



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL



ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO

INGENIERIA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

MATERIA: ELECTRÓNICA ANALÓGICA

PROFESOR: ROCHA BERNABE ROSARIO

EQUIPO: 4

PRESENTAN:

RAMIREZ BENITEZ BRAYAN

CHAVEZ LOPEZ OLIVER OMAR

GRUPO: 2CM5

PROYECTO FINAL

ESTADO DE MEXICO ENERO 2021

INTRODUCCIÓN

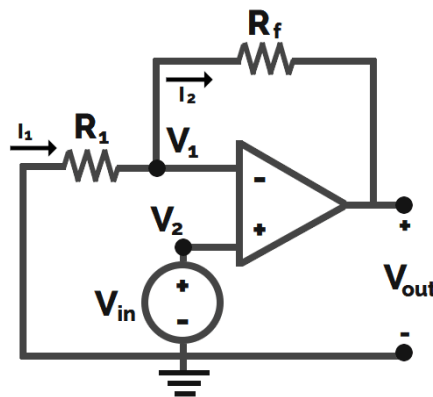
Amplificadores operacionales

Un amplificador operacional, es un amplificador de alta ganancia directamente acoplado, que en general se alimenta con fuentes positivas y negativas, lo cual permite que obtenga excursiones tanto por arriba como por debajo de masa o punto de referencia que se considere. Se caracteriza especialmente porque su respuesta en: frecuencia, cambio de fase y alta ganancia que se determina por la realimentación introducida externamente. Por su concepción, presenta una alta impedancia (Z) de entrada y muy baja de salida.

Amplificador operacional No inversor

El circuito diseñado para un amplificador no inversor consiste en una señal de entrada a amplificar que está conectada al terminal no inversor (+) del amplificador operacional. La salida obtenida de este circuito es no invertida.

Este amplificador tiene una retroalimentación hacia la terminal inversora (-) a través de una resistencia. Además, otra resistencia está conectada al mismo terminal inversor para conectarlo a tierra.



Para lograr obtener la fórmula del voltaje de salida primero se necesita conseguir la relación entre la tensión de entrada V_i y la tensión de salida V_o .

Al aplicar la Ley de Corrientes de Kirchhoff (LCK) en el nodo inversor (nodo 1), queda la siguiente expresión:

$$I_1 = I_2$$
$$\frac{0 - V_1}{R_1} = \frac{V_1 - V_{out}}{R_f}$$

Pero el voltaje 1 es igual al voltaje 2 y al voltaje de entrada ($V_1=V_2=V_{in}$) para un amplificador operacional ideal, así que, sustituyendo ***V_{in}*** en ***V₁*** la ecuación se convierte en:

$$\frac{-V_{in}}{R_1} = \frac{V_{in} - V_{out}}{R_f}$$

$$V_{out} = (1 + \frac{R_f}{R_1})V_{in}$$

En el circuito de un Amplificador No Inversor, la ganancia general depende de las dos resistencias que son responsables de la conexión de retroalimentación (R_1 y R_f).

La ganancia es la relación entre las relaciones de los valores de salida a los valores de entrada de las señales aplicadas:

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{R_1 + R_f}{R_1}$$

$$A_v = 1 + \frac{R_f}{R_1}$$

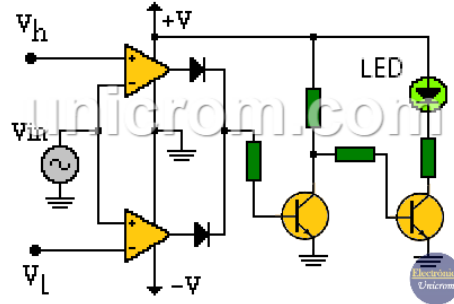
Entonces, la ganancia del amplificador operacional No inversor: No puede ser menor que 1 (ganancia unitaria). Además, será positiva y nunca puede estar en forma negativa. Depende directamente de la relación de R_f y R_1 .

Comparador de ventana con amplificadores operacionales

Un comparador de ventana permite saber si una señal o nivel de tensión / voltaje está dentro o fuera de un límite aceptable de voltajes previamente definido. Con ayuda de un comparador o amplificador operacional que controle el nivel de voltaje superior y otro comparador que controle el nivel de voltaje inferior, se puede implementar un comparador de ventana.

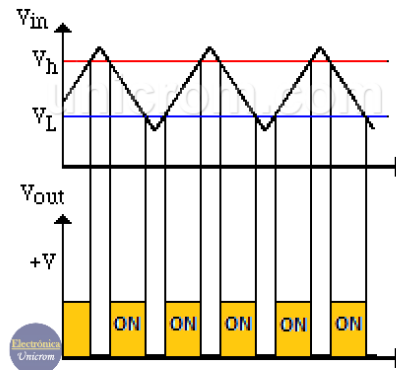
El nivel de tensión / voltaje que se desea censar (V_{in}) se aplica a la entrada inversora del amplificador operacional que controla el límite superior (V_h) y también a la entrada no inversora del amplificador operacional que controla el límite inferior (V_L).

Estableciendo el voltaje límite superior y el voltaje límite inferior en los terminales V_h y V_L , se define el rango de voltajes en el cual la salida del comparador de ventana estará activa.



Comparador de ventana con dos amplificadores operacionales.

El LED solo se encenderá cuando las salidas de los dos amplificadores operacionales sean de un nivel bajo indicando que la señal V_{in} está dentro del rango de voltajes permitidos. Entonces el primer transistor estará en corte (no conducirá) y funcionará como un inversor, y el segundo transistor entrará en saturación (conducirá) encendiendo el LED.



Formas de onda de la salida y entrada del comparador de ventana

Sensor de Temperatura Analógico LM35

El LM35 es un sensor de temperatura de buenas prestaciones a un bajo precio. Posee un rango de trabajo desde -55°C hasta 150°C . Su salida es de tipo analógica y lineal con una pendiente de $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$. El sensor es calibrado de fábrica a una precisión de 0.5°C .

Es un sensor muy popular por su fácil uso y variadas aplicaciones. No necesita de ningún circuito adicional para ser usado. Se alimenta directamente con una fuente de 5V y entrega una salida analógica entre 0V a 1.5V. Este voltaje analógico puede ser leído por el ADC de un microcontrolador como PIC o Arduino. Entre sus aplicaciones podemos encontrar termómetros, termostatos, sistemas de monitoreo y más.

- Voltaje de Operación: 4V – 30V (5V recomendado)

- Rango de Trabajo: -55°C hasta +150°C
- Precisión en el rango de -10°C hasta +85°C: $\pm 0.5^\circ\text{C}$
- Pendiente: 10mV / °C
- Bajo consumo energético: 60uA
- No necesita componentes adicionales
- Pines: +VCC, V salida, GND
- Baja impedancia de salida

Transistor 2N2222

El 2N2222 es un transistor bipolar NPN de baja potencia de uso general. Sirve tanto para aplicaciones de amplificación como de conmutación. Puede amplificar pequeñas corrientes a tensiones pequeñas o medias; por lo tanto, sólo puede tratar potencias bajas (no mayores de medio Watt). Puede trabajar a frecuencias medianamente altas.

Es un transistor de uso general, frecuentemente utilizados en aplicaciones de radio por los constructores aficionados de radios. Las hojas de especificaciones señalan como valores máximos garantizados 500 miliamperios, 50 voltios de tensión de colector, y hasta 500 milivatios de potencia. La frecuencia de transición es de 250 a 300 MHz, lo que permite utilizarlo en aplicaciones de radio de alta frecuencia (hasta 300 MHz). La beta (factor de amplificación, h_{FE}) del transistor es de por lo menos 100; valores de 150 son típicos.

- Voltaje de colector a emisor (V_{ce}) de 40 V
- Corriente continua de colector (I_c) de 800mA
- Disipación de energía de 500mW
- Rango de temperatura de unión de -65°C a 200°C
- Voltaje de saturación de colector a emisor de 1V a 500mA de corriente de colector
- La ganancia de corriente β es mayor a 35 con $I_c=0.1$ mA
- Aplicaciones: Amplificación y conmutación lineal

Transistor TIP122

El TIP122 es un transistor con diodo Darlington TH (through hole) NPN de propósito general con encapsulado TO-220. Este transistor se utiliza para la conmutación de baja velocidad y amplificación.

El funcionamiento y utilización de los transistores de potencia es idéntico al de los transistores normales, teniendo como características especiales las altas tensiones e intensidades que tienen que soportar y, por tanto, las altas potencias a disipar.

- Transistor Darlington NPN de propósito general
- I_C max: 5A
- I_C pico max: 8A
- I_B max: 0.12A
- PTOT: 65W
- V_{CEO} : 100V, V_{CBO} : 100V, V_{EBO} : 5V
- h_{FE} min: 1000 (@ $I_C=3$ A, $V_{CE}=3$ V)
- Diodo damper entre colector y emisor
- Bajo voltaje de saturación colector-emisor
- Encapsulado: TO-220

Diodo rectificador 1N4004

Diodo rectificador a 1A 400V es un componente electrónico de dos terminales que permite la circulación de la corriente eléctrica a través de él en un solo sentido. El 1N4004 es un rectificador de uso general con baja caída de tensión directa y alta capacidad de corriente de sobretensión.

- Tipo de diodo: Estándar recuperadores
- Tipo: Rectificador de propósito general
- Con configuración: Sencilla
- Encapsulado: DO-41
- Cátodo indicado por la banda de polaridad
- Axial: 2 puntas
- 3W Disipación de energía
- $50^\circ\text{C} / \text{W}$ Resistencia térmica de la unión al ambiente
- 15pF Capacidad total
- 480V Voltaje máximo pico no repetitivo
- Voltaje de retroceso 280V RMS
- Tensión máxima de apagado repetitiva, V_{drn} : 400 V
- Voltaje directo máximo V_F : 1.1 V
- Corriente directa transitoria I_{fsm} máxima: 30 A
- Temperatura de operación máxima.: 175°C
- Corriente en directo max.: 1 A
- Corriente pico en directo (8.3ms): 30 A
- Voltaje en directo max. (@ 1A): 1.1 V
- Voltaje DC inverso max.: 400 V

ADC0804 CONVERTOR ANALOGO DIGITAL

Los ADC son convertidores analógicos a digitales tienen una gran variedad de aplicaciones, como un dispositivo intermedio que convierte las señales de forma analógica a digital. Estas señales al ser digitalizadas se utilizan para el procesamiento de los procesadores digitales.

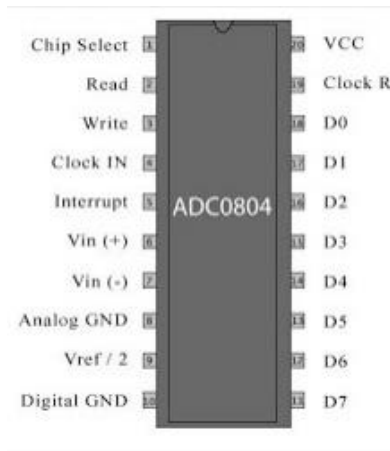
El ADC0804

El ADC0804 es un convertidor de señal analógica a digital de 8 bits. 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 que codificar cualquiera 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, V_{cc} . 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 (V_{ref}), pin9 está conectado a 1V ($V_{ref} / 2$), reduciendo de este modo el tamaño del paso a 7.84mV ($2V/255$).

ADC0804 también necesita un reloj para operar. El tiempo de conversión del valor analógico a un valor digital depende de la fuente de reloj. Podemos conectar un reloj externo en el pin 4 o podemos hacer uso de su reloj incorporado, colocando de un circuito RC.

- 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 $V_{in} (+)$
- Pin7 Entrada de inversión analógica, normalmente tierra $V_{in} (-)$
- Pin8 Tierra (0 V)
- Pin9 Pin de entrada, define la tensión de referencia para la entrada analógica $V_{ref} / 2$
- 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)



LM741

El LM741 ofrece muchas características que hacen que su aplicación sea casi a prueba de protección de sobrecarga en la entrada y la salida, ausencia de enclavamiento cuando se excede el rango de modo común y libre de oscilaciones.

- Protección contra sobrecarga en entrada y salida
- No se produce enclavamiento cuando se excede el rango de modo común
- Producto ecológico sin Sb/Br
- Aplicaciones: Procesado de Señal
- No. de amplificadores operacionales: 1
- Voltaje de alimentación max: ± 22 V
- Ancho de banda típico: 1 MHz
- Slew rate típico: 0.5 V/ μ s
- Voltaje offset de entrada típico: 1 mV
- Entradas de ajuste de offset
- Compensado en frecuencia internamente
- Alta ganancia
- Salida no sufre de latch-up
- Salida protegida contra corto circuito continuo
- Encapsulado: DIP 8 pines

DESARROLLO SIMULADO

Objetivo: Diseñar un sistema de control de giro de un motor de corriente continua que consume una potencia de 40 Watts y se alimenta a 12 V.

El motor debe operar bajo las siguientes condiciones:

Temperatura grados °C	Giro del motor
25 a 40	A la derecha
41 a 59	Estático
60 a 80	A la izquierda

Etapa 1:

Sensor de temperatura LM35 y etapa de amplificación

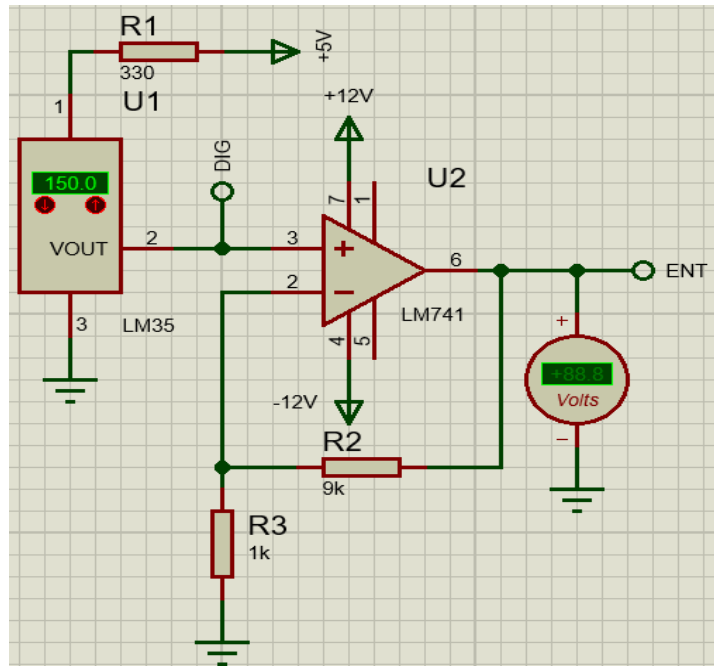
El LM35 posee un rango de trabajo desde -55°C hasta 150°C como ya se había mencionado durante la introducción, además su salida es de tipo analógica y lineal con una pendiente de 10mV/°C.

No necesita de ningún circuito adicional para ser usado, es alimentado con una fuente de 5V. Este voltaje analógico será leído por el ADC, además el voltaje de salida llegará a la entrada no inversora del amplificador LM741.

Con respecto a la etapa de amplificación, usaremos un amplificador LM741 configurado como amplificador operacional “No inversor” con una ganancia de 10 puesto que en la salida nos entregara un voltaje de entrada amplificado y positivo.

Se ha escogido una ganancia de 10 para facilitar los cálculos, La ganancia de estos amplificadores es la siguiente:

$$A_v = 1 + \frac{R_f}{R_1}$$



Cálculos:

Tomando $R_i = 1K$ entonces $R_f = 9k$

$$A_v = 1 + \frac{9k}{1k}$$

$$A_v = 1 + 9 = 10$$

$$V_{out} = \frac{R_1 + R_f}{R_1} (V_{in})$$

$$V_{out} = \frac{1k + 9k}{1k} (0.25 V) = 2.5 V$$

$$V_{out} = \frac{1k + 9k}{1k} (0.41 V) = 4.1 V$$

$$V_{out} = \frac{1k + 9k}{1k} (0.60 V) = 6.0 V$$

$$V_{out} = \frac{1k + 9k}{1k} (0.81 V) = 8.1 V$$

Etapa 2:

Etapa de comparación

Para esta etapa de comparación usaremos el amplificador LM741 como comparador de ventana para los rangos de temperatura propuestos.

Recordando que el comparador de ventana es un detector de un margen establecido, en el cual los amplificadores operacionales trabajan como comparadores.

En la entrada inversora del amplificador operacional (U6 y U3) se marca el margen superior o el voltaje de referencia, este margen se estableció de acuerdo a los valores de temperatura propuestos.

Para mayores a 40 grados

$$V_{ref} = 41\text{ }^{\circ}\text{C} \frac{10\text{mV}}{^{\circ}\text{C}} * 10 = 4.1\text{V}$$

Para mayores a 80 grados

$$V_{ref} = 81\text{ }^{\circ}\text{C} \frac{10\text{mV}}{^{\circ}\text{C}} * 10 = 8.1\text{V}$$

En la entrada no inversora del amplificador operacional (U4 y U5) se marca el margen inferior o voltaje de entrada, este margen se estableció de acuerdo a los valores de temperatura propuestos.

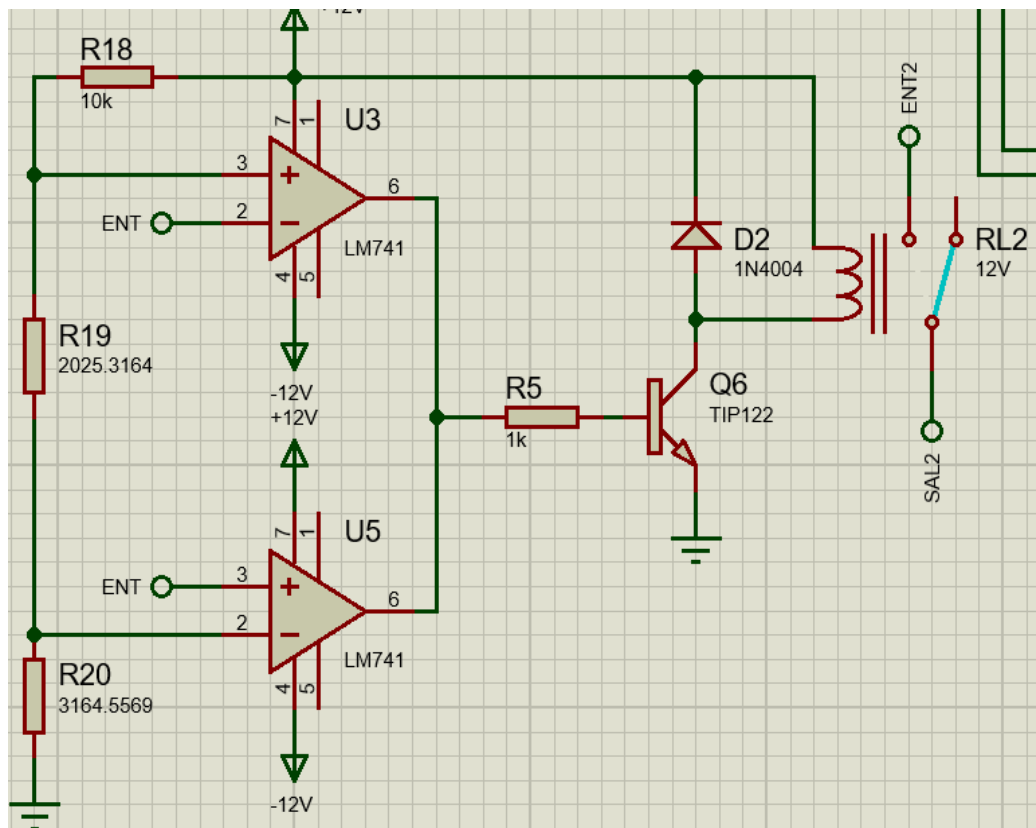
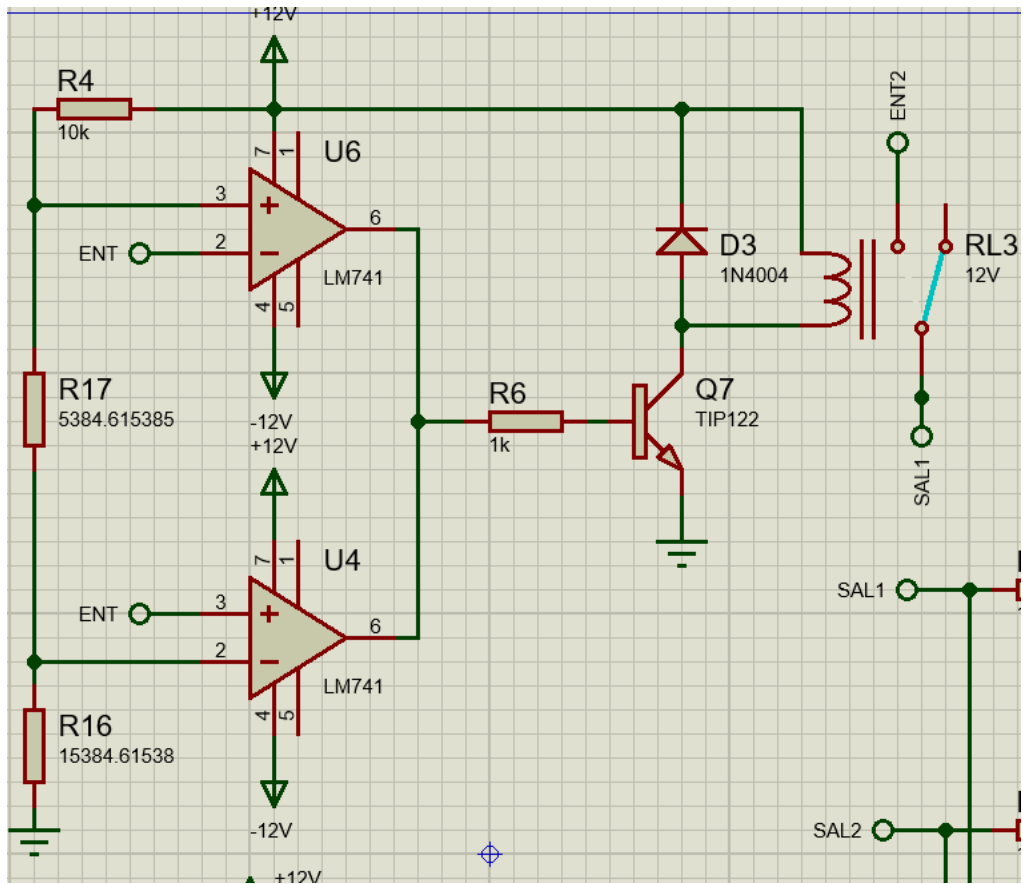
Para menores a 25 grados

$$V_{ref} = 25\text{ }^{\circ}\text{C} \frac{10\text{mV}}{^{\circ}\text{C}} * 10 = 2.5\text{V}$$

Para menores a 60 grados

$$V_{ref} = 60\text{ }^{\circ}\text{C} \frac{10\text{mV}}{^{\circ}\text{C}} * 10 = 6.0\text{V}$$

La entrada Vi es común para ambos amplificadores operacionales; si el valor de la entrada se encuentra entre los márgenes establecidos, las salidas de ambos amplificadores operacionales permanecerán a cero, por lo tanto, el RELAY permanecerá apagado. Si la señal de entrada es inferior al margen inferior establecido, el amplificador operacional (U4 y U5) pasará a saturación positiva y el RELAY se activará. Si por el contrario el margen superado es el superior, será el operacional (U6 y U3) el que pase a saturación positiva activando el RELAY.



Cálculos:

Para el primer comparador se requieren voltajes de 8.1V y 6V para lo cual se utilizará la misma fuente y se utilizará un divisor de voltaje:

$$\frac{(12V)(R_2 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3} = 8.1$$
$$\Rightarrow 3.9R_2 + 3.9R_3 = 8.1R_1 \dots (1)$$

$$\frac{(12V)(R_3)}{R_1 + R_2 + R_3} = 6$$
$$\Rightarrow -6R_2 + 6R_3 = 6R_1 \dots (2)$$

Si $R_1 = 10k\Omega$ entonces de (1) y (2) se obtiene el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\begin{cases} 3.9R_2 + 3.9R_3 = 413100 \\ -6R_2 + 6R_3 = 6000000 \end{cases}$$
$$\Rightarrow R_2 = 5384.615385k\Omega, R_3 = 15384.61538k\Omega$$

De la misma manera, para el segundo comparador se requieren voltajes de 4.1V y 2.5V para lo cual se utilizará la misma fuente y se utilizará un divisor de voltaje:

$$\frac{(12V)(R_2 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3} = 4.1$$
$$\Rightarrow 7.9R_2 + 7.9R_3 = 4.1R_1 \dots (1)$$
$$\frac{(12V)(R_3)}{R_1 + R_2 + R_3} = 2.5$$
$$\Rightarrow -2.5R_2 + 9.5R_3 = 2.5R_1 \dots (2)$$

Si $R_1 = 10k\Omega$ entonces de (1) y (2) se obtiene el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\begin{cases} 7.9R_2 + 7.9R_3 = 41000 \\ -2.5R_2 + 9.5R_3 = 25000 \end{cases}$$
$$\Rightarrow R_2 = 2025.3164\Omega, R_3 = 3164.5569\Omega$$

Rangos de temperatura:

Para el rango de 25 a 41 °C

Para el amplificador U5

Si $V_{in} < V_{ref}$

$$V_o = 0 \text{ V}$$

Además, para el amplificador U3

Si $V_{in} > V_{ref}$

$$V_o = 0 \text{ V}$$

Por otro lado

Para el amplificador U5

Si $V_{in} > V_{ref}$

$$V_o = V_{cc} = 12 \text{ V}$$

Además, para el amplificador U3

Si $V_{in} < V_{ref}$

$$V_o = V_{cc} = 12 \text{ V}$$

Lo que ocasionara que se encienda el Relé RL2

Para el rango de 60 a 81 °C

Para el amplificador U4

Si $V_{in} < V_{ref}$

$$V_o = 0 \text{ V}$$

Además, para el amplificador U6

Si $V_{in} > V_{ref}$

$$V_o = 0 \text{ V}$$

Por otro lado

Para el amplificador U4

Si $V_{in} > V_{ref}$

$$V_o = V_{cc} = 12 \text{ V}$$

Además, para el amplificador U6

Si $V_{in} < V_{ref}$

$$V_o = V_{cc} = 12\text{ V}$$

Lo que ocasionara que se encienda el Relé RL3

Etapa 3:

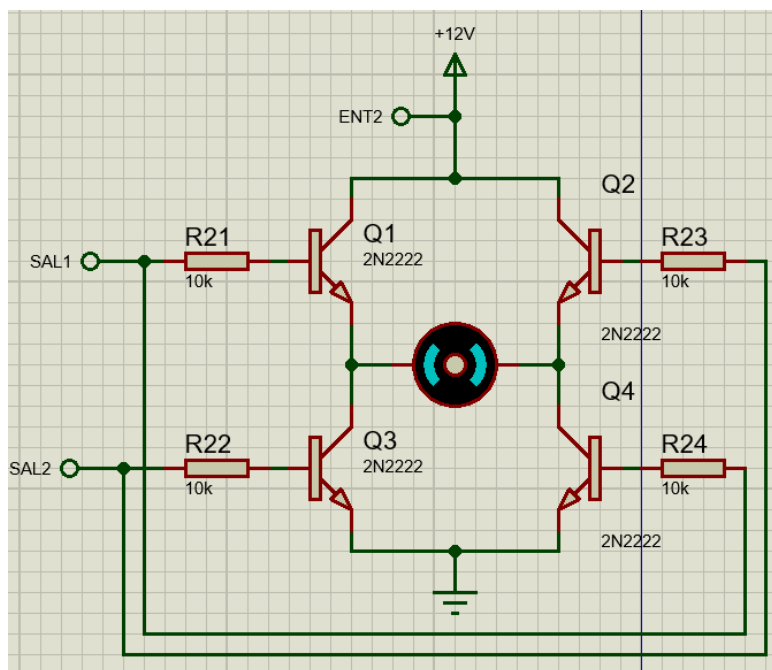
Puente H

Aplicando una señal positiva en la entrada marcada SAL1 se hace conducir La corriente, donde circula por las bases, de Q1 y Q4, haciendo que la terminal izquierda del motor reciba un positivo y la terminal derecha el negativo (tierra).

Si, en cambio se aplica señal en la entrada SAL2, se hace conducir su corriente por las bases, de Q2 y Q3. En este caso se aplica el positivo a la terminal derecha del motor y el negativo (tierra) a la terminal izquierda del motor.

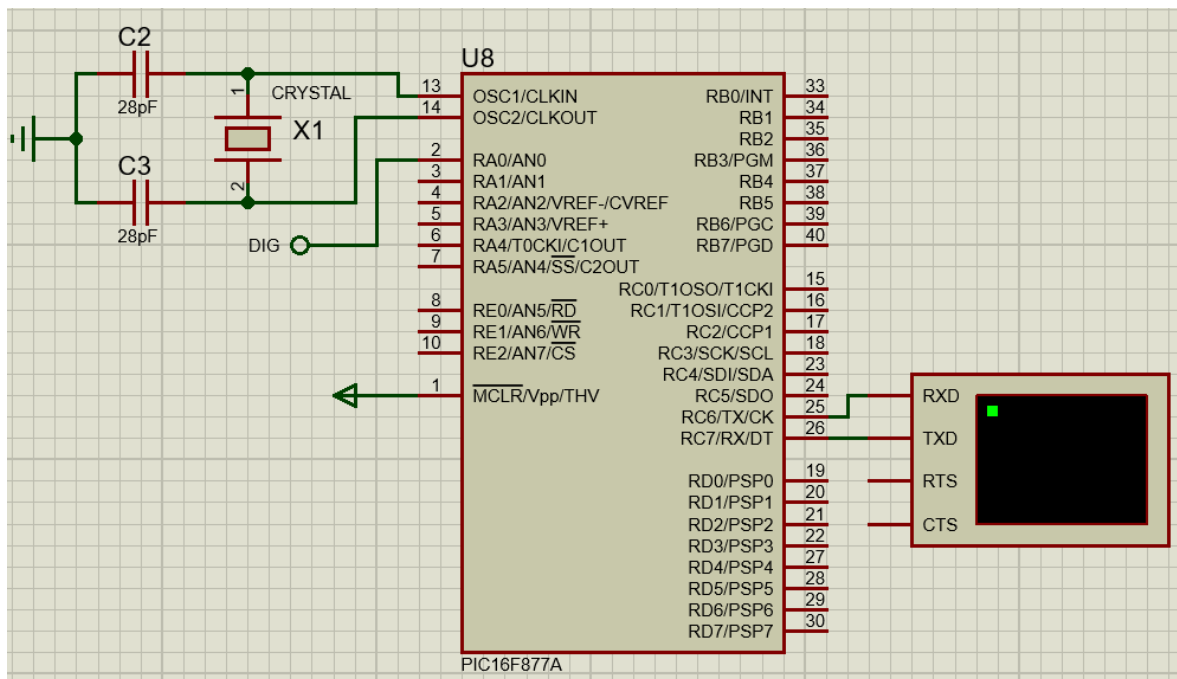
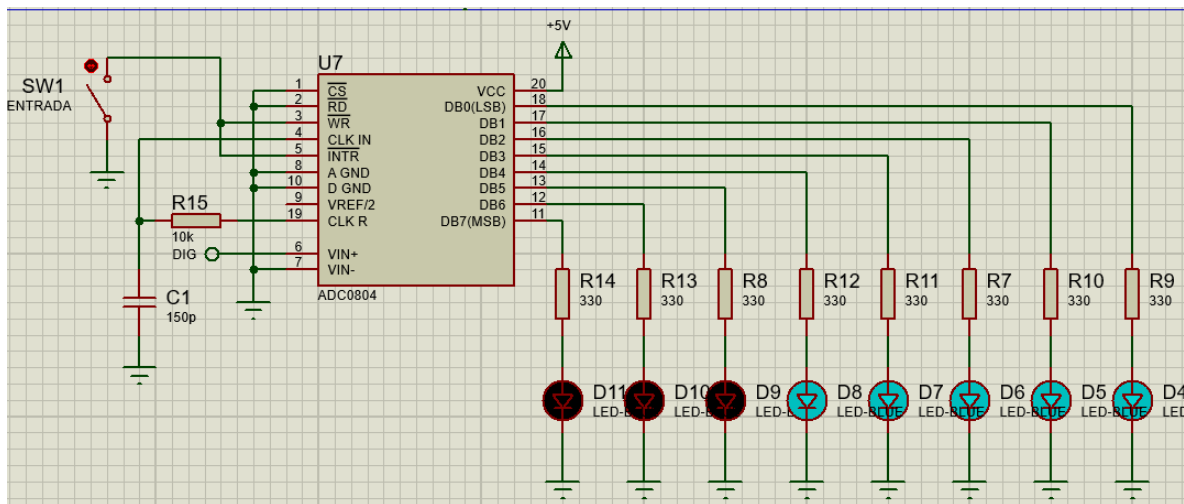
Una de las cosas muy importantes que se deben tener en cuenta en el control de este circuito es que las señales SAL1 y SAL2 jamás deben coincidir. Si esto ocurre los transistores, Q1, Q2, Q3 y Q4 cerrarán circuito directamente entre el positivo de la fuente de alimentación y tierra, sin pasar por el motor, de modo que es seguro que se excederá la capacidad de corriente Emisor-Colector y los transistores, se dañarán para siempre. Y si la fuente no posee protección, también podrá sufrir importantes daños.

De acuerdo a lo visto durante la INTRODUCCIÓN los transistores 2N2222 permitirán el flujo de corriente de SAL1 como de SAL2.



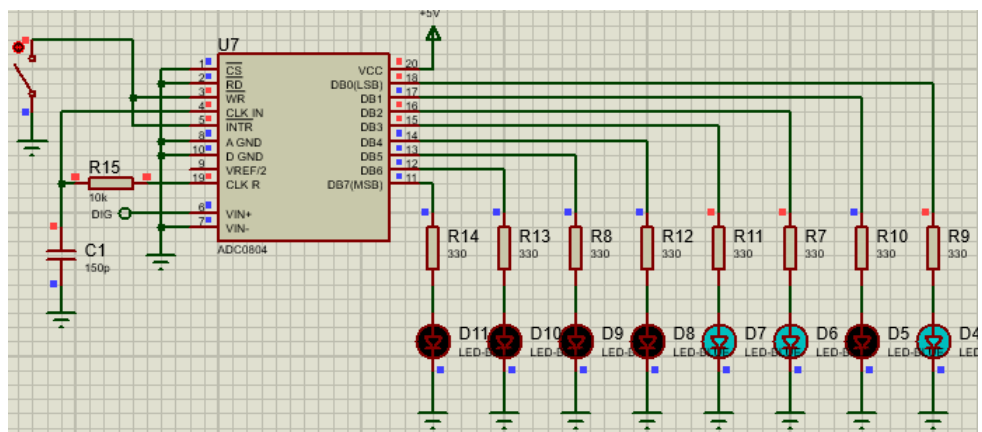
Convertidor ADC0804 y Terminal Virtual:

El ADC0804 entrega una salida digital de 8 bits. Requiere un voltaje de alimentación y de referencia de 5V, por lo que puede convertir señales analógicas entre un rango de 0 a 5V equivalentes a una salida digital entre 0 y 255. A través de una referencia externa o aumentando el valor de la señal V_{in-} con respecto a GND es posible obtener rangos más amplios de. Su frecuencia de trabajo característica es de 8KHz, aunque si se deseara utilizar un ADC de alta velocidad, las soluciones aportadas también serían sostenibles dadas las características de funcionales de las arquitecturas de PLDs actuales.

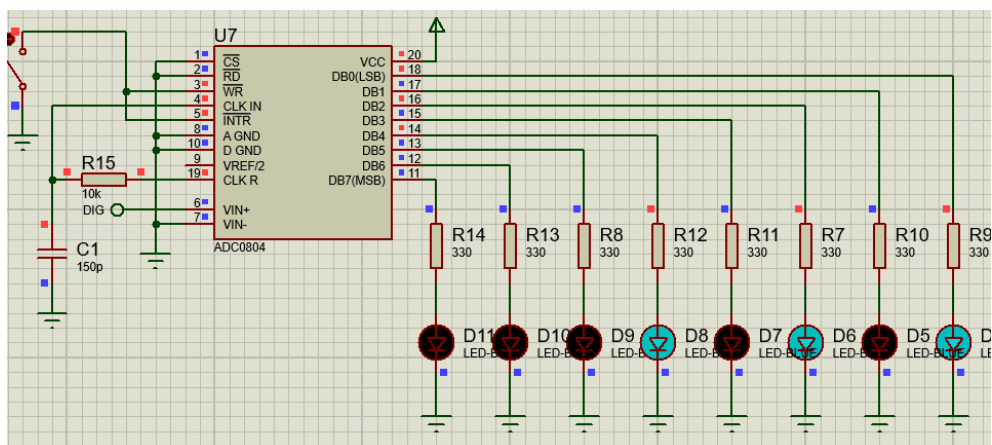


Rangos de temperatura

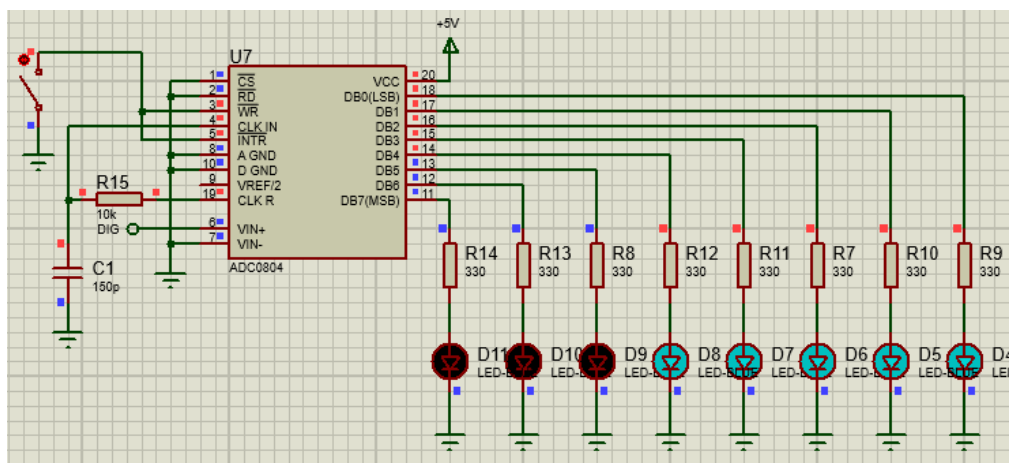
Para 25 °C



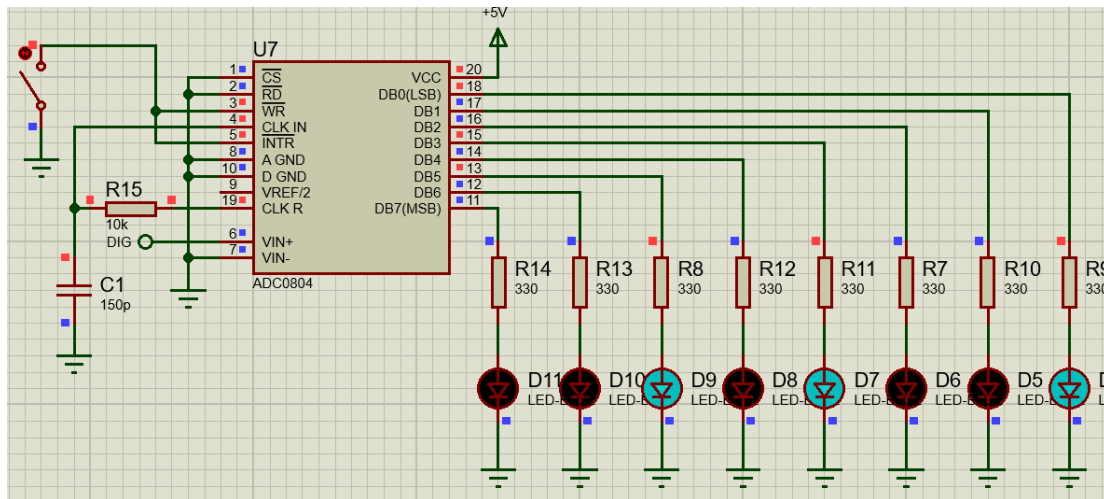
Para 41 °C



Para 60 °C



Para 81 °C



Cálculos:

$$R[v] = \frac{V_{ifs}}{2^n - 1} = \frac{5V}{2^8 - 1} = 19.6 * 10^{-3}$$

Para los rangos de temperatura

$$25\text{ °C} = 00001101 = 13$$

$$41\text{ °C} = 00010101 = 21$$

$$60\text{ °C} = 00011111 = 31$$

$$81\text{ °C} = 00101001 = 41$$

$$V_o = [R][Decimal]$$

$$V_o = [19.6 * 10^{-3}][13] = 0.2548$$

$$V_o = [19.6 * 10^{-3}][21] = 0.4116$$

$$V_o = [19.6 * 10^{-3}][31] = 0.6076$$

$$V_o = [19.6 * 10^{-3}][41] = 0.8036$$

CONCLUSIONES

Chávez López Oliver Omar

En el desarrollo de este proyecto aplicamos muchos de los conocimientos adquiridos a lo largo de este semestre tales como comparadores, acondicionamiento de sensores, transistores y puente H. Las simulaciones coincidieron con lo esperado a partir de los cálculos, aunque aún faltaría llevarlo a la práctica para comprobar el funcionamiento o identificar alguno de los inconvenientes que se puedan presentar al armar el circuito físicamente. Al inicio estos temas parecían muy separados y era difícil encontrar una aplicación práctica, pero al final pudimos entender como en su conjunto todos estos conocimientos se pueden aplicar para diseñar un circuito que resuelva algún problema.

Ramirez Benítez Brayan

Este proyecto sirvió para aplicar los conocimientos aprendidos acerca de los transistores, amplificadores, diodos y comparadores, así como para aplicar la teoría vista en clase para hacer cálculos, además, el uso de los amplificadores operacionales en sistemas de control es básico, así que es vital conocer las configuraciones de las operaciones en los amplificadores. Toda configuración da una salida diferente, por ello es que como ingenieros aprendamos a conocer los amplificadores operacionales y sus aplicaciones.

REFERENCIAS

[1] Texas Instruments. LM741 Datasheet [Online]. Disponible:

https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm741.pdf?ts=1610827534055&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.ti.com%252Fproduct%252FLM741

[2] Diodes Incorporated. 1N4004 Datasheet [Online]. Disponible:

<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/58822/DIODES/1N4004.html>

[3] Central Semiconductor Corp. TIP122 Datasheet [Online]. Disponible:

<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/713083/CENTRAL/TIP122.html>

[4] Infineon Technologies AG. 2N2222 Datasheet [Online]. Disponible:

<https://www.datasheets360.com/pdf/4802967782450316984?query=2n2222&pgid=107453771>

[5] Texas Instruments. LM35 Datasheet. [Online]. Disponible:

<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/517588/TI1/LM35.html>

[6] NXP. ADC0804 Datasheet. [Online]. Disponible:

<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/83230/PHILIPS/ADC0804.html>

[7] R Boylestad, R. y L. Nashelsky. *Electrónica: Teoría De Circuitos Y Dispositivos Electrónicos*. 10th ed. México: PEARSON, 2009.

[8] T. Floyd. *Dispositivos electrónicos*. 8th ed. México: Pearson Educación, 2008.