

**AUTOMATIZACIÓN DE UN ROBOT HEXÁPODO PARA SEGURIDAD EN
ESPACIOS INTERIORES**

**DAVID CORTÉS ALDANA
LAURA HENAO GAMEZ
ANDREA RAMOS HERNÁNDEZ**

**UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA ELECTRÓNICA
BOGOTÁ
2006**

**AUTOMATIZACIÓN DE UN ROBOT HEXÁPODO PARA SEGURIDAD EN
ESPACIOS INTERIORES**

**DAVID CORTÉS ALDANA
LAURA HENAO GÁMEZ
ANDREA RAMOS HERNÁNDEZ**

Trabajo para la obtención del título de Ingenieros Electrónicos

**Asesor: Giovanni Sánchez Prieto
Ingeniero Electrónico**

**UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA ELECTRÓNICA
BOGOTÁ
2006**

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Dedicado a mi mamá, tío y hermanas
que con su esfuerzo incondicional y
apoyo han hecho de mí una gran
persona.

Laura

Dedicado a las mujeres de mi casa
especialmente a la persona más
importante de mi vida que es mi mamá.

David

A mi mamá y hermanos, por su apoyo y
entrega para luchar juntos por lo que
queremos. Los amo.

Andrea

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÒN	17
1. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA	19
1.1. ANTECEDENTES	19
1.2. DESCRIPCIÒN Y FORMULACIÒN DEL PROBLEMA	21
1.3. JUSTIFICACIÒN	22
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÒN	23
1.4.1. Objetivo general	23
1.4.2. Objetivos Específicos	24
1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES DEL PROYECTO	25
1.5.1. Alcances	25
1.5.2. Limitaciones	25
2. MARCO DE REFERENCIA	27
2.1. MARCO CONCEPTUAL	27
2.1.1. ¿Qué es un robot?	27
2.1.2. Sensores	28
2.1.3. Locomociòn	28
2.1.4. Circuitos de control	28
2.1.5. Estructura o chasis	28
2.1.6. Control de posiciòn	28
2.1.7. Elementos motrices o actuadores	29
2.2. MARCO TEÒRICO	30
2.2.1. Arquitectura del Robot	30
2.2.2. Estructura de un Robot móvil	31
2.2.2.1. Locomociòn	32
2.2.2.2. Percepciòn	34

2.2.2.3. Decisión	35
2.2.3. Control del Robot	35
2.2.3.1. Navegación	36
2.2.3.2. Arquitecturas del control	36
2.2.4. Cinemática	37
2.2.5. Dinámica	39
2.2.6. Sensores	41
2.2.6.1. Sensores aplicados al cálculo de distancia y detección de objetos cercanos	41
2.2.6.1.1. Los sensores de ultrasonidos	42
2.2.6.1.2. Sensor de infrarrojo por reflexión	49
2.2.6.1.3. OPB704	50
3. METODOLOGÍA	52
3.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	52
3.2. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	52
3.2.1. Sub-línea de facultad	52
3.2.2. Campo temático del programa	52
3.3. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	53
3.4. HIPÓTESIS	53
3.5. VARIABLES	54
3.5.1. Variables independientes	54
3.5.2. Variables dependientes	54
4. PRESENTACIÓN DE ANÁLISIS Y RESULTADOS	55
5. DISEÑO INGENIERIL	57
5.1. CONSTRUCCIÓN DEL ROBOT	57
5.1.1. Elección de los motores	57
5.1.1.1. Servomotores	58
5.1.1.2. Motores paso a paso	59
5.1.1.3. Motorreductores	60

5.2. CONTROL DE GIRO DE LOS MOTORES PASO A PASO PARA ESQUIVAR OBSTÁCULOS	61
5.2.1. Elección de los sensores de proximidad	61
5.2.1.1. IS471F	61
5.2.1.2. Sensor OPB704	63
5.2.2. Circuito inversión de giro de los motores	65
5.2.2.1. Puente H	65
5.2.2.2. DRIVER PUSH-PULL L293B	68
5.2.3. Control de L293B por medio del PIC 16f84A	70
5.3. DETECCION DE MOVIMIENTO POR MEDIO DE SENSORES DE ULTRASONIDO	71
5.3.1. Elección de los sensores de ultrasonido	72
5.3.1.1. Sensor de distancia GP2D120	72
5.3.2. Sensores de ultrasonido	73
5.3.2.1. Funcionamiento de los sensores de ultrasonido	75
5.3.2.1.1. Detección de movimiento	75
5.3.2.2. Circuito de generación de la frecuencia de resonancia	76
5.3.2.3. Generación de la señal de 40khz	79
5.3.2.4. Etapa de transmisión de los sensores de ultrasonido	83
5.3.2.5. Etapa de recepción de los sensores de ultrasonido	85
5.3.2.6. Selección de los operacionales	89
5.3.2.7. Programa del Microcontrolador 16f877 para el sensor de Ultrasonido	91
5.3.3. Configuración de Tx por RF	92
5.3.3.1. Circuito de Tx	94
5.3.3.2. Circuito de Rx	95
5.3.4. Captura de imágenes	95
5.3.4.1. Activación de la cámara por el Microcontrolador 16f84A	95
5.3.4.2. Captura y grabación de video	99

6. CONCLUSIONES	103
7. RECOMENDACIONES	106
BIBLIOGRAFÍA	108
ANEXOS	110

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Funcionamiento para los drivers del L293B	68
Tabla2. Control de giro del motor	70
Tabla 4. Secuencia de excitación del motor sentido horario	97
Tabla 5. Secuencia de excitación del motor sentido antihorario	97
Tabla 6. Características del motor paso a paso	99

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Movimiento giratorio del robot	30
Figura 2. Arquitectura del robot	31
Figura 3. Constitución general de un robot	31
Figura 4. Sentido del desplazamiento	32
Figura 5. Desplazamiento con seis patas	33
Figura 6. Coordenadas cartesianas	38
Figura 7. Modelo de eslabón con masa concentrada	41
Figura 8. Giro de acuerdo a la respuesta de los sensores de ultrasonido	42
Figura 9. Características de las cápsulas de ultrasonido	44
Figura 10. Emisión y Recepción de los ultrasonidos	45
Figura 11. Descripción del proceso de la señal	46
Figura 12. Esquema de un sistema tradicional de emisión y recepción de ultrasonido.	47
Figura 13. Medida de infrarrojos por triangulación	49
Figura 14. Configuración del sensor OPB 704	50
Figura 15. Servomotor	58
Figura 16. Motor Paso a Paso	59
Figura 17. Motorreductores	60
Figura 18. IS471F	62
Figura 19. Circuito de aplicación del IS471F	62
Figura 20. Circuito sensor OPB704	63
Figura 21. Principio de funcionamiento	64
Figura 22. Señal del OPB704 sin detectar obstáculos	64
Figura 23. Señal del OPB704 cuando detecta un obstáculo	65
Figura 24. Puente H con transistores	66
Figura 25. Circuito de giro a la derecha	66
Figura 26. Circuito de giro a la izquierda	67
Figura 27. Circuito de control para el doble giro de un motor	68

Figura 28. Circuito para evitar sobre corrientes inversas al arrancar el motor	69
Figura 29. Circuito inversor de giro L293B	69
Figura 30. Activación giro de motores cuando detectan algo	71
Figura 31. Triangulación GP2D120	72
Figura 32. Prueba de los sensores de ultrasonido a diferentes distancias	74
Figura 33. Respuesta de los sensores al cambio de distancia	75
Figura 34. Respuesta del sensor al enviar los 5ms a 40Khz	76
Figura 35. Circuito generador de onda cuadrada para los Ultrasonidos (LM555)	78
Figura 36. Señal PWM	81
Figura 37. Estructura interna del PWM	81
Figura 38. Diagrama de Bloques del TMR2	82
Figura 39. Registro T2CON	82
Figura 40. Registro CCP1CON	83
Figura 41. Señal generada por el Microcontrolador	84
Figura 42. Circuito de amplificación	84
Figura 43. Señal recibida por el receptor	85
Figura 44. Circuito de amplificación de la onda recibida	86
Figura 45. Señal después de la primera etapa de amplificación	87
Figura 46. Circuito de la segunda etapa de amplificación	87
Figura 47. Señal después de la segunda etapa de amplificación	88
Figura 48. Arreglo de diodos para eliminar el ciclo negativo	88
Figura 49. Circuito comparador	89
Figura 50. Diagrama del modulo de Tx USART	92
Figura 51. Registro TXSTA	93
Figura 52. Circuito de Tx	94
Figura 53. Circuito de Rx	95
Figura 54. Funcionamiento de un motor paso a paso	96
Figura 55. Circuito motor paso a paso	98
Figura 56. Programa de captura de video PVR Plus	100

Figura 57 Inicialización del software	101
Figura 58. Programa en ejecución y listo para recibir datos por puerto serial	102
Figura 59. Ventana donde se encuentran los diversos eventos con sus características	
Figura 60. Opción de reproducción de evento desde el software	102

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Diagrama de bloques y programa PIC 16f84a control motores robot	110
ANEXO B. Programa PIC 16f84A control motor paso a posa para la cámara	114
ANEXO C. Diagrama de bloques y programa PIC 16f877A para las capsulas de Ultrasonido.	120
ANEXO D. Diagrama de bloques y programa PIC 16f877A para TX –RF	124
ANEXO E. Inicio, fin de grabación y alerta de batería	126
ANEXO F. Características del reporte	128
ANEXO G. Plano robot	131
ANEXO H. datasheet PIC 16f84A	132
ANEXO I. datasheet PIC 16f877A	133
ANEXO J. datasheet cápsulas de ultrasonido	134
ANEXO K. datasheet cd40106	135
ANEXO L. datasheet IS471F	136
ANEXO M. datasheet OPB704	137
ANEXO N. datasheet lm833	138
ANEXO O. datasheet L293	139
ANEXO P. LF353	140
ANEXO Q. Circuito control de motores	141
ANEXO R. Circuito ultrasonido	142

GLOSARIO

ACELERACIÓN: indica cuánto varía la velocidad al ir pasando el tiempo. El concepto de aceleración no es tan claro como el de velocidad, ya que la intervención de un criterio de signos puede hacer que interpretemos erróneamente cuándo un cuerpo se acelera

ANDROIDE: Término de la ciencia ficción aplicable a formas de vida mecánica. Un androide es una máquina con variables capacidades intelectuales al servicio de formas vitales con inteligencia natural

BIOINGENIERÍA DEL CONOCIMIENTO: Importante capítulo de la bioingeniería que busca aplicar métodos ingenieriles al diseño, rediseño o imitación de los atributos más complejos de la vida del planeta, tanto de los cerebros de animales con sistema nervioso, sobre todo los del ser humano, como la vida misma (la homeostatización biológica basada en la realimentación de señales, el nuevo control automático que imita al control cerebral, la tecnología de robots autónomos o dependientes, con inteligencia artificial y capacidad de aprendizaje, los proyectos aptos para resolver problemas, los diseños que muestran vida artificial, las redes neurales, los algoritmos genéticos de la investigación operativa, etc.)

BIOMECÁNICA: Ciencia y tecnología de los movimientos que pueden ejecutar animales simples y complejos para armonizar con sus restricciones anatómicas. El diseño de un organismo que se mueve autonomamente, permite la ejecución de ciertas secuencias esqueleto-musculares y prohíbe ciertos movimientos "imposibles". Los movimientos tienen una fuerte relación con outputs cerebrales, sobre todo en el caso de manos que escriben signos y dibujos, que ya escapan a los límites de la biomecánica propiamente dicha

CIBERNÉTICA: El estudio y la práctica del modelado de procesos cognitivos aplicados a máquinas. En sus orígenes, Wiener la concibió como la aplicación de la teoría del control automático a las tareas de simulación del cerebro mediante la computadora

CINEMÁTICA: Cinemática es la parte de la física que estudia el movimiento de los cuerpos, aunque sin interesarse por las causas que originan dicho movimiento. Un estudio de las causas que lo originan es lo que se conoce como dinámica.

DINÁMICA: Así como la cinemática se encarga de la descripción del movimiento de los cuerpos, aunque sin entrar en detalles de la causa que hace mover a éstos, la dinámica estudia precisamente *por qué se mueven* los cuerpos, es decir, cuáles son las causas que crean la variación de su estado de movimiento.

INTELIGENCIA ARTIFICIAL: Ingeniería asociada con máquinas programadas para ser imitadoras de la inteligencia, entendida en alguno de sus más frecuentes significados.

MICROCONTROLADORES: Un microcontrolador es un microprocesador optimizado para ser utilizado para controlar equipos electrónicos. Los microcontroladores representan la inmensa mayoría de los chips de ordenadores vendidos, sobre un 50% son controladores "simples" y el restante corresponde a DSPs más especializados.

POSICIÓN: es el lugar en que se encuentra el móvil en un cierto instante de tiempo t . Suele representarse con el vector de posición.

ROBOT: Un dispositivo mecánico que realiza acciones basadas en movimientos. Las acciones más comunes de un robot incluyen moverse dicho robot autónomamente (caminar sin recibir instrucciones no contenidas en el mismo robot); soldar y reparar accidentes nucleares; y otras manipulaciones demasiado precisas, pesadas, repetitivas (aburridas) o riesgosas para el humano.

ROBÓTICA: Es uno de las tecnologías más cercanas a lo que es el núcleo de la bioingeniería del conocimiento. Se trata de una tecnología mecatrónica (mecánica más

electrónica más cibernética) que diseña máquinas que realizan acciones que normalmente se hacen manualmente, esto es, con la mano y el brazo. El aprendizaje de los movimientos de un robot que recoja un vaso con líquido y que lo desplace sin derrames es una tarea monumental. Se suele dividir en robótica no-autonómica y autónoma. En el primer caso el robot no autónomo recibe instrucciones desde un programa exterior con un detalle a veces muy complicado, en el segundo responde directamente a cambios o a pequeñas sorpresas del entorno.

VELOCIDAD: es la variación de la posición con el tiempo. Nos indica si el móvil se mueve, es decir, si varía su posición a medida que varía el tiempo. La velocidad en física se corresponde al concepto intuitivo y cotidiano de velocidad.

INTRODUCCIÓN

Los robots son usados hoy en día para llevar a cabo tareas peligrosas, difíciles o repetitivas para el hombre. Otras aplicaciones incluyen la limpieza de residuos tóxicos, exploración espacial, minería, búsqueda y rescate de personas y localización de minas terrestres. En particular, los robots articulados son los más usados comúnmente. Las aplicaciones crean una gran esperanza de que el cuidado y seguridad para el mundo puedan ser llevado a cabo por robots. Recientemente, se ha logrado un gran avance en los robots dedicados a la medicina, la exploración del fondo oceánico y exploración espacial. Para esas tareas, robots de tipo artrópodo son comúnmente utilizados.

Otros estudios señalan que los robots que cuentan con capacidades sensoriales (al calor, frío, humedad, entre otras) constituyen la última generación de este tipo de máquinas. Compañías industriales en general, evalúan si económicamente resulta ventajoso mantenerlos, aunque se espera que en la medida en que la robótica y sus componentes sean menos costosos, se vayan integrando en los procesos productivos y estarán cada vez más al alcance de todos, incluyendo las pequeñas y medianas empresas.

Parece que el tema de los robots dedicados a la seguridad está creciendo a una velocidad imparable, no obstante, la falta de comercio en países potenciales como en Europa y Estados Unidos hace que no se desarrolle a la fecha una industria sobre este sector.

Es por esto que el presente proyecto se propone como alternativa a la solución a la temática del manejo de la seguridad en espacios pequeños mediante la implementación de un sistema de soporte, formado por un robot hexápodo equipado con sensores especializados como cámara infrarroja, sensores de ultrasonido, sensores de proximidad, sistemas de control remoto, entre otros, los cuales participarán en la tarea de mantener la seguridad e integridad del personal, registrando el ingreso de intrusos como evento en una base de datos adecuada.

Para la elaboración del proyecto primero se hará un análisis y selección de los dispositivos adecuados, a continuación del diseño y la planeación con base en los dispositivos adquiridos para la consecución del proyecto y por último se llevará a cabo la implementación de dichos circuitos y su adecuación a la estructura mecánica.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES

Los robots móviles en el área de la seguridad han presentado una gran variedad de diseños alrededor del mundo. La búsqueda desesperada y la curiosidad del hombre lo ha llevado a innovar en la presentación de tecnologías donde él mismo se sienta protegido y protagonista al ser quien da un paso más cerca de la integración de los autómatas a un ambiente doméstico.

Estos son algunos dispositivos donde los robots móviles se enfocan en la seguridad humana, desarrollados en su gran mayoría en países con grandes ventajas y adelantos tecnológicos:

Roborior: Parece un ojo del tamaño de una sandía sobre ruedas, que brilla en colores como el violeta, azul y naranja, y hace ruidos y zumbidos. Sirve de decoración de interior o como un perro guardián porque tiene una cámara digital, sensores infrarrojos y capacidad para conectar un teléfono con video para notificar al dueño de la casa si entró un intruso.

El robot cuesta 280 mil yenes (2,600 dólares) y fue creado por una empresa que construye robots, Japón Tmsuk Co. Ltd., y una empresa de electrónica, Sanyo Electric Co. Ltd.

Nuevo robot de seguridad personal en Corea: un nuevo robot de 50 centímetros de alto y 12 kilos de peso ha sido presentado recientemente en el mercado coreano. La presentación fue realizada por Sk Telecom y el robot es un diseño de Most-I-tech.

Se trata de un robot de pequeño formato y diseñado para vigilancia, al igual que otros robots de apariencia parecida es capaz de detectar escapes de gas en una vivienda y realizar

funciones básicas de vigilancia. Gracias a una cámara incorporada puede tomar instantáneas de su entorno y enviarlas a teléfonos móviles (empleando tecnología ya existente en el mercado de móviles).

Técnicamente este robot no es muy innovador, pero unido a los últimos lanzamientos orientales de robots de servicio complementa una numerosa oferta tecnológica.

Ofro: entre las tantas novedades que promete, el Mundial de Alemania 2006 presentará un robot, llamado "Ofro", que fue ideado por la empresa alemana Robowatch Technologies y que podrá detectar sustancias químicas y explosivas.

El robot será utilizado en los partidos que se disputen en el Estadio Olímpico de Berlín pero el principal objetivo es tenerlo en la final que se disputará el 9 de julio, informó la prensa alemana. "El robot analiza el aire permanentemente gracias a sensores y detecta las sustancias que pueden ser nocivas al ser humano", señaló Ulf Stremmer, director ejecutivo de Robowatch Technologies.

Engadget: este robot para seguridad fabricado por Hitachi tiene ruedas que le ayudan a evadir obstáculos, y viene con una cámara que recoge información sobre sus alrededores. Al parecer, utilizar uno de estos será mucho más efectivo que usar cámaras estáticas y además demuestra que no es necesario que todo lo que hagan los japoneses en robótica tenga patas y/o aspecto humanoide.

Guardrobo D1: equipado con una cámara y sensores, el "Guardrobo D1", desarrollado por la firma de seguridad japonesa Sohgo Security Services, está diseñado para patrullar por caminos preprogramados y estar atento a las señales de problemas.

Los robots de 1,09 metros de alto alertarán a los guardias humanos a través de la radio y enviando imágenes si detectan intrusos, incendios o incluso escapes de agua. Tales robots

son vitales desde un punto de vista empresarial cuando se tiene en cuenta la envejecida población de Japón, dijo Sohgo Security.

Robot X: la compañía de seguridad japonesa Secom ha desarrollado un nuevo modelo de robot encargado de vigilar zonas privadas y evitar la entrada de intrusos.

Este robot, llamado Robot X, puede perseguir a los intrusos, filmarlos e incluso disparar un gas especial que, aun no siendo tóxico, servirá para asustar a los delincuentes o, al menos, para distraerlos mientras llegan los cuerpos de seguridad.

El robot puede operar de modo teledirigido o bien de forma autónoma, detectando a los intrusos con sus cámaras incorporadas. Los dirigentes de Secom han confirmado que no pretenden vender su modelo de robot, sino alquilarlo para proteger zonas tales como aeropuertos, etc.

1.2. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

A medida que transcurre el tiempo y con el avance de la tecnología, muchas de estas se van tornando obsoletas. Es el caso de la tecnología aplicada a la seguridad pues se va volviendo vulnerable y fácil de irrumpir. Otro problema que se presenta es que se implementan sistemas de seguridad muy robustos que son difíciles de distribuir, ubicar y adquirir y por lo tanto los costos son elevados.

Dentro de las características que tienen los sistemas de seguridad cotidianos está la dependencia y la presencia parcial o completa de personal para monitorear el funcionamiento de dicho sistema, incrementando costos y poniendo en riesgo al personal por eventuales intrusiones violentas.

¿De qué forma la automatización de un robot puede controlar la seguridad en espacios interiores y obtener resultados satisfactorios sin que este presente el hombre?

1.3. JUSTIFICACIÓN

Día a día, los robots parecen estar rebajando su costo y disminuyendo su tamaño, todo relacionado con la miniaturización de los componentes electrónicos que se utilizan para controlarlos. Esta reducción ofrece la facilidad de integrarse a espacios reducidos en donde se integran partes mecánicas, sensórica, hardware y software de control.

Las tareas que se caracterizan como inseguras, arriesgadas o desagradables para el hombre que las realiza han sido candidatas ideales para uso de robots. El deseo de quitar al trabajador de un espacio inseguro es una ambición que merece la pena y que conduce indudablemente al desarrollo de nuevas aplicaciones para los robots. Es por esta razón que se están desarrollando nuevas tecnologías en entornos que son inaccesibles o inhóspitos para el hombre y lograr un sistema robótico confiable para la seguridad de la población.

Los mecanismos de seguridad son entonces una alternativa para mantener un registro de actividades en tiempos y espacios donde la presencia del hombre puede ser reemplazada o donde su propia seguridad se pueda ver comprometida, además de tener en cuenta que en el futuro próximo se cree que lograr mano de obra joven y capacitada será más difícil y la industria de la seguridad sentirá el efecto frontal del impacto.

Por esta razón el proyecto estará propuesto para personas o entidades interesadas en tener un sistema de seguridad que permita la entrada a sitios donde es muy difícil acceder, donde no consideren indispensable la constante presencia del hombre o crean que es alto el riesgo que la persona puede correr.

Para el acceso a estos espacios, se hace necesaria la implementación de un robot hexápodo, el cual al tener 6 patas ofrece mayor versatilidad y estabilidad para tratar con una diversidad de superficies y obstáculos. Siendo altamente adaptativo a terrenos irregulares es capaz de caminar sobre terrenos abruptos, manteniendo una velocidad constante de desplazamiento lineal. De igual manera ofrece una mayor firmeza para soportar y transportar el peso equivalente a los sensores, los circuitos y los motores sin exceder la carga energética del mismo.

De igual manera, se plantea un sistema de control donde una sola persona pueda cubrir la zona desde su puesto fijo de trabajo con un PC, mediante el envío de la información adquirida por una cámara instalada en el robot y sus sensores, proporcionándole libertad para recorrer el espacio donde se encuentra, dándole prioridad a las señales que detecte fuera de lo normal.

Para el desarrollo del proyecto, se tendrá en cuenta el manejo exclusivo de la parte de su automatización, gracias a que la parte mecánica (robot) se adquirirá en centros de investigación dedicados al formato de plataformas móviles. De esta manera, se delimita el tiempo y los recursos económicos durante el avance del proyecto.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. General:

Automatizar un robot hexápodo para el control de la seguridad en espacios interiores mediante la toma de señales desde sensores para el reconocimiento de movimiento, y la vigilancia por medio de la adquisición de imágenes con una cámara de video.

1.4.2. Específicos:

- Analizar los tipos de espacios para una apropiada marcha del robot en cuanto al tipo de superficies y posibles obstáculos a esquivar.
- Seleccionar e implementar los sensores adecuados para confiar las acciones requeridas en la adecuada respuesta del robot durante la ejecución de un evento.
- Diseñar un programa capaz de reconocer, almacenar temporalmente y transmitir desde un microcontrolador hacia un PC los eventos percibidos por el robot para identificarlos en una base de datos y hacer el correspondiente reporte, alertando a un usuario del suceso en tiempo real.
- Diseñar un sistema de control digital para identificar e interpretar un evento ocurrido, y así ejecutar una respuesta con la mayor exactitud y rapidez posible para satisfacer una exigencia específica
- Implementar circuitos con sensores de ultrasonidos que con una etapa electrónica inteligente; le permita detectar y medir la distancia de los distintos obstáculos fijos o móviles que constituyan el entorno del robot.
- Proporcionar un sistema al robot de reconocimiento del terreno con ayuda de sensores de proximidad, dándole la opción de esquivar grandes obstáculos y superar los de menor magnitud.
- Proponer una estructura mecánica sencilla que cumpla con las necesidades electrónicas como la distribución de espacio para la ubicación de elementos, soporte de los mismos y equilibrio en el peso, sin olvidar su propósito mecánico.

- Ensamblar los circuitos al funcionamiento de la estructura mecánica, sin entorpecer la actuación independiente de cada uno de ellos para un constante escaneo del territorio sin interrupciones.

1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES

1.5.1. Alcances

Automatizar un robot hexápodo mediante la programación de un microcontrolador donde se procesen señales adquiridas de los sensores de movimiento (cápsulas de ultrasonido) para determinar su origen y así la cámara pueda ubicar el punto y poder grabar el evento. De igual manera, diseñar la interfaz para la comunicación inalámbrica entre el hexápodo y el computador para la transmisión de datos, para la elaboración del reporte del evento, y la visualización del medio desde la cámara ubicada en el robot.

La estructura mecánica es elaborada por un diseñador industrial y esta diseñada de acuerdo a las necesidades electrónicas del proyecto.

1.5.2. Limitaciones

1. El terreno de trabajo del robot será regular, donde los obstáculos menores a 5 cm. de diámetro serán sobrepasados y los de mayor tamaño serán esquivados por el hexápodo
2. Se tendrá un control general sobre el movimiento de las extremidades del robot mediante el empleo de solo dos motores para la marcha de seis patas.

3. La comunicación es unidireccional desde el micro hacia el computador, la cual se hará por medio inalámbrico recibiendo información desde: una cámara ubicada en el hexápodo para recibir en la tarjeta de video imagen y visualizarla en el monitor; el micro para realizar el reporte de los tipos de eventos apoyado en una base de datos.
4. La velocidad del hexápodo está estimada a 10 m/min.
5. La detección de eventos se realizará siempre y cuando exista línea de vista entre el hexápodo y el objetivo (intruso)
6. El reporte será examinado por un usuario (personal o empresa de seguridad) para la adecuada intervención del mismo sobre el evento.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1. MARCO CONCEPTUAL

Para la consecución de este proyecto se tendrá en cuenta las siguientes definiciones que corresponden a la parte física y electrónica:

2.1.1. ¿Qué es un robot?

Existen diferentes opiniones acerca de lo que es un robot. Algunos lo definen como una máquina o aparato mecánico que opera automáticamente con la destreza de un humano, de ahí decir que los robots son androides pues se parecen y actúan como seres humanos. También se define un robot como una máquina que en apariencia o comportamiento imita a una persona o una específica acción de ella.

Existen 2 grupos de robots fijos y los robots móviles. Los robots fijos se utilizan en la industria para llevar a cabo tareas peligrosas. La tarea fundamental de los robots móviles es el desplazamiento en un entorno conocido o desconocido. Por tanto, es necesario conocer la posición del robot en su universo de manera precisa o relativa, según el caso.

La solución para un robot móvil debe ser global, es decir, que no se debe simplemente hacer autónoma una plataforma olvidándose de los útiles que le aplican.

La mayor parte de las investigaciones se concentran en el reconocimiento del entorno inmediato del robot. Sensores (infrarrojos, ultrasonidos, láser cámara ccd) asociados a programas de software específicos permiten, mediante el reconocimiento de formas, optimizar los desplazamientos del móvil.

2.1.2. Sensores: los sensores son elementos clave en los sistemas de recolección de datos. Estos se pueden utilizar para registrar cambios ambientales en función del tiempo o para registrar el lapso de tiempo que transcurre entre un hecho y otro. Los sensores análogos miden variables tales como temperatura, luz, presión o humedad. Los sensores digitales miden si un interruptor está prendido o apagado y generalmente se usan para cronometrar o señalar acontecimientos.

2.1.3. Locomoción: en la robótica existen dos grandes áreas: manipulación y Locomoción. La manipulación es la capacidad de actuar sobre los objetos, trasladándolos o modificándolos. Esta área se centra en la construcción de manipuladores y brazos robóticos. La locomoción es la facultad de un robot para poder desplazarse de un lugar a otro. Los robots con capacidad locomotiva se llaman robots móviles.

2.1.4. Circuitos de control: Los circuitos de control son el "cerebro" del robot y en la actualidad están formados por componentes electrónicos más o menos complejos dependiendo de las funciones del robot y de lo que tenga que manejar.

2.1.5. Estructura o chasis: es la encargada de darle forma al robot y sostener sus componentes. Puede estar constituida por numerosos materiales, como plásticos, metales, etc. y tener muchas formas diferentes. Los robots pueden ser del tipo "endoesqueleto", donde la estructura es interna y los demás componentes externos, o "exoesqueleto", donde la estructura es externa y cubre los demás elementos.

2.1.6. Controlador de posición: es el dispositivo que se encarga de regular el movimiento de los elementos del brazo, y de todo tipo de acciones, cálculos y procesos de información. La complejidad del control varía con los parámetros que se manejan, existiendo varias categorías de controlador:

El controlador de posición solo interviene en el control de posición del elemento terminal, pudiendo actuar punto a punto, o bien en modo continuo.

El controlador cinemático además de la posición controla la velocidad del brazo.

El controlador dinámico tiene en cuenta también las propiedades dinámicas del manipulador, motores y elementos asociados.

El control adaptativo, además de lo indicado en los anteriores, también considera la variación de las características del manipulador al variar la posición.

2.1.7. Elementos motrices o actuadores: (motores neumáticos, mecánicos o eléctricos que suministran la fuerza de entrada para el movimiento de los ejecutores). Se encargan de mover las articulaciones, a través de cables, poleas, cadenas, engranajes, etc. Su clasificación se realiza de acuerdo al tipo de energía que utilizan:

Los actuadores neumáticos emplean el aire comprimido como fuente de energía y se utilizan para controlar movimientos rápidos pero de no mucha precisión.

Los actuadores hidráulicos se utilizan cuando se requiere una gran capacidad de carga, junto con una precisa regulación de velocidad.

Los actuadores eléctricos son los que más se utilizan, por su fácil y preciso control, y por las ventajas del funcionamiento mediante energía eléctrica.

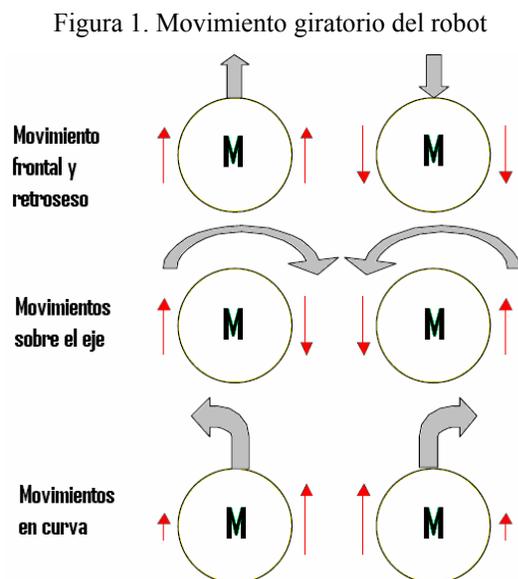
2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Arquitectura del robot

- **Estructura mecánica:** soporte físico de la máquina y mecánica que proporciona movilidad

La estructura mecánica del robot, es una parte fundamental en su desarrollo, ya que una elección inadecuada de la misma puede dar al traste con todo el robot, o complicar los algoritmos de forma innecesaria.

En este caso se ha elegido una estructura de tracción diferencial, sus ventajas son la facilidad de implementación y los algoritmos más sencillos para no quedar atascado, pues esta permite el movimiento giratorio sobre el propio robot tal y como muestra la siguiente figura:



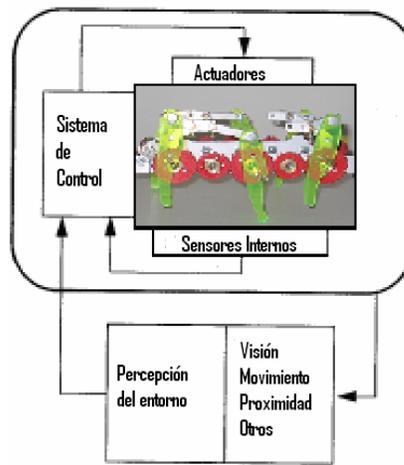
- **Actuadores de movimiento:** según tipología de la parte móvil

- **Sensores**

Internos: para control accionamientos de la estructura mecánica

Externos: para percepción del entorno y reaccionar ante agentes externos

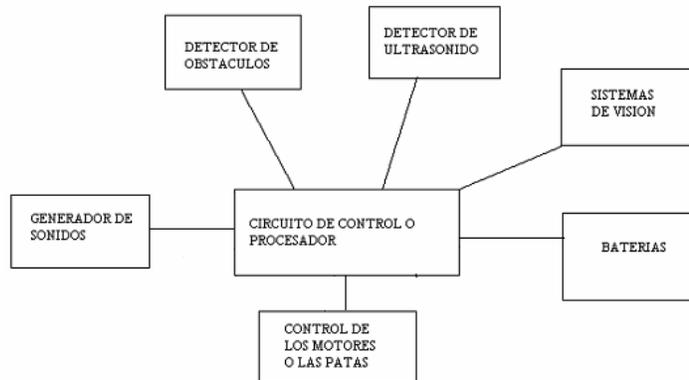
Figura 2. Arquitectura del robot



2.2.2. Estructura de un robot móvil

Un robot móvil posee tres funciones fundamentales: la locomoción, la percepción y la decisión.

Figura 3. Constitución general de un robot



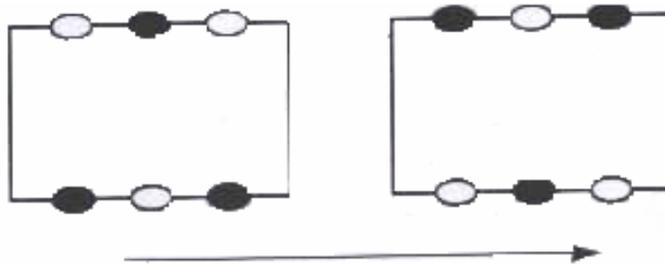
Fuente. ROBOTS MÓVILES

2.2.2.1. Locomoción

La locomoción se descompone en dos partes: la que realiza el apoyo sobre el medio en el que se espera que se desplace el robot y la que permite su propulsión. Esta última incluye los motores y los mecanismos que permiten el desplazamiento.

Los medios de desplazamiento son numerosos y es conveniente aplicar un tratamiento diferente dependiendo de que el móvil se vaya a desplazar por el suelo o dentro de un determinado medio, en este caso el robot es de tipo de desplazamiento articulado; que es capaz de desplazarse por superficies es inestable en las los vehículos de ruedas no pueden desplazarse con igual facilidad.

Figura 4. Sentido del desplazamiento



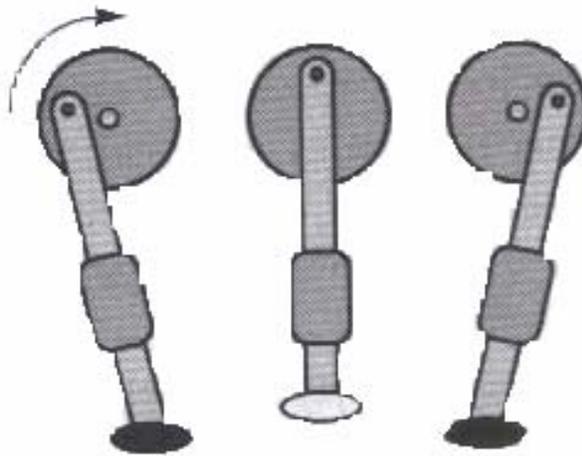
Fuente. Robots móviles

Los robots que tienen desplazamiento articulado se asemejan mucho al comportamiento y a la supervivencia de un animal por su capacidad de exploración del medio que le rodea. Las investigaciones actuales se orientan hacia el estudio de la reptación y el desplazamiento sobre dos, cuatro, seis o más patas.

El número de patas determina la complejidad del sistema que las controla. Los sistemas de una ó dos patas no funcionan más que en modo dinámico, mientras que los sistemas de cuatro patas o más permiten un equilibrio estático.

Patas: los robots con patas presentan una gran movilidad con respecto a los robots rodantes y pueden hacer frente a terrenos accidentados. Los robots de dos patas son muy difíciles de controlar, los robots de cuatro patas son más simples de equilibrar, pero más difíciles cuando se tratan de hacer que giren. Los robots de seis patas son más fáciles de controlar, ya que son estables sobre un mínimo de tres patas y pueden girar sobre si mismos.

Figura 5. Desplazamiento con seis patas



Fuente. Robots móviles

Engranajes: Consisten en un par de ruedas dentadas que transmiten la potencia y el movimiento mediante la interacción por su periferia. Aparte de transmitir el movimiento relativo, pueden también convertir movimiento rotativo en movimiento de traslación.

La mayor parte de los motores que se utilizan en un robot giran deprisa y no tiene el par suficiente. Se puede ralentizar fácilmente el motor tocando su eje, e incluso se puede bloquear completamente.

La utilización de engranajes permite transformar un pequeño motor rápido, pero poco potente, en un motor más lento pero con un mejor par, permitiendo así motorizar las ruedas, brazos, piernas y otros mecanismos.

Piñones reductores: incluir una caja de velocidad en un robot móvil consistiría, por tanto, en elegir una buena relación de reducción utilizando piñones con una adecuada relación mutua. Se deberán experimentar diferentes reacciones hasta conseguir la velocidad deseada en el eje de la rueda o el par necesario para que el móvil se desplace sin sobrecarga en los motores.

Para reducir la velocidad de un motor, se colocará sobre su eje un piñón con pocos dientes y sobre el eje de la rueda un piñón con muchos dientes que será arrastrado por el piñón pequeño. Si se desea una relación grande, entonces las dimensiones de la caja de reducción se deben aumentar proporcionalmente.

2.2.2.2. La percepción

Esta parte del robot es normalmente la más difícil de construir y las investigaciones en este campo utilizan una plataforma de tres o cuatro ruedas para estudiar los problemas de comportamiento.

La percepción pasa por dos etapas sucesivas: la lectura de los sensores y el tratamiento de la información. La interpretación, que permite suministrar un mensaje claro a la función de locomoción, se desarrolla en la función de decisión del robot. El robot debe ser capaz de analizar un objeto localmente y, a continuación, colocar globalmente todos los objetos en sus posiciones relativas.

Los sensores más sencillos se utilizan para el análisis local (los sensores de contacto, los sensores de proximidad con o sin medida, los sensores de luz, los sensores de precisión o

movimiento), mientras que la telemetría láser o los ultrasonidos permiten el análisis de una imagen sencilla o un movimiento.

2.2.2.3. Decisión

Los datos procedentes de los diferentes sensores deben ser interpretados como otros tantos elementos útiles para la toma de decisiones sobre la acción que hay que llevar a cabo, siendo el objetivo dar las órdenes correctas a los Sensores, brazos , pinzas o motores de hacen posible el movimiento.

En un robot móvil es necesario asignar prioridades en función de las informaciones recibidas por ejemplo, si un sensor de contacto informa de un choque frontal, está información tiene prioridad sobre un desplazamiento en otra dirección.

Podemos ver, la dificultad que conlleva realizar esta función, ya que es la que dará vida al robot. Es en esta fase la concepción de un robot en la que es necesario proporcionarle alguna forma de inteligencia que le de posibilidad de elegir la acción que debe llevar a cabo. Esta toma de decisiones suele ser arbitraria al comienzo, pero permite desarrollar una forma de aprendizaje que tenga en cuenta los resultados de las decisiones anteriores.

2.2.3. Control del robot

El control del robot es una tarea bastante complicada y sobre todo lo realizado por software. Nos interesa sobre todo el control de bucle cerrado. Recibimos un feedback, es decir que comparamos continuamente el estado deseado y el actual del robot. La diferencia entre los dos estados es el error. Destino es minimizar este error que es una tarea bastante difícil y sigue una teoría matemática compleja.

2.2.3.1. Navegación

Según Matellán la navegación “es la ciencia de conducir un robot móvil mientras atraviesa en entorno (tierra, mar o aire) para alcanzar un destino o meta, sin chocar con ningún obstáculo.” Es decir que es el complejo uso y control de motores y sensores para llegar a un destino sin accidentes. Puede persistir en

1. Percepción del entorno
2. Fusión de sensores
3. Modificación / generación de mapas
4. Control de movimiento
5. Esquivar obstáculo

2.2.3.2. Arquitecturas del control

Por arquitecturas de control los especialistas de robótica entienden la coordinación de distintos controladores. Distinguen entre:

- Reactiva: La reacción es el control tradicional. El robot reacciona solamente a la información de los sensores, es decir que recibe la información y decide que hacer. El problema es que es difícil separar las situaciones del mundo. Si se enfrenta a una situación no implementada tiene un problema.
- Basada en comportamientos: Comparado con la arquitectura reactiva tiene un comportamiento más eficiente. Están programados según funciones: cada módulo tiene una función concreta. Un comportamiento emergente surge de la interacción de las reglas (en los reactivos) o comportamientos con el entorno.
- Deliberativas: Buscan el mejor camino del estado inicial al final, es decir que el estado actual es otro que el inicial. Necesitan muchos sensores, son lentos y han evolucionado hacia los sistemas híbridos.
- Híbridas: Híbridos de los anteriores.

2.2.4. Cinemática

La cinemática de robots se dedica al análisis y solución de los problemas derivados del posicionamiento de los elementos del manipulador¹. La cinemática se interesa por la descripción analítica del movimiento espacial del robot como una función del tiempo, y en particular por las relaciones entre la posición y la orientación del extremo final del robot con los valores que toman sus coordenadas articulares.

La cinemática hace uso de tres conceptos fundamentales:

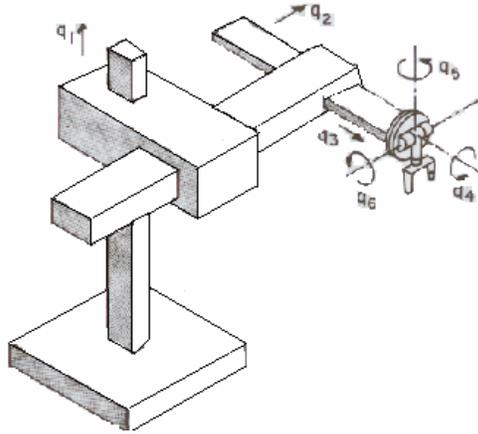
- Estructura mecánica del manipulador
- Grados de libertad para el posicionamiento del elemento terminal
- Solución de los problemas directo e inverso.

El manipulador está constituido por tres elementos básicos: cuerpo, brazo y antebrazo, que se relacionan entre sí mediante articulaciones o pares cinemáticas de rotación (R) o prismáticos (P). Cada elemento dispone de dos pares cinemáticas, estando el primero de ellos fijo a la base y el último con un extremo libre, en donde se sitúa el aprehensor o herramienta.

El manipulador utilizado con más frecuencia en la industria, tiene tres grados de libertad en sus elementos, más otros tres en la muñeca. Con los grados de libertad propios de los elementos se consigue posicionar, en un punto de la zona operativa, el extremo libre o muñeca y con los otros tres grados de libertad de esta última, se logra orientar en cualquier dirección el elemento terminal.

¹ JOSE M^a ANGULO USATEGUI, Robótica practica, capítulo 3, Editorial Paraninfo, 451Pág

Figura 6. Coordenadas cartesianas



Fuente. Libro Robótica Práctica

La estructura del manipulador y el tipo de las articulaciones definen los movimientos, por lo que en cada caso, es recomendable usar el tipo adecuado de coordenadas como las cartesianas (ver figura6), angulares, cilíndricas y esféricas.

La cinemática sólo se ocupa de definir la posición del manipulador respecto a un sistema de coordenadas, a lo largo del tiempo. Mediante la cinemática se resuelven los problemas característicos del manipulador.

1. Problema cinemático “directo”: resuelve la posición y orientación del elemento terminal, conociendo los parámetros que definen los grados de libertad, o sea, la situación de las articulaciones.
2. Problema cinemático “inverso”: determina la magnitud de los parámetros característicos de los grados de libertad, conociendo la posición y orientación del elemento terminal.

Para resolver estos problemas se recurre a las reglas de la trigonometría, o bien, de forma más exacta, usando calculo matricial y las transformadas homogéneas

2.2.5. Dinámica

Se ocupa de la relación entre las fuerzas que actúan sobre un cuerpo y el movimiento que en él se originan. Por lo tanto, el modelo dinámico de un robot tiene por objetivo conocer la relación entre el movimiento del robot y las fuerzas implicadas en el mismo.

Esta relación se obtiene mediante el denominado modelo dinámico, que relaciona matemáticamente:

1. La localización del robot definida por sus variables articulares o por las coordenadas de localización de su extremo y sus derivadas,
2. Las fuerzas y pares implicados en las articulaciones.
3. Los parámetros dimensionales del robot, como longitud, masas e inercias en sus elementos.

La obtención de este modelo para mecanismos de uno o dos grados de libertad no es excesivamente compleja, pero a medida que el número de grados de libertad aumenta, el planteamiento y obtención del modelo dinámico se complica.

El problema de la obtención del modelo dinámico de un robot es, por lo tanto, uno de los aspectos más complejos de la robótica, lo que ha llevado a ser obviado en numerosas ocasiones. Sin embargo el modelo dinámico es imprescindible para conseguir los siguientes fines:

1. Simulación del movimiento del robot.
2. Diseño y evaluación de la estructura mecánica del robot.
3. Dimensionamiento de los actuadores.
4. Diseño y evaluación del control dinámico del robot.

El modelo dinámico completo de un robot debe incluir no sólo la dinámica de sus elementos si no también la propia de sus sistemas de transmisión, de los actuadores y sus equipos electrónicos de mando. Estos elementos incorporan al modelo dinámico nuevas inercias, rozamientos, saturaciones de los circuitos electrónicos, etcétera.

La obtención del modelo dinámico de un mecanismo, y en particular de un robot, se basa fundamentalmente en el planteamiento del equilibrio de fuerzas establecido por la segunda ley de Newton, o su equivalente para movimientos de rotación denominada Ley de Euler.

Ecuación 1. Ley de Euler

$$\sum F = m\dot{v}$$

$$\sum T = I\dot{\omega} + \omega * (I\omega)$$

Como por ejemplo un robot monoarticular como mostrado en la figura 7, el equilibrio de fuerzas pares daría como resultado la ecuación 2, en donde se ha supuesto que toda la masa se encuentra concentrada en el centro de gravedad del elemento, que no existe rozamiento alguno y que no se manipula ninguna carga.

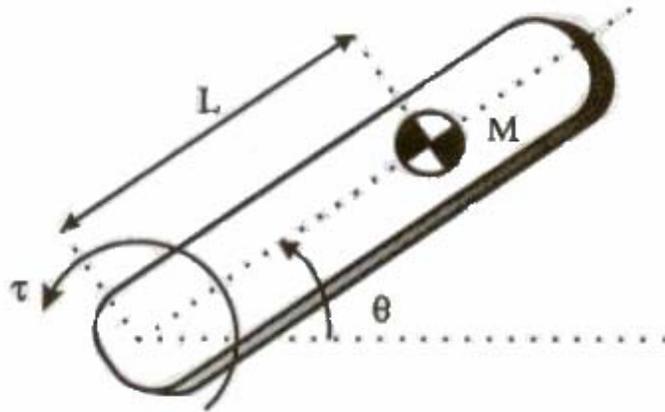
Ecuación 2. Equilibrio de fuerzas

$$\tau = I \frac{d^2\theta}{dt^2} + MgL\cos\theta = ML^2 \ddot{\theta} + MgL\cos\theta$$

Se tiene así que del planteamiento del equilibrio de fuerzas y pares que interviene sobre el robot se obtiene los denominados modelos dinámicos directo e inverso:

- Modelo dinámico directo: expresa la evolución temporal de las coordenadas articulares del robot en función de las fuerzas y pares que intervienen.
- Modelo dinámico inverso: expresa las fuerzas y pares que interviene en función de la evolución de las coordenadas articulares y sus derivadas.

Figura 7. Modelo de eslabón con masa concentrada



Fuente. Fundamentos de Robótica

2.2.6. Sensores

2.2.6.1. Sensores aplicados al cálculo de distancia y detección de objetos cercanos

Existen dos clasificaciones naturales para describir este tipo de sensores: la clasificación según su tecnología y la clasificación en función del alcance conseguido. Paradójicamente ambas clasificaciones coinciden bastante en las categorías de sensores que presentan. Así, para distancias cortas, la tecnología de infrarrojo (del orden de metros), es seguida por la tecnología de ultrasonido o sonar (hasta varias decenas de metros), luego por la de radar (hasta cientos de metros, e incluso kilómetros) y finalmente por la tecnología de láser (potencialmente desde décimas de milímetro hasta decenas de kilómetros. Una tercera clasificación es quizás menos evidente, pero crucial a la hora de decidir que tipo de sensor puede aplicarse a cada medio de transporte: la velocidad de cálculo de distancia que permite el sensor.

Así, en un extremo de la tabla, la tecnología de ultrasonido o sonar es aplicable a vehículos considerablemente más lentos que la velocidad del sonido (automóvil, barco, ferrocarril, etc.), mientras que, en el otro extremo, el radar o el láser resulta una elección forzosa en el caso de vehículos que se desplazan a velocidades supersónicas.

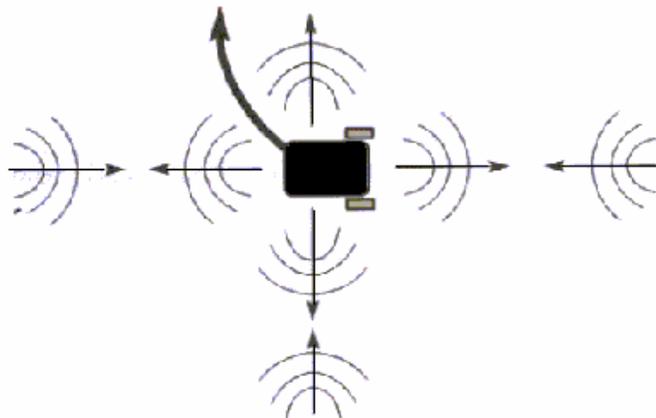
2.2.6.1.1. Los sensores de ultrasonidos

La cuestión interesante para un robot es el conocimiento preciso de la distancia al obstáculo, para poder adaptar su comportamiento por esto una de las mejores opciones es los sensores ultrasonidos. Tomando como ejemplo un murciélago que emplea el eco para orientarse en la oscuridad, podemos pensar en un sistema similar para nuestro robot, después de tratar las señales.

En general, los ultrasonidos se emplean en robots de tamaño considerable y se colocan diversos sensores alrededor de los mismos. Midiendo las distancias respecto de los cuatro lados del robot, se puede decir que camino tomar o evitar un obstáculo que parece de repente en mitad de la trayectoria.

Aunque la información sea precisa, es necesaria una buena alineación del objetivo. Esta observación implica la necesidad de pensar detenidamente sobre la posición de los sensores. Una de las posibles ideas consiste en colocar cuatro sensores espaciados un ángulo de 15 grados en e sentido horario. De esta forma, es posible detectar más rápidamente el obstáculo.

Figura 8. Giro de acuerdo a la respuesta de los sensores de ultrasonido



Fuente. Robots Móviles

Los dispositivos basados en sensores de ultrasonidos tienen un rango óptimo de detección que comienza a partir de la distancia en la que el rango de detección de los sensores de infrarrojo deja de ser eficaz (típicamente varias decenas de centímetros) y alcanzan típicamente hasta una decena de metros (limitado por la potencia del emisor y por la dispersión de la onda emitida).

Al igual que en el caso anterior, estos dispositivos se componen de uno o más emisores y uno o más receptores, combinados habitualmente por parejas complementarias (emisor-receptor) que en lugar de emitir y detectar señales electromagnéticas en el espectro infrarrojo, trabajan con señales de sonido en el rango ultrasónico (por encima de los 22 kHz) aunque, curiosamente, es habitual que los emisores y detectores estén preparados para trabajar con frecuencias centradas en los 40kHz similar a la frecuencia de la señal moduladora de las señales de infrarrojo.

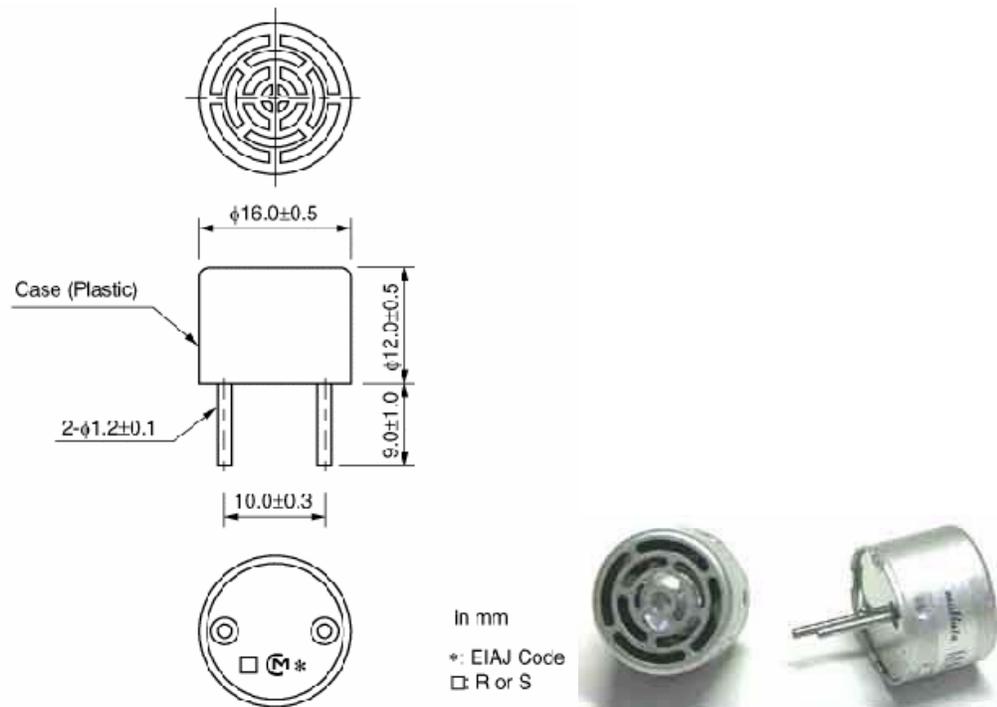
Las diferencias entre la señal infrarroja y la señal de ultrasonidos son las que confieren las ventajas a este último tipo de tecnología en la detección y medida de distancia a objetos cercanos.

Para empezar indicaremos que la señal de ultrasonidos emitida se concentra en un estrecho cono angular (típicamente de unos 20°), con origen en el emisor. Así se eliminan los problemas de dispersión de la onda emitida que impiden la detección de objetos a lo largo de una dirección definida. (Aunque aparecen otros problemas menores, ya que si la superficie sobre la que incide la onda sonora forma un ángulo superior a cierto ángulo crítico de reflexión con el vector principal de la onda emitida, las ondas de sonido reflejadas nunca alcanzarán a los receptores del vehículo).

Por otra parte, la velocidad de la señal de ultrasonidos (la velocidad del sonido en el aire) es muy inferior a la de la luz y, por tanto, facilita el cálculo de distancia al obstáculo detectado, basado en la medida del tiempo de reflexión de la señal.

Pero las diferencias con la tecnología de infrarrojo, también confieren alguna desventaja a esta tecnología que limita su rango de aplicación. Por ejemplo, la señal emitida por el emisor de ultrasonidos es casi simultáneamente recibida por el receptor antes de ser reflejada en un obstáculo potencial. Este fenómeno obliga a descartar las señales recogidas en el detector hasta que el emisor ha terminado de emitir y, por ello, la distancia mínima a la que se detecta un objeto comienza a partir de varias decenas de centímetros.

Figura 9. Características de las cápsulas de ultrasonido



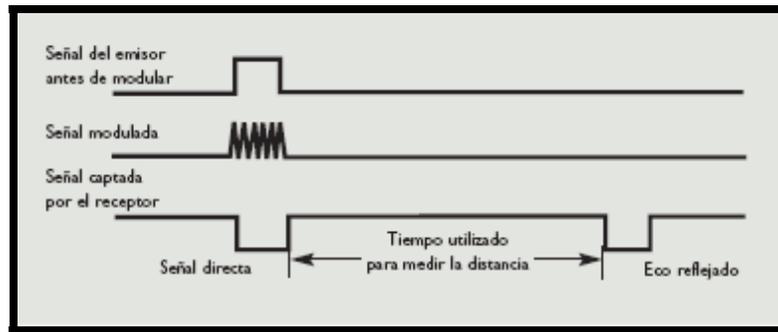
Fuente. Datasheet

En efecto, una de las características inherentes tanto a los emisores como a los receptores de ultrasonidos son sus campos de influencia.

En el caso de los emisores, la señal emitida no se transmite siguiendo una perfecta línea recta como ocurre en el caso del láser sino que más bien la onda de emisión de energía abarca una apertura que típicamente se encuentra en torno a algunas decenas de grados. Por

otra parte el receptor será capaz de recoger señales que se encuentren dentro de un campo de sensibilidad que también suele estar en torno a varias decenas de grados.

Figura 10. Emisión y Recepción de los ultrasonidos



Fuente. PDF. Principios de Robótica: Aplicación al guiado de vehículos. Introducción y sensores de exploración.

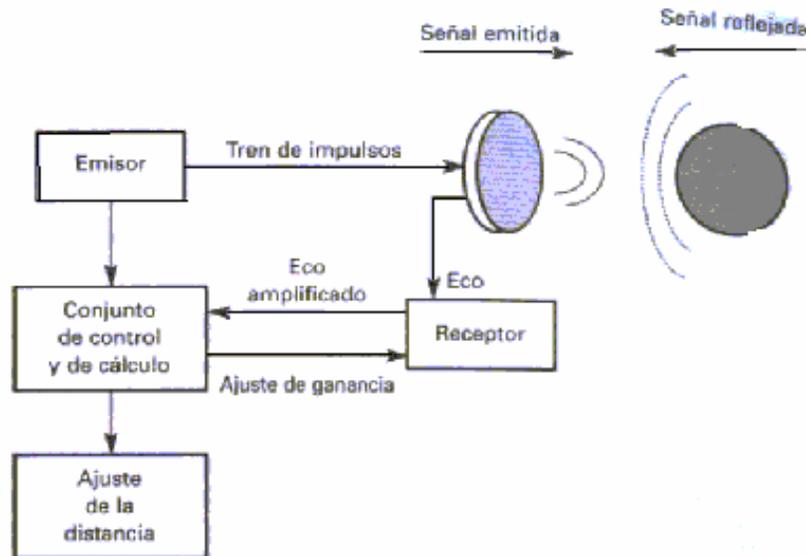
Típicamente el emisor y receptor se suelen colocar cercanos el uno al otro para ahorrar espacio y ocurre que el área de sensibilidad del receptor se encuentra dentro del área de emisión del emisor de manera que la señal emitida por el emisor es recogida inmediatamente por el receptor antes de alcanzar un obstáculo y reflejarse. Si además el obstáculo está demasiado próximo al sensor (a pocos centímetros), el reflejo en el obstáculo de la primera parte de la señal emitida (eco) llegará al receptor solapándose con la última parte de dicha señal (que estará llegando al receptor directamente del emisor, sin haberse reflejado aún en ningún obstáculo).

La consecuencia del proceso descrito en la figura 11 consiste en que, si la unidad lógica del dispositivo, sólo procesa el retardo entre señal emitida por el transductor y recibida por el receptor, no será capaz de discriminar entre la porción de señal emitida, que no ha sido aún reflejada, y un eco procedente de un obstáculo muy próximo.

Aparece así una zona muerta, configurada por el tiempo que dura la emisión y las posiciones relativas de emisor y receptor (abarcará desde la posición del receptor hasta

varios centímetros frente a éste), que obligaría utilizar otro procedimiento para detectar cualquier obstáculo potencial que se encontrara dentro de la misma.

Figura 11. Descripción del proceso de la señal



Fuente. Robots Móviles

Para reducir las limitaciones de alcance máximo y mínimo se debe recurrir a otros tipos de sensores para completar el rango de medición. Debido a que estas limitaciones provienen en gran parte del método empleado para realizar la detección de la señal de eco, se estudió la forma de optimizar la detección para ampliar el alcance del sistema.

El cálculo de la distancia a un obstáculo se determina midiendo el tiempo de vuelo de las ondas de ultrasonido entre el par receptor-transmisor y el objeto.

A continuación se proporcionan algunas ecuaciones que permiten obtener las distancias en juego.

$$v = 330m * s^{-1}$$

A la temperatura ambiente (18°C), la velocidad del sonido es de 341m * s⁻¹. La distancia D entre un obstáculo y el robot se calcula del siguiente modo:

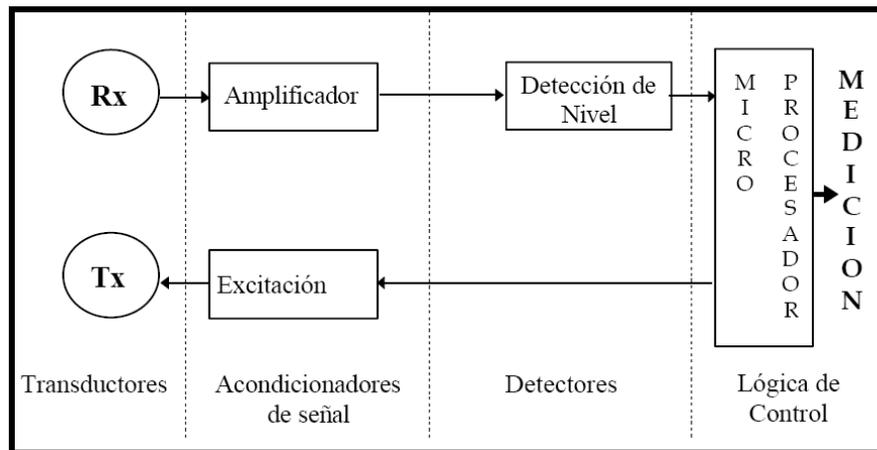
Ecuación 3. Distancia entre un obstáculo y el robot

$$D = \frac{vt}{2}$$

Donde t es la duración entre la emisión del impulso sonoro y la recepción del eco.

Un sistema de medición tradicional consta de los siguientes elementos: uno o más transductores que cumplen funciones de emisión y recepción de las ondas ultrasónicas; una etapa que amplifica y filtra la señal del receptor; un circuito detector de nivel basado en un comparador de tensión; una etapa que amplifica la señal de disparo y excita al transmisor; y por último una lógica de control y medición que se encarga de generar la señal de disparo y de procesar la información de tiempo de vuelo

Figura 12. Esquema de un sistema tradicional de emisión y recepción de ultrasonido.



Fuente. PDF. Sistema de detección combinado para sensores ultrasónicos

El principal problema de este método es que al fijar un nivel de detección adecuado para distancias relativamente pequeñas, no se distinguen los ecos que corresponden a distancias

mayores. Si en cambio se fija el umbral para detectar obstáculos a grandes distancias, el ruido presente puede conducir a falsas detecciones.

Una solución estriba en realizar un control de ganancia, aumentando la amplificación del receptor a medida que aumenta la distancia al objeto, manteniendo constante el umbral de detección.

Otra variante consiste en ir disminuyendo el umbral de detección a medida que aumenta la distancia al objeto. En ambos casos es necesario agregar una lógica de control adicional y circuitos de ganancia variable o umbral variable.

La señal de ultrasonido transmitida como la recibida poseen una frecuencia fija, determinada por las características propias de los transductores ultrasónicos, también resulta posible discriminar el eco en base a su frecuencia, lo que en principio lo independiza de la atenuación.

La alternativa presentada aquí, aprovecha las ventajas de los métodos de detección por nivel y por tono en forma combinada.

El sistema receptor está formado por tres bloques principales según su función: amplificación, detección por umbral, y detección de tonos.

El circuito de excitación o de disparo cumple la función de elevar la tensión desde valores TTL del microprocesador hasta la tensión máxima de trabajo del transmisor de ultrasonido. De esta forma se obtiene una mayor transmisión de energía al medio, lo que mejora la relación señal ruido en el receptor ultrasónico, y disminuye la ganancia necesaria en la etapa receptora.

La señal proveniente del receptor, una vez amplificada, ingresa al circuito de detección de tonos la que procesa en paralelo la información, obteniendo a la salida de cada bloque una

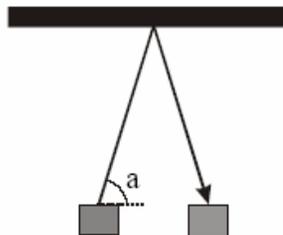
señal digital que cambia de estado en el momento de la detección. Finalmente el microprocesador efectúa la lectura e interpretación de estos datos.

2.2.6.1.2. Sensor de infrarrojo por reflexión

Se incluyen en esta sección los sensores de infrarrojo y láser. A través de estos sensores se pueden estimar las distancias a las que se encuentran los objetos en el entorno. Hay diferentes métodos para medir la distancia a un objeto:

- Triangulación: usa relaciones geométricas entre el rayo de salida, el de entrada y la posición del sensor. Como se muestra en la Figura cuanto mayor sea el ángulo “a”, mayor será la distancia al objeto.

Figura 13. Medida de infrarrojos por triangulación



Fuente. Robots Móviles

Tiempo de vuelo: Mide el tiempo que transcurre desde que sale el rayo de luz hasta que se recibe, después de haber rebotado en un objeto.

La precisión que se obtiene con estos sensores es muy elevada, debido a que son muy direccionales al ser muy pequeña su longitud de onda. La distancia máxima de medida depende de la potencia que se aplica al rayo de salida.

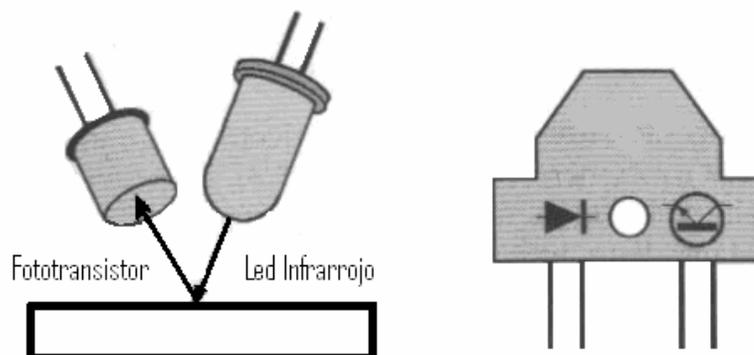
Se suele montar un solo láser en una plataforma móvil (*pan-tilt*), o con un espejo móvil que permita direccionar la señal a diferentes zonas del entorno, debido a que son caros. Mientras que los sensores de infrarrojo se suelen montar de forma similar a los sensores ultrasónicos.

2.2.6.1.3. OPB704

Este sensor está constituido por dos elementos diferentes un diodo electro luminoso utilizado como emisor y un fototransistor de infrarrojos como receptor. En este caso están montados sobre unas lentes convergentes alojadas en la carcasa negra y la forma del sensor permite que el haz refleje en una superficie más concreta. Otra de las características de este sensor es que posee una lente de polisulfuro que se encarga de eliminar gran parte de las interferencias producidas por la luz ambiente.

El principio de funcionamiento es sencillo: el diodo emite una luz infrarroja dirigida hacia el frente y el fototransistor recibe los fotones generados por la reflexión que se produce con un obstáculo. Si se respeta una distancia entre el elemento y el obstáculo del orden de 4mm y 10mm, la corriente máxima del diodo $I=40\text{mA}$ y la intensidad del colector máxima es de $I=30\text{mA}$. Es decir el receptor suministrará una información proporcional a la cantidad de fotones que haya recibido.

Figura 14. Configuración del sensor OPB 704



Fuente. Microcontrolador PIC 16f84

Para la realización de la interfaz del sensor de reflexión es necesario añadir un poco de electrónica. En primer lugar, el elemento que va a emitir los infrarrojos debe polarizarse usando una resistencia de valor bastante bajo, inferior a $1\text{ K}\Omega$ y, en segundo lugar, el receptor se cargara con una resistencia que tendrá un valor optimizado para los objetivos a desarrollar como lo es la detección de objetos a partir de la información del fabricante.

3. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

La búsqueda de una solución a la temática de la seguridad, ha llevado a la creación y modificación de sistemas, donde la integridad de las personas no se vea amenazada. Basados en este análisis, el proyecto está enfocado en la manera empírico-analítica, debido a la aplicación de equipos modificando métodos técnicos en el mundo material.

3.2. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Tecnologías actuales y sociedad

3.2.1. Sub-línea de facultad

- Procesamiento de señales digitales y/o análogas
- Instrumentación y control de procesos
- Sistemas de información y comunicación
- Pedagogía y didáctica de las ciencias básicas y la ingeniería

3.2.2. Campo temático del programa

- Control
- Comunicaciones
- Análisis de señales

3.3. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Las diferentes simulaciones que se realizaron de las variables contempladas en el proyecto como son frecuencia, amplitud, voltaje y corriente para observar la respuesta de los circuitos. Se busca por lo tanto que con estos los resultados en la práctica sean más precisos comparándolos con las mediciones de las variables realizadas con los instrumentos correspondientes para cada una de las variables a controlar en el diseño y desarrollo de las interfaces propuestas.

Estas mediciones permitirán eliminar posibles fallas antes de ejecutar acción alguna sobre el montaje de los elementos, los cuales ya han sido identificados mediante la consulta, en nuestro caso en los Data Sheet y seleccionados por sus características y especificaciones.

3.4. HIPÓTESIS

La automatización de un robot hexápodo para seguridad en espacios interiores dará una mejor solución, ya que poseerá las mismas funcionalidades que los sistemas de seguridad cotidianos usados para espacios interiores con la ventaja de tener los dispositivos a un menor costo y tamaño, y sin la necesidad de la supervisión del hombre. Esto será posible gracias a la automatización que constará de tres partes como lo son:

- Diseño físico que aguantará las características físicas del espacio o ambiente en donde el robot actuará.
- Diseño electrónico que constará del control de sensores y de los motores para la movilidad del robot.
- Desarrollo del software que tendrá la función de adquirir datos y hacer la interfaz entre el computador y el robot.

3.5.VARIABLES

3.5.1. Variables independientes

- Robot,
- Automatización para la aplicación de seguridad en espacios interiores,
- Sistemas de control

3.5.2. Variables dependientes

- Seguridad,
- Adquisición de datos,
- Medio de comunicación

4. PRESENTACIÓN DE ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se decidió hacer un robot HEXÁPODO pues este muestra buenas características de estabilidad que robots con menor número de patas no presenta, también tiene facilidad en los movimientos que realiza y puede desplazarse el cualquier tipo de terreno puede ser un terreno uniforme o con desnivel y el cambio de terreno no varía su velocidad.

Para la elaboración del proyecto se llevaron a cabo varias pruebas con distintos tipos de dispositivos para encontrar los más adecuados para conseguir el mejor funcionamiento de los circuitos.

Para la detección de obstáculos e inversión de giro de los motores se utilizó el detector de proximidad OPB704 con el que se obtuvieron los resultados esperados por las características técnicas ofrecía y no fue necesario utilizar otro dispositivo.

Por medio del sensor de proximidad se detectan los obstáculos, esta señal es enviada al Microcontrolador para el respectivo control, cuando recibe esta señal es necesario cambiar el recorrido del robot para que no se estrelle, por esto se necesita invertir el giro de los motores, para esto se utilizó una H con transistores pero no se lograron los resultados esperados pues se presentan problemas con los voltajes en los transistores y esto implica más carga en la batería y tal cambio en los transistores se presenta por la caída de tensión real en ellos y esto lleva a que suceda un cambio en voltaje y por tal motivo no se tiene un buen comportamiento en el funcionamiento del Microcontrolador, problema que no se presentó con el integrado L293B pues presenta un buen funcionamiento y no tiene estos problemas de voltaje y al no variar la señal con los cambios de voltaje el funcionamiento del Microcontrolador será óptimo.

Para la detección de movimiento se realizaron pruebas con dos tipos de sensores, las primeras pruebas se realizaron con el sensor por reflexión de infrarrojo GP2D120, que mide la distancia de acuerdo al ángulo de recepción, pero al llevar a cabo las diferentes pruebas y mediciones se encontraron falencias en su funcionamiento que produjeron que fuera sustituido por otro tipo de dispositivo. Las fallas que se presentaron fueron:

- El ángulo de cobertura es mínimo se reduce al tamaño del sensor
- La triangulación que hace cubre un espacio mínimo
- La distancia máxima a la cual puede detectar un obstáculo no sobrepasa los 80cm.

El otro tipo de sensor utilizado para la detección de movimiento son las capsulas de ultrasonido que no tienen los problemas que se presentan con el G92D120, como el ángulo de cobertura y supera el principal inconveniente que es la distancia de cobertura gracias a que los con los sensores de ultrasonido se puede detectar movimiento a mayores distancias.

5. DISEÑO INGENIERIL

5.1. CONSTRUCCIÓN DEL ROBOT

Para el diseño del robot se tuvo en cuenta varias variables que este manejaría como lo es el movimiento que este debía realizar, la estabilidad, el soportar el peso de los implementos utilizados entre otros; es por esto que se decidió que el robot tendría seis patas, luego de conocer como debía ser el robot se resolvió pedir una asesoría con un diseñador industrial para construir las partes que se requerían como lo es el chasis y las patas puesto que el desarrollo del diseño mecánico se encuentra ajeno a nuestro campo de trabajo y es por tanto muy difícil construirlo y que funcionara perfectamente.

Para tal fin se hizo un estudio previo de todas las partes mecánicas y parámetros que forman parte del robot para así poder encauzar una solución de diseño lo más correcta y adecuada los puntos que se estudiaron, como fueron los siguientes:

- Ambiente y situaciones a las cuales iba a ser expuesto el robot
- Estudio de que tipo de motor se debería usar
- Ubicación de los motores
- Dimensión y características de las patas, y tipo de transmisión del movimiento entre el motor y las patas.
- Tipo y ubicación de la batería
- Ubicación de los circuitos de control y la cámara

5.1.1. Elección de los motores

Para el movimiento del robot fue necesario primero buscar que tipos de motores son los más usados en robótica y después escoger el tipo de motor que mas se adecuara al

desplazamiento que debía realizar, teniendo en cuenta las necesidades requeridas como lo es fuerza, velocidad, potencia y tamaño del mismo.

5.1.1.1. Servomotores

Los servos son un tipo especial de motor que se caracterizan por su capacidad para posicionarse de forma inmediata cualquier posición dentro de su rango de operación. Para ello, el servo espera un tren de pulsos que se corresponden con el movimiento a realizar.

Al realizar las pruebas, se pudo apreciar que es necesario dar determinada serie de pulsos para indicar en que posición se debe situar el servo y es muy difícil pues el espacio en el que se desplaza no siempre será el mismo por lo tanto es muy difícil saber donde están los obstáculos que debe esquivar y no se sabe por ende que serie de pulsos mandar para que gire determinado número de grados el motor.

Figura 15. Servomotor



Fuente. <http://www.electromar.com.ar>

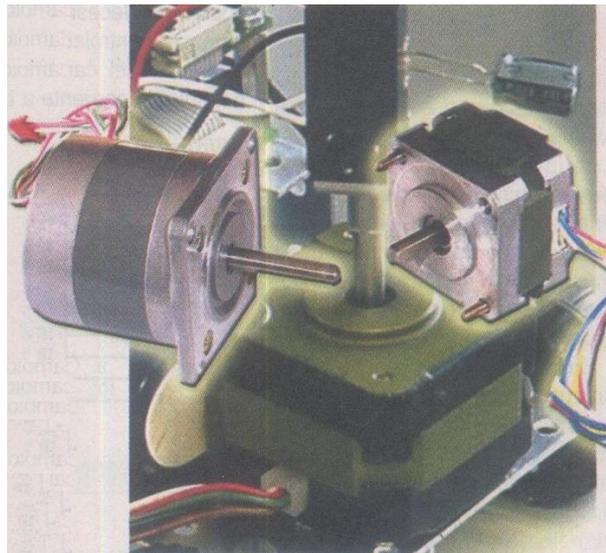
También se desechó la posibilidad de trabajar este tipo de motor pues para su buen funcionamiento es importante que se mantenga en la misma posición durante un cierto

tiempo, es necesario enviarle continuamente el pulso correspondiente. De este modo, si existe alguna fuerza que le obligue a abandonar esta posición, intentará resistirse. Si se deja de enviar pulsos (o el intervalo entre pulsos es mayor del máximo) entonces el servo perderá fuerza y dejará de intentar mantener su posición, de modo que cualquier fuerza externa podría desplazarlo y no es práctico ya que puede saber con certeza en que momento debe esquivar un obstáculo.

5.1.1.2. Motores paso a paso

La característica principal de estos motores es el hecho de poder moverlos un paso a la vez por cada pulso que se le aplique. Este paso puede variar desde 90° hasta pequeños movimientos de tan solo 1.8° , es decir, que se necesitarán 4 pasos en el primer caso (90°) y 200 para el segundo caso (1.8°), para completar un giro completo de 360° . Estos motores poseen la habilidad de poder quedar enclavados en una posición o bien totalmente libres.

Figura16. Motor Paso a Paso



Fuente. www.monografias.com

Se decidió no utilizar este tipo de motor pues es complicado conseguir varios motores con las mismas características de funcionamiento, y como es necesario para su funcionamiento enviarles determinado número de pulsos para que se mueva ciertos grados es muy difícil definir que tantos grados debe moverse cuando encuentre un obstáculo.

5.1.1.3. Motorreductores :

Este tipo de motores ofrecen muchas ventajas de uso por la forma como consiguen que un motor DC reduzca su velocidad de entrada en r.p.m y entregue a la salida menos r.p.m, sin sacrificar la potencia y aumenta la fuerza del motor de una manera considerable.

Figura 17. Motorreductores



Fuente. www.ermec.com

Se decidió escoger este tipo de motor por los beneficios que ofrece algunos son:

- Una regularidad perfecta tanto en la velocidad como en la potencia transmitida.
- Una mayor eficiencia en la transmisión de la potencia suministrada por el motor.
- Mayor seguridad en la transmisión, reduciendo los costos en el mantenimiento.
- Menor espacio requerido y mayor rigidez en el montaje.
- Menor tiempo requerido para su instalación.

Se decide utilizar este tipo de motor porque ofrece las características que se necesitan para el movimiento del robot, tiene bastante fuerza, buena velocidad, potencia, el tamaño de los

motores es pequeño, es fácil conseguir varios motores con las mismas características como los que posean el mismo troqué, misma velocidad entre otras. También es importante mencionar que el requerimiento en el proyecto para el motor es que cumpla con solo una función y es la de movimiento puesto que no es necesario controlar otra variable como velocidad o posición.

5.2. CONTROL DE GIRO DE LOS MOTORES PASO A PASO PARA ESQUIVAR OBSTÁCULOS

El entorno en el que se debe desplazar el HEXÁPODO presentará obstáculos que son prioridad evadirlos para que no se interrumpa el recorrido del mismo, por esta razón se decidió implementar un módulo de control con sensores de proximidad que permitirán a los motores dar giros para esquivar obstáculos con facilidad y no detener su camino, esto se realizará haciendo que el robot gire sobre su mismo eje.

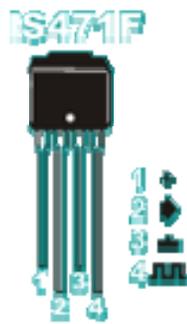
5.2.1. Elección de los sensores de proximidad

Para la detección de obstáculos encontramos estos tipos de sensores de proximidad:

5.2.1.1. IS471F

Este sensor basado en el dispositivo es inmune a interferencias de luz normal. Este sensor incorpora un modulador/demodulador integrado en su carcasa y a través de su patilla 4 controla un diodo LED de infrarrojos externo, modulando la señal que este emitirá, para ser captada por el IS471F que contiene el receptor. Cuando un objeto se sitúa enfrente del conjunto emisor/receptor parte de la luz emitida es reflejada y demodulada para activar la salida en la patilla 2 que pasará a nivel bajo si la señal captada es suficientemente fuerte.

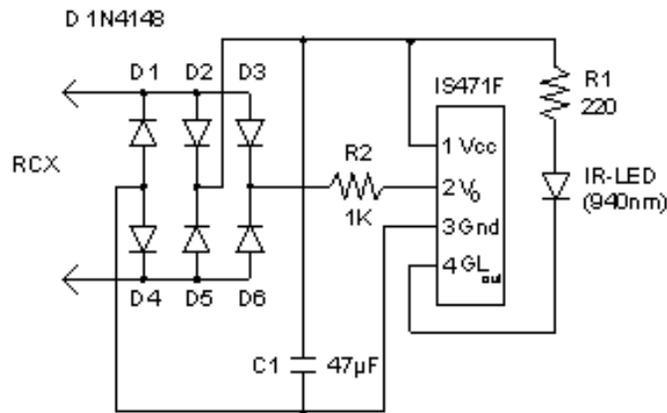
Figura18. IS471F



Fuente. <http://www.x-robotics.com/sensores>

El funcionamiento de este sensor es el siguiente, el sensor se alimenta por sus patas 1 y 3 que corresponden a Vcc y Gnd respectivamente, la pata 2 es la salida del detector y la pata 4 es la salida que modula al led emisor externo. Mediante el potenciómetro P1 se varía la distancia a la que es detectado el objeto. Contra mas baja sea la resistencia de este potenciómetro, mas intensa será la luz emitida por el diodo de IR y por lo tanto mayor la distancia a la que puede detectar el objeto.

Figura19. Circuito de aplicación del IS471F

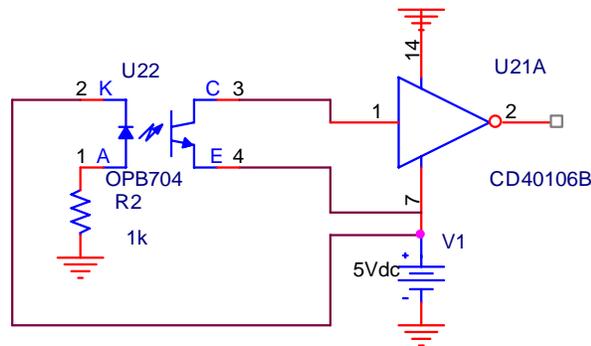


Se decidió no implementar este tipo de sensor pues el circuito de aplicación es más complejo y lo más importante es que la señal de modulación la produce un led externo y esto implica mas espacio y es más difícil ubicarlos en el robot.

5.2.1.2. Sensor OPB704

Para observar la respuesta y las condiciones en las que se debe trabajar el sensor se implementa un circuito muy sencillo compuesto por una Schmitt Trigger que se encarga de conformar las señales del sensor a niveles lógicos más estables, una resistencia y el sensor de proximidad OPB704 que en un solo dispositivo están montados sobre unas lentes convergentes alojadas en la carcasa negra el emisor y el receptor y la forma del sensor permite que el haz refleje en una superficie más concreta.

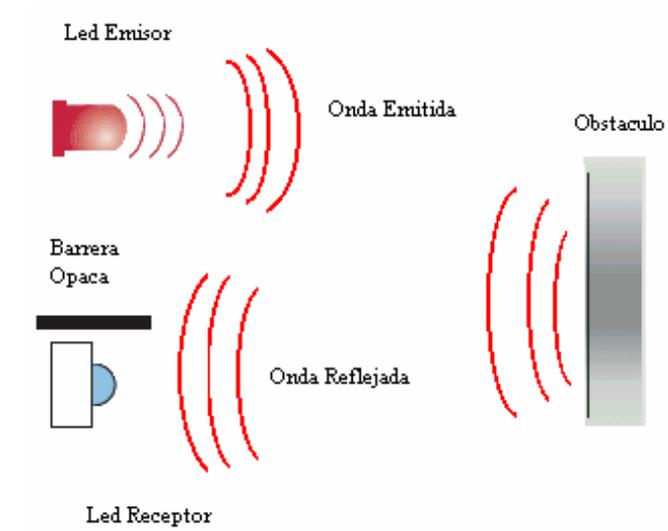
Figura 20. Circuito sensor OPB704



Al detectar un obstáculo el diodo electrolumiso utilizado como emisor emitirá un grupo de pulsos con una determinada cadencia que, tras ser reflejados en diferentes objetos cercanos, alcanzarán a uno o más detectores de infrarrojo.

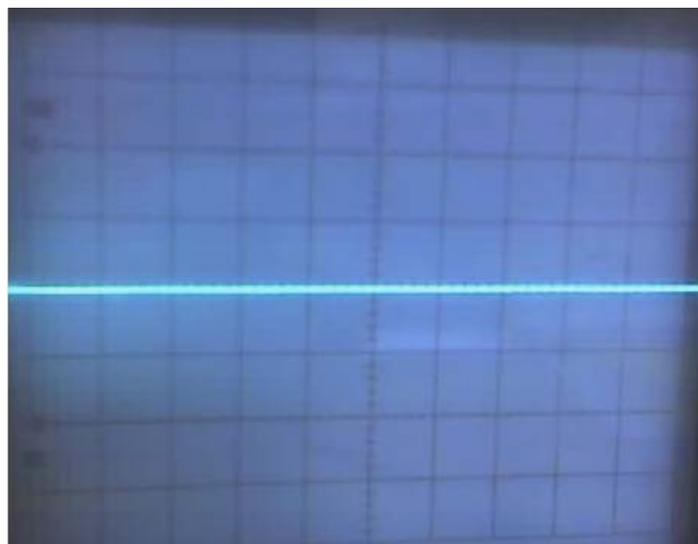
Así, la detección de la señal reflejada informará sobre la presencia de un objeto cercano situado en un rango desde unos pocos centímetros. El lente de polisulfuro que tiene el sensor se encarga de eliminar gran parte de las interferencias producidas por la luz ambiente.

Figura 21. Principio de funcionamiento



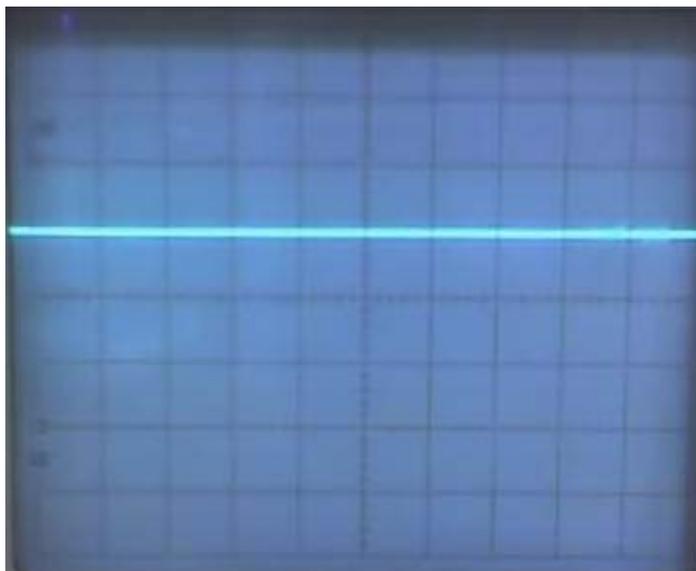
Fuente. PDF. Principios de Robótica

Figura 22. Señal del OPB704 sin detectar obstáculos



El sensor permite el paso de frecuencias cercanas a los 40Khz para evitar de esta forma su activación permanente, el detector queda activado de forma estable, mientras recibe un tren de pulsos modulado a la frecuencia de 40Khz

Figura23. Señal del OPB704 cuando detecta un obstáculo



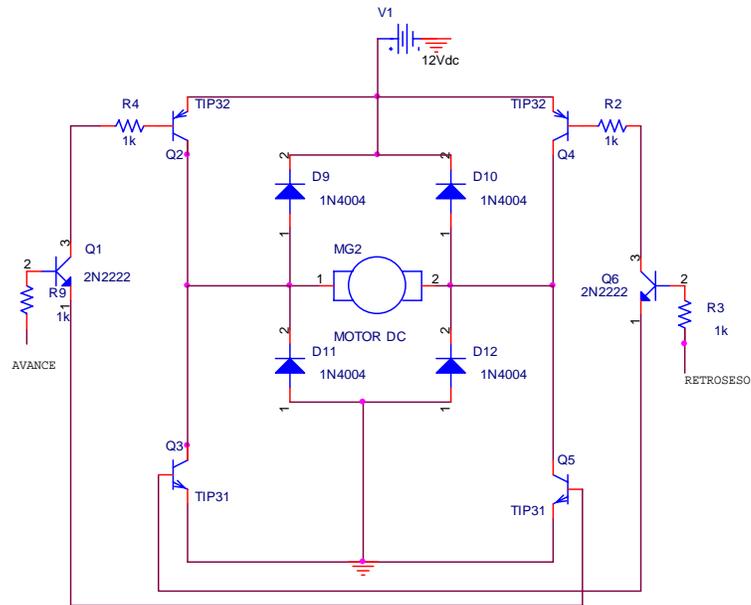
Después de observar el funcionamiento del sensor se decidió que sería el más útil para la detección de obstáculos y posterior control de los motores, pues cumple con las características necesarias para que el HEXAPODO pueda esquivar dichos obstáculos.

5.2.2. Circuito inversión de giro de los motores

5.2.2.1. Puente H

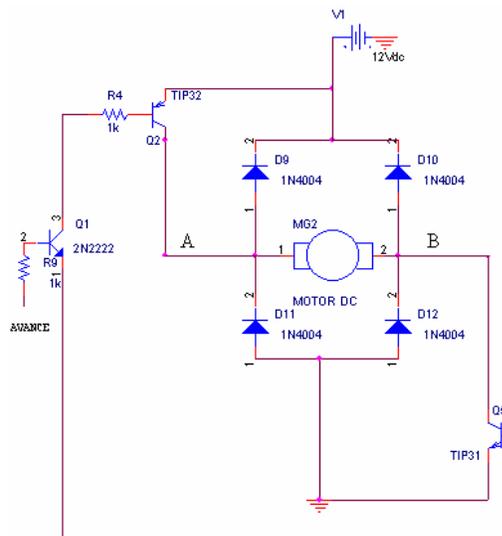
El primer método que se utilizó para la inversión del giro de los motores cuando detectaran el pulso que envían los sensores fue el puente H con transistores.

Figura 24. Puente H con transistores



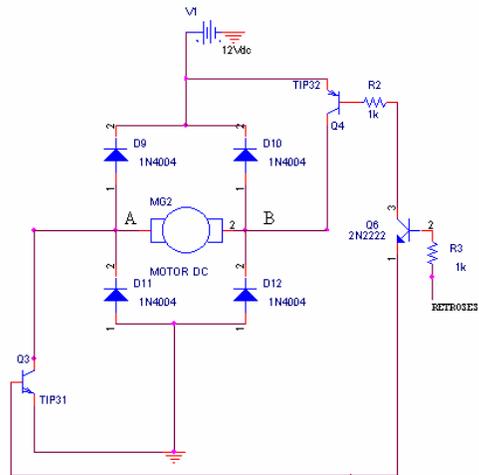
Cuando el circuito del sensor mande un pulso alto conducirá el transistor Q1, la corriente de Q1 circula por las bases de Q2 y Q5 haciendo que la terminal A del motor reciba el positivo y la terminal B el negativo (tierra).

Figura 25. Circuito de giro a la derecha



Y si le envía un pulso bajo a la señal de entrada, se hace conducir al transistor Q6, que cierra su corriente por las bases, de Q4 y Q3. En este caso se aplica el positivo a la terminal A del motor y el negativo a la terminal B del motor.

Figura 26. Circuito de giro a la Izquierda

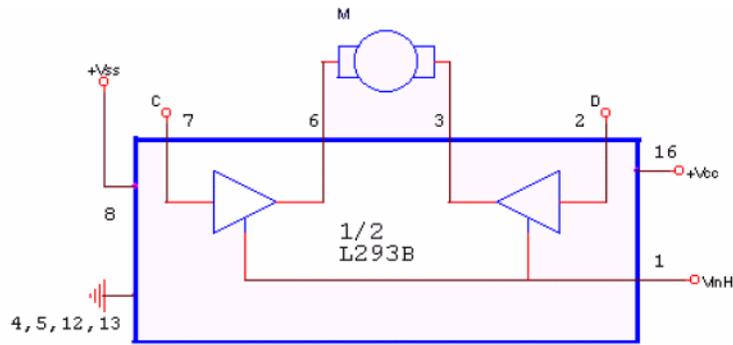


Resultados obtenidos con el puente H

Una de las cosas más importantes que se deben tener en cuenta en el control de este circuito es que las señales que se envían al circuito para que invierta el giro (pulso alto y pulso bajo) jamás deben coincidir. Si esto ocurre los transistores, Q2, Q3, Q4 y Q5 cerrarán el circuito directamente entre el positivo de la fuente de alimentación y tierra, sin pasar por el motor, de modo que es seguro que se excederá la capacidad de corriente Emisor-Colector y los transistores, se dañarán; otro problema que se presenta es que en este tipo de circuitos es la caída de tensión real que hay en los transistores y que habrá que compensarla con la batería, que por supuesto, cuando está en funcionamiento el consumo hace que vaya cayendo la tensión

5.2.2.2. DRIVER PUSH-PULL L293B

Figura 27. Circuito de control para el doble giro de un motor



Fuente. Datasheet L293B

Se decidió implementar el circuito integrado L293B para que invierta el giro con el drive push-pull de 4 canales, pues es mucho más eficiente, nos permite manejar corrientes más altas ya que es capaz de proporcionar una corriente de salida de hasta 1A por canal y una corriente pico de 2A por canal, presenta alta inmunidad al ruido y permite que la alimentación de las cargas que se están controlando sea independiente de la lógica de control, sin olvidar la utilización y distribución de mas elementos.

Tabla 1. Funcionamiento para los drivers del L293B

V_{INn}	V_{OUTn}	V_{ENn}
H	H	H
L	L	H
H	Z	L
L	Z	L

Fuente. Datasheet L293B

Donde

H= Nivel alto “1”

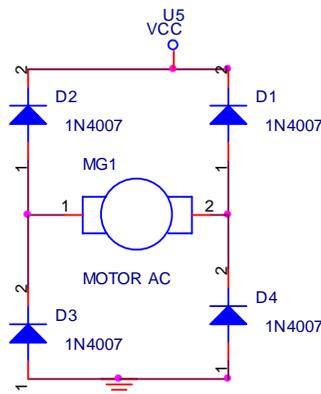
L= Nivel Bajo “0”

Z= Alta impedancia

5.2.3. Circuito contra corrientes inversas

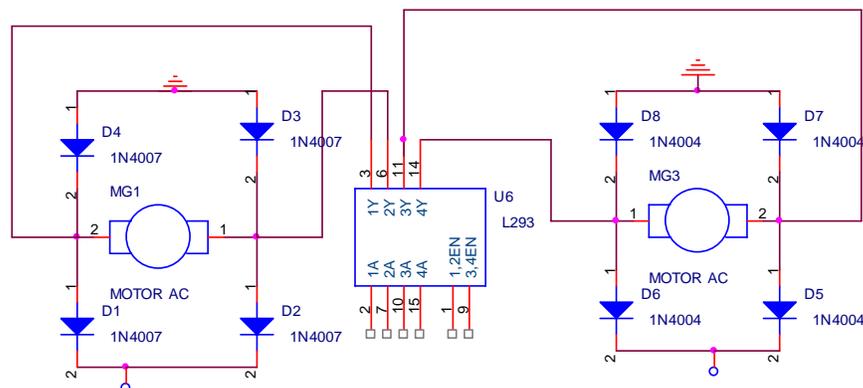
Para evitar que el puente H L293B sufra daños cuando se encienda el motor por posibles picos de corriente inversa se decidió colocar un juego de cuatro diodos 1N4007 formando una H para proteger el circuito.

Figura 28. Circuito para evitar sobre corrientes inversas al arrancar el motor



El circuito permite controlar el doble sentido de giro del motor, como el integrado tiene cuatro canales brinda la posibilidad de trabajar con uno solo para los dos motorreductores y de esta manera también se reduce espacio comparándolo con el puente H con transistores.

Figura 29. Circuito inversor de giro L293B



Cuando la entrada 7 está a nivel bajo y la entrada 2 está en nivel alto, el motor1 gira hacia la izquierda, al cambiar la entrada 7 a nivel alto y la entrada 2 a nivel bajo, se cambia el sentido de giro del motor1 hacia la derecha, lo mismo ocurrirá con las entradas 10 y 11 cuando la entrada 10 está en nivel bajo y la entrada 15 está en nivel alto, el motor2 gira hacia la izquierda, al cambiar la entrada 10 a nivel alto y la entrada 15 a nivel bajo, se cambia el sentido de giro del motor2 hacia la derecha.

Tabla2. Control de giro del motor

V_{inh}	A	B	M
H	L	L	Parada rápida del motor
H	H	H	Parada rápida del motor
H	L	H	Giro a la Izquierda
H	H	L	Giro a la Derecha
L	X	X	Motor desconectado, giro libre

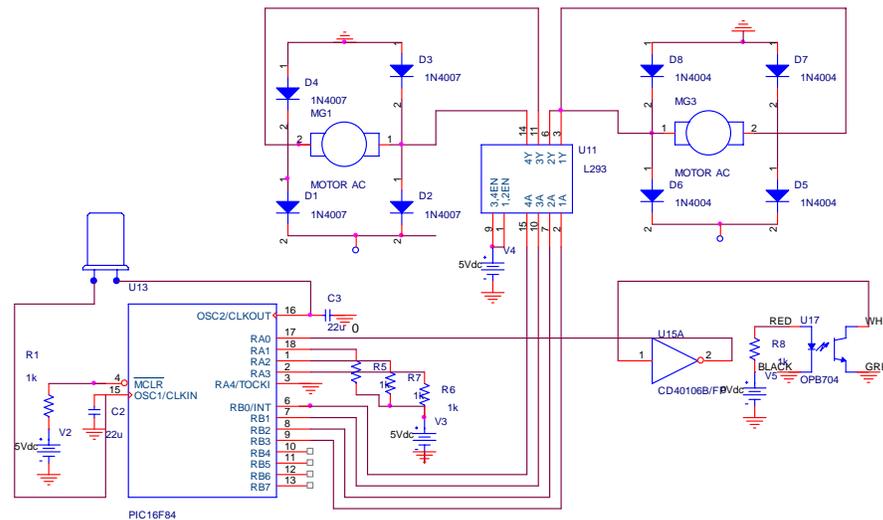
5.2.4. Control de L293B por medio del PIC 16f84A

Cuando el sensor detecta que esta muy cerca de un obstáculo, el diodo emite una luz infrarroja dirigida hacia el frente y el fototransistor recibe los fotones generados por la reflexión (dicha reflexión se genera a una distancia no mayor de 1 cm.), que se produce con el obstáculo, manda un pulso alto a la entrada del PIC 16f84A (son ingresados por los pines del pic RA0, RA1, RA2, RA3) para cada entrada del PIC hay un sensor independiente. El programa del PIC esta hecho de tal manera que cuando reciba determinados pulsos mande a la salida del PIC un código binario de 4bits para controlar el giro de los motores (el código es enviado por los pines RB0, RB1, RB2, RB3.), este código binario es enviado a las entradas de la H que harán que los motores inviertan el giro dependiendo de del valor de

dicho código binario y esquite el obstáculo para que POCHACHO siga inspeccionado el terreno.

Si el PIC no detecta ningún obstáculo después de 20ms, se detendrá y enviara un pulso al PIC que controla el sensor de ultrasonido para que comience a sensar, si este no encuentra nada enviara una señal al PIC que controla los motores para que se activen de nuevo y sigan recorriendo el espacio durante otro tiempo donde volverá a sensar de nuevo.

Figura 30. Activación giro de motores cuando detectan algo



5.3. DETECCIÓN DE MOVIMIENTO POR MEDIO DE SENSORES DE ULTRASONIDO

En el control de seguridad hacia el que va enfocado el HEXÁPODO es necesario que obtenga información del entorno en el que se desplaza cuando un evento fuera de lo normal ocurre como el detectar movimientos extraños a su alrededor por esto se decidió implementar el modulo de sensórica basado en sensores de ultrasonido que permitirá captar

estos sucesos extraños para que se envíen reportes y se capturen imágenes de los eventos fuera de lo normal que ocurran, y así dar solución a estos problemas.

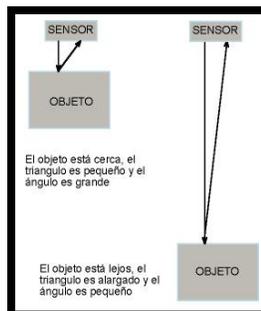
5.3.1. Elección de los sensores de ultrasonido

Sensores que se encontraron en el mercado para la aplicación de detección de movimiento y disponen de gran versatilidad como lo es alcance de distancia, requiere poca alimentación y gran fidelidad.

5.3.1.1. Sensor de distancia GP2D120

Sensor de reflexión por infrarrojos con medidor de distancia proporcional al ángulo de recepción del haz de luz que incide en un sensor lineal integrado, dependiendo del modelo utilizado, la salida puede ser analógica digital o booleana.

Figura 31. Triangulación GP2D120



Fuente. PDF. GP2D120

Por el modo de funcionamiento permite realizar triangulación de una manera muy fácil pues cuando la luz que emite el LED infrarrojo encuentra un obstáculo esta rebota y retorna con cierto ángulo de inclinación dependiendo de la distancia a la cual se encuentre el objeto

Pero con el uso de este sensor se presentaron algunos inconvenientes:

- El ángulo de cobertura es mínimo se reduce al tamaño del sensor
- La triangulación que hace cubre un espacio mínimo
- La distancia máxima a la cual puede detectar un obstáculo no sobrepasa los 80cm.

Estas dificultades hacen que este sensor no sea el más útil para el funcionamiento del HEXÁPODO, por esto se decidió no usar este tipo de sensor para la detección de movimiento.

Sin duda el sensor más apto para la detección de movimiento es el sensor de ultrasonido pues nos permite tener cobertura a mayores distancias y ofrece gran fidelidad de la información medida y son muy pocos los factores que afectaran el buen funcionamiento de los sensores.

5.3.2. Sensores de ultrasonido

Después de observar el comportamiento de los sensores de ultrasonido muy similar a las ondas de sonido principalmente lo referido a las de ultrasonido, es necesario entender la forma como pueden ser utilizados para detectar movimiento calculando el tiempo de vuelo de la onda entre el par receptor-transmisor y el objeto; cuando se presenta algún cambio en tiempo de recorrido de la onda se podrá determinar como un evento de movimiento.

Para empezar a ver el comportamiento de los sensores de ultrasonido se debe observar la respuesta de los mismos aplicando una frecuencia y un voltaje establecidos previamente por el fabricante sin al utilización de ningún tipo de circuito electrónico para la realización de estas pruebas.

Se iniciaron las pruebas aplicando diferentes señales al transmisor, onda cuadrada, triangular y senoidal a la frecuencia de trabajo establecida por el fabricante y a

frecuencias fuera de la de resonancia, en las que se pudo observar una respuesta nula de parte del receptor. En las pruebas los sensores de ultrasonido deben trabajar uno al lado del otro no enfrentados.

Una vez realizadas las pruebas se pudo conocer las condiciones de trabajo del sensor tales como la frecuencia de trabajo y la amplitud de la señal; se observo que la señal recibida por el receptor es una copia de la señal que le fue aplicada al transmisor con la misma frecuencia la única variación que presenta es la amplitud que varia inversamente proporcional a la distancia a la cual se encuentre el objeto cuando es detectado el movimiento de este.

Figura 32. Prueba de los sensores de ultrasonido a diferentes distancias

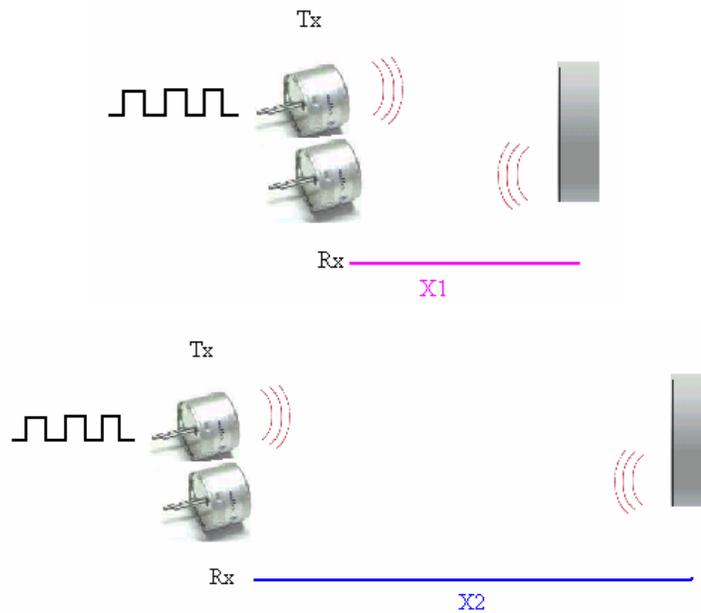
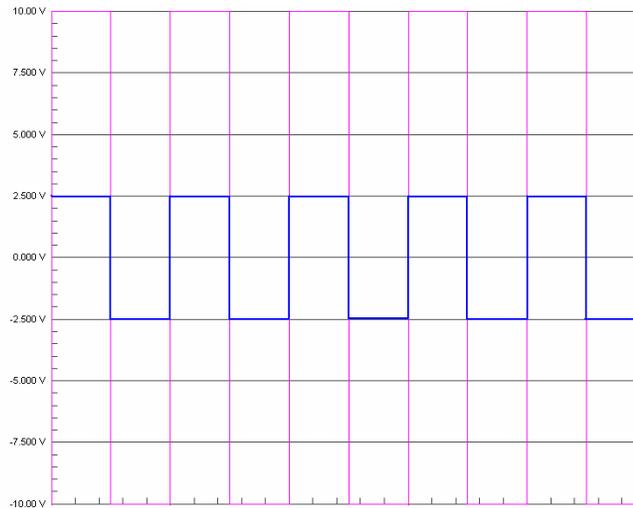


Figura 33. Respuesta de los sensores al cambio de distancia



En el mercado encontramos sensores de ultrasonido que trabajaban a 25Khz y a 40Khz, los de 25Khz no fueron muy útiles pues presentaban mucho ruido en el proceso de la señal y la señal de llegada era muy inestable y al aumentar la distancia del objeto se perdía con mucha facilidad la señal; al contrario de los sensores que trabajan a 40Khz que no presentaron ese problema de inestabilidad en la señal de llegada y la sensibilidad al aumentar la distancia del objeto es mucho mayor es por esto se decidió que serían los más útiles.

5.3.2.1. Funcionamiento de los sensores de ultrasonido

5.3.2.1.1. Detección de movimiento

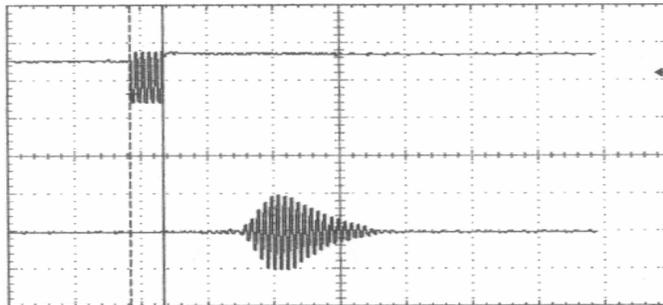
Para la detección de movimiento se utilizaron sensores de ultrasonido pues los sensores de infrarrojo no sirven en la detección de distancias largas que es donde los sensores de ultrasonido tienen su rango óptimo de detección

Para la detección de movimiento los sensores de ultrasonido utilizan una técnica de sonar, esta consiste en un sistema de detección basado en la reflexión de las ondas de sonido de rango ultrasónico (por encima de 22Khz).

Se utilizaron estas ondas para determinar donde hay movimiento, pues cuando detecta algo emite una onda sonora con determinada frecuencia y se contabiliza su tiempo de retorno. Gracias a que la velocidad de ultrasonido es mucho menor que la velocidad de la luz facilitará el cálculo de la distancia del objeto detectado, basado en la medida del tiempo de reflexión.

Para determinar la distancia se envía un primer período de tiempo de 0.5ms que se utilizaría para enviar onda de ultrasonido de 40Khz; se envía un segundo tiempo de 0.5ms y el receptor no escucha la señal, con el objetivo de garantizar la detección y asegurar que la señal generada es la señal recibida.

Figura 34. Respuesta del sensor al enviar los5ms a 40Khz



5.3.2.2. Circuito de generación de la frecuencia de resonancia

5.3.2.2.1. LM 555

El primer método que se utilizó para generar la señal de trabajo de los sensores de ultrasonido a la frecuencia de 40Khz fue una configuración con el integrado lm555 para esto se debe obtener un pulso con un periodo de 25 μ s.

Ecuación 4. Periodo de la señal a una frecuencia de 40Khz

$$Periodo = \frac{1}{f} = \frac{1}{40Khz} = 25\mu s$$

Con un ancho de pulso de 12.5µs con este valor y el valor del período se pueden calcular las resistencias R₁ y R₂ para el tiempo de subida y el de bajada.

Ecuación 5. Tiempo de bajada para generar la señal de 40Khz

$$Tiempo\ de\ Bajada = 0.69R_2C$$

Para encontrar el tiempo de bajada suponemos R₂ y C

$$R_2 = 10K$$

$$C = 0.001\mu f$$

$$TiempodeBajada = 0.69 * 10K * 0.001\mu f = 6.9\mu s$$

Con el tiempo de Bajada y la frecuencia de 40Khz se halla el tiempo de subida para que el generador trabaje a la frecuencia exacta.

Ecuación 6. Tiempo de subida para generar la señal de 40Khz

$$f = \frac{1}{T_s + T_B}$$

$$T_s = \frac{1}{f} - T_B$$

$$f = 40Khz$$

$$T_B = 6.9\mu s$$

$$T_s = \frac{1}{40Khz} - 6.9\mu s = 18.1\mu s$$

Como ya se conoce el tiempo de subida se obtiene R_1

$$T_s = 0.69 * (R_1 + R_2) * C$$

$$R_1 = \frac{T_s}{0.69 * C} - R_2$$

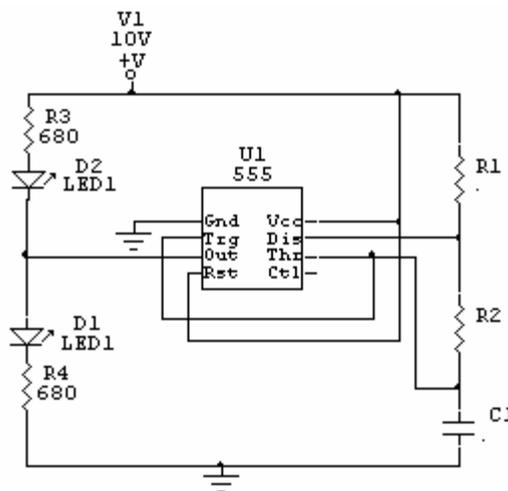
$$R_1 = \frac{18.1 \mu s}{0.69 * 0.001 \mu f} - 20K$$

$$R_1 = 16.2.K$$

Con el tiempo de subida de $18.1 \mu s$ y el tiempo de bajada de $6.9 \mu s$ se obtiene la frecuencia de trabajo

$$f = \frac{1}{T_B + T_S} = \frac{1}{6.9 \mu s + 18.1 \mu s} = 40Khz$$

Figura 35. Circuito generador de onda cuadrada para los Ultrasonidos (LM555)



Resultados

Al implementar el circuito no se obtiene la frecuencia de trabajo deseada, aunque se trató de diseñar el generador con componentes comerciales para que diera la frecuencia exacta de $40Khz$, fue necesario hallar R_1 y el valor que dio no es un componente comercial, por

lo que se debió aproximarlos o utilizar potenciómetros lineales los cuales con el tiempo van perdiendo su eficiencia ya que se van deteriorando internamente y es allí donde se encuentra ubicada el valor de la resistencia.

Por lo tanto es muy factible que los sensores de ultrasonido no funcionen pues la onda de ultrasonido no tendrá la suficiente potencia o sobrepasará el punto de operación de los sensores dado por el fabricante ya que el transmisor al ser muy sensible y está diseñado para permitir una pequeña tolerancia al cambio de la frecuencia de resonancia.

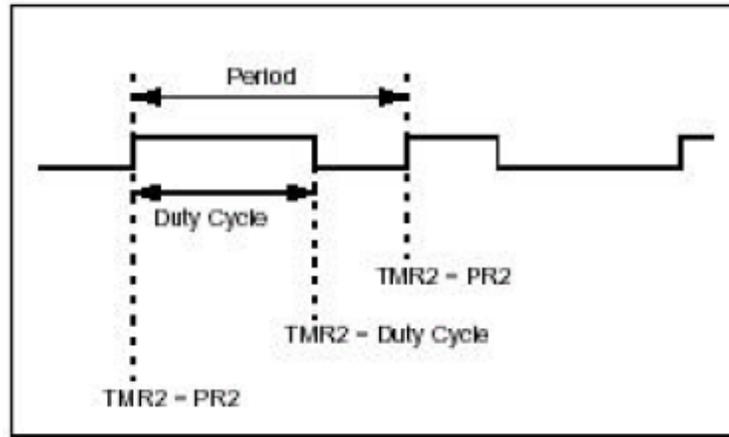
Otras dificultades que se presentaron con el integrado LM555 fueron los problemas de ruido y las bajas de voltaje donde puede variar la señal generada y dar la calidad deseada de los 40Khz y este problema será muy factible que se presente pues se conectar a una batería que con el tiempo se irá descargando y la señal variará hasta un punto donde los sensores dejen de funcionar por lo tanto se optó por no utilizar este método para generar la señal.

Para la generación de la señal se optó por trabajar modulación por ancho de pulso (PWM), con el microcontrolador 16f877 de la empresa MICROCHIP, que será explicado más adelante.

5.3.2.3. Generación de la señal de 40khz

Debido a que con las pruebas realizadas con el circuito implementado con el LM555 no fueron satisfactorias dado que los problemas que presentaba en el funcionamiento como ruido y el cambio que mostraba en la frecuencia cuando la batería se comenzaba a descargar fueron razones suficientes para implementar el generador de frecuencia de 40Khz mediante el uso de un PWM (Pulse Width Modulation) del microcontrolador 16f877 de la empresa Microchip, gracias a que este dispositivo es fácil de trabajar pues permite configurar la frecuencia de trabajo deseada.

Figura 36. Señal PWM



Fuente. Manual de Microcontroladores-Microchip

Para la programación del PWM se utilizará el módulo CCP1 con sus respectivos registros CCPR1L y CCPR1H el temporizador TMR2 y el registro PR2.

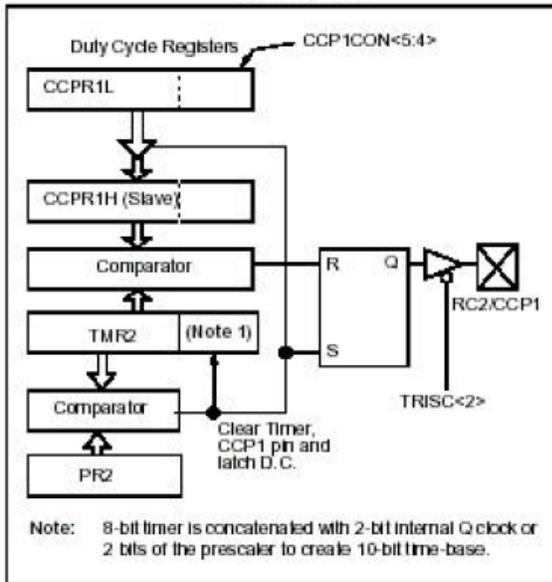
El PWM comienza a trabajar cuando el comparador pone a 1 (set) a un Flip-Flop; cuando el registro PR2 que es donde se escribe el periodo específico de la señal del PWM es igual a TMR2 borra el temporizador, CCP1 Se coloca a uno y el valor de CCPR1L que es el que determina la anchura de impulso se carga en CCPR1H.

Se debe calcular el período de la señal para cargar en el registro PR2 según la frecuencia deseada en este caso 40Khz, y se determina con la siguiente formula.

Ecuación 7. Cálculo del periodo de la señal PWM

$$Periodo\ de\ la\ señal = [(PR2) + 1] * 4 * periodo\ Oscilación\ PIC * TMR2\ Valor\ Pr\ divisor$$

Figura 37. Estructura interna del PWM



Fuente. Manual de Microcontroladores-Microchip

Donde los valores conocidos son:

Frecuencia de 40Khz y con esta se halla el periodo de la señal

$$P = \frac{1}{40\text{Khz}} = 25\mu\text{s}$$

Valor predivisor TMR2=1

Con estos valores despejamos y se halla PR2

$$PR2 = \left(\frac{\text{periodo de la Señal}}{(4 * \text{Periodo Oscilación PIC} * \text{TMR2 Valor Predivisor})} \right) - 1 =$$

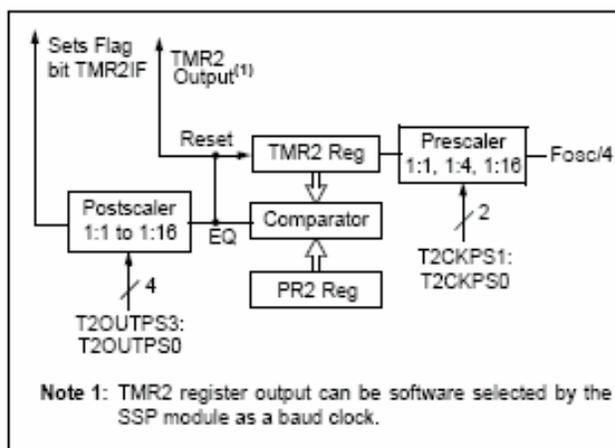
$$PR2 = \left(\frac{25\mu\text{s}}{4 * \frac{1}{4\text{MHz}} * 1} \right) - 1 =$$

$$PR2 = (25) - 1 = 24$$

Cuando ya se tiene el valor de PR2 se debe colocar este en el registro CCPR1L, se debe cargar el valor que significa el tiempo alto de la señal, es decir, la mitad del período de la señal y por lo tanto la mitad de PR2 por lo tanto esos valores serán para PR2=12 y 12.5µs será la mitad del período.

Ahora se debe habilitar el T2CON para habilitar el timer TMR2

Figura 38. Diagrama de Bloques del TMR2



Fuente. Manual de Microcontroladores-Microchip

De acuerdo las tablas de configuración de este registro el tiempo tienen unas escalas de predivisor y un postdivisor de 1:1, 1:4 y 1:16 en el predivisor y de 1:1 y 1:16 en el postdivisor, pero para el PWM que genera la señal de 40KHz se utilizó el predivisor y postdivisor de 1:1 con el oscilador del microcontrolador de 4MHz.

Figura 39 Registro T2CON

U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	TOUTPS3	TOUTPS2	TOUTPS1	TOUTPS0	TMR2ON	T2CKPS1	T2CKPS0
bit 7							bit 0

Fuente. Manual de Microcontroladores-Microchip

Para configurarlo 1:1 se deben resetear todos los bits de este registro con excepción del Bit2 el cual se debe poner en 1 para poner en funcionamiento en temporizador TMR2.

Por último se debe configurar el módulo CCP1 cuyo registro correspondiente es el CCPICON donde se establecen los valores para generar la señal PWM a una frecuencia de 40KHz.

Figura 40. Registro CCP1CON

U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	CCPxX	CCPxY	CCPxM3	CCPxM2	CCPxM1	CCPxM0
bit 7							bit 0

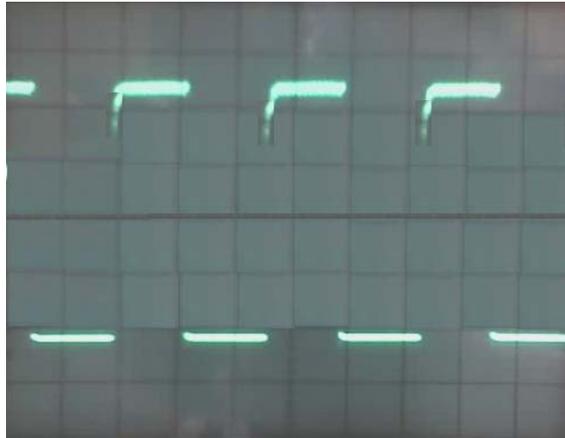
Fuente. Manual de Microcontroladores-Microchip

En los bits 1 y 2 se debe colocar el tiempo que se desea en el cual se generará el pulso de salida del transmisor de ultrasonido, cuando se cumpla ese tiempo los bits 1 y 2 se resetean con el fin de obtener la señal que generara los pulsos de ultrasonido hasta que se cumpla el tiempo de espera o exista una captura de movimiento de los mismos, cuando esto suceda se vuelve a activar el modulo CCP1 que generara una nueva señal para el transmisor de ultrasonido.

5.3.2.4. Etapa de transmisión de los sensores de ultrasonido

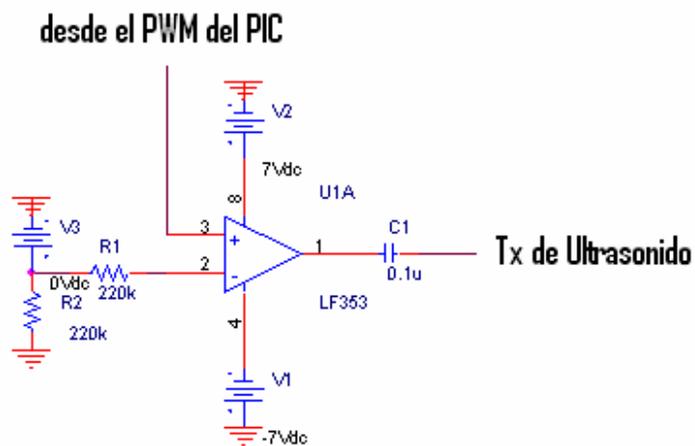
Al observar la señal cuadrada de 40Khz generada por el microcontrolador se noto que la amplitud dada es de 5VDC, y esta amplitud no es lo suficientemente alta para que la onda sea transmitida a distancias mayores a 50cm, para solucionar esto se optó por implementar un puente H con transistores de mediana potencia con el fin de aumentar la señal en términos de corriente, pues la señal a la salida del microcontrolador tiene una corriente de 25mA y al pasar por el puente H la señal aumenta la corriente a 100mA este aumento en la corriente da como resultado una señal de mayor distancia de censado.

Figura 41. Señal generada por el Microcontrolador



La señal generada del Microcontrolador tiene una amplitud entre 0 y 5 VDC, que es necesario amplificar para generar ciclo negativo y positivo, para tal fin se decidió implementar una amplificador operacional en modo de comparación polarizado entre +7 y -7 con el integrado LF353 ya que al principio se implementó con el integrado Lm324 y la respuesta no fue satisfactoria debido a que este no soporta la frecuencia de trabajo de los sensores de ultrasonido (40KHz).

Figura 42. Circuito de amplificación



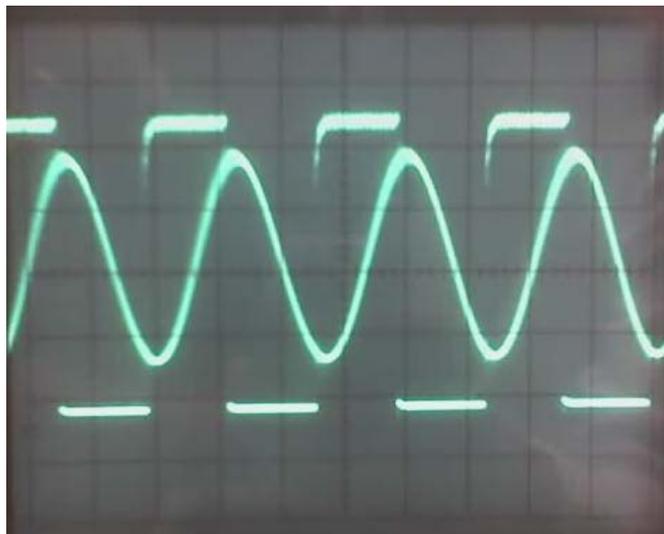
Después de amplificar la señal se genera el ciclo positivo y negativo necesario para el buen funcionamiento de las cápsulas.

5.3.2.5. Etapa de recepción de los sensores de ultrasonido

El receptor de Ultrasonido posee la capacidad de recibir señales audibles a la misma frecuencia de trabajo del Transmisor 40KHz, es por esto que ofrece gran calidad en la señal recibida y una gran ventaja en la filtración de esta.

Dado que las señales eléctricas generadas por el receptor son de muy baja tensión, se requiere una amplificación antes de su comparación.

Figura 43. Señal recibida por el receptor



Se establece como uno de los requerimientos de la etapa de amplificación el que tenga una ganancia de 1.000 es decir 60dB.

Ecuación8. Calculo ganancia en dB

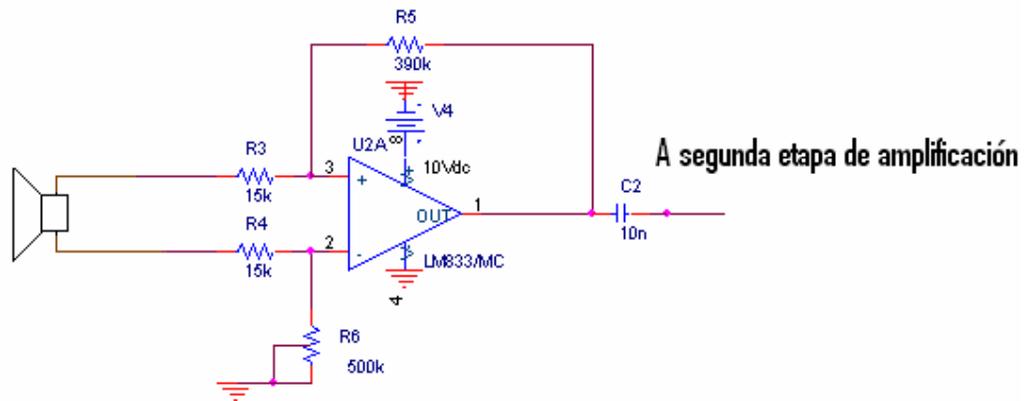
$$\text{dB}=20\log_{10}(1000)=60\text{dB}$$

Debido a que el valor de la ganancia es muy alto se decidió implementar la etapa de amplificación en dos fases, de forma que se pueda cumplir con los requerimientos de ancho de banda. Para esto se diseñó primero un amplificador con una ganancia de 100 (40dB) y un segundo amplificador con una ganancia de 10 (20dB).

- Primera etapa de amplificación

Para que la amplificación no resulte excesiva, porque pueden surgir problemas de saturación, se debe hacer un ajuste de la ganancia, de forma que se pueda lograr el mejor comportamiento posible; para esto se diseñó el primer amplificador con el integrado lf353 configurado con ganancia.

Figura 44. Circuito de amplificación de la onda recibida



El potenciómetro de 500 K de la primera etapa de amplificación cumple la función de balancear el operacional en la forma más exacta posible, para maximizar el CRM (*Relación de rechazo al modo común*), minimizando así la influencia del ruido en modo común. El valor final para este componente está en el entorno de los 390 K.

Figura 45. Señal después de la primera etapa de amplificación



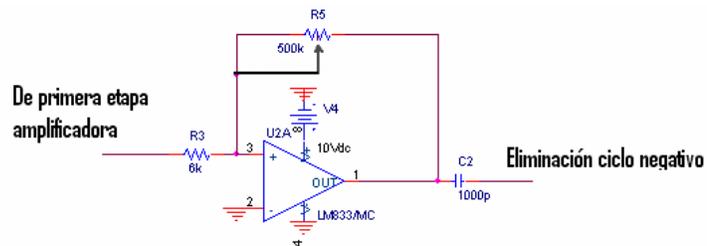
- Segunda etapa de amplificación

Después se pasa la señal que sale del primer amplificador por un segundo amplificador que tiene como función ajustar la ganancia requerida este amplificador por lo tanto tendrá una ganancia de 10 (20dB).

$$\text{dB}=20\log_{10}(1000)=60\text{dB}$$

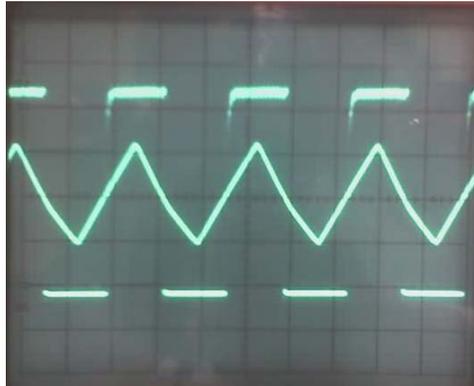
Así se obtiene la ganancia total de 1000 (60dB), con las dos etapas de amplificación pues la primera nos da una ganancia de 100 (40dB) y la segunda de 10 (20dB).

Figura 46. Circuito de la segunda etapa de amplificación



Entre ambas etapas se coloca un condensador de desacople de 10 nF, con el objetivo de evitar el pasaje de una posible tensión de *offset* de salida del primer operacional.

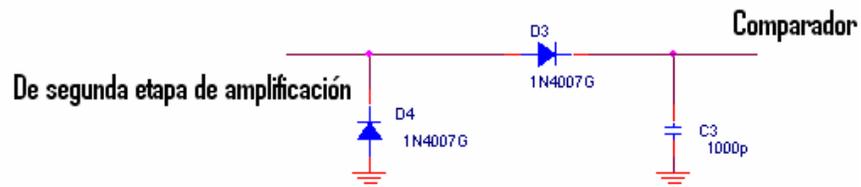
Figura 47. Señal después de la segunda etapa de amplificación



- Eliminación del ciclo negativo de la señal

Para poder trabajar esta señal de forma digital y poder entregarla al Microcontrolador para este pueda hacer el debido tratamiento de la señal para la detección de movimiento se debe eliminar el ciclo negativo de dicha onda. Para esto se realiza un circuito con un arreglo de diodos Schottky donde está un diodo en modo directo para rectificar la onda y otro diodo en modo inverso donde su ánodo está a tierra el cual se encargara de anular por completo la parte negativa.

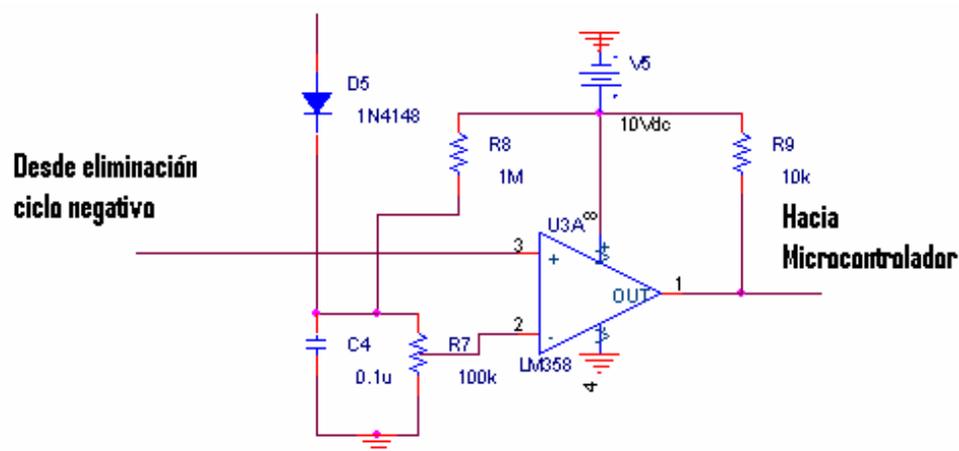
Figura 48. Arreglo de diodos para eliminar el ciclo negativo



- Señal de salida al Microcontrolador

Para tener la señal con la forma deseada para ser entregada al Microcontrolador. Se debe implementar una etapa de amplificación en modo comparador después de que la señal a salido del circuito de eliminación del ciclo negativo, se polariza el integrado LF353 con +7V, ingresando por la entrada inversora la señal de eliminación del ciclo negativo y por la no inversora la señal a comparar

Figura 49. Circuito comparador



5.3.2.6. Selección de los operacionales

Se considero una ganancia aproximada de 40dB por etapa y una máxima frecuencia de trabajo de 50 kHz, para que la transferencia de los operacionales sea plana, el producto debe tener una ganancia por ancho de banda (B) mayor a 2,4 MHz.

Para que el comparador que sigue al amplificador de dos etapas no sature, la señal debe ser amplificada hasta un máximo de $A = \pm 5$ volt. El *Slew Rate* debe ser mayor a:

Ecuación9. Calculo del Slew Rate

$$A * 2\pi * f_{\max} = 5 * 2\pi * 6000 = 1.9V / \mu s$$

La alta resistencia de entrada no es algo imprescindible porque, en la compensación del transductor, se coloca una resistencia en paralelo con la impedancia de entrada del operacional del orden de las decenas de k Ω .

Se buscaron operacionales dobles que puedan ser alimentados con $\pm 12V$. por lo tanto se decidió utilizar integrados de la línea de *Nacional Semiconductor*® y de acuerdo a los requerimientos del proyecto se seleccionaron los integrados:

LF412, LM833, LF353, LF347.

Pero finalmente, se escogió el LM833, cuyas principales características son:

- Tipo: Doble amplificador operacional.
- Bajo costo.
- Compensado internamente para asegurar estabilidad a bajas ganancias.
- Cantidad de operacionales: 2.
- Formato: DIP-8 pines.
- Producto ganancia x ancho de banda: 15MHz.
- Excursión de salida: $\pm 10,5 V$ (alimentando con $\pm 12 V$).
- Carga mínima recomendada: 2 k Ω .
- Slew Rate: 7 V/ μs .

5.3.2.7. Programa del Microcontrolador 16f977 para el sensor de Ultrasonido

Programa cápsulas de ultrasonido

Después de que el temporizador de los motores de desplazamiento del hexápodo haya terminado, el PIC que los controla envía un pulso al de las cápsulas para que empiece a sensar durante un tiempo de 10 segundos.

El transmisor comienza a emitir el ultrasonido y en el momento de la recepción, la primera señal se almacenará para compararla con la siguiente y así verificar si hubo o no movimiento alguno. Si durante el lapso de tiempo de activación de las cápsulas de ultrasonido no existió una variación en el comparador, terminará de sensar, enviará un pulso al PIC de los motores y el hexápodo continuará el recorrido.

Si por el contrario, se detectó una variación durante la comparación, se enviará un pulso al PIC del motor que controla la cámara y a esta misma para que inicie la grabación del entorno, activando a su vez la etapa de transmisión del RF hacia el computador para efectuar el correspondiente reporte.

Descripción del programa

Se utilizará el PIC 16F877 para controlar el sensado de movimiento mediante la adquisición de la señal desde las cápsulas de ultrasonido, manejando mediante pulsos la activación en caso necesario de la cámara para grabar el evento.

El programa consta de dos etapas:

La primera, encargada de la generación de ráfagas frecuencia de trabajo para las cápsulas de ultrasonido, la cual será entregada al trasmisor después de ser procesada por la inversora.

Una vez recibida y amplificada la señal, se ejecuta la segunda etapa donde lee el tiempo de respuesta de la primera señal y la guarda en un registro temporal para compararla con la siguiente ráfaga que recibió. De acuerdo a la respuesta de dicha comparación, activará la cámara si hubo diferencia o continuará con la rutina en caso contrario.

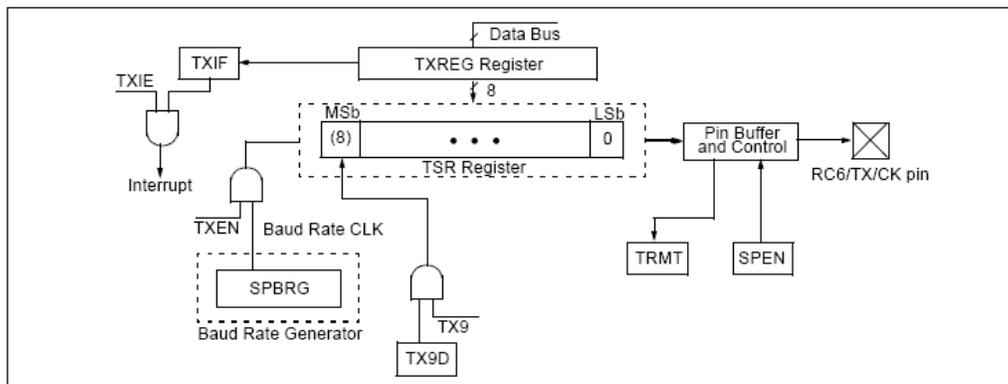
5.3.3. Configuración de Tx por RF

Se desea configurar el módulo de Tx del PIC 16f877 para trabajarlo por RF para enviar datos al computador de los distintos eventos que sucedan en el entorno en el que se desplaza el HEXÁPODO y al detectarlos pueda enviar estos datos al PC.

Para la Tx se debe configurar el módulo USART (Universal Serial Synchronous / Asynchronous Receptor/ Transmitter) del microcontrolador 16f877 pues posee la capacidad de trabajar de modo sincrónico o asincrónico según se requiera. En el modo asincrónico existe una comunicación Full dúplex para Tx y Rx con una frecuencia interna controlada por el USART.

Pero para la Tx de RF utilizaremos el modo sincrónico de comunicación half dúplex de modo unidireccional según la configuración de quien genera los pulsos de sincronización.

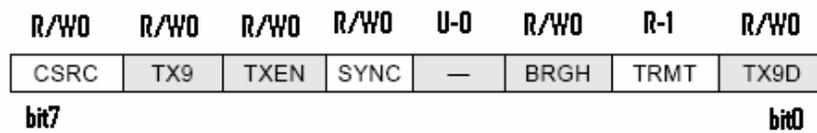
Figura 50. Diagrama del modulo de Tx USART



Fuente. Manual de Microcontroladores-Microchip

La Tx USART maneja una serie de registros para realizar la comunicación entre ellos el registro de desplazamiento TSR el cual va sacando los bits secuencialmente al ritmo del generador de baudios (bits por segundo), este registro TSR obtienen los datos de transmisión lectura/escritura del registro TXREG el cual tiene depositados los datos a transmitir.

Figura 51. Registro TXSTA



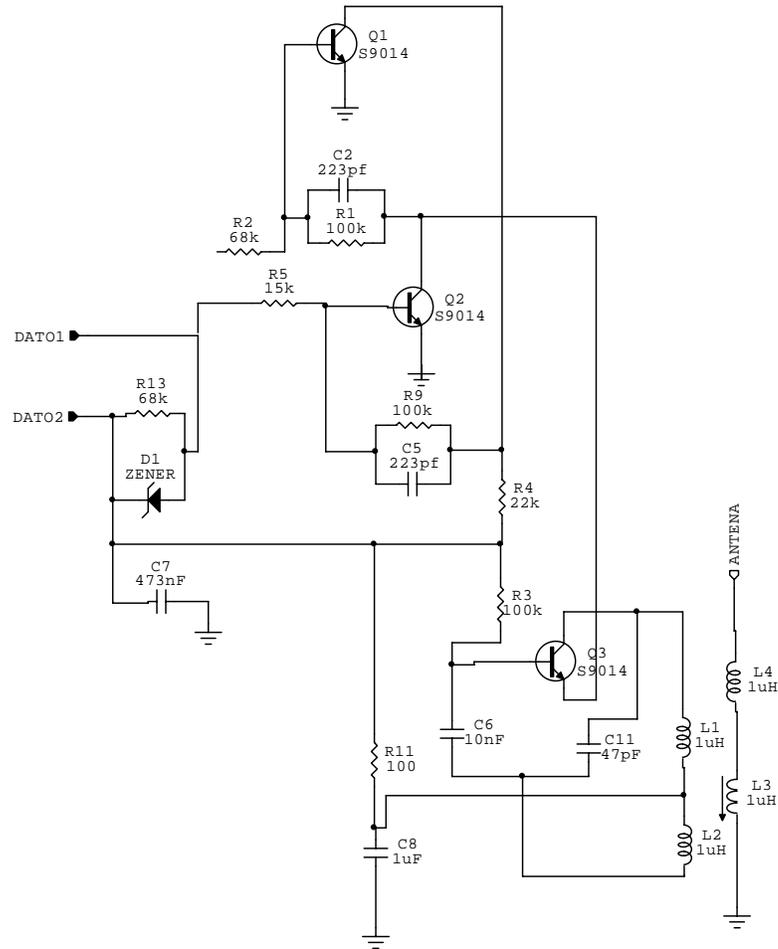
Fuente. Manual de Microcontroladores-Microchip

Para la programación del módulo de Tx, primero se debe inicializar el registro SPBRG con la apropiada tasa de transmisión, activar el bit 2 BRGH el cual sirve para calcular el valor del generador de baudios a alta velocidad ya que realiza transmisión a 9600bps.

El registro TXSTA se debe mantener a nivel alto el bit5, habilitar TXEN para activar la comunicación serial, se debe mantener en alto el bit6 TX9 que habilita la transmisión de 8 bits, también activar el bit 4 SYNC que habilita la transmisión de modo asincrónico, al iniciar la transmisión se cargan los datos en el registro TXREG.

5.3.3.1. Circuito de Tx

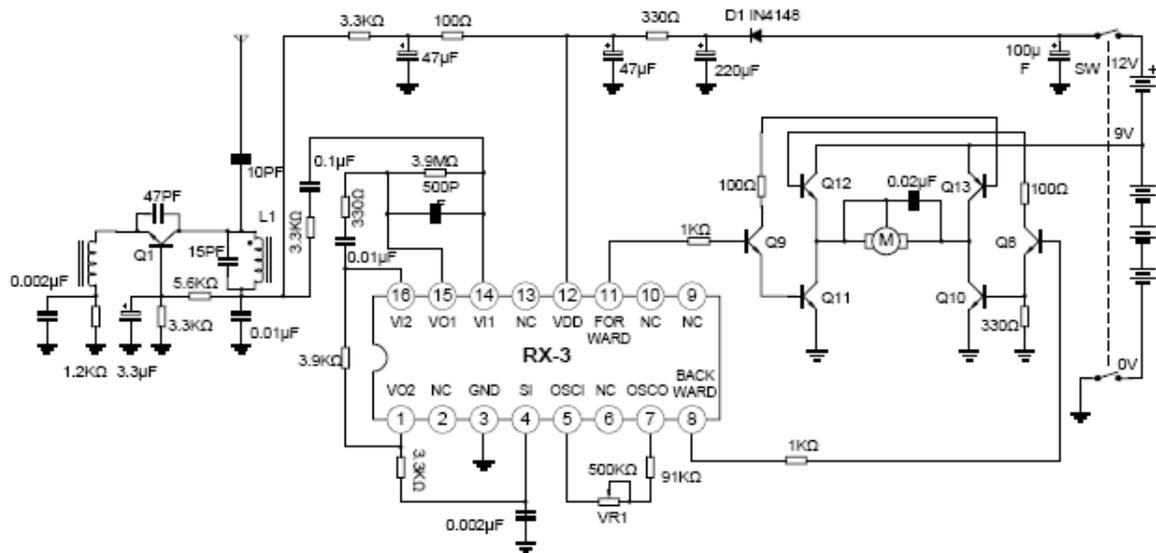
Figura 52. Circuito de Tx



5.3.3.2. Circuito de Rx

Para la recepción del pulso se implementó el circuito integrado rx-3 que es utilizado en radio control.

Figura 53. Circuito de Rx



5.3.4. Captura de imágenes

Para la captura de imágenes se utilizó una cámara con infrarrojo, está ubicada en el robot HEXÁPODO, se graba los diferentes eventos que el sensor de ultrasonido detecta.

5.3.4.1. Activación de la cámara por el Microcontrolador 16f84A

Para hacer el control del motor que va a mover la cámara se utilizó un Microcontrolador 16f84A, este tiene que enviarle un pulso al PIC que controla los motores de movimiento del robot para que se detenga, y este le envíe el pulso al PIC 16f877 para que los sensores de ultrasonido comiencen a sensor, si no detectan nada envían un pulso a los otros PIC.

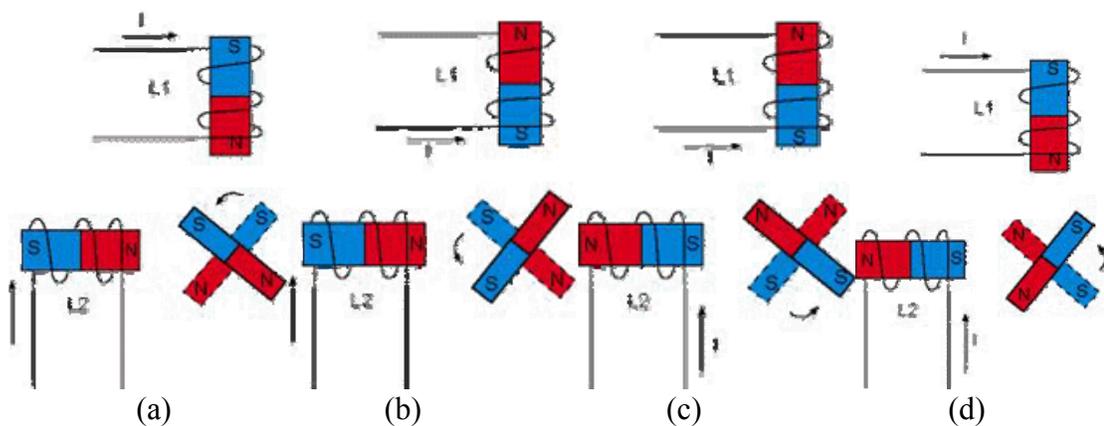
Al recibir el pulso del ultrasonido indicando que no hay movimiento el PIC que controla la cámara no activará el motor y el PIC que controla los motores del robot hará que estos comiencen a desplazarse, si por el contrario las capsulas de ultrasonido detectan

movimiento enviará un pulso al PIC que controla la cámara para que el motor comience a girar y la cámara comience a grabar, después que cumple la rutina del motor paso a paso la cámara deja de grabar, se detiene el programa y envía un pulso para que los motores del robot comiencen de nuevo a funcionar.

Control del motor paso a paso

Para el movimiento de la cámara utilizamos un motor paso a paso, porque los motores convencionales gira libremente al aplicar una tensión comprendida dentro de ciertos límites (que se corresponden de un lado al par mínimo capaz de vencer su propia inercia mecánica, y de otro a sus propias limitaciones de potencia); en cambio el motor paso a paso está previsto de tal manera que gira un determinado ángulo proporcional a la "codificación" de tensiones aplicadas a sus entradas. La posibilidad de controlar en todo momento esta codificación permite realizar desplazamientos angulares lo suficientemente precisos, dependiendo el ángulo de paso (o resolución angular) del tipo de motor (puede ser tan pequeño como $1,80^\circ$ hasta unos 15°).

Figura 54. Funcionamiento de un motor pasó a paso



Fuente: <http://autric.com/Microbotica>

Se utilizo un motor paso a paso bipolar, que funciona de la siguiente manera, sin aplicar ninguna corriente a las bobinas (que también reciben el nombre de fases) y con el motor en una posición cualquiera, el imán permanecerá en reposo si no se somete a una fuerza externa. Si se hace circular corriente por ambas fases como se muestra en la figura 57a), se crearán dos polos magnéticos NORTE en la parte interna, bajo cuya influencia el motor se desplazará hasta la posición indicada en la figura 57(a), al invertir la polaridad de la corriente que circula por L1 se obtendrá la situación magnética indicada en la figura 57(b) el motor se verá desplazado hasta la nueva posición de equilibrio, es decir, ha girado 90 grados en sentido contrario a las agujas del reloj, después se debe invertir la polaridad de la corriente en L2, se llega a la situación de la figura 57(c) habiendo que el motor gire otros 45 grados. Si, por fin, invertimos de nuevo el sentido de la corriente en L1, el motor girará otros 90 grados y se completa la rutina en los diferentes puntos que la cámara debe grabar.

Tabla 3. Secuencia de excitación del motor sentido horario

Paso	S1	S2	S3	S4
1	X			X
2			X	X
3		X	X	
4	X	X		
1	X			X

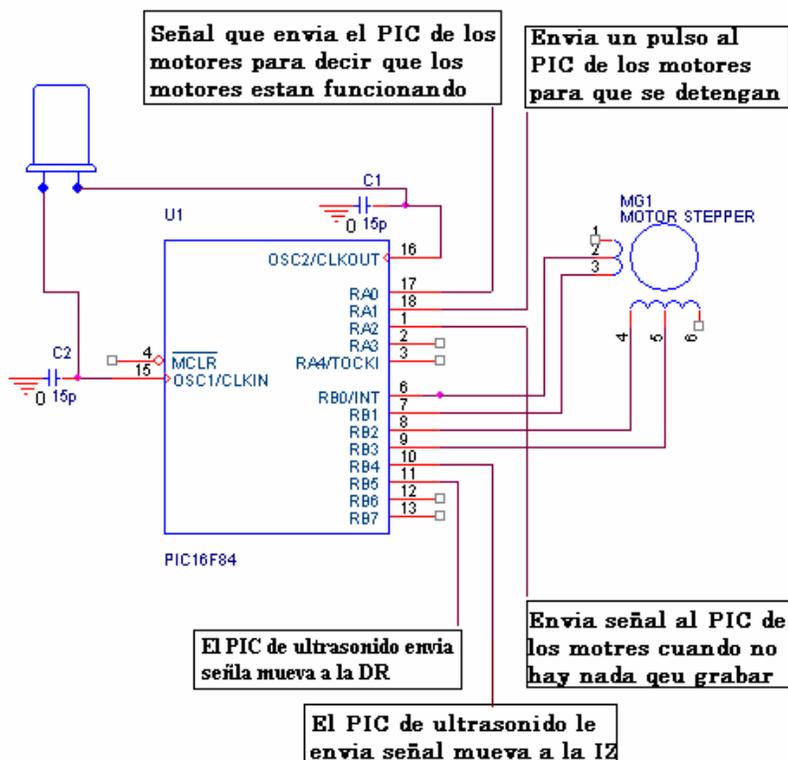
Tabla 4. Secuencia de excitación del motor sentido antihorario

Paso	S1	S2	S3	S4
1	X	X		
2		X	X	
3			X	X
4	X			X
1	X	X		

Al hacer las pruebas con el microcontrolador se pudo observar que no es capaz de generar la corriente suficiente para excitar las bobinas del motor paso a paso por esto utilizaremos que integrado L293.

Las entradas del Microcontrolador RB0, RB1, RB2 Y RB3 se configuran como salidas y serán las encargadas de generar la secuencia de activación del motor paso a paso, RB4 recibirá el pulso del Microcontrolador que controla los ultrasonidos para que gire a la derecha, igual que RA2 pero este hará que el motor gire a la izquierda.

Figura 55. Circuito motor pasó a paso



RA0 recibirá la señal del microcontrolador que controla los motores indicándole que los motores se están moviendo, RA1 enviara un pulso al Microcontrolador para decirle que debe detenerse le robot porque los sensores de ultrasonido sensen y RA4 recibirá el pulso del Microcontrolador 16f877 si no detectaron movimiento los ultrasonido.

Tabla 6. Características del motor pasó a paso

Angulo de paso	1.8°
Numero de fases	2
Excitación	BIPOLAR
Tensión (Vdc)	5
Resistencia de fase (Ω)	7.1
I(Am)	1400
Inductancia de fase (mH)	5.5.
Torque de tensión (g*cm)	-
Torque de mantenimiento (g*cm)	6000

5.3.4.2. Captura y grabación de video

Para la captura de video es necesaria la disposición de un computador donde se llevará acabo y donde se almacenará el archivo generado por el video.

Para dicha captura es indispensable que el computador posea una tarjeta de video o tarjeta de televisión. En nuestro caso escogimos una tarjeta de televisión (global TV terminador) por la facilidad de manejo y por su bajo costo de adquisición. Dicha tarjeta nos proporcionó el programa PVR Plus (figura 56) con el cual es posible capturar y gravar los eventos ocurridos.

Figura 56. Programa de captura de video PVR Plus



Luego de adquirir la tarjeta de televisión fue necesario desarrollar un software en Visual Basic capaz de capturar y grabar exclusivamente el evento, es decir que el software generará un archivo de video que contendrá dicho evento. Esto se logrará gracias a una señal que mandara el robot por RF hacia el PC, este lo reconocerá por el puerto serial que posee gracias a la interfaz RS232; el archivo generado por el software se guardará en la carpeta de mis documentos del PC con un nombre específico basado en la hora y fecha en que ocurrió el evento para facilitar su revisión.

Figura 57 Inicialización del software



Cuando el programa es ejecutado debe dejarse activo por el transcurso de tiempo en el que el robot este en funcionamiento, puesto que el software desarrollado debe estar dispuesto para identificar constantemente lo que le llega por el puerto serial (Figura 58). Éste esta en la capacidad de diferenciar 3 datos (65,66 y 67 en hexadecimal), para seleccionar una de las siguientes funciones específicas:

- Dato 65 el software iniciara el programa de captura y grabación de video llamando el programa PVR Plus.
- Dato 66 el software detendrá el programa PVR Plus, así dejara la captura y grabación de video.
- Dato 66 el software mostrara una ventana de alerta indicando que la batería debe ser recargad.

Figura 58. Programa en ejecución y listo para recibir datos por puerto serial



El software contará con dos elementos para facilitar la búsqueda (Figura 59.) y la observación (Figura 60.) de los reportes de los eventos ocurridos.

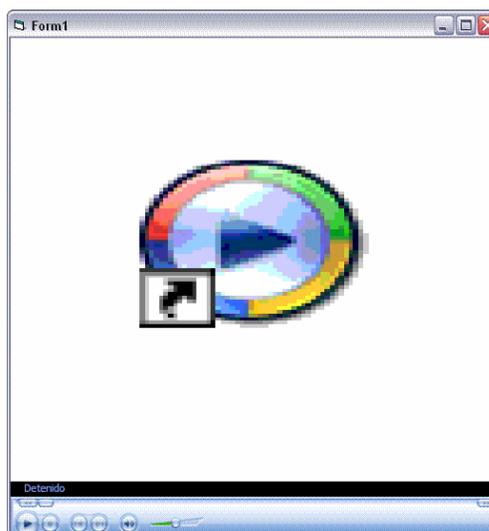
Para la búsqueda de los archivos generados, en este caso nombrado como reporte, es necesario dar clic sobre “Reportes” (Figura 58), luego el programa abre una sub-ventana en donde encontraremos los archivos que se encuentran en la carpeta mis documentos del PC con sus diferentes características del archivo(Figura 60), como lo son: tipo de archivo, ubicación del mismo, tamaño, compresión, fecha en que fue creado, fecha en que se halla modificado y por último la fecha de la ultima vez en que se tuvo acceso.

Figura59. Ventana donde se encuentran los diversos eventos con sus características



Por otra parte, el software también cuenta con la opción de reproducir el video desde él mismo. Para ello es necesario hacer clic en el archivo encontrado en la sub-ventana de búsqueda (Figura 59), y cuando se ejecute se abrirá otra sub-ventana donde se reproducirá el archivo de video (Figura 60).

Figura 60. Opción de reproducción de evento desde el software



CONCLUSIONES

- Para la automatización de un robot con fines de seguridad en espacios interiores no se necesitan grandes inversiones económicas ni tecnología de punta, pues contando con recursos limitados se ha logrado desarrollar el presente proyecto, con resultados satisfactorios.
- Se diseñó un sistema de control digital que lleva al robot a tomar decisiones por si solo para identificar un evento ocurrido, teniendo en cuenta que únicamente actúa cuando detecta movimiento o un obstáculo, ejecuta esta acción de una manera rápida y precisa.
- Se analizaron diversos espacios donde el robot pudiera cumplir la tarea para la que fue diseñado, determinando que el espacio más propicio es el interior de un edificio, como por ejemplo una oficina o bodega, y será capaz de esquivar obstáculos que se encuentre a su paso y podrá sobrepasar los de menor tamaño.
- Se desarrolló un sistema de control sensorico para que el HEXÁPODO pudiera interactuar con su entorno, aplicando tanto sensores de proximidad para esquivar obstáculos como sensores de ultrasonido para detectar movimiento, además de una cámara con infrarrojo para grabar eventos. Todos estos fueron acoplados con éxito para hacer el sistema de control, es decir, que se logro una compatibilidad entre los módulos que conforman el robot.
- Mediante la toma de señales de los sensores de ultrasonido cuando detectan movimiento se logró diseñar un programa que es capaz de reconocer el dato que envía el Microcontrolador cuando detecta algún cambio en la toma de la señal,

también puede almacenar temporalmente y transmitir desde un Microcontrolador hacia el PC los sucesos, los identifica en una base de datos y hace el correspondiente reporte.

- Mediante la implementación de sensores de proximidad se logró que el robot sea capaz de reconocer el terreno en el que se desplaza, y se le dió la capacidad de esquivar obstáculos y superar los de mayor magnitud. Gracias a las características de trabajo que nos ofrece el sensor como su gran sensibilidad y rápida respuesta que permite que el robot no se estrelle y pierda orientación del terreno y por lo tanto no funcione de manera errónea.
- Gracias a la estructura conformada por seis patas se logró buena estabilidad en el robot y que se pudiera desplazar con igual facilidad si el terreno es lizo o corrugado esto no tiene influencia en la velocidad de trabajo del robot. Pesa muy poco lo que permite un transporte fácil, tiene el espacio suficiente para la buena ubicación de los elementos y circuitos electrónicos.
- El uso de sensores de ultrasonido es muy práctico y factible para la detección de movimiento por las pocas desventajas que presenta ante calidad, montaje de los circuitos, costos y flexibilidad en diseño frente a otros componentes utilizados para la misma aplicación, adicionalmente no presenta incomodidad al hacer la aplicación por su tamaño.
- Se observó que los sensores de ultrasonido presentan un sólido funcionamiento en la detección de movimiento de obstáculos de tamaño pequeño, superficies regulares que por su material ofrecen una reflectividad correcta del sonido, pero si los objetos a detectar tienen superficies irregulares, la efectividad del sensado baja radicalmente debido a la deficiente calidad y cantidad de señal reflejada.

- Al realizar las diferentes pruebas con los microcontroladores se pudo observar que es mucho más fácil hacer la etapa de control con Microcontroladores diferentes, pues al utilizar uno para llevar a cabo más de una tarea, por la cantidad de tiempos que se manejaban era muy difícil conseguir el buen funcionamiento de estos.

RECOMENDACIONES

- Es muy primordial tener en cuenta que para obtener mayor cobertura del terreno es fundamental el uso de más sensores de ultrasonido con el fin de obtener mayor calidad en las señales y en la respuesta sobre cualquier movimiento que se presente en el ambiente. También es muy importante porque con el uso de más sensores se obtiene más señales de rebote y se evitan de esta manera mediciones erróneas.
- Debido a que al detectar movimiento se presentan cambios bruscos en la señal y las características de funcionamiento cambian se hace necesario incrementar el número de veces a sensar para obtener mayor certeza y calidad de la señal, para estar seguros que si hay movimiento.
- Para hacer que el robot tenga más campo de acción podemos realizar una comunicación full duplex esto quiere decir que el robot se comunicara con el PC e inversamente el PC con el robot , esto se realizaría para obtener control sobre el robot desde el PC, de este modo trabajarlo como un vehiculo explorador con el cual tendríamos control sobre la dirección del robot, llevándolo donde queramos , con la ventaja de reconocer el ambiente en donde se mueve gracias a la cámara que tiene incorporada; esto debe realizarse sin interferir con el objetivo principal para el cual fue desarrollado el proyecto.
- Ya que la detección de movimiento por el sensor de ultrasonido no es exacta por sus diversas limitaciones una de la soluciones es hacer detección de movimiento por la imagen que captura la cámara, es decir hacer la comparación de píxeles que hay en una imagen y es así como podemos detectar el movimiento pero con la ventaja de ser más explícitos con el movimiento ya que será capaz de identificar la clase de movimiento y qué objeto lo provocó.

- Con esta implementación también tendríamos la característica de solo capturar el video cuando ocurra el evento. Otra ventaja que tendría un programa de comparación de píxeles de la imagen es que es capaz de identificar varios movimientos al mismo tiempo real.

BIBLIOGRAFÍA

ANGULO USATEGUI, Jose M^a. Robótica práctica. Cuarta Edición. Editorial Paraninfo 1996. 451pag.

BARRIENTOS, Antonio. PEÑIN, Luís Felipe. BALAGUER, Carlos y Rafael ARACIL. Fundamentos de robótica. Editorial McGraw-Hill. 1997. 326pag.

PALACIO, Enrique. DOMÍNGUEZ, Fernando y LÓPEZ Lucas. Microcontrolador PIC 16F84. Primera Edición. Editorial Alfa Omega R-AMA. Agosto de 2004. 623pag.

GIAMARCHI, Frederic. Robots móviles. Editorial Paraninfo. 141pag.

MONTOYA, Luís Guillermo. Aplicaciones con microcontroladores. Editorial latinas. Medellín Colombia. 130pag.

MC, Cloy. Robótica una introducción. Editorial Limusa Noriega Editores. 1993

OILERO BATURONE, Aníbal. Robótica manipuladores y robots móviles. Editorial Alfaomega. 2001.

BARNETT, Raymond A. Algebra y geometría 2. Editorial Mc GRAW HILL. México 1998.

BLANCO BLANCO, Luís Antonio. Tras las huellas Guía practica para la Elaboración de trabajos de grado. Editorial III milenio. Bogotá 2002.

WEBBLOGRAFÍA

<http://technology.niagarac.on.ca/courses/comp630>

<http://www.jpl.nasa.gov/releases/2002/232.cfm>

<http://www.technology.niagarac.on.ca/people/mcsele/images/SpiderSchematic-Large.jpg>

<http://www.x-robotics.com/motorizacion.htm#MOTORES%20CC>

<http://www.ichinoseki.ac.jp/~satok/jica4/chk1.html>

<http://www.todorobot.com.ar/informacion/tutorial%20stepper/stepper-tutorial.htm>

http://autric.com/Microbotica%20y%20Mecatronica/motores_paso_a_paso.htm

<http://www.iearobotics.com/proyectos/arquitectura/plataforma/index.htm>

http://robots-argentina.com.ar/MotorPP_basico.htm

http://webs.uvigo.es/mdgomez/SED/practicas/Practica5_motor.pdf

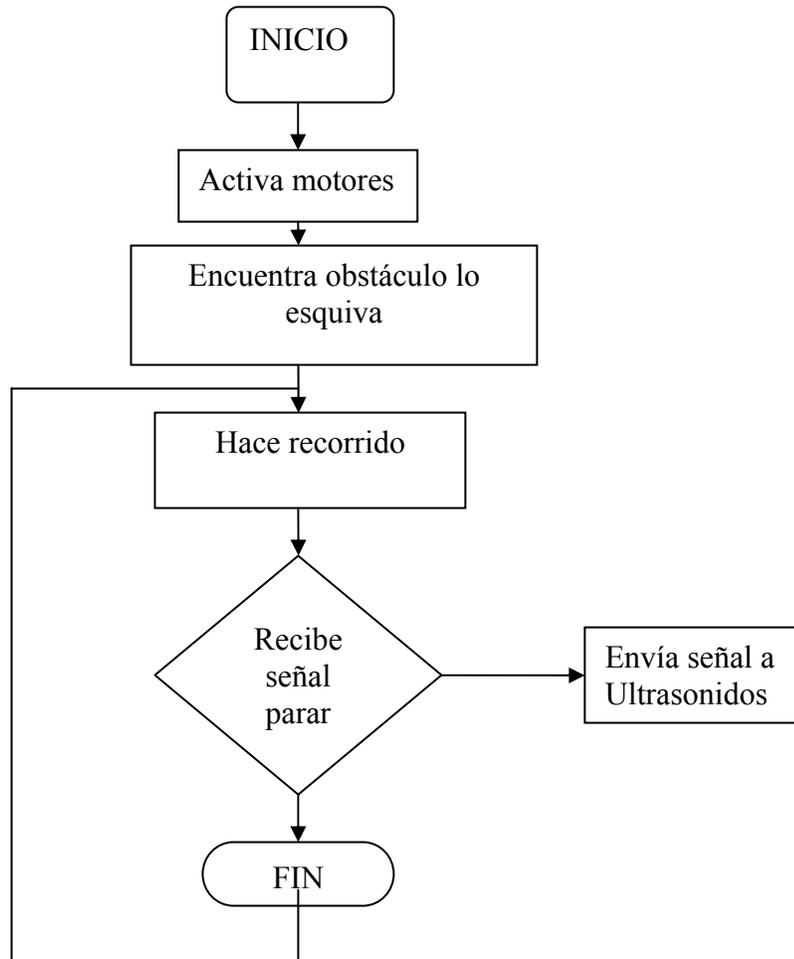
<http://www.microrobotica.es/web/down/ha/ct294.pdf>

<http://www.creaturoides.com/anterior/srversp.htm>

http://www.roboticajoven.mendoza.edu.ar/rob_dis4.htm

ANEXOS

ANEXO A



LIST P=16F84A

PORTA	EQU 05H
TRISA	EQU 85H
PORTB	EQU 06H
TRISB	EQU 86H
STATUS	EQU 03H
AUX	EQU 0CH
REG1	EQU 0DH
REG2	EQU 0EH
REG3	EQU 0FH

```
ORG 00H
BSF STATUS,5
MOVLW 1FH
MOVWF TRISA
MOVLW 60H
MOVWF TRISB
BCF STATUS,5
CLRF PORTB
```

ARAÑA

```
CLRF AUX
BTFSC PORTB,5
GOTO ABAJO
MOVLW 00H
XORWF PORTA,W
BTFSC STATUS,2
GOTO DIEZ
MOVLW 01H
XORWF PORTA,W
BTFSC STATUS,2
GOTO NUEVE
MOVLW 03H
XORWF PORTA,W
BTFSC STATUS,2
GOTO SEIS
MOVLW 02H
XORWF PORTA,W
BTFSC STATUS,2
GOTO SEIS
MOVLW 0CH
XORWF PORTA,W
BTFSC STATUS,2
GOTO DIEZ
MOVLW 04H
XORWF PORTA,W
BTFSC STATUS,2
GOTO DIEZ
MOVLW 08H
XORWF PORTA,W
BTFSC STATUS,2
GOTO DIEZ
MOVLW 0DH
XORWF PORTA,W
BTFSC STATUS,2
GOTO NUEVE
MOVLW 0EH
```

	XORWF PORTA,W BTFSC STATUS,2 GOTO SEIS MOVLW 0BH XORWF PORTA,W BTFSC STATUS,2 GOTO NUEVE MOVLW 07H XORWF PORTA,W BTFSC STATUS,2 GOTO SEIS MOVLW 0FH XORWF PORTA,W BTFSC STATUS,2 GOTO OFF BTFSS PORTB,5 GOTO ARAÑA GOTO ABAJO CLRF PORTB GOTO ARAÑA
OFF	
ABAJO	MOVLW 80H MOVWF PORTB
VERIFICAR	BTFSC PORTB,6 GOTO ARAÑA CALL TIEMPO_1SEG INCF AUX MOVLW 05H XORWF AUX,W BTFSS STATUS,2 GOTO VERIFICAR GOTO MIRAR
MIRAR	BTFSS PORTA,4 GOTO MIRAR GOTO ARAÑA
DIEZ	BSF PORTB,4 MOVLW 0AH MOVWF PORTB GOTO ARAÑA
NUEVE	BSF PORTB,4 MOVLW 09H

```

                                MOVWF PORTB
                                GOTO ARAÑA

SEIS                            BSF PORTB,4
                                MOVLW 06H
                                MOVWF PORTB
                                GOTO ARAÑA

TIEMPO_1SEG                    MOVLW 48H
                                MOVWF REG1
TRESS                          MOVLW 80H
                                MOVWF REG2
DOSS                            MOVLW 40H
                                MOVWF REG3
UNOO                            DECFSZ REG3
                                GOTO UNOO
                                DECFSZ REG2
                                GOTO DOSS
                                DECFSZ REG1
                                GOTO TRESS
                                RETLW 00H
                                END

```

ANEXO B

LIST P=16F84A

PORTB EQU 06H
TRISB EQU 86H
PORTA EQU 05H
TRISA EQU 85H
STATUS EQU 03H
REGA EQU 0CH
REG1 EQU 0DH
REG2 EQU 0EH
REG3 EQU 0FH
REGB EQU 10H

ORG 00H

BSF STATUS,5
BCF STATUS,6
MOVLW 10H
MOVWF TRISB
MOVLW 15H
MOVWF TRISA
BCF STATUS,5

CLRF PORTB
CLRF REGA

INICIO BCF PORTA,1
BTFSS PORTA,0
GOTO INICIO
CALL TIEMPO_10SEG
BSF PORTA,1
ULTRASONIDO BTFSC PORTA,2
GOTO IZQ
BTFSC PORTB,4
GOTO DER
BTFSC PORTA,4
GOTO INICIO
GOTO ULTRASONIDO

IZQ MOVLW 01H
MOVWF PORTB

```

CALL TIEMPO_2SEG
MOVLW 02H
MOVWF PORTB
CALL TIEMPO_2SEG
MOVLW 04H
MOVWF PORTB
CALL TIEMPO_2SEG
MOVLW 08H
MOVWF PORTB
CALL TIEMPO_2SEG
GOTO CONTAR
CONTAR INCF REGA
MOVLW 03H
XORWF REGA,W
BTFSS STATUS,2
GOTO DER
CLRF REGA
;CLRF PORTB
GOTO DOS
DOS ;GOTO VER
MOVLW 08H
MOVWF PORTB
CALL TIEMPO_2SEG
MOVLW 04H
MOVWF PORTB
CALL TIEMPO_2SEG
MOVLW 02H
MOVWF PORTB
CALL TIEMPO_2SEG
MOVLW 01H
MOVWF PORTB
CALL TIEMPO_2SEG
GOTO CONTAR1
CONTAR1 INCF REGA
MOVLW 02H
XORWF REGA,W
BTFSS STATUS,2
GOTO DOS
CLRF REGA
;CLRF PORTB
;GOTO VER
GOTO TRES
TRES MOVLW 01H
MOVWF PORTB
CALL TIEMPO_2SEG
MOVLW 02H

```

	MOVWF PORTB
	CALL TIEMPO_2SEG
	MOVLW 04H
	MOVWF PORTB
	CALL TIEMPO_2SEG
	MOVLW 08H
	MOVWF PORTB
	CALL TIEMPO_2SEG
	GOTO CONTAR2
CONTAR2	INCF REGA
	MOVLW 04H
	XORWF REGA,W
	BTFSS STATUS,2
	GOTO TRES
	CLRF REGA
	;CLRF PORTB
	;GOTO VER
	GOTO CUATRO
CUATRO	MOVLW 08H
	MOVWF PORTB
	CALL TIEMPO_2SEG
	MOVLW 04H
	MOVWF PORTB
	CALL TIEMPO_2SEG
	MOVLW 02H
	MOVWF PORTB
	CALL TIEMPO_2SEG
	MOVLW 01H
	MOVWF PORTB
	CALL TIEMPO_2SEG
	GOTO CONTAR3
CONTAR3	INCF REGA
	MOVLW 05H
	XORWF REGA,W
	BTFSS STATUS,2
	GOTO CUATRO
	CLRF REGA
	CLRF PORTB
	BSF PORTA,3
	CALL TIEMPO_1SEG
	GOTO INICIO
DER	MOVLW 08H
	MOVWF PORTB
	CALL TIEMPO_2SEG

```

                                MOVLW 04H
                                MOVWF PORTB
                                CALL TIEMPO_2SEG
                                MOVLW 02H
                                MOVWF PORTB
                                CALL TIEMPO_2SEG
                                MOVLW 01H
                                MOVWF PORTB
                                CALL TIEMPO_2SEG
                                GOTO CONTAR
CONTARR INCF REGB
                                MOVLW 03H
                                XORWF REGB,W
                                BTFSS STATUS,2
                                GOTO DER
                                CLRF REGB
                                ;CLRF PORTB
                                GOTO DOSS
                                ;GOTO VER
DOSS    MOVLW 01H
                                MOVWF PORTB
                                CALL TIEMPO_2SEG
                                MOVLW 02H
                                MOVWF PORTB
                                CALL TIEMPO_2SEG
                                MOVLW 04H
                                MOVWF PORTB
                                CALL TIEMPO_2SEG
                                MOVLW 08H
                                MOVWF PORTB
                                CALL TIEMPO_2SEG
                                GOTO CONTAR11
CONTAR11 INCF REGB
                                MOVLW 02H
                                XORWF REGB,W
                                BTFSS STATUS,2
                                GOTO DOSS
                                CLRF REGB
                                ;CLRF PORTB
                                ;GOTO VER
                                GOTO TRESS
TRESS  MOVLW 08H
                                MOVWF PORTB
                                CALL TIEMPO_2SEG
                                MOVLW 04H
                                MOVWF PORTB

```

```

CALL TIEMPO_2SEG
MOVLW 02H
MOVWF PORTB
CALL TIEMPO_2SEG
MOVLW 01H
MOVWF PORTB
CALL TIEMPO_2SEG
GOTO CONTAR22
CONTAR22  INCF REGB
MOVLW 04H
XORWF REGB,W
BTFSS STATUS,2
GOTO TRESS
CLRF REGB
;CLRF PORTB
;GOTO VER
GOTO CUATRO
CUATRO    MOVLW 01H
MOVWF PORTB
CALL TIEMPO_2SEG
MOVLW 02H
MOVWF PORTB
CALL TIEMPO_2SEG
MOVLW 04H
MOVWF PORTB
CALL TIEMPO_2SEG
MOVLW 08H
MOVWF PORTB
CALL TIEMPO_2SEG
GOTO CONTAR33
CONTAR33  INCF REGB
MOVLW 05H
XORWF REGB,W
BTFSS STATUS,2
GOTO CUATRO
CLRF REGB
CLRF PORTB
BSF PORTA,3
CALL TIEMPO_1SEG
GOTO INICIO

TIEMPO_1SEG  MOVLW 28H
MOVWF REG1
TTRESS      MOVLW 40H
MOVWF REG2

```

```

DDOSS      MOVLW 40H
           MOVWF REG3
UUNOO      DECFSZ REG3
           GOTO UUNOO
           DECFSZ REG2
           GOTO DDOSS
           DECFSZ REG1
           GOTO TTRESS
           RETLW 00H

```

```

TIEMPO_2SEG MOVLW 28H
           MOVWF REG1
TRRESS     MOVLW 80H
           MOVWF REG2
DOOSS      MOVLW 40H
           MOVWF REG3
UNOO       DECFSZ REG3
           GOTO UNOO
           DECFSZ REG2
           GOTO DOOSS
           DECFSZ REG1
           GOTO TRRESS
           RETLW 00H

```

```

TIEMPO_10SEG MOVLW 28H
           MOVWF REG1
THREE      MOVLW 80H
           MOVWF REG2
TWO        MOVLW 40H
           MOVWF REG3
ONE        DECFSZ REG3
           GOTO ONE
           DECFSZ REG2
           GOTO TWO
           DECFSZ REG1
           GOTO THREE
           RETLW 00H

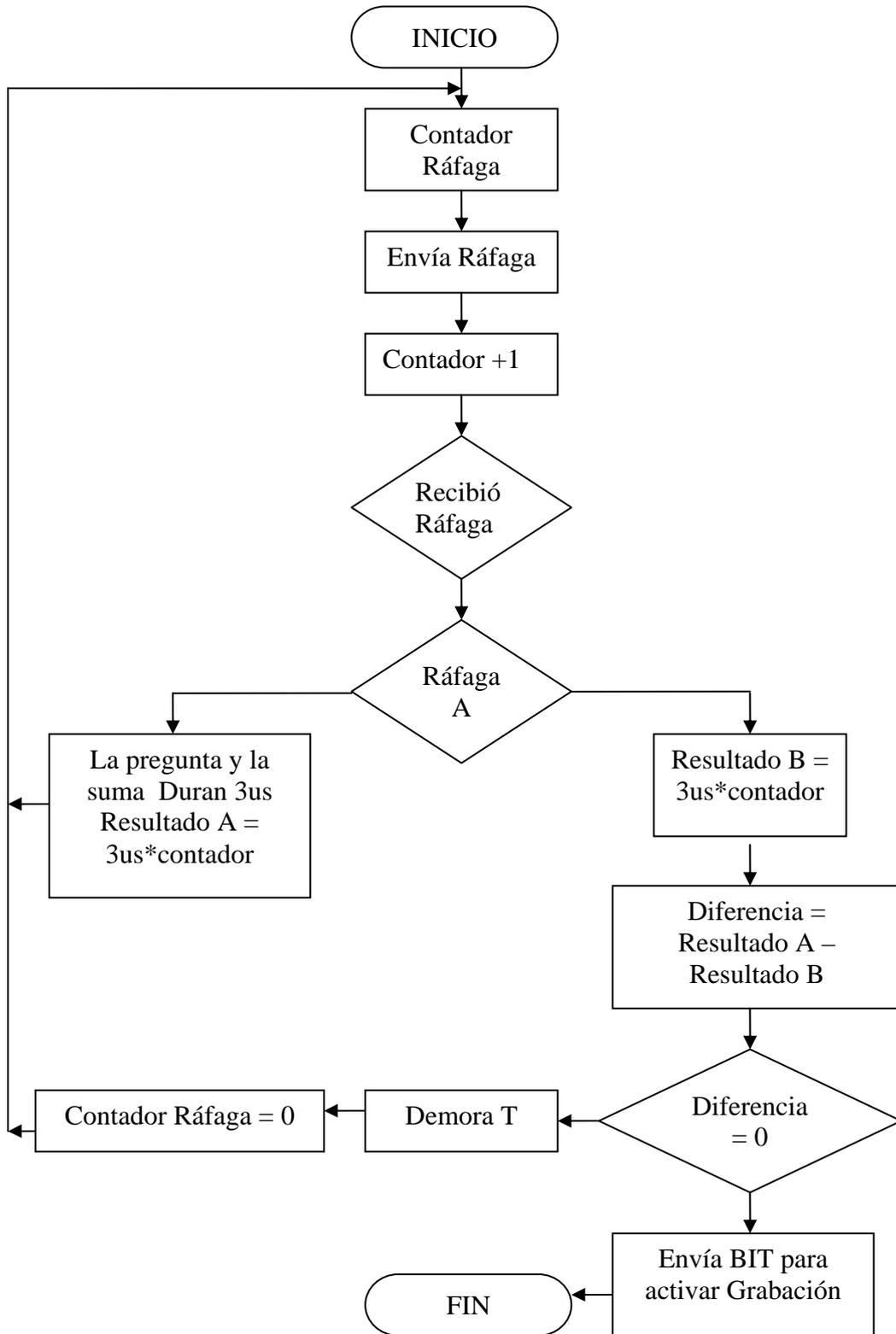
```

```

END

```

ANEXO C



```
#include <p16f877a.inc>
```

```
contador1 EQU 0x22
tiempo1 equ 0x20
tiempo2 equ 0x21
temporal equ 0x23
primera equ 0x24
```

```
bsf STATUS,5
movlw b'00000010'
movwf TRISB
bcf STATUS,5
```

```
;*****GENERACION DE FRECUENCIA DE ULTRASONIDO *****
```

```
movlw d'5' ; generación de ráfaga
movwf contador1
```

```
inicio
```

```
bsf portb,0
```

```
nop
```

```
; generación pulso positivo
```

```
bcf portb,0
```

```
nop
```

```
;generación pulso negativo
```

```
decfsz contador1
goto inicio
goto leer
```

```
demora
    movwf tiempo2          ;demora tantos milisegundos como valor en w
TOP2
    movlw d'110'
    movwf tiempo1
TOP1
    nop
    nop
    nop
    nop
    nop
    nop
    decfsz tiempo1, 1
    goto TOP1
    decfsz tiempo2, 1
    goto TOP2
return
```

;*****RECEPCION DE SEÑAL DEL ULTRASONIDO*****

```
leer
    addlw d'3'            ;tiempo de respuesta de la ráfaga
    btfss PORTB,1
    goto leer
    goto guardar0
```

```
guardar0
    movwf temporal        ;cargar el dato a un registro temporal para compararlo
    incf control
    movlw d'2'
    subwf control,W
    btfss STATUS,Z
    goto guardar1
    goto guardar2
```

```
guardar1
    movf temporal,W       ;almacena primera ráfaga
    movwf primera
```

```

    goto inicio

guardar2

    movf temporal,W ;recibe segunda ráfaga y compara
    subwf primera,w
    btfss STATUS,Z
    goto cámara
    goto motor

motor

    bsf PORTB,2 ;activación de los motores
    movlw d'5'
    call demora
    bcf PORTB,2
    btfss PORTB,4 ; activación del pic
    goto -$
    goto inicio

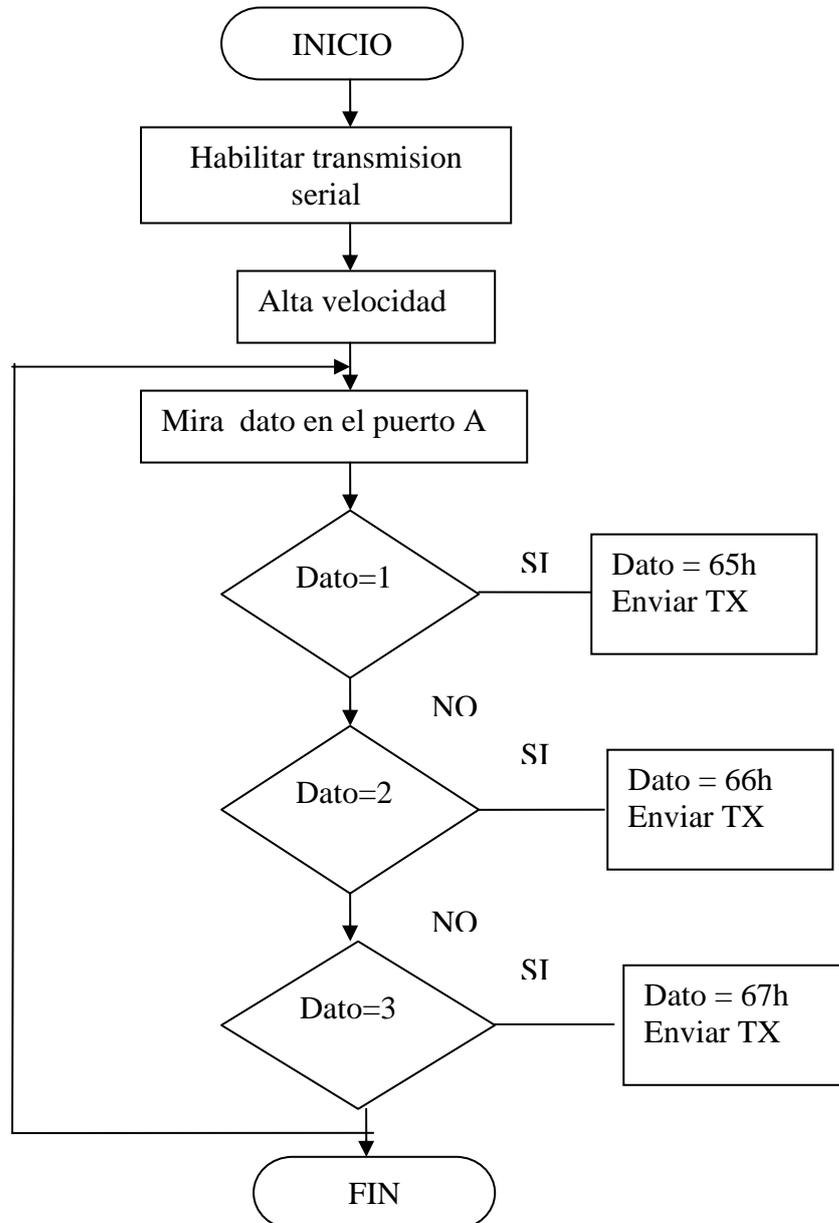
cámara

    bsf PORTB,3 ; activa la cámara al detectar movimiento
    movlw d'5'
    call demora
    bcf PORTB,3
    btfss PORTB,4
    goto -$
    goto inicio

end

```

ANEXO D



LIST P=16F877A

#INCLUDE"P16F877A.INC"

ORG 00H

```
BSF STATUS,RP0
MOVLW 03H
MOVWF TRISA
MOVLW 80H
MOVWF TRISC
MOVLW D'25'
```

```

MOVWF SPBRG
MOVLW 24H
MOVWF TXSTA ; HABILITA LA TRANMISION A
ALTA VELOCIDAD
BCF STATUS,RP0
MOVLW 90H
MOVWF RCSTA
ENVIAR MOVWF RCSTA
MOVLW 03H
XORWF PORTA,W
BTSS STATUS,Z
GOTO SEGUNDO_DATO
GOTO PRIMERO
SEGUNDO_DATO MOVWF RCSTA
MOVLW 02H
XORWF PORTA,W
BTSS STATUS,2
GOTO TERCER_DATO
GOTO SEGUNDO
TERCER_DATO MOVWF RCSTA
MOVLW 01H
XORWF PORTA,W
BTSS STATUS,2
GOTO ENVIAR
GOTO TERCERO
PRIMERO MOVWF RCSTA
MOVLW 65H
MOVWF TXREG
PREG1 BTSS PIR1,TXIF
GOTO PREG1
GOTO ENVIAR
SEGUNDO MOVWF RCSTA
MOVLW 66H
MOVWF TXREG
PREG2 BTSS PIR1,TXIF
GOTO PREG2
GOTO ENVIAR
TERCERO MOVWF RCSTA
MOVLW 67H
MOVWF TXREG
PREG3 BTSS PIR1,TXIF
GOTO PREG3
GOTO ENVIAR
END

```

ANEXO E

```
Option Explicit
Dim Buffer As Variant
Dim EXE As Variant
```

```
Private Sub Command1_Click()
Call video
End Sub
```

```
Private Sub Command2_Click()
AppActivate EXE, True
Timer1.Enabled = True
End Sub
```

```
Private Sub Command3_Click()
FFFileInfo.Show
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load()
MSComm1.PortOpen = True
MSComm1.InBufferCount = 0
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Timer()
AppActivate EXE, True
SendKeys "%{F4}"
SendKeys "%{F4}"
Timer1.Enabled = False
End Sub
```

```
Private Sub Timer2_Timer()
' AppActivate EXE, False
Dim i
SendKeys "{F6}"
Timer2.Enabled = False
For i = 1 To 100000
DoEvents
Next i
Me.SetFocus
End Sub
```

```
Private Sub video()
'On Error Resume Next
Dim i
```

```
EXE = Shell("C:\Archivos de programa\KWorld Multimedia\PVR  
Plus\TVR\honestechTV.exe", vbNormalFocus)  
Timer2.Enabled = True  
End Sub
```

```
Private Sub Timer4_Timer()  
Buffer = MSComm1.Input  
Select Case Buffer  
Case "A"  
Call video  
Case "B"  
Timer1.Enabled = True  
Case "C"  
MsgBox "CUIDADO: Batería Baja", vbCritical, "¡Atención!:"  
End Select  
End Sub
```

ANEXO F

Option Explicit

```
Private Declare Function DrawIcon Lib "user32" (ByVal hdc As Long, ByVal X As Long, ByVal Y As Long, ByVal hIcon As Long) As Long
```

```
Private Const attrReadOnly = 0
Private Const attrArchive = 1
Private Const attrCompressed = 2
Private Const attrHidden = 3
Private Const attrSystem = 4
Private Const attrTemporary = 5
```

```
Private m_UserFile As String
```

```
Private Sub Dir1_Change()
    File1.Path = "C:\Documents and Settings\Usr\Mis documentos\"
End Sub
```

```
Private Sub File1_Click()
    With File1
        If Right(.Path, 1) = "\" Then
            m_UserFile = .Path & .FileName
        Else
            m_UserFile = .Path & "\" & .FileName
        End If
    End With
    Call UpdateInfo(m_UserFile)
End Sub
```

```
Private Sub File1_DblClick()
    frmInfoFile.Show
    frmInfoFile.WindowsMediaPlayer1.URL = File1.Path & "/" & File1
    frmInfoFile.WindowsMediaPlayer1.Controls.play
End Sub
```

```
Private Sub File1_PathChange()
    If File1.ListCount Then
        File1.ListIndex = 0
    Else
        m_UserFile = Dir1.Path
        Call UpdateInfo(m_UserFile)
    End If
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load()
    Dim i As Long
    ,
```

```

' Set initial dirspec
,
'Drive1.Drive = Environ("windir")
,
' Adjust 3d lines
,
For i = 1 To 5 Step 2
    Line1(i).Y1 = Line1(i - 1).Y1 + Screen.TwipsPerPixelY
    Line1(i).Y2 = Line1(i).Y1
Next i
,
' Make sure picture for icon is properly sized.
,
picIcon.Width = 32 * Screen.TwipsPerPixelX
picIcon.Height = 32 * Screen.TwipsPerPixelY
,
' Fill version info listbox
,
,
' Position frames within tab
,
' With tabInfo
' frmGeneral.Move .ClientLeft, .ClientTop, .ClientWidth, .ClientHeight
'End With
' frmGeneral.BackColor = Me.BackColor
File1.Pattern = "*.mpg"
Dir1.Path = "C:\Documents and Settings\Usr\Mis documentos\"
End Sub

Private Sub UpdateInfo(ByVal fil As String)
    Dim fi As CFileInfo
    Dim vi As CFileVersionInfo
    ,
    ' Set current tab.
    ,
    'tabInfo.Tabs("General").Selected = True
    ,
    ' Update all attribute information using intentionally
    ' mis-cased copy of m_UserFile
    ,
    fil = UCase(fil)
    Set fi = New CFileInfo
    fi.FullPathName = fil
    ,
    ' Fill controls with attributes.
    ,
    txtFilename.Text = fi.DisplayName
    txtType.Text = fi.TypeName
    txtLocation = fi.FilePath
    txtSize.Text = fi.FormatFileSize(fi.FileSize)

```

```

If fi.attrCompressed Then
    txtCompSize.Text = fi.FormatFileSize(fi.CompressedFileSize)
Else
    txtCompSize.Text = "File is not compressed"
End If
txtDosPath.Text = fi.ShortPath
txtDosName.Text = fi.ShortName
txtCreated.Text = fi.FormatFileDate(fi.CreationTime)
txtModified.Text = fi.FormatFileDate(fi.ModifyTime)
txtAccessed.Text = fi.FormatFileDate(fi.LastAccessTime)
chkAttr(attrReadOnly).Value = Abs(fi.attrReadOnly)
chkAttr(attrArchive).Value = Abs(fi.attrArchive)
chkAttr(attrCompressed).Value = Abs(fi.attrCompressed)
chkAttr(attrHidden).Value = Abs(fi.attrHidden)
chkAttr(attrSystem).Value = Abs(fi.attrSystem)
chkAttr(attrTemporary).Value = Abs(fi.attrTemporary)
'
' Display associated icon.
'
picIcon.Cls
Call DrawIcon(picIcon.hdc, 0, 0, fi.hIcon)
'
' Update version information
'
Set vi = New CFileVersionInfo
vi.FullPathName = fi.FullPathName
If vi.Available Then
    'If tabInfo.Tabs.Count = 1 Then
    ' tabInfo.Tabs.Add 2, "Version", "Version"
    'End If
Else
    'If tabInfo.Tabs.Count > 1 Then
    ' tabInfo.Tabs.Remove 2
    'End If
End If
End Sub

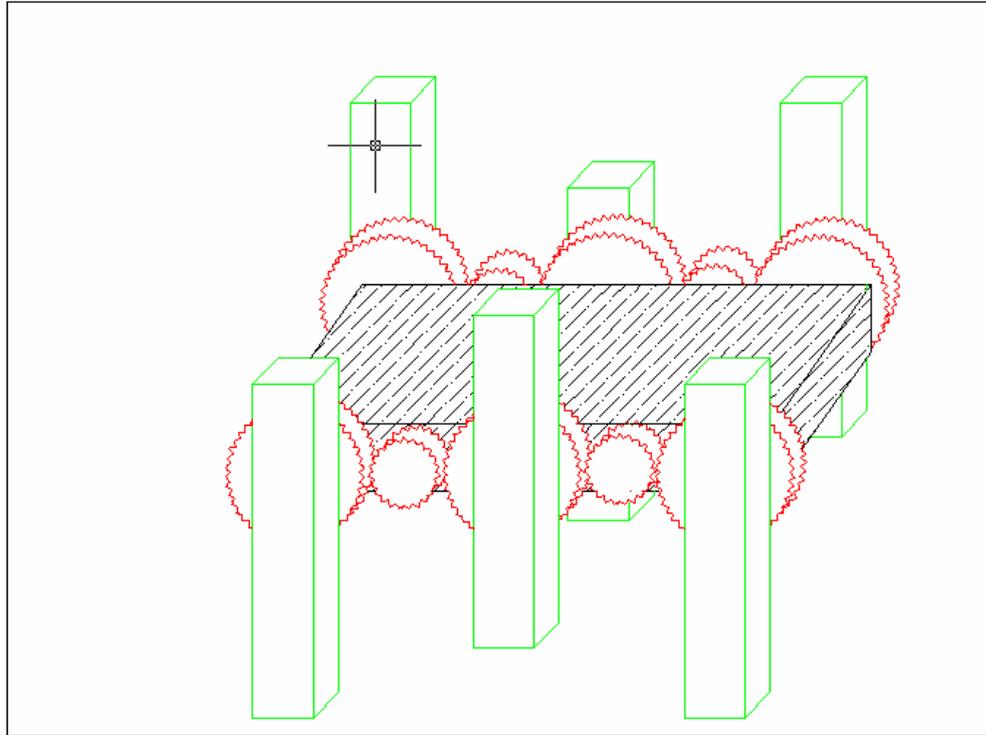
Private Sub lstVerInfo_Click()
    Dim vi As New CFileVersionInfo
    vi.FullPathName = m_UserFile

End Sub

Private Sub tabInfo_Click()
    ' If tabInfo.Tabs("General").Selected Then
    ' frmGeneral.Visible = True
    'Else
    ' frmGeneral.Visible = False
    'End If
End Sub

```

ANEXO G



ANEXO H



PIC16F84A

18-pin Enhanced FLASH/EEPROM 8-Bit Microcontroller

High Performance RISC CPU Features:

- Only 35 single word instructions to learn
- All instructions single-cycle except for program branches which are two-cycle
- Operating speed: DC - 20 MHz clock input
DC - 200 ns instruction cycle
- 1024 words of program memory
- 68 bytes of Data RAM
- 64 bytes of Data EEPROM
- 14-bit wide instruction words
- 8-bit wide data bytes
- 15 Special Function Hardware registers
- Eight-level deep hardware stack
- Direct, indirect and relative addressing modes
- Four interrupt sources:
 - External RB0/INT pin
 - TMR0 timer overflow
 - PORTB<7:4> interrupt-on-change
 - Data EEPROM write complete

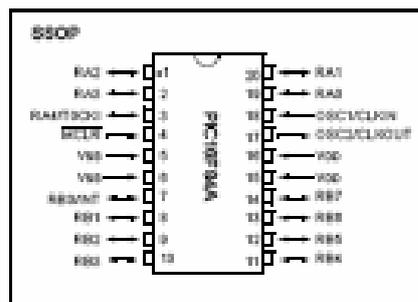
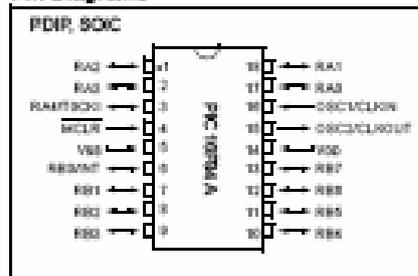
Peripheral Features:

- 13 I/O pins with individual direction control
- High current sink/source for direct LED drive
 - 25 mA sink max. per pin
 - 25 mA source max. per pin
- TMR0 8-bit timer/counter with 8-bit programmable prescaler

Special Microcontroller Features:

- 10,000 erase/write cycles Enhanced FLASH Program memory typical
- 10,000,000 typical erase/write cycles EEPROM Data memory typical
- EEPROM Data Retention > 40 years
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) - via two pins
- Power-on Reset (POR), Power-up Timer (PWRT), Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own On-Chip RC Oscillator for reliable operation
- Code protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options

Pin Diagrams



CMOS Enhanced FLASH/EEPROM Technology:

- Low power, high speed technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range:
 - Commercial: 2.0V to 5.5V
 - Industrial: 2.0V to 5.5V
- Low power consumption:
 - < 2 mA typical @ 5V, 4 MHz
 - 15 μ A typical @ 2V, 32 kHz
 - < 0.5 μ A typical standby current @ 2V

ANEXO I



PIC16F87X

28/40-pin 8-Bit CMOS FLASH Microcontrollers

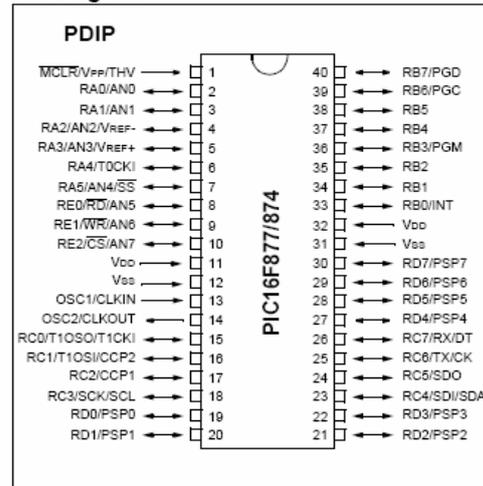
Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F873 • PIC16F876
- PIC16F874 • PIC16F877

Microcontroller Core Features:

- High-performance RISC CPU
- Only 35 single word instructions to learn
- All single cycle instructions except for program branches which are two cycle
- Operating speed: DC - 20 MHz clock input
DC - 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of FLASH Program Memory,
Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM)
Up to 256 x 8 bytes of EEPROM data memory
- Pinout compatible to the PIC16C73B/74B/76/77
- Interrupt capability (up to 14 sources)
- Eight level deep hardware stack
- Direct, indirect and relative addressing modes
- Power-on Reset (POR)
- Power-up Timer (PWRT) and
Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC
oscillator for reliable operation
- Programmable code-protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options
- Low-power, high-speed CMOS FLASH/EEPROM
technology
- Fully static design
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP) via two
pins
- Single 5V In-Circuit Serial Programming capability
- In-Circuit Debugging via two pins
- Processor read/write access to program memory
- Wide operating voltage range: 2.0V to 5.5V
- High Sink/Source Current: 25 mA
- Commercial and Industrial temperature ranges
- Low-power consumption:
 - < 2 mA typical @ 5V, 4 MHz
 - 20 µA typical @ 3V, 32 kHz
 - < 1 µA typical standby current

Pin Diagram



Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler,
can be incremented during sleep via external
crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period
register, prescaler and postscaler
- Two Capture, Compare, PWM modules
 - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
 - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
 - PWM max. resolution is 10-bit
- 10-bit multi-channel Analog-to-Digital converter
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™ (Master
Mode) and I²C™ (Master/Slave)
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver
Transmitter (USART/SCI) with 9-bit address
detection
- Parallel Slave Port (PSP) 8-bits wide, with
external RD, WR and CS controls (40/44-pin only)
- Brown-out detection circuitry for
Brown-out Reset (BOR)

ANEXO J

Jameco Part number 139491

MODEL NO.: 40TR12B (CASE: ALUMINUM/BLACK)

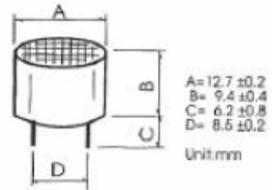
TRANSMITTER UNIT:

Center Frequency (KHz) : 40.0 ± 1.0
 Sound Pressure Level : 112dB/40 ± 1.0KH
 (0 dB=0.0002 μbar) / 10V SN/30cm /Min.
 Band Width (KHz) Min. : 5.0 / 100 dB
 Capacitance (PF) : 2000 ± 20%

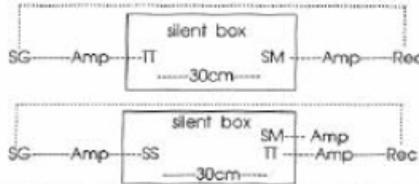
RECEIVER UNIT:

Center Frequency (KHz) : 40.0 ± 1.0
 Sensitivity Min. : 67dB/40 ± 1.0KH
 (0 dB vs 1V μbar) (R=3.9KΩ)
 Band Width (KHz) Min. : 5.0 / (of -75 dB)
 Capacitance (PF) : 2000 ± 20%

OUTLINE DIMENSION :



• TEST CIRCUIT :



TT : test transducer
 Rec : recorder
 SM : std. microphone
 Amp : amplifier
 SG : signal generator

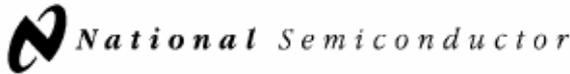
TT : test transducer
 Rec : recorder
 SM : std. microphone
 Amp : amplifier
 SG : signal generator
 SS : std. speaker
 R : resistance

~~MODEL NO.: 40TR12B~~ (CASE: PLASTIC/BLACK)

TRANSMITTER UNIT:



ANEXO K



February 1988

CD40106BM/CD40106BC Hex Schmitt Trigger

General Description

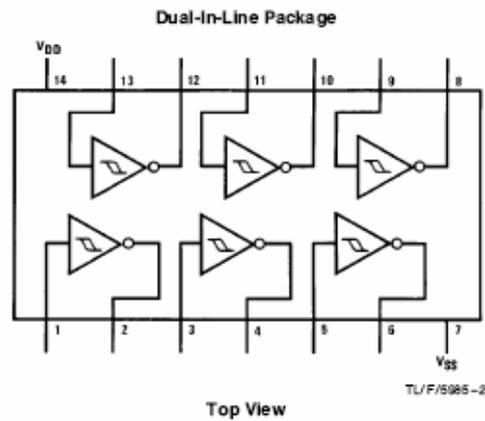
The CD40106B Hex Schmitt Trigger is a monolithic complementary MOS (CMOS) integrated circuit constructed with N and P-channel enhancement transistors. The positive and negative-going threshold voltages, V_{T+} and V_{T-} , show low variation with respect to temperature (typ 0.0005V/°C at $V_{DD} = 10V$), and hysteresis, $V_{T+} - V_{T-} \geq 0.2 V_{DD}$ is guaranteed.

All inputs are protected from damage due to static discharge by diode clamps to V_{DD} and V_{SS} .

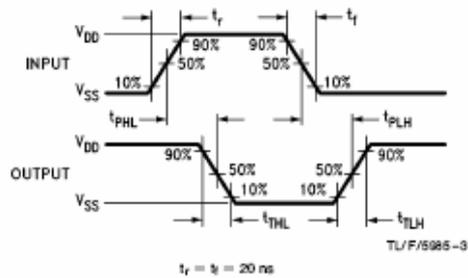
Features

- Wide supply voltage range 3V to 15V
- High noise immunity $0.7 V_{DD}$ (typ.)
- Low power Fan out of 2 driving 74L or 1 driving 74LS
- TTL compatibility $0.4 V_{DD}$ (typ.)
- Hysteresis $0.2 V_{DD}$ guaranteed
- Equivalent to MM54C14/MM74C14
- Equivalent to MC14584B

Connection Diagram

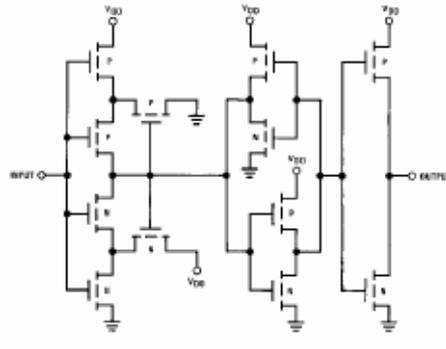


Switching Time Waveforms



Order Number CD40106B

Schematic Diagram



CD40106BM/CD40106BC Hex Schmitt Trigger

IS471F

OPIC Light Detector with Built-in Signal Processing Circuit for Light Modulation System

■ Features

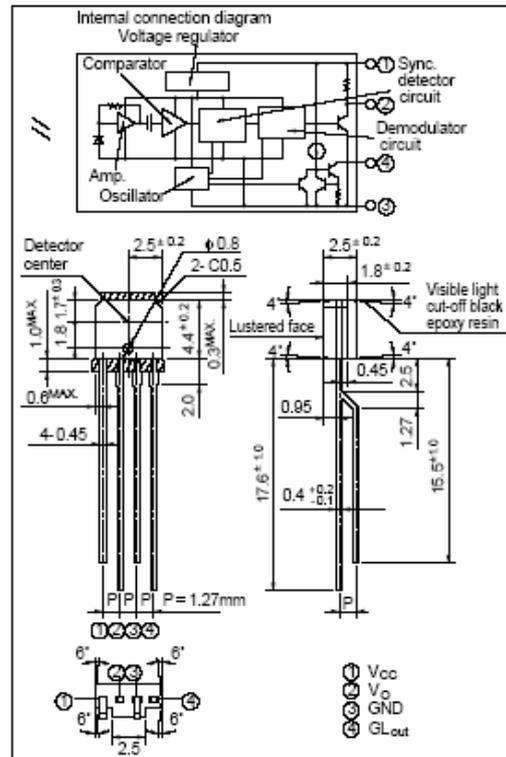
1. Impervious to external disturbing lights due to light modulation system
2. Built-in pulse driver circuit and sync. detector circuit on the emitter side
3. A wide range of operating supply voltage (V_{CC} : 4.5 to 16V)

■ Applications

1. Optoelectronic switches
2. Copiers, printers
3. Facsimiles

■ Outline Dimensions

(Unit : mm)



**OPIC™ (Optical IC) is a trademark of the SHARP Corporation.
An OPIC consists of a light-detecting element and signal-processing circuit integrated onto a single chip.

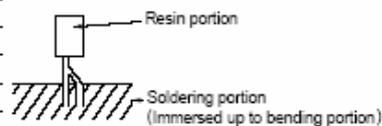
■ Absolute Maximum Ratings

(Ta= 25°C)

Parameter	Symbol	Rating	Unit
Supply voltage	V_{CC}	-0.5 to 16	V
Output	Output voltage	V_O	16 V
	Output current	I_O	50 mA
*1 GL output	Output voltage	V_{GL}	16 V
Power dissipation	P	250	mW
Operating temperature	T_{op}	-25 to +60	°C
Storage temperature	T_{stg}	-40 to +100	°C
** Soldering temperature	T_{sld}	260	°C

*1 Applies to GL_{out} terminal

*2 For 5 seconds at the position shown in the right figure



* In the absence of confirmation by device specification sheets, SHARP takes no responsibility for any defects that occur in equipment using any of SHARP's devices, shown in catalogs, data books, etc. Contact SHARP in order to obtain the latest version of the device specification sheets before using any SHARP's device.™

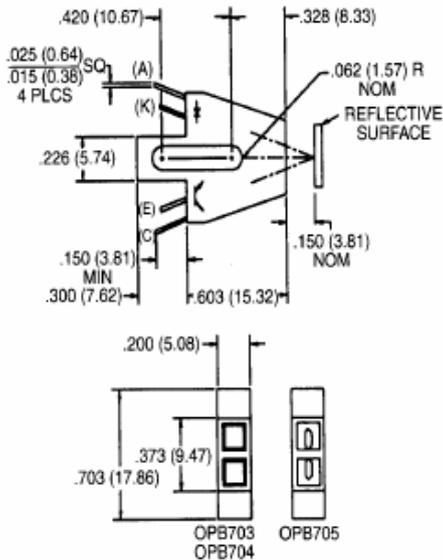
ANEXO M



REFLECTIVE OBJECT SENSORS

OPB703/OPB704/OPB705

PACKAGE DIMENSIONS



(C) COLLECTOR
(E) EMITTER
(K) CATHODE
(A) ANODE

ST2154

DESCRIPTION

The OPB703, OPB704, and OPB705 consist of an infrared emitting diode and an NPN silicon phototransistor mounted side by side on a converging optical axis in a black plastic housing. The phototransistor responds to radiation from the emitting diode only when a reflective object passes within its field of view. The area of the optimum response approximates a circle .200" in diameter.

FEATURES

- Phototransistor output.
- High Sensitivity.
- Low cost plastic housing.
- OPB703/OPB704, dust cover; lens.
- OPB705, offset lens.

NOTES:

1. CATHODE AND EMITTER LEADS ARE .050" NOM SHORTER THAN ANODE AND COLLECTOR LEADS.
2. DIMENSIONS ARE IN INCHES (mm).
3. TOLERANCE IS $\pm .010$ (.25) UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.

OPB703 - IR TRANSPARENT DUST COVER
OPB704 - IR TRANSPARENT DUST COVER
OPB705 - OFFSET LENS

ANEXO N



August 2000

LM833 Dual Audio Operational Amplifier

LM833 Dual Audio Operational Amplifier

General Description

The LM833 is a dual general purpose operational amplifier designed with particular emphasis on performance in audio systems.

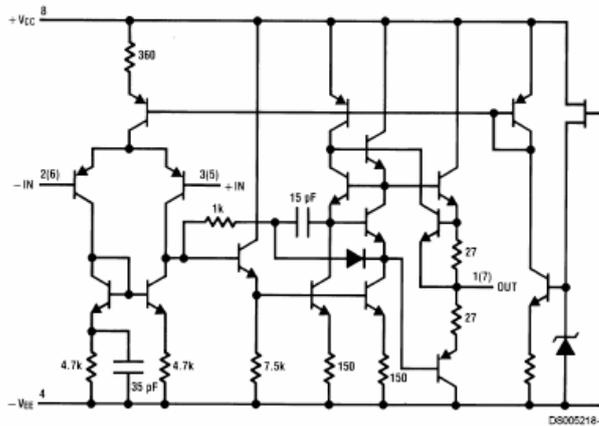
This dual amplifier IC utilizes new circuit and processing techniques to deliver low noise, high speed and wide bandwidth without increasing external components or decreasing stability. The LM833 is internally compensated for all closed loop gains and is therefore optimized for all preamp and high level stages in PCM and HiFi systems.

The LM833 is pin-for-pin compatible with industry standard dual operational amplifiers.

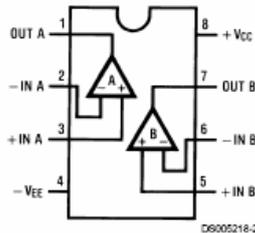
Features

- Wide dynamic range: 140dB
- Low input noise voltage: 4.5nV/√Hz
- High slew rate: 7 V/μs (typ); 5V/μs (min)
- High gain bandwidth: 15MHz (typ); 10MHz (min)
- Wide power bandwidth: 120KHz
- Low distortion: 0.002%
- Low offset voltage: 0.3mV
- Large phase margin: 60°
- Available in 8 pin MSOP package

Schematic Diagram (1/2 LM833)



Connection Diagram

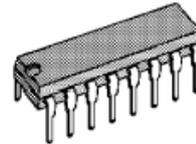


Order Number LM833M, LM833MX, LM833N, LM833MM or LM833MMX
See NS Package Number
M08A, N08E or MUA08A

ANEXO O

DRIVER PUSH-PULL DE 4 CANALES

- Corriente de salida de 1 A por canal.
- Corriente de salida de pico de 2 A por canal
- Señal para la habilitación de las salidas
- Alta inmunidad al ruido
- Alimentación para las cargas separada de la alimentación de control.
- Protección contra sobre - temperaturas.



DIP16

ORDERING NUMBER : L293B

DESCRIPCIÓN

El L293B es un driver de 4 canales capaz de proporcionar una corriente de salida de hasta 1A por canal. Cada canal es controlado por señales de entrada compatibles TTL y cada pareja de canales dispone de una señal de habilitación que desconecta las salidas de los mismos.

Dispone de una patilla para la alimentación de las cargas que se están controlando, de forma que dicha alimentación es independiente de la lógica de control.

La Figura 2 muestra el encapsulado de 16 pines, la distribución de patillas y la descripción de las mismas.

Pin	Nombre	Descripción	Patillaje
1	Chip Enable 1	Habilitación de los canales 1 y 2	
2	Input 1	Entrada del Canal 1	
3	Output 1	Salida del Canal 1	
4	GND	Tierra de Alimentación	
5	GND	Tierra de Alimentación	
6	Output 2	Salida del Canal 2	
7	Input 2	Entrada del Canal 1	
8	Vs	Alimentación de las cargas	
9	Chip Enable 2	Habilitación de los canales 3 y 4	
10	Input 3	Entrada del Canal 3	
11	Output 3	Salida del Canal 3	
12	GND	Tierra de Alimentación	
13	GND	Tierra de Alimentación	
14	Output 4	Salida del Canal 4	
15	Input 4	Entrada del Canal 4	

Figura 2.- Descripción de los Pines del L293B

ANEXO P



August 2000

LF353 Wide Bandwidth Dual JFET Input Operational Amplifier

General Description

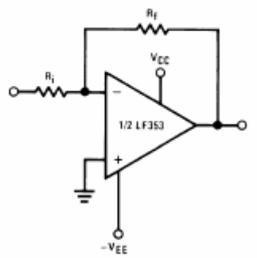
These devices are low cost, high speed, dual JFET input operational amplifiers with an internally trimmed input offset voltage (BI-FET II™ technology). They require low supply current yet maintain a large gain bandwidth product and fast slew rate. In addition, well matched high voltage JFET input devices provide very low input bias and offset currents. The LF353 is pin compatible with the standard LM1558 allowing designers to immediately upgrade the overall performance of existing LM1558 and LM358 designs.

These amplifiers may be used in applications such as high speed integrators, fast D/A converters, sample and hold circuits and many other circuits requiring low input offset voltage, low input bias current, high input impedance, high slew rate and wide bandwidth. The devices also exhibit low noise and offset voltage drift.

Features

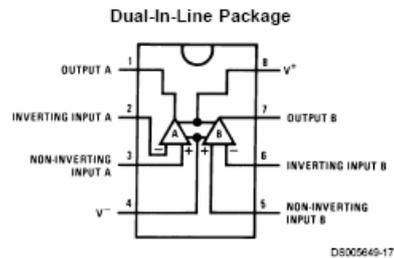
- Internally trimmed offset voltage: 10 mV
- Low input bias current: 50pA
- Low input noise voltage: 25 nV/√Hz
- Low input noise current: 0.01 pA/√Hz
- Wide gain bandwidth: 4 MHz
- High slew rate: 13 V/μs
- Low supply current: 3.6 mA
- High input impedance: 10¹²Ω
- Low total harmonic distortion : ≤0.02%
- Low 1/f noise corner: 50 Hz
- Fast settling time to 0.01%: 2 μs

Typical Connection



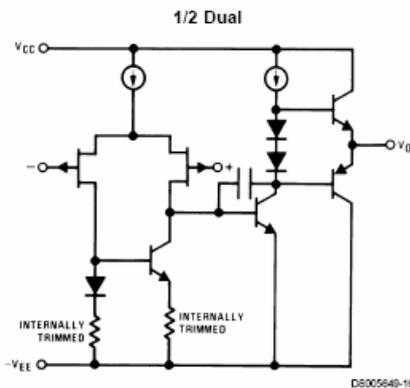
DS005649-14

Connection Diagram



DS005649-17

Simplified Schematic



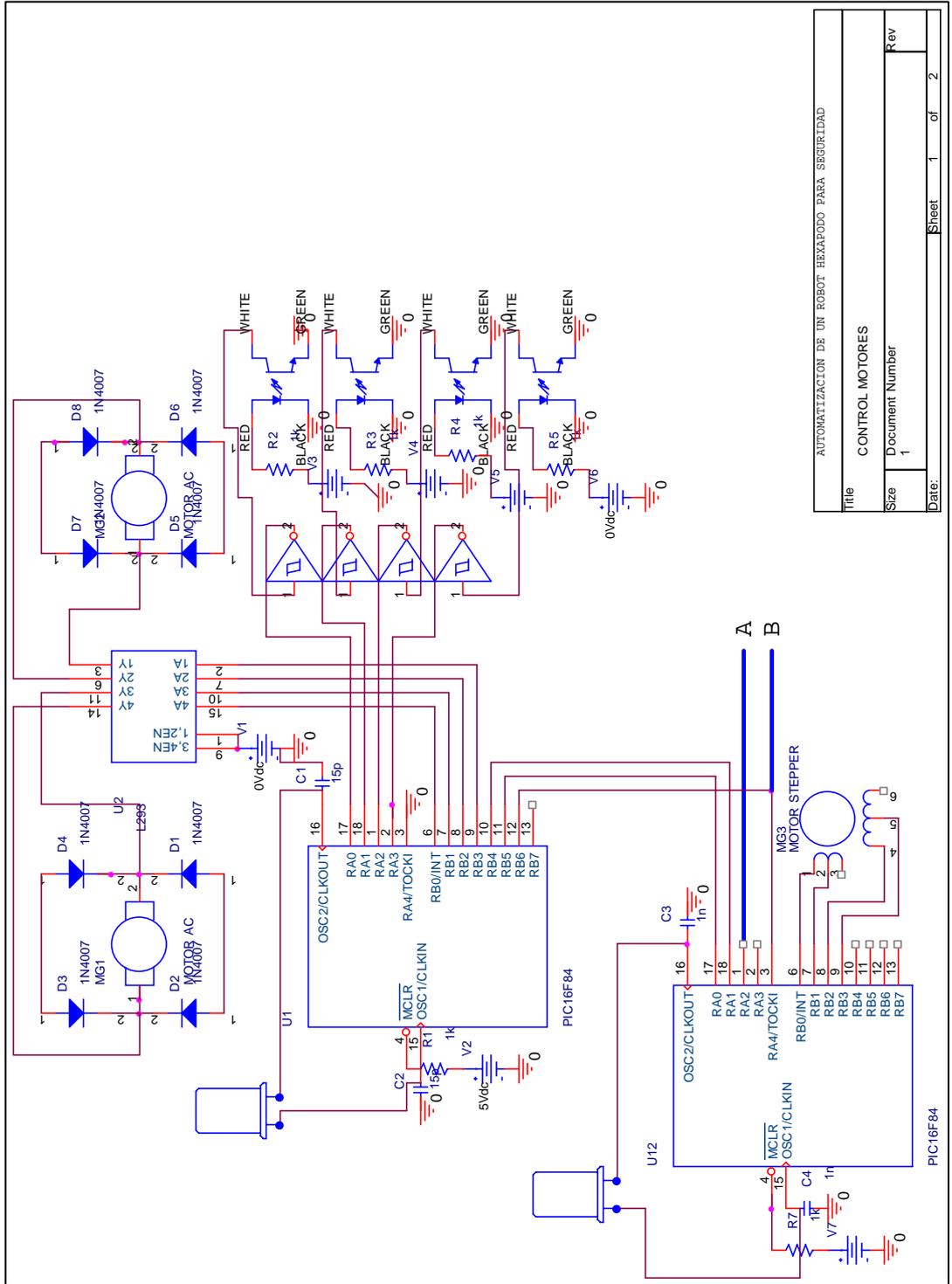
DS005649-16

BI-FET II™ is a trademark of National Semiconductor Corporation.

Top View
Order Number LF353M, LF353MX or LF353N
See NS Package Number M08A or N08E

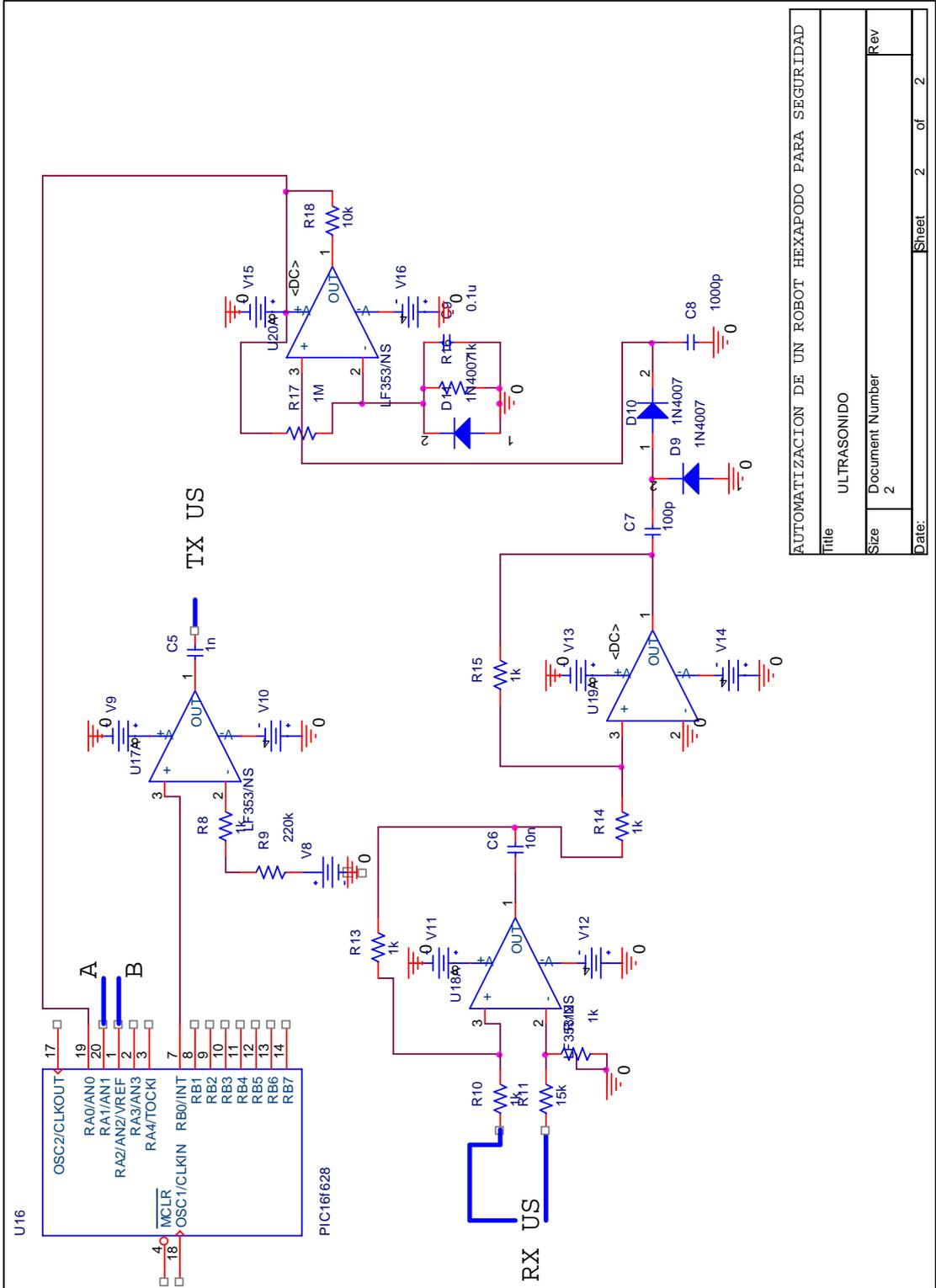
LF353 Wide Bandwidth Dual JFET Input Operational Amplifier

ANEXO Q



AUTOMATIZACION DE UN ROBOT HEXAPODO PARA SEGURIDAD	
Title	CONTROL MOTORES
Size	1
Document Number	Rev
Date:	Sheet 1 of 2

ANEXO R



AUTOMATIZACION DE UN ROBOT HEXAPODO PARA SEGURIDAD

Title		ULTRASONIDO	
Size	Document Number	Rev	
	2		
Date:	Sheet	2	of 2