

Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Córdoba

Trabajo Practico N°2: Diodos rectificadores y zener

Dispositivos Electronicos I
3R2

Documentador y operador: Gaston Grasso 401892
Coordinador: Angelo Prieto 401012

Fecha de entrega: 27-05-2025

Índice

1	Introduccion	5
2	Identificacion de pines	7
2.1	Conclusión	7
3	Curva característica del diodo	9
3.1	Actividad de simulación	9
3.1.1	Polarización directa	9
3.1.2	Polarización inversa	11
3.1.3	Conclusión	12
3.2	Actividad de laboratortio	12
3.2.1	Conclusión	16
4	Comportamiento del diodo en función de la temperatura	17
4.1	Fundamento teórico	17
4.2	Simulación y análisis	18
5	Circuitos recortadores con diodos zener	19
5.1	Actividad de simulación	19
5.2	Actividad de laboratorio	21
6	Análisis sobre parámetros de hoja de datos	25
7	Conclusión	27

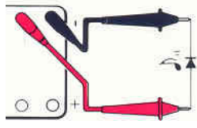

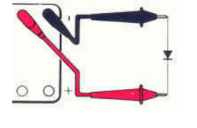

Introduccion

El estudio de los diodos rectificadores y zener resulta fundamental para la comprensión y el diseño de circuitos electrónicos. Como se observará a lo largo de este trabajo práctico, estos componentes presentan comportamientos no lineales que deben analizarse cuidadosamente, tanto en condiciones normales como en situaciones extremas de funcionamiento. En este trabajo práctico se que combina la simulación mediante modelos SPICE con la implementación y medición experimental de circuitos sencillos en laboratorio.

Los objetivos principales de esta experiencia son: analizar las especificaciones de los diodos rectificadores y zener, identificar su comportamiento en términos de tensión, corriente y disipación de potencia, y evaluar la fidelidad de los modelos de simulación ajustando sus parámetros internos en base a los datos provistos por los fabricantes. Asimismo, se busca contrastar los resultados obtenidos en simulación con mediciones reales, utilizando instrumentos como el multímetro y el osciloscopio, con el fin de comprender las limitaciones prácticas y validar los modelos teóricos empleados.

Este enfoque teórico-práctico permite no solo consolidar conocimientos sobre el funcionamiento de estos dispositivos semiconductores, sino también desarrollar habilidades en el uso de herramientas de simulación y medición, esenciales para la práctica profesional en ingeniería electrónica.

Identificacion de pines

Sentido de las puntas del multímetro	Diodo de silicio		Diodo de germanio	
	D1	D2	D1	D2
		0.592 V	0.289 V	0.293 V
		Over limit	Over limit	Over limit

Cuadro 2.1: Resultados de las mediciones con el multímetro en modo diodo

Conclusión

Se puede observar, que al medir en polarización directa, en el par de diodos de cada semiconductor, a pesar de ser el mismo modelo de diodo, no tienen la misma tensión de barrera. Por otro lado, se comprueba que al medir en polarización inversa, la tensión de barrera incrementa tanto que la herramienta simplemente no puede suministrar suficiente, por lo que marca "ol" lo cual significa "Over limit" o "por encima del límite" en español.

Curva característica del diodo

Los diodos son dispositivos semiconductores que permiten el paso de corriente en un único sentido. Su comportamiento se representa gráficamente mediante la curva característica corriente-tensión (I-V), que muestra la relación entre la tensión aplicada y la corriente que circula a través del diodo. En esta sección, se analiza este comportamiento tanto en diodos de silicio como de germanio, enfocándonos en el punto de transición entre el estado de bloqueo (cuando el diodo no conduce) y el de conducción (cuando permite el paso de corriente), conocido como tensión umbral. Para ello, se realizarán simulaciones y luego mediciones prácticas en el laboratorio que permitirán comparar el desempeño real con los valores típicos indicados por los fabricantes.

Actividad de simulación

Se realizará esta actividad con el objetivo de observar en la plataforma de simulación LTspice la curva de los modelos de diodos que utilizaremos para realizar ensayos en el laboratorio. A continuación, se presenta los circuitos implementados y las respectivas gráficas obtenidas de la simulación.

Polarización directa

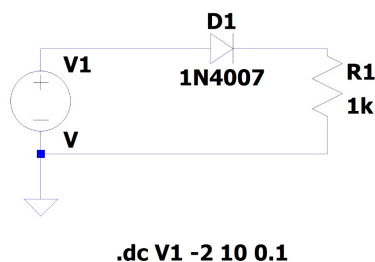


Figura 3.1: Circuito básico del diodo de silicio 1N4007 en polarización directa.

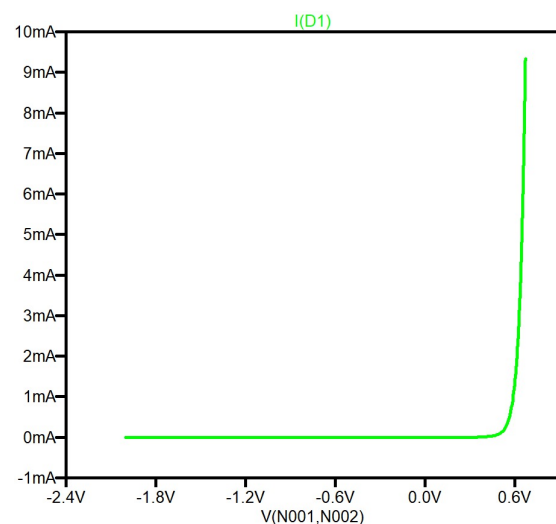


Figura 3.2: Gráfica I_D vs V_D obtenida de la simulación.

```
.model 1N60 D RS=50.0559 EG=1.11 XTI=3 VJ=0.8 M=0.1 FC=0.5 BV=40 CJO=1.75p IS=1.37773u N=2 TT=100n type=germanium
```

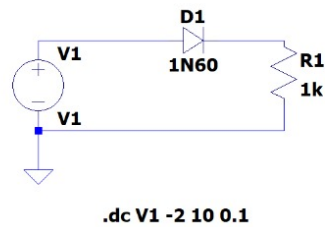


Figura 3.3: Circuito básico del diodo de germanio 1N60 en polarización directa.

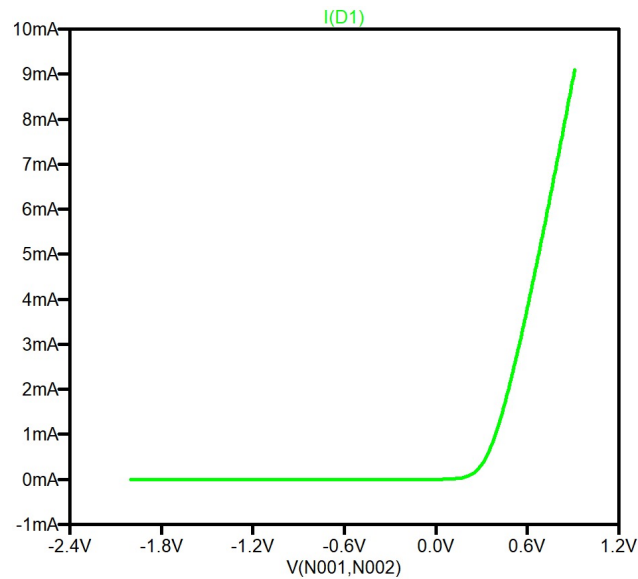


Figura 3.4: Gráfica I_D vs V_D obtenida de la simulación.

Ambas simulaciones se han configurado de modo que se haga un barrido la fuente desde -2V a 10V, con un paso de 100mV por cada punto a simular.

A continuación, se muestra una gráfica con las dos curvas de los diodos, a modo de comparación:

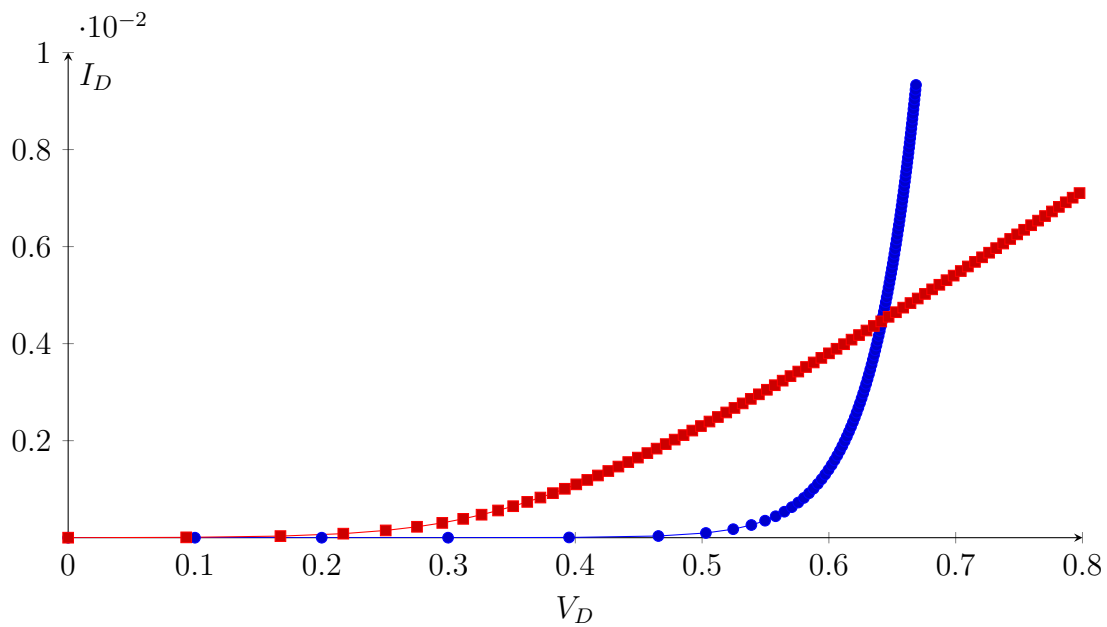


Figura 3.5: Gráfica con las curvas I_D vs V_D (simulación) de los diodos de Silicio y Germanio.

Polarización inversa

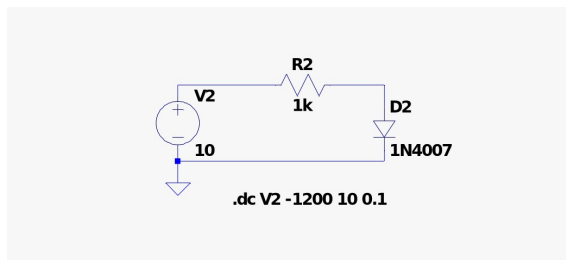


Figura 3.6: Circuito básico del diodo de silicio 1N4007 en polarización inversa.

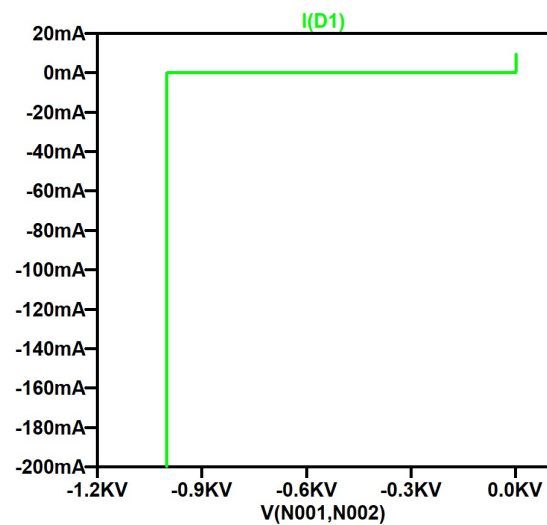


Figura 3.7: Gráfica I_D vs V_D obtenida de la simulación.

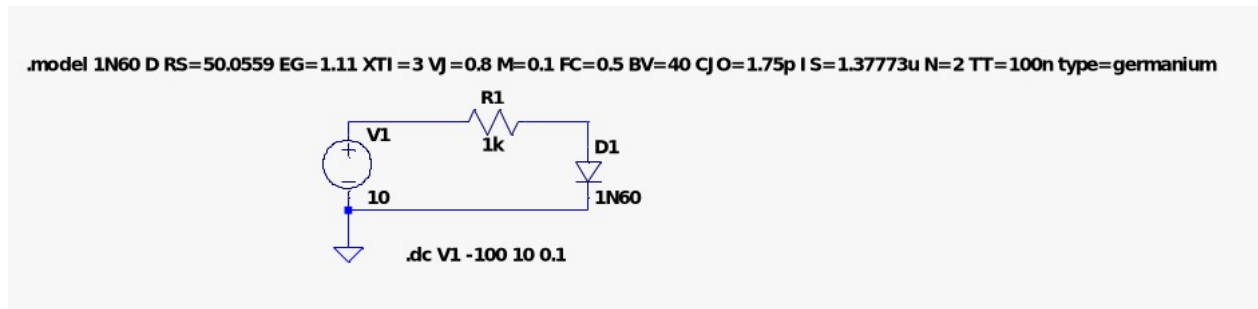


Figura 3.8: Circuito básico del diodo de germanio 1N60 en polarización inversa.

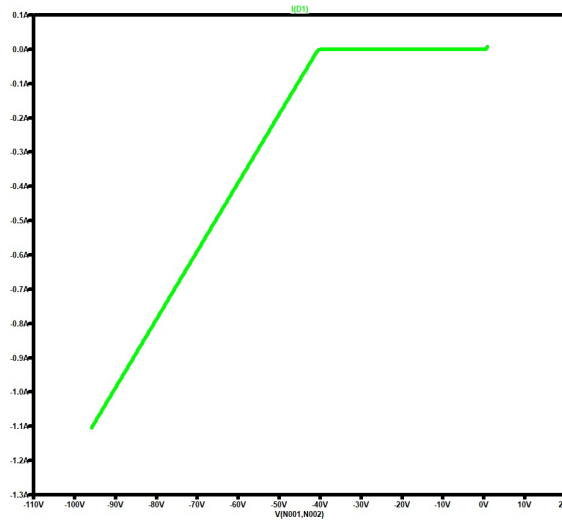


Figura 3.9: Gráfica I_D vs V_D obtenida de la simulación.

Conclusión

Podemos concluir que la simulación es una herramienta muy útil, que sirve para observar el comportamiento de un dispositivo electrónico y sacar ciertas conclusiones del mismo antes de implementarlo en el laboratorio o en un proyecto. Sin embargo, es importante seleccionar modelos fieles en los circuitos implementados para simular. Por ejemplo, pudimos observar que el modelo del diodo de germanio utilizado para la simulación presenta mucha variación de tensión a medida que aumenta la corriente, lo cual suponemos que no es del todo correcto. Por otro lado, tuvimos resultados satisfactorios en la simulación de los diodos polarizados en inversa.

Actividad de laboratortio

En las clases teóricas se ha visto que el diodo no tiene un comportamiento lineal. Pudimos observar su comportamiento no lineal en la simulación del inciso anterior. Ahora, lo observaremos en el laboratorio de la facultad, con el objetivo de comprobar la teoría y la simulación con la realidad. Para lograr esto, implementaremos el siguiente circuito:

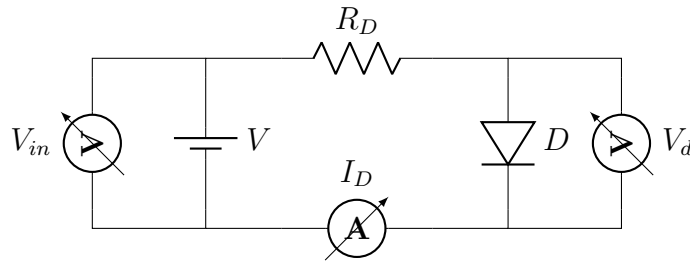


Figura 3.10: Circuito básico del diodo en polarización directa con los instrumentos de medición.

En este circuito, V es una fuente de tensión variable, con la cual alimentaremos el circuito para analizar el comportamiento del diodo en varios puntos y así poder trazar una curva de características del mismo. Se han tomado 10 puntos, partiendo de 0V hasta 5V.

A continuación, se presenta una tabla, tanto para el diodo de Si como para el de Ge , con los valores obtenidos de V_D e I_D para los distintos valores de alimentación. También, se presenta una gráfica de las curvas de características obtenidas para ambos diodos y, fotografías de los instrumentos de medición utilizados y disposición de los circuitos:

Diodo de silicio

V_1 [V]	0	0.098	0.304	0.399	0.448	0.491	0.548	0.599	0.653	0.693	1.047	3.028	5.037
V_D [V]	0	0.097	0.29	0.37	0.4	0.42	0.44	0.46	0.48	0.48	0.53	0.61	0.64
I_D [mA]	0	0	0	0	0	0.053	0.087	0.124	0.165	0.196	0.511	2.4	4.4

Cuadro 3.1: Tabla de valores V_D e I_D para diodo de silicio 1N4007.

Diodo de germanio

V_1 [V]	0.051	0.103	0.154	0.201	0.245	0.301	0.344	0.674	0.694	0.907	1.5	3	5
V_D [V]	0.04	0.08	0.13	0.16	0.18	0.19	0.22	0.26	0.24	0.26	0.28	0.32	0.35
I_D [mA]	0.0006	0.0027	0.012	0.029	0.055	0.1	0.19	0.68	0.4	0.6	1.2	2.7	4.7

Cuadro 3.2: Tabla de valores V_D e I_D para diodo de germanio 1N60.

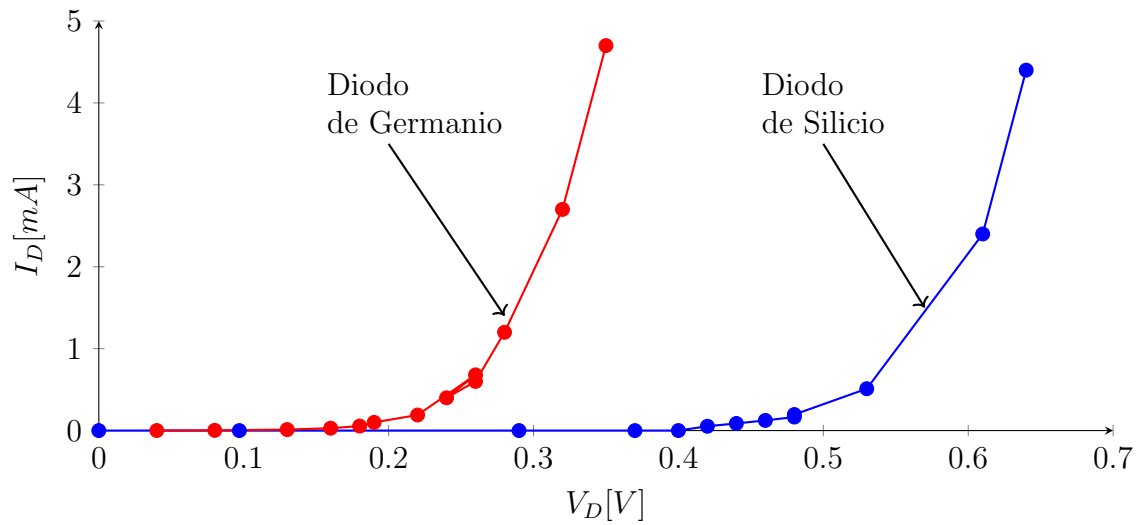
Curvas I_D vs V_D 

Figura 3.11: Gráfica con las curvas I_D vs V_D (medidos en el laboratorio) de los diodos de Silicio y Germanio.

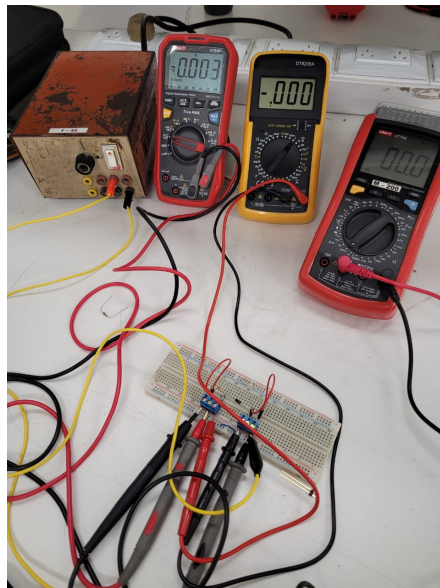
Fotografías

Figura 3.12: Fotografía general de los elementos utilizados para los ensayos.

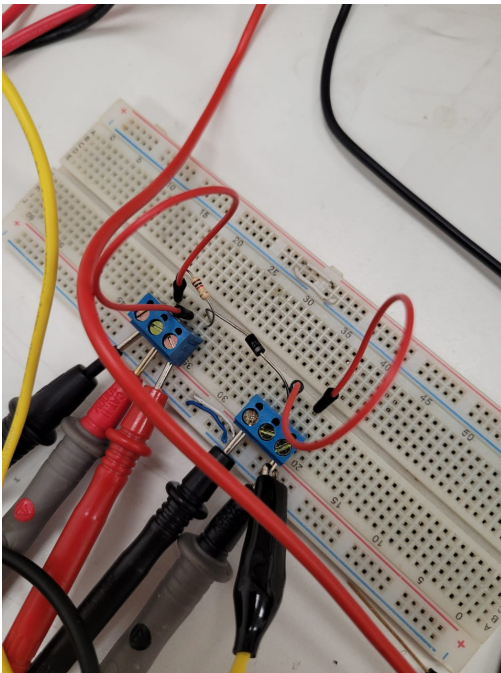


Figura 3.13: Disposición de los elementos del circuito. Diodo de Silicio.

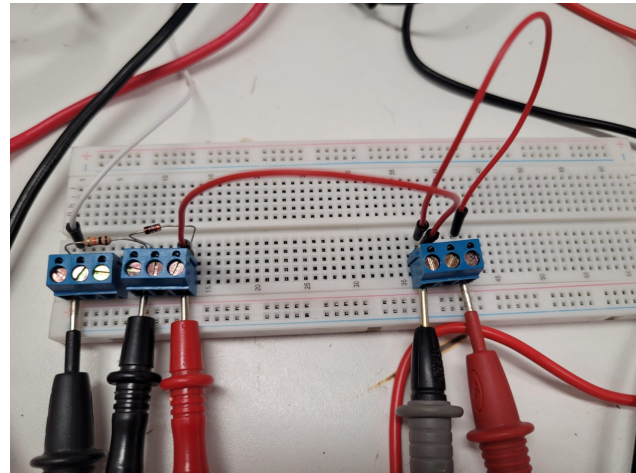


Figura 3.14: Disposición de los elementos del circuito. Diodo de Germanio.



Figura 3.15: Instrumentos: fuente de alimentación proporcionado por el laboratorio. Número de identificación: F-44



Figura 3.16: Instrumentos: multiméetro digital N°1, proporcionado por el laboratorio marca UNI-T modelo UT70A. Número de identificación: M-200



Figura 3.17: Instrumentos:
multiméetro digital N°2,
marca UNI-T modelo
UT61D+.



Figura 3.18: Instrumentos:
multiméetro digital N°3,
marca genérica modelo
DT9205A.

Conclusión

Podemos concluir que las mediciones obtenidas en los correspondientes ensayos realizados en el laboratorio son los esperados. Estimamos ciertas desviaciones a causa de posibles errores de medición inherentes a los instrumentos utilizados y al factor humano. A pesar de ello, los resultados fueron satisfactorios y nos fue de gran utilidad para comprender el comportamiento de los diodos, y para desarrollar habilidades prácticas que nos serán útiles para futuros trabajos prácticos.

Comportamiento del diodo en función de la temperatura

El comportamiento eléctrico de los diodos semiconductores está fuertemente influenciado por la temperatura. Esto se debe a la dependencia de parámetros clave del dispositivo con respecto a la temperatura, como la corriente de saturación inversa (I_S) y la tensión umbral de conducción directa.

Fundamento teórico

La ecuación característica de un diodo ideal es:

$$I_D = I_S \left(e^{\frac{V_D}{nV_T}} - 1 \right)$$

donde:

- I_D es la corriente que circula por el diodo,
- I_S es la corriente de saturación inversa,
- V_D es la tensión aplicada al diodo,
- n es el coeficiente de idealidad (típicamente entre 1 y 2),
- $V_T = \frac{kT}{q}$ es la tensión térmica, que depende linealmente de la temperatura absoluta T , con k siendo la constante de Boltzmann y q la carga del electrón.

A medida que la temperatura aumenta:

1. El valor de V_T también aumenta, lo cual afecta la pendiente de la curva I - V .
2. La corriente de saturación inversa I_S se incrementa exponencialmente con la temperatura, dado que depende del número de portadores minoritarios generados térmicamente.
3. Como consecuencia, la corriente para un mismo voltaje directo es mayor a temperaturas más altas.
4. La tensión de umbral para que el diodo comience a conducir disminuye.

Simulación y análisis

Para observar este efecto, se ha realizado una simulación del diodo 1N3198 sometido a tres temperaturas distintas: 20 °C, 100 °C y 125 °C. El circuito simulado se muestra a continuación:

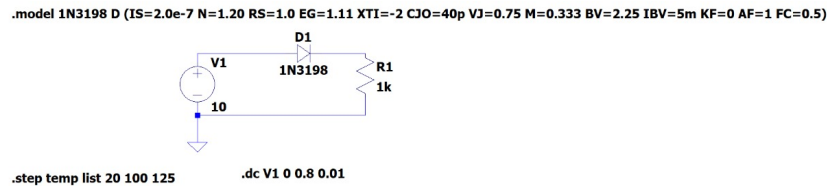


Figura 4.1: Circuito simulado para análisis de comportamiento térmico del diodo.

En la siguiente gráfica se puede observar cómo varía la curva característica corriente-voltaje del diodo en función de la temperatura:

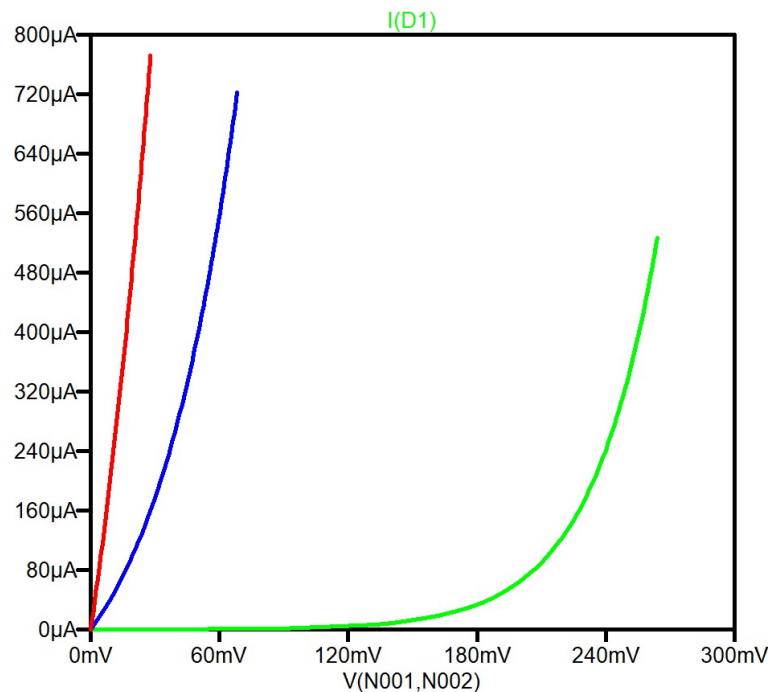


Figura 4.2: Curvas I-V del diodo 1N3198 a diferentes temperaturas. Curva roja: 125 °C; Curva azul: 100 °C; Curva verde: 20 °C

Como se puede apreciar, a mayor temperatura, la curva se desplaza hacia la izquierda, lo que indica que el diodo comienza a conducir a un menor voltaje. Además, para una misma tensión, la corriente que circula por el diodo es considerablemente mayor a temperaturas elevadas. Esta característica es clave en el diseño de circuitos electrónicos, ya que una mala gestión térmica puede provocar corrientes excesivas no deseadas o incluso la destrucción del componente.

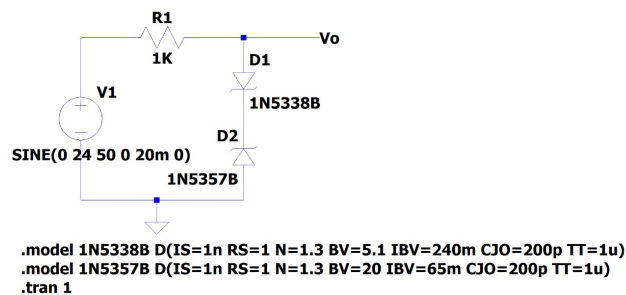
Circuitos recortadores con diodos zener

Actividad de simulación

Circuito a: Regulador de Voltaje con Zener

- **Objetivo:** Analizar el comportamiento de un circuito con diodo Zener como regulador de voltaje.
- **Simulación:** Se varía el voltaje de entrada V_{in} y se observa el comportamiento de la tensión de salida V_{out} .

Esquema del circuito



Análisis del comportamiento

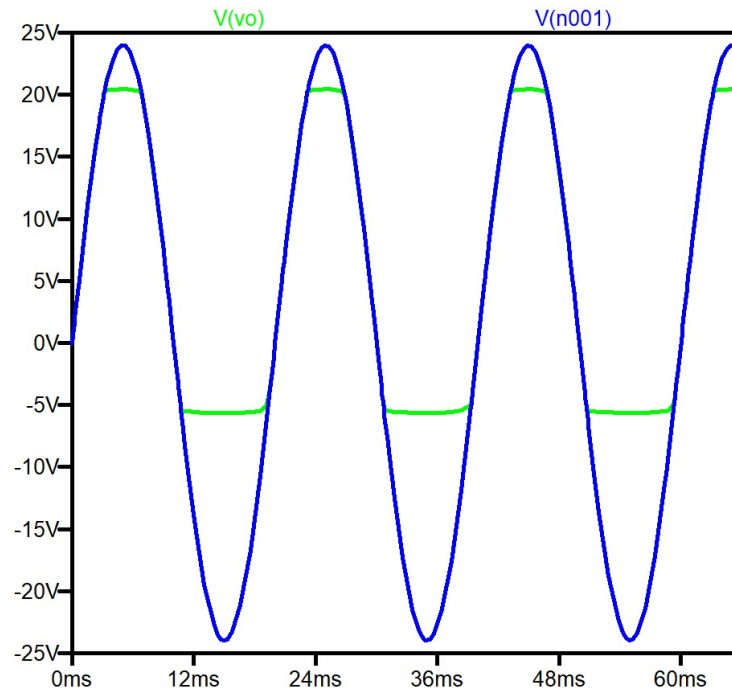
El diodo Zener se polariza en inversa. Su función principal es mantener la tensión de salida constante mientras el voltaje de entrada sea mayor que su tensión de ruptura V_Z .

- Si $V_{in} < V_Z$, el diodo no conduce y $V_{out} \approx V_{in}$.
- Si $V_{in} \geq V_Z$, el diodo entra en conducción inversa (zona Zener) y mantiene $V_{out} \approx V_Z$.

La corriente que circula por el diodo es:

$$I_Z = \frac{V_{in} - V_Z}{R_s}$$

Gráfico de simulación

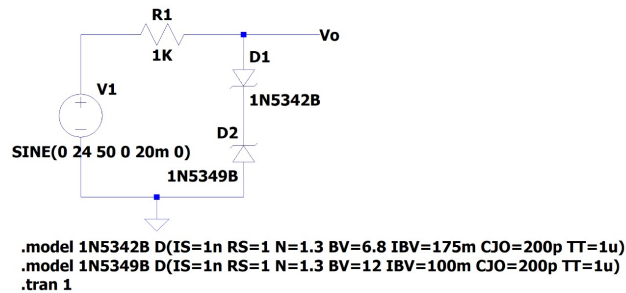


El gráfico muestra cómo, a partir de cierta tensión, la salida se estabiliza en V_Z , actuando como un recortador superior.

Circuito b: Recortador con Zener de diferente valor

- **Objetivo:** Observar el efecto de usar un diodo Zener con distinta tensión de ruptura.

Esquema del circuito

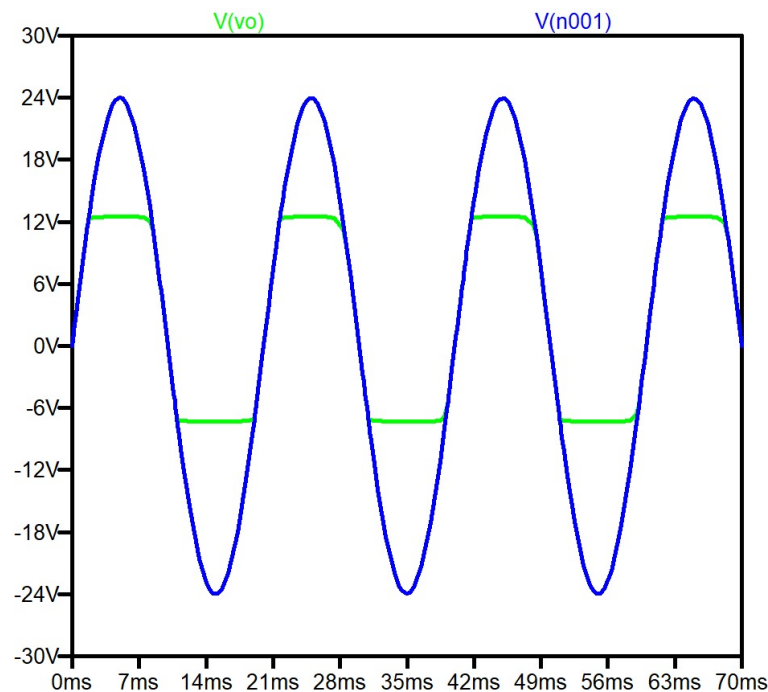


Análisis del comportamiento

El principio de funcionamiento es el mismo que en el circuito anterior, pero se utiliza un diodo Zener con otra tensión de ruptura. El voltaje de salida se regula al nuevo valor V'_Z .

$$V_{out} = \begin{cases} V_{in} & \text{si } V_{in} < V'_Z \\ V'_Z & \text{si } V_{in} \geq V'_Z \end{cases}$$

Gráfico de simulación



Se observa un comportamiento similar, con la salida limitada a V'_Z , actuando como recortador, pero en este caso con un umbral de corte distinto.

Conclusión

Se comprobó que los diodos Zener permiten recortar el voltaje de salida una vez superado su valor de ruptura. Esto es útil para limitar la tensión en circuitos sensibles, estabilizar señales o implementar fuentes de voltaje fijo. Variar el tipo de diodo Zener modifica el umbral de recorte.

Actividad de laboratorio

Procedimiento

- Calcular para cada uno de los circuitos propuestos el valor de la resistencia limitadora de corriente.
- Armar los circuitos propuestos, medir y graficar las señales de salida.
- Sacar las conclusiones de cada circuito.

Para esta parte del trabajo practico se utilizaron los siguientes instrumentos:



Figura 5.1: Numero de identificacion:
O-117.



Figura 5.2: Numero de
identificacion: VT-100.

Luego se comprobo que la tension de la fuente fuera de $24V_{ac}$.

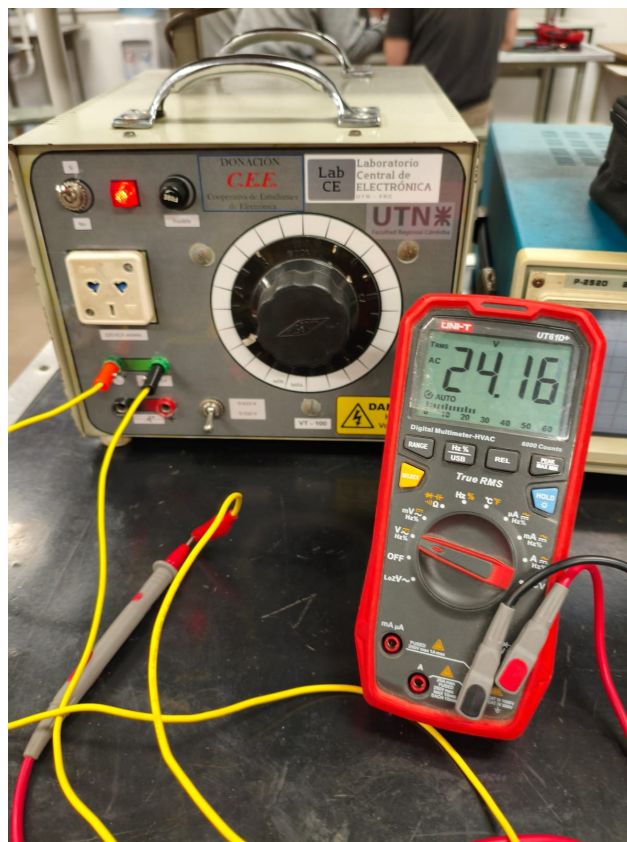


Figura 5.3: Tension medida con un multmetro True RMS UNI-T UT61D+.

Para realizar las mediciones con el osciloscopio se utilizo una escala de tennsion de $5 V/div$ y una escala temporal de $2ms/div$.

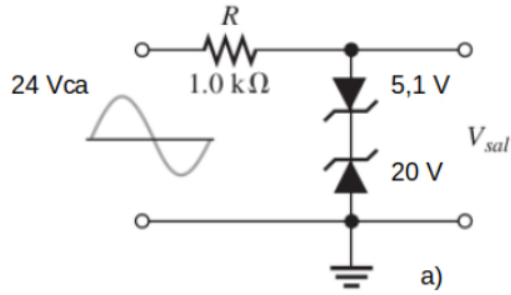


Figura 5.4: Esquematico del circuito A.

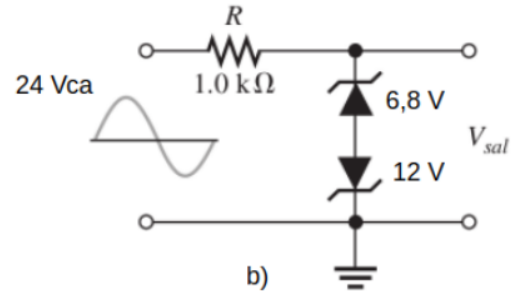


Figura 5.5: Esquematico del circuito B.

Circuito a)

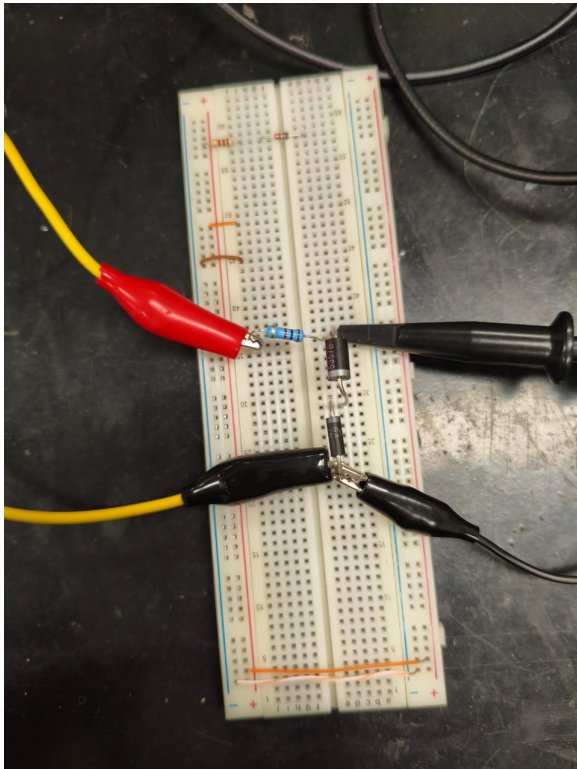


Figura 5.6: Montaje en protoboard del circuito a).

En la foto, El diodo superior es el zener de 5.1 V y el diodo inferior es el zener de 20 V.

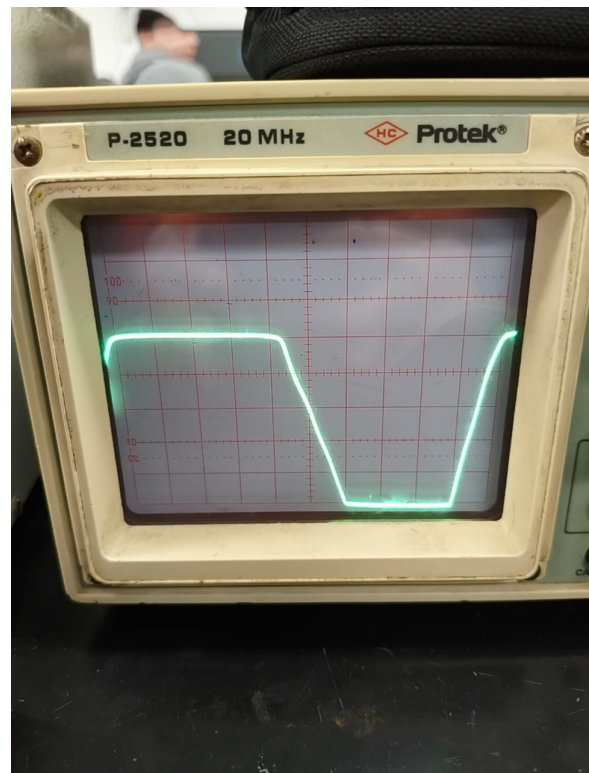


Figura 5.7: Señal de salida medida del circuito a).

Circuito b)

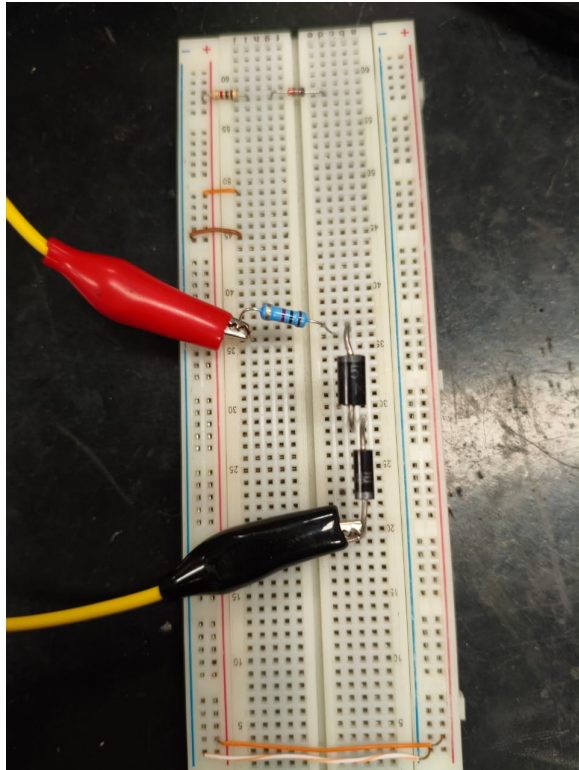


Figura 5.8: Montaje en protoboard del circuito b).

En la foto, El diodo superior es el zener de 6.8 V y el diodo inferior es el zener de 12 V.

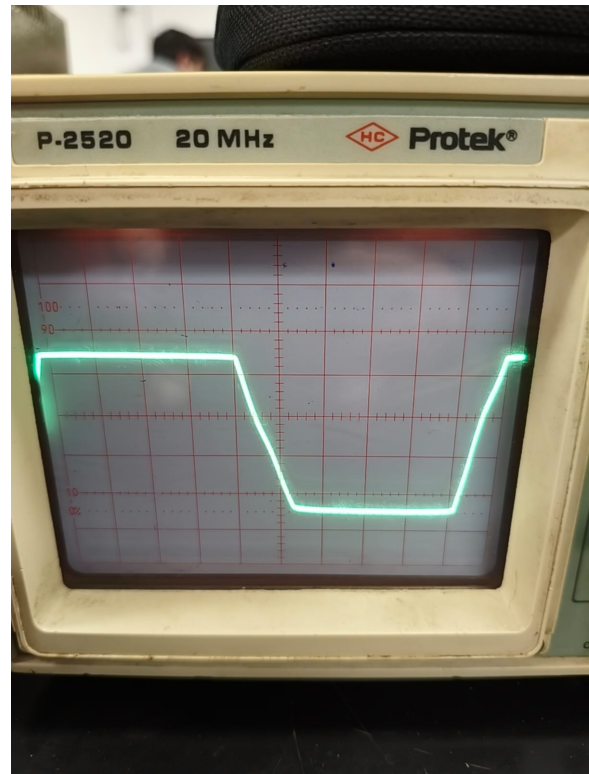


Figura 5.9: Señal de salida medida del circuito b).

Conclusiones

- Se confirmó que el diodo Zener actúa como recortador de voltaje cuando la señal supera su tensión de ruptura.
- En ambos circuitos, se pudo observar una clara limitación en la señal de salida, lo cual coincide con el análisis teórico y simulado.
- La comparación entre ambos circuitos permitió verificar el efecto de cambiar la tensión de ruptura del diodo Zener.

Análisis sobre parámetros de hoja de datos

Características Eléctricas

Regímenes máximos

1. V_{RRM} : Tensión repetitiva máxima en inversa. Es el máximo voltaje que se puede aplicar en polarización inversa de manera repetitiva sin dañar el dispositivo.
2. V_{RSM} : Tensión máxima en inversa no repetitiva. Es el valor pico máximo que puede soportar el dispositivo en condiciones excepcionales.
3. I_{FRMS} : Corriente eficaz directa máxima. Es la corriente RMS que el dispositivo puede conducir de forma continua sin sobrecalentamiento.
4. I_{FSM} : Corriente de sobrecarga directa máxima. Es el valor pico máximo de corriente directa que puede soportar durante un pulso corto.

Regímenes característicos

1. V_{BR} : Tensión de ruptura. Es el voltaje en el cual el dispositivo comienza a conducir en inversa.
2. I_R : Corriente de fuga inversa. Es la pequeña corriente que circula en inversa antes de la ruptura.
3. V_F : Tensión de conducción directa. Es la caída de tensión directa cuando el dispositivo está conduciendo.
4. I_{RM} : Corriente máxima en inversa. Es la máxima corriente que puede circular en polarización inversa antes de entrar en ruptura.
5. I_F : Corriente directa. Es la corriente que circula a través del dispositivo cuando está polarizado en directa.

Características Térmicas

1. T_J : Temperatura de unión máxima. Es la temperatura máxima permitida en la unión del semiconductor durante su operación.
2. T_{STG} : Temperatura de almacenamiento. Es el rango de temperatura dentro del cual se puede almacenar el dispositivo sin que sufra daños.
3. T_A : Temperatura ambiente. Es la temperatura del entorno en el cual opera el dispositivo.
4. $R_{\theta jc}$: Resistencia térmica unión-carcasa. Indica la resistencia al flujo de calor desde la unión interna del dispositivo hasta su encapsulado.

Características de uso

1. V_{RMS} : Tensión eficaz. Es el valor eficaz de la tensión alterna aplicada al dispositivo.
2. P_{tot} : Potencia total disipada. Es la máxima potencia que el dispositivo puede disipar sin exceder los límites térmicos.
3. T_r : Tiempo de recuperación. Es el tiempo que tarda el dispositivo en dejar de conducir una vez que se retira la señal de conducción.

Conclusión

A lo largo del trabajo se analizó el comportamiento característico de distintos tipos de diodos mediante simulaciones y mediciones prácticas de laboratorio. Se observó claramente la naturaleza no lineal de estos dispositivos, y se compararon sus respuestas según el material semiconductor —silicio o germanio— así como su funcionamiento en diversas configuraciones de circuito. También se evaluaron diodos Zener, comprobando su acción como limitadores de tensión al alcanzar su tensión de ruptura.

Las simulaciones se mostraron útiles para anticipar el comportamiento del circuito, aunque se evidenció la importancia de seleccionar modelos precisos para obtener resultados confiables. Las mediciones en el laboratorio resultaron acordes a lo esperado, con pequeñas desviaciones atribuibles a factores instrumentales y externos.

En particular, se confirmó la efectividad del diodo Zener para proteger y estabilizar señales en circuitos sensibles. La comparación entre distintos modelos permitió observar cómo varía el umbral de recorte según las especificaciones del componente. En conjunto, el trabajo permitió consolidar tanto los conocimientos teóricos como las habilidades prácticas necesarias para el análisis y diseño de circuitos electrónicos.