

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO

Facultad de Ingeniería Eléctrica

Laboratorio de Electrónica de Comunicaciones II

PRÁCTICA 5

TRANSMISIÓN POR MODULACIÓN DIGITAL DE DESPLAZAMIENTO DE FRECUENCIA FSK

Objetivo:

Implementar un circuito modulador FSK y transmitir repetidamente una palabra binaria de 8 bits.

Introducción

La transmisión por desplazamiento de frecuencia FSK (Frequency Shift Keying), es una forma muy simple de modulación digital, pero también de muy bajo rendimiento. El FSK binario es una forma de modulación angular de amplitud constante, similar a la modulación en frecuencia convencional, excepto que la señal modulante, es un flujo de pulsos binarios que varía entre dos niveles de voltaje discreto, en lugar de una forma de onda analógica que cambia de manera continua. La expresión general de una señal FSK es:

$$v(t)x = V_c \cos \left[\left(\omega_c + \frac{v_m(t)\Delta\omega}{2} \right) t \right] \quad (1)$$

Donde: $v(t)$ = forma de onda FSK binaria
 V_c = amplitud pico de la portadora no modulada
 ω_c = frecuencia de la portadora en radianes
 $v_m(t)$ = señal modulante digital
 $\Delta\omega$ = cambio en frecuencia de salida en radianes

De la ecuación anterior, puede verse que con el FSK, la amplitud de la portadora V_c se mantiene constante con la modulación. Sin embargo, la frecuencia en radianes de la portadora de salida (ω_c), cambia por una cantidad igual a $\pm \Delta\omega/2$. El cambio de frecuencia ($\Delta\omega/2$) es proporcional a la amplitud y polaridad de la señal de entrada binaria. Por ejemplo, un uno binario podría ser +1 Volt, y un cero binario -1V, produciendo cambios de frecuencia de $+\Delta\omega/2$ y $-\Delta\omega/2$ respectivamente. Además, la rapidez a la que cambia la frecuencia de la portadora es igual a la rapidez de cambio de a señal de entrada binaria $v_m(t)$ (o sea, la razón de bits de entrada). Por lo tanto, la frecuencia de la portadora de salida cambia entre $\omega_c + \Delta\omega/2$ y $\omega_c - \Delta\omega/2$ a una velocidad igual a f_m .

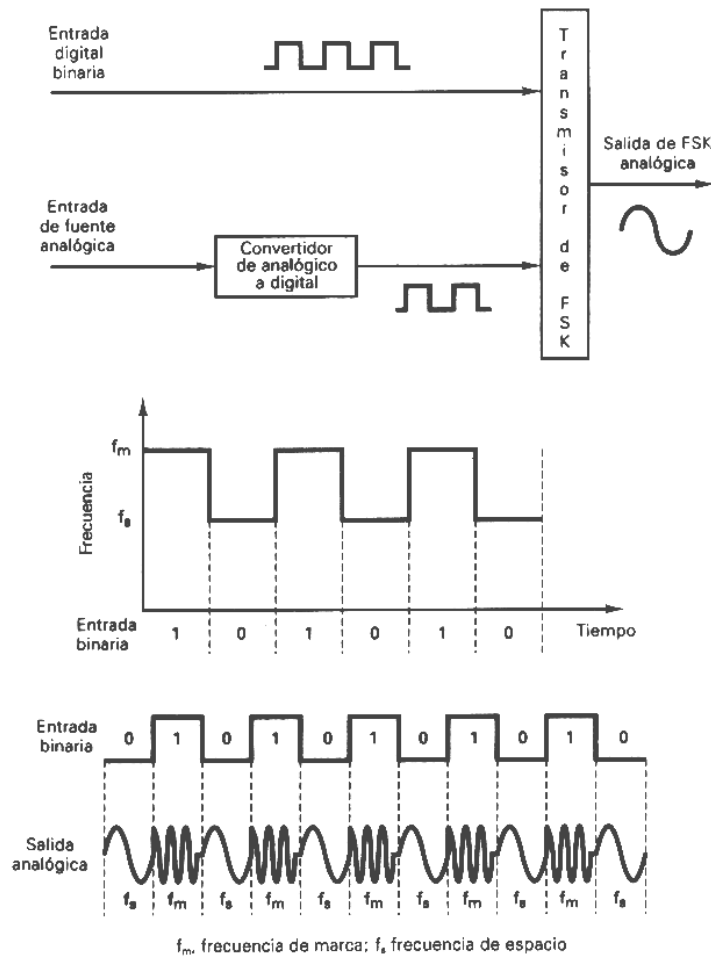


Figura 1: Proceso de modulación FSK

Transmisor de FSK.

Con el FSK binario, la frecuencia central o de portadora se desplaza, en función de los datos de la entrada binaria. En consecuencia, la salida de un modulador de FSK binario, es una función escalón en el dominio del tiempo. Conforme cambie la señal de entrada binaria de 0 lógico a 1 lógico, y viceversa, la salida del FSK se desplaza entre dos frecuencias: una frecuencia de marca o de 1 lógico y una frecuencia de espacio o de 0 lógico. Con el FSK binario, hay un cambio en la frecuencia de salida, cada vez que la condición lógica de la señal de entrada binaria cambia. Así, la razón de salida del cambio es igual a la razón de entrada del cambio.

En la modulación digital, la razón (rapidez) de cambio en la entrada del modulador se llama razón de bits y se mide en unidades de bits por segundo (bps). La razón del cambio en la salida del modulador se llama baudio o razón de baudio y es igual al recíproco del tiempo de un elemento de señalización de salida. En esencia, el baudio es la razón de línea en símbolos por segundo. En el FSK binario, las razones del cambio de entrada y salida son iguales; en consecuencia, la razón de bits y la razón de baudio son iguales.

Generador de Funciones XR2206

El XR2206 de Exar es un generador de funciones monolítico, capaz de producir ondas seno, triangular, rampa, rectangular y pulso de alta calidad, estabilidad y exactitud. Las señales de salida pueden ser además moduladas en amplitud y frecuencia por un voltaje externo, y su frecuencia de operación puede seleccionarse en un rango desde 0.01 Hz hasta 1 MHz. En la Figura 2 se muestra el diagrama a bloques del CI.

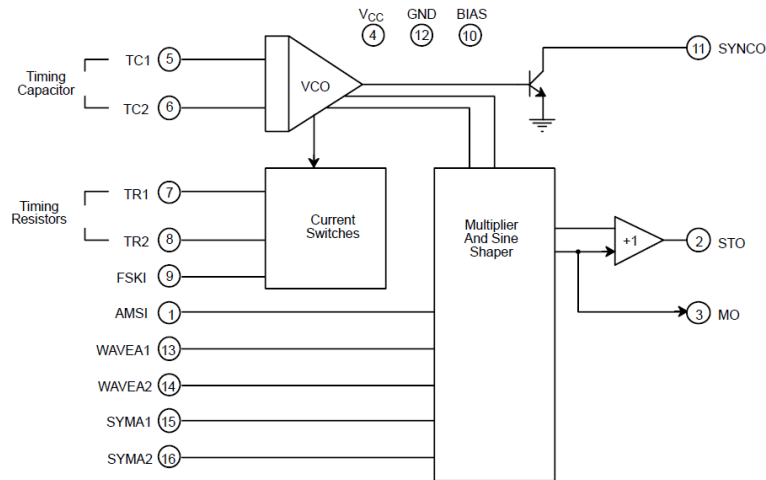


Figura 2: Diagrama a bloques interno del XR2206

El XR2206 está formado por cuatro bloques funcionales; un oscilador controlado por voltaje (VCO), un multiplicador analógico y conformador de onda senoidal, un búfer de ganancia unitaria y un grupo de interruptores de corriente.

El VCO produce una frecuencia de salida proporcional a una corriente de entrada, que se fija por medio de las resistencias de tiempo conectadas de las terminales TR a tierra. Con dos terminales de temporizado se pueden producir dos frecuencias discretas independientes para la generación de FSK usando la terminal de control de entrada FSK, misma que controla los interruptores de corriente que seleccionan una de las corrientes para las resistencias de temporizado y la envía hacia el VCO.

Frecuencia de oscilación

La frecuencia de oscilación (f_0) está determinada por el capacitor de temporizado externo (C) a través de las terminales 5 y 6, y por las resistencias de temporizado conectadas a las terminales 8 y/o 7. La frecuencia es dada por la ecuación:

$$f_0 = \frac{1}{RC} \quad (2)$$

Y puede ser ajustada variando R o C , para un rango de frecuencia dado. La estabilidad en temperatura es óptima para valores entre $4k\Omega$ y $200k\Omega$. Los valores recomendados para C están entre $1nF$ y $100\mu F$.

Variación de Frecuencia y Modulación

La frecuencia de oscilación es proporcional a la corriente total de temporizado (I_T) drenada por las terminales 7 u 8:

$$f = \frac{320I_T(mA)}{C(\mu F)} \quad (3)$$

Las terminales de temporizado (7 u 8) son puntos de baja impedancia y están polarizadas internamente con +3V con respecto a la terminal 12. La frecuencia varía linealmente con respecto a I_T dentro de un amplio rango de valores de corriente, desde 1 μ A hasta 3 mA. Para una operación segura del circuito I_T debe limitarse a un máximo de 3 mA.

Amplitud de salida

La máxima amplitud de salida es inversamente proporcional a la resistencia externa R3, conectada a la terminal 3. Para salida senoidal, la amplitud es de aproximadamente 60 mV de pico por k Ω de R3. Para salida triangular, la amplitud es de aproximadamente 160 mV de pico por k Ω de R3. Entonces, por ejemplo, si R3=50 Ω , se producirá una salida senoidal de aproximadamente 13V.

Generación de modulación FSK

La Figura 3 muestra el circuito de un generador de modulación FSK senoidal. Las frecuencias de marca y espacio pueden ajustarse independientemente por medio de las resistencias de tiempo R1 y R2; la salida es de fase continua durante las transiciones. La señal moduladora se aplica en la terminal 9.

Las frecuencias de oscilación están determinadas por:

$$f_1 = \frac{1}{R_1 C} \quad f_2 = \frac{1}{R_2 C} \quad (4 - 4a)$$

Donde f_1 y f_2 corresponden al 0 y 1 lógico de la entrada, respectivamente.

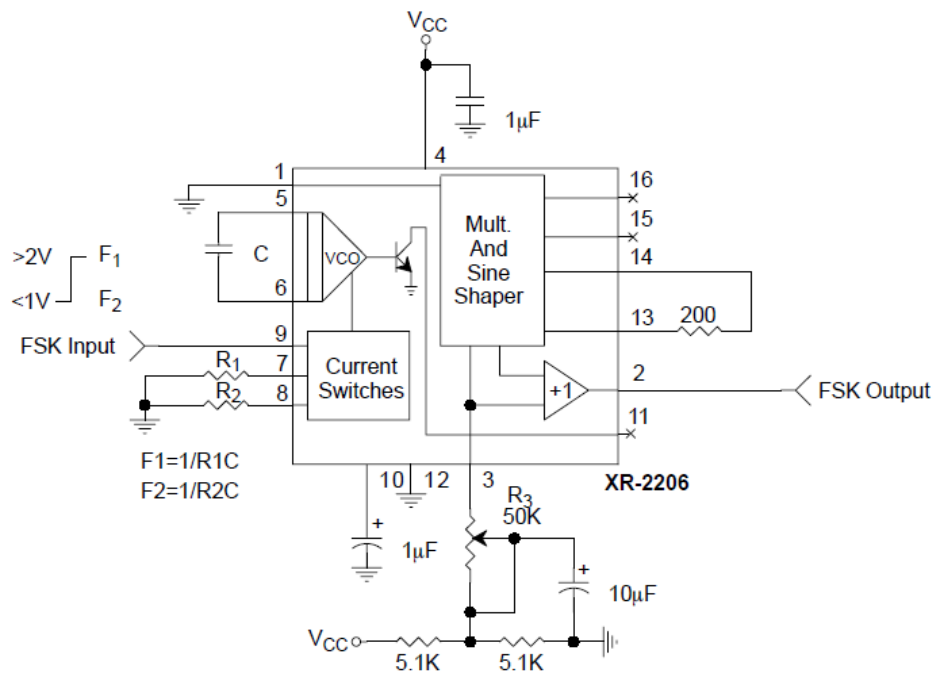


Figura 3: Generador senoidal FSK

Desarrollo

- Considere el circuito de la
- Figura 3. Considere también una frecuencia $F_1 = 2\text{kHz}$ (0 lógico), y $F_2 = 8\text{kHz}$ (1 lógico).
- Proponga un capacitor C , y calcule los valores de R_1 y R_2 , utilizando las Ecuaciones (4–4a). **PRECAUCIÓN** considere el valor de las resistencias para que no permitan una circulación de corriente mayor o igual a 3 mA entre las terminales 7 y 8 a tierra.
- Utilizando el generador de palabras implementado en la práctica 2, arme el circuito mostrado en el diagrama a bloques de la Figura 4.

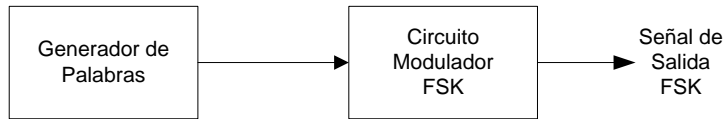


Figura 4: Diagrama a bloques.

e) Grafique la señal obtenida.

Reporte:

Graficas obtenidas.

- a) De la señal digital.
- b) De la señal analógica modulada en FSK.

Conclusiones.