

I

nstrumentación
es medir y comparar
↓

a través de instrumentos → cuantificamos
para este contexto usamos **instrumentos electrónicos**

¿Cómo saber si es correcta mi medición?

exactitud: se refiere a la aproximación del valor real que nos da 1 instrumento de medición

Ejemplo: mientras mas cerca estemos del objetivo mas exactitud tenemos

Llego a la hora de la junta 7:00am

Precisión: tras una serie de mediciones verificar que tan diferentes son y



Ejemplo: tenemos 10 oportunidades de tiro

$$1 \text{ tiro} = 10$$

$$6 \text{ tiro} = 8$$

$$2 \text{ tiro} = 8$$

$$7 \text{ tiro} = 8$$

$$3 \text{ tiro} = 8$$

$$8 \text{ tiro} = 7$$

$$4 \text{ tiro} = 9$$

$$9 \text{ tiro} = 7$$

$$5 \text{ tiro} = 8$$

$$10 \text{ tiro} = 10$$

maneja precisión errónea

si todas las juntas del mes llega a las **+ am el preciso**

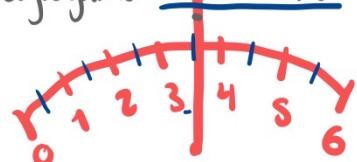
Resolución

: el cálculo de la resolución se da en función de la magnitud del instrumento de medición (valor + pequeño) observa

$$\text{resolución} = \frac{\text{magnitud}}{\# \text{ divisiones}}$$



→ para mejorar la exactitud agregamos + divisiones



$$r = \frac{6}{12} = 0.5 \therefore \text{la aguja se ubica entre } 3.5 \text{ y } 4$$

y repito proceso con el fin de mejorar la exactitud

Sensibilidad: relación de la res. respecto al cambio de la variable medida en 1 unidad

$$\text{sensi} = \frac{\# \text{ divisiones} - 1}{\text{mag escala}}$$

para el ejemplo anterior

$$\text{sensibilidad} = \frac{7-1}{6} = \frac{6}{6} = 1 \text{ div/ unidad}$$

mientras + no. de divisiones

$$\text{sensibilidad} = \frac{13-1}{6} = \frac{12}{6} = 2 \text{ div/ unidad}$$

Error

- **sistemático** (inmerso en el instru. de medición)
- **aleatorio** (puede que se presente o no) para esto se diseña un instru. ad hoc al lugar donde estará inmerso.

Cifras significativas para esto debemos de tomar + cifras significativas (basarse en el standard)

T

Transductores

serán los que reciban el término sensor

toma cualquier variable física y lo pasa a variable eléctrica

el sensor da

- > var resistiva → **sensor óptico**
- > valor voltaje → **sensor resistivo**
- > valor Corriente
- > || capacitancia / inductancia

sensores generadores

tiene una fuente de voltaje variable o una fuente de corriente variable

variable física que entrega el sensor

- > valor tensión
- > valor voltaje
- > valor corriente
- > || capacitanza / inductancia

sensores generadores

Fuente una fuente de voltaje variable o una fuente de corriente variable

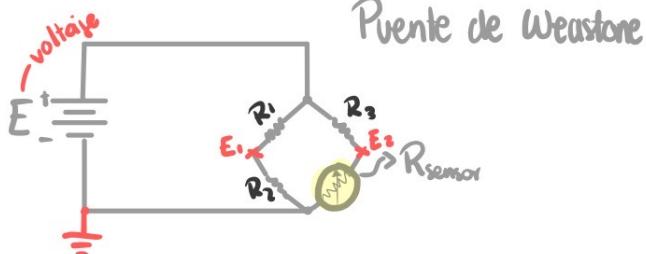
Nuestra clasificación será a través de
variable física

Sensor resistivo

La resistencia que nos entrega es un valor variable entre un valor de resistencia min. y max. $R_{sen} = r_{\min} \text{ a } r_{\max}$ los encontramos para medir temperatura, humedad relativa, luminosidad, presión, fuerza, etc.

Variaciones de resistencia a voltaje
Cto. de acondicionamiento
convertirlo en un ADC

¿Cómo se tiene que ver el circuito?



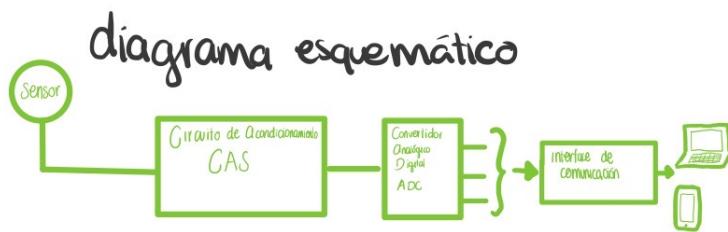
Para el voltaje los tenemos que medir con referencia a tierra (\ominus) y todo el puente tiene que estarlo.

El puente sirve para interpretar las variaciones de resistencia del sensor resistivo y convertirlas a voltaje (en un instrumento de medición)

¿Como hace la conversión?

Se tiene que realizar una resta $E_1 - E_2 // E_2 - E_1$, para escoger alguna opción de resta el resultado tiene que ser +

1. Punto de calibración
Se establece que $E_1 = E_2$, esto significa que la resta es 0.



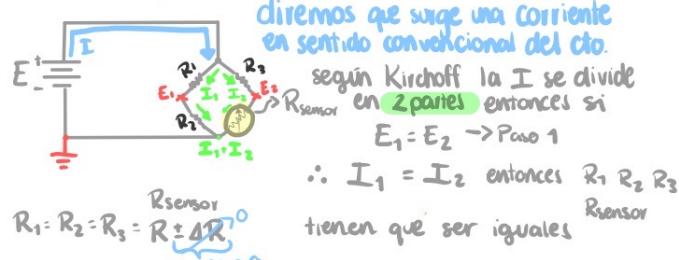
en esta sección se verá la primera parte del diagrama del sensor al CAS.

Para obtener este valor hacemos lo siguiente:

$$R_{\text{sensor}} = R \pm \Delta R$$

esto genera que R le asignaremos algún valor $R_{1,2,3}$

2. Asignar valor a R



$\therefore R_1 = R_2 = R_3 = R \rightarrow$ La magnitud de R la tomaremos del rango de operación $R_{sen} = R_{min} + R_{max}$; si $R = R_{min}$ $R_{sen} = R + \Delta R$
 $R = R_{max}$ $R_{sen} = R - \Delta R$

3. Calculamos E_1 y E_2

Para E₁ lo medimos con respecto de tierra, utilizaremos el divisor de voltaje.

$$E_1 = V_{R_2} = \frac{ER_2}{R_1 + R_2} \therefore = \frac{ER}{2R} = \frac{E}{2}$$

Para E_2 ¿qué se tiene entre E_2 y tierra? Resolvemos y aplicamos divisor de voltaje

$$E_2 = V_{R_{\text{sen}}} = \frac{ER_{\text{sen}}}{R_s + R_{\text{sen}}} = \frac{E(R \pm \Delta R)}{R_s(R \pm \Delta R)} = \frac{E(R \pm \Delta R)}{2R \pm \Delta R}$$

4. Como es afectado ΔR

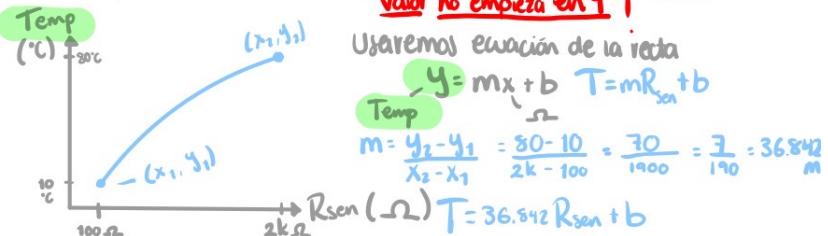
Si tenemos un sensor de temperatura tenemos

R_{min} a R_{max}
T_{min} a T_{max}] coeficiente positivo
Si se incrementa la temperatura aumenta la resistencia y viceversa

Sí tenemos un sensor de la forma

R_{\min} a R_{\max} } coeficiente negativo
 T_{\max} a T_{\min} }

El procedimiento es ¡No se usa regla de 3 si UN
valor no encaja en 1!



Para calcular b

$$b = T - (36.842 \text{ m}) R_{\text{sen}}$$

Para (x_1, y_1)

$$b = 10 - (36.842 \text{ m}) * 100$$

$$b = 6.3158$$

Para (x_2, y_2)

$$b = 80 - (36.842 \text{ m}) * 2000$$

$$b = 6.316$$

Casi son iguales entonces sacamos el promedio

$$b = 6.3159$$

la expresión final quedaría como

$$T = (36.842 \text{ m}) R_{\text{sen}} + 6.3159$$

$$R_{\text{sen}} = \frac{T - 6.3159}{36.842 \text{ m}}$$

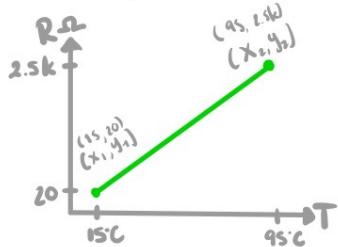
Ejercicio 1

Para un sensor de Temperatura de naturaleza resistiva, se tienen los siguientes parámetros

$$15^\circ\text{C} \text{ a } 95^\circ\text{C}$$

$$20 \Omega \text{ a } 2.5 k\Omega$$

Considerar una fuente $E = 10 \text{ V}$. Calcular el rango del voltaje de salida. Calcular el voltaje de salida para $T = 48.6^\circ\text{C}$



$$\begin{aligned} &\text{Desarrollo} \\ &y = mx + b \\ &R_{\text{sen}} = mT + b \end{aligned}$$

Para m

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{2500 - 20}{95 - 15} = \frac{2480}{80} = 31$$

Para b

$$b = R_{\text{sen}} - mT$$

Punto (x_1, y_1)

$$b = 20 - 31 * 15 = -445$$

Punto (x_2, y_2)

$$b = 2500 - 31 * 95 = -445$$

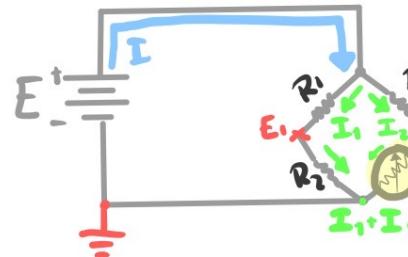
$$R_{\text{sen}} = (31)T - 445$$

$$R_{\text{sen}} = (31)T - 445$$

$$R_1 = R_2 = R_3 = R \xrightarrow{R_{\text{sen}}} \text{calibración}$$

Para este problema

la corriente que debe tener la etapa sensoria debe tener una restricción $I \leq 10 \text{ mA}$, en la vida real es $I \leq 1 \text{ mA}$ para etapa sensoria → valor para el curso.



R_1 y R_2 toman un valor de 2Ω

R_3 y R_4 toman un valor de 2Ω

Por lo tanto
 $R_T = R$

Expresión matemática de la corriente con la ley de OIHI

$$I = \frac{E}{R} \xrightarrow{\text{valor de la fuente}}$$

$\xrightarrow{\text{valor min o max del sensor}}$

Cálculo para $R = 20 \Omega$

$$\uparrow \quad I = \frac{E}{R} = \frac{10 \text{ V}}{20 \Omega} = \frac{1}{2} = 0.5 \text{ A} \quad \xrightarrow{\text{excede muchísimo el valor que establecimos max 10mA}}$$

queda descargada

Para $R = 2.5 \text{ k}\Omega$

$$I = \frac{E}{R} = \frac{10 \text{ V}}{2.5 \text{ k}\Omega} = 4 \text{ mA} \quad \text{valor aceptado}$$

Por lo tanto el valor de R es $2.5 \text{ k}\Omega$

$$R_1 = R_2 = R_3 = R = 2.5 \text{ k}\Omega$$

$$R_{\text{sen}} = R - \Delta R$$

$$\text{Cálculo de } E_1 = \frac{E}{2} = \frac{10}{2} = 5 \text{ V}$$

$$\text{Cálculo de } E_2 = \frac{E(R - \Delta R)}{2R - \Delta R}$$

Determinar valor entre 15°C a 95°C

Para eso necesitamos calcular $\Delta R = R - R_{\text{sen}}$

Para 15°C

$$\Delta R = R - R_{\text{sen}} = 2.500 - 20 = 2480 \Omega$$

$$E_2 = \frac{E(R - \Delta R)}{2R - \Delta R} = \frac{10(2.500 - 2480)}{2 \cdot (2.500) - 2480} = 79.365 \text{ mV}$$

$$\underbrace{E_1 - E_2}_{\text{voltaje de salida}} = 5 \text{ V} - 79.365 \text{ mV} = 4.92 \text{ V}$$

Para 95°C

$$\Delta R = R - R_{\text{sen}} = 2.5k - 2.5k = 0$$

$$E_2 = \frac{E(R - \Delta R)}{2R - \Delta R} = \frac{10(2.500 - 0)}{5000 - 0} = 5V$$

$$E_1 - E_2 = 5V - 5V = 0 \text{ voltaje de salida}$$

Por lo tanto el rango de operación del voltaje de salida es de 0 volts a 4.92 volts

2. Calcular voltaje de salida para $T = 48.6^\circ C$

1. ΔR

$$\Delta R = R - R_{\text{sen}} = 2.500 - 1060.6 = 1439.4$$

$$1.1 \text{ Calcular } R_{\text{sen}} \quad R_{\text{sen}} = (31)T - 445$$

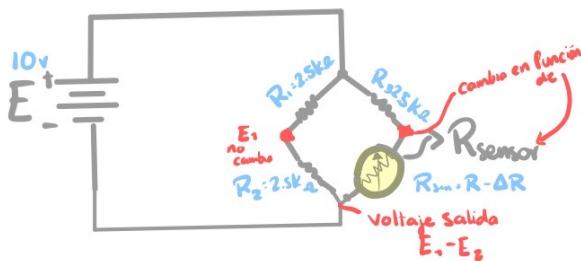
$$R_{\text{sen}} = 31 \cdot 48.6 - 445 = 1060.6 \Omega$$

2. E_2

$$E_2 = \frac{E(R - \Delta R)}{2R - \Delta R} = \frac{10(2.500 - 1439.4)}{5000 - 1439.4} = 2.97V$$

3. Voltaje salida

$$E_1 - E_2 = 5V - 2.97V = 2.03V$$



Ejercicio 2

Diseña el CAS para el siguiente sensor:

5°C a 105°C

5kΩ a 1kΩ

emplear una fuente $E = 12V$

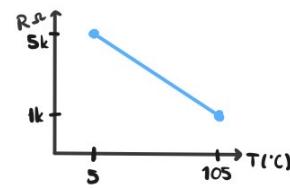
Calcular el voltaje de salida para las temperaturas siguientes:

a) $T = 65^\circ C$

b) $T = 86^\circ C$

c) $T = 102^\circ C$

1. Gráfica



2. Pendiente

$$y = mx + b \Rightarrow R_{\text{sen}} = mT + b$$

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{1000 - 5000}{105 - 5} = \frac{-4000}{100} = -40$$

$$R_{\text{sen}} = -40T + b$$

$$b = R_{\text{sen}} + 40T \quad \text{y sacamos promedio de ambos puntos}$$

Pt. 1

$$b = 5000 + 40(5) = 5.2k$$

$$\therefore b = 5.200$$

$$R_{\text{sen}} = -40T + 5.2k$$

$$I = \frac{E}{R} \quad \text{determinar que valor usar si max}$$

Para $R = 1K\Omega$

$$I = \frac{12}{1k} = 12mA$$

R será calibrado con $R = 5k\Omega$

$$\text{Para } R = 5k\Omega \quad I = \frac{12}{5k} = 2.4mA$$

4. Cálculo I

$I \leq 10mA$ acuerdo clasic

5. Punto de calibración

5.1 Calcular ΔR $\Delta R = R - R_{\text{sen}}$

5.2 Calcular R_{sen} a partir de ec. $R_{\text{sen}} = -40T + 5.2k$

$$E_1 = \frac{E}{2} = 6V \quad E_2 = \frac{E(R - \Delta R)}{2R - \Delta R}$$

Para 5°C

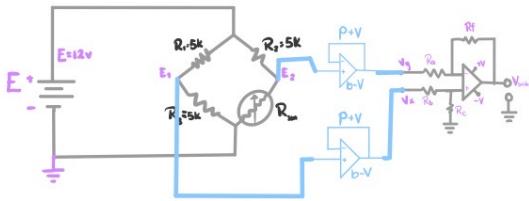
$$\Delta R = R - R_{\text{sen}} = 5k - 5k = 0 \rightarrow E_2 = \frac{12(5k - 0)}{2.5k - 0} = 6V$$

Para 105°C

$$\Delta R = R - R_{\text{sen}} = 5k - 1k = 4k \rightarrow E_2 = \frac{12(5k - 4k)}{2.5k - 4k} = \frac{12k}{6k} = 2V$$

$\therefore E_1 - E_2$ rango de 0V a 4V

6. E_1 y E_2 valores



Como no se puede automatizar la resta tenemos que utilizar un complemento "amplificador" para este caso usaremos el abridor para aplicar la resta.

Amplificador

El voltaje de salida

$$V_{\text{salida}} = \frac{R_f}{R_a} (V_x - V_y)$$

Para que esto funcione $R_a = R_b$

$$A_v = \frac{V_{\text{salida}}}{V_x - V_y} = \frac{R_f}{R_a}$$

Usaremos un seguidor voltaje (amplificador)

R_f toma valores de entre 3 k Ω a 100 k Ω , para que el abridor funcione bien

$$V_{\text{salida}} = \frac{R_f}{R_a} = (E_1 - E_2)$$

$$\text{ganancia unitaria } A_v = \frac{V_{\text{salida}}}{E_1 - E_2} = \frac{R_f}{R_a}$$

Es valor propuesto en el dato

$$A_v = 1 = (R_f = R_a) / (R_f = R_a = 10k\Omega)$$

Para 65°C

$$R_{\text{sen}} = -40T + 5.2k \rightarrow R_{\text{sen}} = -40 \cdot 65 + 5.2k \rightarrow 2,600\Omega$$

$$\Delta R = R - R_{\text{sen}} = 5k - 2.6k \rightarrow 2.4k\Omega$$

$$E_1 = 6v$$

$$E_2 = \frac{E(R - \Delta R)}{2R - \Delta R} \rightarrow E_2 = \frac{12(5k - 2.4k)}{2.5k - 2.4k} = 4.105v$$

$$E_1 - E_2 = 6v - 4.105v = 1.895v$$

$$V_{\text{salida}} = A_v(E_1 - E_2) = 1(1.895) = 1.895v$$

$$V_{\text{salida}} = 1.895v$$

Para 86°C

$$R_{\text{sen}} = -40T + 5.2k \rightarrow R_{\text{sen}} = -40 \cdot 86 + 5.2k \rightarrow 1760\Omega$$

$$\Delta R = R - R_{\text{sen}} = 5k - 1760 \rightarrow 3240\Omega$$

$$E_1 = 6v$$

$$E_2 = \frac{E(R - \Delta R)}{2R - \Delta R} \rightarrow E_2 = \frac{12(5k - 3240)}{2.5k - 3240} = 3.124v$$

$$E_1 - E_2 = 6v - 3.124v = 2.876v$$

$$V_{\text{salida}} = A_v(E_1 - E_2) = 1(2.876) = 2.876v$$

$$V_{\text{salida}} = 2.876v$$

Para 102°C

$$R_{\text{sen}} = -40T + 5.2k \rightarrow R_{\text{sen}} = -40 \cdot 102 + 5.2k \rightarrow 1120\Omega$$

$$\Delta R = R - R_{\text{sen}} = 5k - 1120 \rightarrow 3880\Omega$$

$$E_1 = 6v$$

$$E_2 = \frac{E(R - \Delta R)}{2R - \Delta R} \rightarrow E_2 = \frac{12(5k - 3880)}{2.5k - 3880} = 2.19v$$

$$E_1 - E_2 = 6v - 2.19v = 3.81v$$

$$V_{\text{salida}} = A_v(E_1 - E_2) = 1(3.81) = 3.81v$$

$$V_{\text{salida}} = 3.81v$$

Ejercicio 3

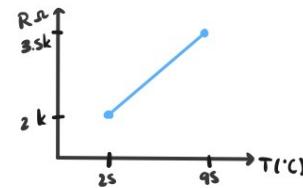
Diseño el CAS para el sensor siguiente

25°C a 95°C

2k Ω a 3.5k Ω

Emplear una fuente de voltaje $E = 6v$, el voltaje de salida debe entregarse en el rango de 0 a 5v. Con el circuito completo calcular el V_{salida} para los siguientes valores de temperatura

a) 26.45°C b) 48.96°C c) 91.73°C



1. Gráfica

2. Pendiente

$$Y = mx + b \Rightarrow R_{\text{sen}} = mT + b$$

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{3.5k - 2k}{95 - 25} = \frac{1500}{70} = 21.428$$

$$R_{\text{sen}} = 21.4T + b$$

3. Encontrar b

$b = R_{\text{sen}} - 21.4T$ y sacamos promedio de ambos puntos

Pt. 1

$$b = 2000 - 21.4 \cdot 25 = 1464.3$$

Pt. 2

$$b = 3.5k - 21.4 \cdot 95 = 1464.3$$

$$\therefore b = 1464.32$$

$$R_{\text{sen}} = 21.4T + 1464.32$$

4. Cálculo I

$$I \leq 10mA \text{ acuerdo a la clase}$$

$$I = \frac{E}{R} \text{, determinar que valor usar si max}$$

Para $R = 2k\Omega$

$$I = \frac{6v}{2k\Omega} = 3mA$$

Para $R = 3.5k\Omega$

$$I = \frac{6v}{3.5k\Omega} = 1.714mA$$

Podemos observar que ambas cumplen con el límite establecido el criterio de elección será el que involucre menor corriente $\therefore 1.714mA$ para este ejercicio usaremos la resistencia de valor mínimo

R será calibrado con $R = 2k\Omega$

$R_1 = R_2 = R_3 = R = 2k\Omega$ si R tomo el min entonces es +AR

$$R_{\text{sen}} = R + \Delta R$$

$$\Delta R = R_{\text{sen}} - R$$

$$E_1 = \frac{E}{2} = 3v \quad E_2 = \frac{E(R + \Delta R)}{2R + \Delta R}$$

Para este ejercicio cabe destacar que necesitamos saber si amplificamos la señal o atenuamos para que entre en el rango dado.

$$\text{Para } 25^\circ C \rightarrow \Delta R = R - R_{\text{sen}} = 2k - 2k = 0 \rightarrow E_2 = \frac{6(2k+0)}{2(2k+0)} = 3v$$

Tenemos que determinar el sentido de la resta $E_1 - E_2$ o $E_2 - E_1$ de forma que nos de valor +. En este caso $E_1 = 3v$ y $E_2 = 3v \rightarrow$ no sabemos que opción tomar entonces hacemos:

$$\text{Para } 95^\circ C \rightarrow \Delta R = R - R_{\text{sen}} = 3.5k - 2k = 1.5k \rightarrow E_2 = \frac{6(2k+1.5k)}{2(2k+1.5k)} = 3.818v$$

$$\therefore E_2 - E_1 = 3.818 - 3 = 0.818v$$

En un rango de 0v a 0.818 del V_{salida} del puente

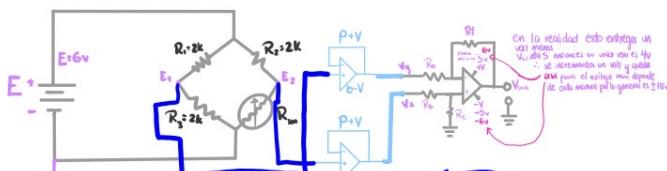
6. E_1 y E_2 valores

5. Punto de calibración

Retomando

$$\therefore E_2 - E_1 = 3.818 - 3 = 0.818 \text{ V}$$

En un rango de 0V a 0.818 del V_{sal} del puente como en el problema nos dice su rango de 0 a 5V tenemos que amplificar la señal.



Las conexiones de E_2 y E_1 cambian y ahora quedan así

Para los incisos a-b-c necesitamos calcular la ganancia del cto. sumador o restador, la expresión matemática que usaremos es

$$V_{\text{salida}} = \frac{R_f}{R_a} = (E_2 - E_1)$$

$$\text{ganancia } A_v = \frac{V_{\text{sal}}}{E_2 - E_1} = \frac{R_f}{R_a}$$

Usamos la expresión que involucra los valores de voltaje

el V_{sal} no tiene valor fijo pero si un rango

0 a 5V

$E_2 - E_1$ no tiene valor fijo su rango es

0 a 0.818V

Para cuando sucede que no tenemos valores fijos se utiliza el alcance: hace referencia a la utilización de un valor fijo calculado a partir del rango que se encuentra trabajando 0 a 5V.

$$V_{\text{sal}} = V_{\text{max}} - V_{\text{min}} = 5 - 0 = 5 \text{ V}$$

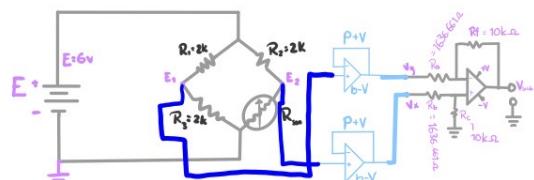
$$E_2 - E_1 = 0.818 - 0 = 0.818 \text{ V}$$

Sustituimos valores en la ecuación

$$A_v = \frac{V_{\text{sal}}}{E_2 - E_1} = \frac{5}{0.818} = 6.11 \quad \begin{matrix} \rightarrow \text{cuantas veces} \\ \text{se tiene que amplificar} \\ \text{el voltaje de salida} \end{matrix}$$

$$6.11 = \frac{R_f}{R_a} \rightarrow R_a = \frac{R_f}{6.11} = \text{Proporcionamos} \quad \begin{matrix} R_f \\ \text{un valor } R_f \\ = \frac{10 \text{ k}\Omega}{6.11} = 1.636.661 \text{ }\Omega \end{matrix}$$

Rf conviene usar (3.3kΩ a 100kΩ)



7. V_{sal} para valores iniciales

Para 25°C

$$V_{\text{sal}} = A_v (E_2 - E_1)$$

$$V_{\text{sal}} = 6.11 (0) = 0 \text{ V}$$

Para 95°C

Cumplimos con el rango pedido

$$V_{\text{sal}} = 6.11 (0.818) \approx 5 \text{ V}$$

8. Pasamos a los incisos

Para a) 26.45°C

$$R_{\text{sen}} = 21428 (26.45) + 1464.32 = 2031.09 \Omega$$

$$\Delta R = R_{\text{sen}} - R = 2031.09 - 2000 = 31.09 \Omega$$

$$E_2 = \frac{6(2000 + 31.09)}{2(2k + 31.09)} = 3.023 \text{ V}$$

$$E_2 - E_1 = 3.023 - 3 \text{ V} = 0.023 \text{ V}$$

$$V_{\text{sal}} = A_v (E_2 - E_1) = 6.11 (0.023) = 0.1405 \text{ V}$$

$$V_{\text{sal}} = 0.14 \text{ V}$$

Para b) 48.96 °C

$$R_{\text{sen}} = 21428 (48.96) + 1464.32 = 2513.43 \Omega$$

$$\Delta R = R_{\text{sen}} - R = 2513.43 - 2000 = 513.43 \Omega$$

$$E_2 = \frac{6(2000 + 513.43)}{2(2k + 513.43)} = 3.3412 \text{ V}$$

$$E_2 - E_1 = 3.3412 - 3 \text{ V} = 0.3412 \text{ V}$$

$$V_{\text{sal}} = A_v (E_2 - E_1) = 6.11 (0.3412) = 2.084 \text{ V}$$

$$V_{\text{sal}} = 2.084 \text{ V}$$

Para c) 91.73 °C

$$R_{\text{sen}} = 21428 (91.73) + 1464.32 = 3429.91 \Omega$$

$$\Delta R = R_{\text{sen}} - R = 3429.91 - 2000 = 1429.91 \Omega$$

$$E_2 = \frac{6(2000 + 1429.91)}{2(2k + 1429.91)} = 3.79 \text{ V}$$

$$E_2 - E_1 = 3.79 - 3 \text{ V} = 0.79 \text{ V}$$

$$V_{\text{sal}} = A_v (E_2 - E_1) = 6.11 (0.79) = 4.826 \text{ V}$$

$$V_{\text{sal}} = 4.826 \text{ V}$$

Es conveniente ordenar los resultados en una tabla

| T.C | R_{sen} | ΔR | E_1 | E_2 | $E_2 - E_1$ | V_{salida} |
|---------|------------------|------------|-------|---------|-------------|---------------------|
| 25°C | 2000 | 0 | 3V | 3.818V | 0.818V | 0.1405V |
| 48.96°C | 2513.43 | 513.43 | 3V | 3.3412V | 0.3412V | 2.084V |
| 91.73°C | 3429.91 | 1429.91 | 3V | 3.79V | 0.79V | 4.826V |

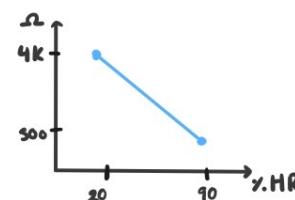
Ejercicio 4

Porcentaje de humedad relativa

Diseño de CAS para el siguiente sensor

20% H.R. a 90% H.R. cl 100% sería una alberca
4kΩ a 500Ω

Emplear una fuente E=15V. El V_{sal} debe trabajar en el rango de 0 a 2.5V. Con el Cto completo calcular el V_{sal} para cada valor de %HR siguiente:
a) 23.8% HR b) 47.6% HR c) 85.2% HR



1. Gráfica

2. Pendiente

$$y = mx + b \Rightarrow R_{\text{sen}} = m(\%) + b$$

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{500 - 4000}{90 - 20} = \frac{-3500}{70} = -50$$

$$R_{\text{sen}} = -50(\%) + b$$

3. Encontrar b

$b = R_{sen} - 50(\text{HR})$ y sacamos promedio de ambos puntos

Pt. 1

$$b = 4k - (-50)(20) = 5k \quad | \quad \text{Pt. 2}$$

$$\therefore b = 5000$$

$$R_{sen} = -50(\text{HR}) + 5k$$

$I = \frac{E}{R}$, determinar que valor usar si max

Para $R = 800\Omega$

$$I = \frac{15}{800} = 30\text{mA}$$

Para $R = 4k\Omega$

$$I = \frac{15}{4k} = 3.75\text{mA}$$

R será calibrado con $R = 4k\Omega$

4. Cálculo I

$I \leq 10\text{mA}$ acuerdo clase

5. Punto de calibración

6. E_1 y E_2 valores

Para 20% HR

$$\Delta R = R - R_{sen} = 4k - 4k = 0 \rightarrow E_2 = \frac{15(4k - 0)}{2 \cdot 4k - 0} = 7.5\text{V}$$

Para 90% HR

$$\Delta R = R - R_{sen} = 4k - 800 = 3.5k \rightarrow E_2 = \frac{15(4k - 3.5k)}{2 \cdot 4k - 3.5k} = \frac{5}{9} = 0.556\text{V}$$

$\therefore E_1 - E_2$ rango de 0v. a 5.83v

$$R_{sen} = R - \Delta R$$

$$\Delta R = R - R_{sen}$$

$$E_1 = \frac{E}{2} = 7.5\text{V} \quad y \quad E_2 = \frac{E(R - \Delta R)}{2R - \Delta R}$$

Tenemos que extender el valor de voltaje

Análisis

Para los incisos a-b-c necesitamos calcular la ganancia del cto. sustractor, la expresión matemática que usaremos es

$$V_{\text{Salida}} = \frac{R_f}{R_a} = (E_1 - E_2)$$

$$V_{\text{Salida}_{\text{extreme}}} = V_{\text{Max}} - V_{\text{Min}} = 2.5\text{V} - 0\text{V} = 2.5\text{V}$$

$$E_1 - E_2 = 7.5\text{V} - 1.666\text{V} = 5.834\text{V}$$

Sustituimos valores en la ecuación

$$A_V = \frac{V_{\text{Sal}}}{E_1 - E_2} = \frac{2.5\text{V}}{5.834\text{V}} = 0.428 \rightarrow \text{cuantas veces se tiene que extender el voltaje de salida}$$

$$0.428 = \frac{R_f}{R_a} \xrightarrow{\text{Ponemos un valor } R_f} R_a = \frac{R_f}{0.428} = \frac{3.3k\Omega}{0.428} = 7710.28\Omega$$

$$R_a = R_b = 7710.28\Omega \quad R_f = R_c = 3.3k\Omega$$

Para 20% HR

$$V_{\text{Sal}} = A_V(E_1 - E_2)$$

$$V_{\text{Sal}} = 0.428(0) = 0\text{V}$$

Para 90% HR

Cumplimos con el rango pedido

$$V_{\text{Sal}} = 0.428(5.834) \approx 2.5\text{V}$$

8. V_{Sal} para valores iniciales

9. Pasamos a los incisos

Para a) 23.8% H.R.

$$R_{sen} = -50(23.8) + 5k = 3810\Omega$$

$$\Delta R = R - R_{sen} = 4k - 3810 = 190\Omega$$

$$E_2 = \frac{15(4k - 190)}{2(4k - 190)} = 7.317\text{V}$$

$$E_1 - E_2 = 7.5 - 7.317 = 0.183\text{V}$$

$$V_{\text{Sal}} = A_X(E_2 - E_1) = 0.428(0.183) = 78.324\text{mV}$$

$$V_{\text{Sal}} = 78.324\text{mV}$$

Para b) 47.6% H.R.

$$R_{sen} = -50(47.6) + 5k = 2620\Omega$$

$$\Delta R = R - R_{sen} = 4k - 2620 = 1380\Omega$$

$$E_2 = \frac{15(4k - 1380)}{2(4k - 1380)} = 5.93\text{V}$$

$$E_1 - E_2 = 7.5 - 5.93 = 1.563\text{V}$$

$$V_{\text{Sal}} = A_X(E_2 - E_1) = 0.428(1.563) = 0.6691\text{V}$$

$$V_{\text{Sal}} = 0.6691\text{V}$$

Para c) 85.2% H.R.

$$R_{sen} = -50(85.2) + 5k = 740\Omega$$

$$\Delta R = R - R_{sen} = 4k - 740 = 3260\Omega$$

$$E_2 = \frac{15(4k - 3260)}{2(4k - 3260)} = 2.34\text{V}$$

$$E_1 - E_2 = 7.5 - 2.34 = 5.158\text{V}$$

$$V_{\text{Sal}} = A_X(E_2 - E_1) = 0.428(5.158) = 2.207\text{V}$$

$$V_{\text{Sal}} = 2.207\text{V}$$

Tabla de resultados

| %-HR | R_{sen} | ΔR | E_1 | E_2 | $E_1 - E_2$ | V_{Salida} |
|------|-----------|------------|-------|-------|-------------|---------------------|
| 20 | 4k | 0 | 7.5 | 7.5 | 0 | 0 |
| 90 | 500 | 3.5k | 7.5 | 1.666 | 5.834 | 2.5 |
| 23.8 | 3810 | 190 | 7.5 | 7.317 | 0.183 | 78.3m |
| 47.6 | 2620 | 1380 | 7.5 | 5.93 | 1.563 | 0.6691 |
| 85.2 | 740 | 3260 | 7.5 | 2.34 | 5.158 | 2.207 |

Sensor *G*enerador

Se le llama termopar por el fenómeno Seebeck, en la vida real tenemos 2 terminales gracias a la unión de diferentes materiales, sirve para medir valores de temperatura altas que oscilan entre

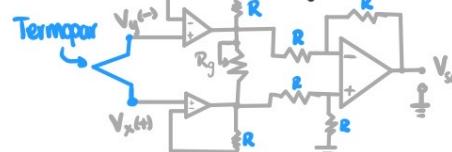
500°C - 40mV

1000°C - 150mV

Unión caliente



Se representa con el siguiente circuito:



Y es llamado amplificador de instrumentación los valores de resistencia tienen el mismo valor excepto 1.

$$V_{\text{Sal}} = \left(1 + \frac{2R}{R_g}\right)(V_x - V_y)$$

Conviene tener en cuenta que el resultado es el mismo que el de la página anterior

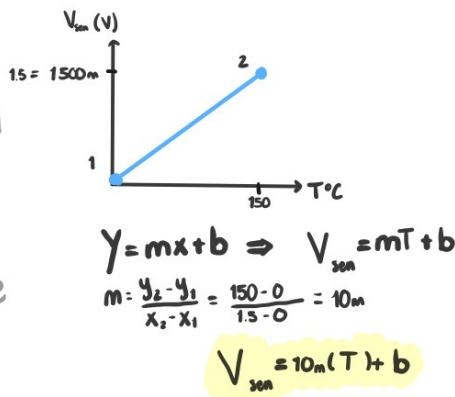
V_{sen} 0°C a 150°C
 0V a 1.500mV
 rangos de operación

La diferencia de este dispositivo es que el LM35 sí necesita energizarse y el termopar no (como todos los sensores generadores).

Para LM35 por cada 1°C el voltaje cambia a 10mV
 Si 25°C \Rightarrow 250mV

Ejercicio 1

Diseñar el CAS para el LM35. El voltaje de salida debe estar en un rango de 0v a 4.5v. Con el circuito completo calcular el V_{salida} para los siguientes valores de temp.
 a) 19.8°C b) 76.3°C c) 114.5°C



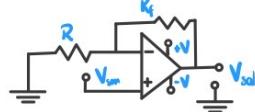
1. Gráfica

2. Pendiente

3. Encontrar b

4. Atenuar o Amplificar

5. Puntos a,b,c



$$A_v = \frac{V_{sal}}{V_{sen}} = \frac{R_f}{R} = 3$$

$$R = \frac{R_f}{A_v - 1} = \frac{4.7k\Omega}{3 - 1} = 2.35k\Omega$$

$$A_v = \frac{V_{sal}}{V_{sen}} = \frac{R_f}{R} = 1$$

Para 0°C

$$V_{sen} = (10m)T = (10m)(0) = 0V$$

$$V_{sal} = A_v(V_{sen}) = 3(0) = 0V$$

Para 150°C

$$V_{sen} = (10m)T = 10m(150) = 1.5V$$

$$V_{sal} \cdot A_v(V_{sen}) = 3(1.5) = 4.5V$$

Para 19.8°C

$$V_{sen} = (10m)T = 10m(19.8) = 0.198V$$

$$V_{sal} = A_v(V_{sen}) = 3(0.198) = 0.594V$$

Para 76.3°C

$$V_{sen} = (10m)T = 10m(76.3) = 0.763V$$

$$V_{sal} = A_v(V_{sen}) = 3(0.763) = 2.289V$$

Para 114.5

$$V_{sen} = (10m)T = 10m(114.5) = 1.145V$$

$$V_{sal} = A_v(V_{sen}) = 3(1.145) = 3.435V$$

Ejercicio 2

Implementando un sensor con las características siguientes 0v a 6v. Diseñar el CAS para que entregue un voltaje de salida en el rango de 0v a 3.5v. Con el circuito completo calcular V_{sal} a partir de los siguientes:

- a) 1.18v b) 2.93 v c) 5.87v

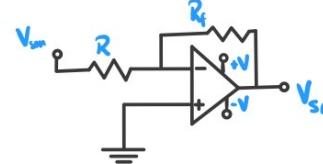
Como nota, no sabemos qué sensor es, ni si hay un circuito de acondicionamiento por lo que haremos lo que viene a continuación

$$V_{sen} = 0v \text{ a } 6v \quad V_{sal} = 0v \text{ a } 3.5v$$

$$V_{sen(\text{alcance})} = 6 - 0 = 6v \quad V_{sal(\text{alcance})} = 3.5 - 0 = 3.5v$$

$$A_v = \frac{V_{sal}}{V_{sen}} = \frac{3.5v}{6v} = 0.58333$$

Como A_v es menor a 1 no lo podemos utilizar por lo que recurriremos a un amplificador inversor



$$V_{si} = \frac{R_f}{R} (V_{sen})$$

para obtener el V_{sal} tenemos que implementar otra parte y ahora sí tener V_{sal} .

$$A_{Vi} = \frac{V_{Si}}{V_{sen}} = \frac{Rf_1}{R_i} \Rightarrow R_i = \frac{Rf_1}{A_{Vi}}$$

$$R_i = \frac{15k\Omega}{583.33m} \xrightarrow{\text{propuesto}} 25714.43\Omega$$

Para $V_{sen} = 0V$

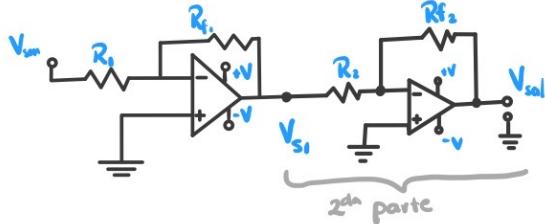
$$V_{Si} = -A_{Vi}(V_{sen}) = -583.33m(0)$$

$$V_{Si} = 0V$$

Para $V_{sen} = 6V$

$$V_{Si} = -A_{Vi}(V_{sen}) = -583.33m(6)$$

$$V_{Si} = -3.499V \approx -3.5V$$



$$V_{sal} = -\frac{Rf_2}{R_2}(V_{Si}) \quad \text{ahora calcularemos la ganancia para 2da parte.}$$

$$A_{Vi_2} = \frac{V_{sal}}{V_{Si}} = 1 \xrightarrow{\text{entonces}} Rf_2 = R_2$$

$$Rf_2 = R_2 = 15k\Omega \xrightarrow{\text{propuesto}}$$

Para $V_{sen} = 0V$

$$V_{sal} = -A_{Vi_2}(V_{Si}) = -1(0) = 0V$$

Para $V_{sen} = 6V$

$$V_{sal} = -A_{Vi_2}(V_{Si}) = -1(-3.5) = 3.5V$$

Para los incisos a-b-c hacemos

a) $V_{sen} = 1.18V$

$$V_{Si} = -A_{Vi}(V_{sen})$$

$$V_{Si} = -0.5833(1.18) = -0.688V$$

$$V_{sal} = -A_{Vi_2}(V_{Si})$$

$$V_{sal} = -1(-0.688) = 0.688V$$

a) $V_{sen} = 2.93V$

$$V_{Si} = -A_{Vi}(V_{sen})$$

$$V_{Si} = -0.5833(2.93) = -1.709V$$

$$V_{sal} = -A_{Vi_2}(V_{Si})$$

$$V_{sal} = -1(-1.709) = 1.709V$$

a) $V_{sen} = 5.87V$

$$V_{Si} = -A_{Vi}(V_{sen})$$

$$V_{Si} = -0.5833(5.87) = -3.42V$$

$$V_{sal} = -A_{Vi_2}(V_{Si})$$

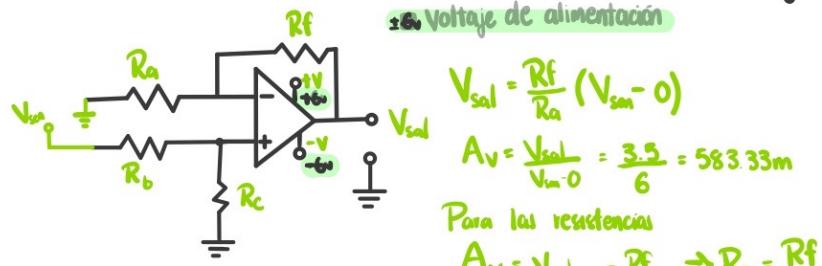
$$V_{sal} = -1(-3.42) = 3.423V$$

Tabla

| V_{sen} (V) | V_{Si} (V) | V_{sal} (V) |
|------------------|-----------------|------------------|
| 0 | 0 | 0 |
| 6 | -3.5 | 3.5 |
| 1.18 | -0.688 | 0.688 |
| 2.93 | -1.709 | 1.709 |
| 5.87 | -3.42 | 3.42 |

Otra forma de saber un diseño CAS sería la siguiente:

• Voltaje de alimentación



$$R_f = 5.6k\Omega \rightarrow \text{propuesto}$$

$$R_a = \frac{5.6k}{583.33m} = 9600.054\Omega$$

$$R_f = R_c$$

$$R_a = R_b$$

con este circuito substractor se simplifica el cálculo, vaciando tabla

| V_{sen} (V) | V_{sal} (V) |
|------------------|------------------|
| 0 | 0 |
| 6 | 3.5 |
| 1.18 | 0.688 |
| 2.93 | 1.709 |
| 5.87 | 3.423 |

Para $V_{sen} = 0V$

$$V_{sal} = AV(V_{sen}-0) = 583.33m \cdot 0 = 0V$$

Para $V_{sen} = 6V$

$$V_{sal} = 583.33m(6-0) = 3.499 \approx 3.5V$$

Para $V_{sen} = 1.18V$

$$V_{sal} = 583.33m(1.18-0) = 0.688V$$

Para $V_{sen} = 2.93V$

$$V_{sal} = 583.33m(2.93-0) = 1.709V$$

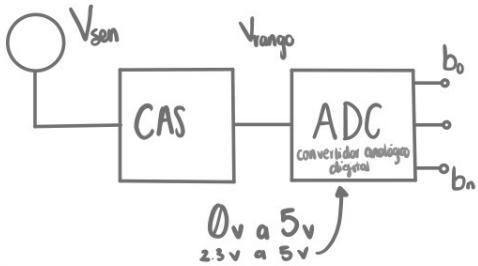
Para $V_{sen} = 5.87V$

$$V_{sal} = 583.33m(5.87-0) = 3.423V$$

Efecto Seebeck



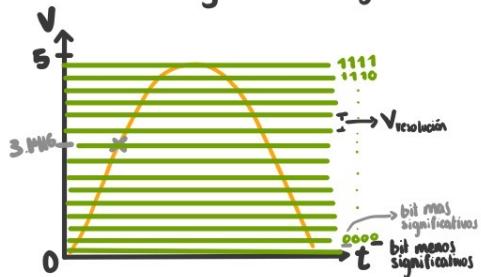
Es la transformación directa del calor en una tensión cuando se calienta la unión entre dos metales distintos en otras palabras es la conversión de la diferencia de temperatura a voltaje eléctrico; el cual fue descubierto por Thomas Johann Seebeck en 1821.



número de bits = 4
posibles combinaciones 16
 2^n

| | | | |
|------|------|------|------|
| 0000 | 0100 | 1000 | 1100 |
| 0001 | 0101 | 1001 | 1101 |
| 0010 | 0110 | 1010 | 1110 |
| 0011 | 0111 | 1011 | 1111 |

Por lo que el convertidor analógico digital nos dará datos de tamaño 4, entonces la tarea es encontrar el valor de bits dado la magnitud analógica



3.1416 → está en el rango de 1010 solo si hay una correcta proporción entre valores. (método gráfico)

Método matemático

| V_{dec} | Combinación binaria | $V_{analógicos}$ |
|-----------|---------------------|--|
| 0 | 0000 | 0 |
| 1 | 0001 | 0.333 → comb. bin = $\frac{V_{analógico}}{V_{resolución}}$ |
| 2 | 0010 | 0.666 |
| 3 | 0011 | 0.999 |
| 4 | 0100 | 1.333 |
| 5 | 0101 | 1.666 |
| 6 | 0110 | 1.999 |
| 7 | 0111 | 2.333 |
| 8 | 1000 | 2.666 |
| 9 | 1001 | 2.999 |
| 10 | 1010 | 3.333 → ya tengo un error! acarreo 1 error, estos son valores aproximados |
| 11 | 1011 | 3.666 |
| 12 | 1100 | 3.999 |
| 13 | 1101 | 4.333 |
| 14 | 1110 | 4.666 |
| 15 | 1111 | 4.999 |

1. División de 0 a 5V
x combinación binaria $\frac{V_{rango}}{2^n - 1} = \frac{5}{15} = 0.333 \text{ V/div}$

comb. bin = $\frac{V_{analógico}}{V_{resolución}} = \frac{3.1416}{0.333} = 9.43$ → el valor será 1001₁₀
tomar entre aunque el decimal sea .9999

2. Calcular el valor analógico a partir comb. binaria $V_a = \text{comb. bin.} \times V_{resolución} = 9 \times 0.333 \approx 2.999$
que no es cercano a 3.1416 para mejorarlo se usan 4 bits

bits = 8 → comb. bin $2^8 = 256$

1. División de 0 a 5V
x combinación binaria $\frac{V_{rango}}{2^n - 1} = \frac{5}{255} = 0.0196 \text{ V/div}$

comb. bin = $\frac{V_{analógico}}{V_{resolución}} = \frac{3.1416}{0.0196} = 160.22$ → el valor será 10000000₂
tomar entre aunque el decimal sea .9999

2. Calcular el valor analógico a partir comb. binaria

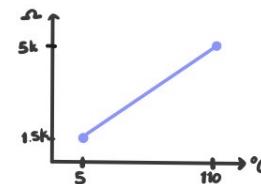
$V_a = \text{comb. bin.} \times V_{resolución} = 160 \times 19.6 \text{ mV} \approx 3.136$
ahora mejora mucho. 3.136 es mas cercano al original 3.1416

Diseño el CAS para el sensor siguiente:
5°C a 110°C
1.5kΩ a 5kΩ

Emplear una fuente E = 12vcc. El CAS debe entregar el voltaje a un ADC que trabaja en el rango de 0V a 3.5V
Con el circuito completo calcular la combinación binaria para los siguientes valores de temperatura:

a) 9.33°C b) 67.45°C c) 103.82°C

1. Gráfica



2. Pendiente

$$Y = mx + b \Rightarrow R_{sun} = m(T) + b$$

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{5k - 1.5k}{110 - 5} = \frac{3.5k}{105} = 33.333$$

$$R_{sun} = 33.33T + b$$

3. Encontrar b

$$b = R_{sun} - 33.33T$$

$$\begin{aligned} &Pt. 1 \\ &b = 1.5k - 33.33(5) = 1333.335 \quad | \quad Pt. 2 \\ &b = 5k - 33.33(110) = 1333.337 \\ &\therefore b = \frac{1333.335 + 1333.337}{2} = 1333.332 \end{aligned}$$

$$R_{sun} = 33.33T + 1333.332$$

4. Encontrar I

$$\begin{aligned} &Pt. 1 \quad I = \frac{12}{1.5k} = 8mA \\ &I = \frac{12}{5k} = 2.4mA \quad | \quad Pt. 2 \\ &\text{ejemplo ilustrativo} \end{aligned}$$

5. Calibración

$$\begin{aligned} R_1 &= R_2 = R_3 = R = 1.5k\Omega \quad R_{sun} = R + \Delta R \\ E_1 &= \frac{12}{2} \quad E_2 = \frac{E(R + \Delta R)}{2R + \Delta R} \\ E_1 &= 6V \end{aligned}$$

Para 5°C

$$\Delta R = R_{sun} - R = 1.5k - 1.5k = 0 \Rightarrow \frac{12(1.5k + 0)}{3k + 0} = 6V$$

Para 110°C

$$\Delta R = R_{sun} - R = 5k - 1.5k = 3.5k \Rightarrow \frac{12(1.5k + 3.5k)}{3k + 3.5k} = 9.23V$$

$$6V - 6V = 0V \quad 9.23 - 6V = 3.23V$$

6. E_1 y E_2 valores

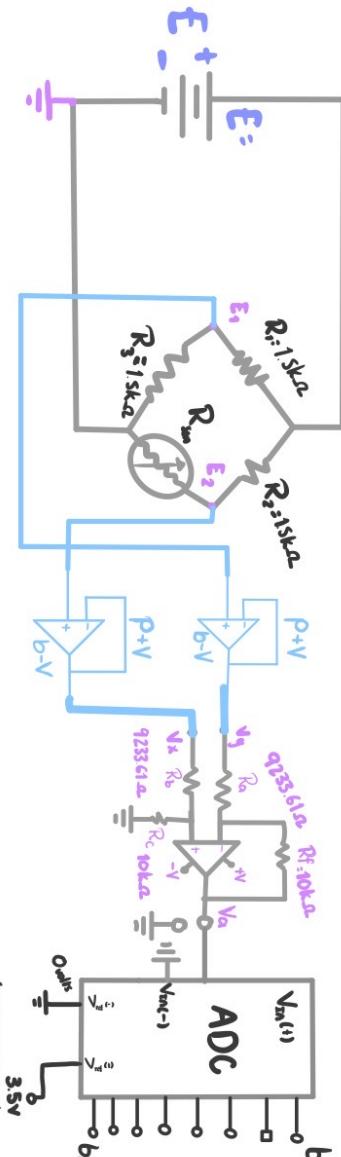
$$E_2 - E_1 \text{ en un rango de } 0V \text{ a } 3.23V$$

$$A_V = \frac{V_a}{E_2 - E_1} = \frac{3.5}{3.23} = 1.083$$

$$V_{sd} = \frac{R_f}{R_a} (E_2 - E_1)$$

$$A_V = 1.083 = \frac{R_f}{R_a} \rightarrow 10k\Omega$$

$$R_a = \frac{R_f}{A_V} = \frac{10k}{1.083} = 9233.61 \Omega$$



1. La cantidad de bits de ADC depende del alcance y se agregan terminales

2. ADC necesita energizarse $V_{in(+)}$

3. Tiene 2 terminales para indicar rango de operación

7. Cálculo de comb binaria

$$\text{comb. bin.} = \frac{V_a}{V_{\text{resolución}}} \quad V_{\text{resolución}} = \frac{V_{\text{rango}}}{2^{\text{n}} - 1}$$

$$V_{\text{rango}} = V_{\text{ref}(+)} - V_{\text{ref}(-)} \\ 3.5 - 0 = 3.5V$$

$$V_{\text{resolución}} = \frac{3.5V}{2^n - 1} = \frac{3.5}{511} = 6.849 \text{ mV/dív}$$

$$\text{comb. bin.} = \frac{V_a - V_{\text{ref}(-)}}{V_{\text{resolución}}}$$

8. Para $T = 5^\circ\text{C}$

$$\text{comb. bin.} = \frac{V_a}{V_{\text{ref}}} = \frac{A_V(E_2 - E_1)}{V_{\text{ref}}} = \frac{1.083(0)}{6.849} = 0 \rightarrow 0-0$$

$$\text{comb. bin.} = 00000000_{(2)}$$

$$\text{comb. bin.} = \frac{V_a}{V_{\text{ref}}} = \frac{1.083(3.23V)}{6.849 \text{ mV/dív}} = \frac{3.498V}{6.849} = \frac{3.5 - 0}{6.849 \text{ mV/dív}} = 51102$$

$$\text{comb. bin.} = 11111111_{(2)}$$

| T_C | R_{sen} | ΔR | E_1 | E_2 | $E_2 - E_1$ | V_a | comb bin | b ₆ | b ₅ | b ₄ | b ₃ | b ₂ | b ₁ | b ₀ |
|--------|------------------|------------|-------|-------|-------------|-------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 5 | 1.5k | 0 | 6 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 110 | 5k | 3.5k | 6 | 9.23 | 3.23 | 3.5 | S11 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 9.33 | 1644.348 | 1044.348 | 6 | 6.275 | 0.275 | 43 | 000101011 | | | | | | | |
| 77.45 | 394.76 | 144.575 | 6 | 8.675 | 2.675 | 43 | 110100111 | | | | | | | |
| 103.82 | 4793.67 | 3293.67 | 6 | 9.139 | 2.8978 | 423 | 111110000 | | | | | | | |

Para 9.33°C

$$R_{\text{sen}} = 33.33(9.33) + 1333.352$$

$$R_{\text{sen}} = 1644.348 \Omega$$

$$\Delta = R_{\text{sen}} - R = 1644.348 - 1.5k = 1444.348 \Omega$$

$$E_2 = \frac{E(R + \Delta R)}{2R + \Delta R} = \frac{12(1.5k + 1444.348)}{2(1.5k) + 1444.348} = 6.275 \text{ V}$$

$$V_a = A_V (E_2 - E_1) = 1.083 (0.275) = 0.297$$

$$\text{comb bin} = \frac{0.297 - 0}{6.849 \text{ m}} = 43.36$$

$$4.33$$

Para 77.45°C

$$R_{\text{sen}} = 33.33(77.45) + 1333.352$$

$$R_{\text{sen}} = 394.76 \Omega$$

$$\Delta = R_{\text{sen}} - R = 394.76 - 1.5k = 244.76 \Omega$$

$$E_2 = \frac{E(R + \Delta R)}{2R + \Delta R} = \frac{12(1.5k + 244.76)}{2(1.5k) + 244.76} = 8.675 \text{ V}$$

$$V_a = A_V (E_2 - E_1) = 1.083 (2.675) = 2.8978$$

$$\text{comb bin} = \frac{2.8978 - 0}{6.849 \text{ m}} = 423.09$$

Para 103.82°C

$$R_{\text{sen}} = 33.33(103.82) + 1333.352$$

$$R_{\text{sen}} = 4793.67 \Omega$$

$$\Delta = R_{\text{sen}} - R = 4793.67 - 1.5k = 3293.67 \Omega$$

$$E_2 = \frac{E(R + \Delta R)}{2R + \Delta R} = \frac{12(1.5k + 3293.67)}{2(1.5k) + 3293.67} = 9.139 \text{ V}$$

$$V_a = A_V (E_2 - E_1) = 1.083 (3.139) = 3.40$$

$$\text{comb bin} = \frac{3.40 - 0}{6.849 \text{ m}} = 496.51$$

D

Diseño el CAS para el sensor siguiente:

25°C a 180°C
2 kΩ a 5.5 kΩ

Emplear una fuente $E = 12$ voltios. El CAS debe entregar el voltaje a un ADC que trabaja en el rango de 2v a 5v y es de 8 bits.

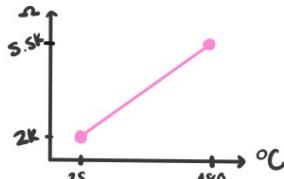
Con el circuito completo calcular la temperatura para las siguientes combinaciones binarias

a) 00011011₍₂₎ b) 00111001₍₂₎ c) 11001100₍₂₎

2₇

5₇

204



1. Gráfica

2. Pendiente

$$Y = mx + b \Rightarrow R_{\text{sen}} = m(T) + b$$

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{5.5k - 2k}{180 - 25} = \frac{3.5k}{155} = 22.58$$

$$R_{\text{sen}} = 22.58(T) + b$$

3. Encontrar b

$$b = R_{25} - 22.58(25)$$

$$\text{Pt. 1}$$

$$b = 2k - 22.58(25) = 1435.5 \quad \left| \begin{array}{l} b = 5.5k - 22.58(180) = 1435.6 \\ \therefore b = 1435.55 \end{array} \right.$$

$$R_{\text{sen}} = 22.58(T) + 1435.55$$

4. Encontrar I

$$\text{Pt. 1} \quad I = \frac{12}{2k} = 6 \text{ mA}$$

$$\text{Pt. 2} \quad I = \frac{12}{5.5k} = 2.18 \text{ mA}$$

5. Calibración

$$R_1 = R_2 = R_3 = R = 2 \text{ k}\Omega$$

$$E_1 = \frac{12}{2} \quad E_2 = \frac{E(R + \Delta R)}{2R + \Delta R}$$

$$E_1 = 6 \text{ V}$$

Para 25°C

$$\Delta R = R_{\text{sen}} - R = 2k - 2k = 0 \Rightarrow \frac{12(2k+0)}{2(2k)+0} = 6 \text{ V}$$

Para 180°C

$$\Delta R = R_{\text{sen}} - R = 5.5k - 2k = 3.5k \Rightarrow \frac{12(2k+3.5k)}{2(2k)+3.5k} = 8.8 \text{ V}$$

$$6 \text{ V} - 6 \text{ V} = 0 \text{ V} \quad 8.8 \text{ V} - 6 \text{ V} = 2.8 \text{ V}$$

$$E_2 - E_1 \text{ en un rango de } 0 \text{ V a } 2.8 \text{ V}$$

6. E_1 y E_2 valores

$$A_V = \frac{V_a}{E_2 - E_1} = \frac{3 \text{ V}}{2.8 \text{ V}} = 1.071$$

$$V_{\text{sal}} = \frac{R_f}{R_a} (E_2 - E_1)$$

$$A_V = 1.071 = \frac{R_f}{R_a} \rightarrow 10 \text{ k}\Omega$$

$$R_a = \frac{R_f}{A_V} = \frac{10 \text{ k}}{1.071} = 9333.333 \text{ }\Omega$$

range que piden

$$V_{\text{salida}} = 5 \text{ V} - 2 \text{ V} = 3 \text{ V}$$

$$(E_2 - E_1)_{\text{balance}} = 2.8 \text{ V} - 0 = 2.8 \text{ V}$$

Por la conexión del ckt. tenemos que hacer:

25°C

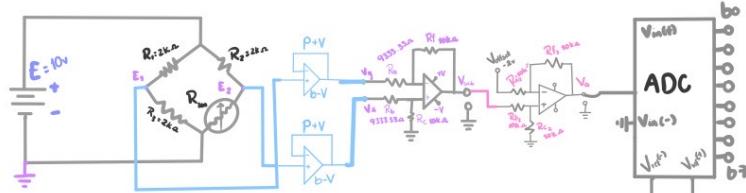
$$V_{\text{sal}} = A_V(E_2 - E_1) = 1.071(0) = 0 \text{ V}$$

180°C

$$V_{\text{sal}} = A_V(E_2 - E_1) = 1.071(2.8) = 2.998 \approx 3 \text{ V}$$

| Voltset | Va |
|--------------|------------|
| 5v - 2v = 3v | 0 + 2 = 2v |
| 3v - 0 = 3v | 3 + 2 = 5v |

$$V_a = A_V (V_{\text{sal}} - [-2 \text{ V}]) \quad R_f = R_{e2} = R_{a2} = R_b2 = 10 \text{ k}\Omega$$



$$V_{\text{resolución}} = \frac{V_{\text{rango}}}{2^N - 1} = \frac{5 - 2}{2^8 - 1} = \frac{3}{255} = 11.764 \text{ mV/dio}$$

Para 25°C

$$\text{Comb. bin} = \frac{V_a - V_{\text{ref}(t)}}{V_{\text{resolución}}} = \frac{2 - 2}{11.764 \text{ mV}} = 0$$

Para 180°C

$$\text{Comb. bin} = \frac{5 - 2}{11.764 \text{ mV}} = 255$$

| T°C | R_{sen} | ΔR | E_1 | E_2 | $E_2 - E_1$ | V_{sal} | V_a | comb. bin | b ₇ | b ₆ | b ₅ | b ₄ | b ₃ | b ₂ | b ₁ | b ₀ |
|-------|------------------|------------|----------|----------|-------------|------------------|-------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 25 | 2k | 0 | 6 | 6 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 180 | 5.5k | 3.5k | 6 | 8.8V | 2.8V | 3 | 5 | 255 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 34.15 | 2206.936 | 2083.36 | 6 | 6.25 | 0.25 | 2.39 | 27 | 00011011 | | | | | | | | |
| 45.63 | 2465.97 | 2465.97 | 6 | 6.660 | 0.260 | 2.39 | 27 | 00011001 | | | | | | | | |
| 53.53 | 4382.978 | 2342.978 | 6 | 6.240 | 0.670 | 2.670 | 51 | 00111001 | | | | | | | | |
| | | | 2206.936 | 2342.978 | 2.240 | 2.399 | 204 | 11001100 | | | | | | | | |

c) 11001100₍₂₎
204

$$V_a = \text{comb. bin} * V_{\text{resolución}} + V_{\text{ref}(t)}$$

$$V_a = (204)(11.764 \text{ mV}) + 2 = 4.399$$

$$V_a = A_V (V_{\text{sal}} - [-2]) \Rightarrow V_{\text{sal}} = 2.399 \text{ V}$$

$$V_{\text{sal}} = A_V (E_2 - E_1) = 1.071(E_2 - E_1) = 2.240 \text{ V}$$

$$E_2 - E_1 = 2.240 \Rightarrow E_2 = 2.240 + 2.240 = 4.480 \text{ V}$$

$$E_2 = \frac{E(R + \Delta R)}{2R + \Delta R} \Rightarrow \Delta R = \frac{(2R + \Delta R)E_2 - E(R + \Delta R)}{2R}$$

$$(2R + \Delta R)E_2 = ER + \Delta RE$$

$$2RE_2 + \Delta RE = ER + \Delta RE$$

$$2RE_2 = ER \Rightarrow E = 2R \Rightarrow E = 2R \cdot \frac{4.480}{4.480} = 2R$$

$$R_{\text{sen}} = 2k + 2382.978 \cdot \frac{4.480}{4.480} = 4382.978 \text{ }\Omega$$

$$R_{\text{sen}} = 4382.978$$

$$T = \frac{4382.978 - 1435.55}{22.58} = 130.53^\circ \text{C}$$

b) 00111001₍₂₎
57

$$V_a = \text{comb. bin} * V_{\text{resolución}} + V_{\text{ref}(t)}$$

$$V_a = (57)(11.764 \text{ mV}) + 2 = 2.670$$

$$V_a = A_V (V_{\text{sal}} - [-2]) \Rightarrow V_{\text{sal}} = 2.670 \text{ V}$$

$$V_{\text{sal}} = A_V (E_2 - E_1) = 1.071(E_2 - E_1) = 0.620 \text{ V}$$

$$\Rightarrow E_2 - E_1 = 0.620 \Rightarrow E_2 = 0.620 + 2.670 = 3.290 \text{ V}$$

$$E_2 = \frac{E(R + \Delta R)}{2R + \Delta R} \Rightarrow \Delta R = \frac{(2R + \Delta R)E_2 - E(R + \Delta R)}{2R}$$

$$(2R + \Delta R)E_2 = ER + \Delta RE$$

$$2RE_2 + \Delta RE = ER + \Delta RE$$

$$2RE_2 = ER \Rightarrow E = 2R \Rightarrow E = 2R \cdot \frac{3.290}{3.290} = 2R$$

$$R_{\text{sen}} = 2k + 2382.978 \cdot \frac{3.290}{3.290} = 4382.978 \text{ }\Omega$$

$$R_{\text{sen}} = 4382.978$$

$$T = \frac{2465.978 - 1435.55}{22.58} = 45.63$$

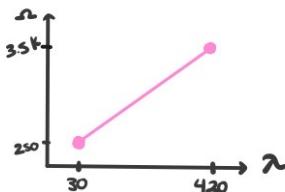
Diseño el CAS para el sensor siguiente:

$$30\lambda \text{ a } 420\lambda \\ 250\Omega \text{ a } 3.5k\Omega$$

Emplear una fuente $E = 15$ voltios. El CAS debe entregar el voltaje a un ADC que trabaja en el rango de 15v a 5v y es de 8 bits.

Con el circuito completo calcular el flujo luminoso para las siguientes combinaciones binarias

$$\text{a) } 00011100_{(2)} \quad \text{b) } 00111100_{(2)} \quad \text{c) } 11110001_{(2)}$$



1. Gráfica

2. Pendiente

$$Y = mx + b \Rightarrow R_{\text{sen}} = m(\lambda) + b$$

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{3.5k - 250}{420 - 30} = \frac{3250}{390} = 8.333$$

$$R_{\text{sen}} = 8.333(\lambda) + b$$

$$b = R_{\text{sen}} - 8.333(30)$$

Pt. 1

$$b = 250 - 8.38(30) = 0.01 \quad | \quad \text{Pt. 2} \\ b = 3.5k - 8.38(420) = 0.14 \\ \therefore b = 0.075$$

$$R_{\text{sen}} = 8.333(\lambda) + 0.075$$

4. Encontrar I

$$\text{Pt. 1} \quad I = \frac{15}{250} = 60\text{mA}$$

$$\text{Pt. 2} \quad I = \frac{15}{3.5k} = 4.29\text{mA}$$

5. Calibración

$$R_1 = R_2 = R_3 = R = 35k\Omega \quad R_{\text{sen}} = R - \Delta R$$

$$E_1 = \frac{15}{2} \quad E_2 = \frac{E(R - \Delta R)}{2R - \Delta R} \\ E_1 = 7.5V$$

Para 30 λ

$$\Delta R = R - R_{\text{sen}} = 3.5k - 250 = 0 \Rightarrow \frac{15(3.5k - 250)}{2(3.5k) - 5250} = 1V$$

Para 420 λ

$$\Delta R = R - R_{\text{sen}} = 3.5k - 3.5k = 0 \Rightarrow \frac{15(3.5k - 0)}{2(3.5k) - 0} = 7.5V$$

$$7.5V - 7.5V = 0V \quad 7.5V - 1V = 6.5V$$

$E_1 - E_2$ en un rango de 0V a 6.5V

6. E_1 y E_2 valores

$$A_V = \frac{V_o}{E_1 - E_2} = \frac{3.5V}{6.5V} = 0.538$$

rango que piden

$$V_{\text{salida}} = 5V - 1.5V = 3.5V$$

$$(E_1 - E_2)_{\text{alcance}} = 6.5V - 0V = 6.5V$$

$$V_{\text{sal}} = \frac{R_f}{R_a} (E_1 - E_2)$$

$$A_V = 0.538 = \frac{R_f}{R_a} \rightarrow 15k\Omega$$

$$R_a = \frac{R_f}{A_V} = \frac{15k}{0.538} = 27.981k\Omega$$

Por la conexión del ckt. tenemos que hacer:

30 λ

$$V_{\text{sal}} = A_V(E_1 - E_2) = 0.538(6.5V) = 3.497V \approx 3.5V$$

420 λ

$$V_{\text{sal}} = A_V(E_1 - E_2) = 0.538(0V) = 0V$$

30 λ

$$V_{\text{sal}} = A_V(E_1 - E_2) = 0.538(6.5V) = 3.5V$$

$$V_{\text{sal}} = A_V(E_1 - E_2) = 0.538(0V) = 0V$$

420 λ

$$V_a = A_{V_2}(V_{\text{sal}} - [-1.5V]) \quad R_{f2} = R_{e2} = R_{a2} = R_{b2} = 15k\Omega$$

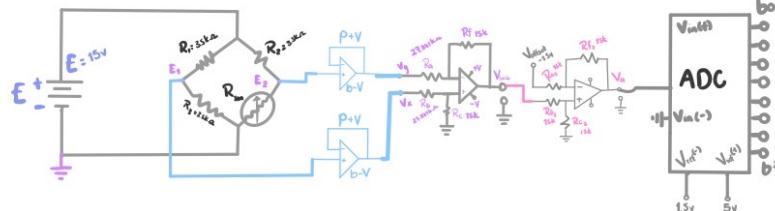
$$V_{\text{resolución}} = \frac{V_{\text{range}}}{2^N - 1} = \frac{5V - 1.5V}{2^8 - 1} = \frac{3.5V}{255} = 13.725mV/\text{div}$$

Para 30 λ $V_a = 1(3.5V + 1.5V)$

$$\text{Comb. bin.} = \frac{V_a - V_{\text{ref}(t)}}{V_{\text{resolución}}} = \frac{5V - 1.5V}{13.725mV} = 255$$

Para 420 λ

$$\text{Comb. bin.} = \frac{5V - 5V}{13.725mV} = 0$$



| λ | R_{sen} | ΔR | E_1 | E_2 | $E_1 - E_2$ | V_{sal} | Comb. bin | b |
|-----------|------------------|------------|-------|-------|-------------|------------------|-----------|----------|
| 30 | 250 | 3200 | 7.5 | 1 | 6.5 | 3.5V | 1111111 | 0 |
| 420 | 3500 | 0 | 7.5 | 7.5 | 0 | 0V | 0000000 | 0 |
| | | | | | | | | |
| 347.081 | 2892.3V | 607.6V | 7.5 | 6.783 | 0.713 | 0.384V | 28 | 00011100 |
| 273.616 | 2315.9V | 1186.0V | 7.5 | 5.97 | 1.53V | 1.854V | 60 | 00111100 |
| 41.666 | 347.282 | 3132.7V | 7.5 | 1.354 | 6.116V | 6.480V | 241 | 11110001 |

a) $00011100_{(2)}$

$$V_a = \text{comb. bin} * V_{\text{resolución}} + V_{\text{ref}(t)}$$

$$V_a = (20)(13.725mV) + 1.5V = 1.3449V$$

$$V_a = A_{V_2}(V_{\text{sal}} - [-1.5V]) \triangleright V_{\text{sal}} = 0.394V$$

$$V_{\text{sal}} = A_V(E_1 - E_2) \triangleright A_V = 0.538(E_1 - E_2) = 0.713V$$

$$E_1 - E_2 = 0.713 \triangleright E_1 = 7.5 - 0.713 = 6.787$$

$$E_2 = \frac{E(R - \Delta R)}{2R - \Delta R} \triangleright \Delta R = 15(V) - 2(3.5k) = 15(V) - 7k = 8k$$

$$\Delta R = \frac{15(V) - 7k}{15(V) - 8k} = 2k$$

$$\Delta R = 607.6V \approx 607.6V$$

$$R_{\text{sen}} = 35k - 607.6V = 35k - 607.6V = 2992.3V$$

$$R_{\text{sen}} = 2992.3V - 0.713V = 2991.587V$$

$$R_{\text{sen}} = 2991.587V / 1.3449V = 2.253$$

$$R_{\text{sen}} = 2.253 * 15(V) = 33.8V$$

$$R_{\text{sen}} = 33.8V / 1.3449V = 25.23V$$

$$R_{\text{sen}} = 25.23V / 1.3449V = 18.6V$$

$$R_{\text{sen}} = 18.6V / 1.3449V = 13.725mV$$

$$R_{\text{sen}} = 13.725mV / 1.3449V = 10.23V$$

$$R_{\text{sen}} = 10.23V / 1.3449V = 7.5V$$

$$R_{\text{sen}} = 7.5V / 1.3449V = 5.61V$$

$$R_{\text{sen}} = 5.61V / 1.3449V = 4.166V$$

$$R_{\text{sen}} = 4.166V / 1.3449V = 3.094V$$

$$R_{\text{sen}} = 3.094V / 1.3449V = 2.315.9V$$

$$R_{\text{sen}} = 2.315.9V / 1.3449V = 1.75V$$

$$R_{\text{sen}} = 1.75V / 1.3449V = 1.25V$$

$$R_{\text{sen}} = 1.25V / 1.3449V = 0.93V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.93V / 1.3449V = 0.713V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.713V / 1.3449V = 0.538V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.538V / 1.3449V = 0.4V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.4V / 1.3449V = 0.3V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.3V / 1.3449V = 0.2V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.2V / 1.3449V = 0.15V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.15V / 1.3449V = 0.1V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.1V / 1.3449V = 0.075V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.075V / 1.3449V = 0.05V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.05V / 1.3449V = 0.03V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.03V / 1.3449V = 0.02V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.02V / 1.3449V = 0.01V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.01V / 1.3449V = 0.0075V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.0075V / 1.3449V = 0.005V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.005V / 1.3449V = 0.003V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.003V / 1.3449V = 0.002V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.002V / 1.3449V = 0.001V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.001V / 1.3449V = 0.00075V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.00075V / 1.3449V = 0.0005V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.0005V / 1.3449V = 0.0003V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.0003V / 1.3449V = 0.0002V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.0002V / 1.3449V = 0.0001V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.0001V / 1.3449V = 0.000075V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.000075V / 1.3449V = 0.00005V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.00005V / 1.3449V = 0.00003V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.00003V / 1.3449V = 0.00002V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.00002V / 1.3449V = 0.00001V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.00001V / 1.3449V = 0.0000075V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.0000075V / 1.3449V = 0.000005V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.000005V / 1.3449V = 0.000003V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.000003V / 1.3449V = 0.000002V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.000002V / 1.3449V = 0.000001V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.000001V / 1.3449V = 0.00000075V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.00000075V / 1.3449V = 0.0000005V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.0000005V / 1.3449V = 0.0000003V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.0000003V / 1.3449V = 0.0000002V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.0000002V / 1.3449V = 0.0000001V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.0000001V / 1.3449V = 0.000000075V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.000000075V / 1.3449V = 0.00000005V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.00000005V / 1.3449V = 0.00000003V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.00000003V / 1.3449V = 0.00000002V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.00000002V / 1.3449V = 0.00000001V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.00000001V / 1.3449V = 0.0000000075V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.0000000075V / 1.3449V = 0.000000005V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.000000005V / 1.3449V = 0.000000003V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.000000003V / 1.3449V = 0.000000002V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.000000002V / 1.3449V = 0.000000001V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.000000001V / 1.3449V = 0.00000000075V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.00000000075V / 1.3449V = 0.0000000005V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.0000000005V / 1.3449V = 0.0000000003V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.0000000003V / 1.3449V = 0.0000000002V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.0000000002V / 1.3449V = 0.0000000001V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.0000000001V / 1.3449V = 0.000000000075V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.000000000075V / 1.3449V = 0.00000000005V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.00000000005V / 1.3449V = 0.00000000003V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.00000000003V / 1.3449V = 0.00000000002V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.00000000002V / 1.3449V = 0.00000000001V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.00000000001V / 1.3449V = 0.0000000000075V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.0000000000075V / 1.3449V = 0.000000000005V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.000000000005V / 1.3449V = 0.000000000003V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.000000000003V / 1.3449V = 0.000000000002V$$

$$R_{\text{sen}} = 0.000000000002V / 1.3449V = 0.000000000001$$

D

Diseño el CAS para el sensor siguiente:

30°C a 180°C

2.6v a 4v

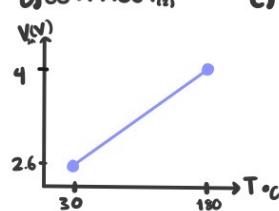
El CAS debe entregar a un ADC de 9 bits, que tiene un rango de operación 1v a 5v. Con el circuito completo calcular el valor de temperatura para las siguientes combinaciones binarias

a) 000011101₍₁₀₎

b) 001111001₍₁₀₎

c) 111110001₍₁₀₎

1. Gráfica



$$Y = mx + b \Rightarrow V_{\text{sen}} = m(T) + b$$

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{4 - 2.6}{180 - 30} = \frac{1.4}{150} = 9.333 \text{ m}$$

$$V_{\text{sen}} = .009333(T) + b$$

$$b = V_{\text{sen}} - .009333(T)$$

Pt. 1

$$b = 2.6 - .009333(30) = 2.32 \quad | \quad \text{Pt. 2}$$

$$b = 4 - .009333(180) = 2.32$$

$$\therefore b = 2.32$$

$$V_{\text{sen}} = .009333(T) + 2.32$$

$$V_{\text{sal (calcu)}} = 4 - 2.6 = 1.4 \text{ v}$$

$$V_{\text{sal (alcu)}} = 5 - 1 = 4 \text{ v}$$

$$A_V = \frac{V_{\text{sal}}}{V_{\text{sen}}} = \frac{4}{1.4} = 2.857$$

$$V_{A_1} = \left(\frac{R_f}{R} + 1 \right) V_{\text{sen}} \quad [\text{amplificador no inversor}]$$

$$A_{V_{A_1}} = 2.857 = \frac{R_f}{R} + 1 \rightarrow 6.8 \text{ k}\Omega$$

$$R = \frac{R_f}{A_{V_{A_1}} - 1} = \frac{6.8 \text{ k}\Omega}{2.857 - 1} = 3.661 \text{ k}\Omega$$

$$V_{A_1} = A_{V_{A_1}} - V_{\text{sen}}$$

Para 30°C

$$V_{A_1} = (2.857) 2.6 \text{ v} = 7.428 \text{ v}$$

Para 180°C

$$V_{A_1} = (2.857) 4 \text{ v} = 11.428 \text{ v}$$

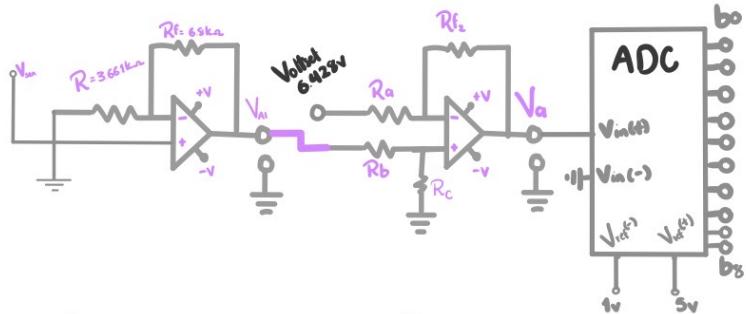
$$V_{A_1(\text{alcu})} = 11.428 - 7.428 = 4 \text{ v}$$

$$\text{Voltaje} = 7.428 - 1 \text{ v} = 6.428$$

que cae dentro del rango

$$V_a = \frac{R_f}{R_a} (V_{A_1} - 6.428) \quad A_{V_2} = 1$$

$$R_f = R_c = R_a = R_b = 6.8 \text{ k}\Omega$$



Para 30°C

$$V_a = A_{V_2} (V_{A_1} - 6.428)$$

$$V_a = 1(7.428 - 6.428) = 1 \text{ v}$$

Para 180°C

$$V_a = A_{V_2} (V_{A_1} - 6.428)$$

$$V_a = 1(11.428 - 6.428) = 5 \text{ v}$$

$$\sqrt{\text{resolución}} = \frac{\text{Vrango}}{2^N - 1} = \frac{5 - 1}{2^9 - 1} = \frac{4}{511}$$

$$\sqrt{\text{resolución}} = 7.827 \text{ mV/dm}$$

$$\text{comb. bin} = \frac{V_a - V_{\text{ref}(2)}}{\sqrt{\text{resolución}}}$$

Para 30°C

$$\text{comb. bin} = \frac{1 - 1}{7.827 \text{ m}} = 0$$

Para 180°C

$$\text{comb. bin} = \frac{5 - 1}{7.827 \text{ m}} = 511$$

| T °C | V _{SEN} V _{A1} V _a | comb. bin. dec | b b b b b b b b b |
|--------|---|----------------|-------------------|
| 30 | 2.6 7.428 1 | 0 | 0 0 0 0 0 0 0 0 0 |
| 180 | 4 11.428 4 | 511 | 1 1 1 1 1 1 1 1 1 |
| 38.66 | 2.679 7.654 1.226 | 29 | 0 0 0 0 1 1 1 0 1 |
| 65.46 | 2.937 8.375 1.947 | 121 | 0 0 1 1 1 0 0 1 |
| 173.87 | 2.937 8.375 1.947 | 121 | 1 1 1 1 1 0 0 0 1 |
| 3.961 | 8.375 1.947 4.89 | 493 | |
| 17.318 | 8.375 1.947 4.89 | 493 | |

a) 000011101₍₁₀₎

$$V_a = (\text{comb. bin})(V_{\text{ref}(2)}) + V_{\text{ref}(2)}$$

$$V_a = 29(7.827 \text{ m}) + 1 = 1.226 \text{ v}$$

$$V_{A_1} = \frac{V_a}{A_{V_2}} = \frac{1.226}{1} = 6.428 = 7.651 \text{ v}$$

$$V_{A_1} = A_{V_{A_1}} (V_{A_1}) > V_{\text{sen}} = \frac{V_{A_1}}{A_{V_{A_1}}} = \frac{7.651}{2.857} = 2.679 \text{ v}$$

$$T = \frac{V_a - 2.32}{q \cdot 355} = 38.645^\circ \text{C}$$

b) 001111001₍₁₀₎

$$V_a = (\text{comb. bin})(V_{\text{ref}(2)}) + V_{\text{ref}(2)}$$

$$V_a = 121(7.827 \text{ m}) + 1 = 1.497 \text{ v}$$

$$V_{A_1} = \frac{V_a}{A_{V_2}} = \frac{1.497}{1} = 6.428 = 8.375 \text{ v}$$

$$V_{A_1} = A_{V_{A_1}} (V_{A_1}) > V_{\text{sen}} = \frac{V_{A_1}}{A_{V_{A_1}}} = \frac{8.375}{2.857} = 2.937 \text{ v}$$

$$T = \frac{V_a - 2.32}{q \cdot 355} = 65.466^\circ \text{C}$$

c) 111110001₍₁₀₎

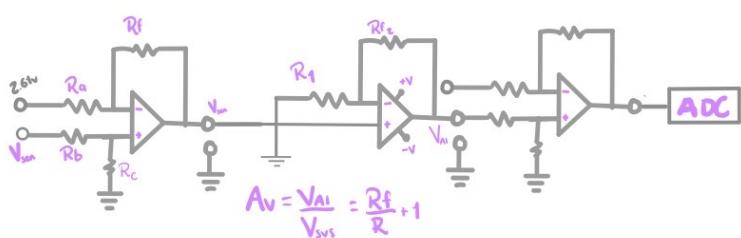
$$V_a = (\text{comb. bin})(V_{\text{ref}(2)}) + V_{\text{ref}(2)}$$

$$V_a = 493(7.827 \text{ m}) + 1 = 4.89 \text{ v}$$

$$V_{A_1} = \frac{V_a}{A_{V_2}} = \frac{4.89}{1} = 6.428 = 11.318 \text{ v}$$

$$V_{A_1} = A_{V_{A_1}} (V_{A_1}) > V_{\text{sen}} = \frac{V_{A_1}}{A_{V_{A_1}}} = \frac{11.318}{2.857} = 3.961 \text{ v}$$

$$T = \frac{V_a - 2.32}{q \cdot 355} = 173.87^\circ \text{C}$$



$$A_V = \frac{V_{A_1}}{V_{\text{sen}}} = \frac{R_f}{R} + 1$$

D

Diseño el CAS para el sensor siguiente:

25% H.R. a 90% H.R.

2V a 7V

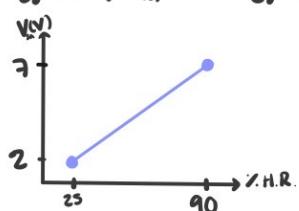
El CAS debe entregar a un ADC de 8 bits, que tiene un rango de operación 0v a 3.5v. Con el circuito completo calcular el % H.R. para las siguientes combinaciones binarias

a) 00011111₍₂₎

b) 00111100₍₂₎

c) 11110000₍₂₎

1. Gráfica



$$Y = mx + b \Rightarrow V_{\text{sen}} = m(\% \text{H.R.}) + b$$

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{7 - 2}{90 - 25} = 76.923 \text{ m}$$

$$V_{\text{sen}} = 76.923(\% \text{H.R.}) + b$$

$$b = V_{\text{sen}} - 76.923(\% \text{H.R.})$$

Pt. 1

$$b = 2 - 76.923(25) = 76.923 \text{ m} \quad \boxed{b = 7 - 76.923(90) = 76.923 \text{ m}}$$

$$\therefore b = 76.923 \text{ m}$$

$$V_{\text{sen}} = 76.923(\% \text{H.R.}) + 76.923 \text{ m}$$

$$V_{\text{balance}} = 3.5 \text{ v} - 0 \text{ v} = 3.5 \text{ v} \leftarrow \text{ADC}$$

$$V_{\text{SEN(balance)}} = 7 - 2 = 5 \text{ v} \leftarrow \text{sensor}$$

$$A_V = \frac{V_s}{V_{\text{SEN}}} = \frac{3.5}{5} = 0.7$$

$$V_i = -A_V (V_{\text{SEN}})$$

$$A_V = \frac{R_f}{R} = 0.7 \rightarrow R = \frac{R_f}{0.7} = \frac{10k}{0.7} = 14.285k\Omega$$

4. Ganancia

Para 25% H.R.

$$V_i = -(0.7)2 = -1.4 \text{ v}$$

Para 90% H.R.

$$V_i = -(0.7)7 = -4.9 \text{ v}$$

$$V_{\text{balance}} = (-4.9) - (-1.4) = -3.5 \text{ v}$$

$$V_a = A_V_s (-1.4 - V_i)$$

$$A_V_s = 1$$

$$V_{\text{resolución}} = \frac{V_{\text{range}}}{2^n - 1} = \frac{3.5 - 0}{2^8 - 1} = 13.725 \text{ mV/dia}$$

$$\text{Comb. bin.} = \frac{V_a - V_{\text{ref}}}{V_{\text{resolución}}}$$

Para 25% H.R.

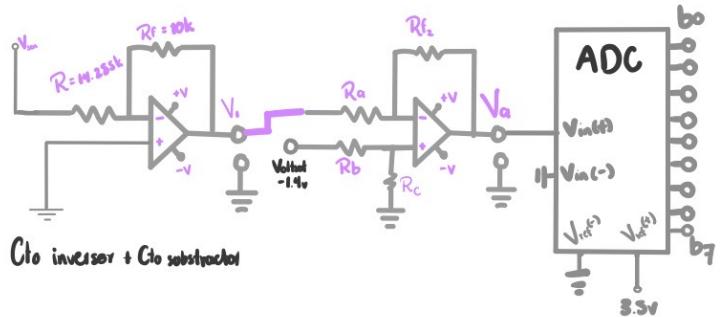
$$V_a = 1[-1.4 - (-1.4)] = 0 \text{ v}$$

$$\text{Comb. bin.} = \frac{0 - 0}{13.725 \text{ m}} = 0$$

Para 90% H.R.

$$V_a = 1[-1.4 - (-4.9)] = 3.5 \text{ v}$$

$$\text{Comb. bin.} = \frac{3.5 - 0}{13.725 \text{ m}} = 255$$



Cto. inversor + Cto. sustractor

x H.R. V_{SEN} V_i V_a comb. bin. dec. b b b b b b b b

% V V V V 7 6 5 4 3 2 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0

25 2 -1.4 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

90 7 -4.9 3.5 255 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

32.79 2.6v -1.825 0.425 31 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

9.70 0.8235 -0.5165 0.8235 60 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

86.17 6.7053 -4.644 3.244 240 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

$$V_a = \text{comb. bin.}(V_{\text{resolución}}) + V_{\text{ref}(-)}$$

$$V_a = 31(13.725 \text{ m}) + 0 = 0.425 \text{ v}$$

$$V_i = \frac{-V_a}{A_{V_s}} - 1.4 = -\frac{0.425}{0.7} - 1.4 = -1.825 \text{ v}$$

$$V_{\text{SEN}} = \frac{V_i}{A_V} = -\left(\frac{-1.825}{0.7}\right) = 2.6 \text{ v}$$

$$\% \text{H.R.} = \frac{V_{\text{SEN}} - 76.923 \text{ m}}{76.923 \text{ m}} = 32.79$$

$$V_a = \text{comb. bin.}(V_{\text{resolución}}) + V_{\text{ref}(-)}$$

$$V_a = 60(13.725 \text{ m}) + 0 = 0.8235 \text{ v}$$

$$V_i = \frac{-V_a}{A_{V_s}} - 1.4 = -\frac{0.8235}{0.7} - 1.4 = -0.5165 \text{ v}$$

$$V_{\text{SEN}} = \frac{V_i}{A_V} = -\left(\frac{-0.5165}{0.7}\right) = 0.8235 \text{ v}$$

$$\% \text{H.R.} = \frac{V_{\text{SEN}} - 76.923 \text{ m}}{76.923 \text{ m}} = 9.70$$

$$V_a = \text{comb. bin.}(V_{\text{resolución}}) + V_{\text{ref}(-)}$$

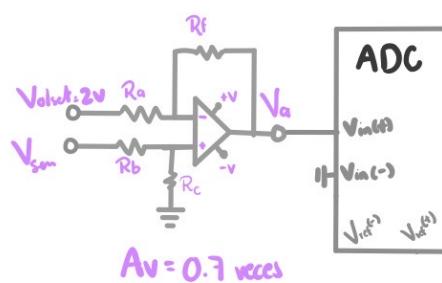
$$V_a = 240(13.725 \text{ m}) + 0 = 3.244 \text{ v}$$

$$V_i = \frac{-V_a}{A_{V_s}} - 1.4 = -\frac{3.244}{0.7} - 1.4 = -4.644 \text{ v}$$

$$V_{\text{SEN}} = \frac{V_i}{A_V} = -\left(\frac{-4.644}{0.7}\right) = 6.7053 \text{ v}$$

$$\% \text{H.R.} = \frac{V_{\text{SEN}} - 76.923 \text{ m}}{76.923 \text{ m}} = 86.17$$

d) camino mas corto usamos el cto. sustractor



$$A_V = 0.7 \text{ veces}$$

$$V_a = A_V (V_{\text{SEN}} - 2)$$

Para 25% H.R.

$$V_a = 0.7(2 - 2) = 0$$

$$V_a = 0.7(0) = 0$$

Para 90% H.R.

$$V_a = 0.7(7 - 2) = 3.5 \text{ v}$$

$$V_a = 3.5 \text{ v}$$

Diseño el CAS para un voltímetro que mida un voltaje de 0 a 65V

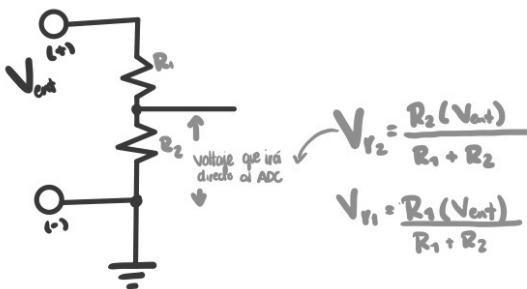
El CAS debe entregar a un ADC de 8 bits, que tiene un rango de operación 1v. a 5v. Con el circuito completo calcular el voltaje para las siguientes combinaciones binarias

a) 001100111 (11)
 b) 10011001 (11)
 c) 11100111 (11)

1. Establecemos entradas del voltímetro de corriente directa

$$\begin{matrix} O \\ \text{V}_{\text{entrada}} \\ 0V \text{ a } 65V \\ O \end{matrix}$$

2. Etapa de atenuación con divisor de voltaje



3. Calcular Voltaje para rango a medirse (0-65V) como el del ADC (1 a 5v)

$$\sqrt{\text{Entrada alcance}} = 65 - 0 = 65V \quad \sqrt{\text{ADC alcance}} = 5 - 1 = 4V$$

entonces:

$$V_{r2} = \frac{R_2(V_{\text{out}})}{R_1 + R_2} = 4V \quad V_{r1} = \frac{R_1(V_{\text{out}})}{R_1 + R_2} = 61V.$$

4. Calculamos el valor de R_1 y R_2

Sabemos que R_1 tendrá + valor resistivo

$$R_1 = \underbrace{R_2}_{\text{coeficiente dado}} \cdot \frac{R_2(V_{\text{out}})}{R_1 + R_2} = 4V \rightarrow R_1 = \frac{R_2(V_{\text{out}})}{V_{r2}} - R_2$$

$$R_1 = R_2 \left(\frac{V_{\text{out}}}{V_{r2}} - 1 \right) \rightarrow R_1 = \underbrace{R_2}_{\text{alcanz}} \left(\frac{65}{4} - 1 \right) \rightarrow R_1 = R_2 (15.25)$$

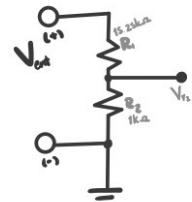
$$R_1 = 15.25 R_2$$

5. Calculamos corriente $I \leq 10mA$

$$I = \frac{V_{\text{out}}}{R_1 + R_2}, \text{ vamos a proponer que } R_2 = 1k\Omega \therefore R_1 = (15.25)(1k) = 15.25k\Omega$$

entonces $I = \frac{65}{15.25k + 1k} = 4mA \therefore$ si está bien lo propuesto

6. Amplificador operacional para el CAS



Para $V_{\text{out}} = 0V$

$$V_{r2} = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) (V_{\text{out}}) \quad V_{r2} = (61.538m)(0) = 0V$$

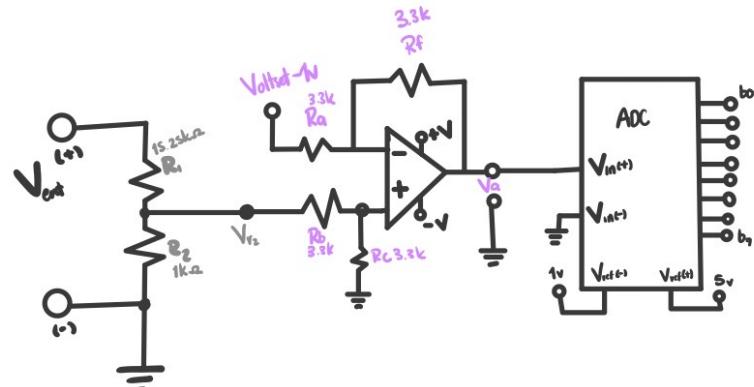
Para $V_{\text{out}} = 65V$

$$V_{r2} = (61.538m)(65) \approx 4V$$

$V_{\text{out}} = 0 \text{ a } 4V$, nos falta 1 unidad

$$V_a = Av(V_{r2} - [-1])$$

$$\begin{cases} Av=1 \\ R_1=R_2=R_a=R_b=3.3k\Omega \end{cases}$$



7. Calcular $V_{\text{resolución}} = \frac{V_{\text{rango}}}{2^n - 1} = \frac{5-1}{2^8 - 1} = 15.686 \text{ mV/div}$

$$\text{Comb. Bin} = \frac{V_a - V_{\text{ref}(1)}}{V_{\text{resolución}}}$$

Para $V_{\text{out}} = 0V$

$$V_a = Av(V_{r2} - [-1]) = 1(0 + 1) = 1V$$

$$\text{Comb. bin.} = \frac{1-1}{15.686m} = 0 \quad 00000000$$

Para $V_{\text{out}} = 65V$

$$V_a = Av(V_{r2} - [-1]) = 1(4 + 1) = 5V$$

$$\text{Comb. bin.} = \frac{5-1}{15.686m} = 255 \quad 11111111$$

| V_{out} | V_{r2} | V_a | Comb. bin. | b_7 | b_6 | b_5 | b_4 | b_3 | b_2 | b_1 | b_0 |
|------------------|----------|--------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0V | 0V | 1V | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 65V | 4V | 5V | 125 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 21.5V | 1.615V | 2.615V | 103 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |

Para 103

$$V_a = (\text{comb. bin})(V_{\text{resolución}}) + V_{\text{ref}} (-)$$

$$V_a = (103)(15.686m) + 1 = 2.615V$$

$$V_{r2} = \frac{V_a}{Av} - 1 = \frac{2.615}{1} - 1 = 1.615V$$

$$V_{\text{out}} = \frac{V_{r2}}{\left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right)} = \frac{1.615}{\frac{61.538m}{15.25}} = 26.243V$$