



UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA Y CIRCUITOS
EC-2014 LABORATORIO DE CIRCUITOS ELECTRÓNICOS
GRUPO 3

INFORME - PRÁCTICA #5
DIODO ZENER, RECTIFICADOR DE ONDA COMPLETA Y REGULADOR CON
ZENER

Integrantes:

Giancarlo Torlone, 20-10626

Hiroshi Yano, 20-10668

RESUMEN

Entre los objetivos de esta práctica estaban familiarizar al estudiante con los diodos zener a través del trabajo con los manuales de estos dispositivos y la observación de su característica corriente-voltaje empleando el osciloscopio. También se planteó realizar un análisis de fuentes DC con filtro capacitivo y con regulador básico haciendo uso extensivo del osciloscopio. Se comprobó que los circuitos planteados funcionaran de acuerdo con el comportamiento teórico esperado, en particular la capacidad del regulador básico con zener de reducir drásticamente el factor de rizado en el voltaje de salida de la fuente DC.

ÍNDICE

RESUMEN	II
ÍNDICE.....	III
MARCO TEÓRICO	1
Característica corriente-voltaje de un diodo zener	1
Principio de operación del rectificador de onda completa con filtro capacitivo	2
Principio de operación del regulador con zener	2
METODOLOGÍA.....	3
Observación de la característica corriente-voltaje del diodo Zener	3
Observaciones sobre el rectificador de onda completa con filtro capacitivo	3
Observaciones sobre el regulador básico con diodo zener	4
RESULTADOS.....	5
Diodo zener 1N4732A.....	5
Rectificador de onda completa con filtro capacitivo	6
Rectificador de onda completa con filtro capacitivo y regulador básico con zener	8
ANÁLISIS DE RESULTADOS	13
Diodo Zener 1N4732A	13
Rectificador de onda completa con filtro capacitivo	13
Rectificador de onda completa con filtro capacitivo y regulador básico con Zener	14
CONCLUSIONES.....	15
Comentarios finales	15
ANEXOS	16

MARCO TEÓRICO

Característica corriente-voltaje de un diodo zener

Los diodos zener están diseñados para operar en la zona de ruptura. Cuando se emplea este tipo de diodos con polarización inversa, la corriente fluye hacia el cátodo y el cátodo es positivo con respecto al ánodo en términos de tensión. A partir de una tensión a través del zener llamada tensión de rodilla V_{ZK} , a la que corresponde una corriente I_{ZK} , la característica corriente-voltaje del componente se convierte casi en una línea recta. Los fabricantes suelen especificar el voltaje a través del diodo zener V_Z en una corriente de prueba específica I_{ZT} . A medida en que la corriente a través del zener se aleja de I_{ZT} , el voltaje del diodo cambiará, pero sólo levemente. El cambio en voltaje se relaciona con el cambio en corriente con la siguiente fórmula

$$\Delta V = r_z \Delta I$$

Donde r_z es la resistencia dinámica del diodo correspondiente al punto de operación Q con voltaje V_Z y corriente I_{ZT} .

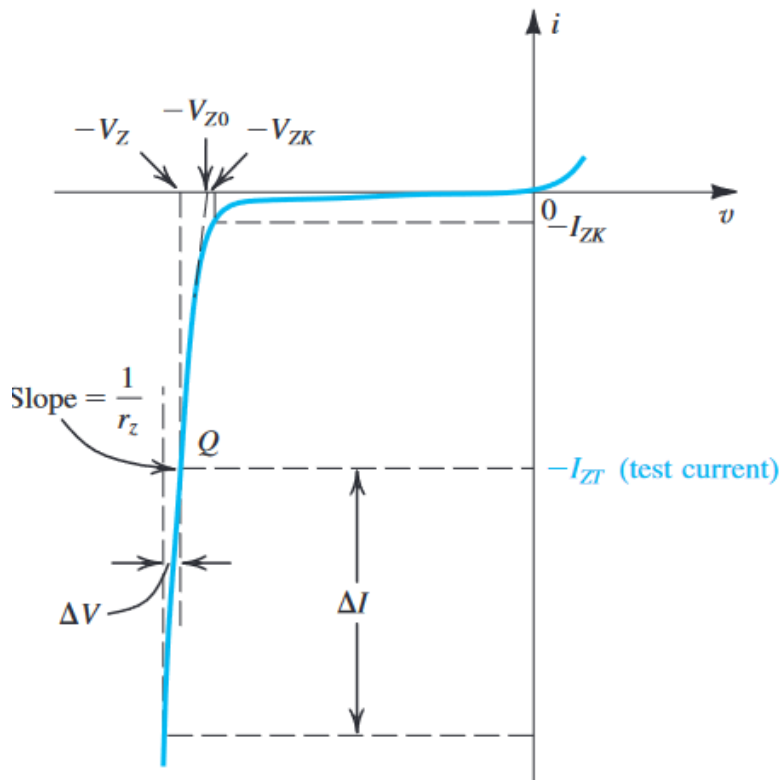


Figura 1 Característica $i-v$ del diodo zener con detalle en la zona de ruptura

Principio de operación del rectificador de onda completa con filtro capacitivo

Esta configuración se utiliza para aprovechar ambos semiciclos de onda en una señal sinusoidal en el proceso de rectificación, gracias a la orientación de los diodos empleados. El capacitor reduce el voltaje de rizado haciendo la caída del voltaje en la carga menos pronunciada al descargar su energía almacenada, debido a esto se produce una señal más continua.

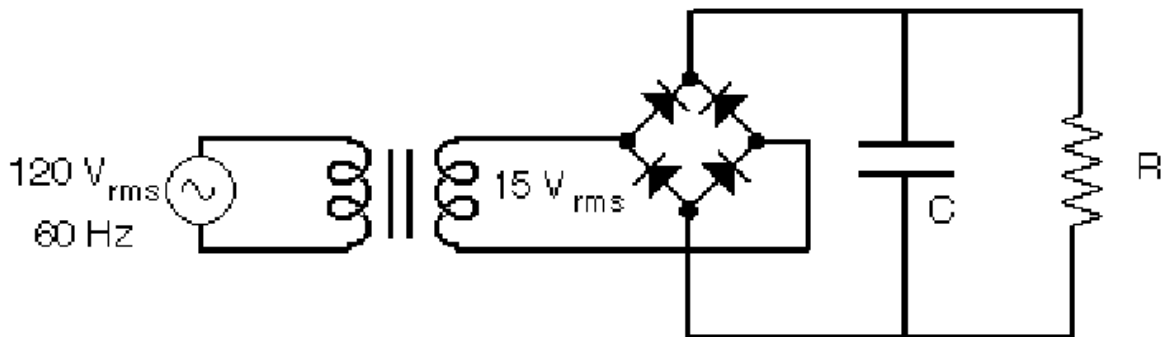


Figura 2 Rectificador de onda completa con filtro capacitivo

Principio de operación del regulador con zener

Este circuito tiene un funcionamiento similar al del rectificador de onda completa con filtro capacitivo. La implementación del diodo zener limita la corriente que la fuente de voltaje puede entregar a un cierto rango dado por las características del zener, además dada la característica corriente-voltaje del zener se limita en gran medida la variación de voltaje a través del diodo.

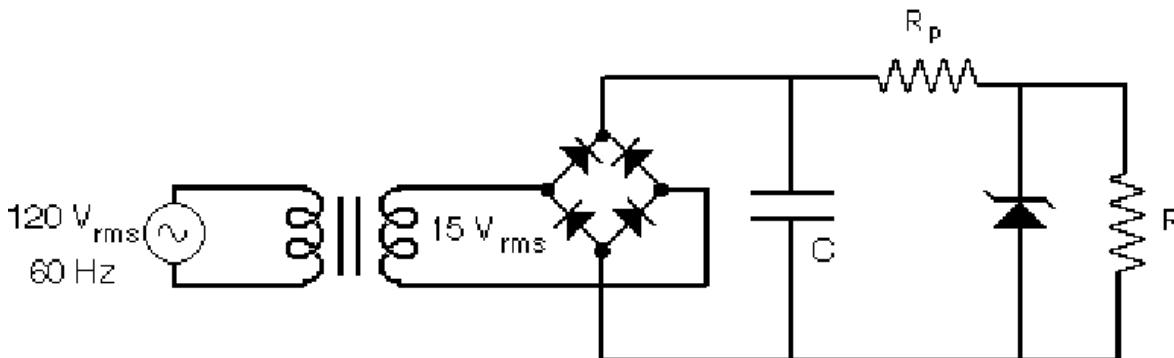


Figura 3 Rectificador de onda completa con filtro capacitivo y regulador básico con diodo zener

METODOLOGÍA

Observación de la característica corriente-voltaje del diodo Zener

Para observar en la pantalla del osciloscopio la característica corriente-voltaje del diodo zener se montó el circuito de la figura 4, colocando las puntas del osciloscopio en la posición especificada (invirtiendo el canal Y) y la pantalla del osciloscopio en modo XY. Para medir los valores del voltaje de conducción, el voltaje de avalancha, la resistencia dinámica en la región inversa y la corriente inversa del zener bajo estudio se tomaron valores de la curva i-v tomando en cuenta la escala de cada eje.

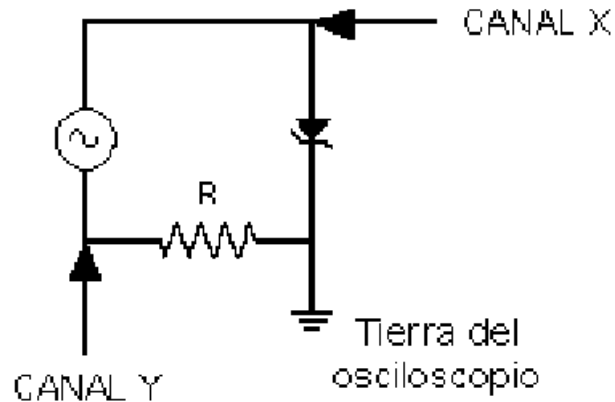


Figura 4 Circuito para observar la característica i-v del diodo zener

Observaciones sobre el rectificador de onda completa con filtro capacitivo

Para realizar mediciones sobre el rectificador de onda completa con filtro capacitivo se montó el circuito de la figura 5. Dependiendo de la magnitud a medir se colocaron las puntas del osciloscopio en diferentes posiciones. La inclusión de la resistencia de baja denominación R_i permitió medir de manera indirecta la corriente pico por el secundario del transformador al medir el voltaje a través de la resistencia.

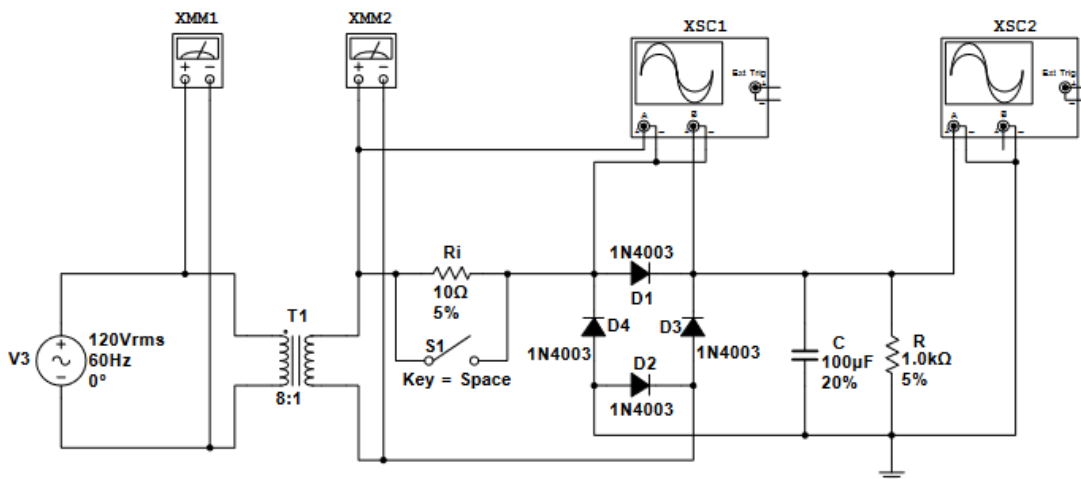


Figura 5 Esquema de circuito: rectificador de onda completa con filtro capacitivo

Observaciones sobre el regulador básico con diodo zener

Para realizar mediciones el regulador básico con diodo zener se montó el circuito de la figura 6. La selección de la resistencia R_p depende del diodo zener específico utilizado como regulador. El diodo empleado en esta parte de la práctica fue el zener 1N4743A con un voltaje $V_Z = 13V$, por lo tanto, la resistencia utilizada fue $R_p = 270\Omega$. Dependiendo de los valores a medir se colocaron las puntas del osciloscopio en diferentes posiciones.

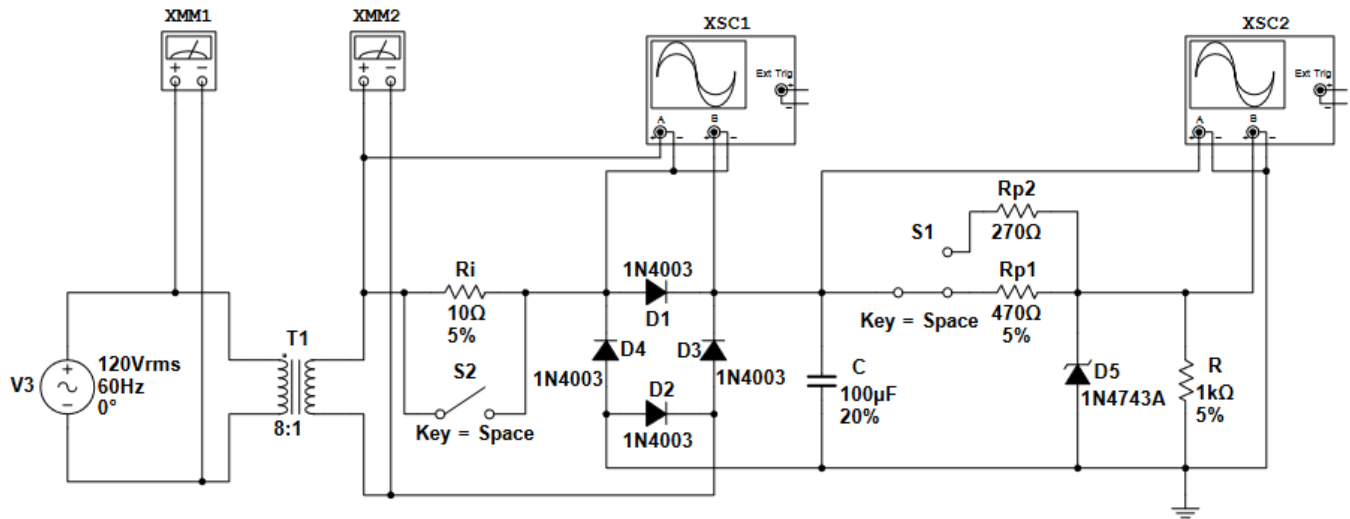


Figura 6 Esquema de circuito: regulador básico con diodo zener

RESULTADOS

Diodo zener 1N4732A

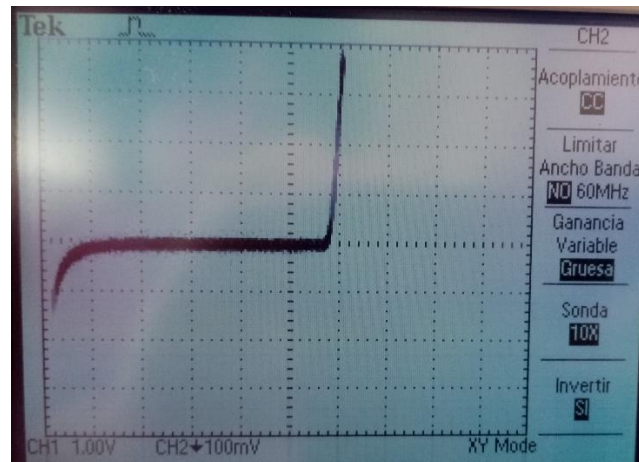


Figura 7 Curva i-v diodo 1N4732A

5.- Zener 4,7V
 Voltaje de conducción = 0,8V
 Voltaje de avalancha = -4,7V

$$R_{dinamica-inversa} = \frac{-4,7 - (-4,8)}{-80mA - (-160mA)} = 587,5\Omega$$

$$P_1 = (-4,8V, -160mA/470\Omega)$$

$$P_2 = (-4,7V, -80mA/470\Omega)$$

Corriente inversa = $\frac{4,7V}{587,5\Omega} = 8mA$

Figura 8 Resultados de las mediciones sobre el zener 1N4732A

Magnitud	Valor medido	Valor teórico	Error porcentual
Voltaje de conducción	0.8V	0.7V	14.3%
Voltaje de avalancha	4.7V	4.7V	0%
Resistencia dinámica típica	587.5Ω	8Ω	7243%
Resistencia dinámica máxima	587.5Ω	500Ω	17.5%
Corriente inversa	8mA	53mA	84.9%

Tabla 1 Resultados de las mediciones sobre el zener 1N4732A

Rectificador de onda completa con filtro capacitivo

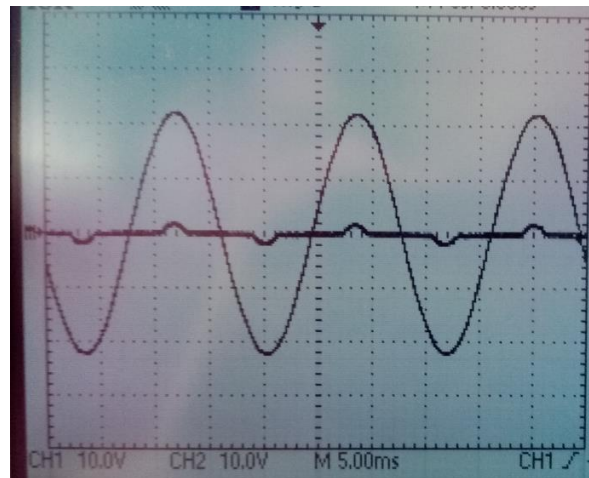


Figura 9 Voltaje y corriente en el secundario del transformador

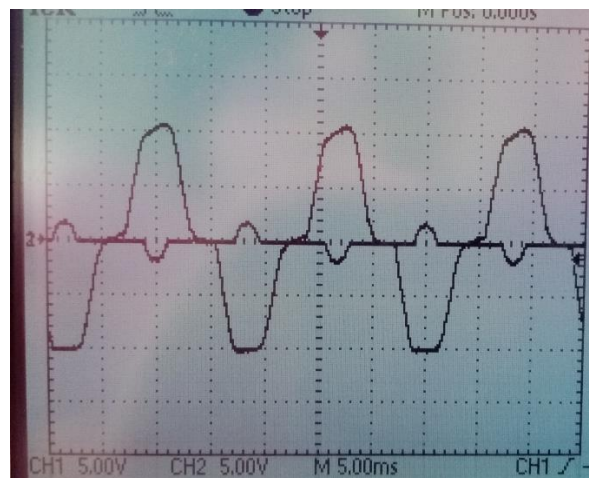


Figura 10 Voltaje en uno de los diodos rectificadores y corriente en el secundario del transformador

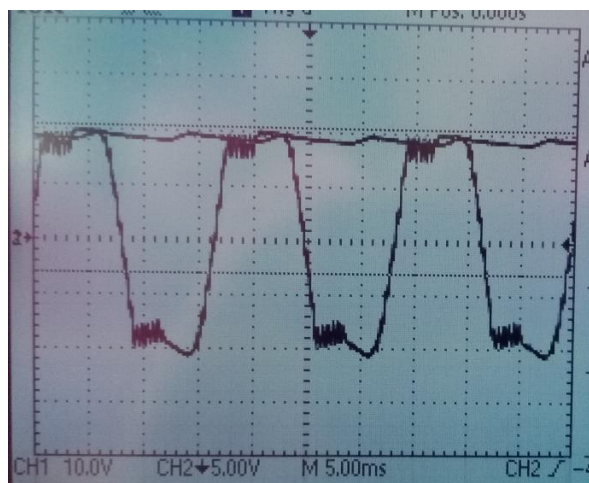


Figura 11 Voltaje en uno de los diodos rectificadores y voltaje en la resistencia de carga

5.2 Rectificador onda completa con filtro capacitivo

$R_p = 20 \Omega$
 $R_L = 1 k\Omega$

Filtro V_2 e I_2	V_{D1} ; I_2
$V_{2p} = 22.4V$	$V_{D1p} = 10.4V$
$V_{Rp} = 2V$	$V_{Rp} = 2V \rightarrow R_p = 20 \Omega \rightarrow I_2 \approx 0.1A$
$R_p = 20 \Omega$	
$I_{2p} = 0.1A$	V_{D1} ; V_L
	$V_{D1p} = 10.2V$ $V_{Lmax} = 19.4V$
	$V_{Lmin} = 17.8V$
$V_{1p} = 172V$	

Tiempo de conducción diodos = 1.840 ms

Figura 12 Resultados de las mediciones sobre el rectificador de onda completa con filtro capacitivo

Magnitud	Valor medido	Valor teórico	Error porcentual
Voltaje pico primario	172V	169.71V	1.35%
Voltaje pico secundario	22.4V	21.21V	5.6%
Corriente pico secundario	0.1 A	0.357 A	72%
Voltaje diodo pico*	10.4V	9.9V	5.1%
Voltaje carga mínimo	17.8V	17.75V	2.8%
Voltaje carga máximo	19.4V	18.84V	3%
Tiempo de conducción diodos	1.84ms	2ms	8%

Tabla 2 Resultados de las mediciones sobre el rectificador de onda completa con filtro capacitivo

*El voltaje del diodo rectificador se observó con acoplamiento AC, lo cual eliminó el offset DC de la señal. En simulaciones se obtiene un valor teórico pico de 9.9V sin el componente DC de la señal.

Rectificador de onda completa con filtro capacitivo y regulador básico con zener

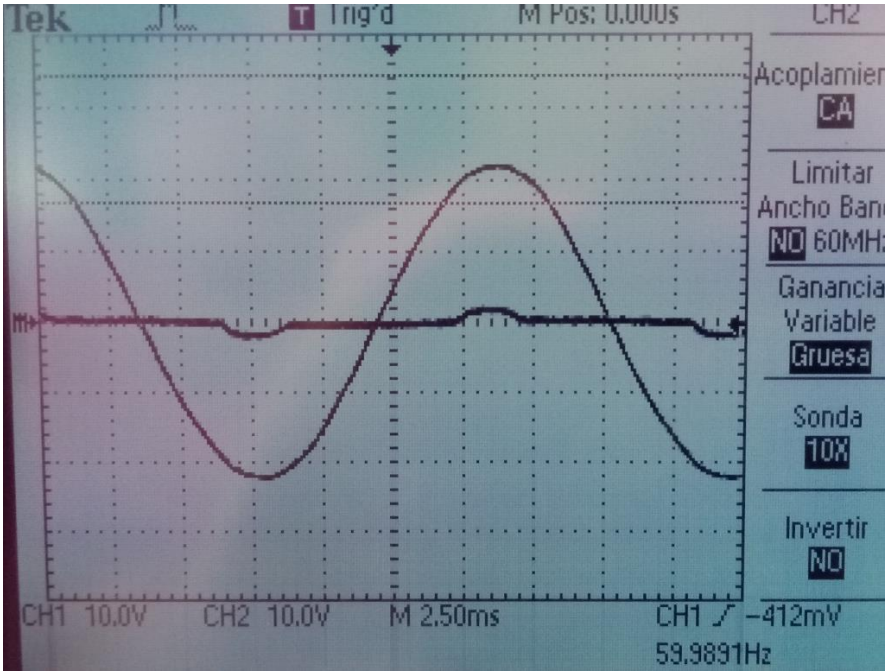


Figura 13 Voltaje y corriente en el secundario del transformador

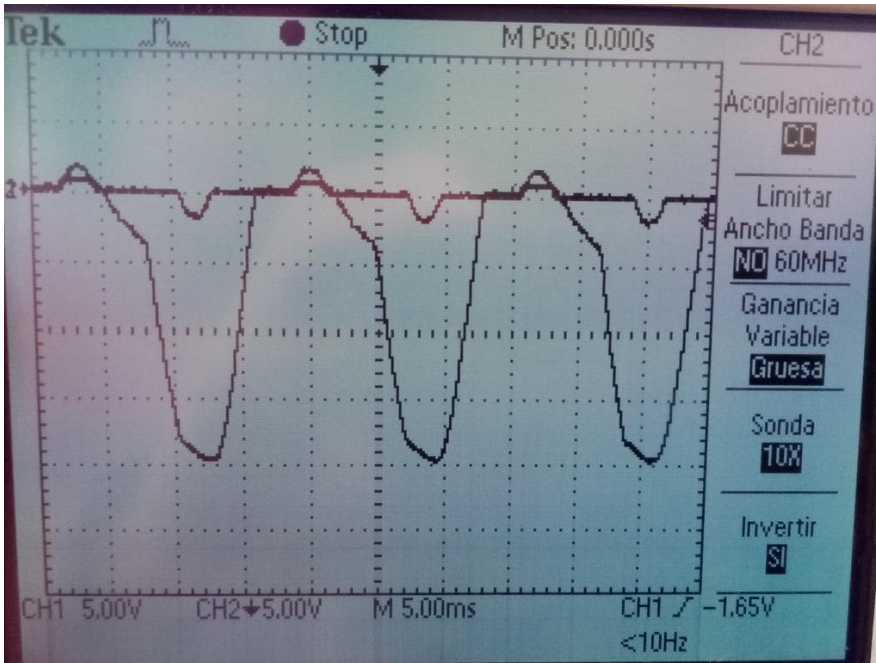


Figura 14 voltaje en un diodo rectificador y corriente en el secundario del transformador

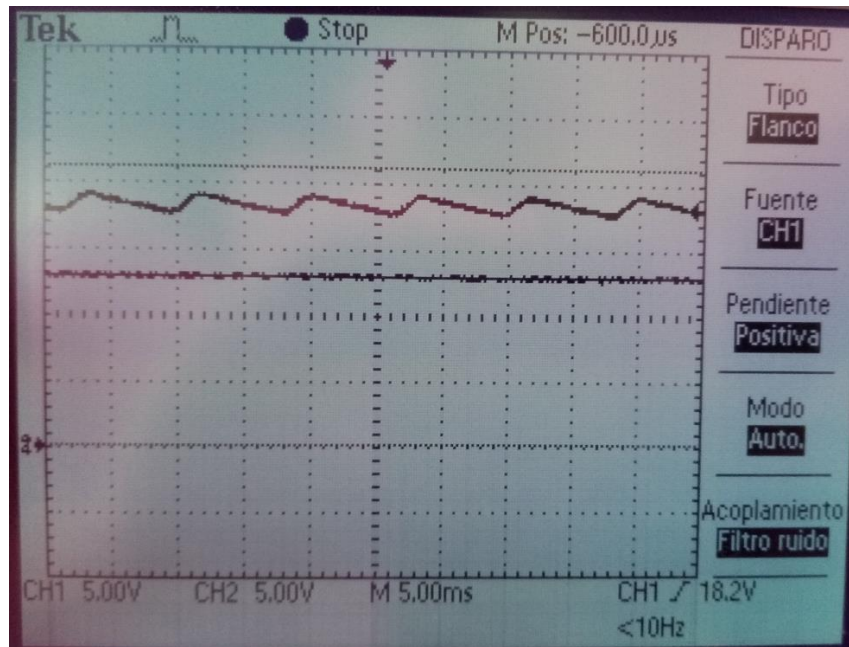


Figura 15 Voltaje en el condensador y voltaje en la resistencia de carga

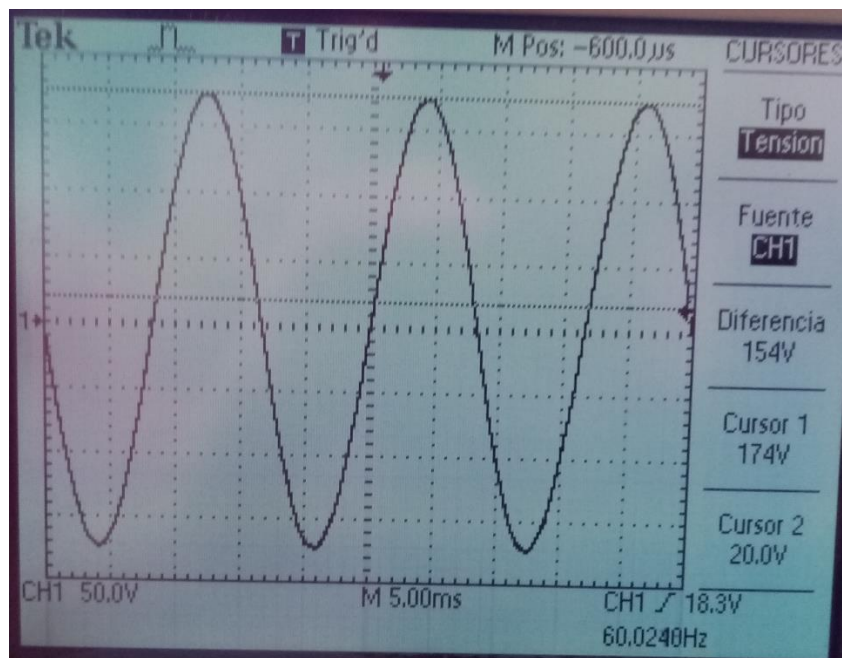


Figura 16 Voltaje en el primario del transformador

5.4 Fuente regulada	
ZENER (13V)	
$R_p = 270\Omega$	
$R_{12} = 20\Omega$	
$V_2 ; I_2$	
$V_{2p} = 22V$	
$V_{2p} = 2,2V \rightarrow R_{12} = 20\Omega \rightarrow I_{2p} = 0,11A = 110mA$	
$V_{1D} ; I_2$	
$V_{R12} = 2V ; V_{1Dmax} = 1V ; V_{1Dmin} = -20V$	
270 Ω $V_C ; V_L$ Plena carga	
$V_{Cmax} = 19,4V ; V_L = 12,5V$	
$V_{Cmin} = 17,4V$	
270 Ω $V_{Cmax} = 19,4V ;$ Sin carga	
$V_{Cmin} = 15V ; V_{valida} = 13,2V$	
$V_{1p} = 174V$ Plena carga	
Regulación de línea $R_p = 470\Omega$	
$V_{Cmax} = 19,7V ;$ Plena carga	
$V_{Cmin} = 15,6V ; V_{valida} = 12,4V$	
$V_{Cmax} = 19,5V ;$ Sin carga	
$V_{Cmin} = 15,7V ; V_{valida} = 13,2V$	

Figura 17 Resultados de las mediciones sobre el regulador básico con zener

Magnitud	Valor medido	Valor teórico	Error porcentual
Voltaje primario pico (plena carga)	174V	169.7V	2.5%
Voltaje secundario pico	22V	21.21V	3.7%
Corriente secundario pico	0.11 A	0.21 A	47.6%
Voltaje diodo rect. Máx.	1V	0.7V	42.9%
Voltaje diodo rect. Mín.	-20V	-19.7V	1.52%
Diodo zener	1N4743A	Resistencia R_p	270 Ω

Tabla 3 Resultados de las mediciones sobre el regulador básico con zener

Resistencia R_P	Estado de carga	Magnitud	Valor medido	Valor teórico	Error porcentual
270 Ω	Plena	V_{Cmax}	19.4V	18.76V	3.4%
		V_{Cmin}	17.4V	17.6V	1.1%
		V_{out}	12.8V	12.96V	1.2%
	Sin carga	V_{Cmax}	19.4V	18.8V	3.2%
		V_{Cmin}	18V	17.6V	2.3%
		V_{out}	13.2V	13V	1.5%
470 Ω	Plena	V_{Cmax}	19.7V	19V	3.7%
		V_{Cmin}	18.6V	18.3V	1.6%
		V_{out}	12.4V	12.6V	1.6%
	Sin carga	V_{Cmax}	19.8V	19.1V	3.7%
		V_{Cmin}	18.7V	18.3V	2.2%
		V_{out}	13.2V	13V	1.5%
Diodo Zener			1N4743A		

Tabla 4 Mediciones de voltaje del condensador y voltaje de salida, regulador básico con zener

Regulación de carga del circuito

$$R_C = \frac{V_{out(p)} - V_{out(sc)}}{V_{out(p)}} * 100\%$$

Para $R_p = 270\Omega$

$$R_C = \frac{12.8V - 13.2V}{12.8V} * 100\% = -3.1\%$$

Para $R_P = 470\Omega$

$$R_C = \frac{12.4V - 13.2V}{12.4V} * 100\% = -6.5\%$$

Regulación de línea del circuito

$$R_L = \frac{V_{out(v-max)} - V_{out(v-min)}}{V_{out(v-max)}} * 100\% = \frac{12.4V - 12.8V}{12.4V} * 100\% = -3.2\%$$

Para replicar el efecto de la regulación de línea sin el variac, se tomaron medidas con una resistencia $R_P = 270\Omega$ y con otra resistencia $R_P = 470\Omega$. De esta manera se replicó el efecto de variar el voltaje de entrada AC a carga plena.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Diodo Zener 1N4732A

En la figura 7 se puede apreciar la gráfica de la característica corriente-voltaje del diodo 1N4732A. Gracias a la capacidad del osciloscopio digital de invertir canales fue posible obtener la curva con la orientación típica demostrada en la teoría.

En la figura 8 y en la tabla 7 se presentan los resultados de las mediciones sobre el circuito de la figura 4. Para los valores del voltaje de conducción y del voltaje de avalancha se obtuvieron resultados correspondientes con los valores teóricos esperados. En el caso del voltaje de conducción se presentó un error porcentual del 14,3% con respecto al valor teórico, esta diferencia podría atribuirse a un error de apreciación dadas las limitaciones de resolución de la pantalla del osciloscopio. En el caso del voltaje de avalancha se presentó una diferencia negligible entre el valor medido y el teórico.

Para la resistencia dinámica inversa y la corriente inversa se presentaron errores porcentuales más grandes, esto podría atribuirse a que no se configuró la fuente AC variable con suficiente amplitud para observar correctamente el comportamiento del diodo en polarización inversa. La resistencia dinámica típica de un diodo en el punto Q es de 8Ω y la resistencia medida fue de $587,5\Omega$. Sin embargo, el valor de resistencia medido está cerca del valor máximo especificado en las tablas de datos del fabricante (17,5% de error porcentual), el cual corresponde a la resistencia dinámica en el punto de rodilla (V_{ZK}, I_{ZK}). El error porcentual entre la corriente inversa medida y el valor esperado puede atribuirse también a que las mediciones se tomaron cerca del punto de rodilla.

Rectificador de onda completa con filtro capacitivo

En las figuras 9, 10 y 11 se puede apreciar el comportamiento del circuito. Las curvas obtenidas corresponden a las gráficas teóricas esperadas. En la figura 12 y la tabla 2 se presentan los resultados de las mediciones realizadas sobre el circuito. A grandes rasgos los valores medidos se encuentran cerca de los valores teóricos esperados. Sin embargo, se presentó un error porcentual notable para la corriente pico en el secundario del transformador, esto podría deberse a la utilización de una resistencia de prueba de 20Ω en lugar de la resistencia de 10Ω empleada para las simulaciones y cálculos.

Rectificador de onda completa con filtro capacitivo y regulador básico con Zener

En las figuras 13, 14, 15 y 16 se presentan las curvas que representan el comportamiento del circuito. Se puede confirmar que el comportamiento observado coincide con las gráficas teóricas. En la figura 17 y las tablas 3 y 4 se presentan los resultados de las mediciones sobre el circuito. Los valores medidos presentan una baja diferencia con respecto a los valores teóricos y obtenidos en simulaciones. La única excepción es el valor de la corriente pico en el secundario con un error porcentual de 47,6%. Esta diferencia podría atribuirse a las mismas causas que produjeron la diferencia en la intensidad de corriente en el circuito rectificador con filtro capacitivo.

La regulación de carga del circuito se encuentra en concordancia con el comportamiento esperado del circuito, el voltaje de salida se reduce en la medida en que aumenta la carga. Para observar el efecto de regulación de línea ante la ausencia del variac fue necesario cambiar la resistencia R_p de 270Ω por una resistencia de 470Ω . La regulación de línea observada coincide a grandes rasgos con el comportamiento esperado.

El desempeño de la fuente DC regulada fue mucho mejor que el de la fuente no regulada, cuando se compara el factor de rizado presente en la salida de ambas fuentes. La fuente no regulada presenta un factor de rizado notable con una diferencia entre los voltajes máximo y mínimo en la carga de alrededor de 1,6V. En cambio, la fuente regulada presentó un rizado negligible. Sin embargo, cabe destacar que la fuente regulada consume una mayor potencia que la no regulada. Esto se debe a la presencia tanto del diodo Zener como de la resistencia R_p necesaria para que este primero cumpla su función de regulación.

CONCLUSIONES

En la práctica se logró observar de manera satisfactoria el comportamiento del diodo zener en diferentes configuraciones. Durante el estudio del diodo 1N4732A se obtuvo la curva característica corriente-voltaje del componente. Los valores medidos coincidieron a grandes rasgos con los valores teóricos esperados. Sin embargo, debido probablemente a que la fuente de voltaje AC no se configuró con suficiente amplitud no fue posible observar con exactitud el comportamiento del diodo en la zona de ruptura. Para las fuentes DC se observó un comportamiento correspondiente al esperado. El arreglo del circuito modificó satisfactoriamente el comportamiento de la corriente mientras que el condensador redujo el factor de rizado presente en la señal de salida. Con la implementación del regulador básico con el diodo zener 1N4743A se logró hacer negligible el factor de rizado en la señal de salida.

Comentarios finales

Durante la práctica no se presentaron mayores dificultades para el montaje de los diferentes circuitos. El mayor inconveniente que se presentó fue la ausencia de un variac en los mesones del laboratorio para observar el efecto de regulación de línea en la fuente DC regulada. Sin embargo, fue posible sortear este problema al sustituir la resistencia R_p en el circuito de la fuente, obteniendo un efecto similar al esperado. En general los objetivos de la práctica fueron alcanzados de manera satisfactoria.

ANEXOS

Prelaboratorio #5 Giancarlo Torlone

Prelaboratorio #5

Giancarlo Torlone 20-10626

1.- Busque las especificaciones de los dispositivos con los que va a trabajar (diodos rectificadores y diodos zener de 4,7 V y 13 V) y fotocopie las partes más importantes para tenerlas disponibles durante la realización de la práctica, o averigüe si dichas especificaciones están disponibles en línea a través de la red del laboratorio para que Ud. las pueda observar en la pantalla de su computador. Haga un listado de las características más importantes que el fabricante especifica para estos dispositivos, incluyendo una breve explicación de su significado.

Diodo Zener: 14732A

Un diodo Zener, también conocido como diodo de ruptura, es un dispositivo semiconductor de silicio que permite que la corriente fluya no sólo en dirección directa, sino también en dirección inversa si la tensión es mayor que la tensión de ruptura. Es decir, un diodo Zener se define como un dispositivo que está diseñado para funcionar en dirección inversa cuando se alcanza una determinada tensión.

Características

- Voltaje Zener: 4.7 V
- Disipación de potencia: 1 W
- Tolerancia de voltaje: 5%
- Corriente Zener: 10 uA
- Impedancia: 8 Ohm
- Temperatura de funcionamiento: -65° C a 200° C
- Corriente de prueba: 53 mA

Datos mecánicos

- Caja: DO-41, Vidrio
- Terminales: soldables según MIL-STD-202,
- Método 208
- Polaridad: banda de cátodo
- Marcado: Número de tipo
- Aprox. Peso: 0,35 gramos
- Disipación de potencia de 1,0 vatios
- Voltaje Zener nominal de 3,3 V - 100 V
- La tolerancia estándar de VZ es del 5 %

Diodo- 1N4003

Características.

- Unión difusa
- baja caída de tensión directa
- Capacidad de alta corriente
- Alta fiabilidad
- Alta capacidad de corriente de sobretensión

Datos Mecánicos.

- Caja: DO-41, plástico moldeado
- Terminales: conductores chapados soldables
- Polaridad: banda de cátodo
- Peso: 0,35 gramos (aprox.)
- Posición de montaje: Cualquiera

Especificaciones:

- Voltaje inverso pico repetitivo: 200 Volts
- Voltaje de funcionamiento a 1 A: 1.1 Volts
- Corriente de rectificación promedio: 1 Amp
- Corriente pico no repetitiva en medio ciclo de onda senoidal (8.3 ms): 30 Amp
- Disipación de potencia a 25 °C : 3 Watts
- Rango de temperatura de la unión: -65 a 150 °C
- Capacitancia total a 4 Volts, 1 MHz: 15 pF
- Tipo de encapsulado: DO-41

2.- Característica corriente-voltaje del diodo zener:

a) Dado el circuito mostrado en la Figura 1, las especificaciones del dispositivo a su disposición y las indicaciones dadas por su profesor, determine el valor de la resistencia R el valor pico de la amplitud que puede tener la señal producida por el generador para observar en el osciloscopio la característica i vs. v de este dispositivo.

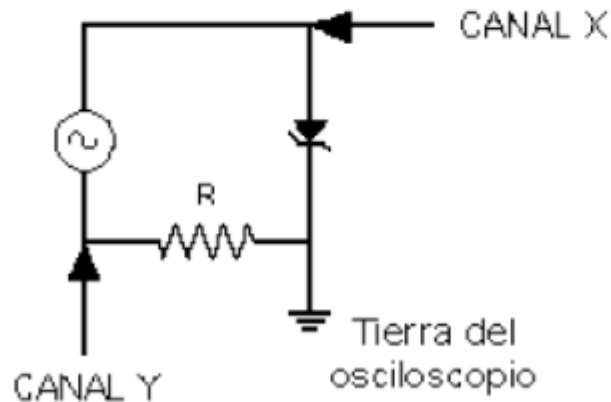


Figura 1. Circuito para observar la característica corriente-voltaje del diodo Zener

$$R = 470 \, \Omega$$

$$V_{pk} = 5 \, V_{pk}$$

b) Haga un diagrama de la señal que Ud. espera ver en la pantalla del osciloscopio, si las conexiones se realizan exactamente en la forma indicada en la Figura 1.

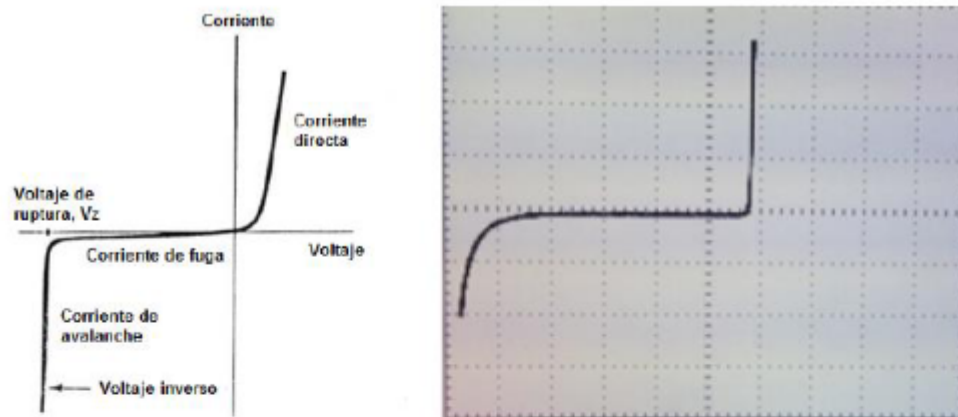


Figura 2. Señal que se espera observar en el osciloscopio

c) Indique las mediciones que va a realizar para determinar el voltaje de conducción, el voltaje de avalancha, la resistencia dinámica en la región inversa y la corriente inversa del Zener bajo observación. Indique en qué forma puede realizar lecturas punto a punto para obtener con mayor precisión los datos necesarios a fin de determinar los parámetros pedidos.

Se Aplica dicha señal al circuito y se conecta las puntas de prueba de su osciloscopio de la manera indicada en la Figura 1.

- Se coloca el osciloscopio en modo XY y el acoplamiento en GND en ambos canales y se ubica el punto en el centro de la pantalla.
- Se Coloca el selector de acoplamiento de ambos canales a DC, ya que para observar correctamente la característica corriente-voltaje de un dispositivo hay que incluir las componentes DC y AC
- En la pantalla aparecerá la característica corriente-voltaje del diodo zener
- Se busca medir varios puntos que permitan representar la línea que relaciona la corriente y el voltaje del diodo, para luego calcular de forma indirecta la resistencia del diodo
- Con los datos suministrados por la gráfica se calcula indirectamente la variación de voltaje entre los puntos y la variación de corriente correspondiente (se divide la variación de voltaje del eje Y entre la resistencia).
- Con los valores obtenidos se calcula la resistencia dinámica tanto en la región como en la inversa.

3.- Defina los siguientes conceptos:

a) Regulación de carga.

mantener constante su voltaje de salida cuando varía la carga conectada a ella, es decir, la cantidad de corriente que debe proporcionarle al circuito que está alimentando.

b) Regulación de línea.

La Regulación de Línea es una medida de la capacidad de la Fuente de Voltaje DC de mantener constante su voltaje de salida cuando varía el valor del voltaje AC máximo aplicado a la entrada del rectificador.

4.- En el circuito de la Figura 3, el rectificador de onda completa con filtro capacitivo:

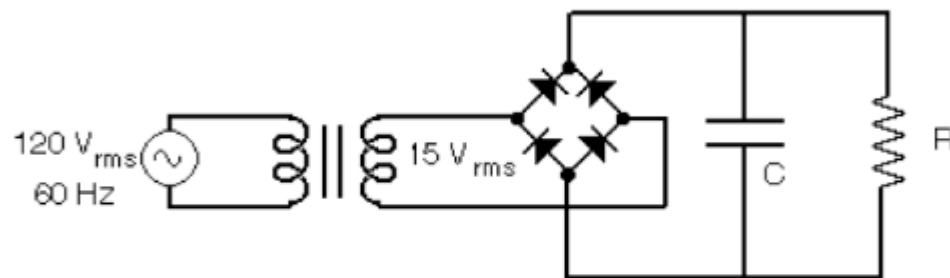


Figura 3. Rectificador de onda completa con filtro capacitivo

a) Explique brevemente cómo funciona este circuito y cuál es su objetivo fundamental. Haga un esquema de las formas de onda de voltaje y corriente que espera observar en el secundario del transformador, en los diodos y en la resistencia de carga, indicando los tiempos de interés.

Al igual que rectificador de media onda este rectificador utiliza semi ciclos alternados de la señal senoidal de entrada, su objetivo fundamental es tomar a la entrada una señal AC y reflejar en la salida una señal DC, con la diferencia de que la caída exponencial se encuentra con el pico negativo rectificado, en lugar de con el siguiente pico positivo, por lo tanto la frecuencia del rizado será el doble.

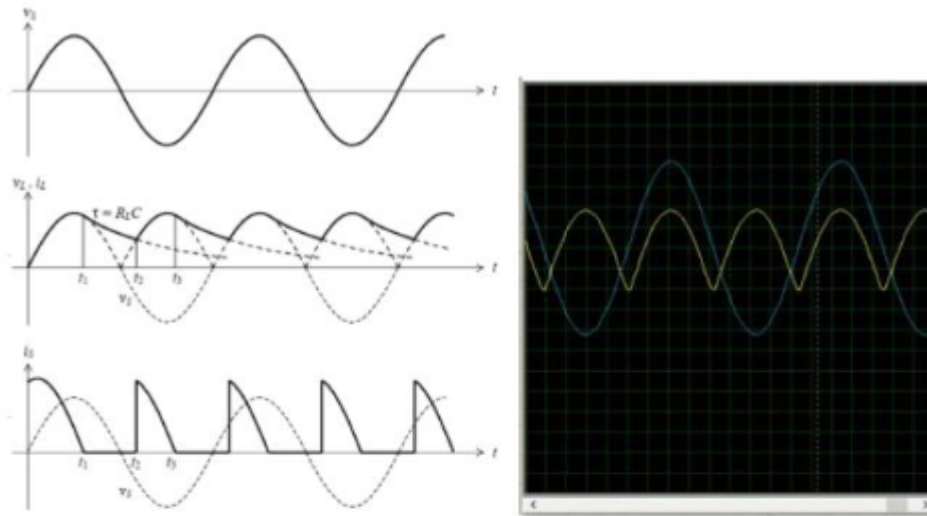


Figura 4. Forma de onda que se espera observar en el osciloscopio

b) Basándose en el diagrama de cableado, indique la forma como va conectar los instrumentos para medir el voltaje en el primario y secundario del transformador, el voltaje en la carga (determinando con la mayor precisión posible el voltaje máximo y mínimo), y la corriente en el secundario del transformador relacionándola con el voltaje en uno de los diodos. Para esta última medición puede utilizar la configuración presentada en detalle en la Figura 3. La resistencia en serie con el secundario del transformador debe tener el valor más bajo disponible (unidades o decenas de ohmios) para producir la menor alteración posible en la magnitud de la corriente por el transformador. Al momento de realizar la comparación de los resultados con los valores teóricos, es conveniente tomar en cuenta que a pesar de que el valor de la resistencia sea pequeño, la inclusión de la misma va a reducir significativamente el valor pico de la corriente. Para cada una de las mediciones indique si el osciloscopio debe estar flotando o no.

Es necesario tener el osciloscopio flotando pues se debe colocar la tierra del instrumento en el nodo que une al diodo con la carga.

- Tener en cuenta que a pesar de que el valor de la resistencia sea pequeño, la inclusión de la misma va a reducir significativamente el valor pico de la corriente
- Se colocan las puntas del osciloscopio como en figura 5 para medir el valor pico de la corriente del secundario del transformador.
- Se mide simultáneamente el voltaje sobre los diodos y sobre la resistencia, tomando en cuenta que debemos invertir uno de los canales
- Para el voltaje de la carga se coloca la punta de uno de los canales en el nodo donde está conectada la carga y se hace coincidir la tierra del osciloscopio con la tierra del circuito

- La corriente de la carga se obtiene indirecta pues con las medidas anteriores podemos usar la ley de Ohm para obtener el valor de la corriente en función del voltaje y valor propio de la carga.

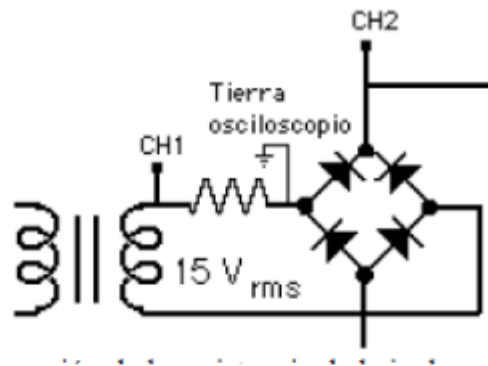


Figura 5. Detalle de la conexión de la resistencia de baja denominación y de las puntas del osciloscopio para medir la corriente pico por el secundario del transformador, relacionándola con el voltaje en un diodo.

5.- En el circuito de la Figura 5, la fuente DC con regulador zener:

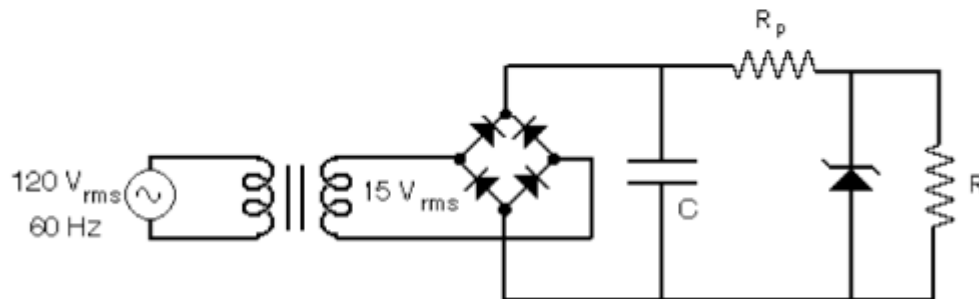


Figura 6. Fuente regulada: Circuito rectificador de onda completa con filtro capacitivo y regulador básico con diodo Zener

a) Explique brevemente cómo funciona este circuito y cuál es su objetivo fundamental. La implementación de este circuito con el zener, actúa como una medida de la capacidad de la Fuente de Voltaje DC de mantener constante su voltaje de salida ante las variaciones de la carga conectada a ella, es decir, ante las variaciones de la cantidad de corriente que debe proporcionar al circuito que está alimentando.

Prelaboratorio #5 Hiroshi Yano

Preparación #5 Diodo Zener, rectificador de onda completa y regulador con Zener

Hiroshi Yano 20-10668

Objetivos:

- Familiarizar al estudiante con el uso de los manuales de los fabricantes de diodos zener para entender y manejar sus especificaciones, y con la visualización de la característica corriente-voltaje de dichos dispositivos utilizando el osciloscopio en la modalidad X-Y.
- Realizar un análisis detallado del rectificador de onda completa con filtro capacitivo y del regulador con zener, utilizando el osciloscopio como herramienta fundamental para llevar a cabo las mediciones.

1.- Busque las especificaciones de los dispositivos con los que va a trabajar (diodos rectificadores y diodos zener de 4,7 V y 13 V).

Diodo 1N4003

- Tipo de montaje: montaje en orificio pasante
- Tipo de encapsulado: DO-41
- Corriente continua máxima directa: 1 A
- Tensión repetitiva inversa de pico: 200 V
- Tipo de diodo: rectificador
- Conteo de pines: 2
- Caída de tensión directa máxima: 1.1 V
- Tecnología de diodo: conexión de silicio
- Diámetro: 2.7 mm
- Transitorios de corriente directa no repetitiva de pico: 30 A
- Potencia disipada: 3 W

Diodo Zener 1N4732A

- Tipo de encapsulado: DO-41
- Voltaje Zener: 4.7 V
- Disipación de potencia máxima: 1.3 W
- Corriente de fuga a 1 V: 10 μ A
- Resistencia dinámica típica a 1 kHz: 8 Ω
- Caída de tensión directa máxima a 200 mA: 1.2 V

Diodo Zener 1N4743A

- Tipo de encapsulado: DO-41
- Voltaje Zener: 13 V
- Disipación de potencia máxima: 1.3 W
- Corriente de fuga a 9.9 V: 5 μ A
- Resistencia dinámica típica a 1 kHz: 10 Ω
- Caída de tensión directa máxima a 200 mA: 1.2 V

Tensión de pico inversa: voltaje que tiene que soportar el diodo entre sus terminales cuando no está conduciendo.

Caída de tensión directa máxima: caída de voltaje máxima entre los terminales del diodo en polarización directa.

Transitorios de corriente directa no repetitiva de pico: pico máximo de corriente de duración 10 ms que el diodo puede soportar cada diez minutos.

Corriente de fuga: pequeña corriente a través del diodo cuando está en polarización inversa antes de alcanzar el voltaje de ruptura.

Voltaje Zener: voltaje entre los terminales del diodo zener en polarización inversa, en que el diodo empieza a conducir corriente.

2.- Característica corriente-voltaje del diodo zener:

a) Dado el circuito mostrado en la Figura 5.1, las especificaciones del dispositivo a su disposición y las indicaciones dadas por su profesor, determine el valor de la resistencia R y el valor pico de la amplitud que puede tener la señal producida por el generador para observar en el osciloscopio la característica i vs. v de este dispositivo.

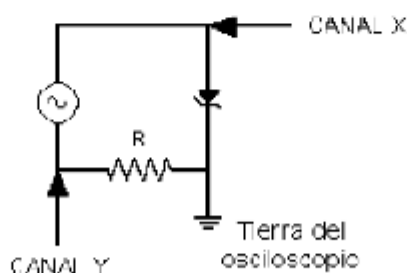


Figura 5.1: Circuito para observar la característica corriente-voltaje del diodo zener

Datos:

$v_p = 5V_p$... Voltaje pico de la fuente

$I_{ZM} = 193\text{ mA}$... Corriente como regulador del diodo 1N4732A

$$R_p = \frac{v_p - 0.7V}{193\text{mA}} = \frac{5V - 0.7V}{193\text{mA}} = 22.28\Omega$$

b) Haga un diagrama de la señal que Ud. espera ver en la pantalla del osciloscopio, si las conexiones se realizan exactamente en la forma indicada en la Figura 5.1.

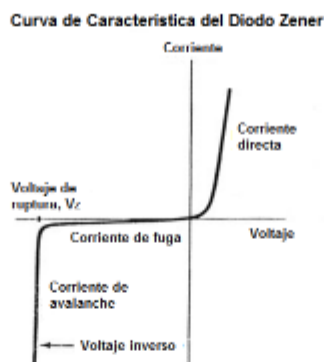


Figura A: Curva voltaje vs corriente del diodo Zener

d) Indique las mediciones que va a realizar para determinar el voltaje de conducción, el voltaje de avalanche, la resistencia dinámica en la región inversa y la corriente inversa del zener bajo observación. Indique en qué forma puede realizar lecturas punto a punto para obtener con mayor precisión los datos necesarios a fin de determinar los parámetros pedidos.

- Se monta primero el circuito de la figura 5.1 y se aplica la señal sinusoidal de 5 Vp. Se colocan ambos canales en acoplamiento GND y se ubican en el centro de la pantalla. Luego se cambia a acoplamiento DC y modo XY, se invierte el canal Y. Con esto se obtiene la curva característica i vs v del diodo.
- Para medir el voltaje de conducción y de avalanche basta con medir en la curva i vs v los puntos en el eje X donde el diodo comienza a conducir corriente.
- Para medir la resistencia dinámica en la región inversa se toman varios puntos a la izquierda del voltaje de ruptura, se determina para cada punto el valor de corriente dividiendo su valor de voltaje Y entre el valor de la resistencia de prueba, de aquí se obtiene el valor de la corriente inversa del zener. Con la variación de voltaje y de corriente entre los puntos se puede calcular la resistencia dinámica.

3.- Defina los siguientes conceptos:

a) Regulación de carga: La regulación de carga es una medida de la capacidad de la fuente de voltaje DC de mantener constante su voltaje de salida cuando varía la carga conectada a ella, es decir, la cantidad de corriente que debe proporcionar al circuito que está alimentando. Se define utilizando la siguiente expresión:

$$R_c = \frac{V_{O-max} - V_{O-min}}{V_{O-max}} \times 100\%$$

Donde:

V_{O-min} ... Voltaje de salida con carga máxima

V_{O-max} ... Voltaje de salida sin carga (corriente cero)

b) Regulación de línea: la regulación de línea es una medida de la capacidad de la fuente de voltaje DC de mantener constante su voltaje de salida cuando varía el valor del voltaje AC máximo aplicado a la entrada del rectificador. Se define utilizando la siguiente expresión:

$$R_L = \frac{V_{O-vimax} - V_{O-vimin}}{V_{O-vimin}} \times 100\%$$

Donde:

$V_{O-vimax}$... Voltaje de salida cuando el voltaje AC pico a la entrada es máximo

$V_{O-vimin}$... Voltaje de salida cuando el voltaje AC pico a la entrada es mínimo

4.- En el circuito de la Figura 5.2, el rectificador de onda completa con filtro capacitivo:

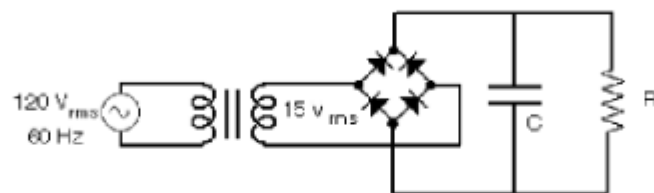


Figura 5.2 Rectificador de onda completa con filtro capacitivo

a) Explique brevemente cómo funciona este circuito y cuál es su objetivo fundamental. Haga un esquema de las formas de onda de voltaje y corriente que espera observar en el secundario del transformador, en los diodos y en la resistencia de carga, indicando los tiempos de interés.

Esta configuración se utiliza para aprovechar ambos ciclos de onda en una señal sinusoidal en el proceso de rectificación, gracias a la orientación de los diodos empleados. El capacitor reduce el voltaje de rizado haciendo la caída del voltaje en la carga menos pronunciada al descargar su energía almacenada, por lo tanto se produce una señal más continua.

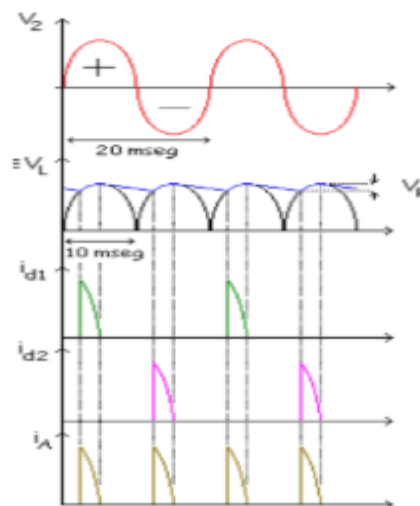


Figura B: Respuesta del circuito rectificador de onda completa con filtro capacitivo

b) Determine el valor del voltaje de rizado y del factor de rizado, el valor pico de la corriente por los diodos, la potencia promedio entregada a la carga, la potencia promedio consumida por los diodos y la potencia aparente total manejada por el transformador para los valores indicados por su profesor.

De acuerdo con la simulación en Multisim:

$$V_r = V_{max} - V_{min} = 18.84V - 17.75V = 1.09V$$

$$F_r = \frac{V_r}{V_{max}} 100\% = \frac{1.09V}{18.84V} 100\% = 5.79\%$$

$$t_c = 2ms$$

$$I_{dmax} = C\omega V_{max} \cos(\omega t_0) + I_{Rmax} = 100\mu F * 377 \text{ Rad/s} * 18.84V * \cos(377 * 0ms) + \frac{18.84V}{1k\Omega} = 729 \text{ mA}$$

$$P_{prom(carga)} = \frac{V_{prom}^2}{R_L} = \frac{(2V_{max}/\pi)^2}{R_L} = \frac{(2*18.84V/\pi)^2}{1k\Omega} = 11.99W$$

$$P_{dprom} = \frac{I_{dmax} V_d t_c}{T} = \frac{729 \text{ mA} * 0.7V * 2ms}{16.66ms} = 61.24mW$$

$$S_{sec} = V_{rms} I_{rms} = V_{rms} \sqrt{\frac{2}{T} I_{dmax}^2 t_c} = 15V \sqrt{\frac{2}{16.66ms} (729 \text{ mA})^2 * 2ms} = 5.36VA$$

c) Haga el diagrama de cableado del circuito que va a montar en el Laboratorio.

d) Basándose en el diagrama de cableado, indique la forma como va conectar los instrumentos para medir el voltaje en el primario y secundario del transformador, el voltaje en la carga, y la corriente en el secundario del transformador relacionándola con el voltaje en uno de los diodos.

El osciloscopio debe estar flotando en ambos casos.

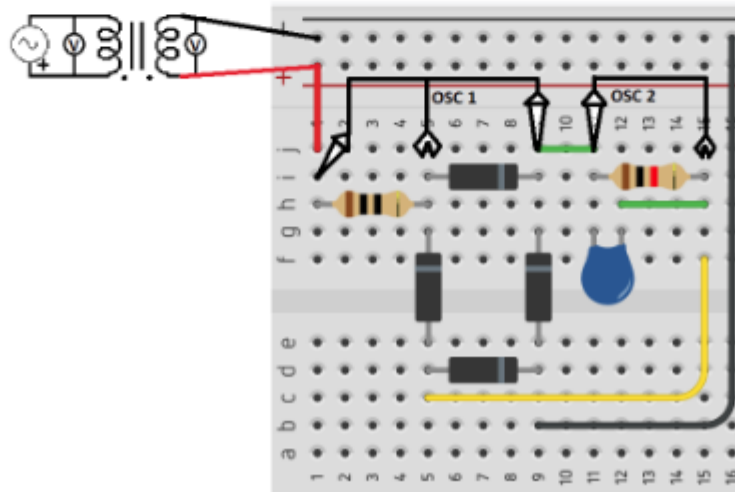


Figura C: Diagrama de cableado, rectificador de onda completa con filtro capacitivo

5.- En el circuito de la Figura 5.4, la fuente DC con regulador zener:

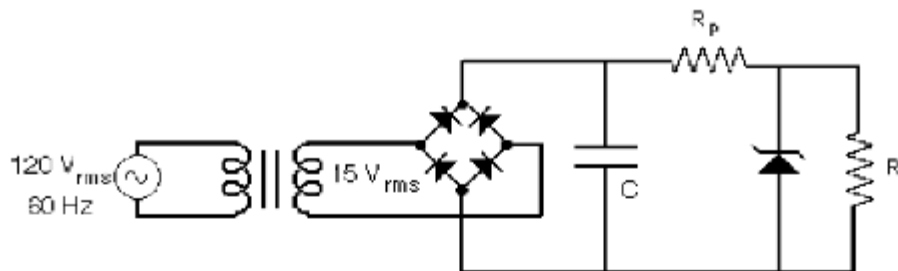


Figura 5.4: Circuito rectificador de onda completa con filtro capacitivo y regulador básico con diodo zener

a) Explique brevemente cómo funciona este circuito y cuál es su objetivo fundamental.

Este circuito tiene un funcionamiento similar al del rectificador de onda completa con filtro capacitivo. La implementación del diodo zener limita la corriente que la fuente de voltaje puede entregar a un cierto rango dado por las características del zener. El objetivo de este circuito es producir un voltaje de salida constante ante variaciones del voltaje de línea o de la resistencia de carga.

b) A partir de los componentes especificados por su profesor, determine los voltajes máximo y mínimo en el condensador, el valor de la resistencia de protección del zener R_p , la potencia disipada por esta resistencia, y la máxima potencia que va a disipar el diodo zener. Calcule también los voltajes máximo y mínimo en la carga, el valor pico de la corriente por los diodos, la potencia promedio entregada a la carga, la potencia promedio consumida por los diodos y la potencia aparente total manejada por el transformador.

De acuerdo con los datos suministrados:

$$V_z = 13V; R_z = 10\Omega; I_z = 19mA; R_L = 1k\Omega; C = 100\mu F; t_0 = 2.83ms; \omega = 377 \text{ Rad/s}; V_D = 0.7V$$

$$I_L = \frac{V_z}{R_L} = \frac{13V}{1k\Omega} = 13 \text{ mA} \dots \text{Corriente de la carga}$$

$$I_{z-\min} = 5mA \dots \text{Corriente mínima a través del Zener para que opere como regulador}$$

$$I_r = I_L + I_{z-\min} = 13 \text{ mA} + 5 \text{ mA} = 18 \text{ mA} \dots \text{Corriente suministrada por el condensador}$$

Voltajes máximo y mínimo del condensador:

$$V_{C-\max} = V_{2P} - V_D * 2 = 21.21 - 1.4 = 19.81V$$

$$V_{C-\min} = V_{C-\max} \sin(\omega t_0) = 19.81 \sin(377 * 2.83 * 10^{-3}) = 17.35V$$

Diodos rectificadores 1N4003:

$$t_c = \frac{T}{4} - t_0 = 4.17ms - 2.83ms = 1.34ms$$

$$I_{D-\max} = C \omega V_{C-\max} \cos(\omega t_0) + I_L = 100\mu F * 377 * 19.81V \cos(377 * 2.83ms) + 13mA = 373.6mA$$

$$P_D = (I_{D-\max} V_D t_c) / T = (373.6mA * 0.7V * 1.34ms) / 16.67ms = 21.03mW$$

Carga:

$$P_R = V_{R-med}^2 / R_L = (13V)^2 / 1k\Omega = 169 mW$$

Secundario del transformador:

$$I_{rms_2} = \sqrt{\frac{2}{T}(I_{D-max})^2 t_c} = \sqrt{\frac{2}{16.67ms}(373.6mA)^2 1.34ms} = 149.8mA$$

$$S_2 = V_{rms_2} I_{rms_2} = 15V * 149.8mA = 2.247 VA$$

Resistencia de protección Rp:

$$R_p = \frac{V_{C-min} - V_z}{I_r} = \frac{17.35V - 13V}{18mA} = 241.67\Omega \approx 240\Omega$$

$$P_{RP} = I_{Z1}^2 R_p = (28 mA)^2 * 240\Omega = 188.16mW$$

Diodo Zener 1N4743A:

$$V_{Z0} = V_z - I_z R_z = 13V - 19mA * 10\Omega = 12.81V$$

Corriente y voltaje máximos por el Zener sin la carga conectada

$$I_{Z1} = (V_{C-max} - V_{Z0}) / (R_p + R_z) = (19.81V - 12.81V) / (240\Omega + 10\Omega) = 28 mA$$

$$V_{Z1} = V_{Z0} + R_z I_{Z1} = 12.81V + 10\Omega * 28 mA = 13.09V$$

Máxima potencia disipada por el Zener

$$P_{Z1} = V_{Z1} I_{Z1} = 13.09V * 28 mA = 366.52mW$$

c) Haga el diagrama de cableado del circuito que va a montar en el Laboratorio.

d) Basándose en el diagrama de cableado, indique la forma como va conectar los instrumentos.

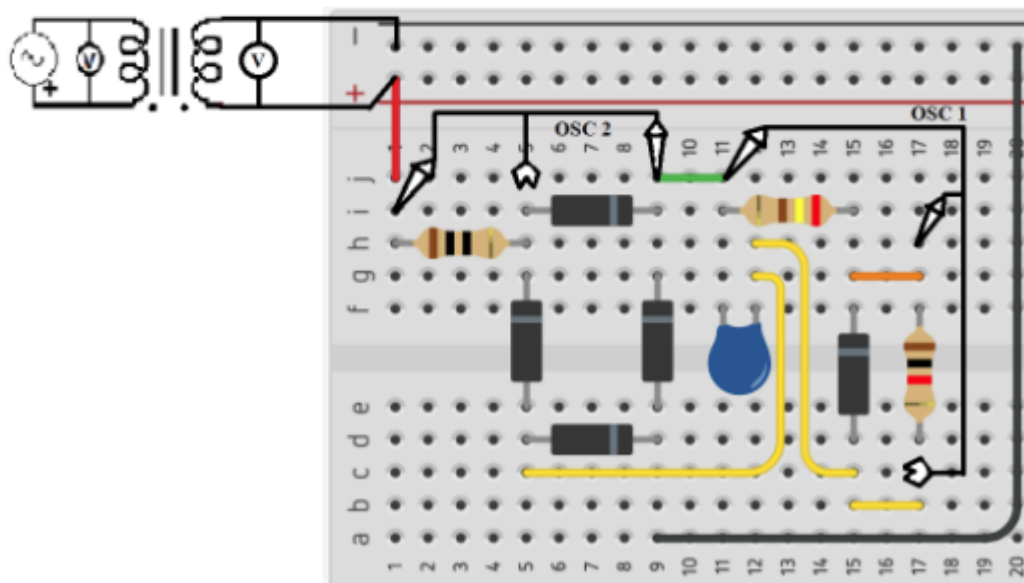


Figura D: Diagrama de cableado, Rectificador de onda completa con regulador zener y filtro capacitivo