



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES
UNIDAD JURIQUILLA
LICENCIATURA EN ÓRTESIS Y PRÓTESIS**



MANUAL DE PRÁCTICAS

Para Electrónica Básica en órtesis y prótesis

**Autores
Dr. Octavio Díaz Hernández**

PAPIME PE102022

Título

Manual de prácticas para Electrónica básica en órtesis y prótesis

Materia

Electrónica básica

Autor

Dr. Octavio Díaz Hernández
Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional de Estudios Superiores unidad Juriquilla
Licenciatura en órtesis y prótesis

Agradecimientos

Se agradece a la UNAM-DGAPA que, a través del proyecto PAPIME con clave PE102022 y titulado “Diseño de prácticas de laboratorio para las asignaturas del área de electrónica en la Licenciatura de Órtesis y Prótesis”, fue realizado este trabajo.

Licencia



Este trabajo has sido compartido por la UNAM bajo la licencia *Creative Commons* Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0)

Las imágenes exhibidas son de elaboración propia.

ÍNDICE DE PRÁCTICAS

Introducción del manual	1
1. Práctica 1. Polarización de diodos	2
2. Práctica 2. Rectificador de onda completa	4
3. Práctica 3. Filtrado en una fuente de poder	7
4. Práctica 4. Reguladores de voltaje	10
5. Práctica 5. Transistores: voltajes y corrientes.....	12
6. Práctica 6. Transistores: función como interruptor	15
7. Práctica 7. Optoelectrónica: Fotorresistencia	18
8. Práctica 8. Dispositivos de potencia: puente H para motor.....	21
9. Práctica 9. Amplificador operacional: comparador.....	24
10. Práctica 10. Compuertas lógicas: AND, OR, NOT.....	27
11. Práctica 11. Funciones booleanas.....	30
12. Práctica 12. Circuito secuencial.....	32
13. Práctica 13. Convertidor ADC	35
14. Proyecto 1. Fuente de poder	38
15. Proyecto 2. Enfriador para órtesis y prótesis	41
16. Proyecto 3. Silla de ruedas.....	44
17. Referencias del manual	47

Introducción del manual

La electrónica es una ciencia que estudia sistemas cuyo funcionamiento se basa en la conducción y el control del flujo de los electrones, particularmente en semiconductores. Esta ciencia se clasifica en electrónica analógica, la cual se encarga de los sistemas cuyas variables varían de forma continua en el tiempo y pueden llegar a tomar valores infinitos, mientras que la electrónica digital estudia sistemas con valores discretos y se basa en la numeración binaria.

En la electrónica, los materiales semiconductores son el fundamento para los distintos dispositivos que se van integrando desde un diodo hasta un microcontrolador. Los semiconductores tienen una estructura cristalina y poseen propiedades tanto de conductores como de aislantes. Estos se pueden clasificar en intrínsecos (puros) o extrínsecos (impuros). Y es con las impurezas que se logran generar materiales tipo P (receptores de electrones) o tipo n (donadores de electrones) dependiendo de su composición química.

Este manual en particular engloba unidades de conocimiento de distintos programas de estudio y es la introducción a temas más profundos como se verá en semestres posteriores. Se tocan temas de electrónica analógica (p.ej. diodos, transistores, amplificadores operacionales) y de electrónica digital (p.ej. compuertas lógicas, flip flips, convertidores), además de optoelectrónica y algunos temas de electrónica de potencia.

Entre las competencias que se buscará integrar en el alumno es que diseñará circuitos electrónicos analógicos y digitales. Además de las competencias que se enumeran a continuación: El alumno: 1) Comprenderá las características de los materiales semiconductores. 2) Analizará la estructura y funcionamiento del diodo en polarización directa e inversa en circuitos de corriente continua y alterna. 3) Sintetizará diferentes circuitos electrónicos utilizados en la regulación y filtrado de la corriente eléctrica. 4) Analizará la estructura, el funcionamiento, configuraciones básicas y aplicaciones de los transistores. 5) Sintetizará circuitos lógicos combinacionales en el diseño de circuitos digitales utilizando dispositivos de baja y mediana escala de integración como compuertas, codificadores, decodificadores, multiplexores y circuitos aritméticos. 6) Diseñará circuitos lógicos secuenciales utilizando Flip-Flops y otros dispositivos semiconductores. 7) Aplicará algunos dispositivos ópticos y de potencia usados en dispositivos electrónicos. 8) Comprenderá algunas configuraciones básicas de circuitos electrónicos con amplificadores operacionales.

Finalmente, este manual permitirá la comprensión de otras asignaturas en el plan de estudios de órtesis y prótesis.

1. Práctica 1. Polarización de diodos

1.1. Introducción

Un diodo es un dispositivo semiconductor electrónico de dos terminales que permite la circulación de la corriente eléctrica a través de él en un solo sentido, y para lograrlo se construye con dos capas de materiales semiconductores, uno de tipo P y otro de tipo N. Existen dos formas de polarizar los diodos, una a favor de la corriente (polarización directa) y otra en contra de la corriente (polarización inversa).

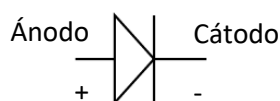


Figura 1. Símbolo y terminales del diodo.

En la Figura 1 se observan las terminales del diodo, donde el material P corresponde a la terminal positiva o ánodo, mientras que la capa de material semiconductor tipo N es la terminal negativa o cátodo.

1.2. Objetivos

- Comprender que la corriente en un diodo fluye en un solo sentido.
- El alumno logrará polarizar directa e inversamente un diodo.

1.3. Recursos de espacio, materiales y equipo

Espacio

- Laboratorio de electrónica con mesas con superficies dieléctricas

Material

- Una resistencia de $1k\Omega$
- Un diodo 1N4001
- Una protoboard
- Un metro de cable de calibre 22

Equipo

- Una fuente de poder con al menos una salida

1.4. Descripción y desarrollo de la práctica

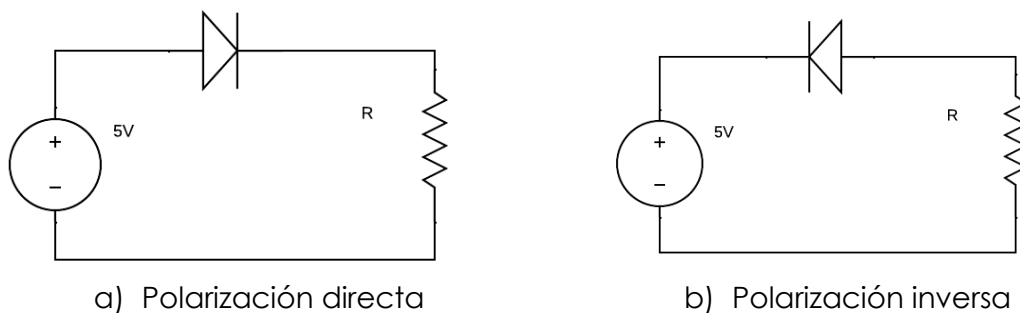


Figura 2. Circuitos de polarización.

- I. Usado como referencia la Figura 2, donde se observan las polarizaciones del diodo, se procede con los siguientes pasos.
- II. La fuente de poder se configura a 5 V y se apaga.
- III. Se conecta el diodo en serie con la fuente y la resistencia (Figura 2a).
- IV. El ánodo del diodo será conectado al positivo de la fuente.
- V. El cátodo del diodo se conecta a la resistencia.
- VI. La resistencia se conecta al negativo (Tierra en este caso) de la fuente.
- VII. Se enciende la fuente y se mide la corriente entre el diodo y la resistencia.
- VIII. Se apaga la fuente.
- IX. Se invierte la polaridad del diodo, conectando el cátodo al positivo de la fuente y el ánodo a la resistencia (Figura 2b).
- X. Se enciende la fuente y se mide la corriente entre el diodo y la resistencia.
- XI. Se apaga la fuente.

1.5. Bibliografía sugerida

- Boylestad, Robert L., Nashelsky, Louis. Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos, 10ª ed, Pearson, México, 2009
- Floyd, T. L. & Salas, R. N. Dispositivos electrónicos 8ª ed., Pearson, México, 2008.

2. Práctica 2. Rectificador de onda completa

2.1. Introducción

Los diodos tienen múltiples circuitos de aplicación y uno de los más comunes es el "rectificador de onda completa", el cual es un circuito electrónico utilizado en la conversión de una corriente alterna en continua. Este rectificador se puede encontrar como "puente de diodos". En esta práctica se verá cómo conectar e interpretar el funcionamiento. En la Figura 3 se muestran dos señales sobre puestas, por un lado, está la representación de una señal de entrada senoidal (V_i) y por otro está la señal de salida del circuito rectificador (V_o), cual se caracteriza por invertir al semiciclo negativo y dando como resultado una serie de "arcos" por encima del nivel cero de voltaje.

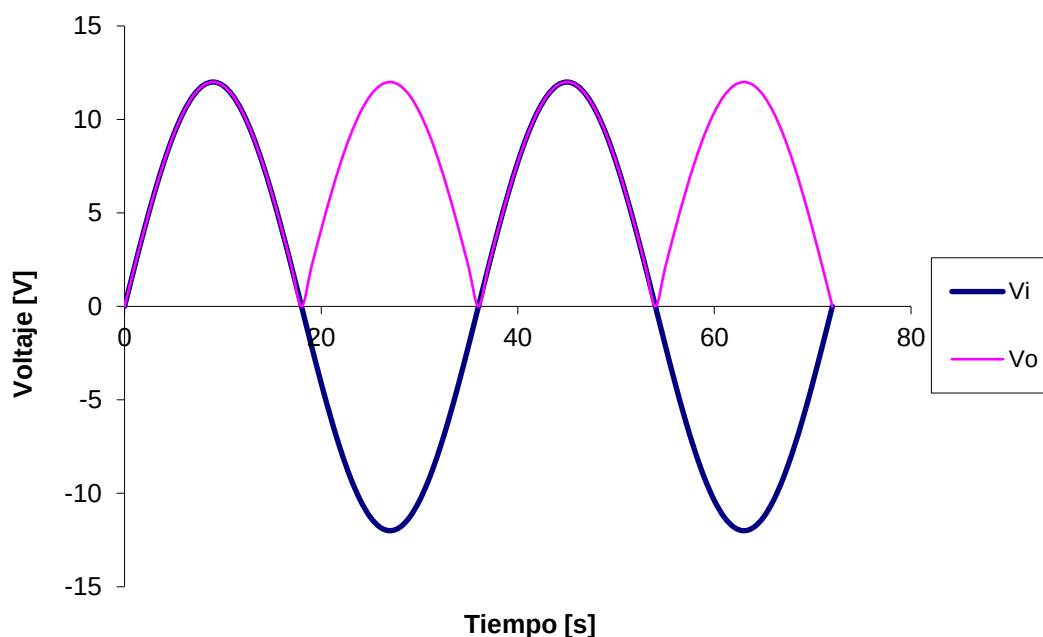


Figura 3. Representación de la forma de la rectificación de una señal senoidal.

2.2. Objetivos

- Comprender el funcionamiento de un rectificador de onda completa.
- El alumno interpretará las señales de entrada y salida en un rectificador de onda completa compuesto por cuatro diodos.

2.3. Recursos de espacio, materiales y equipo

Espacio

- Laboratorio de electrónica con mesas con superficies dieléctricas

Material

- Una resistencia de $1k\ \Omega$
- Cuatro diodos 1N4001
- Una protoboard
- Un metro de cable de calibre 22
- Un transformador de 120 VCA a 12 VCA
- Una clavija

Equipo

- Osciloscopio con al menos dos canales

2.4. Descripción y desarrollo de la práctica

Se establece un circuito para seguir como el siguiente:

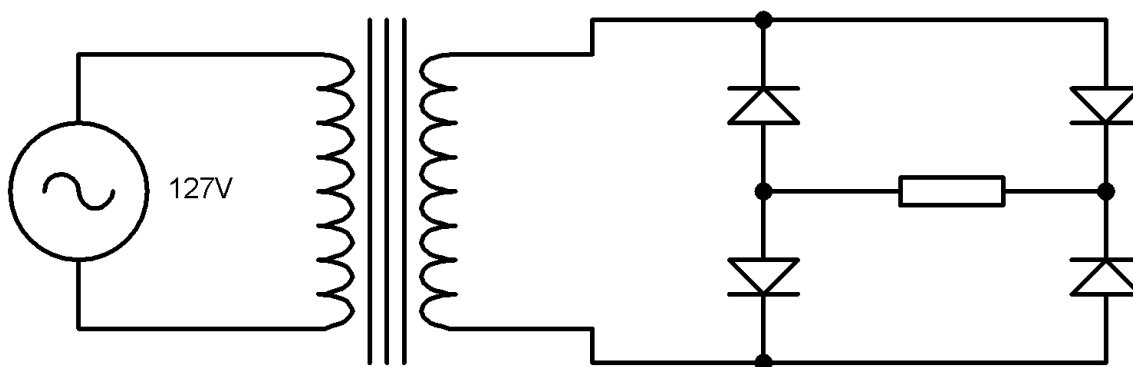


Figura 4. Circuito de la práctica, de izquierda a derecha está la toma de corriente convencional, un transformador, diodos y resistencia.

- I. Tomar el circuito de la Figura 4 como referencia.
- II. El transformador es la señal de entrada, la bobina primaria se conecta con la clavija a la instalación eléctrica de 127VCA.
- III. El transformador (bobina secundaria) se conecta al circuito y al canal 1 del Osciloscopio.
- IV. Los diodos y la resistencia se conectan como se aprecia en la Figura 4.
- V. El canal 2 del Osciloscopio mide la señal de salida en la resistencia.
- VI. Comparar las señales de entrada y salida.
- VII. Comentar en el grupo.

2.5. Bibliografía sugerida

- Boylestad, Robert L., Nashelsky, Louis. Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos, 10ª ed, Pearson, México, 2009
- Floyd, T. L. & Salas, R. N. Dispositivos electrónicos 8ª ed., Pearson, México, 2008.

3. Práctica 3. Filtrado en una fuente de poder

3.1. Introducción

La mayoría de los circuitos electrónicos funcionan con voltajes de corriente directa, por lo que se requiere una fuente de poder que generará un voltaje de directa a partir de un voltaje de alterna mediante una serie de elementos, como se ha visto hasta el momento en la rectificación de la señal senoidal, pero en el circuito de la fuente necesita integrar un bloque de “filtrado”.

La forma más sencilla de implementar un circuito de filtro es mediante la conexión en paralelo de un capacitor (C), el cual es un dispositivo capaz de almacenar voltaje y en esta práctica se aprovechan sus ciclos de carga (tiempo que se toma para almacenar voltaje con la fuente conectada) y descarga (tiempo que se toma para suministrar voltaje al circuito con la fuente desconectada).

En la figura 5 se muestra una señal rectificada (amarilla) y una señal “filtrada” por el capacitor (azul) que está generando dos zonas (carga y descarga), lo cual se denomina como “rizo”, pero al aumentar la capacitancia, se puede reducir la amplitud del rizo hasta quedar imperceptible.

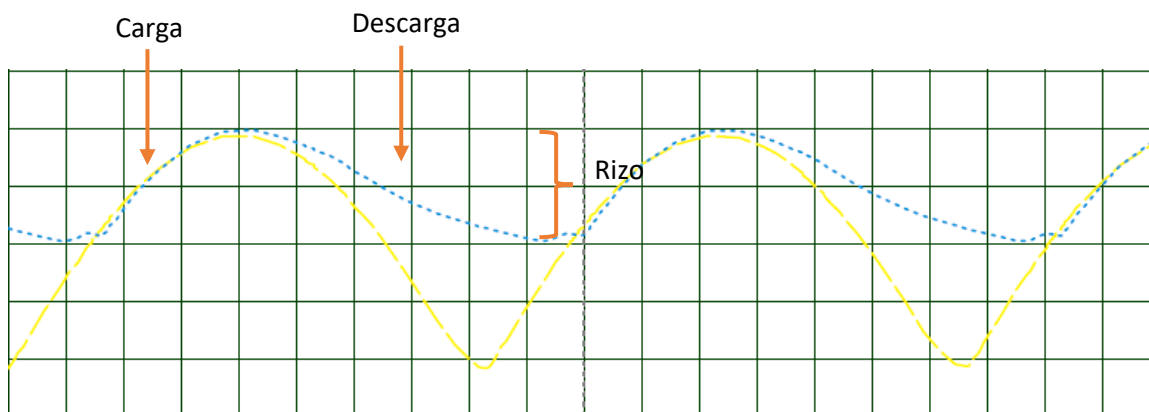


Figura 5. Señal filtrada y la amplitud del rizo.

3.2. Objetivos

- Comprender la acción del capacitor como filtro en una fuente de poder.
- El alumno interpretará la señal filtrada de una fuente de poder.

3.3. Recursos de espacio, materiales y equipo

Espacio

- Laboratorio de electrónica con mesas con superficies dieléctricas

Material

- Una resistencia de $1\text{ k}\Omega$
- Cuatro diodos 1N4001
- Un capacitor de $1000\text{ }\mu\text{F}$ a 25 V
- Una protoboard
- Un metro de cable de calibre 22

Equipo

- Osciloscopio de al menos dos canales.

3.4. Descripción y desarrollo de la práctica

Se propone el siguiente circuito para la realización de la práctica

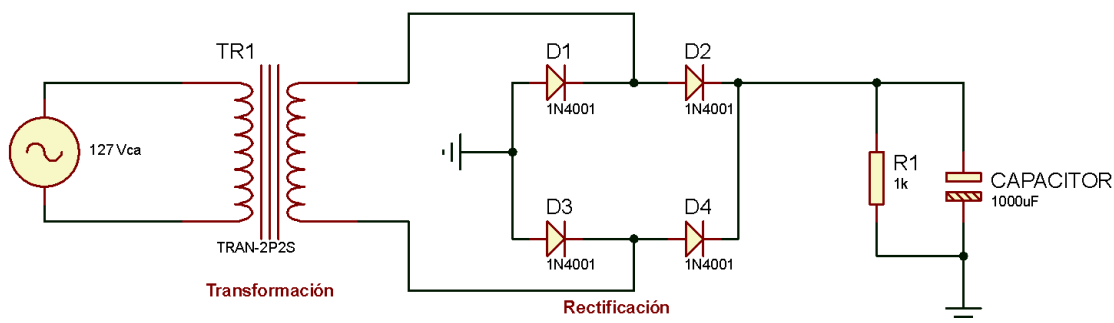


Figura 6. Circuito de la práctica.

- I. La bobina primaria del transformador se conecta con la clavija a la instalación eléctrica de 127 Vca .
- II. La bobina secundaria del transformador se conecta al circuito y al canal 1 del Osciloscopio.
- III. Los diodos, el capacitor y la resistencia se conectan como se aprecia en la Figura 6.
- IV. El canal 2 del Osciloscopio mide la señal de salida en la resistencia.
- V. Se observa el comportamiento del circuito con y sin capacitor en el canal 2 del Osciloscopio.
- VI. Se sugiere cambiar los valores del capacitor, por ejemplo, con $10\text{ }\mu\text{F}$, luego con $100\text{ }\mu\text{F}$ y finalmente con $1000\text{ }\mu\text{F}$

3.5. Bibliografía sugerida

- Boylestad, Robert L., Nashelsky, Louis. Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos, 10ª ed, Pearson, México, 2009
- Floyd, T. L. & Salas, R. N. Dispositivos electrónicos 8ª ed., Pearson, México, 2008.

4. Práctica 4. Reguladores de voltaje

4.1. Introducción

Un regulador de voltaje es un dispositivo electrónico que se alimenta de una cantidad de voltaje determinado y es capaz de entregar una cantidad menor y acondicionada para un equipo en particular, por ejemplo alimentar un microcontrolador con cinco volts, para lo cual es útil incluir en el circuito un regulador de voltaje que garantice que nunca le va a llegar más de cinco volts al microcontrolador, toda el voltaje excedente suministrado por la fuente de alimentación será absorbida por el regulador y disipada como calor, es muy importante también usar un disipador de calor. En esta práctica se va a concentrar en las características del regulador de tensión 7805. El cual es un dispositivo electrónico que tiene la capacidad de regular voltaje positivo de 5V a 1A de corriente, básicamente es un dispositivo que cuenta con 3 pines. En la Figura 7 se aprecia de izquierda a derecha: **I** Voltaje de entrada, **G** Tierra y **O** Voltaje de salida.

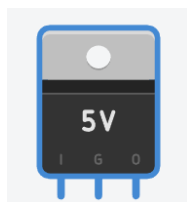


Figura 7. Regulador de voltaje integrado.

4.2. Objetivos

- Comprender el funcionamiento del regulador de voltaje
- El alumno observará que el voltaje necesario para la regulación debe ser mayor al nominal del circuito integrado en cuestión.

4.3. Recursos de espacio, materiales y equipo

Espacio

- Laboratorio de electrónica con mesas con superficies dieléctricas

Material

- Un circuito integrado 7805
- Una protoboard
- Un cable de calibre 22
- Un capacitor cerámico de 1nF
- Un capacitor electrolítico de 1uF

Equipo

- Fuente de poder regulable
- Multímetro

4.4. Descripción y desarrollo de la práctica

Se establece un circuito para seguir como el siguiente:

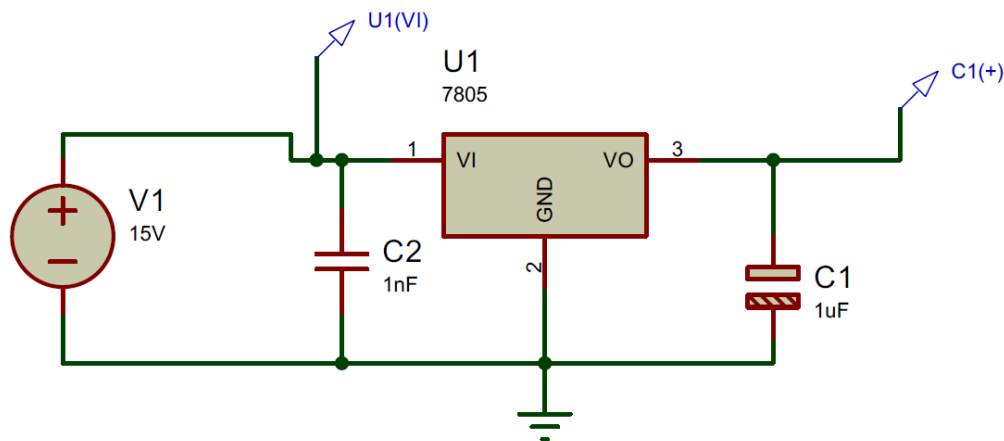


Figura 8. Circuito regulador de voltaje a realizar

- I. La fuente de poder regulable se configura a 1 V y se apaga.
- II. El circuito integrado 7805 recibe de la fuente el voltaje de entrada por el pin 1, según la Figura 8.
- III. La tierra (pin 2) se conecta al negativo y el pin 3 (voltaje de salida) se conecta al multímetro para medir el voltaje.
- IV. Se aumenta el voltaje un volt más y se observa la medición del voltaje de salida con el multímetro.
- V. Se repite el procedimiento del paso anterior hasta que sea el voltaje de entrada igual a 10V.
- VI. Anotar los valores de entrada y salida.
- VII. Comentar los resultados en el grupo.

4.5. Bibliografía sugerida

- Boylestad, Robert L., Nashelsky, Louis. Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos, 10ª ed, Pearson, México, 2009
- Floyd, T. L. & Salas, R. N. Dispositivos electrónicos 8ª ed., Pearson, México, 2008.

5. Práctica 5. Transistores: voltajes y corrientes

5.1. Introducción

Los transistores son dispositivos semiconductores de tres terminales, fabricados con materiales semiconductores. Sus dos funciones principales son la conmutación y la amplificación. Existen de dos tipos diferentes, los transistores bipolares de unión (BJT) y los Transistores de efecto de campo (FET). Los primeros tienen tres terminales identificadas como emisor, base y colector, y pueden ser PNP o NPN. En la Figura 9 se observan los símbolos de los transistores BJT.

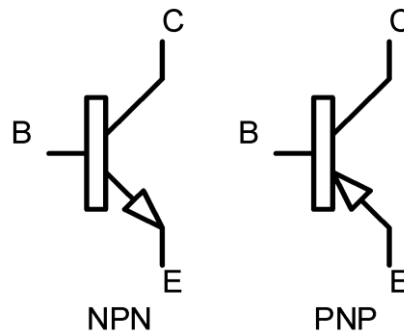


Figura 9. Esquema de transistores bipolares.

Los transistores BJT funcionan como reguladores de corriente controlados por corriente, mientras que los transistores FET regulan la corriente por un canal semiconductor (N o P) aplicando un campo eléctrico perpendicular a la trayectoria de la corriente mediante el voltaje; Las terminales de este tipo de transistores son Drenaje (D), Compuerta (G) y Fuente (S). En la Figura 10 se ejemplifican los símbolos de transistores FET.

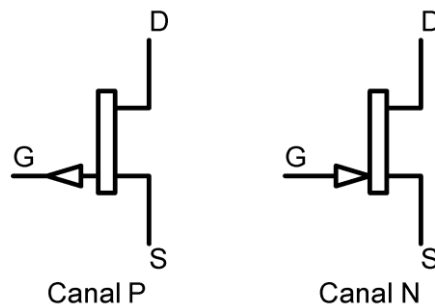


Figura 10. Esquema de transistores de efecto de campo.

Considerando que se verán más detalles sobre transistores en la asignatura de Amplificación y filtrado de señales biomédicas, en esta práctica se verá una

introducción al comportamiento de los voltajes y corrientes que se transmiten por las terminales de los transistores, particularmente por los BJT. Cuando la corriente de base (I_B) llega a un umbral y el voltaje de base a emisor (V_{BE}) llega al menos a 0.7 volts, la corriente del colector (I_C) fluirá a través del transistor hasta llegar al emisor, donde se convierte en corriente de emisor (I_E). Cuando se alcanzan estas condiciones se cumplirá con el siguiente modelo de la ecuación 1.

$$I_E = I_C + I_B \quad \text{Ecuación 1}$$

Adicionalmente se pueden encontrar parámetros relevantes en el transistor BJT, los cuales son: la eficiencia del emisor (α) y la ganancia de la base (β). Las cuales se calculan con la ecuación 2 y 3 respectivamente.

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E} \quad \text{Ecuación 2}$$

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \quad \text{Ecuación 3}$$

Los valores de α van a encontrarse muy cercanos a 0.99 (adimensional) y los valores de β varían desde 40 a 300 (adimensional) dependiendo del transistor.

5.2. Objetivos

- Analizar las corrientes en un circuito con transistores.
- El alumno comprenderá el funcionamiento un transistor BJT usando voltajes y corrientes en continua.

5.3. Recursos de espacio, materiales y equipo

Espacio

- Laboratorio de electrónica con mesas con superficies dieléctricas

Material

- Un transistor BC547
- Una resistencia de 1 k Ω
- Una resistencia de 10 k Ω
- Una protoboard
- Un metro de cable de calibre 22

Equipo

- Fuente de poder programable con dos canales
- Un multímetro

5.4. Descripción y desarrollo de la práctica

Se establece un circuito para seguir como el siguiente:

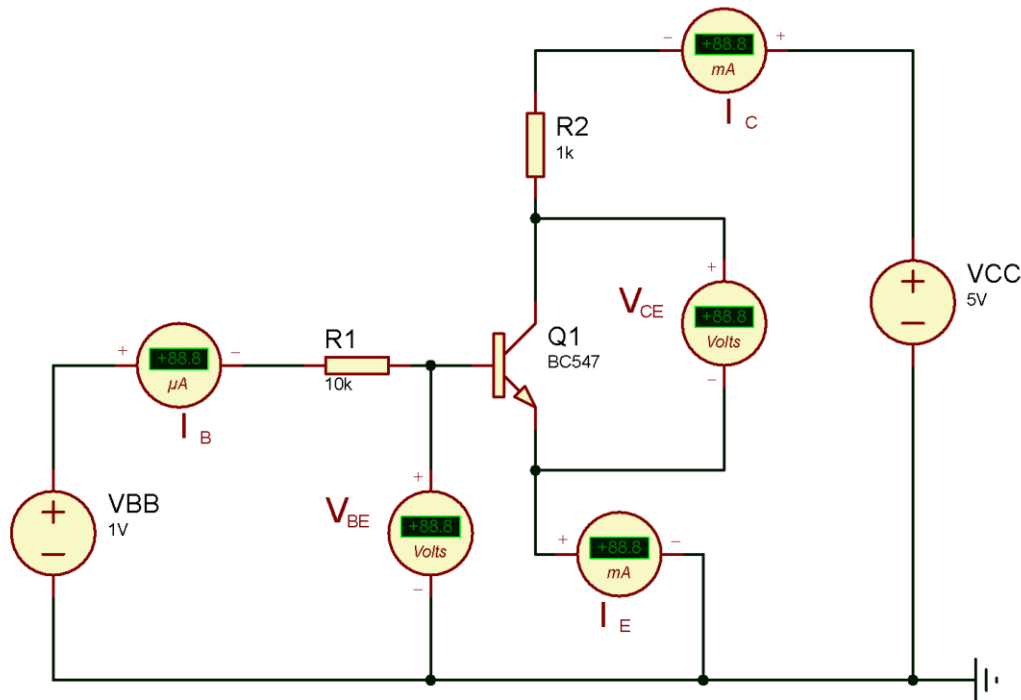


Figura 11. Circuito de transistores bipolares con y sin voltaje.

- La fuente de poder se configura con dos voltajes independientes, uno a 1 V otro a 1V y se apaga.
- Se conecta el circuito mostrado en la Figura 11 y se enciende la fuente
- Se miden las corrientes I_C , I_E , I_B y los voltajes V_{BE} , V_{CE} .
- Se verifica que el modelo de la ecuación 1 se cumpla.
- Se determina la eficiencia del emisor (ecuación 2) y la ganancia de la base (ecuación 3) del transistor en cuestión.
- Se comentan los resultados en el grupo.

5.5. Bibliografía sugerida

- Boylestad, Robert L., Nashelsky, Louis. Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos, 10ª ed, Pearson, México, 2009
- Floyd, T. L. & Salas, R. N. Dispositivos electrónicos 8ª ed., Pearson, México, 2008.

6. Práctica 6. Transistores: función como interruptor

6.1. Introducción

Las dos funciones de los transistores son conmutación y amplificación, en esta práctica se usará la primera. Para el caso de estudio del transistor BJT se requiere de corriente en la base para activar al transistor y si se activa el transistor, éste permitirá que fluya la corriente entre sus terminales de colector y emisor. Mientras que, por el contrario, si no hay corriente en la base, el resultado será un circuito equivalente a que haya un botón abierto.

En la Figura 12 se ven los casos en que está activo o inactivo un transistor por efecto de la presencia o ausencia de corriente.

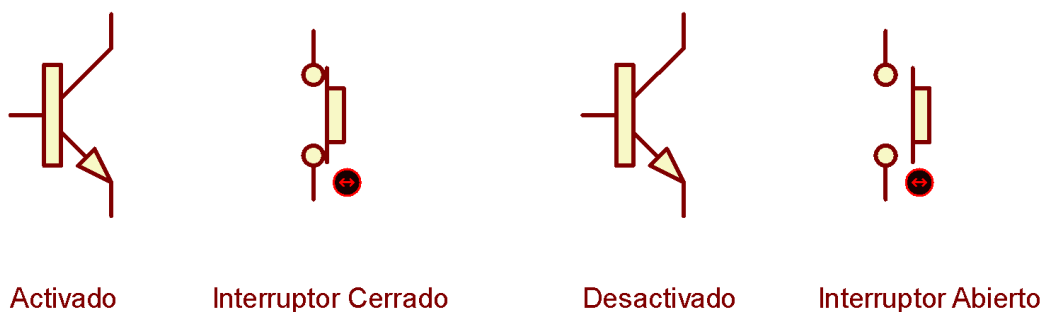


Figura 12. Transistores y sus circuitos equivalentes representados con un interruptor.

6.2. Objetivos

- Reconocer el funcionamiento del transistor como interruptor.
- El alumno verificará que el transistor es un interruptor electrónico que depende de una señal de corriente para los transistores BJT.

6.3. Recursos de espacio, materiales y equipo

Espacio

- Laboratorio de electrónica con mesas con superficies dieléctricas

Material

- Un transistor BC547
- Una resistencia de 1 k Ω
- Una resistencia de 10 k Ω
- Una protoboard
- Un metro de cable de calibre 22

Equipo

- Fuente de poder programable de al menos dos canales
- Un multímetro

6.4. Descripción y desarrollo de la práctica

Se establece un circuito para seguir como el siguiente:

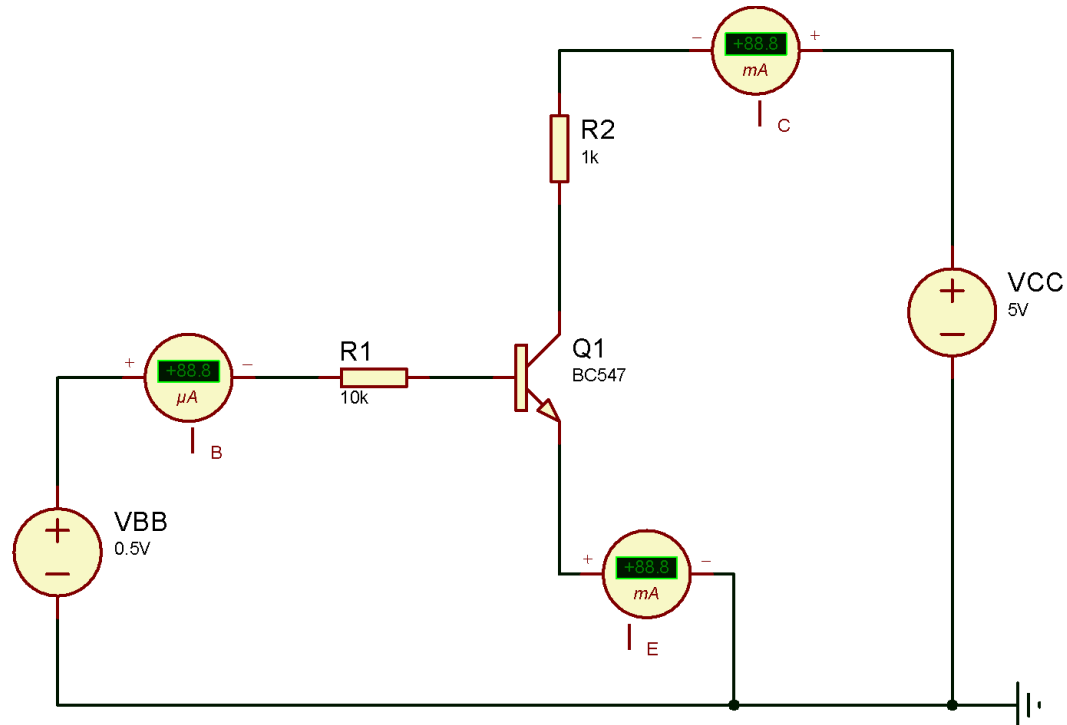


Figura 13. Transistor configurado como interruptor.

- I. La fuente de poder se configura con dos voltajes independientes, uno a 0.5 V otro a 5V y se apaga.
- II. Se conecta el circuito mostrado en la Figura 13 y se enciende la fuente.
- III. Se miden las corrientes I_C , I_E , I_B . Dado que se observará una corriente casi nula en la base, las corrientes de colector y de emisor también se deben medir en cero.
- IV. El voltaje de la fuente etiquetada como VBB se cambia a 1 V.
- V. Se miden las corrientes I_C , I_E , I_B nuevamente. La corriente en la base debe ser mayor a cero, por lo que las corrientes de colector y de emisor también se deben medir diferente a cero.
- VI. Se apaga la fuente.
- VII. Se comentan los resultados en el grupo

6.5. Bibliografía sugerida

- Boylestad, Robert L., Nashelsky, Louis. Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos, 10ª ed, Pearson, México, 2009
- Floyd, T. L. & Salas, R. N. Dispositivos electrónicos 8ª ed., Pearson, México, 2008.

7. Práctica 7. Optoelectrónica: Fotorresistencia

7.1. Introducción

La optoelectrónica es la interacción de los semiconductores con la óptica. Se puede clasificar en tres grandes grupos: 1) **receptores** (fotodiodos, fotorresistencias y fototransistores, entre otros), 2) **emisores** (Diodos emisores de luz (L.E.D.), Diodos laser, displays segmentados, entre otros) y 3) **otros** (optoaisladores y celdas solares).

Uno de los dispositivos más comunes es la fotorresistencia, el cual es un semiconductor cuya resistencia varía de forma inversa con la intensidad de la luz, por lo tanto, cuando hay luz se incrementa el número de electrones libres y se disminuye la resistencia.

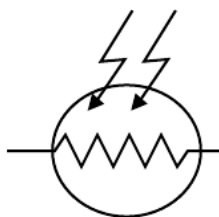


Figura 14. Símbolo de la fotorresistencia.

7.2. Objetivos

- Comprender el funcionamiento de los dispositivos semiconductores que funcionan con luz.
- El alumno implementará un circuito con resistencias sensibles a la luz para encender o apagar una luz (emisor).

7.3. Recursos de espacio, materiales y equipo

Espacio

- Laboratorio de electrónica con mesas con superficies dieléctricas

Material

- Dos resistencias de 1k Ω
- Una resistencia de 100 Ω
- Una resistencia de 330 Ω
- Un LED
- Un transistor BC547
- Una fotorresistencia

- Una protoboard
- Un metro de cable de calibre 22

Equipo

- Fuente de poder
- Un multímetro

7.4. Descripción y desarrollo de la práctica

Se establece un circuito para seguir como el siguiente:

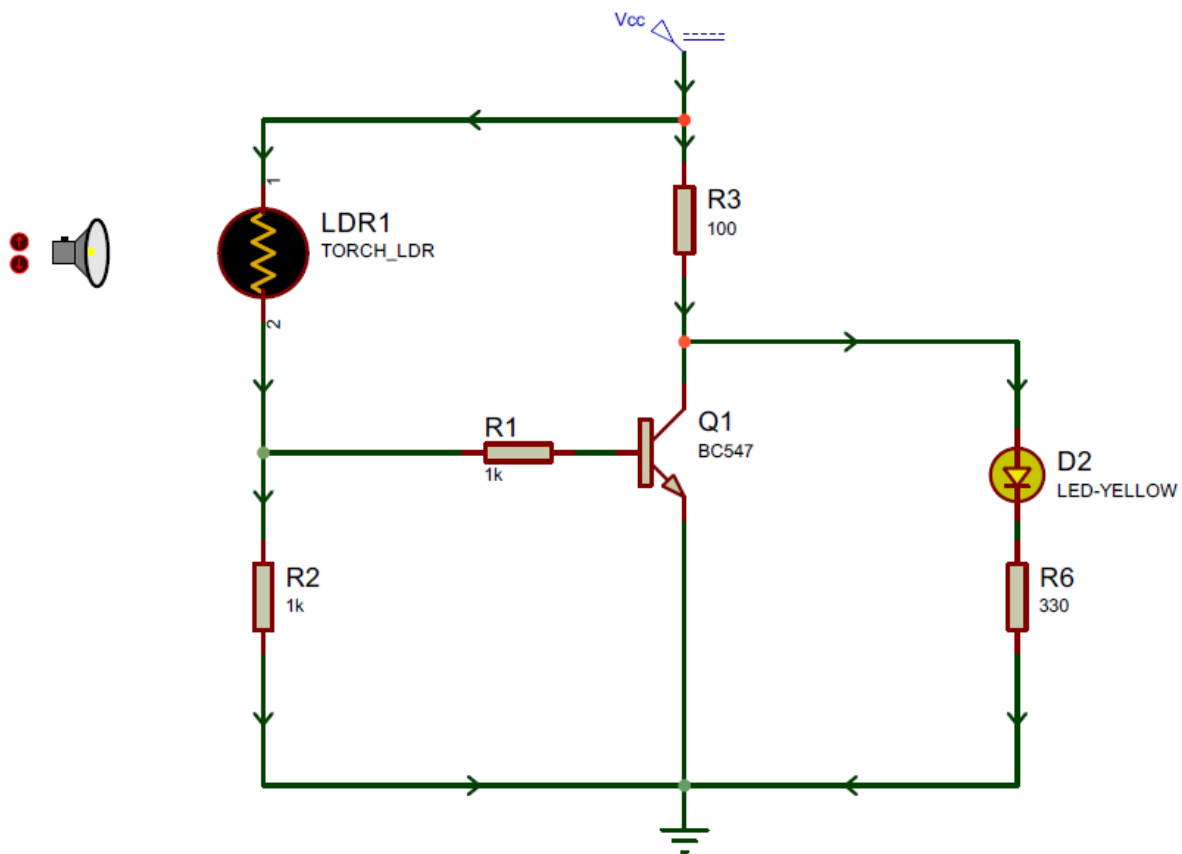


Figura 15. Circuito por realizar con fotorresistencia

- La fuente de poder se configura a 5 V y se apaga.
- Se realiza el circuito de la Figura 15, se conecta la fuente de poder y se enciende
- Se acerca una fuente de luz a la fotorresistencia progresivamente hasta que el LED encienda
- Se apaga la fuente.
- Se comentan los resultados en el grupo.

7.5. Bibliografía sugerida

- Boylestad, Robert L., Nashelsky, Louis. Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos, 10ª ed, Pearson, México, 2009
- Floyd, T. L. & Salas, R. N. Dispositivos electrónicos 8ª ed., Pearson, México, 2008.

8. Práctica 8. Dispositivos de potencia: puente H para motor

8.1. Introducción

Los transistores y otros dispositivos semiconductores son ampliamente usados en sistemas donde se debe aumentar el nivel de corriente, gracias a ello, se pueden ocupar actuadores de alto consumo de corriente y su control electrónico se facilita si se usan circuitos integrados de potencia. En esta asignatura se tocan temas de estos dispositivos como el mismo transistor, el rectificador controlado de silicio (en inglés SCR: *silicon controlled rectifier*), diodo par corriente alterna (DIAC) y tridiodo para corriente alterna (TRIAC), sin embargo, la profundidad de estos temas se delega a otras asignaturas. Por lo que se usará una configuración de circuito básico conocido como “puente H” y en la Figura 17 se muestra cómo se construye con transistores y diodos, entre otros elementos.

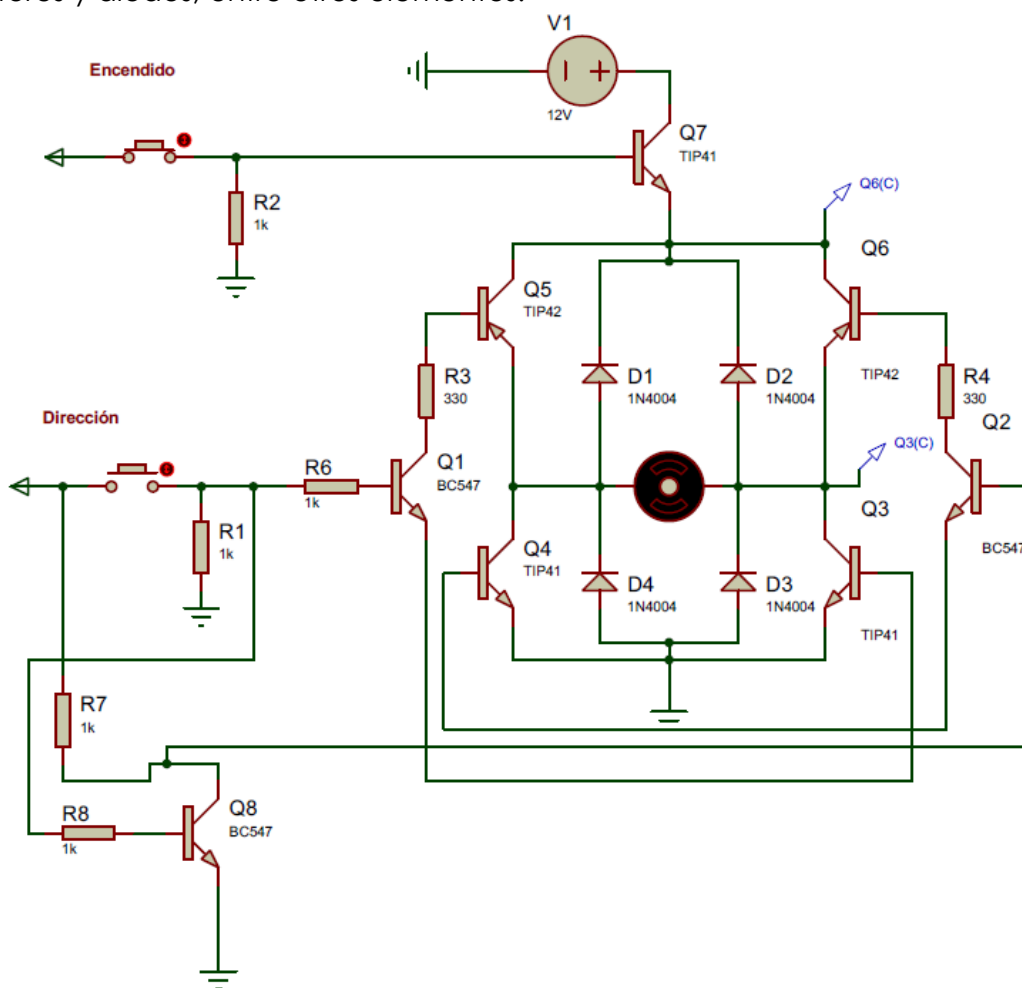


Figura 17. Diagrama del puente H con transistores.

El motor es un tipo de actuador que convierte una señal de voltaje en movimiento angular. A medida que aumenta el voltaje, aumenta la velocidad angular, mientras que a medida que aumenta la corriente en un motor, este tendrá más fuerza angular (par). En la Figura 18 se ejemplifica a un motor.

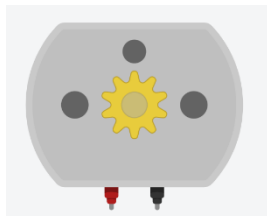


Figura 18. Motor de corriente directa

El circuito integrado L293D es un puente H que contiene una combinación de diodos y transistores cuyo objetivo es poder controlar el sentido de la corriente que pasará por un motor de CD y cambiar la polarización de este según sea conveniente, lo cual cambia su sentido de giro con señales provenientes del exterior con mayor facilidad que con el circuito mostrado en la Figura 17.

8.2. Objetivos

- Analizar la interacción de transistores configurados alrededor de un motor para modificar su sentido de giro. (Puente H)
- El alumno comprenderá como la configuración de los transistores puede definir el sentido de un motor

8.3. Recursos de espacio, materiales y equipo

Espacio

- Laboratorio de electrónica con mesas con superficies dieléctricas

Material

- Un circuito integrado L293D
- Tres botones pulsadores
- Tres resistencias de 1 k Ω
- Un metro de cable de calibre 22
- Un motor de cd
- Una protoboard

Equipo

- Fuente de poder regulable de dos canales

8.4. Descripción y desarrollo de la práctica

Se establece un circuito para seguir como el siguiente:

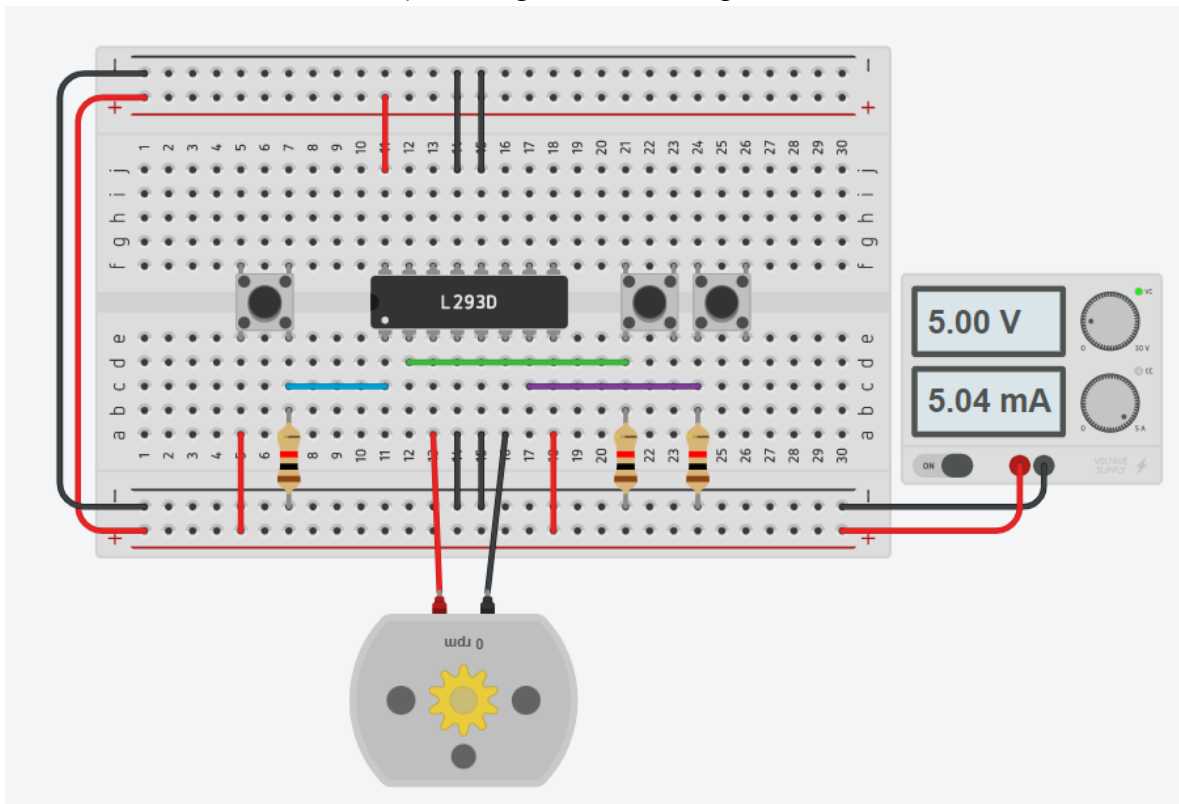


Figura 19. Circuito para alambrear con L293D y un motor de CD.

- I. La fuente de poder para la etapa de potencia se configura a 12V y un segundo canal de esa fuente se configura a 5 V y se apaga.
- II. Se conecta el circuito mostrado en la Figura 12 y se encienden ambas fuentes.
- III. Se presionan los botones tanto de habilitación y de dirección para observar cambios en el sentido del motor.
- IV. Se apaga la fuente.
- V. Se comentan los resultados en el grupo.

8.5. Bibliografía sugerida

- Boylestad, Robert L., Nashelsky, Louis. Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos, 10ª ed, Pearson, México, 2009
- Floyd, T. L. & Salas, R. N. Dispositivos electrónicos 8ª ed., Pearson, México, 2008.

9. Práctica 9. Amplificador operacional: comparador

9.1. Introducción

El amplificador operacional es un circuito integrado con dos entradas, pueden ser inversoras (-) o no inversoras (+) y una salida; La salida va a ser la diferencia de voltaje de las dos entradas multiplicada por una ganancia. Existen diferentes tipos de configuraciones dependiendo de la aplicación.

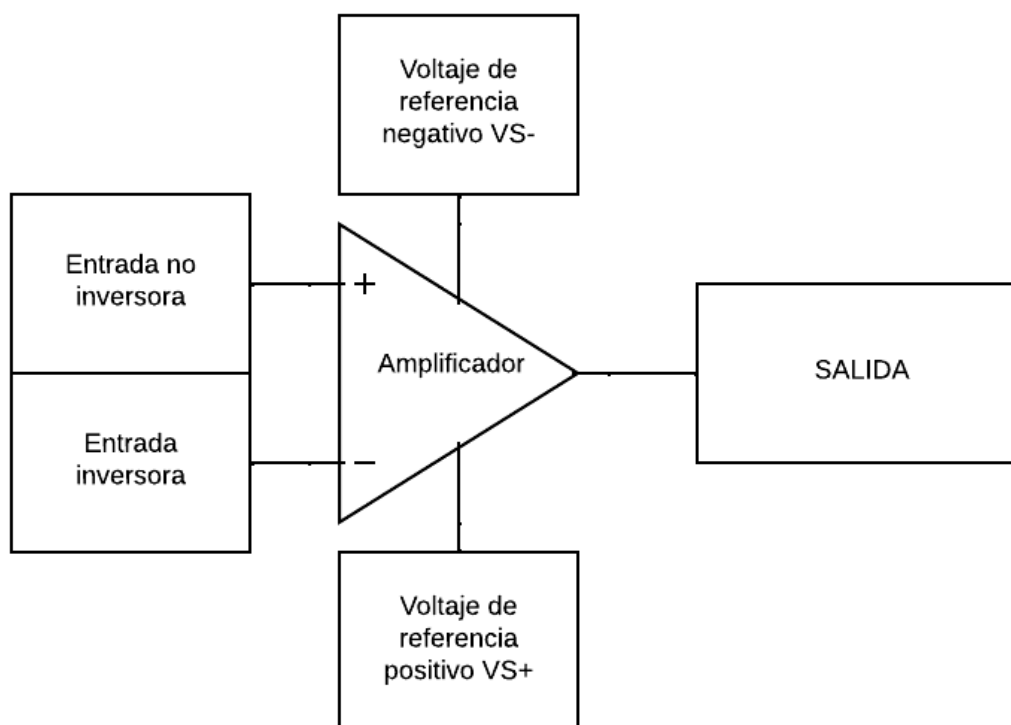


Figura 20. Esquema de amplificador operacional

Un amplificador operacional configurado como comparador va a comparar los voltajes de las entradas y te informa cual es mayor según el signo de la salida; En el amplificador operacional configurado como inversor la ganancia va a estar determinada por las resistencias, si la ganancia es mayor a 1 va a amplificar, pero si es menor va a atenuar. La configuración no inversora puede usarse cuando no se tiene un voltaje de referencia negativo, en este caso la ganancia va a ser uno más la relación de las resistencias, puede aumentar o atenuar el voltaje de salida.

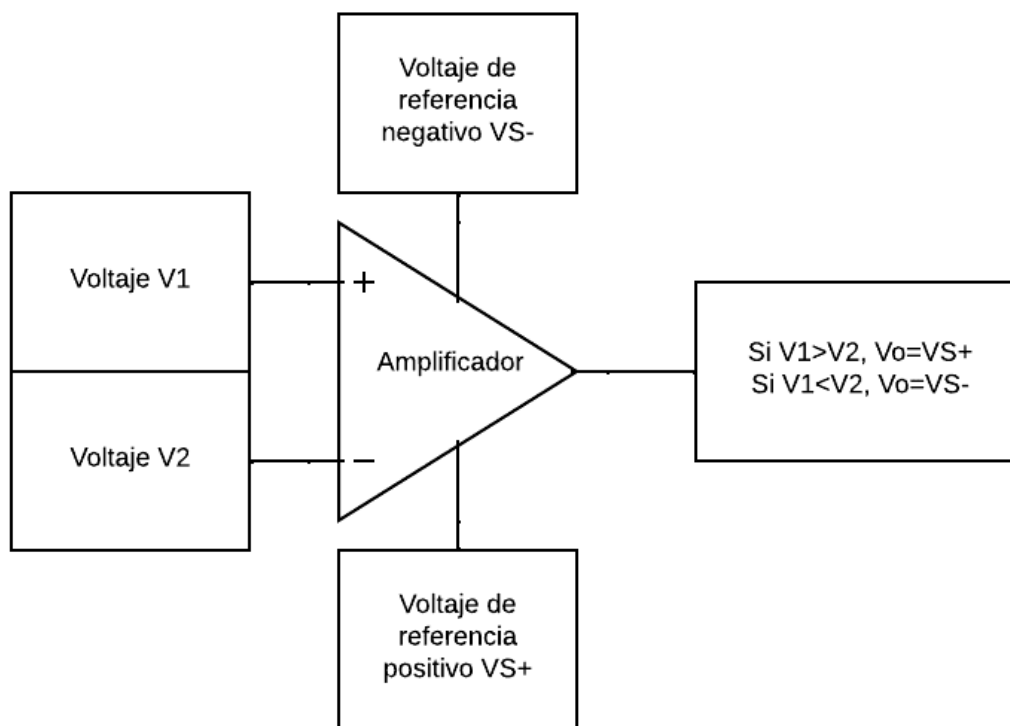


Figura 21. Amplificador comparador y sus reglas de operación.

9.2. Objetivos

- Comprender el funcionamiento de un comparador de voltajes usando amplificadores operacionales.
- El alumno implementará un comparador de voltajes con resistencias variables como ejemplo de sensores analógicos.

9.3. Recursos de espacio, materiales y equipo

Espacio

- Laboratorio de electrónica con mesas con superficies dieléctricas

Material

- Dos resistencias variables de 10 k Ω (potenciómetros)
- Una resistencia de 330 Ω
- Un circuito integrado de amplificador operacional LM324
- Un LED
- Un metro de cable de calibre 22
- Una protoboard

Equipo

- Fuente de poder

9.4. Descripción y desarrollo de la práctica

Se establece un circuito para seguir como el siguiente:

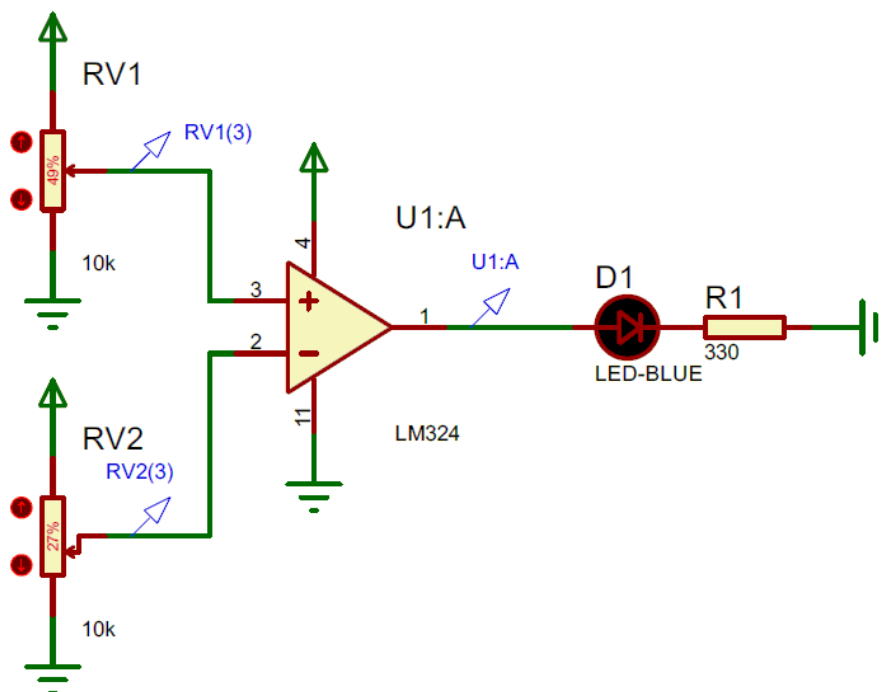


Figura 22. Circuito de amplificador operacional como comparador.

- I. La fuente de poder se configura a 5 V y se apaga.
- II. Se conecta el circuito de la Figura 22 y se enciende la fuente.
- III. Se ajusta el primer potenciómetro RV1 en un valor fijo (ej. 2.5 V) y funcionará como "referencia".
- IV. El segundo potenciómetro se mueve por encima del valor de la "referencia" y también por debajo de ella para observar cómo enciende la salida o se apaga según el caso.
- V. Se apaga la fuente.

9.5. Bibliografía sugerida

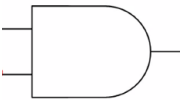
- Boylestad, Robert L., Nashelsky, Louis. Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos, 10ª ed, Pearson, México, 2009
- Floyd, T. L. & Salas, R. N. Dispositivos electrónicos 8ª ed., Pearson, México, 2008.

10. Práctica 10. Compuertas lógicas: AND, OR, NOT

10.1. Introducción

Una compuerta lógica es un circuito binario con una o más señales digitales de entrada, pero sólo una señal de salida. Existen diferentes tipos de compuertas lógicas, las más comunes son: "AND", "OR" y "NOT". Y se rigen por sus tablas de verdad.

Tabla 1. Compuetas lógicas con sus tablas de verdad y símbolo.

AND			OR			NOT	
A	B	X	A	B	X	A	X
0	0	0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	1	1	1	0
1	0	0	1	0	1		
1	1	1	1	1	1		
							
AND			OR			NOT	

10.2. Objetivos

- Comprender el funcionamiento de las compuertas lógicas digitales.
- El alumno implementará compuertas lógicas verificando su tabla de verdad.

10.3. Recursos de espacio, materiales y equipo

Espacio

- Laboratorio de electrónica con mesas con superficies dieléctricas

Material

- Un circuito integrado de compuerta AND 74LS08
- Un circuito integrado de compuerta OR 74LS32
- Un circuito integrado de compuerta NOT 74LS04
- Cinco resistencias de 1 k Ω
- Cinco botones pulsadores
- Tres LED
- Tres resistencias de 330 Ω
- Una protoboard
- Un metro de cable de calibre 22

Equipo

- Fuente de poder

10.4. Descripción y desarrollo de la práctica

Se establecen los circuitos para realizar como el siguiente:

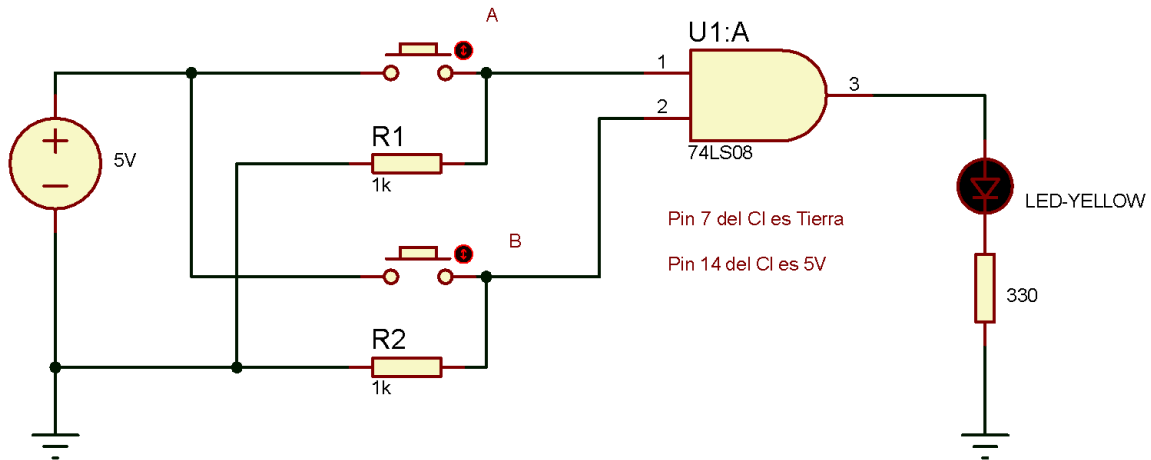


Figura 23. Circuito activo de compuerta lógica AND

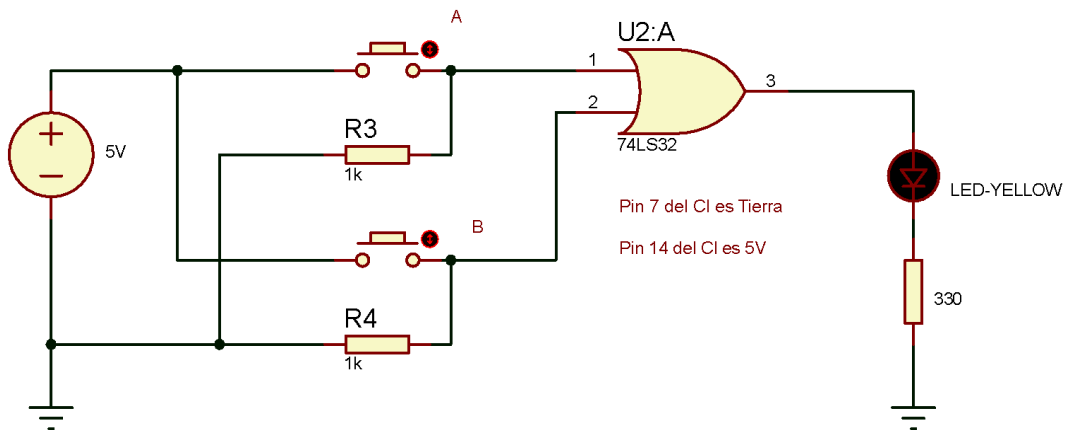


Figura 24. Circuito activo de compuerta lógica OR

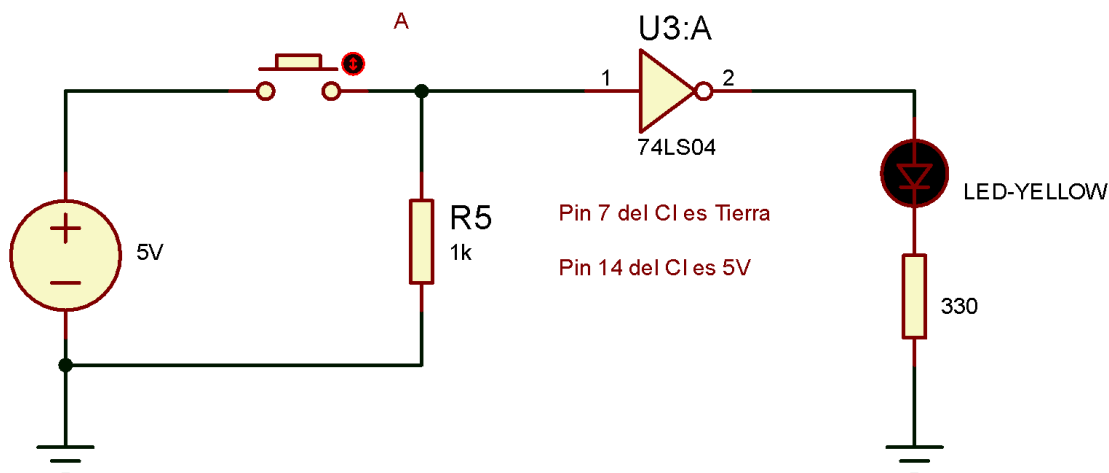


Figura 25. Circuito de compuerta lógica NOT.

- I. La fuente de poder se configura a 5 V y se apaga.
- II. Se realiza el circuito de una compuerta, (por ejemplo, la compuerta AND de la Figura 23) se enciende fuente de poder.
- III. Probar la tabla de verdad con los botones.
- IV. Se repite b y c para cada compuerta (OR de la Figura 24 y NOT de la Figura 25).
- V. En caso de tener errores en las tablas de verdad, revisar errores de conexión, por ejemplo, fallas de voltaje (debe estar en 5 V para el estado lógico UNO y en 0 V para el CERO).
- VI. Se apaga la fuente.

10.5. Bibliografía sugerida

- Floyd, Thomas L., Fundamentos de sistemas digitales, 9ª edición, Pearson, España, 2006.

11. Práctica 11. Funciones booleanas

11.1. Introducción

Las funciones de Boole son variables binarias cuyo valor es el resultado de una expresión algebraica relacionada con otras variables binarias mediante operaciones básicas, su valor lógico depende de las variables a , b y c y puede ser "1" o "0". Se pueden reducir con ayuda del álgebra de Boole y los mapas de Karnaugh.

En esta práctica se sugiere una función booleana particular, pero se invita a que el docente junto con el grupo de estudiantes donde se está impartiendo diseñen algo diferente.

11.2. Objetivos

- Diseñar e implementar una función booleana arbitraria.
- El alumno alambrará una función booleana con compuertas básicas para comprobar su tabla de verdad.

11.3. Recursos de espacio, materiales y equipo

Espacio

- Laboratorio de electrónica con mesas con superficies dieléctricas

Material

- Cuatro resistencias de $1\text{ k}\Omega$
- Una resistencia de $330\ \Omega$
- Cuatro botones
- Un circuito integrado de compuerta AND (74LS08)
- Un circuito integrado de compuerta OR (74LS32)
- Un circuito integrado de compuerta NOT (74LS04)
- Un circuito integrado de compuerta XOR (74LS86)
- Un LED
- Una protoboard
- Un metro de cable de calibre 22

Equipo

- Fuente de poder

11.4. Descripción y desarrollo de la práctica

Se establece una función booleana para realizar el circuito y comprobarla:

		$\bar{C}\bar{D}$	$\bar{C}D$	CD	$C\bar{D}$
		00	01	11	10
$\bar{A}\bar{B}$	00			1	1
$\bar{A}B$	01				1
AB	11	1			
$A\bar{B}$	10	1	1		

Tabla 3. Mapa de Karnaugh de función a trabajar

$$(\bar{B} + \bar{D})(A \otimes C)$$

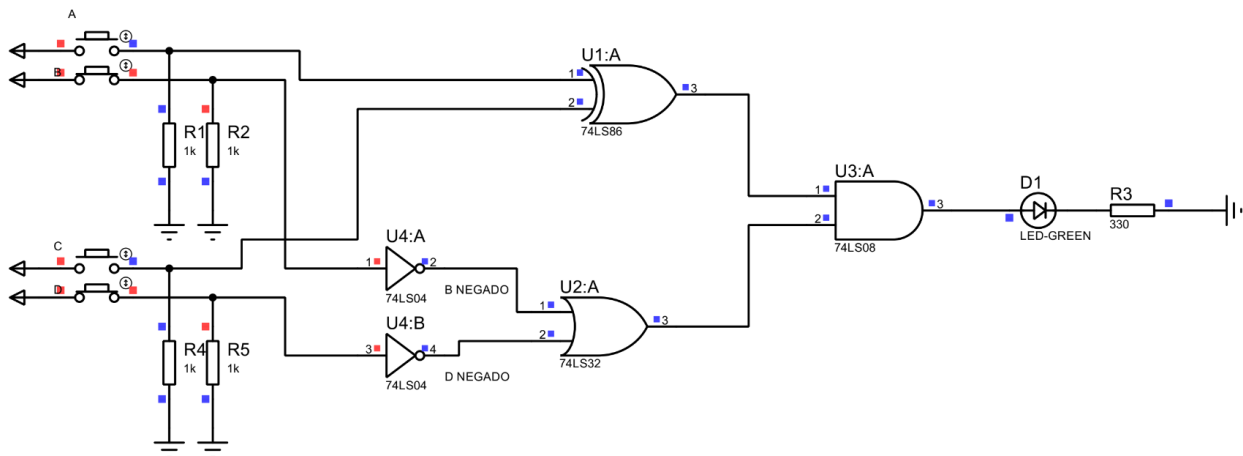


Figura 26. Circuito con funciones booleanas combinacionales y uso de compuertas

- I. La fuente de poder se configura a 5 V y se apaga.
- II. Se realiza el circuito de la Figura 26, se conecta a la fuente y se enciende.
- III. Se verifica cada combinación de las entradas, cotejando con la tabla de verdad de la función booleana.
- IV. Se apaga la fuente.

11.5. Bibliografía sugerida

- Floyd, Thomas L., Fundamentos de sistemas digitales, 9ª edición, Pearson, España, 2006.

12. Práctica 12. Circuito secuencial

12.1. Introducción

Los circuitos electrónicos digitales secuenciales funcionan con base en tiempos y su característica es que son capaces de almacenar información, es decir, que tienen elementos de memoria digital. Cuando tienen como base un reloj o tren de pulsos digitales se les conoce como síncronos y cuando no necesariamente tienen un reloj, si no que los flancos de subida y bajada (cambios de cero a uno o viceversa) pueden provenir de eventos externos o de otros circuitos, se les conoce como asíncronos.

En general, poseen un circuito combinacional al que se le conectan elementos de memoria y se generan salidas como "realimentación", la información almacenada también define el estado del circuito secuencial en ese momento.

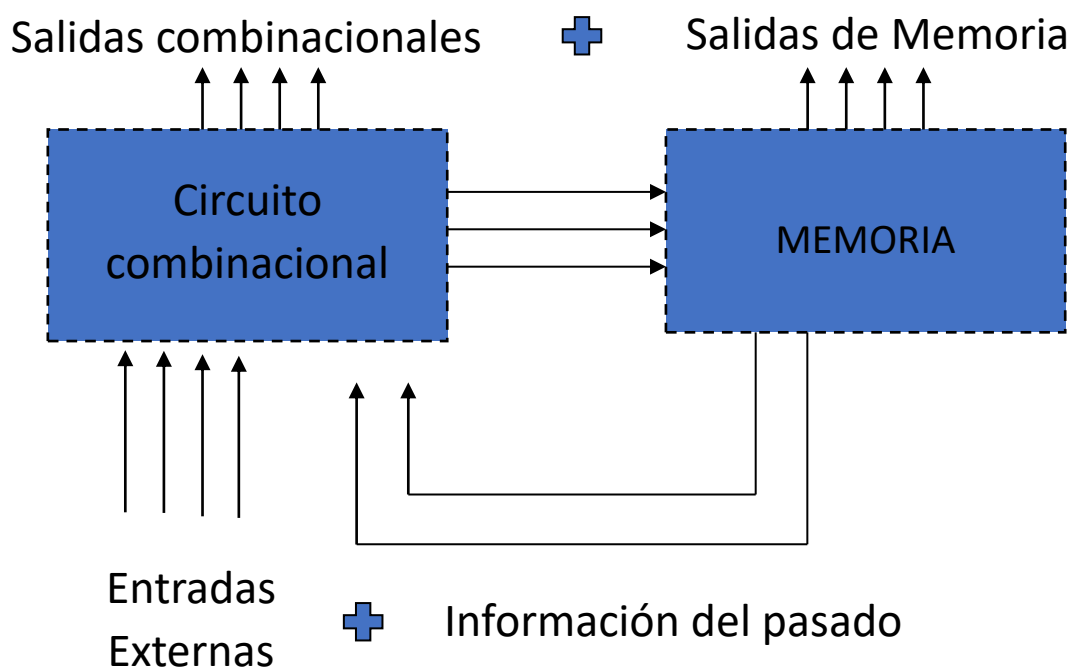


Figura 27. Esquema de los circuitos secuenciales.

En particular, los *flip flop* son un tipo de memoria digital capaces de almacenar un bit a la vez, estos van a cambiar de un estado a otro al aplicarles una o más señales de control. Se usarán para el diseño e implementación de circuitos

secuenciales didácticos, ya que normalmente están integrados a circuitos integrados como memorias y otros sistemas embebidos.

En esta práctica se sugiere una función booleana secuencial particular, pero se invita a que el docente junto con el grupo de estudiantes donde se está impartiendo diseñen algo diferente.

12.2. Objetivos

- Comprender el funcionamiento de los circuitos secuenciales.
- El alumno diseñará e implementará un circuito con flip-flops.

12.3. Recursos de espacio, materiales y equipo

Espacio

- Laboratorio de electrónica con mesas con superficies dieléctricas

Material

- Una resistencia variable de 10 k Ω (potenciómetro)
- Una resistencia de 330 Ω
- Un capacitor 1nF
- Un capacitor de 100 μ F
- Un display de 7 segmentos cátodo común.
- Un circuito integrado de decodificador para display de 7 segmentos 74LS48.
- Un circuito integrado de Flip-Flop tipo D 74LS74
- Un circuito integrado de compuerta XOR 74LS86
- Circuito integrado 555
- Una protoboard
- Un metro de cable de calibre 22

Equipo

- Fuente de poder

12.4. Descripción y desarrollo de la práctica

Se establece una función booleana para realizar el circuito y comprobarla:

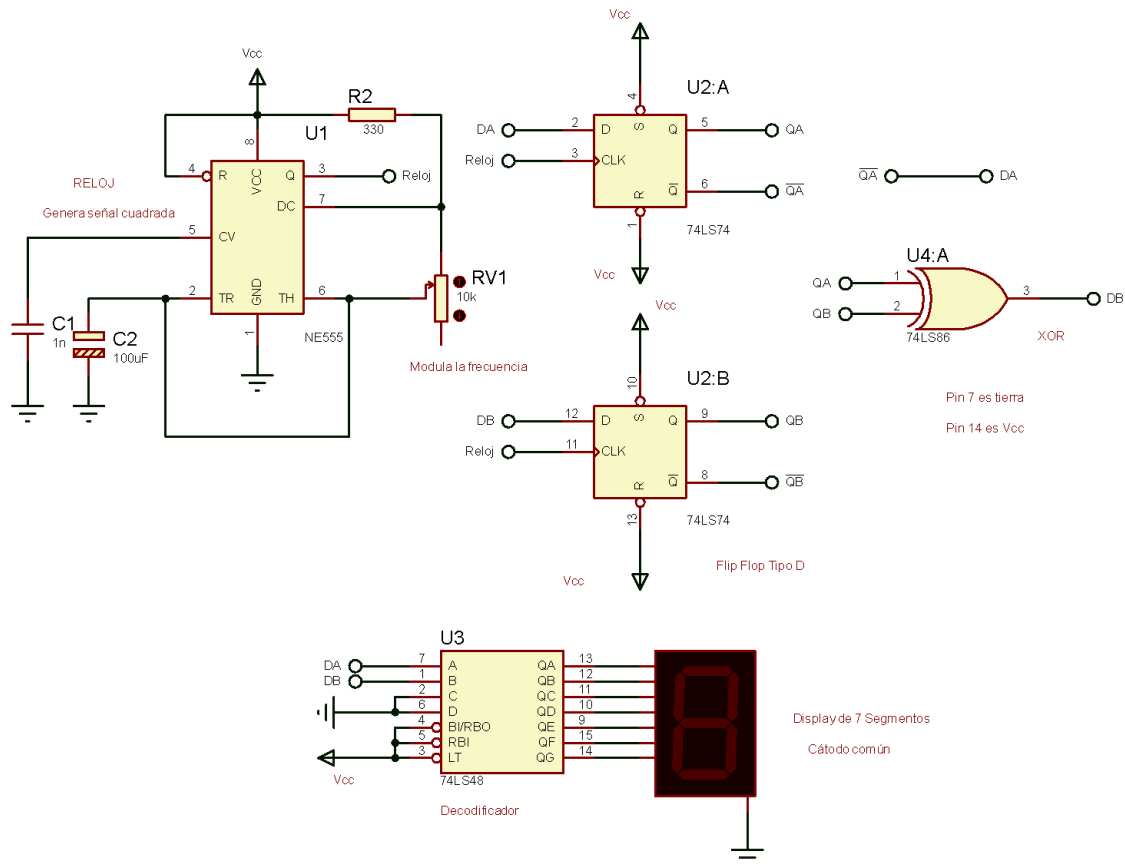


Figura 28. Circuito esquemático del circuito secuencial para alambrear.

- I. La fuente de poder se configura a 5 V y se apaga.
- II. Se realiza el circuito de la Figura 28 y se enciende la fuente.
- III. Verificar que el circuito despliegue la secuencia de números correspondiente. En este caso particular es 0, 1, 2, 3 y reinicia en 0.
- IV. Se apaga la fuente.

12.5. Bibliografía sugerida

- Floyd, Thomas L., Fundamentos de sistemas digitales, 9ª edición, Pearson, España, 2006.

13. Práctica 13. Convertidor ADC

13.1. Introducción

El objetivo principal de un convertidor analógico-digital es transformar una señal eléctrica de voltaje o corriente a un número digital equivalente. Este es un dispositivo semiconductor que básicamente integra resistencias y amplificadores operacionales. El parámetro de mas importante que debe quedar claro cuando se usa un convertidor es su resolución, la cual depende del número de bits de salida que el circuito proveerá. Se debe establecer también el voltaje de referencia (V_{ref}) al cual operará el convertidor y con ello, la resolución se calcula de la siguiente manera en la ecuación 4.

$$Resolución = \frac{V_{ref}}{2^{número\ de\ bits}} \quad \text{Ecuación 4}$$

Al incrementar un solo bit se obtendrá una mejor resolución, sin embargo, la velocidad de la conversión disminuirá, estos convertidores tienen aplicaciones en señales de video, audio, discos compactos, instrumentación, entre otros.

En la Figura 29 muestra un gráfico ejemplo donde cada valor analógico tiene una representación en un valor binario (compuesto por ceros y unos).

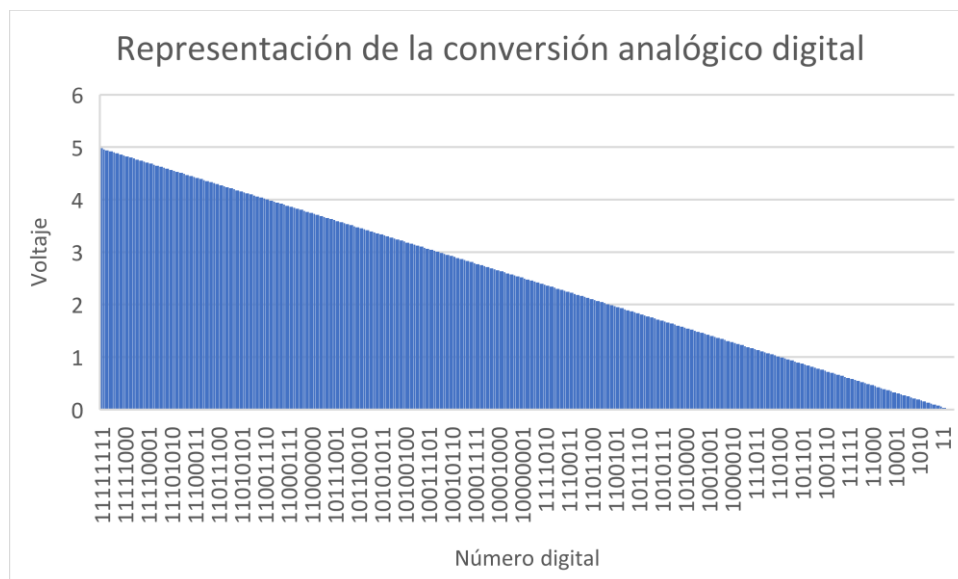


Figura 29. Gráfico para explicar los valores obtenidos de una conversión.

En esta práctica se usará un convertidor analógico digital particular de ocho bits, pero se puede usar otro, además es importante recalcar que en otra asignatura se retoma el tema considerando que los microcontroladores tienen un periférico especial para realizar esta función.

13.2. Objetivos

- Conocer los circuitos de conversión de voltaje a señales digitales.
- El alumno implementará un circuito integrado de conversión analógico a digital.

13.3. Recursos de espacio, materiales y equipo

Espacio

- Laboratorio de electrónica con mesas con superficies dieléctricas

Material

- Una resistencia de 10 k Ω
- Un capacitor de 150 pF
- Un potenciómetro
- Un convertidor ADC0804
- Una barra de 8 LED
- Una protoboard
- Un metro de cable de calibre 22

Equipo

- Fuente de poder
- Generador de funciones

13.4. Descripción y desarrollo de la práctica

Se establece una función booleana para realizar el circuito y comprobarla:



- I. La fuente de poder se configura a 5 V y se apaga.
- II. Se realiza el circuito de la Figura 30, se conecta la fuente de poder y se enciende.
- III. El generador de funciones se configura con una señal cuadrada a 1 KHz y amplitud de 5 V.
- IV. Usando el potenciómetro como entrada variable de voltaje, se observan los cambios en las salidas digitales que corresponden al valor analógico.
- V. Se comentan los resultados en el grupo.
- VI. Se apaga la fuente.

- Boylestad, Robert L., Nashelsky, Louis. Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos, 10ª ed, Pearson, México, 2009
- Floyd, T. L. & Salas, R. N. Dispositivos electrónicos 8ª ed., Pearson, México, 2008.
- Floyd, Thomas L., Fundamentos de sistemas digitales, 9ª edición, Pearson, España, 2006.

14. Proyecto 1. Fuente de poder

14.1. Introducción

En este proyecto se han integrado distintas prácticas del manual con el propósito de generar una fuente de poder regulada cuyas etapas son: Transformación, 2) Rectificación con un puente de diodos (Práctica 2), 3) Filtrado con un capacitor (Práctica 3) y Regulación con un circuito integrado (Práctica 4). La necesidad de tener una fuente de voltaje en la electrónica es para energizar las prácticas y proyectos que surgen en las asignaturas de electrónica. La función de dicha fuente es será convertir la corriente alterna en corriente directa.

En la Figura 31 se muestran las distintas etapas de la fuente regulada, mencionando a qué práctica corresponde cada etapa.

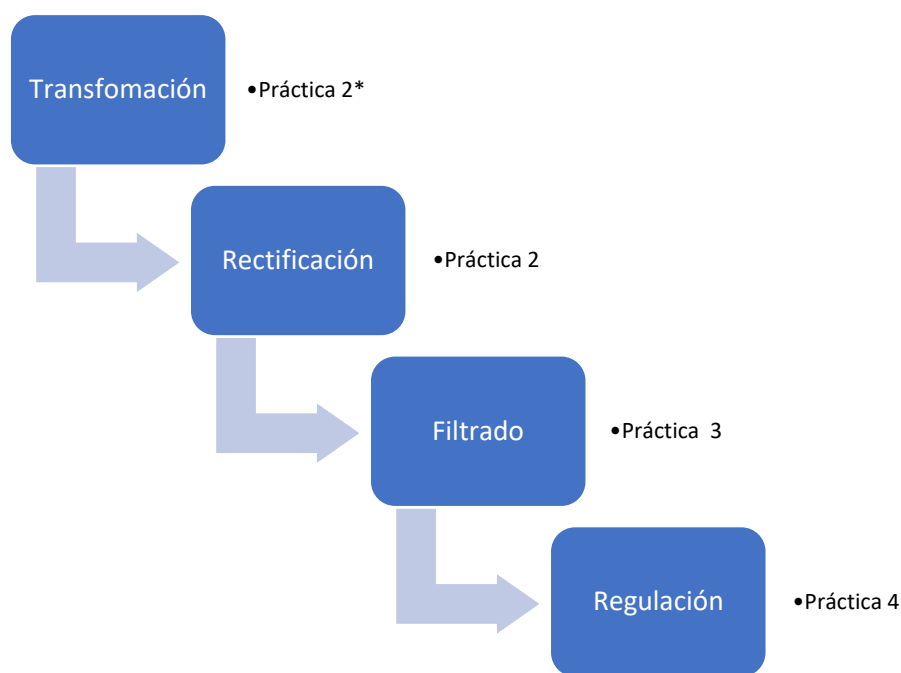


Figura 31. Etapas de la fuente de poder.

14.2. Objetivos

- Integrar el sistema de una fuente de poder regulada.
- El alumno logrará armar una fuente de poder a partir de subcircuitos de otras prácticas.

14.3. Recursos de espacio, materiales y equipo

Espacio

- Laboratorio de electrónica con mesas con superficies dieléctricas

Material

- Un transformador de 12 V, 1 A
- Una clavija
- Un metro de cable dúplex, 16 AWG
- Dos resistencias de 1 K Ω
- Cuatro diodos 1N4001
- Un capacitor de 2200 μ F a 25 V
- Un circuito integrado 7805
- Una protoboard
- Un metro de cable de calibre 22

Equipo

- Un multímetro

14.4. Descripción y desarrollo de la práctica

Se establece un circuito para seguir como el siguiente:

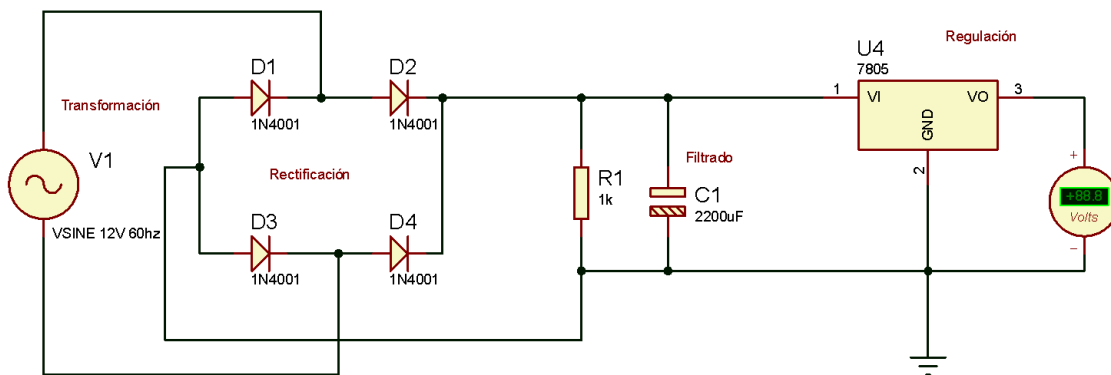


Figura 32. Fuente de poder

- La fuente de poder es armada siguiendo el circuito de la Figura 32 y se conecta a la toma de luz del laboratorio bajo la supervisión del profesor.
- Con el multímetro se comprueba que los voltajes negativo y positivo estén en el valor diseñado.
- El voltaje final, según el diseño y los elementos, depende del tipo de regulador, pero en este caso, se espera alrededor de 5 V

14.5. Bibliografía sugerida

- Boylestad, Robert L., Nashelsky, Louis. Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos, 10ª ed, Pearson, México, 2009
- Floyd, T. L. & Salas, R. N. Dispositivos electrónicos 8ª ed., Pearson, México, 2008.

15. Proyecto 2. Enfriador para órtesis y prótesis

15.1. Introducción

Este proyecto integra los conocimientos de prácticas previas con una aplicación en órtesis y prótesis. Los distintos dispositivos que están en contacto con la persona, dado el material y que la persona genera calor conforme se mueve o camina, se hace necesario ayudar a mantener una temperatura cómoda para el paciente. Con este proyecto, se regula la temperatura empleando un sensor de temperatura, un amplificador operacional, un relevador, y un actuador para enfriar.

En la Figura 33 se muestran las etapas propuestas para el proyecto, en este caso se han integrado algunas de las prácticas anteriores, además de requerir investigación y propuestas de diseño adicional, con relación al sensor de temperatura y a los actuadores.

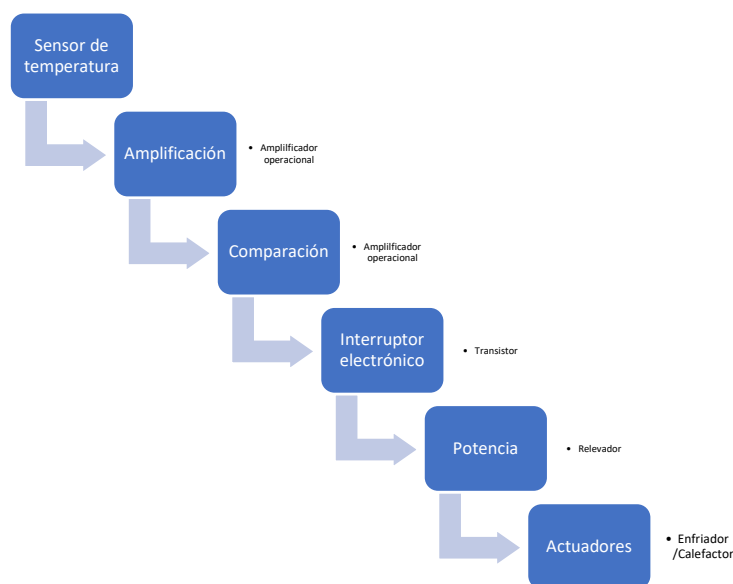


Figura 33. Esquema de las etapas

15.2. Objetivos

- Comprender el funcionamiento de un enfriador para ciertas órtesis o prótesis
- El alumno empleará distintas prácticas antecedentes para armar un circuito que ayude a controlar la temperatura en un rango determinado por el usuario.

15.3. Recursos de espacio, materiales y equipo

Espacio

- Laboratorio de electrónica con mesas con superficies dieléctricas

Material

- Un sensor de temperatura LM35
- Un circuito integrado del amplificador LM324
- Dos resistencias de 1 k Ω
- Dos potenciómetros de 10 k Ω
- Un transistor BC547
- Un relevador 5 V
- Un motor de CD que simula un enfriador o ventilador
- Luz indicadora, para simular el calefactor.
- Una protoboard
- Un metro de cable de calibre 22

Equipo

- Fuente de poder
- Un multímetro

15.4. Descripción y desarrollo de la práctica

Se ha diseñado un circuito para seguir en el proyecto:

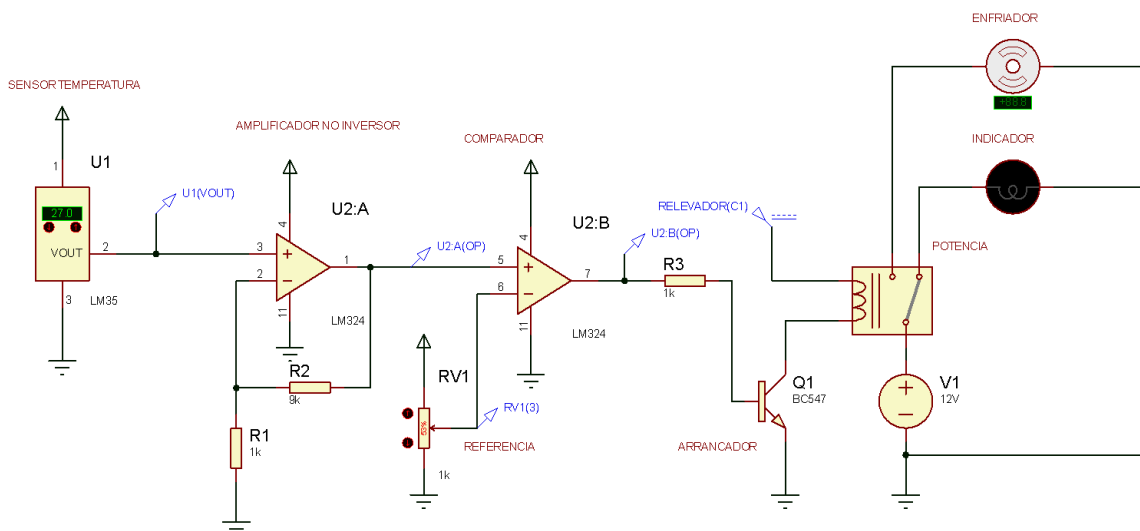


Figura 34. Circuito del proyecto de modelo de enfriador para órtesis y prótesis.

- Un canal de la fuente de poder se configura a 5 V y el otro a 12V y se apaga.
- Amar el circuito mostrado en la Figura 34.

- III. Para probar el funcionamiento, se calienta la cercanía del sensor con una fuente de calor, por ejemplo, un encendedor o un caufín.
- IV. Se enciende el enfriador al pasar la referencia, por ejemplo, si se calibra la referencia con 2.7 V, la temperatura que debe alcanzar el sensor para encender el enfriador, es de 27°C. Del mismo modo, si la temperatura es menor a 27°C, el actuador que enfría el sistema se debe apagar.
- V. Se apaga la fuente.

15.5. Bibliografía sugerida

- Boylestad, Robert L., Nashelsky, Louis. Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos, 10ª ed, Pearson, México, 2009
- Floyd, T. L. & Salas, R. N. Dispositivos electrónicos 8ª ed., Pearson, México, 2008.

16. Proyecto 3. Silla de ruedas

16.1. Introducción

Para este proyecto se ha planteado el control de una silla de ruedas motorizada, la cual se mueve para adelante, atrás y lateralmente. Se usan dos motores de corriente directa (llanta derecha y llanta izquierda), el control consta de cuatro botones (entradas digitales) y la forma de controlar es a través del diseño de un circuito electrónico digital combinacional y una etapa de potencia (para el manejo de la corriente de los motores). Las señales requeridas son las de habilitación del motor (encendido y apagado) y las de sentido de giro (horario y antihorario). La combinación de las entradas proporcionará un comportamiento preestablecido. En la Figura 35 se observa la representación de una silla de ruedas con dos llantas con un motor de CD cada una. El control se compone por botones en cada punta de la flecha e indica la dirección en la que mueve a la silla.

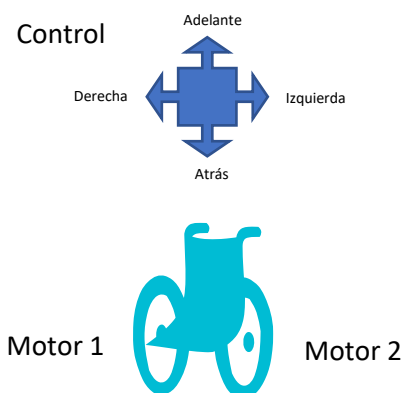


Figura 35. Silla de ruedas y su control.

16.2. Objetivos

- Integrar el conocimiento de prácticas previas en un circuito con diferentes subsistemas.
- El alumno entenderá que los conocimientos adquiridos se pueden aplicar en problemas reales.

16.3. Recursos de espacio, materiales y equipo

Espacio

- Laboratorio de electrónica con mesas con superficies dieléctricas

Material

- Un circuito L293D
- Dos motores con reducción de engranes y llantas
- Un circuito integrado de la compuerta XOR 74LS86
- Dos circuitos integrados de la compuerta AND 74LS08
- Un circuito integrado de la compuerta NOT 74LS04
- Ocho diodos emisores de luz (LED)
- Cuatro botones pulsadores
- Cuatro resistencias de 1 k Ω
- Cuatro resistencias de 330 Ω
- Cuatro resistencias de 220 Ω
- Una protoboard
- Un metro de cable de calibre 22

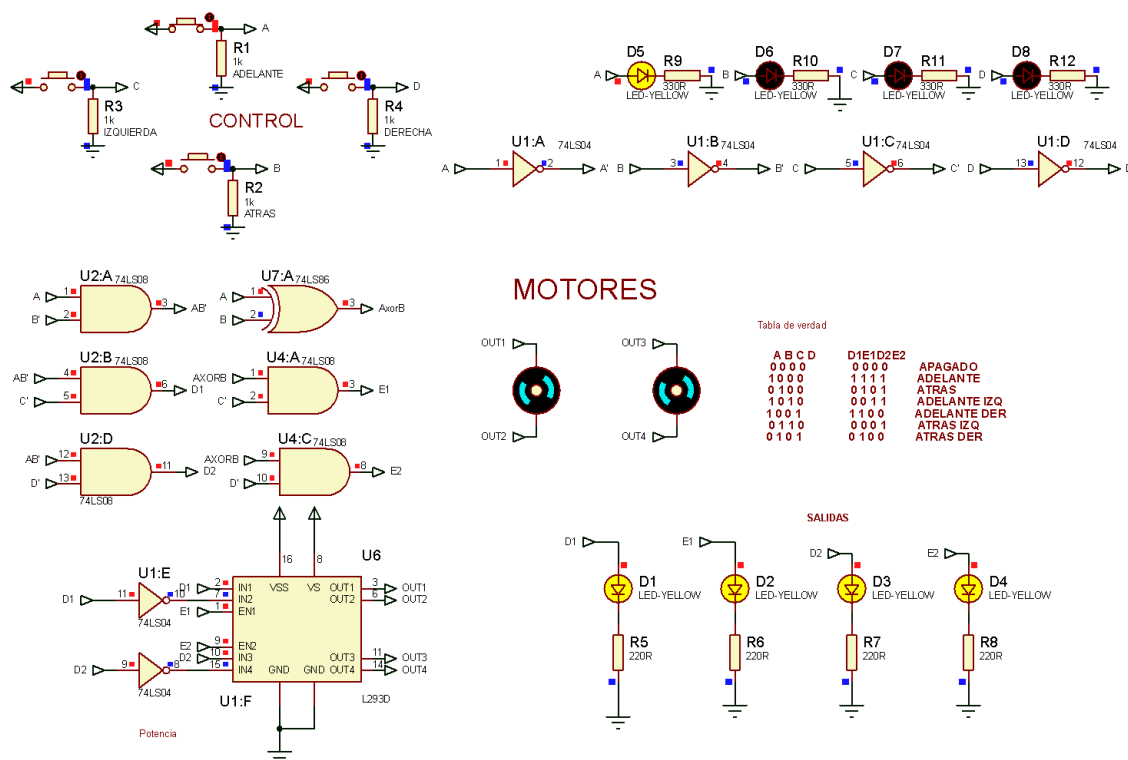
Equipo

- Fuente de poder

16.4. Descripción y desarrollo de la práctica

Se establece el circuito de los sistemas electromecánicos y electrónicos que componen el control de la silla de ruedas.

Silla de ruedas



- I. La fuente de poder se configura a 5 V y se apaga.
- II. Implementar el circuito propuesto en la Figura 36.
- III. Verificar que la tabla de verdad propuesta para el funcionamiento de la silla de ruedas tenga consistencia. Notar que en la Figura 36 está activa la entrada del control que dirige las llantas hacia adelante y las señales de salida están activas, lo que indica es que las llantas se mueven en sentido horario para llevar la silla de ruedas hacia adelante.
- IV. Se apaga la fuente.
- V. Se sugiere que el modelo de silla de ruedas pueda realizarse a escala con ayuda de elementos mecánicos.

16.5. Bibliografía sugerida

- Floyd, Thomas L., Fundamentos de sistemas digitales, 9ª edición, Pearson, España, 2006.
- William Bolton. Mecatrónica: sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica, 6 Ed. Alfaomega, México, 2017.

17. Referencias del manual

- [1] Boylestad, Robert L., Nashelsky, Louis. Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos, 10ª ed, Pearson, México, 2009
- [2] Floyd, T. L. & Salas, R. N. Dispositivos electrónicos 8ª ed., Pearson, México, 2008.
- [3] Floyd, Thomas L., Fundamentos de sistemas digitales, 9ª edición, Pearson, España, 2006.
- [4] Bolton, William. Mecatrónica: sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica, 6 Ed. Alfaomega, México, 2017.