Práctica No. 6 del Curso "Meteorología y Transductores".
"Convertidores ADC y DAC"

Objetivos.

Comprobar por medio de simulaciones el funcionamiento de los convertidores analógico digital (ADC) y el digital analógico (DAC)..

Material y equipo requerido.

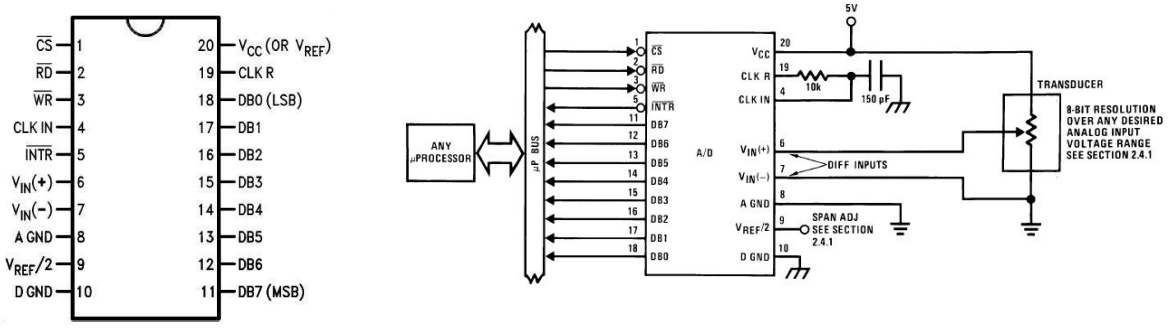
- Computadora personal
- Programa Proteus

Teoría.

Los convertidores analógicos digitales y digitales analógicos son circuitos integrados que convierten el voltaje a una representación binaria y viceversa. Se requieren cuando se va a procesar la información con una computadora o un microcontrolador.

Los parámetros más importantes de estos dispositivos son: el número de bits, la velocidad de conversión, el tiempo de respuesta, los voltajes de alimentación, montaje entre otros. Los circuitos integrados ADC0801 y ADC0808 son convertidores analógicos a digital, el primero de 1 solo canal y el segundo de 8 canales (multiplexados, es decir convierte un solo canal a la vez). El convertidor ADC0801 tiene 20 terminales y el ADC0808 28. En la figura 1(a) y (b) se muestra el diagrama de terminales y el de conexiones del ADC0801.

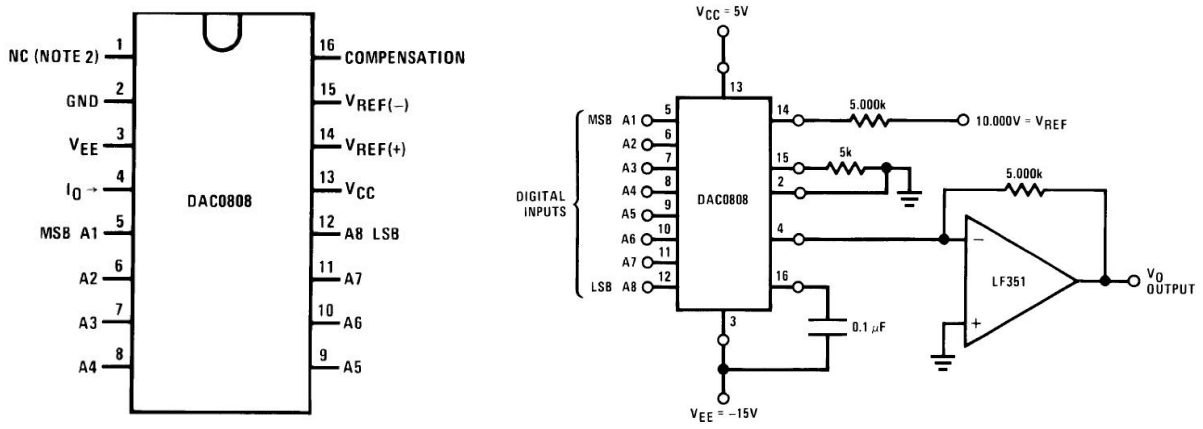
Este convertidor posee señales de control para que se pueda interconectar a un microprocesador. Estas señales son $\overline{CS}$, $\overline{RD}$ y $\overline{WR}$. La señal de CLK IN es cuadrada y con ella se controla la velocidad a la cual se realiza la conversión, ya que este dispositivo utiliza el principio de funcionamiento de aproximaciones sucesivas. El tiempo de conversión es función de la frecuencia de la señal de reloj, si ésta es de 640kHz, el tiempo de conversión es de 114us.



(a) *(b)*

Figura 1. (a) Diagrama de terminales del ADC0801. (b) Diagrama esquemático

El circuito integrado DAC0808 es un convertido digital analógico de 8 bits. Utiliza 3 fuentes de alimentación para funcionar. En la figura 2(a) se muestra el su diagrama de terminales y en la 2(b) las conexión más usual. Como se puede ver, utiliza fuentes de voltaje de 5V, 10V y -15V. Consta de 16 terminales. No requiere de ninguna terminal de control, por lo que en cuanto recibe una secuencia de bits, inmediatamente realiza la conversión.



(a) *(b)*

Figura 2. Diagrama de terminales del DAC080. (b) Diagrama de conexiones típico.

El objetivo de esta práctica es probar, a nivel de simulación, de la forma en la cual trabajan ambos convertidores, con ayuda del simulador Proteus.

El convertidor DAC puede hacerse con amplificadores operacionales y combinaciones de resistencia en escalera, conocido como convertidor R-2R. En ambos convertidores se usan resistencias que su conexión o desconexión es controlada por el bit a convertir, esto genera variaciones de corriente que se suman en un operacional y las transforma en variaciones de voltaje.

Otra forma de realizar un convertidor DAC es mediante un generador de PWM, esta técnica normalmente es empleado por microcontroladores que permiten variar la razón del tiempo de pulso(tp) contra el periodo de la señal(T) haciendo que el voltaje promedio ( ) varié de acuerdo a la ecuación (1). Para obtener el valor promedio de la señal se le aplica un filtro pasa bajas con una frecuencia de corte menor a la frecuencia de la señal cuadrada.

(1)

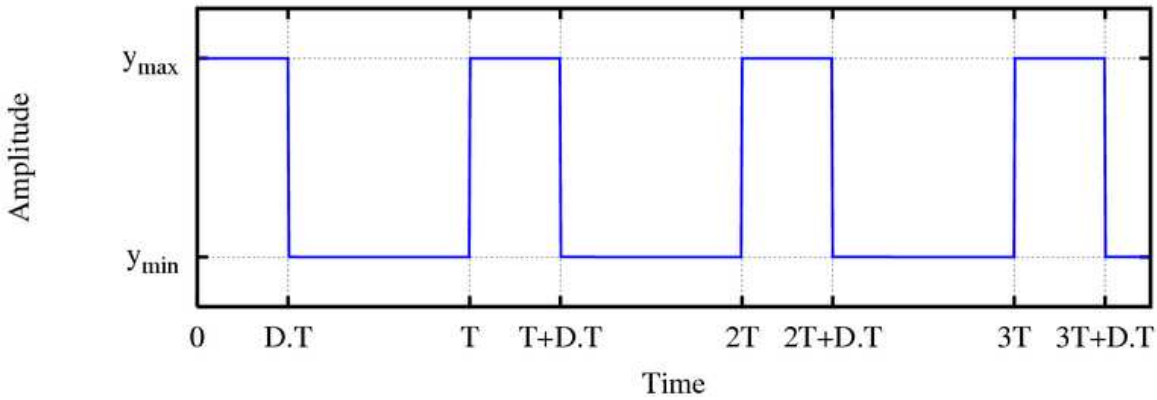


Figura 3. Señal cuadrada

Procedimiento.

Convertidor Analógico Digital.

1. Edita el circuito de la figura 4, el cual usa el convertidor ADC0801, una fuente de voltaje de 5V, un potenciómetro, 2 desplegadores de 7 segmentos (7SEG-BCD-BLUE), un generador de onda cuadrada con una frecuencia de 100Hz.
2. Correr la simulación y cambiar el voltaje que entra al convertidor como se muestra en la tabla 1. Anotar el valor en binario y hexadecimal que se obtiene, así como el valor teórico (Vofs=5V y n=8)

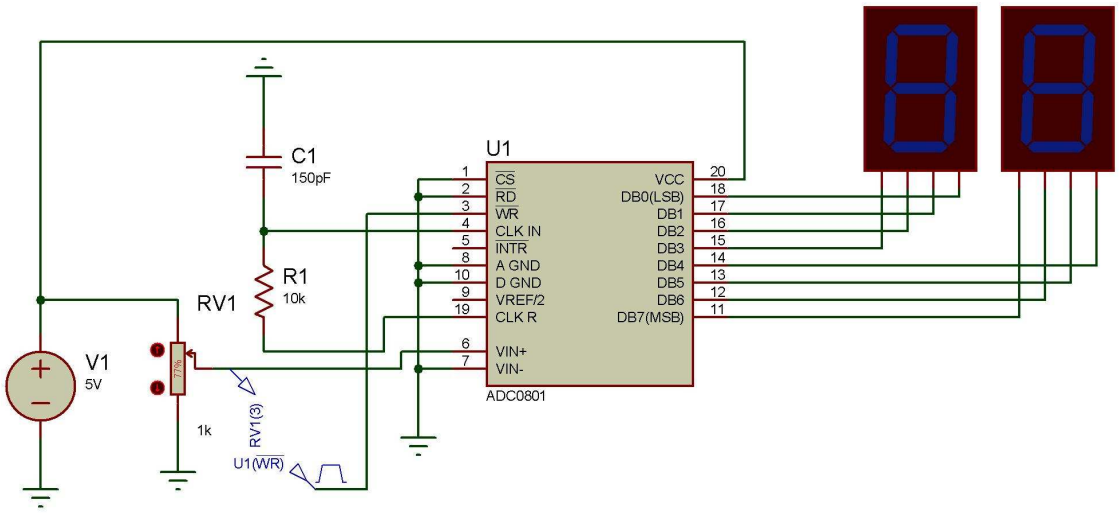


Figura 4. Diagrama de conexiones del convertidor ADC0801

Tabla 1. Valores del convertidor ADC

Voltaje de entrada	Valor teórico de la conversión	Valor medido en Binario	Valor medio en Hexádecimal
1V			
2V			
3V			
4V			
5V			

3. Modificar el programa y poner un voltaje de entrada senoidal como se muestra en la figura 5. La configuración del generador es: Voltaje de pico de 2.5V, Offset de 2.5V y frecuencia de 10mHz), 2 desplegadores de 7 segmentos (7SEG-BCD-BLUE), un generador de onda cuadrada con una frecuencia de 100Hz. Verificar que en el desplegador de 7 segmentos se tiene un incremento y decremento del dato.

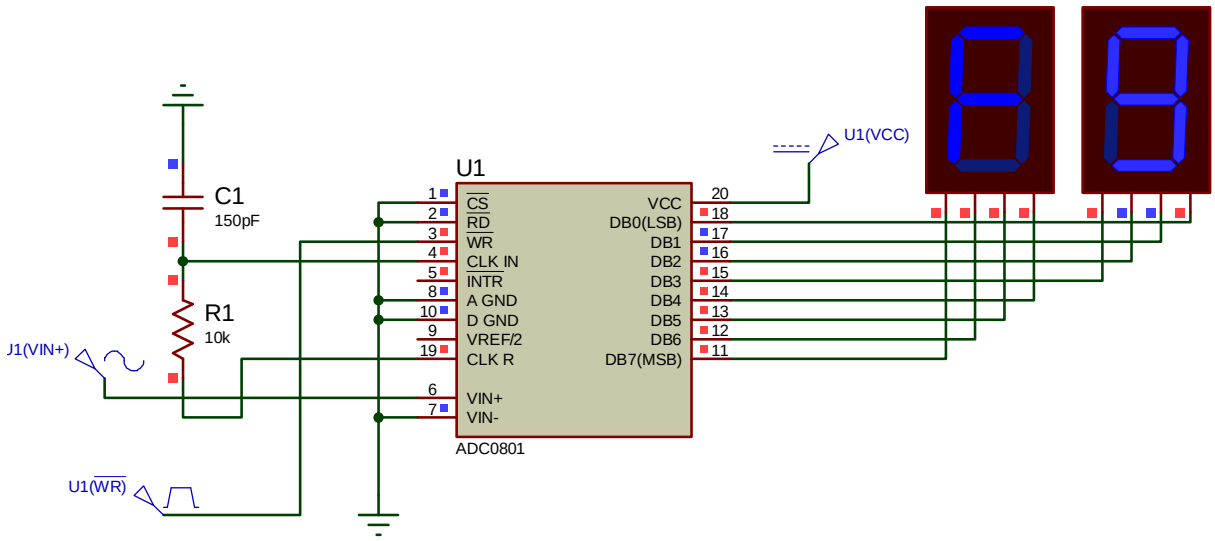


Figura 5. Diagrama de conexiones del convertidor ADC0801 con voltaje de entrada senoidal

Convertidor DAC0808

4. Ejecutar el programa llamado **DAC0808** cuyo esquemático se muestra en la figura 6. Este archivo se encuentra en el directorio … Proteus 7 Professional\Samples\Graph Based Simulation\ADC0808.
5. Modificar la gráfica con un tiempo de simulación de 3seg. Observar la forma en la cual funciona.

6. Con base en la simulación determinar la resolución del convertidor (Tamaño del escalón).

Convertidor DAC y R2-R

7. Editar usando Proteus el convertidor DAC de la figura 7, los interruptores van a ser modelados con relevadores y conmutadores. El bit menos significativo es el que tiene la resistencia de mayor valor. Como se muestra en esta figura se es de 4 bits (B0 a B3). Variar todas las combinaciones de estos bits (0000 a 1111) y capturar en la tabla 2 los voltajes de salida.

8. Editar el circuito de la figura 8, el cual corresponde al convertidor R-2R. También es de 4 bits. Realizar todas las combinaciones de los bits y anotar el voltaje de salida en la tabla 2.

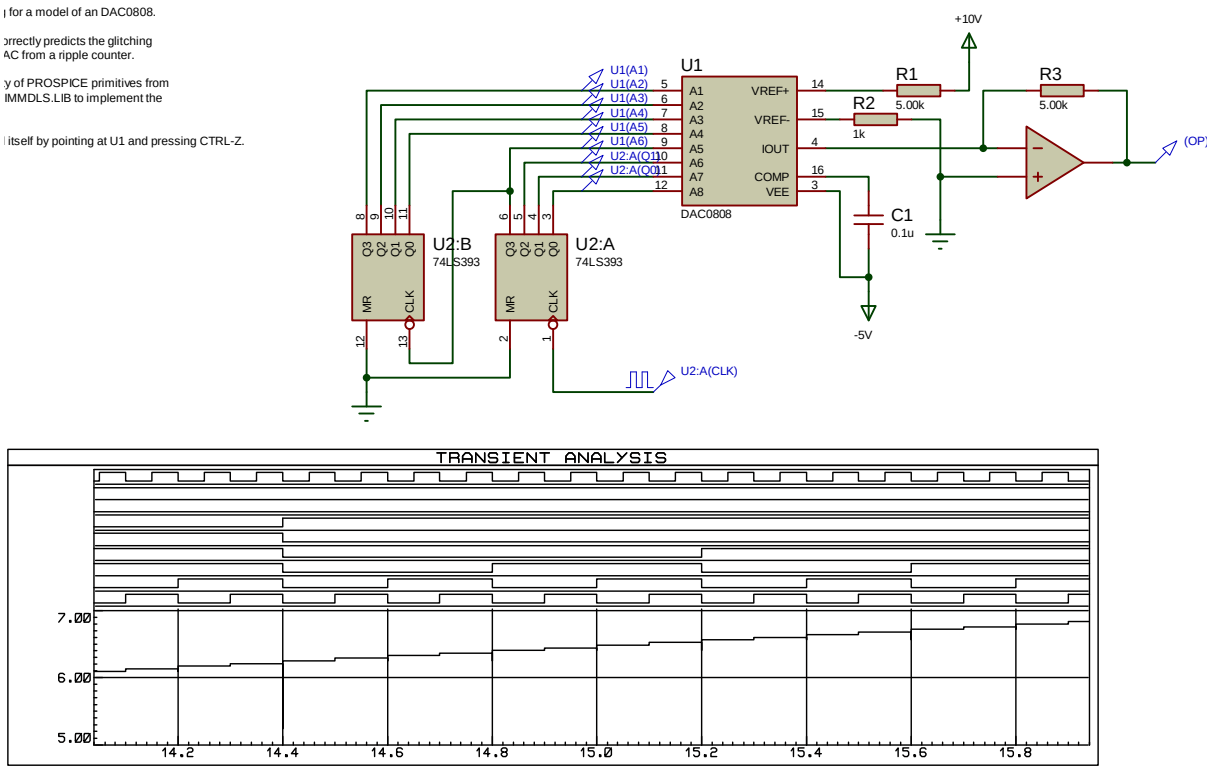


Figura 6. Diagrama esquemático de la simulación del DAC0808.

Tabla 2. Valores del voltaje de salida del convertidor R-2R

Estado de los Bits	Voltaje de Salida DAC Figura 7	Voltaje de Salida DAC Figura 8
0000		
0001		
0010		
0011		
0100		
0101		
0110		
0111		
1000		
1001		
1010		
1011		
1100		
1101		
1110		
1111		

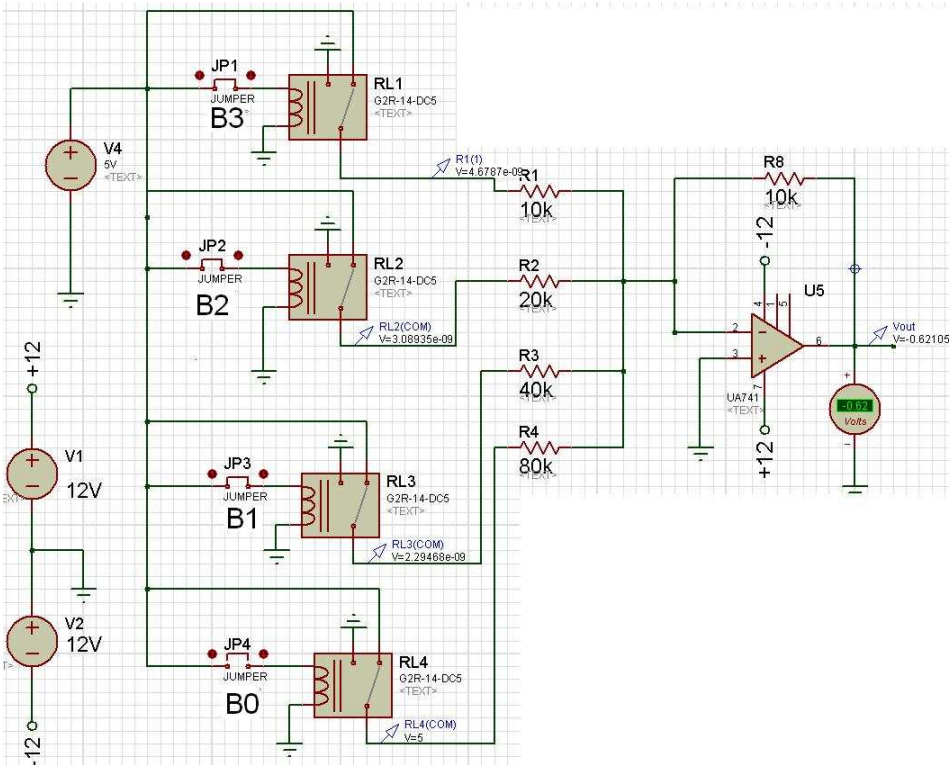


Figura 7. Convertidor DAC simple

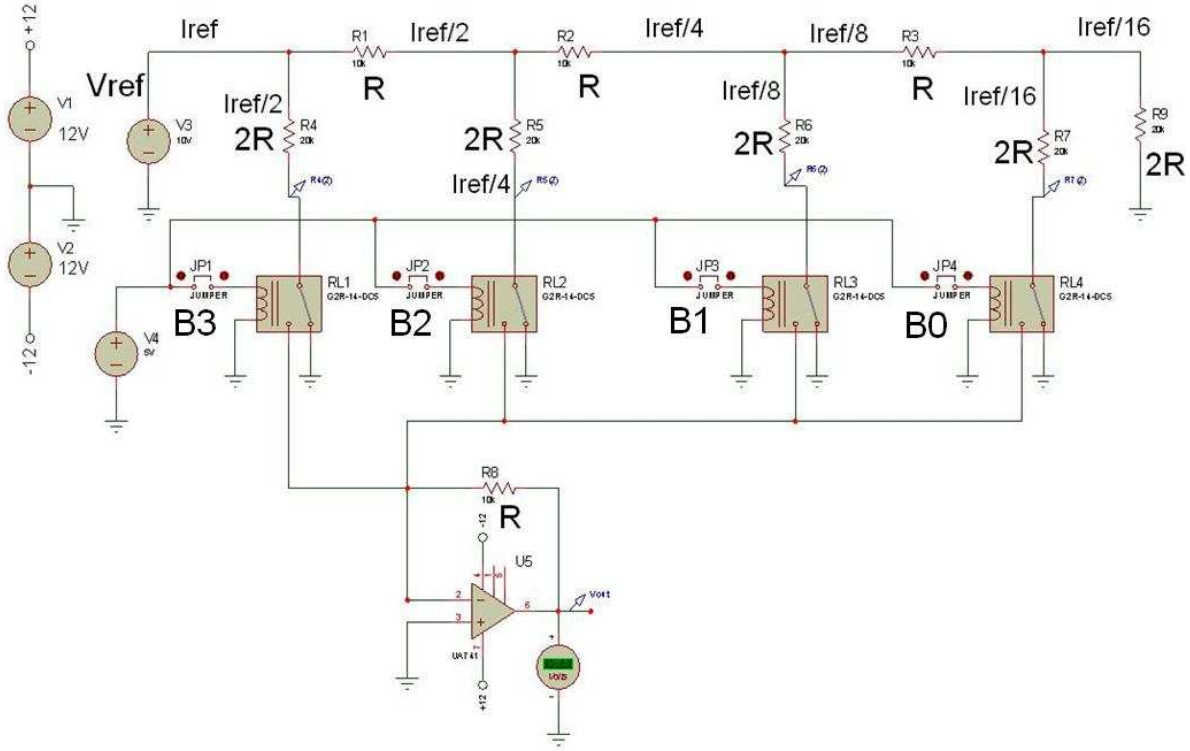


Figura 8. Convertidor R-2R

Convertidor por PWM

9. En la figura 9 se muestra el generador de PWM y que se hace con base en una referencia de voltaje y un generador senoidal (Vp=2V, f=10kHz y Voffset=5V) que entrar a un comparador, esto hace que la salida del comparador sea una señal cuadrada cuya tiempo de pulso es función del voltaje de referencia. Las etapas que se ponen son un seguidor y un filtro pasa bajas activo de segundo orden. Editar este circuito en proteus.

10. En una simulación analógica poner el voltaje del potenciómetro el de la fuente senoidal y el voltaje en la resistencia R5. Poner el tiempo de simulación de 1ms. Variara el voltaje de RV1 como se muestra en la tabla 3 y anotar el tiempo de pulso que se obtiene. También con la simulación en tiempo real, anotar el voltaje promedio que se tiene a la salida del filtro. En la figura 10 se muestra las 3 señales que se comparan.

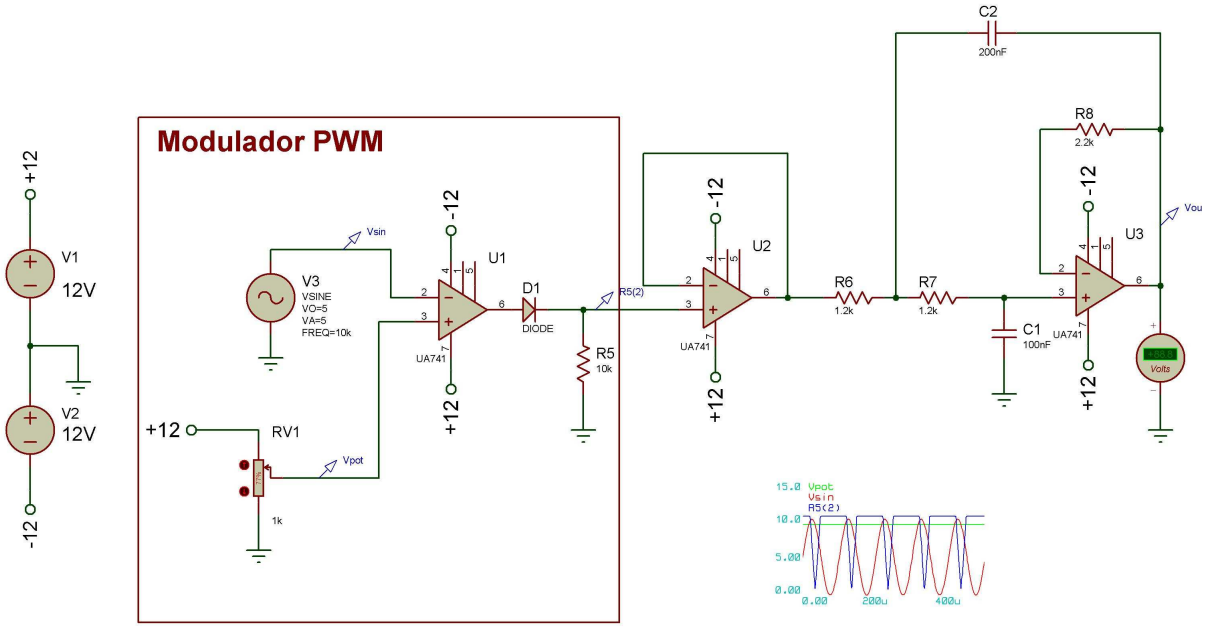


Figura 9. Convertidor de PWM con filtro pasa bajas

Tabla 3. Anotaciones del convertidor por PWM

Voltaje del potenciómetro	Tiempo de pulso teórico	Tiempo de Pulso	Voltaje de salida Teórico	Voltaje a la salida
0.0				
0.5				
1.0				
1.5				
2.0				
3.5				
4.0				
4.5				
5.0				
5.5				
6.0				

6.5				
7.0				
7.5				
8.0				
8.5				
9.0				
9.5				
10.0				

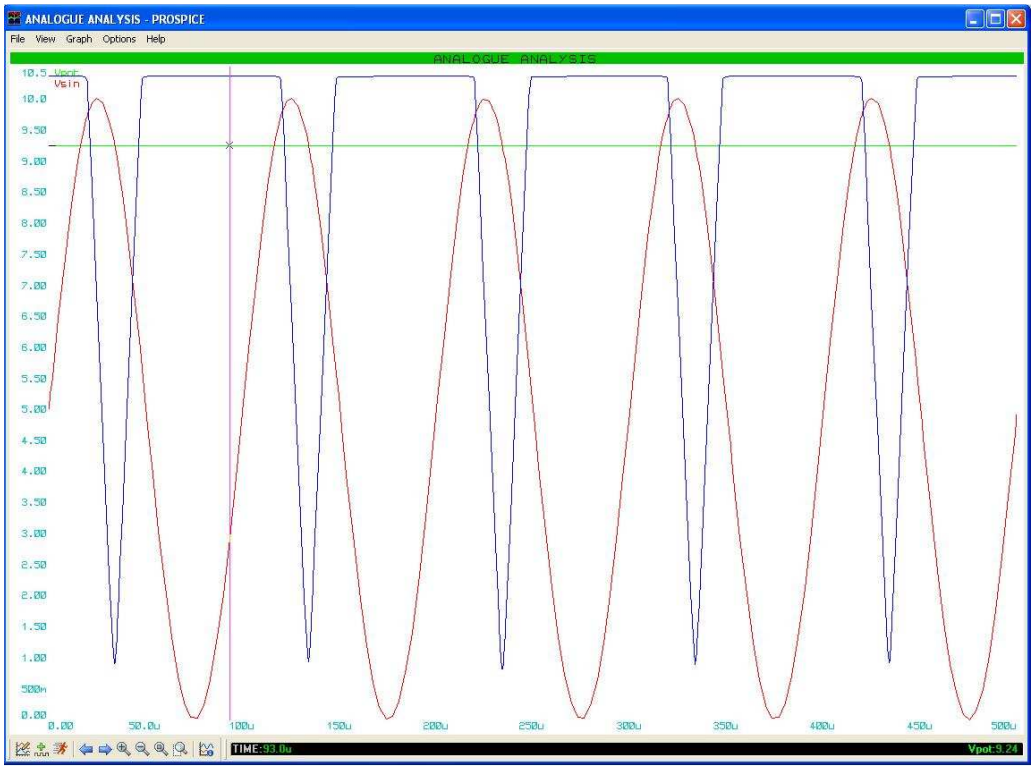


Figura 10. Simulación analógica del circuito de la figura 9

Reporte.

El reporte de la práctica deberá tener solo la parte de resultados y conclusiones.