

Instituto Politécnico Nacional.

Escuela Superior de Cómputo.



Práctica #4.
**“Convertidor Analógico Digital
ADC0809”.**

Integrantes:

- Frías Mercado Carlos Elliot – 2016630119.
- Gómez Ramírez Oswaldo – 2016630149.
- Hernández Castro Karla Beatriz – 2016630173.

Grupo:
3CM4

Fecha de entrega:
14 de octubre 2018

Profesor:
Ing. Juan Carlos Téllez Barrera.

PRÁCTICA #4 “CONVERTIDOR ANALÓGICO-DIGITAL”

Introducción:

Aspectos generales de un convertidor analógico-digital.

Un convertidor analógico digital (ADC) es un dispositivo que convierte, generalmente voltaje (señal analógica), a un valor digital que representa la amplitud de dicha señal. La conversión implica una cuantización de la señal de entrada por lo que se puede producir un error al realizar la conversión.

La resolución del convertidor ADC indica la cantidad de valores discretos que puede producir para representar el rango analógico, un ADC de 8bits puede representar 256 niveles de una señal analógica

Hay principalmente dos pasos involucrados en el proceso de conversión.

1. Muestreo y retención (S/H)
2. Cuantización y codificación

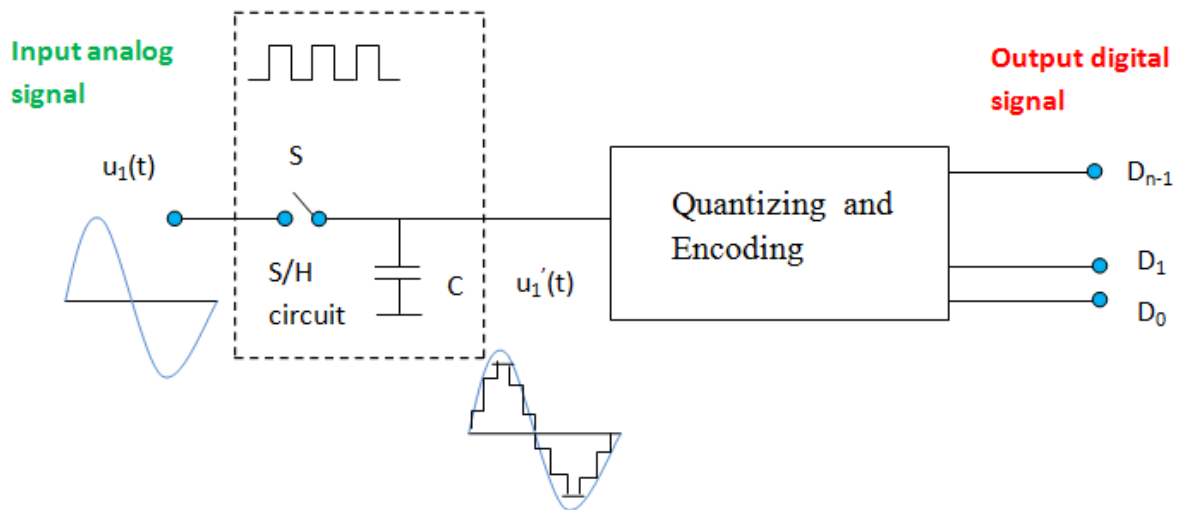


Figura 1: proceso completo de conversión de una señal analógica a digital

Muestreo y retención.

En el proceso de muestra y retención (S/H), la señal continua se muestreará y se congelará (retendrá) el valor a un nivel estable durante un período de tiempo mínimo particular. Se hace para eliminar las variaciones en la señal de entrada que pueden alterar el proceso de conversión y, por lo tanto, aumenta

la precisión. La frecuencia de muestreo mínima debe ser dos veces la frecuencia máxima de datos de la señal de entrada.

Cuantización y codificación.

La cuantización es el proceso en el que la señal de referencia se divide en varios cuantos discretos y luego la señal de entrada se corresponde con el cuanto correcto.

Por otra parte, la codificación es, para cada cuanto, se asignará un código digital único y después de eso, la señal de entrada se asignará con este código digital.

Resolución.

El menor cambio en una señal analógica resultará en un cambio en la señal digital.

$$\Delta V = \frac{V_r}{2^N}$$

Donde:

V_r = rango de voltaje de referencia

N = Numero de bits en salida digital.

2^N = Número de estados.

ΔV = Resolución

La resolución representa el error de cuantización inherente a la conversión de la señal a formato digital.

Analog signal			Digital o/p
7.5	7	$7\Delta=7V$	111
6.5	6	$6\Delta=6V$	110
5.5	5	$5\Delta=5V$	101
4.5	4	$4\Delta=4V$	100
3.5	3	$3\Delta=3V$	011
2.5	2	$2\Delta=2V$	010
1.5	1	$1\Delta=1V$	001
0.5	0	$0\Delta=0V$	000

Tabla 1: Ejemplo de codificación

TIPOS DE ADC

ADC de aproximación sucesiva:

El SAR ADC es un ADC más moderno y rápido que los ADC de doble pendiente y flash, ya que utiliza una lógica digital que convierte el voltaje de entrada analógica en el valor más cercano. Este circuito consta de un comparador, pestillos de salida, registro de aproximación sucesiva (SAR) y convertidor D / A.

Al comienzo, se restablece el SAR y, a medida que se introduce la transición de BAJA a ALTA, se establece el MSB del SAR. Luego, esta salida se otorga al convertidor D/A que produce un equivalente analógico del MSB, y luego se compara con el vinilo de entrada analógica. Si la salida del comparador es baja, entonces el SAR eliminará el MSB, de lo contrario, el MSB será configúrelo en la siguiente posición. Este proceso continúa hasta que se prueban todos los bits.

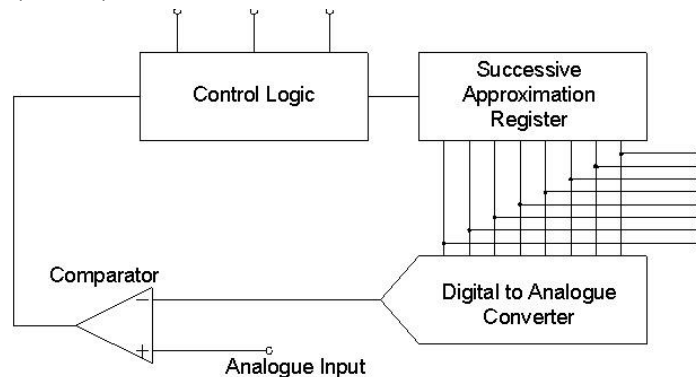


Figura 2: Diagrama del ADC SAR

ADC de doble pendiente:

En este tipo de voltaje de comparación de convertidor ADC se genera utilizando un circuito integrador formado por una combinación de resistencia, capacitor y amplificador operacional. Por el valor establecido de V_{ref} , este integrador genera una forma de onda de diente de sierra en su salida de cero al valor V_{ref} . Cuando se inicia la forma de onda del integrador, el contador comienza a contar de 0 a $2^n - 1$, donde n es el número de bits de ADC. Cuando la tensión de entrada V_{in} es igual a la tensión de la forma de onda, entonces el circuito de control captura el valor del contador, que es el valor digital del valor de entrada analógica correspondiente. Este ADC de doble pendiente tiene un costo relativamente medio y un dispositivo de baja velocidad.

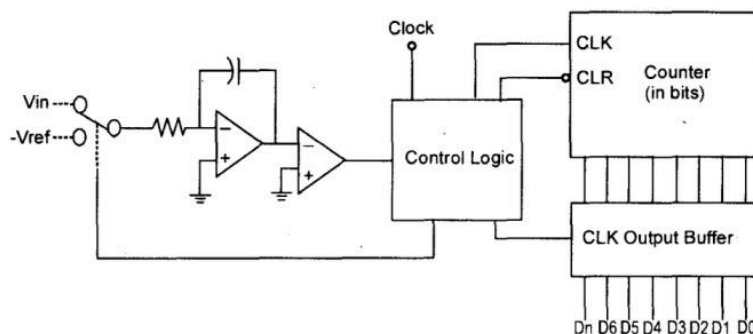


Figura 3: Diagrama del ADC de doble pendiente

ADC Flash:

Este circuito convertidor de analógico - digital consta de una serie de comparadores donde cada uno compara la señal de entrada con un voltaje de referencia único. En cada comparador, la salida estará en estado alto cuando el voltaje de entrada analógico exceda el voltaje de referencia. Esta salida se otorga además al codificador de prioridad para generar código binario basado en una actividad de entrada de orden superior al ignorar otras entradas activas. Este tipo de flash es un dispositivo de alto costo y alta velocidad.

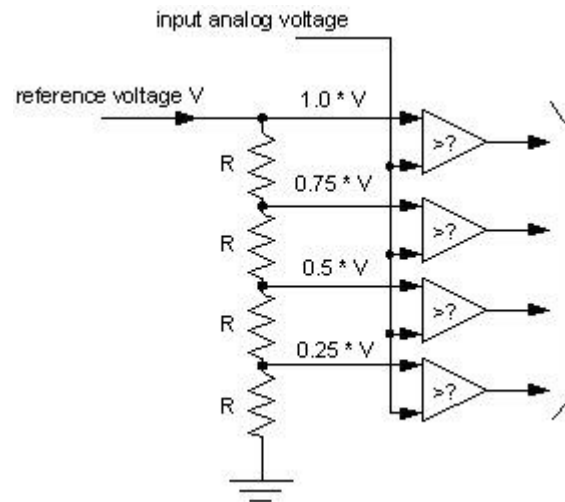


Figura 4: Circuito del ADC Flash

Otros tipos de ADC

- Rampa de escalera
- Voltaje a frecuencia
- Condensador conmutado
- Seguimiento
- Equilibrio de carga – resolución
- Tubería
- Delta-sigma.

Información relevante para el desarrollo de la práctica. Sensor LM35

El LM35 es un sensor de temperatura con una precisión calibrada de 1 °C. Su rango de medición abarca desde -55 °C hasta 150 °C. La salida es lineal y cada grado Celsius equivale a 10 mV, por lo tanto:

$$150\text{ }^{\circ}\text{C} = +1500\text{ mV}$$

$$25\text{ }^{\circ}\text{C} = +250\text{ mV}$$

$$-55\text{ }^{\circ}\text{C} = -550\text{ mV}$$

El sensor de temperatura no requiere de circuitos adicionales para calibrarlo externamente. La baja impedancia de salida, su salida lineal y su precisa calibración hace posible que esté integrado sea instalado fácilmente en un circuito de control. Debido a su baja corriente de alimentación se produce un efecto de auto calentamiento muy reducido.

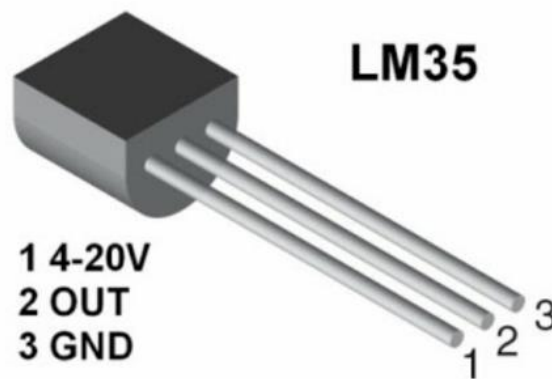


Figura 5: Configuración terminales LM35

El LM35 funciona en el rango de alimentación comprendido entre 4 y 30 voltios.

Especificaciones:

- Resolución: 10mV por cada grado centígrado.
- Tipo de medición. Salida analógica.
- No requiere calibración.
- Tiene una precisión de $\pm 1/4^{\circ}\text{C}$.
- Esta calibrado para medir $^{\circ}\text{C}$.
- Consumo de corriente: 60 μA
- Tensión, rango de detección Precisión: $\pm 0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Lineal. Salida de 10 mV/ $^{\circ}\text{C}$
- Baja impedancia de salida: 0.1 Ω con carga de 1 mA
- Temperatura de operación: -55 $^{\circ}\text{C}$ a +150 $^{\circ}\text{C}$

Desarrollo Experimental:

En esta práctica vamos a utilizar el conversor ADC0809 que es un conversor de 8 bits (la señal análoga se convierte en una palabra digital de 8 bits), que tiene la posibilidad de leer 8 señales analógicas. Posee 28 pines de los cuales 8 corresponden a sus canales analógicos de entrada; éste solo puede leer un canal a la vez y dispone por lo tanto de un selector (multiplexor) de 3 líneas, que permite seleccionar la señal de entrada a convertir, mediante el código binario presente en estas entradas de selección. Posee un tiempo de conversión de 100 microsegundos y una entrada máxima de reloj de 500 khz

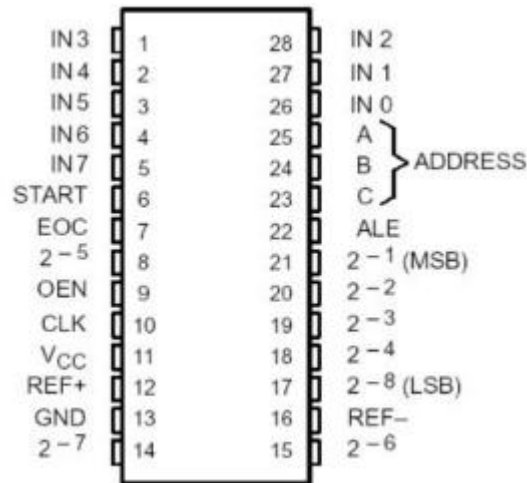


Figura 6: Configuración del ADC0809

Esta parte de la práctica consta de 4 etapas que realizaremos para utilizar y comprender el funcionamiento del conversor ADC0809:

1. Buscar las características del ADC0809 en las hojas de datos.
2. Probar el conversor AD al aplicar voltajes de entrada y su consecuente conversión digital.
3. Determinar el error del sistema de conversión.
4. Acondicionar la entrada para leer un sensor de temperatura.

Procedimiento experimental 1.- Características del ADC809.

Usando la hoja de datos del ADC0809 complete los siguientes puntos.

Resolución	8 bits (19Mv)	Error desajuste total	$\pm\frac{1}{2}$ LSB and ± 1 LSB
Número de entradas analógicas	8 entradas	Compatibilidad (lógica)	A/D
Técnica de conversión	Aproximaciones sucesivas	Tiempo de conversión	100 μ s
Rango de alimentación	4.5 VDC a 6.0 VDC	Consumo	15mW

Tabla 2: Datos del convertidor

2. Medir el voltaje en cada una de las resistencias.

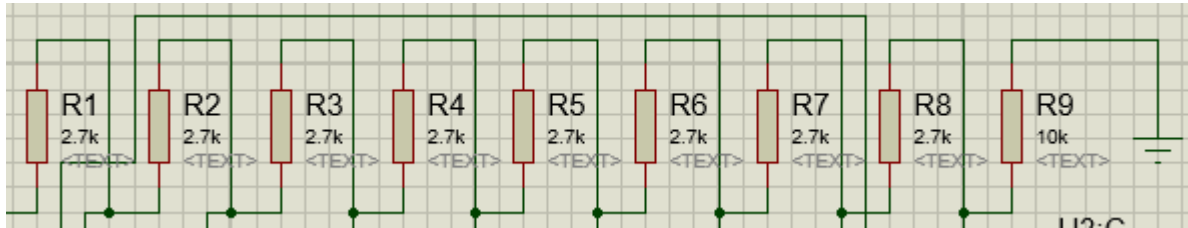


Figura 9: Divisor de voltaje

Un divisor de voltaje con resistencias de precisión nos va a ayudar a repartir la tensión de una fuente entre una o más impedancias conectadas, estas resistencias van en serie y cada uno de los puntos obtenemos un voltaje de salida equivalente a una fracción del de entrada.

3. Comprobar el funcionamiento del reloj.

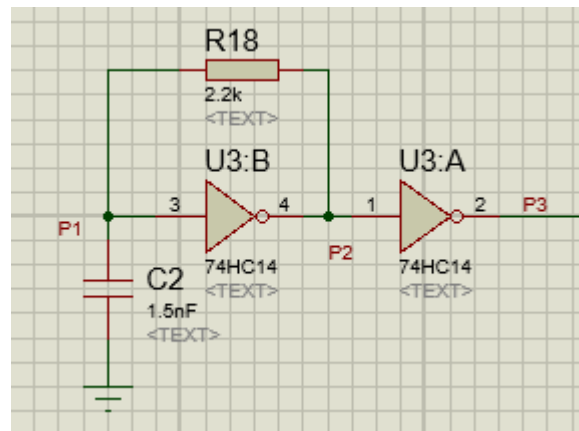


Figura 10: Reloj con inversor Schmitt trigger

La señal en Vout es aproximadamente una onda cuadrada con una frecuencia que depende de los valores tanto de la resistencia como del capacitor. La relación entre la frecuencia y los valores RC depende de cuál de los tres diferentes inversores con disparo Schmitt. Estos límites son los máximos en el valor de las resistencias para cada dispositivo, el circuito no oscilará si R no se mantiene debajo de estos límites.

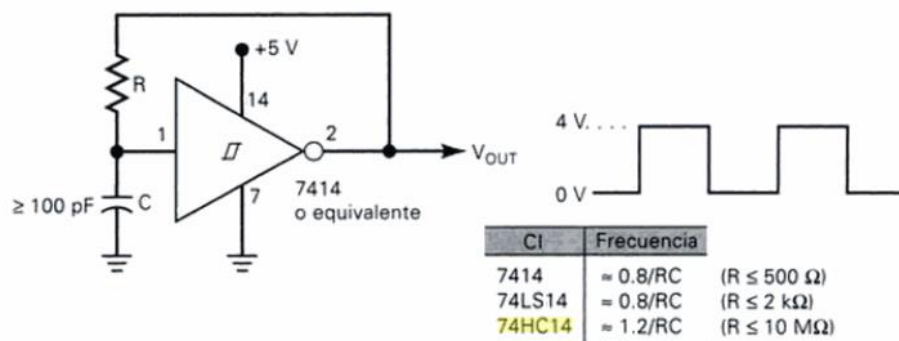


Figura 11: Inversor Schmitt trigger

Para comprobar que nuestro reloj está funcionando de manera correcta, comprobamos las tres etapas con el oscilador.

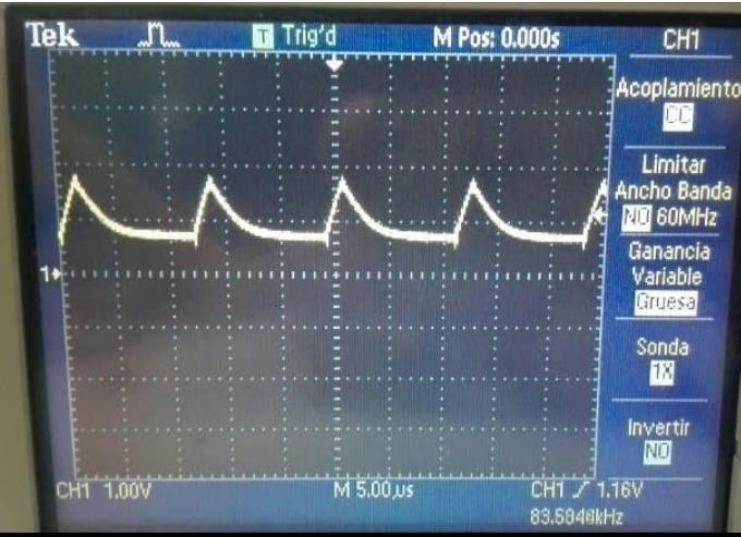


Figura 12: Análisis del oscilador en el punto P1.

VALOR VPP	BASE DE TIEMPO	VOLTS POR DIVISIÓN	ACOPLAMIENTO DE SEÑAL	SONDA
1.2V	5µs/div	1V/div	CC	1X

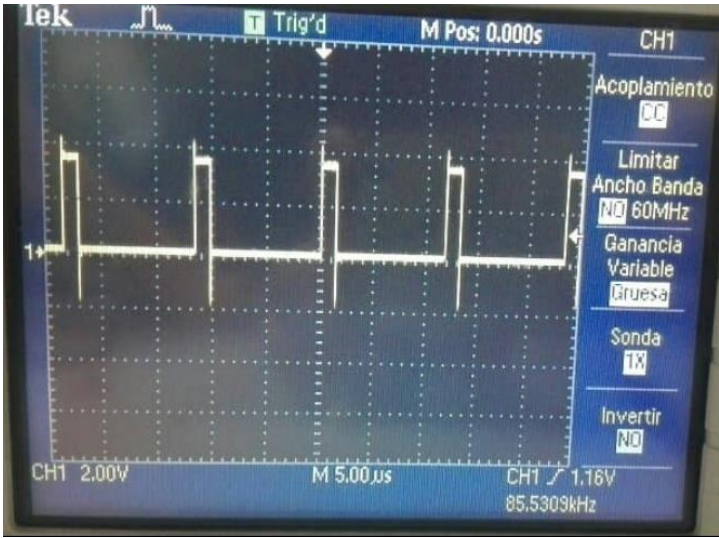


Figura 13: Análisis del oscilador en el punto P2.

VALOR VPP	BASE DE TIEMPO	VOLTS POR DIVISIÓN	ACOPLAMIENTO DE SEÑAL	SONDA
3.6V	5µs/div	2V/div	CC	1X

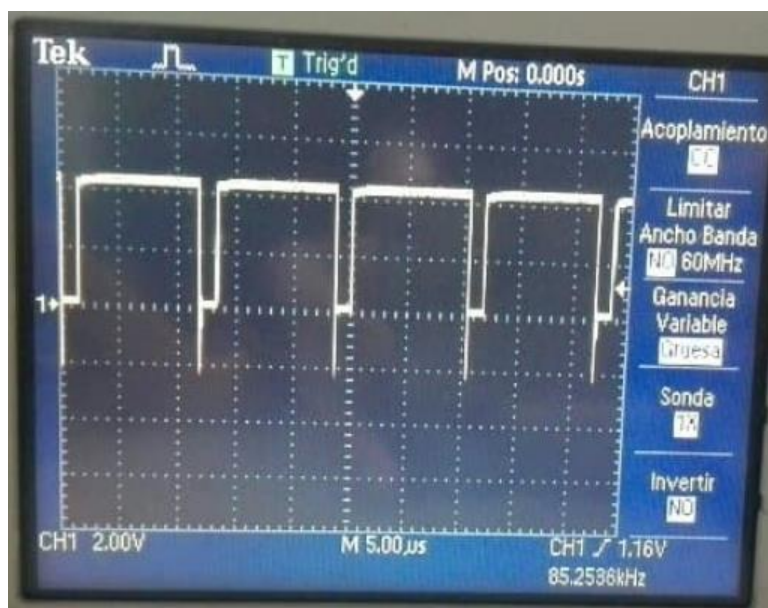


Figura 14: Análisis del oscilador en el punto P3.

VALOR VPP	BASE DE TIEMPO	VOLTS POR DIVISIÓN	ACOPLAMIENTO DE SEÑAL	SONDA
4.2V	5us/div	2V/div	CC	1X

Procedimiento experimental 3.- Mediciones.

En el divisor resistivo mida el voltaje correspondiente a las entradas análogas de IN0 hasta IN7, complete la tabla siguiente, al mismo tiempo calcule la resolución de voltaje en el convertidor tomando en cuenta que es de 8 bits y la entrada de referencia que es de 5 volts. Determine el valor correspondiente de acuerdo con el valor numérico en decimal y en binario, el cual será comparado con el valor reflejado en las salidas digitales, determine el error en cada una de las lecturas correspondiente a cada canal.

Resolución. 0.019 Volts

ENTRADA	VOLTAJE		DECIMAL				HEX		BINARIO		ERROR
	TEÓRICO	MEDIDO	TEÓRICO	MEDIDO			TEÓRICO	MEDIDO	TEÓRICO	MEDIDO	
IN0	0.55	0.555	28.94	29	29.21	29	1D	1D	00011101	00011101	0
IN1	1.11	1.107	58.42	58	57.89	58	3A	3A	00111010	00111010	0
IN2	1.66	1.661	87.36	87	87.42	87	57	57	01010111	00010111	0
IN3	2.22	2.216	116.84	116	116.63	116	74	74	01110100	01110100	0
IN4	2.77	2.768	145.78	145	146.1	146	91	92	10010001	10010000	1
IN5	3.33	3.323	175.26	175	174.89	174	AF	AE	10101111	10101110	1
IN6	3.88	3.870	204.21	204	203.68	203	CC	CB	11001100	11001011	1
IN7	4.44	4.430	233.68	234	233.15	233	EA	E9	11101010	10101001	1

Tabla 3: Tabla de mediciones.

Las mediciones se calcularon de la siguiente manera:

Voltaje teórico:

$$V = (5/9) * n$$

Donde n es el número de cada entrada. 1 a 8

Decimal teórico:

$$D = V / 0.019$$

Donde V es el voltaje teórico calculado

Procedimiento experimental 4.- Empleo de un Vúmetro de leds como dispositivo indicador de intensidad.

Un tema importante cuando utilizamos un conversor AD es el acondicionamiento de la entrada. Realizaremos el acondicionamiento de una señal proveniente de un sensor de temperatura LM35. Este sensor entrega 10mV/°C, con lo que a 100°C entrega 1V.

Supondremos que mediremos la temperatura ambiente por lo que estableceremos la temperatura máxima en 50 grados Centígrados a plena escala. De acuerdo con esto calcule la ganancia y los componentes necesarios para que a 50 grados centígrados el voltaje a la salida de la etapa de acondicionamiento tengamos 5V.

- Calcular el Valor de las resistencias R1 y R2 para obtener dicho valor de ganancia.

Aplicando la fórmula:

$$V_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_i$$

Sustituyendo los valores de Vo y Vi

$$5V = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) 0.5V$$

Agrupamos los voltajes y dividimos

$$\frac{5V}{0.5V} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

Obtenemos la ganancia

$$10 = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

$$9 = \frac{R_2}{R_1}$$

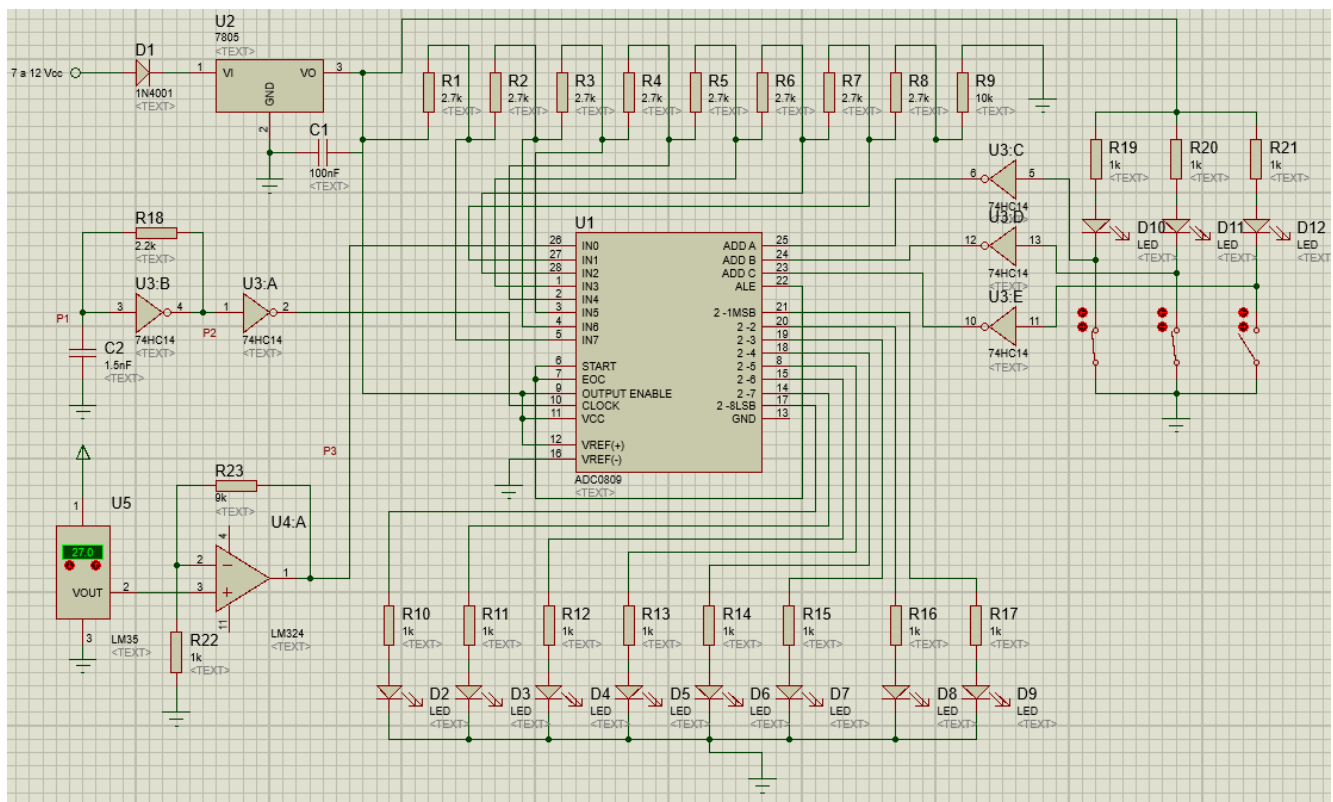
Obtenemos la relación de las resistencias

$$9R_1 = R_2$$

$$R_2 = 9R_1$$

-
- The circuit diagram shows an LM324 operational amplifier (U4:A) configured as a precision rectifier. The non-inverting input (pin 3, marked '+') is connected to the output of an LM35 precision centigrade centimeter (U5). The inverting input (pin 2, marked '-') is connected to the output of the op-amp (pin 1) through a feedback resistor R23 (9k). The output of the op-amp (pin 1) is also connected to the output of the LM35 (pin 3) through a resistor R22 (1k). The LM35 is powered by a 5V supply (pin 1) and has its ground (pin 2) connected to the common ground. The op-amp's ground (pin 11) is also connected to the common ground. The output of the LM35 is labeled 'VOUT' and shows a reading of 27.0 on its display.

Conexión del sensor con el convertidor analógico-digital.



14

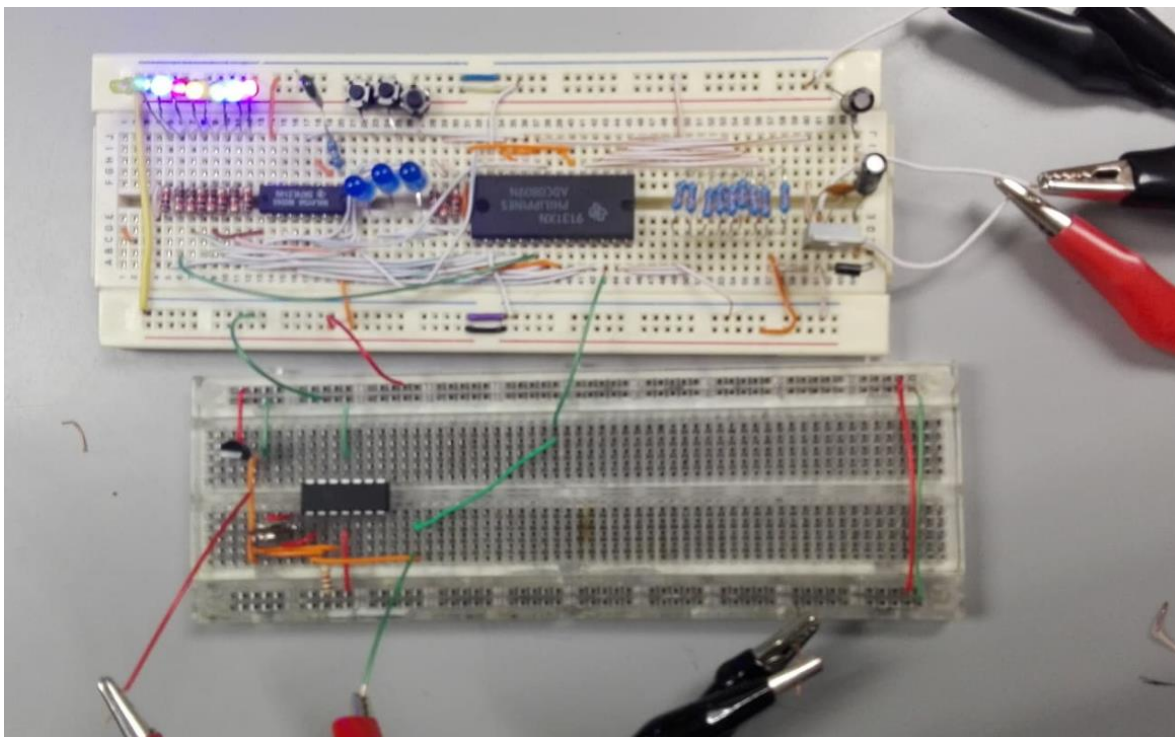


Figura 17: Esquema final en protoboard.

COMPROBACIÓN DEL SENSOR JUNTO CON EL CONVERTIDOR ANALÓGICO DIGITAL.

- Verificar la salida del ADC0809.

Temperatura (Grados centígrados)	Voltaje (volts)	Binario medido	Valor de cada bit	Valor total	Temperatura
21	2.1	01101111	0.019	2.109	21
22	2.2	01110011	0.019	2.18	21.8
25.7	2.5	10000111	0.019	2.56	25.6
34	3.4	10101111	0.019	3.325	33.2

- Fórmula para obtener los datos, ejemplo de 2.18V.

Se tiene una temperatura

22° C

El sensor envía un voltaje de 2.2v, dicho voltaje nos da un binario

2.2 = 01110011

Convertimos el binario a decimal

01110011 = 115

Multiplicamos el decimal por el valor de cada bit

$$115 * 0.019 = 2.185$$

Obtenemos la temperatura medida por el circuito multiplicando por 10

$$2.185 * 10 = 21.85 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$21.85 \text{ }^{\circ}\text{C} \sim 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

- Salidas del oscilador.

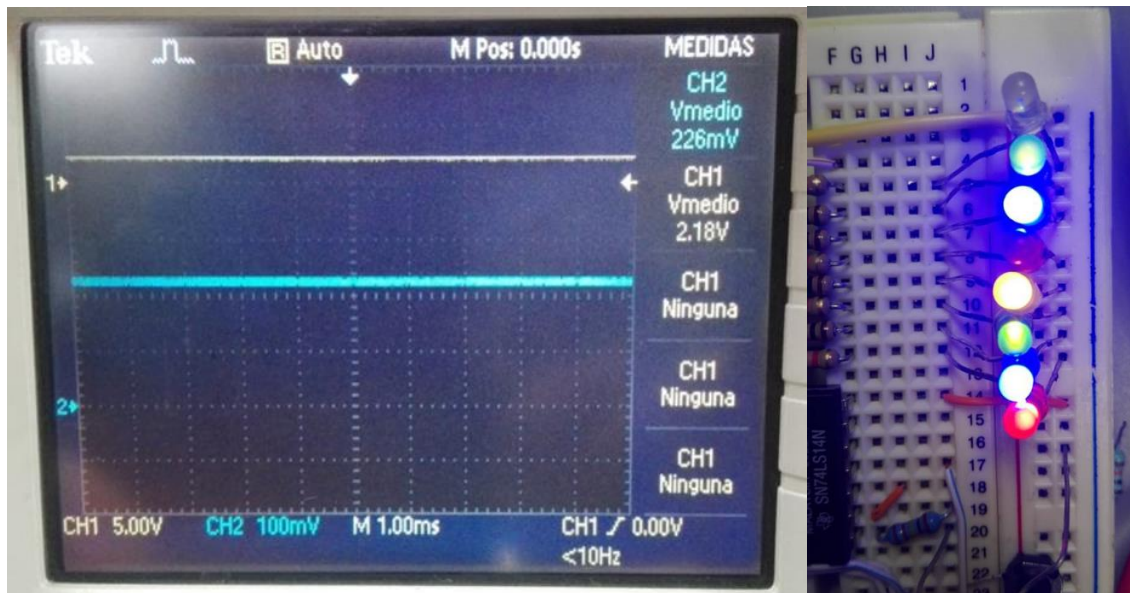


Figura 18: Canal1.Salida del sensor. Canal2.Salida del amplificador.

CANAL	VALOR VPP	BASE DE TIEMPO	VOLTS POR DIVISIÓN	ACOPLAMIENTO DE SEÑAL	SONDA
C1	2.18V	1.00ms/div	5V/div	CC	1X
C2	22.6mV	1.00ms/div	100mV/div	CC	1X

Conclusiones:

Frías Mercado Carlos Elliot:

El ADC nos permite convertir señales analógicas un valor equivalente en digital, lo que se le llama señal digital, existe una gran variedad de ADC cada uno teniendo diferentes mecanismos, lo que puede aumentar su velocidad o su costo, el uso de cada uno de ellos dependerá de la aplicación que se les vaya a dar. En la práctica usamos un divisor de voltaje de donde fuimos transformado una señal de entrada de 0.5v amplificada a una señal digital la cual fue mostrada a través de los leds, denotando su valor en binario para posteriormente recalcular su valor decimal y conocer el error que pudo haber por la conversión del ADC

Gómez Ramírez Oswaldo: El sensor de temperatura es probablemente de los sensores más utilizados en la instrumentación. Pero no se puede hablar de estos sensores sin sus acondicionadores de señal, ya que normalmente entregan señales muy pequeñas y es muy importante equilibrar sus características, con las del circuito que le permiten adquirir, acondicionar, procesar y actuar con las señales. También resulta muy importante considerar el despliegue de la información obtenida por el sensor y si este no entrega una lectura digital, utilizar un convertidos. AL término de la práctica se pudo conocer un poco más el funcionamiento de un instrumento para medir temperatura.

Hernández Castro Karla Beatriz: En esta práctica aprendimos a utilizar el convertidor analógico digital, así como comprender su funcionamiento. En este caso, a partir de un divisor de voltaje, comprobamos el funcionamiento del ADC mediante una tabla de mediciones, en donde transformamos el voltaje obtenido a valor en decimal a partir de la resolución del ADC (0.019V), y después en binario y así comprobamos si existía un error que es expresado en bits, lo máximo que podíamos obtener de error y que era aceptable es de 2 bits como máximo. Lo anteriormente mencionado era solo con el fin de comprobar el funcionamiento del ADC, pero lo interesante es que este componente electrónico lo vamos a utilizar para conectar diferentes sensores, los cuales van a ser escogidos mediante un multiplexor. Todo este circuito nos va a ayudar para poder pasar la salida digital al Arduino y con ello poder enviar estas señales a un dispositivo de salida tal como un teléfono o una Tablet.