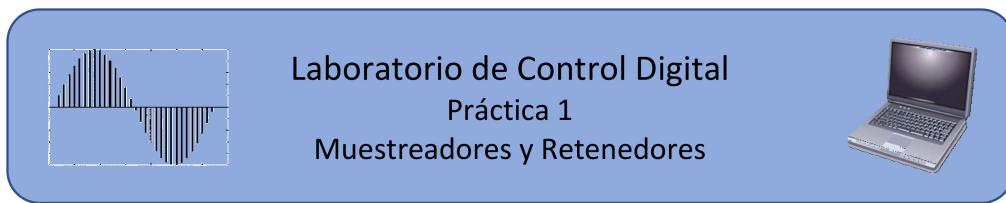




Practicario de Control Digital

Nombre: _____ Grupo: _____

Tecnológico de Estudios Superiores de Huixquilucan
Curso 2022 - 1



Tema:

1.6. Efectos de cuantización y muestreo

Objetivos

- El alumno implementará un dispositivo de muestreo y un dispositivo de retención para comprobar dos de los procesos empleados en la discretización de señales analógicas.
- El alumno analizará las variaciones que se producen en ambos procesos al cambiar los parámetros del sistema para diferentes señales de entrada.

Introducción

En los sistemas discretos, en los sistemas de datos muestreados y en los sistemas de control digital, por lo general una o varias de las señales que intervienen en el proceso son señales analógicas que deben ser transformadas a señales discretas para poder ser empleadas de forma adecuada dentro de este tipo de sistemas. Para lograr la discretización de las señales, se debe aplicar primero el proceso de muestreo y obtener así una señal formada únicamente por las muestras discretas en tiempo de la señal analógica.

El proceso de muestreo puede representarse a través de un interruptor que se cierra cada $t = kT$ segundos durante un tiempo de muestreo (p), generándose una señal de muestreo como la mostrada en la figura 1.1.

- t = Instante de muestreo • $k = 0, 1, 2, 3, \dots n$
- T = Periodo de muestreo
- p = Tiempo de muestreo

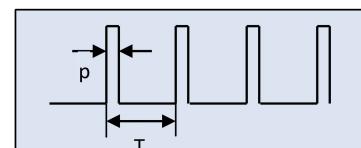


Figura 1.1

La ecuación $t = kT$ describe al muestreo periódico ya que las muestras están equiespaciadas, es decir las muestras son tomadas en instantes de tiempo que son múltiplos enteros del periodo de muestreo. También existen otros tipos de muestreo empleados para diferentes propósitos, los cuales se describen con ecuaciones similares a la mostrada anteriormente.

La entrada de este interruptor es una señal analógica y la salida es una señal muestreada como se puede observar en la figura 1.2.

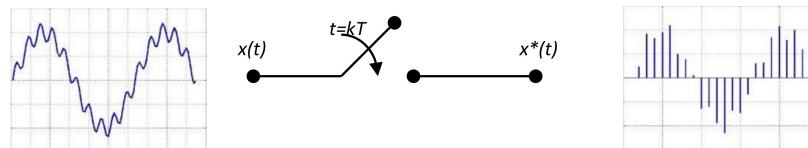


Figura 1.2 Muestreador

Otra forma de representar el proceso de muestreo es a través de un modulador en amplitud, que realiza la modulación de un tren de impulsos unitarios discretos generados en los instantes kT que se emplean como señal portadora y la señal analógica que se desea muestrear que se emplea como señal moduladora, obteniéndose como salida los pulsos discretos pero modulados en amplitud por la señal de entrada, a esta salida se le denomina la señal muestreada, tal y como se observa en la figura 1.3.

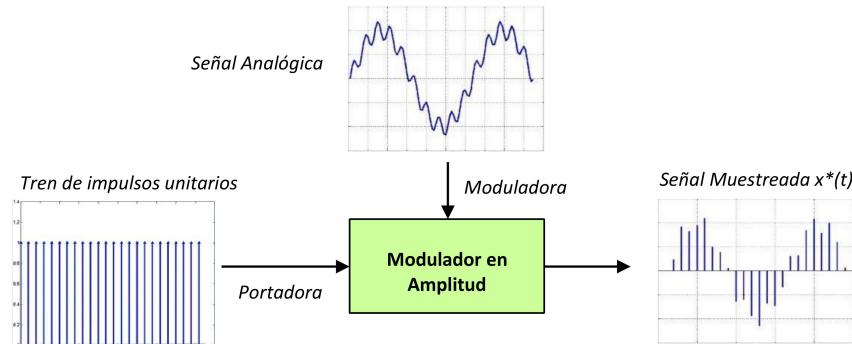


Figura 1.3

La operación que realiza el modulador puede representarse matemáticamente a través del producto del tren de impulsos unitarios y la señal analógica de entrada dando como resultado la siguiente expresión que define a la señal muestreada.

$$x^*(t) = \sum_{k=0}^{\infty} \delta(t - kT) \cdot x(t)$$

Si a esta expresión se le aplica la transformada de Laplace y se toman las consideraciones necesarias, se obtiene la transformada Z de la función $x(t)$.

$$X(z) = \sum_{k=0}^{\infty} x(kT) \cdot z^{-k}$$

Otro dispositivo empleado en la digitalización de las señales analógicas para utilizarlas en los sistemas de datos muestreados es el retenedor.

El cual tiene la función de reconstruir la señal muestreada a partir de los valores de las muestras generadas por el muestreador, empleando para ello, polinomios de diferentes grados.

Entre los más empleados están los retenedores de orden cero y de primer orden.

Este proceso también se emplea para que los cuantizadores tengan en su entrada una señal constante que representa a la muestra actual y puedan tener el tiempo suficiente para realizar la conversión de código ya que la muestra original que se obtiene del muestreador tiene una duración muy corta.

En la figura 1.4 se presenta un retenedor de orden cero (Z_{0h}) y las formas de onda de su entrada y su salida.

En esta práctica se implementarán 2 circuitos que realizan las funciones de muestreo y retención respectivamente.

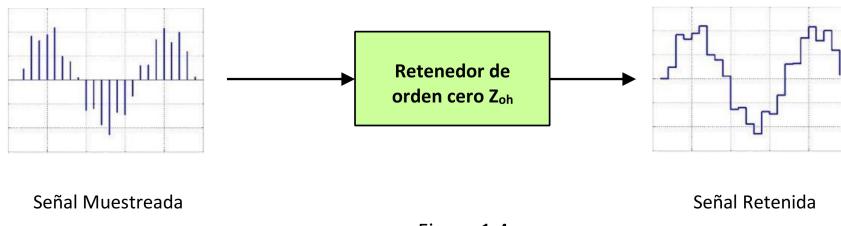


Figura 1.4

Estos circuitos se implementan a través de circuitos analógicos y amplificadores operacionales para poder visualizar las funciones que se realizan en estos 2 procesos, pero haciendo la anotación de que en los sistemas de control digital estas funciones se realizan a través de los convertidores analógico digitales que contienen de manera intrínseca a dichas funciones de muestreo y retención (S/H, Sample and Hold).

Actividades previas a la realización de la práctica

1. El alumno deberá realizar la lectura de la práctica.
2. El alumno investigará el concepto de teorema de muestreo de Nyquist.

Material

- 1 C.I. LM555
 - 1 C.I. UA741
 - 1 C.I. DG201 Sswitch Analógico CMOS SPST
 - 2 Resistencias de $0.1 \text{ k}\Omega$ a $\frac{1}{2} \text{ W}$.
 - 1 Resistencia de $10 \text{ k}\Omega$ a $\frac{1}{2} \text{ W}$.
 - 1 Resistencia de $2.2 \text{ k}\Omega$ a $\frac{1}{2} \text{ W}$.
 - 1 Potenciómetro de $50 \text{ k}\Omega$.
 - 1 Capacitor de 1 nF .
 - 1 Capacitor de 22 nF .
 - 1 Capacitor de $0.1 \mu\text{F}$.
 - 2 Capacitor de $100 \mu\text{F}$ electrolítico.
- Este circuito integrado es de tecnología CMOS y deberá ser manejado con las precauciones necesarias para evitar que sufra daños.

Equipo

- 1 Fuente bipolar.
- 1 Generador de funciones.
- 1 Multímetro.
- 1 Osciloscopio.

Procedimiento Experimental

1. Simule el circuito de la figura 1.5, considere emplear el circuito DG417 en sustitución del circuito DG201 de la práctica, considerando que las terminales de ambos circuitos difieren en posición.
2. Este circuito realiza la operación de muestreo sobre la señal $V_e(t)$ y genera una señal muestreada $V_e^*(t)$, y consta de las siguientes partes:
 - Generador de pulsos de muestreo en configuración astable.
 - Interruptor analógico (interruptor bidireccional) controlado por pulsos.

3. Calibre el generador de funciones con una señal $Ve(t) = 2.5 \operatorname{Sen} 6283.18 t$ [V].
4. Pruebe el sistema por partes, verificando el correcto funcionamiento de cada una de ellas.
 - Generador de pulsos de muestreo. (Terminal 3 del LM555)
 - Interruptor analógico (interruptor bidireccional) controlado por pulsos. (Terminal 3 del DG201)
5. Compruebe y analice el proceso de muestreo para las señales de entrada triangular y cuadrada además de la señal senoidal del punto anterior.

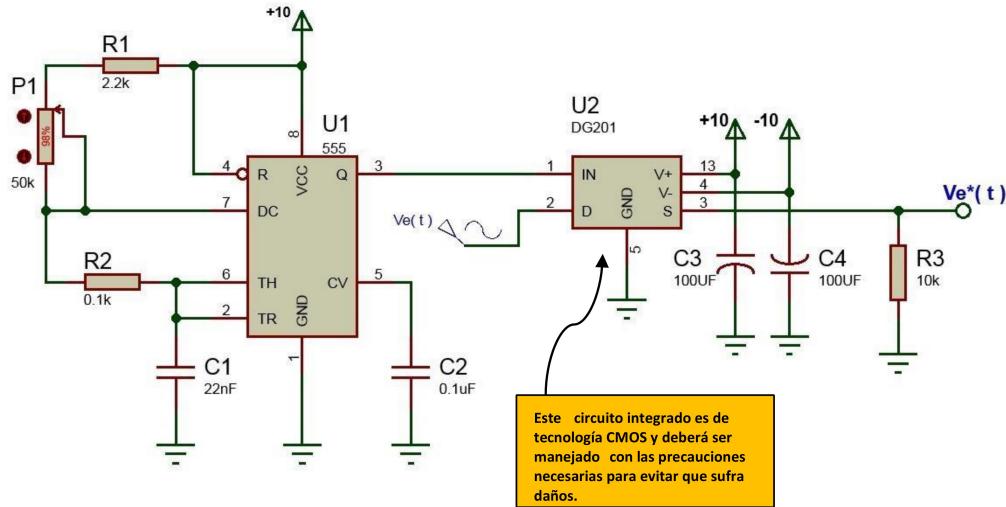


Figura 1.5

6. Mida los valores de periodo de muestreo (T) y el tiempo de muestreo (p) mínimo y máximo de la señal de salida del generador de pulsos variando el potenciómetro $P1$ a su valor mínimo y a su valor máximo.
7. Indique la frecuencia de muestreo mínima y máxima que se puede obtener con este circuito.
8. Empleando el teorema de Nyquist determine la frecuencia máxima de la señal de entrada $Ve(t)$ que puede ser muestreada con este sistema.
9. Varíe la frecuencia de la señal senoidal a un valor en el rango de 30KHz a 50Khz y observe el comportamiento simultáneo de las señales de entrada $Ve(t)$ y de salida $Ve^*(t)$, ajuste el valor de frecuencia para obtener un proceso de muestreo equivalente (Aliasing o Señal de salida que no es muestreada adecuadamente debido a que no se toman las muestras necesarias para representarla). Grafique las señales para cada punto y anote los rangos de funcionamiento de cada una de las etapas, es muy importante llegar a una conclusión práctica de porque con este tipo de circuito no se puede llegar a muestrear señales de cualquier frecuencia o amplitud.

Retire la resistencia $R3$ de 10 KΩ que está conectada a la terminal 3 del interruptor analógico, ya que afecta el comportamiento del circuito retenedor que se adicionará a la salida del muestreador y regrese la señal de entrada a su valor de amplitud y frecuencia original $Ve(t) = 2.5 \operatorname{Sen} 6283.18 t$.

10. Añada el circuito de la figura 1.6 a la salida del circuito de la figura 1.5, el cual realizará la función de retención y observe la señal de salida $Vs(t)$ del circuito 1.6 y como se relaciona con la entrada $Ve(t)$. Anote los comentarios en cuanto a las formas obtenidas, así como las gráficas correspondientes, haciendo las pruebas también para señales de diferentes tipos y frecuencias (triangular y cuadrada).

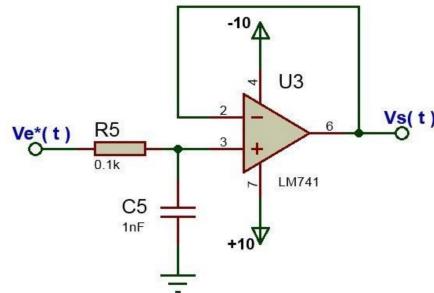


Figura 1.6

Cuestionario

1. Investigue el concepto de Aliasing y explique la relación que tienen con respecto al muestreo de señales analógicas.
2. Obtenga la función de transferencia en Laplace del retenedor empleado en la práctica (figura 1.6) indicando de qué tipo es y explicando su funcionamiento.
3. Calcule el valor de la constante de tiempo del retenedor y el tiempo de carga del capacitor al 98% de su valor de carga final.
4. Verifique que se cumple la relación de tiempos siguiente, para el punto de máxima frecuencia de muestreo.

$$5\tau < p < T$$

5. Explique de manera gráfica lo que sucedería si la frecuencia de muestreo es elevada y la constante de tiempo RC del retenedor es mayor al periodo de muestreo T.
6. Describa los procesos de muestreo de orden múltiple, de ritmo múltiple y aleatorio.
7. Calcule los parámetros de tiempo del oscilador en modo astable implementado con el circuito LM555 de la figura 1.5 y compárelos con los obtenidos prácticamente. Para esta paso refiérase a la hoja técnica del dispositivo LM555 donde se especifican las ecuaciones de funcionamiento.