



# Instituto Politécnico Nacional

## Escuela Superior de Cómputo

Sensor NE555

Práctica

**Materia:**

Instrumentación

**Grupo:**

3CM13

**Profesor:**

Martínez Díaz Juan Carlos

**Alumno:**

Castro Cruces Jorge Eduardo

**Boleta:**

2015080213

**Fecha:**

Miércoles, 28 de abril de 2021

# CONTENIDO

OBJETIVOS .....	4
Objetivo general:.....	4
<input type="checkbox"/> Diseñar y simular un sistema que muestre la información en base a la luz detectada por un LDR. ....	4
Objetivos específicos: .....	4
INTRODUCCIÓN .....	5
Descripción de la Práctica:.....	5
Diagrama de bloques:.....	5
Sensor NE555: .....	5
<input type="checkbox"/> Descripción: .....	5
<input type="checkbox"/> Especificaciones:.....	5
<input type="checkbox"/> Descripción de las conexiones: .....	5
<input type="checkbox"/> Circuito integrado: .....	6
<input type="checkbox"/> Aplicación e implementación: .....	6
<input type="checkbox"/> Ecuaciones: .....	6
Convertidor LM331 .....	7
<input type="checkbox"/> Descripción: .....	7
<input type="checkbox"/> Especificaciones:.....	7
<input type="checkbox"/> Configuración (Convertidor Frecuencia / Voltaje): .....	7
Display LCD .....	9
<input type="checkbox"/> Descripción: .....	9
<input type="checkbox"/> Características: .....	9
<input type="checkbox"/> Ventajas: .....	9
<input type="checkbox"/> Desventajas: .....	10
<input type="checkbox"/> Valores de operación:.....	10
<input type="checkbox"/> Descripción de terminales: .....	10
DESARROLLO .....	11
Instrucciones: .....	11
Implementación del módulo generador de onda cuadrada NE555: .....	11
Comprobación de la relación Frecuencia – Resistencia (LDR): .....	14
Implementación del módulo convertidor de frecuencia a voltaje LM331: .....	15
Comprobación de la relación Voltaje - Frecuencia: .....	16
Diseño del Módulo del Circuito Acondicionador de Señal (CAS): .....	17
Programación de la Placa de Adquisición de Datos (Arduino):.....	22
Visualización de resultados y unificación del sistema completo: .....	23
RESULTADOS.....	25
Tablas comparativas de los resultados Teóricos: .....	25

Análisis de la tabla comparativa: .....	25
Obtención de las curvas de transferencia de Datos Simulados: .....	26
CONCLUSIÓN.....	27

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general:**

- Diseñar y simular un sistema que muestre la información en base a la luz detectada por un LDR.

### **Objetivos específicos:**

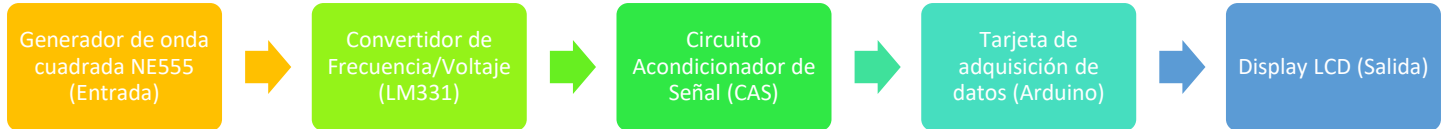
- Comprender el funcionamiento de un LCD.
- Programar un microcontrolador Arduino UNO para procesar la información y que esta misma pueda ser vista en un display LCD.
- Comprender el funcionamiento de un LDR.
- Diseñar un circuito con un generador de onda cuadrada IC 555 (NE 555) y calcular su frecuencia.

# INTRODUCCIÓN

## Descripción de la Práctica:

Esta práctica consiste en diseñar un circuito generador de onda cuadrada conectado a un convertidor de frecuencia a voltaje que fungirá como detector de luz, seguidamente, conectado a un Circuito Acondicionador de Señal, y por último, conectarlo a una tarjeta de adquisición de datos que muestre a la salida la información en un display LCD.

## Diagrama de bloques:



*Diagrama de bloques del sistema*

## Sensor NE555:

- **Descripción:**

El temporizador IC 555 es un circuito integrado (chip) que se utiliza en la generación de temporizadores, pulsos y oscilaciones. El 555 puede ser utilizado para proporcionar retardos de tiempo, como un oscilador, y como un circuito integrado Flip Flop. Sus derivados proporcionan hasta cuatro circuitos de sincronización en un solo paquete.

- **Especificaciones:**

Estas especificaciones aplican solo al NE555, en otras versiones pueden variar dependiendo del fabricante o ámbito en que se utilice:

<b>Voltaje de entrada (<math>V'_{CC}</math>)</b>	4.5 a 15 V
<b>Corriente de entrada (<math>V_{CC} = +5</math> V)</b>	3 a 6 mA
<b>Corriente de entrada (<math>V_{CC} = +15</math> V)</b>	10 a 15 mA
<b>Corriente de salida (maximum)</b>	500 mA
<b>Máxima disipación de potencia</b>	600 mW
<b>Consumo de potencia (minimum operating)</b>	30 mW@5V, 225 mW@15V
<b>Temperatura de operación</b>	0°C hasta 70 °C

*Condiciones recomendadas para el correcto funcionamiento*

- **Descripción de las conexiones:**

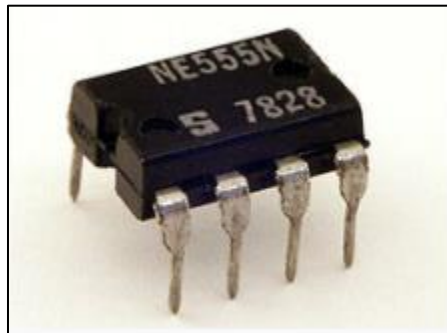
- **GND** (normalmente la 1): es el polo negativo de la alimentación, generalmente tierra (masa).
- **Disparo** (normalmente la 2): Es donde se establece el inicio del tiempo de retardo si el 555 es configurado como monoestable. Este proceso de disparo ocurre cuando esta patilla tiene menos de 1/3 del voltaje de alimentación. Este pulso debe ser de corta duración, pues si se mantiene bajo por mucho tiempo la salida se quedará en alto hasta que la entrada de disparo pase a alto otra vez.

- **Salida** (normalmente la 3): Aquí veremos el resultado de la operación del temporizador, ya sea que esté conectado como monoestable, estable u otro. Cuando la salida es alta, el voltaje será el voltaje de alimentación ( $V_{cc}$ ) menos 1.7 V. Esta salida se puede obligar a estar en casi 0 voltios con la ayuda de la patilla de reinicio (normalmente la 4).
- **Reinicio** (normalmente la 4): Si se pone a un nivel por debajo de 0.7 Voltios, pone la patilla de salida a nivel bajo. Si por algún motivo esta patilla no se utiliza hay que conectarla a alimentación para evitar que el temporizador se reinicie.
- **Control de voltaje** (normalmente la 5): Cuando el temporizador se utiliza en el modo de controlador de voltaje, el voltaje en esta patilla puede variar casi desde  $V_{cc}$  (en la práctica como  $V_{cc} - 1.7\text{ V}$ ) hasta casi 0 V (aprox. 2 V menos). Así es posible modificar los tiempos. Puede también configurarse para, por ejemplo, generar pulsos en rampa.
- **Umbral** (normalmente la 6): Es una entrada a un comparador interno que se utiliza para poner la salida a nivel bajo.
- **Descarga** (normalmente la 7): Utilizado para descargar con efectividad el condensador externo utilizado por el temporizador para su funcionamiento.
- **Voltaje de alimentación (VCC)** (normalmente la 8): es el terminal donde se conecta el voltaje de alimentación que va de 4.5 V hasta 16 V.



*Asignación de pines del LM555*

- **Circuito integrado:**



*Fotografía de un Circuito Integrado NE555*

- **Aplicación e implementación:**

Vamos a implementar la configuración más común que es la del circuito estable. Esta configuración se caracteriza por una salida continua de forma de onda cuadrada con una frecuencia específica:

- **Ecuaciones:**

Cabe resaltar que la onda generada tiene tanto un estado en alto un estado en bajo, y en estos estados tienen un tiempo de duración, los cuales se pueden calcular en base a las siguientes ecuaciones:

$$t_{alto} = \ln(2) * (R_1 + R_2) * C, \text{ tiempo en alto}$$

$$t_{bajo} = \ln(2) * R_2 * C, \text{ tiempo en bajo}$$

La frecuencia y el periodo se calculan con las siguientes ecuaciones:

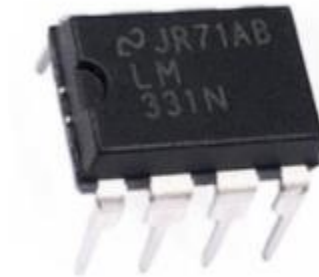
$$f = \frac{1}{\ln(2) * C * (R_1 + 2R_2)}, \text{ frecuencia}$$

$$T = \frac{1}{f}, \text{ periodo}$$

## Convertidor LM331

- **Descripción:**

La serie de encapsulados LM131, LM23 & LM331 son una familia de convertidores de voltaje a frecuencia y viceversa.



*Fotografía de un circuito integrado LM331*

- **Especificaciones:**

- No linealidad máxima: 0.01%.
- Rango de frecuencia: 1Hz a 100KHz.
- Bajo consumo de potencia: 15mW alimentado con 5V.
- Voltaje de operación: 4V hasta 40V.

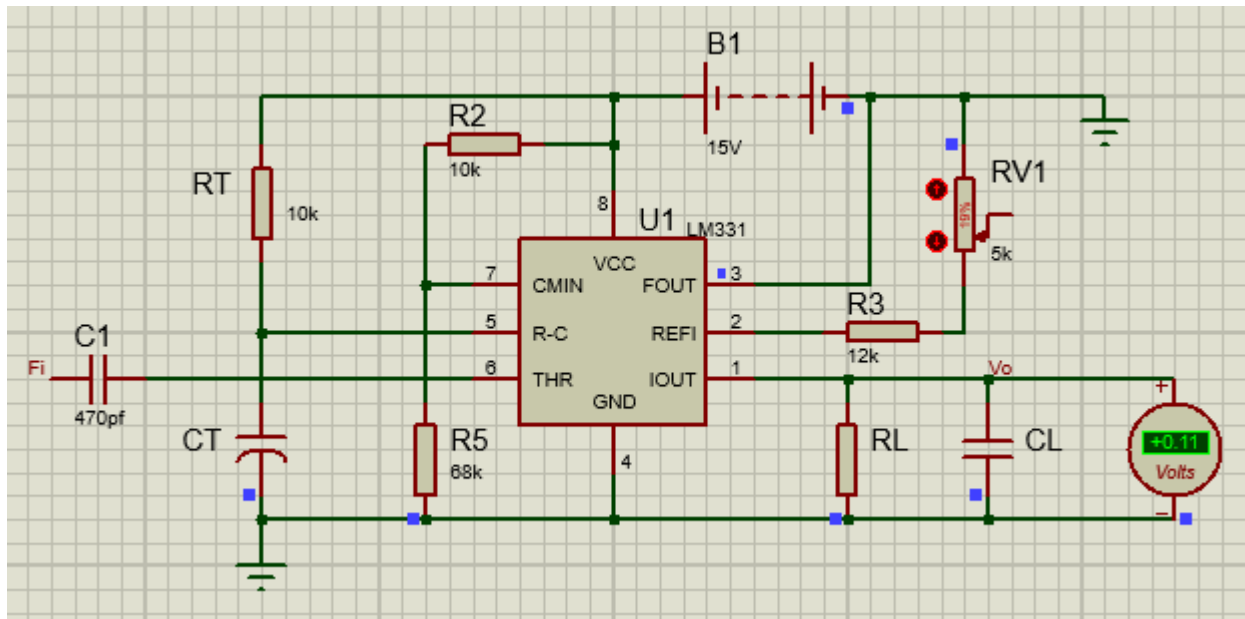
- **Configuración (Convertidor Frecuencia / Voltaje):**

Esta configuración nos va a permitir convertir la frecuencia en voltaje, y se calcula haciendo uso de las siguientes ecuaciones proporcionadas por el profesor en clase:

$$V_{out} = f_{in}(2.09) \left( \frac{R_L}{R_S} \right) (R_T C_T), \text{ Voltaje de salida}$$

$$f_{in} = V_{out} \left( \frac{R_S}{R_L} \right) \left( \frac{1}{2.09} \right) \left( \frac{1}{R_T C_T} \right), \text{ frecuencia de entrada}$$

Podemos apreciar la configuración en la siguiente imagen:



*Diagrama simulado del circuito Convertidor de frecuencia a voltaje*

Algunos aspectos que debemos considerar a la hora de implementar el circuito anterior son los siguientes:

- El valor de R5 que está conectado a la terminal 7 del integrado, depende del voltaje de alimentación, y su valor se determina por la siguiente ecuación:

$$R_5 = \frac{V_S - 2V}{2mA}$$

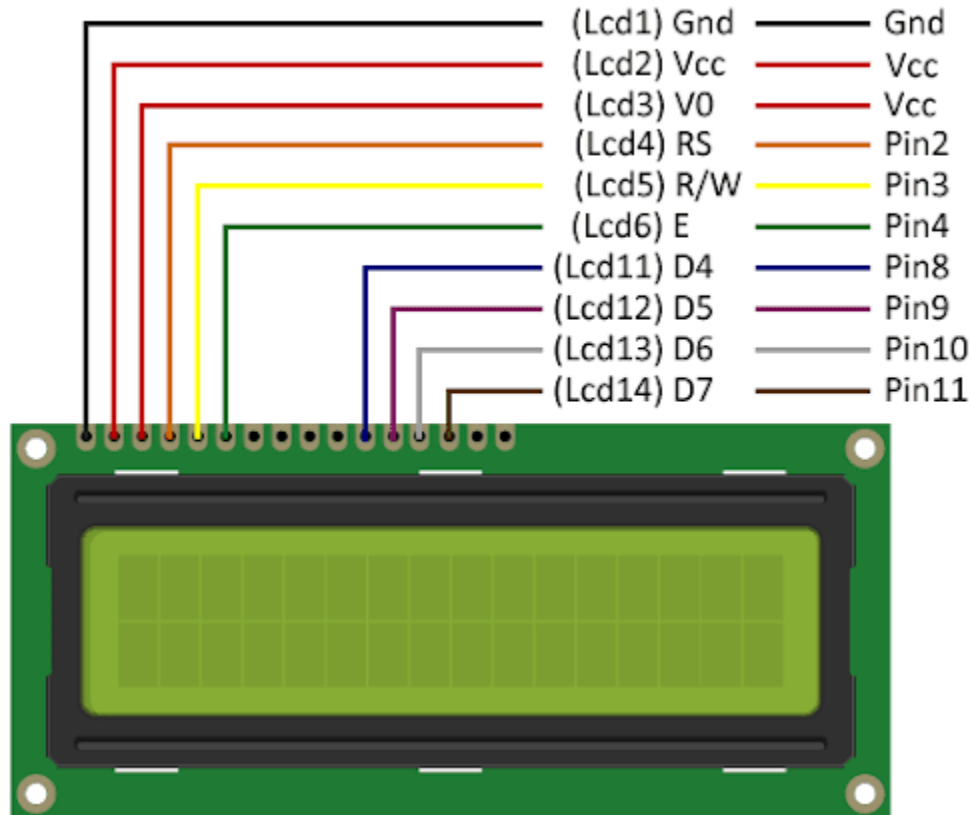
- Para la resistencia total Rs se sugiere poner un resistor conectado en serie a un potenciómetro, de esta manera el voltaje de salida puede variar.
- Acorde al voltaje de entrada, se requiere un resistor R5 con un valor de 68kOhm.



## 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:

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

- Generador de onda cuadrada NE555:

En este circuito integrado se arma un circuito multivibrador biestable que, conectado a un LDR, se pretende que entregue como salida una señal cuadrada que varíe directamente con respecto a luz que perciba.

- Convertidor de frecuencia/voltaje LM331:

Este circuito encapsulado será el que convierta la frecuencia de entrada en voltaje a la salida.

- Circuito Acondicionador de Señal:

Es Circuito Acondicionador de Señal se va a encargar de modificar y acoplar la señal de salida del Convertidor de Frecuencia/Voltaje a un rango entre 0 y 5V, que es el voltaje de entrada para nuestro siguiente módulo.

- 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:

- $V_o$
- $V_T$
- $f_T$
- R (Opcional)

- Liquid - Crystal Display:

Módulo final donde se proyectarán los valores anteriormente mencionados.

### Implementación del módulo generador de onda cuadrada NE555:

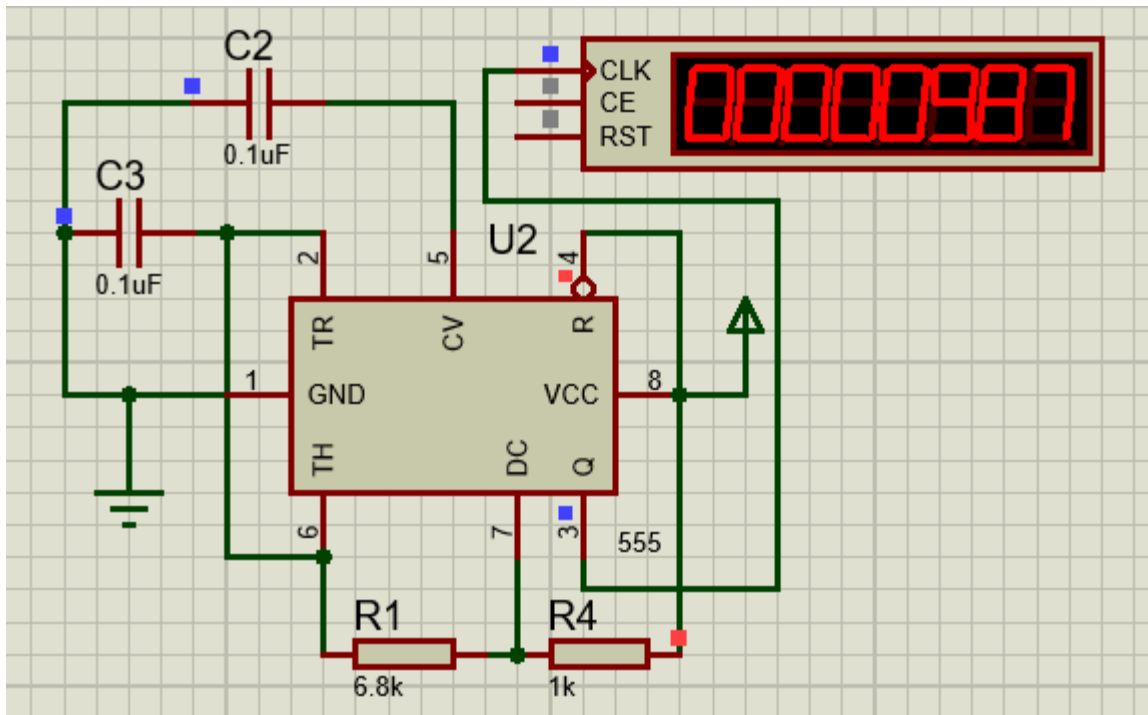
Para el sistema propuesto se tomarán en cuenta rangos de frecuencia entre 1kHz y 5kHz, para contemplar esto se tomarán en cuenta las ecuaciones del circuito oscilador para la frecuencia, estas ecuaciones determinarán el valor de resistencia del LDR.

Se proponen los siguientes valores para los elementos del circuito astable:

- $R_1 = 1K\Omega$ .
- $R_2 = 6.8k\Omega$ . (1kHz)
- $R_2 = 820\Omega$ . (5kHz)
- $C = 0.1 \mu f$ .

Ahora, evaluamos los valores en la ecuación que nos permitirá saber la frecuencia:

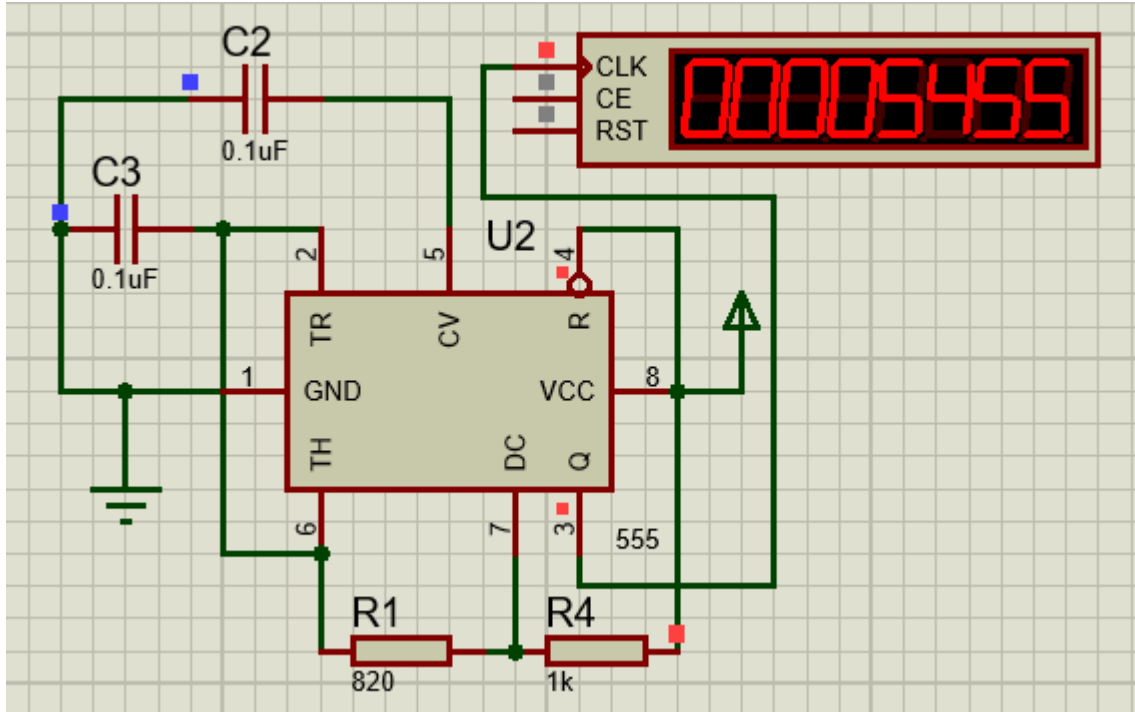
$$f = \frac{1}{\ln(2)(0.1\mu f)(1k\Omega + 2 * 6.8k\Omega)} \approx 988.14Hz$$



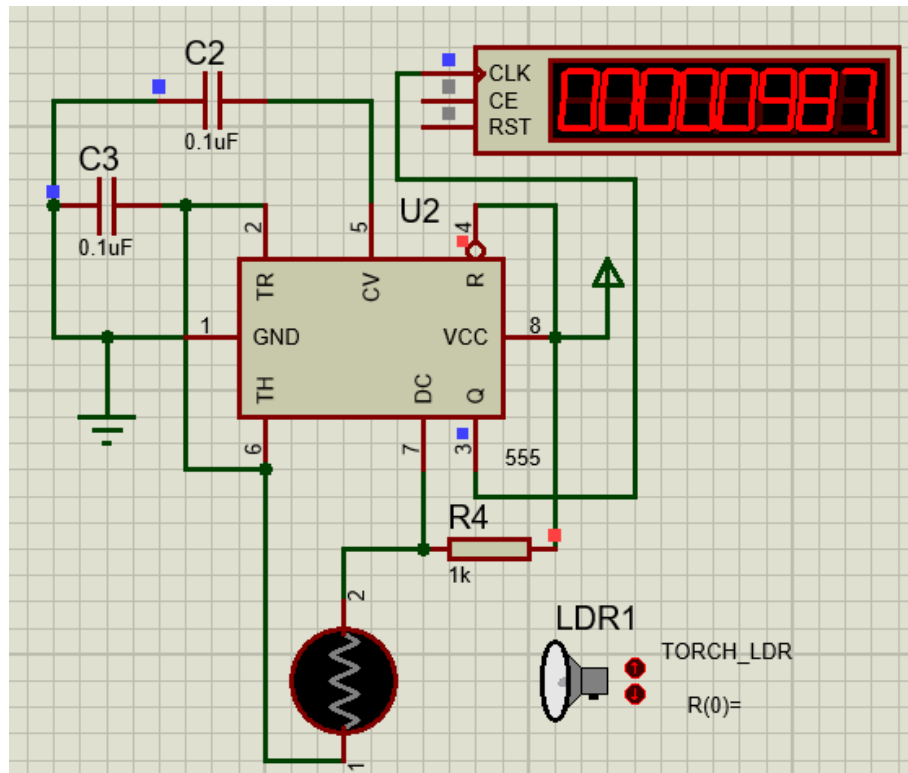
*Circuito de Simulación para 1kHz*

Evaluamos los siguientes valores para obtener la frecuencia deseada:

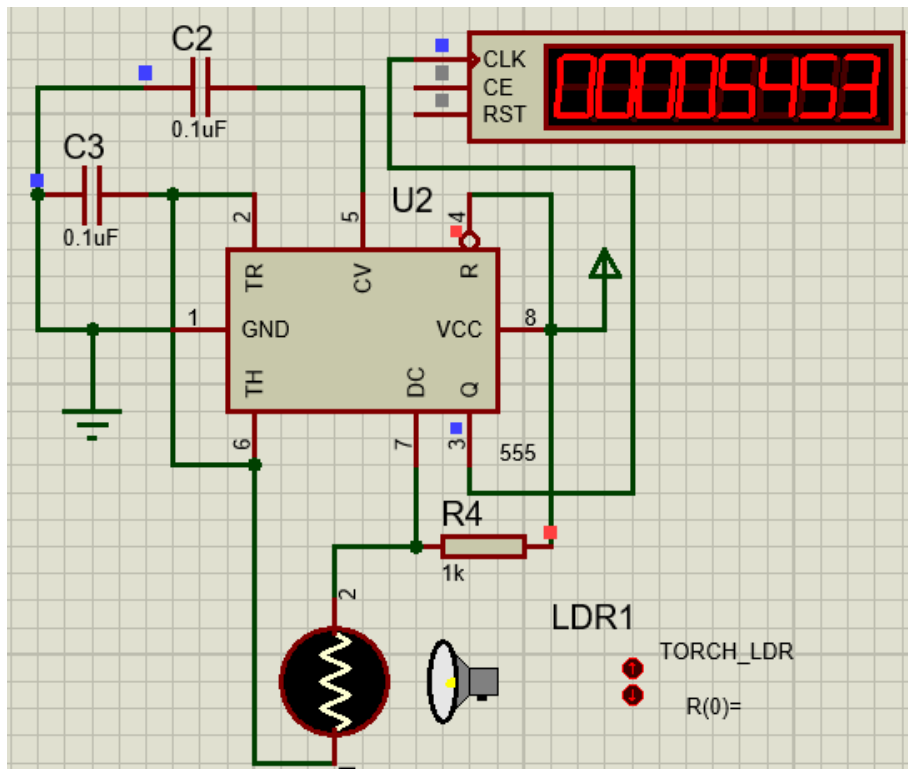
$$f = \frac{1}{\ln(2)(0.1\mu f)(1k\Omega + 2 * 820\Omega)} \approx 5464.75Hz$$



*Circuito de Simulación para 5kHz*



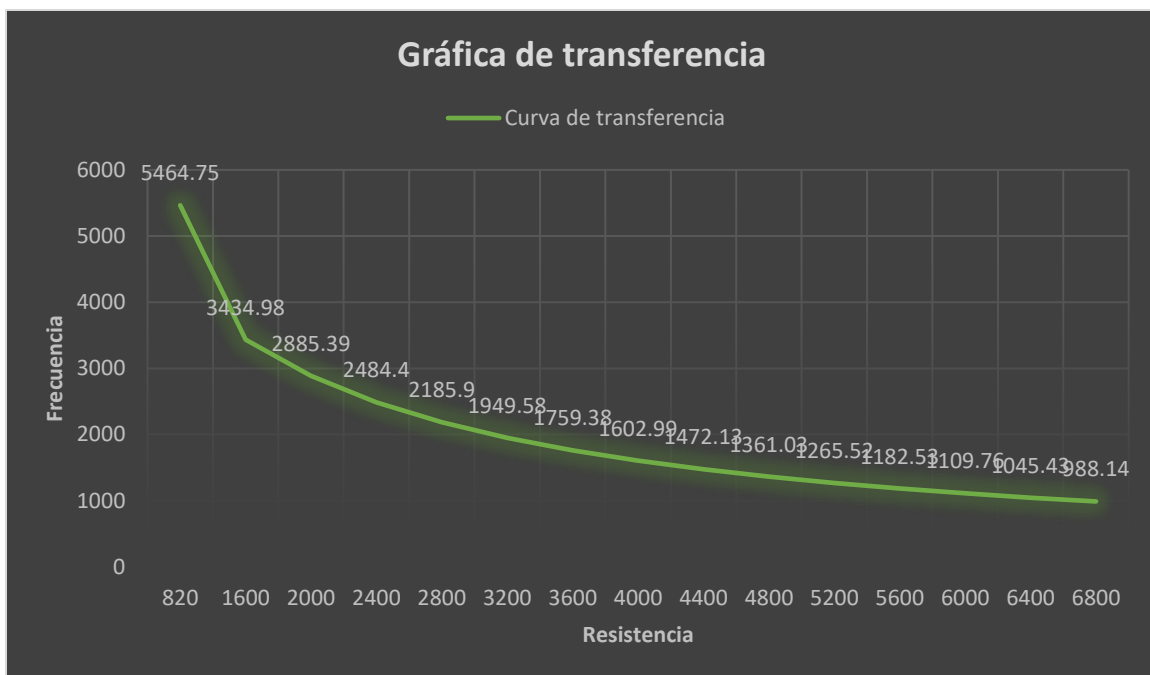
*Circuito de Simulación para 1kHz con LDR*



*Circuito de Simulación para 5kHz con LDR*

## Comprobación de la relación Frecuencia – Resistencia (LDR):

Dato	LDR $\Omega$	F (555) Hz
1	6800	988.14
2	6400	1045.43
3	6000	1109.76
4	5600	1182.53
5	5200	1265.52
6	4800	1361.03
7	4400	1472.13
8	4000	1602.99
9	3600	1759.38
10	3200	1949.58
11	2800	2185.9
12	2400	2484.4
13	2000	2885.39
14	1600	3434.98
15	820	5464.75



## Implementación del módulo convertidor de frecuencia a voltaje LM331:

Se propone el siguiente circuito sugerido por la hoja de datos del fabricante, la cual nos sugiere los siguientes valores para los componentes:

- $R_L = 100k\Omega$ .
- $R_T = 6.81k\Omega$ .
- $R_S = 17k\Omega$ .
- $C_L = 1\mu F$ .
- $C_T = 0.01\mu F$ .

En base a la siguiente ecuación, evaluamos:

$$V_{out} = (f * V_{in}) \left( \frac{R_L}{R_S} \right) (R_T * C_L)$$

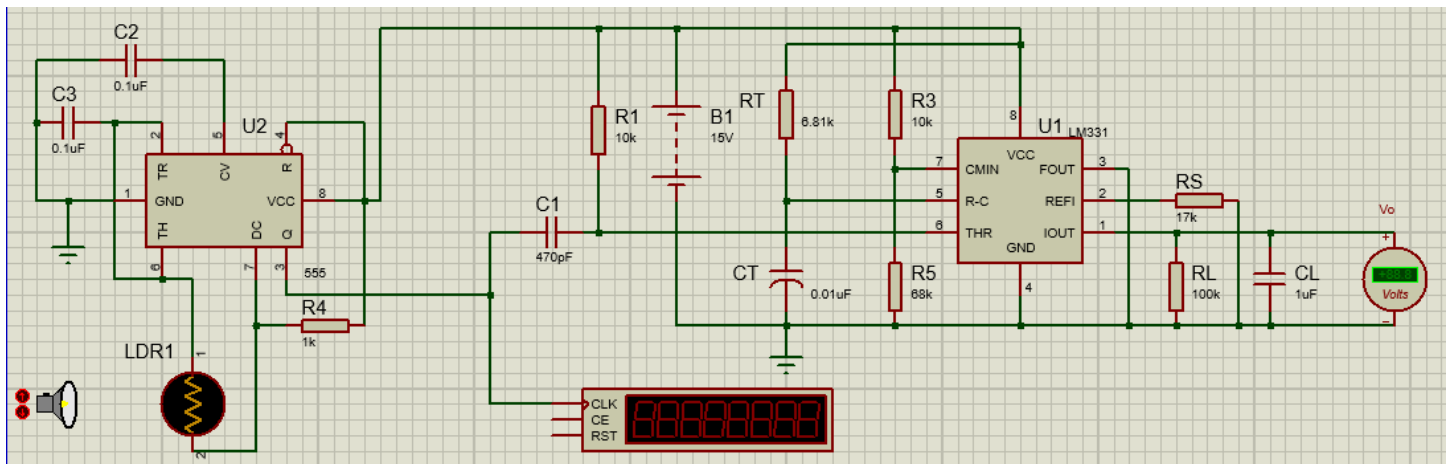
Voltaje de salida para 1kHz:

$$V_{out} = (988Hz)(2.09V) \left( \frac{100k\Omega}{17k\Omega} \right) (6.81k\Omega * 0.01\mu F) \approx 0.8271V$$

Voltaje de salida para 5kHz:

$$V_{out} = (5464Hz)(2.09V) \left( \frac{100k\Omega}{17k\Omega} \right) (6.81k\Omega * 0.01\mu F) \approx 4.5746V$$

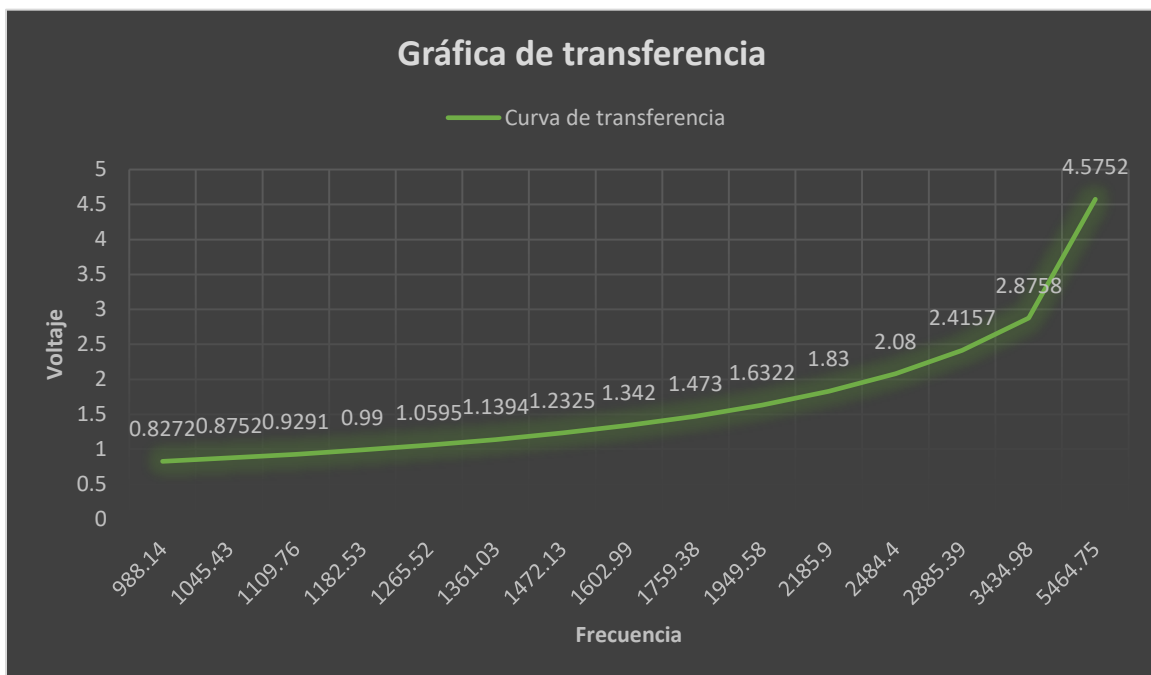
Calculado lo anterior, podemos conectar ambos circuitos anteriores y así tener el Generador de Onda Cuadrada y el Convertidor de Frecuencia a Voltaje juntos:



*Primer y segundo módulos conectados*

## Comprobación de la relación Voltaje - Frecuencia:

Dato	F (555) Hz	Vt (F/V) V
1	988.14	0.8272
2	1045.43	0.8752
3	1109.76	0.9291
4	1182.53	0.99
5	1265.52	1.0595
6	1361.03	1.1394
7	1472.13	1.2325
8	1602.99	1.342
9	1759.38	1.473
10	1949.58	1.6322
11	2185.9	1.83
12	2484.4	2.08
13	2885.39	2.4157
14	3434.98	2.8758
15	5464.75	4.5752





### Diseño del Módulo del Circuito Acondicionador de Señal (CAS):

La siguiente, es la relación de voltajes que tenemos a la entrada y las que deseamos obtener a la salida:

$$0.8271v \rightarrow 0v$$

$$4.5746v \rightarrow 5v$$

Ahora, procedemos a calcular la ecuación del Circuito Acondicionador de Señal:

Sabiendo que:

$$y = mx + b$$

ecuación de la línea recta

Procedemos a calcular la pendiente:

$$m = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1}$$

ecuación de la pendiente

Sustituyendo los valores dados anteriormente:

$$m = \frac{5 - 0}{4.5746 - 0.8271} = \frac{2000}{1499} \approx 1.3342$$

Procedemos a calcular b:

$$y = mx + b \cdots b = y - mx$$

Evaluamos la función con los valores anteriores:

$$b = 5 - \left(\frac{2000}{1499}\right) 4.5746$$
$$b = -\frac{8271}{7495}$$
$$\therefore b \approx -1.1035$$

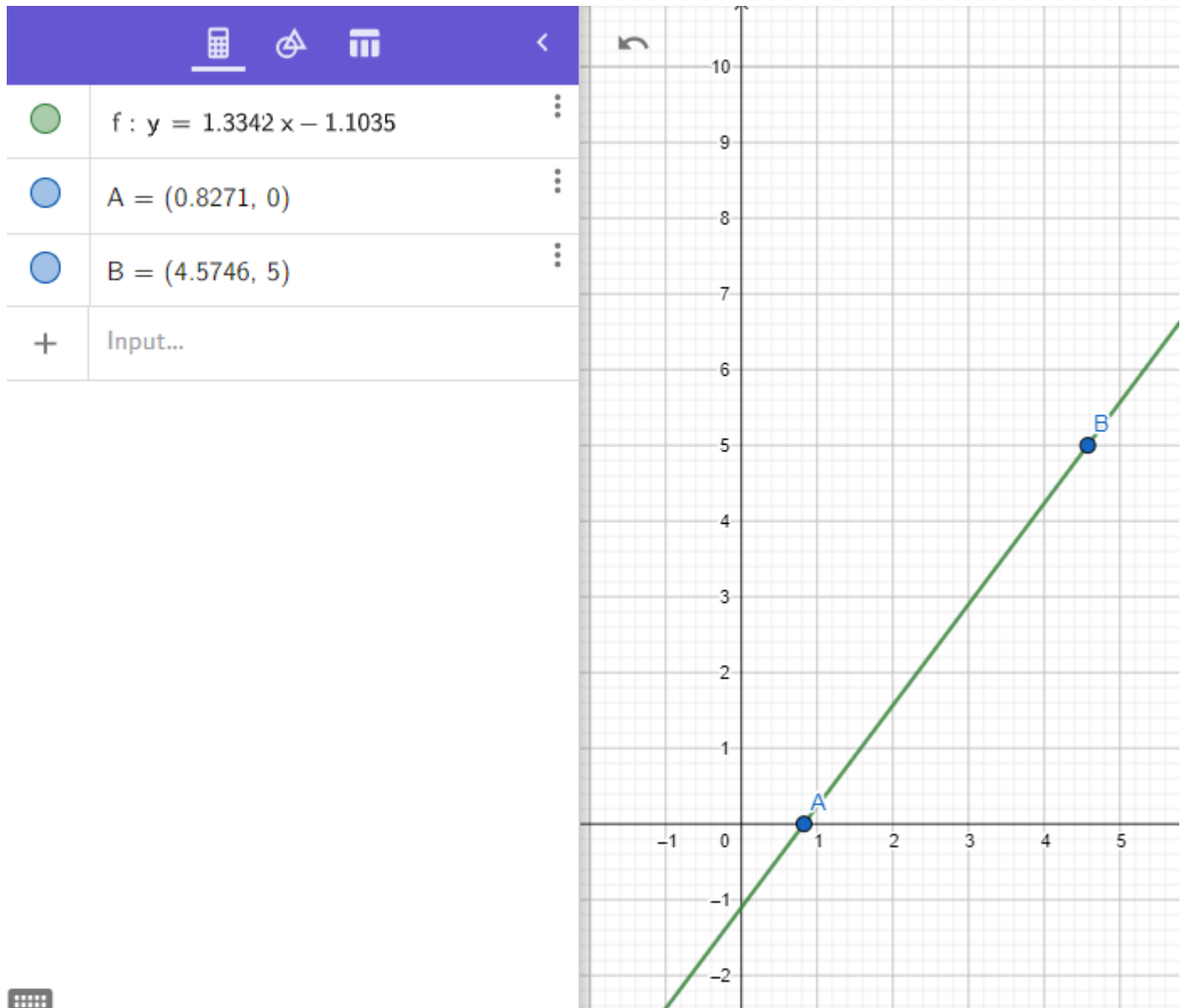
Finalmente, evaluamos en la ecuación inicial de la recta:

$$y = \frac{2000}{1499}x - \frac{8271}{7495}$$

Realizamos un cambio de variable para expresar la ecuación en términos de del Circuito Acondicionador de Señal(CAS):

$$V_o = 1.3342(V_i - 0.8270V)$$

La gráfica de la ecuación es la siguiente:



*Gráfica de la ecuación del Circuito Acondicionador de Señal*

Analizando la ecuación obtenida, observamos que necesitamos obtener de alguna forma 0.82v, y para eso, nos vamos a apoyar de un divisor de voltaje:

Proponemos un valor de resistencia de  $R_A = 150k$ , ahora evaluamos ambos valores en la ecuación de divisor de tensión:

$$V_{RB} = \frac{R_B}{R_A + R_B} V_s$$

$$0.82V = \frac{R_B}{R_A + R_B} 15V$$

$$\frac{0.82V}{15V} = \frac{R_B}{R_A + R_B}$$

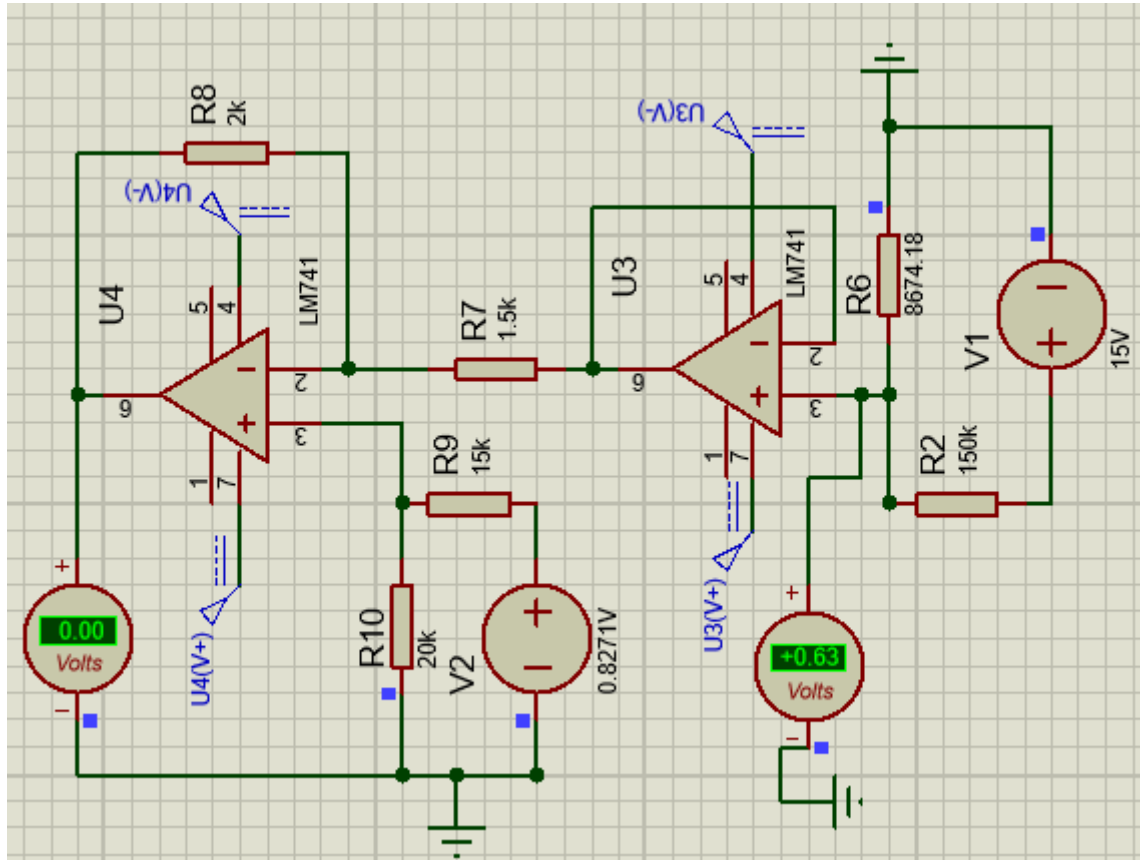
$$R_B = (R_A + R_B) \left( \frac{0.82V}{15V} \right)$$

$$R_B \left( 1 - \frac{0.82V}{15V} \right) = R_A \left( \frac{0.82V}{15V} \right)$$

$$R_B = \frac{150K\Omega \left( \frac{0.82V}{15V} \right)}{1 - \frac{0.82V}{15V}}$$

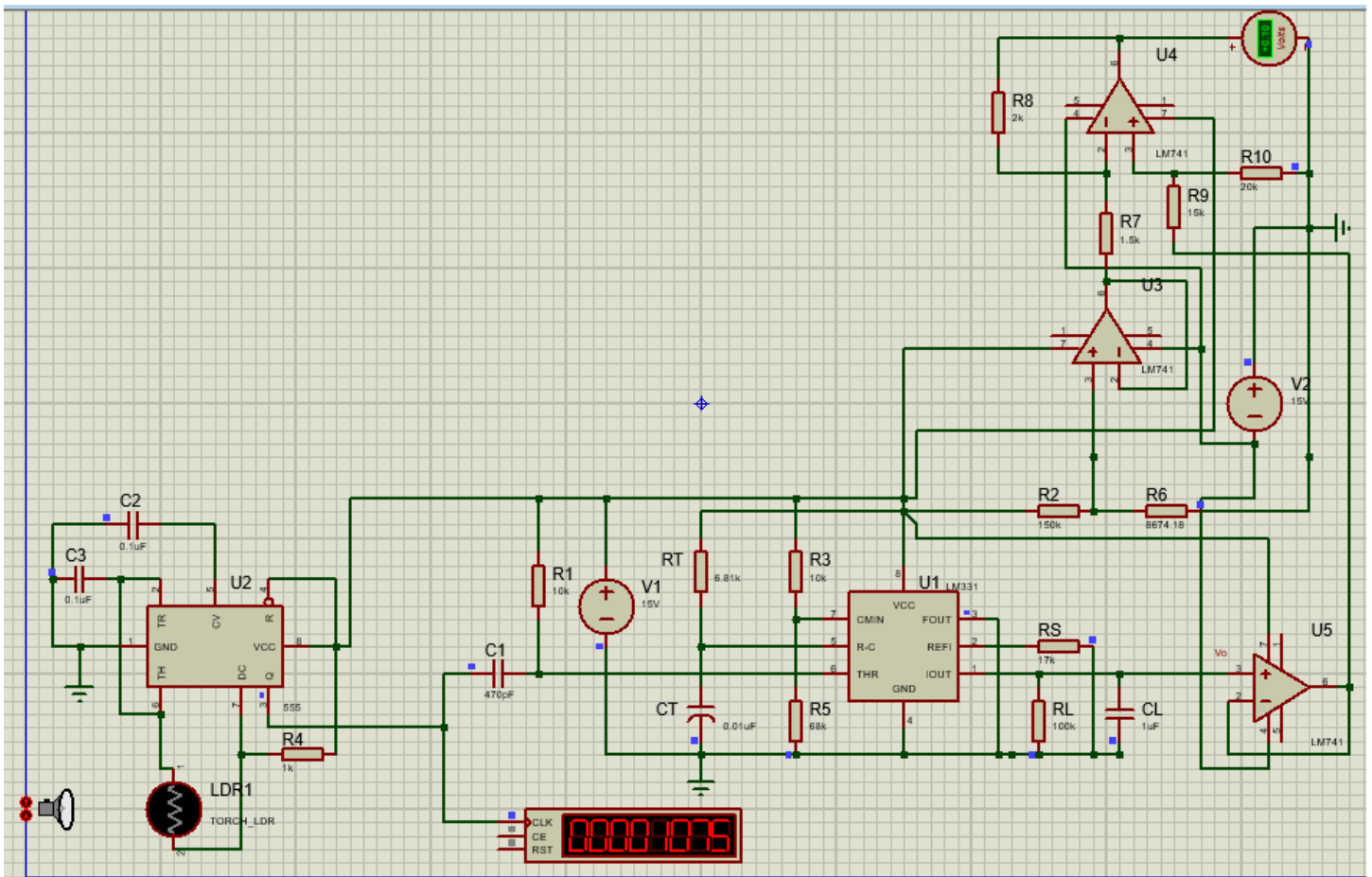
$$\therefore R_B \approx 8674.18$$

Acto seguido, procedemos a simular el Circuito Acondicionador de Señal con los valores de los elementos previamente calculados:



*Circuito Acondicionador de Señal en funcionamiento*

Ahora, procedemos a unificar los 3 bloques que llevamos hasta ahora:



*Circuito unificado de los 3 bloques anteriores trabando a una 1kHz y con una resistencia en LDR de 6.2k*



## Programación de la Placa 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:

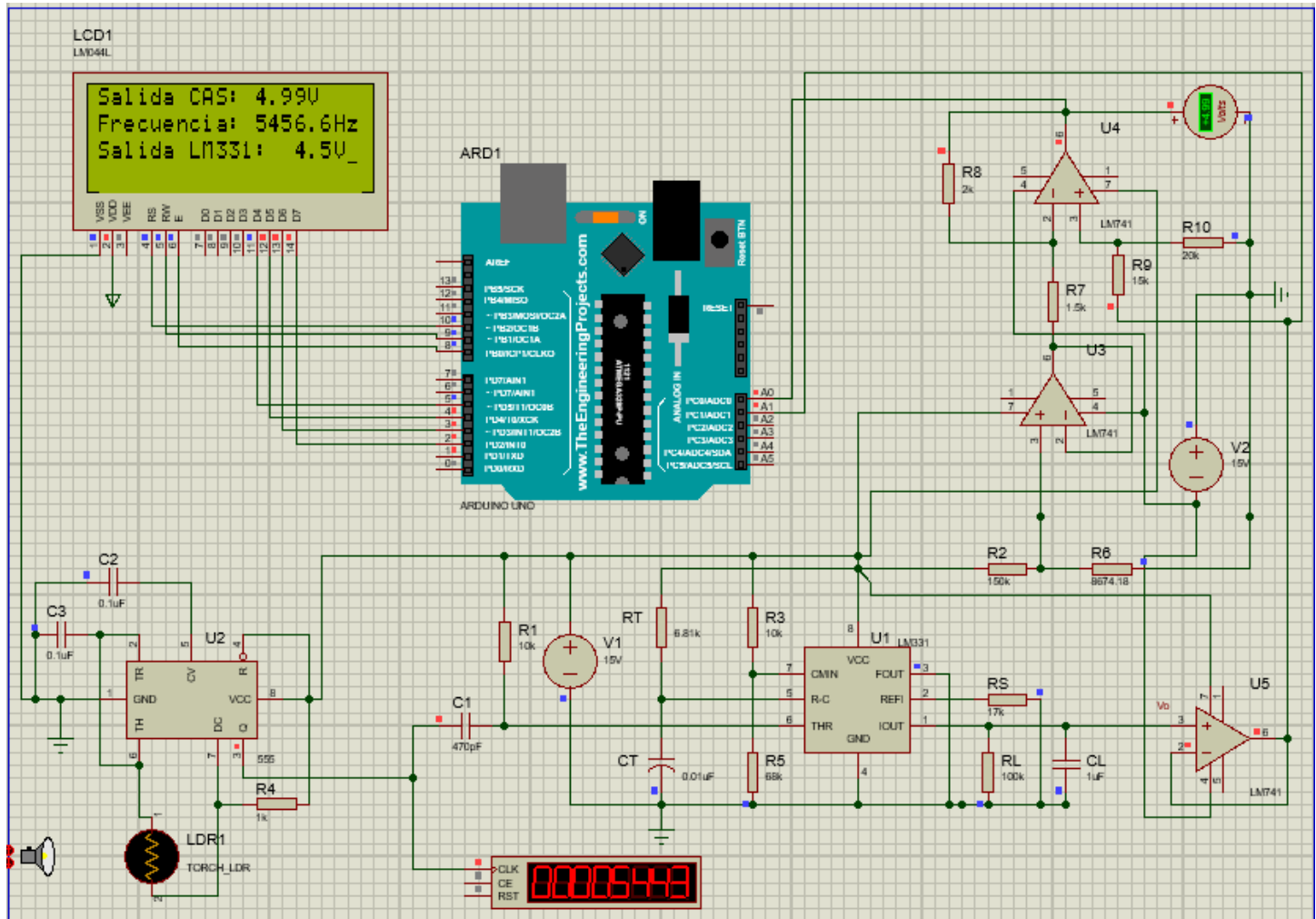
```
1  #include <LiquidCrystal.h>
2
3  LiquidCrystal lcd(10, 9, 8, 5, 4, 3, 2); //(RS, RW, E, D4,D5, D6, D7)
4
5  //Variables
6  float analogValue;
7  float analogValue2;
8  float CAS;
9  float frequencyVoltage;
10 float frequency;
11
12 void setup(){
13   Serial.begin(9600);
14   lcd.noCursor();
15   delay(500);
16   lcd.begin(20, 4);
17 }
18
19 void loop(){
20   analogValue = analogRead(A0); //Lee la salida del CAS
21   analogValue2 = analogRead(A1); //Lee la salida del LM331
22
23   CAS = analogValue*(5.0/1023.0); //Voltaje de salida del CAS
24   frequencyVoltage = analogValue2*(5.0/1023.0); //Votlaje de salida del convertidor LM331
25   frequency = (frequencyVoltage*(0.17)*(1.0/2.09)*(1/(6.81*pow(10,-5))))+10.0; //Frecuencia de oscilación del NE555
26
27   lcd.setCursor(0, 0); //Posición del renglón
28   lcd.print("Salida CAS:"); //Mensaje
29   lcd.setCursor(12, 0); //Posición del cursor
30   lcd.print(CAS); //Imprimir valor
31   lcd.setCursor(16, 0); //Posición del cursor
32   lcd.print("V"); //Mensaje
33
34   lcd.setCursor(0, 1); //Posición del renglón
35   lcd.print("Frecuencia:"); //Mensaje
36   lcd.setCursor(12, 1); //Posición del cursor
37   lcd.print(frequency); //Imprimir valor
38   lcd.setCursor(18, 1); //Posición del cursor
39   lcd.print("Hz"); //Mensaje
40
41   lcd.setCursor(0, 2); //Posición del renglón
42   lcd.print("Salida LM331:"); //Mensaje
43   lcd.setCursor(15, 2); //Posición del cursor
44   lcd.print(frequencyVoltage); //Imprimir valor
45   lcd.setCursor(18, 2); //Posición del cursor
46   lcd.print("V"); //Mensaje
47
48   lcd.cursor();
49   delay(500); //Tiempo de refrescamiento del LCD
50 }
```

## Visualización de resultados y unificación del sistema completo:

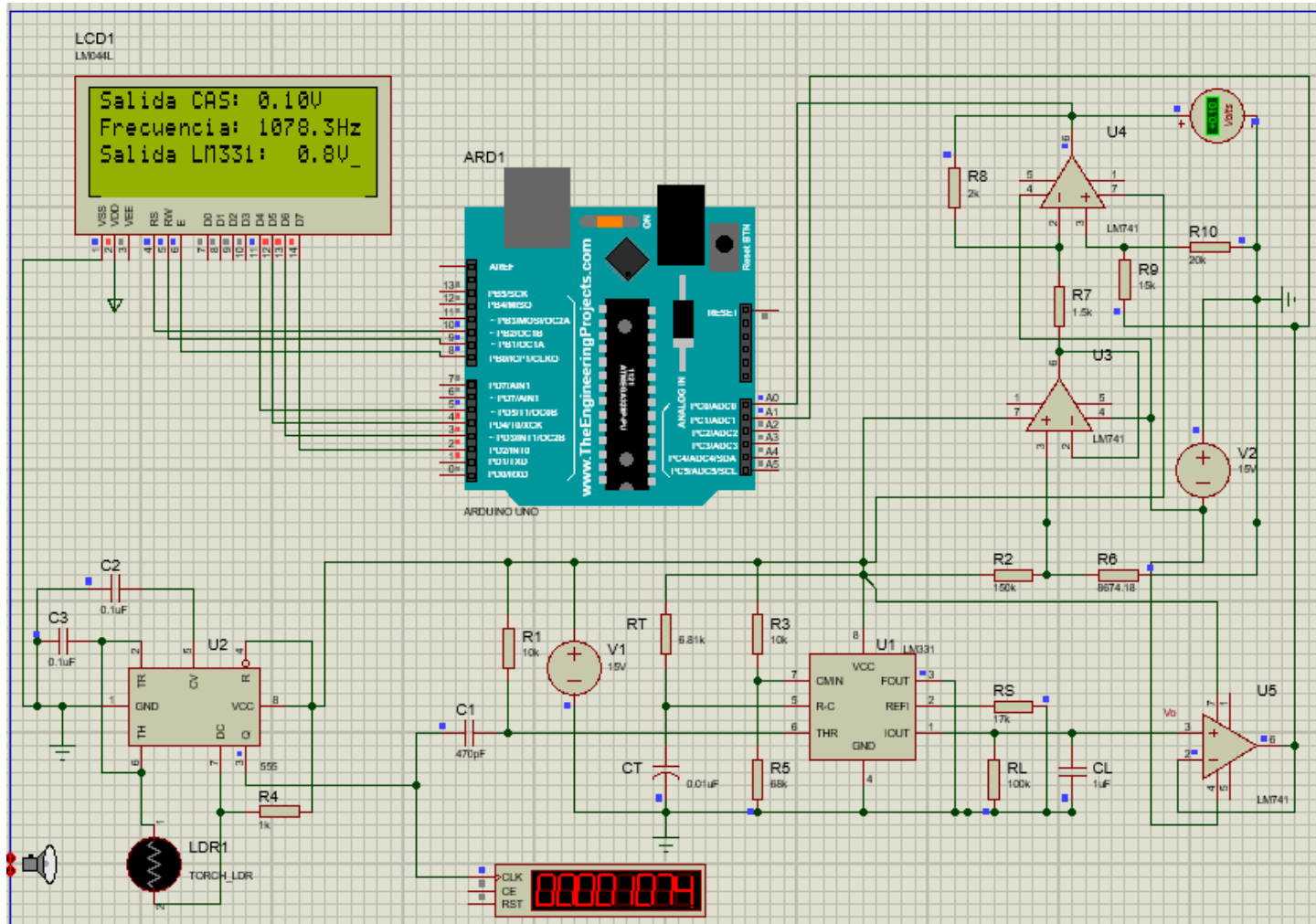
Como último paso, se enumeran los puertos del LCD que se conectaron al Arduino:

- 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 5khz*



*Circuito completado y funcionando correctamente a 1khz*



## RESULTADOS

### Tablas comparativas de los resultados Teóricos:

Dato	Datos teóricos				Datos Simulados			
	LDR $\Omega$	F (555) Hz	Vt (F/V) V	Vo (CAS) V	LDR $\Omega$	F (555) Hz	Vt (F/V) V	Vo (CAS) V
1	6800	988.14	0.8272	0.0002	6800	987	0.82	0.00
2	6400	1045.43	0.8752	0.0643	6400	1044	0.87	0.06
3	6000	1109.76	0.9291	0.1362	6000	1109	0.92	0.14
4	5600	1182.53	0.99	0.2174	5600	1183	0.98	0.21
5	5200	1265.52	1.0595	0.3102	5200	1265	1.05	0.31
6	4800	1361.03	1.1394	0.4168	4800	1359	1.13	0.42
7	4400	1472.13	1.2325	0.541	4400	1470	1.22	0.54
8	4000	1602.99	1.342	0.6871	4000	1599	1.32	0.67
9	3600	1759.38	1.473	0.8618	3600	1755	1.46	0.85
10	3200	1949.58	1.6322	1.0742	3200	1945	1.62	1.07
11	2800	2185.9	1.83	1.3382	2800	2182	1.82	1.33
12	2400	2484.4	2.08	1.6717	2400	2481	2.06	1.66
13	2000	2885.39	2.4157	2.1196	2000	2877	2.4	2.1
14	1600	3434.98	2.8758	2.7335	1600	3426	2.85	2.71
15	820	5464.75	4.5752	5.00084	820	5443	4.55	4.99

*Tabla comparativa de los resultados finales*

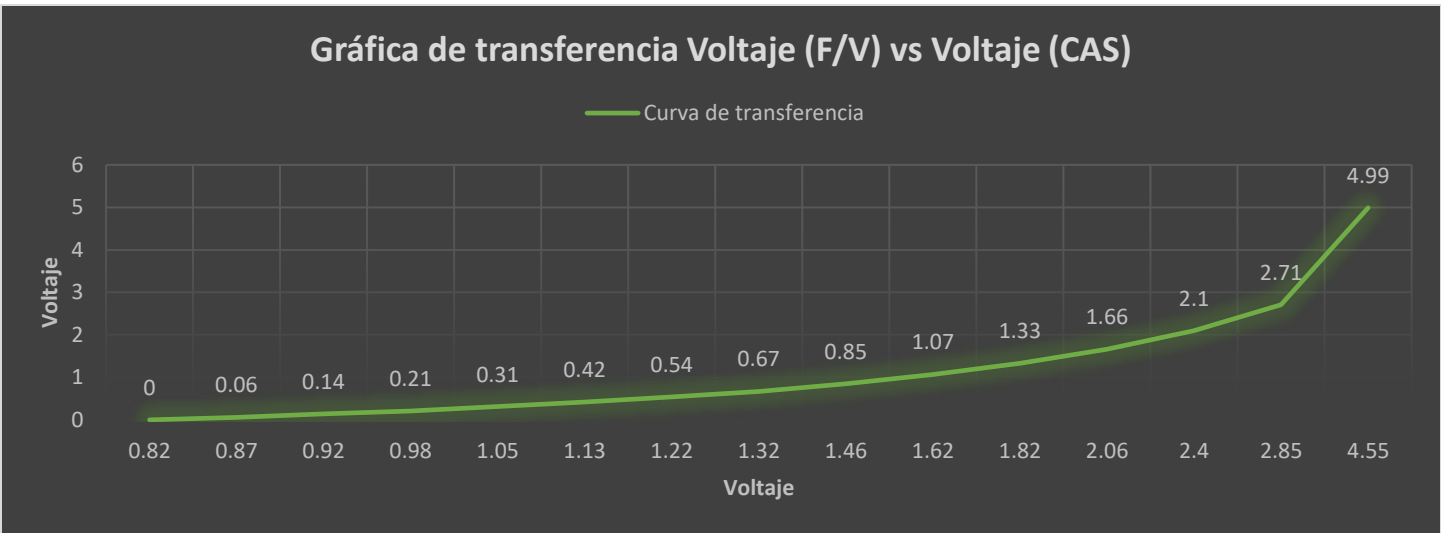
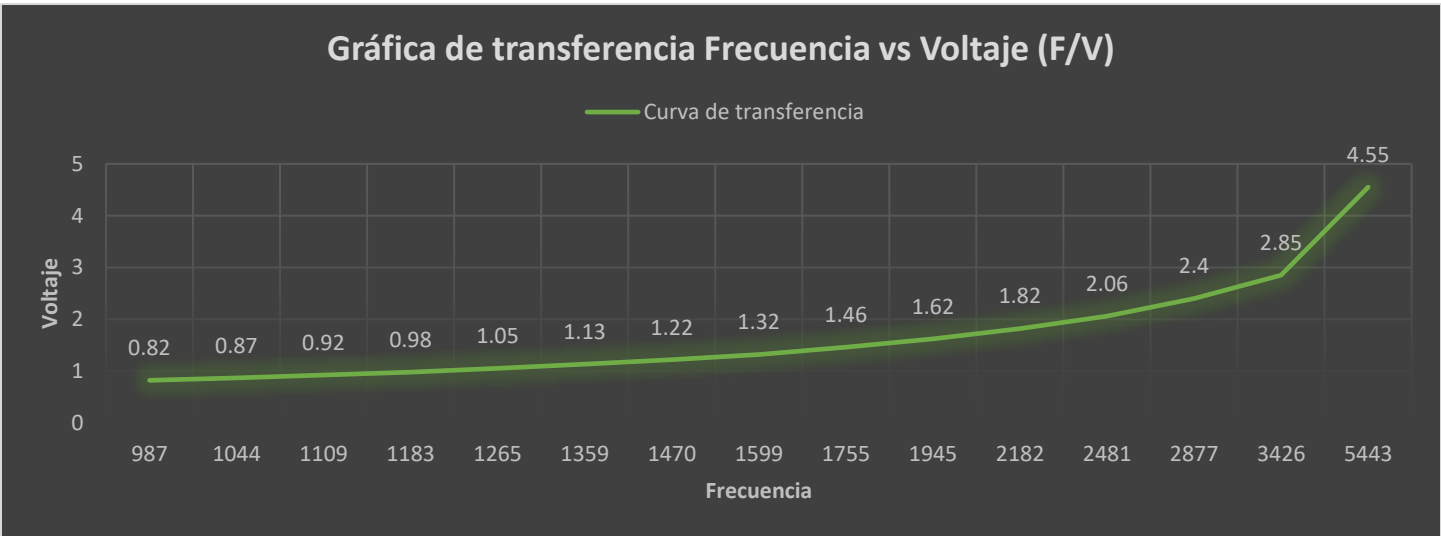
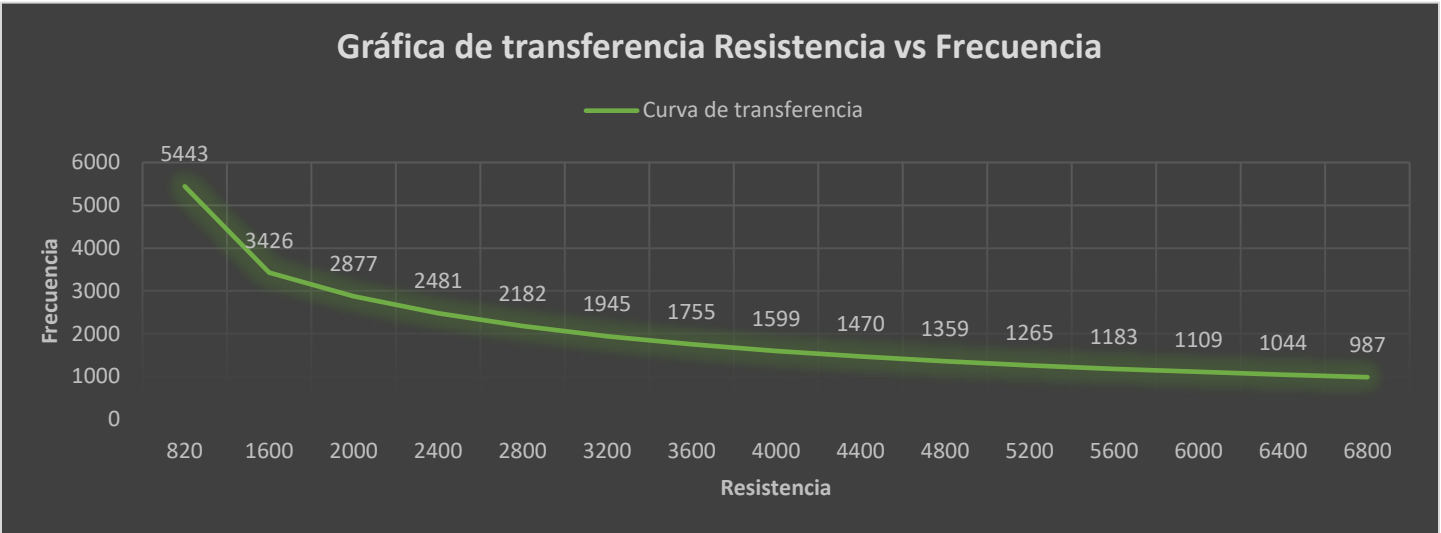
### Análisis de la tabla comparativa:

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.

Además, podemos ver claramente el crecimiento lineal que existe al ir decrementando el valor de la LDR.

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 luz detectada por un LDR.

### **Objetivos específicos:**

- Comprender el funcionamiento de un LCD.
- Programar un microcontrolador Arduino UNO para procesar la información y que esta misma pueda ser vista en un display LCD.
- Comprender el funcionamiento de un LDR.
- Diseñar un circuito con un generador de onda cuadrada IC 555 (NE 555) y calcular su frecuencia.

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.
- Aprender el funcionamiento de un Convertidor de Frecuencia a voltaje.