

# Transistor NOT

Rocco Di Tella(roccoditella1@gmail.com); Teo Maggio  
(maggio.teo@gmail.com); ; Valdez Francisco  
(franciscovaldez2712@gmail.com).

*Laboratorio 3 – 2do. cuatrimestre 2018 – Cátedra Schmiegelow -  
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA*

14 de abril de 2023

## 1. Transistor NOT

El objetivo del proyecto fue armar un switch sin partes móviles utilizando un transistor NPN, denominado circuito lógico NOT, el beneficio de un switch de este tipo es que puede ser activado y desactivado de forma automática con tan solo variar la corriente. Para esto se monto el siguiente circuito utilizando un transistor modelo 2N3904,

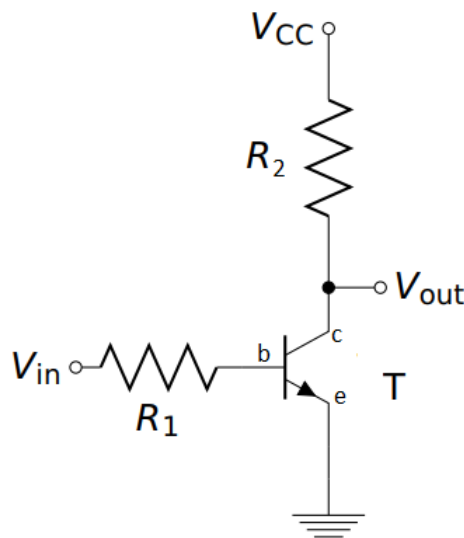


Figura 1

Las resistencias R1 y R2 fueron elegidas a partir de saber la tensión máxima entre la base (b) y el colector (c) que soporta el transistor, como dice el manual, una vez resuelto el circuito llegamos a la ecuación

$$|V_{cb}| = |V_{cc} - V_{in} + i_b * R1 - i_c * R2| < 30V \quad (1)$$

Como el generador de funciones utilizado (AFG1022) no supera los 10V teníamos libertad de elegir las resistencias a gusto, por lo que tomamos R1=1 KOhm y R2=100 Ohm. Luego, para realizar las mediciones se utilizó un osciloscopio TBS1052, y además para visualizar el funcionamiento del mismo independientemente del osciloscopio se introdujo un LED en serie con Vout, lo cual cambia el circuito ya que pasamos a estudiar un circuito compuesto por un transistor y un diodo, el cual fue muy útil como se explicará más adelante.

## 2. Análisis del circuito

### 2.1. Voltaje límite

Comenzamos generando una onda triangular de 5V pico a pico a una frecuencia de 100Hz para ver como se daba la transición entre el estado ON/OFF que buscábamos en el switch.

Se observó que el circuito funcionaba como se esperaba por lo que se continuó con el estudio del mismo.

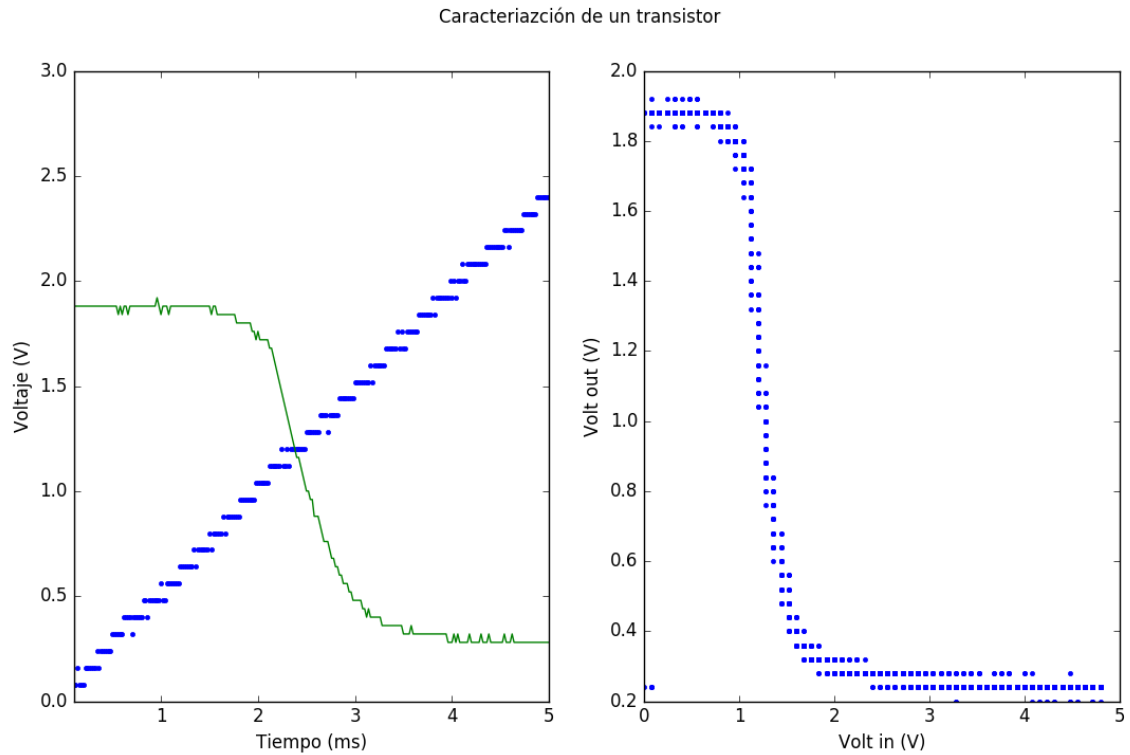


Figura 2: Gráfico comparando Voltaje de entrada al circuito con voltaje de salida. En el gráfico de la izquierda, se ve voltaje de entrada (representado por puntos) y voltaje de salida (línea), ambos con respecto al tiempo. A la derecha, Voltaje de salida en función de voltaje de entrada.

Podemos caracterizar a partir de los gráficos de la figura (2) que el voltaje límite de entrada, calculado como la intersección entre voltaje de salida y voltaje de entrada, es de 1.2V. También logramos ver que el rango de no linealidad, donde no vale la aproximación ON OFF, es entre 1V y 1.8V.

## 2.2. PWM

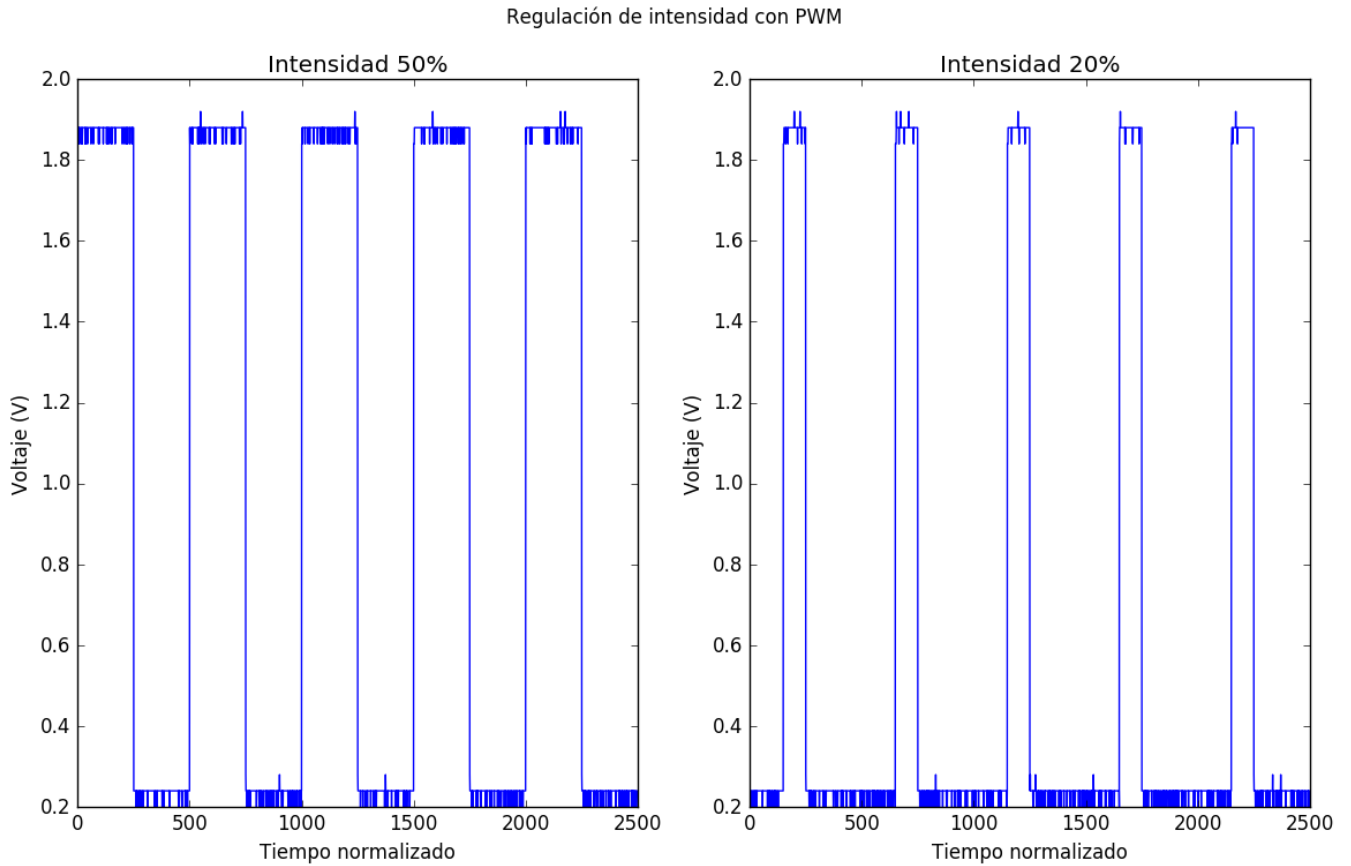


Figura 3: Ondas cuadradas a distintos niveles de simetría. Esta variación se usa en PWM.

Los PWM (pulse width modulators) funcionan cambiando la intensidad aparente del circuito, haciendo que este esté prendido u apagado en una proporción determinada, alternando entre intensidad 1 ó 0 a una frecuencia mayor a la de la percepción humana. Es importante notar que esto sirve sólo para sensores de baja frecuencia. Luego continuamos con una onda cuadrada en donde variamos los parámetros de simetría y frecuencia de la onda manteniendo el anterior voltaje pico a pico. Comenzamos con una frecuencia de 100Hz y una simetría del 50 por ciento (donde el tiempo en el que se envían 0V es igual al tiempo en que se envían 5V, en un periodo), observamos el comportamiento del switch de la misma forma que antes y vimos hasta qué rangos de frecuencias el circuito funcionaba correctamente. Aumentamos a 1Khz y probamos con 3 simetrías distintas (20, 50 y 80 por ciento), no notamos ningún delay en la respuesta.

### 2.3. Delay en la respuesta

A medida que subimos la frecuencia, el tiempo de respuesta entre el voltaje de entrada y el de salida empieza a notarse. En la figura (fig3), a 1Mhz de frecuencia, podemos notar cómo este tiempo es ya significativo. Es más, a partir de éstos datos, logramos caracterizar que el tiempo de respuesta es de  $0,34\mu s$  y el tiempo de carga es de  $0,16\mu s$ .

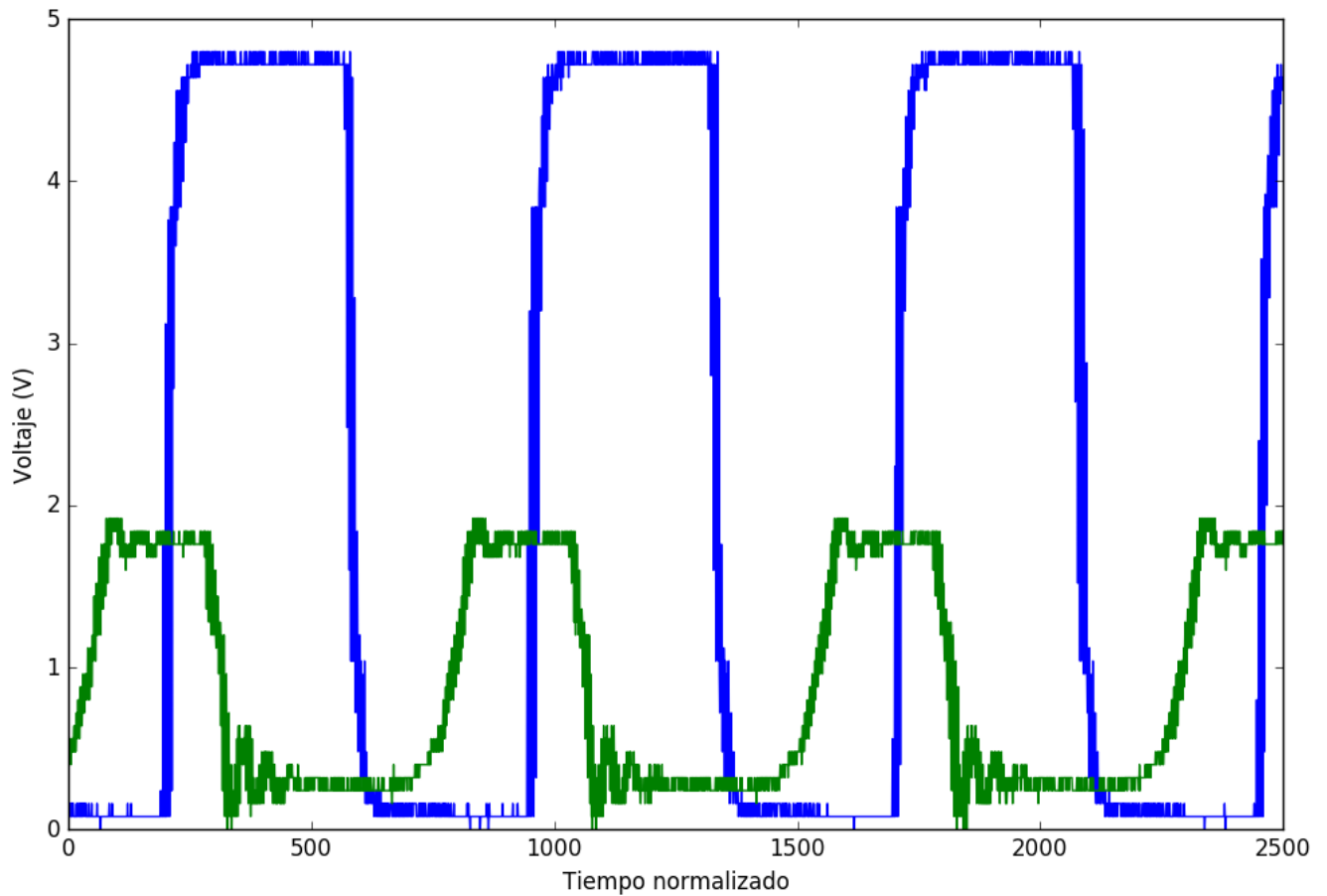


Figura 4: Respuesta del circuito a 1Mhz de frecuencia. El tiempo de respuesta deja de ser despreciable.

### 2.4. Modulación con frecuencia

Una vez que alcanzamos frecuencias de 1MHz se empezó a notar que el switch no se comportaba como antes, vimos que el LED no alcanzaba su máxima intensidad. Cuando enviamos a 2MHz notamos en el osciloscopio que el  $V_{out}$  era menor al de los

casos anteriores, y una vez alcanzados los 2.4MHz el LED se encontraba totalmente apagado.

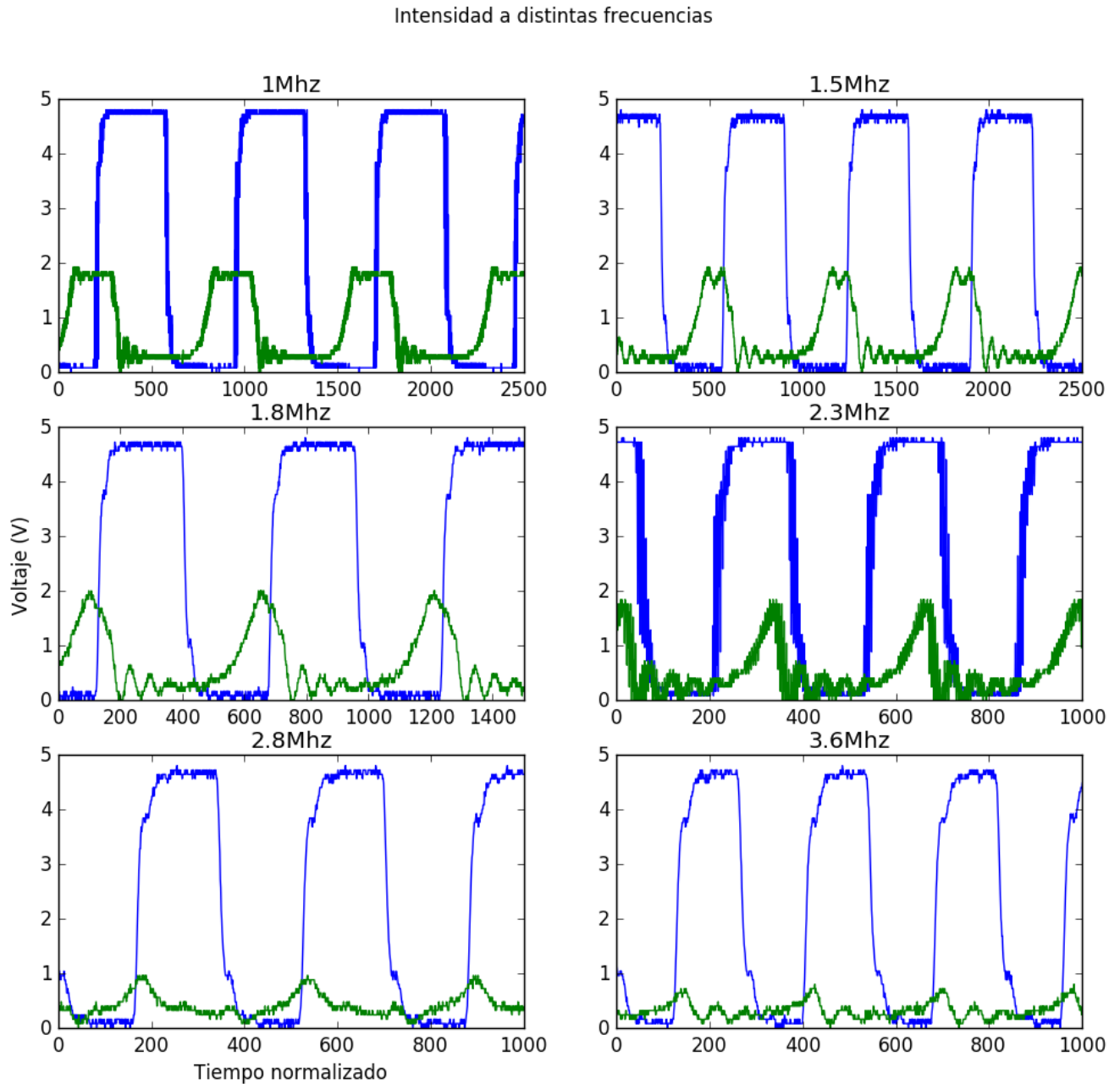


Figura 5: Respuesta del circuito a distintas frecuencias. El tiempo de respuesta hace bajar el voltaje final.

Tomamos los valores medios de  $V_{out}$  en función de la frecuencia y graficamos para

obtener el siguiente gráfico

No se pudo realizar un barrido de frecuencias ya que el generador de funciones no llega -en modo barrido de frecuencia- hasta 2MHz que es la frecuencia a partir de la cual se puede apreciar el decaimiento de la intensidad con la frecuencia. Para poder realizar el barrido como buscábamos, utilizamos otro transistor como se explica mas abajo para realizar el barrido.

Estas observaciones nos dieron la idea de realizar un barrido de frecuencias para analizar lo que estaba sucediendo, utilizando un transistor BC337 (NPN) de mayor tiempo de respuesta.

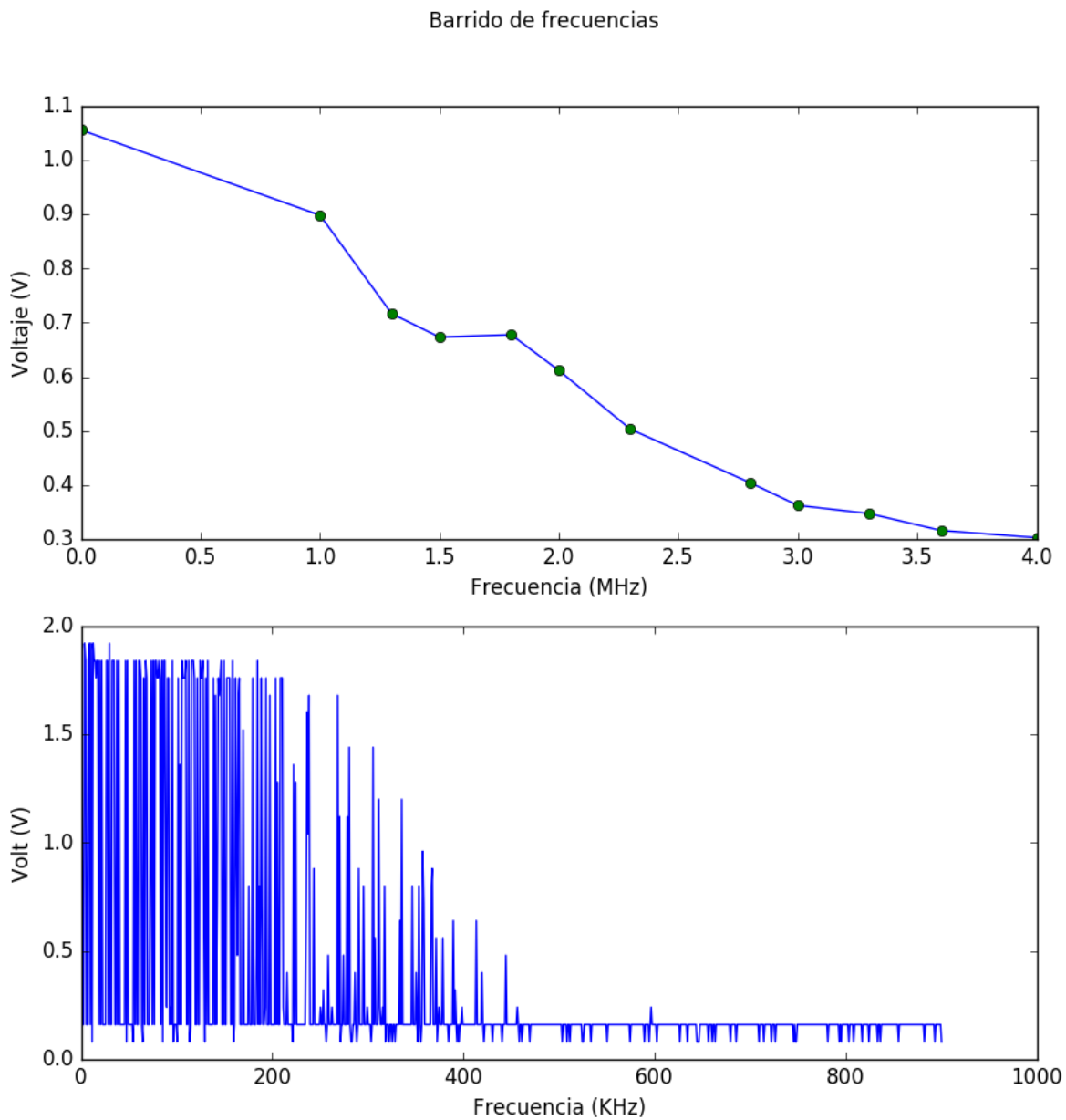


Figura 6: Comparación entre dos barridos de frecuencia de un circuito con distintos tiempos de respuesta.

Encontramos que se puede obtener una funcionalidad parecida a la de los PWM, variando la frecuencia en lugar de la simetría de las ondas.



### 3. Conclusión

En definitiva logramos ensamblar un circuito lógico NOT con un transistor NPN y un LED ; y observamos los limites en los cuales funcionaba correctamente. Encontramos una forma de replicar la modulación por ancho de pulso pero de una forma diferente, controlando la frecuencia en vez de la simetría.

Además, estudiamos la respuesta de un transistor y concluimos que esta característica del mismo, es la que genera el efecto mencionado por el cual pudimos controlar la intensidad del LED.