



UNIVERSIDAD CATÓLICA BOLIVIANA "SAN PABLO"
Unidad Académica Regional La Paz
Carrera de Ingeniería Mecatrónica

Facultad de Ingeniería
Semestre I-2023

UNIVERSIDAD CATÓLICA BOLIVIANA "SAN PABLO"

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA



SENSOR DE PROXIMIDAD INFRARROJO DIFUSO REFLECTIVO PARA APLICACIONES INDUSTRIALES

Integrantes:

Brayan Gerson Durán Toconás

Alexander Ramiro Mujica Reyanga

Docente:

Ing. Freddy Fernando Ferrufino Gutierrez

Materia:

Instrumentación Industrial - IMT 247

La Paz - Bolivia

2023

Sensor de proximidad infrarrojo difuso reflectivo para aplicaciones industriales

Brayan Duran T. , Miembro, IEEE,UCB & Alexander Mujica R. , Miembro, IEEE,UCB

Abstract—Este informe tiene como objetivo presentar el diseño, construcción, resultados y conclusiones de un Sensor de proximidad infrarrojo difuso reflectivo para aplicaciones industriales. El informe está estructurado en torno a los siguientes subtítulos: Introducción, Descripción de la variable a medir, Descripción del principio de funcionamiento, Componentes, Circuito, Diseño del housing, Terminales, Hoja de datos, Resultados obtenidos, Conclusiones. Se proporcionará una descripción detallada de cada uno de estos aspectos, cubriendo los puntos de diseño, construcción, resultado y conclusiones del sensor. Se incluirán también las implicaciones del sensor en las aplicaciones industriales y las posibles mejoras para futuros diseños.

Index Terms—Automatización, Capacitores de acoplamiento, Control de procesos, Datos experimentales, Diseño de circuitos, Diseño modular, Electrónica, Fiabilidad del diseño, Filtros ópticos, Infrarrojo, Instrumentación, Leds emisores, Proximidad, Señales digitales, Sensor de proximidad, Sensor difuso.

I. INTRODUCCIÓN

Los sensores de proximidad infrarrojo difuso reflectivo son dispositivos ampliamente utilizados en aplicaciones industriales. Estos sensores son capaces de detectar objetos cercanos sin necesidad de contacto físico, lo que los convierte en una herramienta valiosa en entornos industriales donde la precisión y la velocidad de respuesta son fundamentales. En este informe se detalla el diseño y construcción de un sensor de proximidad infrarrojo difuso reflectivo, así como los resultados obtenidos y las conclusiones derivadas del proyecto. A continuación, se describen los puntos que se cubrirán en el informe:

- Descripción de la variable a medir: En este apartado se describirá la variable de proximidad que se medirá con el sensor y se explicará su importancia en las aplicaciones industriales.
- Descripción del principio de funcionamiento: Se detallará el principio de funcionamiento del sensor de proximidad infrarrojo difuso reflectivo, incluyendo cómo detecta la variable de proximidad.
- Componentes: Se presentarán los componentes utilizados en el diseño del sensor, incluyendo los sensores infrarrojos, los transistores, los resistores, los capacitores y los conectores.

- Circuito: Se mostrará el esquema del circuito, como también el diseño PCB utilizado en el sensor, incluyendo una explicación detallada de su funcionamiento.
- Diseño del housing: Se describirá el diseño del housing del sensor, incluyendo el material utilizado, las consideraciones de diseño CAD y diseño final del CAD.
- Terminales: Se presentarán los terminales utilizados en el sensor, incluyendo una descripción detallada de su funcionamiento.
- Hoja de datos: Se incluirá una hoja de datos en tablas que describirá las características técnicas del sensor, incluyendo su rango de medición, precisión y velocidad de respuesta.
- Resultados obtenidos: Se presentarán los resultados obtenidos durante las pruebas del sensor, incluyendo la precisión de las mediciones y la estabilidad del sensor.
- Conclusiones: Se resumirán los resultados del informe y se presentarán las conclusiones finales, incluyendo las implicaciones del sensor en las aplicaciones industriales y las posibles mejoras para futuros diseños.

II. DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE

En el marco de este informe, la variable física que abarca el sensor es la distancia, la cual se expresa en unidades de longitud, principalmente en milímetros y centímetros. La distancia es una magnitud escalar en física y matemáticas, que se mide en unidades de longitud y se puede entender como el camino entre un punto de origen A y un punto de destino B. Este trayecto, por lo general, equivale a la longitud de una recta que une dos puntos, estando en un plano euclídeo. En el contexto industrial, la medición precisa y confiable de la distancia es fundamental para una amplia variedad de aplicaciones, como el control de calidad en la producción, la medición de posición de objetos en movimiento, la detección de obstáculos y la seguridad en la maquinaria y los equipos. El sensor de proximidad infrarrojo difuso reflectivo es capaz de detectar la distancia entre un objeto y el sensor mediante la emisión de un haz de luz infrarroja, que se refleja en el objeto y se detecta por el sensor,

permitiendo así una medición precisa, directa y confiable de la distancia en aplicaciones industriales.

A. Objetivo

El objetivo de la medición es establecer una distancia deseada mediante un potenciómetro y permitir que el sensor pueda cambiar de estado cuando se alcanza dicha distancia establecida. Por tanto, el propósito principal es la medición precisa de la distancia previamente configurada.

B. Medición de la variable

La medición de la distancia a través del sensor de proximidad infrarrojo difuso reflectivo se realizará mediante un diodo emisor de luz (LED) y una salida de 24V que se activará cuando un objeto se encuentre dentro de la distancia previamente configurada mediante un potenciómetro. Para garantizar la precisión de la medición, se utilizará un instrumento de medición adecuado, como un flexómetro, un vernier u otro dispositivo de medición de longitud. De esta manera, se podrá obtener una medición precisa de la distancia y se activará la salida de 24V en el momento adecuado, lo que permitirá su utilización en diversas aplicaciones industriales.

III. DESCRIPCIÓN DEL PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

La descripción del principio de funcionamiento del sensor de proximidad infrarrojo difuso reflectivo es fundamental para entender su funcionamiento. El sensor opera mediante la reflexión directa de la luz infrarroja, es decir, se requiere de una fuente de luz infrarroja que sea capaz de rebotar en cualquier objeto y que la misma sea detectada por un componente receptor de luz infrarroja. Esta técnica se basa en el uso de un emisor infrarrojo que emite luz en una dirección, la cual es reflejada por el objeto y recibida por el receptor infrarrojo. La medición de la distancia entre el sensor y el objeto se realiza a través de la intensidad de la luz infrarroja que es recibida por el componente receptor. Para una mejor comprensión del tema, se presenta a continuación un diagrama que ilustra el funcionamiento del sensor infrarrojo difuso reflectivo en cuestión.

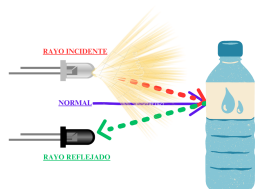


Fig. 1. Diagrama físico ilustrativo

La imagen previamente presentada ilustra el funcionamiento del sensor de proximidad infrarrojo difuso reflectivo, en el cual el emisor produce una luz que se refleja en el objeto con el mismo ángulo del emisor respecto a la normal. Posteriormente, la luz reflejada es recibida por el receptor que se encuentra en la parte inferior del sensor. Es importante mencionar que el ángulo de reflexión es igual al ángulo de incidencia, como lo dicta la ley de reflexión de la luz. Este fenómeno se aprovecha para la detección de objetos, ya que la intensidad de la luz recibida por el receptor está relacionada con la distancia entre ambos y la detección.

La reflexión de la luz es un fenómeno físico que se produce cuando la luz incide sobre una superficie y parte de ella regresa al medio del que provenía.

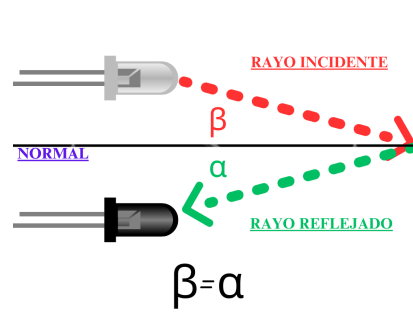


Fig. 2. Diagrama ilustrativo de la reflexión

El ángulo de incidencia y el ángulo de reflexión son iguales y ambos se miden con respecto a la normal a la superficie en el punto de incidencia, como se puede observar en la figura 2. En el caso del sensor de proximidad infrarrojo difuso reflectivo, el principio de funcionamiento se basa en la reflexión directa de la luz infrarroja emitida por el LED. Esta luz es reflejada por el objeto y captada por el receptor del sensor. La intensidad de la luz recibida en el receptor es proporcional a la distancia entre el sensor y el objeto, y es utilizada para determinar si el objeto se encuentra a una distancia previamente configurada. Es importante destacar que el ángulo de las luces infrarrojas emitidas y recibidas juega un papel crucial en la medición precisa de la distancia entre el sensor y el objeto.

IV. COMPONENTES

A continuación se presentará la lista de materiales necesarios para la construcción del sensor de proximidad infrarrojo difuso reflectivo, junto con una explicación detallada de los materiales más relevantes para su funcionamiento óptimo.

A. Componentes electrónicos

A continuación, se presentará una tabla que muestra la cantidad y el código de cada uno de los componentes electrónicos utilizados en el proyecto.

Category	Quantity	Value
Capacitors	7	1nF
Capacitors	4	1uF
Capacitors	1	1uF/2.2nf
Capacitors	1	10nF/0.1uf
Capacitors	1	1nF/op
Capacitors	1	0.1uF
Capacitors	2	68nF
Capacitors	1	2.2nF
Capacitors	1	180pF
Capacitors	1	4.7uF
Resistors	1	1.6k/783
Resistors	4	1k
Resistors	1	1M/op
Resistors	1	10k
Resistors	1	100/330
Resistors	1	470
Resistors	2	1M
Resistors	1	2k/3k
Resistors	3	100
Resistors	1	330
Resistors	1	75k
Resistors	1	20k
Resistors	1	1k/560k
Resistors	1	15k
Resistors	1	8.2k
Resistors	1	8.2k/op
Resistors	1	680k/op
Resistors	1	100/22k
Resistors	1	10k/1k
Resistors	2	680
Integrated Circuits	1	NE555
Integrated Circuits	1	PT204-6B
Integrated Circuits	1	LM741
Integrated Circuits	1	LM358N
Integrated Circuits	1	PC817
Integrated Circuits	1	LM317T
Transistors	1	2N3904
Diodes	3	LED
Diodes	2	LED/op
Diodes	2	1N4007
IR DIODES	3	IRLED
Conector	1	24V
Conector	1	Q1
Conector	1	Q2
Conector	1	0V
ResVariable	1	100K
Switch	1	SW

TABLE I

TABLA DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS

Anteriormente, se muestra la tabla de componentes electrónicos en la que se detallan la cantidad y el código de cada uno. Cabe destacar que algunos componentes se encuentran clasificados como opcionales (OP), lo que indica que pueden ser utilizados para obtener una señal diferente. Además, en algunos casos, se presentan dos valores para un mismo componente, y se recomienda utilizar el primer valor para obtener una señal óptima.

El componente más importante para el funcionamiento del sensor es el receptor infrarrojo, ya que será el encargado de detectar la variación en el diferencial de potencial a medida que el objeto se aleje o se acerque. Además, el emisor o led infrarrojo es otro componente

esencial, ya que será la fuente de luz infrarroja necesaria para el proceso de reflexión y detección. Ambos componentes son cruciales para el correcto funcionamiento del sensor de proximidad infrarrojo difuso reflectivo.

B. Componentes físicos

A continuación, se presentará una lista de los materiales físicos necesarios para la construcción del sensor de proximidad infrarrojo difuso reflectivo para aplicaciones industriales.

- Impresión 3D 25% de relleno (3 piezas)
- Tornillos y tuercas de 4mm de diametro y 20mm de largo (10)
- Arandelas de 4mm-10mm o tornillos de 4mm con cabeza en T (4)

Se debe enfatizar que para la realización del prototipo es crucial la correcta fabricación de la carcasa mediante impresión 3D. Esta debe tener un acabado óptimo y las dimensiones exactas especificadas en el diseño CAD. Además, se recomienda que la carcasa tenga un mínimo del 20% de relleno para garantizar una adecuada resistencia y durabilidad del prototipo. Es importante tener en cuenta que la calidad y precisión de la impresión 3D puede afectar significativamente el funcionamiento del dispositivo y, por lo tanto, se deben tomar medidas para asegurar que se realice una impresión de alta calidad.

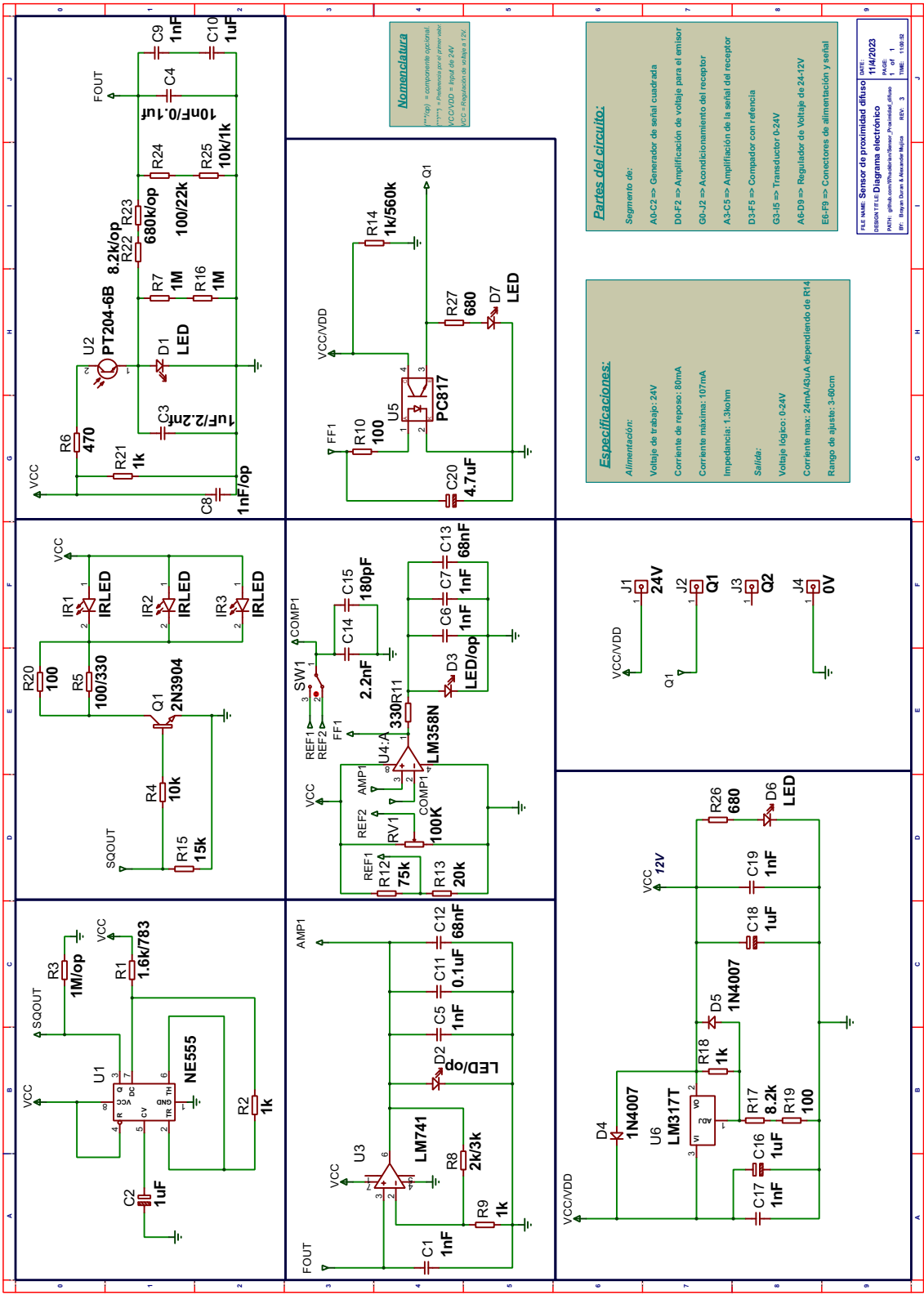
V. CIRCUITO

Rescrito: En esta sección se presentará una explicación detallada del diseño esquemático del circuito, así como del diseño del PCB. También se mencionarán algunas normativas que se consideraron para el diseño, tanto en el diagrama como en la disposición de los componentes en la placa.

A. Diagrama electrónico

Para el diseño del circuito se siguió un enfoque modular, dividiéndolo en diferentes bloques funcionales. Cada uno de estos bloques se diseñó en el software de diseño de esquemas electrónicos PROTEUS-8.12, utilizando símbolos y conexiones estandarizados. Se utilizó el modelo jerárquico para organizar el circuito en diferentes niveles de abstracción, lo que permitió una mejor visualización y comprensión del circuito.

A continuación se presentará el esquema electrónico, el cual representa la distribución y conexión de los componentes electrónicos utilizados en el diseño del circuito. Este esquema es fundamental para entender la funcionalidad y operación del circuito, y para su posterior implementación en la tarjeta PCB:



1) *Funcionamiento:* A continuación, se detallará cada parte del circuito y su función:

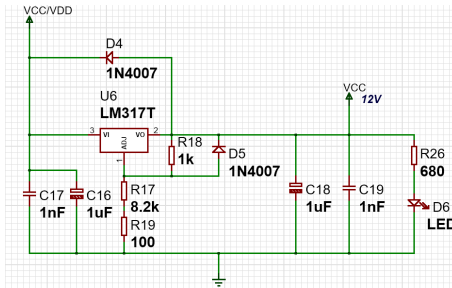


Fig. 3. Regulación de voltaje 24-12V

Donde VCC/VDD es un voltaje de 24V y VCC es una salida regulada a 12V.

Esta sección del circuito tiene como función regular el voltaje que se suministra a la sección analógica del circuito, lo cual es esencial para su correcto funcionamiento. Cuando se alimenta esta sección del circuito con 24V, el LED D6 se enciende con su máximo brillo, lo que indica que está funcionando correctamente.

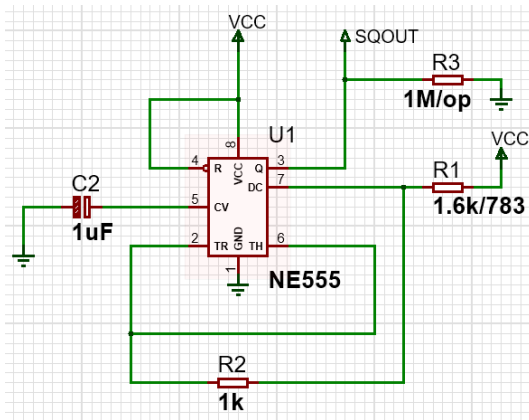


Fig. 4. Generación de ondas cuadradas

Donde el NE555 es el encargado de generar señales periódicas. Se alimenta con 12V por VCC y la salida cuadrada es SQOUT.

Esta sección del circuito tiene la función de generar una señal cuadrada con un ciclo de trabajo y frecuencia definidos a través del circuito astable del NE555. Para establecer las características de la señal, se proponen las siguientes ecuaciones:

$$f = \frac{1.44}{(R1 + 2 \cdot R2) \cdot C} \quad (1)$$

$$Duty\ Cycle = \frac{R1 + R2}{R1 + 2 \cdot R2} \quad (2)$$

Sustituyendo los valores dados, se tiene:

$$f = \frac{1.44}{(1.6k\Omega + 2 \cdot 1k\Omega) \cdot 1\mu F} \approx 446.4\ Hz \quad (3)$$

$$Duty\ Cycle = \frac{1.6k\Omega + 1k\Omega}{1.6k\Omega + 2 \cdot 1k\Omega} = 0.6 \quad (4)$$

Por lo tanto, la frecuencia es de aproximadamente 446.4 Hz y el ciclo de trabajo es de 0.6. El propósito de esta señal es emitir una señal con estas características y posteriormente recibirla para verificar su efectividad.

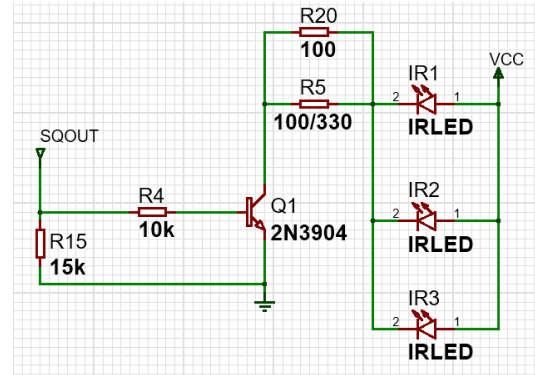


Fig. 5. Emisión de la luz infrarroja

Donde el 2N3904 es el amplificador de corriente para los leds infrarrojos IR1,IR2,IR3.

En esta sección del circuito, se utiliza un circuito colector común con un transistor BJT 2N3904 para amplificar la corriente que se suministra a los LEDs infrarrojos y emitir luz infrarroja. La corriente que circula por los LEDs se puede calcular utilizando las siguientes ecuaciones:

$$I_C = \beta I_B \quad (5)$$

$$V_{R1} = V_{CC} - V_{BE} - V_{R2} \quad (6)$$

$$I_B = \frac{V_{R1}}{R1} \quad (7)$$

$$I_{LED} = I_C = \beta \frac{V_{R1}}{R1} \quad (8)$$

Sustituyendo los valores dados, se tiene:

$$V_{R1} = 12V - 0.65V - 100\Omega \cdot 50mA \approx 6.35V \quad (9)$$

$$I_B = \frac{6.35V}{10k\Omega} \approx 635\mu A \quad (10)$$

$$I_C = \beta I_B = 100 \cdot 635\mu A\ mA = 63.5mA \quad (11)$$

Por lo tanto, la corriente de la base es $I_B \approx 635\mu A$ y la corriente para los LEDs es $I_{LED} = I_C \approx 63.5mA$.

La luz emitida por los LEDs se activa mediante la señal cuadrada generada por el circuito anteriormente mencionado, la cual se aplica a la base del transistor.

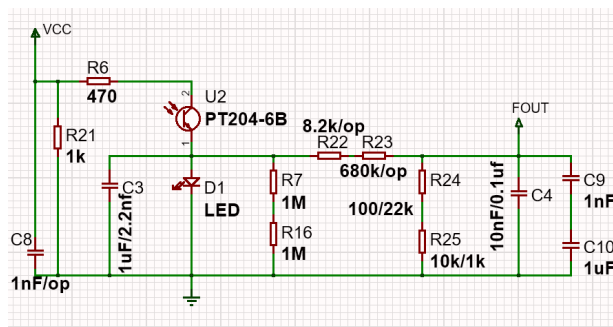


Fig. 6. Receptor de la luz infrarroja

Donde el PT 204-6B es el componente encargado de recibir la luz infrarroja, generar un diferencial de potencial entre sus pines emisor y receptor.

En esta parte del circuito se utiliza un fototransistor PT204-6B para procesar la señal. Las resistencias en el colector y el emisor se calculan con las siguientes ecuaciones:

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_C \quad (12)$$

$$V_{R_E} = I_C \cdot R_E \quad (13)$$

reemplazando,

$$Rc = R6, Re = (R7 + R16) \parallel (R25 + R24) :$$

$$V_{CE} = 12V - 20mA \cdot 470\Omega = 2.6V \quad (14)$$

Por lo tanto, V_{CE} es de 2.6V. En otras palabras, la caída de voltaje entre el colector y el emisor del circuito será de un máximo de 2.6V cuando la luz del emisor sea detectada por el receptor. En resumen, el circuito adapta la señal del receptor para que solo reciba la ganancia adecuada correspondiente al LED infrarrojo, de modo que la luz externa tenga un efecto mínimo en la señal.

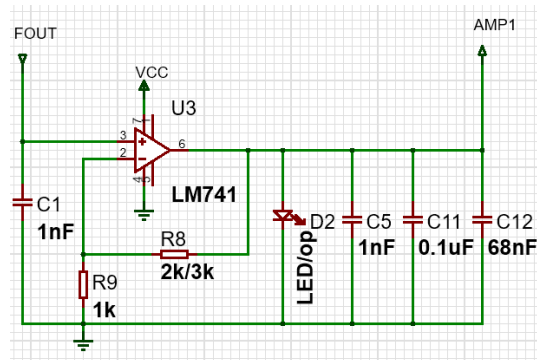


Fig. 7. Amplificación de la señal

Donde el amplificador operacional LM741 se encarga de amplificar la señal del receptor al doble.

Para esta parte, la señal del receptor anteriormente vista se amplificará mediante este circuito amplificador no inversor que tiene la siguiente ecuación:

$$V_{out} = V_{in} \cdot \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \quad (15)$$

Remplazando con los siguientes datos $R_1 = 1k\Omega = R_9$ y $R_2 = 2k\Omega = R_8$ se obtiene:

$$V_{out} = V_{in} \cdot \left(1 + \frac{1k\Omega}{2k\Omega}\right) = 2V_{in} \quad (16)$$

Teniendo una ganancia de 2 veces el voltaje de entrada. Es decir, que la salida máxima 2.6V ahora tendrá un valor de 5.2V.

En resumen, este circuito tiene el propósito de amplificar la señal del receptor para que posteriormente pueda ser tratada con mayor fiabilidad.

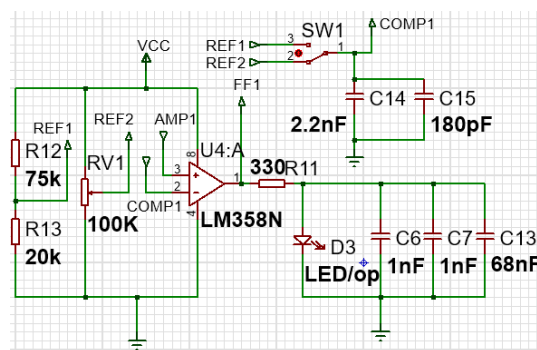


Fig. 8. Comparador de señal

Donde el LM358N en sus puertos "A" funcionan como un comparador de nivel alto

En este apartado, se comparará la señal amplificada con un valor fijo de tensión o un valor regulable mediante un potenciómetro. Enfocándonos en el valor regulable, este consiste prácticamente en un reóstato que hace caer

la tensión y esta misma entra al amplificador operacional para ser comparada. La fórmula para la caída de tensión por un potenciómetro reóstato de 100K es la siguiente:

$$V_R = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_{in} \quad (17)$$

Donde V_R es la caída de tensión en el potenciómetro, V_{in} es la tensión de entrada y R_1 y R_2 son las resistencias del potenciómetro.

En resumen, este paso consiste en utilizar un potenciómetro para regular la tensión que entra al AMP op y así poder compararla con la señal amplificada. De esta forma, se puede regular la distancia a la que el sensor conmuta al detectar un objeto.

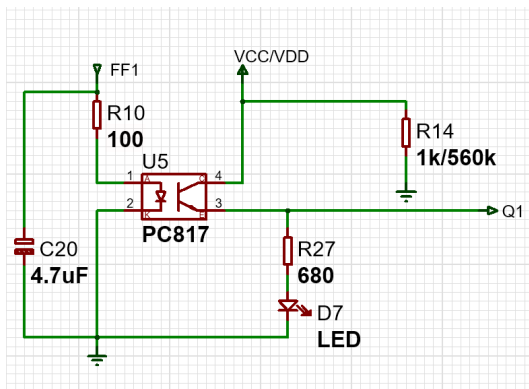


Fig. 9. Opto acoplamiento de la señal

Donde el PC 817 se encarga de disparar una señal de 24V con una señal de 12V del anterior circuito.

Este circuito tiene como propósito aislar la fuente de alimentación de 12V de la fuente de 24V. Para lograr esto, su función es generar una señal de salida que puede ser de 0V o 24V. Además, se encarga de limitar la corriente de salida para proteger el circuito en caso de una sobrecarga o cortocircuito en la salida de señal Q1.

2) Consideraciones para el diseño Esquemático:

Las consideraciones que se tomaron para el diseño esquemático, fueron las siguientes:

- Diseñar un esquema modular y por partes para la fácil abstracción.
- Escoger materiales de fácil acceso en el mercado.
- Dar opciones de valores y componentes para diferentes comportamientos del circuito.
- Dotar de capacitores de acoplamiento para eliminar los picos de voltaje en algunas partes del circuito.

B. Diseño PCB

En cuanto al diseño del PCB, se utilizó el software de diseño de PCB para realizar la disposición de los

componentes y la traza de las pistas en la placa. Se tuvo en cuenta la disposición de los componentes en el esquema para minimizar la longitud de las pistas y evitar interferencias entre ellas. También se tuvo en cuenta la disposición de los componentes para facilitar la soldadura y el montaje en la placa.

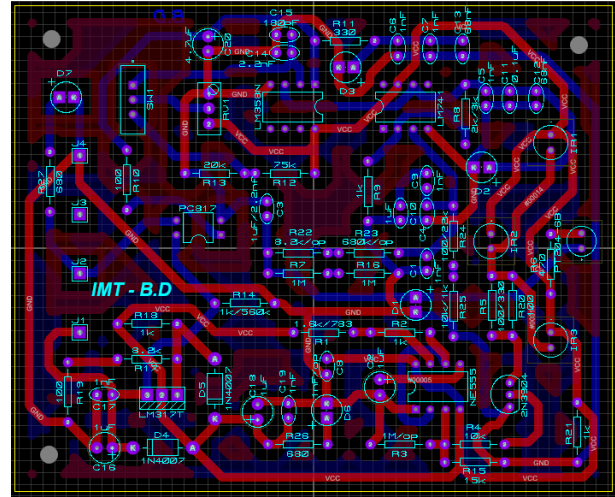


Fig. 10. PCB

1) *Normativas PCB IPC2221B:* Para el diseño de la placa se consideraron algunas normativas y estándares, como la separación mínima entre pistas y la separación entre los componentes para evitar cortocircuitos. También se tomó en cuenta la anchura de las pistas para garantizar la capacidad de corriente adecuada. Todo esto se realizó para garantizar la seguridad y el correcto funcionamiento del circuito.

VI. DISEÑO DEL HOUSING

Para el diseño del housing en la parte del emisor y receptor se propuso un diseño similar al ilustrado en la figura 1, sin embargo, se decidió utilizar dos leds emisores en lugar de uno solo para mejorar el rango de funcionamiento y la fiabilidad en la conmutación del circuito. La idea detrás de esto es que, al utilizar dos leds en lugar de uno, se logra una mayor intensidad luminosa en el área de detección, lo que aumenta la probabilidad de detectar objetos en diferentes condiciones de iluminación. A continuación se muestra la pieza donde se ubica el emisor y receptor.

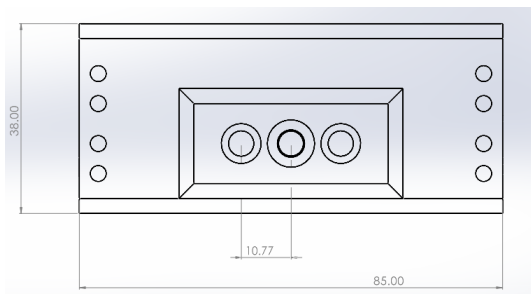


Fig. 11. Pieza del emisor y receptor

Donde los 3 orificios corresponden a los emisores y receptor. Teniendo dos emisores a los costados y el receptor al centro.

Por otra parte, se dispone de una tapa superior e inferior que, en conjunto con la tapa de los emisores y receptores, conforman el housing del sensor. Estas piezas están sujetas mediante tornillos para asegurar la estabilidad del conjunto.

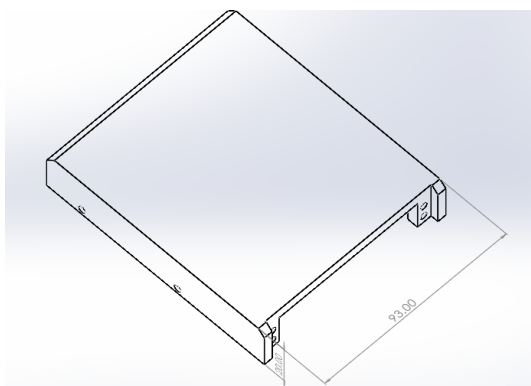


Fig. 12. Pieza de la tapa superior

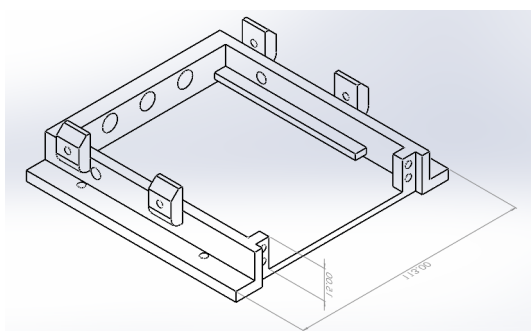


Fig. 13. Pieza de la tapa inferior

La unión de todas las piezas da como resultado el housing completo. A continuación se presenta el diseño final del housing.

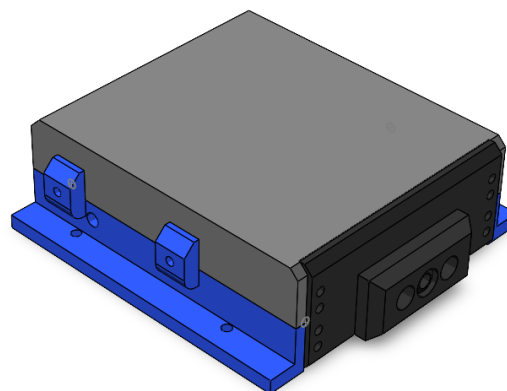


Fig. 14. Ensamble final

VII. TERMINALES

A continuación, se presentará una imagen que muestra las terminales y, además, se proporcionarán sus especificaciones mediante una tabla para mayor claridad y facilidad de entendimiento.



Fig. 15. Terminales

En la imagen se pueden observar 3 conectores que corresponde a: 0V, Señal-Q1, 24V; Respectivamente.

Terminales	Valor	Unidades
Alimentación	24	V
Corriente de alimentación en reposo	250	mA
Corriente de alimentación en conmutación	300	mA
Salida Q1	0-22.5	V
Corriente máxima Q1	36	mA

VIII. HOJA DE DATOS

A continuación, se presentan las mediciones obtenidas del presente sensor óptico difuso.

A. Rango

Para obtener el rango del sensor, se realizó 2 mediciones, los cuales son el valor mínimo posible, y el valor máximo que puede llegar a medir el presente sensor.

Además de obtener las medidas del máximas y mínimas del sensor con el material de color blanco, se realizaron pruebas con materiales de distintos colores, los cuales son:

Rango Mínimo [cm]	Rango Máximo [cm]
5.5	145

TABLE II
VALORES MÁXIMOS Y MÍNIMOS

La tabla 2 muestra los valores máximos y mínimos registrados por el sensor. Estos valores fueron obtenidos utilizando una hoja de color blanco como fondo para minimizar cualquier influencia externa en la medición.

Color	Rango Mínimo[cm]	Rango Máximo[cm]
Negro	6.2	84
Morado	7.5	120
Cartón	6	101

TABLE III
VALORES MÁXIMOS Y MÍNIMOS CON DISTINTOS COLORES

La tabla 3 muestra los valores máximos y mínimos registrados por el sensor. Estos valores fueron obtenidos utilizando materiales de distintos colores.

B. Resolución

Debido a que el sensor presenta una salida digital, este no presenta una unidad de medida mínima, para la obtención de la resolución.

C. Sensibilidad

A continuación se presentará los datos para la obtención de la sensibilidad del sensor.

Tensión[V]	Distancia[cm]	Sensibilidad[cm/V]
6	9	1.50
6	10	1.67
6	9.5	1.58
6	8.8	1.47
	Promedio:	1.55

TABLE IV
SENSIBILIDAD DEL SENSOR

La Tabla 3 presenta los datos obtenidos del sensor, que incluyen la tensión en el potenciómetro y la distancia al material de color blanco. Estos datos se utilizaron para determinar la sensibilidad del sensor. Finalmente, se calculó el promedio de estos datos para obtener un valor representativo de la sensibilidad del sensor

D. Salida

A continuación se presentará los datos de salida que posee el sensor óptico difuso, esto obtenido directamente con mediciones del sensor.

Corriente [mA]	Voltaje [V]
36	22.9

TABLE V
SALIDA DEL SENSOR

La tabla 4 presenta los valores de tensión y corriente de salida del sensor, expresados en sus respectivas unidades.

E. Error

Para la obtención del error, se midió el valor de tensión de salida del sensor, y se comparó con el valor teórico, el cual es el valor del voltaje que se usa en la industria "24V".

Tensión teórica[V]	Tensión real[V]	Error [porcentaje]
24	22.9	4.58

TABLE VI
ERROR DEL SENSOR

La Tabla 5 presenta los valores teóricos y experimentales de tensión del sensor. Estos valores se utilizaron para así poder calcular el error del sensor.

F. Condiciones de trabajo

Las condiciones de trabajo que presenta el sensor para un funcionamiento óptimo, es el siguiente:

Temperatura [C]	20
Tensión [V]	24
Frecuencia de muestreo [Hz]	446
Tamaño [cm ³]	12 - 12 - 4

TABLE VII
CONDICIONES DE TRABAJO

La Tabla 6 presenta las condiciones óptimas de operación para el sensor, incluyendo las medidas del mismo. Estas condiciones son cruciales para el correcto funcionamiento del sensor y deben ser cuidadosamente observadas. Asegurarse de que se cumplan estas condiciones mejorará la precisión y la fiabilidad de los resultados obtenidos con el sensor.

G. Histéresis

Para obtener la histéresis del sensor, se realizó una serie de mediciones con materiales de distintos colores, tal como se ve en la siguiente tabla.

Color	Conexión[cm]	Desconexión [cm]	Histéresis[%]
Blanco	125	129	2.76
Negro	80	82	1.38
Morado	113	114	0.69
Cartón	102	102.5	0.34
		Histéresis:	1.29

TABLE VIII
HISTÉRESIS

La tabla 7 muestra los valores de histéresis del sensor para diferentes colores probados, así como la media de los valores obtenidos previamente

IX. RESULTADOS OBTENIDOS

En esta sección del informe, se presentará el producto final en una fotografía y se proporcionará una explicación detallada sobre su funcionamiento real. El producto final consiste en el sensor óptico de distancia desarrollado a lo largo de este proyecto. Como se puede observar en la figura 16, el sensor consta de dos partes

principales: el emisor y el receptor. El emisor está compuesto por dos LEDs infrarrojos, mientras que el receptor tiene un fototransistor.

La operación del sensor óptico de distancia es bastante sencilla: el emisor emite una señal infrarroja, que se refleja en el objeto a detectar y llega al receptor. Si el objeto está lo suficientemente cerca del sensor, la señal reflejada será lo suficientemente fuerte como para hacer que el fototransistor conduzca. En este caso, se detectará una señal de salida en el circuito electrónico del sensor, que puede utilizarse para activar otro dispositivo, como una alarma, un motor, un relé, etc.

Es importante destacar que este sensor óptico de distancia ha sido diseñado teniendo en cuenta diversas consideraciones técnicas y de diseño, incluyendo la selección de componentes de alta calidad, la implementación de un esquema modular y la inclusión de capacitores de acoplamiento para evitar picos de voltaje en el circuito. Además, el diseño del housing permite un fácil acceso a las terminales del sensor y cuenta con una tapa superior e inferior que se sujetan mediante tornillos para mayor seguridad.

En conclusión, el sensor óptico de distancia presentado en este proyecto es un dispositivo altamente confiable y preciso que puede ser utilizado en una amplia variedad de aplicaciones, desde sistemas de seguridad hasta robots y dispositivos de automatización industrial.

X. CONCLUSIÓN

Luego de completar el proyecto de diseño y construcción del sensor de proximidad, se concluye que se logró cumplir con los objetivos planteados. El sensor diseñado es capaz de detectar objetos en un rango de 5.5cm a 145cm y proporciona una señal digital que es útil para su integración en sistemas de control automatizados.

El proceso de diseño se enfocó en utilizar componentes de fácil acceso en el mercado y se buscó proporcionar opciones para diferentes comportamientos del circuito. Se tomaron en cuenta consideraciones importantes como la necesidad de aislar la fuente de 12V y la de 24V para evitar problemas de corriente, y se incluyeron capacitores de acoplamiento para eliminar los picos de voltaje en algunas partes del circuito.

Además, se pudo comprobar la funcionalidad del sensor mediante las pruebas realizadas y los datos registrados en las tablas, lo que demuestra que el diseño es confiable y funciona correctamente.

Por lo tanto, se considera que el proyecto fue exitoso y se cumplió con los objetivos planteados. Este sensor de proximidad puede ser utilizado en diversos sistemas de control y automatización, y su diseño modular permite una fácil adaptación y personalización según las necesidades del usuario.

XI. RECOMENDACIONES

Después de haber completado el proyecto del sensor de proximidad, se recomienda que en futuras implementaciones se considere aumentar la potencia de los LED emisores para mejorar el alcance del sensor. Asimismo, se sugiere considerar la utilización de tres LED emisores en lugar de dos para lograr un rango de detección más amplio. Además, se recomienda investigar la posibilidad de utilizar filtros ópticos para mejorar la sensibilidad y precisión del sensor en condiciones de iluminación ambiental variable. También sería útil explorar diferentes materiales para el housing del sensor para mejorar la protección contra el polvo y la humedad. En conclusión, se espera que estas recomendaciones sean consideradas en futuras implementaciones del sensor de proximidad con el fin de mejorar su rendimiento y aplicabilidad en diferentes contextos y aplicaciones.



Fig. 16. Sensor óptico de distancia: producto final.

APPENDIX A EVIDENCIA DE TRABAJO

