

PREPARACIÓN DE LA PRÁCTICA 2: DIODOS Y ZENERS RECTIFICADORES Y REGULADORES

Hoja de datos del diodo rectificador 1N400X

Valores Máximos Absolutos

Symbol	Parameter	Value							Unit
		1N 4001	1N 4002	1N 4003	1N 4004	1N 4005	1N 4006	1N 4007	
V_{RRM}	Peak Repetitive Reverse Voltage	50	100	200	400	600	800	1000	V
$I_{F(AV)}$	Average Rectified Forward Current .375 " Lead Length at $T_A = 75^\circ\text{C}$	1.0							A
I_{FSM}	Non-Repetitive Peak Forward Surge Current 8.3 ms Single Half-Sine-Wave	30							A
I^2t	Rating for Fusing ($t < 8.3$ ms)	3.7							A^2sec
T_{STG}	Storage Temperature Range	-55 to +175							$^\circ\text{C}$
T_J	Operating Junction Temperature	-55 to +175							$^\circ\text{C}$

Características Térmicas

Values are at $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Value	Unit
P_D	Power Dissipation	3.0	W
$R_{\theta JA}$	Thermal Resistance, Junction-to-Ambient	50	$^\circ\text{C/W}$

Características Eléctricas

Values are at $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Conditions	Value	Unit
V_F	Forward Voltage	$I_F = 1.0\text{ A}$	1.1	V
I_{rr}	Maximum Full Load Reverse Current, Full Cycle	$T_A = 75^\circ\text{C}$	30	μA
I_R	Reverse Current at Rated V_R	$T_A = 25^\circ\text{C}$	5.0	μA
		$T_A = 100^\circ\text{C}$	50	
C_T	Total Capacitance	$V_R = 4.0\text{ V}, f = 1.0\text{ MHz}$	15	pF

Hoja de datos de diodos zener de 1W

Electrical Characteristics T_a = 25°C unless otherwise noted

Device	V _Z (V) @ I _Z (Note 1)			Test Current I _Z (mA)	Max. Zener Impedance			Leakage Current		Non-Repetitive Peak Reverse Current I _{ZSM} (mA) (Note 2)
	Min.	Typ.	Max.		Z _Z @I _Z (Ω)	Z _{ZK} @ I _{ZK} (Ω)	I _{ZK} (mA)	I _R (μA)	V _R (V)	
1N4728A	3.135	3.3	3.465	76	10	400	1	100	1	1380
1N4729A	3.42	3.6	3.78	69	10	400	1	100	1	1260
1N4730A	3.705	3.9	4.095	64	9	400	1	50	1	1190
1N4731A	4.085	4.3	4.515	58	9	400	1	10	1	1070
1N4732A	4.465	4.7	4.935	53	8	500	1	10	1	970
1N4733A	4.845	5.1	5.355	49	7	550	1	10	1	890
1N4734A	5.32	5.6	5.88	45	5	600	1	10	2	810
1N4735A	5.89	6.2	6.51	41	2	700	1	10	3	730
1N4736A	6.46	6.8	7.14	37	3.5	700	1	10	4	660
1N4737A	7.125	7.5	7.875	34	4	700	0.5	10	5	605
1N4738A	7.79	8.2	8.61	31	4.5	700	0.5	10	6	550
1N4739A	8.645	9.1	9.555	28	5	700	0.5	10	7	500
1N4740A	9.5	10	10.5	25	7	700	0.25	10	7.6	454
1N4741A	10.45	11	11.55	23	8	700	0.25	5	8.4	414
1N4742A	11.4	12	12.6	21	9	700	0.25	5	9.1	380

CIRCUITOS PARA LA PRÁCTICA N° 2

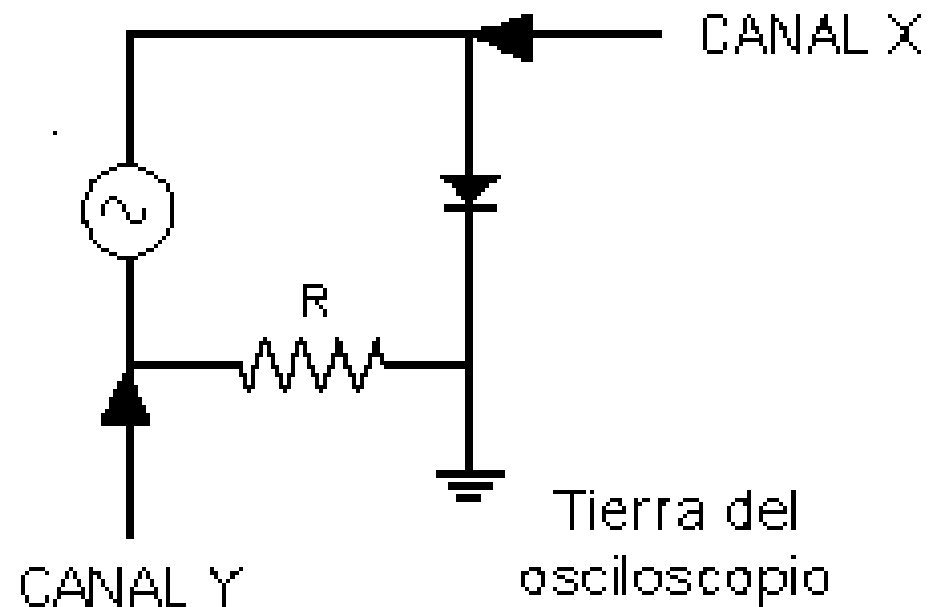
Característica corriente voltaje del diodo rectificador.

Circuito

$$R = 510 \Omega$$

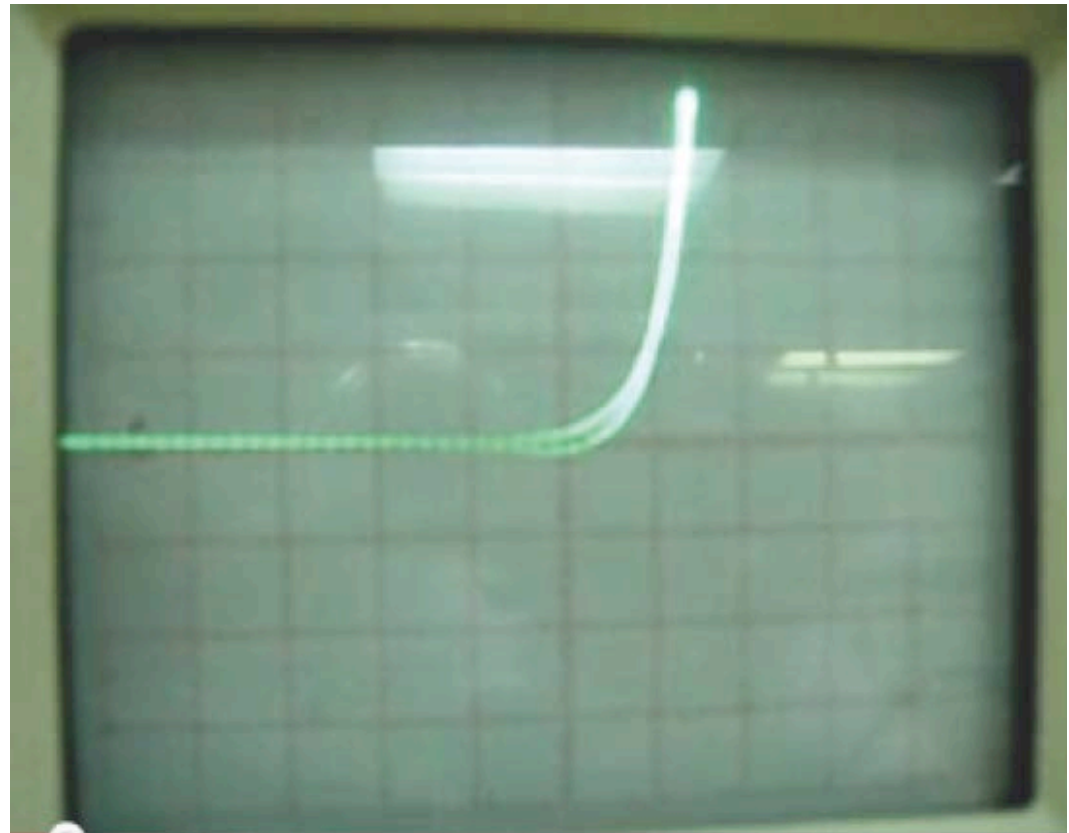
Diodo 1N4004 o número superior

Generador: Onda sinusoidal o triangular de 1kHz. Puede ajustarse para mejorar la imagen



Mediciones

Se miden el voltaje del diodo cuando empieza a conducir y la resistencia dinámica r_d , para lo cual se determina la pendiente de la forma de onda en pantalla, seleccionando un rango de voltaje y midiendo en forma indirecta el correspondiente rango de corriente (mediante la determinación de la corriente sobre la resistencia R)



Se colocan las escalas del osciloscopio para tener la mejor resolución posible.

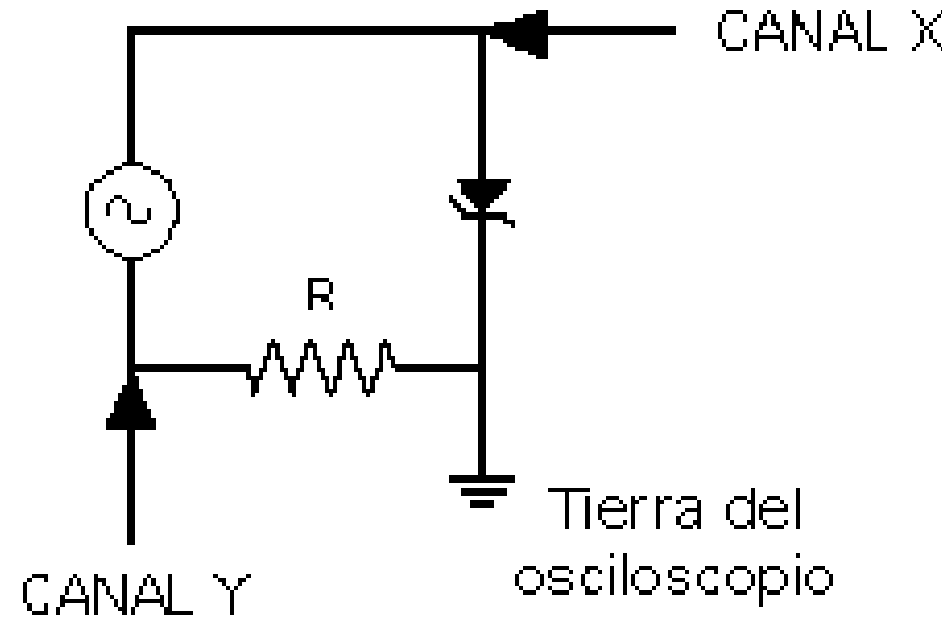
Característica corriente voltaje del zener.

Circuito

Zener 1N4732A 4,7V

$R = 470\Omega$ 0,5W

Generador: Onda sinusoidal o triangular de 10kHz.

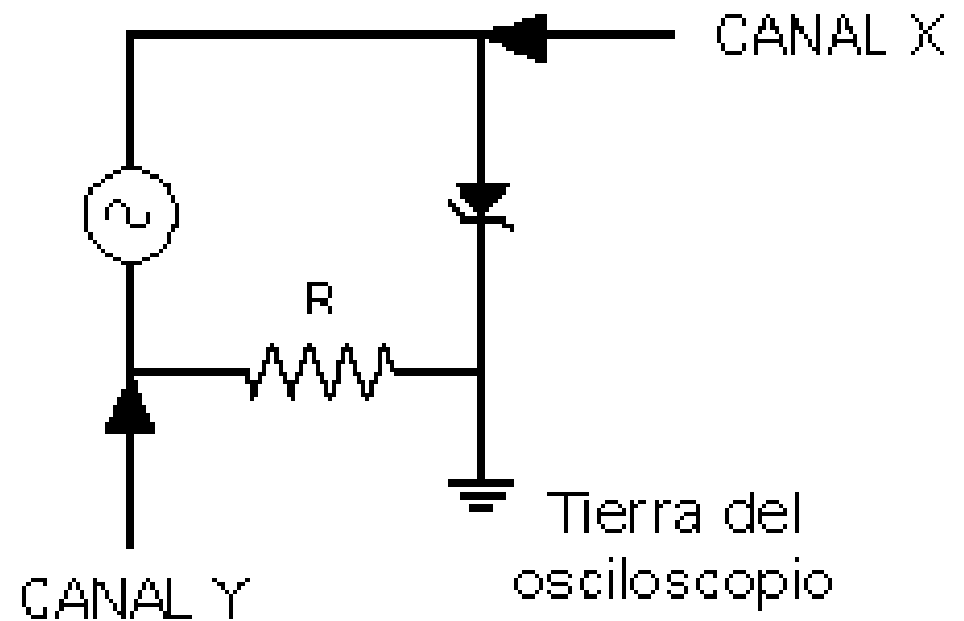


La frecuencia puede ajustarse para mejorar la imagen.

Mediciones

Voltaje de avalancha

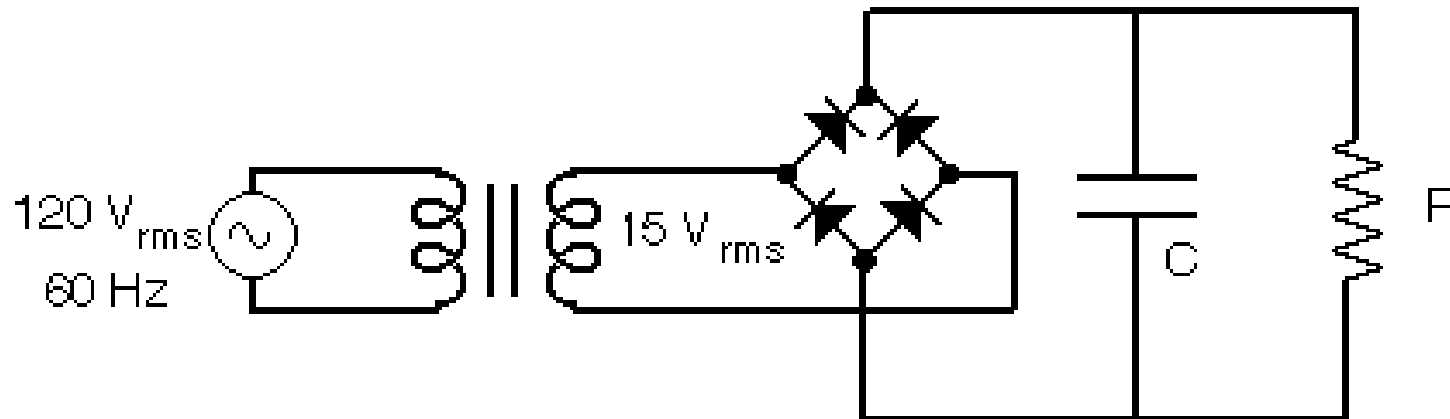
Resistencia dinámica en la
región inversa



La frecuencia puede ajustarse para mejorar la imagen.

Se colocan las escalas del osciloscopio para tener la mejor resolución posible.

Circuito rectificador tipo puente con filtro



NOTA: Se va a trabajar con Variac , con $10V_{rms}$

Cuatro diodos 1N4003

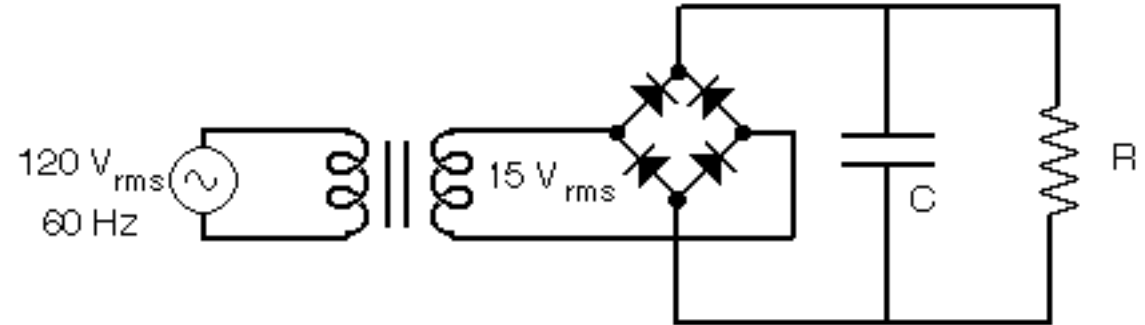
Condensador de $100 \mu F$, $50V$

Resistencia de 470Ω $0,5W$

Resistencia de 10Ω (o menor) $0,5W$

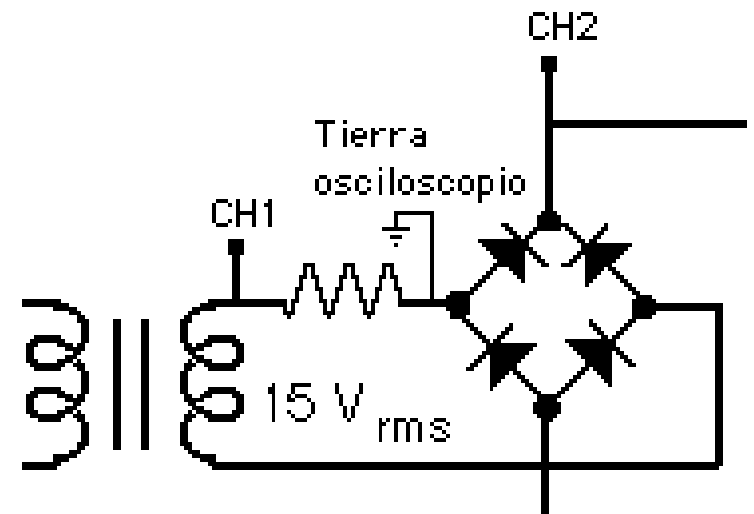
Mediciones

Formas de onda a la entrada del rectificador y sobre el condensador y la carga



Forma de onda de la corriente en el transformador, simultáneamente con el voltaje en uno de los diodos

Desconectar la carga

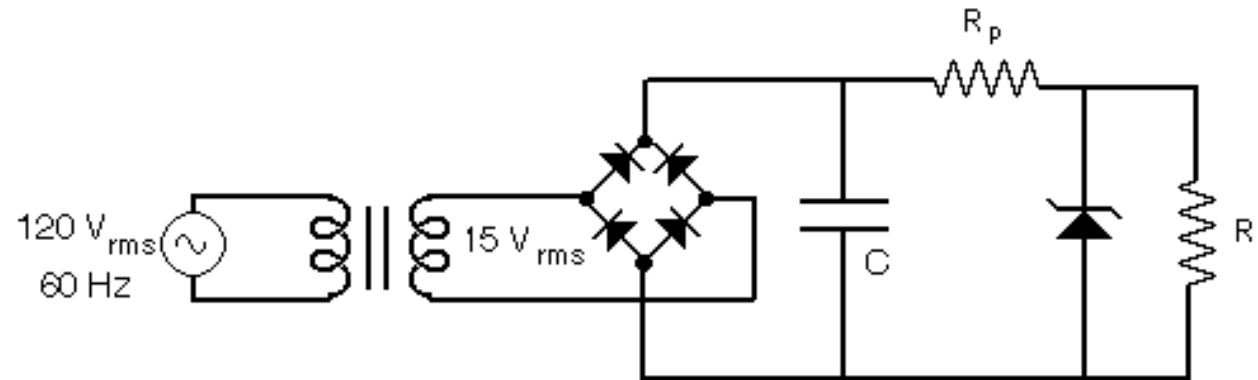


Fuente regulada: Circuito rectificador de onda completa con filtro capacitivo y regulador básico con diodo zener

$$R = 470\Omega$$

$$C = 100\mu\text{F}$$

$$R_p = 270\Omega$$



Zener 1N4742A

Cuatro diodos 1N4003

Resistencia de 1k Ω

Mediciones

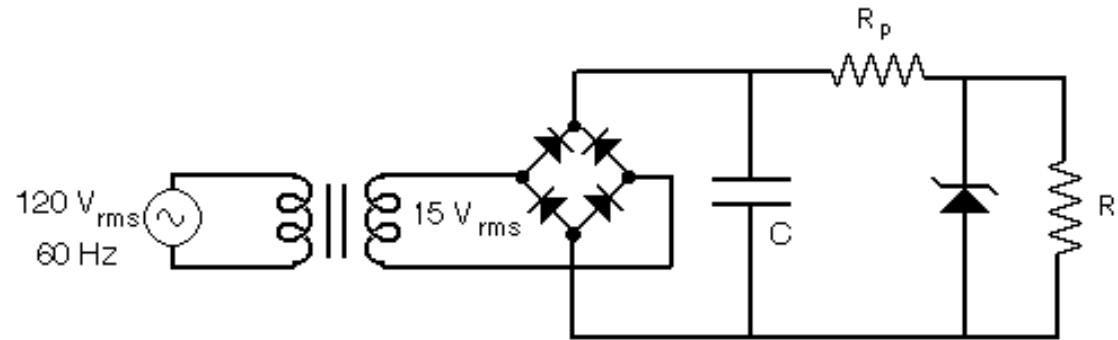
Voltaje de entrada al
rectificador

Voltajes máximo y mínimo
sobre el condensador.

Voltaje y corriente máxima por el zener (medición del voltaje sobre R)
cuando se desconecta la carga.

Voltaje máximo sin carga y a plena carga a fin de analizar la regulación
de carga.

Voltaje de entrada para el cual el zener sale de la zona de regulación



PROBLEMA 1: LIMITADOR CON PUENTE DE DIODOS

Hallar la función de transferencia.

Considerar modelo con 0,7V

Por la resistencia superior: I_a

Por la resistencia inferior: I_b

Por la resistencia de salida: I_o

$$\text{Para } V_i = 0 \quad I_a = \frac{10V - 0,7V}{10k\Omega} = 0,93mA$$

$$I_b = \frac{10V - 0,7V}{10k\Omega} = 0,93mA \quad V_o = V_i \quad I_o = 0$$

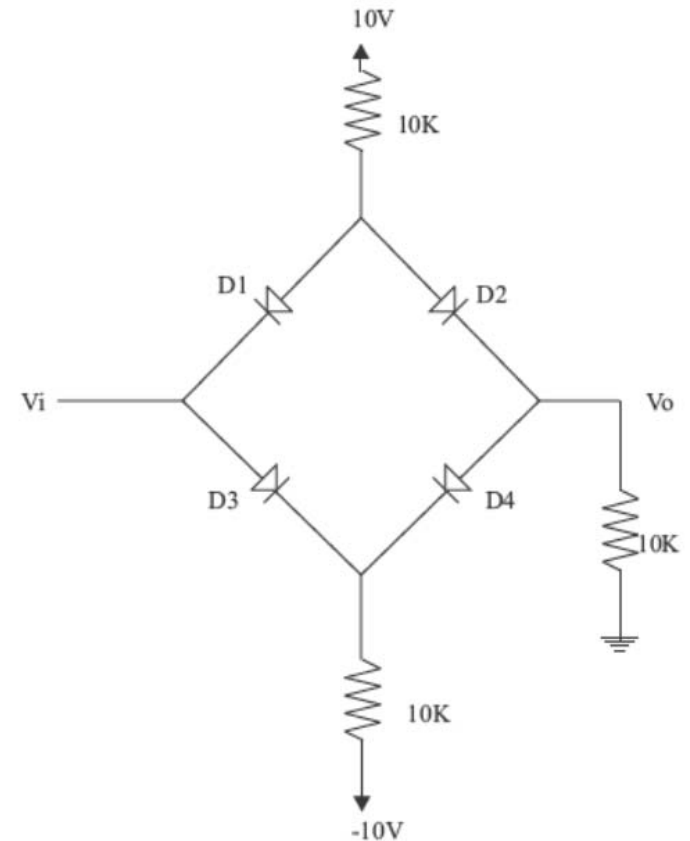
Los cuatro diodos conducen

$$\text{Para } V_i = 1V \quad I_a = \frac{10V - 1V - 0,7V}{10k\Omega} = 0,83mA$$

$$I_b = \frac{10V + 1V - 0,7V}{10k\Omega} = 1,03mA \quad V_o = V_i = 1V$$

Los cuatro diodos conducen. I_o es suministrada por I_a a través de D2.

$$I_o = \frac{1V}{10k\Omega} = 0,1mA$$



$$\text{Para } V_i = 2V \quad I_a = \frac{10V - 2V - 0,7V}{10k\Omega} = 0,73mA$$

$$I_b = \frac{10V + 2V - 0,7V}{10k\Omega} = 1,13mA \quad V_o = V_i = 2V \quad I_o = \frac{2V}{10k\Omega} = 0,2mA$$

Los cuatro diodos conducen. I_o es suministrada por I_a a través de D2.

Al aumentar V_i , I_a disminuye mientras que I_o aumenta.

La corriente I_a podrá suministrar la corriente I_o hasta que para el voltaje de entrada V_x la corriente I_o sea igual a I_a .

$$I_a = \frac{10V - V_x - 0,7V}{10k\Omega} \quad I_o = \frac{V_x}{10k\Omega} \quad 10V - V_x - 0,7V = V_x \quad V_x = 4,65V$$

Para voltajes de entrada mayores el diodo D1 deja de conducir.

La corriente y el voltaje en la carga van a ser

$$I_o = \frac{10V - 0,7V}{20k\Omega} = 0,465mA \quad V_o = 10k\Omega \times 0,465mA = 4,65V$$

Para V_i mayor que 4,65V la salida queda limitada a 4,65V

Al seguir aumentando V_i , el diodo D3 sigue conduciendo y el voltaje en el cátodo de D4 sigue aumentando, pero no el voltaje en el ánodo de dicho diodo, por lo que D4 también sale de conducción.

Para valores negativos de V_i :

$$\text{Para } V_i = -1V \quad I_a = \frac{10V + 1V - 0,7V}{10k\Omega} = 1,03mA \quad I_b = \frac{10V - 1V - 0,7V}{10k\Omega} = 0,83mA$$

$$V_o = V_i = -1V \quad I_o = \frac{-1V}{10k\Omega} = -0,1mA$$

La corriente I_o es suministrada por I_b a través de D4 hasta que $-I_o = I_b$

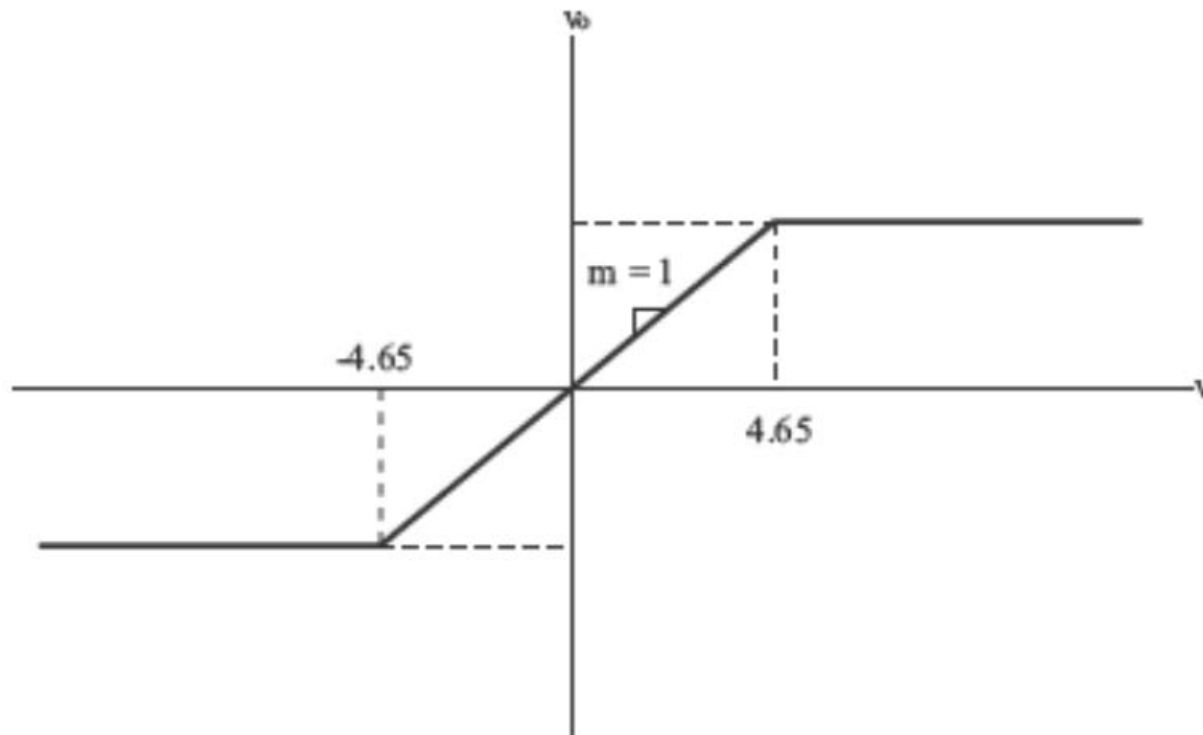
$$-I_o = \frac{V_x}{10k\Omega} \quad I_b = \frac{10V - V_x - 0,7V}{10k\Omega} \quad -V_x = -4,65V$$

Para voltajes de entrada mayores el diodo D3 deja de conducir.

La corriente I_b va a ser $I_b = \frac{10V - 0,7V}{20k\Omega} = 0,465mA$

Por lo tanto $I_o = -I_b = 0,465mA$ $V_o = -4,65V$

La función de transferencia es



PROBLEMA 2: FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA CON DIODOS Y ZENERS

**Determinar la característica de transferencia V_o vs. V_i
Considerar modelo con $0,7V$.**

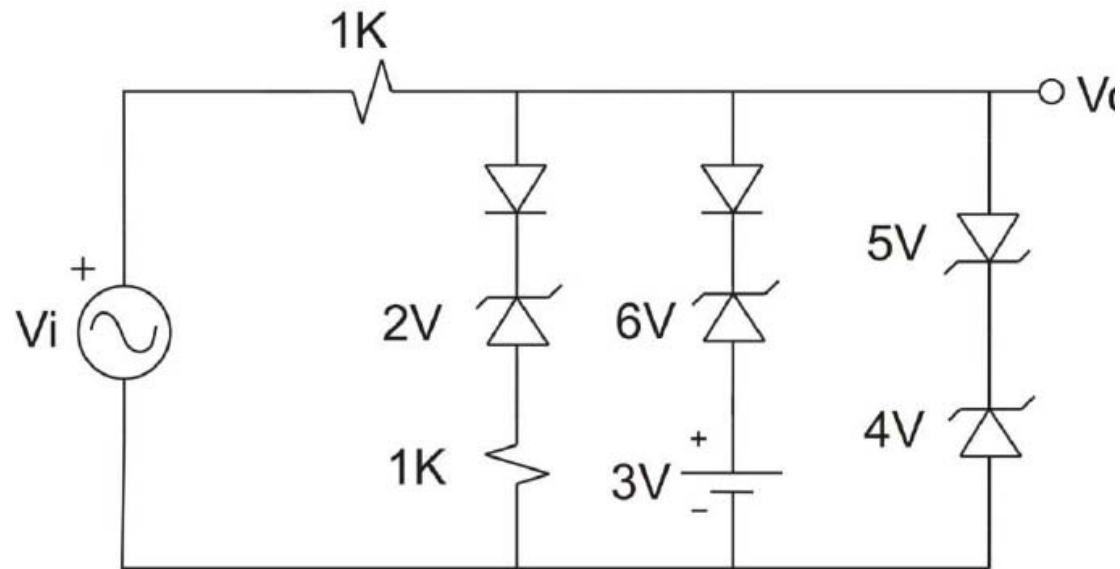
Se analiza cada rama por separado.

*La primera rama se va a activar cuando el voltaje V_o sea mayor a $+2,7V$. No se va a activar cuando el voltaje V_i sea negativo debido al comportamiento de diodo.

*La tercera rama se va a activar cuando el voltaje

positivo V_o sea $+4,7$ y el negativo $-5,7V$ y limita la salida a estos valores

*La segunda rama se activaría cuando V_o llegara a $+9,7V$ pero no va a activarse por la limitación que produce la tercera.



Análisis de la activación de las ramas cuando V_i es positivo

Si V_i es menor que 2,7V se tiene $V_o = V_i$

Cuando V_i sea mayor que 2,7V va a circular corriente dada por:

$$I = \frac{V_i - 2,7V}{2k\Omega}$$

El voltaje V_o será:

$$V_o = 0,7V + 2V + 1k\Omega \times I = 2,7V + V_i/2 - 1,35V \qquad V_o = 1,35V + V_i/2$$

Esta relación se mantiene hasta que $V_o = 4,7V$ lo que ocurre cuando

$$V_i = 2V_o - 2,7V = 6,7V$$

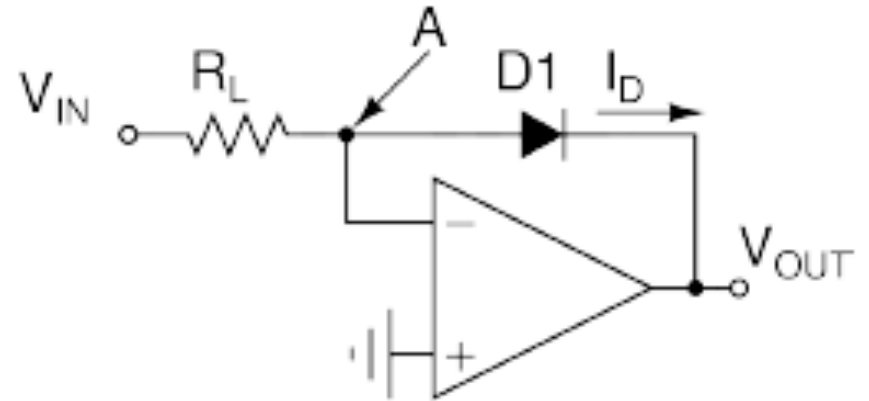
Análisis de la activación de las ramas cuando V_i es negativo

Para que el voltaje V_o llegue a -5,7V el voltaje V_i debe ser -5,7V. Para valores del voltaje de entrada menores se tiene $V_o = V_i$

PROBLEMA 3: AMPLIFICADOR LOGARITMICO

El diodo está en el lazo de realimentación.

El voltaje en el punto A es cero, por lo que la corriente que circula por la R_L es la corriente del diodo. Considerando que en la ecuación del diodo la parte exponencial es mucho mayor que 1:



$$\frac{V_{IN}}{R_L} = I_S \cdot \exp\left(-\frac{V_{OUT}}{N \cdot V_T}\right) \Rightarrow V_{OUT} = -N \cdot V_T \cdot \ln\left(\frac{V_{IN}}{R_L \cdot I_S}\right)$$

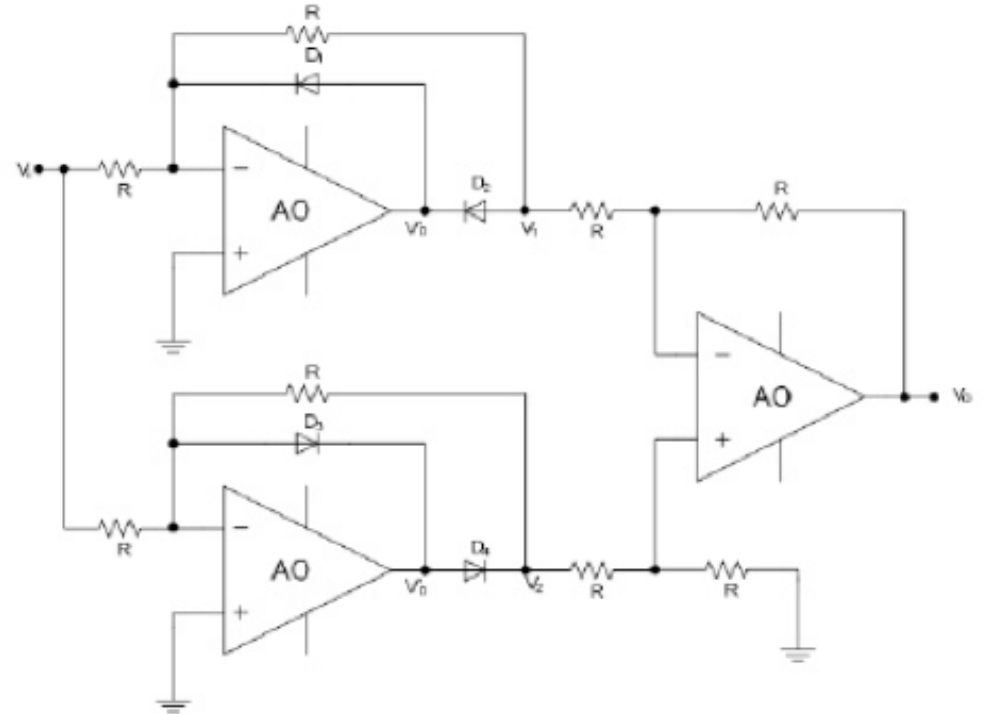
PROBLEMA 4: RECTIFICADOR DE PRECISIÓN DE ONDA COMPLETA

*Este amplificador está constituido por dos rectificadores de precisión de media onda y un amplificador diferencial.

*El circuito inferior elimina los semiciclos positivos de la señal de entrada y produce una salida positiva para los semiciclos negativos.

*El circuito superior elimina los semiciclos negativos de la señal de entrada y produce una salida negativa para los semiciclos positivos.

*El amplificador diferencial produce la combinación de las dos salidas, dando lugar a un rectificador de precisión de onda completa.



RECTIFICADOR DE PRECISIÓN SALIDA POSITIVA

Para $v_I = -0,5V$ (valores negativos)

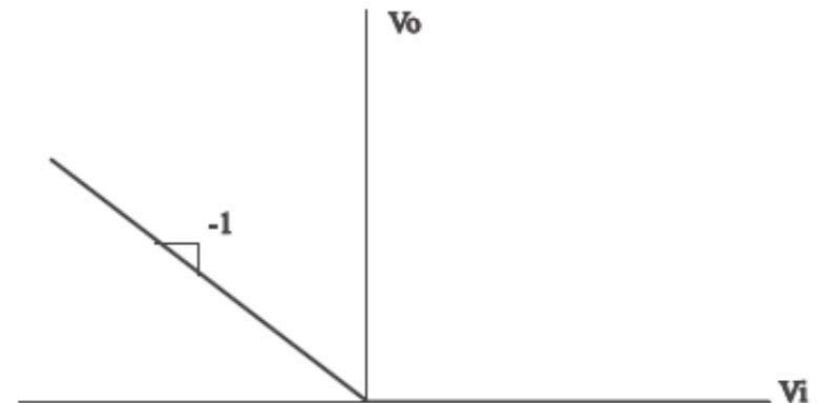
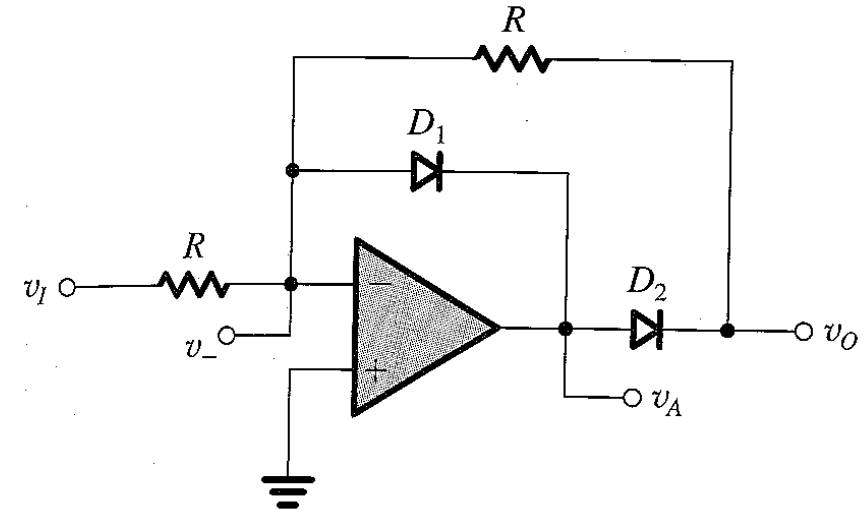
$v_- = 0V$. La corriente por R_{entrada} va hacia la fuente v_I . Suponiendo que D_2 conduce, la corriente por $R_{\text{realimentación}}$ va de la salida a la entrada negativa. Para que la corriente tenga el mismo valor que la de la otra resistencia, $v_o = -v_I = 0,5V$.

Por lo tanto $v_A = v_o + 0,7 V$.

El diodo D_1 no conduce.

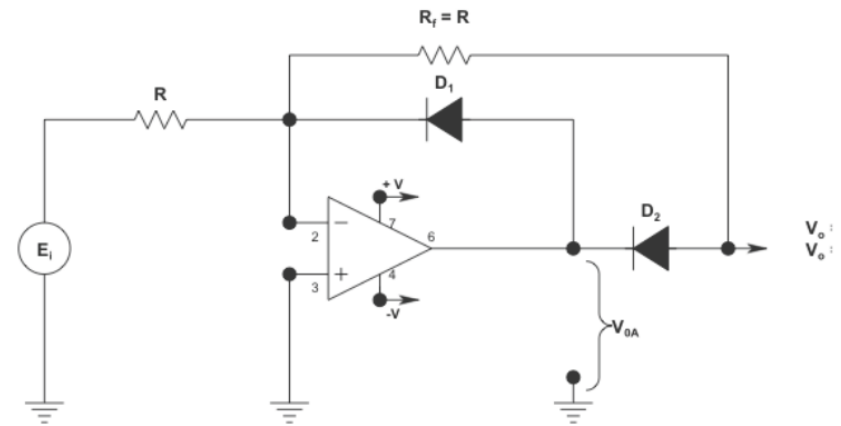
Para $v_I = 0,5V$ (valores positivos)

$v_- = 0V$. La corriente por R_{entrada} va hacia la entrada negativa. D_1 conduce, D_2 no conduce, la corriente por D_1 entra en el operacional, la salida del operacional es $-0,7V$, la salida $v_o = 0V$



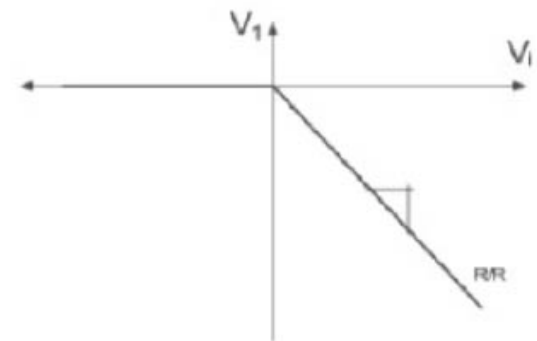
RECTIFICADOR DE PRECISIÓN SALIDA NEGATIVA

Para $v_I = -0,5V$ (valores negativos) $v_- = 0V$. La corriente por $R = R_f$ va hacia la fuente v_I . Suponiendo que D_2 no conduce, el voltaje de salida es cero, el diodo D_1 conduce y suministra la corriente para la resistencia R .



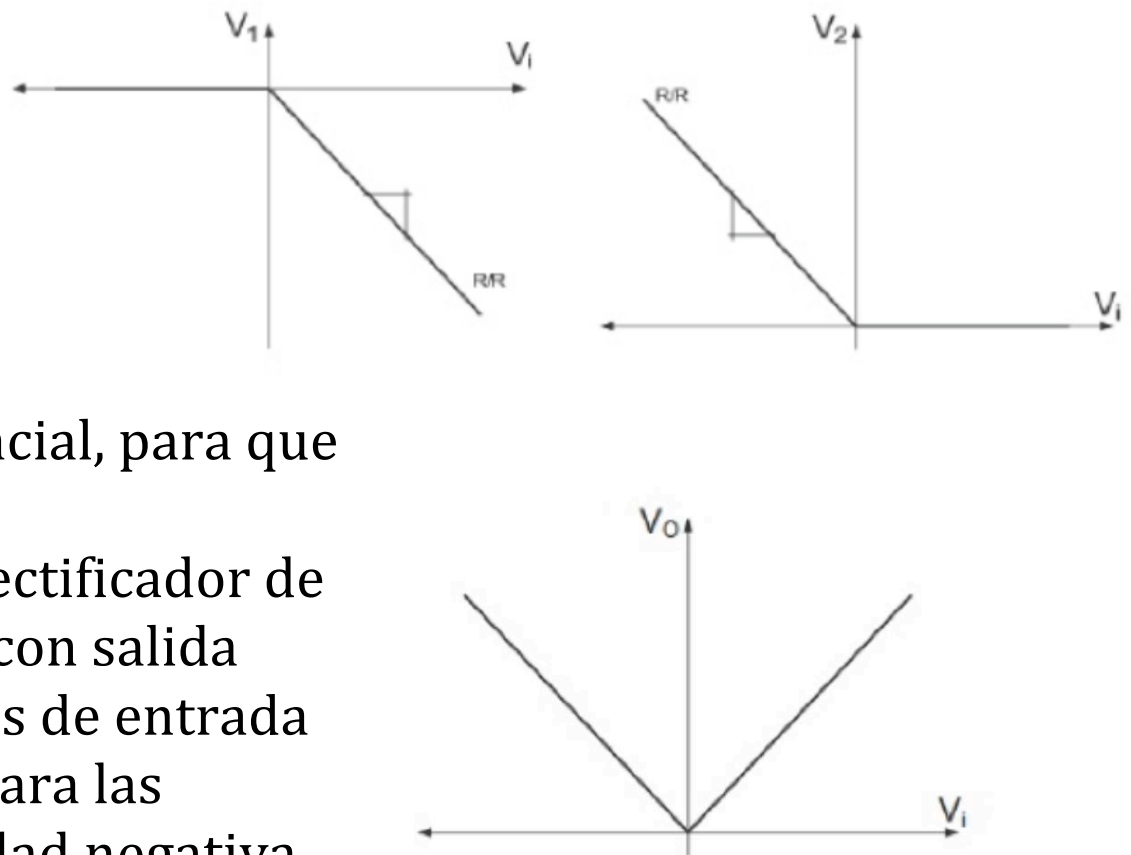
Para $v_I = 0,5V$ (valores positivos) $v_- = 0V$

La corriente por $R_{entrada}$ va hacia la entrada negativa. D_1 no conduce. La corriente circula por R_f de la entrada negativa a V_o , D_2 conduce y la corriente entra en el operacional. Dado que las resistencias son iguales, el voltaje V_o debe ser igual a $-v_I$.



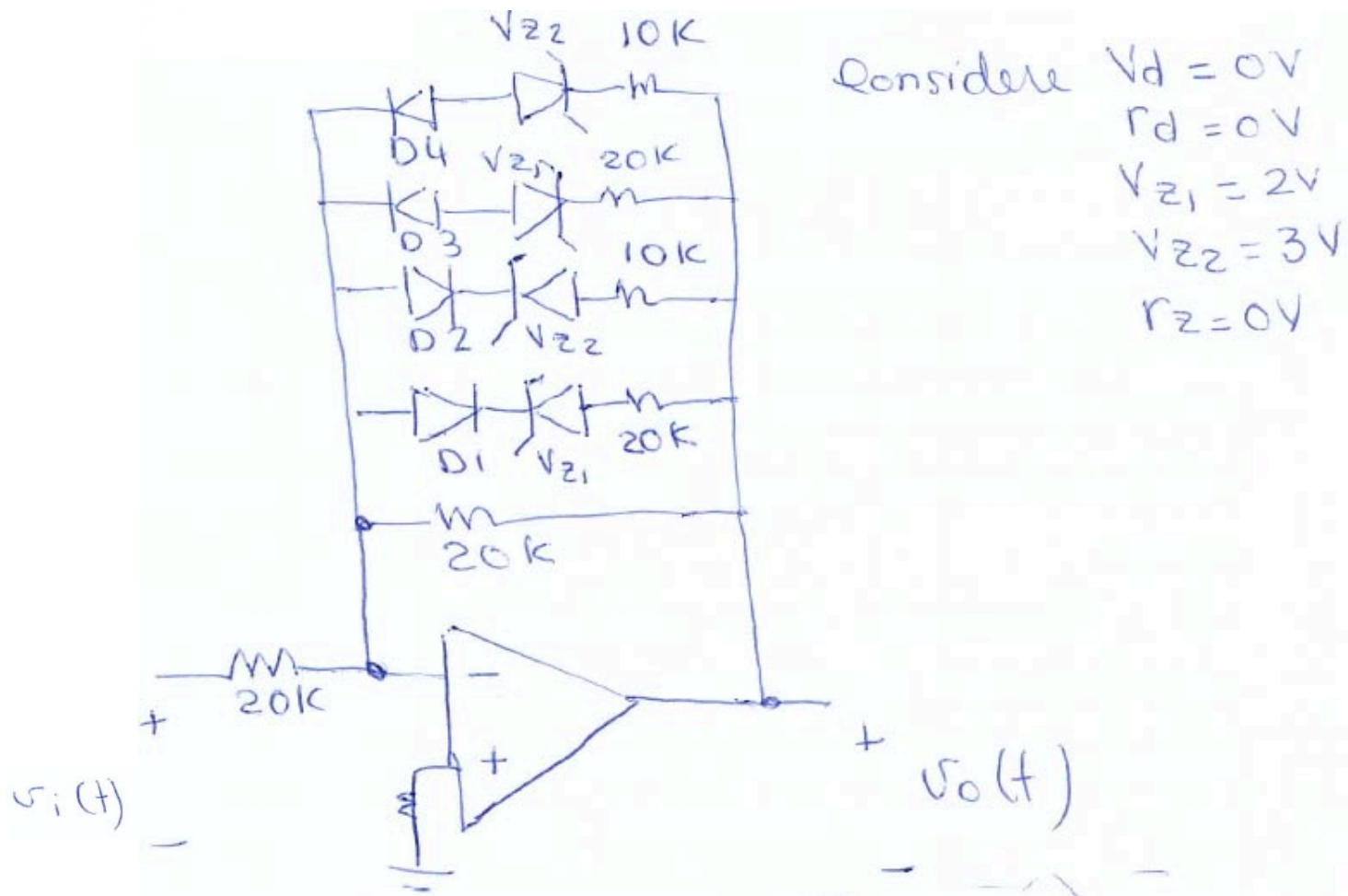
AMPLIFICADOR DIFERENCIAL DE SALIDA DEL RECTIFICADOR DE PRECISIÓN DE ONDA COMPLETA

Las dos señales provenientes de los dos rectificadores de precisión de media onda se aplican a un amplificador diferencial, colocando la salida del rectificador de precisión de salida negativa en la entrada inversora del diferencial, para que invierta su polaridad. De esta forma se obtiene el rectificador de precisión de onda completa, con salida positiva tanto para las señales de entrada de polaridad positiva como para las señales de entrada de polaridad negativa.



PROBLEMA 5: CONFORMADOR DE ONDA

En el siguiente circuito, determine la forma de onda de $v_c(t)$ si $v_i(t)$ es una señal triangular con $V_p = 5V$ y $f = 500\text{ Hz}$



Ecuación general de una recta $y-y_0 = m (x -x_0)$

Voltajes de entrada positivos: Al iniciarse la rampa $v_c(t) = 0$. Ningún diodo conduce.

Amplificador inversor de ganancia $20k\Omega/20k\Omega = 1$

La función $v_i(t)$ es $v_i(t) = mt$ (rampa) $v_o(t) = -mt$

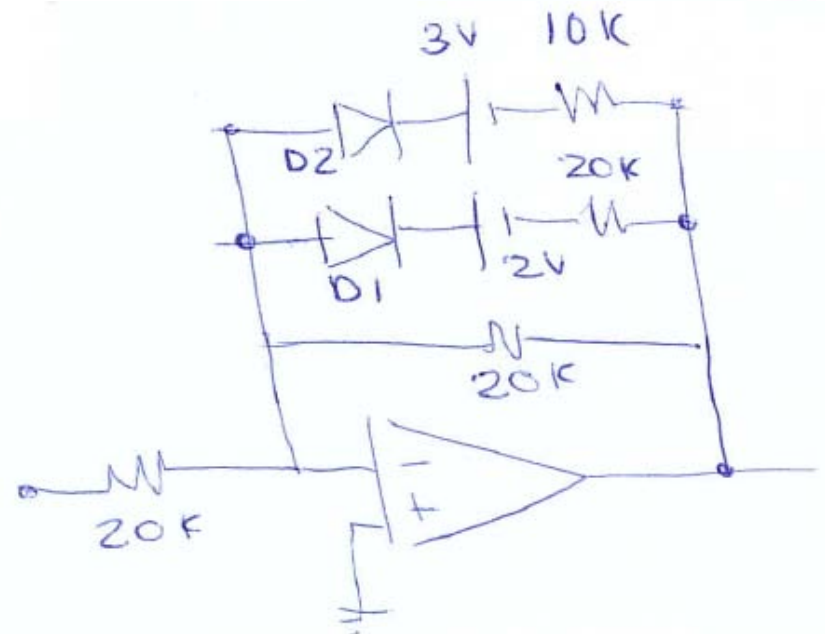
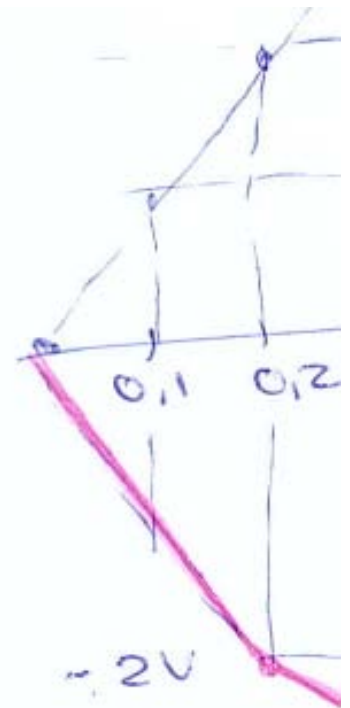
El período es $T = 1/500\text{Hz} = 2 \text{ ms}$

Primer pico máximo de 5V en $T/4 = 0,5 \text{ ms}$

La pendiente inicial de la salida es

$$m = \frac{5V}{0,5ms} = 10 \frac{V}{ms} \quad v_i(t) = 10 \frac{V}{ms} t$$

$$v_o(t) = -10 \frac{V}{ms} t$$



Cuando el voltaje de salida llega a -2 V, D1 conduce.

$v_o(t)$ llega a -2V en el tiempo t_1 :

$$-2V = -10 \frac{V}{ms} t_1 \quad t_1 = 0,2ms$$

La resistencia de realimentación es $20k\Omega // 20k\Omega = 10k\Omega$

Amplificador inversor de ganancia $10k\Omega / 20k\Omega = 0,5$

La pendiente de la salida va a ser $m = -5V/ms$

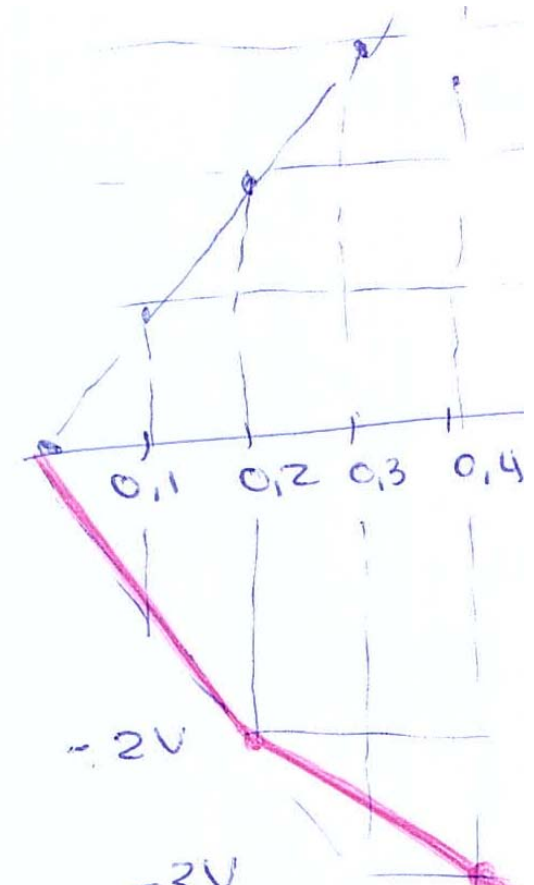
Ecuación del voltaje de salida a partir de 0,2 ms

$$v_o(t) - (-2V) = -5 \frac{V}{ms} (t - 0,2ms)$$

Esta ecuación rige hasta que $v_o(t)$ alcanza los 3V en el tiempo t_2 cuando conduce D2.

$$-3V - (-2V) = -5 \frac{V}{ms} (t_2 - 0,2ms)$$

$$t_2 = 0,4ms$$



Cuando el voltaje de salida llega a $-3V$, D2 conduce.

La resistencia de realimentación es $10k\Omega // 10k\Omega = 5k\Omega$

Amplificador inversor de ganancia $5k\Omega / 20k\Omega = 0,25$

La pendiente de la salida va a ser $m = -2,5V/ms$

Ecuación del voltaje de salida a partir de $0,4 ms$

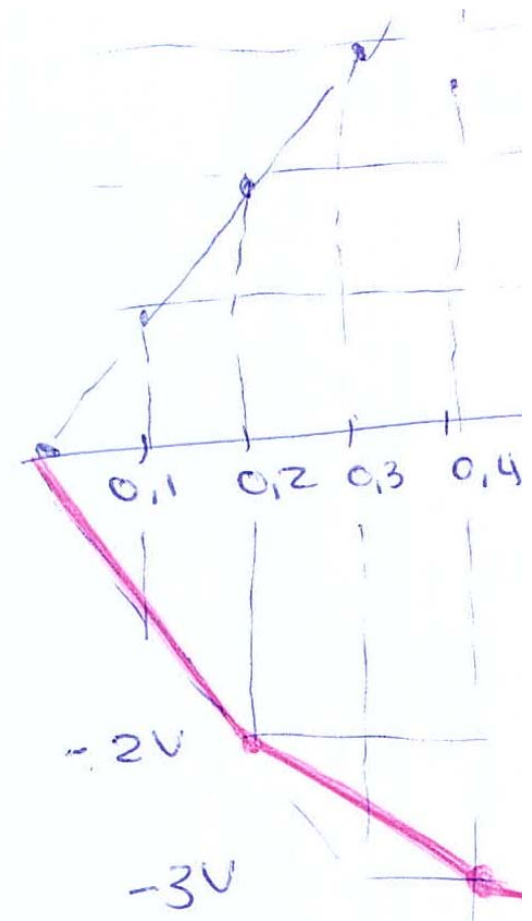
$$v_o(t) - (-3V) = -2,5 \frac{V}{ms} (t - 0,4ms)$$

El valor pico de la señal de entrada se alcanza en $t = 0,5 ms$

El valor de v_o para $t = 0,5 ms$ es

$$v_o(t) - (-3V) = -2,5 \frac{V}{ms} (0,5ms - 0,4ms)$$

$$v_o(t) = -3,25V$$

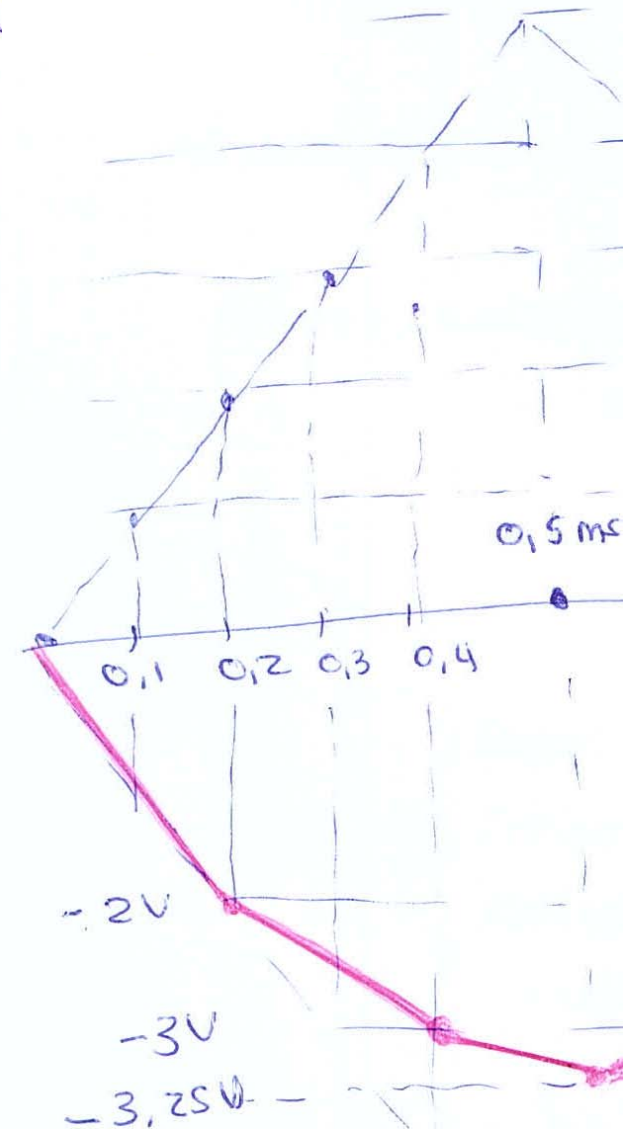


Este es el valor pico de la señal de salida

Al ir disminuyendo $v_i(t)$ la forma de onda de salida se va repitiendo de forma simétrica

Durante el semiciclo negativo de la señal de entrada, la salida es una señal con las mismas características, con valores positivos, ya que los diodos zener tienen los mismos valores de voltajes de zener.

El circuito es un conformador de onda, para aproximar la salida a una onda sinusoidal.



Forma de onda completa

