



Medidor de Distancia Láser con Alarma de Proximidad

Arisai Ricardo Meneses

Mills de la Chapa Bañuelos Mario Francisco¹

¹Ingeniería Fotónica

Código UdeG:213128855 — 214554262

Keywords: Medidor de Distancia, Láser, Alarma de Proximidad

30 de mayo de 2022

Resumen del Proyecto (Abstract)

Desarrollar un sistema de medición de distancia láser con detección de proximidad de objetos.

La alarma tiene como propósito demostrar cómo funcionan los sistemas de aproximación de objetos, por ejemplo, de los automóviles actuales al momento de estacionar el vehículo.

El problema a resolver es implementar un sistema de no-contacto que pueda dar solución a los inconvenientes que en ciertas ocasiones pueda generar un sistema convencional de medición de distancia, por ejemplo, posicionar el instrumento adecuadamente, necesidad de apoyar el instrumento en alguna superficie, requerimiento de 2 personas en cada extremo, etc.

1. Introducción

Un medidor de distancia láser es un instrumento métrológico, el cual funciona con base a un emisor y receptor, y con una serie de pulsos de señales electromagnéticas, se logra medir la longitud al alinearse con un objeto.

El dispositivo principal de funcionamiento, es el VL53L0X, un módulo de circuito integrado de nueva generación, proporcionando una medición precisa de la distancia cualquiera que sea la reflectancia del objetivo, a diferencia de las tecnologías convencionales. Puede medir distancias absolutas hasta 1 m, estableciendo un nuevo punto de referencia en los niveles de rendimiento, abriendo la puerta a diversas nuevas aplicaciones.

Es totalmente invisible al ojo humano, junto con los filtros infrarrojos físicos internos, permite distancias más largas distancia, una mayor inmunidad a la luz ambiental y una mayor robustez para cubrir la diafonía óptica del vidrio.

El VL53L0X cuenta con un Emisor VCSEL (Vertical-cavity surface-emitting laser), el láser de emisión superficial de cavidad vertical, es un tipo de diodo láser de semiconductores con emisión de haz láser perpendicular a la superficie superior.

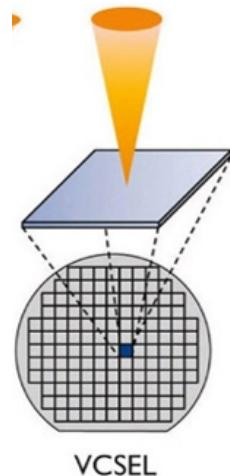


Figura 1. Emisor VSCEL, Funcionamiento de emisión.

También cuenta con un Receptor SPAD (Single Photon Avalanche Diode). Un diodo de avalancha de fotón único (SPAD) es un fotodetector de estado sólido. Se puede iluminar con radiación ionizante como gamma, rayos X, partículas beta y alfa junto con una amplia porción del espectro electromagnético de los rayos ultravioleta (UV) a través de las longitudes de onda visibles y en el infrarrojo (IR).



Figura 2. Receptor SPAD, típico componente individual de venta en el mercado.

2. Materiales, simulación y método experimental

Transductor Optoelectrónico - VL53L0X

Circuito integrado emisor - receptor infrarrojo que convierte la señal electromagnética en eléctrica para medir distancia.

Software y Microcontrolador – Arduino UNO
Procesamiento la información recibida y control del sistema.

Pantalla LCD (Liquid Crystal Display)
Impresión de datos de la distancia detectada.

Buzzer YL-44 y Diodo LED (azul)
Emisión de frecuencia de sonido y luz intermitente para implementar alarma de proximidad.

Componentes Electrónicos
Interconexión de componentes del sistema.



Figura 3. Materiales y Software utilizados para la implementación del medidor de distancia láser con alarma de proximidad.

El proceso de medición del dispositivo VL53L0X es el siguiente:

EL emisor láser emite un tren de pulsos infrarrojos, los cuales, son retejados al incidir en la interfaz del objeto y detectados por el receptor. Dependiendo de la distancia entre el dispositivo y el objeto, es la cantidad requerida de pulsos infrarrojos, los cuales serán procesados posteriormente de la recepción de estos mismos.

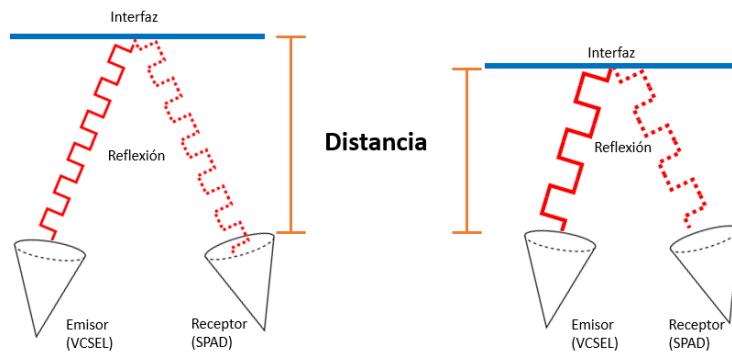


Figura 4. Representación ilustrativa de proceso de medición interna del dispositivo VL53L0X.

2.1. Caracterización

De los principales parámetros de caracterización se encuentran:

Longitud de Onda: 940 nm (Infrarrojo)

Láser tipo “Clase 1”

Cono de Emisión: 35°

Cono de Recepción: 25°

2.2. Calibración

En la etapa de calibración, se uso como instrumento un flexómetro, el cual se colocó en una superficie plana y se extendió a lo largo de este.

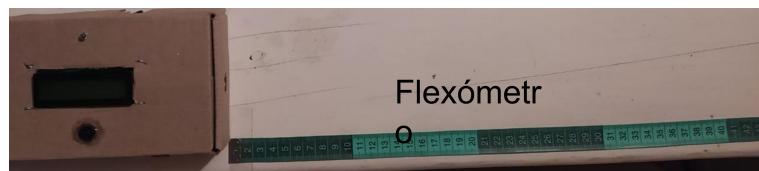


Figura 5. Flexómetro como instrumento de calibración del sistema.

En la calibración de la Alarma, se declaró el siguiente código, el cual tiene como propósito general la implementación de una alarma por medio del zumbador y el led de forma intermitente, la cual sera de mayor frecuencia al detectar una distancia cada vez mayor al tener mediciones menores del umbral de los 30 cm:

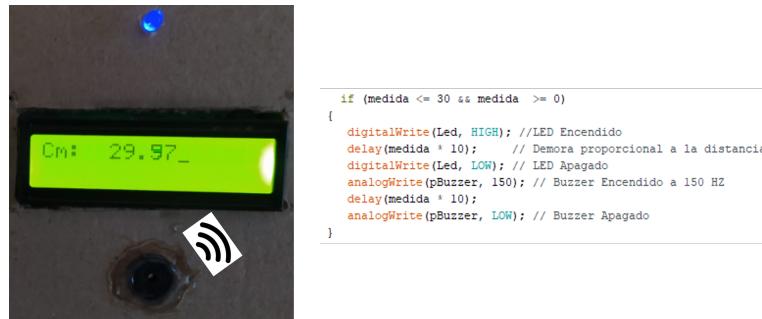


Figura 6. Calibración de la bocina por medio de una serie de líneas de código en Arduino.

2.3. Interconexión

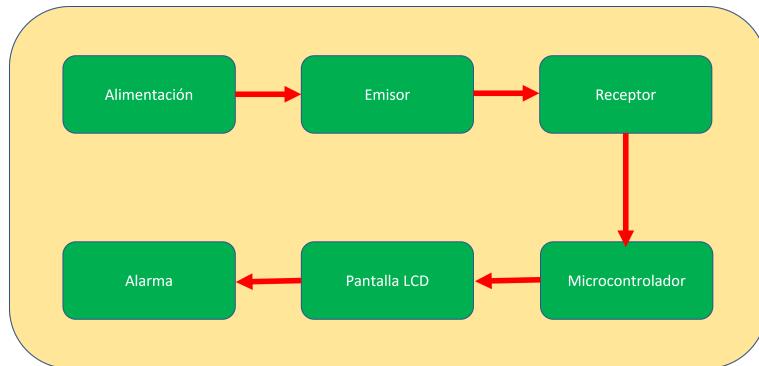


Figura 7. Diagrama a bloques de representación de los principales componentes del sistema.

3. Discusión y análisis de resultados

Sensibilidad: 100 ms/mm

Rango: De 0 a 100 cm

Resolución: 1 cm

Activación de la Alarma: 30 cm

Se realizaron una serie de 30 mediciones a una distancia entre el dispositivo y un objeto color blanco colocado a 50 cm entre sí para hacer un calculo estadístico y obtener la presición y exactitud del sistema a partir de cálculos como la desviación estándar y errores.

Medidas obtenidas (30 mediciones a 50 cm)				
52.55	52.15	52.75	52.65	52.35
52.85	52.35	52.35	52.35	52.35
52.45	52.35	52.25	52.95	52.25
52.25	52.25	52.45	52.65	52.65
52.45	52.15	52.35	52.45	52.25
52.75	52.35	52.15	52.75	52.75

Figura 8. Un total de 30 mediciones para la estadística de precisión y exactitud.

A partir de estas mediciones, se generó una gráfica de dispersión, para poder obtener un panorama visual, de la separación entre cada valor con otro, y visualizar los límites superiores e inferiores, junto con el promedio de estas mediciones, la cual fue de 52.45

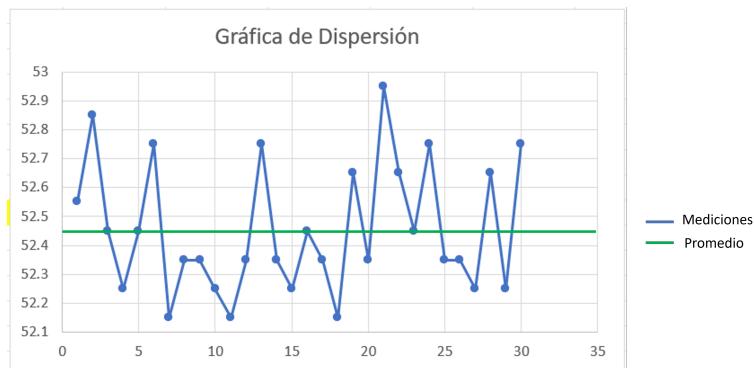
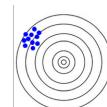


Figura 9. Gráfica de Dispersión a partir de 30 valores de medición.

Recordando el concepto de Precisión, es qué tan dispersos se encuentran los valores de una serie de medición unos con otros. El principal parámetro para calcularlo, es la desviación estándar. Primeramente se calcula el promedio de estos valores, después cada valor se le resta el valor promedio y eventualmente se eleva al cuadrado, para obtener la sumatoria. Una vez obtenida la desviación estándar, se puede obtener la Varianza (Desviación estándar al cuadrado), la Desviación estándar relativa (Desviación estándar dividido entre el promedio) y el Coeficiente de Variación (Desviación estándar relativa multiplicado por 100), para finalmente obtener un resultado de Presición final, el cual nos dió un resultado de 99.48 por ciento.

Desviación Estándar $\sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$



Promedio (\bar{X})

$$\Sigma(X-\bar{X})^2$$

Figura 10. Cálculos para obtener la precisión.

Desviación estandar	0.26919634
Varianza	0.07246667
Desviación estandar Relativa	0.00513211
Coeficiente de variación	0.51321112

Precisión

99.4867889 %

Figura 11. Cálculos para obtener la precisión.

Ahora, recordando el concepto de exactitud, es qué tan cercanos están los valores obtenidos de una serie de mediciones del valor ideal o real. Para esto se tienen que calcular dos parámetros, los cuales son Errores del sistema, el primero es el Error absoluto el cual se obtiene de el valor promedio restando el valor real de la medición. Y por último el Error Relativo, el cual es la división del Error absoluto entre el valor real y todo esto multiplicado por 100. Finalmente obtenemos un resultado de Exactitud final del sistema, el cual nos arrojó un resultado de 95 por ciento.

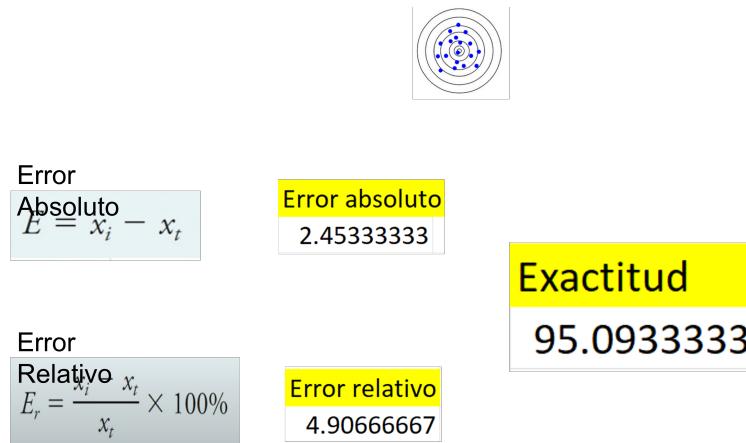


Figura 12. Calculos para obtener la Exactitud del sistema.

4. Conclusiones

El sistema de medición de distancia láser con alarma de aproximación de objetos, es un instrumento que obtuvo resultados de precisión y exactitud por arriba del 90 por ciento, lo cual se traduce en un instrumento fiable. Al realizar este instrumento de medición, se propone una alternativa para aquellas situaciones en las que medir con un clásico y convencional sistemas metrológico de escalas de centímetros, el cual tiene un funcionamiento confiable, siempre y cuando se use con su correcto uso, dependiendo en gran medida a la alineación, ya que esta misma es clave para obtener una medición de alta presición y exactitud.

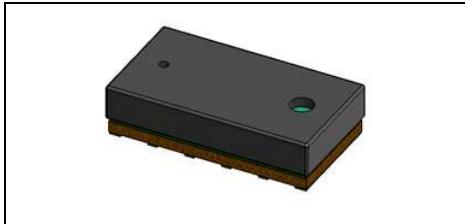
A. Hojas de datos

A.1. Hoja de Datos VL53L0X

 **VL53L0X**

World's smallest Time-of-Flight ranging and gesture detection sensor

Datasheet - production data



Features

- Fully integrated miniature module
 - 940 nm laser VCSEL
 - VCSEL driver
 - Ranging sensor with advanced embedded micro controller
 - 4.4 x 2.4 x 1.0 mm
- Fast, accurate distance ranging
 - Measures absolute range up to 2 m
 - Reported range is independent of the target reflectance
 - Advanced embedded optical cross-talk compensation to simplify cover glass selection
- Eye safe
 - Class 1 laser device compliant with latest standard IEC 60825-1:2014 - 3rd edition
- Easy integration
 - Single reflowable component
 - No additional optics
 - Single power supply
 - I2C interface for device control and data transfer
 - Xshutdown (reset) and interrupt GPIO
 - Programmable I2C address

Applications

- User detection for personal computers/laptops/tablets and IoT (energy saving)
- Robotics (obstacle detection)
- White goods (hand detection in automatic faucets, soap dispensers etc.)
- 1D gesture recognition.
- Laser assisted autofocus. Enhances and speeds up camera autofocus system performance, especially in difficult scenes (low light levels, low contrast) or fast moving video mode.

Description

The VL53L0X is a new generation Time-of-Flight (ToF) laser-ranging module housed in the smallest package on the market today, providing accurate distance measurement whatever the target reflectances unlike conventional technologies. It can measure absolute distances up to 2m, setting a new benchmark in ranging performance levels, opening the door to various new applications.

The VL53L0X integrates a leading-edge SPAD array (Single Photon Avalanche Diodes) and embeds ST's second generation FlightSense™ patented technology.

The VL53L0X's 940 nm VCSEL emitter (Vertical Cavity Surface-Emitting Laser), is totally invisible to the human eye, coupled with internal physical infrared filters, it enables longer ranging distances, higher immunity to ambient light, and better robustness to cover glass optical crosstalk.

Contents**VL53L0X****Contents**

1	Overview	6
1.1	Technical specification	6
1.2	System block diagram	6
1.3	Device pinout	7
1.4	Application schematic	8
2	Functional description	9
2.1	System functional description	9
2.2	Firmware state machine description	10
2.3	Customer manufacturing calibration flow	11
2.3.1	SPAD and temperature calibration	12
2.3.2	Ranging offset calibration	12
2.3.3	Cross-talk calibration	13
2.4	Ranging operating modes	13
2.5	Ranging profiles	14
2.6	Ranging profile phases	14
2.6.1	Initialization and load calibration data phase	15
2.6.2	Ranging phase	15
2.6.3	Digital housekeeping	15
2.7	Getting the data: interrupt or polling	16
2.8	Device programming and control	16
2.9	Power sequence	16
2.9.1	Power up and boot sequence	16
2.10	Ranging sequence	17
3	Control interface	18
3.1	I ² C interface - timing characteristics	20
3.2	I ² C interface - reference registers	21
4	Electrical characteristics	22
4.1	Absolute maximum ratings	22
4.2	Recommended operating conditions	22

B. Código Fuente

```
1 #include "Adafruit_VL53L0X.h"
2 #include <LiquidCrystal.h>
3 Adafruit_VL53L0X lox = Adafruit_VL53L0X();
4
5 const int rs = 12, en = 11, d4 = 5, d5 = 4, d6 = 3, d7 = 2;
6 LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);
7 const int Led=10;
8
9 const int pBuzzer = 5; // Este pin para la bocina por el momento es de ejemplo
10
11 void setup() {
12
13     Serial.begin(115200);
14
15     pinMode(pBuzzer, OUTPUT); // Bocina como salida
16
17
18     // wait until serial port opens for native USB devices
19     while (! Serial) {
20         delay(1);
21     }
22
23     Serial.println("Adafruit VL53L0X test");
24     if (!lox.begin()) {
25         Serial.println(F("Failed to boot VL53L0X"));
26         while(1);
27     }
28     // power
29     Serial.println(F("VL53L0X API Simple Ranging example\n\n"));
30 }
31
32
33 void loop() {
34     VL53L0X_RangingMeasurementData_t measure;
```

```
35
36     Serial.print( "Reading a measurement... " );
37     lox.rangingTest(&measure, false); // pass in 'true' to get
38     // debug data printout!
39
40     if (measure.RangeStatus != 4) { // phase failures have
41         incorrect data
42         float Cm=(measure.RangeMilliMeter)/10.01;
43         Serial.print( "Distance (cm): "); Serial.println(Cm);
44
45
46
47     if (medida <= 30 && medida >= 0)
48     {
49         digitalWrite(Led, HIGH);
50         delay(medida * 10);
51         digitalWrite(Led, LOW);
52         analogWrite(pBuzzer, 150);
53         delay(100);
54         analogWrite(pBuzzer, LOW);
55     }
56
57 }
58
59 // if(medida < 10) {
60 //     digitalWrite(Led, HIGH);
61 // }
62 //
63 // else {
64 //     digitalWrite(Led, LOW);
65 //     // delay (10);
66 // }
67 // } else {
68 //     Serial.println( " out of range " );
69 // }
```

```
71   delay(100);  
72  
73  
74 }
```

Listing 1: Código fuente de arduino

Referencias

1. Universidad Politécnica de Valencia. "Láser: Clases, Riesgos y Medidas de Control". Febrero 28 de 2009. UPV
<https://www.sprl.upv.es/IOPRF0128a29.htm>

2. Sergio Ospina. ".Exactitud vs Precisión". Mayo 22 de 2020. Youtube
<https://www.youtube.com/watch?v=wRd8teK9ACk&channel=SergioOspina>

3. Francisco Sánchez Guisado. "Zumbador (chicharra, "buzzer")". Marzo 13 de 2019. Arduino Fácil.
<https://arduinofacil.com/zumbador-chicharra-buzzer/>