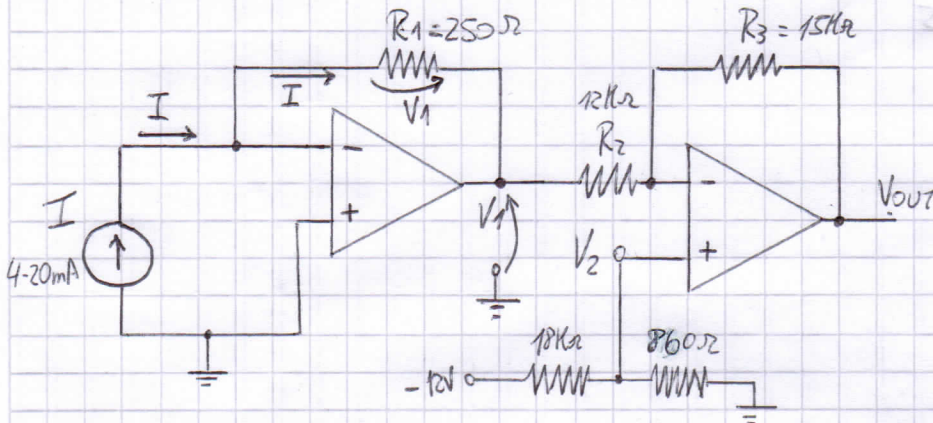


Módulo de entradas analógicas.

$$I_{in} = 4mA \text{ a } 20mA$$

$$4mA \rightarrow 0V$$

$$20mA \rightarrow 5V$$



Amplificador Operacional \Rightarrow LM324

\hookrightarrow Alimentación $\pm 12V$

$$V_1 = -I \cdot R_1$$

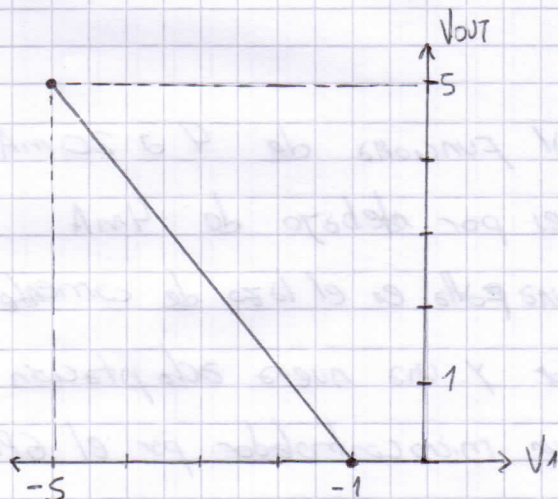
$$5V = -20mA \cdot R_1$$

$$R_1 = \frac{5V}{20mA}$$

$$R_1 = 250\Omega \rightarrow Tol \pm 0,1\%$$

$$V_1(4mA) = -4 \times 10^{-3} \cdot 250\Omega = -1V$$

$$V_1(20mA) = -20 \times 10^{-3} \cdot 250\Omega = -5V$$



$$V_{OUT} - 5 = \frac{5 - 0}{-5 + 1} (V_1 - (-5))$$

$$V_{OUT} - 5 = -1,25 (V_1 + 5)$$

$$V_{OUT} = -1,25 \cdot V_1 - 1,25$$

$$V_{OUT} = - (1,25 V_1 + 1,25)$$

$$V_{OUT} = - \frac{R_3}{R_2} V_1 + \frac{R_2 + R_3}{R_2} \cdot V_2$$

$$+1,25V_1 = + \frac{R_3}{R_2} V_1$$

$$R_2 = 12K\Omega$$

$$R_3 = 1,25 \times R_2$$

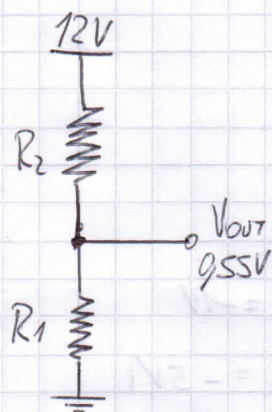
$$R_3 = 15K\Omega$$

$$\frac{R_2 + R_3}{R_2} \cdot V_2 = -1,25$$

$$2,25 \cdot V_2 = -1,25$$

$$V_2 = \frac{-1,25}{2,25}$$

$$V_2 = -0,55V$$



$$R_1 = 2700\Omega$$

$$I = \frac{0,55V}{2700\Omega} = 0,205mA$$

$$R_2 = \frac{12V - 0,55V}{0,205mA}$$

$$R_2 = 55620\Omega \approx 56K\Omega$$

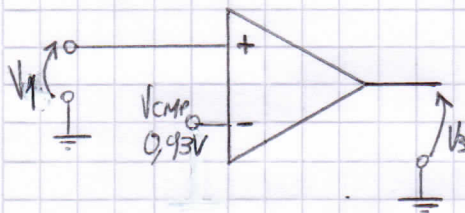
Se agrega un capacitor en paralelo a R_2 que actúa como filtro paso bajos. $\Rightarrow C = 1\mu F$

El circuito adaptador de señal funciona de 4 a 20mA entonces se debe detectar corrientes por debajo de 4mA (3,8mA aprox) para saber si hay una falla en el lazo de corriente.

Para esto se utilizará un comparador y una nueva adaptación de señal por que sea leída por un microcontrolador por el GPIO.

Es por esto que se optó por usar un microcontrolador en lugar de un ADC con comunicación I2C.

Comparador.



$$V_3 \begin{cases} +10,8V \rightarrow I_{in} < 38\mu A \\ -12V \rightarrow I_{in} > 38\mu A \end{cases}$$

$$V_1 = -I \cdot R_1$$

$$V_1 = -38\mu A \cdot 250\Omega$$

$$V_1 = -0,95V = V_{CMP}$$

$$R_1 = 1200\Omega$$

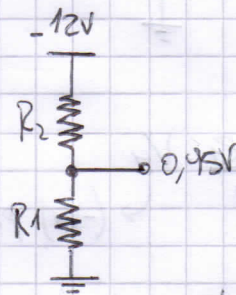
$$I_R = \frac{0,95V}{1200\Omega} = 0,791\text{mA}$$

$$R_2 = \frac{-12V + 0,95V}{-0,791\text{mA}} = 13957\Omega \Rightarrow 14200\Omega = 12K\Omega + 2,2K\Omega = R_2$$

$$\text{Recalculamos} \Rightarrow I_R = \frac{-12V}{14,2K\Omega} = -0,845\text{mA}$$

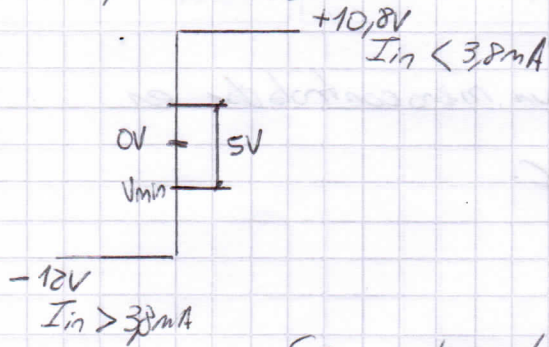
$$V_{CMP} = \frac{-12V}{R_1 + R_2} \cdot R_1 = -0,93V$$

$$I_{in} = \frac{0,93V}{250\Omega} = 3,72\text{mA} \rightarrow \text{Para este valor de corriente se avisó que existe una anomalía en el lazo de corriente.}$$



Se analizaron muchas opciones de divisor resistivo y se optó por lo mejor

Adaptación de señal del comparador para el micro.

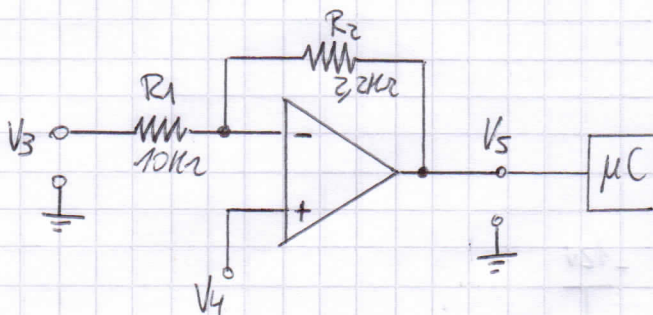


→ Se requiere atenuar la señal y tener un offset para obtener una salida de $0V$ a $5V$.

Se implementará un sumador inversor

$$\text{Amplitud total (in)} \Rightarrow 12V + 10,8V = 22,8V$$

$$\text{Amplitud total (out)} \Rightarrow 5V$$



$$V_{out} = -\frac{R_2}{R_1} V_3 + \frac{R_2 + R_1}{R_1} V_4 \quad \rightarrow (-V_4) \text{ para offset} +$$

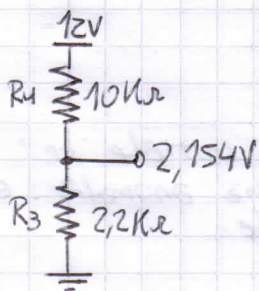
$$G = \frac{R_2}{R_1} = \frac{5V}{22,8V} = 0,219$$

$$R_1 = 10k\Omega \Rightarrow R_2 = G \cdot R_1 = 0,219 \cdot 10k\Omega = 2,19k\Omega \approx 2,2k\Omega$$

$$V_{min} = -12V \cdot 0,219 = -2,628V \rightarrow \text{Se debe sumar esta tensión (offset)}$$

$$V_{min} = V_4 \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_1} \Rightarrow -2,628V = V_4 \cdot 1,22$$

$$V_4 = \frac{-2,628V}{1,22} \Rightarrow V_4 = -2,154V \Rightarrow -V_4 = 2,154V$$



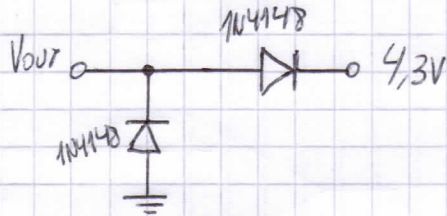
$$R_3 = 2,2k\Omega$$

$$2,154V = \frac{12V}{R_4 + 2,2k\Omega}$$

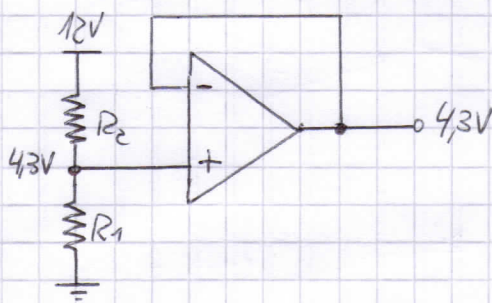
$$R_4 = 10056\Omega \approx 10k\Omega$$

* Límite de tensión por V_{out} .

Se limita la tensión negativa en $-0,7V$ y la positiva en $+5V$ para no dañar la entrada del ADC del microcontrolador.



Se ponen diodos polarizados en inversa para cuando se superen los niveles de tensión establecidos entren en conducción.



$$R_1 = 10k\Omega$$

$$R_2 = 10k\Omega$$

$$I = 4,3V / 10k$$

$$R_2 = \frac{12V - 4,3V}{I}$$

$$R_2 = 17906\Omega \approx 18k\Omega$$