

## IMPLEMENTACIÓN DE SENSORES EXTEREOCEPTIVOS PARA UNA PLATAFORMA MÓVIL UTILIZANDO MICROCONTROLADORES.

### Implementation of Exteroceptive Sensors for a Mobile Platform Using Microcontrollers

#### RESUMEN

El uso de robots móviles está justificado en aplicaciones en las que se realizan tareas de riesgo para el ser humano. El transporte de material peligroso, las excavaciones mineras, o la inspección de plantas nucleares son ejemplos donde un robot móvil puede desarrollar su labor. Para realizar estas tareas es necesario dotar al robot de un conjunto de sensores, que le den la capacidad de navegar en cualquier entorno. En este documento se presenta el diseño e implementación de un conjunto de sensores, los cuales dotaran a una plataforma móvil de la inteligencia necesaria para navegar por cualquier entorno.

**PALABRAS CLAVES:** Microcontroladores, Navegación de Robots Móviles, Sensores.

#### ABSTRACT

*The use of mobile robots is justified in applications where the tasks present risk to human life. The transport of dangerous materials, mineral excavations, or the inspection of nuclear plants are examples where a mobile robot can perform its work. To realize these tasks is necessary to equip the robot from a set of sensors that give it the ability to navigate in any environment. This paper presents the design and implementation of a sensor package, which will provide at the mobile platform of the intelligence needed to navigate in any environment.*

**KEYWORDS:** *Microcontrollers, Navigation of Mobile Robots, Sensors.*

#### 1. INTRODUCCIÓN

Las características de las plataformas móviles, (cualquier dispositivo móvil que puede desplazarse por un entorno o región) empleadas para investigación en el área de la robótica, son la versatilidad y adaptabilidad. La versatilidad se entiende como la capacidad de lograr y ejecutar diferentes tareas, o ejecutar la misma tarea de distintas maneras [1]. Una plataforma de navegación debe estar en capacidad de responder ante ambientes estáticos y dinámicos, los ambientes estáticos son aquellos entornos donde los obstáculos permanecen fijos y los ambientes dinámicos son aquellos entornos donde los obstáculos pueden estar en movimiento [2].

El desarrollo sensorial es una de las partes más importantes dentro de la navegación de un robot móvil, ya que establece una interfaz entre el mundo exterior y la plataforma. No basta con tener un excelente proceso de sensado, es necesario, además, contar con un sistema inteligente que sepa como manipular la información obtenida de los sensores, y que tome una decisión según su función, como por ejemplo recorrer una trayectoria mínima hasta llegar a un punto deseado o evitar los obstáculos existentes en el medio [2].

#### LUIS HERNANDO RIOS

Ingeniero Electrónico, M. Sc.  
Profesor Titular  
Universidad Tecnológica de Pereira  
lhgonza@utp.edu.co

#### MAXIMILIANO BUENO

Ingeniero Electricista, M. Sc.  
Estudiante de Doctorado  
Universidad Nacional Autónoma de México  
[max@fi-b.unam.mx](mailto:max@fi-b.unam.mx)

#### LUIS HERNANDO MARTINEZ

Tecnólogo en Electricidad  
Universidad Tecnológica de Pereira  
[lhmr726@hotmail.com](mailto:lhmr726@hotmail.com)

#### GRUPO GIROPS

Para la secuencia lógica es totalmente indispensable el uso de PC's, microcontroladores o microprocesadores, se puede decir que estos elementos son el cerebro de la plataforma. Una traducción bien hecha por el robot de su entorno puede significar un buen desempeño en sus funciones.

En este artículo se presentan los resultados de la implementación en una plataforma móvil del siguiente conjunto de sensores:

- Sensores de proximidad.
- Sensores medidores de distancia.
- Sensores de percepción de luz.
- Sensores seguidores de Línea.

Cada uno de estos sensores están implementados en una plataforma móvil, con el fin de permitirle a esta tener pleno conocimiento del entorno donde esta, y tomar decisiones sobre el comportamiento más adecuado que debe tener.

Las lecturas de los sensores son entregadas a la unidad de control de la plataforma, para que esta realice tareas posteriores. Para la implementación de cada sensor, se partió de un circuito base y sobre este se realizaron algunos ajustes para tener los resultados deseados, los

ajustes hacen referencia a consideraciones básicas en el campo de la percepción sensorial.

## 2. SISTEMAS DE PERCEPCIÓN SENSORIAL EN ROBÓTICA MÓVIL

La capacidad de los robots de percibir el entorno mediante sensores, y adaptar su comportamiento de acuerdo con ello es lo que les proporciona la autonomía para llevar a cabo un conjunto de tareas.

La percepción, el conocimiento intrínseco del robot y la capacidad de aprendizaje de éste son las principales características para la autonomía de un sistema robot móvil. Pero de todos ellos aquél en el que más progresos son necesarios para el avance de la robótica móvil es en el de la capacidad de percepción. La capacidad de percepción se construye estableciendo previamente la información a extraer del sensor, como interpretarla y las conclusiones a extraer. [5]

Los robots móviles deben estar habilitados para operar tanto en ambientes estáticos como dinámicos. Se puede considerar que un robot móvil se desplace hacia un objetivo propuesto, llamado destino evitando obstáculos en movimiento; sería deseable que el robot móvil, obtuviera un modelo de todos los obstáculos en movimiento que se encuentren dentro del área de cobertura de sus sensores, que trazara el plan de movimientos hacia el destino, mientras va evitando obstáculos en movimiento, que definiera el próximo destino o que realizara cualquier tarea al mismo tiempo que se va enterando del número y estado de cada obstáculo.[6]

## 3. MICROCONTROLADORES EN ROBÓTICA MÓVIL

Se dice que el microcontrolador es una de las formas más elementales que puede tener un sistema de cómputo. Aún siendo mucho más pequeños que las computadoras personales, los microcontroladores están constituidos por los mismos elementos básicos.

Un robot móvil, maneja gran cantidad de información, proveniente de los sensores de abordo, a partir de esta información, se toman un conjunto de decisiones que permiten al robot desplazarse a través de su entorno. La información debe ser procesada en el menor tiempo posible, y para esto es necesario tener un dispositivo de cómputo que realiza esta tarea, se utilizan computadores embebidos en la plataforma, FPGA's, microcontroladores, etc [3], [4]. Cada uno de estos dispositivos tiene un conjunto de ventajas y desventajas, que se ven reflejados en el desempeño del robot. La idea de este proyecto es tener un procesamiento rápido de la información, con un dispositivo de bajo costo, por este motivo se emplea el microcontrolador MC68HC908GP32 de la familia motorola, debido a su fácil acceso y número de puertos que posee. Este

microcontrolador pertenece a la familia HC08 de Motorola.

## 4. SELECCIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE SENSORES

### 4.1. Sensor Seguidor de Línea

En las Figura 1 se muestra la ubicación de los sensores para el seguidor de línea en la plataforma, estos se ubican en la parte delantera, para suprimir la oposición que le ejercen las ruedas delanteras al giro, los sensores se ubican en forma triangular para que en las curvas donde no detecta el sensor central el sensor lateral izquierdo o derecho si lo hagan, y esto permite que la plataforma tome el rumbo indicado, que en este caso sería seguir una línea de color blanco. El OPB 745 (Figura. 2) es un encapsulado que se utiliza para el diseño del seguidor de línea, este contiene un diodo emisor de luz infrarrojo y un receptor de esta misma. Cuando el diodo emite cerca de una superficie clara la luz reflectante incide sobre el receptor, el cual produce una saturación o circulación de corriente entre el colector y emisor. El voltaje entre colector y emisor depende de la cantidad de luz infrarroja incidente en el receptor. El voltaje entra a un comparador de tensión. Este voltaje es comparado con el voltaje producido en el nodo regulado por el potenciómetro, con el fin de seleccionar a partir de que voltaje en las juntas colector emisor, produce a la salida del comparador un estado alto o bajo.

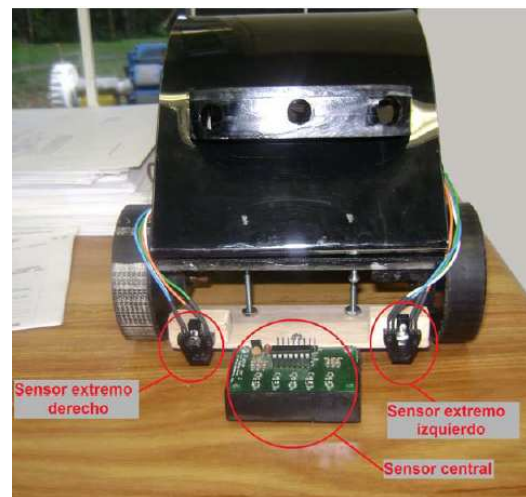


Figura 1. Ubicación de los sensores seguidores de línea en la plataforma

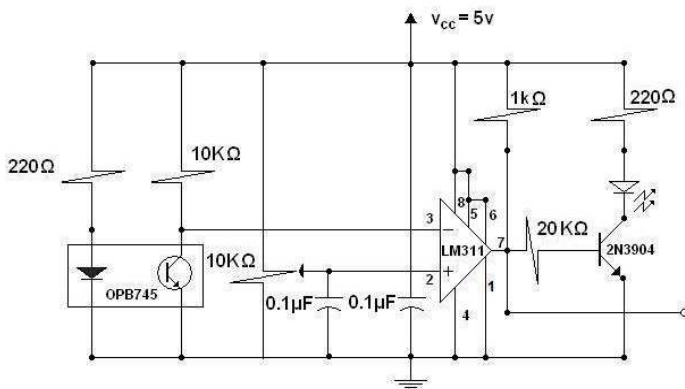


Figura 2. Acondicionamiento del OPB 745 utilizado en los extremos de la plataforma como seguidor de línea

El sensor Tracker (Figura.3) trabaja de manera similar a los sensores de los extremos, la diferencia es que este sensor solo funciona de manera optima a partir de distancias inferiores a 0.25", debido a que no tiene un comparador de tensión.

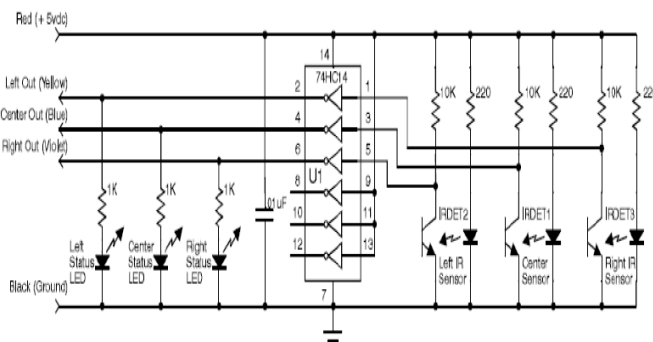


Figura 3. Sensor central seguidor de línea

Para probar el sensor seguidor de línea diseñado, se coloca una trayectoria (pista) sobre una superficie de color negro, con curvas de diferentes ángulos, iguales o superiores a 90° (Figura 4), la plataforma debe tomar la decisión si debe ir hacia adelante, hacia la derecha o hacia la izquierda, todo depende del sensor que está detectando, si hay dos sensores que están detectando al mismo tiempo, se le da prioridad al sensor del extremo izquierdo.

La plataforma avanza hacia adelante siempre y cuando cualquiera de los tres sensores centrales estén detectando la línea blanca, cuando se presenta un giro es porque los sensores centrales están por fuera de la línea y cualquiera de los sensores de los extremos esta sobre esta. La plataforma girara hasta que el sensor central detecte la línea. El proceso es cíclico por lo que en los giros la plataforma siempre estará girando y avanzando, realizando pequeños y fáciles giros, las llantas delanteras son un problema ya que estas presentan oposición al giro,

este problema se suprime ubicando los sensores en posiciones superiores a las llantas delanteras.

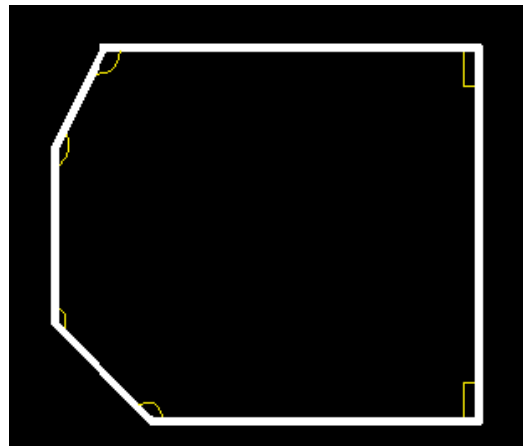


Figura 4. Pista empleada para pruebas del seguidor de línea

Debido al ángulo de las curvas que se encuentran durante su recorrido. El principal problema se presenta cuando las curvas sobrepasan ángulos de 90°, todo esto se debe por la distancia que hay de los servomotores ubicados en la parte trasera de la plataforma, y el eje ubicado en la parte delantera, las llantas delanteras presenta oposición al giro y más cuando el giro sobrepasa estos ángulos.

#### 4.2. Sensor seguidor de foco de luz

Estos sensores se ubican como se muestra en la figura 5, y el objetivo es que la luz del entorno no afecte su comportamiento. Cuando el foco de luz se encuentra en un extremo, la plataforma girara en el sentido contrario a este, hasta que el foco de luz sea detectado por ambos extremos. La plataforma avanza hacia adelante si se cumple la condición de el foco este en el centro (sensores de los extremos detectan luz), la figura 6 muestra el circuito de acondicionamiento de los sensores ubicados en los extremos.

El comparador de ventana del sensor central es para limitar a la plataforma, indicándole a partir de que distancia debe detectar la luz y a partir de que otra distancia debe dejar de detectarla para así avanzar o detenerse, estos niveles corresponde a VTH y VTL. VTH es el voltaje equivalente al que produce el foco de luz cuando este muy cerca de la plataforma y VTL corresponde al voltaje el cual es producido por la luz del medio donde trabaja la plataforma. La resistencia variable de la foto resistencia central permite ubicar el voltaje de esta misma dentro de los rangos del comparador de ventana, la figura 7 muestra el circuito de acondicionamiento para el sensor central.



Figura 5. Ubicación de los sensores detectores de luz

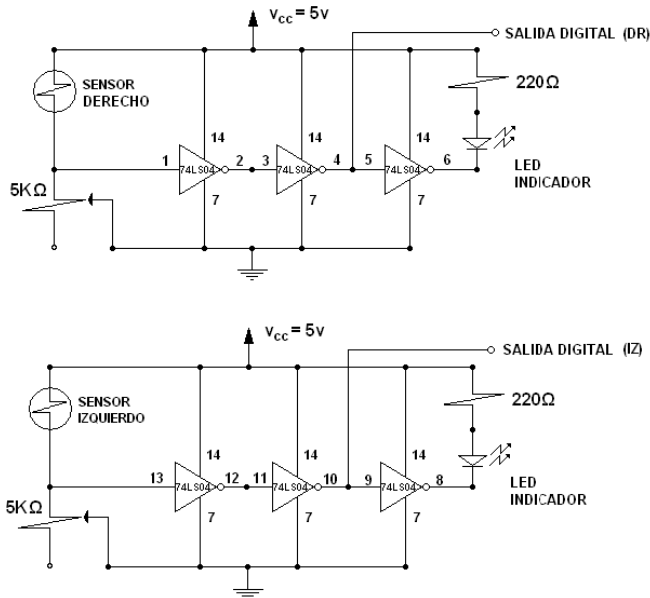


Figura 6. Acondicionamiento de los sensores laterales del sensor seguidor del foco de luz

El diseño de un comparador de ventana en el circuito le permite determinar el rango en el cual la plataforma funcionará adecuadamente eso quiere decir entre que rango detectar luz y cuando no lo hará, también con este comparador de ventana se establece una adecuada calibración de las tres fotorresistencias. el diseño una tapa de color negro con tres orificios en la parte delantera de tal forma que allí se ubicaran las fotorresistencias a una determinada profundidad sirviendo como filtro a la luz del medio.

### 4.3 Sensor de Proximidad

En un principio se implemento el sensor de proximidad a base de infrarrojos (Figura.8). El primer 555 genera una frecuencia aproximada a los 40 KHz., la cual es la

frecuencia a la que trabajan los diodos. Por otra parte el segundo 555 se encarga de generar una frecuencia de 500 Hz., del receptor se recibe una señal de 500 Hz la cual varía en amplitud dependiendo que tan cerca se encuentre el obstáculo, los transistores que controlan cada diodo emisor funcionan como switches para determinar cual de los dos esta activo, se hace funcionar primero el de un extremo, se toman los datos de amplitud, luego se activa el otro extremo y se toman de nuevo los datos respectivos de amplitud, luego se compara cual de los dos posee una amplitud mas grande para así determinar en cual extremo se encuentra el obstáculo. Si las amplitudes son muy cercanas, el obstáculo se encuentra en el centro. El problema con este sensor se debe a que la amplitud en el receptor solo varía en distancias muy cortas, también es muy susceptible al ruido, por lo que se opto el uso de un sensor de ultrasonido.

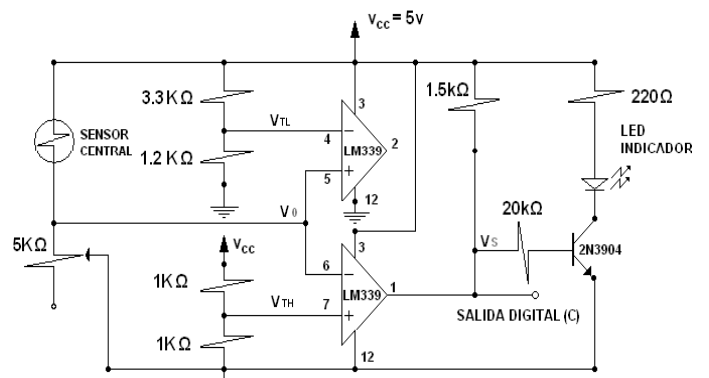


Figura 7. Circuito de acondicionamiento para el sensor central del detector de foco de luz

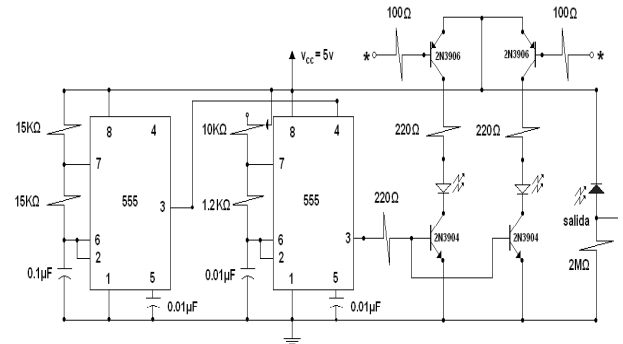


Figura 8. Sensor de Proximidad a base de infrarrojos

El sensor SRF04 (Figura. 9) tiene un pin de pulso de excitación a partir del momento que se le envía el pulso genera una señal llamada eco la cual es proporcional a la distancia a la cual detecta un objeto, entrega periodos a partir de 100 microsegundos y su periodo máximo son 18 milisegundos la cual corresponde a 306 centímetros. La plataforma se desplaza hacia delante hasta encontrar algún obstáculo, el sensor de proximidad lo puede detectar a una distancia aproximada de 3 metros, cuando

esta a una distancia inferior a 30cm la plataforma esta en capacidad de girar a la derecha para evadirlo.

El sensor de ultrasonido entrega un periodo o tiempo proporcional a la distancia en la que detectó un obstáculo, de acuerdo a la expresión (1).

$$x = \text{velocidad sonido} \times \frac{\text{tiempo}}{2} \quad (1)$$

$$306\text{cm} = 34000 \left( \frac{\text{cm}}{\text{s}} \right) \times \frac{18 \times 10^{-3}}{2} (\text{s})$$

Lo cual implica realizar cálculos dentro del microcontrolador después de obtener dicho tiempo. Para suprimir estos cálculos lo que se busca es incrementar una variable de tal manera que cuando su cuenta llega a 306 corresponda al tiempo de 18ms para así solo visualizarlo ya que este correspondería los 306 cm, asumiendo la velocidad del sonido en 34000cm/s. De esta manera se evita realizar cálculos internos en el micro como el de multiplicar el tiempo obtenido por 34000 y dividirlo entre 2. Como los microcontroladores por lo general trabajan a 8 bits la cuenta llega a 255, por tal motivo se emplean 2 memorias para el conteo. [7]



Figura 9. Sensor de ultrasonido empleado como detector de proximidad

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con este proyecto se da a conocer que la robótica puede ayudar al mejoramiento del rendimiento de procesos industriales ya que tiene gran participación en desarrollo de actividades repetitivas en las cuales el ambiente de trabajo es conocido, funciones que no se pueden lograr fácilmente por seres humanos, o donde el riesgo pueda ser inminente, logrando que el nivel de riesgo para la persona disminuya, y también permitiendo que los objetivos de la empresa se desarrolle correctamente.

En el sensor seguidor de foco de luz se debe tener pleno conocimiento del nivel de iluminación del ambiente de trabajo, ya que este puede variar la sensibilidad del sensor.

Cuando se trabajan los puertos del microcontrolador como entradas es conveniente el uso de resistencias de

PULL-UP, o PULL-DOWN, para que estos no se vean afectadas por ruido, garantizando un nivel lógico, además es conveniente trabajar con osciladores que se encuentren dentro del rango especificado por el fabricante, ya que valores fuera de este puede llevar el microcontrolador a un funcionamiento indeterminado.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] P. Díaz, "Navegación visual del robot pioneer," Master's thesis, Universidad Rey Juan Carlos, 2005.
- [2] E. Akbas and M. Esin, "A simulational comparison of intelligent control algorithms on a direct drive manipulator," *IEEE Robotics and Autonomous Systems*, vol. 49, no. 49, 2004.
- [3] Bueno Maximiliano, Rios Luis, Sanchez Santiago. "Implementación de una Plataforma Móvil Para el Levantamiento de Mapas de Entorno". *IEEE Colombian Workshop on Circuits and Systems, CWCAS-2007*.
- [4] Bueno Maximiliano, Rios Luis, Navarro Danilo. "PLEMAP. (PLATAFORMA MÓVIL PARA EL LEVANTAMIENTO DE MAPAS DE ENTORNO)." *Scientia Et Technica* vol .XIII *fasc.37* p.61 - 66 ,2007
- [5] M. Jamshidi, "Autonomous control of complex systems: robotic applications," *Applied Mathematics and Computation.Elsevier*, vol. 120, no. 120, 2001.
- [6] D. Garcia, "Contribución a la autolocalización de robots móviles basada en la fusión de información multisensorial," Ph.D. dissertation, Universidad Politécnic de Valencia, 2008.
- [7] S. Noykov and C. Roumenin, "Calibration and interface of a polaroid ultrasonic sensor for mobile robots," *Sensors and Actuators a Physical. Elsevier*, vol. 135, no. 135, 2007.