

U.B.A. FACULTAD DE INGENIERÍA

Departamento de Electrónica

LABORATORIO 66-02

Informática

Proyecto Integrador

**Análisis del Funcionamiento y los Efectos
de la Temperatura sobre un Semáforo**

Curso 2020 - 1er Cuatrimestre

GRUPO N°3	
APELLIDO, Nombres	N° PADRÓN
BIANCARDI, Julián	103945
CAPÓN BLANQUER, Mateo	104258
CZOP, Santiago Nicolás	104057

Índice

Índice	2
Objetivos	3
Introducción	3
Alternativas	3
Elección	3
Cronograma Estimado	4
Circuito Integrado NE555	4
Modos	6
Lista de Componentes	8
Desarrollo	10
Efectos de la Temperatura	12
Mediciones	14
Análisis de Resultados	21
Posibles Extensiones al Estudio	23
Conclusiones	25
Apéndice	26
Bibliografía	27

Objetivos

El objetivo de este informe es describir la idea del proyecto a realizar en la materia Laboratorio (66.02).

Introducción

El objetivo de este informe consiste en documentar el proyecto de “NE555N”. Por otro lado, se explicará en detalle el proceso de construcción del mismo, su funcionamiento e información acerca de los parámetros que pueden ser de interés para este curso. Asimismo, se investigará los efectos que tiene sobre él un cambio en temperatura.

Alternativas

Para el presente proyecto se tuvieron en cuenta distintos circuitos eléctricos cuyo estudio pudiese resultar interesante para un informático. Al estar familiarizados con el desafío ingenieril que presenta ser la disipación del calor de las computadoras, captó nuestra atención la idea de analizar los efectos de la temperatura sobre un circuito. Entre las ideas de circuitos que serían sujetos a temperaturas variadas o anormales encontramos un circuito con una celda fotovoltaica, una fuente, y un semáforo. Asimismo, se evaluó el dilema de qué rangos de temperatura estudiar.

Elección

Tras considerar las limitaciones que presenta ser la situación actual en la Argentina, transitando la pandemia de COVID-19, se optó por construir a partir de piezas ya poseídas por los integrantes de este proyecto grupal un semáforo. Adicionalmente, se buscará alcanzar

temperaturas de -15°C y 110°C aproximadamente a través de la tecnología y herramientas que encontramos a nuestra disposición.

Cronograma Estimado

CRONOGRAMA ESTIMADO									
SEMANA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Propuesta de Alternativas									
Debate de Alternativas									
Decisión Final									
Construcción del Circuito									
Mediciones									
Confección del Informe									

Circuito Integrado NE555

Este circuito integrado se utiliza para activar o desactivar circuitos durante intervalos de tiempo determinados, es decir se usa como temporizador. Para ello, lo combinaremos con otros componentes cuyas características y forma de conexión en el circuito, determinarán la duración de los intervalos de tiempo del 555, y si estos intervalos se repitan continuamente o no.

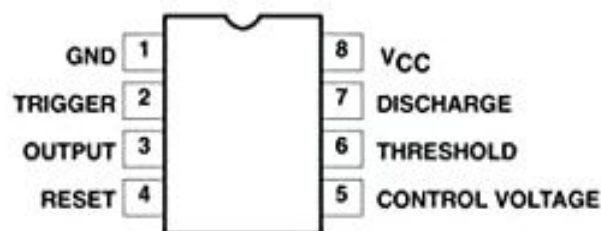


Figura 1: Circuito integrado NE555N

- **GND** : es el polo negativo de la alimentación, generalmente tierra.

- **TRIGGER:** Es donde se establece el inicio del tiempo de retardo si el 555 es configurado como monoestable. Este proceso de disparo ocurre cuando esta 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.
- **OUTPUT:** Aquí veremos el resultado de la operación del temporizador, ya sea que esté conectado como monostable, astable u otro. Cuando la salida es alta, el voltaje será el voltaje de alimentación (V_{cc}) menos 1.7 V.
- **RESET:** Si se pone a un nivel por debajo de 0.7 V, la salida OUTPUT se pondrá en un estado bajo. Si por algún motivo esta no se utiliza hay que conectarla a alimentación para evitar que el temporizador se reinicie.
- **CONTROL VOLTAGE:** Cuando el temporizador se utiliza en el modo de controlador de voltaje, el voltaje en esta pata puede variar casi desde V_{cc} (en la práctica como $V_{cc} - 1.7$ V) hasta casi 0 V (aprox. 2 V menos). Así es posible modificar los tiempos.
- **THRESHOLD:** Es una entrada a un comparador interno que se utiliza para poner la salida a nivel bajo.
- **DISCHARGE:** Utilizado para descargar con efectividad el capacitor externo utilizado por el temporizador para su funcionamiento.
- **VCC:** es el terminal donde se conecta el voltaje de alimentación que va de 4.5 V hasta 16 V.

Modos

En los modos de funcionamiento, la salida OUTPUT puede encontrarse en 2 estados diferentes:

- Estado nivel bajo, es decir tendremos 0V.

- Estado nivel alto, es decir tendremos tensiones cercanas a la de alimentación.

- **Astable**

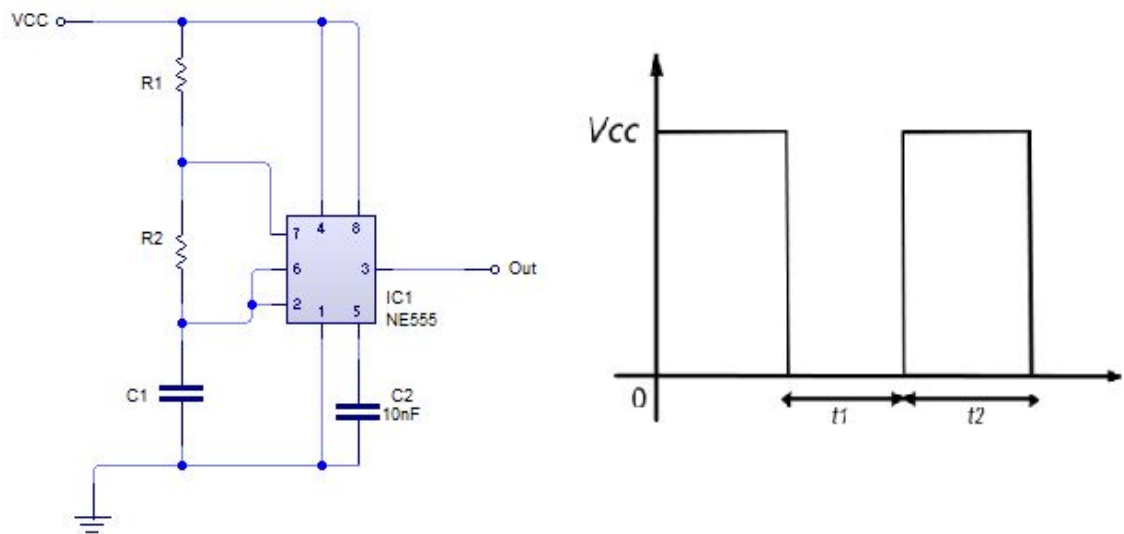


Figura 2: Configuración Astable

Este tipo de funcionamiento se caracteriza por una salida continua de forma de onda cuadrada (o rectangular), con una frecuencia específica.

La señal de salida tiene un nivel alto por un tiempo t_1 y un nivel bajo por un tiempo t_2 . Mediante esta configuración astable no se tiene un estado estable y por lo tanto varía entre dos estados inestables, sin utilizar un circuito de disparo externo (TRIGGER).

El ciclo de trabajo presenta los estados alto y bajo, la duración de los tiempos en cada uno de los estados depende de los valores de R1, R2 y C con las siguientes fórmulas:

$$t_{\text{Bajo}} = t_1 = \ln(2) \cdot R_2 \cdot C$$

$$t_{\text{Alto}} = t_2 = \ln(2) \cdot (R_1 + R_2) \cdot C$$

Entonces sabiendo estos dos tiempos tenemos que:

$$T = t_1 + t_2 \rightarrow f = 1/T = 1/(t_1 + t_2)$$

$$f = \frac{1}{\ln(2) \cdot R_2 \cdot C + \ln(2) \cdot (R_1 + R_2) \cdot C} \rightarrow f = \frac{1}{\ln(2) \cdot C \cdot (R_1 + 2 R_2)}$$

- **Monoestable**

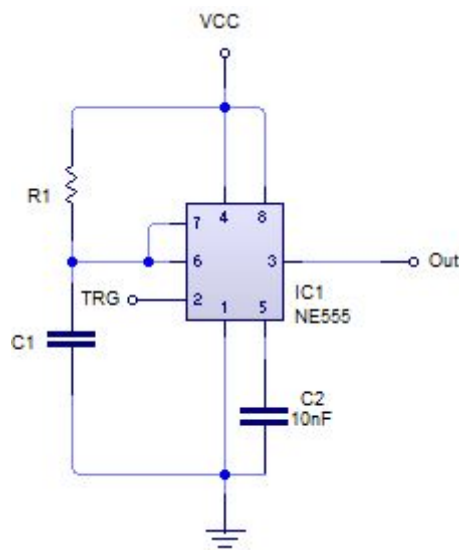


Figura 3: Configuración Monoestable

En este caso el circuito entrega un solo pulso de un ancho establecido por R y C. La fórmula para calcular el tiempo de duración (tiempo en el que la salida está en nivel alto) es:

$$T = \ln(3) \cdot R \cdot C$$

En este caso, es necesario que la señal de disparo sea de nivel bajo y de muy corta duración para iniciar la señal de salida.

Lista de Componentes

- Circuito Eléctrico de un Semáforo

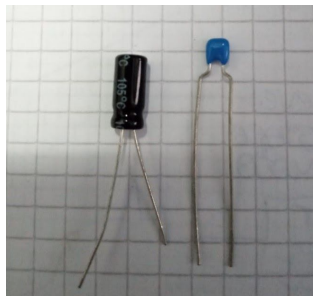
- NE555N



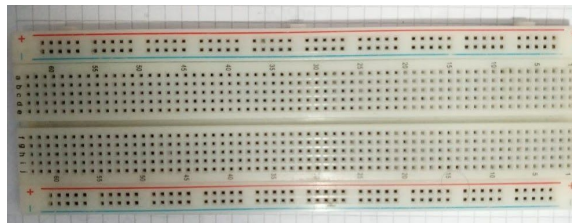
- Resistores



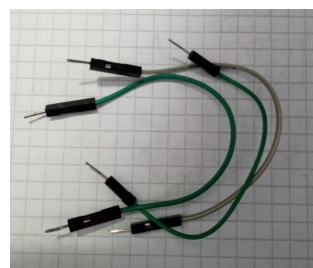
- Capacitores



- Protoboard



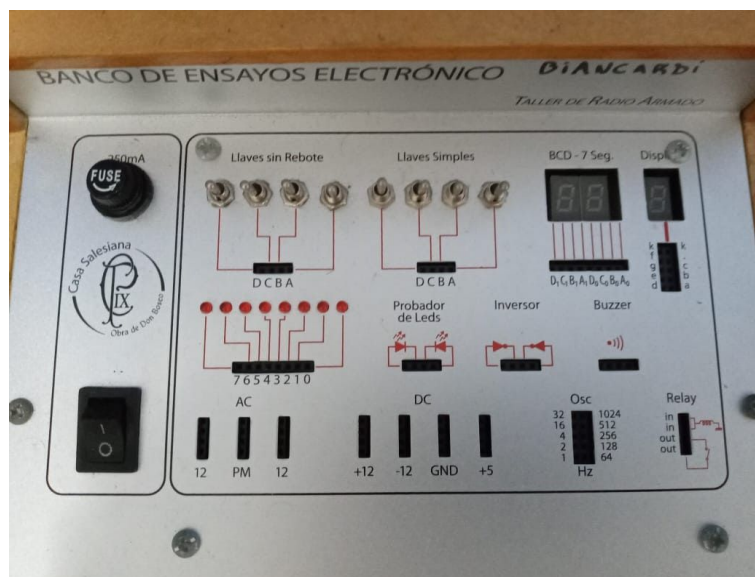
- Cables



- Voltímetro Digital Metex 3800



- Banco de ensayos electrónico



- Simuladores de Circuitos Eléctricos:
 - LTspice
 - Livewire



¹ (LTspice, n.d.)

Desarrollo

El proyecto consistirá en construir un circuito de un semáforo a partir de un Timer 555, para luego medir todos los componentes y conocer su funcionamiento en detalle.

Posteriormente, se buscará volver a realizar todas las mediciones habiendo cambiado su temperatura pero manteniendo todos sus componentes originales. Las temperaturas objetivo serán 373K (273°C) o mayor y 273K (0°C) o menor, proporcionando así un rango de temperaturas de 100K.

A partir de la información recolectada se procederá a realizar un análisis de los resultados, observando cómo se vieron afectados cada uno de los componentes por separado así como el circuito en su totalidad. Adicionalmente, en caso de notar que el comportamiento del semáforo ha cambiado al enfriarse o calentarse (considerando que lo normal es su funcionamiento a temperatura ambiente), se procederá a proponer modificaciones para que el circuito pueda funcionar a bajas temperaturas o altas temperaturas sin sufrir daños ni cambios en su periodo de luces.

Para realizar las mediciones se utilizará un voltímetro digital VMS Metex 3800. Para complementar las mediciones reales, se usará un simulador para hacer uso de un osciloscopio y poder analizar las señales con más detalle y tener información extra.

Construcción

Los valores utilizado para el desarrollo fueron los siguientes:

$$R1 = (100 \pm 5) \Omega$$

$$R2 = (100 \pm 5)K \Omega$$

$$C1 = 10\mu F$$

$$(RiMultimetro = 10M \Omega)$$

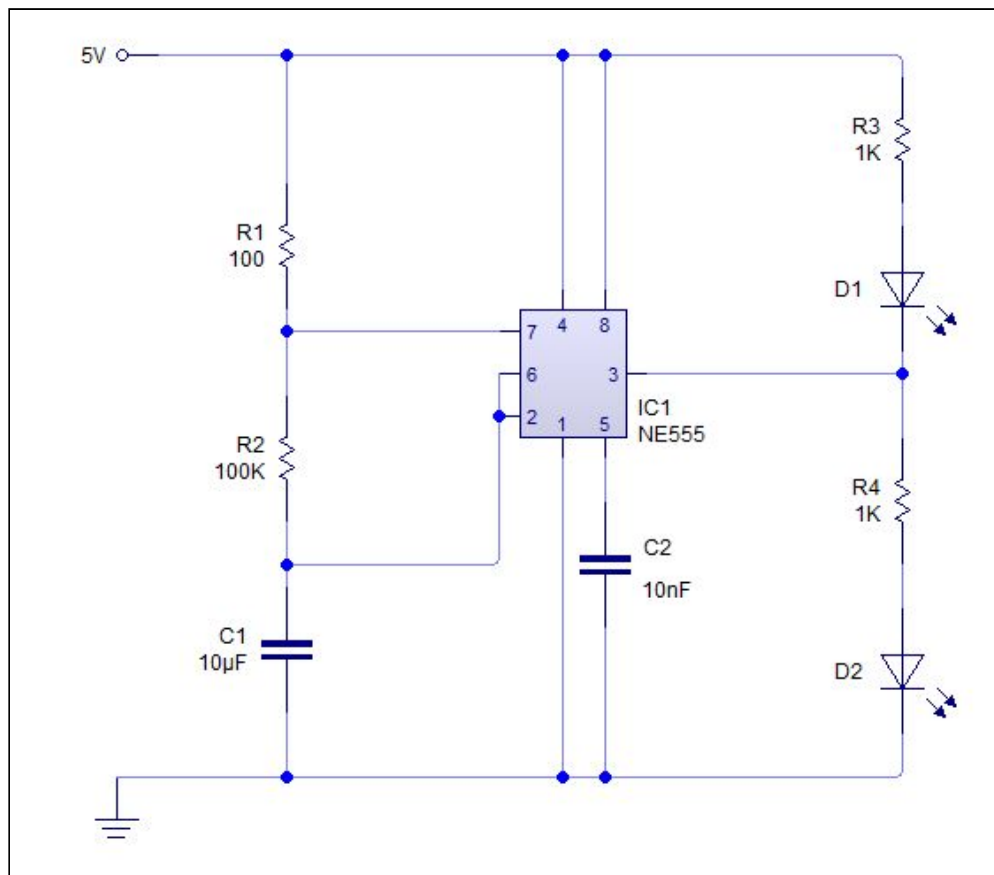
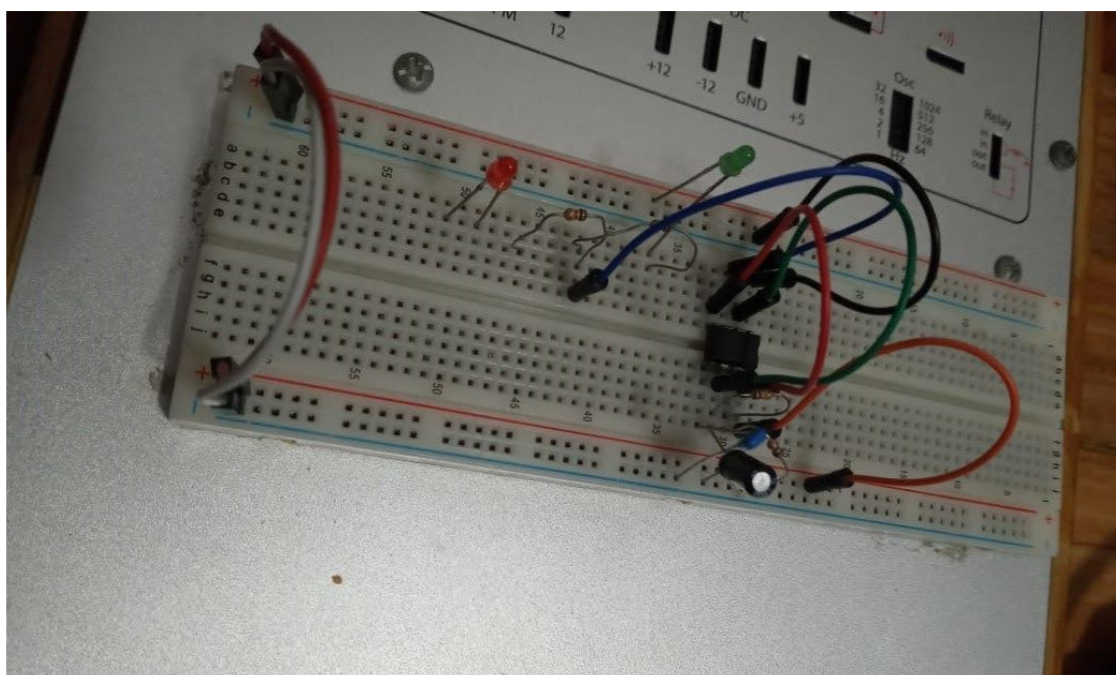


Figura X: Esquemático del circuito armado



Modelo Final

Efectos de la Temperatura

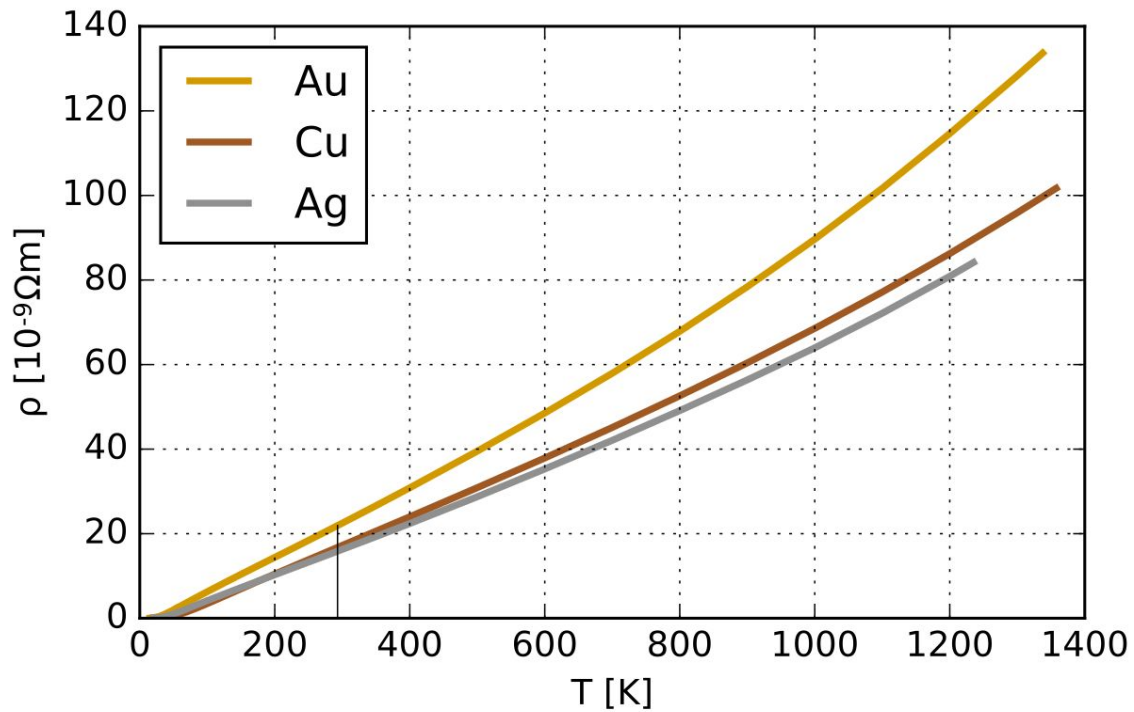
En un material, algunas de sus propiedades intrínsecas son una función de la temperatura. Como consecuencia, se debe tener en cuenta la temperatura del ambiente al momento de construir cualquier circuito eléctrico. Comúnmente, los proveedores fabrican componentes eléctricos comunes destinados a funcionar bajo los parámetros que indican, en condiciones de presión y temperatura normales (25°C y 1 atm) u otras especificaciones que ellos indiquen. Sin embargo, en una gran variedad de situaciones, los componentes no funcionan en dicho estado, ya sea porque los circuitos no logran disipar el calor rápidamente o el mismo ambiente es desafiante.

En particular, la resistencia es una de las propiedades de un circuito que depende directamente de la temperatura. Para la mayoría de los materiales, la resistividad tiene un comportamiento aproximadamente lineal, siguiendo la ecuación:

$$\rho(T) = \frac{1}{\rho_o} \cdot [1 + \alpha_o(T - T_o)]$$

Donde T_o es una temperatura de referencia, ρ_o la resistividad a dicha referencia, y α_o el coeficiente de temperatura de la resistencia eléctrica. La resistencia, como se puede ver de la ecuación, suele crecer a medida que sube la temperatura. Este no es el caso de los semiconductores, que siguen una función exponencial, ni de superconductores, que a ciertas temperaturas logran una resistividad de $0\Omega m$. Sin embargo, no nos adentraremos en dichos temas.

En el siguiente gráfico podemos admirar la dependencia de la temperatura de la resistividad para los metales oro, cobre y plata:



2

En el presente proyecto analizaremos los efectos de la temperatura sobre un circuito eléctrico, intentando verificar los cambios teóricos esperados a través de mediciones experimentales. Se trabajará con un rango de temperaturas de -15°C a 100°C.³

Mediciones

Circuito

Para lograr un análisis completo del circuito es necesario realizar mediciones sobre los distintos componentes que lo conforman. El procedimiento seguido consistió en una medición inicial en condiciones que llamaremos estándar (15°C, temperatura atmosférica del día). A continuación, se colocó el circuito en un congelador durante 2 horas

² (Electrical resistivity and conductivity, 2018)

³ (Heat Gun vs Hair Dryer - Are They Different and What Are There Uses., 2019)

dentro de una bolsa plástica para evitar posibles daños por humedad. Una vez que se consideró que se había alcanzado la temperatura mínima del congelador (-18°C), se volvió a tomar una muestra de mediciones. Por último, se calentó el circuito completo lentamente durante 30 minutos con un secador de pelo de 1000W, cuidando no derretir las partes plásticas. Según indican fuentes disponibles online, la temperatura alcanzable por el aire expulsado de tales máquinas suele rondar los 120°C , por lo cual será el valor usado como referencia ante la falta de un termómetro que registre temperaturas elevadas.

Ante la imposibilidad de acceder directamente a la fuente del banco de mediciones que proveía de corriente al circuito, se decidió realizar mediciones sobre una batería de 9V como reemplazo y medirla a parte. Sin embargo, debido a contraindicaciones del proveedor, se determinó que sería inseguro calentar la batería. Las baterías de Energizer están diseñadas para funcionar dentro de un rango de temperaturas de -20°C a 40°C , según la información que proveen⁴ y se temió la posibilidad de una explosión o incendio.

Debido a la naturaleza del circuito, su frecuencia resulta muy baja y no fue posible realizar mediciones con el voltímetro en modo AC. Como consecuencia, en modo DC el valor visualizado variaba lentamente cercano a lo que se cree sería el valor medio y se anotaron dichos valores. Por lo tanto, para un mejor análisis habría que recurrir a un osciloscopio (ver inciso Simulaciones). Las mediciones realizadas se encuentran plasmadas en la siguiente tabla:

Temperatura	$T = (-18 \pm 1)^{\circ}\text{C}$	$T = (13 \pm 1)^{\circ}\text{C}$	$T = 120^{\circ}\text{C} = 393\text{K}$
Tensión (R1)	$(2,12 \pm 0,03) \text{ V}$ a $(3,00 \pm 0,03) \text{ V}$	$(2,00 \pm 0,02) \text{ V}$ a $(2,84 \pm 0,03) \text{ V}$	$(2,15 \pm 0,03) \text{ V}$ a $(2,85 \pm 0,03) \text{ V}$
Resistencia (R1)	$(98,7 \pm 0,7) \Omega$	$(99,0 \pm 0,7) \Omega$	$(100,0 \pm 0,7) \Omega$

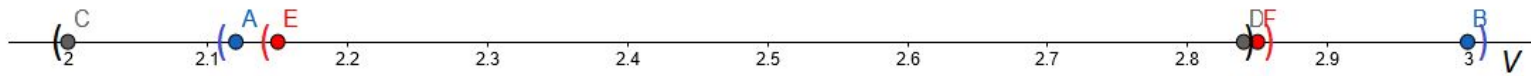
⁴ (Typical Temperature Effects, 2008)

Tensión (R2)	$(0,00 \pm 0,01) \text{ V}$ a $(0,30 \pm 0,03) \text{ V}$	$(0,00 \pm 0,01) \text{ V}$ a $(0,30 \pm 0,02) \text{ V}$	$(0,00 \pm 0,01) \text{ V}$ a $(0,40 \pm 0,02) \text{ V}$
Resistencia (R2)	$(98,8 \pm 0,7) \text{ k}\Omega$	$(100,1 \pm 0,7) \text{ k}\Omega$	$(103,0 \pm 0,7) \text{ k}\Omega$
Tensión (C1)	$(2,19 \pm 0,03) \text{ V}$ a $(2,44 \pm 0,03) \text{ V}$	$(2,23 \pm 0,03) \text{ V}$ a $(2,48 \pm 0,03) \text{ V}$	$(2,03 \pm 0,03) \text{ V}$ a $(2,40 \pm 0,03) \text{ V}$
Fuente 9V	$(8,46 \pm 0,06) \text{ V}$	$(8,42 \pm 0,06) \text{ V}$	ND

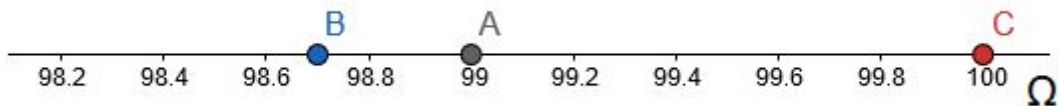
Tabla 1: Mediciones de los distintos componentes

En una recta se verían dichos intervalos de la siguiente forma:

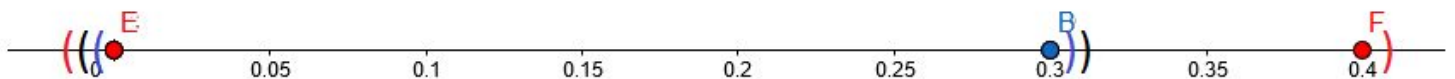
■ Condiciones de Frío ■ Condiciones Normales ■ Condiciones de Calor



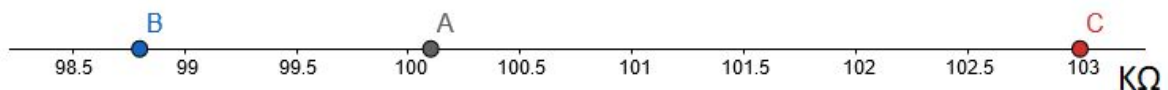
Tensión (R1)



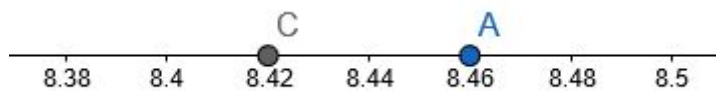
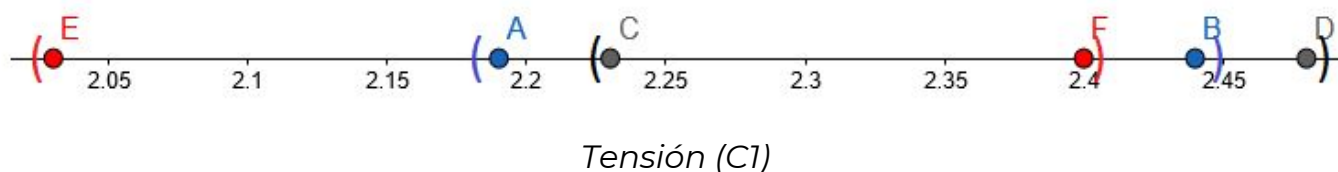
Resistencia (R1)



Tensión (R2)



Resistencia (R2)



Periodo de LEDs

Uno de los puntos cruciales de este estudio es verificar que el circuito en configuración astable del Timer 555 con los parámetros introducidos cumpla con los valores teóricos. El valor teórico del periodo resultante es, $T = \ln(2) \cdot R2 \cdot C + \ln(2) \cdot (R1 + R2) \cdot C = 1.38699s$.

Para estimar el periodo, se recurrió a medir la frecuencia de cambio en las luces (contando 1 pulso independientemente de cual luz se prendiera). Teóricamente, dicha frecuencia sería ocurrirían 86.51 LEDs por minuto. Considerando que el ojo humano tiene un tiempo de respuesta de aproximadamente 200ms para estímulos visuales, se consideró que la cuenta tendría una cota de error de 2, para estar seguros. Se realizaron 3 mediciones independientes para cada temperatura, obteniéndose:

Temperatura Normal

Nº Medición	Frecuencia Calculada
Medición 1	$(87 \pm 2) \text{ LED PM}$
Medición 2	$(86 \pm 2) \text{ LED PM}$
Medición 3	$(86 \pm 2) \text{ LED PM}$

Temperatura Baja

Nº Medición	Frecuencia Calculada
Medición 1	$(86 \pm 2) \text{ LED PM}$
Medición 2	$(87 \pm 2) \text{ LED PM}$
Medición 3	$(86 \pm 2) \text{ LED PM}$

Temperatura Alta

Nº Medición	Frecuencia Calculada
Medición 1	$(84 \pm 2) \text{ LED PM}$
Medición 2	$(85 \pm 2) \text{ LED PM}$
Medición 3	$(85 \pm 2) \text{ LED PM}$

Considerando que la frecuencia calculada es el doble de la real, y que está en una unidad de minutos (y no en Hz), el periodo debería ser:

$$T = 1 / \frac{f_{\text{promedio}}}{2 \cdot 60} = 120 / \frac{(f_1 + f_2 + f_3)}{3} = 360 / (f_1 + f_2 + f_3)$$

$$T = 360 / (87 + 86 + 86) = 1.38996139s$$

La cota del error la calculamos a partir de los máximos y mínimos valores posibles según:

$$\Delta T = (T_{\text{max}} - T_{\text{min}}) / 2$$

$$\Delta T = (1.4229s - 1.3585s) / 2$$

$$\Delta T = 0.0322s$$

Entonces, los períodos presentados con su incerteza (con 1 única cifra significativa) son:

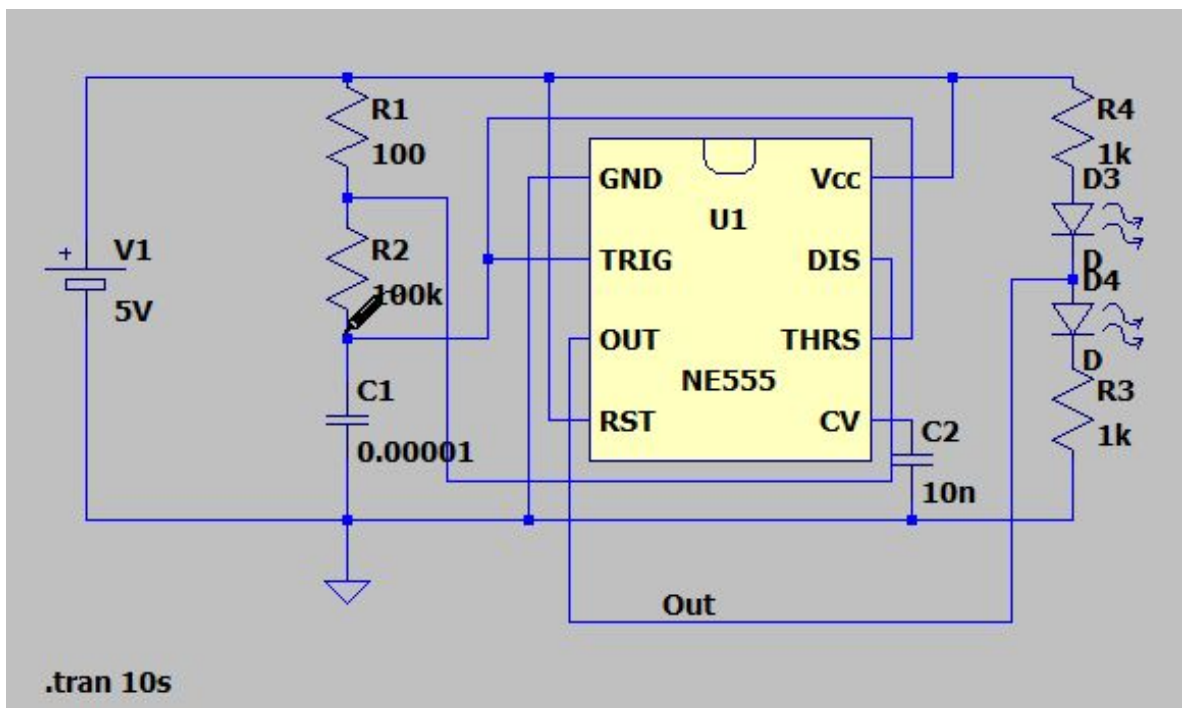
$$T_{\text{normal}} = (1.38 \pm 0.04) s$$

$$T_{frio} = (1.38 \pm 0.04) s$$

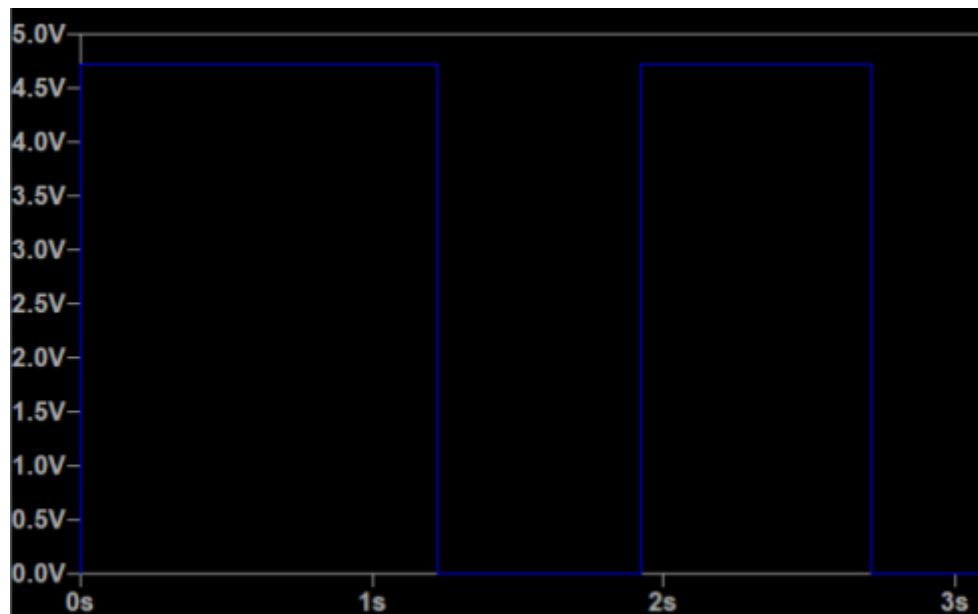
$$T_{caliente} = (1.42 \pm 0.04) s$$

Simulaciones

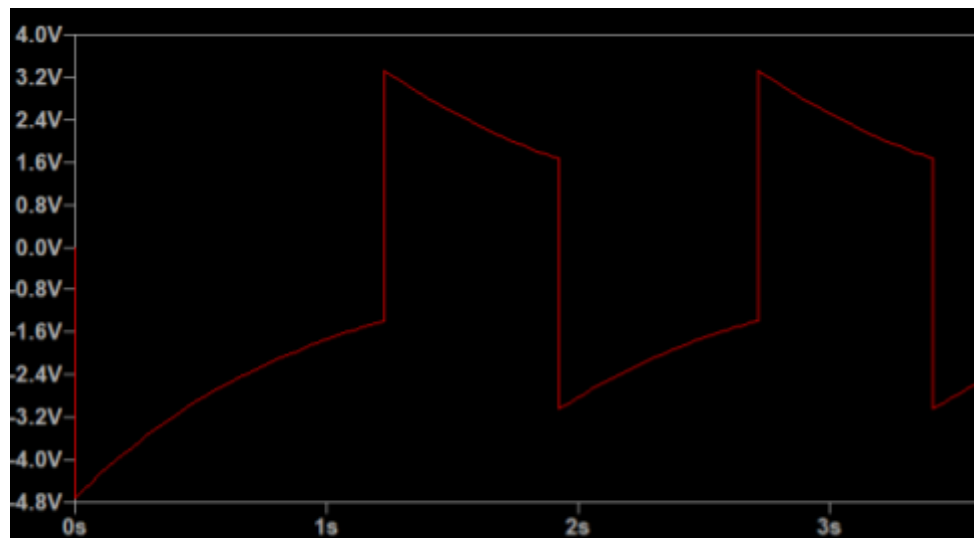
Para poder realizar un análisis más exhaustivo del circuito del semáforo, se hizo uso del programa LTSpice. Este simulador provee los componentes necesarios para simular el circuito, además de permitirnos estudiarlo con un osciloscopio. Dada la naturaleza periódica del circuito, resulta crucial poder ver la señal, dado que por la baja frecuencia que se obtuvo con los componentes que usamos, las mediciones en voltímetro tienen un error sistemático tanto en todos sus modos. Una vez construido el semáforo en LTSpice, éste se veía de la siguiente forma:



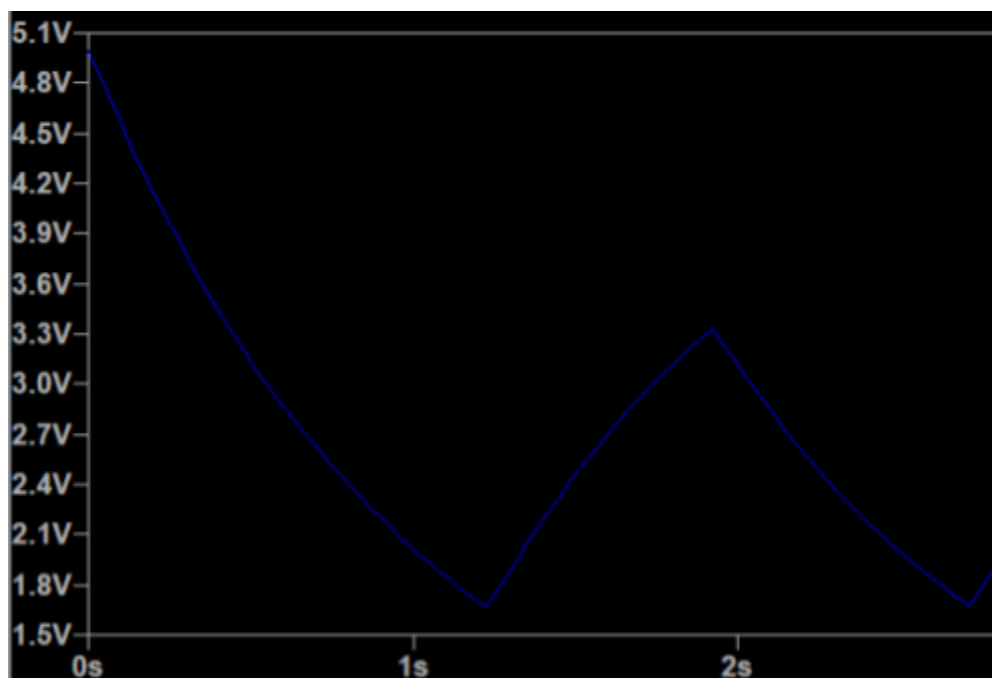
Se utilizó el osciloscopio integrado para conocer las distintas señales en cada componente, obteniéndose los siguientes gráficos:



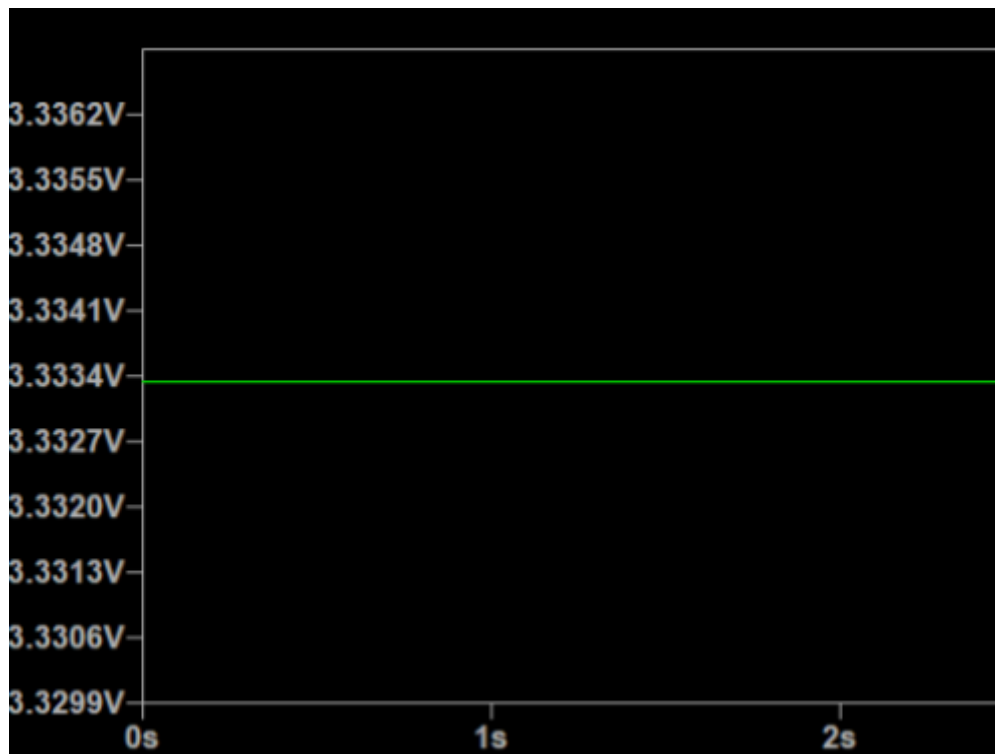
Tensión en R1



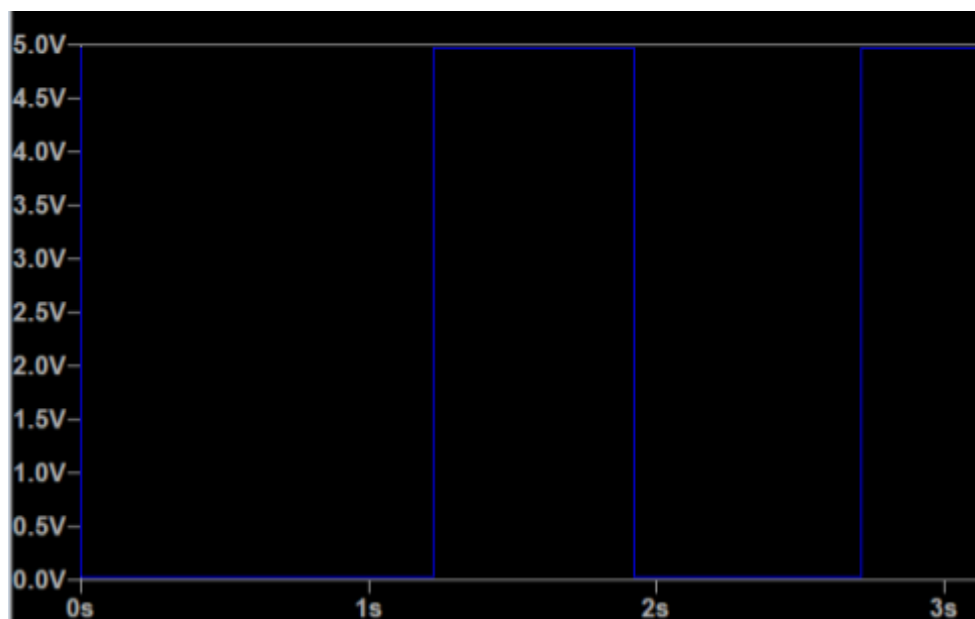
Tensión en R2



Tensión en C1



Tensión en C2



Tensión de Salida

Aclaración: Para los gráficos dados, entre el inicio (0s) y aproximadamente 1,5s el circuito se va estabilizando hasta formar ondas periódicas.

Análisis de Resultados

Al mirar los resultados del voltímetro y compararlo con el osciloscopio, resulta obvio el problema causado por el uso del modo DC del voltímetro, el cual se había predicho. En modo DC, obtenemos el valor medio de la señal, pero al no ser realmente una señal continua (sino simplemente de baja frecuencia), el voltímetro varió entre valores próximos al valor medio real. Como no tenemos información de la forma de la señal, este valor medio no aporta mucha información al análisis, y es solo un número que nos habla un poco de qué está ocurriendo.

A partir de los diagramas y tabla anteriores se puede observar que la variación de la temperatura generó un efecto leve sobre los componentes. En teoría, el cambio en temperatura debería haber modificado la resistividad de los materiales y en consecuencia la resistencia de los resistores. Sin embargo, este efecto no resultó muy evidente al observar la tensión. La explicación que consideramos más factible es que el cambio en resistencia implicó una modificación en la corriente, manteniendo casi constante la tensión. La modificación en la diferencia de potencial sería entonces un simple indicio de que realmente ha cambiado algo.

Al revisar la resistencia medida, vemos que se cumplió la predicción teórica y que estas últimas deducciones eran acertadas. En frío la resistencia cayó, y en calor subió. En específico el resistor de $100\text{k}\Omega$ sufrió las variaciones más grandes, pero no se logró hallar ninguna explicación. La variación de dicho resistor tiene como consecuencia un cambio en el periodo, el cual solo logró ser observado con claridad con la temperatura más elevada. Entre las posibles causas por las cuales en frío tal vez no se notó un cambio de periodo podríamos incluir: incertidumbre al medir, errores de parte del operador y haberse demorado para medirla (y que el circuito haya tendido al equilibrio térmico con el entorno).

En cuanto al capacitor, también presentó variación en su tensión, lo cual no fue esperado. Esto se podría deber al cambio en las propiedades del resto de los componentes, o como se descubrió tras una breve investigación posterior, a que la capacitancia también se ve afectada por la

temperatura⁵. Lamentablemente, no poseemos un multímetro capaz de medir capacitancia. Adicionalmente a esto, vemos que a diferentes temperaturas el intervalo de la tensión es distinto, siendo en calor cuando los resistores y el capacitor presentan una variación anormal (ya sea un rango mayor o menor que en temperatura normal). Para poder conocer la verdad detrás de esto sería necesario observar la señal mediante un osciloscopio y así poder sacar conclusiones una vez vistas las señales en detalle. Con la información obtenida se puede únicamente concluir que hay un cambio evidente en la resistencia, pero no hay suficientes datos para explicar dichos fenómenos.

Posibles Extensiones al Estudio

Herramientas de Medición

Para realizar un análisis más exhaustivo se considera esencial el uso de un osciloscopio para poder dibujar las señales. Esto nos permitiría conocer la forma de la tensión en cada componente (la cual, como pudimos observar en la simulación, solían ser cuadradas o exponenciales), conocer los picos y valles y así tener toda la información de interés. En complemento, el uso de un termómetro con un gran rango de temperaturas sería una buena adición al experimento para no depender de las indicaciones que encontramos acerca de los métodos de enfriamiento o calentamiento que usamos.

En adición a esto, consideramos que sería interesante experimentar sobre cuáles son las consecuencias de realizar mediciones en ambientes extremos. En otras palabras, ¿qué pasaría si usamos un osciloscopio y multímetro en temperaturas extremas para medir un circuito, y como se diferenciarían los resultados de cuando únicamente el circuito es aquello afectado? Esto nos permitiría entender mejor qué sucedería si algún día

⁵ (Características del condensador, coeficiente de temperatura, tolerancia - Electronica Lugo, 2020)

nos encontramos realizando mediciones de este tipo en un ambiente extremo, como puede ser la helada antártida o el hirviente sahara.

Rango de Temperaturas

Para conocer con más detalle cómo se vio afectado el circuito, resultaría interesante repetir el experimento consiguiendo un rango de temperaturas incluso más grande. Esto nos permitiría conocer con más detalle (siempre y cuando tengamos un osciloscopio) qué le está sucediendo al circuito al ser expuesto a temperaturas para las cuales el fabricante ya no nos garantiza un correcto funcionamiento. De realizarse, sería ideal rastrear lentamente el estado de cada componente hasta el punto en que el circuito falle o presente grandes anomalías que estén por fuera de los límites tolerables (como puede ser un periodo en la señal de salida mucho menor del original). Esto nos permitiría tener un gráfico que nos muestre cómo se comporta cada componente al imponer distintas temperaturas.

Mediciones Adicionales

Para complementar las mediciones, sería interesante realizar mediciones extras. Éstas podrían ser la corriente, capacitancia e inductancia de las distintas partes.

Componentes Diferentes

Si repetimos un proyecto de características parecidas, probablemente agregaríamos más componentes al análisis. Estos podrían ser chips 555 de distintos fabricantes (para ver cómo se comporta cada uno), termistores (para poder observar cambios más marcados) o baterías más resistentes (que puedan superar los 60°C en temperatura), por ejemplo.

Cambios Periódicos de Temperatura

No es únicamente importante analizar cómo se comporta un circuito a una temperatura, sino también al cambiar muchas veces de temperatura. Según investigamos, por ejemplo, las baterías suelen sufrir mucho daño en su vida útil una vez que son enfriadas, por lo que a largo plazo rinden menos. Además, la continua dilatación y contracción térmica de los materiales podría conllevar un cambio en las propiedades de cada parte, resultando interesante analizar dichas anomalías. En la vida real, muchos circuitos que se encuentran a altas o bajas temperaturas suelen operar en un gran rango térmico, por lo cual es importante analizar en profundidad esto para conseguir un buen diseño resistente.

Elementos Protectores

Si llegásemos a buscar operar en ambientes extremos, sería necesario proteger el circuito del entorno. Este estudio podría incluir en un futuro la protección del circuito, para verificar qué métodos dan mejores resultados (aunque deberían ser condiciones aún más extremas para que tenga sentido dicho estudio).

Conclusiones

En conclusión, se logró construir con éxito el circuito deseado. La investigación del caso nos permitió ahondar nuestros conocimientos sobre electrónica y poner a prueba aquellos que ya poseíamos. Consideramos que a partir de este estudio y toda la investigación que conllevó, podríamos analizar y comprender futuros problemas que podríamos encontrar siendo informáticos, como puede ser el calentamiento de equipos informáticos.

Mirando los resultados de las mediciones, podemos afirmar que efectivamente la temperatura genera un cambio sobre el circuito, pero que sin el uso de un osciloscopio resulta casi imposible determinar qué tan significativo es el cambio entre -18°C y 120°C . Para poder obtener más información será necesario disponer de mejores herramientas, más precisas y completas.

El semáforo no se vio afectado por las temperaturas, funcionando correctamente en todo el rango analizado con un periodo casi idéntico. No resultó necesario protegerlo ni buscar alternativas para garantizar su correcto funcionamiento.

Apéndice

Multímetro METEX 3800

Specification

	Range	Resolution	Accuracy
DC V	200mV – 1000V	100 μ V – 1V	+ 0.5% + 1d
AC V	200mV – 750V	100 μ V – 1V	+ 0.8% + 3d
DC A	20 μ A – 20A	0.1 μ A – 10mA	+ 1.2% + 1d
AC A	20 μ A – 20A	0.1 μ A – 10mA	+ 1.8% + 3d
Resistance	200 Ω - 20M Ω	0.1 Ω - 10k Ω	+ 0.5% + 2d
Transistor (hfe) Test			
Continuity test			
Input Impedance	10M Ω		
Information	Dimensions	88 mm (W) x 172 mm (L) x 36 mm (H)	
	Display	LCD 57 x 23 mm	
	Weight	340 + 10 g (with battery)	
	Accessories	Instruction manual, Test leads, Carrying case, 9V battery, Spare fuse	

DC Voltage

Range	Accuracy	Resolution
200 mV	$\pm 0.5\%$, of rdg +1 digit	100 μ V
2 V		1 mV
20 V		10 mV
200 V		100 mV
1000 V		1 V

Bibliografía

1. Analog.com. n.d. *Ltspice*. [online] Available at: <https://www.analog.com/en/design-center/design-tools-and-calculators/ltspice-simulator.html> >.
2. En.wikipedia.org. 2018. *Electrical Resistivity And Conductivity*. [online] Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Electrical_resistivity_and_conductivity >.
3. mytoolcloset. 2019. *Heat Gun Vs Hair Dryer - Are They Different And What Are There Uses..* [online] Available at: <http://mytoolcloset.com/heat-gun-vs-hair-dryer/> >.
4. 2008. *Typical Temperature Effects*. 1st ed. [ebook] Energizer Battery Manufacturing Inc. Available at: <https://data.energizer.com/pdfs/temperat.pdf> >.
5. Electronica Lugo. 2020. *Características Del Condensador, Coeficiente De Temperatura, Tolerancia - Electronica Lugo*. [online] Available at: https://electronicalugo.com/caracteristicas-del-condensador-coeficiente-de-temperatura-tolerancia/#Coeficiente_de_temperatura >.