



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ÁREA DE INGENIERÍA EN COMPUTADORES

LABORATORIO DE ELEMENTOS ACTIVOS

Experimento 5: Circuitos rectificadores con y sin filtro

Estudiantes:

Arturo CHINCHILLA S.

Gustavo SEGURA U.

Profesor:

Ing. José DÍAZ

8 de marzo de 2019

Índice

1. Resumen	3
2. Introducción	3
2.1. Rectificador de media onda	3
2.2. Rectificador de onda completa	4
3. Objetivos	6
3.1. Objetivo General	6
3.2. Objetivos Específicos	6
4. Equipo y materiales	6
5. Mediciones y tablas	6
5.1. Mediciones del circuito de la fig. 15	6
5.2. Mediciones del circuito de la fig. 16	8
6. Análisis de resultados	9
6.1. Voltaje de rizado y corriente del diodo experimentales	9
6.2. Valores máximos de corriente	9
6.2.1. Rectificador de media onda	9
6.2.2. Rectificador de onda completa	9
6.3. Relación entre U_{salCD} , U_{ondPP} , R_L y C a frecuencia constante	9
6.3.1. C Variable	9
6.3.2. RL variable	10
6.4. Comportamiento en alta frecuencia	10
6.5. Selección de los diodos	10
6.6. Voltaje inverso máximo del diodo	10
6.6.1. Rectificador de media Onda	10
6.6.2. Rectificador de onda completa	11
6.7. Selección del capacitor	11
7. Conclusiones	11
8. Recomendaciones	11
9. Apéndices y anexos	12

Índice de figuras

1. Circuito rectificador de media onda	3
2. Región de conducción	3
3. Región de no conducción	4
4. Señal rectificada de media onda	4
5. Rectificador de onda completa en configuración de puente.	4
6. Polaridad1	5
7. Ruta1	5
8. Ruta1	5
9. SenalRectificada2	5
10. Señal rectificador media onda sin filtro	7
11. Señal rectificador media onda con filtro	8
12. Señal de voltaje en la resistencia	8
13. Determinación del valor nominal del PIV requerida para el rectificador de media onda	10
14. Determinación del PIV requerido para la configuración de puente.	11
15. Circuito de medición 1	12
16. Circuito de medición 2	12

Índice de cuadros

1.	TablaMateriales	6
2.	Valor de las resistencias empleadas	6
3.	Voltajes medidos del circuito rectificador de media onda.	6
4.	Variación del condensador	7
5.	Variación resistencia de carga	7
6.	Variación de la frecuencia	7
7.	Voltajes medidos del circuito rectificador de onda completa	8
8.	Variación del condensador	9
9.	Variación de la resistencia	9
10.	Variación de la frecuencia	9

1. Resumen

En este laboratorio se realiza un análisis sobre circuitos llamados rectificadores de media onda y de onda completa, se estudia su comportamiento y funcionamiento ante cambios en los valores de sus componentes como resistencias y capacitores. También se hace un análisis de la dependencia que existe por parte de las corrientes y tensiones de los componentes con respecto a la frecuencia de entrada que tiene la fuente de alimentación.

2. Introducción

Los Circuitos rectificadores son utilizados para eliminar la parte negativa o positiva de una señal en corriente alterna. En este tipo de circuitos el diodo juega un papel muy importante, ya que es éste el encargado de dejar pasar o no cierta parte de una señal (dependiendo de su configuración en el circuito).

2.1. Rectificador de media onda

Para el circuito rectificador de media onda (ver Fig. 1), según [1] el circuito generará una forma de onda v_o que tendrá un valor promedio de uso particular en el proceso de conversión ca a cd. Cuando se emplea en el proceso de rectificación, un diodo en general se conoce como rectificador. En general, sus capacidades de potencia y corriente son mucho más altas que las de los diodos empleados en otras aplicaciones, como computadoras y sistemas de comunicación.

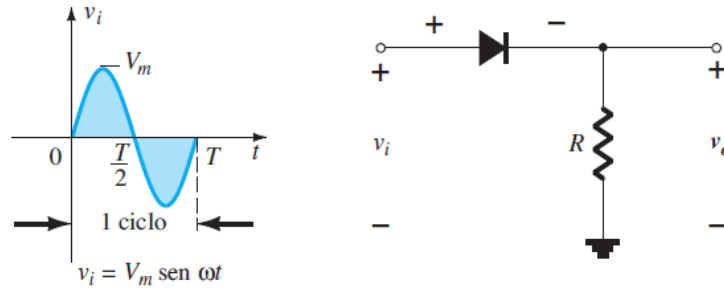


Figura 1: Circuito rectificador de media onda (tomado de [1])

Como se puede observar en la Fig. 1, en el intervalo de $t = 0 \rightarrow T/2$ la polaridad de la onda de voltaje de entrada v_i es positiva, polarizando el diodo de manera que se comporte como un corto circuito, tomando la forma de la Fig. 2. Dando forma a la señal de salida para este período como una copia de la original.

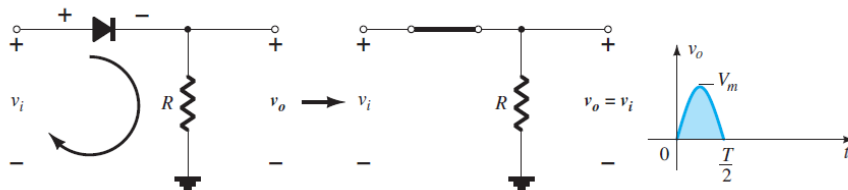


Figura 2: Región de conducción ($0 \rightarrow T/2$) (tomado de [1])

En cambio, para el intervalo de tiempo desde $t = T/2 \rightarrow T$ se puede observar en la Fig. 1 que la polaridad de la onda de entrada v_i es negativa y tiene el comportamiento mostrado en la Fig. 3, polarizando el diodo de manera inversa, lo que ocasiona un comportamiento de circuito abierto.º un estado de .apagado.º en el diodo, impidiendo el flujo de carga, provocando una salida $v_o = 0V$

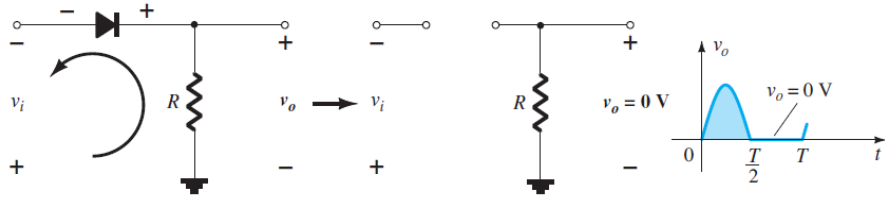


Figura 3: Región de no conducción ($T/2 \rightarrow T$) (tomado de [1])

En la Fig. 4 se muestra la señal de entrada y la señal de salida en un rectificador de media onda.

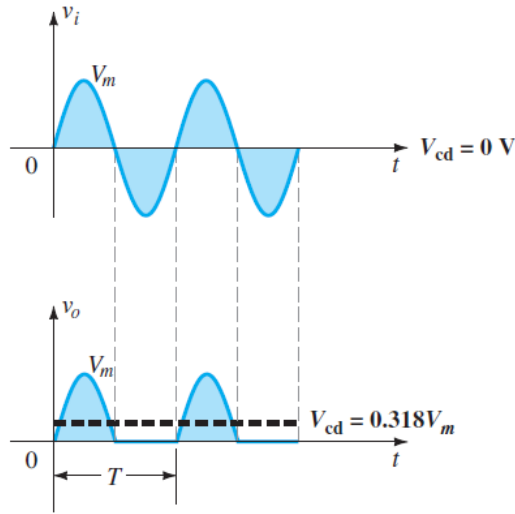


Figura 4: Señal rectificada de media onda (tomado de [1])

2.2. Rectificador de onda completa

Para el caso del circuito rectificador de onda completa, al realizar el proceso de conversión ca a cd, según [1] el nivel de cd obtenido a partir de una entrada senoidal se puede mejorar 100 % mediante un proceso llamado rectificación de onda completa. La red más conocida para realizar tal función aparece en la Fig. 5 con sus cuatro diodos en una configuración de puente.

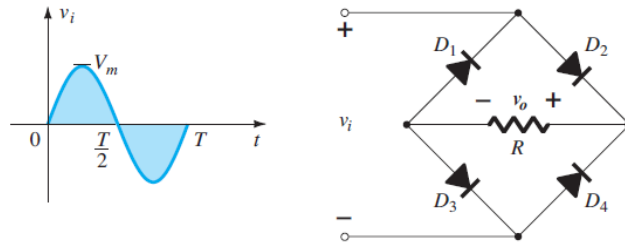


Figura 5: Rectificador de onda completa en configuración de puente. (tomado de [1])

Para el período de $t = 0 \rightarrow T/2$ en el puente de diodos se obtienen las polaridades y los estados para los diodos mostrados en la Fig. 6, además de la ruta que seguirá la corriente en la Fig. 7 y la señal de salida v_o .

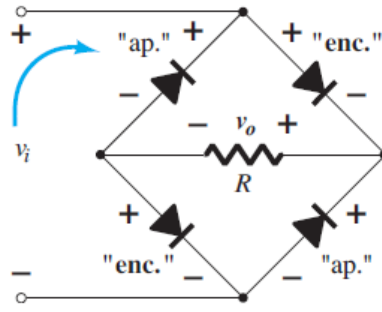


Figura 6: Polarizaciones del puente de la Fig. 5 durante el período $0 \rightarrow T/2$ (tomado de [1])

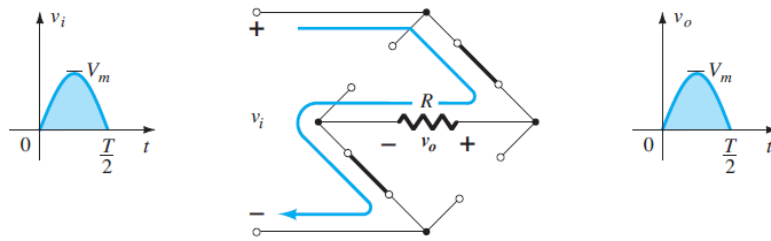


Figura 7: Ruta de conducción de corriente para la región positiva de la señal de entrada (tomado de [1])

Para el caso de la región negativa de la onda de entrada, para $t = T/2 \rightarrow T$, los diodos que conducen son D_1 y D_4 y la ruta de la corriente y la forma de la onda de salida v_o para este caso es la mostrada en la Fig. 8.

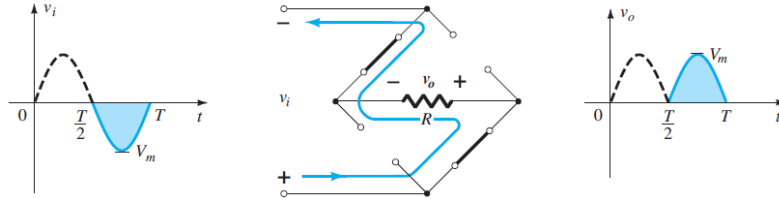


Figura 8: Ruta de conducción de corriente para la región negativa de la señal de entrada (tomado de [1])

En la Fig.9 se muestra las formas de las ondas de entrada y salida para un rectificador de onda completa.

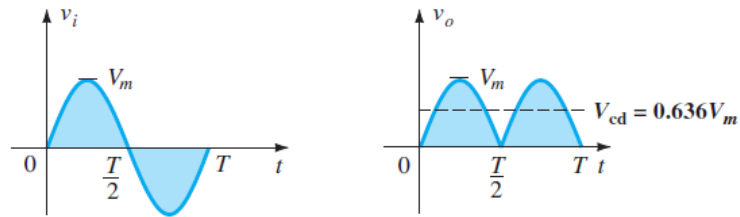


Figura 9: Formas de onda de entrada y salida para un rectificador de onda completa. (tomado de [1])

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

Al finalizar el experimento y su análisis, el estudiante estará en capacidad de explicar el funcionamiento y dimensionar los circuitos rectificadores de media onda y onda completa con filtro de condensador.

3.2. Objetivos Específicos

1. Deducir y explicar las dependencias entre I diodo , U_{salCD} , U_{ondPP} , R_L , y la frecuencia en rectificadores filtro de condensador de media onda y onda completa.
2. Calcular y seleccionar los componentes adecuados para un circuito rectificador con filtro de condensador, dados los requisitos del circuito tales como la tensión de ondulación máxima (tensión de rizo) U_{ondPP} ; la tensión media de salida U_{salCD} ; la frecuencia de operación f y la corriente de carga I_L o la resistencia de carga R_L .

4. Equipo y materiales

Cuadro 1: TablaMateriales

Cantidad	Componente
1	Generador de señales
1	Osciloscopio de Rayos catódicos (ORC)
1	Aislador de tierras (tapón aislador)
1	Multímetro digital
	Regleta de cables
1	Placa para prototipos
	alambre aislado 26/24AWG, alicates de punta, cortadora de cable
1	resistencias de 10Ω , $1k\Omega$, $2.2k\Omega$, y $4.7k\Omega$
2	Diodos de silicio (1N4001, ECG116)
4	diodos rectificadores de silicio (1N4001, 1N4004, ECG116).
2	Condensador de $10\mu F$
	Hojas para oscilogramas

5. Mediciones y tablas

5.1. Mediciones del circuito de la fig. 15

Cuadro 2: Valor de las resistencias empleadas

Resistencia(Ω)	Valor real(Ω)
2.2k	2.2102k
1k	0.973
4.7k	4.7521k
10	9.889

Cuadro 3: Voltajes medidos del circuito rectificador de media onda.

	Sin filtro	Con filtro de $5\mu F$
Vab	6.979	6.848
vsal	3.485	0.728

Cuadro 4: Variación del condensador			
Capacitor	UsalCD	UondPP	Idp mA
5	7.132	2.877	3.318
10	7.429	2.010	3.445
15	7.526	1.372	3.482

Cuadro 5: Variación resistencia de carga			
Resistencia	UsalCD	UondPP	Idp mA
1	6.344	3.063	6.488
half2.2	7.403	2.013	3.470
4.7	8.201	1.439	1.645
inf	9.549	0.620	0.1u

Cuadro 6: Variación de la frecuencia			
frecuencia	UsalCD	UondPP	Idp mA
50	4.825	6.61	2.3u
150	6.138	3.66	3.9u
300	6.401	2.38	6.45m
1k	6.583	0.77	6.62m

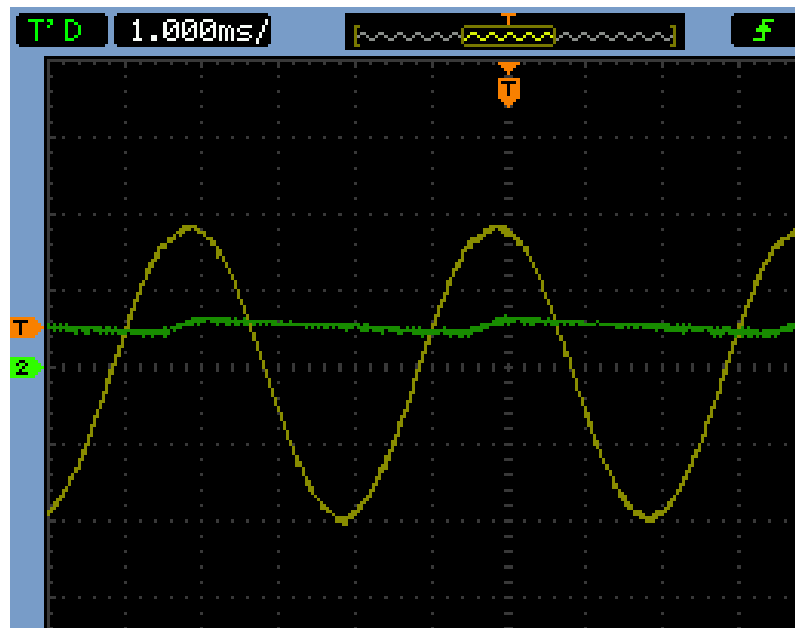


Figura 10: Voltaje de salida del circuito rectificador de media onda sin filtro

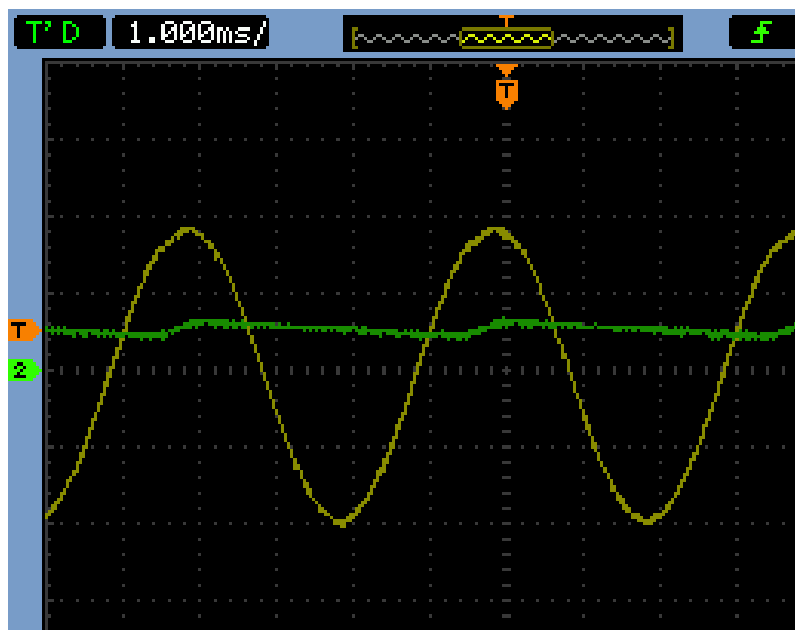


Figura 11: Voltaje de salida del circuito rectificador de media onda con filtro

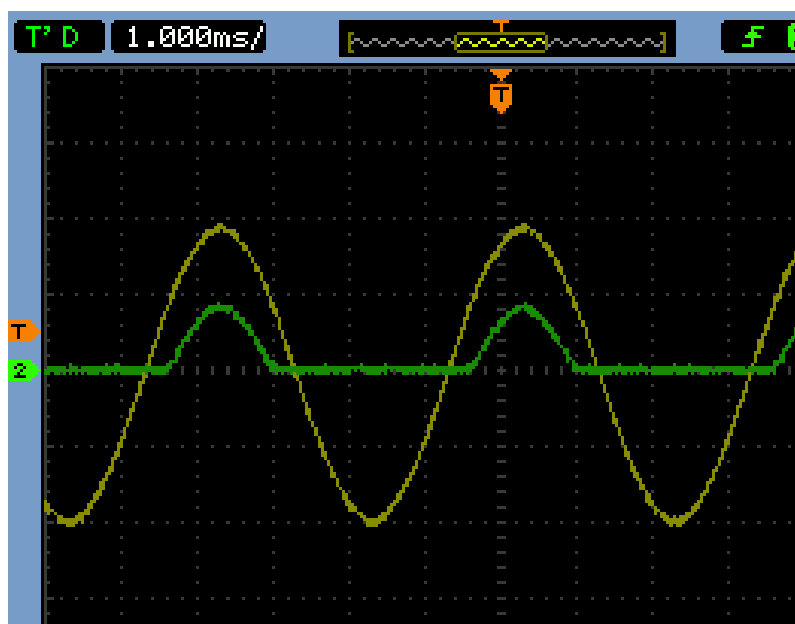


Figura 12: Señal de voltaje en la resistencia

5.2. Mediciones del circuito de la fig. 16

Cuadro 7: Voltajes medidos del circuito rectificador de onda completa

	Uab	Usal	UsalCD	Ud1	Ud2
Sin filtro	14.690m	2.843	2.535	3.715	3.715
5uF	66.490m	0.354	7.443	1.54	1.881

Cuadro 8: Variación del condensador			
capacitor	UsalCD	UondPP	Idp mA
5	6.579	2.291	3.01
10	6.841	1.249	3.15
20	6.910	0.685	3.20

Cuadro 9: Variación de la resistencia			
resistencia	UsalCD	UondPP	Idp mA
1k	5.801	2.21	5.918
2.2k	6.835	1.29	3.198
4.7k	7.480	379.20m	1.542
inf	8.549	75.02m	0.178

Cuadro 10: Variación de la frecuencia			
frecuencia	UsalCD	UondPP	Idp mA
50	4.428	6.031	4.25m
150	5.531	3.472	5.50m
300	5.878	1.893	5.91m
1k	6.012	0.609	6.07m

6. Análisis de resultados

6.1. Voltaje de rizado y corriente del diodo experimentales

Como se puede observar en los datos obtenidos en los cuadros 4 y 8 referentes a rectificador de media onda y de onda completa respectivamente, los valores medidos para U_{ondPP} y la corriente máxima del diodo son más altos en el circuito rectificador de media onda, como por ejemplo en el caso del filtro con valor de $5\mu F$ con valores de $U_{ondPP} = 2.877V$ y $I_D = 3.318mA$ en el rectificador de media onda y $U_{ondPP} = 2.291V$ y $I_D = 3.01mA$ en el rectificador de onda completa. Esto quiere decir que rectificador de onda completa genera un voltaje de rizado y una corriente en el diodo menor.

6.2. Valores máximos de corriente

6.2.1. Rectificador de media onda

La mayor entrega de corriente en el por el circuito rectificador de media onda se encuentra en el cuadro 6, obteniendo 6.62mA con una frecuencia de 1kHz

6.2.2. Rectificador de onda completa

De manera similar al caso del rectificador de media onda, en el cuadro 10 al aplicarse una frecuencia de 1kHz se obtiene la mayor medición de corriente a través del diodo.

6.3. Relación entre U_{salCD} , U_{ondPP} , R_L y C a frecuencia constante

6.3.1. C Variable

Según los datos obtenidos en los Cuadros 4 y 8, donde la Capacitancia del filtro va aumentando para el rectificador de media onda y onda completa respectivamente. En ambos tipos de rectificadores (media onda y onda completa) cuando C aumenta sucede lo siguiente:

- U_{salCD} aumenta.
- U_{ondPP} disminuye.
- I_{DP} aumenta.

6.3.2. RL variable

Utilizando los datos de los cuadros 5 y 9, donde el valor de resistencia de carga R_L va aumentando para el rectificador de media onda y onda completa respectivamente. En ambos casos al aumentar R_L sucede lo siguiente:

- U_{salCD} aumenta.
- U_{ondPP} disminuye.
- I_{DP} disminuye.

6.4. Comportamiento en alta frecuencia

En caso de utilizar diodos comunes como el 1N4001, el ancho de banda soportado por el rectificador se verá limitado por el tiempo de cambio de estado del diodo. Este parámetro depende de la capacitancia interna de la unión PN del dispositivo y provoca un comportamiento anómalo en caso que el periodo de la señal sea cercano o menor a este. Una solución a este problema es el uso de diodos rápidos, diseñados para trabajar a altas frecuencias, en este caso el comportamiento será correcto. En estos caso el capacitor tendrá un menor lapso para descargarse, por lo que el voltaje de rizado será menor, en caso de que se desee mantener un mismo valor de rizado se debe disminuir la capacidad del capacitor.

6.5. Selección de los diodos

En el caso de este laboratorio, los valores de corriente y tensión son considerablemente bajos, pero en el caso de rectificación de señales CA para dispositivos como una fuente de alimentación, se deben utilizar diodos diseñados para soportar los niveles de corriente y potencia, también basándose en el ancho de banda soportado por el semiconductor, esto para evitar un comportamiento erróneo a altas frecuencias.

6.6. Voltaje inverso máximo del diodo

6.6.1. Rectificador de media Onda

Según [1] el voltaje inverso pico (PIV)[o PRV (voltaje reverso pico)] del diodo es de primordial importancia en el diseño de sistemas de rectificación. Recuerde que no se debe exceder el valor nominal de voltaje en la región de polarización en inversa o el diodo entrará a la región de avalancha Zener. El valor nominal de PIV requerido para el rectificador de media onda se determina con la figura 13, la cual muestra el diodo polarizado en inversa de la figura 1 con un voltaje máximo aplicado. Aplicando la ley de voltajes de Kirchhoff, es obvio que el valor nominal de PIV del diodo debe ser igual a o exceder el valor pico del voltaje aplicado. Por consiguiente

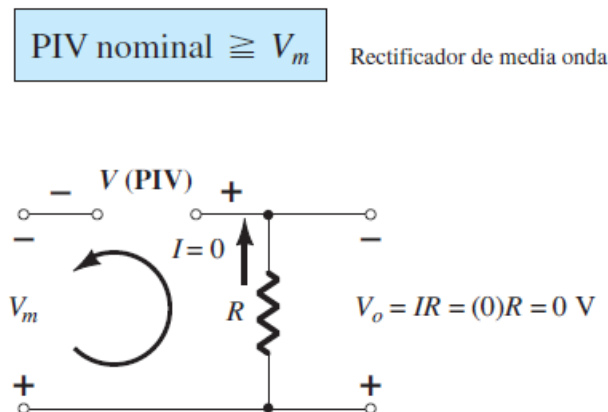


Figura 13: Determinación del valor nominal del PIV requerida para el rectificador de media onda (tomado de [1])

6.6.2. Rectificador de onda completa

Según [1] El PIV requerido de cada diodo (ideal) se determina en la figura 14 obtenida en el pico de la región positiva. Para el lazo indicado el voltaje máximo a través de R es V_m y el valor nominal del PIV está definido por $PIV \geq V_m$.

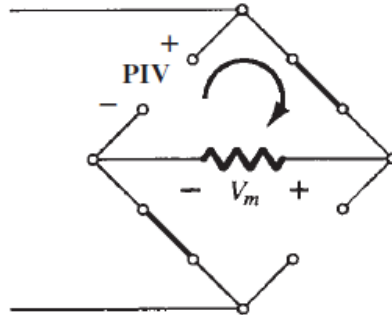


Figura 14: Determinación del PIV requerido para la configuración de puente.(tomado de [1])

6.7. Selección del capacitor

Para un circuito rectificador con filtro de capacitor, este debe estar fabricado para brindar la capacitación necesaria para mantener el voltaje de rizado determinado, pero también debe ser capaz de soportar el voltaje de la señal de entrada (V_p). Este parámetro es brindado por el fabricante normalmente como el voltaje máximo del capacitor, se recomienda además no utilizar un exactamente a la medida del filtro, sino con un voltaje máximo capaz de soportar cualquier variación de voltaje en caso de ruido.

7. Conclusiones

El circuito rectificador de onda completa aprovecha el 100 % de la señal ca al convertirla en cd, son embargo el uso de un tipo de rectificador depende de su aplicación.

El rectificador de onda completa presenta un voltaje de rizado y corriente sobre el diodo más pequeños, esto implica en una señal de voltaje más recta y una corriente que no dañará el funcionamiento de los diodos.

Al aumentar el valor del capacitor el U_{salCD} aumenta, el U_{ondPP} disminuye y el I_{DP} aumenta. En cuanto al aumentar el valor de R_L el U_{salCD} aumenta, el U_{ondPP} disminuye y el I_{DP} disminuye.

Se debe tener cuidado de no exceder el valor nominal de voltaje inverso, ya que sino el diodo caerá en la región de avalancha Zener.

8. Recomendaciones

- Se debe revisar el estado de la inversión de eje del osciloscopio y ajustarlo según la señal que se desea medir, para poder presentar ambas señales de manera representativa.

9. Apéndices y anexos

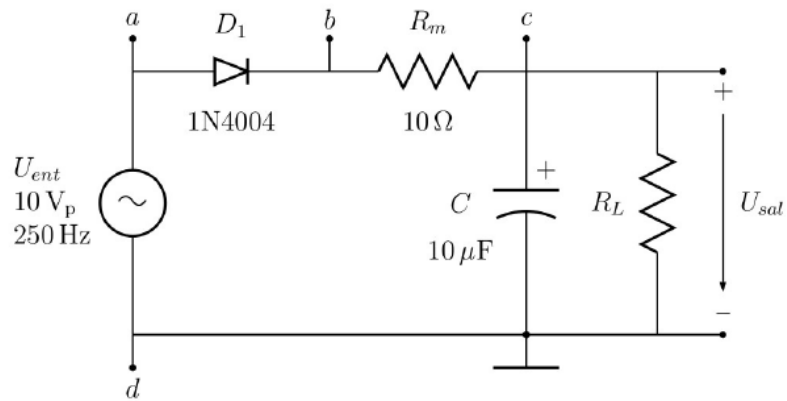


Figura 15: Circuito de medición 1

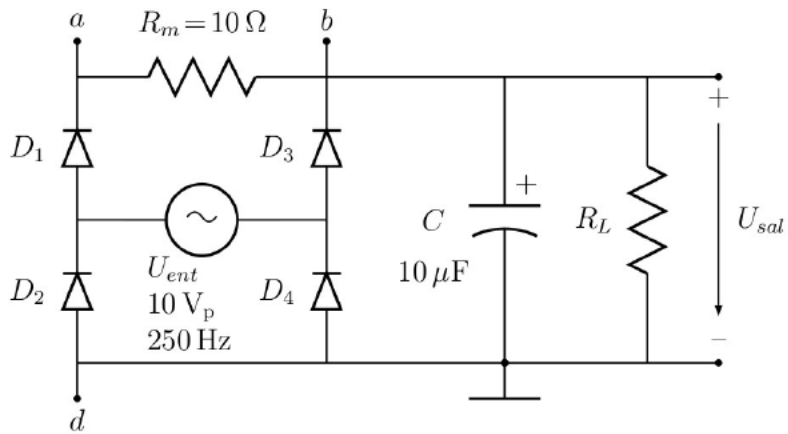


Figura 16: Circuito de medición 2

Referencias

- [1] R. Boylestad, L. Nashelsky, R. Navarro and F. Rodríguez *Electrónica*. México: Pearson Prentice Hall, 2009.