INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Escuela Superior de Cómputo

Unidad de Aprendizaje

“Instrumentación”

Grupo:

3CM1

Profesor:

Juan Carlos Martínez Díaz

Práctica 1

LM335

Alumnos:

-López Juárez Víctor Manuel

-Luciano Espina Melisa

-Sandoval García César Ulises

Fecha de Entrega:

Contenido

[Objetivos 3](#_Toc510199860)

[General: 4](#_Toc510199861)

[Específicos: 4](#_Toc510199862)

[Material y Equipo 4](#_Toc510199863)

[Material para CAS: 4](#_Toc510199864)

[Material para convertidor analógico-digital 4](#_Toc510199865)

[Equipo: 4](#_Toc510199866)

[Introducción 5](#_Toc510199867)

[Marco Teórico 5](#_Toc510199868)

[LM335 5](#_Toc510199869)

[Características 6](#_Toc510199870)

[LM741 6](#_Toc510199871)

[Características 6](#_Toc510199872)

[Pines 7](#_Toc510199873)

[AD0804 7](#_Toc510199874)

[Funcionamiento de cada pin 8](#_Toc510199875)

[Desarrollo 9](#_Toc510199876)

[Planteamiento del problema 9](#_Toc510199877)

[Diagrama de bloques 9](#_Toc510199878)

[Cálculos para el diseño del CAS 14](#_Toc510199879)

[Seguidor de voltaje 14](#_Toc510199880)

[Circuito eléctrico final 16](#_Toc510199881)

[Cálculo de valores teóricos. 17](#_Toc510199882)

[Gráfica de voltaje de salida de LM335 18](#_Toc510199883)

[Gráfica de salida del CAS y voltaje de salida de LM335 18](#_Toc510199884)

[Grafica de voltaje de salida LM335 y CAS 19](#_Toc510199885)

[Resultados 20](#_Toc510199886)

[Tabla de datos medidos 20](#_Toc510199887)

[Gráfica de voltaje de LM335 resultados prácticos 21](#_Toc510199888)

[Gráfica de voltaje de salida de CAS resultados prácticos 21](#_Toc510199889)

[Grafica de comparación de Vt y Vo 22](#_Toc510199890)

[Gráfica de comparación de voltajes prácticos y teóricos 23](#_Toc510199891)

[Conclusiones 24](#_Toc510199892)

[López Juárez Víctor Manuel 24](#_Toc510199893)

[Luciano Espina Melisa 24](#_Toc510199894)

[Sandoval García César Ulises 24](#_Toc510199895)

[Bibliografía 24](#_Toc510199896)

# Objetivos

## General:

Diseñar un circuito acondicionador de señal (CAS) utilizando un sensor de temperatura, analizando el funcionamiento y datos del sensor, así como de otros materiales principales como el circuito integrado LM741.

## Específicos:

* Entender cómo funciona el sensor LM335 para poder diseñar el CAS
* Saber el funcionamiento del circuito integrado LM741 para poder utilizarlos en el CAS
* Conocer los circuitos que se pueden armar con los circuitos integrados para resolver los cálculos de entrada y salida.
* Analizar la salida del circuito diseñado y compararlo con los cálculos teóricos.
* Deducir si los valores obtenidos concuerdan con el circuito diseñado.

# Material y Equipo

## Material para CAS:

* 1-3 ProtoBoards
* 1 LM335
* 4 LM741
* 2 potenciómetro de precisión 100kΩ
* 3 resistencias de 10KΩ
* 1 resistencia de 4.7KΩ
* 1 encendedor
* 1 lata de aire comprimido

## Material para convertidor analógico-digital

* 8 leds
* 8 resistencias de 330Ω
* Capacitor cerámico de
* 1 AD0804
* 1 Push button

## Equipo:

* 1 Fuente de alimentación Dual +12 y -12
* 2 multímetros digital
* 6 cables banana-caimán

# Introducción

En esta práctica analizaremos la aplicación del circuito integrado LM741, con el cual podremos implementarlo a un circuito de acondicionamiento de señal, en este caso será utilizando el sensor de temperatura LM335 con un previo conocimiento de los dos antes mencionados.

Con los bloques del circuito se realizarán gráficas y con esto se podrá obtener la ecuación que nos ayudará a diseñar el circuito acondicionador de señal con los componentes correspondientes.

# Marco Teórico

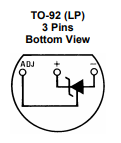
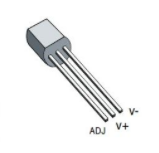
## LM335

La serie LM135 de [Texas Instruments](https://www.digikey.com.mx/Suppliers/MX/texas-instruments.page?lang=es) son sensores de temperatura de circuito integrado de precisión y fácilmente calibrado. Al operar como un Zener de 2 terminales, el LM335 tiene una tensión de ruptura directamente proporcional a la temperatura absoluta a 10 mV/°K. Con una impedancia dinámica inferior a 1 Ω, el dispositivo funciona en un rango de corriente de 400 µA a 5 mA con prácticamente ningún cambio en el rendimiento. Calibrado a 25 °C, el LM335 tiene un error inferior a 1 °C en un rango de temperatura de 100 °C. A diferencia de otros sensores, el LM335 tiene una salida lineal.

Las aplicaciones para el LM335 incluyen casi cualquier tipo de sensor sobre un rango de temperatura de –40 °C a 100 °C. La baja impedancia y la salida lineal permiten que la interconexión para la lectura o control del circuito sea especialmente fácil. [1]

Hay distintos encapsulados del sensor, el que se utilizará en la práctica es el TO-92 parecido a un transistor (Figura 1).

Este sensor tiene tres pines, uno de salida positiva, negativa y el de ajuste (Figura 2).



*Figura 1: LM335 encapsulado TO-92*

*Figura 2: Distribución de los pines*

### Características

* Calibrado directamente a la escala de temperatura Kelvin
* 1 ºC de precisión inicial disponible
* Opera desde 400 µA a 5 mA
* Impedancia dinámica inferior a 1 Ω
* Fácilmente calibrado
* Amplio rango de temperatura de funcionamiento
* Rango amplio de 200 °C
* Bajo costo

## LM741

Circuito integrado LM741. Esta serie de componente electrónicos integrados corresponde a los amplificadores operacionales de propósito general que ofrecen un mejor rendimiento frente a los estándares industriales, como el LM709 (Figura 3).

Los amplificadores ofrecen muchas características que hacen que su utilización sea casi infalible: Protección de sobrecarga en la entrada y la salida, su salida no queda con tensión cuando se excede el rango en modo común, ausencia de oscilaciones.

La alimentación del circuito puede realizar mediante una sola pila o mediante dos, en cuyo caso se denomina alimentación simétrica. El amplificador operacional recibe este nombre porque inicialmente fue diseñado para poder realizar operaciones matemáticas con señales eléctricas formando parte de los denominados calculadores analógicos. Hoy en día se emplea en infinidad de aparatos e instrumentos de la industria, medicina. etc. [2]

*Figura 3: LM741 amplificador operacional*

### Características

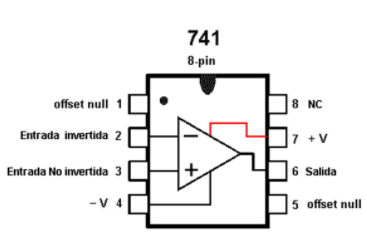
Entre las características más importantes que posee este circuito integrado, se pueden destacar:

* [Baja impedancia](https://www.ecured.cu/index.php?title=Baja_impedancia&action=edit&redlink=1) de salida: del orden de 150 W, pudiendo atacar cualquier carga (circuito) sin que su funcionamiento se modifique dependiendo del valor de ésta.
* [Tensión máxima](https://www.ecured.cu/index.php?title=Tensi%C3%B3n_m%C3%A1xima&action=edit&redlink=1) de alimentación: ±Vcc = ± 18 V. Implica que la tensión de salida nunca podrá superar a la de alimentación.
* [Alta ganancia](https://www.ecured.cu/index.php?title=Alta_ganancia&action=edit&redlink=1) de tensión en lazo abierto (sin conectar ningún componente entre la salida y cualquiera de las entradas) con pequeños valores de tensión en los terminales de entrada se consiguen grandes tensiones de salida.
* Voltaje de alimentación máx.: ±22 V

### Pines

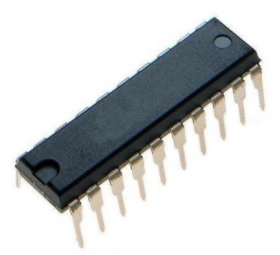
Aunque el chip dispone de ocho pines, tres de ellas se reservan para funciones especiales el resto, tienen asignadas las siguientes funciones (Figura 4):

* Pin N.º 2: entrada de señal inversora.
* Pin N.º 3: entrada de señal no inversora.
* Pin N.º 6: terminal de salida.
* Pin N.º 7: terminal de alimentación positiva (Vcc)
* Pin N.º 4: terminal de alimentación negativa (-Vcc)



*Figura 4: Distribución de los pines del circuito integrado LM741*

## AD0804

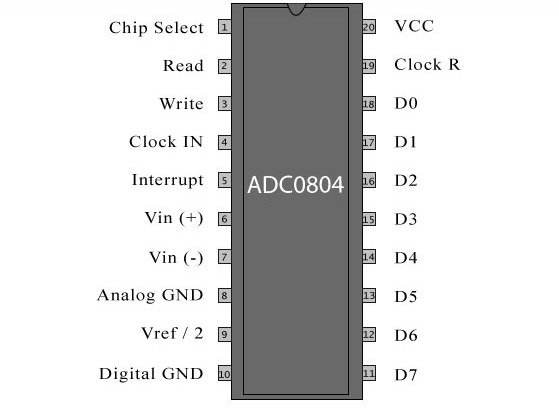
El ADC0804 es un convertidor de señal analógica a digital de 8 bits. (Figura 5) Este ADC0804 cuenta con un solo canal de entrada analógica con una salida digital de ocho bits que puede mostrar 256 valores de medidas diferentes. El tamaño de paso se ajusta mediante el establecimiento de la tensión de referencia en pin9 la entrada de referencia de voltaje puede ser ajustado para permitir codificar cualquier rango de tensión analógica más pequeña para la totalidad de 8 bits de resolución. Cuando en el ADC0804 no se conecta el pin tensión de referencia, la tensión de referencia por defecto es la tensión de funcionamiento, es decir, Vcc. El tamaño del paso a 5V es 19.53mV (5V/255), es decir, por cada aumento de 19.53mV en la entrada analógica, la salida varía por 1 unidad. Para establecer un nivel de tensión determinado como valor de referencia, esta clavija está conectada a la mitad de la tensión. Por ejemplo, para establecer una referencia de 2V (Vref), pin9 está conectado a 1V (Vref / 2), reduciendo de este modo el tamaño del paso a 7.84mV (2V/255). [3]

*Figura 5: Convertidor analógico digital ADC0804*

### Funcionamiento de cada pin

La distribución de los pines en el integrado es como se muestra en la Figura 6

* Pin1 Activa ADC; activo bajo
* Pin2 Pin de entrada; De mayor a menor pulso trae los datos de los registros internos de los pines de salida después de la conversión
* Pin3 Pin de entrada; menor a mayor impulso se dio para iniciar la conversión
* Pin4 Pin de entrada del reloj, para darle reloj externo
* Pin5 Pin de salida, pasa a nivel bajo cuando la conversión se ha completado
* Pin6 Entrada no inversora analógica Vin (+)
* Pin7 Entrada de inversión analógica, normalmente tierra Vin (-)
* Pin8 Tierra (0 V)
* Pin9 Pin de entrada, define la tensión de referencia para la entrada analógica Vref / 2
* Pin10 Tierra (0 V)
* Pin11 bit salida digital D7
* Pin12 bit salida digital D6
* Pin13 bit salida digital D5
* Pin14 bit salida digital D4
* Pin15 bit salida digital D3
* Pin16 bit salida digital D2
* Pin17 bit salida digital D1
* Pin18 bit salida digital D0
* Pin19 Utilizado con el reloj en pin cuando se utiliza fuente de reloj interno Pin20 Tensión de alimentación (5V)



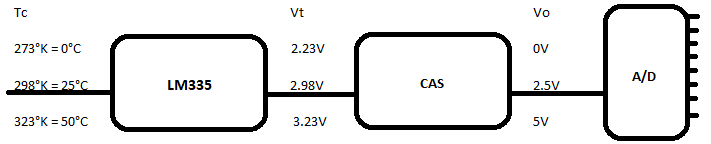
*Figura 6: Distribución de los pines del ADC0804*

# Desarrollo

## Planteamiento del problema

Diseñar un circuito acondicionador de señal (CAS) que sirva para conectar un sensor de temperatura (LM335) y un convertidor analógico-digital (A/D). El margen de temperatura será de 0°C a 50°C. El margen del A/D será de 0V y 5V. Se desea que la salida del CAS sea lineal, es decir: que cuando la temperatura sea de 0°C la salida del CAS será de 0V, cuando el sensor mida 10°C la salida será de 1V; y así hasta llegar a los 50°C, en cuyo caso la salida del CAS será de 5V.

### Diagrama de bloques

Considerando las mediciones que debemos obtener en la práctica (Figura 7).

*Figura 7: Diagrama de bloques del circuito completo*

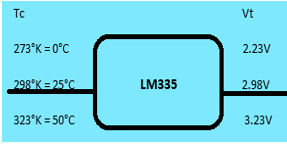
#### Gráficas de transferencia y ecuaciones

##### LM335

Tomando en cuenta el diagrama de bloque de la Figura 8

Se sabe que la sensibilidad del sensor de temperatura LM335 es:

10mV/(°K)



*Figura 8: Diagrama de bloque del LM335*

Tenemos la siguiente función característica:

Dado que el problema nos especifica que la temperatura será medida en °C esta ecuación cambiará a:

Por lo tanto, cuando nuestro sensor detecte una temperatura de 0°C nuestro voltaje Vt será de:

Y cuando el sensor detecte una temperatura de 50°C nuestro voltaje Vt será de:

Sabiendo que la sensibilidad del sensor de temperatura LM335 es:

Tenemos la siguiente función característica:

Dado que el problema nos especifica que la temperatura será medida en °C esta ecuación cambiará a:

Por lo tanto, cuando nuestro sensor detecte una temperatura de 0°C nuestro voltaje Vt será de:

Y cuando el sensor detecte una temperatura de 50°C nuestro voltaje Vt será de:

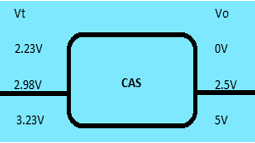
|  |  |
| --- | --- |
| X= (Tc(°C) | Y=(Vt(V)) |
| 0 | 2.73 |
| 25 | 2.98 |
| 50 | 3.23 |

###### Gráfica de transferencia LM335

*Gráfica 1: Esta gráfica nos permite observar que realmente la sensibilidad de este sensor es lineal y que para este caso en específico donde el margen de temperatura es de 0°C a 50°C los límites de voltaje que tomaremos en cuenta serán desde 2.73V a 3.23V.*

##### CAS.

El problema pide que la salida del CAS sea lineal y que su margen será de 0V a 5V. Así que tenemos la siguiente representación gráfica, la cual cumple con esos requerimientos. (Figura 9).



*Figura 9: Diagrama de bloque del CAS*

|  |  |
| --- | --- |
| X = (Vt(mV)) | Y= (Vo(V)) |
| 2.73 | 0 |
| 2.98 | 2.5 |
| 3.23 | 5 |

###### Gráfica de transferencia del CAS

*Gráfica 2: En esta gráfica se puede observar el voltaje de entrada del CAS (2.73) que es el que representa la salida del sensor a 0 °C, del cual en la salida del CAS se debe obtener 0V, así como en la entrada del CAS se obtiene 9.98 en la salida debe haber 2.5 Volts los cuales representan 25 °C y 2.23 en la entrada del CAS a 50 °C teniendo en la salida 5V*

Sabiendo que la función de una recta puede representarse como:

Donde m es la pendiente y las variables x, y son nuestros voltajes de entrada y salida la función quedaría de la siguiente manera.

Ahora calculamos el valor de m con la fórmula de la pendiente que es:

Tomaremos los extremos de la recta para sustituir los datos quedando:

Sustituyendo en nuestra ecuación quedaría así:

Ahora definimos el valor de b, para esto basta con sustituir valores en Vo y Vt ya que sabemos que voltaje de salida corresponde al de entrada.

Despejamos **b.**

Sustituyendo en la ecuación principal tenemos:

## Cálculos para el diseño del CAS

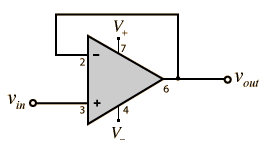
Para nuestro circuito primero utilizamos un circuito integrado LM741 como seguidor de voltaje para que el voltaje de salida del sensor fuera atenuado. Un amplificador

### Seguidor de voltaje

El seguidor de voltaje es para acoplar las impedancias entre la salida del sensor y la entrada del CAS (Figura 10)

Para calcular el voltaje de salida de un seguidor la ecuación que se usa es:

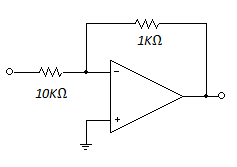
La ganancia es:



*Figura 10: Seguidor de voltaje con LM741*

Utilizando otro operacional pero como inversor con ganancia de Av= 1. (Figura 11)

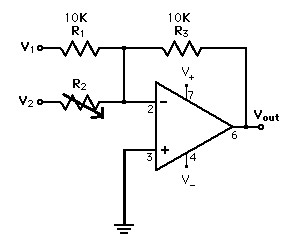
Con esto se tiene



*Figura 11: LM741 como inversor*

Para hacer el voltaje positivo se utiliza un sumador inversor el cual hace la operación de restar 27.3V

Con los valores de las resistencias que se observan en la figura 12 se obtiene una ganancia Av = 10.



*Figura 12: LM335 como sumador inversor*

Para hacer los cálculos utilizamos la superposición, donde se calculará a R2:

En la salida del voltaje del CAS le agregamos un seguidor de voltaje, esto para que en la entrada del convertidor analógico-digital sea correcto el voltaje que envía.

# Circuito eléctrico final

# Cálculo de valores teóricos.

Estos valores son solo teóricos con las fórmulas antes descritas.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| °k | °C | Vt | Vo |
| 273 | 0 | 2.73 | 0 |
| 278 | 5 | 2.78 | 0.500 |
| 283 | 10 | 2.83 | 1.000 |
| 288 | 15 | 2.88 | 1.500 |
| 289 | 16 | 2.89 | 1.600 |
| 290 | 17 | 2.9 | 1.700 |
| 291 | 18 | 2.91 | 1.800 |
| 292 | 19 | 2.92 | 1.900 |
| 293 | 20 | 2.93 | 2.000 |
| 294 | 21 | 2.94 | 2.100 |
| 295 | 22 | 2.95 | 2.200 |
| 296 | 23 | 2.96 | 2.300 |
| 297 | 24 | 2.97 | 2.400 |
| 298 | 25 | 2.98 | 2.500 |
| 299 | 26 | 2.99 | 2.600 |
| 300 | 27 | 3 | 2.700 |
| 301 | 28 | 3.01 | 2.800 |
| 302 | 29 | 3.02 | 2.900 |
| 303 | 30 | 3.03 | 3.000 |
| 304 | 31 | 3.04 | 3.100 |
| 305 | 32 | 3.05 | 3.200 |
| 306 | 33 | 3.06 | 3.300 |
| 307 | 34 | 3.07 | 3.400 |
| 308 | 35 | 3.08 | 3.500 |
| 313 | 40 | 3.13 | 4.000 |
| 318 | 45 | 3.18 | 4.500 |
| 323 | 50 | 3.23 | 5.000 |

## Gráfica de voltaje de salida de LM335

*Gráfica 3: En la gráfica se observa el voltaje de salida del sensor respecto a diferentes temperaturas en grados centígrados*

## Gráfica de salida del CAS y voltaje de salida de LM335

*Gráfica 4: En la gráfica se observa el voltaje que se debe obtener en la salida del CAS respecto a la salida del sensor que entra en el CAS*

## Grafica de voltaje de salida LM335 y CAS

*Grafica 5: Gráfica que muestra los valores de salida tanto del sensor como del CAS, se observa que la salida del sensor es lineal no hay mucha variación entre las diferencias de temperatura*

# Resultados

## Tabla de datos medidos

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| T °C | Vt(LM335) | Vo (CAS) |
| 10.7 | 2.837 |  |
| 11.3 | 2.843 | 1.18 |
| 13.6 | 2.866 | 1.27 |
| 13.2 | 2.862 | 1.38 |
| 14.4 | 2.874 | 1.47 |
| 14.9 | 2.879 | 1.52 |
| 18.7 | 2.917 | 1.66 |
| 20 | 2.93 | 1.82 |
| 22.3 | 2.953 | 2.18 |
| 24 | 2.97 | 2.28 |
| 25 | 2.98 | 2.5 |
| 27.7 | 3.007 | 2.94 |
| 31.7 | 3.047 | 3.32 |
| 34.2 | 3.072 | 3.52 |
| 35.8 | 3.088 | 3.69 |
| 39.9 | 3.129 | 4.02 |
| 41 | 3.14 | 4.22 |
| 42.8 | 3.158 | 4.33 |
| 43.3 | 3.163 | 4.44 |
| 46 | 3.19 | 4.61 |
| 46.6 | 3.196 | 4.72 |

## Gráfica de voltaje de LM335 resultados prácticos

*Gráfica 6: En comparación con la gráfica 3, se observa que el resultado de la práctica no fue totalmente lineal, sin embargo, los valores son cercanos a los teóricos*

## Gráfica de voltaje de salida de CAS resultados prácticos

*Gráfica 7: En comparación con la gráfica 4 los resultados son visiblemente muy variados, no son exactamente lineales, pero si son constantes.*

## Grafica de comparación de Vt y Vo

*Gráfica 8: Comparación de voltajes (LM335 y CAS)*

## Gráfica de comparación de voltajes prácticos y teóricos

*Gráfica 9: Se muestran los resultados prácticos y los resultados teóricos, donde se observa que los valores teóricos con los prácticos del voltaje del sensor son similares, hay una pequeña variación entre ambos. Sin embargo, en los valores de la salida del CAS prácticos varían un poco más respecto a los teóricos*

# Conclusiones

## López Juárez Víctor Manuel

Se logró realizar el circuito que resolviera el problema impuesto en esta práctica, para ello se tomó en cuenta la sensibilidad del sensor LM335 que se especificó con anterioridad, y con esa información se diseñó el circuito acondicionador de señal que tendrá un rango de 0V a 5V. Al realizar pruebas tanto cuando aumenta la temperatura como cuando disminuye se pueden observar datos similares a los que se obtuvieron teóricamente, claro con algunas variaciones, en concreto el voltaje de salida del cas tiene una variación de 50mV por arriba de los datos teóricos en temperaturas que oscilan entre los 10°C, conforme aumenta la temperatura esta diferencia cambia a un error de 100mV cuando llega a una temperatura de 40°C. Con esos datos podemos saber que la temperatura que nos mostrara el convertidor analógico/digital no será la que realmente este captando el sensor, este error es de medio grado cuando el sensor detecta alrededor de los 10°C y cuando se detecte una temperatura de 40°C el error es de un grado más; esto quiere decir que cuando se detecte 12°C el circuito marcara 12.5°C y cuando se detecten 35°C el circuito mostrara 36°C. Estas diferencias pueden ser causadas por la temperatura que se va generando en los operacionales mientras el circuito está en funcionamiento, así que para un termómetro que solo muestre la temperatura puede ser adecuado su uso, pero si se piensa utilizar en un sistema controlado por la temperatura habrá que considerar ese margen de error si es que no hay otra opción, pero lo recomendable seria buscar otro tipo de sensor con mayor sensibilidad al cambio de temperatura y mejores dispositivos para crear el acondicionamiento de señal que no produzcan tanto margen de error como en este se presentó.

## Luciano Espina Melisa

## Sandoval García César Ulises

# Bibliografía

[1] Sensor, Sensor de temperatura LM335 - Texas Instruments | DigiKey, Digikey.com.mx [Online] Disponible: <https://www.digikey.com.mx/es/product-highlight/t/texas-instruments/lm335-temperature-sensor>

[2] S/A Ecured.cu [Online] Disponible: <https://www.ecured.cu/Lm741>

[3] Delgado, M. (2013). ADC0804 CONVERSOR ANALOGO DIGITAL. [online] Mikitronic.blogspot.mx. Disponible en: <http://mikitronic.blogspot.mx/2013/05/adc-0804-conversor-analogo-digital.html>