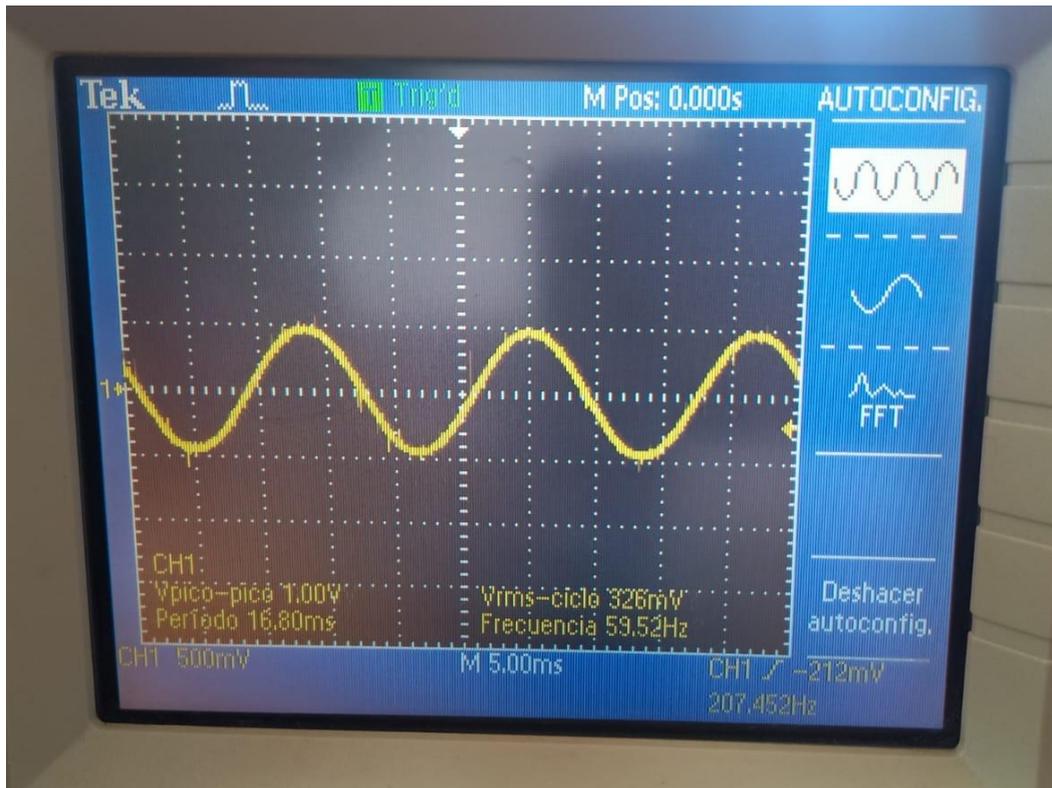


Figura 23. Señal de mensaje en el transmisor



Figura 24 .Señales de mensaje y mensaje descriptado en el receptor

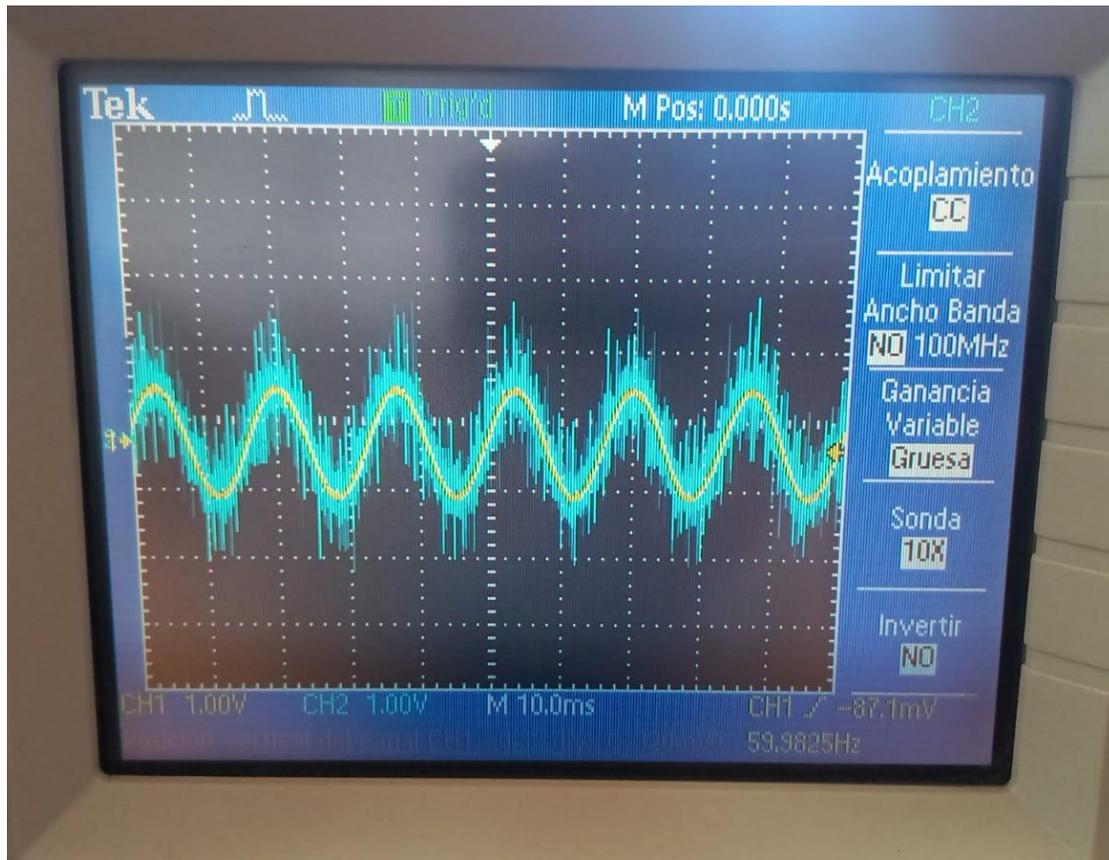


Figura 25 .Señales de mensaje y mensaje descryptado en el receptor encimadas

IV Comunicación segura de información digital empleando el circuito de Chua

Transmitir de manera segura mensajes binarios con base en la sincronía de dos circuitos caóticos de Chua. Empleando la técnica de conmutación entre dos valores diferentes del parámetro crítico del circuito de Chua maestro M.

Mensaje: 1, 0, 1, 1, 0, 0, 1

1) Graficar el mensaje binario.

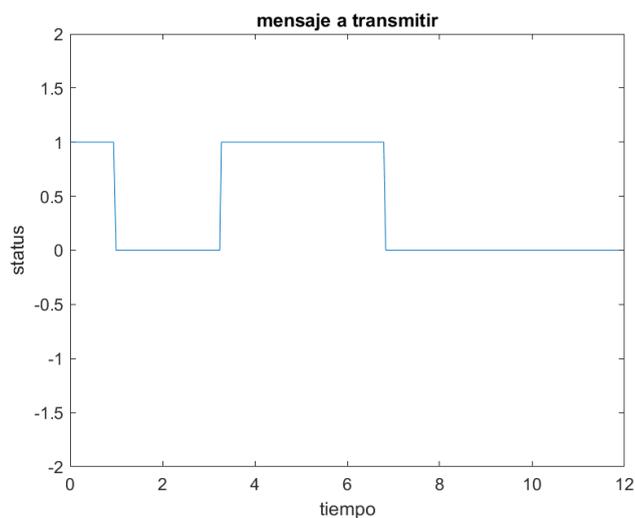


Figura 26 .Mensaje binario a transmitir

2) Graficar la señal de transmisión c (criptograma) por el canal público.

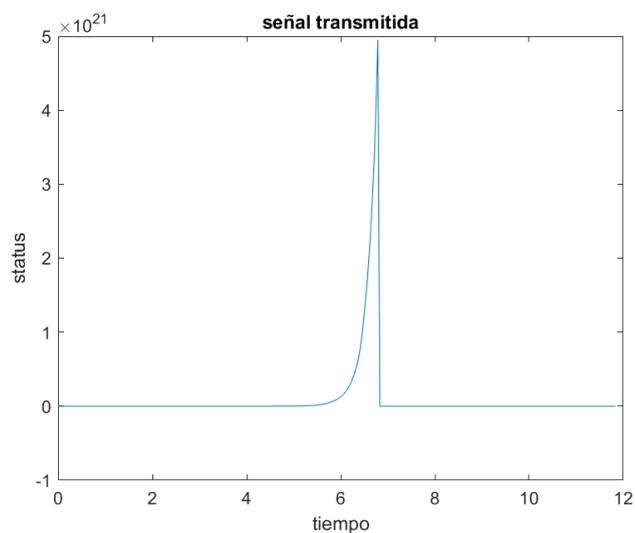


Figura 27 .Criptograma a transmitir

3) Graficar la detección del error de sincronización en el receptor.

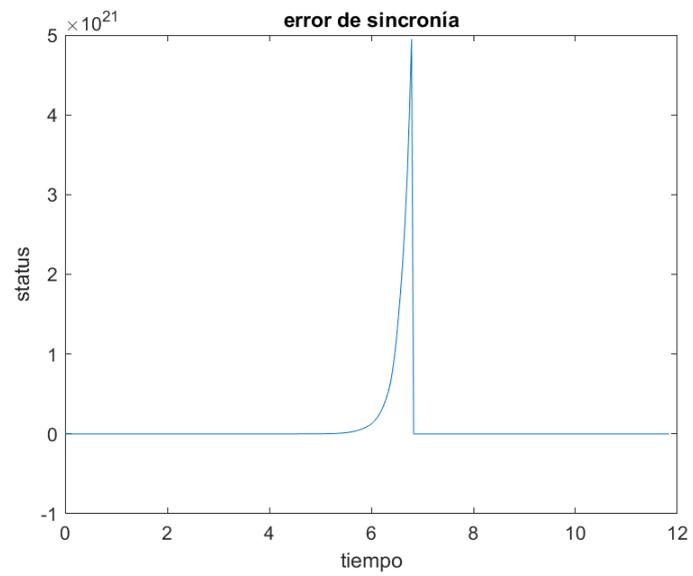


Figura 28. Error de sincronización

4) Graficar el mensaje recuperado por Bob.

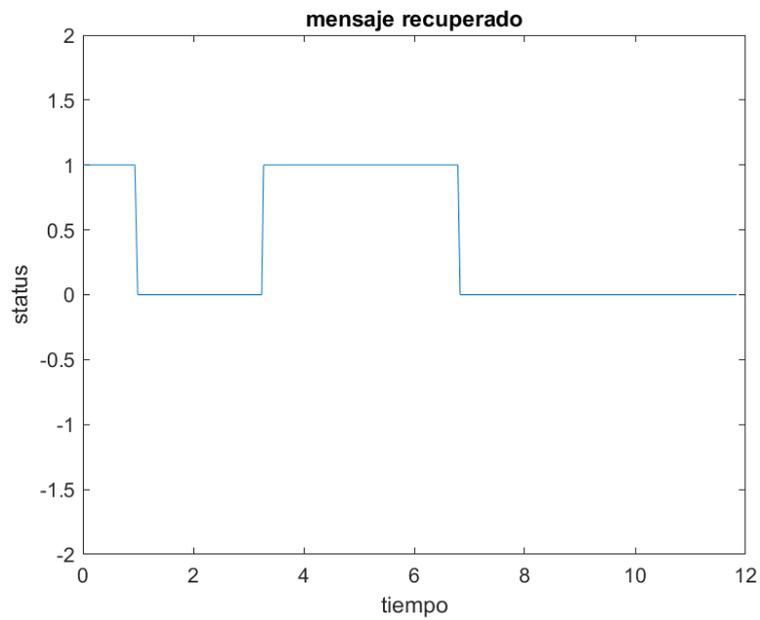


Figura 29. Mensaje recuperado por Bob

5) Escriba los valores para el parámetro crítico que fueron usados en el maestro Chua M para codificar la transmisión de un bit “1” y un bit “0”.

Para 1 = 35.0 Para 0 = 30.0

6) Incluir el programa usado en Matlab.

Anexos A,B y C

Conclusiones

El circuito chua puede enviar una señal de manera confiable, como nos damos cuenta el encriptado es la suma de la señal de la portadora de la información con la señal caótica y su posterior separación sería la forma de desencriptar, las principales limitaciones que se pueden presentar son las problemáticas con los componentes que se usan para el armado, hablando del alcance, este es muy grande como lo son la caracterización y aplicación a pruebas de plataformas de sincronización, control de caos, así como en este caso comunicaciones seguras o encriptación de señales, los costos para la aplicación de encriptado caótico pueden variar dependiendo de la calidad de los componentes y obviamente para el uso que se le desee dar.

Se podría emplear en transmisión de imágenes, transmisión de voz, tecnología láser.

Referencias consultadas

[1] A. Arellano-Delgado, R.M. López-Gutiérrez, C. Cruz-Hernández, C. Posadas-Castillo, L. Cardoza-Avenidaño, H. Serrano-Guerrero. Experimental network synchronization via plastic optical fiber. *Optical Fiber Technology* 19 (2013) 93-108.

[2] C. Cruz-Hernández, D. López-Mancilla, V. García-Gradilla, H. Serrano-Guerrero, R. Núñez-Pérez. Experimental realization of binary signals transmission using chaos. *Journal of Circuits, Systems, and Computers* 14(3) (2005) 453-468.

[3] Gandhi Gaurav, Muthuswamy Bharathwaj, Roska, Tamas. Chua's Circuit for High School Students. *ChuasCircuitforHighSchoolStudents-PREPRINT.pdf*


```
else
    m=VX1(i);
end
k(i)=m;
i=i+1;
end
```

```
%calculo del error de sincronía
e1=[];
j=1;
while j<tam
    e=k(j)-VX1r(j);
    e1(j)=e;
    j=j+1;
end
```

```
%desencriptador
n=1;
while n<tam
    if e1(n)>1
        m1=1;
    else
        m1=0;
    end
    q(n)=m1;
    n=n+1;
end
```

```
figure(2)
plot(t(1:292),te)
axis([0, tam, -2, 2]);
title('mensaje a transmitir')
xlabel('tiempo'); ylabel('status')
```

```
figure(3)
plot(t(1:291),k)
axis([0, 12, -5, 5]);
title('señal transmitida')
xlabel('tiempo');ylabel('status')
```

```
figure(4)
plot(t(1:291),q)
axis([0, 12, -2, 2]);
title('mensaje recuperado')
xlabel('tiempo');ylabel('status')
```

```
figure(5)
plot(t(1:291),e1)
title('error de sincronía')
xlabel('tiempo');ylabel('status')
```

Anexo B

```
function dx=chua(t,x)
    alfa=15.61;
    beta=28;
    a=-1.143;
    b=-0.714;
    %maestro
    fx1=b*x(1)+(0.5*(a-b))*((abs(x(1)+1))-(abs(x(1)-1)));
    dx(1)=alfa*(x(2)-x(1)-fx1);
    dx(2)=x(1)-x(2)+x(3);
    dx(3)=-beta*(x(2));
    dx=dx';
    %esclavo
    fx1r=b*x(4)+0.5*(a-b)*(abs(x(4)+1)-abs(x(4)-1));
    dx(4)=alfa*(x(5)-x(4)-fx1r);
    dx(5)=x(1)-x(5)+x(6);
    dx(6)=-beta*(x(5));
    dxr=dx';
end
```

Anexo C

```
function dx=chua2(t,x)
    alfa=17;
    beta=28;
    a=-1.143;
    b=-0.714;
    %maestro
    fx1=b*x(1)+(0.5*(a-b))*((abs(x(1)+1))-(abs(x(1)-1)));
    dx(1)=alfa*(x(2)-x(1)-fx1);
    dx(2)=x(1)-x(2)+x(3);
    dx(3)=-beta*(x(3));
    dx=dx';
end
```