



# Instituto Politécnico Nacional

## Escuela Superior de Cómputo

Termómetro MTS102

Práctica

**Materia:**

Instrumentación

**Grupo:**

3CM13

**Profesor:**

Martínez Díaz Juan Carlos

**Alumno:**

Castro Cruces Jorge Eduardo

**Boleta:**

2015080213

**Fecha:**

Viernes, 30 de abril de 2021

# CONTENIDO

OBJETIVOS .....	3
Objetivo general:.....	3
□ Diseñar y simular un sistema que muestre la información en base a la temperatura registrada por el Transistor MTS102. ....	3
Objetivos específicos: .....	3
INTRODUCCIÓN .....	4
Descripción de la Práctica:.....	4
Diagrama de bloques:.....	4
REF200 .....	4
MTS102 .....	5
OP07AJ8 .....	6
Display LCD .....	7
□ Descripción: .....	7
□ Características: .....	8
□ Ventajas: .....	8
□ Desventajas: .....	8
□ Valores de operación:.....	8
□ Descripción de terminales:.....	9
DESARROLLO .....	10
Instrucciones: .....	10
Diseño del primer bloque: Fuentes de corriente (transistor BJT 2N222): .....	11
Diseño del segundo bloque: Termómetro (Transistor MTS102)(Entrada): .....	14
Análisis del circuito simulado usando el transistor BCW72:.....	16
Diseño del tercer bloque: Circuito Acondicionador de Señal (CAS): .....	19
Tabla de valores de CAS.....	22
Diseño del cuarto bloque: Tarjeta de Adquisición de Datos (Arduino): .....	23
Visualización de resultados y unificación del sistema completo: .....	24
RESULTADOS.....	26
Tablas comparativas de los resultados Teóricos: .....	26
Análisis de la tabla comparativa: .....	26
Obtención de las curvas de transferencia de Datos Simulados: .....	27
CONCLUSIÓN .....	28

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general:**

- Diseñar y simular un sistema que muestre la información en base a la temperatura registrada por el Transistor MTS102.

### **Objetivos específicos:**

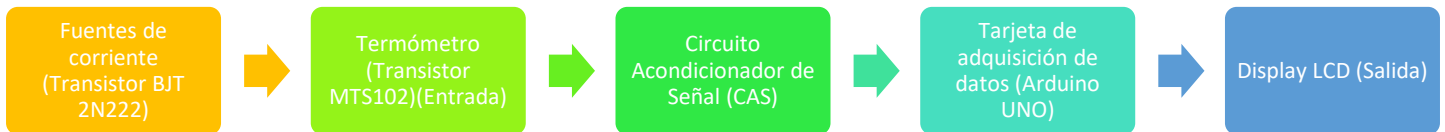
- Diseñar dos fuentes de corriente utilizando transistores BJT 2N222 en modo de saturación.
- Corroborar el comportamiento un transistor MTS102, como base para la construcción de un circuito sensor de temperatura.
- Implementar un Circuito Acondicionador de señal para los rangos de voltaje de un sensor de temperatura a partir del comportamiento de un transistor.
- 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 de la unión PN en un transistor MTS102, que no está diseñado para ser un sensor de temperatura, pero es un transistor sensible a ella, lo cual hace que el voltaje que pasa por sus terminales base y emisor sea notorio al cambiar la temperatura. 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:



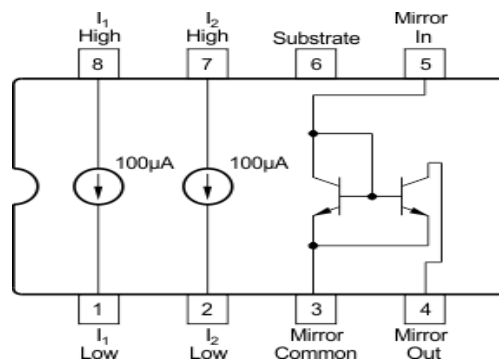
*Diagrama de bloques del sistema*

## REF200

El REF200 combina tres bloques de construcción de circuitos en un solo chip monolítico: dos fuentes de corriente de  $100\ \mu\text{A}$  y un espejo de corriente. Las secciones están aisladas dieléctricamente, lo que las hace completamente independientes. Además, debido a que las fuentes de corriente son dispositivos de dos terminales, pueden usarse igualmente bien como sumideros de corriente. El rendimiento de cada sección se mide individualmente y se recorta con láser para lograr una alta precisión a bajo costo. Las secciones se pueden sujetar por pines para corrientes de  $50\ \mu\text{A}$ ,  $100\ \mu\text{A}$ ,  $200\ \mu\text{A}$ ,  $300\ \mu\text{A}$  o  $400\ \mu\text{A}$ . Los circuitos externos pueden obtener virtualmente cualquier corriente. Estas y muchas otras técnicas de circuitos se muestran en la sección Información de la aplicación de esta hoja de datos.

## Características:

- Completamente flotante: no hay fuente de alimentación o conexiones a tierra
- Alta precisión:  $100\ \mu\text{A} \pm 0.5\%$
- Coeficiente de baja temperatura:  $\pm 25\ \text{ppm} / ^\circ\text{C}$
- Cumplimiento de voltaje amplio:  $2.5\ \text{V}$  a  $40\ \text{V}$  • Incluye espejo actual



*Diagrama interno del encapsulado REF200*

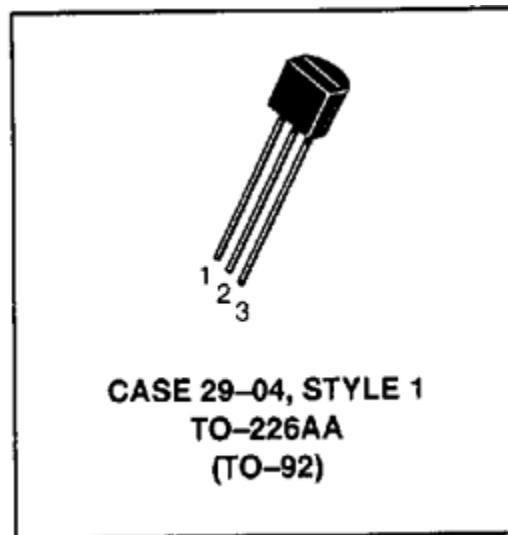
## MTS102

### DATOS TÉCNICOS DEL SEMICONDUCTOR DE MOTOROLA

#### Sensores de temperatura de silicio

Diseñado para su uso en aplicaciones de detección de temperatura en productos automotrices, de consumo e industriales que requieren bajo costo y alta precisión. • Precisión de temperatura precisa en temperaturas extremas MTS102:  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  de  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $+150^{\circ}\text{C}$

- Coeficiente de temperatura preciso
- Constante de tiempo térmico rápido 3 segundos - Líquido 8 segundos - Aire
- Relación entre curva de temperatura y VBE lineal
- Otros paquetes disponibles



*Imagen ilustrativa del Transistor MTS102*

#### MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Emitter—Base Voltage	VEB	4.0	Vdc
Collector Current — Continuous <sup>(5)</sup>	Ic	100	mAdc
Operating and Storage Junction Temperature Range	Tj, Tstg	-55 to +150	°C

*Tabla de valores máximos del MTS102*

## OP07AJ8

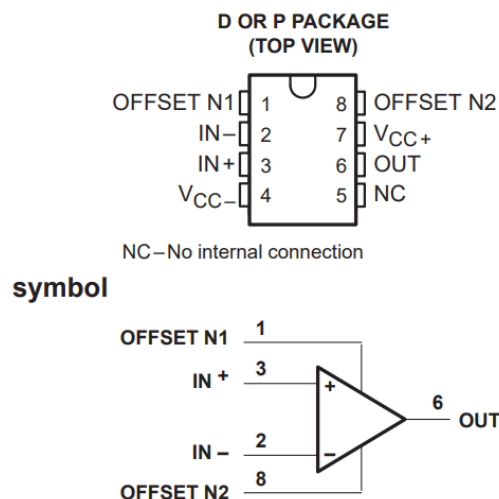
OP07 tiene muy baja entrada de voltaje compensado ( $75 \mu\text{V}$  (máximo) para OP07E) que se obtiene recortando la etapa de la oblea. Estos voltajes de offset bajo generalmente eliminan cualquier necesidad de anulación externa. La serie OP07 también cuenta con baja corriente de polarización de entrada ( $\pm 4 \text{ nA}$  para OP07E) y alta ganancia de bucle abierto ( $200 \text{ V/mV}$  para OP07E). Las compensaciones de baja y alta ganancia de bucle abierto hacen que la serie OP07 sea particularmente útil para aplicaciones de instrumentación de alta ganancia.

La gama de voltaje de entrada ancha de  $\pm 13 \text{ V}$  (mínimo) combinado con un CMRR alto de  $106 \text{ dB}$  (OP07E) y alta impedancia de entrada proporcionan alta exactitud en la configuración de circuito no inversor. Excelente linealidad y precisión de ganancia se puede mantener incluso a altas ganancias de bucle cerrado. La estabilidad de offset y ganancia con el tiempo o las variaciones de temperatura son excelentes. La precisión y estabilidad de la serie OP07, incluso a alta ganancia, combinadas con la libertad de anulación externa han hecho que la serie OP07 sea un estándar industrial para aplicaciones de instrumentación.

OP07 está disponible en dos grados de rendimiento estándar. La serie OP07E está especificada para la operación sobre el rango de  $0^\circ\text{C}$  a  $70^\circ\text{C}$ , y la serie OP07C se especifica sobre los rangos de temperatura de  $-40^\circ\text{C}$  a  $85^\circ\text{C}$ . OP07 está disponible en epoxi, PDIP de 8 conductores y SOIC de 8 conductores. Es un reemplazo directo de los amplificadores serie 725, 108A y OP05; los tipos 741 pueden ser reemplazados directamente quitando el potenciómetro de anulación del 741. Para ver las especificaciones mejoradas, ver las series OP177 o OP1177. Para paquetes DIP y TO-99 de cerámica y versiones de circuito de micro estándar (DME), ver la serie OP77.

### Características:

- Baja VOS:  $75 \mu\text{V}$  (máx.)
- Baja deriva VOS:  $1.3 \mu\text{V} / ^\circ\text{C}$  (máxima)
- Ultraestables vs tiempo:  $1.5 \mu\text{V/mes}$  (máx.)
- Bajo ruido:  $0.6 \text{ MV p-p}$  (máximo)
- Amplio rango de voltaje de entrada:  $\pm 14 \text{ V}$
- Amplio rango de voltaje de suministro:  $\pm 3 \text{ V}$  a  $\pm 18 \text{ V}$
- Se adapta a enchufes 725, 108A/308A, 741 y AD510
- Chips con prueba temperatura de  $125^\circ\text{C}$



*Simbología y asignación de pines del OP07AJ8*

## Tabla de atributos:

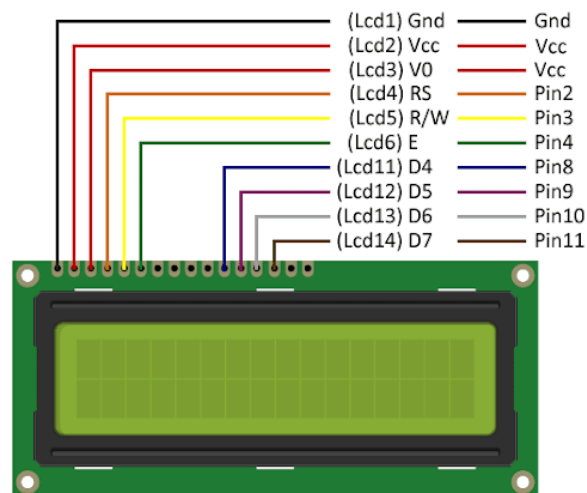
TIPO	DESCRIPCIÓN
Categoría	Circuitos integrados (CI) Lineal - Amplificadores - Instrumentación, amplificadores operacionales - Amplificador búfer
Fabricante	Analog Devices Inc.
Serie	*
Paquete	Tubo
Estado de la pieza	Obsoleto
Tipo de amplificador	Propósito general
Tipo de salida	-
Velocidad de respuesta	0.25V/μs
Corriente - Suministro	-
Voltaje - Suministro, simple/doble (±)	±3V ~ 18V
Temperatura de funcionamiento	-55°C ~ 125°C
Tipo de montaje	Orificio pasante
Paquete / Caja (carcasa)	8-CDIP (0.300", 7.62mm)
Paquete del dispositivo del proveedor	8-CDIP
Número de circuitos	1
Producto de ancho de banda de ganancia	600 kHz
Corriente - Derivación de entrada	700 pA
Voltaje - Desviación de entrada	10 μV
Número de producto base	OP07

*Tabla de los atributos principales del OP07AJ8*

## 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 una unión p-n de un transistor MTS102 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:

- Fuentes de corriente (Transistor BJT 2N222):

Consideramos las fuentes de corriente como un bloque extra, ya que típicamente estas dos fuentes se encuentran dentro del circuito integrado REF200. Más adelante se explicará con más detalle cómo se logró simular, con ayuda de dos transistores BJT en modo de saturación, las fuentes de corriente, que alimentarán al siguiente bloque del Termómetro.

- Termómetro (Transistor MTS102)(Entrada):

Este bloque se encarga de fungir como termómetro, ya que, sabemos que el transistor MTS102 es sumamente sensible a la temperatura y esto se ve reflejado en su voltaje Base – Emisor.

- Circuito Acondicionador de Señal:

Es Circuito Acondicionador de Señal se va a encargar de modificar y acoplar la señal de salida del Termómetro MTS102 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)
- Vbase-emisor
- Temperatura (°C, °K)

- Liquid - Crystal Display:

Módulo final donde se proyectarán los valores anteriormente mencionados.

### Diseño del primer bloque: Fuentes de corriente (transistor BJT 2N222):

Sabemos que vamos a usar dos transistores BJT 2N222 en modo de saturación que van a fungir como fuentes de corriente de  $100\mu A$  cada una:

Aplicando las siguientes formulas, vistas en el curso de Electrónica Analógica:

Fórmula para calcular la corriente de la Base:

$$I_B = \frac{V_{CC} - 0.7V}{R_B}$$

Fórmula para calcular la corriente del Emisor:

$$\beta * I_B = I_E$$

Sabemos que la beta de nuestro transistor BJT 2N222 es de 250, entonces evaluamos:

$$250 * I_B = 100\mu A$$

$$I_B = \frac{100\mu A}{250} = 0.0000004$$

Procedemos a evaluar en la primera ecuación con el nuevo valor obtenido:

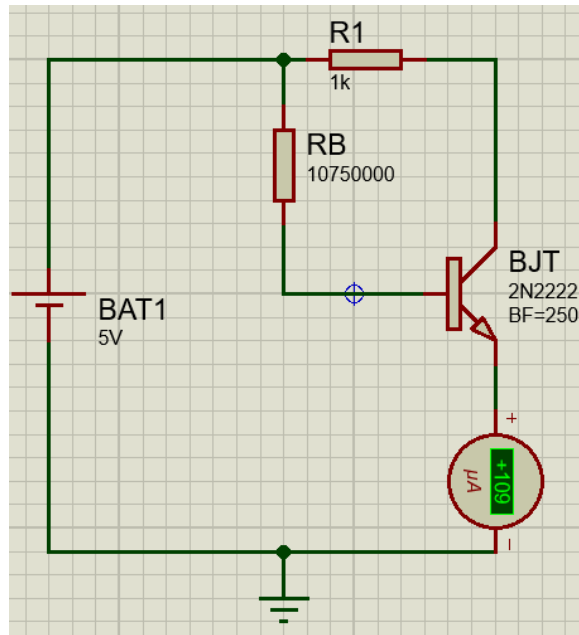
$$0.0000004 = \frac{V_{CC} - 0.7V}{R_B}$$

$$R_B = \frac{V_{CC} - 0.7V}{0.0000004}$$

Nuestro voltaje de alimentación es de 5V:

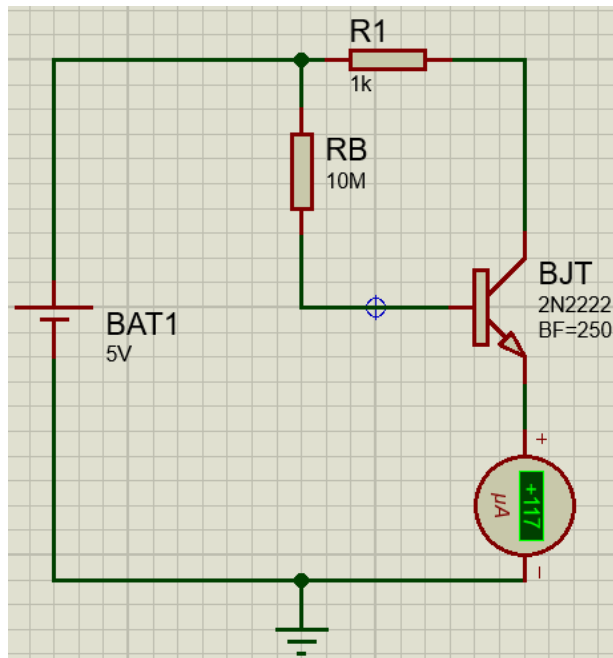
$$R_B = \frac{5 - 0.7V}{0.0000004} = 10750000\Omega = 10.75M\Omega$$

Apreciamos la simulación con los valores calculados:



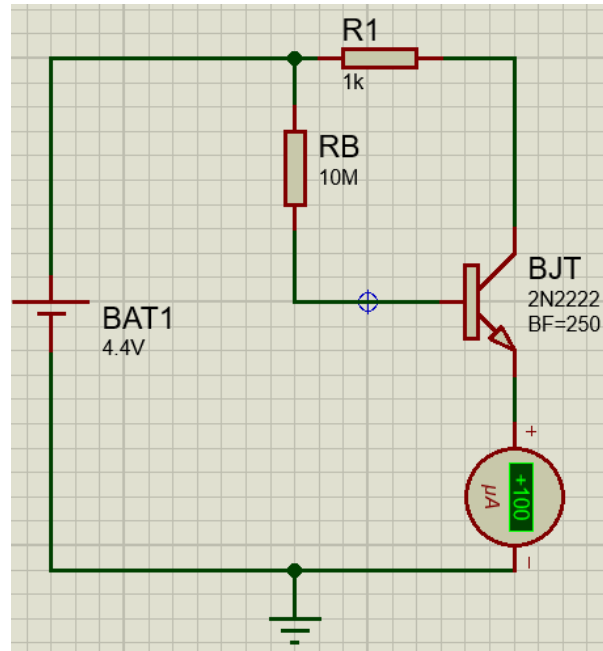
*Simulación de Propuesta de configuración del Transistor BJT 2N222 en modo de saturación*

Sustituimos nuestra resistencia  $R_B$ , por una de  $10M\Omega$ , ya que comercialmente no se produce y esto nos arroja una simulación más aterrizada a la realidad:



*Simulación de Propuesta de configuración del Transistor BJT 2N222 en modo de saturación con  $R_B=10M$*

La única forma de acercarnos a la corriente deseada de  $100\mu A$  es reducir el  $V_{CC}$ , ya que es inversamente proporcional a  $R_B$ :



*Propuesta final del circuito que va a fungir como fuente de corriente para nuestro Termómetro*

### Diseño del segundo bloque: Termómetro (Transistor MTS102)(Entrada):

Hacemos uso de la fórmula que se calculó en clase:

$$V_{BE} = 0.595 V - 2.265 \frac{mV}{C} (T - 25^{\circ}C)$$

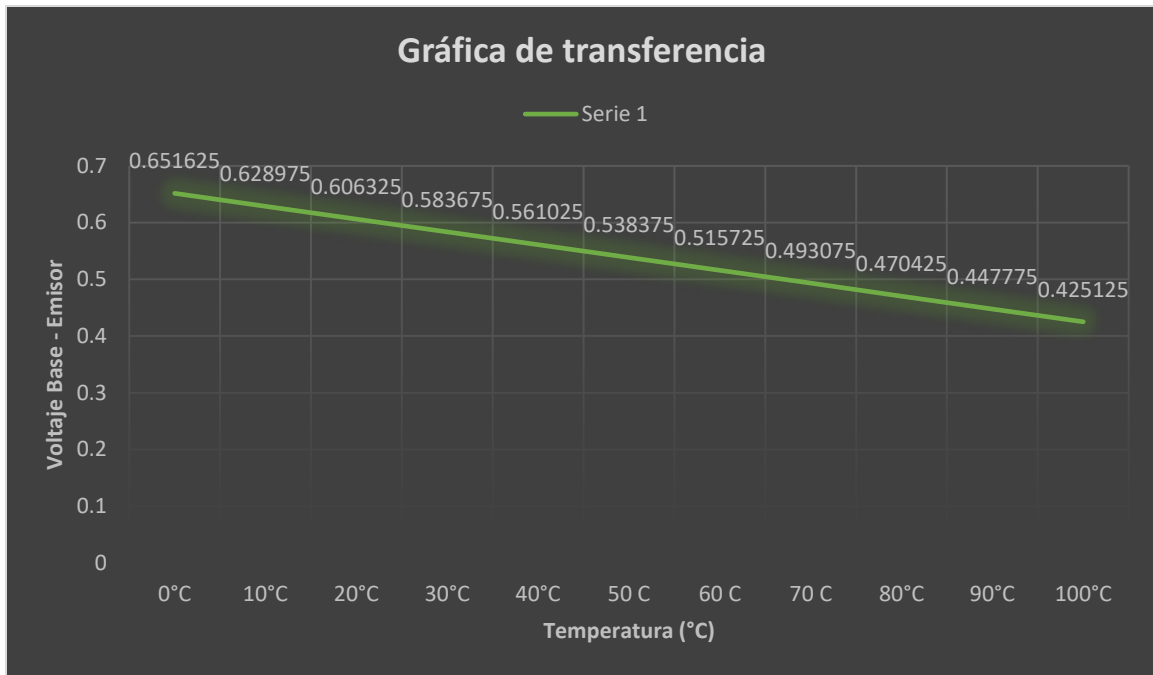
Sabemos que el rango de temperatura que queremos medir va desde 0°C hasta 100°C, para lo cual evaluamos en la fórmula, calculamos su tabla de valores y su gráfica de transferencia:

$$V_{BE} = 0.595 V - 2.265 \frac{mV}{C} (0^{\circ}C - 25^{\circ}C) = 0.651625V$$

$$V_{BE} = 0.595 V - 2.265 \frac{mV}{C} (100^{\circ}C - 25^{\circ}C) = 0.425125V$$

Temperatura (°C)	Voltaje $V_{BE}$ (V)
0°C	0.651625
10°C	0.628975
20°C	0.606325
30°C	0.583675
40°C	0.561025
50 C	0.538375
60 C	0.515725
70 C	0.493075
80°C	0.470425
90°C	0.447775
100°C	0.425125

*Tabla de valores Temperatura vs Voltaje Base-Emisor*

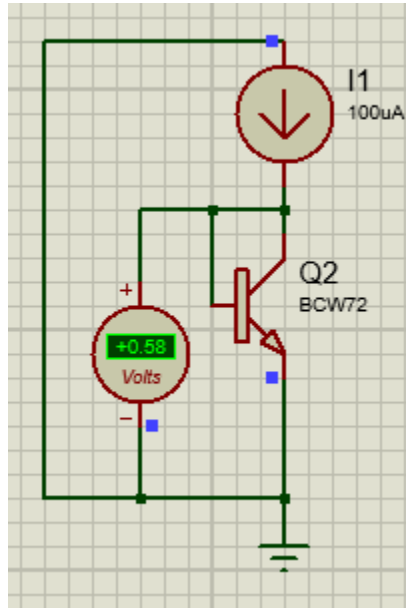


*Gráfica de transferencia Temperatura vs Voltaje Base-Emisor*

En ambas, tanto en la tabla como en la gráfica, podemos apreciar la linealidad de la relación.

### Análisis del circuito simulado usando el transistor BCW72:

Proponemos el transistor para propósito general BCW72 este tiene un  $V_{BE} = 750mV$  cuando está saturado con  $I_C = 100mA$  pero como nosotros estaremos utilizando este transistor con una corriente de  $I_C = 100\mu A$  tenemos que medir nuestro voltaje con esa corriente  $V_{BE}$  a  $25^\circ C$ . y partiendo de eso haremos cálculos para ajustar el voltaje de salida del transistor para cualquier temperatura:



*Voltaje base-emisor de un transistor BCW72 alimentado con  $I_C = 100\mu A$*

De acuerdo con la simulación anterior, sabemos:

$$V_{EB} = 0.58 \text{ v} \rightarrow T_0 = 25^\circ C ; I_B = 0.1mA$$

Por lo que al saber que  $I_C$  no necesariamente debe de ser contemplada en la ecuación puesto que esta no va a variar con la temperatura del transistor.

Como vimos antes, al estar el transistor conectado como diodo y puesto que la corriente fluye por este como si fuera una conexión P-N, el coeficiente de temperatura es  $T_c = -2.234 \text{ mV}/^\circ K$  por lo que si tenemos que el calentamiento del BCW72 tiene una forma lineal podemos decir que la ecuación de salida se ve como:

$$y = mx + b$$

Y haciendo uso de la ecuación del sensor de temperatura obtenida en clase:

$$V_{sal} = -\frac{2.234mv}{^\circ C}(T_0(^{\circ}C) - 25^{\circ}C) + (0.58 \text{ v})$$

Procedemos a comprobar estos resultados evaluando algunos valores para continuar con los cálculos correspondientes:

$$T_0 = 0^{\circ}C \rightarrow V_{sal} = -\frac{2.234mv}{^\circ C}(0^{\circ}C - 25^{\circ}C) + (0.58 \text{ v}) = 0.63585 \text{ v} = 635.85 \text{ mV}$$



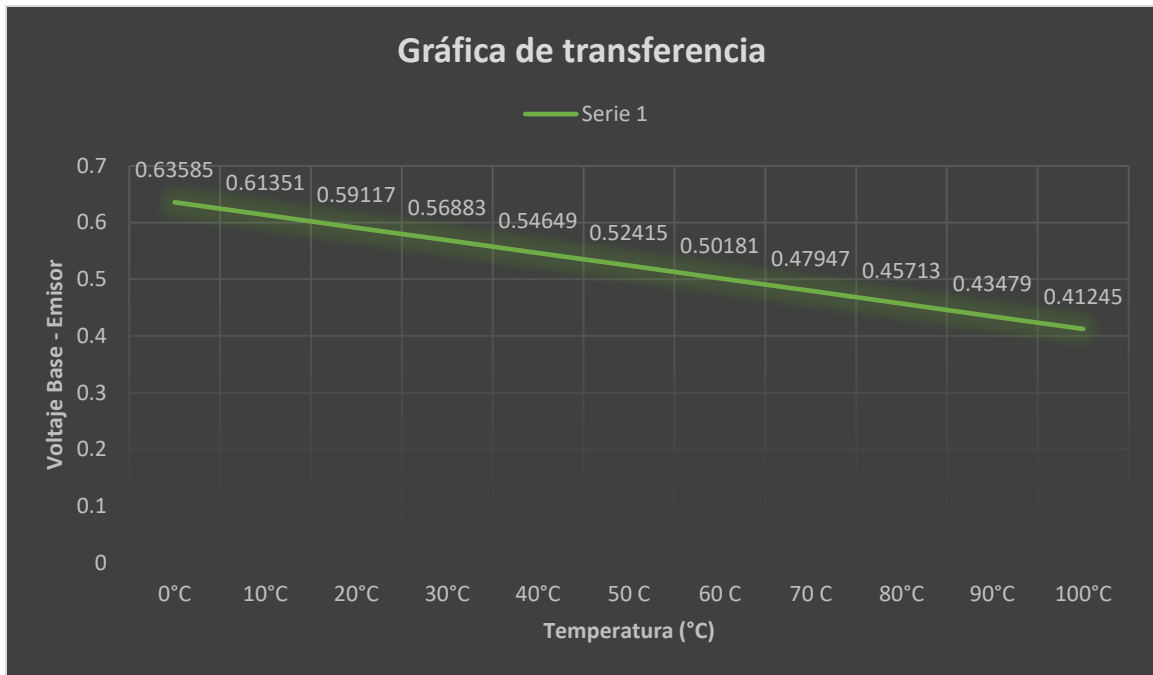
$$T_0 = 50^{\circ}\text{C} \rightarrow V_{sal} = -\frac{2.234\text{mv}}{^{\circ}\text{C}}(50^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}) + (0.58\text{ v}) = 0.52415\text{ v} = 524.15\text{ mV}$$

$$T_0 = 100^{\circ}\text{C} \rightarrow V_{sal} = -\frac{2.234\text{mv}}{^{\circ}\text{C}}(100^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}) + (0.58\text{ v}) = 0.41245\text{ v} = 412.45\text{ mV}$$

A continuación, calculamos valores para la tabla:

Temperatura (°C)	Voltaje $V_{BE}$ (V)
0°C	0.63585
10°C	0.61351
20°C	0.59117
30°C	0.56883
40°C	0.54649
50 C	0.52415
60 C	0.50181
70 C	0.47947
80°C	0.45713
90°C	0.43479
100°C	0.41245

*Tabla de valores Temperatura vs Voltaje Base-Emisor*



*Gráfica de transferencia Temperatura vs Voltaje Base-Emisor*

### Diseño del tercer bloque: Circuito Acondicionador de Señal (CAS):

La siguiente, es la fórmula que obtuvimos en clase, y nos sirve para representar el comportamiento de CAS:

$$V_o = I_o R_o \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) - V_{BE} \left( \frac{R_2}{R_1} \right)$$

Recordando el bloque anterior donde calculamos  $V_{BE}$  a diferentes temperaturas, tenemos la siguiente relación:

$$0^\circ C \rightarrow V_{BE} = 0.63585V$$

$$100^\circ C \rightarrow V_{BE} = 0.41245V$$

Con esto podremos definir que valores queremos que entregue a  $0^\circ C$  y  $100^\circ C$ :

$$0V = I_o R_o \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) - 0.63585V \left( \frac{R_2}{R_1} \right)$$

$$5V = I_o R_o \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) - 0.41245V \left( \frac{R_2}{R_1} \right)$$

Al ser nuestro bloque de acondicionamiento de comportamiento lineal podemos expresarlo como:  $y = mx + b$

De tal forma que:

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{5 - 0}{0.4125 - 0.6359} = -22.3814$$

$$V_o = V_{BE}(-22.3814) + b$$

Para  $V_o = 0 \text{ v} \rightarrow V_{BE} = 0.6359 \text{ v}$

$$0 = (0.6359)(-22.3814) + b \rightarrow b = 14.2323$$

Comprobamos para  $V_o = 5 \text{ v} \rightarrow V_{BE} = 0.4125 \text{ v}$

$$0 = (0.4125)(-22.3814) + 14.2323 = 4.999986 \approx 5 \text{ v}$$

Comparando con nuestra otra fórmula tenemos que

$$V_o = V_{BE}(-22.3814) + 14.2323 = R_o(0.1mA) \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) - V_{BE} \left( \frac{R_2}{R_1} \right)$$

Donde entonces tenemos que:

$$14.2323 = R_0(0.1mA) \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

$$V_{BE}(-22.3814) = -V_{BE} \left(\frac{R_2}{R_1}\right) \rightarrow 22.3814 = \frac{R_2}{R_1}$$

Sustituimos:

$$14.2323 = R_0(0.1mA)(1 + 22.3814) \rightarrow R_0 = \frac{14.2323}{(0.1mA)(1 + 22.3814)} = 6087.017886 \Omega \approx \mathbf{6087 \Omega}$$

Proponemos  $R_1 = \mathbf{1000\Omega}$

$$22.38138 = \frac{R_2}{1000} \rightarrow R_2 = 22381.38 \approx \mathbf{22381 \Omega}$$

Ecuación de CAS:

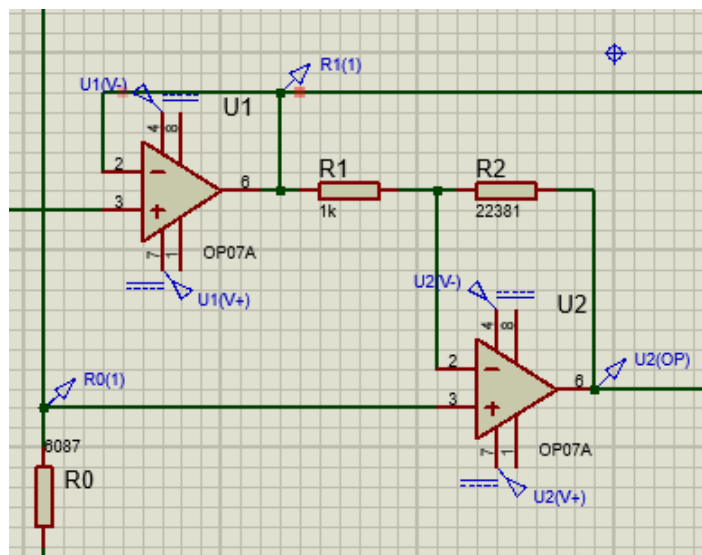
$$V_o = I_o R_o \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) - V_{BE} \left(\frac{R_2}{R_1}\right)$$

$$V_o = 0.1mA * 6087 \left(1 + \frac{22381}{1000}\right) - V_{BE} \left(\frac{22381}{1000}\right)$$

$$V_o = 0.1mA * 6087(23.381) - V_{BE}(22.381)$$

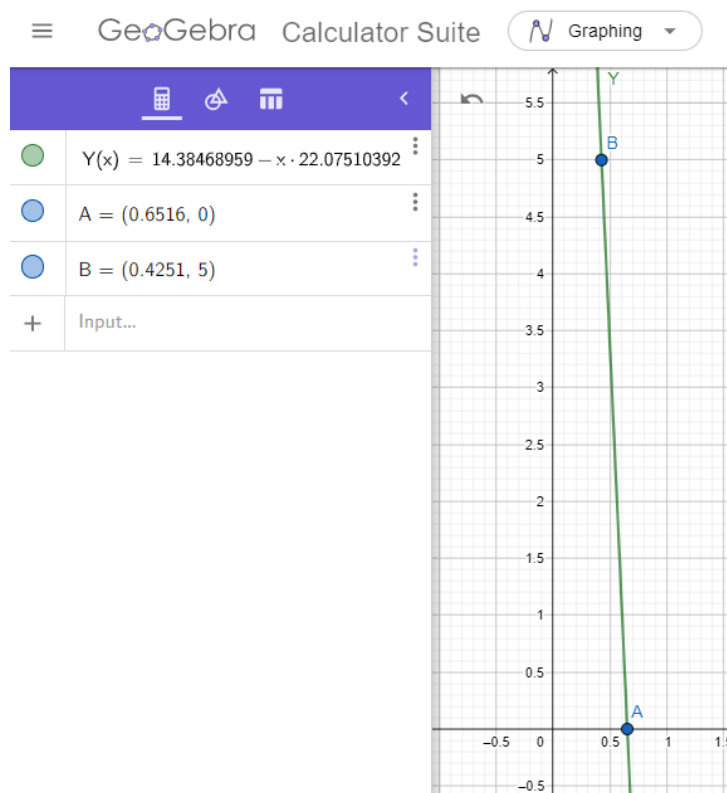
$$\mathbf{V_o = 14.232 - V_{BE}(22.381)}$$

Procedemos a simular los valores de las resistencias obtenidos:



*Circuito Acondicionador de Señal*

La gráfica de la ecuación es la siguiente:



*Gráfica de la ecuación del Circuito Acondicionador de Señal*

## Tabla de valores de CAS

Temperatura (°C)	Voltaje $V_{BE}$ (V)	Voltaje de salida CAS (V)
0°C	0.63585	0.001
10°C	0.61351	0.501
20°C	0.59117	1.001
30°C	0.56883	1.501
40°C	0.54649	2.001
50°C	0.52415	2.501
60°C	0.50181	3.001
70°C	0.47947	3.501
80°C	0.45713	4.001
90°C	0.43479	4.501
100°C	0.41245	5.001

Tabla de valores Temperatura vs Voltaje Base-Emisor vs Voltaje Salida CAS



Gráfica de transferencia Voltaje Base-Emisor vs Voltaje Salida CAS

## 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:

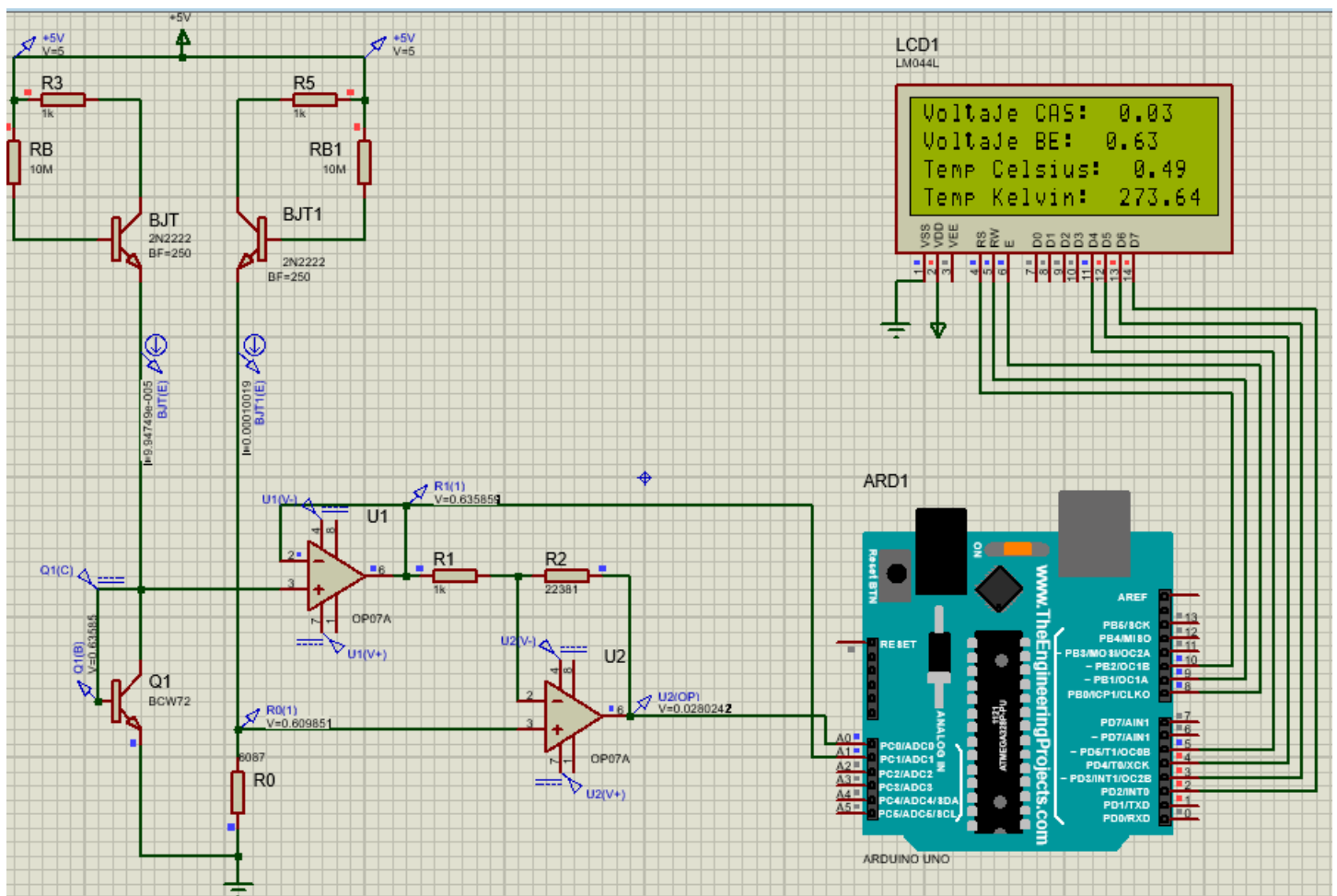
```
1 #include <LiquidCrystal.h>
2
3 LiquidCrystal lcd(10, 9, 8, 5, 4, 3, 2); //(RS, RW, E, D4,D5, D6, D7)
4
5 void setup(){
6   Serial.begin(9600);
7   lcd.noCursor();
8   delay(500);
9   lcd.begin(20, 4);
10 }
11
12 void loop(){
13   float CAS = analogRead(A0);
14   float volt = (CAS * 5) / 1024;
15   float VBE = ((volt-14.2323)/(-22.3814));
16   float Celsius = ((VBE - 0.58) / (-0.002234)) + 25;
17   float Kelvin = Celsius + 273.15;
18
19   lcd.setCursor(0, 0); //Posición del renglón
20   lcd.print("Voltaje CAS:"); //Mensaje
21   lcd.setCursor(14, 0); //Posición del cursor
22   lcd.print(CAS); //Imprimir valor
23
24   lcd.setCursor(0, 1); //Posición del renglón
25   lcd.print("Voltaje BE:"); //Mensaje
26   lcd.setCursor(13, 1); //Posición del cursor
27   lcd.print(VBE); //Imprimir valor
28
29   lcd.setCursor(0, 2); //Posición del renglón
30   lcd.print("Temp Celsius:"); //Mensaje
31   lcd.setCursor(15, 2); //Posición del cursor
32   lcd.print(Celsius); //Imprimir valor
33
34   lcd.setCursor(0, 3); //Posición del renglón
35   lcd.print("Temp Kelvin:"); //Mensaje
36   lcd.setCursor(14, 3); //Posición del cursor
37   lcd.print(Kelvin); //Imprimir valor
38
39   lcd.cursor();
40   delay(500);
41 }
```

## Visualización de resultados y unificación del sistema completo:

Como último paso, se enumeran los puertos del LCD que se conectaron al Arduino:

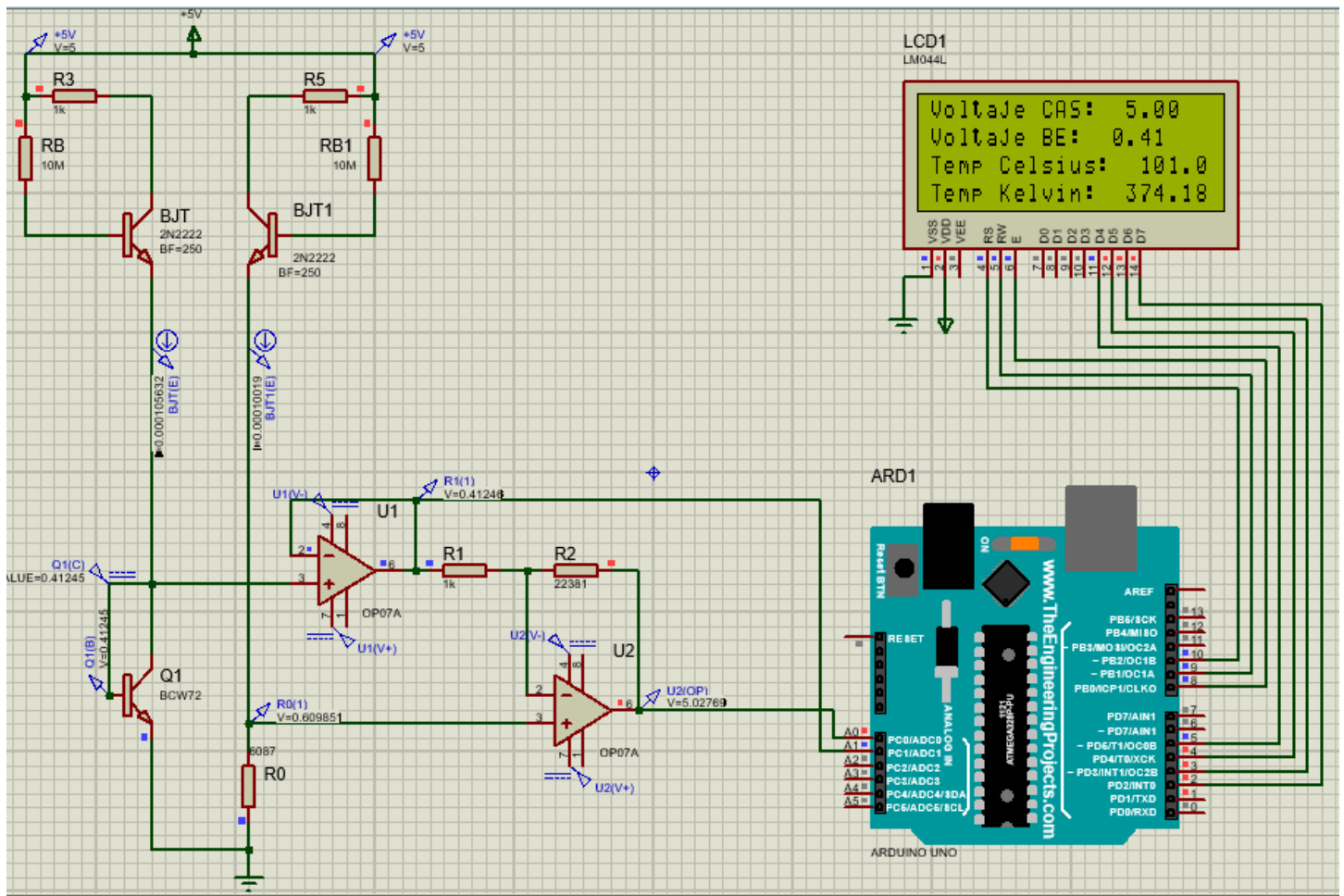
- VSS: conexión a tierra.
- VDD: alimentación (3V/5V).
- RS: conexión a la salida digital 10.
- RW: conexión a la salida digital 9.
- E: conexión a la salida digital 8.
- D4: conexión a la salida digital 5.
- D5: conexión a la salida digital 4.
- D6: conexión a la salida digital 3.
- D7: conexión a la salida digital 2.

A continuación se presenta la unificación del circuito y todos sus bloques:



*Circuito completado y funcionando correctamente a 0°C*





*Circuito completado y funcionando correctamente a 100°C*

## RESULTADOS

### Tablas comparativas de los resultados Teóricos:

Dato	Datos teóricos			Datos Simulados		
	Temperatura (°C)	Voltaje $V_{BE}$ (V)	Voltaje de salida CAS (V)	Temperatura (°C)	Voltaje $V_{BE}$ (V)	Voltaje de salida CAS (V)
1	0°C	0.63585	0.001	0°C	0.63	0.03
2	10°C	0.61351	0.501	10°C	0.62	0.53
3	20°C	0.59117	1.001	20°C	0.59	1.03
4	30°C	0.56883	1.501	30°C	0.57	1.53
5	40°C	0.54649	2.001	40°C	0.55	2.03
6	50 C	0.52415	2.501	50 C	0.52	2.53
7	60 C	0.50181	3.001	60 C	0.50	3.03
8	70 C	0.47947	3.501	70 C	0.48	3.53
9	80°C	0.45713	4.001	80°C	0.46	4.03
10	90°C	0.43479	4.501	90°C	0.43	4.53
11	100°C	0.41245	5.001	100°C	0.41	5.03

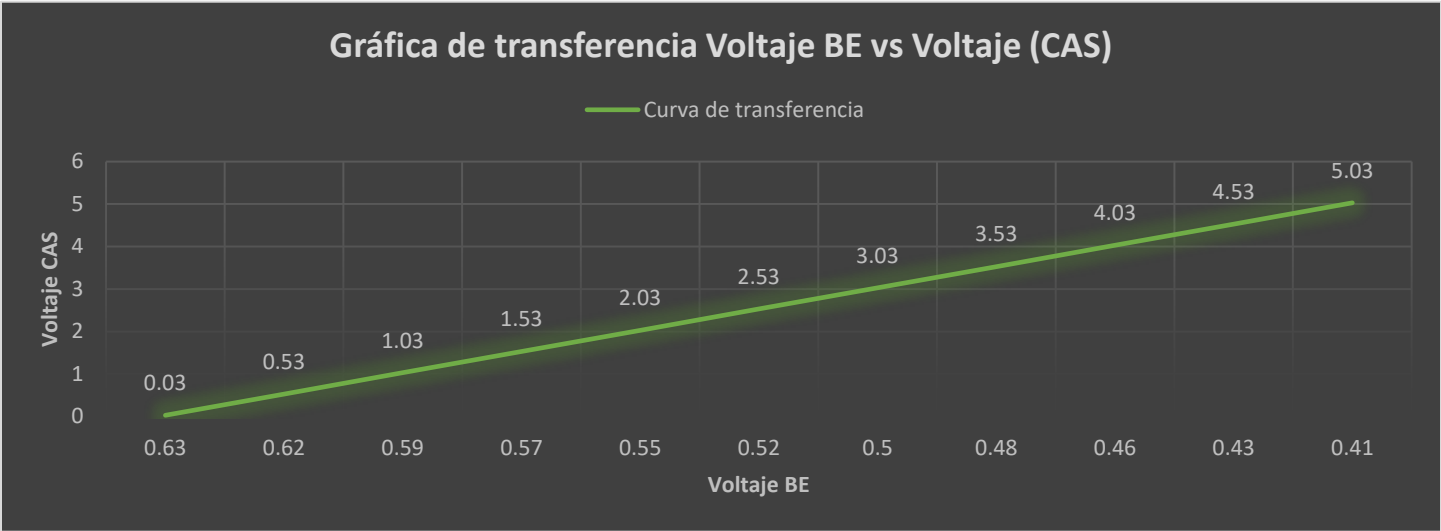
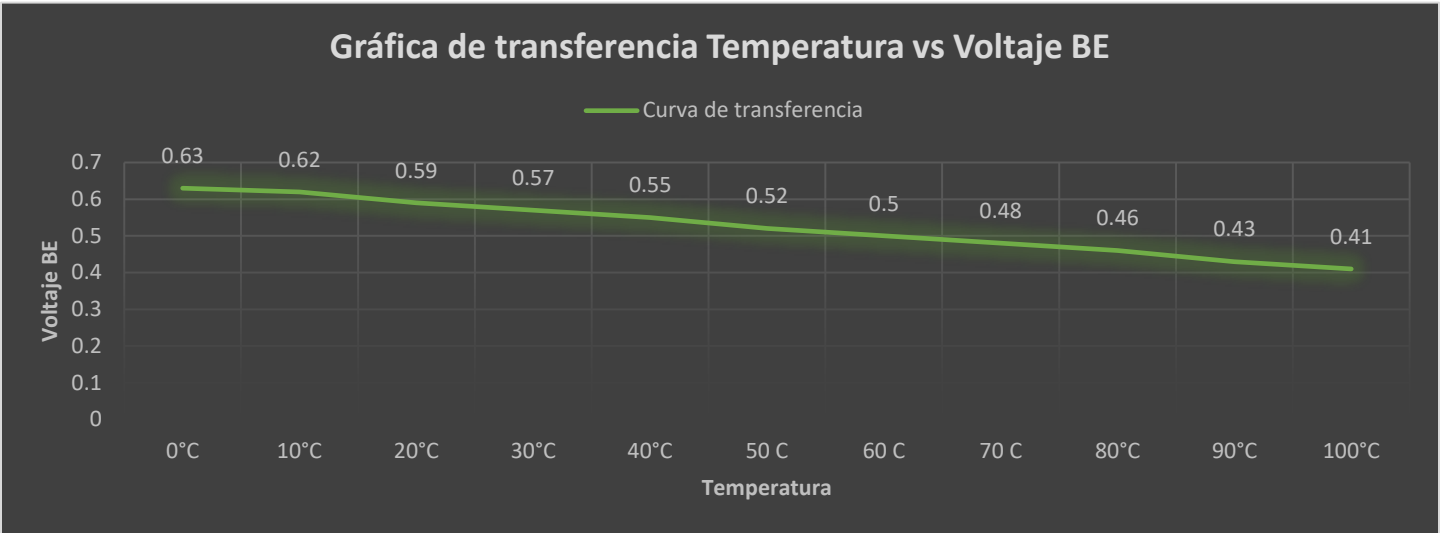
*Tabla comparativa de los resultados finales*

### 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.

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 la principio de esta:

### Objetivo general:

- Diseñar y simular un sistema que muestre la información en base a la temperatura registrada por el Transistor MTS102.

### Objetivos específicos:

- Diseñar dos fuentes de corriente utilizando transistores BJT 2N222 en modo de saturación.
- Corroborar el comportamiento un transistor MTS102, 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 transistor.
- 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 Transistor en modo de Saturación.