



**FIUSAC**  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala



**"Dispositivos semiconductores: Diodos y sus aplicaciones."**  
Universidad de San Carlos De Guatemala - Escuela de Mecánica Eléctrica.

Dylan Ricardo Marroquín Siquibach 201801171, Jefferson Rodrigo  
Retana Mansilla 201700088, Héctor Fernando Carrera Soto 201700923  
Oscar David Chaicoj 201807238, Gerber Erick Cuyuch Mejia 200517820.  
Ing Mario Alberto Reyes Calderón  
Martes G

Se estudió sobre el comportamiento del rectificador de media onda y de onda completa, se realizó un circuito para cada uno respectivamente. Se estudió el comportamiento y uso del diodo zener y los circuitos de las compuertas or y and por medio de una conexión a un display de siete segmentos de cátodo común.

## I. OBJETIVOS

### A. Generales

- Analizar las diferentes aplicaciones de los dispositivos semiconductores y su comportamiento

### B. Específicos

- \* Analizar el comportamiento de un rectificador de media onda y de onda completa mediante los circuitos propuestos.
- \* Determinar el comportamiento del diodo zener, mediante la polarización directa.
- \* Diseñar un circuito utilizando un display, y el uso de las compuertas AND y OR.

## II. MARCO TEORICO

### A. Materiales semiconductores



Figura 1: materiales semiconductores

Los semiconductores son una clase especial de elementos cuya conductividad se encuentra entre la de un buen conductor y la de un aislante. Los tres semiconductores más frecuentemente utilizados en la construcción de dispositivos electrónicos son Ge, Si y GaAs. En un cristal de silicio o germanio puros, los cuatro electrones de valencia de un átomo forman un arreglo de enlace con cuatro átomos adyacentes, este enlace de átomos, reforzado por compartir electrones, se llama enlace covalente.

### B. Materiales extrínsecos

- \* Materiales tipo n: Un material tipo n se crea introduciendo elementos de impureza que contienen cinco electrones de valencia (pentavalentes), como el antimonio, el arsénico y el fósforo. Las impure-

zas difundidas con cinco electrones de valencia se conocen como átomos donadores.

- \* Materiales tipo p: El material tipo p se forma dopando un cristal de germanio o silicio puro con átomos de impureza que tienen tres electrones de valencia. Los elementos más utilizados para este propósito son boro, galio e indio. El vacío resultante se llama hueco y se denota con un pequeño círculo o un signo más, para indicar la ausencia de una carga positiva. Por lo tanto, el vacío resultante aceptará con facilidad un electrón libre: Las impurezas difundidas con tres electrones de valencia se llaman átomos aceptores. El material tipo p es eléctricamente neutro por las mismas razones descritas para el material tipo n.

### C. Diodo

El diodo semiconductor se crea uniendo un material tipo n a un material tipo p, nada más que eso; sólo la unión de un material con un portador mayoritario de electrones a uno con un portador mayoritario de huecos. La simplicidad básica de su construcción refuerza la importancia del desarrollo de esta área de estado sólido. En el momento en que los dos materiales se “unen”, los electrones y los huecos en la región de la unión se combinan y provocan una carencia de portadores libres en la región próxima a la unión. Esta región de iones positivos y negativos revelados se llama región de “empobrecimiento”, debido a la disminución de portadores libres en la región.

- \* Condición de polarización en inversa ( $V_D < 0V$ ). La corriente en condiciones de polarización en inversa se llama corriente de saturación en inversa y está representada por  $I_s$ .

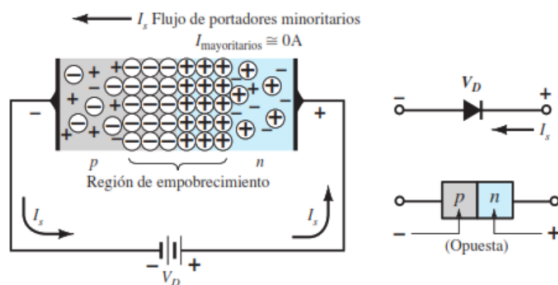


Figura 2: polarización inversa

- \* Condición de polarización en directa ( $V_D > 0V$ ) La condición de polarización en directa o “encendido”

se establece aplicando el potencial positivo al material tipo p y el potencial negativo al tipo n. La aplicación de un potencial de polarización en directa  $V_D$  “presionará” a los electrones en el material tipo n y a los huecos en el material tipo p para que se recombinen con los iones próximos al límite y reducirá el ancho de la región de empobrecimiento. El flujo de portadores minoritarios de electrones resultante del material tipo p al material tipo n (y de huecos del material tipo n al tipo p) no cambia de magnitud (puesto que el nivel de conducción es controlado principalmente por el número limitado de impurezas en el material).

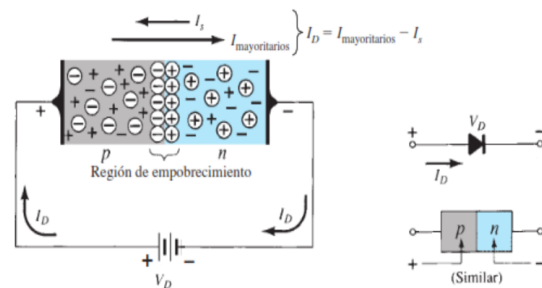


Figura 3: polarización directa

### D. Diodo Zener

El zener consiste en una unión pn especial (semiconductor), muy dopada, diseñada para conducir en la dirección inversa (diodo polarizado inversamente) cuando se alcanza un determinado voltaje especificado. Una vez alcanzada la tensión zener, la tensión en los terminales del zener no varía, permanece constante aunque aumente la tensión de alimentación.

El diodo Zener tiene un voltaje de ruptura inversa bien definido, en el cual comienza a conducir corriente y continúa operando continuamente en el modo de polarización inversa sin dañarse.

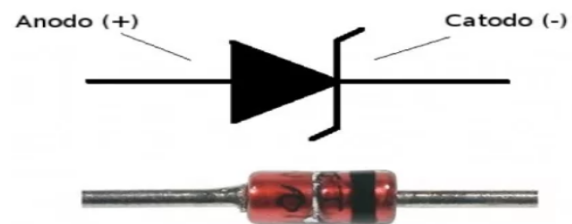


Figura 4: Diodo zener

### E. Rectificador de media onda

El rectificador de media onda es un circuito empleado para eliminar la parte negativa o positiva de una señal de corriente alterna, de lleno conducen cuando se polarizan inversamente. Además su voltaje es positivo. Son los circuitos encargados de convertir la corriente alterna en corriente continua. Los más habituales son los construidos con diodos o con tiristores, aunque existen otros que son para casos especiales y algunos que ya no se utilizan.

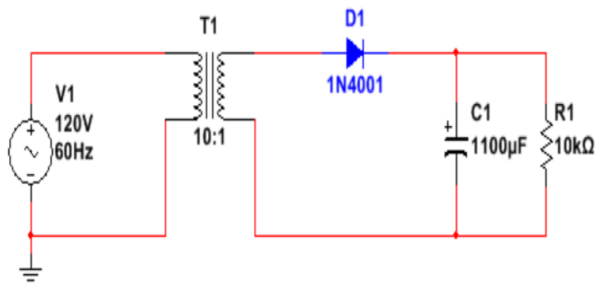


Figura 5: Rectificador de media onda

### F. Rectificador de onda completa

El rectificador de onda completa es un circuito empleado para aprovechar ambos semiciclos de la corriente alterna y obtener corriente directa como resultado ideal (positivo y negativo) aunque el resultado aparenta ser el mismo que en el rectificador de media onda, en este caso los niveles de intensidad son superiores y la caída de tensión es menor cuando se le aplica una carga al sistema. Es muy utilizado en circuitos electrónicos dígame radiorreceptores, televisores, computadoras, equipos de video, entre otros. Estamos hablando de circuitos que por sus características necesitan una alimentación que no produzca ruidos en sus sistemas y que permitan a la parte analítica su correcto desempeño.

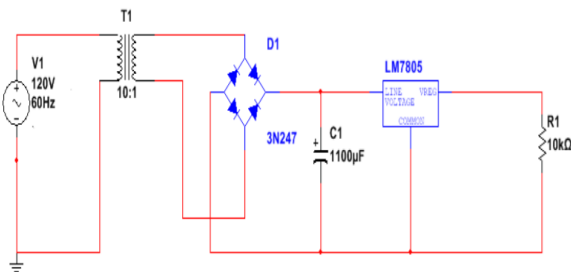


Figura 6: Rectificador de onda completa

### G. Compuertas lógicas

Son circuitos electrónicos conformados internamente por transistores que se encuentran con arreglos especiales con los que otorgan señales de voltaje como resultado o una salida de forma booleana, están obtenidos por operaciones lógicas binarias (suma, multiplicación). También niegan, afirman, incluyen o excluyen según sus propiedades lógicas. Existen diferentes tipos de compuertas y algunas de estas son más complejas, con la posibilidad de ser simuladas por compuertas más sencillas. Todas estas tienen tablas de verdad que explican los comportamientos en los resultados que otorga, dependiendo del valor booleano que tenga en cada una de sus entradas.

\* Compuerta AND: Indica que es necesario que en todas sus entradas se tenga un estado binario 1 para que la salida otorgue un 1 binario. En caso contrario de que falte alguna de sus entradas con este estado o no tenga si quiera una accionada, la salida no podrá cambiar de estado y permanecerá en 0.

A	B	Q
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



$$Q = A * B$$

Figura 7: Tabla, representación y formula AND

\* Compuerta OR: Esta compuerta permite que con cualquiera de sus entradas que este en estado binario 1, su salida pasara a un estado 1 también. No es necesario que todas sus entradas estén accionadas para conseguir un estado 1 a la salida pero tampoco causa algún inconveniente. Para lograr un estado 0 a la salida, todas sus entradas deben estar en el mismo valor de 0. Se puede interpretar como dos interruptores en paralelo, que sin importar cual se accione, será posible el paso de la corriente.

A	B	Q
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



$$Q = A + B$$

Figura 8: Tabla, representación y formula AND

\* Compuerta NOT: Esta compuerta solo tiene una entrada y una salida y esta actúa como un inversor. Para esta situación en la entrada se colocara un 1 y en la salida otorgara un 0 y en el caso contrario esta recibirá un 0 y mostrara un 1. Por lo cual todo lo que llegue a su entrada, será inverso en su salida.

Q	Q'
0	1
1	0



$$Q = \bar{Q}$$

Figura 9: Tabla, representación y formula NOT

#### H. Display de 7 segmentos

Es un dispositivo electrónico que se utiliza para representar visualmente números y algunos caracteres. Cuenta con siete diodos led principales y uno extra para representar un punto. También cuenta con una carcasa para cubrirlos y 10 terminales: 2 son de alimentación (2 de Vcd o 2 de Gnd), 1 es para visualizar un punto y 7 son para representar cada uno de los números según la combinación que se le ponga, estos están representados por una letra del abecedario desde la "A" hasta la letra "G". Los siguientes tipos de display de 7 segmentos son:

\* ánodo común: todos los leds están unidos en su terminal positiva (ánodo), para encenderlos se tiene que poner tierra en la terminal de la letra que se desee.

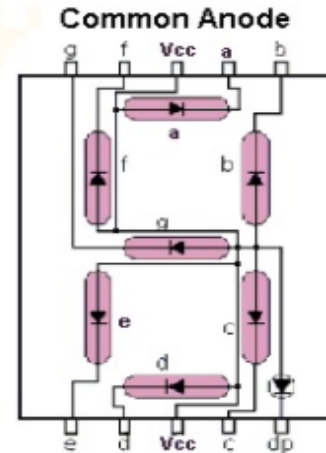


Figura 10: Ánodo común

\* cátodo común: es el opuesto del ánodo común ya que los leds están unidos en la terminal negativa (cátodo). Para encender los leds se tiene que poner voltaje en las terminales de las letras.

#### Cátodo Común

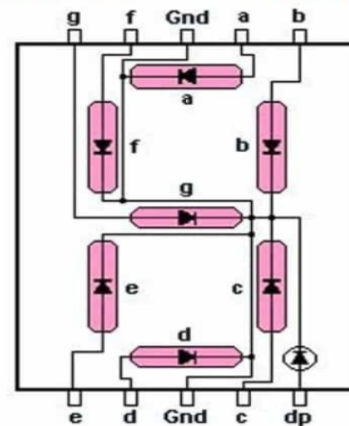


Figura 11: Catodo común

\* Doble display: podemos encontrar de ánodo o cátodo común, la única diferencia es que son 2, 4 y hasta 6 displays unidos.

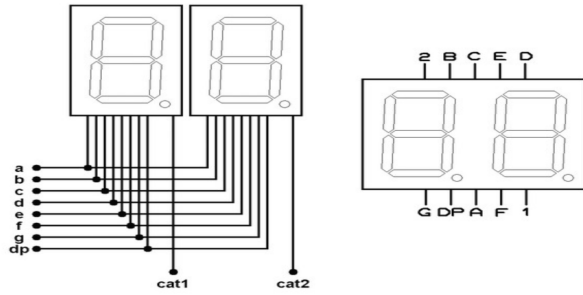


Figura 12: Doble display

### I. Materiales

- \* Protoboard y alambre.
- \* 4 resistencias de  $10k\Omega$ , una resistencia sw  $1k\Omega$ . Todas de potencia  $1/4$  de Watt.
- \* Multímetro.
- \* Display.
- \* Un diodo zener de 5V 1N4733.
- \* Cuatro diodos rectificadores 1N4001.
- \* Capacitor electrolítico de  $1100\mu F$
- \* Un potenciómetro de  $5k\Omega$ .
- \* 1 display de 7 segmentos(cátodo común).
- \* SPST de conmutadores DIP x 4.
- \* Generador de función de 12V, 60Hz.

### J. Magnitudes físicas a medir

- \* Voltaje.
- \* Resistencia.
- \* Tablas de verdad

### K. Procedimiento

#### 1. Circuito Rectificador de media onda

- \* Se armó el circuito de la figura 1.
- \* Se midió el voltaje de salida en el transformador.
- \* Se midió el voltaje en el capacitor.
- \* Se colocó el osciloscopio a la salida del diodo.

#### 2. Rectificador de onda completa

- \* Se armó el circuito de la figura 2
- \* Se midió los voltajes con respecto a referencia a tierra en la salida del puente de diodos.
- \* se colocó una punta del osciloscopio a la salida del puente de diodos y la otra a tierra.
- \* Se colocó el osciloscopio en la resistencia de  $10k$ .

#### 3. Display 7 segmentos

- \* Se Diseñó un circuito de tal forma que se muestra en el display los dos números indicados
- \* Se armó el circuito en el simulador thinkercad.

#### 4. Diodo Zener

- \* Se armó el circuito de la figura 5
- \* se variaron los valores del potenciómetro.
- \* Se anotó el comportamiento del voltaje y la corriente con los valores respectivos de resistencia.

## III. RESULTADOS

### 1. Rectificador de Media Onda

No.	Componente	Voltaje [v]
1	T1	7.37
2	D1	6.11
3	C1	6.39

Cuadro I: Elaboración Propia

### 2. Rectificador de Onda Completa

No.	Componente	Voltaje ( V )
1	PD	15.38
2	C1	15.37
3	R1	5.43

Cuadro II: elaboración propia

No.	Valores de R2	Voltaje en D1(V)	Corriente en D1( $\mu$ A)
1	0	0.012	1.20
2	100	1.09	10.90
3	200	2	9.99
4	300	2.77	9.22
5	800	5.33	6.66
6	1000	6.00	5.99
7	1100	6.29	5.71
8	1200	6.55	5.45
9	1400	7.00	4.99
10	1800	7.71	4.28
11	2000	8.00	4.00
12	2400	8.47	3.53
13	2500	8.57	3.42
14	3000	9.00	3.01
15	3500	9.33	2.66
16	3800	9.50	2.50
17	4000	9.60	2.42
18	4200	9.69	2.31
19	4500	9.82	2.18
20	5000	10.00	2.00

Cuadro III: Diodo Zener, Elaboración propia

#### IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- Los rectificadores de media onda dado en el circuito 1 funciona haciendo pasar la mitad de la corriente alterna a través de un diodo, convirtiendo en este paso dicha mitad de la corriente alterna en corriente eléctrica directa. El rectificador de media onda no es muy eficiente porque sólo convierten la mitad de la corriente alterna ya sea la positiva o la negativa en corriente directa. Por lo tanto, el rectificador de media onda es menos complicado, siendo así que con tan solo un diodo basta para su funcionamiento. El cuál se determinó el comportamiento de su gráfica del diodo y se analizo un comportamiento dentro del rango llegando a un punto constante donde se logró mantener la gráfica.
- Los voltajes obtenidos en el circuito 2 permiten analizar el comportamiento del voltaje proveniente de una fuente de corriente alterna, la cual se ha transformado, por una serie de pasos en corriente continua y con ayuda de las gráficas se demuestra que el voltaje de 5.43V que pasa por la resistencia de  $10k\omega$  no tiene variaciones respecto al tiempo,

por lo tanto se rectificó de manera efectiva la corriente alterna.

- En los resultados obtenidos de el cuadro III se puede observar que mediante los valores de la resistencia aumenta, la corriente disminuye y el voltaje aumenta hasta llegar a obtener un valor de 10 voltios con una resistencia de  $5k\Omega$  y una corriente de  $2\mu A$  podemos observar en la figura 13, el comportamiento de el voltaje vs corriente el cual por medio de el fit y con la utilización de la función polinómica de 3er grado para la grafica de el diodo zener se logra observar mediante  $R^2$  que nuestra hipotesis es verdadera y apegada a la grafica original de el diodo zener.

#### V. CONCLUSIONES

- Se determinó que Un rectificador de media onda es un circuito útil para eliminar la parte negativa o positiva de una señal de corriente alterna,
- El rectificador de onda completa construido en el simulador es empleado para Reducir la fluctuación en los semiciclos de la corriente alterna y obtener corriente directa para su aplicación en una resistencia de carga como en este caso de  $10K\omega$
- **Funcionamiento del circuito de la compuerta or:** En este tipo de compuerta, si una o las dos entradas están a un "1" lógico (5V), pasará corriente a través de uno o los dos diodos. Esta corriente atravesará la resistencia que a su vez tendrá un voltaje alto entre sus terminales, obteniéndose así un "1" lógico a la salida. Con este arreglo se obtiene un "0" lógico a la salida, solamente cuando ambas entradas están en nivel bajo ("0" lógico). Así, ninguno de los dos diodos conduce, no hay corriente por la resistencia y tampoco hay caída de voltaje. Como consecuencia el voltaje en Volts es lo mismo que tierra (0V)
- **Funcionamiento del circuito de la compuerta And:** Cuando en esta compuerta lógica las dos entradas están en nivel alto ("1"), los dos diodos están polarizados en reversa y no conducen corriente y por lo tanto en la salida hay un nivel lógico alto ("1") llamado compuerta AND de dos entradas implementada con diodos si una de las entradas está en nivel bajo, entonces la salida será de nivel bajo ("0"), pues pasará corriente a través de la resistencia y el diodo cuyo cátodo este puesto a tierra. De esta manera el ánodo del diodo (la salida) estará a nivel bajo.

- Un diodo zener es la union de "pz "n", la cual es muy dopada y diseñada para conducir en la dirección inversa cuando alcanza un determinado voltaje, cuando este alcanza la tension zener esta no varía, este diodo tiene un votaje de ruptura inversa muy bien definido el cual comienza a codnucir corriente y continúa operando continuamente en el modo de polarización inversa sin dañarse.
- Existen 4 tipos de display de 7 segmentos los cuales son: ánodo común, cátodo común, doble display y display por tamaño. El ánodo común tiene como característica que sus leds se unen en la terminal positiva mientras que en el cátodo común los leds estan unidos en la terminal negativa, y para encender los leds en el catodo común se deben de colocar a tierra en la terminal de la letra que se desee viceversa para el catodo comun(a los leds se les pone voltaje en las terminales de las letras), la diferencia con el doble display es que son de 2,4 y hasta 6 display unidos y en display por tamaño los podemos encontrar de 2.3 y 4 pulgadas.
- Un display de 7 segmentos internamente cuenta con una carcasa para cubrir los 7 diodos leds principales y uno para representar un punto y las 10 terminales de los cuales 2 son de alimentación de 2 de ved o 2 de Gnd, 1 visualiza el punto y 7 representan cada uno de los números segun la combinación que se le ponga.

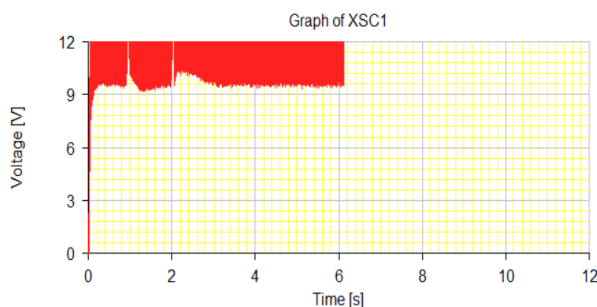
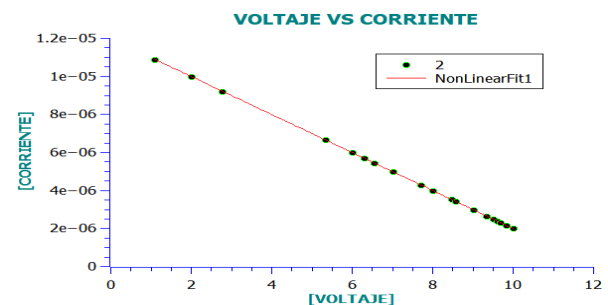
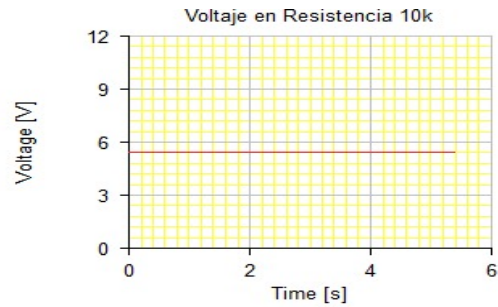
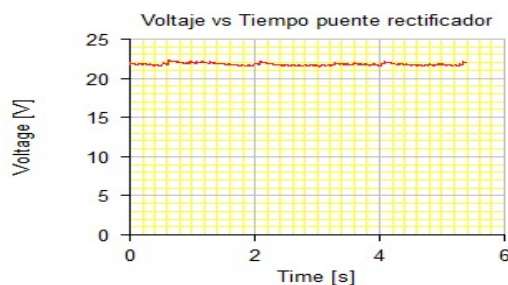


Figura 13: Grafica Circuito 1



```
[07/09/2020 23:39:47] Plot: "Graph10"
Non-linear Fit of dataset: Table1_2, using function: a0+a1*x+a2*x^2+a3*x^3
Weighting Method: No weighting
Scaled Levenberg-Marquardt algorithm with tolerance = 0.0001
From x = 1.09000000000000e+00 to x = 1.00000000000000e+01
a0 = 1.1991657284538e-05 +/- 8.8884926824964e-09
a1 = -1.0019043421451e-06 +/- 6.7020166868128e-09
a2 = 5.1619148555794e-10 +/- 1.3065915519526e-09
a3 = -2.4776517433935e-11 +/- 7.3958931423834e-11

Chi^2/df = 1.7135674232897e-17
R^2 = 0.9999980821023
Adjusted R^2 = 0.9999975341315
RMSE (Root Mean Squared Error) = 4.139525846386e-09
RSS (Residual Sum of Squares) = 2.570351134935e-16

Iterations = 2
Status = success
```

Figura 14: Voltaje vs Corriente de el circuito del diodo zener



VI. ANEXOS

1. Circuito 1

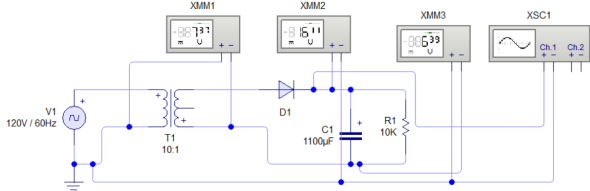


Figura 15: Circuito 1 Simulación LiveWire

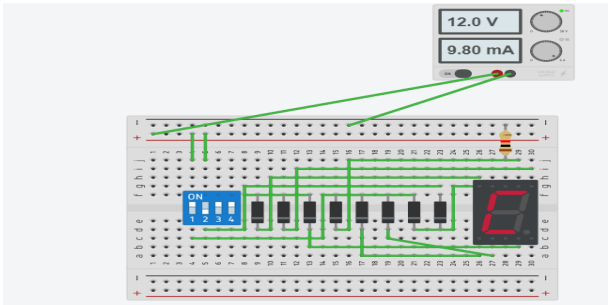


Figura 18: Circuito 3 Simulación tinkercad

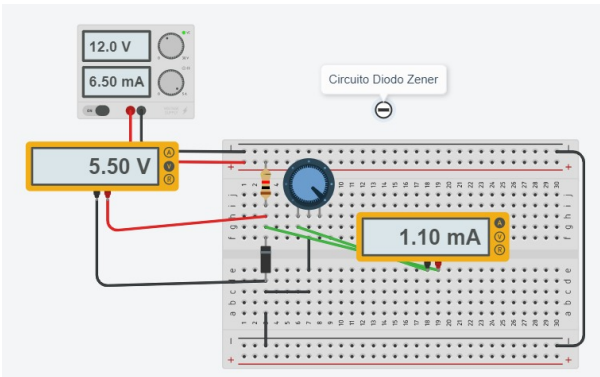


Figura 16: Circuito 1 Simulación tinkercad

2. Circuito 2

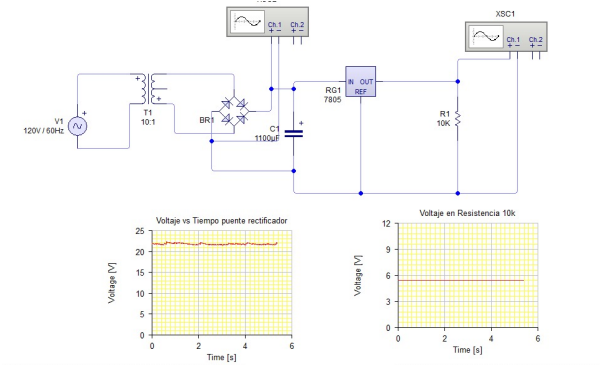


Figura 17: Circuito 2 Simulación LiveWire

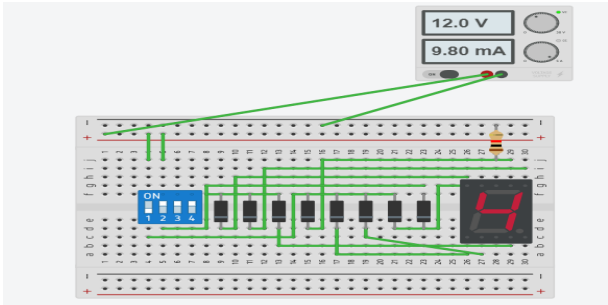


Figura 19: Circuito 3 Simulación tinkercad

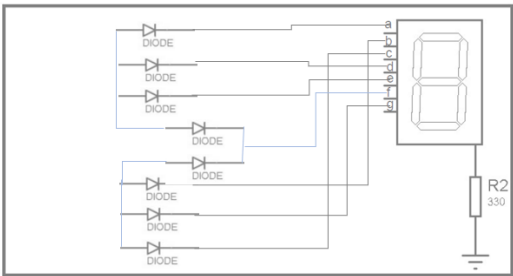


Figura 6. Diseño del control del display de 7 Segmentos.

Figura 20: Circuito 3 diagrama



## 4. Circuito 4

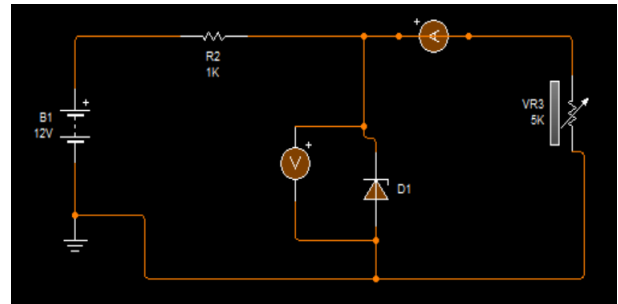


Figura 21: Circuito 4 Simulación Livewire

---

[1] YOUNG, HUGH D. y FREEDMAN, ROGER A. (decimo cuarta edición) (2013). *Física universitaria volumen 2*. México: PEARSON.

[2] ROBERT L BOYLESTAD. (decima edición) (2004). *Introducción al Análisis de Circuitos*. México: PEARSON.