

## Trabajo de Laboratorio

---

### Física Electrónica - 2019

Grupo 2:

Díaz, Ian Cruz

Mestanza, Nicolás

Müller, Malena

Rodríguez Turco, Martín

Scala, Tobías

24 de junio de 2019

## EJERCICIO 1: MEDICIÓN DE CURVAS CARACTERÍSTICAS DE DIODOS

A continuación se presentan los circuitos empleados para medir la curva característica (corriente en función de la tensión) de un diodo rectificador, de un diodo zener y de un LED. En los tres casos se coloca una resistencia en serie de  $1k\Omega$ , con la finalidad de limitar la corriente que circula por cada uno de ellos.

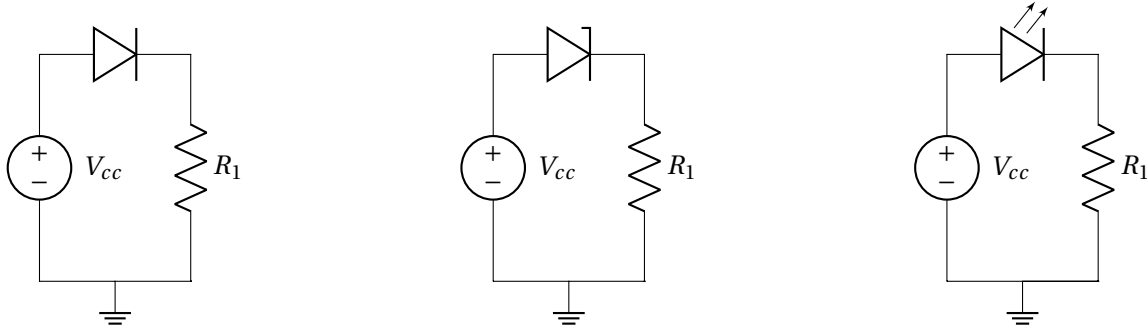


Figura 0.1: Circuitos empleados para medir la curva característica de un diodo rectificador, de un diodo zener y de un LED; respectivamente.

### DIODO RECTIFICADOR

A continuación se presentan los gráficos obtenidos de la corriente vs. tensión para el caso del diodo rectificador 1N4148. En la figura 0.2 se puede ver la simulación realizada. En la figura 0.3 se puede ver, a la izquierda, los datos obtenidos del osciloscopio mediante un CSV y a la derecha el gráfico de la corriente en función de la tensión a partir de las tensiones medidas con osciloscopio y del valor conocido de la resistencia.

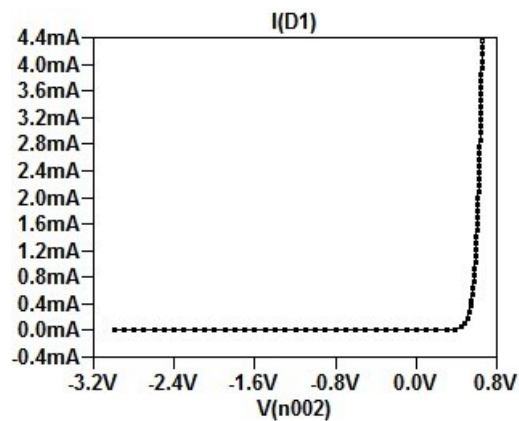


Figura 0.2: Simulación corriente vs. tensión del diodo rectificador.

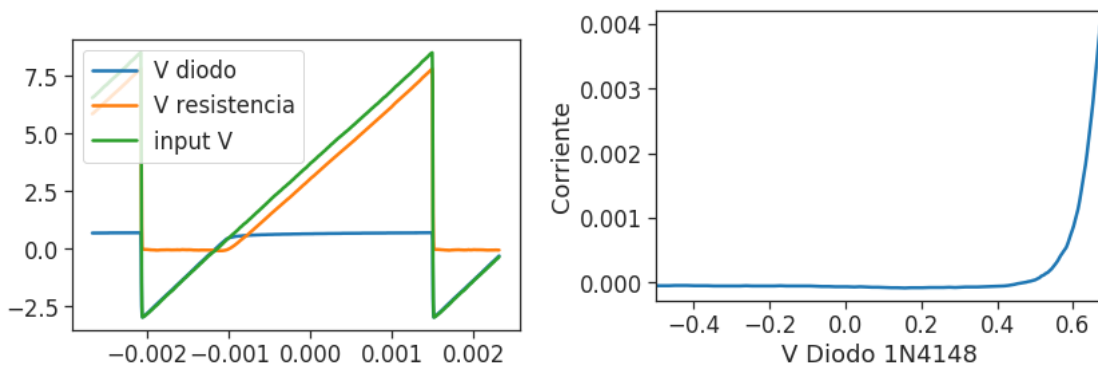


Figura 0.3: Medición de la corriente vs. tensión del diodo rectificador: Datos obtenidos y datos procesados; respectivamente.

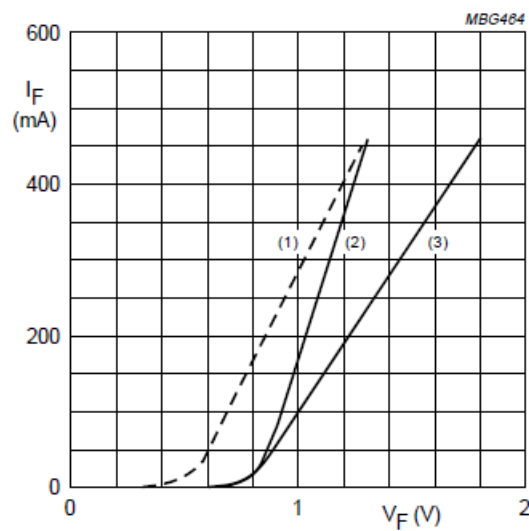


Figura 0.4: Corriente vs. tensión del diodo rectificador obtenida de la hoja de datos.

De la figura 0.4 obtenida de la hoja de datos del diodo 1N4148, a nuestro caso corresponde la curva (2). Se puede ver que la curva característica del diodo obtenida con la medición es muy similar tanto a la simulación, como a la curva de la hoja de datos de dicho componente.

### DIODO ZENER

A continuación se presenta la simulación del gráfico de la corriente en función de la tensión correspondiente al diodo zener en la figura 0.5, y en la figura 0.6 el gráfico obtenido a partir de las mediciones del osciloscopio. Para obtener este último se procedió de la misma manera que para obtener el correspondiente al diodo rectificador.

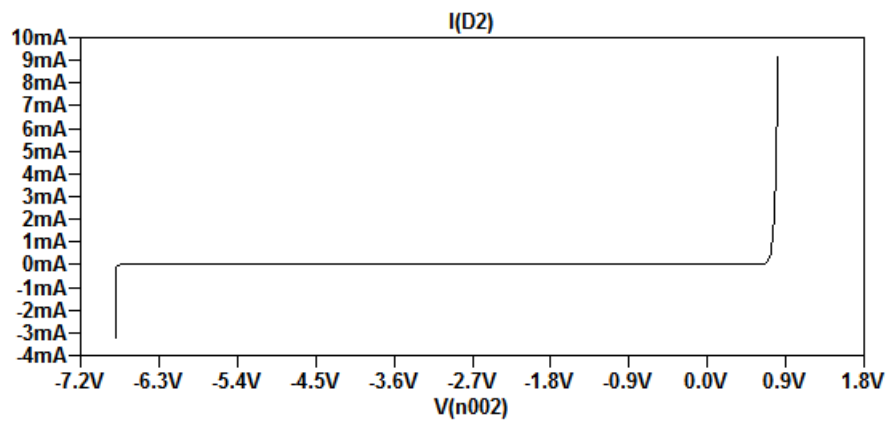


Figura 0.5: Simulación corriente vs. tensión del diodo zener.

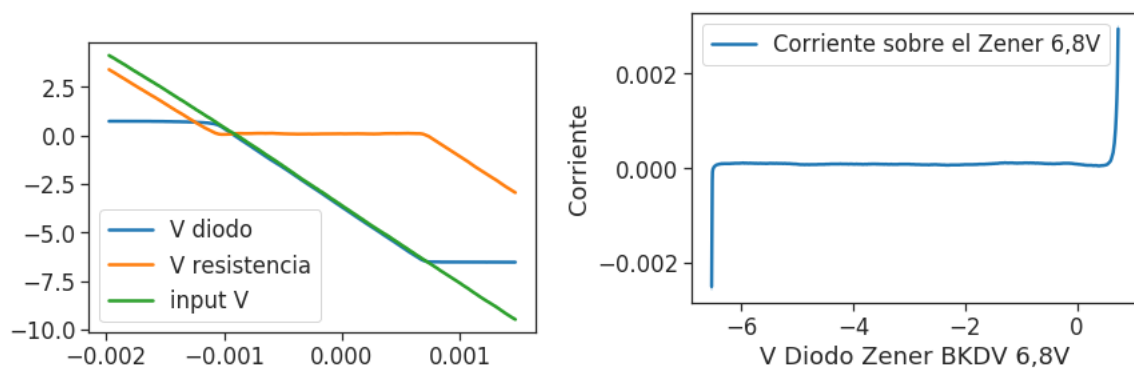


Figura 0.6: Medición de la corriente vs. tensión del diodo zener: Datos obtenidos y datos procesados; respectivamente.

## LED

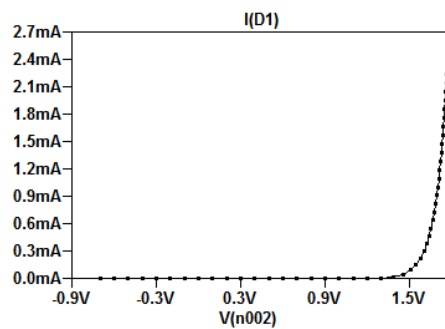


Figura 0.7: Simulación corriente vs. tensión del LED.

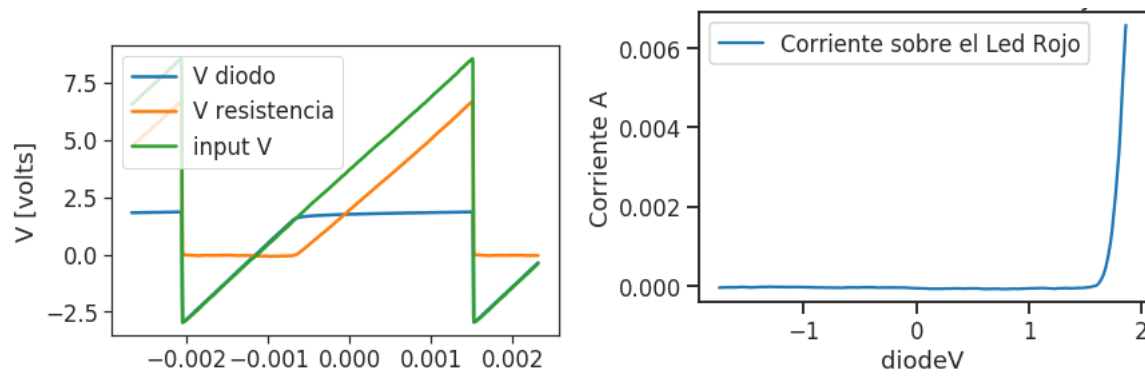


Figura 0.8: Medición de la corriente vs. tensión del LED: Datos obtenidos y datos procesados; respectivamente.

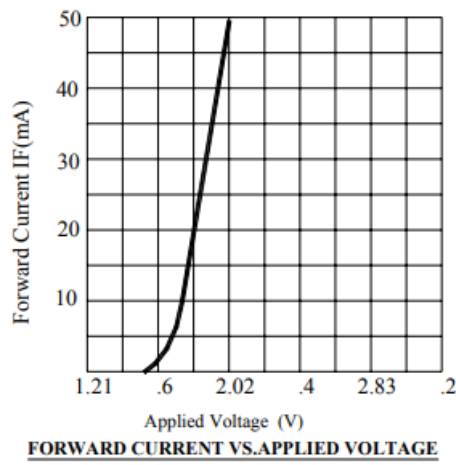


Figura 0.9: Corriente vs. tensión del LED obtenida de la hoja de datos.

## EJERCICIO 2: CÁLCULO Y SIMULACIÓN DE UNA FUNCIÓN TRANSFERENCIA DE TENSIÓN

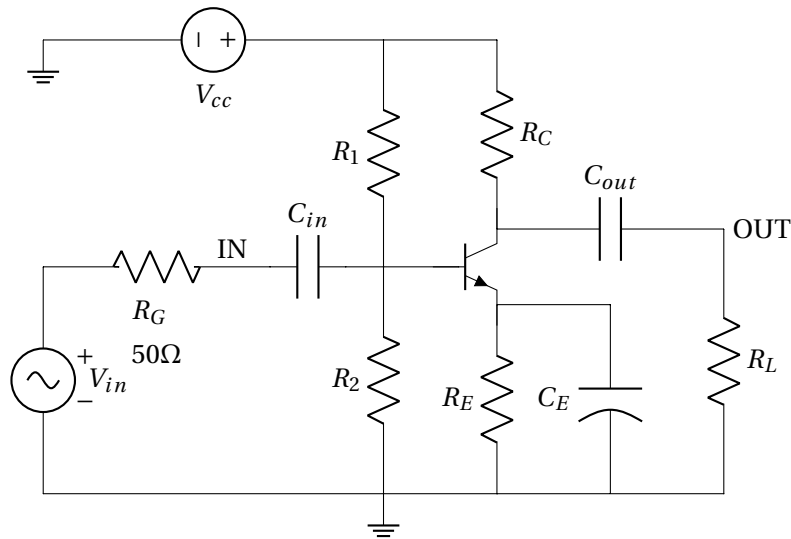


Figura 0.10: Circuito con un transistor NPN BC547B, para el cual se obtiene la función transferencia.

Siendo

- $R_1 = 100k\Omega$
- $R_C = 11,2k\Omega$
- $R_E = 3k\Omega$
- $C_{in} = 20nF$
- $R_2 = 27k\Omega$
- $R_L = 10k\Omega$
- $C_E = 2\mu F$
- $C_{out} = 10nF$

### CÁLCULO DE LA FUNCIÓN TRANSFERENCIA DE TENSIÓN

Para calcular la función transferencia de tensión del circuito 0.10, se utiliza el modelo híbrido  $\pi$  como circuito equivalente del transistor NPN en pequeña señal, pasivando la fuente de tensión continua. Además, a muy bajas frecuencias se considera que los capacitores se comportan como cortocircuitos. El siguiente circuito es el equivalente correspondiente al circuito 0.10:

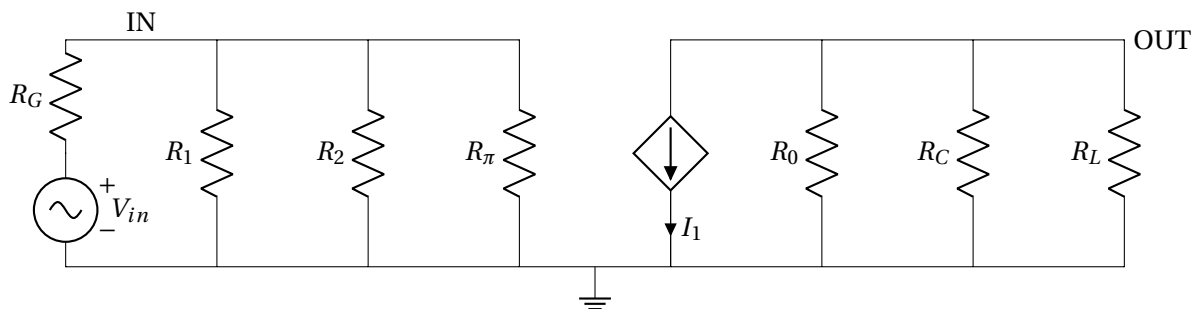


Figura 0.11: Circuito equivalente empleado para el cálculo de la función transferencia de tensión.

En el gráfico anterior, siendo:

$$I_1 = \beta \cdot i_b$$

con  $i_b$  la corriente que circula por la resistencia denominada  $R_\pi$ .

A partir del circuito 0.11, surge que:

$$\frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = \frac{(R_0 // R_C // R_L) \beta}{R_\pi} = \frac{R_L \cdot (R_0 + R_C) \cdot \beta}{R_\pi \cdot (R_0 R_C R_L + R_0 + R_C)} \quad (0.1)$$

A partir de la simulación, medimos la impedancia de salida del circuito de la figura 0.10 y obtuvimos el valor de  $R_0$  del transistor NPN BC547B:

$$R_0 = 103 \cdot k\Omega$$

A su vez, usando el resto de los valores con los que está modelada la simulación:

$$R_\pi = 12,3 k\Omega$$

$$\beta = 294$$

Con los valores anteriores, reemplazando en la ecuación 0.1 se obtiene que:

$$\frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = 2,366 \mu$$

Entonces:

$$\left| \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \right|_{db} = -112 dB \quad (0.2)$$

### SIMULACIÓN DE LA FUNCIÓN TRANSFERENCIA DE TENSIÓN

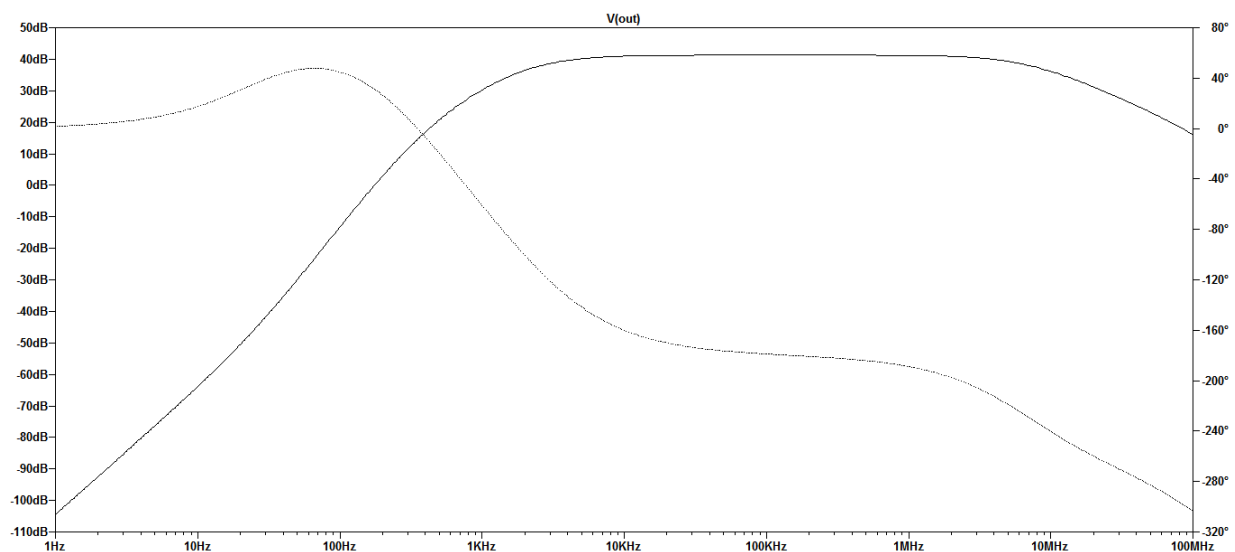


Figura 0.12: Simulación del circuito 0.10

En la simulación de la figura 0.12, la línea oscura corresponde al módulo de la función transferencia, mientras que la clara corresponde a su fase.

### COMPARACIÓN ENTRE EL CÁLCULO Y LA SIMULACIÓN DE LA FUNCIÓN TRANSFERENCIA

A partir de la línea oscura del diagrama de Bode de la figura 0.12 (que corresponde al módulo de la ganancia en dB), se puede ver que a bajas frecuencias coincide con el valor obtenido en la ecuación 0.2. Esta comparación la hacemos a bajas frecuencias, ya que el cálculo de la función transferencia, con el cuál se obtuvo que la ganancia es de -112dB, surge de modelar un circuito equivalente del circuito 0.10 para pequeña señal. Esto es, a bajas frecuencias, donde los capacitores se comportan como un cable".

### EJERCICIO 3: SIMULACIÓN DE LA RESPUESTA EN FRECUENCIA DE UN CIRCUITO EN CONDICIONES INICIALES

Durante este ejercicio se procedió a simular el circuito de la Figura 0.13. Se nos pidió obtener el tipo de singularidad del circuito, a qué elemento reactivo se asociaba, y el valor asociado a ese elemento.

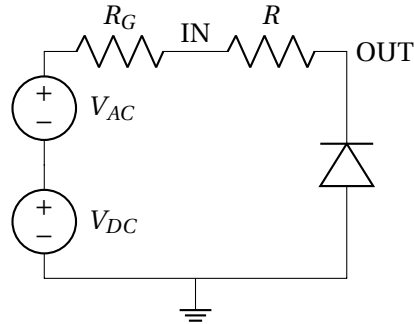


Figura 0.13: Circuito empleado para medir la curva característica de un diodo.

Siendo  $R = 200k\Omega$ .

Al realizar la simulación, se obtuvo un Bode como el que se puede ver en la figura 0.14.

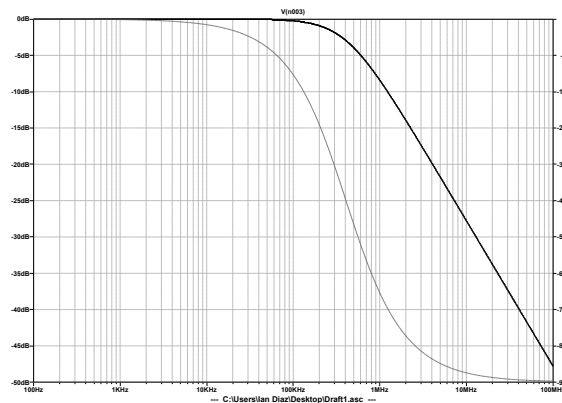


Figura 0.14: Bode

Viendo el bode de la figura 0.14, sabiendo que la amplitud es la línea negra y la fase la línea gris, podemos determinar que se comporta como un filtro pasabajos y la singularidad es un polo, ya que la fase cae  $90^\circ$ . Por lo tanto, podemos decir que el diodo a altas frecuencias se comporta como un capacitor. Luego de ver este comportamiento, buscamos la hoja de datos del 1N4148 y se encontró que la capacidad total del diodo es de 4(pF), sin embargo, como se puede ver en la figura 0.15, el diagrama de bode no coincide completamente con el del circuito de la figura 0.13. Para que coincida perfectamente, debemos usar un capacitor de aproximadamente 2(pF). Creemos que la diferencia de capacidad entre el valor obtenido en la hoja de datos y el calculado, se debe a un modelo equivalente del diodo que no coincide exactamente con el de la realidad, generando pequeñas diferencias como esta.



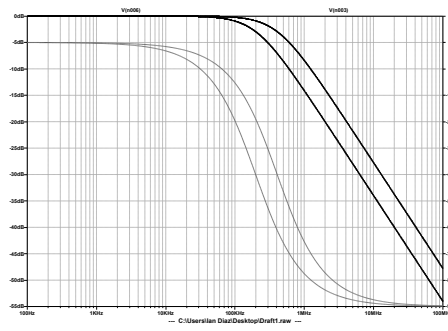


Figura 0.15: Bode Diodo vs Capacitor nominal