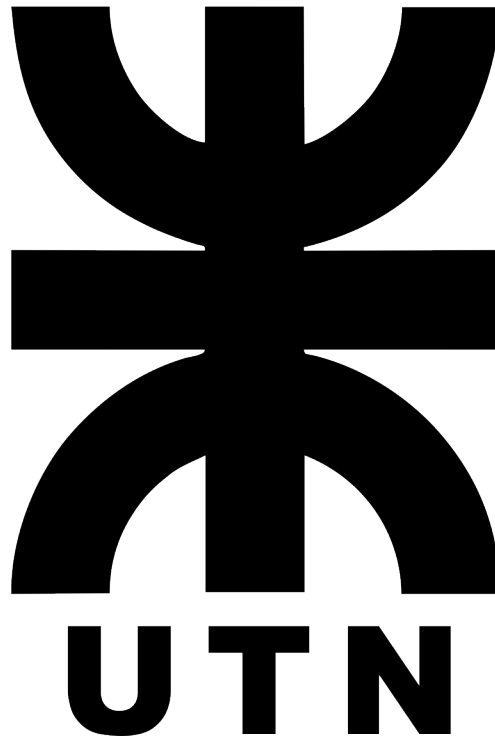


Tecnología Electrónica  
Comportamiento térmico de resistencias y capacitores



Bosse, Esteban 62930  
Lo Valvo, Adrián 62624  
Massitti, Martín 62623

Profesor:  
Ing.Diego Gonzalez Dondo.

# Índice

<b>1. Objetivos</b>	<b>3</b>
<b>2. Medición de la variación del valor nominal debido a cambio de las temperaturas de operación</b>	<b>3</b>
2.1. Resistores . . . . .	4
2.1.1. Carbón . . . . .	4
2.1.2. Metal-Film . . . . .	5
2.1.3. Alambre . . . . .	6
2.2. Capacitores . . . . .	7
2.2.1. Cerámico . . . . .	7
2.2.2. Poliéster . . . . .	8
2.2.3. Electrolítico . . . . .	10
<b>3. Ejercicios de análisis sobre efecto en circuitos de los cambios de valores en los componentes</b>	<b>11</b>
3.1. Ejercicio 1 . . . . .	11
3.1.1. Enunciado . . . . .	11
3.1.2. Solución . . . . .	11
3.2. Ejercicio 2 . . . . .	12
3.2.1. Enunciado . . . . .	12
3.2.2. Solución . . . . .	12
<b>4. Conclusión</b>	<b>12</b>

## 1. Objetivos

- Estudiar el comportamiento de los capacitores y resistores con la variación de la temperatura
- Determinar que tecnología sufre menos cambio en su valor con respecto a la temperatura
- Determinar el efecto de las tolerancias de los componentes en los circuitos y de los cambios de temperatura de funcionamiento.

## 2. Medición de la variación del valor nominal debido a cambio de las temperaturas de operación

Dado que las variaciones de capacidad y resistencia en algunos casos son pequeñas, para determinar el coeficiente de temperatura de los dispositivos se utilizara un método indirecto. Este consiste en implementar un oscilador, donde la constante de tiempo dependa del valor de nuestro componente a ensayar. El circuito implementado se puede observar en la Fig. 1. De esta manera, si se incrementa la temperatura del componente, su valor nominal cambiara reflejando una variación en la frecuencia del oscilador. Midiendo el incremento de temperatura y las frecuencias inicial y final, se determina el coeficiente de temperatura. Es de suma importancia conocer la siguiente fórmula, para así poder

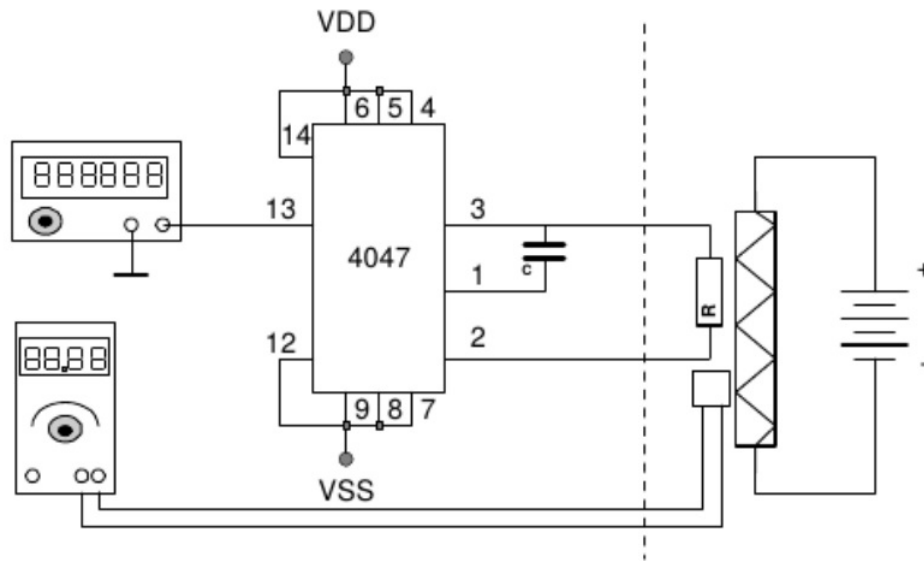


Figura 1: Circuito implementado con un CD4047

calcular la variación:

$$f_{osc} = \frac{1}{2,2 \cdot C \cdot R} \quad (1)$$

Se elevará la temperatura del componente a ensayar, mediante el uso de una resistencia calefactora, de tal manera de producir saltos térmicos. Una vez alcanzado un valor de temperatura estable, se medirá el valor de frecuencia del oscilador y con las ecuaciones de los coeficientes se determinara la variación del parámetro característico dependiendo del componente ensayado.

Los coeficientes de temperatura de cada dispositivo son:

$$CT_R = \frac{R_f - R_i}{R_i \cdot \Delta T} * 10^6 [ppm/^{\circ}C] \quad CT_C = \frac{C_f - C_i}{C_i \cdot \Delta T} * 10^6 [ppm/^{\circ}C] \quad (2)$$

## 2.1. Resistores

Para determinar el coeficiente de temperatura de los resistores es necesario:

- Implementar el circuito de la figura nro. 1, colocando el resistor a ensayar junto con el resistor calefactor.
- Medir el valor de la resistencia a temperatura ambiente, como también la frecuencia del oscilador y el capacitor fijo.
- Aplicar tensión a la resistencia calefactora, de modo que llegue a una temperatura estable.
- Una vez que se alcance la temperatura de régimen, medir esta y la frecuencia del oscilador.
- Calcular el valor de la resistencia.
- Calcular el valor del coeficiente de temperatura del resistor.

### 2.1.1. Carbón

Utilizando un capacitor fijo de 100nF para establecer la constante de tiempo en el CD4047, la variación de una resistencia de 22k de dicha tecnología se puede observar en el siguiente gráfico:

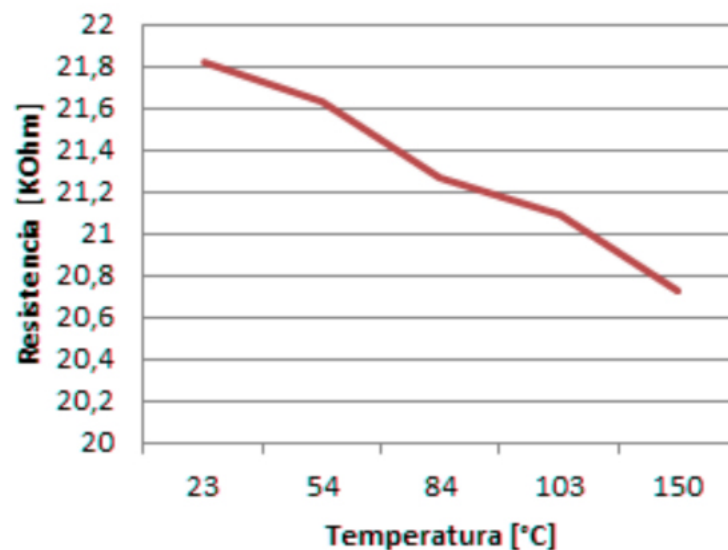


Figura 2: Resistencia vs Temperatura

Utilizando la ecuación 2, determinamos el coeficiente de temperatura:

$$CT_R = -386,12 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$$

Gracias a los datos obtenidos anteriormente, podemos calcular la variación porcentual, y expresarlo en el siguiente gráfico:

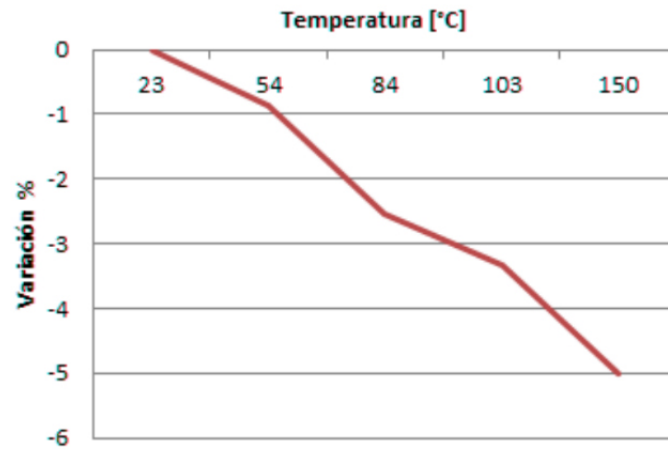


Figura 3: Variación porcentual

### 2.1.2. Metal-Film

Para este resistor de 100k utilizamos un capacitor fijo de 1nF. Las mediciones de frecuencia del oscilador nos permitieron calcular la resistencia, que se muestra en el siguiente gráfico:

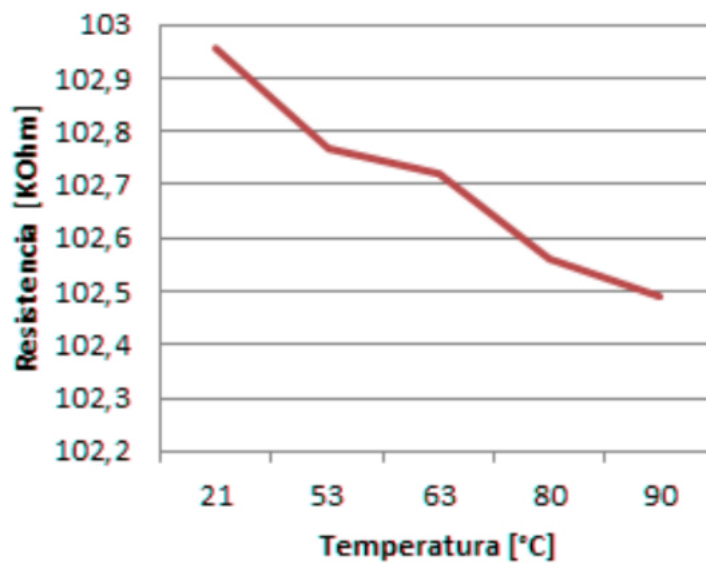


Figura 4: Resistencia vs Temperatura

Utilizando la ecuación 2, determinamos el coeficiente de temperatura:

$$CT_R = -64,75 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$$

A continuación la variación porcentual:

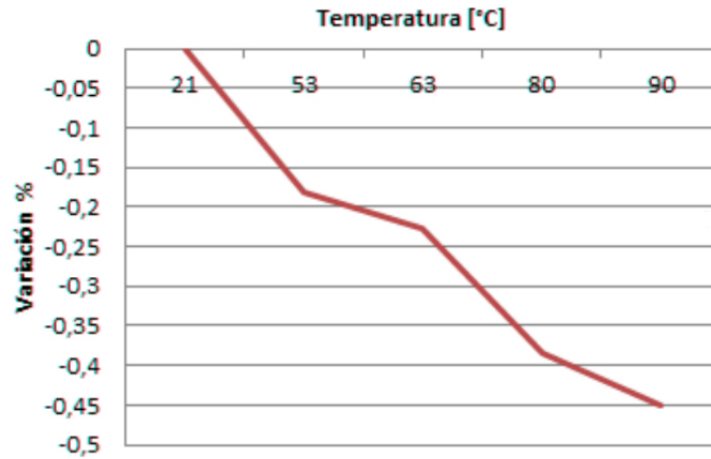


Figura 5: Variación Porcentual

### 2.1.3. Alambre

Para este resistor de 10k de dicha tecnología, utilizamos el mismo capacitor de 100nF de la experiencia con el resistor de carbón.

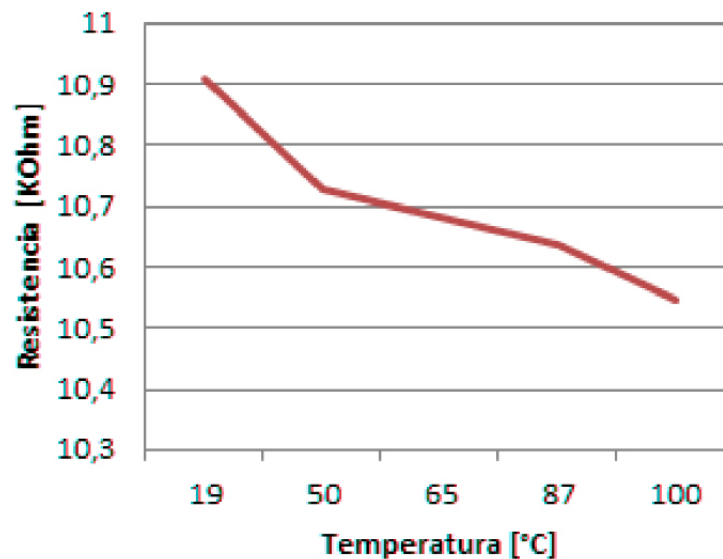


Figura 6: Resistencia vs Temperatura

Utilizando la ecuación 2, determinamos el coeficiente de temperatura:

$$CT_R = -407,37ppm/^{\circ}C$$

La variación porcentual de la resistencia con respecto a la temperatura aplicada es:

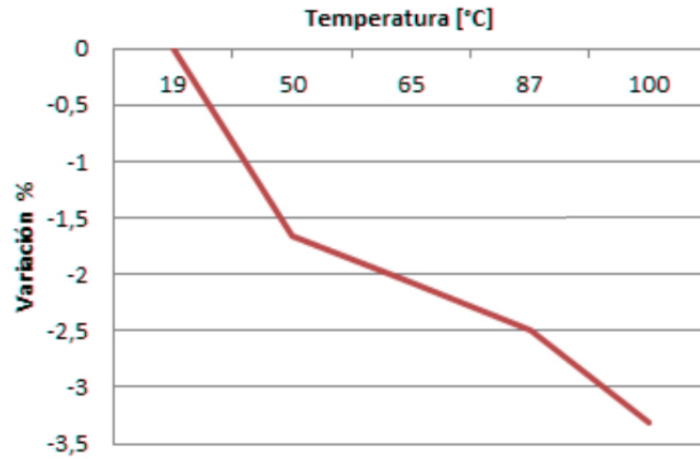


Figura 7: Variación Porcentual

## 2.2. Capacitores

Para determinar el coeficiente de temperatura de los capacitores es necesario:

- Implementar el circuito de la figura 1, y colocar el capacitor junto al resistor calefactor.
- Medir la frecuencia de oscilación, la temperatura y el valor del capacitor.
- Conectar la resistencia calefactora a la alimentación, de modo que la temperatura no supere el valor que soporta el capacitor.
- Medir la temperatura y la frecuencia, una vez establecida la temperatura de régimen.
- Calcular la capacidad con los datos obtenidos
- Calcular el coeficiente de temperatura del capacitor.

### 2.2.1. Cerámico

La resistencia fija utilizada para determinar el tiempo del CD4047, en los tres casos es de 9960  $\Omega$ . El valor de capacidad utilizado es de 100nF. En la Figura 8 podemos observar la variación de la capacidad con respecto a la temperatura.

Utilizando la ecuación 2, determinamos el coeficiente de temperatura:

$$CT_C = -10807,01ppm/^{\circ}C$$

La variación porcentual del capacitor con respecto a la temperatura aplicada aprecia en la Figura 9.

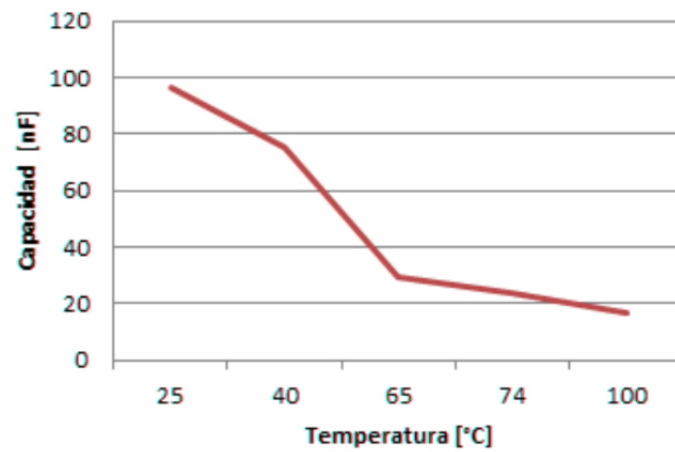


Figura 8: Capacidad vs Temperatura

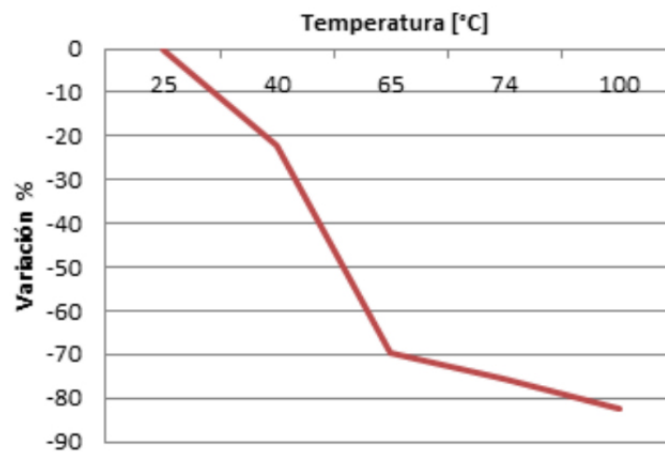


Figura 9: Variación Porcentual

### 2.2.2. Poliéster

Utilizamos un capacitor de 220nF y los resultados de la variación de temperatura de esta tecnología de capacitores se puede observar en la Figura 10. Utilizando la ecuación 2, determinamos el coeficiente de temperatura:

$$CT_C = 3626,70ppm/^{\circ}C$$

En la Figura 11 podemos ver la variación porcentual del capacitor.



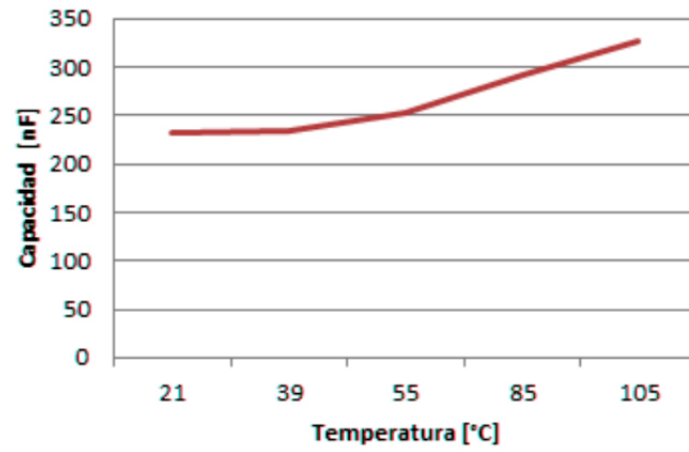


Figura 10: Capacidad vs Temperatura

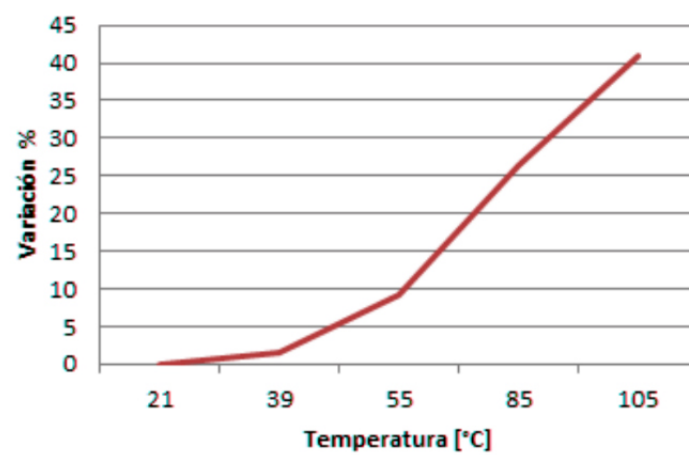


Figura 11: Variación Porcentual

### 2.2.3. Electrolítico

En esta tecnología, utilizamos un capacitor de 10uF. Realizamos los procedimientos mencionados anteriormente y obtuvimos la gráfica que corresponde a la Figura 12. Utilizando la ecuación 2, determinamos el coeficiente de temperatura:

$$CT_C = 985,61\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$$

Una vez obtenidos los datos de capacidad para diferentes temperaturas, determinamos la gráfica de variación porcentual. Esta corresponde a la Figura 13.

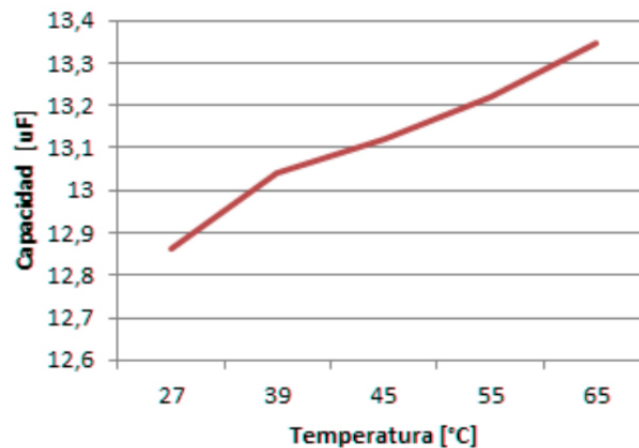


Figura 12: Capacidad vs Temperatura

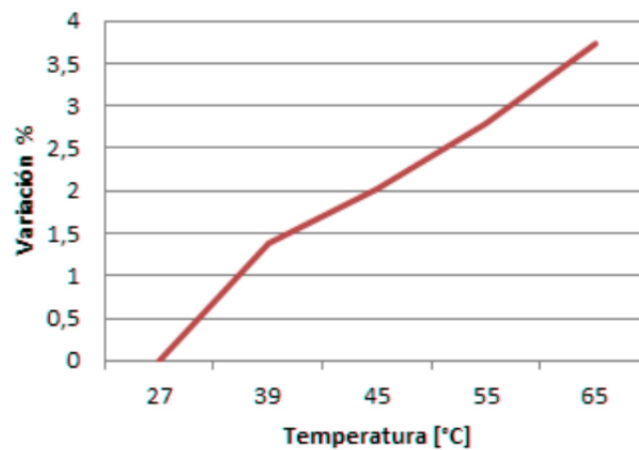


Figura 13: Variación Porcentual

### 3. Ejercicios de análisis sobre efecto en circuitos de los cambios de valores en los componentes

#### 3.1. Ejercicio 1

##### 3.1.1. Enunciado

En el siguiente circuito determinar el voltaje final de salida para una temperatura de 100 °C si el valor a 25 °C es el indicado para R y amplificación. Además calcular el porcentaje de error si las resistencias tienen una tolerancia del más menos 10 % .

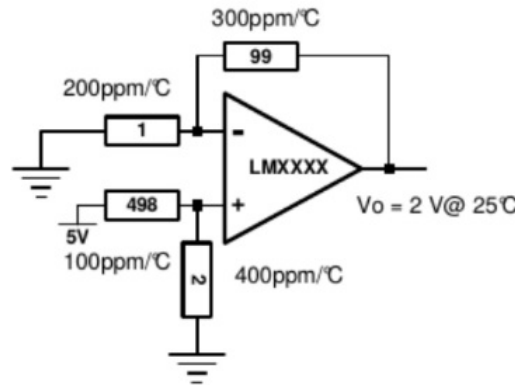


Figura 14: Circuito con operacional

##### 3.1.2. Solución

Las resistencias debido a los cambios de temperatura se calculan mediante la fórmula:

$$R_f = \frac{C \cdot T_R \cdot R_i \cdot \Delta T}{10^6} + R_i \quad (3)$$

Por lo tanto los valores de resistencia con dicha temperatura son:

$$R_1 = 1,015\Omega$$

$$R_2 = 101,2275\Omega$$

$$R_3 = 501,735\Omega$$

$$R_4 = 2,06\Omega$$

Al variar las resistencias, cambia el valor de la tensión a la salida, y este será:

$$V_o = 5 \left( \frac{R_4}{R_3 + R_4} \right) \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \quad (4)$$

$$V_o = 2,06V$$

Por lo que hubo una variación del 3 %

El error debido a la tolerancia se calcula mediante la diferencia total:

$$V_o = 5 \left( \frac{R_2 R_4 \Delta R_1}{(R_3 + R_4) R_1^2} + \frac{R_4 \Delta R_2}{(R_3 + R_4) R_1} + \frac{R_3 \Delta R_4}{(R_3 + R_4)^2} \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \frac{R_4 \Delta R_3}{R_3^2} \right) \quad (5)$$

$$V_o = \pm 0,616V$$

El error será de:

$$\text{Error} = \pm 30,8 \%$$

### 3.2. Ejercicio 2

#### 3.2.1. Enunciado

Se pretende construir un oscilador RC, como el de la siguiente figura, donde el capacitor tiene un  $CTC = -0,05\% ^\circ C$  y su tolerancia es de  $10\%$ , el resistor presenta un  $CTR = 200\text{ppm}/^\circ C$  y una tolerancia de  $5\%$ .

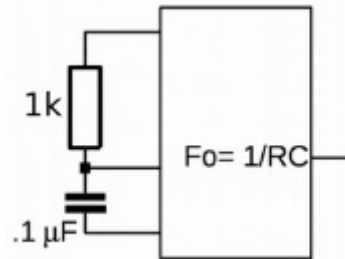


Figura 15: Oscilador

Determinar la banda de frecuencia de oscilación teniendo en cuenta las tolerancias de los componentes. Luego determinar la frecuencia de oscilación sin tener en cuenta las tolerancias para una a  $75^\circ C$  si los valores presentados son para  $25^\circ C$ .

#### 3.2.2. Solución

Las frecuencias máximas y mínimas dadas por la tolerancia de los componentes, se calculan con la siguiente fórmula:

$$f_{min} = \frac{1}{(R + 0,1R)(C + 0,1C)} = 826,44Hz \quad (6)$$

$$f_{min} = \frac{1}{(R - 0,1R)(C - 0,1C)} = 1234,567Hz \quad (7)$$

Los valores de resistencia y capacitancia debido a la variación de temperatura son:

$$C_f = \frac{CT_C C_i \Delta T}{100} + C_i = 975nF \quad (8)$$

$$F_f = \frac{CT_R R_i \Delta T}{10^6} + R_i = 1010\Omega \quad (9)$$

Con estos valores podemos calcular la frecuencia de oscilación:

$$f_{osc} = 1015,47Hz$$

## 4. Conclusión

A lo largo del práctico pudimos comprobar que tecnología varía en menor proporción con respecto a la variación de la temperatura. El más estable al cambio es el capacitor electrolítico, donde prácticamente no varió su valor. También pudimos rescatar que cuando se produce un aumento de la temperatura, pueden producirse dos cosas, que el materias aumente o disminuya su capacidad. Esto es importante ya que hay que tomar ciertos recaudos al someter algún circuito a altas temperaturas. En el caso de los resistores, la mejor tecnología resulto ser la de Metal-Film y la peor, para el caso de variaciones de temperaturas, la de carbón.