



Instituto Politécnico Nacional

Escuela Superior de Cómputo

Termómetro RTDPT100

Práctica

Materia:

Instrumentación

Grupo:

3CM13

Profesor:

Martínez Díaz Juan Carlos

Alumno:

Castro Cruces Jorge Eduardo

Boleta:

2015080213

Fecha:

Viernes, 4 de junio de 2021

CONTENIDO

Materia:	1
OBJETIVOS	4
Objetivo general:	4
<input type="checkbox"/> Diseñar y simular un sistema que muestre la información en base a la temperatura registrada por el Resistor RTDPT100.	4
Objetivos específicos:	4
INTRODUCCIÓN	5
Descripción de la Práctica:	5
Diagrama de bloques:	5
Puente de Wheatstone	5
Resistor 10k Ω (RTDPT100):	6
Datasheet RTDPT100:	¡Error! Marcador no definido.
Amplificador de instrumentación AD620:	8
Datasheet AD620:	9
Display LCD	10
<input type="checkbox"/> Descripción:	10
<input type="checkbox"/> Características:	10
<input type="checkbox"/> Ventajas:	10
<input type="checkbox"/> Desventajas:	11
<input type="checkbox"/> Valores de operación:	11
<input type="checkbox"/> Descripción de terminales:	11
DESARROLLO	12
Instrucciones:	12
Diseño del primer bloque: Termómetro (Resistor RTDPT100)(Entrada):	13
Diseño del segundo bloque: Circuito Acondicionador de Señal:	16
<input type="checkbox"/> Tabla de valores de CAS	17
Diseño del cuarto bloque: Tarjeta de Adquisición de Datos (Arduino):	19
Visualización de resultados y unificación del sistema completo:	20
RESULTADOS	24
Tablas comparativas de los resultados Teóricos:	24
Análisis de la tabla comparativa:	24
Obtención de las curvas de transferencia de Datos Simulados:	25
CONCLUSIÓN	26
Objetivo general:	26
<input type="checkbox"/> Diseñar y simular un sistema que muestre la información en base a la temperatura registrada por el Resistor RTDPT100.	26
Objetivos específicos:	26

OBJETIVOS

Objetivo general:

- Diseñar y simular un sistema que muestre la información en base a la temperatura registrada por el Resistor RTDPT100

Objetivos específicos:

- Diseñar un puente de Wheatstone para acoplar el Resistor RTDPT100, y posteriormente, poder ser acoplado al microcontrolador.
- Corroborar el comportamiento un Resistor RTDPT100, como base para la construcción de un circuito sensor de temperatura.
- Implementar un Circuito Acondicionador de señal para los rangos de voltaje de un sensor de temperatura a partir del comportamiento de un Resistor RTDPT100.
- Comprender el funcionamiento de un LCD.
- Programar un microcontrolador Arduino UNO para procesar la información y que esta misma pueda ser vista en un LCD.

INTRODUCCIÓN

Descripción de la Práctica:

En la presente práctica se desarrolló un circuito de detección de temperatura a partir del Resistor RTDPT100. Este voltaje es amplificado y acondicionado para su mejor medición y representación en LCD, que previamente pasó por un Circuito Acondicionador de Señal y que fue procesado por una Tarjeta de Adquisición de Datos (Arduino UNO).

Diagrama de bloques:

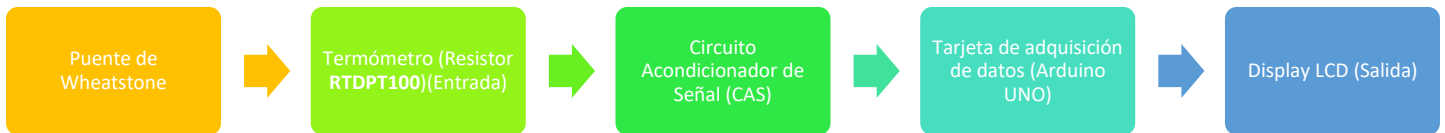


Diagrama de bloques del sistema

Puente de Wheatstone

El puente de Wheatstone es un circuito inicialmente descrito en 1833 por Samuel Hunter Christie (1784-1865), Pero fue el Sr. Charles Wheatstone quien le dio muchos usos cuando lo descubrió en 1843. Como resultado este circuito lleva su nombre.

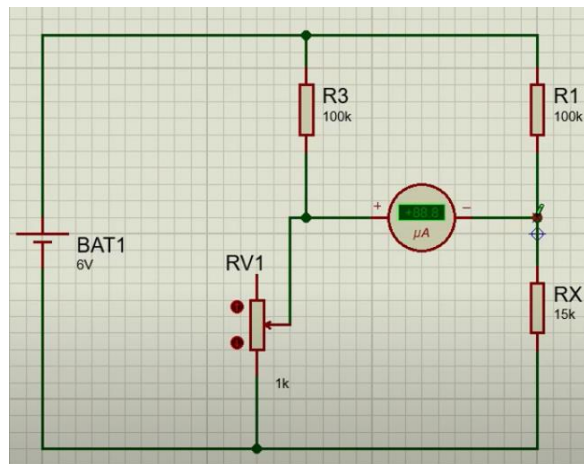
Sistema en igualdad de resistencias, cuando el sistema está en equilibrio.

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_x}{R_3}$$

En este caso, para determinar un valor de salida correspondiente a la variación de R_x , consideramos el análisis del circuito. Considerando que el instrumento de medición tiene una resistencia suficientemente alta, la determinación del voltaje de la diferencia de potencial entre V_{x1} y V_{x2} es igual a:

$$V_G = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} - \frac{R_X}{R_X + R_3} \right) V_S$$

El análisis anterior está basado en la siguiente figura:



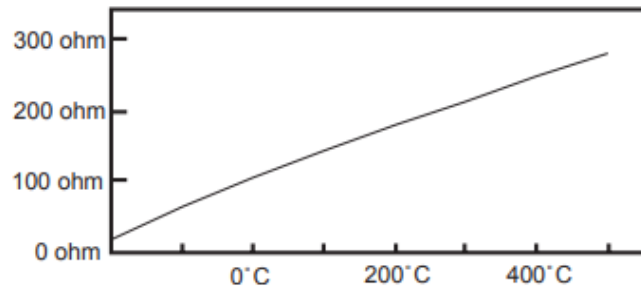
Resistor (RTDPT100):

- Datos generales**

Resistance Temperature Detector, es un sensor de temperatura resistivo, es decir, un sensor de temperatura basado en la variación de la resistencia de un conductor con la temperatura.

Para fines de esta práctica se va a implementar un sensor Pt100. Este sensor consiste en un alambre de platino que a 0°C tiene 100Ω y que al aumentar la temperatura aumenta la resistencia eléctrica.

El incremento de la resistencia no es lineal, pero si creciente y característico del platino de tal forma que mediante tablas es posible encontrar la temperatura exacta a la que corresponde.



Relación entre resistencia y temperatura del PT100

Metal	Resistividad $\rho \left(\frac{\Omega}{m}\right)$	Coefficiente Térmico $(\alpha)(K^{-1})$
Platino, Pt	10.6×10^{-8}	3.9×10^{-3}

Metal	Margen útil de temperatura °C	Valores de R0 (Ω)
Platino	-260, 900	25, 100, 400, 500, 1000, 2000

Y en base a la RTD implementada se usa la siguiente ecuación para calcular la resistencia del PT100 con forme a su coeficiente térmico y a su R0

$$R_T = R_o(1 + \alpha\Delta T + \beta\Delta T^2 + \delta\Delta T^3 + \dots)$$

- Características**

- Rango de temperatura: -200°C a 850°C
- Rango de resistencia: 1.849K a 39.026K
- Precisión: $\pm 0.1^\circ\text{C}$
- Resistencia nominal: 100Ω a 0°C
- Para esta práctica la RTD tiene una resistencia térmica de $0.25 \frac{^\circ\text{C}}{W}$ dada por el simulador Proteus.
- Para esta práctica la RTD tiene un coeficiente térmico $(\alpha = 3.9083e - 3)$.

Autocalentamiento y corriente de excitación

Para utilizar una RTD en un sistema de medida de temperatura, generalmente hay que hacerle pasar una corriente que pasa por él. Esta corriente produce una disipación de energía, en la misma que puede hacer que su temperatura T , sea más alta que la del medio en que se encuentra. El incremento de temperatura ΔT que sufre la RTD, se le conoce como autocalentamiento, y es:

$$\Delta T = t - t_a = R_{\sim} I^2 R_T = (^\circ C)$$

$R_{\sim} \rightarrow$ Resistencia térmica de la RTD con el medio (dada por el fabricante) $\left(^\circ \frac{C}{W}\right)$

$I \rightarrow$ valor efectivo de la corriente que circula por la RTD

$R_t \rightarrow$ resistencia de la RTD a la temperatura T

$t_a \rightarrow$ temperatura del medio

Nota importante: Debe cuidarse que este error sea el mínimo permisible, en el peor de los casos (R_t máxima), si se excita la RTD con una fuente de corriente constante.

Amplificador de instrumentación AD620:

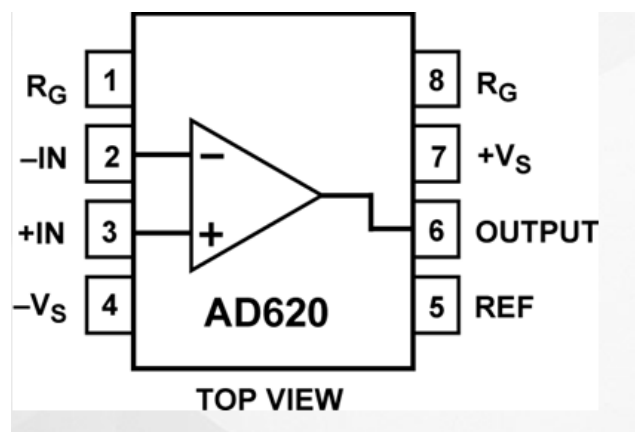
El amplificador de instrumentación de Analog Devices es de baja deriva, energía baja, alta exactitud y es ideal para aplicaciones de alta precisión.

El AD620, con su alta precisión de no linealidad de 40 ppm (máximo), baja tensión de deriva de 50 μV (máximo) y compensación de deriva de 0,6 $\mu\text{V} / ^\circ\text{C}$ (máxima), es ideal para uso en sistemas de adquisición de datos precisos tales como balanzas de peso e interfaces de transductor. Además, el bajo ruido, baja corriente de polarización de entrada y baja potencia de entrada del AD620 lo hacen apto para aplicaciones médicas tales como ECG y monitores de presión sanguínea no invasivos.

La baja de entrada corriente de polarización de 1,0 nA (máximo) es posible con el uso de proceso Superbeta en la etapa de entrada. El AD620 trabaja bien como un preamplificador debido a su bajo ruido de tensión de entrada de 9 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ a 1 kHz, 0.28 μV p-p en la banda 0.1 Hz a 10 Hz, y 0.1 pA/ $\sqrt{\text{Hz}}$ de ruido de corriente de entrada. Además, el AD620 es ideal para aplicaciones de multiplexado con su tiempo de adaptación de 15 μs a 0.01%, y su costo es tan bajo que permite con una amp-in por canal.

Características:

- Rango de ganancia de 1 a 10.000 con una resistencia externa
- Corriente de polarización de entrada 1,0 nA (máx.),
- Amplio rango de potencia ($\pm 2.3\text{ V}$ a $\pm 18\text{ V}$)
- Relación de rechazo de modo común de 100 dB (mínimo) ($G = 10$)
- Rendimiento más alto que tres diseños IA de op amp
- Bajo nivel de ruido
- Baja alimentación, 1.3 mA (máx.) de corriente de alimentación
- Ruido de voltaje de entrada de 9 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ a 1 kHz
- Voltaje de polarización de entrada 50 μV (máx.)
- 0.28 μV p-p ruido (0.1 Hz a 10 Hz)
- Deriva de polarización de entrada de 0.6 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ (máx.)
- Ancho de banda de 120 kHz ($G = 100$)
- Tiempo de ajuste de 15 μs a 0.01%



Datasheet AD620:

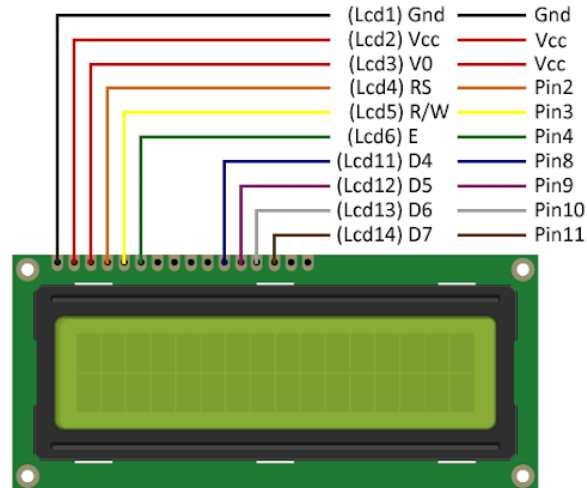
Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Unit
GAIN	$G = 1 + (49.4 \text{ k}\Omega/R_G)$										
Gain Range		1		10,000	1		10,000	1		10,000	
Gain Error ²	$V_{OUT} = \pm 10 \text{ V}$										
G = 1			0.03	0.10		0.01	0.02		0.03	0.10	%
G = 10			0.15	0.30		0.10	0.15		0.15	0.30	%
G = 100			0.15	0.30		0.10	0.15		0.15	0.30	%
G = 1000			0.40	0.70		0.35	0.50		0.40	0.70	%
Nonlinearity	$V_{OUT} = -10 \text{ V to } +10 \text{ V}$										
G = 1–1000	$R_L = 10 \text{ k}\Omega$		10	40		10	40		10	40	ppm
G = 1–100	$R_L = 2 \text{ k}\Omega$		10	95		10	95		10	95	ppm
Gain vs. Temperature	$G = 1$			10			10			10	ppm/°C
	Gain > 1 ²			–50			–50			–50	ppm/°C
VOLTAGE OFFSET	(Total RTI Error = $V_{OSI} + V_{OSO}/G$)										
Input Offset, V_{OSI}	$V_S = \pm 5 \text{ V}$ to $\pm 15 \text{ V}$		30	125		15	50		30	125	μV
Overtemperature	$V_S = \pm 5 \text{ V}$ to $\pm 15 \text{ V}$			185			85			225	μV
Average TC	$V_S = \pm 5 \text{ V}$ to $\pm 15 \text{ V}$		0.3	1.0		0.1	0.6		0.3	1.0	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Output Offset, V_{OSO}	$V_S = \pm 15 \text{ V}$		400	1000		200	500		400	1000	μV
	$V_S = \pm 5 \text{ V}$			1500			750			1500	μV
Overtemperature	$V_S = \pm 5 \text{ V}$ to $\pm 15 \text{ V}$			2000			1000			2000	μV
Average TC	$V_S = \pm 5 \text{ V}$ to $\pm 15 \text{ V}$		5.0	15		2.5	7.0		5.0	15	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Offset Referred to the Input vs. Supply (PSR)	$V_S = \pm 2.3 \text{ V}$ to $\pm 18 \text{ V}$										
G = 1		80	100		80	100		80	100		dB
G = 10		95	120		100	120		95	120		dB
G = 100		110	140		120	140		110	140		dB
G = 1000		110	140		120	140		110	140		dB
Common-Mode Rejection											
Ratio DC to 60 Hz with 1 k Ω Source Imbalance	$V_{CM} = 0 \text{ V to } \pm 10 \text{ V}$										
G = 1		73	90		80	90		73	90		dB
G = 10		93	110		100	110		93	110		dB
G = 100		110	130		120	130		110	130		dB
G = 1000		110	130		120	130		110	130		dB
OUTPUT											
Output Swing	$R_L = 10 \text{ k}\Omega$ $V_S = \pm 2.3 \text{ V}$ to $\pm 5 \text{ V}$	$-V_S + 1.1$	$+V_S - 1.2$		$-V_S + 1.1$	$+V_S - 1.2$		$-V_S + 1.1$	$+V_S - 1.2$		V
Overtemperature	$V_S = \pm 5 \text{ V}$ to $\pm 18 \text{ V}$	$-V_S + 1.4$	$+V_S - 1.3$		$-V_S + 1.4$	$+V_S - 1.3$		$-V_S + 1.6$	$+V_S - 1.3$		V
		$-V_S + 1.2$	$+V_S - 1.4$		$-V_S + 1.2$	$+V_S - 1.4$		$-V_S + 1.2$	$+V_S - 1.4$		V
Overtemperature		$-V_S + 1.6$	$+V_S - 1.5$		$-V_S + 1.6$	$+V_S - 1.5$		$-V_S + 2.3$	$+V_S - 1.5$		V
Short Circuit Current		± 18			± 18			± 18			mA
DYNAMIC RESPONSE											
Small Signal –3 dB Bandwidth											
G = 1			1000			1000			1000		kHz
G = 10			800			800			800		kHz
G = 100			120			120			120		kHz
G = 1000			12			12			12		kHz
Slew Rate		0.75	1.2		0.75	1.2		0.75	1.2		V/ μs
Settling Time to 0.01%	10 V Step										
G = 1–100			15			15			15		μs
G = 1000			150			150			150		μs
NOISE											
Voltage Noise, 1 kHz	$\text{Total RTI Noise} = \sqrt{(e_n^2) + (e_m/G)^2}$										
Input, Voltage Noise, e_n			9	13		9	13		9	13	nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
Output, Voltage Noise, e_m			72	100		72	100		72	100	nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
RTI, 0.1 Hz to 10 Hz											
G = 1			3.0			3.0	6.0		3.0	6.0	$\mu\text{V p-p}$
G = 10			0.55			0.55	0.8		0.55	0.8	$\mu\text{V p-p}$
G = 100–1000			0.28			0.28	0.4		0.28	0.4	$\mu\text{V p-p}$
Current Noise	$f = 1 \text{ kHz}$		100			100			100		fA/ $\sqrt{\text{Hz}}$
0.1 Hz to 10 Hz			10			10			10		pA p-p

Display LCD

- **Descripción:**

Una pantalla de cristal líquido o LCD (sigla del inglés liquid-crystal display) es una pantalla delgada y plana formada por un número de píxeles en color o monocromos colocados delante de una fuente de luz o reflectora. A menudo se utiliza en dispositivos electrónicos de pilas, ya que utiliza cantidades muy pequeñas de energía eléctrica.

Asignación de pines del LCD 16x2



- **Características:**

- Estas son algunas de las características de los módulos LCD de 20 x 4 que se describen aquí con el detalle.
- La característica más importante de este módulo es que puede mostrar 80 caracteres a la vez.
- El cursor de este módulo tiene 5x8 (40) puntos.
- En este módulo ya está montado el controlador de RW1063.
- Este módulo funciona con el suministro de entrada de más cinco voltios y también puede funcionar con el más de tres voltios.
- El pinout de más tres voltios también se puede utilizar para el suministro negativo.
- El ciclo de trabajo de este módulo es de uno por dieciséis (1/16).
- El diodo emisor de luz de este módulo puede recibir alimentación del pinout uno, pinout dos, pinout quince, pinout dieciséis o pinout A y K.

- **Ventajas:**

Estas son algunas de las ventajas de este módulo que se describen con el detalle.

- Es menos costoso, liviano en comparación con la pantalla de tubo de rayos catódicos.
- Utiliza menos energía según la resolución de brillo.
- Produce menos cantidad de calor debido al menor uso de energía.
- En este módulo, no hay distorsión geométrica.
- Puede construirse en cualquier forma y tamaño según los requisitos del usuario.
- La pantalla LCD utilizada en el monitor de la computadora usa doce voltios.

- **Desventajas:**

Con las ventajas de este módulo, hay algunos problemas creados por este módulo que se describe aquí.

- En algunos módulos LCD más antiguos, existen algunos problemas debido al ángulo de visión y al brillo.
- Pierde brillo y opera con menos tiempo de respuesta con el incremento de temperatura.
- Con el incremento de la temperatura circundante, su contraste también perturba.

- **Valores de operación:**

Parámetro	Símbolo	Condición	Valores estándar		
			Mínimo	Común	Máximo
Voltaje de entrada	Vdd	Vdd = +5V	4.7V	5.0V	5.3V
		Vdd= +3V	2.7V	3.0V	5.3V
Corriente	Idd	Vdd= +5V		8.0mA	10.0mA
Voltaje directo del LED	Vf	25°C		4.2V	4.6V
Corriente directa del LED	If	25°C		540mA	1080mA

Tabla de valores característicos del LCD

- **Descripción de terminales:**

No. Terminal	Símbolo	Función
1	Vss	Conexión a tierra.
2	Vdd	+3V ó +5V.
3	V0	Ajuste de contraste.
4	RS	Selector de registro.
5	R/W	Señal de lectura/escritura.
6	E	Habilitar señal (alto/bajo).
7	DB0	Bus de datos.
8	DB1	Bus de datos.
9	DB2	Bus de datos.
10	DB3	Bus de datos.
11	DB4	Bus de datos.
12	DB5	Bus de datos.
13	DB6	Bus de datos.
14	DB7	Bus de datos.
15	A	Alimentación para el LED (4.2V recomendado).
16	K	Alimentación para B/L.
17	NC/VEE	NC o voltaje negativo de salida.
18	NC	Conexión NC.

Tabla de descripción de terminales del LCD 20x4

DESARROLLO

Instrucciones:

Implementar un circuito sensor de temperatura en base al comportamiento de un Resistor RTDPT100 ante los efectos de la temperatura, circuito cuya salida analógica deberá ser convertida a señal digital de 8 bits por una Tarjeta de Adquisición de Datos (Arduino UNO) y finalmente mostrada en un LCD

Basándonos en el diagrama de bloques propuesto anteriormente, procedemos a explicar de forma detallada cada uno de los bloques por separado:

- Termómetro (Resistor RTDPT100)(Entrada):

Este bloque se encarga de fungir como termómetro, ya que, sabemos que el Resistor RTDPT100 es sumamente sensible a la temperatura, con un rango de medición entre -50°C y 50°C ; Y esto se ve reflejado en su salida en voltaje.

- Circuito Acondicionador de Señal:

Es Circuito Acondicionador de Señal se va a encargar de modificar y acoplar la señal de salida del Termómetro Resistor RTDPT100 a un rango entre 0 y 5V, que es el voltaje de entrada para nuestro siguiente módulo (Arduino UNO).

- Tarjeta de Adquisición de datos Arduino:

Este módulo se va a encargar de procesar el voltaje de entrada y mostrar la siguiente información, en el siguiente módulo:

- Vsalida (CAS)
 - VResistor
 - Temperatura ($^{\circ}\text{C}$, $^{\circ}\text{K}$)
- Liquid - Crystal Display:

Módulo final donde se proyectarán los valores anteriormente mencionados.

Diseño del primer bloque: Termómetro (Resistor RTDPT100)(Entrada):

El primer paso, es conocer todos los datos necesarios para poder trabajar con el Resistor RTDPT100, y para eso nos vamos a apoyar de la teoría proporcionada en clase por el profesor, y obviamente, en la hoja de datos proporcionada por el fabricante.

Sabemos que nuestro rango de medida de la temperatura va a ser de **-50°C a 50°C**.

Para esto primero se deben contemplar los valores que arroja el RTD en base a su temperatura, así que se toman los valores mínimo y máximo del rango:

Afortunadamente, la hoja de datos proporcionada por el fabricante nos proporciona el valor del coeficiente térmico (α):

$$\alpha = 3.9083$$

$$R_T = R_o(1 + \alpha\Delta T + \beta\Delta T^2 + \delta\Delta T^3 + \dots)$$

$$R_{T(-50^\circ C)} = 100\Omega(1 + (3.9083 * 10^{-3}K^{-1} * -50^\circ C)) = 80.4585\Omega$$

$$R_{T(50^\circ C)} = 100\Omega(1 + (3.9083 * 10^{-3}K^{-1} * 50^\circ C)) = 119.5415\Omega$$

Ahora, procedemos al cálculo de la corriente máxima que va a circular por el Puente de WheatStone sin superar el error por calentamiento propuesto ($\Delta T = 0.1^\circ C$), además, el fabricante nos da el valor de la Resistencia Térmica de la RTD con le medio ($R_\sim = 0.25 \frac{^\circ C}{W}$):

$$\Delta T = t - t_a = R_\sim I^2 R_T$$

$$\Delta T = R_\sim I^2 R_T$$

$$\therefore I = \sqrt{\frac{\Delta T}{R_\sim R_T}}$$

$$I = \sqrt{\frac{0.1^\circ C}{0.25 \frac{^\circ C}{W} * 119.5415\Omega}}$$

$$I \approx 57.84864196mA$$

Por último, calculamos el valor de R3 y la fuente de alimentación proponemos que sea de $V_{cc} = 10v$, los valores de R_1 y $R_2 = 1000\Omega$:

$$V_{out} = \left(\frac{R_T}{R_2 + R_T} - \frac{R_3}{R_1 + R_3} \right) V_{cc}$$

$$V_{out} = \left(\frac{R_T}{R_2 + R_T} - \frac{R_3}{R_1 + R_3} \right) V_{cc} = 0v$$

$$0v = \left(\frac{R_{T(-50^{\circ}C)}}{R_2 + R_{T(-50^{\circ}C)}} - \frac{R_3}{R_1 + R_3} \right) V_{cc}$$

$$0v = \left(\frac{R_{T(-50^{\circ}C)}}{R_2 + R_{T(-50^{\circ}C)}} - \frac{R_3}{R_1 + R_3} \right)$$

$$\frac{R_3}{R_1 + R_3} = \frac{R_{T(-50^{\circ}C)}}{R_2 + R_{T(-50^{\circ}C)}}$$

$$R_3 = \frac{R_{T(-50^{\circ}C)}}{R_2 + R_{T(-50^{\circ}C)}} * (R_1 + R_3)$$

$$R_3 = \frac{R_{T(-50^{\circ}C)}R_1 + R_{T(-50^{\circ}C)}R_3}{R_2 + R_{T(-50^{\circ}C)}}$$

$$R_3 = \frac{R_{T(-50^{\circ}C)}R_1}{R_2 + R_{T(-50^{\circ}C)}} + \frac{R_{T(-50^{\circ}C)}R_3}{R_2 + R_{T(-50^{\circ}C)}}$$

$$R_3 - \frac{R_{T(-50^{\circ}C)}R_3}{R_2 + R_{T(-50^{\circ}C)}} = \frac{R_{T(-50^{\circ}C)}R_1}{R_2 + R_{T(-50^{\circ}C)}}$$

$$\frac{R_3(R_2 + R_{T(-50^{\circ}C)}) - R_{T(-50^{\circ}C)}R_3}{R_2 + R_{T(-50^{\circ}C)}} = \frac{R_{T(-50^{\circ}C)}R_1}{R_2 + R_{T(-50^{\circ}C)}}$$

$$\frac{R_3((R_2 + R_{T(-50^{\circ}C)}) - R_{T(-50^{\circ}C)})}{R_2 + R_{T(-50^{\circ}C)}} = \frac{R_{T(-50^{\circ}C)}R_1}{R_2 + R_{T(-50^{\circ}C)}}$$

$$R_3(R_2 + R_{T(-50^{\circ}C)} - R_{T(-50^{\circ}C)}) = \frac{R_{T(-50^{\circ}C)}R_1}{R_2 + R_{T(-50^{\circ}C)}} * (R_2 + R_{T(-50^{\circ}C)})$$

$$R_3 * R_2 = R_{T(-50^{\circ}C)}R_1$$

$$R_3 = \frac{R_{T(-50^{\circ}C)}R_1}{R_2}, R_1 = R_2$$

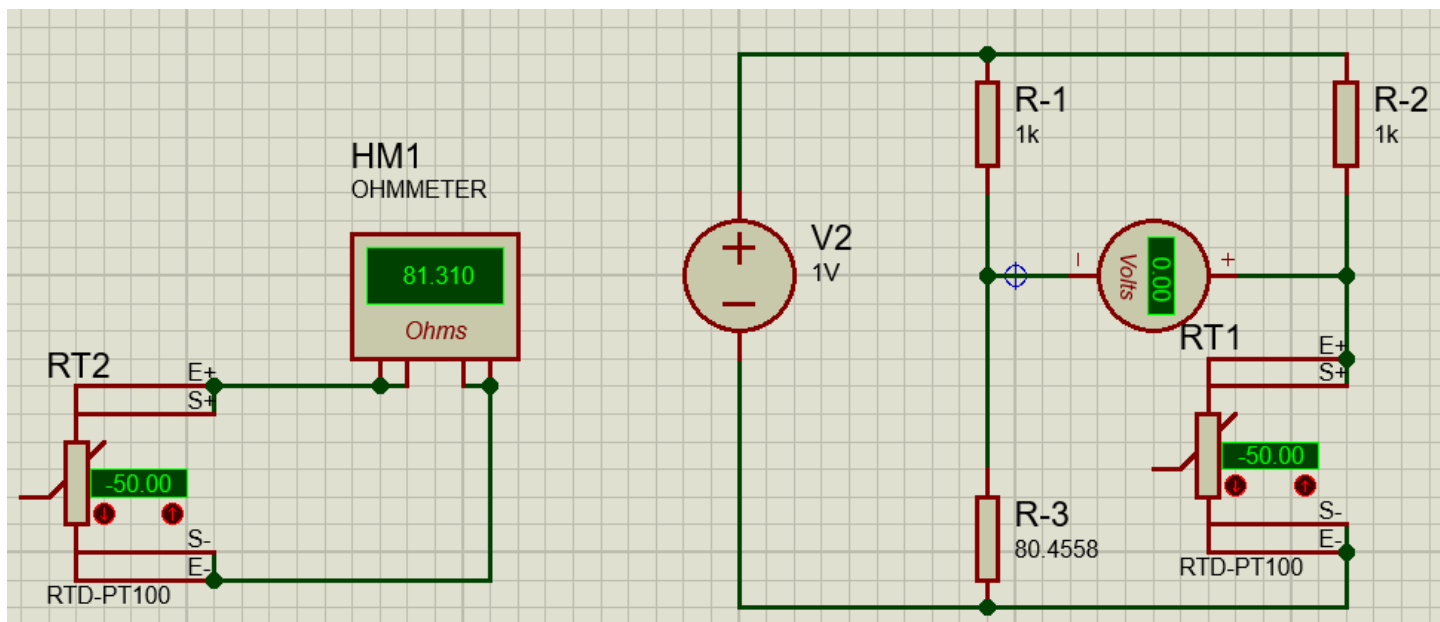
$$\therefore R_3 = R_{T(-50^{\circ}C)}$$

Ya conocemos le valor de $R_3 = R_{T(-50^{\circ}C)} = 80.4585\Omega$

$$V_{out} = \left(\frac{R_T}{R_2 + R_T} - \frac{R_3}{R_1 + R_3} \right) V_{cc}$$

$$V_{o(-50^{\circ}C)} = \left(\frac{80.4585\Omega}{1000\Omega + 80.4585\Omega} - \frac{80.4585\Omega}{1000\Omega + 80.4585\Omega} \right) 10v = 0V$$

$$V_{o(50^{\circ}C)} = \left(\frac{119.5415\Omega}{1000\Omega + 119.5415\Omega} - \frac{80.4585\Omega}{1000\Omega + 80.4585\Omega} \right) 10v \approx 323.1019694mV$$

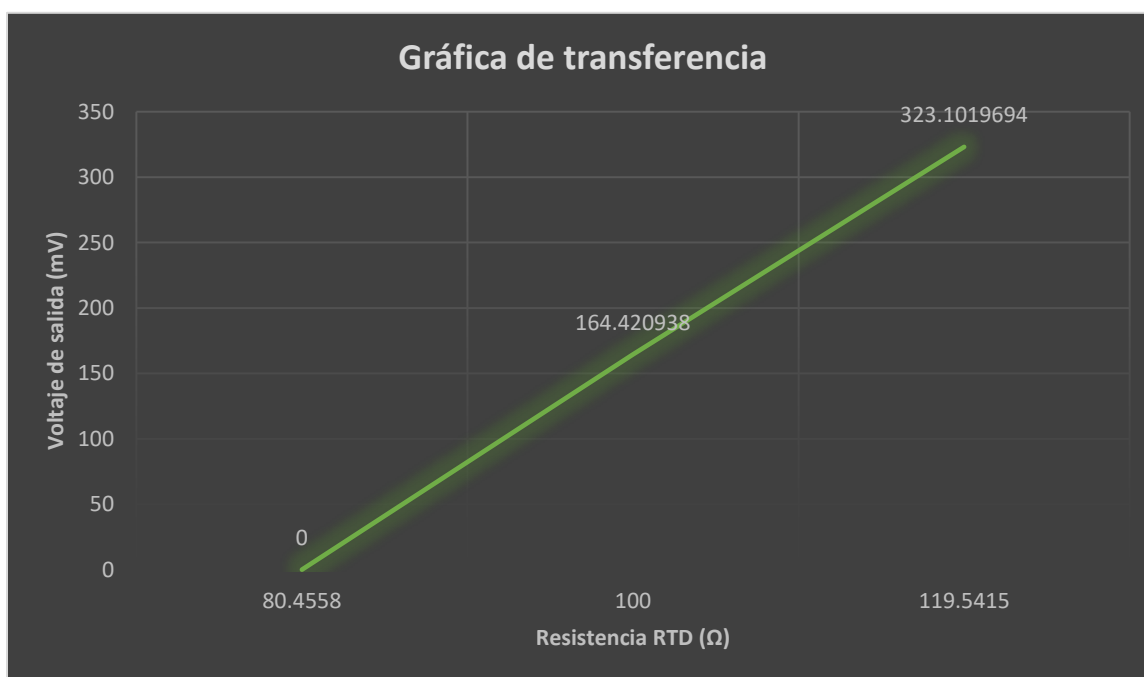


Circuito simulado

Ahora, muestre de forma tabulada algunos de los valores que se presentan en nuestro circuito:

Temperatura (°C)	Resistencia RTD (Ω)	Voltaje salida puente Wheatstone (mV)
-50	80.4558	0
0	100	164.420938
50	119.5415	323.1019694

Tabla de resultados



Gráfica de transferencia

Diseño del segundo bloque: Circuito Acondicionador de Señal:

Nuestro rango de salida va a ser el siguiente:

$$V_{o(RTC)} = 0V \rightarrow V_{o(CAS)} = 0V$$
$$V_{o(NTC)} = 323.1019694mV \rightarrow V_{o(CAS)} = 5V$$

Ahora, vamos a calcular la Ganancia de nuestro Amplificador de Instrumentación:

$$G = \frac{V_{o(CAS)}}{V_{o(RTD)}}$$
$$G = \frac{5V}{323.1019694mV} = 15.47499079$$

Nos referimos a la hoja de datos del encapsulado, y nos da la siguiente fórmula para obtener el valor de la Resistencia que nos va a dar la Ganancia deseada:

$$G = 1 + \frac{49400\Omega}{R_G}$$
$$\therefore R_G = \frac{49400\Omega}{G - 1}$$
$$R_G = \frac{49400\Omega}{15.47499079 - 1} = 3412.782828\Omega$$

Con el valor de Resistencia ya calculado, podemos obtener los valores del Voltaje de Salida del CAS:

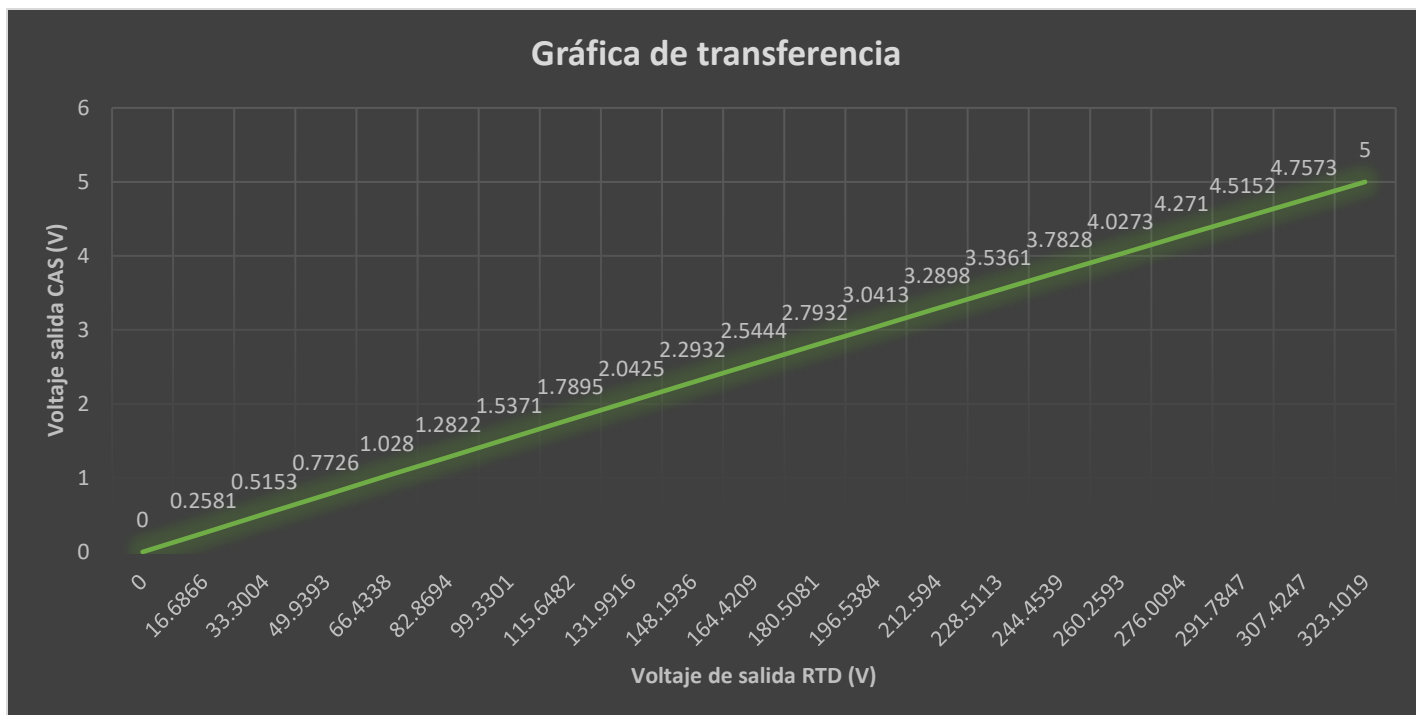
Temperatura (°C)	Resistencia RTD (Ω)	Voltaje salida puente Wheatstone (mV)	Voltaje de salida CAS (V)
-50	80.4558	0	0
0	100	164.420938	2.544412501
50	119.5415	323.1019694	5

Tabla de resultados

- Tabla de valores de CAS

Temperatura (°C)	Resistencia RTD (Ω)	Voltaje salida puente Wheatstone (mV)	Voltaje de salida CAS (V)
-50	80.4558	0	0
-45	82.4126	16.6866	0.2581
-40	84.3668	33.3004	0.5153
-35	86.3209	49.9393	0.7726
-30	88.2751	66.4338	1.0280
-25	90.2292	82.8694	1.2822
-20	92.1834	99.3301	1.5371
-15	94.1375	115.6482	1.7895
-10	96.0917	131.9916	2.0425
-5	98.0458	148.1936	2.2932
0	100	164.4209	2.5444
5	101.9541	180.5081	2.7932
10	103.9083	196.5384	3.0413
15	105.8624	212.5940	3.2898
20	107.8166	228.5113	3.5361
25	109.7707	244.4539	3.7828
30	111.7249	260.2593	4.0273
35	113.6790	276.0094	4.2710
40	115.6332	291.7847	4.5152
45	117.5873	307.4247	4.7573
50	119.5415	323.1019	5

Tabla de resultados

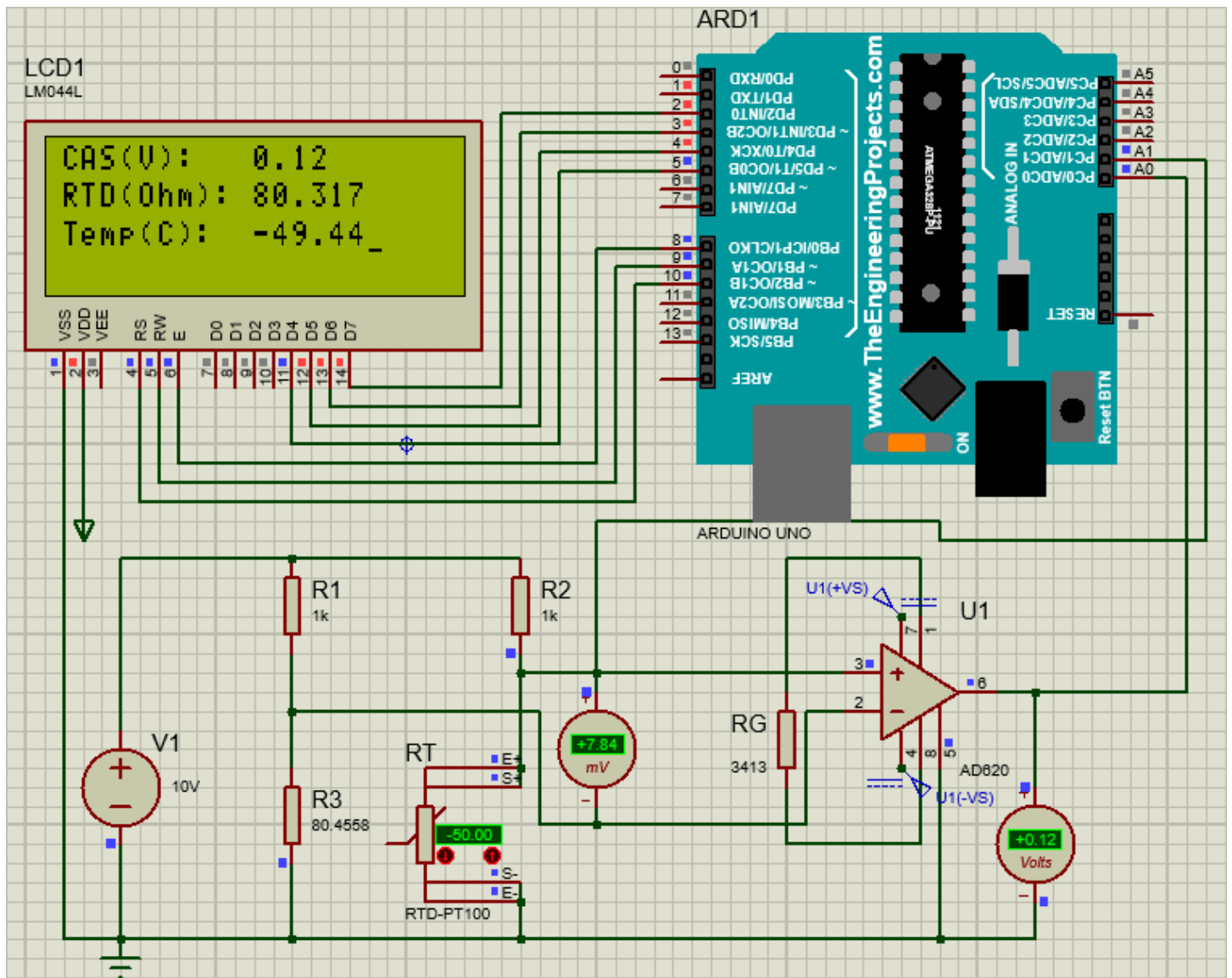


Gráfica de transferencia

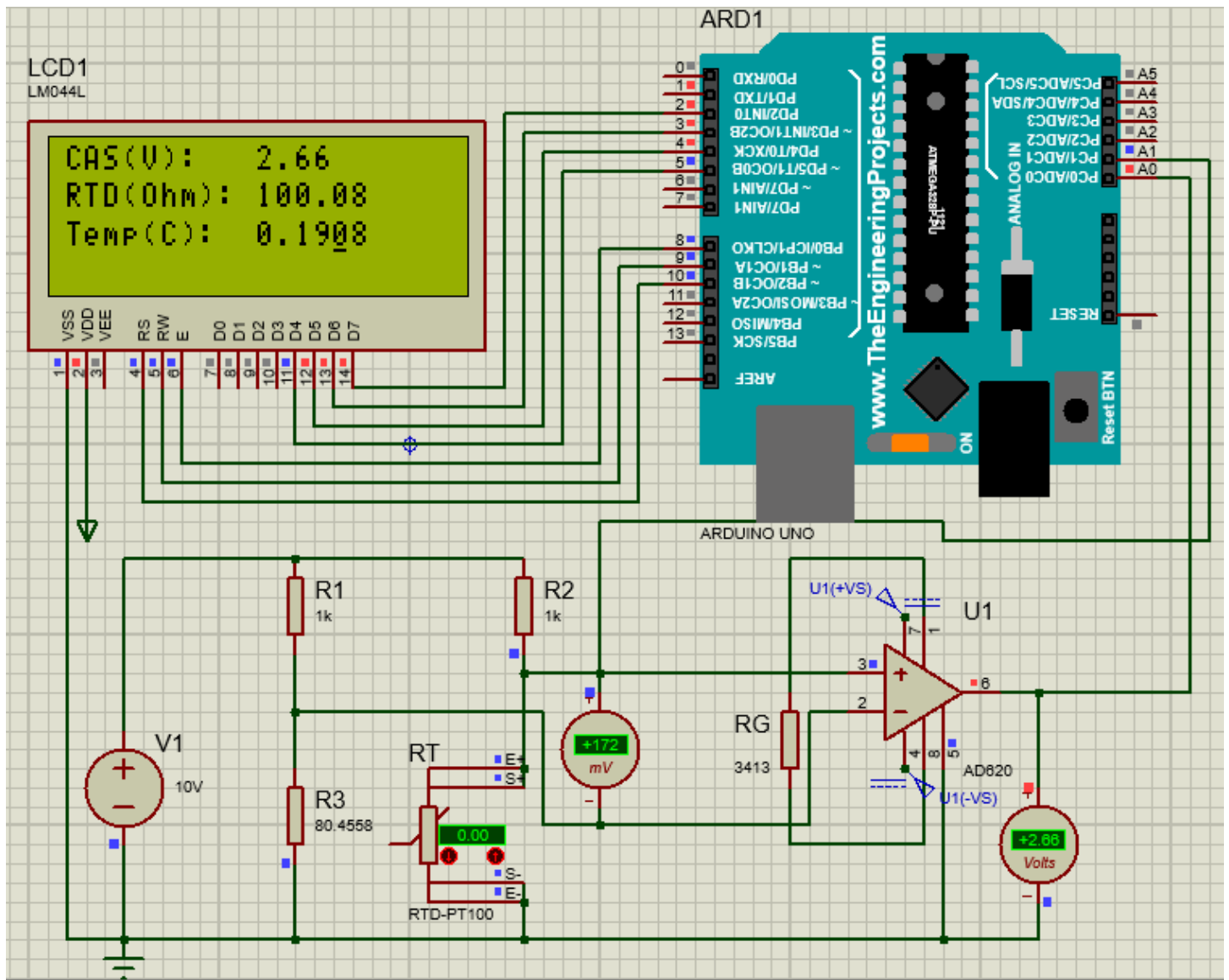
Diseño del cuarto bloque: Tarjeta de Adquisición de Datos (Arduino):

A continuación se presenta el código con el que se programó la Placa de Adquisición de Datos (Arduino), cada línea se comentó de forma adecuada para su comprensión:

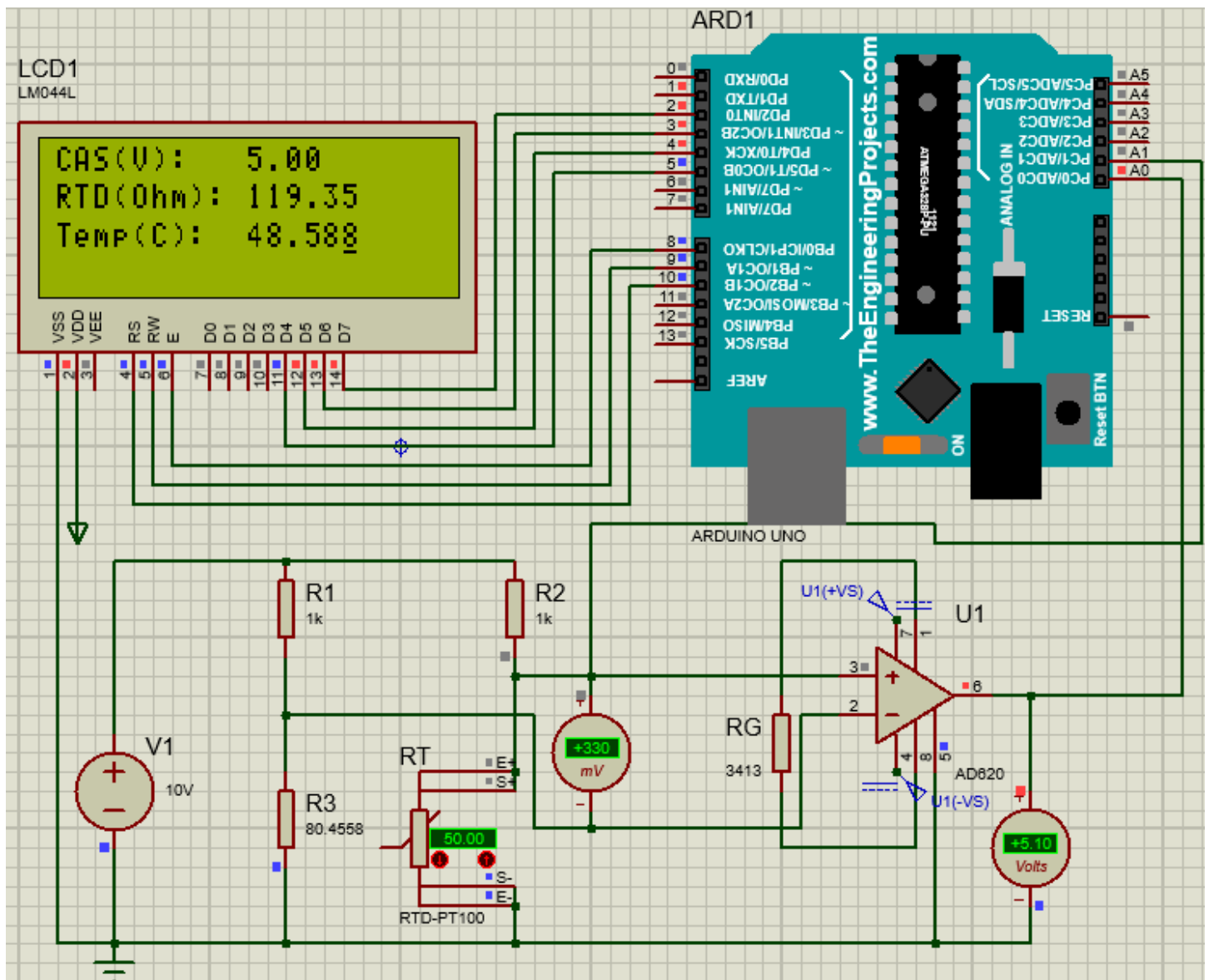
```
1 #include <LiquidCrystal.h> //Biblioteca para un mejor uso del LCD
2
3 //Creación del objeto tipo LCD para utilizarlo físicamente
4 LiquidCrystal lcd(10, 9, 8, 5, 4, 3, 2); // (RS, RW, E, D4,D5, D6, D7)
5
6 //Variables
7 float volt;
8 float temp;
9 float RTD;
10 float CAS;
11
12 void setup()
13 {
14     Serial.begin(9600);
15     lcd.noCursor();
16     delay(500);
17     lcd.begin(20, 4);
18 }
19
20 void loop()
21 {
22     volt = analogRead(A0);
23     CAS = (volt * 5) / 1024; //Salida del CAS
24     volt = analogRead(A1);
25     volt = (volt * 5) / 1024; //Lee El voltaje del RTD
26     RTD = (1000 * volt) / (10 - volt)-1 ;//Resistencia de la RTD
27     temp = ((RTD - 100) / (0.003983 * 100)); //Temperatura
28
29     lcd.setCursor(0, 0); //posicionar el cursor en las coordenadas 0,0
30     lcd.print("CAS(V):"); //imprimir mensaje
31     lcd.setCursor(10, 0);
32     lcd.print(CAS); //Salida del CAS
33
34     lcd.setCursor(0, 1); //posicionar el cursor en las coordenadas 0,1
35     lcd.print("RTD(Ohm):"); //imprimir mensaje
36     lcd.setCursor(10, 1);
37     lcd.print(RTD); //Voltaje en RTD
38
39     lcd.setCursor(0, 2); //posicionar el cursor en las coordenadas 0,2
40     lcd.print("Temp(C):"); //imprimir mensaje
41     lcd.setCursor(10, 2);
42     lcd.print(temp); //Temperatura
43
44     //Encender el cursor
45     lcd.cursor();
46     delay(500);
47 }
```

Circuito final funcionando a -50°C



Circuito final funcionando a 0°C



Circuito final funcionando a 50°C

RESULTADOS

Tablas comparativas de los resultados Teóricos:

Dato	Datos teóricos				Datos Simulados			
	Temperatura (°C)	Resistencia (Ω)	Voltaje salida puente Wheatstone (mV)	Voltaje de salida CAS (V)	Temperatura (°C)	Resistencia (Ω)	Voltaje salida puente Wheatstone (mV)	Voltaje de salida CAS (V)
1	-50	80.4558	0	0	-49.44	80.315	7.32	0.11
2	-45	82.4126	16.6866	0.2581	-45.13	82.025	24.2	0.38
3	-40	84.3668	33.3004	0.5153	-39.37	84.325	41.1	0.63
4	-35	86.3209	49.9393	0.7726	-35.03	86.055	57.8	0.89
5	-30	88.2751	66.4338	1.0280	-29.22	88.365	74.5	1.15
6	-25	90.2292	82.8694	1.2822	-24.85	90.105	91.1	1.41
7	-20	92.1834	99.3301	1.5371	-20.46	92.435	108	1.67
8	-15	94.1375	115.6482	1.7895	-14.59	94.195	124	1.92
9	-10	96.0917	131.9916	2.0425	-10.18	95.955	140	2.17
10	-5	98.0458	148.1936	2.2932	-4.268	98.305	157	2.42
11	0	100	164.4209	2.5444	0.1908	100.08	173	2.67
12	5	101.9541	180.5081	2.7932	4.6508	101.85	189	2.92
13	10	103.9083	196.5384	3.0413	9.1408	103.64	205	3.17
14	15	105.8624	212.5940	3.2898	15.138	106.03	221	3.42
15	20	107.8166	228.5113	3.5361	19.658	107.83	237	3.66
16	25	109.7707	244.4539	3.7828	24.188	109.63	252	3.91
17	30	111.7249	260.2593	4.0273	28.728	111.44	268	4.15
18	35	113.6790	276.0094	4.2710	33.808	113.86	284	4.39
19	40	115.6332	291.7847	4.5152	39.388	115.68	299	4.63
20	45	117.5873	307.4247	4.7573	43.978	117.51	315	4.87
21	50	119.5415	323.1019	5	48.588	119.35	330	5.00

Tabla comparativa de los resultados finales

Análisis de la tabla comparativa:

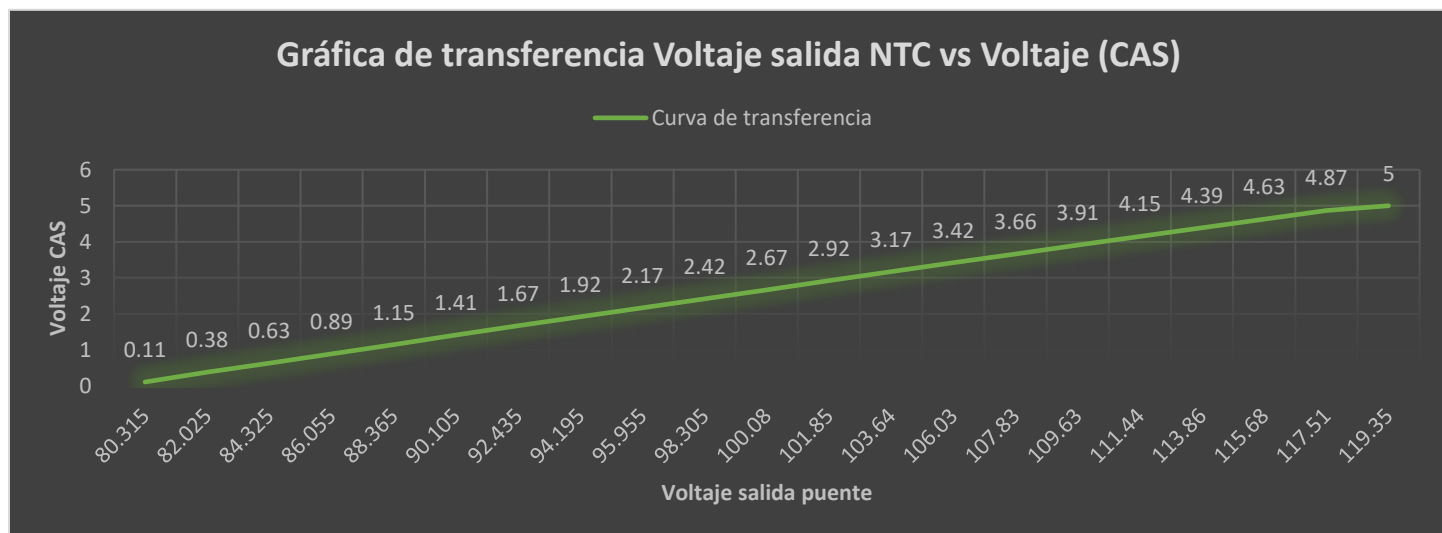
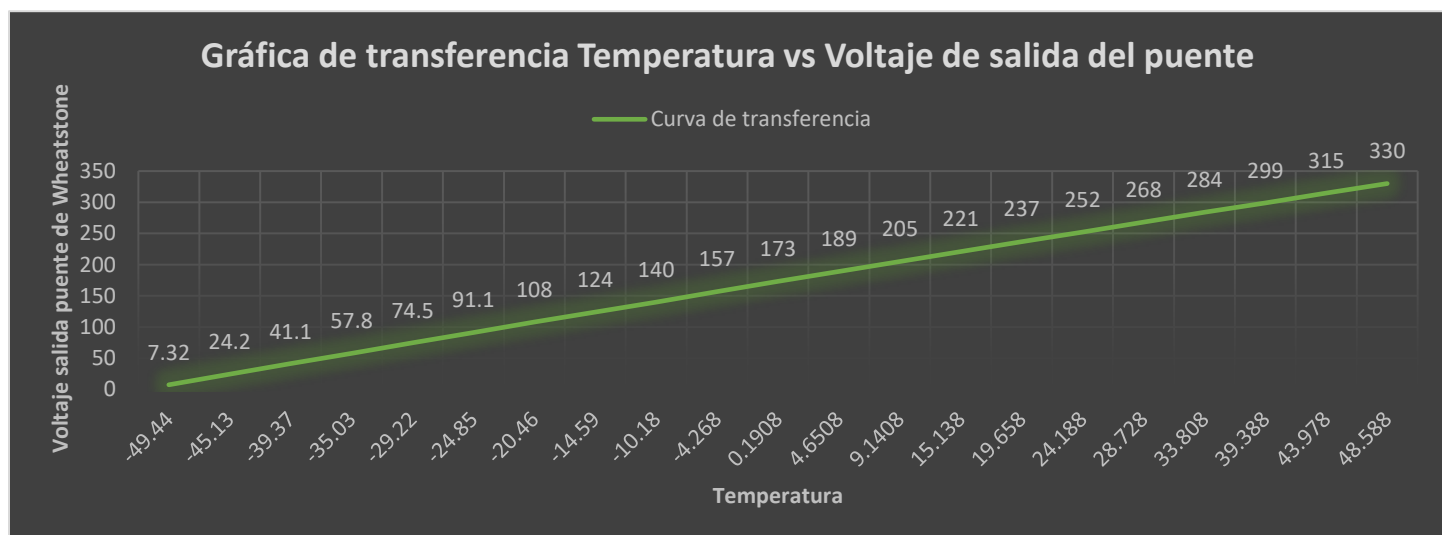
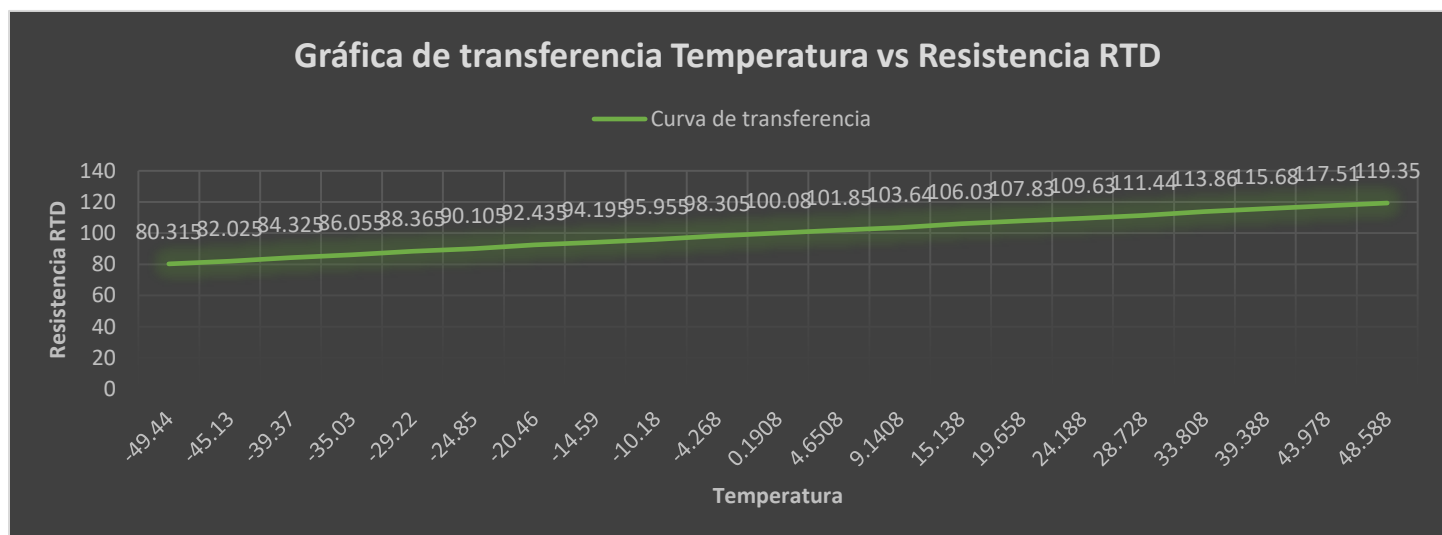
Podemos apreciar que ambas partes difieren por milésimas, y esto es debido a diversos factores, como:

- El tipo de simulador que se ocupa.
- Errores de cálculo por falta de cifras.

El crecimiento de los valores de la resistencia del RTD va creciendo conforme al valor de la temperatura, junto con el voltaje de salida del Puente de Wheatstone.

Debido al voltaje de alimentación, es que tenemos una sensibilidad media-alta y eso provoca que tengamos que amplificar casi 15 veces, con ayuda el AD620.

Obtención de las curvas de transferencia de Datos Simulados:



CONCLUSIÓN

En conclusión, al finalizar esta práctica se lograron todos y cada uno de los objetivos propuestos al principio de esta:

Objetivo general:

- Diseñar y simular un sistema que muestre la información en base a la temperatura registrada por el Resistor RTDPT100.

Objetivos específicos:

- Corroborar el comportamiento un Resistor RTDPT100, como base para la construcción de un circuito sensor de temperatura.
- Implementar un Circuito Acondicionador de señal para los rangos de voltaje de un sensor de temperatura a partir del comportamiento de un Resistor RTDPT100.
- Comprender el funcionamiento de un LCD.
- Programar un microcontrolador Arduino UNO para procesar la información y que esta misma pueda ser vista en un LCD.

Creo que la parte más complicada fue el aprendizaje autodidacta que tuve que realizar para poder llevar a cabo esta práctica, por ejemplo:

- Aprender a programar en Arduino.
- Aprender cómo funciona un LCD.
- Recordar el funcionamiento de un Resistor RTDPT100.