

Instituto Politécnico Nacional
Escuela Superior de Computo
"ESCOM"



Unidad de Aprendizaje:
Instrumentación y control

Grupo: 5CV2

Practica No. 3
"CONVERTIDORES DIGITAL A ANALÓGICO"

Integrantes:

Ramírez Juárez Arturo Yamil
Suárez López Diego Hipólito
Zurita Cariño Emmanuel Einar

Maestro:

Cervantes De Anda Ismael

Fecha de entrega:

19/10/2023

CONTENIDO

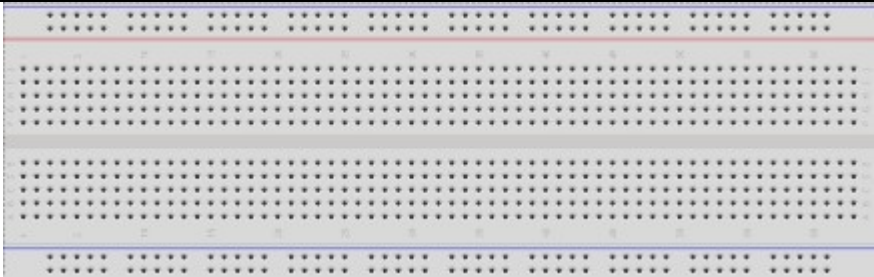



OBJETIVO	3
MATERIAL	3
EQUIPO	4
Datasheet LM741	5
Datasheet LM35	5
INTRODUCCIÓN TEÓRICA	6
DESARROLLO	7
CÁLCULOS	8
SIMULACIONES	9

OBJETIVO

Realizaremos un circuito que nos ayude a comprender mejor los conceptos básicos de un convertidor digital a analógico implementado con un arreglo R/2R. Procederemos a realizar un circuito que nos ayude a trabajar con los convertidores digitales a analógicos en circuitos integrados.

Diferenciaremos la implementación de un convertidor digital a analógico con el arreglo R/2R y el implementado en un circuito integrado.

MATERIAL

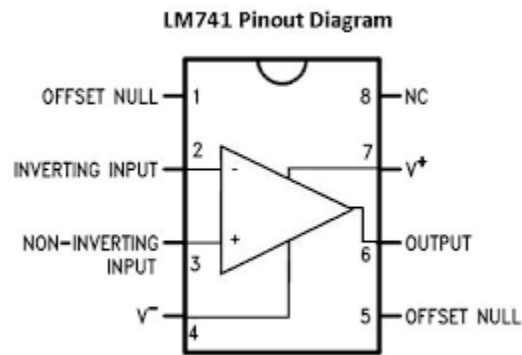
ProtoBoard	
LM741	
Resistencia 12K Ω a $\frac{1}{4}$ W	
Resistencia de 22k Ω a $\frac{1}{4}$ W	

EQUIPO

Fuente de <u>alimentación</u> dual	
Multímetro digital	
Generador de funciones	
Osciloscopio de propósito general	
Cables coaxiales con terminal BNC- Caimán	

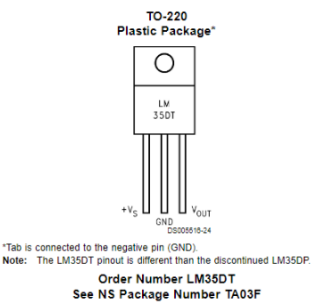
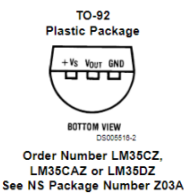
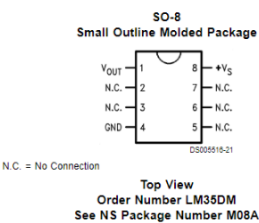
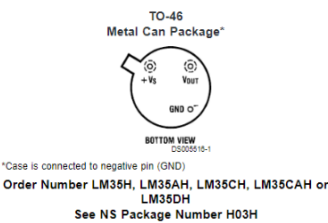
Cables caimán-caimán	
Cables banana-caimán	
Multímetro digital	

Datasheet LM741



Connection Diagrams

Datasheet LM35



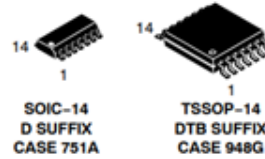
Single Supply Quad Operational Amplifiers

LM324, LM324A, LM324E, LM224, LM2902, LM2902E, LM2902V, NCV2902

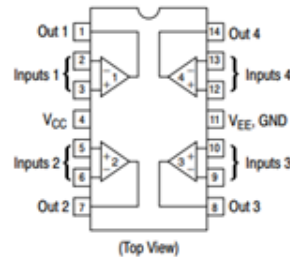
The LM324 series are low-cost, quad operational amplifiers with true differential inputs. They have several distinct advantages over standard operational amplifier types in single supply applications. The quad amplifier can operate at supply voltages as low as 3.0 V or as high as 32 V with quiescent currents about one-fifth of those associated with the MC1741 (on a per amplifier basis). The common mode input range includes the negative supply, thereby eliminating the necessity for external biasing components in many applications. The output voltage range also includes the negative power supply voltage.

Features

- Short Circuited Protected Outputs
- True Differential Input Stage
- Single Supply Operation: 3.0 V to 32 V
- Low Input Bias Currents: 100 nA Maximum (LM324A)
- Four Amplifiers Per Package
- Internally Compensated
- Common Mode Range Extends to Negative Supply
- Industry Standard Pinouts
- ESD Clamps on the Inputs Increase Ruggedness without Affecting Device Operation



PIN CONNECTIONS



ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 10 of this data sheet.

DEVICE MARKING INFORMATION

See general marking information in the device marking section on page 11 of this data sheet.

INTRODUCCIÓN TEÓRICA

LM741

El LM741 es un amplificador operacional (op-amp) integrado que fue introducido por Texas Instruments en 1968. Perteneció a la serie de amplificadores operacionales de propósito general. Es uno de los op-amps más utilizados debido a su versatilidad, disponibilidad y bajo costo.

El LM741 está diseñado para amplificar y procesar señales analógicas en varios circuitos electrónicos. Es capaz de proporcionar una alta ganancia y puede soportar voltajes más altos en su entrada. Tiene un total de ocho (8) pines.

El LM741 tiene una amplia gama de aplicaciones, por ejemplo, generador de funciones, comparador, amplificadores de CC, integrador, diferenciador, filtros activos, amplificadores sumadores, multivibradores.

Además, el LM741 tiene protección contra cortocircuitos incorporada y no necesita compresión de frecuencia.

Sensor LM35

El LM35 es un sensor de temperatura. Sin embargo, no es resistivo como los termistores; en cambio, es un sensor de temperatura lineal con una salida de voltaje

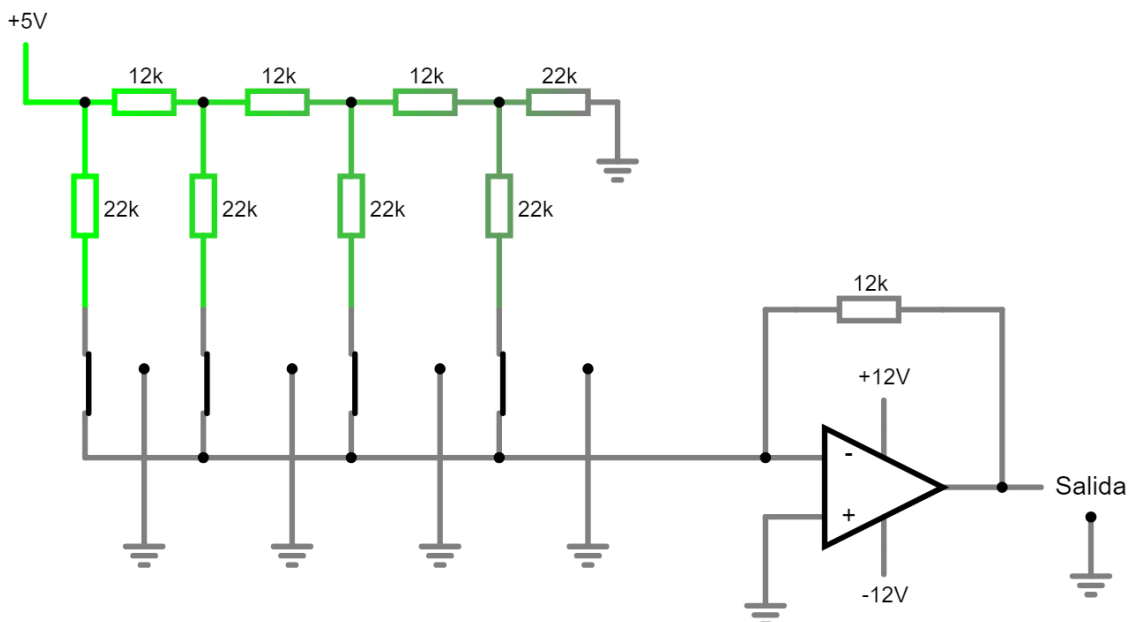
proporcional a la temperatura Celsius (Centígrada). Tiene varias ventajas sobre los sensores resistivos, como los termistores:

- Salida lineal: El LM35 produce una salida de voltaje que varía linealmente con la temperatura. Típicamente, tiene una sensibilidad de $10 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$, lo que significa que por cada grado Celsius de aumento en la temperatura, la salida aumenta en 10 mV .
- No requiere calibración externa: Dado que su salida es lineal y calibrada en grados Celsius, el LM35 no necesita ningún tipo de calibración externa.
- Rango de operación: Por lo general, el LM35 puede medir temperaturas desde -55°C hasta 150°C , aunque existen versiones que pueden medir en otros rangos.
- Precisión: Dependiendo del modelo específico, el LM35 puede tener una precisión de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ a temperatura ambiente.
- Bajo consumo de energía: A diferencia de algunos sensores resistivos que requieren corriente constante para operar, el LM35 tiene un consumo de corriente muy bajo, lo que lo hace adecuado para aplicaciones con baterías.

DESARROLLO

Convertidor Digital a Analógico de 4 bits con arreglo R/2

Esta parte de la práctica consiste en armar el siguiente circuito que permite convertir una señal digital a analógica. Esto usando resistencias de 12k y $22\text{k} \Omega$, así como el amplificador operacional LM741, a este último lo alimentamos con $\pm 12\text{V}$.



Después de armar el circuito procedemos a medir el voltaje de salida, anotando el voltaje medido en la tabla siguiente:

D3	D2	D1	D0	V0 (Volts)	
				Medido	Calculado
0	0	0	0	2 mV	0
0	0	0	1	-0.36	-0.3125
0	0	1	0	-0.616	-0.625
0	0	1	1	-0.74	-0.9375
0	1	0	0	-1.35	-1.25
0	1	0	1	-1.56	-1.5625
0	1	1	0	-1.93	-1.875
0	1	1	1	-2.14	-2.1875
1	0	0	0	-2.71	-2.5
1	0	0	1	-2.95	-2.8125
1	0	1	0	-3.07	-3.125
1	0	1	1	-3.33	-3.4375
1	1	0	0	-4.031	-3.75
1	1	0	1	-4.27	-4.0625
1	1	1	0	-4.63	-4.375
1	1	1	1	-4.87	-4.6875

TABLA 1. VOLTAGE 0 DEL CIRCUITO

Luego, determinamos el valor del Bit Menos Significativo (**LSB**) medido:

$$LSB = -0.36 V$$

CÁLCULOS

Se muestran a continuación los cálculos realizados para obtener el voltaje en V0:

$$\begin{aligned}
 V_{ref} &= 5V \\
 Vb &= -V_{ref} * D \\
 Vb &= -(V_{ref}) * \left(S1 * \frac{1}{2} + S2 * \frac{1}{4} + S3 * \frac{1}{8} + S4 * \frac{1}{16} \right)
 \end{aligned}$$

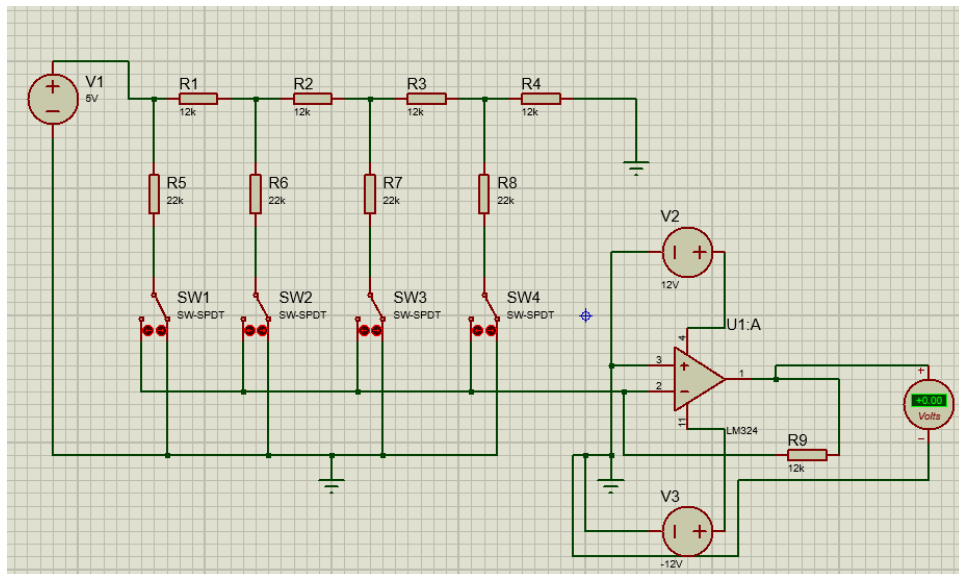
Calculando V0:

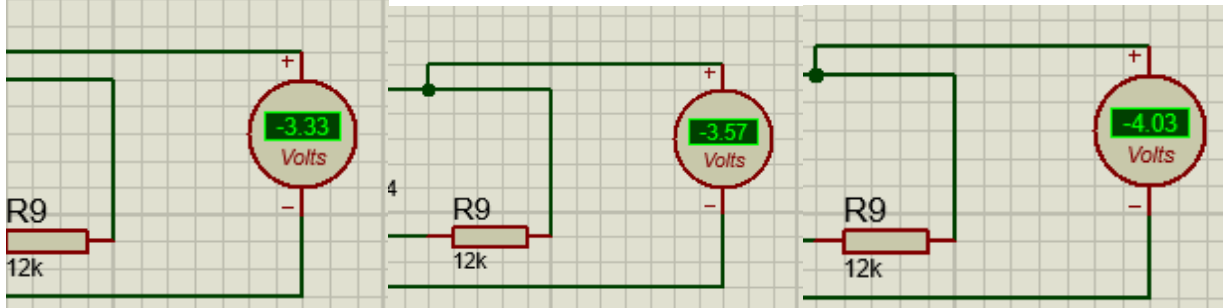
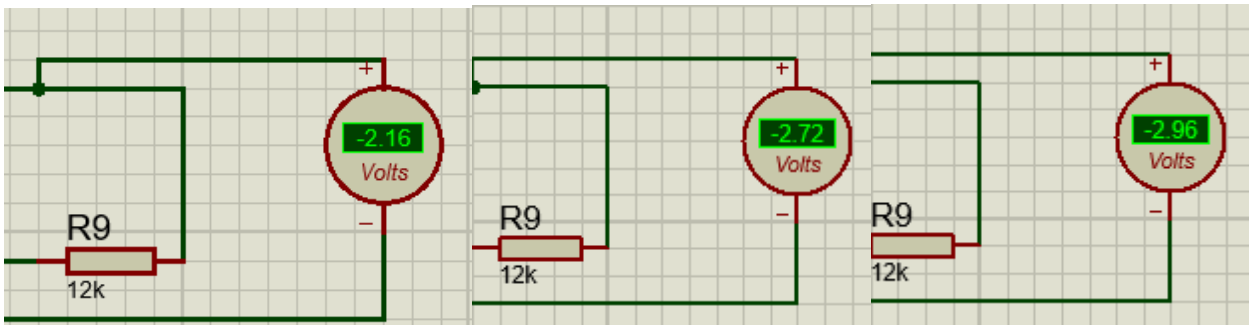
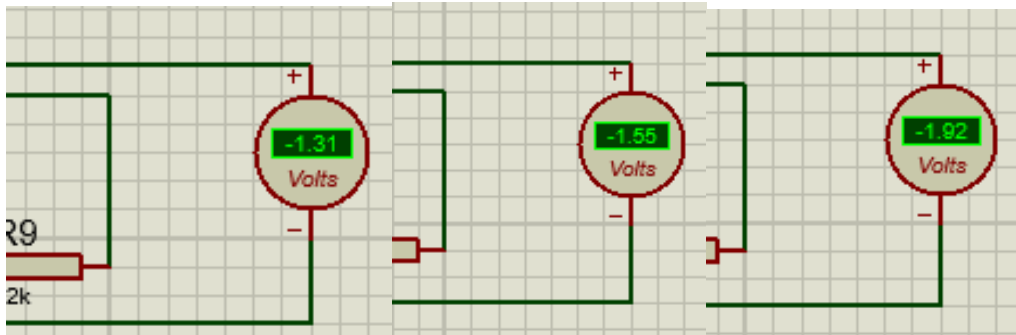
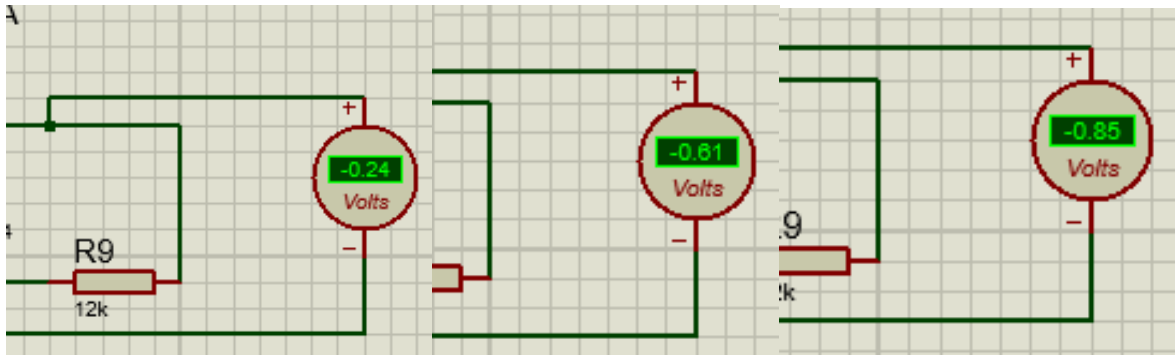
$$\begin{aligned}
 Vb_{0000} &= (5V) * (0) = 0V \\
 Vb_{0001} &= -(5V) * \left(1 * \frac{1}{16} \right) = 0.3125V \rightarrow -0.3125V \\
 Vb_{0010} &= -(5V) * \left(1 * \frac{1}{8} \right) = 0.625V \rightarrow -0.625V \\
 Vb_{0011} &= -(5V) * \left(1 * \frac{1}{8} + 1 * \frac{1}{16} \right) = 0.9375V \rightarrow -0.9375V \\
 Vb_{0100} &= -(5V) * \left(1 * \frac{1}{4} \right) = 1.25V \rightarrow -1.25V \\
 Vb_{0101} &= -(5V) * \left(1 * \frac{1}{4} + 1 * \frac{1}{16} \right) = 1.5625V \rightarrow -1.5625V \\
 Vb_{0110} &= -(5V) * \left(1 * \frac{1}{4} + 1 * \frac{1}{8} \right) = 1.875V \rightarrow -1.875V \\
 Vb_{0111} &= -(5V) * \left(1 * \frac{1}{4} + 1 * \frac{1}{8} + 1 * \frac{1}{16} \right) = 2.1875V \rightarrow -2.1875V
 \end{aligned}$$

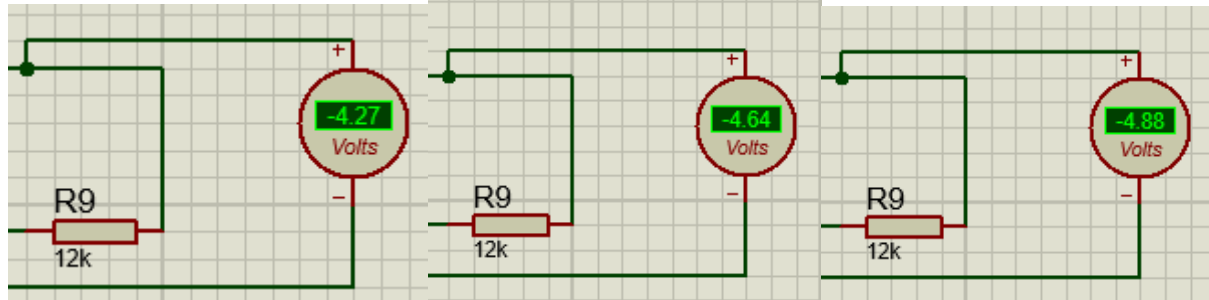
$$\begin{aligned}
 Vb_{1000} &= -(5V) * \left(1 * \frac{1}{2}\right) = 2.5V \rightarrow -2.5V \\
 Vb_{1001} &= -(5V) * \left(1 * \frac{1}{2} + 1 * \frac{1}{16}\right) = 2.8125V \rightarrow -2.8125V \\
 Vb_{1010} &= -(5V) * \left(1 * \frac{1}{2} + 1 * \frac{1}{8}\right) = 3.125V \rightarrow -3.125V \\
 Vb_{1011} &= -(5V) * \left(1 * \frac{1}{2} + 1 * \frac{1}{8} + 1 * \frac{1}{16}\right) = 3.4375V \rightarrow -3.4375V \\
 Vb_{1100} &= -(5V) * \left(1 * \frac{1}{2} + 1 * \frac{1}{4}\right) = 3.75V \rightarrow -3.75V \\
 Vb_{1101} &= -(5V) * \left(1 * \frac{1}{2} + 1 * \frac{1}{4} + 1 * \frac{1}{16}\right) = 4.0625V \rightarrow -4.0625V \\
 Vb_{1110} &= -(5V) * \left(1 * \frac{1}{2} + 1 * \frac{1}{4} + 1 * \frac{1}{8}\right) = 4.375V \rightarrow -4.375V \\
 Vb_{1111} &= -(5V) * \left(1 * \frac{1}{2} + 1 * \frac{1}{4} + 1 * \frac{1}{8} + 1 * \frac{1}{16}\right) = 4.6875V \rightarrow -4.6875V
 \end{aligned}$$

SIMULACIONES

Se muestra a continuación las simulaciones realizadas para comprobar los resultados medidos y calculados.







CUESTIONARIO

1. ¿Qué diferencia existe entre un convertidor digital a analógico con resistencia ponderadas y uno escalera R/2R?

La principal diferencia entre un convertidor digital a analógico (DAC) con resistencias ponderadas y uno con una escalera R/2R radica en la cantidad y precisión de las resistencias requeridas. Un DAC de resistencias ponderadas necesita una amplia gama de resistencias precisas, lo que puede ser costoso e impráctico para DACs que requieren una alta resolución. Por otro lado, un DAC de escalera R/2R solo necesita dos valores de resistencia (R y 2R), independientemente del número de bits utilizados en la red. Esto hace que sea más fácil mantener la precisión requerida en la red de resistencias.

2. ¿Qué significa el Voltaje de resolución de un convertidor?

El voltaje de resolución de un convertidor es el cambio más pequeño en el voltaje que puede producirse en la salida (o entrada) del convertidor. Por ejemplo, un DAC de 8 bits tiene $2^8 - 1 = 255$ intervalos iguales. Por lo tanto, el cambio más pequeño en el voltaje de salida es $(1/255)$ del rango de salida a escala completa.

3. ¿Qué función tiene el Amplificador operacional

Un amplificador operacional (Op-Amp) es un dispositivo de amplificación de voltaje diseñado para ser utilizado con componentes de retroalimentación externos, como resistencias y condensadores, entre sus terminales de entrada y salida. Los amplificadores operacionales son dispositivos lineales que son ideales para la amplificación de CC y se utilizan a menudo en acondicionamiento de señales, filtrado u otras operaciones matemáticas (suma, resta, integración y diferenciación).

Un amplificador operacional (Op-Amp) en un DAC de escalera R/2R se utiliza para conducir la entrada inversora del Op-Amp con la señal de salida del circuito de la escalera R/2R. Esto se debe a que una red de escalera R/2R es esencialmente una serie de divisores de voltaje interconectados a lo largo de su longitud, y el voltaje de salida depende únicamente de la interacción de los voltajes de entrada entre sí. En el caso

específico del LM741 en un DAC de 4 bits con arreglo R/2R, el LM741 actuaría como el Op-Amp en este circuito.

CONCLUSIONES

A través de esta práctica, hemos adquirido una comprensión más profunda de los sistemas electrónicos y cómo funcionan los DACs.

El diseño y montaje de un DAC es una tarea esencial en la comprensión de los sistemas electrónicos. Los DACs son fundamentales en muchos dispositivos electrónicos, ya que convierten las señales digitales en señales analógicas. Esta conversión es crucial en una variedad de aplicaciones, desde la reproducción de audio hasta la generación de señales para pruebas y mediciones.

En esta práctica, hemos aprendido a conectar componentes como resistencias, condensadores, amplificadores operacionales y chips DAC para construir el circuito. Cada uno de estos componentes juega un papel crucial en el funcionamiento del DAC. Las resistencias y los condensadores ayudan a controlar el flujo de corriente y a filtrar las señales, respectivamente. Los amplificadores operacionales, por otro lado, se utilizan para amplificar la señal de salida del circuito R/2R.

Hemos aprendido también cómo un amplificador operacional, específicamente el LM741, se utiliza en un DAC para conducir la entrada inversora del Op-Amp con la señal de salida del circuito R/2R. El LM741 es un amplificador operacional popular debido a su versatilidad y bajo costo. En nuestro DAC, el LM741 actúa como el Op-Amp, amplificando la señal de salida del circuito R/2R.

A través de esta práctica, hemos adquirido una comprensión más profunda de cómo funcionan los DACs y cómo se pueden utilizar en aplicaciones prácticas. Hemos aprendido que los DACs son fundamentales en muchos dispositivos electrónicos modernos y que su diseño y montaje requieren una comprensión sólida de los sistemas electrónicos.

BIBLIOGRAFÍA

- Electronics Tutorials. (n.d.). Operational Amplifier Basics - Op-amp tutorial. https://www.electronics-tutorials.ws/opamp/opamp_1.html
- All About Circuits. (n.d.). Introduction to Operational Amplifiers (Op-amps) | Operational. <https://www.allaboutcircuits.com/textbook/semiconductors/chpt-8/introduction-operational-amplifiers/>
- Studocu. (n.d.). Building and Testing ADC and DAC Circuits - After designing. <https://www.studocu.com/en-us/document/prince-georges-community-college/electronic-and-digital-circuit-laboratory/building-and-testing-adc-and-dac-circuits/53252995>
- University of California at Berkeley. (n.d.). Lab #10: Audio Output (DAC+Amp) 1. Objectives. <https://inst.eecs.berkeley.edu/~cs150/sp00/labs/lab10.pdf>