

Informes

Santiago Larrea Henao

Sebastián Larrea Henao



Facultad de Ingeniería

Departamento de electrónica y telecomunicaciones

Medellín 2018

EL TRANSISTOR BJT EN APLICACIONES NO LINEALES

Definiciones

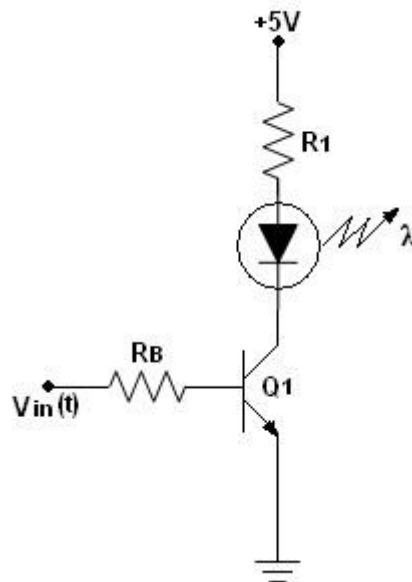
Diodo I.R: Un diodo I.R. Es un dispositivo semiconductor, que emite una luz infrarroja al ser energizado.

Fotodiodo: Un fotodiodo, es un dispositivo semiconductor, que al conectarse de forma común, se comporta como cualquier diodo rectificador común, pero al conectarse de manera inversa y al ser iluminado, genera una corriente con el positivo en el ánodo y el negativo en el cátodo.

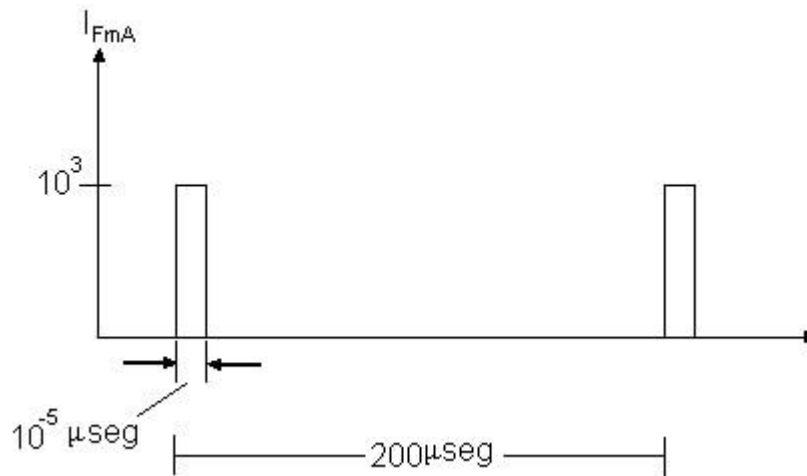
Relé: Un relé, es un dispositivo electrónico, que lleva integrada una bobina, y esta al ser energizada, crea un campo magnético, el cual produce un switcheo entre 2 pines (por decirlo de algún modo), uno normalmente cerrado y otro normalmente abierto.

Procedimiento

Circuito transmisor:



Este circuito, se encarga de mandar una señal de luz infrarroja por el espacio libre, pero como es necesario transmitir con una corriente alta, esto puede dañar el dispositivo por lo que es enviaremos la señal como pulsos en cortos instantes de tiempo.



Esta es una gráfica, que muestra la corriente del diodo I.R. en el tiempo, acá se puede ver como por pocos periodos de tiempo, pasa una corriente muy alta.

Calculo:

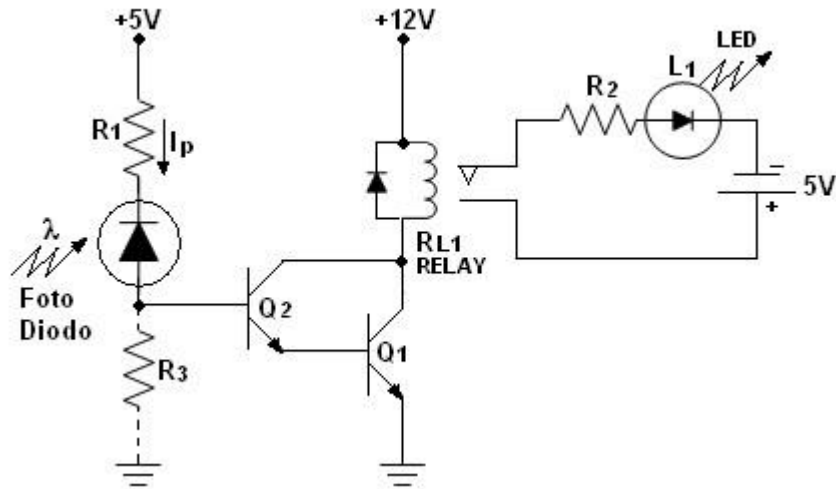
$$V_{ce} = 0$$

$$I_c = \frac{5 - 1.5}{R_1} = \beta I_B = \frac{V_{in}}{R_B} \beta = 1A$$

$$R_1 = 3.5\Omega$$

$$R_B = 500$$

Circuito receptor:



Cálculos

- a. Garantizaremos saturación para la configuración de transistores en cascada, asumiendo que los transistores son iguales

$$\begin{aligned} I_{C1} &= \beta I_{B1} \\ I_{C2} &= \beta I_{B2} = I_{E2} - I_{B2} \\ I_{C1} &= \beta^2 I_{B2} \end{aligned}$$

- b. La corriente que activa el Relé debe ser mínimo de 20mA

$$I_{B1} = \frac{I_{C2}}{1000} = 20\mu A$$

- c. La mayor parte de la resistencia se va por el Darlington, realizando la malla para el fotodiodo

$$I_{B2} \approx I_P$$

$$-5V + R1 I_P - 5V = 0$$

$$R_1 = \frac{10}{I_{B2}} = \frac{10}{20\mu A} = 500k$$

- d. El led soporta máximo una corriente de 20mA, así que haremos que circulen 15mA

$$R_2 = \frac{5}{15mA} = 330$$

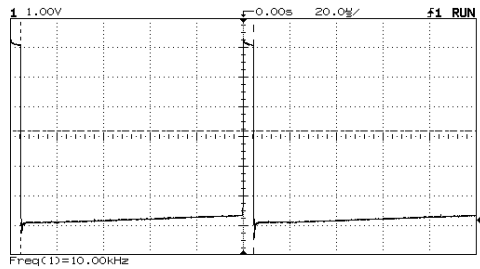


Fig 1. Frecuencia del tren de pulsos.

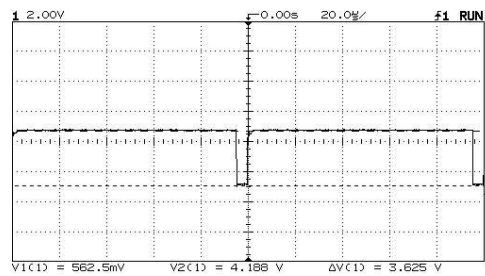


Fig 2. Salida del colector Q1.

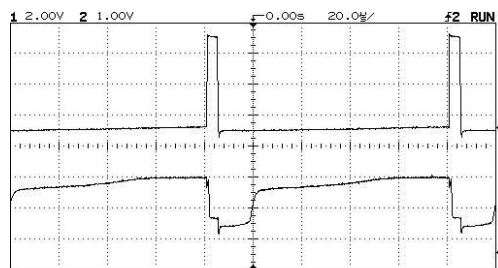


Fig 3. Vin vs colector del TIP.

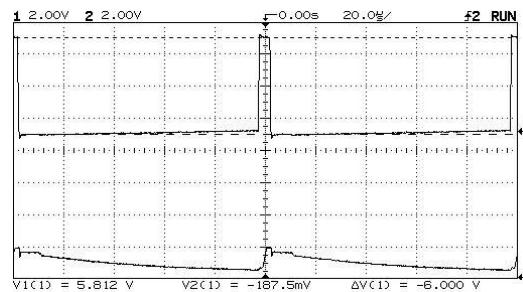


Fig 4. Vin vs Voltaje de emisor del foto transistor.

Conclusiones

- Para garantizar una gran potencia a la salida del transmisor y no quemar el diodo fue necesario implementar un tren de pulsos con un tiempo en alto menor al 20% del periodo, para así garantizar una gran corriente, pero por cortos periodos de tiempo.
- A pesar de que los fototransistores cumplen un funcionamiento muy práctico en el circuito, se presentan diferencias como desfases y perdidas en la transmisión, por esto y dependiendo de la aplicación que se tenga puede ser más fácil optar por un dispositivo de mayor precisión como optoacopladores.
- La utilización de un amplificador Darlington es conveniente para garantizar la corriente necesaria para la activación del relé y producir el suicheo en la salida.

FUENTE DE VOLTAJE PROGRAMABLE TTL

Introducción

Esta fuente de voltaje programable está basada en el circuito integrado LM317, que es un regulador de tensión lineal ajustable capaz de suministrar a su salida en condiciones normales un rango que va desde 1,2 hasta 37 Voltios y una intensidad de 1,5 A. Sus pines son tres: ajuste (ADJ), entrada (IN) y salida (OUT) [1], así:

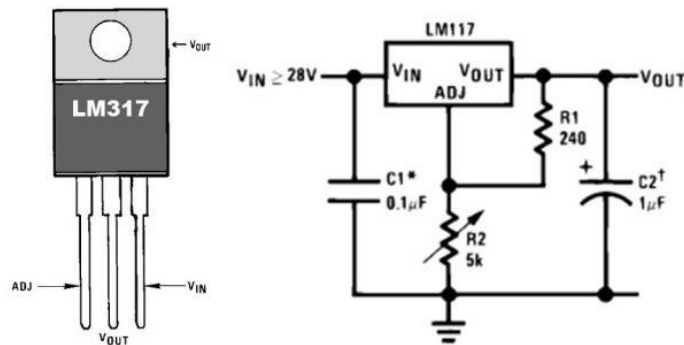


Figura 1. Empaquetado del LM317 y esquema de conexiones para obtener un voltaje variable.

Donde el valor de la salida puede expresarse en términos de las resistencias R_1 y R_i , así:

$$V_{OUT} = 1.25 \left(1 + \frac{R_i}{R_1} \right)$$

Con ayuda de una red de transistores es posible manipular el valor de R_i al conmutar dichos transistores, de manera que puedan obtenerse a la salida del LM317, valores de voltaje diferentes para diferentes valores lógicos de entrada, así:

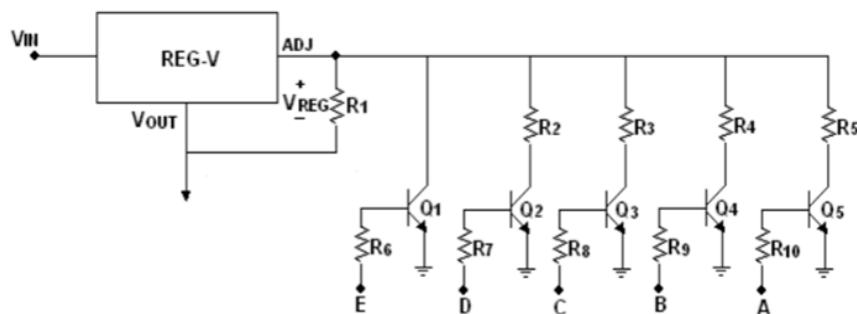


Figura 2. Esquema del circuito utilizado para obtener una fuente de voltaje programable.

El valor de R_1 será de 240Ω .

Cálculos

Se desea obtener para las distintas entradas, los siguientes valores de voltaje a la salida:

$V_{OUT}(V)$
1.25
5.0
9.0
12.0
15.0

Tabla 1. Tablas de diferentes valores esperados a la salida.

Lo primero que hacemos es despejar R_i de la expresión:

$$R_i = R_1 \left(\frac{V_{OUT}}{1.25V} - 1 \right)$$

$$R_i = 240 \left(\frac{V_{OUT}}{1.25V} - 1 \right)$$

Reemplazando V_{OUT} por los valores deseados a la salida obtendremos los valores de las resistencias R_i :

$$R_2 = 240 \left(\frac{5V}{1.25V} - 1 \right) = 720\Omega$$

$$R_3 = 240 \left(\frac{9V}{1.25V} - 1 \right) = 1488\Omega$$

$$R_4 = 240 \left(\frac{12V}{1.25V} - 1 \right) = 2064\Omega$$

$$R_5 = 240 \left(\frac{15V}{1.25V} - 1 \right) = 2640\Omega$$

Ahora hallamos los valores para las resistencias de base de cada transistor.

Teniendo en cuenta que la corriente de ajuste del regulador es de $50\mu A$, realizamos los cálculos de las resistencias aplicando ley de mallas.

Para hallar el valor de la primera resistencia, tenemos:

$$-5V + I_B(R_6) + 0.7V = 0$$

$$R_6 = 1.61M\Omega$$

Ahora para el resto de las resistencias aplicamos mallas desde el pin de salida del regulados hasta cada transistor:

$$-V_{OUT} + V_{REF} + I_{C1}R_i + 0.2V = 0$$

Obtenemos así los siguientes resultados:

$$R_7 = 32.7k\Omega$$

$$R_8 = 31.78k\Omega$$

$$R_9 = 31.55k\Omega$$

$$R_{10} = 31.42k\Omega$$

Resultados

Transistor activo	Voltaje de salida
1	1.29V
2	5.2V
3	9.13V
4	12V
5	15.5V

Conclusiones

- Para obtener voltajes más precisos se requiere utilizar resistencias de mayor precisión o ampliar el circuito permitiendo más valores lógicos.

- Es importante tener en cuenta la relación existente entre el voltaje de salida y el de ajuste en un regulador de voltaje, esta es la ecuación característica.
- Cuando más de una entrada está en 1 el valor de voltaje será el resultado de aplicar la formula teniendo en cuenta que la resistencia del numerador será el paralelo de ambas resistencias.
- Desde fabrica el voltaje máximo en la salida será menor al que se ingresa en la entrada del regulador así que se recomienda para proteger el regulador utilizar una resistencia que fije un valor estático de V_{out} para cuando todas entradas sean cero.

EL TRANSISTOR EN APLICACIONES NO LINEALES

Aplicación

Generación de dientes de sierra lineales aplicables como bases de tiempo o en sistemas de control bajo la técnica PWM (Amplificadores clase “D” Choppers) etc.

Objetivo

Diseño, análisis e implementación de una fuente de corriente constante con carga capacitiva.

Marco teórico resumido

Tomando como base el circuito.

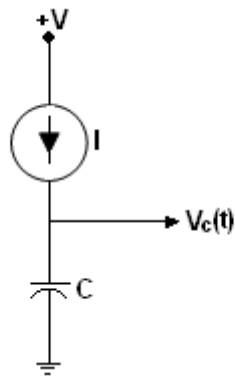


Figura 4.1

Si logramos que $I = cte$.

$$V_c(t) = \frac{I}{C}t \quad V_c(t) = \frac{1}{C} \int_0^t I dt$$

Gráficamente tendremos:

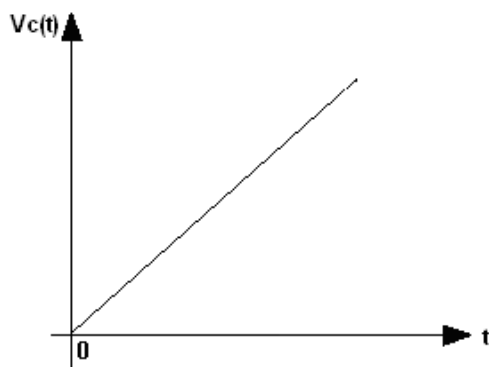


Figura 4.2

En esta grafica la pendiente de carga será función de la magnitud de la corriente de carga "I" y del capacitor "C" y que será variable dependiente de la aplicación a la cual vaya dirigida esta generación.

También la periodicidad será producto de la aplicación en cuestión.

Un generador de diente de sierra típico corresponde al siguiente modelo circuital.

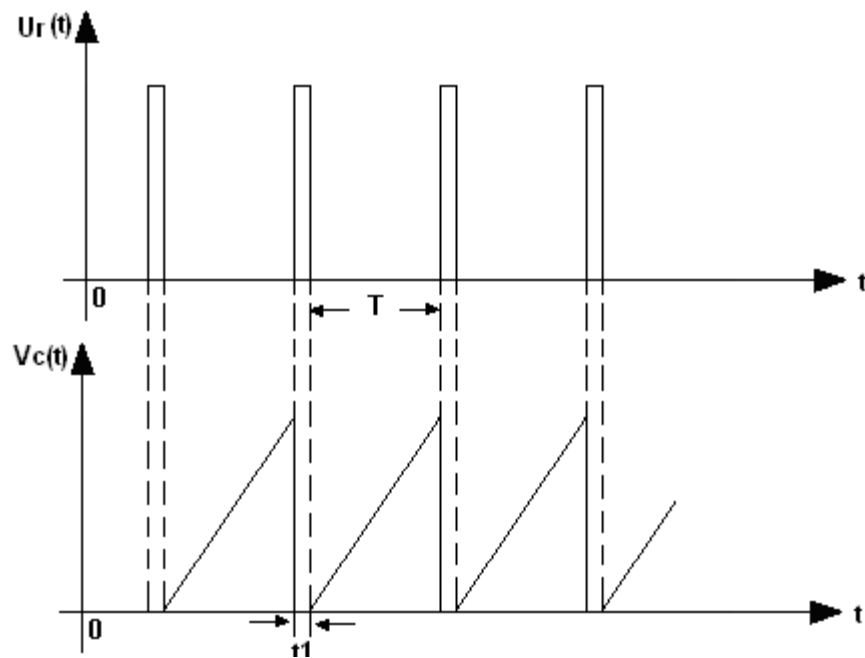


Figura 4.3

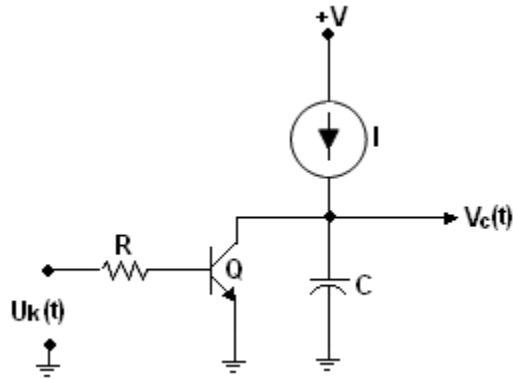


Figura 4.4

Para este arreglo:

$$\delta = \frac{t_1}{T} \text{ El cual para lograr alta resolución deberá ser } < 1\%, (t_1 \ll T).$$

$U_k(t)$ Deberá ser generada a partir de un circuito astable que reúna las condiciones de ciclo de dureza atrás anotadas.

Circuito recomendado

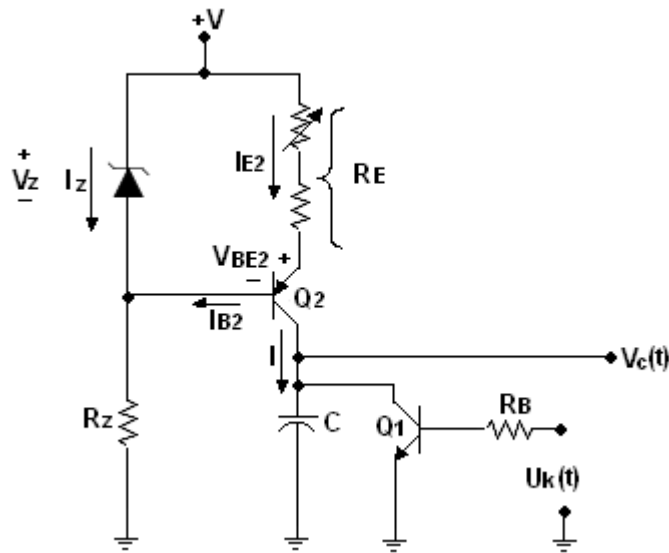


Figura 4.5

Para este arreglo:

$$V_c(t) = \frac{I}{C}T$$

Ejemplo de diseño:

$$V_c(t)_p = 5V$$

$$\frac{1}{T} = 10KHz$$

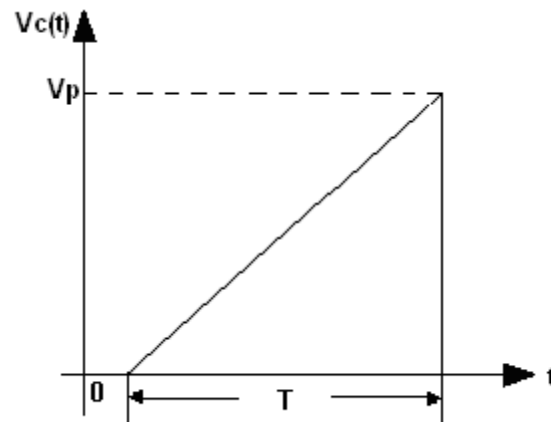


Figura 4.6

Elegimos inicialmente: $C = 0.1\mu f$

$$I = \frac{V_p C}{T} = 5 * 10^{-3} A$$

Tenemos también que:

$$I = I_E - I_{B2}$$

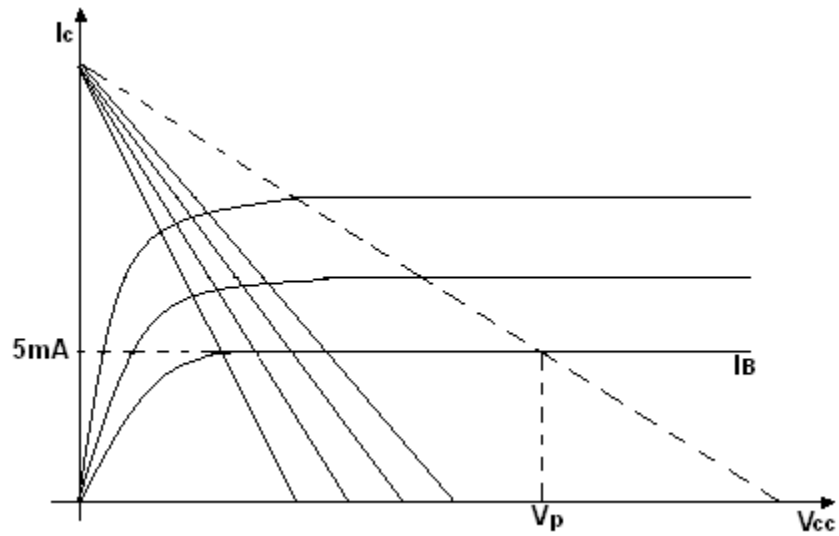


Figura 4.7

Para este punto de funcionamiento promedio:

$$\begin{aligned}
 I_c &= 5mA \\
 \beta_{TIP} &= 100(\text{sup u esto}) \\
 I_{B2} &= \frac{5 * 10^{-3}}{100} = 50\mu A \\
 I_E &\approx 5 * 10^{-3}
 \end{aligned}$$

Tomando:

$$\begin{aligned}
 V_{BE2} &= 0.65v \\
 V_Z &= 4.7v \\
 I_Z &= 12mA
 \end{aligned}$$

Tenemos:

$$\begin{aligned}
 R_E &= \frac{V_Z - V_{BE2}}{I_E} \\
 \Rightarrow R_E &= 810\Omega
 \end{aligned}$$

Requiriéndose que $V_{cc} > V_Z + V_p$

$$\begin{aligned}
 V_{cc} &> V_Z + V_p \\
 \Rightarrow V_{cc} &= 12v \\
 \Rightarrow V_{RZ} &= V_{cc} - V_Z \\
 V_{RZ} &= 7.3v \\
 R_Z &\cong \frac{V_{RZ}}{I_Z} * 10^3 = 608\Omega
 \end{aligned}$$

RESULTADOS:

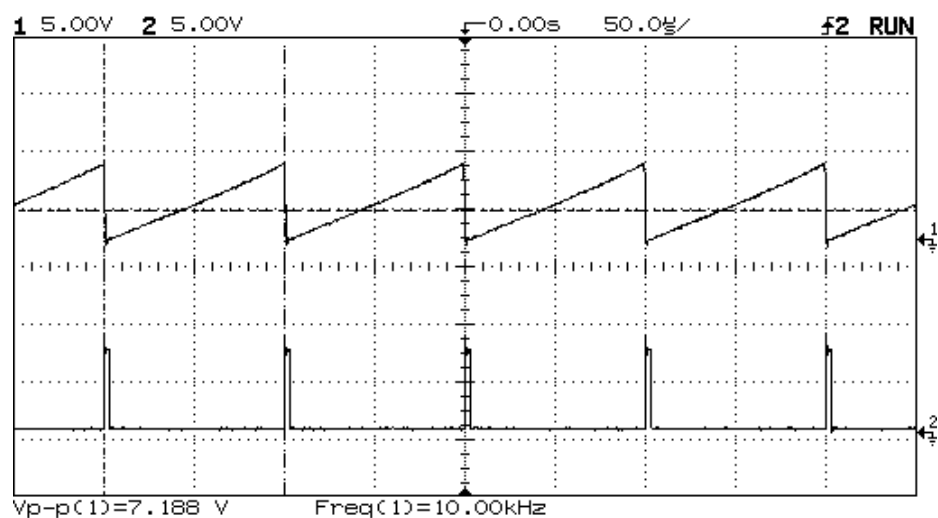


Figura 4.8. Formas de onda $V_c(t)$ y $U_k(t)$.

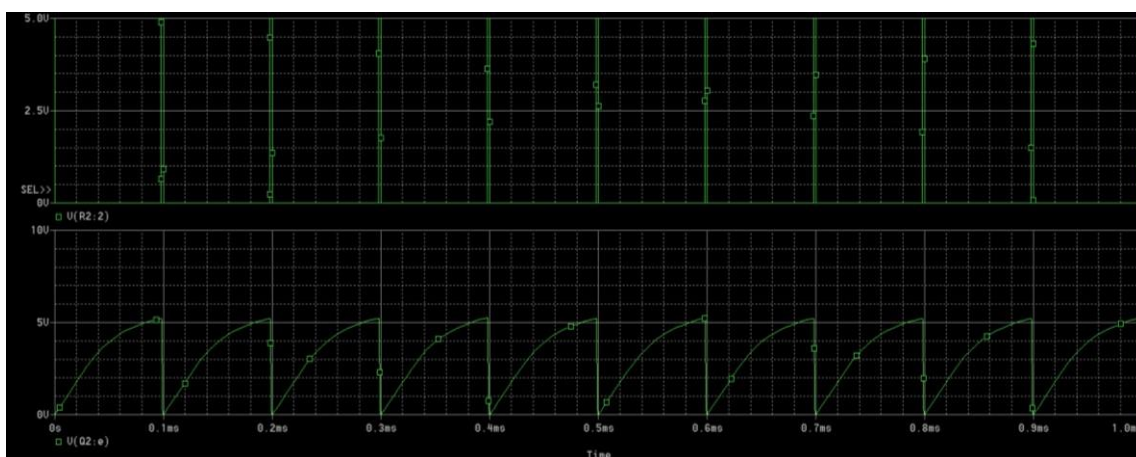


Figura 4.9. Formas de onda $V_c(t)$ y $U_k(t)$.

Conclusiones

- La primera sección del circuito (Q2) corresponde a la fuente constante de corriente que alimentara al capacitor C, esta configuración permite elegir la corriente en el colector del transistor, la cual se da mediante la ubicación de un diodo Zener para facilitar el proceso.
- La resistencia RB tiene un rango de funcionamiento que garantiza la saturación del transistor, por lo tanto, no ha de ser necesariamente exacto.
- La resistencia Raz tiene como función limitar la corriente del diodo Zener para que esta no sobrepase su corriente máxima, en este caso es alrededor de 100mA.
- Se puede sustituir el diodo Zener por una resistencia, aunque esta implica cálculos diferentes para garantizar el valor de la corriente constante en la salida.

- Debido a variaciones en la fabricación del transistor y los demás componentes, la corriente “constante” con la que se debe cargar el capacitor contiene imprecisiones, lo cual afecta el voltaje de salida.
- El tiempo de subida de la señal de entrada, además del tiempo de respuesta del transistor Q1 deforman la salida ligeramente, por lo que no se obtiene una forma de diente de sierra ideal.
- En el modelo se tiene que la carga del capacitor es una aproximación a una línea recta con pendiente $1/c$, en la realidad se sabe que esta está definida por una función exponencial, de ahí que, si el intervalo de tiempo crece mucho o la corriente que carga el capacitor es muy baja, se empezara a manifestar este comportamiento.
- El valor de la capacitancia C escogido arbitrariamente y en base a este, se calcula o escogen los demás elementos para garantizar que el capacitor se cargara antes de terminar su ciclo de carga y se descargara rápidamente, con el fin de obtener la forma de onda deseada.

CONVERSOR ANÁLOGO DIGITAL

Procedimiento

En el laboratorio se utilizó el conversor Analogo-Digital de la tarjeta arduino con el objetivo de estudiar el funcionamiento de estos, en el puerto de entrada analogo (A0) se conectó la salida de un potenciómetro conectado a una fuente de alimentación, con el potenciómetro se variaba el voltaje de entrada desde 0 a 5 voltios y se observaba como en el puerto serial aparecía un numero del 0 al 1023 dependiendo del voltaje de ingresado a la tarjeta.

El valor mayor era el 1023 debido a que en la asignación del trabajo se dio la instrucción que el conversor debía tener 10bits de precisión, se obtiene de la formula $V_{m\acute{a}x} = 2^n - 1$, donde n es el número de bits de precisión para la representación.

$$V_{m\acute{a}x} = 1023.$$

La variación de voltaje que existia entre dos bits consecutivos es la siguiente: $\Delta V = \frac{V_{max}}{2^n}$.
 $\Delta V = 0.0048828125$

El voltaje esperado se puede calcular con la siguiente formula: $V = \left(\frac{V_{max}}{2^n}\right) * V_{in}$.

Resultados

En la siguiente tabla se muestra el voltaje de entrada, el valor obtenido con el conversor de Arduino, el valor esperado, y el error entre el voltaje esperado y el obtenido:

Vin	Vo Experimental	Vo Teorico	Error %
5	1023	1023	0
4.5	915	921	0.8
4	837	818	2.7
3.5	694	696	0.4
3	615	614	0.1
2.5	512	512	0
2	404	407	1.2
1.5	301	307	2
1	203	205	0.5
0.5	100	102	0.02
0	0	0	0

Conclusiones

- Los conversores Análogo-Digitales son de suma importancia dado que para poder trabajar con sistemas digitales es necesario tener una señal cuantizada, en la que cada valor de cuantización tenga una asignación binaria específica.
- Los bits obtenidos a la salida del conversor son un reflejo lo más exacto posible del valor analógico correspondiente.
- Si el conversor está situado a la salida de un sensor que casi siempre tienen una señal de amplitud débil es esencial que en la etapa de conversión no se genere un nivel de ruido que impida la conversión real de la señal de entrada.

DISEÑO, ANÁLISIS E IMPLEMENTACIÓN DE AMPLIFICADOR AISLADOR

Procedimiento

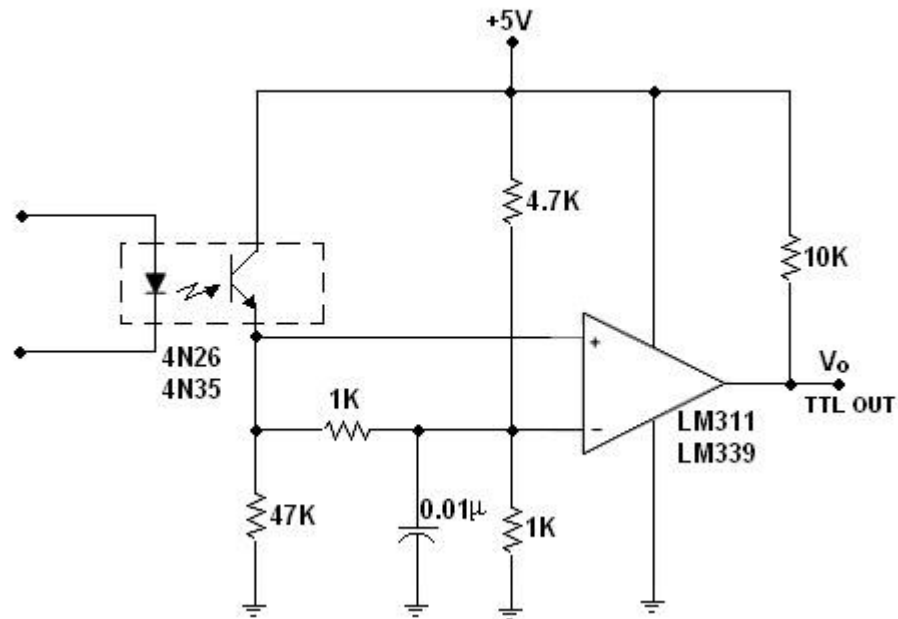


Fig 1. Montaje realizado en la practica

Este fue el circuito recomendado por la guía para montar, usando una $R_{be} = 47K\Omega$ y $R_1 = 220\Omega$.

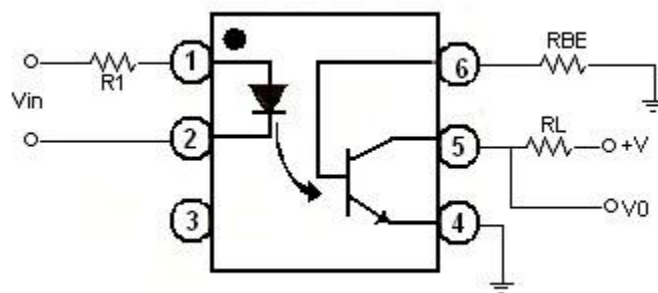


Fig 2. Optoacoplador 4n25

Con una señal cuadrada 5Vpp y un offset de 2.5V a una frecuencia de 10kHz y un 20% de dureza.

Resultados

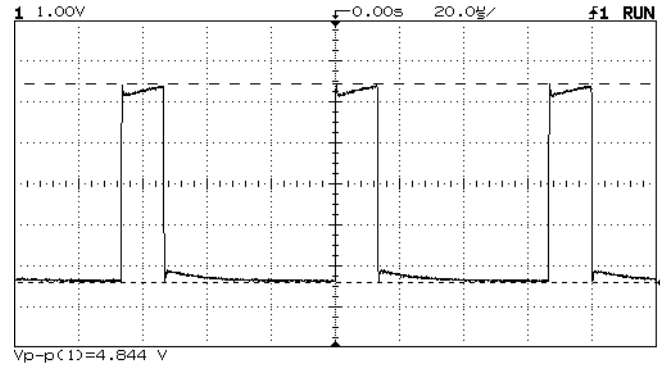


Fig 3. Grafica del voltaje de entrada.

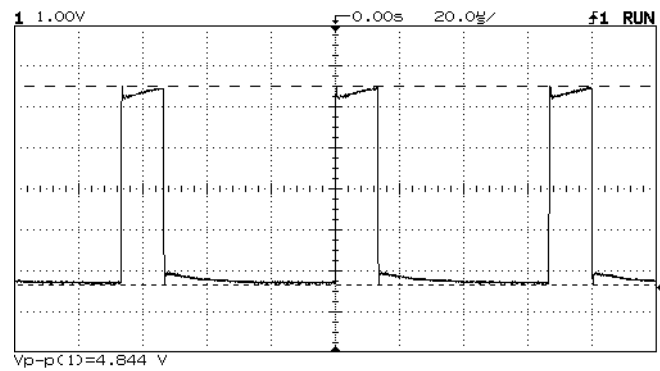


Fig 4. Grafica del voltaje de salida.

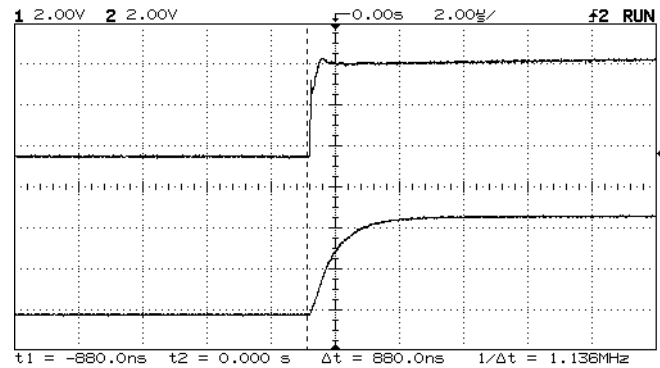


Fig 5. Grafica del desfase entre las señales de entrada y salida.

Conclusiones

- El uso de optoacopladores permite aislar circuitos (o separar sus tierras) para que los posibles efectos que se presentan en uno debido a capacitancias parasitas y otros fenómenos no afecten el otro circuito.

- Si es necesario trabajar con altas velocidades, los elementos electrónicos pueden presentar retrasos perceptibles debido a la velocidad que tardan en responder a los impulsos.
- Los optoacopladores también sirven para aislar circuitos de control de señales que normalmente trabajan con bajas corrientes y bajas tensiones de las etapas de potencia de un circuito.

DETECTOR DE CRUCE POR CERO (RED 60Hz- 120V_{AC}), EMPLEADO COMO ELEMENTO DE CONTROL DE DISPARO DE TRIACS CON CARGA RESISTIVA.

Teniendo presente la necesidad de control y acople de sistemas eléctricos con señales de bajas amplitudes e impedancias, se pretende establecer un disparo o swicheo mediante el uso del TRIAC y Optoaisladores, en operación de “Zero Switching” para cargas resistivas a levados voltajes, estableciendo un sistema óptimo de sincronización con la red.

Introducción

En nuestro caso la necesidad o razón de detectar el cruce por cero de la red puede considerarse como dependiente de la aplicación, o de la necesidad de introducir sincronismo con la red (60Hz/120V).

Para el disparo del elemento de control de potencia “TRIAC2, ya sea para que el momento de iniciación de conducción (disparo) se produzca a partir del cero detectado (control por fase) o en el instante cero con lo cual es posible reducir la generación de armónicos de potencia del conjunto y que es proporcional al ángulo de disparo “ α ” ó retardo a partir del cero detectado.

Si el disparo se produce en proximidades del cero detectado es posible tener control de potencia sobre la carga en la modalidad on-off.

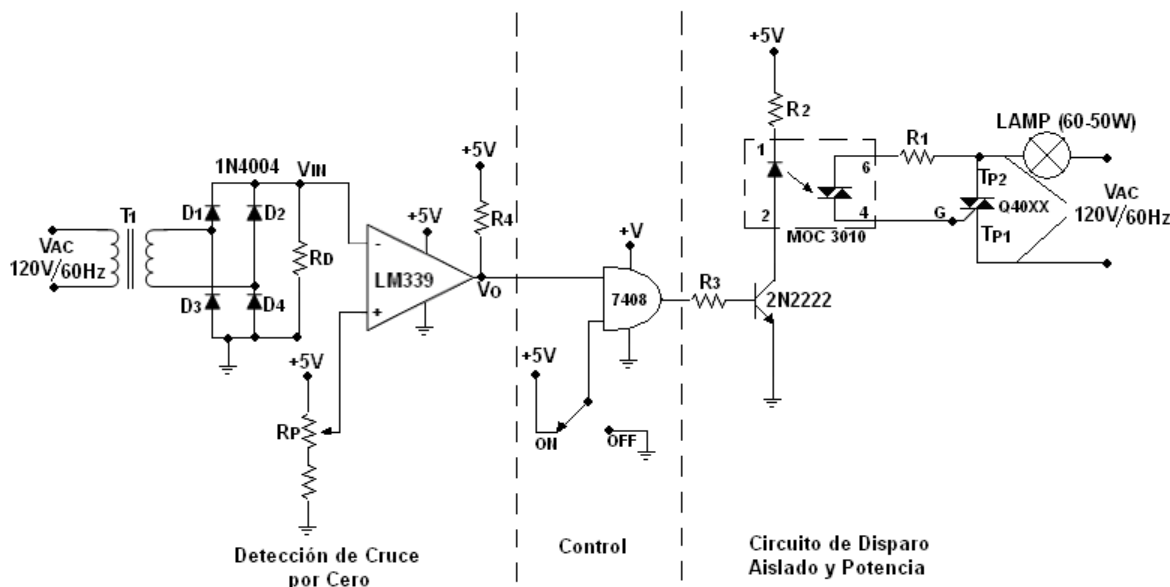


Figura 1. Esquemático del circuito.

Montaje

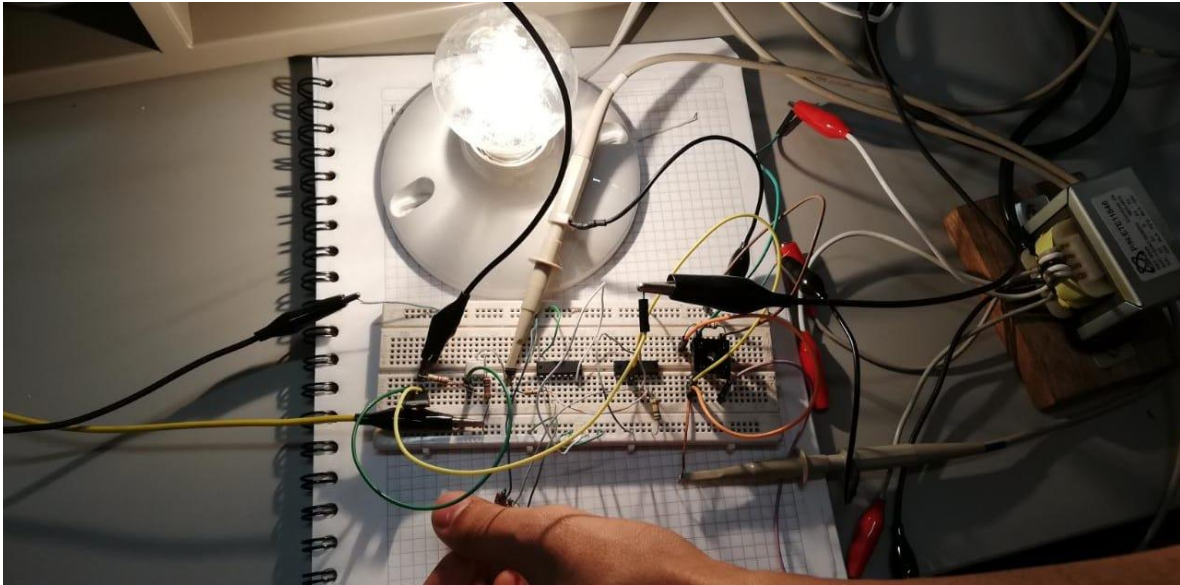


Figura 2. Foto del montaje del circuito.

Resultados

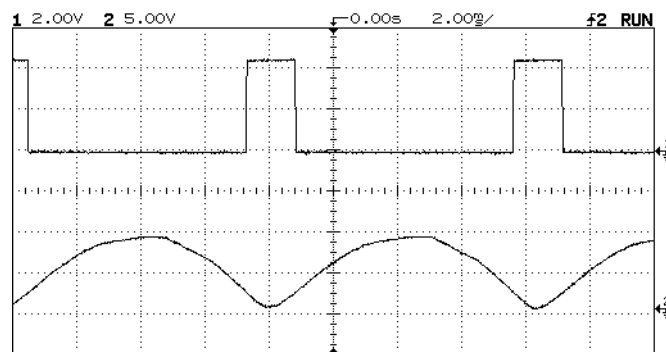


Figura 3. Señal de salida del comparador.

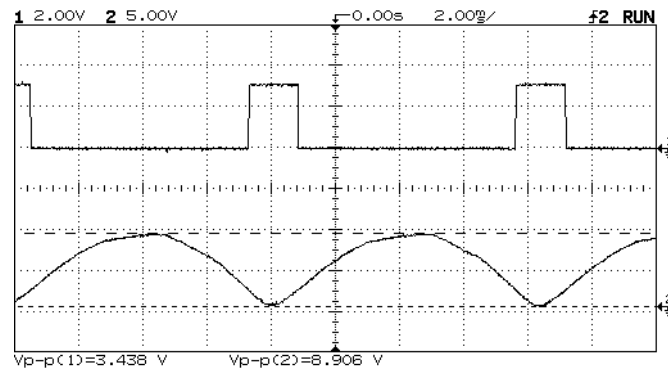


Figura 4. Señal de salida de la compuerta lógica 7408.

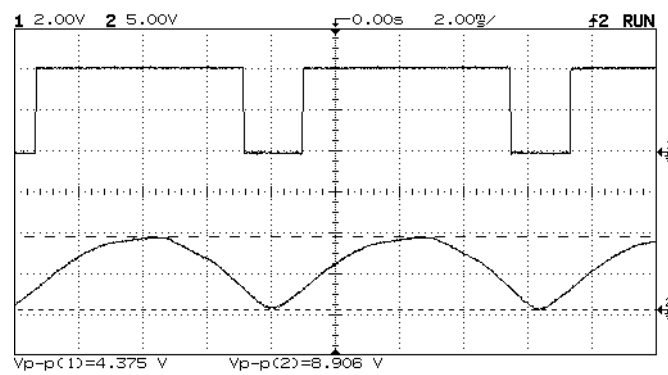


Figura 5. Señal de salida del colector del transistor.

Simulación

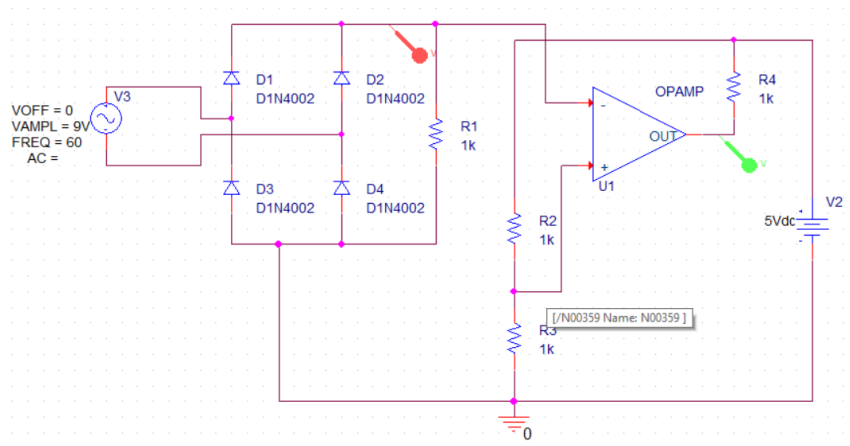


Figura 6. Esquemático del montaje en el simulador.

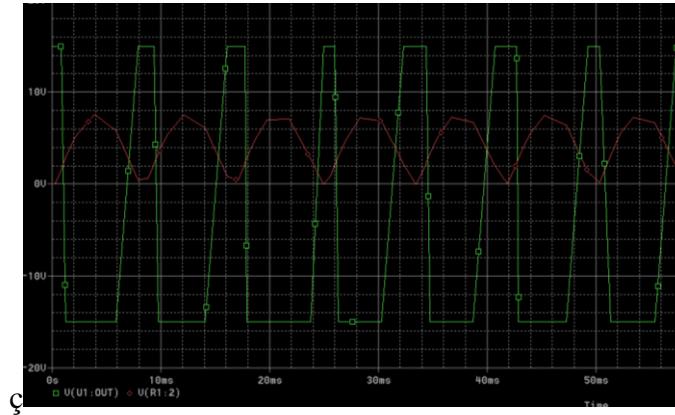


Figura 7. Señal de salida del comparador en verde y del puente de diodos en rojo.

Conclusiones

- El optoacoplador es muy útil debido a que nos ayuda a física y eléctricamente las etapas del circuito.
- El triac es muy útil ya que nos permite separar la etapa de control con la de etapa de potencia brindándonos protección para esta, que por lo general es más sensible a picos de voltaje y corriente altos.
- La compuerta lógica funciona como suiche, ya que al llevarse a tierra la salida será cero
- La resistencia RD se pone con el objetivo de disminuir la corriente que ingresa al circuito.
- Este tipo de configuración, que establece la de detección de cruce por cero es aplicado en la industria para realizar detecciones sincronas y comparación de señales AC, tanto para elementos mecánicos, controlando su velocidad y aplicaciones varias en control eléctrico.
- El 2N2222 ayuda a garantizar la corriente que activara el led interno del optoacoplador.
- La frecuencia de salida del circuito afectara la intensidad con la que brilla la lampara, la cual utiliza un triac, el cual tiene un tiempo de respuesta mucho menor al de un relé, el cual contiene partes móviles.

MOTORES PASO A PASO

Marco teórico

Los motores paso a paso, al igual que otros motores, se caracterizan por convertir energía eléctrica en energía mecánica, lo que diferencia a los paso a paso o stepper (en inglés) es que son ideales para hacer movimientos de muy alta precisión, pues es posible moverlos un solo paso a la vez y este paso puede variar desde un ángulo de 90° hasta uno de tan solo 0.9° , con lo cual, en el primer caso, para dar una vuelta completa (360°) requiere 4 pasos; y en el segundo caso, requiere de 400 pasos.

Otra de sus características es que pueden permanecer enclavados en una posición fija o completamente libres, el primer caso se da si una o varias de sus bobinas están excitadas y el segundo si ninguna lo está. Una bobina estará excitada si por ella circula corriente.

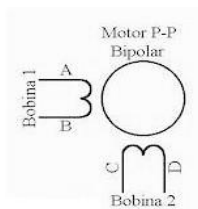
Análisis

Un motor PAP tiene dos partes fundamentales: el rotor y el estator. En el rotor se encuentran uno o varios imanes permanentes y en el estator varias bobinas, las cuales son excitadas externamente para generar el movimiento. Cuando por una bobina circula corriente, se genera un campo electromagnético y el imán del rotor reorienta sus polos norte – sur con los sur – norte del campo generado por la bobina, esto lo hace hasta llegar a un punto de equilibrio. Si se sigue excitando la misma bobina, el motor queda enclavado a una posición, pero si se excitan otras bobinas, el rotor se moverá, buscando el equilibrio.

Hay dos tipos de motores PAP de imanes permanentes: unipolares y bipolares.

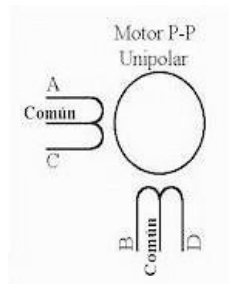
- **Bipolares:**

Estos motores tienen dos bobinas y cuatro cables de salida. Para su control se requiere del cambio del flujo de corriente por sus bobinas, por lo cual es necesario emplear un puente H por cada una. Lograr una secuencia correcta de este tipo de motores es más complicado que los unipolares.



- **Unipolares:**

Estos motores tienen cuatro bobinas y por ello, cinco o seis cables de salida, dependiendo de su conexión interna (5 si tiene unidos internamente los dos comunes o 6 si no). Estos motores son más simples de controlar. Para controlarlo, se requiere de un microcontrolador y un driver de potencia. Para esta práctica se recomienda emplear el ULN2803.



Para controlar estos motores existen tres secuencias posibles: excitando dos bobinas a la vez, lo cual da mayor torque; excitando una bobina a la vez y la secuencia de medio paso.

Secuencia normal: Se excitan las bobinas en orden, una vez ejecutado el paso 4, sigue el paso 1 (12341234...). Para invertir el sentido de giro, se invierte la ejecución de la secuencia (43214321...).

PASO	Bobina A	Bobina B	Bobina C	Bobina D	
1	ON	ON	OFF	OFF	
2	OFF	ON	ON	OFF	
3	OFF	OFF	ON	ON	
4	ON	OFF	OFF	ON	

Figura 3. Secuencia normal.

Secuencia de una sola bobina: Se excitan las bobinas en orden, una vez ejecutado el paso 4, sigue el paso 1 (12341234...). Para invertir el sentido de giro, se invierte la ejecución de la secuencia (43214321...).

PASO	Bobina A	Bobina B	Bobina C	Bobina D	
1	ON	OFF	OFF	OFF	
2	OFF	ON	OFF	OFF	
3	OFF	OFF	ON	OFF	
4	OFF	OFF	OFF	ON	

Figura 4. Secuencia una bobina.

Secuencia de medio paso: Esta secuencia es una combinación de las dos anteriores, en cada paso se da medio paso real. Se excitan las bobinas de la misma manera que en los casos anteriores.

PASO	Bobina A	Bobina B	Bobina C	Bobina D		PASO	Bobina A	Bobina B	Bobina C	Bobina D	
1	ON	OFF	OFF	OFF		5	OFF	OFF	ON	OFF	
2	ON	ON	OFF	OFF		6	OFF	OFF	ON	ON	
3	OFF	ON	OFF	OFF		7	OFF	OFF	OFF	ON	
4	OFF	ON	ON	OFF		8	ON	OFF	OFF	ON	

Figura 5. Secuencia medio paso.

Identificación de cables

Para que el motor pueda ejecutar adecuadamente alguna de las secuencias presentadas anteriormente, se requiere identificar el orden de las bobinas (A, B, C, D) y el común. A continuación, se presentan los pasos a seguir para hacerlo:

1. Identificar el común: para esto se debe tener en cuenta si el motor es de 5 o 6 cables. Si es de 5, se mide la resistencia entre todos los cables, el que da aproximadamente la mitad de la resistencia con todos los demás, es el común. Si

es de 6, normalmente los comunes son del mismo color, en caso de que no, se hace lo mismo que para 5, pero teniendo en cuenta que en este caso la resistencia da la mitad solo con un par de cables.

2. Si el motor tiene 6 cables, una los dos comunes.
3. Conectar a VCC (5 a 12V, según el motor) el común.
4. Definir un cable como la bobina A y llevarlo a tierra.
5. Probar con cuál de los otros cables el motor da un paso en sentido anti horario, esa es la bobina B.
6. Dejar solo la bobina A a tierra y probar con qué cable el motor da un paso en sentido horario, esta será la bobina D.
7. Por descarte, la bobina restante será la C.

Resultado

#Pasos	Grados
4	1
30	5
90	15
180	30
270	45
360	60
720	120

Se observa de la primera tabla que a los grados y los pasos tienen un cierto grado de linealidad que se cuasi mantiene sin importar el número de paso la relación número de grados entre el número de pasos es aproximadamente 0,16

Grados	Error (grados)	Error (%)
9	8,5	5%
18	19	5%
90	88	2%

180	175	3%
10	9	1%
50	50	0%
100	98	2%
250	252	1%

Se observa que el error en el ángulo es un valor muy pequeño y variable entre 0 y 5%, lo cual es un valor bastante despreciable.

Conclusiones

- Los motores paso a paso son realmente precisos, lo cual es bastante útil en aplicaciones que requieran posiciones específicas de un eje, y presenta una ventaja con respecto a los servo-motores, ya que su velocidad es configurable y son capaces de moverse en los 360 grados
- Se puede configurar el motor para dar determinados pasos o ángulos según la necesidad.