Instituto Politécnico Nacional

Escuela Superior de Cómputo

Instrumentación

3CV13

Tarea 2. "Circuitos de Acondicionamiento para Sensores de Temperatura"

Prof. Maria del Rosario Rocha Bernabé

Equipo N°. 1

Integrantes:

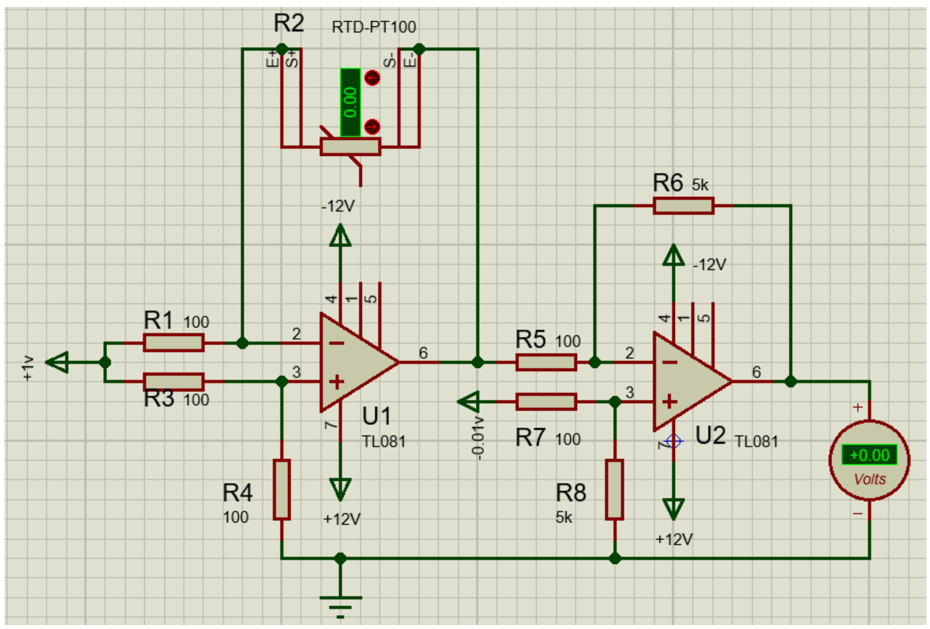
- Edilberto Sergio Valle Ortíz
- Brayan Yosafat Martínez Coronel
- Humberto Israel López Vela

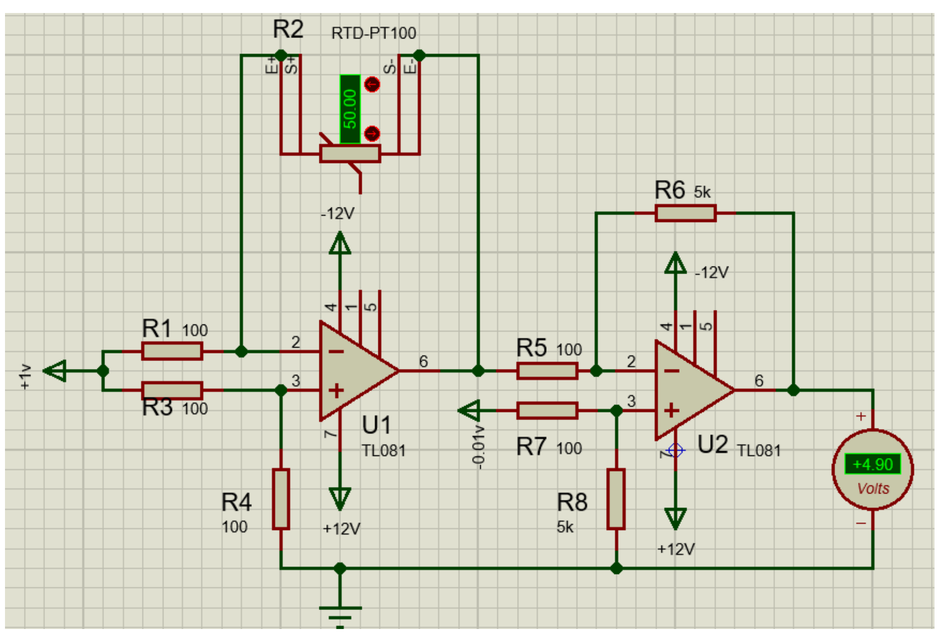
Fecha de Elaboración: 30/03/2021

1. Diseñe un sistema para medir la temperatura promedio de una habitación que cumpla con las siguientes características.
   Alcance de entrada (0 °C a 50°C)
   Alcance de salida (0V a 5V)
   Utilice tres sensores de temperatura de los analizados hasta el momento en la unidad de aprendizaje.

   Sensor 1. RTD
   Sensor 2. NTC
   Sensor 3. Termopar

RTD:





$R_{TD} = R_0\left[1 + AT + BT^2\right]$ tomado de Texas Instruments 0°C - 50°C

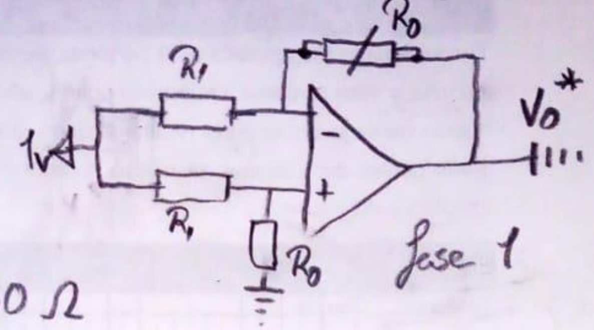
0V - 5V

$A = 3.9083 \times 10^{-3}$

$B = -5.775 \times 10^{-7}$

$R_0 = 100\ \Omega$

$R_{50} = 119.397125\ \Omega$



fase 1

Sea $R_1 = 100\ \Omega$, $R_0 = 100\ \Omega$

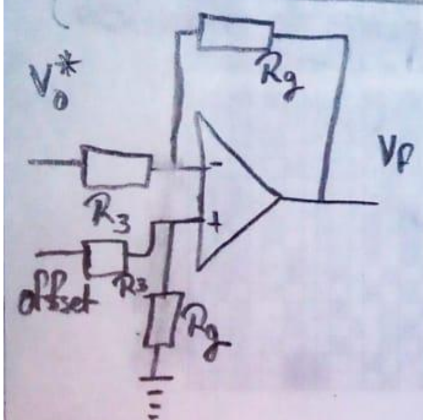
$V_0 \to 0$

0°C

$$V_0 = \frac{R_0(R_1+R_0)}{R_1(R_1+R_0)}V_1 - \frac{R_0}{R_1}V_2 = V_1 - V_2 = 0 + \underbrace{\text{offset}}_{=0.02} = 0.02$$

50°C

$$V_0 = \frac{R_1(R_1+R_{50})}{R_1(R_1+R_1)}\cancel{V_1}^{1} - \frac{R_{50}}{R_1}\cancel{V_2}^{1} = -0.09 + \underbrace{\text{offset}}_{0.02} = -0.11$$



50° $V_P = -\frac{R_g}{R_3}(-0.11+0.02) = 5V$

0° $V_P = -\frac{R_g}{R_3}(\cancel{-0.02+0.02}^{0}) = 0\ V$

$0.09 R_g = 5R_3$

$R_3 = 90\ \Omega$

$R_g = 5K$

---

offset 'real' 0.01

← de la simulación

$0.1 R_g = 5R_3$

$R_3 = 100$

$R_g = 5K$

① NTC

$R(0°C) = 914.70\Omega$ $\quad$ $R(50°C) = 132.25\Omega$

$$V_s = (V_2 - V_1)\left(1 + 2\frac{R_1}{R_{gain}}\right)\left(\frac{R_3}{R_2}\right)$$

$$V_2 = \frac{5v\,(914.70\Omega)}{10k\Omega + 914.70\Omega} = 0.419022v$$

$$V_{1(50°C)} = \frac{5v\,(132.25\Omega)}{132.25\Omega + 10k\Omega} = 0.06526191v$$

$$V_1(0°C) = V_2 = 0.419022v$$

$$V_{s(0°C)} = \big(\underbrace{\cancel{V_2 - V_1(0°C)}}_{0}\big)\left(1 + 2\frac{R_1}{R_{gain}}\right)\left(\frac{R_3}{R_2}\right)$$

$$V_s(0°C) = 0v$$

$$V_s(50°C) = (V_2 - V_1(50°C))\left(1 + \frac{2R_1}{R_{gain}}\right)\left(\frac{R_3}{R_2}\right)$$

$$5v = (0.419022v - 0.06526191v)\left(1 + \frac{2(10k\Omega)}{R_{gain}}\right)\left(\frac{10k\Omega}{10k\Omega}\right)$$

$$5v = (0.35376v)\left(1 + \frac{2(10k\Omega)}{R_{gain}}\right)$$

$$\frac{5v}{0.353376v} = \left(1 + \frac{2(10k\Omega)}{R_{gain}}\right)$$

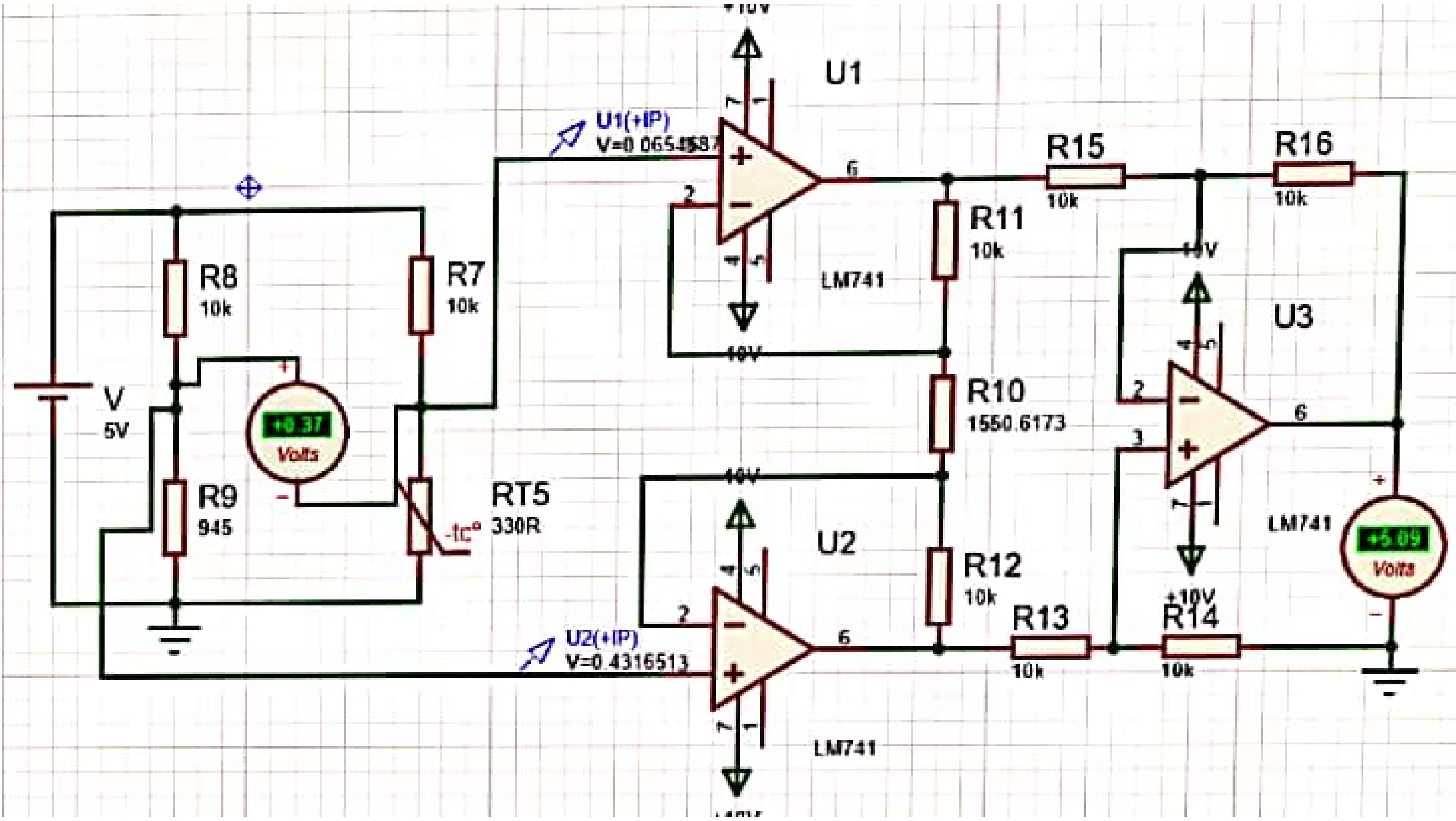
$$14.13387253 = 1 + \frac{2(10k\Omega)}{R_{gain}}$$

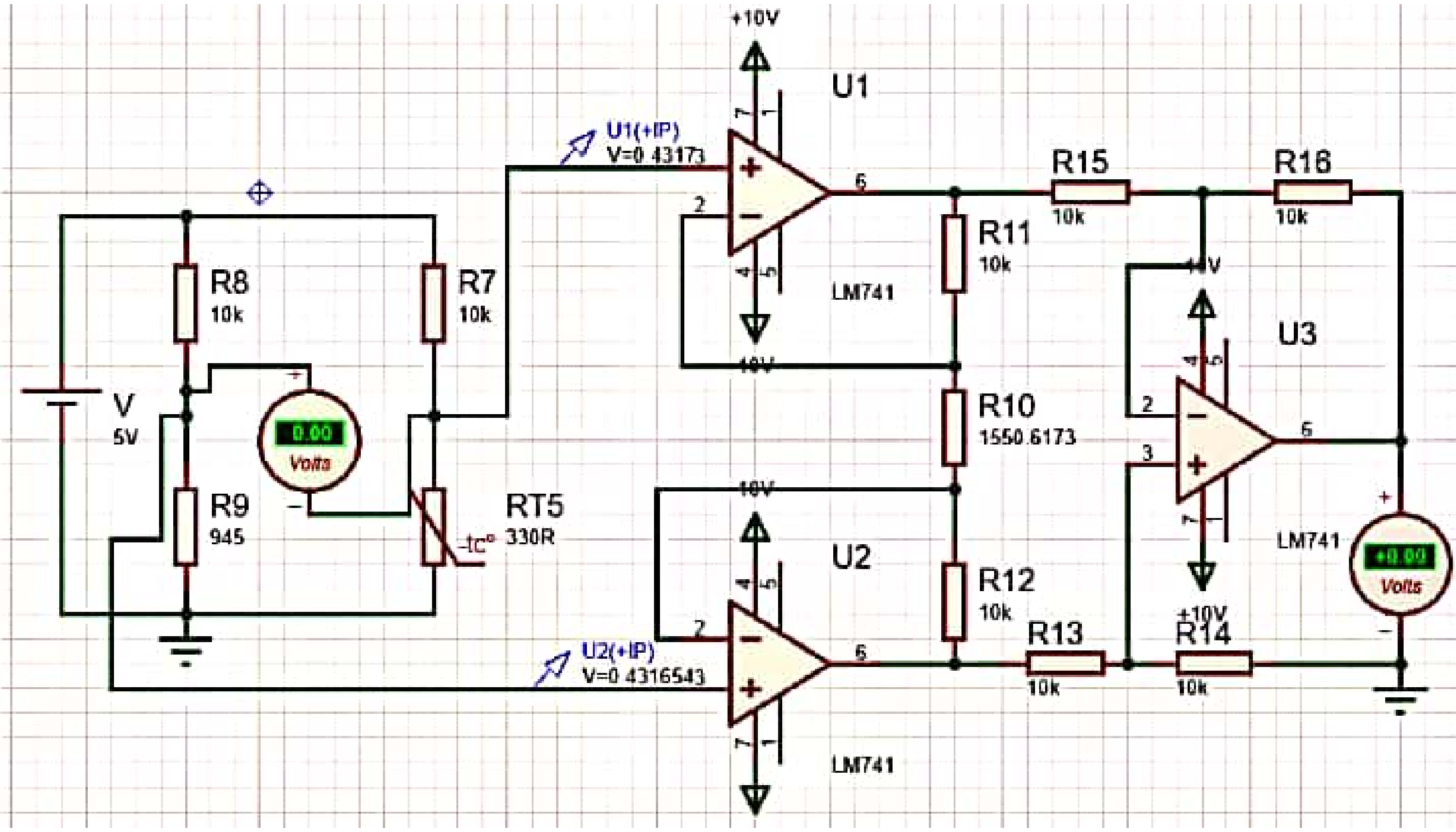
$$13.13387253 = \frac{2(10k\Omega)}{R_{gain}}$$

$$6.566936264 = \frac{10k\Omega}{R_{gain}}$$

$$R_{gain} = \frac{10k\Omega}{6.566936264}$$

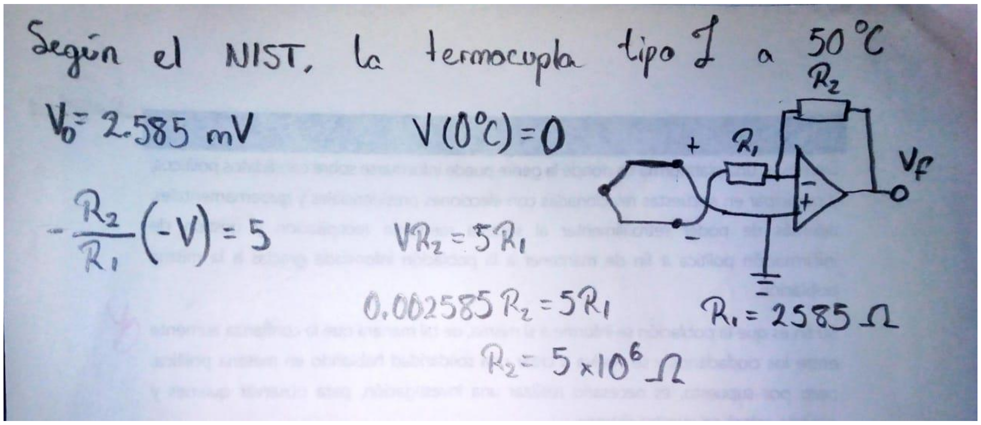
$$R_{gain} = 1522.780121\,\Omega$$

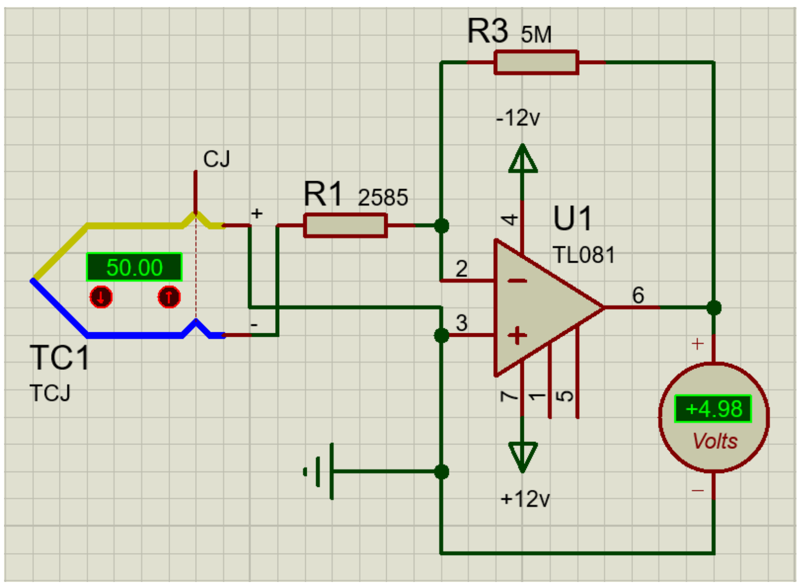

U1
U1(+IP)
V=0.0654587
R15
10k
R16
10k
R11
10k
LM741
R8
10k
R7
10k
U3
V
5V
+0.37
Volts
R10
1550.6173
R9
945
RT5
330R
-tc°
U2
LM741
+5.09
Volts
R12
10k
R13
10k
R14
10k
U2(+IP)
V=0.4316513
LM741

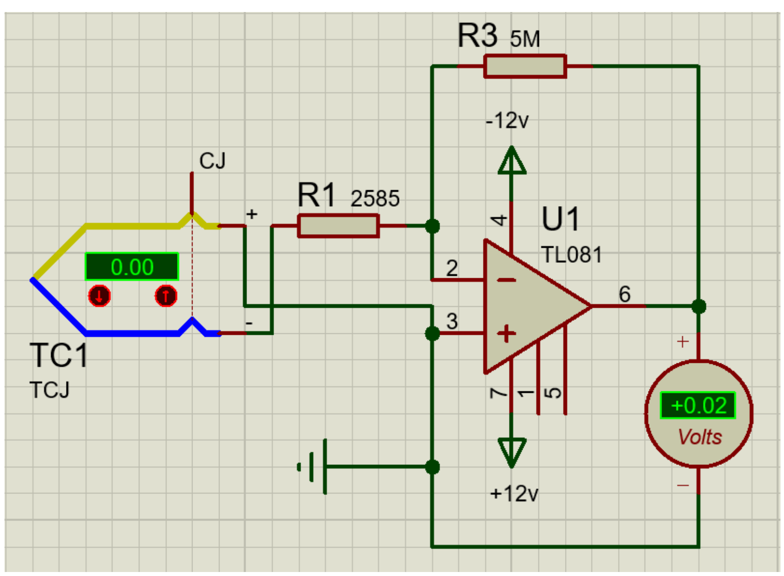


Scanned by CamScanner

Termopar:


Según el NIST, la termocupla tipo J a 50 °C
$V_0 = 2.585$ mV
$V(0°C) = 0$
$-\frac{R_2}{R_1}(-V) = 5$
$VR_2 = 5R_1$
$0.002585\,R_2 = 5R_1$
$R_1 = 2585\ \Omega$
$R_2 = 5\times10^6\ \Omega$
R_2
R_1
V_f


R3 5M
-12v
CJ
R1 2585
U1
TL081
50.00
TC1
TCJ
+4.98
Volts
+12v


R3 5M
-12v
CJ
R1 2585
U1
TL081
0.00
TC1
TCJ
+0.02
Volts
+12v

Sumado amplificador inversor

$$V_{out} = -R_F\left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3}\right)$$

$$-5v = -R_F\left(\frac{5v}{10k\Omega} + \frac{5v}{10k\Omega} + \frac{5v}{10k\Omega}\right)$$

$$-5v = -(5v)R_F\left(\frac{3}{10k\Omega}\right)$$

$$1 = R_F\left(\frac{3}{10k\Omega}\right)$$

$$\frac{10k\Omega}{3} = R_F$$

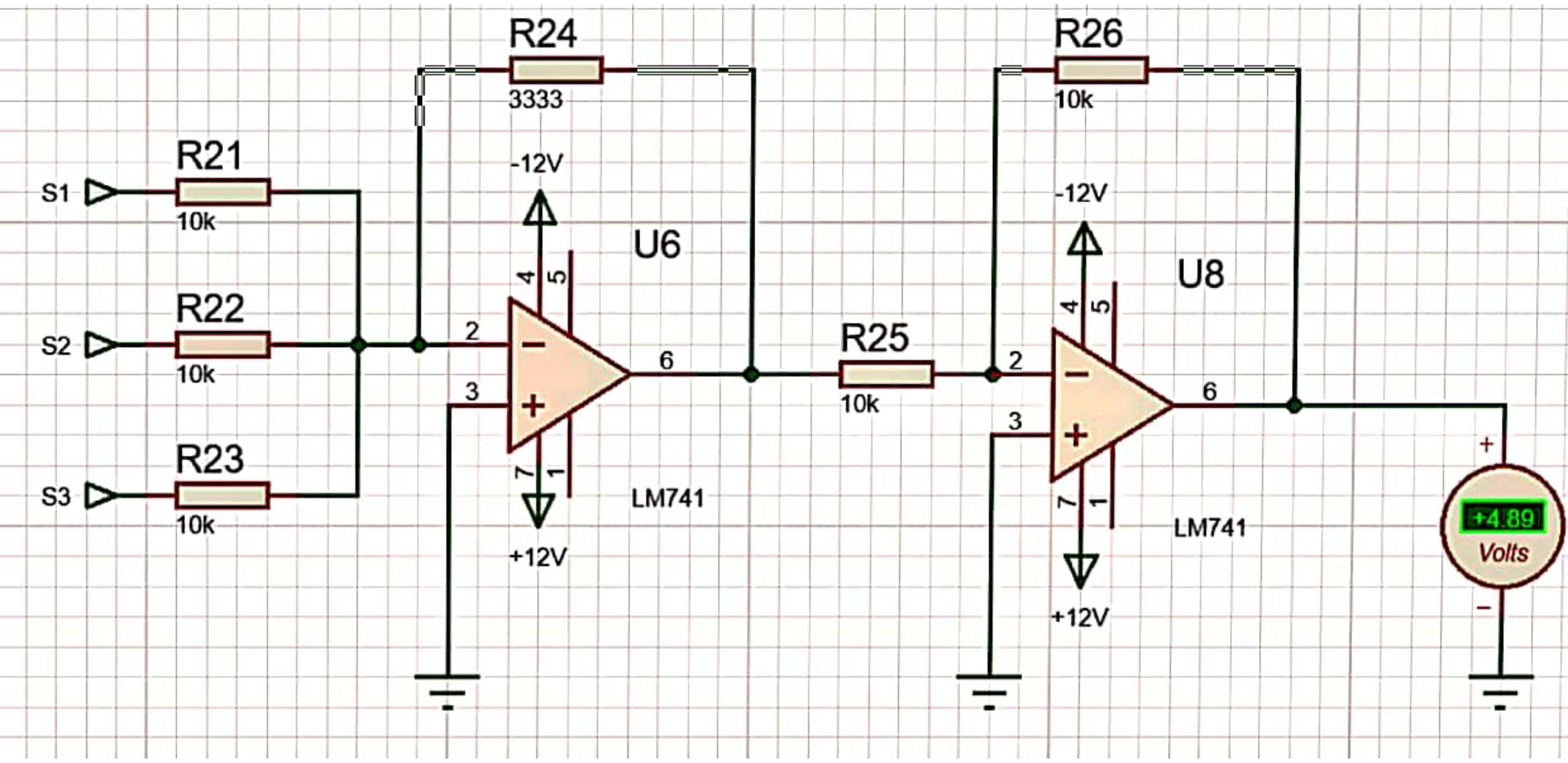
$$\underline{R_F = 3333.\bar{3}\,\Omega}$$

Amplificador inversor

$$V_{out} = -V_{in} \cdot \frac{R_2}{R_1}$$

$$V_{out} = -(-5v)\frac{10k\Omega}{10k\Omega} = 1$$

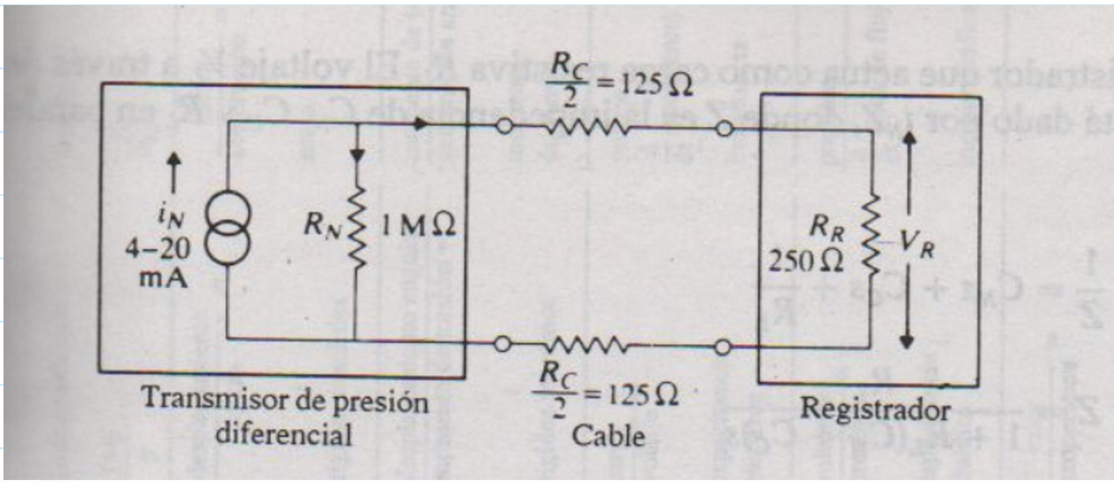
$$\underline{V_{out} = 5v}$$


R24
3333
R26
10k
R21
S1
10k
-12V
U6
-12V
U8
R22
S2
10k
R25
10k
R23
S3
10k
LM741
+12V
LM741
+12V
+4.89
Volts

Problema 2

Thursday, February 25, 2021 2:51 PM

2. Un transmisor Electrónico diferencial genera una salida de corriente de 4 a 20 mA, linealmente relacionada con una entrada de presión diferencial de 0 a 10^4 Pa. La impedancia de Norton del transmisor es $10^5 \Omega$. El transmisor está conectado a un indicador de impedancia de 250Ω vía cable, cuya resistencia total es de 500Ω. El indicador da una lectura entre 0 y 10^4 Pa, para un voltaje de entrada de 1V a 5 V. Calcule el error de medición del sistema, a causa de la carga para una presión de entrada de 5×10^3 Pa.



Calculemos el modelo de respuesta lineal en corriente del transmisor:

$$\frac{20\,mA - 4\,mA}{10^4\,Pa - 0\,Pa} = \frac{16\,mA}{10^4\,Pa} = 0.0016\,mA/Pa$$

$$\rightarrow Y = (0.0016\,mA/Pa)X + 4\,mA \ldots (1)$$

Usando (1), calculemos la corriente para una presión de 5×10^3 Pa:

$$Y = (0.0016\,mA/Pa)(5 \times 10^3\,Pa) + 4\,mA$$

$$y = (0.0016\,mA/Pa)(5\times10^3\,Pa) + 4\,mA$$
$$y = 12\,mA$$

Ahora, del diagrama del circuito calculemos la R_T para conocer V_T:

$$R_T = (1M\Omega \parallel 500\Omega) = \frac{(1M\Omega)(500\Omega)}{1M\Omega + 500\Omega} = 499.7501\,\Omega$$

Entonces, por ley de Ohm:

$$V_T = I_T R_T = (12mA)(499.7501\Omega) = 5.997\,V$$

Usando un divisor de voltaje, para el Voltaje en R_R:

$$V_R = \frac{(250\Omega)(5.997V)}{(250\Omega + 125\Omega + 125\Omega)} = 2.9985\,V \quad \dots (2)$$

Calculemos el modelo lineal para la lectura del medidor:

$$m = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} = \frac{10^4 Pa - 0\,Pa}{5V - 1V} = \frac{10^4 Pa}{4V} = 2{,}500\,Pa/V$$

$$\rightarrow y = (2{,}500\,Pa/V)X - 2{,}500\,Pa \quad \dots (3)$$

Sustituyendo (2) en (3):

$$y = (2{,}500\,Pa/V)(2.9985V) - 2{,}500\,Pa$$
$$y = 4{,}996.2518\,Pa // \quad (4)$$

$$y = 4,996.2518\ \underline{Pa} \quad \dots (4)$$

Una vez calculado el valor medido, calculemos el valor real para obtener el error.

Suponiendo que los 12mA entran integros al lazo del medidor, por ley de ohm tenemos:

$$V_R = I_R R_R = (12mA)(250\,\Omega) = 3\,V \quad \dots (5)$$

Sustituyendo (5) en (3):

$$y = (2,500\ Pa/V)(3V) - 2,500\ Pa$$
$$y = 5,000\ \underline{Pa}$$

Sacando la diferencia de (4) y (5):

$$\Delta = |\,5,000\,Pa - 4,996.2518\,Pa\,| = \underline{3.7482\ Pa}$$

Problema 3

Tuesday, March 30, 2021 12:29 AM

3. Un sensor con resistencia de Platino se utiliza para medir temperatura entre 0 y 200 ^oC. Puesto que la resistencia $R_T\Omega$ a T^oC está dado por: $R_T = R_0(1+\alpha T+\beta T^2)$ y $R_0 = 100.0\Omega$, $R_{100} = 138.5\Omega$, $R_{200} = 175.83\Omega$, Calcule:

   a) Los valores de α y β

Con $T = 100\ °C$:

$$138.5\Omega = 100\Omega(1+\alpha(100°C)+\beta(100°C)^2) \quad \cdots (1)$$

Con $T = 200°C$

$$175.83\Omega = 100\Omega(1+\alpha(200°C)+\beta(200°C)^2) \quad \cdots (2)$$

Desarrollando (1):

$$138.5\Omega = 100\Omega + \alpha(10{,}000\,\Omega°C) + \beta(1{,}000{,}000\,\Omega°C^2)$$

$$38.5\Omega - (1{,}000{,}000\,\Omega°C^2)\beta = \alpha(10{,}000\,\Omega°C)$$

$$\frac{38.5\Omega - (1{,}000{,}000\,\Omega°C^2)\beta}{10{,}000\,\Omega°C} = \alpha$$

$$0.00385\ {}^1/{}_{°C} - 100\ °C\ \beta = \alpha \quad \ldots (3)$$

Desarrollando (2):

$$175.83\Omega = 100\Omega + \alpha(20{,}000\,\Omega°C) + \beta(4{,}000{,}000\,\Omega°C^2)$$

$$75.83\Omega - \alpha(20{,}000\,\Omega°C) = \beta(4{,}000{,}000\,\Omega°C^2)$$

$$\frac{75.83\Omega - \alpha(20{,}000\,\Omega°C)}{4{,}000{,}000\,\Omega°C^2} = \beta$$

$$0.0000189575\ {}^1/{}_{°C^2} - \alpha(0.005\ {}^1/{}_{°C}) = \beta \quad \cdots (4)$$

Sustituyendo (4) en (3):

$$0.00385\ 1/°C - 100°C\left(0.0000189575\ 1/°C^2 - \alpha\,(0.005\ 1/°C)\right) = \alpha$$

$$0.00385\ 1/°C - 0.00189575\ 1/°C + (0.5)\alpha = \alpha$$

$$0.00195425\ 1/°C = (0.5)\alpha$$

$$0.0039085\ 1/°C = \alpha \ldots (5)$$

Sustituyendo (5) en (3):

$$0.00385\ 1/°C - (100°C)\beta = 0.0039085\ 1/°C$$

$$\frac{0.00385\ 1/°C - 0.0039085\ 1/°C}{100°C} = \beta$$

$$-0.000000585\ 1/°C^2 = \beta \ \cdots \ (6)$$

Comprobando en (1):

$$138.5\,\Omega = 100\,\Omega\left(1 + (0.0039085\ 1/°C)(100°C) - (5.85E^{-7}\ 1/°C^2)(100°C)^2\right)$$

$$138.5\,\Omega = 100\,\Omega + 39.085\,\Omega - 0.585\,\Omega$$

$$\boxed{138.5\,\Omega = 138.5\,\Omega}$$

b) La no linealidad como un porcentaje de deflexión a escala completa a $100°C$

Calculemos el modelo de recta ideal para el comportamiento del sensor:

$$\frac{138.5\,\Omega - 100\,\Omega}{100°C - 0°C} = 0.385\,\Omega/°C$$

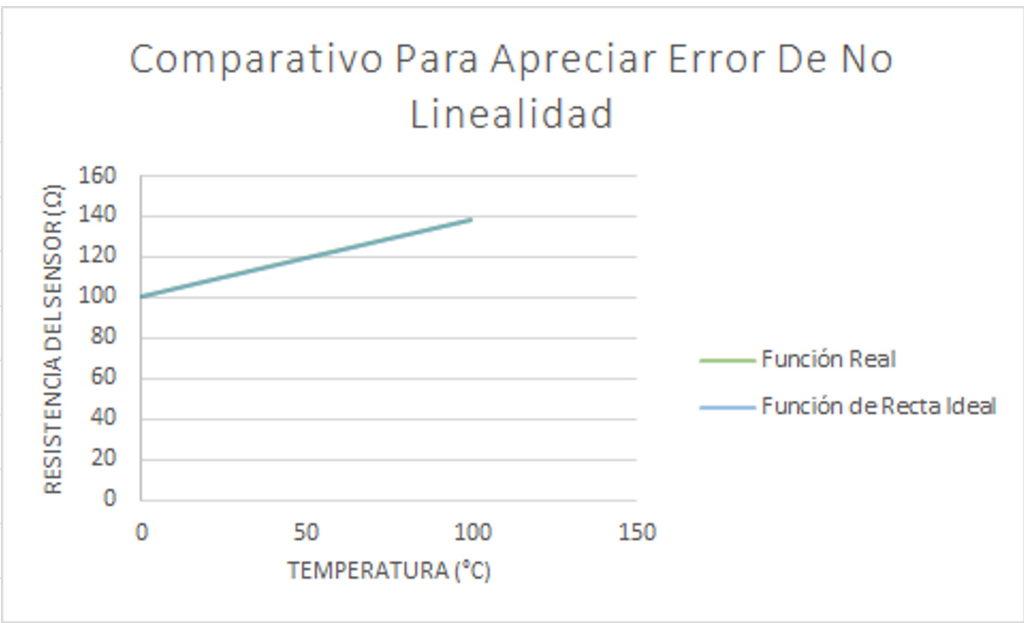
$$y = (0.385\,\Omega/°C)x + 100\,\Omega$$

Tabulando:

Grado (°C)	Función Real	Función de la Recta	Diferencia de Valores
0	100	100	0
5	101.981288	101.925	0.0562875
10	103.95665	103.85	0.10665
15	105.926088	105.775	0.1510875
20	107.8896	107.7	0.1896
25	109.847188	109.625	0.2221875
30	111.79885	111.55	0.24885
35	113.744588	113.475	0.2695875
40	115.6844	115.4	0.2844
45	117.618288	117.325	0.2932875
50	119.54625	119.25	0.29625 ← Máx.
55	121.468288	121.175	0.2932875
60	123.3844	123.1	0.2844
65	125.294588	125.025	0.2695875
70	127.19885	126.95	0.24885
75	129.097188	128.875	0.2221875
80	130.9896	130.8	0.1896
85	132.876088	132.725	0.1510875
90	134.75665	134.65	0.10665
95	136.631288	136.575	0.0562875
100	138.5	138.5	0

Diferencia Mínima	Diferencia Máxima
0	0.29625

Graficando:



Calculando lo que se pide en B):

$$\%\hat{N} = \frac{\hat{N}}{O_{máx.} - O_{mín.}} \times 100$$

$$= \frac{0.29625 \times 100}{138.5 - 100} = \frac{29.625}{38.5} = 0.7694\%$$

$$= \frac{0.29625 \times 100}{138.5 - 100} = \frac{29.625}{38.5} = 0.7694\%$$