



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN
TELECOMUNICACIONES Y REDES

CONTROL ELECTRÓNICO POR COMANDOS DE VOZ PARA UN
ROBOT ZOOMÓRFICO TIPO MASCOTA INTERACTIVA

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del título de
INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y COMPUTACIÓN

Presentado Por:

FÁTIMA JACKELINE LLANOS LLANOS

ÁNGEL VINICIO LLIGUIN SILVA

RIOBAMBA – ECUADOR

2010

A los Ingenieros

Paúl Romero

Franklin Moreno

Nuestro más sincero agradecimiento por su apoyo para la realización del presente trabajo, al mismo tiempo por incentivarnos en la realización de un proyecto de tesis como este, y a todas aquellas personas que hemos conocido a lo largo de nuestra vida estudiantil que de alguna manera hicieron posible la culminación de esta etapa de nuestras vidas.

El presente trabajo lo dedico con todo mi amor y cariño primeramente a Dios que me da la oportunidad de vivir y me ha brindado la fortaleza necesaria para seguir adelante, sin su bendición nada habría sido posible.

A mi madre y hermanos por su apoyo y confianza. Gracias por ayudarme a cumplir mis objetivos como persona y estudiante. A mi madre Mariana Llanos le dedico todo mi esfuerzo y trabajo puesto para la realización de la tesis por hacer de mí una mejor persona a través de sus consejos, enseñanzas y amor. A mis hermanos, quienes confiaron en mí brindándome su apoyo y guía por el camino correcto en busca de alcanzar mi meta y superarme a nivel profesional y personal. A todas las personas que directa o indirectamente han contribuido en mi desarrollo como profesional les doy mis sinceros agradecimientos.

FÁTIMA

El presente trabajo va dedicado primero a Dios, que permite que pueda seguir adelante con el mejor regalo que nos da, la vida, a mi madre Aída que durante su vida se sacrificó enteramente por brindar el mejor bienestar para todos sus hijos inculcando valores principales para hacerme un hombre de bien, donde quiera que estés te dedico este logro madrecita, a mis hermanos y padre quienes contribuyeron cada uno con un granito de arena para ver cumplido un sueño, sin el apoyo de mi familia habría sido imposible llegar a ser un profesional.

A todos y cada una de las personas que me brindaron su apoyo de cualquier forma va dedicado mis agradecimientos.

ÁNGEL

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Dr. Iván Menes

**DECANO FACULTAD DE
INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

Ing. José Guerra

**DIRECTOR DE ESCUELA
DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN
TELECOMUNICACIONES Y REDES**

Ing. Paúl Romero

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Franklin Moreno

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Tlgo. Carlos Rodríguez

DIR. DPTO. DOCUMENTACIÓN

NOTA DE LA TESIS

“Nosotros, Fátima Jackeline Llanos Llanos y Ángel Vinicio Lligüín Silva, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis; y, el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”

Fátima Jackeline Llanos Llanos

Ángel Vinicio Lligüín Silva

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

A	Amperio
AC	Corriente alterna
ALU	Unidad de Lógica y Aritmética
A/D	Convertor Analógico a Digital
CC	Corriente Continua.
CI	Circuito Integrado.
cm	Centímetros
CPU	Unidad Central de Proceso.
D/A	Convertor Digital a Analógico.
EPROM	Memoria sometidas a rayos ultravioletas, para ser borrada
EEPROM	Memoria reprogramada eléctricamente
<i>f</i>	Frecuencia
GND	Conexión a tierra
GPR	Registros de uso general
GUI	interface gráfico de usuario
Hz	Hertzios, unidad de medida de la frecuencia
ICSP	Depuración serie "In-Circuit"
I/O	Entrada / Salida.
IR	Infrarrojo
mA	Miliamperios
MHz	Megahercios

MOT	Motor
ms	Milisegundos
mov.	Movimiento
ns	Nanosegundos
ON	Encendido
OFF	Apagado
PaP	Motor paso a paso
PCB	PrintedCircuitBoard (Plaqueta de circuito impreso)
PI	Posición inicial
PIC	Microcontrolador o Controlador de Interfaz Periférico
POR	Reset de encendido
PSD	Sensor Detector de Posición
PZ	Piezas
PWM	Modulación por anchura de pulso
RUR	Robots Universales Rossum
μC	Microcontrolador
μs	Microsegundo
V	Voltios
V_{cc}	Alimentación +5volts
V_{pp}	Tensión de programación
RAH	Reconocimiento Automático del Habla
RISC	Computadora con Conjunto de Instrucciones Reducido
TTL	Transistor-Transistor Logic (lógica transistor a transistor)

ÍNDICE GENERAL

PORTADA

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL	22
1.1.INTRODUCCIÓN	22
1.2.OBJETIVOS.....	23
1.2.1.Objetivo General.....	23
1.2.2.Objetivos Específicos:	24
1.3.JUSTIFICACIÓN	24
1.4.ALCANCES	25

CAPÍTULO II

ROBÓTICA	26
2.1.INTRODUCCIÓN	26
2.2.Historia de la robótica	29
2.3.Definición	34
2.3.1.Robótica Física	34
2.3.1.1.Robótica Industrial.....	34
2.3.1.2.Robótica de Servicio	34
2.3.1.3.Robótica Inteligente	34

2.3.1.4.Robótica Humanoide	35
2.3.2.Robótica de Software	35
2.3.2.1.Robótica de Exploración	35
2.4.Robot.....	35
2.4.1.Según su cronología.....	36
2.4.1.1.1ª Generación	36
2.4.1.2.2ª Generación	36
2.4.1.3.3ª Generación	37
2.4.1.4.4ª Generación	37
2.4.2.Según su arquitectura.....	37
2.4.2.1.Poliarticulados	38
2.4.2.2.Móviles.....	39
2.4.2.3.Androides.....	39
2.4.2.4.Zoomórficos	40
2.4.2.5.Híbridos.....	44
2.5.Clasificación de robots con patas	45
2.5.1.Robot de una sola pata.....	46
2.5.2.Robots Bípedos	46
2.5.3.Robots de 4 patas	47
2.5.4.Robot Hexápodo	48
2.5.5.Robots con más de 6 patas.....	48
2.6.Estructura General de un Robot	49
2.6.1.Cerebro (circuito de control)	49
2.6.2.Esqueleto	50
2.6.3.Extremidades (medios de locomoción)	50
2.6.4.Los Sentidos	52

CAPÍTULO III

SENSORES.....	54
3.1.DEFINICIÓN	54
3.2.Características de un sensor	55
3.3.Tipos de sensores.....	57

3.4.Sensor SHARP GP2D12/GP2D15.....	58
3.4.1.GP2D12	59
3.4.2.Características.....	62
3.4.3.Valores máximos Absolutos.....	64
3.4.4.Condiciones de trabajo recomendadas	65
3.4.5.Características Electro-Ópticas	65
3.4.6.Aplicaciones	65
3.4.7.Consideraciones Prácticas	66

CAPÍTULO IV

MOTORES.....	67
4.1.DEFINICIÓN	67
4.2.Motor eléctrico	67
4.2.1.Principio de funcionamiento	68
4.2.2.Ventajas	69
4.3.Motor de corriente continua	69
4.3.1.Principio de funcionamiento	71
4.3.2.Motor paso a paso	72
4.3.3.Motor sin núcleo.....	73
4.3.4.Servomotor	73
4.3.4.1.Estructura interna.....	75
4.3.4.2.Terminales	75
4.3.4.3.Funcionamiento.....	76
4.3.4.4.Control	79
4.3.4.5.Circuito Driver del Servo.....	81
4.3.4.6. Modificaciones a los servos	81
4.4.Servomotor Hitec HSR-8498HB	82
4.4.1.Características técnicas:	82
4.4.2.Funcionamiento.....	83
4.5.Micro Servo TP SG90.....	84
4.5.1.Características.....	84
4.5.2.Especificaciones	85

CAPÍTULO V

MICROCONTROLADORES	86
5.1.DEFINICIÓN	86
5.2.Estructura y funcionamiento:	87
5.2.1.Arquitectura básica.....	88
5.2.2.El procesador	88
5.2.3.Memoria	89
5.2.4.Puertas de entrada y salida	91
5.2.5.Reloj principal	91
5.2.6.Recursos especiales	91
5.3.Herramientas para el desarrollo de aplicaciones	91
5.3.1.Desarrollo del software	92
5.3.1.1.Lenguaje Assambler	92
5.3.1.2.Lenguaje compilador	93
5.3.2.Depuración.....	94
5.4.Ventajas de usar un microcontrolador	94
5.5.El mercado de los microcontroladores.....	95
5.6.Microcontrolador PIC16F628A	96
5.6.1.Características Principales	97
5.7.Microcontrolador PIC16F877.....	99
5.7.1.Oscilador	100
5.7.2.Características.....	104
5.7.3.Periféricos	105
5.7.4.Diagrama de Bloques del PIC16F877	106
5.7.5.Descripción de la CPU	107
5.7.5.1.Ciclo de instrucción.....	108
5.7.5.2.Registros de la CPU	109

CAPÍTULO VI

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL ROBOT	111
6.1.Diseño de la Estructura Mecánica del Robot.....	111
6.1.1.Elaboración de Piezas	112

6.1.2. Número de Piezas y Formas	114
6.1.3. Número de Motores	116
6.1.4. Montaje de la Estructura	117
6.1.4.1. Montaje de las 4 extremidades	117
6.1.4.2. Montaje de la parte frontal del cuerpo	118
6.1.4.3. Montaje de la cabeza y cuello	119
6.1.4.4. Montaje de la parte posterior del cuerpo	120
6.1.4.5. Montaje de todas las partes del cuerpo	122
6.2. Movimientos de los Servomotores en el Robot	124
6.3. Diagrama de Posicionamiento de los Motores	127
6.4. Diseño del Sistema Electrónico del Robot	129
6.4.1. Diseño de la placa	129
6.4.1.1. Etapa de Procesamiento	130
6.4.1.2. Etapa de Control	131
6.4.1.3. Etapa de Alimentación	132
6.4.1.4. Elaboración de la Placa (PCB)	133

CAPÍTULO VII

PROCESAMIENTO DE VOZ	135
7.1. Reconocimiento del habla	135
7.2. Módulo de Reconocimiento de voz VRbot	136
7.2.1. Aplicaciones	136
7.2.2. Características	137
7.2.3. Presentación	137
7.2.4. Especificaciones técnicas	138
7.2.5. GUI: El Interface Gráfico de Usuario	139
7.2.6. Estableciendo la comunicación	140
7.2.7. Las voces SI predefinidas	142
7.2.8. Las voces SD definidas por el usuario	144
7.2.8.1. Edición de etiquetas y comandos	144
7.2.8.2. El ciclo de enseñanza	145

7.2.8.3.El reconocimiento	147
7.2.9.El Protocolo de Comunicación del Módulo VRbot	148
7.2.10.Los argumentos	151
7.2.11.Los comandos	151
7.2.12.Las respuestas.....	155
7.3.Función de los comandos usados en el VRbot para el Robot.....	157

CAPÍTULO VIII

ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	158
8.1.Procesamiento de voz.....	158
8.2.Motores utilizados	159
8.3.Sensor	160
8.4.Touch Switch.....	161
8.5.Alimentación.....	162
8.6.Entorno de Trabajo	163

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

RESUMEN

SUMARY

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II.1. Músico creado por Jacques de Vauncansos	28
Figura II.2. Robot industrial usado para empacar	37
Figura II.3. Mini-Andros II desarrollado por REMOTEC	38
Figura II.4. ISAMU, robot humanoide desarrollado en Tokio.....	38
Figura II.5. Robot Nadador.....	39
Figura II.6. Robot Volador	40
Figura II.7. Robot Spidernaut, de la NASA	41
Figura II.8. Robot Lamprea.....	41
Figura II.9. Robot Aibo de Sony.....	43
Figura II.10. Sistema Autónomo Robot Móvil + Brazo.....	44
Figura II.11. Clasificación de los Robots con patas	44
Figura II.12. Robot desarrollado en el Laboratorio Nacional Sandia.....	45
Figura II.13. Robots Bípedos	46
Figura II.14. Robots Cuadrúpedos.....	46
Figura II.15. Robot Hexápodo	47
Figura II.16. Robot Cien-pies.....	47
Figura III.17. Sensor Sharp	57
Figura III.18. Concepto de medida por triangulación	59
Figura III.19. Triangulación del GP1D12.....	60
Figura III.20. Cronograma del GP2D12 y GP2D15.....	61
Figura III.21. Dimensiones y encapsulado	62
Figura III.22. Diagrama de bloques interno del GP2D12	62
Figura III.23. Curvas características del GP2D12	63
Figura IV.24. Motor de corriente continua.....	69
Figura IV.25. Principio de funcionamiento de un Motor CC.....	70
Figura IV.26. Motor paso a paso (PaP)	71
Figura IV.27. Servomotor HITEC	72
Figura IV.28. Servomotor desmontado	73
Figura IV.29. Circuitería de un Servomotor	76
Figura IV.30. Movimiento de un servomotor	77

Figura IV.31. Diagrama eléctrico para el control de un servomotor	80
Figura IV.32. Servomotor Hitec HSR-8498HB	81
Figura IV.33. Movimientos del Servomotor Hitec HSR-8498HB.....	83
Figura IV.34. Micro Servo TP SG90	83
Figura V.35. Estructura general de un microcontrolador.....	86
Figura V.36. Arquitectura de Harvard.....	87
Figura V.37. Pines del PIC16F628A	96
Figura V.38. Configuration word.....	99
Figura V.39. Conexión de un cristal	100
Figura V.40. Conexión RC a un oscilador	101
Figura V.41. Conexión de una señal de reloj	102
Figura V.42. Pines del PIC 16F877A	105
Figura V.43. Diagrama de Bloques del PIC16F877	106
Figura V.44. Registro Program Counter	107
Figura V.45. Registro STATUS	108
Figura VI.46. Doblando las piezas	112
Figura VI.47. Piezas del robot	112
Figura VI.48. Piezas utilizadas para cada extremidad del robot.....	116
Figura VI.49. Montaje de las piezas PZ-08 a los motores MOT-01.....	116
Figura VI.50. Montaje de la pieza PZ-06 al servo MOT-01	116
Figura VI.51. Piezas utilizadas en la parte frontal del robot.....	117
Figura VI.52. Parte frontal del robot ya armada.....	117
Figura VI.53. Posición del micro servo en la cabeza del robot	118
Figura VI.54. Unión de la pieza PZ-06 al micro servo	118
Figura VI.55. Unión de la cabeza al servomotor del cuello	119
Figura VI.56. Elementos utilizados en la parte posterior del robot.....	119
Figura VI.57. Parte posterior terminada.....	120
Figura VI.58. Montaje de las extremidades al cuerpo del robot.....	121
Figura VI.59. Montaje de la cabeza al cuerpo del robot.....	121
Figura VI.60. Parte frontal y posterior del robot terminadas.....	122
Figura VI.61. Robot Armado	122
Figura VI.62. Movimiento de las extremidades.....	123
Figura VI.63. Movimiento del cuello.....	124

Figura VI.64. Movimiento de hombros y cadera	124
Figura VI.65. Movimiento del micro servo ubicado en la cabeza.....	125
Figura VI.66. Movimiento del micro servo ubicado en la cola	125
Figura VI.67. Diagrama de posición de los servomotores	126
Figura VI.68. Etapa de procesamiento.....	128
Figura VI.69. Circuito Touch Switch	129
Figura VI.70. Etapa de control	130
Figura VI.71. Alimentación del circuito principal.....	130
Figura VI.72. Alimentación de los servomotores.....	131
Figura VI.73. Circuito editado en el módulo Ares de Proteus	131
Figura VI.74. Placa terminada con sus componentes adaptados.....	132
Figura VII.75. Módulo VRbot.....	136
Figura VII.76. Dimensiones del módulo VRBOT	136
Figura VII.77. Esquema de interface de TTL a RS232 mediante el MAX232.....	138
Figura VII.78. Área de trabajo del VrBot.....	138
Figura VII.79. Voces SI predefinidas.....	141
Figura VII.80. Edición de comandos en el grupo 1	143
Figura VII.81. Tiempo de dictado de una palabra.....	144
Figura VII.82. Segundo dictado de una palabra.....	144
Figura VII.83. Reconocimiento de voz	146
Figura VII.84. Conexión entre el VRbot y un Host	147
Figura VIII.85. Módulo VRbot utilizado.....	156
Figura VIII.86. Grados de libertad del robot Molly	158
Figura VIII.87. Sensor Sharp ubicado en la boca del robot.....	159
Figura VIII.88. Batería de 6 V que alimenta los servomotores	161
Figura VIII.89. Robot Molly	162

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II.I. Avances de la robótica	31
Tabla III.II. Tipos de sensores	56
Tabla III.III. Sensores de la serie GP2DXX.....	57
Tabla III.IV. Valores máximos absolutos sensor Sharp	63
Tabla III.V. Condiciones de trabajo recomendadas	64
Tabla III.VI. Características Electro-Ópticas sensor SHARP.....	64
Tabla IV.VII. Colores de los terminales para algunas marcas comerciales.....	75
Tabla IV.VIII. Ejemplos de algunos valores usados en un servomotor	78
Tabla V.IX. Subfamilias de microcontroladores.....	98
Tabla V.X. Modos de operación del oscilador	99
Tabla V.XI. Rangos de frecuencia de un oscilador	100
Tabla V.XII. Periféricos de los PICs de Microchip.....	104
Tabla VI.XIII. Número de piezas utilizadas.....	113
Tabla VI.XIV. Motores utilizados.....	115
Tabla VII.XV. Disposición de las señales del módulo VRBOT	136
Tabla VII.XVI. Características eléctricas del módulo VRBOT.....	137
Tabla VII.XVII. Voces SI predefinidas en el módulo VRbot	140
Tabla VII.XVIII. Argumentos del móduloVRbot.....	149
Tabla VII.XIX. Comandos del módulo VRbot.....	150
Tabla VII.XX. Respuestas del módulo VRbot.....	153

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los robots son ampliamente utilizados, y realizan tareas de forma más exacta o más barata que los humanos. Alrededor de todo el mundo, los robots están en acción, desde pintando carros en las plantas de Automóviles Ford como caminando dentro de volcanes activos, o manejando trenes en París. Mientras se vuelven más resistentes, más ágiles, y más sofisticados, los robots de hoy en día hacen cosas que los seres humanos no pueden o simplemente no quieren realizar; por tal razón ante el notable avance tecnológico de la robótica a nivel mundial, surge la necesidad de crear un sistema que sea capaz de desenvolverse autónomamente y realizar las actividades básicas de una mascota doméstica, obedeciendo a órdenes emitidas por un administrador, todo esto enfocado al campo de la investigación, el entretenimiento y a futuro puede ser implementado para personas discapacitadas.

El diseño e implementación del sistema está enfocado en un robot zoomórfico de tipo cuadrúpedo, similar a un perro, el cual llamaremos Molly; posee una plataforma de aluminio dispuesta de articulaciones formadas por 15 servomotores, por consiguiente posee 15 grados de libertad; la aplicación utiliza el módulo procesador de voz denominado VRbot para receptar las órdenes emitidas por el administrador.

El sistema de control del robot está diseñado con dos microcontroladores, el PIC 16F628A el cual se encarga de recibir los datos del módulo procesador de voz, compara y procesa la información para luego enviarlos al PIC 16F877A el cual permite

determinar las acciones de los servomotores dispuestos como articulaciones; reacciona a estímulos como caricias a través de un switch que funciona como un sensor de toque denominado TouchSwitch y evita obstáculos mediante un sensor infrarrojo SHARPGP2D12 de distancia, los que están incorporados en el armazón del robot. El sistema está alimentado por dos baterías de CC de 9 V y 1 batería CC recargable de 6V.

El objetivo de construir este robot es combinar tecnologías robóticas dado que integra una computadora, sistemas sensoriales y motores de articulación para hacer posible que un conjunto de hardware y software, pueda tratarse como si fuera un compañero interactivo.

Para la realización de este proyecto se trabajó en varias etapas como:

- Estudio del comportamiento de un animal doméstico
- Estudio de la robótica zoomórfica
- Diseño de la estructura mecánica del robot
- Implementación de la estructura mecánica del robot
- Técnicas de reconocimiento de voz
- Implementación del sistema electrónico
- Realización del sistema sensorial
- Implementación de la interfaz hombre/robot

El robot desarrollado mide 23 cm de alto, 30 cm de largo y 15 cm de ancho, pesa 1.5kg incluidos todos sus elementos.

En la realización de este sistema se comprobó satisfactoriamente la hipótesis de que mediante la utilización de órdenes emitidas por comandos de voz se puede controlar un robot zoomórfico tipo mascota interactiva.

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1. INTRODUCCIÓN

La robótica es un concepto de dominio público. La mayor parte de la gente tiene una idea de lo que es la robótica, sabe sus aplicaciones y el potencial que tiene; sin embargo, no conocen el origen de la palabra robot, ni tienen idea del origen de las aplicaciones útiles de la robótica como ciencia.

La robótica como hoy en día la conocemos, tiene sus orígenes hace miles de años. Nos basaremos en hechos registrados a través de la historia, y comenzaremos aclarando que antiguamente los robots eran conocidos con el nombre de autómatas, y la robótica no era reconocida como ciencia, es más, la palabra robot surgió hace mucho después del origen de los autómatas.

Desde el principio de los tiempos, el hombre ha deseado crear vida artificial. Se ha empeñado en dar vida a seres artificiales que le acompañen en su morada, seres que realicen sus tareas repetitivas, tareas pesadas o difíciles de realizar por un ser humano. De esta manera nos damos cuenta de que la humanidad tiene la obsesión de crear vida artificial desde el principio de los tiempos. Muchos han sido los intentos por lograrlo.

Los hombres creaban autómatas como un pasatiempo, eran creados con el fin de entretener a su dueño. Los materiales que se utilizaban se encontraban al alcance de todo el mundo, esto es, utilizaban maderas resistentes, metales como el cobre y cualquier otro material moldeable, esto es, que no necesitara o requiriera de algún tipo de transformación para poder ser utilizado en la creación de los autómatas.

Estos primeros autómatas utilizaban, principalmente, la fuerza bruta para poder realizar sus movimientos. A las primeras máquinas herramientas que ayudaron al hombre a facilitarle su trabajo no se les daba el nombre de autómata, sino más bien se les reconocía como artefactos o simples máquinas.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Controlar electrónicamente por comandos de voz un robot zoomórfico tipo mascota interactiva.

1.2.2. Objetivos Específicos:

- Realizar una investigación acerca del comportamiento de un animal doméstico.
- Estudiar y analizar la robótica zoomórfica.
- Investigar las técnicas de reconocimiento de voz
- Diseñar e implementar la estructura mecánica del robot Zoomórfico que será de tipo cuadrúpedo.
- Diseñar e implementar el sistema electrónico que se encargue de controlar el robot de manera autónoma.
- Realizar el sistema sensorial en base a la información del medio en el cual se implementará.
- Implementar el interfaz hombre/robot mediante técnicas de reconocimiento de voz.

1.3. JUSTIFICACIÓN

En respuesta al requerimiento actual, se plantea el diseño y construcción de un robot zoomórfico dedicado a realizar las actividades básicas de una mascota normal.

El robot para desplazarse, dispondrá de una plataforma dispuesta de cuatro extremidades dotadas de sistemas complejos de control, será capaz de caminar, y realizar movimientos conocidos por una mascota respondiendo a ordenes audibles y sensoriales de su administrador, lo que quiere decir también reaccionará a estímulos como caricias, anormalidades y eventos inesperados que puedan ocurrir como evitar

obstáculos y caídas de imprevisto, la comunicación con el administrador serán tratadas por el dispositivo software y hardware de control.

El objetivo de construir este robot es combinar tecnologías robóticas dado que integra una computadora, sistemas sensoriales y motores de articulación para hacer posible que un conjunto de hardware y software, pueda tratarse como si fuera un compañero interactivo.

Este robot está orientado al entretenimiento de personas, debido a la interactividad que dispone.

1.4. ALCANCES

En esta investigación se ha logrado desarrollar un robot cuadrúpedo capaz de realizar movimientos básicos de una mascota doméstica como son: caminar, sentarse, responder a caricias y detectar obstáculos, los cuales los realiza de acuerdo a órdenes emitidas por un administrador a través de comandos de voz.

Este trabajo está orientado al entretenimiento del ser humano y pretende ser implementado en un futuro próximo para la utilización de personas discapacitadas además se tratará de introducirlo en el campo industrial, académico y en centros de investigación, público o privado.

CAPÍTULO II

ROBÓTICA

2.1. INTRODUCCIÓN

La robótica es la ciencia y la tecnología de los robots. Se ocupa del diseño, manufactura y aplicaciones de los robots. La robótica combina diversas disciplinas como son: la mecánica, la electrónica, la informática, la inteligencia artificial y la ingeniería de control. Otras áreas importantes en robótica son el álgebra, los autómatas programables y las máquinas de estados.

La robótica como hoy en día la conocemos, tiene sus orígenes hace miles de años. Nos basaremos en hechos registrados a través de la historia, y comenzaremos aclarando que antiguamente los robots eran conocidos con el nombre de autómatas, y la

robótica no era reconocida como ciencia, es más, la palabra robot surgió hace mucho después del origen de los autómatas¹.

Desde el principio de los tiempos, el hombre ha deseado crear vida artificial. Se ha empeñado en dar vida a seres artificiales que le acompañen en su morada, seres que realicen sus tareas repetitivas, tareas pesadas o difíciles de realizar por un ser humano. De acuerdo a algunos autores, como J. J. C. Smart y Jasia Reichardt, consideran que el primer autómata en toda la historia fue Adán creado por Dios. De acuerdo a esto, Adán y Eva son los primeros autómatas inteligentes creados, y Dios fue quien los programó y les dio sus primeras instrucciones que debieran seguir. Dentro de la mitología griega se puede encontrar varios relatos sobre la creación de vida artificial, por ejemplo, Prometeo creó el primer hombre y la primera mujer con barro y animados con el fuego de los cielos. De esta manera nos damos cuenta de que la humanidad tiene la obsesión de crear vida artificial desde el principio de los tiempos. Muchos han sido los intentos por lograrlo.

Si nos ponemos a pensar sobre robots y los tratamos de relacionar con algo, muchos concluimos que son el elemento principal de películas espaciales o de ficción. Pero si pensamos bien nos damos cuenta que ahora mismo, alrededor de todo el mundo, los robots están en acción. Desde pintando carros en las plantas de Automóviles Ford como caminando dentro de volcanes activos, o manejando trenes en París. Mientras se

¹<http://www.monografias.com/trabajos6/larobo/larobo.shtml>

vuelven más resistentes, más ágiles, y más sofisticados, los robots de hoy en día hacen cosas que los seres humanos no podemos o simplemente no queremos realizar.

El término robot se popularizó con el éxito de la obra *RUR (Robots Universales Rossum)*, escrita por Karel Capek en 1920. En la traducción al inglés de dicha obra, la palabra checa *robota*, que significa *trabajos forzados*, fue traducida al inglés como *robot*. Los robots parecen estar abaratándose y reduciendo su tamaño, una tendencia relacionada con la miniaturización de los componentes electrónicos que se utilizan para controlarlos. Además, muchos robots son diseñados en simuladores mucho antes de construirse y de que interactúen con ambientes físicos reales.

Recientemente, se ha logrado un gran avance en los robots dedicados a la medicina, con dos compañías en particular, *ComputerMotion* e *IntuitiveSurgical*, que han recibido la aprobación regulatoria en América del Norte, Europa y Asia para que sus robots sean utilizados en procedimientos de cirugía invasiva mínima. Desde la compra de ComputerMotion (creador del robot Zeus) por IntuitiveSurgical, se han desarrollado ya dos modelos de robot daVinci por esta última. En la actualidad, existen más de 800 robots quirúrgicos daVinci en el mundo, con aplicaciones en Urología, Ginecología, Cirugía general, Cirugía Pediátrica, Cirugía Torácica, Cirugía Cardíaca y ORL. También la automatización de laboratorios es un área en crecimiento. Aquí, los robots son utilizados para transportar muestras biológicas o químicas entre instrumentos tales como incubadoras, manejadores de líquidos y lectores. Otros lugares donde los robots están reemplazando a los humanos son la exploración del

fondo oceánico y exploración espacial. Para esas tareas se suele recurrir a robots de tipo artrópodo.

2.2. Historia de la robótica

Por siglos el ser humano ha construido máquinas que imiten las partes del cuerpo humano. Los antiguos egipcios unieron brazos mecánicos a las estatuas de sus dioses. Estos brazos fueron operados por sacerdotes, quienes clamaban que el movimiento de estos era inspiración de sus dioses. Los griegos construyeron estatuas que operaban con sistemas hidráulicas, los cuales se utilizaban para fascinar a los adoradores de los templos.

Durante los siglos XVII y XVIII en Europa fueron construidos muñecos mecánicos muy ingeniosos que tenían algunas características de robots².

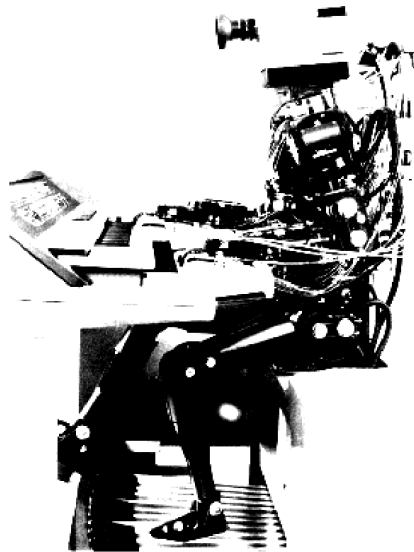


Figura II.1. Músico creado por Jacques de Vaucansos

²<http://www.monografias.com/trabajos6/larobo/larobo.shtml>

Jacques de Vaucansos construyó varios músicos de tamaño humano a mediados del siglo XVIII. Esencialmente se trataba de robots mecánicos diseñados para un propósito específico: la diversión.

En 1805, Henri Maillardert construyó una muñeca mecánica que era capaz de hacer dibujos. Una serie de levas se utilizaban como 'el programa' para el dispositivo en el proceso de escribir y dibujar. Estas creaciones mecánicas de forma humana deben considerarse como inversiones aisladas que reflejan el genio de hombres que se anticiparon a su época. Hubo otras invenciones mecánicas durante la revolución industrial, creadas por mentes de igual genio, muchas de las cuales estaban dirigidas al sector de la producción textil. Entre ellas se puede citar la hiladora giratoria de Hargreaves (1770), la hiladora mecánica de Crompton (1779), el telar mecánico de Cartwright (1785), el telar de Jacquard (1801), y otros.

El desarrollo en la tecnología, donde se incluyen las poderosas computadoras electrónicas, los actuadores de control retroalimentados, transmisión de potencia a través de engranes, y la tecnología en sensores han contribuido a flexibilizar los mecanismos autómatas para desempeñar tareas dentro de la industria. Son varios los factores que intervienen para que se desarrollaran los primeros robots en la década de los 50's. La investigación en inteligencia artificial desarrolló maneras de emular el procesamiento de información humana con computadoras electrónicas e inventó una variedad de mecanismos para probar sus teorías.

No obstante las limitaciones de las máquinas robóticas actuales, el concepto popular de un robot es que tiene una apariencia humana y que actúa como tal. Este concepto humanoide ha sido inspirado y estimulado por varias narraciones de ciencia ficción.

Una obra checoslovaca publicada en 1917 por Karel Kapek, denominada Rossum's Universal Robots, dio lugar al término robot. La palabra checa "Robota" significa servidumbre o trabajador forzado, y cuando se tradujo al inglés se convirtió en el término robot. Dicha narración se refiere a un brillante científico llamado Rossum y su hijo, quienes desarrollan una sustancia química que es similar al protoplasma. Utilizan ésta sustancia para fabricar robots, y sus planes consisten en que los robots sirvan a la clase humana de forma obediente para realizar todos los trabajos físicos. Rossum sigue realizando mejoras en el diseño de los robots, elimina órganos y otros elementos innecesarios, y finalmente desarrolla un ser "perfecto".

El argumento experimenta un giro desagradable cuando los robots perfectos comienzan a no cumplir con su papel de servidores y se rebelan contra sus dueños, destruyendo toda la vida humana.

Entre los escritores de ciencia ficción, Isaac Asimov contribuyó con varias narraciones relativas a robots, comenzó en 1939, a él se atribuye el acuñamiento del término Robótica. La imagen de robot que aparece en su obra es el de una máquina bien diseñada y con una seguridad garantizada que actúa de acuerdo con tres principios.

Estos principios fueron denominados por Asimov las Tres Leyes de la Robótica, y son:

1. Un robot no puede actuar contra un ser humano o, mediante la inacción, que un ser humano sufra daños.
2. Un robot debe de obedecer las órdenes dadas por los seres humanos, salvo que estén en conflictos con la primera ley.
3. Un robot debe proteger su propia existencia, a no ser que esté en conflicto con las dos primeras leyes.

Consecuentemente todos los robots de Asimov son fieles sirvientes del ser humano, de ésta forma su actitud contraviene a la de Kapek.

Como se puede ver la historia de la robótica ha estado unida a la construcción de "artefactos", que trataban de materializar el deseo humano de crear seres a su semejanza y que lo descargasen del trabajo. El ingeniero español Leonardo Torres Quevedo (que construyó el primer mando a distancia para su automóvil mediante telegrafía sin hilo, el ajedrecista automático, el primer transbordador aéreo y otros muchos ingenios) acuñó el término "**automática**" en relación con la teoría de la automatización de tareas tradicionalmente asociadas a los humanos.

A continuación se presenta un cronograma de los avances de la robótica desde sus inicios:

Tabla II.I. Avances de la robótica³

Fecha	Importancia	Nombre del robot	Inventor
Siglo I a. C. y antes	Descripciones de más de 100 máquinas y autómatas, incluyendo un artefacto con fuego, un órgano de viento, una máquina operada mediante una moneda, una máquina de vapor, en Neumática y Autómata de Herón de Alexandria	Autónoma	Ctesibius de Alexandria, Filón de Bizancio, Herón de Alexandria, y otros
1206	Primer robot humanoide programable	Barco con cuatro músicos robotizados	Al-Jazari
c. 1495	Diseño de un robot humanoide	Caballero mecánico	Leonardo da Vinci
1738	Pato mecánico capaz de comer, agitar sus alas y excretar.	Digesting Duck	Jacques de Vaucanson
1800s	Juguetes mecánicos japoneses que sirven té, disparan flechas y pintan.	Juguetes Karakuri	Hisashige Tanaka
1921	Aparece el primer autómata de ficción llamado "robot", aparece en R.U.R.	Rossum's Universal Robots	Karel Čapek
1930s	Se exhibe un robot humanoide en la World's Fairs entre los años 1939 y 1940	Elektro	Westinghouse Electric Corporation
1948	Exhibición de un robot con comportamiento biológico simple	Elsie y Elmer	William Grey Walter
1956	Primer robot comercial, de la compañía Unimation fundada por George Devol y Joseph Engelberger, basada en una patente de Devol	Unimate	George Devol
1961	Se instala el primer robot industrial	Unimate	George Devol
1963	Primer robot "palletizing"	Palletizer	Fuji Yusoki Kogyo
1973	Primer robot con seis ejes electromecánicos	Famulus	KUKA Robot Group
1975	Brazo manipulador programable universal, un producto de Unimation	PUMA	Víctor Scheinman
2000	Robot Humanoide capaz de desplazarse de forma bípeda e interactuar con las personas	ASIMO	Honda Motor Co. Ltd

³<http://es.wikipedia.org/wiki/Rob%C3%B3tica>

2.3. Definición

La robótica es la ciencia encaminada a diseñar y construir aparatos y sistemas capaces de realizar tareas propias de un ser humano.

Con esta definición tan general, la palabra 'robótica' cubre muchos conceptos diferentes, pero todos giran en torno a la misma idea:

2.3.1. Robótica Física

2.3.1.1. Robótica Industrial

Es la parte de la Ingeniería que se dedica a la construcción de máquinas capaces de realizar tareas mecánicas y repetitivas de una manera muy eficiente y con costes reducidos.

2.3.1.2. Robótica de Servicio

Es la parte de la Ingeniería que se centra en el diseño y construcción de máquinas capaces de proporcionar servicios directamente a los miembros que forman sociedad.

2.3.1.3. Robótica Inteligente

Son robots capaces de desarrollar tareas que, desarrolladas en un ser humano, requieren el uso de su capacidad de razonamiento.

2.3.1.4. Robótica Humanoide

Es la parte de la ingeniería que se dedica al desarrollo de sistemas robotizados para imitar determinadas peculiaridades del ser humano.

2.3.2. Robótica de Software

2.3.2.1. Robótica de Exploración

Es la parte de la Ingeniería del Software que se encarga de desarrollar programas capaces de explorar documentos en busca de determinados contenidos. Existen diversos servicios en Internet dedicados a esta parcela de la robótica.

2.4. Robot

Un robot es una entidad virtual o mecánica artificial. En la práctica, esto es por lo general un sistema electromecánico que, por su apariencia o sus movimientos, ofrece la sensación de tener un propósito propio. La palabra robot puede referirse tanto a mecanismos físicos como a sistemas virtuales de software, aunque suele aludirse a los segundos con el término de bots⁴.

No hay un consenso sobre qué máquinas pueden ser consideradas robots, pero sí existe un acuerdo general entre los expertos y el público sobre que los robots tienden a hacer parte o todo lo que sigue: moverse, hacer funcionar un brazo mecánico, sentir

⁴http://es.wikipedia.org/wiki/Robot#cite_note-0

y manipular su entorno y mostrar un comportamiento inteligente, especialmente si éste comportamiento imita al de los humanos o a otros animales.

Por lo general, la gente reacciona de forma positiva ante los robots con los que se encuentra. Los robots domésticos para la limpieza y mantenimiento del hogar son cada vez más comunes en los hogares. No obstante, existe una cierta ansiedad sobre el impacto económico de la automatización y la amenaza del armamento robótico, una ansiedad que se ve reflejada en el retrato a menudo perverso y malvado de robots presentes en obras de la cultura popular. Comparados con sus colegas de ficción, los robots reales siguen siendo limitados.

Los robots se clasifican de la siguiente manera:

2.4.1. Según su cronología

La que a continuación se presenta es la clasificación más común:

2.4.1.1. 1ª Generación

Manipuladores: Son sistemas mecánicos multifuncionales con un sencillo sistema de control, bien manual, de secuencia fija o de secuencia variable.

2.4.1.2. 2ª Generación

Robots de aprendizaje: Repiten una secuencia de movimientos que ha sido ejecutada previamente por un operador humano. El modo de hacerlo es a través de un

dispositivo mecánico. El operador realiza los movimientos requeridos mientras el robot le sigue y los memoriza.

2.4.1.3. 3ª Generación

Robots con control sensorizado: El controlador es una computadora que ejecuta las órdenes de un programa y las envía al manipulador para que realice los movimientos necesarios.

2.4.1.4. 4ª Generación

Robots inteligentes: Son similares a los anteriores, pero además poseen sensores que envían información a la computadora de control sobre el estado del proceso. Esto permite una toma inteligente de decisiones y el control del proceso en tiempo real.

2.4.2. Según su arquitectura

La arquitectura, es definida por el tipo de configuración general del Robot, puede ser metamórfica. El concepto de metamorfismo, de reciente aparición, se ha introducido para incrementar la flexibilidad funcional de un Robot a través del cambio de su configuración por el propio Robot. El metamorfismo admite diversos niveles, desde los más elementales (cambio de herramienta o de efecto terminal), hasta los más complejos como el cambio o alteración de algunos de sus elementos o subsistemas estructurales. Los dispositivos y mecanismos que pueden agruparse bajo la denominación genérica del Robot, tal como se ha indicado, son muy diversos y es por tanto difícil establecer una clasificación coherente de los mismos que resista un

análisis crítico y riguroso. La subdivisión de los Robots, con base en su arquitectura, se hace en los siguientes grupos: Poliarticulados, Móviles, Androides, Zoomórficos e Híbridos.

2.4.2.1. Poliarticulados

En este grupo están los Robots de muy diversa forma y configuración cuya característica común es la de ser básicamente sedentarios (aunque excepcionalmente pueden ser guiados para efectuar desplazamientos limitados) y estar estructurados para mover sus elementos terminales en un determinado espacio de trabajo según uno o más sistemas de coordenadas y con un número limitado de grados de libertad. En este grupo se encuentran los manipuladores, los Robots industriales, los Robots cartesianos y se emplean cuando es preciso abarcar una zona de trabajo relativamente amplia o alargada, actuar sobre objetos con un plano de simetría vertical o reducir el espacio ocupado en el suelo. Ejemplos de robots incluidos en este grupo son los manipuladores, los robots cartesianos y algunos robots industriales.



Figura II.2. Robot industrial usado para empaçar

2.4.2.2. Móviles

Son Robots con grandes capacidad de desplazamiento, basados en carros o plataformas y dotados de un sistema locomotor de tipo rodante. Siguen su camino por telemando o guiándose por la información recibida de su entorno a través de sus sensores. Estos Robots aseguran el transporte de piezas de un punto a otro de una cadena de fabricación. Guiados mediante pistas materializadas a través de la radiación electromagnética de circuitos empotrados en el suelo, o a través de bandas detectadas fotoeléctricamente, pueden incluso llegar a sortear obstáculos y están dotados de un nivel relativamente elevado de inteligencia.



Figura II.3. Mini-Andros II desarrollado por REMOTEC, parte de NorthropGrummanCorporation.

2.4.2.3. Androides

Son Robots que intentan reproducir total o parcialmente la forma y el comportamiento cinemática del ser humano. Actualmente los androides son todavía dispositivos muy poco evolucionados y sin utilidad práctica, y destinados, fundamentalmente, al estudio y experimentación. Uno de los aspectos más complejos de estos Robots, y sobre el que se centra la mayoría de los trabajos, es el de la locomoción bípeda. En este caso, el

principal problema es controlar dinámica y coordinadamente en el tiempo real el proceso y mantener simultáneamente el equilibrio del Robot.



Figura II.4. ISAMU, robot humanoide desarrollado en Tokio.

2.4.2.4. Zoomórficos

Los Robots zoomórficos, que considerados en sentido no restrictivo podrían incluir también a los androides, constituyen una clase caracterizada principalmente por sus sistemas de locomoción que imitan a los diversos seres vivos.

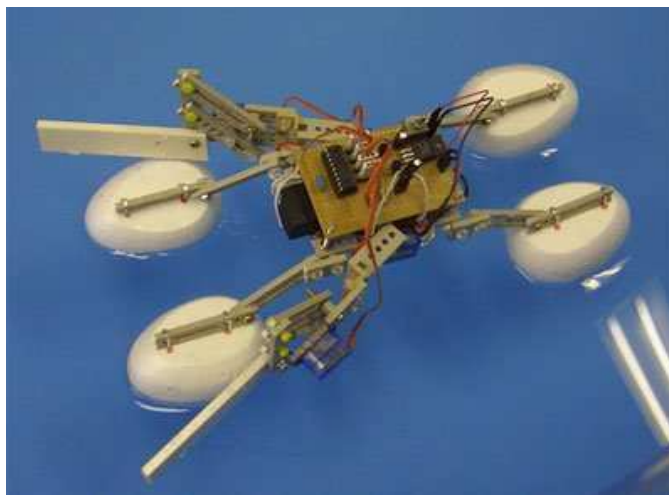


Figura II.5. Robot Nadador

En el robot que observamos en la figura II.5. el cual está suspendido en el agua, utiliza 4 de sus extremidades para mantenerse flotando, y dos para transportarse; en este zoorobot podemos ver cierta similitud con un insecto pero realmente la forma no es tan detallada como lo podemos encontrar en la figura II.6., la cual asemeja a una mosca casi en su perfección, entonces encontramos que no siempre un zoo robot tiene una forma exacta a la de un animal, basta con que su desplazamiento sea similar a como se desplaza un animal para considerarlo un zoo robot.



Figura II.6. Robot Volador

A pesar de la disparidad morfológica de sus posibles sistemas de locomoción es conveniente agrupar a los Robots zoomórficos en dos categorías principales: caminadores y no caminadores:

- **CAMINADORES**

Los Robots zoomórficos caminadores múltipedos son muy numerosos y están siendo experimentados en diversos laboratorios con vistas al desarrollo posterior de verdaderos vehículos terrenos, piloteando o autónomos, capaces de evolucionar en superficies muy accidentadas. Las aplicaciones de estos Robots serán interesantes en el campo de la exploración espacial y en el estudio de los volcanes.

En la figura II.7., encontramos el robot Spidernaut, de la NASA, que no es más que un robot arácnido (con forma de araña) diseñado para reparar naves espaciales. Actualmente este zoo robot es solo $\frac{1}{4}$ de lo que será su tamaño final, en donde se estima que su peso superará los 270 Kilogramos. Y en el momento de reparar una nave, por su diseño en el cual puede repartir su peso en 8 patas, generara menos daño a la superficie de las naves que el que pueda generar una persona.



Figura II.7. Robot Spidernaut, de la NASA⁵

- **NO CAMINADORES**

⁵<http://www.engadget.com/2006/02/16/nasas-spidernautrobot-arachnid/>

El grupo de los Robots zoomórficos no caminadores está muy poco evolucionado. Los experimentados efectuados en Japón basados en segmentos cilíndricos biseladosacoplados axialmente entre sí y dotados de un movimiento relativo de rotación. Como ejemplo de estos podríamos tomar peces, y algunos insectos.

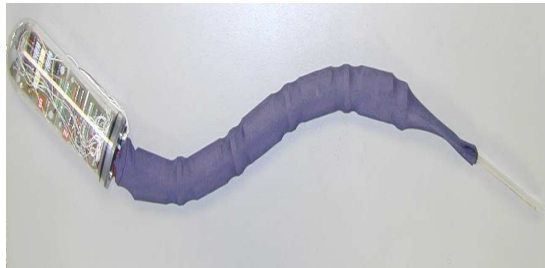


Figura II.8. Robot Lamprea⁶

En la figura II.8., vemos un ejemplo de un zoo robot no caminador. Este robot simula una Lamprea (“Las lampreas son peces primitivos, agnatos (sin mandíbula), semejantes externamente a la anguila, aunque muy lejanamente emparentados con ella, y con cuerpo gelatinoso y muy resbaladizo, sin escamas y con forma cilíndrica”)⁷.

MASCOTAS ROBOT

Las mascotas robots se están convirtiendo en una compañía para las personas y un negocio grande para sus fabricantes. En la actualidad AIBO, es un robot mascota fabricado por SONY, y para hacer su funcionamiento tal como el de una mascota dispone de sensores que le evitan golpearse contra objetos, y una cola que funciona de antena y además de sentido del tacto.

⁶http://www.onr.navy.mil/media/images/gallery/lowres/robots/robo_lamprey.jpg

⁷<http://es.wikipedia.org/wiki/Lamprea>

“AIBO no es el resultado de una investigación exhaustiva, refleja la fascinación humana para crear vida”⁸; es una combinación de varias tecnologías tales entre las que encontramos la robótica, la inteligencia artificial y la multimedia; AIBO le ha significado a la firma japonesa el ubicar a 692 mil perros robots en diferentes hogares desde 1999⁹.



Figura II.9. Robot Aibo de Sony¹⁰.

2.4.2.5. Híbridos

Estos Robots corresponden a aquellos de difícil clasificación cuya estructura se sitúa en combinación con alguna de las anteriores ya expuestas, bien sea por conjunción o por yuxtaposición. Por ejemplo, un dispositivo segmentado articulado y con ruedas, es al mismo tiempo uno de los atributos de los Robots móviles y de los Robots zoomórficos. De igual forma pueden considerarse híbridos algunos Robots formados por la yuxtaposición de un cuerpo formado por un carro móvil y de un brazo semejante al de los Robots industriales. En parecida situación se encuentran algunos Robots

⁸<http://es.wikipedia.org/wiki/Aibo>

⁹<http://www.alambre.info/2004/10/25/en-2007-aumentaranumero-de-robots/>

¹⁰http://www.es.catholic.net/catholic_db/imagenes_db/publicaciones/perro-robot-1_thu.gif

antropomorfos y que no pueden clasificarse ni como móviles ni como androides, tal es el caso de los Robots personales. Las características con las que se clasifican principalmente: Propósito o función, Sistema de coordenadas empleado, Número de grados de libertad del efecto formal y Generación del sistema control.



Figura II.10. Sistema Autónomo Robot Móvil + Brazo Robótico desarrollado por el Grupo GIII en Argentina.

2.5. Clasificación de robots con patas

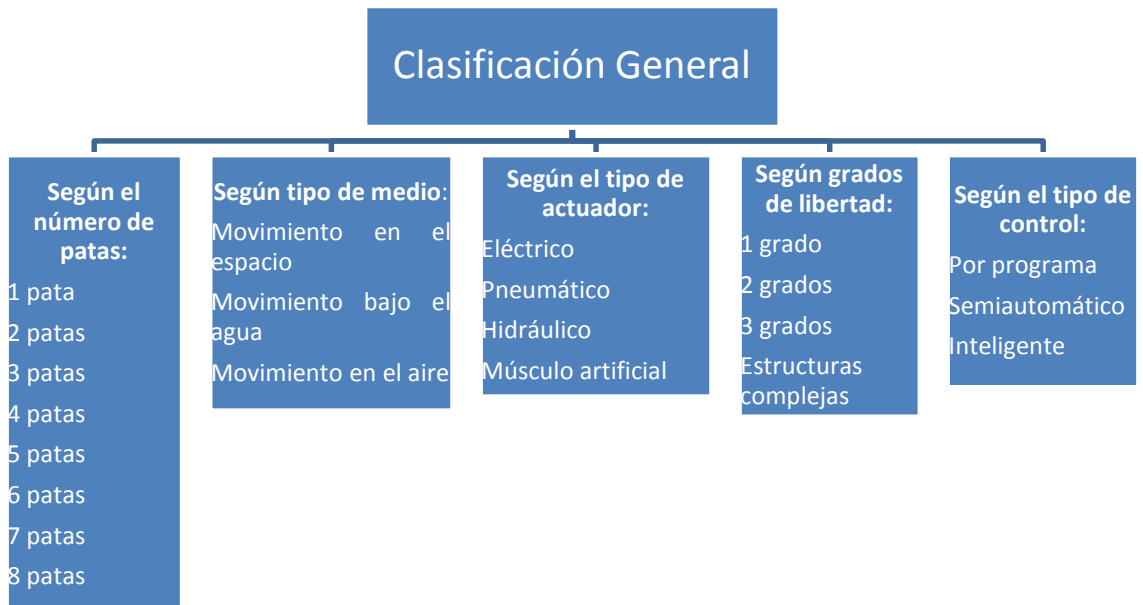


Figura II.11. Clasificación de los Robots con patas

A continuación se muestra unos ejemplos de cada uno de los robots creados hasta la actualidad:

2.5.1. Robot de una sola pata

Este robot desarrollado en el Laboratorio Nacional Sandia (EEUU) da saltos de hasta 7 metros de altura. El dispositivo va equipado de un compás interno que le permite orientarse correctamente y un pistón accionado por un pequeño motor, se encarga de empujar firmemente contra el suelo, consiguiendo un gran impulso.

Según sus diseñadores, puede elevarse hasta 4000 veces y recorrer hasta 7km antes de acabarse su combustible, puede ser equipado con micro cámaras y ser lanzado a terrenos difíciles de explorar.



Figura II.12. Robot desarrollado en el Laboratorio Nacional Sandia

2.5.2. Robots Bípedos

Son capaces de caminar como los humanos. Los robots de la serie BIPER, diseñados en la Universidad de Tokyo, pueden caminar lateralmente, avanzar y retroceder, simulando más o menos aproximadamente el modo de andar humanos. Actualmente se están desarrollando androides.

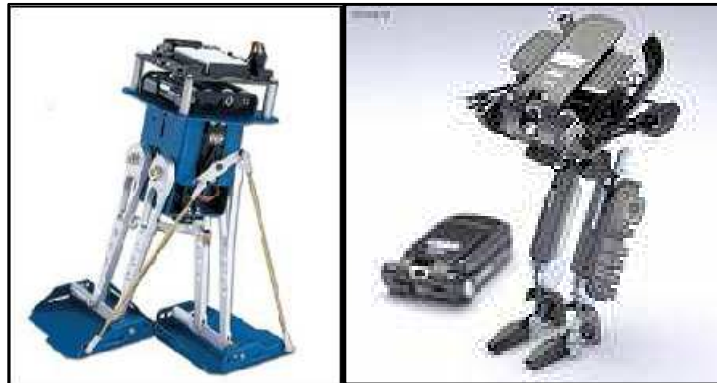


Figura II.13. Robots Bípedos

2.5.3. Robots de 4 patas

Estos robots tienen un número de 4 extremidades inferiores las cuales les permiten desplazarse. En el Instituto Tecnológico de Tokyo fue construido un vehículo de cuatro patas dotado de sensores táctiles y detector de posturas. Cada pata tiene 3 grados de libertad. El control se realiza desde un microordenador que asegura la existencia de un triángulo de apoyo sobre 3 de las patas continuamente para no perder el equilibrio.



Figura II.14. Robots Cuadrúpedos

2.5.4. Robot Hexápodo

El robot hexápodo consta de seis patas dispuestas paralelamente en una estructura o chasis, las cuales se mueven dos a dos, gobernadas por un micro controlador. Estos robots pueden ser más o menos complejos dependiendo de los grados de movilidad de sus patas y de los obstáculos que se quieran sortear, teniendo así que dotar al robot de sensores y crear una aplicación software complejo. Hay muchos modelos diferentes, diferenciándose sobre todo en el tipo de patas empleadas.

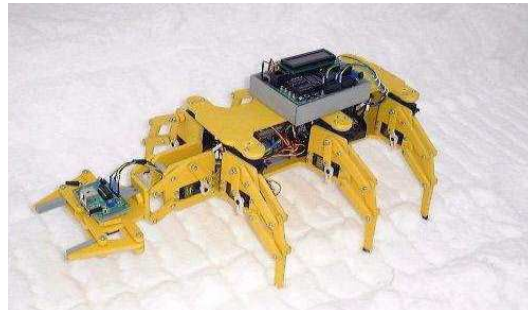


Figura II.15. Robot Hexápodo

2.5.5. Robots con más de 6 patas

Se puede mencionar el robot cien-pies, se construyó con microcontroladores Basic Stamps, es un ejemplo de aplicación de estos microcontroladores donde se consigue una perfecta coordinación entre la comunicación de los micros y el movimiento de las patas.



Figura II.16. Robot Cien-pies

2.6. Estructura General de un Robot

La 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.

Un Robot guarda bastante analogía con seres vivos por lo tanto se compone de cuatro partes principales:

2.6.1. Cerebro (circuito 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.

Actualmente los modernos microprocesadores y microcontroladores, así como otros circuitos específicos para el manejo de motores y relés, los conversores A/D y D/A, reguladores de voltaje, simuladores de voz, etc. permiten diseñar y construir tarjetas de control para robots muy eficientes y de costo no muy elevado.

El bajo costo actual de una computadora personal permite utilizarla para controlar robots de cualquier tipo utilizando las grandes ventajas que supone dicho dispositivo.

Las tarjetas electrónicas implementan el sistema que gobierna periféricos a controlar, como son los motores y los sensores. En dichas tarjetas se ubican uno o más microcontroladores y en sus memorias los programas que ejecutan, y que se encargan de procesar la información del mundo exterior proporcionada por los sensores para regulación de los motores.

2.6.2. Esqueleto

Esta parte constituye el armazón que soporta a todos los componentes del robot. Características tales como el peso, el volumen y la flexibilidad para adaptar nuevos elementos o modificar los existentes, serán las determinantes en la elección del tipo de esqueleto a utilizar. Así un armazón metálico es más pesado que uno de plástico, lo que redundara en la potencia de los motores y las baterías, pero dotará de una mayor solidez al conjunto. Las formas de las estructuras son de lo más variadas, tanto hasta donde la imaginación y la aplicación que se le va a dar al robot lo permitan.

Así como en la naturaleza, los robots pueden ser del tipo "endoesqueleto", donde la estructura es interna y los demás componentes externos, o "exoesqueleto", donde la estructura está por fuera y cubre los demás elementos.

2.6.3. Extremidades (medios de locomoción)

Las fuentes de movimiento son las que le otorgan movimiento al robot. Una de las más utilizadas es el motor eléctrico. En robótica se utilizan motores de CC (corriente continua), servomotores y motores paso a paso. Una fuente de movimiento nueva que

apareció recientemente en el mercado son los músculos eléctricos, basados en un metal especial llamado Nitinol.

Cuando las fuentes de movimiento no manejan directamente los medios de locomoción del robot, se precisa una interface o medio de transmisión de movimiento entre estos dos sistemas, que se utiliza para aumentar la fuerza o para cambiar la naturaleza del movimiento, por ejemplo para convertir un movimiento circular en lineal, o para reducir la velocidad de giro.

Se suelen emplear conjuntos de engranajes para tal fin, aunque también se usan ruedas de fricción o poleas y correas.

Los medios de locomoción son sistemas que permiten al robot desplazarse de un sitio a otro si éste debe hacerlo. El más utilizado y simple es el de las ruedas y le siguen en importancia las piernas y las orugas.

Algunos robots deben sostener o manipular algunos objetos y para ello emplean dispositivos denominados de manera general medios de agarre.

El más común es la mano mecánica, llamada en inglés "gripper" y derivada de la mano humana.

La fuente de alimentación de los robots depende de la aplicación que se les dé a los mismos, así si el robot se tiene que desplazar autónomamente, se alimentará seguramente con baterías eléctricas recargables, mientras que si no requiere desplazarse o sólo lo debe hacer mínimamente, se puede alimentar mediante corriente alterna a través de un convertidor.

En los robots de juguete o didácticos se pueden emplear baterías comunes o pilas, y en los de muy bajo consumo celdas solares.

2.6.4. Los Sentidos

Colocados estratégicamente sobre la estructura del robot se dispone de numerosos sensores que facilitarán al cerebro la información necesaria sobre las condiciones del entorno, Desde los sensores más sencillos como de rayos infrarrojos hasta los más potentes y sofisticados como los radares, sistema de visión y reconocedores y sintetizadores de sonido, se pueden utilizar en estas máquinas, para poder resolver en forma óptima los objetivos de una aplicación.

La tarea que debe desempeñar el robot se desarrolla en un entorno en el que algunas características físicas van a determinar el comportamiento del mismo. Para determinar y medir dichas características se precisa de sensores adecuados, que transmitirán su información al microcontrolador, el cual la procesara y determinará las acciones a realizar. Dichas acciones consisten en el control de una serie de dispositivos actuadores que determinaran el trabajo del robot.

Existen multitud de sensores y de actuadores, y el diseñador deberá elegir en cada caso aquellos que mejor satisfagan el objetivo final, al desarrollar una aplicación.

Los sensores le permiten al robot manejarse con cierta inteligencia al interactuar con el medio. Son componentes que detectan o perciben ciertos fenómenos o situaciones. Estos sensores pretenden en cierta forma imitar los sentidos que tienen los seres vivos¹¹.

¹¹<http://www.dei.uc.edu.py/tai2002/IA/arquitectura.htm>

CAPÍTULO III

SENSORES

3.1. DEFINICIÓN

Un sensor es un dispositivo capaz de medir magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, pH, etc.

Una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica (como en una RTD), una capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad), una Tensión eléctrica (como en un termopar), una corriente eléctrica (como en un fototransistor), etc.

Un sensor se diferencia de un transductor en que el sensor está siempre en contacto con la variable de instrumentación con lo que puede decirse también que es un

dispositivo que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que la pueda interpretar otro dispositivo. Como por ejemplo el termómetro de mercurio que aprovecha la propiedad que posee el mercurio de dilatarse o contraerse por la acción de la temperatura. Un sensor también puede decirse que es un dispositivo que convierte una forma de energía en otra. Áreas de aplicación de los sensores: Industria automotriz, Industria aeroespacial, Medicina, Industria de manufactura, Robótica, etc.

Los sensores pueden estar conectados a un computador para obtener ventajas como son el acceso a una base de datos, la toma de valores desde el sensor, etc¹².

3.2. Características de un sensor

Entre las características técnicas de un sensor destacan las siguientes:

- Rango de medida: dominio en la magnitud medida en el que puede aplicarse el sensor.
- Precisión: es el error de medida máximo esperado.
- Offset o desviación de cero: valor de la variable de salida cuando la variable de entrada es nula. Si el rango de medida no llega a valores nulos de la variable de entrada, habitualmente se establece otro punto de referencia para definir el offset.
- Linealidad o correlación lineal.

¹²<http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor>

- Sensibilidad de un sensor: relación entre la variación de la magnitud de salida y la variación de la magnitud de entrada.
- Resolución: mínima variación de la magnitud de entrada que puede apreciarse a la salida.
- Rapidez de respuesta: puede ser un tiempo fijo o depender de cuánto varíe la magnitud a medir. Depende de la capacidad del sistema para seguir las variaciones de la magnitud de entrada.
- Derivas: son otras magnitudes, aparte de la medida como magnitud de entrada, que influyen en la variable de salida. Por ejemplo, pueden ser condiciones ambientales, como la humedad, la temperatura u otras como el envejecimiento (oxidación, desgaste, etc.) del sensor.
- Repetitividad: error esperado al repetir varias veces la misma medida.

Un sensor es un tipo de transductor que transforma la magnitud que se quiere medir o controlar, en otra, que facilita su medida. Pueden ser de indicación directa (ej. un termómetro de mercurio) o pueden estar conectados a un indicador (posiblemente a través de un convertidor analógico a digital, un computador y un display) de modo que los valores detectados puedan ser leídos por un humano.

Por lo general, la señal de salida de estos sensores no es apta para su lectura directa y a veces tampoco para su procesado, por lo que se usa un circuito de acondicionamiento, como por ejemplo un puente de Wheatstone, amplificadores y

filtros electrónicos que adaptan la señal a los niveles apropiados para el resto de la circuitería.

3.3. Tipos de sensores

En la siguiente tabla se indican algunos tipos y ejemplos de sensores electrónicos:

Tabla III.II. Tipos de sensores¹³

Magnitud	Transductor	Característica
Posición lineal o angular	Potenciómetro	Analógica
	Encoder	Digital
Desplazamiento y deformación	Transformador diferencial de variación lineal	Analógica
	Galga extensiométrica	Analógica
	Magnetoestrictivos	A/D
	Magnetorresistivos	Analógica
	LVDT	Analógica
Velocidad lineal y angular	Dinamo tacométrica	Analógica
	Encoder	Digital
	Detector inductivo	Digital
	Servo-inclinómetros	A/D
	RVDT	Analógica
	Giróscopo	
Aceleración	Acelerómetro	Analógico
	Servo-accelerómetros	
Fuerza y par (deformación)	Galga extensiométrica	Analógico
	Triaxiales	A/D
Presión	Membranas	Analógica
	Piezoeléctricos	Analógica
	Manómetros Digitales	Digital
Caudal	Turbina	Analógica
	Magnético	Analógica
Temperatura	Termopar	Analógica
	RTD	Analógica
	Termistor NTC	Analógica
	Termistor PTC	Analógica
	Bimetal	I/O

¹³<http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor>

Magnitud	Transductor	Característica
Sensores de presencia	Inductivos	I/O
	Capacitivos	I/O
	Ópticos	I/O y Analógica
Sensores táctiles	Matriz de contactos	I/O
	Piel artificial	Analógica
Visión artificial	Cámaras de video	Procesamiento digital
	Cámaras CCD o CMOS	Procesamiento digital
Sensor de proximidad	Sensor final de carrera	
	Sensor capacitivo	
	Sensor inductivo	
	Sensor fotoeléctrico	
Sensor acústico (presión sonora)	micrófono	
Sensores de acidez	IsFET	
Sensor de luz	fotodiodo	
	Fotorresistencia	
	Fototransistor	
	Célula fotoeléctrica	
Sensores captura de movimiento	Sensores inerciales	

Algunas magnitudes pueden calcularse mediante la medición y cálculo de otras, por ejemplo, la aceleración de un móvil puede calcularse a partir de la integración numérica de su velocidad. La masa de un objeto puede conocerse mediante la fuerza gravitatoria que se ejerce sobre él en comparación con la fuerza gravitatoria ejercida sobre un objeto de masa conocida (patrón).

3.4. Sensor SHARP GP2D12/GP2D15

Sensores compactos medidores de distancias de alta sensibilidad



Figura III.17. Sensor Sharp

Los IR Sharp GP2DXX son una familia de sensores de infrarrojos para la detección y medida de distancia a los objetos. De hecho en la página web de Sharp¹⁴ encontramos los modelos que se muestran en la Tabla III.III.:

Tabla III.III. Sensores de la serie GP2DXX

Modelo	Características	Rangos absolutos Máximos		Característica Electro-Ópticas				
		VCC (V)	Topr (°C)	Rango de distancia de medida	V _{OH} (V) MIN VCC	V _{OL} (V) MAX	Operativo (mA) MAX	Standby (µA) MAX
GP2D02	Sensor que mide distancias con PSD (Detector Sensible a la Posición), LED infrarrojo y circuito de procesamiento de señal , 8 bits.	-0.3 a +10	-10 a +60	100 a 800	V _{CC} -0.3	0.3	17	8
GP2D021	Sensor que mide distancias con PSD (Detector Sensible a la Posición), LED infrarrojo y circuito de procesamiento de señal , 8 bits.	-0.3 a +10	-10 a +60	40 a 300	V _{CC} -0.3	0.3	35	8
GP2D05	Sensor que mide distancias con PSD (Detector Sensible a la Posición), LED infrarrojo y circuito de procesamiento de señal , 1 bits.	-0.3 a +10	-10 a +60	100 a 800	V _{CC} -0.3	0.3	22	8
GP2D12	Sensor que mide distancias con PSD (Detector Sensible a la Posición), LED infrarrojo y circuito de procesamiento de señal , valor analógico entre 0-3V dependiendo de la distancia	-0.3 a 7	-10 a +60	100 a 800	V _{OH} (TYP) = 0.4V a 80 cm		MAX 50	
GP2D120	Sensor que mide distancias con PSD (Detector Sensible a la Posición), LED infrarrojo y circuito de procesamiento de señal , valor analógico entre 0-3V dependiendo de la distancia	-0.3 a 7	-10 a +60	40 a 300	V _{OH} (TYP) = 0.4V a 30 cm		MAX 50	
GP2D15	Sensor que mide distancias con PSD (Detector Sensible a la Posición), LED infrarrojo y circuito de procesamiento de señal , valor digital (0 o 1) ajustado de fabrica a 24 cm.	-0.3 a 7	-10 a +60	100 a 800	V _{CC} -0.3	0.6	MAX 50	
GP2D150 A	Sensor que mide distancias con PSD (Detector Sensible a la Posición), LED infrarrojo y circuito de procesamiento de señal , valor digital (0 o 1)	-0.3 a 7	-10 a +60	30 a 300 (Detección distancia typ. 15cm)	V _{CC} -0.3	0.6	MAX 50	
GP2D150T	Sensor que mide distancias con PSD (Detector Sensible a la Posición), LED infrarrojo y circuito de procesamiento de señal , valor digital (0 o 1)	-0.3 a 7	-10 a +60	30 a 300 (Detección distancia typ. 22cm)	V _{CC} -0.3	0.6	MAX 50	
GP2Y0D0 2YK	Sensor que mide largas distancias con PSD (Detector Sensible a la Posición), LED infrarrojo y circuito de procesamiento de señal , valor digital (a 80 cm)	-0.3 a 7	-10 a +60	200 a 1500	V _{CC} -0.3	0.6	MAX 50	

3.4.1. GP2D12

Estos dispositivos emplean el método de triangulación utilizando un pequeño Sensor Detector de Posición (PSD) lineal para determinar la distancia o la presencia de los objetos dentro de su campo de visión. Básicamente su modo de funcionamiento

¹⁴www.terra.es/personal/fremiro

consiste en la emisión de un pulso de luz infrarroja, que se transmite a través de su campo de visión que se refleja contra un objeto o que por el contrario no lo hace. Si no encuentra ningún obstáculo, el haz de luz no refleja y en la lectura que se hace indica que no hay ningún obstáculo. En el caso de encontrar un obstáculo el haz de luz infrarroja se refleja y crea un triángulo formado por el emisor, el punto de reflexión (obstáculo) y el detector.

La información de la distancia se extrae midiendo el ángulo recibido. Si el ángulo es grande, entonces el objeto está cerca, porque el triángulo es ancho. Si el ángulo es pequeño, entonces el objeto está lejos, porque el triángulo formado es estrecho. Por lo tanto, si el ángulo es pequeño, quiere decir que el objeto está lejos, porque el triángulo es largo y delgado. La Figura III.18., indica lo expuesto.

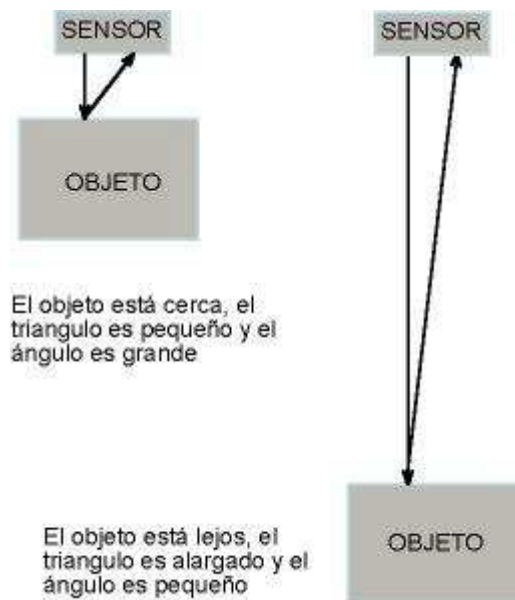


Figura III.18. Concepto de medida por triangulación

En la figura III.19 podemos ver cómo se lleva a cabo la triangulación en el sensor. El LED infrarrojo emite el haz de luz a través de una pequeña lente convergente que hace que el haz emisor llegue de forma paralela al objeto. Cuando la luz choca con un obstáculo, una cierta cantidad de luz se refleja, si el obstáculo fuera un espejo perfecto, todos los rayos del haz de luz pasarían, y sería imposible medir la distancia. Sin embargo, casi todas las sustancias tienen un grado bastante grande de rugosidad de la superficie que produce una dispersión hemisférica de la luz (la llamada reflexión no teórica). Alguno de estos haces de esta luz rebota hacia el sensor que es recibido por la lente.

La lente receptora también es una lente convexa, pero ahora sirve para un propósito diferente, Actúa para convertir el ángulo de posición. Si un objeto se pone en el plano focal de una lente convexa y los otros rayos de luz paralelos en otro lado, el rayo que pasa por el centro de la lente atraviesa inalterado o marca el lugar focal. Los rayos restantes también enfocan a este punto.

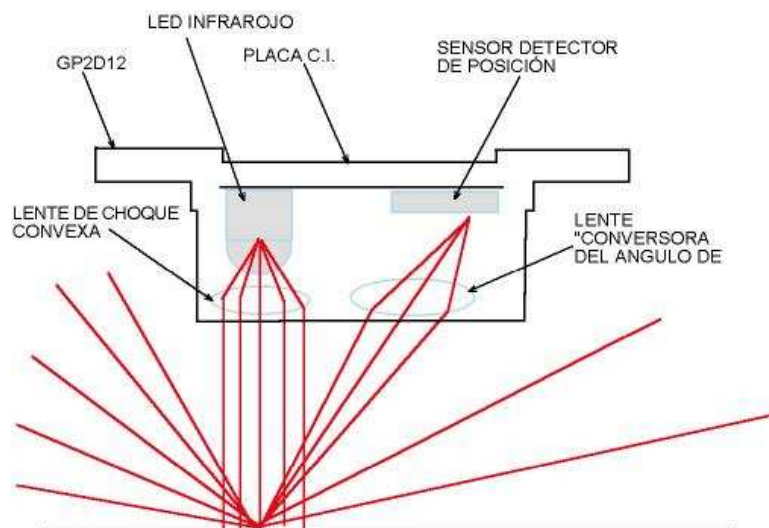


Figura III.19. Triangulación del GP1D12

Puesto en el plano focal es un Sensor Detector de Posición (PSD). Éste dispositivo semiconductor entrega una salida proporcional a la posición del punto focal. Esta señal analógica tratada es la que se obtiene a la salida del sensor¹⁵.

3.4.2. Características

- Menos influencia del color de los objetos reflexivos
- Línea indicadora de distancia output/distance: Tipo de salida indicadora de la distancia analógica (tensión analógica) para el GP2D12. Distancia del detector de 10 a 80 cm.
- Tipo de salida indicadora de la distancia por nivel para el GP2D15. La distancia de decisión es de 24 cm. (Ajustable dentro del rango de 10 a 80cm)
- El circuito del mando externo es innecesario
- Bajo costo

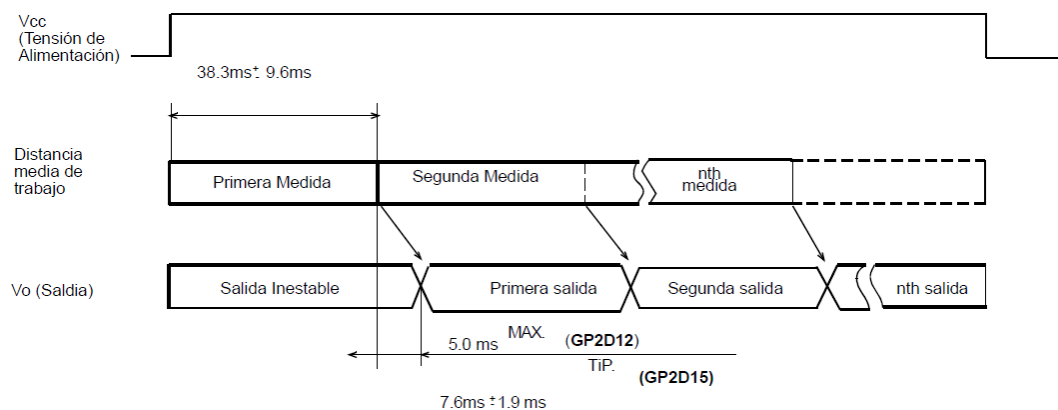
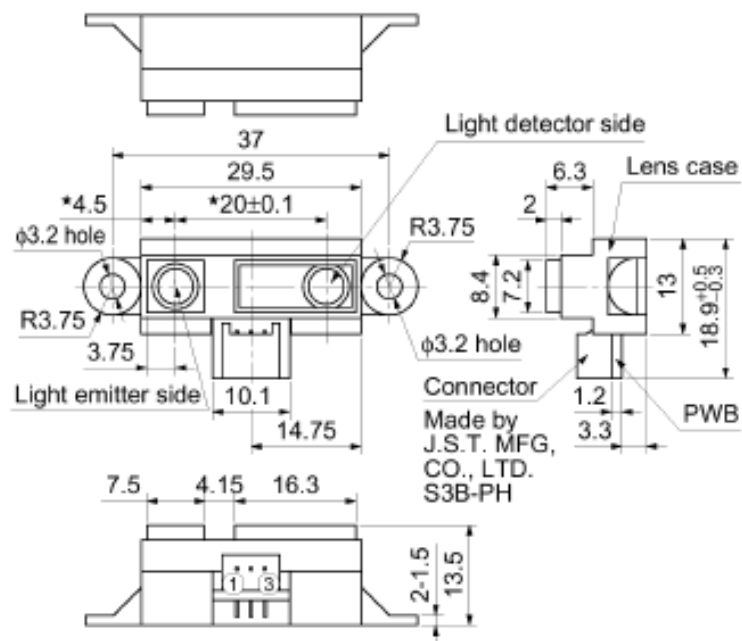


Figura III.20. Cronograma del GP2D12 y GP2D15

¹⁵www.terra.es/personal/fremiro



Terminales de conexión

① V_O
② GND
③ V_{CC}

※ Las dimensione marcadas con * indican la distancia al centro de la lente.
※ Las tolerancias no especificadas son de : ±0.3mm

Figura III.21. Dimensiones y encapsulado¹⁶

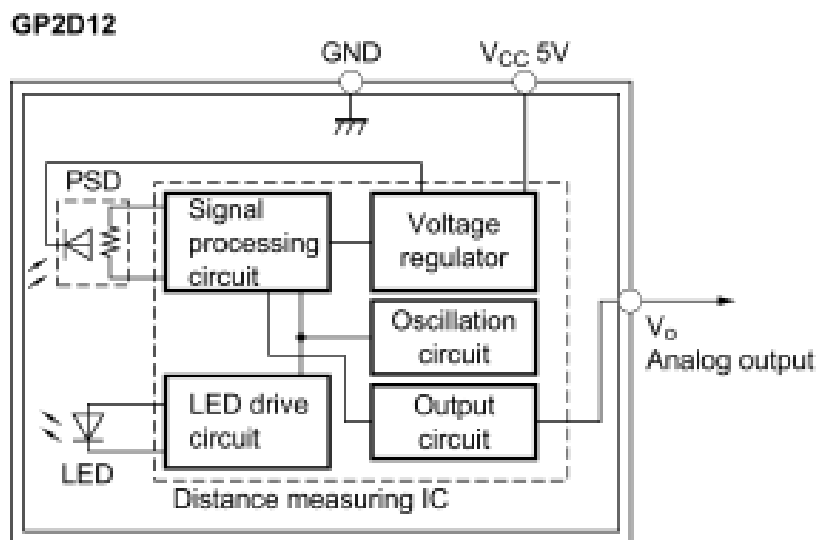
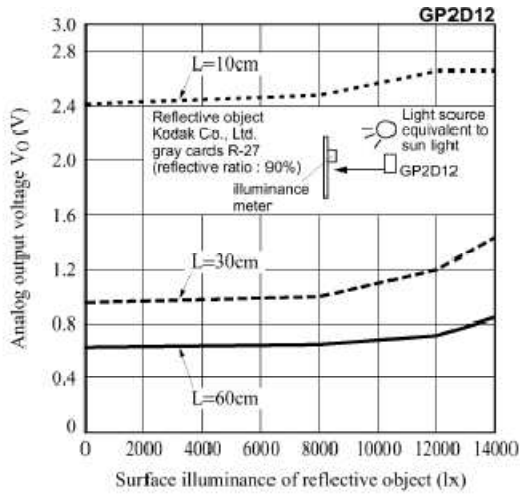


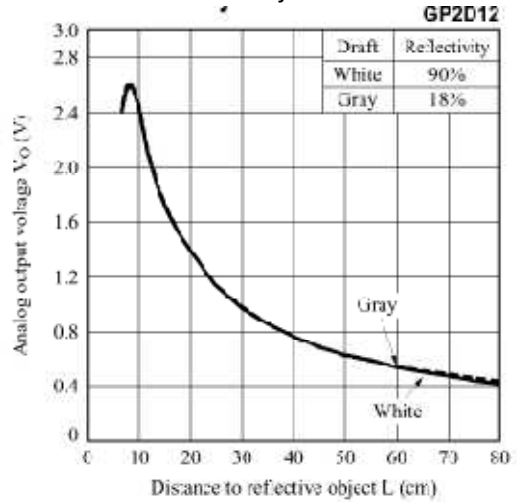
Figura III.22. Diagrama de bloques interno del GP2D12

¹⁶www.terra.es/personal/fremiro

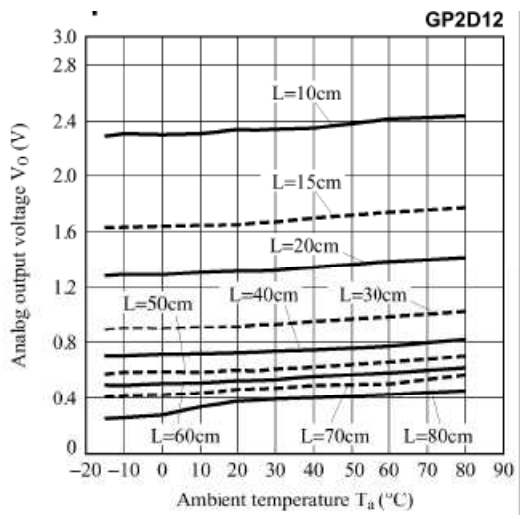
Tensión de Salida Analógica V_S en función de Superficie Iluminada del Objeto Reflexivo



Tensión de Salida Analógica V_S en función de la Distancia al objeto reflexivo



Tensión de Salida Analógica en función de la Temperatura Ambiente.



Tensión de Salida Analógica V_S en función de la distancia de detección.

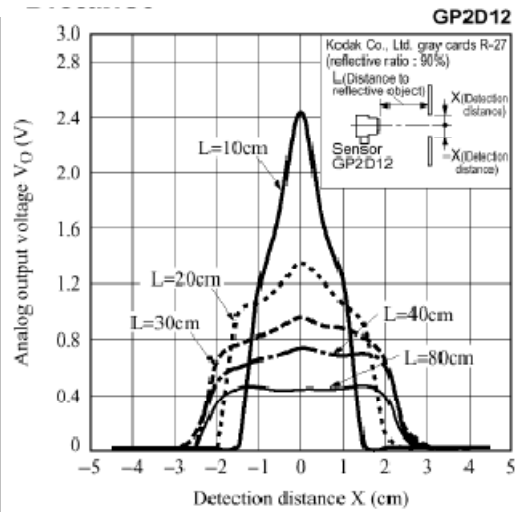


Figura III.23. Curvas características del GP2D12

3.4.3. Valores máximos Absolutos

Para $T_a = 25^\circ\text{C}$ y $V_{CC} = 5\text{V}$

Tabla III.IV. Valores máximos absolutos sensor Sharp

Parámetro	Símbolo	Rangos	Unidades
Tensión de Alimentación	VCC	-0.3 a 7	V
Tensión en el terminal de salida	VO	-0.3 a VCC+0.3	V
Temperatura de trabajo	Topr	-10 a +60	°C
Temperatura de almacenamiento	Tstg	-40 a +70	°C

3.4.4. Condiciones de trabajo recomendadas

Tabla III.V. Condiciones de trabajo recomendadas

Parámetro	Símbolo	Rangos	Unidades
Tensión de alimentación de trabajo	V _{cc}	4.5 a +5.5	V

3.4.5. Características Electro-Ópticas

Tabla III.VI. Características Electro-Ópticas sensor SHARP

Parámetros	Símbolo	Condiciones	MIN.	TIP.	MAX.	Unidad	
Rango de medida de distancia	ΔL	(*1) (*3)	10	--	80	cm	
Tensión en el terminal de Salida	GP2D12	V _o	L=80 cm (*1)	0.25	0.4	0.55	V
	GP2D15	V _{OH}	Tensión de salida a nivel alto (*1)	V _{cc} -0.3	--	--	V
		V _{OL}	Tensión de salida a nivel bajo (*1)	--	--	0.6	V
Incremento de la tensión de	GP2D12	ΔV_o	Cambio de salida de L=80 a 10 cm	1.75	2.0	2.25	V
Tensión de salida en función de	GP2D15	V _o	(*1)(*2)(*4)	21	24	27	cm
Corriente media de dispersión	I _{cc}	L = 80 cm (*1)	--	33	50	mA	

Donde: L es la distancia del objeto reflexivo.

***1** objeto reflexivo usando: Papel blanco (Para el color gris se usa la tarjeta R-27 de la Cía. Kodak S.A. la cara blanca, la proporción reflexiva; 90%).

***2** utilizamos el dispositivo después del ajuste siguiente: salida al cambiar la distancia L 24cm±3cm debe medirse por el sensor.

***3** rango de distancia que mide el sistema del sensor óptico.

***4** La salida de cambio tiene una anchura del histéresis. La distancia especificada por V_o desde que la salida a nivel bajo (L) hasta que cambia a nivel alto (H).

3.4.6. Aplicaciones

- Robótica
- En Televisiones
- En computadoras personales
- En automóviles
- En fotocopiadoras
- Sensores en sanitarios
- Sensores de cuerpo humano para los productos de consumo como los ventiladores eléctricos y los aires acondicionados
- Sensores de garaje

3.4.7. Consideraciones Prácticas

- Las lentes del dispositivo deben de estar siempre limpias, no utilizar para su limpieza agua o aceite.
- Cuando la superficie del detector recibe la luz directa del sol o de una lámpara de tungsteno, puede darse el caso de que no se pueda medir la distancia. Tener esto en cuenta para que el detector no reciba la luz directa de una fuente de luz potente.
- Para estabilizar la tensión de alimentación del dispositivo, se recomienda conectar un condensador de 10 mF o más entre V_{CC} y GND cerca del GP2D12.

CAPÍTULO IV

MOTORES

4.1. DEFINICIÓN

Un motor es la parte de una máquina capaz de transformar cualquier tipo de energía (eléctrica, de combustibles fósiles, etc.), en energía mecánica capaz de realizar un trabajo.

Existen diversos tipos, siendo de los más comunes los Motores térmicos, Motores de combustión interna, Motores de combustión externa, y los Motores eléctricos¹⁷.

4.2. Motor eléctrico

¹⁷<http://es.wikipedia.org/wiki/Motor>

Un motor eléctrico es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas. Algunos de los motores eléctricos son reversibles, pueden transformar energía mecánica en energía eléctrica funcionando como generadores. Los motores eléctricos de tracción usados en locomotoras realizan a menudo ambas tareas, si se los equipa con frenos regenerativos.

Son ampliamente utilizados en instalaciones industriales, comerciales y particulares. Pueden funcionar conectados a una red de suministro eléctrico o a baterías. Así, en automóviles se están empezando a utilizar en vehículos híbridos para aprovechar las ventajas de ambos.

4.2.1. Principio de funcionamiento

Los motores de corriente alterna y los de corriente continua se basan en el mismo principio de funcionamiento, el cual establece que si un conductor por el que circula una corriente eléctrica se encuentra dentro de la acción de un campo magnético, éste tiende a desplazarse perpendicularmente a las líneas de acción del campo magnético.

El conductor tiende a funcionar como un electroimán debido a la corriente eléctrica que circula por el mismo adquiriendo de esta manera propiedades magnéticas, que provocan, debido a la interacción con los polos ubicados en el estator, el movimiento circular que se observa en el rotor del motor.

Partiendo del hecho de que cuando pasa corriente por un conductor produce un campo magnético, además si lo ponemos dentro de la acción de un campo magnético potente, el producto de la interacción de ambos campos magnéticos hace que el conductor tienda a desplazarse produciendo así la energía mecánica. Dicha energía es comunicada al exterior mediante un dispositivo llamado flecha.

4.2.2. Ventajas

En diversas circunstancias presenta muchas ventajas respecto a los motores de combustión:

- A igual potencia, su tamaño y peso son más reducidos.
- Se pueden construir de cualquier tamaño.
- Tiene un par de giro elevado y, según el tipo de motor, prácticamente constante.
- Su rendimiento es muy elevado (típicamente en torno al 75%, aumentando el mismo a medida que se incrementa la potencia de la máquina).
- Este tipo de motores no emite contaminantes, aunque en la generación de energía eléctrica de la mayoría de las redes de suministro se emiten contaminantes.

4.3. Motor de corriente continua



Figura IV.24. Motor de corriente continua

El motor de corriente continua es una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica, principalmente mediante el movimiento rotatorio. En la actualidad existen nuevas aplicaciones con motores eléctricos que no producen movimiento rotatorio, sino que con algunas modificaciones, ejercen tracción sobre un riel. Estos motores se conocen como motores lineales.

Esta máquina de corriente continua es una de las más versátiles en la industria. Su fácil control de posición, paro y velocidad la han convertido en una de las mejores opciones en aplicaciones de control y automatización de procesos. Pero con la llegada de la electrónica su uso ha disminuido en gran medida, pues los motores de corriente alterna, del tipo asíncrono, pueden ser controlados de igual forma a precios más accesibles para el consumidor medio de la industria. A pesar de esto los motores de corriente continua se siguen utilizando en muchas aplicaciones de potencia (trenes y tranvías) o de precisión (máquinas, micro motores, etc.)

La principal característica del motor de corriente continua es la posibilidad de regular la velocidad desde vacío a plena carga.

4.3.1. Principio de funcionamiento

Según la Ley de Lorentz, cuando un conductor por el que pasa una corriente eléctrica se sumerge en un campo magnético, el conductor sufre una fuerza perpendicular al plano formado por el campo magnético y la corriente, siguiendo la regla de la mano derecha, con módulo¹⁸:

$$F = B * l * i$$

F: Fuerza en Newtons

i: Intensidad que recorre el conductor en amperios

l: Longitud del conductor en metros lineales

B: Inducción en teslas

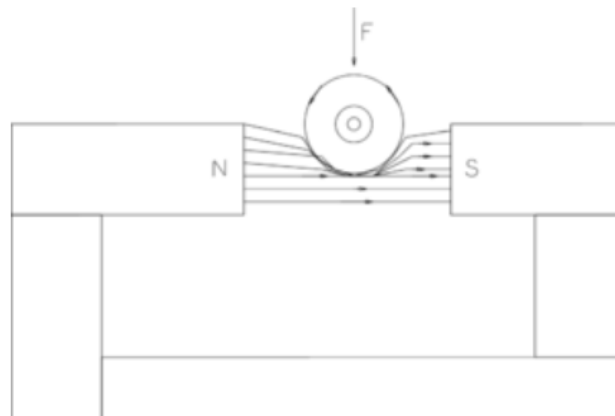


Figura IV.25.Principio de funcionamiento de un Motor CC.

¹⁸http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_corriente_continua

Clasificación:

Los motores de corriente continua se clasifican según la forma como estén conectados, los más utilizados en electrónica son:

- Motor paso a paso
- Servomotor
- Motor sin núcleo

4.3.2. Motor paso a paso



Figura IV.26.Motor paso a paso (PaP)

El motor PaP es un dispositivo electromecánico que convierte una serie de impulsos eléctricos en desplazamientos angulares discretos, lo que significa es que es capaz de avanzar una serie de grados (paso) dependiendo de sus entradas de control. El motor paso a paso se comporta de la misma manera que un convertidor digital-analógico y puede ser gobernado por impulsos procedentes de sistemas lógicos.

Este motor presenta las ventajas de tener alta precisión y repetibilidad en cuanto al posicionamiento. Entre sus principales aplicaciones destacan como motor de

frecuencia variable, motor de corriente continua sin escobillas, servomotores y motores controlados digitalmente¹⁹.

4.3.3. Motor sin núcleo

Cuando se necesita un motor eléctrico de baja inercia (arranque y parada muy cortos), se elimina el núcleo de hierro del rotor, lo que aligera su masa y permite fuertes aceleraciones, se suele usar en motores de posicionamiento (por ejemplo en máquinas y automática).

Para optimizar el campo magnético que baña el rotor, para motores que requieren cierta potencia, se puede construir el rotor plano en forma de disco, similar a un circuito impreso en el que las escobillas rozan ortogonalmente sobre un bobinado imbricado que gira entre imanes permanentes colocados a ambos lados del disco²⁰.

4.3.4. Servomotor



Figura IV.27.Servomotor HITEC

¹⁹http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_paso_a_paso

²⁰http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_sin_n%C3%BAcleo

Un servomotor (también llamado Servo) es un dispositivo similar a un motor de corriente continua, que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación y mantenerse estable en dicha posición. Está conformado por un motor, una caja reductora y un circuito de control. Los servos se utilizan frecuentemente en sistemas de radiocontrol y en robótica, pero su uso no está limitado a estos. Es posible modificar un servomotor para obtener un motor de corriente continua que, si bien ya no tiene la capacidad de control del servo, conserva la fuerza, velocidad y baja inercia que caracteriza a estos dispositivos²¹.

En la práctica, se usan servos para posicionar superficies de control como el movimiento de palancas, pequeños ascensores y timones. Ellos también se usan en radio control, títeres, y por supuesto, en robots. Los servomotores son pequeños, tienen internamente una circuitería de control y son sumamente poderosos para su tamaño. Un servo normal o Standard como el HS-300 de HITEC tiene 42 onzas por pulgada o mejor 3kg por cm. de torque que es bastante fuerte para su tamaño. También potencia proporcional para cargas mecánicas. Un servo, por consiguiente, no consume mucha energía.



Figura IV.28. Servomotor desmontado

²¹<http://es.wikipedia.org/wiki/Servomotor>

En la figura IV.28., se puede ver los 3 alambres de conexión externa. Uno es para alimentación Vcc (+5volts), conexión a tierra GND y el alambre blanco es el alambre de control.

4.3.4.1. Estructura interna

- **Motor de corriente continua**

Es el elemento que le brinda movilidad al servo. Cuando se aplica un potencial a sus dos terminales, este motor gira en un sentido a su velocidad máxima. Si el voltaje aplicado en sus dos terminales es inverso, el sentido de giro también se invierte.

- **Engranajes reductores**

Se encargan de convertir gran parte de la velocidad de giro del motor de corriente continua en torsión.

- **Circuito de control**

Este circuito es el encargado del control de la posición del motor. Recibe los pulsos de entrada y ubica al motor en su nueva posición dependiendo de los pulsos recibidos.

4.3.4.2. Terminales

Los servomotores tienen 3 terminales:

- Terminal positivo: Recibe la alimentación del motor (4 a 8 voltios)
- Terminal negativo: Referencia tierra del motor (0 voltios)
- Entrada de señal: Recibe la señal de control del motor

Los colores del cable de cada terminal varían con cada fabricante: el cable del terminal positivo siempre es rojo; el del terminal negativo puede ser marrón o negro; y el del terminal de entrada de señal suele ser de color blanco, naranja o amarillo.

Tabla IV.VII. Colores de los terminales para algunas marcas comerciales

Fabricante	Terminal Positivo	Terminal Negativo	Entrada de señal
Futaba	Rojo	Negro	Blanco
Dong Yang	Rojo	Negro	Blanco
Hitec	Rojo	Negro	Amarillo
JR	Rojo	Marrón	Naranja
Airtronics	Rojo	Negro	Naranja
Fleet	Rojo	Negro	Blanco
Kraft	Rojo	Negro	Naranja
E-Sky	Rojo	Negro	Blanco

4.3.4.3. Funcionamiento

El motor del servo tiene algunos circuitos de control y un potenciómetro (una resistencia variable) esta es conectada al eje central del servo motor. En la figura IV.29., se puede observar al lado izquierdo del circuito. Este potenciómetro permite a la circuitería de control, supervisar el ángulo actual del servo motor. Si el eje está en el ángulo correcto, entonces el motor está apagado. Si el circuito chequea que el ángulo no es el correcto, el motor girará en la dirección adecuada hasta llegar al ángulo correcto. El eje del servo es capaz de llegar alrededor de los 180 grados. Normalmente, en algunos llega a los 210 grados, pero varía según el fabricante. Un servo normal se usa para controlar un movimiento angular de entre 0 y 180 grados, no es

mecánicamente capaz de retornar a su lugar si hay un mayor peso que el sugerido por las especificaciones del fabricante.

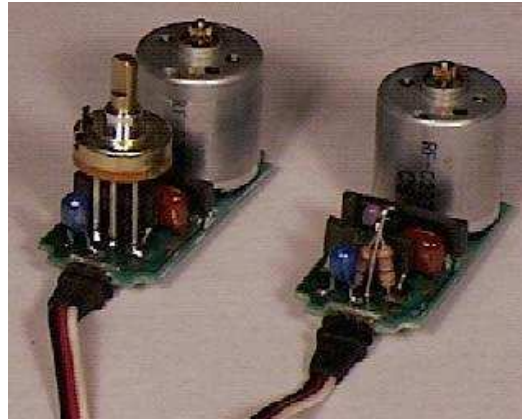


Figura IV.29. Circuitería de un Servomotor

La cantidad de voltaje aplicado al motor es proporcional a la distancia que éste necesita viajar. Así, si el eje necesita regresar una distancia grande, el motor regresará a toda velocidad. Si este necesita regresar sólo una pequeña cantidad, el motor correrá a una velocidad más lenta. A esto se le llama control proporcional.

Dependiendo del modelo del servo, la tensión de alimentación puede estar comprendida entre los 4 y 8 voltios. El control de un servo se reduce a indicar su posición mediante una señal cuadrada de voltaje. El ángulo de ubicación del motor depende de la duración del nivel alto de la señal. Cada servo motor, dependiendo de la marca y modelo utilizado, tiene sus propios márgenes de operación.

El cable de control se usa para comunicar el ángulo. El ángulo está determinado por la duración de un pulso que se aplica al alambre de control. A esto se le llama PCM

Modulación codificada de Pulsos. El servo espera ver un pulso cada 20 milisegundos (.02 segundos). La longitud del pulso determinará los giros de motor. Un pulso de 1.5 ms., por ejemplo, hará que el motor se torne a la posición de 90 grados (llamado la posición neutra). Si el pulso es menor de 1.5 ms., entonces el motor se acercará a los 0 grados. Si el pulso es mayor de 1.5ms, el eje se acercará a los 180 grados.

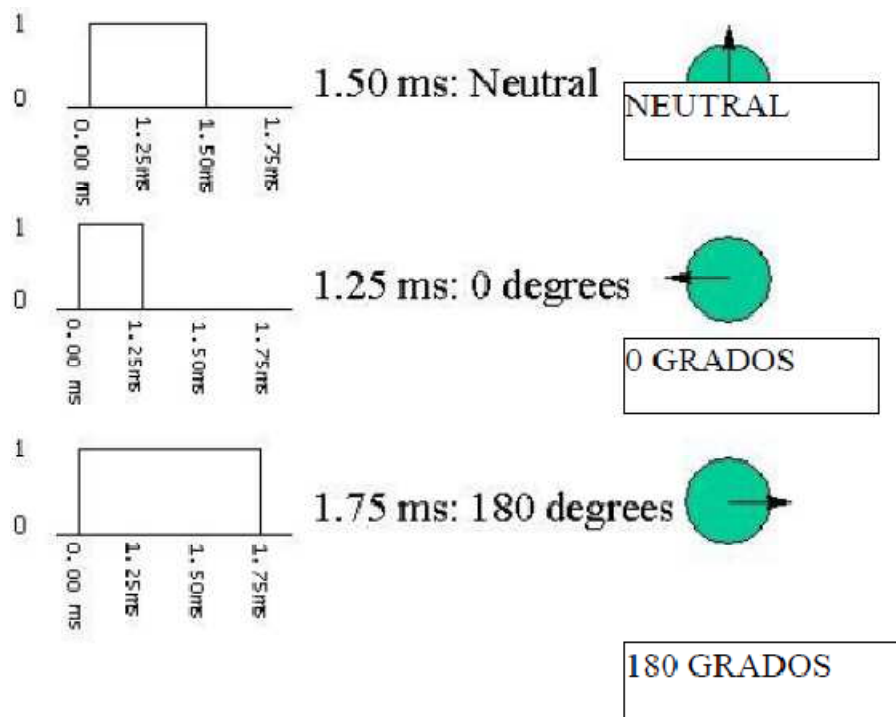


Figura IV.30. Movimiento de un servomotor

Como se observa en la figura IV.30., la duración del pulso indica o dictamina el ángulo del eje (mostrado como un círculo verde con flecha). Nótese que las ilustraciones y los tiempos reales dependen del fabricante de motor. El principio, sin embargo, es el mismo.

Para los Hitec: 0.50 ms = 0 grados, 1.50 ms = 90 grados y 2.5 ms = 180 grados.

Es sencillo notar que, para el caso de un servomotor, la duración del pulso alto para conseguir un ángulo de posición θ estará dado por la fórmula:

$$t = 0,3 + \theta/100$$

Donde: t está dado en milisegundos y θ en grados.

Tabla IV.VIII. Ejemplos de algunos valores usados en un servomotor

Duración del nivel alto [ms]	Ángulo [grados]
0,3	0
1,2	90
2,1	180
0,75	45

Para bloquear el servomotor en una posición, es necesario enviarle continuamente una señal con la posición deseada. De esta forma el servo conservará su posición y se resistirá a fuerzas externas que intenten cambiarlo de posición. Si los pulsos no se envían, el servomotor queda liberado, y cualquier fuerza externa puede cambiarlo de posición fácilmente.

4.3.4.4. Control

Para controlar un servo, se le ordena un cierto ángulo, medido desde 0 grados. Se envía una serie de pulsos. En un tiempo ON de pulso indica el ángulo al que debe posicionarse; 1ms = 0 grados, 2.0ms = máx. grado (cerca de 120) y algún valor entre ellos da un ángulo de salida proporcional. Generalmente se considera que en 1.5ms está el "centro." Entre límites de 1 - 2ms son las recomendaciones de los fabricantes; normalmente se puede usar un rango mayor de 1.5ms para obtener un ángulo mayor e

incluso de 2ms para un ángulo de rendimiento de 180 grados o más. El factor limitante es el tope del potenciómetro y los límites mecánicos construidos en el servo. Un sonido de zumbido normalmente indica que se está forzando por encima al servo, entonces se debe disminuir un poco.

El tiempo de OFF en el servo no es crítico; puede estar alrededor de los 20ms. Como ejemplo se ha usado entre 10ms y 30 ms. Los pulsos que ocurren frecuentemente en el tiempo de OFF pueden interferir con el sincronismo interno del servo y podría escucharse un sonido de zumbido o alguna vibración en el eje. Si el espacio del pulso es mayor de 50ms (depende del fabricante), entonces el servo podría estar en modo SLEEP entre los pulsos. Entraría a funcionar en pasos pequeños y el rendimiento no sería el óptimo.

Este es un ejemplo de la señal que debería tener el servo:



El tiempo de OFF está variando, como se puede observar. Esto no tiene efectos adversos con tal de que esté entre 10 y 30ms. El tiempo de ON determina la posición del brazo de salida. Se debe tener cuidado que hay servos viejos que usan polaridad de pulso invertido (es decir donde tiempo de OFF es importante). Ellos son difíciles de conseguir en estos días. También, hay algunos servos que tienen el "centro" en posición diferente y rangos de tiempo diferentes. No es común. Pero si se llega a tener uno de estos servos, todo lo que se debe hacer es cambiar el tiempo de pulso o polaridad. El resto es lo mismo.

4.4. Servomotor Hitec HSR-8498HB

HSR-8498HB es un servo motor digital de 7,4 kg. Este servo destaca por sus características avanzadas como son el interfaz multi protocolo HMI (Hitec Multiprotocolo Interface) que incluye funciones programables así como la posibilidad de leer desde el controlador la posición, la tensión y el consumo actual de corriente, lo que permite crear sistemas robóticos avanzados e inteligentes, capaces de reaccionar al entorno. Este servo también se puede utilizar con los controladores de servos normales y los receptores de radio control por lo que sus aplicaciones son infinitas. El servo incluye un completo juego de fijaciones y platos de control que le permiten funcionar de varios modos.



Figura IV.32. Servomotor Hitec HSR-8498HB

4.4.1. Características técnicas:

- Fuerza: 7,4 Kg/cm a 6V y 9 Kg/cm a 7,4V
- Doble eje
- Interfaz: ProtocoloHMI, Cadena RS-232C, PWM

- Impulso Requerido: 5.3 voltios de pico a pico de la onda cuadrada
- Ciclo de pulso: 12-26ms (común: 21ms)
- Voltaje de operación: 6-7.4 V
- Rango de temperatura: -20 a +60° C
- Velocidad de funcionamiento (6.0V): 0.20s/60° en vacío
- Velocidad de funcionamiento (7.4V): 0.18s/60° en vacío
- Plaza de par (6.0V): 102 g /. (7.4kg.cm)
- Plaza de par (7.4V): 124 g /. (9.0kg.cm)
- Ángulo de funcionamiento: Hasta 180° Max
- Modificables 360°: Sí
- Dirección: Reloj / Pulso de Viaje 1100 a 1900µs
- Consumo de corriente (6.0V): 8mA/idle y 200 mA sin carga de funcionamiento
- Consumo de corriente (7,4 V): 8.7mA/idle y 240mA sin carga no operativos
- Ancho de banda muerto: 8µs
- Tipo de transmisión: engranajes Karbonite
- Dimensiones: 1.57 "x 0.78" x 1.45 "(40 x 20 x 37mm)
- Peso: 1.94 oz. (55g)

4.4.2. Funcionamiento

Este servo se puede configurar para operar de 0° a 180° de dos maneras:

- Opción 1, envía una señal de pulso desde 600µs a 2400µs.
- Opción 2, utilice el programador operador de modificar el programa servo interno.

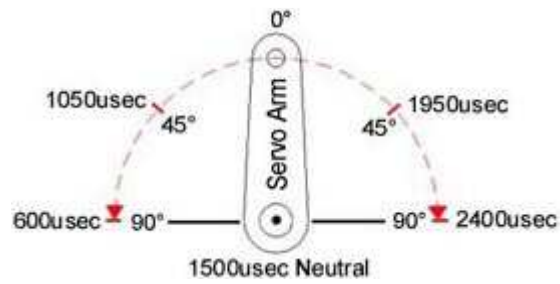


Figura IV.33. Movimientos del Servomotor Hitec HSR-8498HB²²

4.5. Micro Servo TP SG90

El TP SG90 de tamaño micro es similar en tamaño y peso al servomotor Hitec HS-55, es muy recomendado por sus prestaciones y fiabilidad. Ideal para aviones de radiocontrol en interior y exterior así como helicópteros RC de tamaño pequeño.



Figura IV.34. MicroServoTP SG90

4.5.1. Características

- Peso: 0,32 oz. (9,0 g)
- Peso total con cable y conector es de 0,37 onzas (10.6 gramos)

²²http://www.servocity.com/html/hsr-8498hb_hmi_robot_servo.html

- Conector universal tipo "S" que se adapta más a los receptores, incluyendo Futaba, JR, GWS, Cirrus, Blue Bird, Blue Arrow, Corona, Berg, Spektrum y Hitec
- Los colores de los cables son marrón-rojo-naranja: café = negativo, rojo = positivo de la batería y naranja = señal

4.5.2. Especificaciones

- Dimensiones (L x W x H) = 0.86" x 0.45" x 1.0" (22.0 x 11.5 x 27 mm)
- Torque: 4.8 V = 16.7 oz/pulgada (1.2 kg/cm)
- Voltaje de operación: 4.0 V o 7.2 V
- Velocidad: 0.12s/60° a 4.8v

CAPÍTULO V

MICROCONTROLADORES

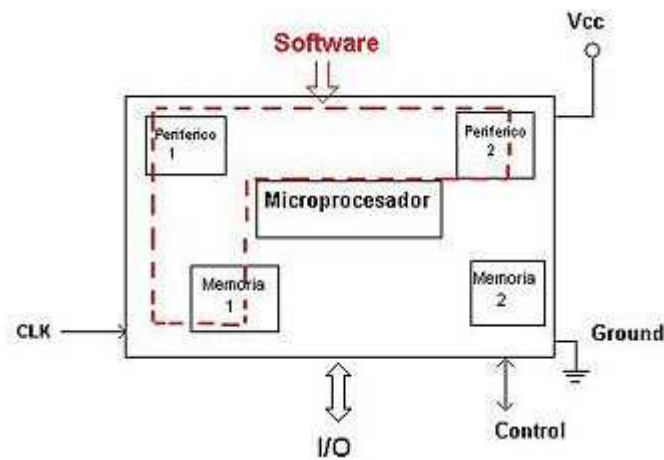
5.1. DEFINICIÓN

Un microcontrolador es un circuito integrado que contiene todos los componentes de un computador. Se emplea para controlar el funcionamiento de una tarea determinada y, debido a su reducido tamaño, suele ir incorporado en el propio dispositivo al que gobierna. Esta última característica es la que le confiere la denominación de «controlador incrustado» (embeddedcontroller).

El microcontrolador es un computador dedicado. En su memoria sólo reside un programa destinado a gobernar una aplicación determinada; sus líneas de entrada/salida soportan la conexión de sensores y actuadores del dispositivo a

controlar. Una vez programado y configurado el microcontrolador solamente sirve para gobernar la tarea asignada²³.

“Un microcontrolador es un computador completo, aunque de limitadas prestaciones, que está contenido en el chip de un circuito integrado y se designa a gobernar una sola tarea”.



FiguraV.35. Estructura general de un microcontrolador

5.2. Estructura y funcionamiento:

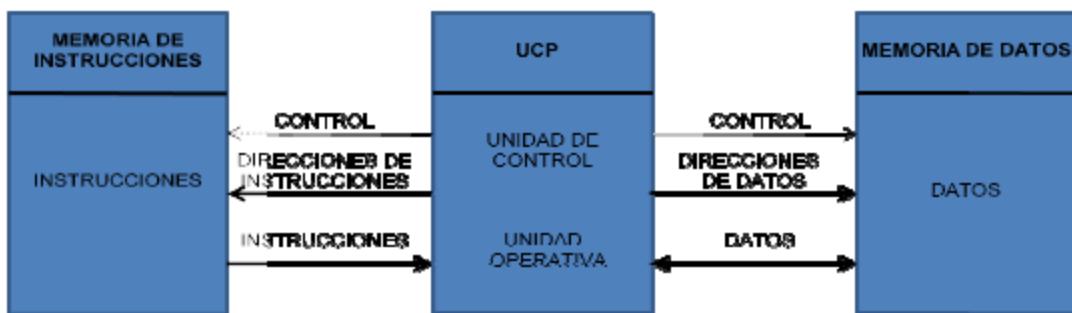
Al estar los microcontroladores integrados en un chip su estructura fundamental (ver figura V.35.) y sus características básicas son muy parecidas. Todos deben tener procesador, memoria de datos y de instrucciones, líneas de entrada y salida, oscilador de reloj y módulos controladores de periféricos.

Ahondando en esta estructura común se pueden distinguir:

²³https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2009/1/EL41B/1/material_alumnos/bajar?id_material=37135

5.2.1. Arquitectura básica

Aunque inicialmente todos los microcontroladores adoptaron la arquitectura básica de Von Neumann, caracterizada por disponer de una sola memoria principal donde se almacenan datos e instrucciones indistintamente y a la que se accede mediante un sistema de buses único (direcciones, datos y control), actualmente se impone la arquitectura de Harvard que dispone de 2 memorias independientes, una para las instrucciones y otra para los datos que disponen de sus respectivos buses de acceso, operación q se puede realizar simultáneamente en ambas memorias,tal como se muestra en la figura V.36.:



FiguraV.36. Arquitectura de Harvard

5.2.2. El procesador

Es el elemento más importante del microcontrolador y determina sus principales características a nivel de hardware y de software. Se encarga de direccionar la memoria de instrucciones, recibir el código de operación de la instrucción en curso, su decodificación y la ejecución de la operación que implica la instrucción, así como la búsqueda de operandos y el almacenamiento del resultado.

Hay 3 orientaciones en cuanto a la arquitectura y funcionalidad de los procesadores actuales:

- **CISC:** (computadores de juego de instrucciones completo) disponen de más de 80 instrucciones máquina en su repertorio, algunas que son tan sofisticadas y potentes que requieren muchos ciclos para su ejecución. Su ventaja es que ofrecen al programador instrucciones complejas que actúan como macros.
- **RISC:** (computadores de juego de instrucciones reducido) en estos computadores el repertorio de instrucciones máquina es muy reducido y las instrucciones son simples y generalmente se ejecutan en un ciclo. La sencillez de las instrucciones permiten optimizar el hardware y el software del procesador.
- **SISC:** (computadores de juego de instrucciones específico) en los μ C destinados a aplicaciones muy concretas el juego de instrucciones, además de ser reducido, es muy específico, es decir, las instrucciones se adaptan a las necesidades de la aplicación específica.

5.2.3. Memoria

En los microcontroladores la memoria de instrucciones y datos está integrada en el chip. Una parte debe ser no-volátil, tipo ROM, y se destina a contener el programa de instrucciones que gobierna la aplicación. Otra parte de memoria será tipo RAM, volátil, y se destina a guardar las variables y los datos.

Hay 2 particularidades que diferencian a los microcontroladores de los computadores personales:

1. No existen sistemas de almacenamiento masivo como el disco duro.
2. Como el microcontrolador sólo se destina a una tarea en la memoria ROM sólo hay que almacenar un único programa de trabajo.

La RAM es de poca capacidad, pues sólo debe contener las variables y los cambios de información que se produzcan en el transcurso del programa. Por otra parte, como sólo existe un programa activo, no se requiere guardar una copia del mismo en la RAM pues se ejecuta directamente desde la ROM.

Las siguientes son las tecnologías de memoria no volátil de mayor utilización:

- **ROM con máscara:** memoria de sólo lectura pues se graba durante la fabricación del chip.
- **OTP:** programable una sola vez por el usuario.
- **EPROM:** puede borrarse y grabarse muchas veces usando un grabador gobernado desde un PC. El borrado se hace mediante rayos ultravioleta.
- **EEPROM:** pueden grabarse y borrarse eléctricamente desde el grabador y a través del PC.
- **FLASH:** memoria no volátil de bajo consumo que se puede escribir y borrar. Funciona como una ROM y una RAM pero consume menos y es más pequeña. Es más rápida y de mayor densidad que la EEPROM.

EEPROM y FLASH pueden ser reprogramados en el mismo circuito.

5.2.4. Puertas de entrada y salida

La principal utilidad de las patitas del μC es soportar las líneas de entrada y salida que comunican al computador interno con los periféricos exteriores.

5.2.5. Reloj principal

Todos los microcontroladores poseen un circuito oscilador que genera una onda cuadrada de alta frecuencia, que configura los impulsos de reloj usados en la sincronización de todas las operaciones del sistema. Generalmente está incorporado y sólo se necesitan unos pocos elementos exteriores para seleccionar y estabilizar la frecuencia de trabajo.

5.2.6. Recursos especiales

Cada fabricante ofrece diferentes versiones de la arquitectura básica de un microcontrolador, ampliando las memorias, incorporando nuevos recursos, reduciendo las prestaciones, etc. Los principales periféricos son: temporizador, perro guardián, protección ante fallo de alimentación, estado de reposo o de bajo consumo, conversor A/D, conversor D/A, comparador analógico, modulador PWM, puertas de E/S digitales, puertas de comunicación.

5.3. Herramientas para el desarrollo de aplicaciones

Uno de los factores que más importancia tiene a la hora de seleccionar un microcontrolador entre todos los demás es el soporte tanto de software como hardware de que se dispone. Un buen conjunto de herramientas de desarrollo puede ser decisivo en la elección, ya que puede suponer una ayuda inestimable en el desarrollo del proyecto.

Las principales herramientas de ayuda al desarrollo de sistemas basados en microcontroladores son:

5.3.1. Desarrollo del software

5.3.1.1. Lenguaje Assambler

El lenguaje ensamblador es un tipo de lenguaje de bajo nivel utilizado para escribir programas informáticos, y constituye la representación más directa del código máquina específico para cada arquitectura de computadoras legible por un programador.

Fue usado ampliamente en el pasado para el desarrollo de software, pero actualmente sólo se utiliza en contadas ocasiones, especialmente cuando se requiere la manipulación directa del hardware o se pretenden rendimientos inusuales de los equipos.

- Programar en lenguaje ensamblador es difícil de aprender, entender, leer, escribir, depurar y mantener, por eso surgió la necesidad de los lenguajes compilados.
- A pesar de perder rendimiento en un proceso de compilación, en la actualidad la mayoría de las computadoras son suficientemente rápidas.
- El lenguaje ensamblador no es portable.
- Programar en lenguaje ensamblador lleva mucho tiempo.
- Los programas hechos en lenguaje ensamblador son generalmente más rápidos. Al programar cuidadosamente en lenguaje ensamblador se pueden crear programas de 5 a 100 veces más rápidos que con lenguajes de alto nivel.
- Los programas hechos en lenguaje ensamblador generalmente ocupan menos espacio. Un buen programa en lenguaje ensamblador puede ocupar casi la mitad de espacio que su contrapartida en lenguaje de alto nivel.
- Con el lenguaje ensamblador se pueden crear segmentos de código imposibles de formar en un lenguaje de alto nivel.

5.3.1.2. Lenguaje compilador

La programación en un programa de alto nivel permite disminuir el tiempo de desarrollo de un producto. No obstante, si no se programa con cuidado, el código resultante puede ser mucho más ineficiente que el programado en ensamblador. Las versiones más potentes suelen ser muy caras, aunque para los microcontroladores más populares pueden encontrarse versiones “demo” limitadas e incluso compiladores gratuitos.

5.3.2. Depuración

Como los microcontroladores están destinados a controlar dispositivos físicos, será necesario contar con una serie de herramientas que garanticen su correcto funcionamiento cuando son conectados al resto de los circuitos.

- **Simulador:** son capaces de ejecutar en un PC programas realizados para el microcontrolador. Su gran inconveniente es que es difícil simular la entrada y la salida de datos del microcontrolador y que tampoco cuentan con los posibles ruidos de entradas.
- **Placas de evaluación:** pequeños sistemas con un microcontrolador ya montado y que suelen conectarse a un PC desde el que se cargan los programas que se ejecutan en el microcontrolador. Suelen incluir visualizadores LCD, teclados, LEDs, fácil acceso a los pines de entrada y salida, etc.
- **Emuladores en circuito:** dispositivo que se coloca entre el PC anfitrión y el zócalo de la tarjeta de circuito impreso donde se alojará el microcontrolador definitivo. El programa se ejecuta desde el PC, pero para la tarjeta de aplicación es como si lo hiciera el mismo microcontrolador que luego irá en el zócalo. Presenta en pantalla toda la información tal y como sucederá cuando se coloque la cápsula.

5.4. Ventajas de usar un microcontrolador:

Los productos que para su regulación incorporan un microcontrolador presentan las siguientes ventajas:

- Aumento de prestaciones: un mayor control sobre un determinado elemento representa una mejora considerable en el mismo.
- Aumento de la fiabilidad: al reemplazar el microcontrolador por un elevado número de elementos disminuye el riesgo de averías y se precisan menos ajustes.
- Reducción del tamaño en el producto acabado: la integración del microcontrolador en un chip disminuye el volumen, la mano de obra y los stocks.
- Mayor flexibilidad: las características de control están programadas por lo que su modificación sólo necesita cambios en el programa de instrucciones.

5.5. El mercado de los microcontroladores

El mercado de la microinformática da mayor información al desarrollo de microprocesadores, pero por cada uno de ellos se venden cientos de microcontroladores.

Existen microcontroladores de 4, 8, 16, 32 o 64 bits, de los cuales los de 8 bits son los más utilizados, ya que son apropiados para la mayoría de las aplicaciones, lo que hace absurdo emplear microcontroladores más potentes y por lo tanto más caros.

Uno de los sectores más importantes en el mercado de microcontroladores es el mercado automovilístico, incluso algunas familias de microcontroladores se desarrollan pensando en ese mercado y luego se modifican para otros sistemas más genéricos. Además este mercado es uno de los más exigentes por las condiciones extremas a las que son sometidos los microcontroladores y porque el fallo de cualquier microcontrolador puede ser causante de algún accidente.

En cuanto a los microcontroladores de 32 y 64 bits se utilizan en áreas como el procesamiento de imágenes, las comunicaciones, aplicaciones militares, procesos industriales y control de dispositivos de almacenamiento masivo de datos²⁴.

5.6. Microcontrolador PIC16F628A

Los microcontroladores PIC16F628A pertenecen a la familia de los PIC16CXX, posee 18 pines, son de bajo costo con un procesador tipo RISC segmentado, se basa en una arquitectura HARVARD.

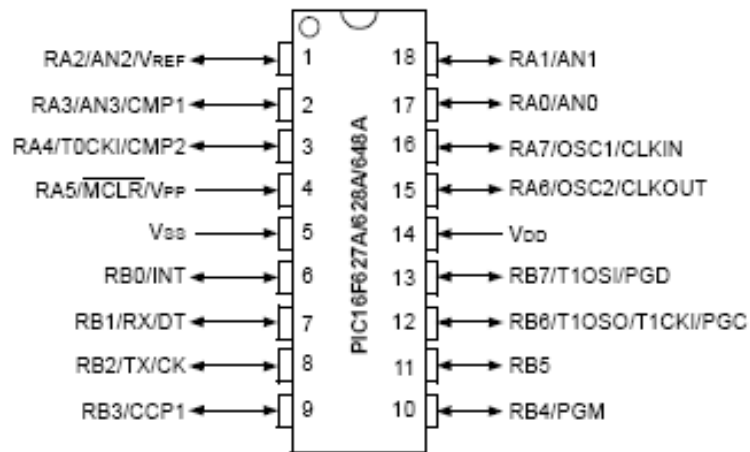
Con estos recursos el PIC es capaz de ejecutar instrucciones solamente en un ciclo de instrucción. Con la estructura segmentada se pueden realizar simultáneamente las dos fases en que se descompone cada instrucción, ejecución de la instrucción y búsqueda de la siguiente²⁵.

²⁴https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2009/1/EL41B/1/material_alumnos/bajar?id_material=37135

²⁵http://www.datasheetcatalog.net/es/datasheets_pdf/P/I/C/1/PIC16F628A.shtml

5.6.1. Características Principales

- Conjunto reducido de instrucciones (RISC). Solamente 35 instrucciones que aprender a utilizar
- Oscilador interno de 4MHz
- Las instrucciones se ejecutan en un solo ciclo de máquina excepto los saltos (*goto* y *call*), que requieren 2 ciclos. Aquí hay que especificar que un ciclo de máquina se lleva 4 ciclos de reloj, si se utiliza el reloj interno de 4MHz, los ciclos de máquina se realizarán con una frecuencia de 1MHz, es decir que cada instrucción se ejecutará en 1µs (microsegundo)
- Opera con una frecuencia de reloj de hasta 20MHz (ciclo de máquina de 200ns)
- Memoria de programa: 2048 locaciones de 14bits
- Memoria de datos: Memoria RAM de 224bytes (8bits por registro)
- Memoria EEPROM: 128bytes (8bits por registro)
- 16 Terminales del/O que soportan corrientes de hasta 25mA
- 3 Temporizadores
- Módulos de comunicación serie, comparadores, PWM



FiguraV.37. PinesdelPIC16F628A

Como se puede observar en la figura V.37., los pines 1, 2, 3, 4, 15, 16, 17 y 18 tienen el nombre de RAx, estos pines conforman el puerto A, "PORTA". Los pines 6 al 13 forman parte del puerto B ("PORTB"). El pin 5 es el que se conectara al negativo de la fuente de alimentación. El 14 irá conectado a 5V. Muchos de los pines tienen más de una descripción. Esto se debe a que pueden utilizarse de maneras diferentes, seleccionables por programa. Por ejemplo, el pin 4 sirve como parte del PORTA, como RESET (MCLR = Master Clear) y como tensión de programación (Vpp)²⁶.

Otra característica de los PICs es el manejo de los bancos de registros. En línea general, los registros se clasifican como de uso general (GPR) y de uso específico de funciones especiales (SFR).

- Los registros de uso general pueden ser usados directamente por el usuario, sin existir restricciones. Pueden servir para almacenar resultados que se reciben desde el registro W (acumulador), datos que provienen de las puertas de entradas, etc.

²⁶<http://www.neoteo.com/tutorial-programacion-de-microcontroladores.neo>

- Los registros de uso específicos no pueden ser usados directamente por el usuario.
- Estos registros controlan todo el funcionamiento del microcontrolador, pues toda la configuración necesaria para el funcionamiento del microcontrolador se hace a través de algún tipo de SFR.

5.7. Microcontrolador PIC16F877

El microcontrolador PIC16F877²⁷ de Microchip pertenece a una gran familia de microcontroladores de 8 bits (bus de datos) que tienen las siguientes características generales que los distinguen de otras familias:

- Arquitectura Harvard
- Tecnología RISC
- Tecnología CMOS

Estas características se conjugan para lograr un dispositivo altamente eficiente en el uso de la memoria de datos y programa y por lo tanto en la velocidad de ejecución.

Microchip ha dividido sus microcontroladores en tres grandes subfamilias de acuerdo al número de bits de su bus de instrucciones:

Tabla V.IX. Subfamilias de microcontroladores

Subfamilia	instrucciones	nomenclatura
Base – Line	33 instrucciones de 12 bits	PIC12XXX y PIC14XXX
Mid – Range	35 instrucciones de 14 bits	PIC16XXX
High –End	58 instrucciones de 16 bits	PIC17XXX y PIC18XXX

²⁷<http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39582b.pdf>

Los microcontroladores que produce Microchip cubren un amplio rango de dispositivos cuyas características pueden variar como sigue:

- Empaquetado (desde 8 patitas hasta 68 patitas)
- Tecnología de la memoria incluida (EPROM, ROM, Flash)
- Voltajes de operación (desde 2.5 V, hasta 6 V)
- Frecuencia de operación (hasta 20 Mhz)

5.7.1. Oscilador

Los PIC de rango medio permiten hasta 8 diferentes modos para el oscilador. El usuario puede seleccionar alguno de estos 8 modos programando 2 bits de configuración del dispositivo denominados: FOSC1 y FOSC0, ubicados en un registro especial de configuración en la localidad 2007H de la memoria de programa:

- **Configurationword (2007H):**

13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
CP1	CP0	DEBUG	-	WRT	CPD	LVP	BODEN	CP1	CP0	PWRTE	WDTE	FOSC1	FOSC0

FiguraV.38.Configurationword

En algunos de estos modos el usuario puede indicar que se genere o no una salida del oscilador (CLKOUT) a través de una patita de Entrada/Salida. Los modos de operación se muestran en la siguiente lista:

Tabla V.X. Modos de operación del oscilador

FOSC1	FOSC0	Modo de operación del oscilador
0	0	LP Baja frecuencia (y bajo consumo de potencia)
0	1	XT Cristal / Resonador cerámico externos, (Media frecuencia)
1	0	HS Alta velocidad (y alta potencia) Cristal/resonador

1	1	RC Resistencia / capacitor externos
---	---	-------------------------------------

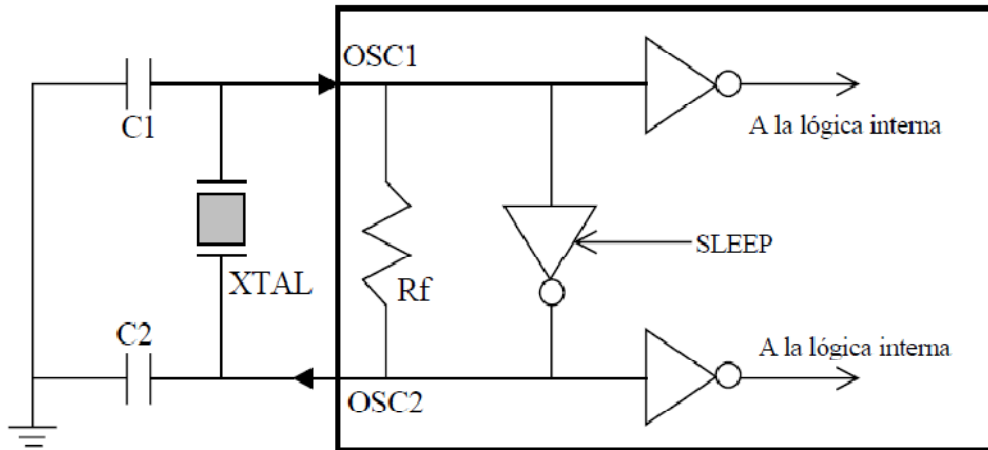
Algunos PIC's poseen un modo de oscilación que les permite usar una resistencia y un capacitor interno calibrados para 4 Mhz.

Los tres modos LP, XT y HS usan un cristal o resonador externo, la diferencia sin embargo es la ganancia de los drivers internos, lo cual se ve reflejado en el rango de frecuencia admitido y la potencia consumida. En la siguiente tabla se muestran los rangos de frecuencia así como los capacitores recomendados para un oscilador en base a cristal.

Tabla V.XI. Rangos de frecuencia de un oscilador

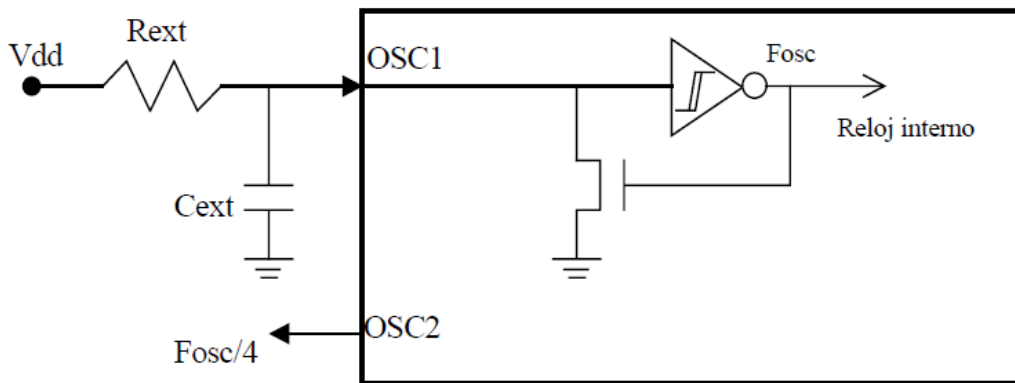
Modo	Frecuencia típica	Capacitores recomendados	
		C1	C2
LP	32 khz	68 a 100 pf	68 a 100 pf
	200 khz	15 a 30 pf	15 a 30 pf
XT	100 khz	68 a 150 pf	150 a 200 pf
	2 Mhz	15 a 30 pf	15 a 30 pf
	4 Mhz	15 a 30 pf	15 a 30 pf
HS	8 Mhz	15 a 30 pf	15 a 30 pf
	10 Mhz	15 a 30 pf	15 a 30 pf
	20 Mhz	15 a 30 pf	15 a 30 pf

Cristal externo: En los tres modos mostrados en la tabla anterior se puede usar un cristal o resonador cerámico externo. En la siguiente figura se muestra la conexión de un cristal a las patitas OSC1 y OS2 del PIC.



FiguraV.39. Conexión de un cristal

Circuito RC externo: En los modos RC y EXTRC el PIC puede generar su señal oscilatoria basada en un arreglo RC externo conectado a la patita OSC1 como se muestra en la siguiente figura:



FiguraV.40. Conexión RC a un oscilador

Este modo sólo se recomienda cuando la aplicación no requiera una gran precisión en la medición de tiempos.

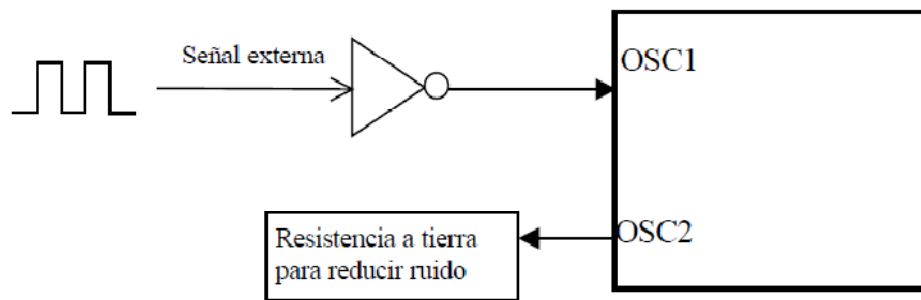
Rangos: La frecuencia de oscilación depende no sólo de los valores de Rext y Cext, sino

también del voltaje de la fuente Vdd. Los rangos admisibles para resistencia y capacitor son:

Rext: de 3 a 100 Kohms

Cext: mayor de 20 pf

Oscilador externo: También es posible conectar una señal de reloj generada mediante un oscilador externo a la patita OSC1 del PIC. Para ello el PIC deberá estar en uno de los tres modos que admiten cristal (LP, XT o HS). La conexión se muestra en la siguiente figura:



FiguraV.41. Conexión de una señal de reloj

Oscilador interno de 4Mhz: En los PIC's que poseen este modo de oscilación, (modo INTRC) el PIC usa un arreglo RC interno que genera una frecuencia de 4 Mhz con un rango de error calibrable de $\pm 1.5\%$. Para calibrar el error de oscilación se usan los bits CAL3, CAL2, CAL1 Y CAL0 del registro OSCCAL.

Calibración del oscilador interno: El fabricante ha colocado un valor de calibración para estos bits en la última dirección de la memoria de programa. Este dato ha sido guardado en la forma de una instrucción RETLW XX. Si no se quiere perder este valor al

borrar el PIC (en versiones EPROM con ventana) primero se deberá leer y copiar. Es una buena idea escribirlo en el empaquetado antes de borrar la memoria).

5.7.2. Características

La siguiente es una lista de las características que comparte el PIC16F877 con los dispositivos más cercanos de su familia:

PIC16F873	PIC16F874	PIC16F876	PIC16F877
-----------	-----------	-----------	-----------

CPU:

- Tecnología RISC
- Sólo 35 instrucciones que aprender
- Todas las instrucciones se ejecutan en un ciclo de reloj, excepto los saltos que requieren dos.
- Frecuencia de operación de 0 a 20 MHz (200 ns de ciclo de instrucción)
- Opciones de selección del oscilador

Memoria:

- Hasta 8k x 14 bits de memoria Flash de programa
- Hasta 368 bytes de memoria de datos (RAM)
- Hasta 256 bytes de memoria de datos EEPROM
- Lectura/escritura de la CPU a la memoria flash de programa
- Protección programable de código
- Stack de hardware de 8 niveles

Reset e interrupciones:

- Hasta 14 fuentes de interrupción
- Reset de encendido (POR)
- Timer de encendido (PWRT)
- Timer de arranque del oscilador (OST)
- Sistema de vigilancia Watchdogtimer.

Otros:

- Modo SLEEP de bajo consumo de energía
- Programación y depuración serie “In-Circuit” (ICSP) a través de dos patitas
- Rango de voltaje de operación de 2.0 a 5.5 V
- Alta disipación de corriente de la fuente: 25mA
- Rangos de temperatura: Comercial, Industrial y Extendido
- Bajo consumo de potencia:
 - Menos de 0.6mA a 3V, 4 Mhz
 - 20 μ A a 3V, 32 kHz
 - Menos de 1 μ A corriente de standby (modo SLEEP).

5.7.3. Periféricos:

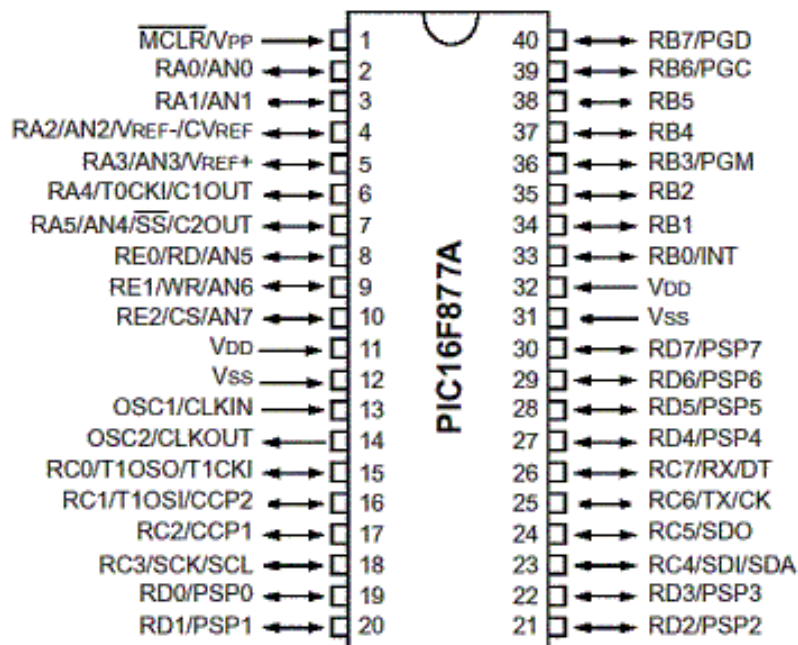
Tabla V.XII. Periféricos de los PICs de Microchip

Periférico	PIC16F873 PIC16F876	PIC16F874 PIC16F877	Características
------------	------------------------	------------------------	-----------------

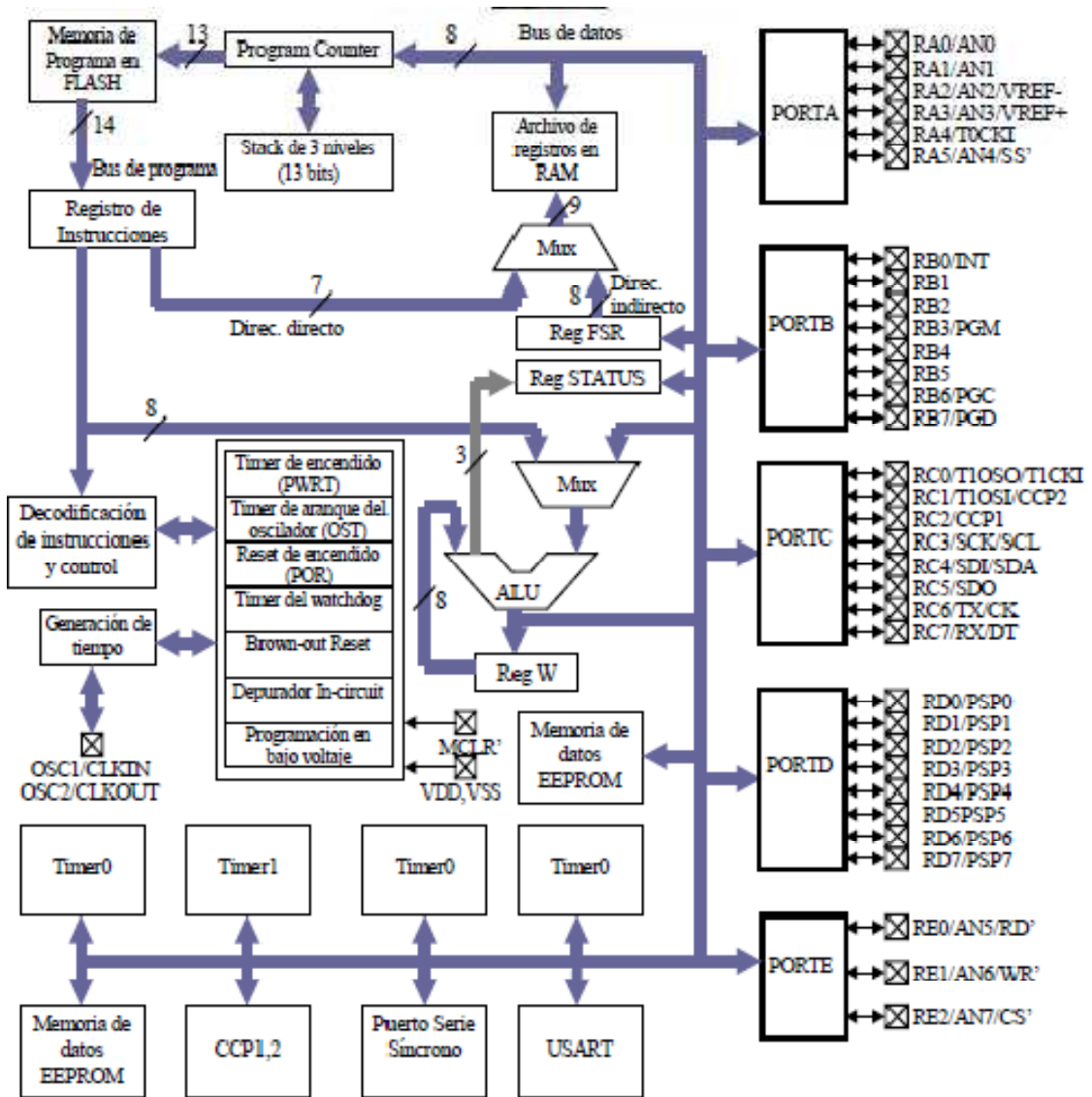
3 a 5 Puertos paralelos	PortA,B,C	PortA, B,C,D,E	con líneas digitales programables individualmente
3 Timers	Timer0	Timer0	Contador/Temporizador de 8 bits con pre-escalador de 8 bits
	Timer1	Timer1	Contador/Temporizador de 16 bits con pre-escalador
	Timer2	Timer2	Contador/Temporizador de 8 bits con pre-escalador y post-escalador de 8 bits y registro de periodo
2 módulos CCP	Captura	Captura	16 bits, 1.5 ns de resolución máxima
	Comparación	Comparación	16 bits, 200 ns de resolución máxima
	PWM	PWM	10 bits
1 Convertidor A/D	AN0,...,AN4	AN0,...,AN7	de 10 bits, hasta 8 canales
PuertosSerie	SSP	SSP	Puerto Serie Síncrono
	USART/SCI	USART/SCI	Puerto Serie Universal
	ICSP	ICSP	Puerto serie para programación y depuración "in circuit"
Puerto Paralelo Esclavo	PSP	PSP	Puerto de 8 bits con líneas de protocolo

5.7.4. Diagrama de Bloques del PIC16F877

En la siguiente figura se muestra a manera de bloques la organización interna del PIC16F877, Se muestra también junto a este diagrama su diagrama de patitas, para tener una visión conjunta del interior y exterior del Chip.



FiguraV.42. PinesdelPIC16F877A



FiguraV.43. Diagrama de Bloques del PIC16F877

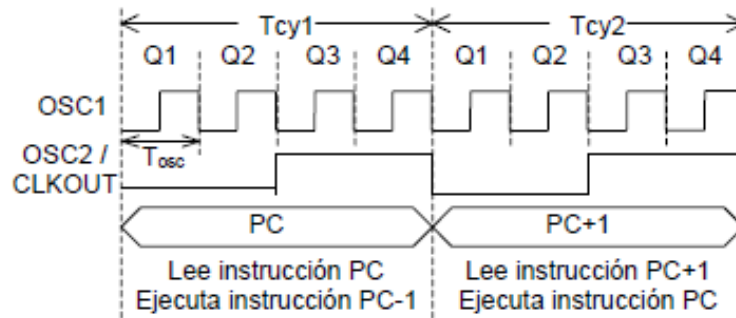
5.7.5. Descripción de la CPU

La CPU es la responsable de la interpretación y ejecución de la información (instrucciones) guardada en la memoria de programa. Muchas de estas instrucciones operan sobre la memoria de datos. Para operar sobre la memoria de datos además, si se van a realizar operaciones lógicas o aritméticas, requieren usar la Unidad de Lógica y Aritmética (ALU). La ALU controla los bits de estado (Registro

STATUS), los bits de este registro se alteran dependiendo del resultado de algunas instrucciones.

5.7.5.1. Ciclo de instrucción

El registro ProgramCounter (PC) es gobernado por el ciclo de instrucción como muestra en la siguiente figura. Cada ciclo de instrucción la CPU lee (ciclo Fetch) la instrucción guardada en la memoria de programa apuntada por PC y al mismo tiempo ejecuta la instrucción anterior, esto debido a una cola de instrucciones que le permite ejecutar una instrucción mientras lee la próxima:



FiguraV.44. Registro ProgramCounter

Como puede verse, cada ciclo de instrucción ($T_{cy} = 4T_{osc}$) se compone a su vez de cuatro ciclos del oscilador ($T_{osc} = 1/F_{osc}$). Cada ciclo Q provee la sincronización para los siguientes eventos:

- Q1: Decodificación de la instrucción
- Q2: Lectura del dato (si lo hay)
- Q3: Procesa el dato
- Q4: Escribe el dato

Debido a esto cada ciclo de instrucción consume 4 ciclos de reloj, de manera que si la

frecuencia de oscilación es F_{osc} , T_{cy} será $4/F_{osc}$.

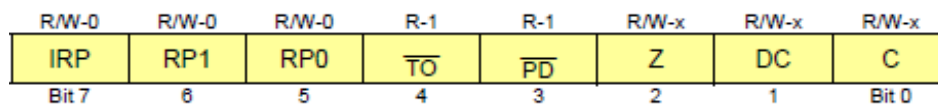
5.7.5.2. Registros de la CPU

Registro PC: Registro de 13 bits que siempre apunta a la siguiente instrucción a ejecutarse. En la siguiente sección se dan mayores detalles en el manejo de este registro.

Registro de Instrucción: Registro de 14 bits. Todas las instrucciones se colocan en él para ser decodificadas por la CPU antes de ejecutarlas.

Registro W: Registro de 8 bits que guarda resultados temporales de las operaciones realizadas por la ALU.

Registro STATUS: Registro de 8 bits, cada uno de sus bits (denominados Banderas) es un indicador de estado de la CPU o del resultado de la última operación como se indica en la siguiente figura:



FiguraV.45. Registro STATUS

Notación:

R = Bit leíble, W = Bit Escribible, U = No implementado (se lee como 0)

-n= Valor después del Reset de encendido

Z.- Este bit se pone (=1) para indicar que el resultado de la última operación fue cero, de lo contrario se limpia (=0)

C.- Bit de acarreo/préstamo' de la última operación aritmética (en el caso de préstamo (resta), el bit se invierte antes de guardarse)

DC.- Acarreo/préstamo, proveniente del cuarto bit menos significativo. Funciona igual que el bit C, pero para operaciones de 4 bits.

Las restas se realizan sumando el complemento a dos del segundo operando, por ejemplo, para los datos 4FH y 25H:

	Suma:		Resta:		
	4FH	0100 1111	4FH	0100 1111	0100 1111
	+25H	+ 0100 0101	-25H	- 0100 0101	+ 1101 1011
Resultado:	<u>74 H</u>	<u>0 0111 0100</u>	<u>2AH</u>	<u> </u>	<u>1 0010 1010</u>
Bits C,DC:		C=0, DC=1			C=0, DC=0

CAPÍTULO VI

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL ROBOT

6.1. Diseño de la Estructura Mecánica del Robot

Luego de haber realizado el estudio necesario de los tipos de zoo robots que existen y del comportamiento de una mascota (Anexo II) se ha decidido construir un robot cuadrúpedo que realizará los movimientos básicos de un perro doméstico. Para el desarrollo práctico, de la aplicación en lo que se refiere a la parte mecánica se ha diseñado un robot con 15 grados de libertad que tiene la apariencia de un perro, para lo cual se tiene los siguientes elementos:

- **Aluminio**

Se ha escogido este material para la construcción de la carcasa y soporte mecánico del robot debido a que es un metal dúctil, maleable y de peso ligero, posee una combinación de propiedades que lo hacen muy útil en comparación a otro tipo de materiales como plástico o metal.

Adicionalmente se escogió una pieza plástica de un juguete reciclado con la forma de una cabeza canina.

- **Servomotor HSR-8498HB**

Para realizar los distintos movimientos del robot se utilizaron 13 servomotores Hitec HSR-8498HB como se mencionó en el capítulo IV de este documento, es un servo digital de 7,4 kg.cm de torque. Este motor es muy útil para la elaboración de articulaciones para robots, debido a que posee un doble eje que mejora el equilibrio y la fiabilidad del sistema.

Además se utilizó 2 micro servos TP SG90, uno para realizar el movimiento de la cola y otro para la cabeza del robot.

6.1.1. Elaboración de Piezas

El diseño de las piezas para el robot se lo realizó en el software Solid Word (Anexo I), basándose en la forma que tiene un perro se procedió a elaborar cada pieza tomando

en cuenta las medidas de los servomotores Hitec HSR-8498HB para realizar las articulaciones.

Posteriormente se procedió a imprimir las piezas en papel, las cuales fueron recortadas para tener un molde de cada una. Se las copió en una plancha de Aluminio y se recortó cada pieza.

Se realizaron los dobleces necesarios en una dobladora y finalmente se realizaron las perforaciones para atornillarlas a los servomotores y a los demás componentes.






FiguraVI.46. Doblando las piezas



FiguraVI.47. Piezas del robot

6.1.2. Número de Piezas y Formas

Tabla VI.XIII.Número de piezas utilizadas




Modelo	Número	Código
	1 pc	PZ-01
	1 pc	PZ-02
	1 pc	PZ-03
	1 pc	PZ-04

		
	1 pz	PZ-05
	9 pzs	PZ-06
Modelo	Número	Código
	2pzs	PZ-07
	8 pzs	PZ-08
	1 pz	PZ-09

	<p>1 pz</p>	<p>PZ-10</p>
	<p>4 pz</p>	<p>PZ-11</p>

6.1.3. Número de Motores

Tabla VI.XIV.Motores utilizados

Modelo	Número	Código
	<p>8pzs</p>	<p>MOT-01</p>
	<p>5 pzs</p>	<p>MOT-02</p>
	<p>2 pzs</p>	<p>MOT-03</p>

--	--	--

6.1.4. Montaje de la Estructura

6.1.4.1. Montaje de las 4 extremidades

En la realización del montaje de las extremidades se utilizó para cada una dos servos MOT-01, dos piezas PZ-08, una pieza PZ-06 y tornillos. Se procedió a quitar los tornillos de los ejes del servo y luego los de la parte frontal y posterior del otro servo (MOT-01), los cuales se utilizan para atornillarlas piezas PZ-08 a los servomotores.



FiguraVI.48. Piezas utilizadas para cada extremidad del robot



FiguraVI.49. Montaje de las piezas PZ-08 a los motores MOT-01

Luego se atornilla los ejes del MOT-01 a la pieza PZ-06 como se muestra en la figura:



FiguraVI.50. Montaje de la pieza PZ-06 al servo MOT-01

De esta manera se procede a armar las 3 extremidades restantes.

6.1.4.2. Montaje de la parte frontal del cuerpo

En la construcción de la parte frontal del cuerpo del robot se utilizó las piezas PZ-01, PZ-02, dos motores MOT-02 y tornillos de 1 x 8 pulgadas con sus respectivas tuercas.



FiguraVI.51. Piezas utilizadas en la parte frontal del robot

Se procede a atornillar las piezas PZ-01 y PZ-02 a cada servomotor, luego se coloca las piezas PZ-06 en cada servo.

Finalmente se ubican las 2 piezas PZ-07 en las que se va a colocar la cabeza, las cuales van atornilladas en el centro de las piezas PZ-01 y PZ-02 ya armadas.



FiguraVI.52. Parte frontal del robot ya armada

6.1.4.3. Montaje de la cabeza y cuello

Para armar la cabeza del robot se utiliza una pieza plástica de un robot de juguete reciclado y un micro servo; para el cuello se utiliza un servomotor MOT-01 y una pieza PZ-06.

Primeramente se procede a colocar el micro servo en la cabeza plástica.



FiguraVI.53. Posición del micro servo en la cabeza del robot

Luego se atornilla la pieza PZ-06 al micro servo.



FiguraVI.54. Unión de la pieza PZ-06 al micro servo

Finalmente se coloca el servo MOT-01 en la pieza PZ-06.



FiguraVI.55. Unión de la cabeza al servomotor del cuello

6.1.4.4. Montaje de la parte posterior del cuerpo

Los componentes necesarios para el montaje de la parte posterior del cuerpo del robot son las piezas PZ-04, PZ-05, PZ-09, dos piezas PZ-06, dos servomotores MOT-02, un micro servo y tornillos.



FiguraVI.56. Elementos utilizados en la parte posterior del robot

Se procedió a atornillar las piezas PZ-04 y PZ-05 a los servomotores MOT-01. Luego se colocó las piezas PZ-06 en cada servo.

Luego se colocó el micro servo en la ranura central de la pieza PZ-05 y se lo atornilló a la pieza PZ-09.



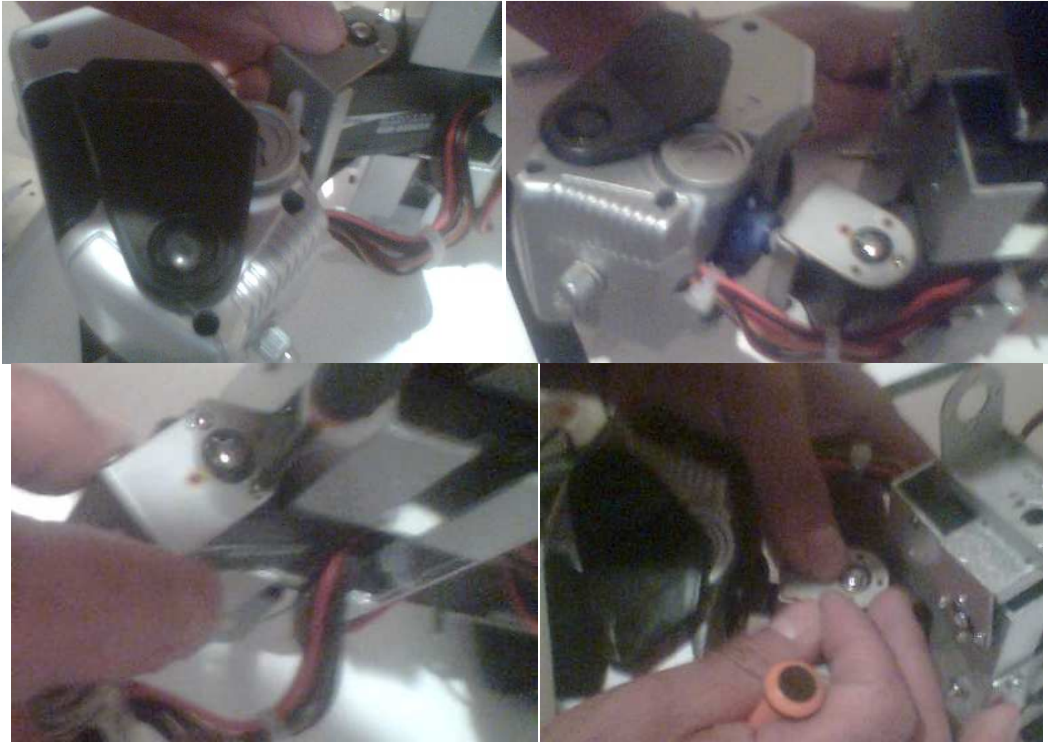
FiguraVI.57. Parte posterior terminada

6.1.4.5. Montaje de todas las partes del cuerpo

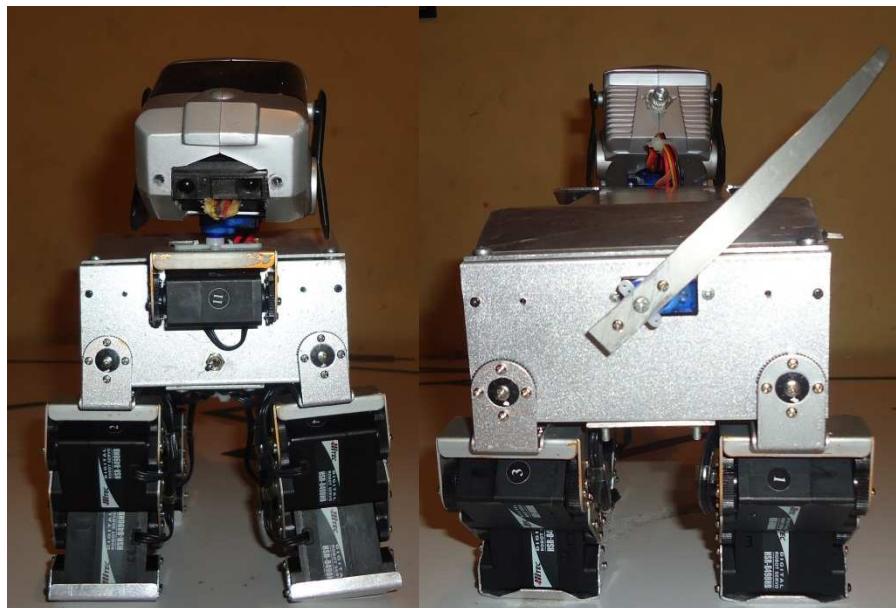
El montaje de las partes del cuerpo consiste en unir la parte delantera y posterior a la pieza PZ-03 y PZ-10, luego se une las extremidades y la cabeza del robot, finalmente se unen las piezas PZ-11, como se muestra a continuación:



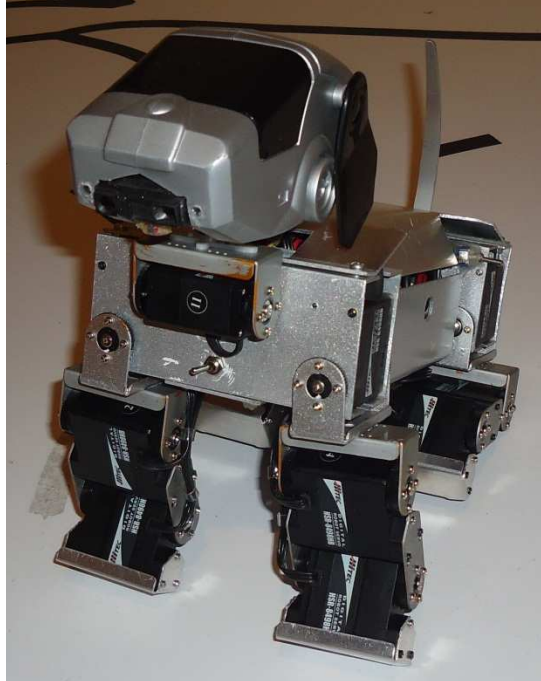
FiguraVI.58. Montaje de las extremidades al cuerpo del robot



FiguraVI.59. Montaje de la cabeza al cuerpo del robot



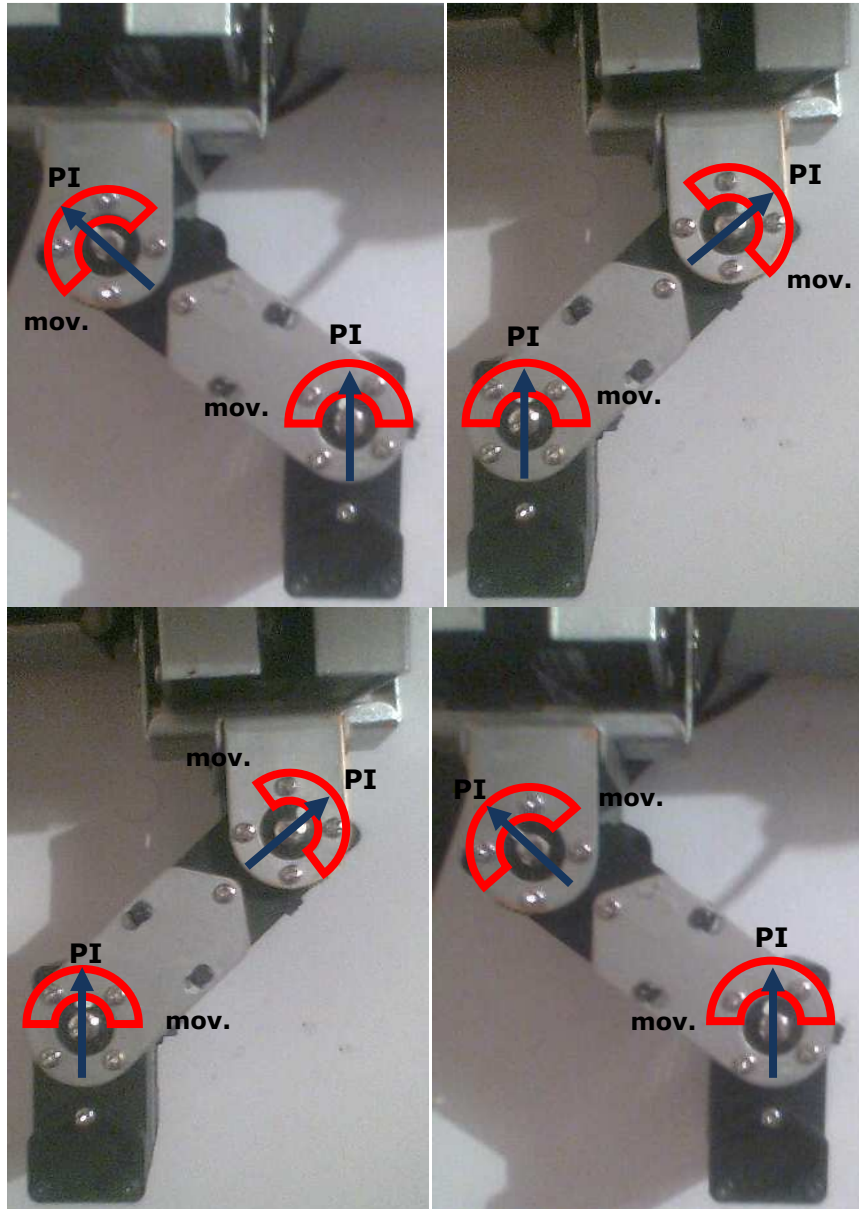
FiguraVI.60. Parte frontal y posterior del robot terminadas



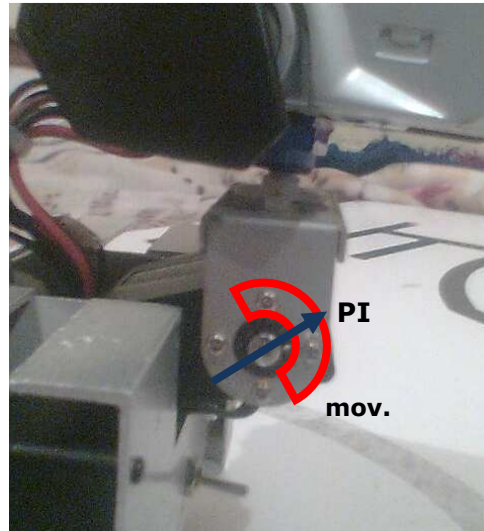
FiguraVI.61. Robot Armado

6.2. Movimientos de los Servomotores en el Robot

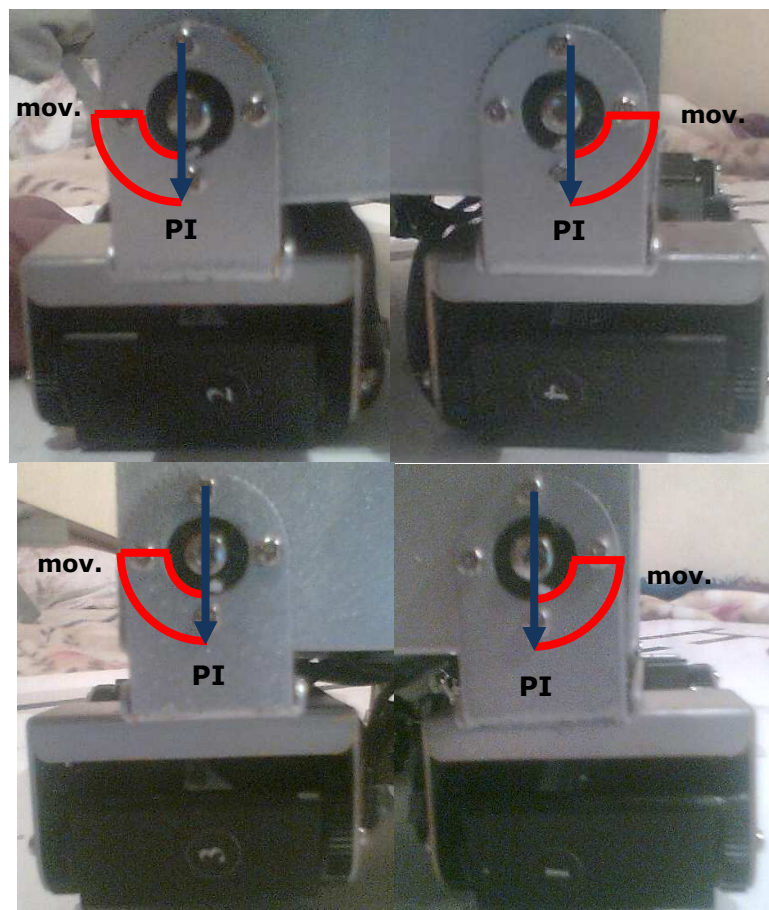
Para la realización del movimiento de los servomotores es necesario que cada motor se encuentre en una posición inicial (90°) para que el robot tenga equilibrio y pueda realizar las órdenes correctamente.



FiguraVI.62. Movimiento de las extremidades



FiguraVI.63. Movimiento del cuello



FiguraVI.64. Movimiento de hombros y cadera



FiguraVI.65. Movimiento del micro servo ubicado en la cabeza

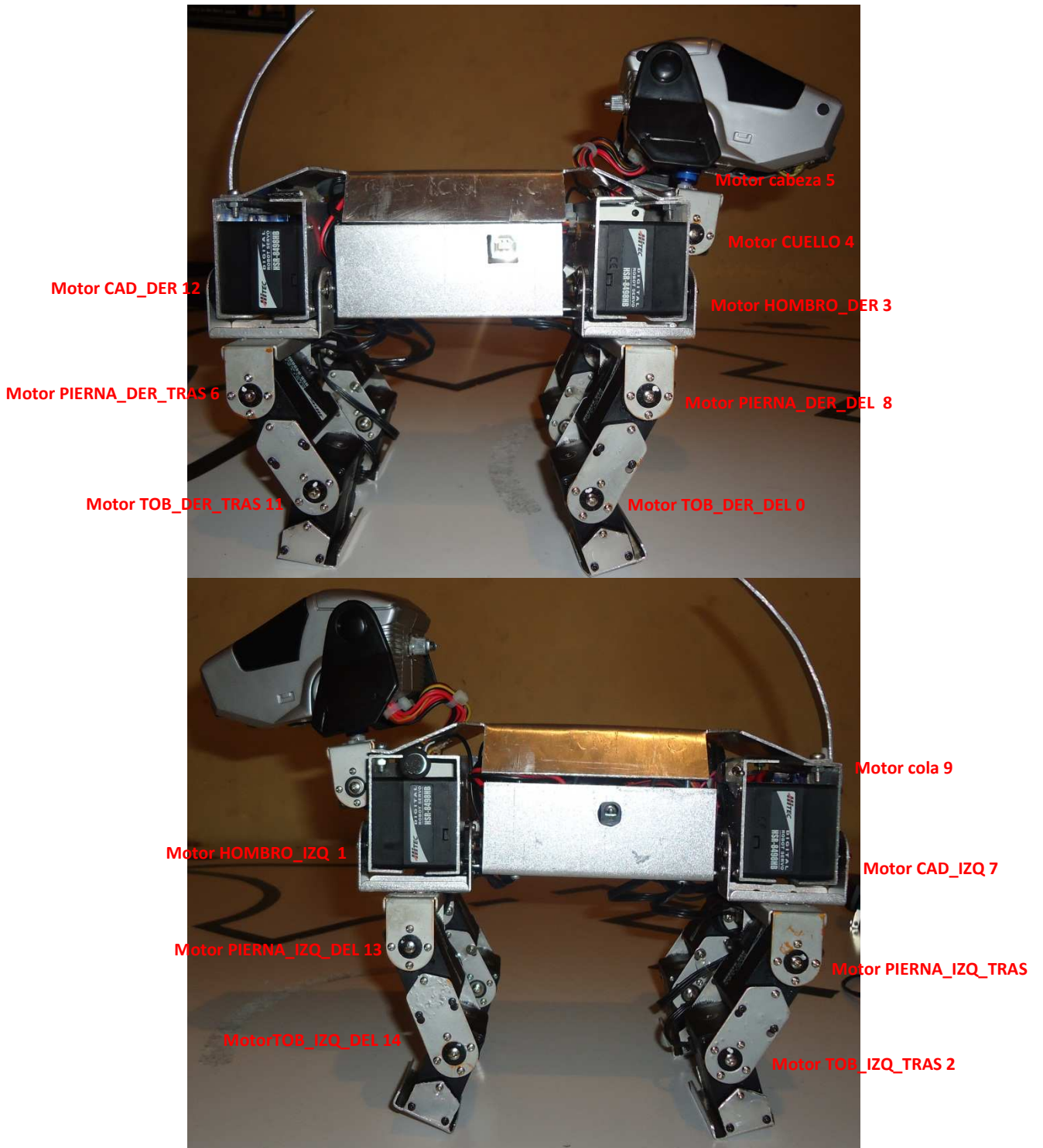


FiguraVI.66. Movimiento del micro servo ubicado en la cola

De acuerdo con las imágenes anteriores los servos se mueven desde el punto inicial (PI = 90°) +90 gradosy -90 grados (de 90° a 0° , de 90° a 180° y viceversa).

6.3. Diagrama de Posicionamiento de los Motores

En este diagrama se presenta la ubicación de cada uno de los 15 servomotores, los cuales están identificados para su respectiva configuración, en el momento de programar y colocarlos en posiciones de acuerdo a cada movimiento.



FiguraVI.67. Diagrama de posición de los servomotores

6.4. Diseño del Sistema Electrónico del Robot

Para el desarrollo del sistema electrónico fue necesario el estudio de los microcontroladores mencionados en el capítulo V; se utiliza el PIC16F628A para la conexión del módulo procesador de voz y recepción de los datos, los cuales son procesados y enviados al PIC16F877A el cual se utiliza para el control de los 15 servomotores, es decir realizará los movimientos programados.

6.4.1. Diseño de la placa

El diseño de la placa electrónica del robot se lo realizó en el Programa PROTEUS, el cual es una aplicación CAD que se compone de tres módulos básicos²⁸:

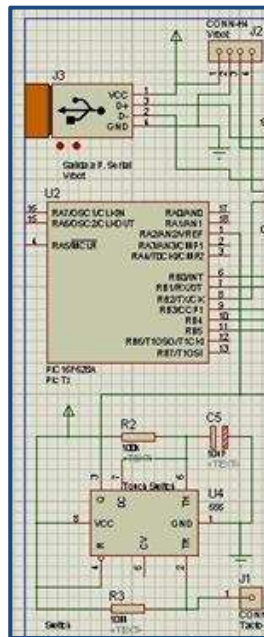
- **ISIS** (“Intelligent Schematic Input System”) que es el módulo de captura de esquemas.
- **VSM** (“Virtual System Modelling”) es el módulo de simulación, incluyendo PROSPICE.
- **ARES** (“Advanced Routing Modelling”) es el módulo para realización de circuitos impresos (PCB).

Sobre el área de trabajo del módulo ISIS se diseñó el circuito, a continuación se detallan las diferentes etapas utilizadas:

²⁸<http://www.scribd.com/doc/9503803/Proteus-Te-2>

6.4.1.1. Etapa de Procesamiento

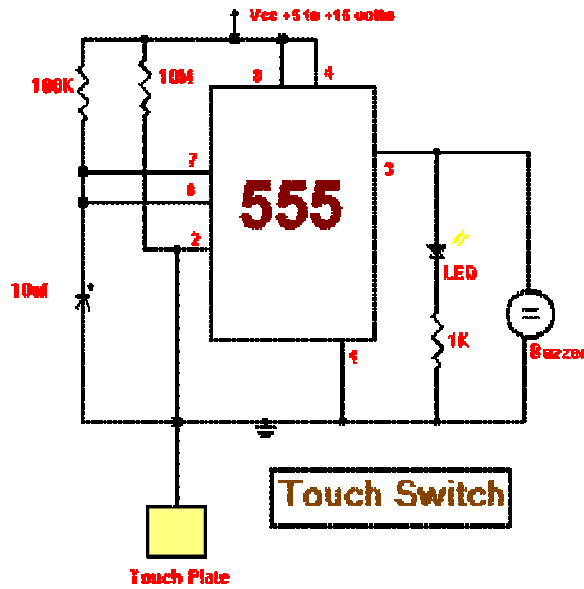
La etapa de procesamiento es en la cual se va a realizar la conexión del módulo procesador de voz (VRbot, ver Capítulo VII y Anexo III) y del circuito TouchSwitchal PIC16F628A.



FiguraVI.68. Etapa de procesamiento

Al enviarle una orden al módulo este recibe la información y la transforma a su respectivo código ASCII (ver Capítulo VII), la cual la envía al microcontrolador, en el que se realiza el procesamiento de cada código, los compara y esa información la envía al microcontrolador PIC16F877A.

El circuito TouchSwitch se lo usa para que reaccione el robot a las caricias realizadas por el administrador.



FiguraVI.69. Circuito Touch Switch

Este circuito utiliza un temporizador 555 como base del interruptor de contacto. Cuando la placa se toca el temporizador 555 se activa y la salida en el pin 3 pasa a alta. El tiempo que la salida está en alta se basa en los valores del condensador y una resistencia conectada a la patilla 6 y 7. La resistencia de 10M en el pin 2 hace que el circuito sea muy sensible al tacto.

6.4.1.2. Etapa de Control

En esta etapa se realiza la conexión del microcontrolador PIC16F877A al sensor SHARP GP2D12 (ver Capítulo III y Anexo IV) y a los servomotores.

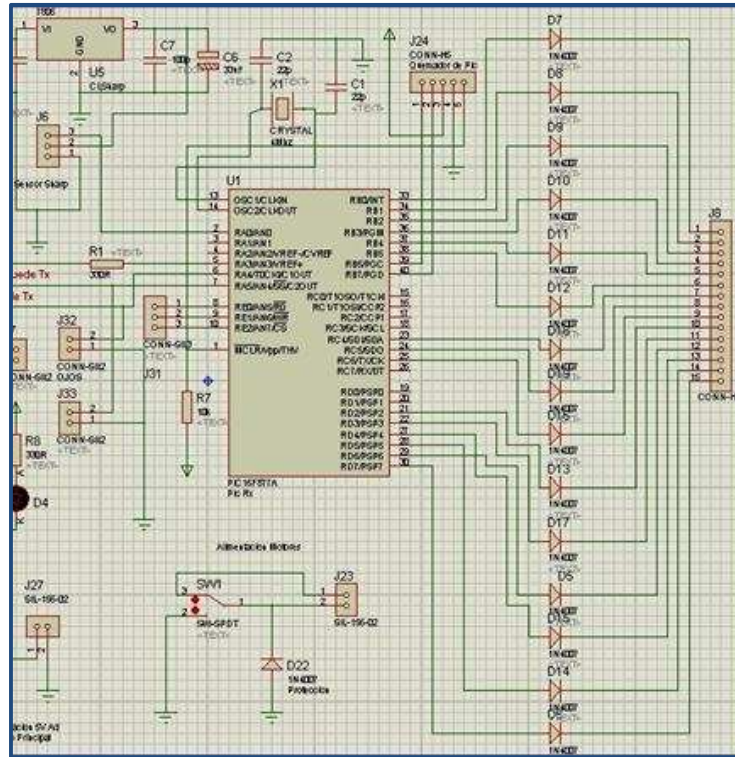


Figura VI.70. Etapa de control

De acuerdo con los datos recibidos del μC PIC16F628A y del sensor SHARP se realiza la programación de los diferentes movimientos del robot.

6.4.1.3. Etapa de Alimentación

Para la alimentación del circuito se utilizan dos baterías de CC de 9 V para el circuito principal y una batería de 6 V para los 16 servomotores.

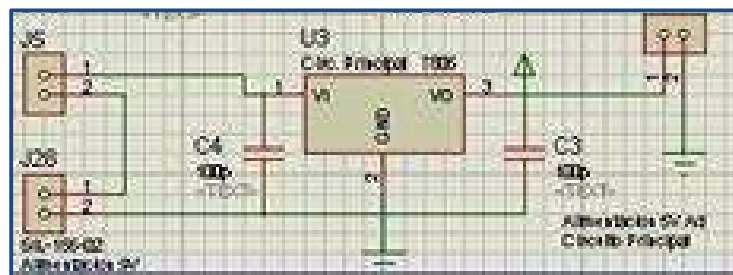


Figura VI.71. Alimentación del circuito principal

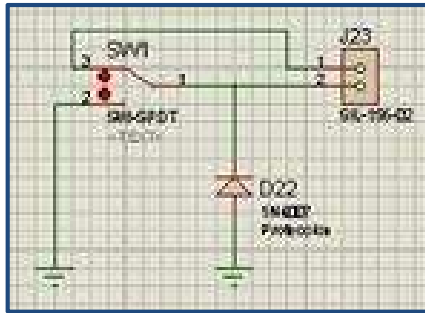
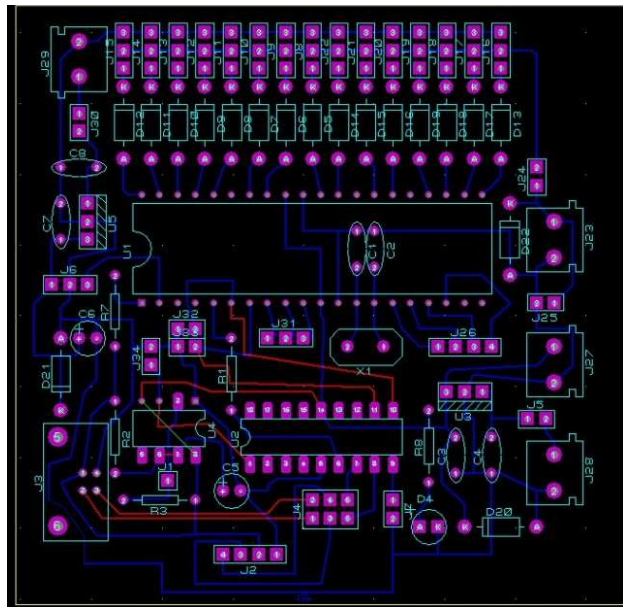


Figura VI.72. Alimentación de los servomotores

6.4.1.4. Elaboración de la Placa (PCB)

Una vez diseñado el circuito se genera la placa en el módulo ARES.



Para realizar la transferencia de las pistas a la placa se pasa una plancha doméstica, que debe estar al máximo de temperatura, aplicando el máximo peso por unos 20 o 30 segundos sobre el acetato para que quede grabado el diseño del circuito en la placa.

En un recipiente con agua caliente se coloca una porción de cloruro férrico, introducimos la placa en dicha solución, se la deja ahí durante 15 o 30 minutos, revisando si ya se ha retirado todo el cobre no protegido.

Finalmente se retira la placa de la solución ácida y se procede a realizar las perforaciones necesarias donde se ubicarán los componentes.

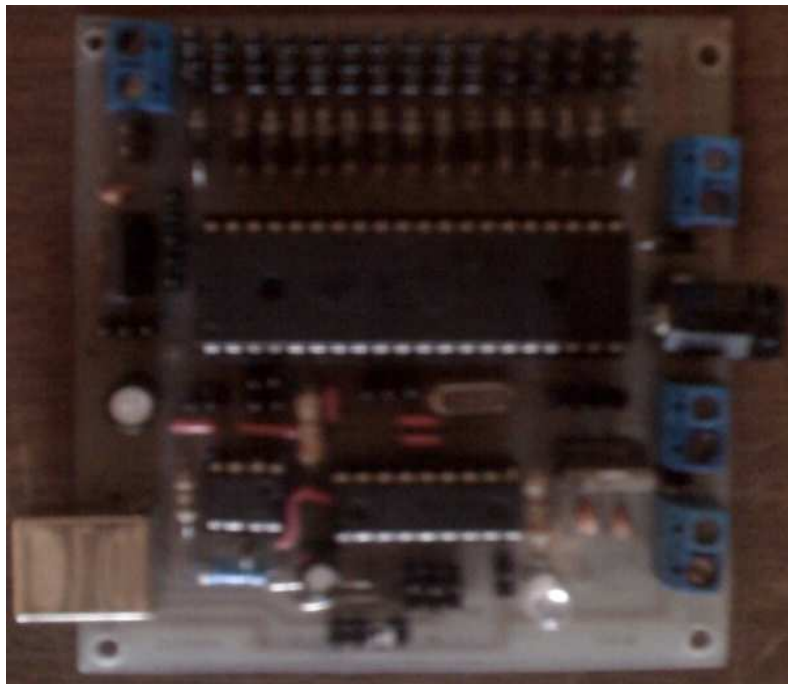


Figura VI.74. Placa terminada con sus componentes adaptados

CAPÍTULO VII

PROCESAMIENTO DE VOZ

7.1. Reconocimiento del habla

El Reconocimiento Automático del Habla (RAH) o Reconocimiento Automático de Voz es una parte de la Inteligencia Artificial que tiene como objetivo permitir la comunicación hablada entre seres humanos y computadoras electrónicas. El problema que se plantea en un sistema de RAH es el de hacer cooperar un conjunto de informaciones que provienen de diversas fuentes de conocimiento (acústica, fonética, fonológica, léxica, sintáctica, semántica y pragmática), en presencia de ambigüedades, incertidumbres y errores inevitables para llegar a obtener una interpretación aceptable del mensaje acústico recibido.

Un sistema de reconocimiento de voz es una herramienta computacional capaz de procesar la señal de voz emitida por el ser humano y reconocer la información contenida en ésta, convirtiéndola en texto o emitiendo órdenes que actúan sobre un proceso. En su desarrollo intervienen diversas disciplinas, tales como: la fisiología, la acústica, el procesamiento de señales, la inteligencia artificial y la ciencia de la computación²⁹.

Para la realización del robot se realizaron los estudios de diferentes módulos de reconocimiento de voz por lo que se determinó que el más apropiado era el módulo denominado VRbot, el cual se detalla a continuación:

7.2. Módulo de Reconocimiento de voz VRbot

Se trata de un potente y asequible módulo para el reconocimiento de voz. Estas voces pueden estar predefinidas y grabadas internamente. Se dice que son voces independientes del micrófono (SI). También puede grabar y reconocer voces definidas por el propio usuario y en cualquier idioma. En este caso se tratan de voces dependientes del micrófono (SD), que se supone previamente han sido “enseñadas” y grabadas en la memoria interna del módulo.

7.2.1. Aplicaciones

²⁹http://es.wikipedia.org/wiki/Reconocimiento_de_voz

Son numerosas las posibles aplicaciones del módulo de reconocimiento VRbot. Algunas sugerencias:

- Sistemas de control de propósito general que se deseen gobernar mediante voz
- Automatización de aplicaciones en el ámbito doméstico
- Control de acceso por voz
- Sistemas robóticos controlados por voz

7.2.2. Características

Se pueden destacar las más relevantes:

- 23 comandos y voces pre-programados (SI) en: inglés, italiano, japonés y alemán
- Hasta 32 comandos y sus voces definidas por el usuario (SD) en cualquier idioma
- Los comandos y voces SD se pueden organizar en hasta 16 grupos
- Se dispone de un interface gráfico de usuario (GUI) para Windows que permite una rápida familiarización con el uso del módulo.
- El módulo se puede conectar fácilmente con cualquier tipo de controlador mediante una sencilla comunicación serie.
- Dispone de un potente protocolo de comandos para el desarrollo de cualquier aplicación basada en el reconocimiento de voz.
- Alimentación de 3.3V a 5V

7.2.3. Presentación

El módulo se presenta totalmente montado y comprobado junto con los cables de alimentación, comunicación y micrófono, tal y como se muestra en la figura VII.75.



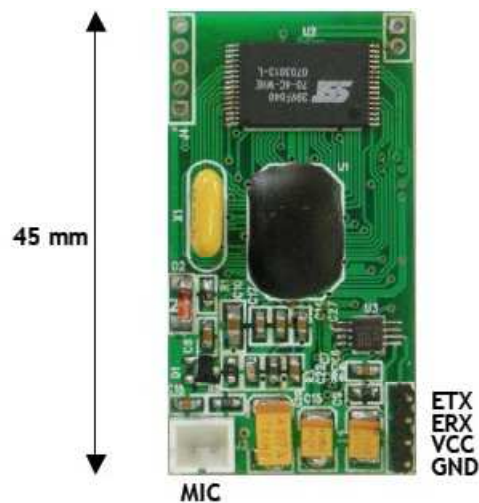
FiguraVII.75. Módulo VRbot

7.2.4. Especificaciones técnicas

La figura VII.76., muestra las dimensiones físicas del módulo VRbot así como la disposición de las señales que se explican en la siguiente tabla:

Tabla VII.XV. Disposición de las señales del módulo VRbot

Pin Nº	NOMBRE	TIPO	DESCRIPCIÓN
1	GND	-	Tierra
2	VCC	I	Entrada de alimentación
3	ERX	I	Recepción de datos serie con niveles TTL
4	ETX	O	Transmisión de datos serie con niveles TTL



FiguraVII.76. Dimensiones del módulo VRbot

En la siguiente tabla se resumen las características eléctricas:

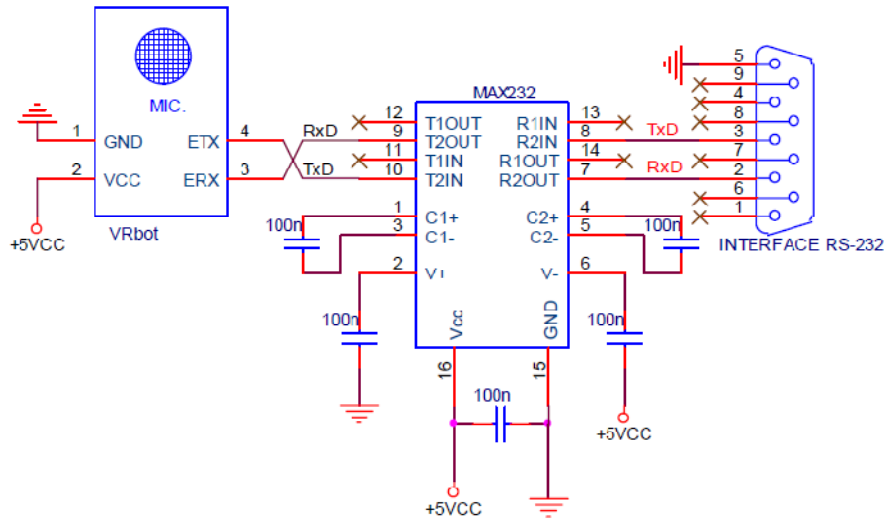
Tabla VII.XVI. Características eléctricas del módulo VRbot

SÍMBOLO	PARÁMETRO	Mín.	Típ.	Máx	UNIDAD
V _{cc}	Tensión de alimentación	3.3	5	5.5	V
Ta	Temperatura ambiente de trabajo	0	25	7'	°C
ERX	Recepción de datos serie	0	-	V _{cc}	V
ETX	Transmisión de datos serie	0	-	V _{cc}	V
I _s	Consumo en el modo sleep		<1		mA
I _o	Consumo en el modo normal de operación		12		mA

7.2.5. GUI: El Interface Gráfico de Usuario

Junto con el módulo VRbot se adjunta un software para Windows, el VRbot GUI. Se trata de un interface gráfico de usuario que permite utilizar y analizar de forma rápida, eficaz y sencilla todas las funciones del módulo de reconocimiento VRbot.

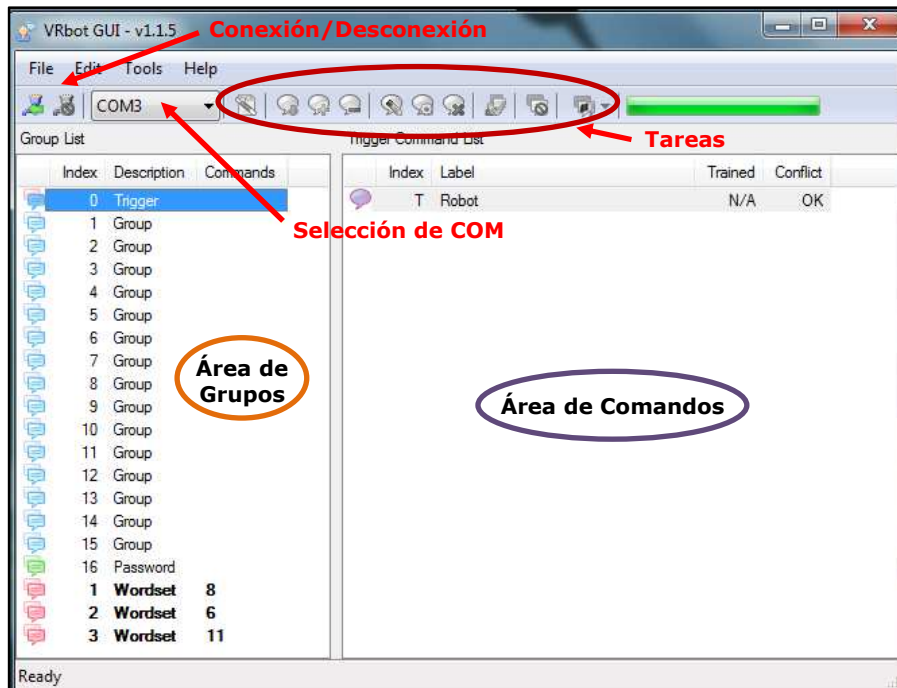
Su instalación en el PC es muy sencilla y lo único que hay que realizar son las conexiones adecuadas de las señales ETX, ERX y alimentación. Las señales de comunicación de datos son compatibles con niveles de tensión TTL por lo que NO se pueden conectar directamente al puerto COM del PC. Hay que realizar el clásico circuito para la adaptación de niveles TTL a RS232, por ejemplo mediante el conocido circuito MAX232 como se muestra en el esquema de la figura VII.77.



FiguraVII.77. Esquema de interface de TTL a RS232 mediante el MAX232

7.2.6. Estableciendo la comunicación

Una vez instalado el programa VRbot GUI y realizadas las conexiones eléctricas entre el módulo y el COM del PC, ejecutamos la aplicación. Nos aparecerá una ventana de trabajo como la mostrada en la figura VII.78.



FiguraVII.78. Área de trabajo del VRbot

En el ángulo superior izquierdo de la ventana tenemos un desplegable que permitirá seleccionar el canal COM disponible en nuestro PC. También disponemos de dos botones para la conexión/desconexión de la comunicación entre el módulo VRbot y el PC.

En la parte superior central existen una serie de botones con las diferentes tareas que podemos realizar con el módulo: añadir/editar/borrar comandos, enseñanza de las voces asociadas a los comandos, reconocimiento de esas voces, etc. Cada vez que se establece la comunicación el software VRbot GUI lee el contenido del módulo en su totalidad y lo traslada a las diferentes áreas de trabajo: el área de grupos y el área de comandos.

En el área de grupos aparecen los grupos 0-16 disponibles para almacenar las voces definidas por el usuario (SD) y otros tres grupos llamados "Wordset 1-3" donde están almacenadas las voces pre grabadas o voces SI. Al lado de cada grupo aparecerá también el número de voces que contiene el mismo. Se recuerda que en el módulo se pueden grabar un TOTAL de 32 voces SD definidas por el usuario. Lo que pasa es que estas voces se pueden almacenar o clasificar en diferentes grupos si fuera necesario.

En el área de comandos se editan/visualizan las etiquetas o comandos asociados a las voces y qué posición ocupan dentro de un determinado grupo. Un comando o etiqueta no es ni más ni menos que una cadena ASCII de hasta 32 caracteres. Toda etiqueta o comando debe estar asociado a una voz o viceversa, durante la fase de enseñanza. De

esta forma, cuando el módulo reconozca una voz, devuelve el comando o etiqueta asociada a la misma. Sólo se admiten etiquetas formadas por los caracteres ASCII en mayúsculas desde la A a la Z.

7.2.7. Las voces SI predefinidas

Vienen grabadas de fábrica y no pueden ser modificadas. Pueden ser reconocidas en 4 idiomas diferentes: Inglés, Italiano, Japonés y Alemán. Están almacenadas en los grupos llamados Trigger, Wordset 1, Wordset 2 y Wordset 3. La siguiente tabla muestra los grupos con las etiquetas o comandos (y sus voces) que contienen y para visualizarlas basta con seleccionar, en el área de grupos, el grupo deseado.

Tabla VII.XVII. Voces SI predefinidas en el módulo VRbot

Trigger	Wordset 1	Wordset 2	Wordset 3
0 ROBOT	0 ACTION	0 LEFT	0 ZERO
	1 MOVE	1 RIGHT	1 ONE
	2 TURN	2 UP	2 TWO
	3 RUN	3 DOWN	3 THREE
	4 LOOK	4 FORWARD	4 FOUR
	5 ATTACK	5 BACKWARD	5 FIVE
	6 STOP		6 SIX
	7 HELLO		7 SEVEN
			8 EIGHT
			9 NINE
			10 TEN

Vamos a realizar un primer ejemplo de reconocimiento de voces pre-definidas SI:

- Seleccionamos, mediante el botón “Set Language”, el idioma deseado: Inglés (por defecto), Italiano, Japonés o Alemán.
- Seleccionamos el grupo en que se encuentran las voces a reconocer, por ejemplo el Wordset 3.

- Mediante el botón “Test Group” iniciamos el reconocimiento.
- Dictamos cualquiera de las voces disponibles en el grupo seleccionado.

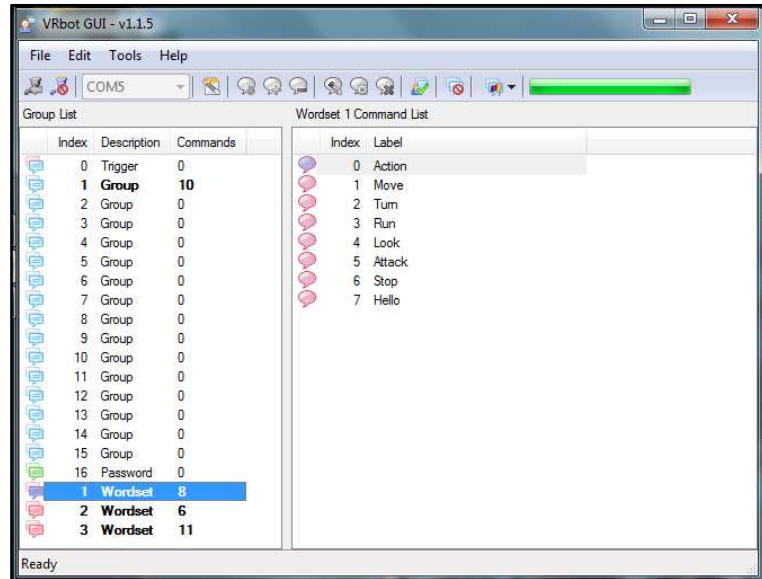


Figura VII.79. Voces SI predefinidas

- Si la voz es reconocida, la etiqueta o comando asociada a ella quedará resaltada.
- Repetir el proceso con diferentes voces de ese grupo o de cualquier otro.
- Si una vez se inicia el proceso de reconocimiento, se tarda un cierto tiempo en dictar la voz, aparecerá un mensaje de rebasamiento del tiempo “Timeroutexpired”.

Al ser reconocida una palabra, en el área de grupos aparecerá resaltado el grupo (por ejemplo Wordset1). En el área de datos aparece resaltada en verde la etiqueta o comando correspondiente a la voz pronunciada (por ejemplo “Run”) que ocupa la posición 3 del grupo seleccionado.

7.2.8. Las voces SD definidas por el usuario

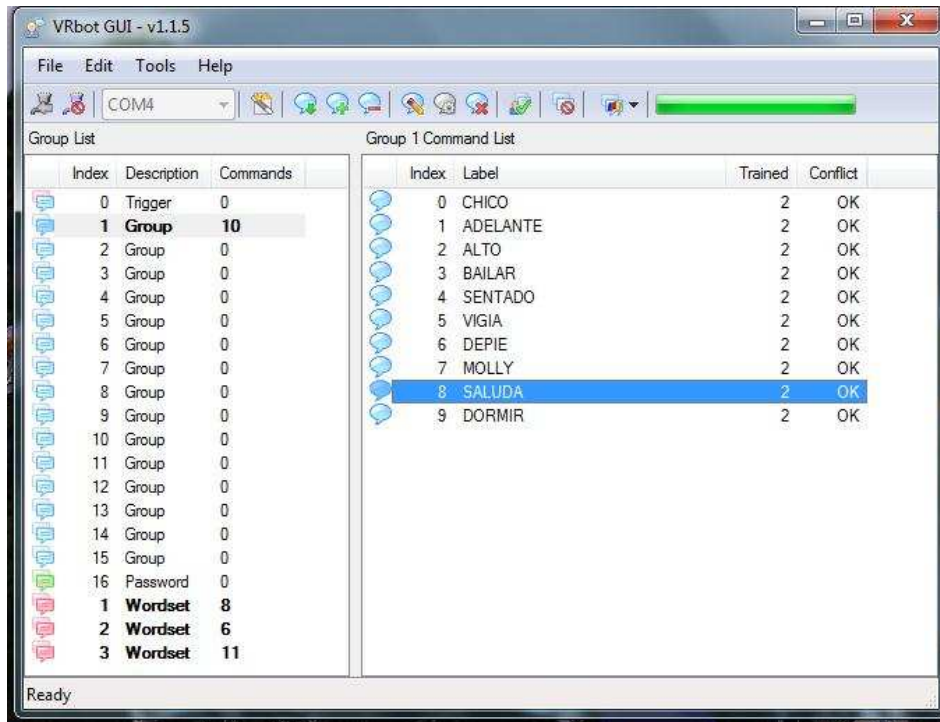
Son las que puede grabar el usuario en cualquier idioma para luego ser reconocidas. El máximo de voces admitidas es de 32 y pueden ser organizadas en diferentes grupos según convenga.

7.2.8.1. Edición de etiquetas y comandos

Como ya se ha comentado, una etiqueta o comando no es más que una cadena ASCII que posteriormente se asociará a una voz de forma que, cuando esta sea reconocida, el sistema responda con ese comando asociado. A continuación vamos a crear o editar la serie de comandos que se utilizan en el Robot Molly:

- 1.** Se selecciona el grupo 1 (Group 1)
- 2.** Mediante el botón "AddCommand" y/o "InsertCommand" se añaden todas las etiquetas o comandos deseados.
- 3.** Se puede emplear los botones "RemoveCommand" y/o "RenameCommand" para borrar y/o renombrar (reeditar) una etiqueta o comando cualquiera de la lista.
- 4.** Para las etiquetas o comandos sólo se admiten los caracteres ASCII de la A a la Z en mayúsculas.
- 5.** Se puede apreciar que a cada comando se le asigna un número que se corresponde con la posición o índice de ese comando respecto al grupo en que se encuentra.
- 6.** En el área de grupos, el grupo seleccionado, va representando el número de comandos que contiene según se van añadiendo.

7. Repetir el proceso para editar los comandos que se muestran en la figura VII.80.

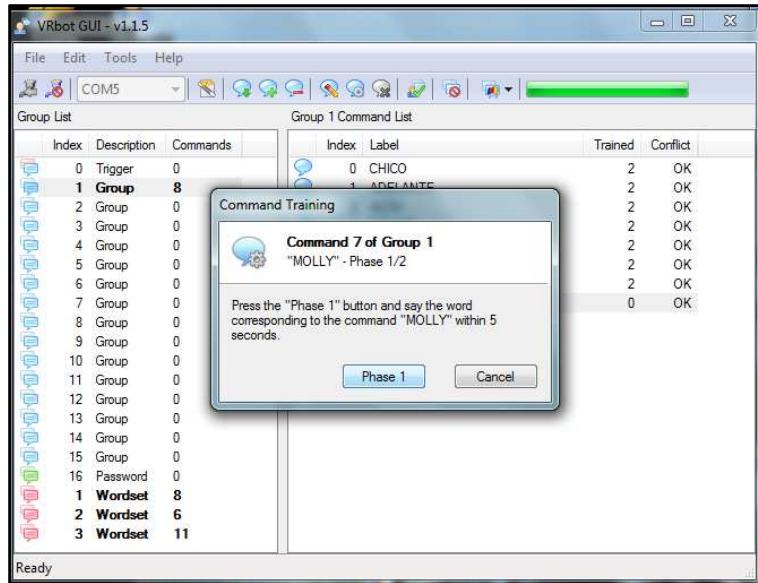


FiguraVII.80.Edición de comandos en el grupo 1

7.2.8.2. El ciclo de enseñanza

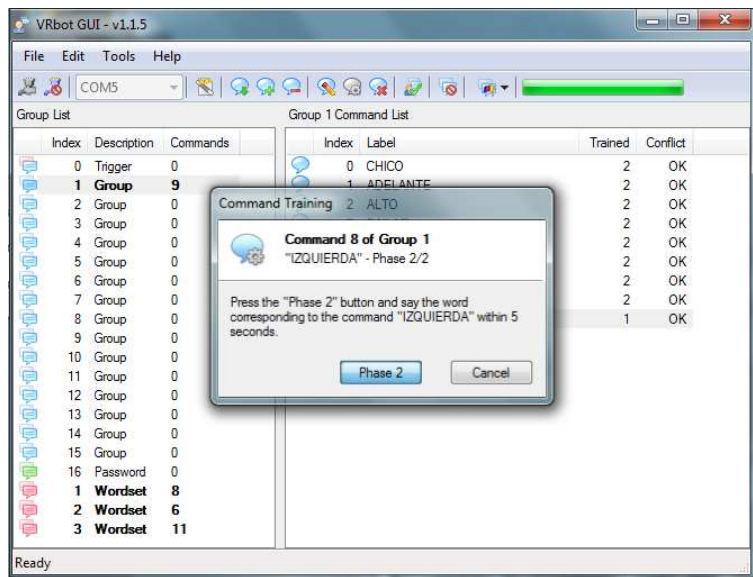
Consiste en grabar las voces que se asociarán a los comandos editados anteriormente y que se usarán durante el reconocimiento:

1. Seleccionar el grupo al que pertenece el comando al que se quiere asociar una voz.
2. Seleccionar el comando propiamente dicho.
3. Mediante el botón “Train Command” se inicia el ciclo de enseñanza.
4. Se dispone de un cierto tiempo para dictar la voz que se desee.



FiguraVII.81.Tiempo de dictado de una palabra

5. Esa voz hay que volver a dictarla una segunda vez para tener una mayor garantía en los posteriores reconocimientos.



FiguraVII.82.Segundo dictado de una palabra

6. Se observa que a la derecha del comando aparece un valor que expresa el número de veces (2) que la voz ha sido enseñada, seguido de OK cuando finaliza el ciclo.
7. Si rebasa el tiempo o si la repetición de la voz por segunda vez no corresponde con la de la primera, aparecerá el correspondiente mensaje de inicio.
8. Repetimos el proceso con todos los comandos disponibles en todos los grupos.

Se debe indicar que, aunque es muy frecuente que una voz coincida con su correspondiente comando, esto no tiene por qué ser necesariamente así. Hay una asociación entre voz y comando o etiqueta aunque sean diferentes.

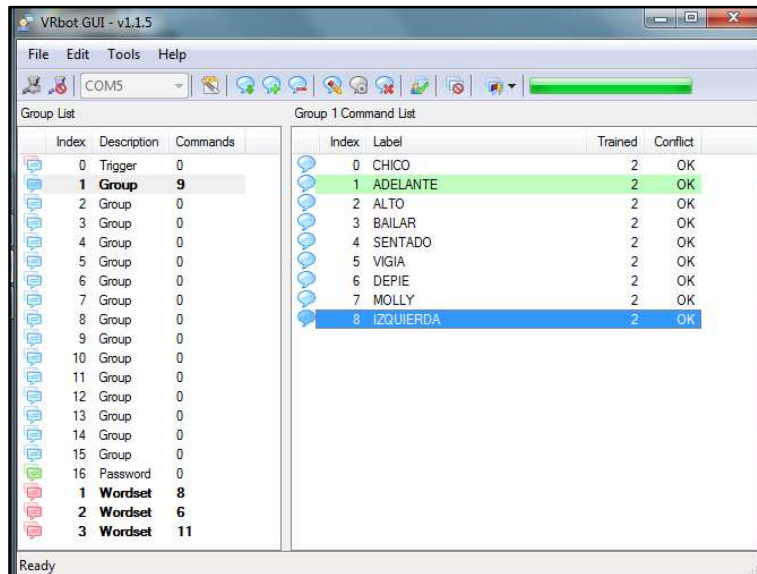
Por ejemplo a la etiqueta "MOLLY" le podemos asociar la voz "HOLA". Durante el posterior reconocimiento cuando dictemos la voz "HOLA", el módulo nos responderá con la etiqueta asociada "MOLLY" y la posición que ocupa dentro del grupo.

7.2.8.3. El reconocimiento

Ahora ya se tiene el módulo VRbot con una serie de etiquetas y voces SD definidas por los usuarios (nosotros). Para el reconocimiento de las mismas basta seguir los mismos pasos que se hicieron anteriormente con el reconocimiento de voces predefinidas SI:

1. Se selecciona el grupo en que se encuentran las voces a reconocer, en este caso el Group 1.
2. Mediante el botón "Test Group" iniciamos el reconocimiento.

3. Dictamos cualquiera de las voces disponibles en el grupo seleccionado.
4. Si la voz es reconocida, la etiqueta o comando asociada a ella quedará resaltada.



FiguraVII.83.Reconocimiento de voz

5. Repetir el proceso con diferentes voces de ese grupo o de cualquier otro.
6. Si una vez se inicia el proceso de reconocimiento, se tarda un cierto tiempo en dictar la voz, aparecerá un mensaje de rebasamiento del tiempo "Timeroutexpired".

7.2.9. El Protocolo de Comunicación del Módulo VRbot

Gracias al protocolo de comunicación del VRbot será posible realizar nuestras propias aplicaciones a medida. Efectivamente, el VRbot se puede conectar, además de a un PC, a cualquier otro sistema de control basado en microcontroladores como pueden ser los PIC's, Basic Stamp, Atmel, Arduino, etc., que actuarán como Host.

El VRbot emplea un UART como interface estándar de comunicación con niveles lógicos compatibles TTL de acuerdo a la tensión con la que se le alimente (3.3-5V). Las conexiones entre el VRbot y el microcontrolador principal (Host MCU) son compatibles a nivel eléctrico. Lo único que se debe tener en cuenta es que la señal de transmisión de datos del VRbot (TX) debe conectarse con la de recepción (RX) del controlador y viceversa. Es decir, las señales se deben cruzar como se muestra en la figura VII.84.

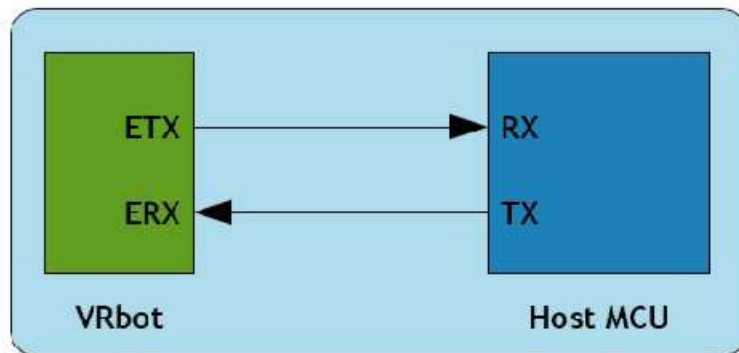


Figura VII.84. Conexión entre el VRbot y un Host

Por defecto, al conectar la alimentación, la configuración de la comunicación es de 9600 baudios, 8 bits de datos, 1 de stop y sin paridad. Los baudios pueden configurarse en el rango de 9600 hasta 115200. En la comunicación solo se emplean caracteres ASCII imprimibles, lo que permite el control de VRbot desde cualquier software de comunicación para PC como, por ejemplo, el hyperterminal de Windows. Se siguen los siguientes criterios:

- Los comandos que se transmiten desde el Host al módulo por la línea TX son siempre caracteres en minúsculas. Por su parte el VRbot responde al Host por la línea RX unos caracteres de estado que también son siempre en minúsculas.

- Los argumentos o parámetros necesarios tanto para los comandos transmitidos como los de estado recibidos, son siempre caracteres en mayúsculas.
- Cada comando que transmite el Host por la línea TX con los argumentos o parámetros necesarios (cero o más caracteres), genera la correspondiente respuesta por parte del VRbot que se recibe por la línea RX. Esta respuesta también puede tener parámetros o argumentos de cero o más caracteres.
- Existe un retardo mínimo entre cada byte enviado al Host por parte del VRbot, que por defecto es de 20mS. Se puede configurar en rangos que van de 0 a 9 ms, de 10 a 90 ms y de 100mS a 1 s. Esto permite adaptarse a la velocidad de proceso alta o baja por parte del Host.
- El flujo de información lo controla el Host en todo momento. Cada byte que manda el VRbot como réplica a un determinado comando, debe ser reconocido por parte del Host que le envía carácter espacio (0x20) para recibir así los sucesivos bytes de respuesta si los hubiera.
- Los comandos y/o argumentos incorrectos quedan reflejados por el correspondiente byte de estado que envía el VRbot al Host para su oportuno tratamiento. Por otra parte si el Host no envía todos los bytes de argumentos o parámetros necesarios por un determinado comando, este es ignorado por parte del módulo VRbot.
- Cada vez que se conecta la alimentación el módulo VRbot queda en el modo sleep de bajo consumo. Para iniciar la comunicación basta con que el Host le mande cualquier carácter.

7.2.10. Los argumentos

Algunos comandos necesitan argumentos o parámetros numéricos para su correcta ejecución. Los valores numéricos de esos parámetros están en el rango de -1 hasta 31. Sin embargo, como ya se ha comentado, la comunicación con el módulo VRbot se realiza siempre mediante caracteres ASCII imprimibles. Así pues los valores numéricos de los parámetros habrá que codificarlos en su equivalente carácter ASCII y viceversa.

Se sigue el siguiente criterio: partiendo del carácter '@' (0x40) y de forma correlativa se representan los valores del -1 al 31. Para los valores positivos del 0 al 31 basta con emplear el carácter 'A' (0x41) como offset.

Tabla VII.XVIII. Argumentos del módulo VRbot

ASCII	'@'	'A'	'B'	'C'	'D'	----	'F'	'G'
HEX	0x40	0x41	0x42	0x43	0x44	----	0x5F	0x60
Valor	-1	0	1	2	3	----	30	31

7.2.11. Los comandos

A continuación se exponen todos los comandos aceptados por el módulo VRbot. Recordemos que los argumentos o parámetros numéricos que precisan alguno de ellos deben ser codificados realmente por su equivalente carácter ASCII imprimible, en mayúsculas, según la tabla VII.XVIII.

Tabla VII.XIX. Comandos del módulo VRbot

NOMBRE	CMD_BREAK	
COD./DESCRIPCION	'b' (0x62)	Aborta la ejecución de cualquier comando previo
ARGUMENTOS	Ninguno	
RESPUESTA	STS_SUCCESS, STS_INTERR	

NOMBRE	CMD_SLEEP	
COD./DESCRIPCION	's' (0x73)	Coloca al módulo VRbot en uno de los modos sleep de bajo consumo
ARGUMENTOS	[1]	Modo sleep (0-8) 0=se reactiva (wake up) al recibir un carácter 1=se reactiva (wake up) al recibir un sonido agudo o un carácter 2=se reactiva (wake up) al recibir un sonido grave o un carácter 3-5=se reactiva (wake up) al recibir una doble palmada o un carácter 6-8=se reactiva (wake up) al recibir una triple palmada o un carácter
RESPUESTA	STS_SUCCESS	

NOMBRE	CMD_KNOW	
COD./DESCRIPCION	'k' (0x6B)	Ajusta el nivel de reconocimiento de las voces pre definidas SI
ARGUMENTOS	[1]	0= nivel bajo: se obtienen muchos resultados válidos 2= típico: valor por defecto 4= nivel alto: se obtienen pocos resultados válidos y hay que pronunciar la voz con precisión
RESPUESTA	STS_SUCCESS	

NOMBRE	CMD_LEVEL	
COD./DESCRIPCION	'v' (0x76)	Ajusta el nivel de reconocimiento de las voces SD definidas por el usuario
ARGUMENTOS	[1]	1=fácil, 2=por defecto, 5=difficil Un valor alto supone una mayor precisión en la dicción y por tanto más errores de reconocimiento
RESPUESTA	STS_SUCCESS	

NOMBRE	CMD_LANGUAGE	
COD./DESCRIPCION	'l' (0x6C)	Ajusta el lenguaje empleado en el reconocimiento de las voces SI
ARGUMENTOS	[1]	0= Inglés, 1= Italiano, 2= Japonés y 3= Alemán
RESPUESTA	STS_SUCCESS	

NOMBRE	CMD_TIMEOUT	
COD./DESCRIPCION	'o' (0x6F)	Ajusta el tiempo de espera durante el reconocimiento de una voz
ARGUMENTOS	[1]	-1= defecto, 0= infinito, 1 a 31= segundos
RESPUESTA	STS_SUCCESS	

NOMBRE	CMD_RECOG_SI	
COD./DESCRIPCION	'i' (0x69)	Activa el ciclo de reconocimiento de voces predefinidas SI en el grupo o wordset especificado
ARGUMENTOS	[1]	0-3= N° del grupo o wordset donde se realizará el reconocimiento
RESPUESTA	STS_SIMILAR, STS_TIMEOUT, STS_ERROR	

NOMBRE	CMD_TRAIN_SD	
COD./DESCRIPCION	't' (0x74)	Activa el ciclo de enseñanza para una nueva voz SD definida por el usuario
ARGUMENTOS	[1]	Grupo donde se grabará la nueva voz: 0= Trigger, 1-15= grupos del 1 al 15, 16=grupo 16 o password
	[2]	Posición dentro del grupo en donde se grabará la voz (0 a 31)
RESPUESTA	STS_SUCCESS, STS_RESULT, STS_TIMEOUT, STS_ERROR	

NOMBRE	CMD_GROUP_SD	
COD./DESCRIPCION	'g' (0x67)	Permite insertar un nuevo comando o etiqueta
ARGUMENTOS	[1]	Grupo donde se insertará el nuevo comando: 0= Trigger, 1-15= grupos del 1 al 15, 16=grupo 16 o password
	[2]	Posición dentro del grupo a partir de la cual se insertara la nueva etiqueta o comando (0 a 31)
RESPUESTA	STS_SUCCESS, STS_OUT_OF_MEM	

NOMBRE	CMD_UNGROUP_SD	
COD./DESCRIPCION	'u' (0x75)	Borra un comando o etiqueta
ARGUMENTOS	[1]	Grupo de donde se borrará el comando: 0= Tigger, 1-15= grupos del 1 al 15, 16=grupo 16 o password
	[2]	Posición dentro del grupo de donde se quita el comando o etiqueta (0 a 31)
RESPUESTA	STS_SUCCESS	

NOMBRE	CMD_RECOG_SD	
COD./DESCRIPCION	'd' (0x64)	Inicia el ciclo de reconocimiento de una voz SD definida por el usuario
ARGUMENTOS	[1]	Grupo donde se encuentran las voces a reconocer (0 a 15)
RESPUESTA	STS_SUCCESS, STS_TIMEOUT, STS_ERROR	

NOMBRE	CMD_ERASE_SD	
COD./DESCRIPCION	'e' (0x65)	Borra una voz definida por el usuario (se supone previamente grabada)
ARGUMENTOS	[1]	Grupo donde se borrará la voz: 0= Tigger, 1-15= grupos del 1 al 15, 16=grupo 16 o password
	[2]	Posición dentro del grupo en que se encuentra la voz a grabar (0 a 31)
RESPUESTA	STS_SUCCESS	

NOMBRE	CMD_NAME_SD	
COD./DESCRIPCION	'n' (0x6E)	Almacena los caracteres que forman la etiqueta o comando
ARGUMENTOS	[1]	Grupo donde se almacenará la etiqueta: 0= Tigger, 1-15= grupos del 1 al 15, 16=grupo 16 o password
	[2]	Posición dentro del grupo donde se desea grabar los caracteres que definen una etiqueta o comando (0 a 31)
	[3]	Número de caracteres que conforman la etiqueta o comando (0 a 31)
	[4 a n]	Caracteres de la cadena que forman la etiqueta. Deben ser caracteres ASCII de la A al ' '. Maximo 32
RESPUESTA	STS_SUCCESS	

NOMBRE	CMD_COUNT_SD	
COD./DESCRIPCION	'c' (0x63)	Obtiene el número de comandos o etiquetas que tiene almacenadas el grupo indicado
ARGUMENTOS	[1]	Grupo del que se quiere averiguar cuántas etiquetas o comandos tiene: 0= Tigger, 1-15= grupos del 1 al 15, 16=grupo 16 o password
RESPUESTA	STS_COUNT	

NOMBRE	CMD_DUMP_SD	
COD./DESCRIPCION	'p' (0x70)	Lee la cadena de caracteres que forman una etiqueta o comando
ARGUMENTOS	[1]	Grupo donde se encuentra el comando: 0= Tigger, 1-15= grupos del 1 al 15, 16=grupo 16 o password
	[2]	Posición dentro del grupo en que se encuentra la etiqueta o comando (0 a 31)
RESPUESTA	STS_DATA	

NOMBRE	CMD_MASK_SD	
COD./DESCRIPCION	'm'(0x6D)	Devuelve una máscara de 32 bits que expresa qué grupos están vacíos o bien contienen alguna etiqueta/comando o voz
ARGUMENTOS	Ninguno	
RESPUESTA	STS_MASK	

NOMBRE	CMD_RESETALL	
COD./DESCRIPCION	'r' (0x72)	Borra todas las etiquetas/comandos y voces SD de todos los grupos (excepto los predefinidos SI)
	'R'(0x52)	Carácter de confirmación. El módulo VRbot queda virgen
ARGUMENTOS	Ninguno	
RESPUESTA	CMD_SUCCESS	

NOMBRE	CMD_ID	
COD./DESCRIPCION	'x' (0x78)	Devuelve el código o versión del firmware interno del módulo VRbot
ARGUMENTOS	Ninguno	
RESPUESTA	STS_ID	

NOMBRE	CMD_DELAY	
COD./DESCRIPCION	'y' (0x79)	Ajusta el retardo en la transmisión de un byte y el siguiente
ARGUMENTOS	[1]	Retardo: 0-10= de 0 a 10ms; 11-19= de 20 a 100mS; 20-28= de 200 a 1000mS
RESPUESTA	STS_SUCCESS	

NOMBRE	CMD_BAUDRATE	
COD./DESCRIPCION	'a' (0x61)	Ajusta la velocidad de comunicación
ARGUMENTOS	[1]	Baudios: 1= 115200; 2= 57600; 3= 38400; 6= 19200 y 12= 9600
RESPUESTA	STS_SUCCESS	

7.2.12. Las respuestas

Todos los comandos transmitidos por el Host genera la correspondiente respuesta por parte del VRbot que debe ser recibida y analizada por el Host. Estas respuestas constan siempre en un carácter o código y a su vez pueden tener también argumentos o parámetros numéricos. Estos se representarán mediante los correspondientes caracteres ASCII imprimibles como se explicó con anterioridad. Se recuerda que cada vez que el VRbot transmite un byte de parámetro al Host, este debe transmitir el carácter espacio 0x20 para recibir el siguiente byte.

Tabla VII.XX. Respuestas del módulo VRbot

NOMBRE		STS_MASK
COD./DESCRIPCION	'k' (0x6B)	Devuelve 8 bytes que representan la máscara que indica qué grupos están vacíos y cuáles no
ARGUMENTOS	[1 – 8]	De cada byte del argumento sólo se emplean los 4 bits de menos peso. Se obtiene así una máscara de 32 bits. El bit de menos peso representa al grupo 0, el siguiente bit al grupo 1 y así sucesivamente. Si un bit está a "0" indica que su correspondiente grupo está vacío. Si el bit está a "1" indica que su correspondiente grupo contiene alguna etiqueta/comando y voz.
EN RESPUESTA A	CMD_MASK_SD	

NOMBRE		STS_COUNT
COD./DESCRIPCION	'c' (0x63)	Devuelve el nº de comandos o etiquetas de un determinado grupo
ARGUMENTOS	[1]	Número de etiquetas o comandos existentes en un grupo (0 a 31)
EN RESPUESTA A	CMD_COUNT_SD	

NOMBRE		STS_AWAKEN
COD./DESCRIPCION	'w' (0x77)	Re activación o wake up del módulo tras la conexión de la alimentación o tras salir de cualquiera de los modos sleep de bajo consumo
ARGUMENTOS	Ningun	
EN RESPUESTA A	A cualquier carácter recibido tras conectar la alimentación o tras haber ejecutado uno de los modos sleep de bajo consumo	

NOMBRE		STS_DATA
COD./DESCRIPCION	'd' (0x64)	Devuelve datos
ARGUMENTOS	[1]	Información de la enseñanza: 0 a 7= número de veces que se grabó correctamente una voz SD; >8= Conflicto en la voz SD grabada; >16 conflicto en una voz SI
	[2]	Posición dentro del grupo (0 a 31)
	[3]	Número de caracteres que tiene la etiqueta o comando
	[4 a n]	Caracteres de la cadena que forman la etiqueta.
EN RESPUESTA A	CMD_DUMP_SD	

NOMBRE	STS_ERROR
COD./DESCRIPCION	'e' (0x85) Error en el reconocimiento de una voz
ARGUMENTOS	[1-2] Devuelve 2 valores de 4 bits que forman un byte con un código de error
EN RESPUESTA A	CMD_RECOG_SI, CMD_RECOG_SD, CMD_TRAIN_SD

NOMBRE	STS_INVALID
COD./DESCRIPCION	'v' (0x76) Comando o argumento no válido
ARGUMENTOS	Ninguno
EN RESPUESTA A	A cualquier comando o argumento no válido que transmite el Host al VRbot

NOMBRE	STS_TIMEOUT
COD./DESCRIPCION	't' (0x74) Sobre pasamiento en el tiempo
ARGUMENTOS	Ninguno
EN RESPUESTA A	CMD_RECOG_SI, CMD_RECOG_SD, CMD_TRAIN_SD

NOMBRE	STS_INTERR
COD./DESCRIPCION	'i' (0x69) Reconocimiento interrumpido
ARGUMENTOS	Ninguno
EN RESPUESTA A	CMD_BREAK durante un ciclo de enseñanza o reconocimiento de una voz

NOMBRE	STS_SUCCESS
COD./DESCRIPCION	'o' (0x8F) Ejecución OK sin errores
ARGUMENTOS	Ninguno
EN RESPUESTA A	CMD_BREAK, CMD_DELAY, CMD_BAUDRATE, CMD_TIMEOUT, CMD_KNOW, CMD_LEVEL, CMD_LANGUAGE, CMD_SLEEP, CMD_GROUP_SD, CMD_UNGROUP_SD, CMD_ERASE_SD, CMD_NAME_SD, CMD_RESETALL

NOMBRE	STS_RESULT
COD./DESCRIPCION	'r' (0x72) Reconocimiento de una voz SD definida por el usuario durante la enseñanza o el reconocimiento propiamente dicho
ARGUMENTOS	[1] Posición dentro del grupo a la que pertenece la voz SD recién reconocida (0 a 31)
EN RESPUESTA A	CMD_RECOG_SD, CMD_TRAIN_SD

NOMBRE	STS_SIMILAR
COD./DESCRIPCION	's' (0x73) Reconocimiento o parecido con una voz predefinida SI
ARGUMENTOS	[1] Posición dentro del grupo a la que pertenece la voz SI recién reconocida (0 a 31)
EN RESPUESTA A	CMD_RECOG_SI

NOMBRE	STS_OUT_OF_MEM
COD./DESCRIPCION	'm' (0x8D) Error, la memoria del módulo VRbot está llena
ARGUMENTOS	Ninguno
EN RESPUESTA A	CMD_GROUP_SD

NOMBRE	STS_ID
COD./DESCRIPCION	'x' (0x78) Proporciona información del firmware interno del VRbot
ARGUMENTOS	[1] Identificación de la versión
EN RESPUESTA A	CMD_ID

7.3. Función de los comandos usados en el VRbot para el Robot

Los comandos utilizados en el módulo VRbot realizan las siguientes funciones dentro de la programación realizada en el software MicroCode Studio:

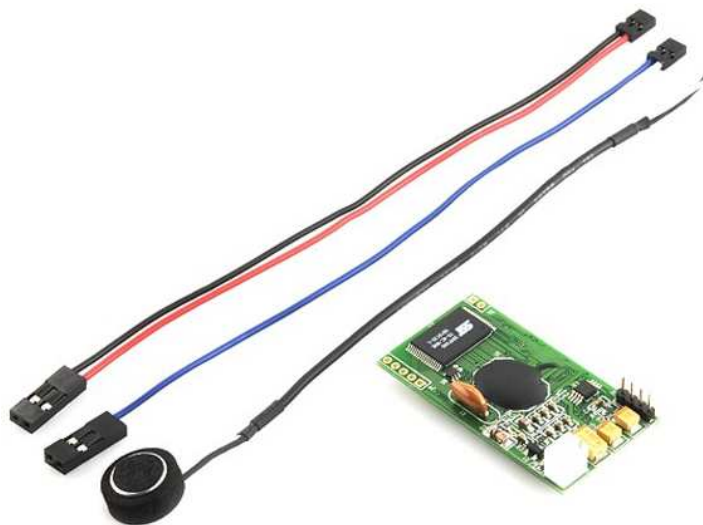
- 1 ADELANTE: el robot camina en línea recta hasta detectar un obstáculo en cuyo caso realiza un giro de 90 grados y sigue caminando, o hasta darle la instrucción de detenerse o alto.
- 2 ALTO: detiene los movimientos del robot.
- 3 BAILAR: el robot empieza a bailar, de acuerdo a una rutina preestablecida.
- 4 SENTADO: el robot se coloca en posición sentado.
- 5 VIGIA: al emitir esta orden el robot se sienta y mueve su cabeza de izquierda a derecha sensando con el sensor SHARP GP2D12.
- 6 DEPIE: el robot se pone de pie si se encuentra acostado o sentado.
- 7 MOLLY: este comando se utiliza para que el robot se ponga en posición inicial y listo para receptar una orden.
- 8 SALUDA: el robot se coloca en dos patas y saluda.
- 9 DORMIR: el robot se acuesta sobre sus cuatro extremidades.

CAPÍTULO VIII

ANÁLISIS Y RESULTADOS

8.1. Procesamiento de voz

Al realizar el estudio del habla y de los diferentes tipos de módulos procesadores de voz que existen en el mercado, se ha seleccionado el módulo denominado VRbot por su costo y su fácil adquisición, así como sus características técnicas.



FiguraVIII.85. Módulo VRbot utilizado

Este módulo fue de mucha ayuda en lo que se refiere a su implementación en la estructura del robot por su tamaño reducido y en el procesamiento de la información gracias a que posee una interfaz gráfica muy amigable, que cualquier persona sin necesidad de conocimientos avanzados de robótica lo puede configurar, y los datos que envía al microcontrolador PIC son de fácil manipulación al momento de realizar la programación.

Como resultado se obtuvo un robot capaz de detectar las órdenes emitidas por el usuario y realizar los movimientos establecidos de acuerdo a los comandos grabados en el módulo. Las palabras deben ser pronunciadas claramente y bien acentuadas para que el reconocimiento sea eficiente.

Evitar en lo posible el ruido, debido a que se producen confusiones en la recepción de las órdenes que se emiten al robot.

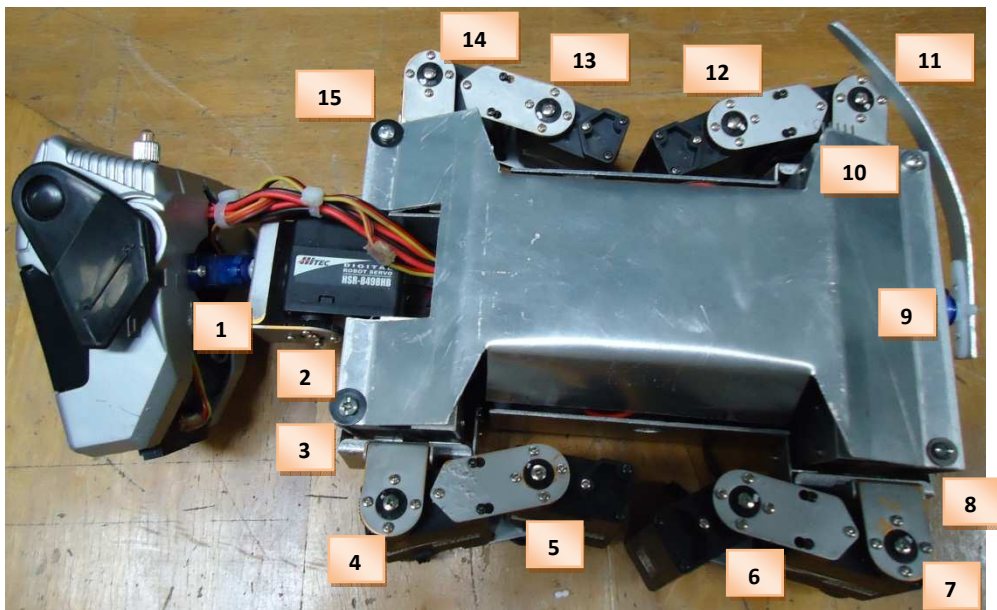
El reconocimiento lo realiza como máximo a una distancia de tres metros sin ruido externo.

8.2. Motores utilizados

Para la elaboración de las articulaciones se realizó el estudio de los diferentes motores de corriente continua que existen en el mercado, llegando a la conclusión de que los servomotores doble eje son los más adecuados para la elaboración de las articulaciones

de este robot debido a que por su forma son más estables y eficientes para la realización de este tipo de proyectos.

Las articulaciones del robot se elaboraron con 13 servomotores de la empresa Hitec modelo HSR-8498HB dándole 12 grados de libertad en sus extremidades y un grado de libertad en el cuello del robot. Este tipo de motor posee dos ejes que facilitaron la elaboración de la estructura del robot proporcionándole mayor estabilidad. Además se utilizaron dos micro servos, por su tamaño, para colocarlos uno en la cabeza y otro en la cola del robot, brindándole dos grados más de libertad. Así se obtuvo un robot con 15 grados de libertad para realizar todos sus movimientos.



FiguraVIII.86. Grados de libertad del robot Molly

8.3. Sensor

Para realizar la detección de los obstáculos se utilizó un sensor infrarrojo medidor de distancia siendo el más apropiado el SHARP GP2D12, debido a su existencia en el mercado ecuatoriano y a las características que posee para la detección de objetos.

Este sensor es capaz de detectar obstáculos desde una distancia de 10 a 80 cm, dependiendo del rango de sensado que se programe para la detección. En este sistema se colocó el sensor en la boca del robot para que pueda visualizar el entorno que le rodea al realizar los movimientos de izquierda a derecha de la cabeza y se programó para que detecte obstáculos a una distancia de 10 cm para que pueda realizar los giros respectivos al encontrarse con un objeto.



FiguraVIII.87. Sensor Sharp ubicado en la boca del robot

8.4. TouchSwitch

El touchswitches un pequeño circuito que se utiliza para realizar las caricias del robot, este funciona como un switch que al tocarlo con los dedos se enciende y al soltarlo de apaga, es muy utilizado en lámparas para los hogares.

En el robot está implementado en la espalda o lomo, es decir al acariciarle la espalda enviará una señal al PIC el cual realizará la orden establecida como es mover la cola y la cabeza, indicando alegría.

8.5. Alimentación

Para el funcionamiento del robot se utilizaron dos baterías CC de 9 V las cuales alimentan el circuito principal y una batería CC de 6 V que alimenta los 15 servomotores.

El circuito principal trabaja a un voltaje de 5 Vcc, por lo que mediante la adaptación de un regulador de voltaje se tuvo que reducir el voltaje de 9 a 5V.

Los servomotores trabajan a 6 Vcc por lo que se utilizó la batería a 6 Vcc con un consumo de corriente de 1000mA, dicha batería es propia de Hitec, con lo que se evita problemas en la ejecución de las acciones, siendo suficiente para mantener alimentados los 15 servomotores, el tiempo de uso varía con la complejidad de los movimientos.

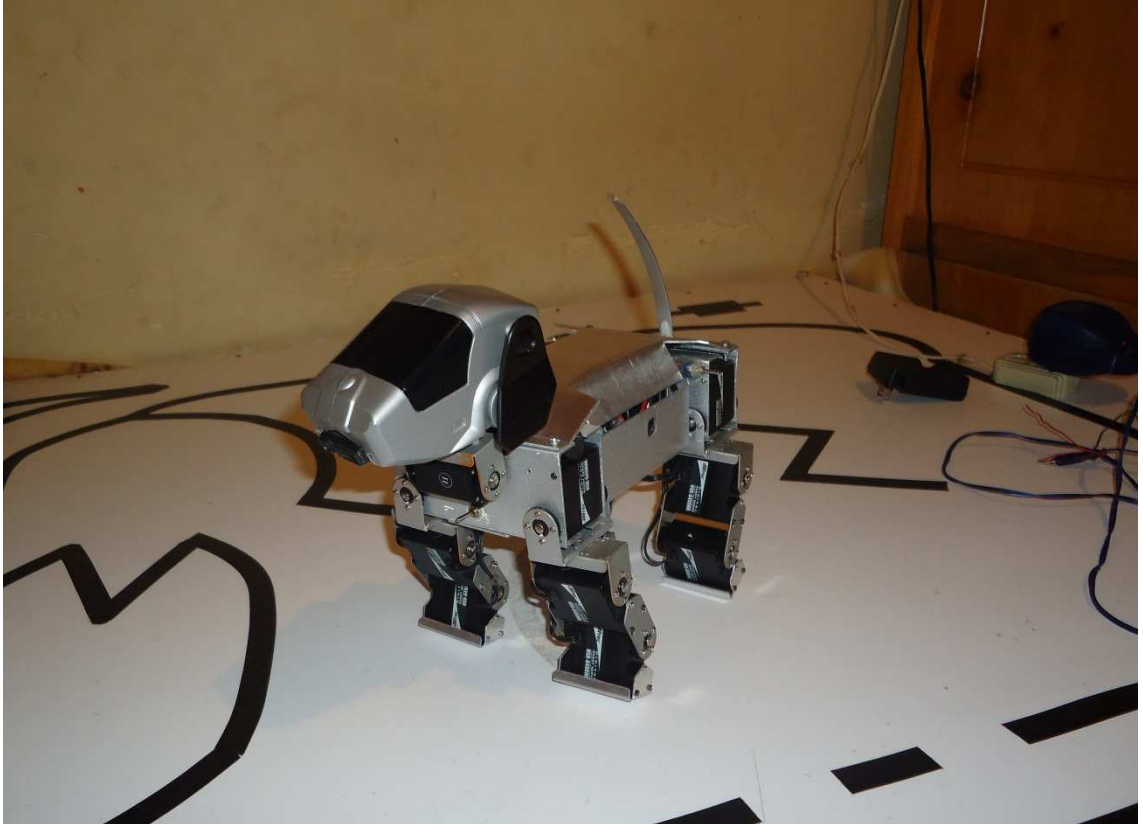


FiguraVIII.88. Batería de 6 V que alimenta los servomotores

8.6. Entorno de Trabajo

Se obtuvo un robot zoomórfico de tipo cuadrúpedo con forma de can, que mide 23 cm de alto, 30 cm de largo y 15 cm de ancho, pesa 1.5 kg, el cual puede interactuar con el administrador a través del módulo VRbot.

En el momento de arrancar el robot este espera las ordenes de su administrador, al emitirle una orden, la recepta a través del módulo procesador de voz, este es procesado y lo transmite mediante comunicación directa al PIC16F628A, el cual está dispuesto exclusivamente para la comparación de comandos recibidos por el módulo VRbot, así como un sensor de caricias denominado TouchSwitch que al ser tratadas todas estas órdenes, este lo envía al microcontrolador PIC16F877A mediante comunicación directa, dicho microcontrolador está dispuesto para realizar las acciones de cada articulación con los servomotores, estos movimientos programados, hacen que el robot sea capaz de levantarse, sentarse, desplazarse por una superficie plana evitando obstáculos y reaccione a caricias realizadas en su espalda.



FiguraVIII.89. Robot Molly

CONCLUSIONES

- El diseño y construcción del robot Molly comprobó satisfactoriamente que mediante técnicas de procesamiento de la voz se puede controlar un robot zoomórfico, debido a que el robot al escuchar una orden realiza los movimientos preestablecidos por el administrador.
- Se consiguió elaborar un robot que está compuesto por una plataforma de aluminio y con un sistema de articulaciones formadas por 15 servomotores, los cuales permiten realizar los diferentes movimientos del robot. Demostrando de esta manera que es posible el diseño de un zoorobot similar a un perro doméstico.
- Se seleccionó el módulo denominado VRbot, desarrollado por la empresa Microsystems Engineering, el cual demostró ser un potente y asequible módulo para el reconocimiento de voz. Las características y la interfaz gráfica que posee permitió realizar las órdenes del robot de una manera fácil y eficiente, debido a que puede grabar y reconocer voces definidas por el propio usuario y en cualquier idioma las cuales son “enseñadas” y grabadas en la memoria interna del módulo.
- Para el procesamiento de la información se utilizó el microcontrolador PIC16F628A y para el control de las articulaciones el PIC16F877A que presenta una interfaz de 40 puertos, considerando, a RA como entradas de control, y a RB, RC y RD como salidas para la conexión de los 15 servomotores, se pudo controlar el ángulo de giro, velocidad y sincronización de los motores.

- Para realizar la programación de los movimientos del robot, especialmente de la caminata, fue necesario analizar el comportamiento del perro y como mueve sus extremidades para trasladarse, lo que fue de mucha ayuda para que el robot tenga estabilidad mientras desarrolla sus movimientos.

RECOMENDACIONES

- Para el diseño del robot se debe tener en cuenta todos los elementos con los que se disponga para evitar cambios repentinos.
- En el diseño de la estructura mecánica (armazón del robot) tomar en cuenta las características del material a utilizar verificando que sea manipulable, liviano y asegurándose que tenga un peso acorde a las dimensiones y características de torque de los servomotores.
- Previo a la implementación del circuito principal del robot se debe realizar todas las pruebas necesarias en el protoboard a fin de asegurarse que dicho circuito va a funcionar correctamente en la aplicación.
- Se recomienda que los comandos de voz grabados en el módulo VRbot sean de diferente tono y acento, los cuales deben ser fuertes y bien pronunciados, para evitar conflictos de reconocimiento en el momento de emitir las órdenes al robot.
- Aplicar los voltajes apropiados para cada uno de los dispositivos, asegurando la fiabilidad y vida útil de los mismos.
- La distancia del administrador con el robot debe ser acorde al ambiente donde se le opera debido a que el ruido afecta al correcto reconocimiento de la voz.

RESUMEN

Se ha diseñado e implementado un robot cuadrúpedo tipo mascota interactiva, capaz de obedecer las órdenes de voz emitidas por el administrador, realizando movimientos básicos de un canino doméstico.

El robot posee una plataforma de aluminio dispuesta de articulaciones formadas por servomotores Hitec HSR-8498HB y dos micro servos TP SG90. El sistema de control del robot está diseñado con dos microcontroladores, el PIC16F628A el cual se encarga de recibir los datos del módulo procesador de voz VRbot, compara y procesa la información para luego enviarlos al PIC 16F877A el cual permite determinar las acciones de los servomotores dispuestos como articulaciones; reacciona a estímulos como caricias a través de un sensor de toque denominado TouchSwitch y evita obstáculos mediante un sensor infrarrojo SHARP GP2D12 de distancia, los que están incorporados en el armazón del robot. El sistema está alimentado por dos baterías de CC de 9 V y una batería CC recargable de 6V.

Como resultado se obtuvo un robot que mide 23 cm de alto, 30 cm de largo y 15 cm de ancho, pesa 1.5 kg incluidos todos sus elementos, el cual es controlado por comandos programados en el módulo VRbot, mediante el software MicroCode Studio, que deben ser nombrados por el administrador para que ejecute los movimientos establecidos que son caminar, sentarse, detectar obstáculos, mover la cabeza y la cola.

En la realización de este sistema se comprobó satisfactoriamente la hipótesis de que mediante la utilización de órdenes emitidas por comandos de voz se puede controlar un robot zoomórfico tipo mascota interactiva.

Este robot está orientado al entretenimiento de personas, debido a la interactividad que dispone por lo que se recomienda la creación en serie de este tipo de prototipo, para su posterior comercialización en el mercado.

SUMMARY

It has been designed and implemented an interactive robot pet quadruped type, able to obey voice commands issued by the administrator, performing basic movements of a domestic dog.

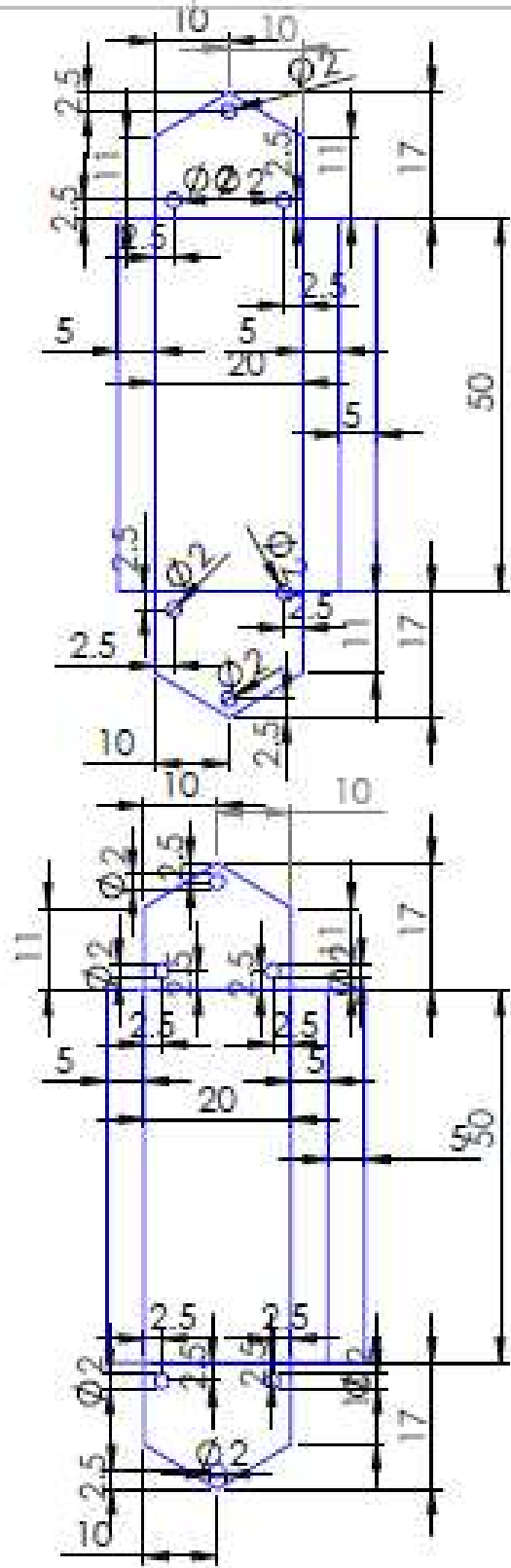
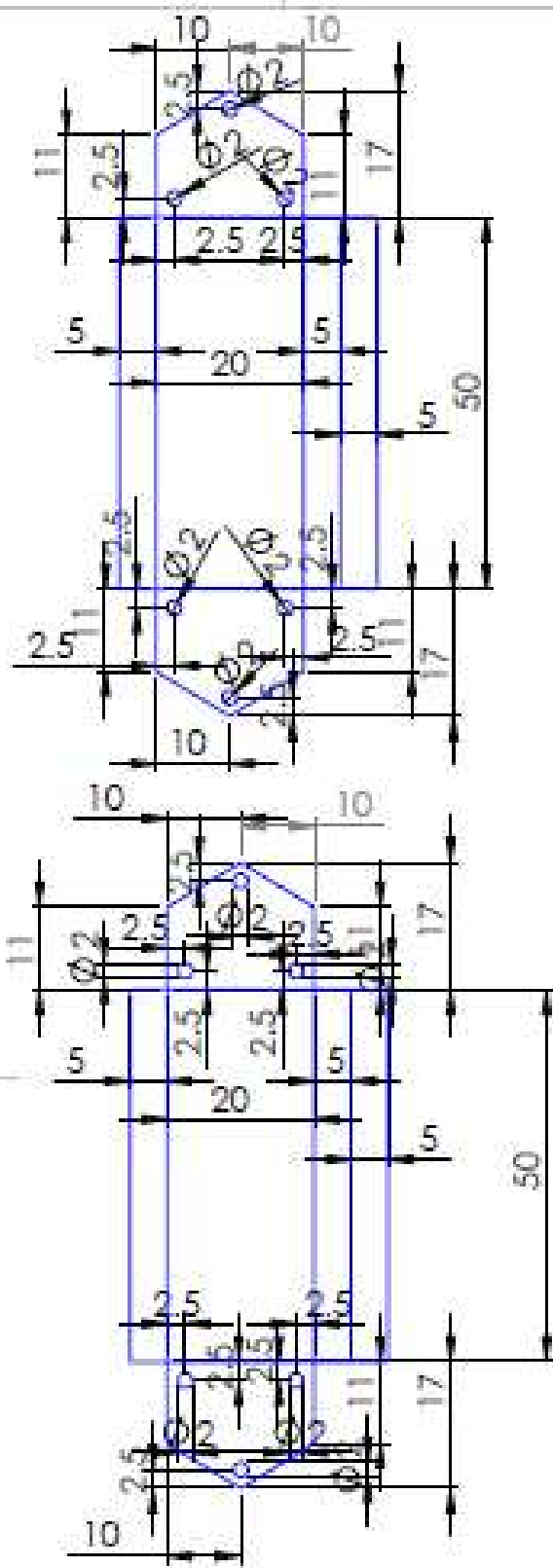
The robot has an aluminum platform formed by thirteen joints servomotors Hitec HSR-8498HB and two micro servos TP SG90. The robot control system is designed with two microcontrollers, the PIC16F628A is responsible for receiving data from the speech processor module VRbot, compares and processes the information and then send them to the PIC 16F877A which allows to determine the actions of servomotors arranged as joints, reacts to stimulus such as touch through a touch sensor known as Touch Switch and avoiding obstacles by a sensor SHARP infrared GP2D12 away, which are built into the robot frame. The system is powered by two DC battery 9V and a rechargeable battery 6V DC.

Like the result was got a robot that measures 23 cm high, 30 cm long and 15 cm wide, weighs 1.5 kg including all its elements, which is controlled by commands programmed into the module VRbot by MicroCode Studio software, which should be named by the administrator to executes its established movements, like: walking, sitting, detect obstacles, move the head and tail.

In the building of this system successfully tested the hypothesis that using commands executed by voice command, can control an interactive robot pet zoomorphic type.

This robot is guided to entertain people, dealing its interactivity. It has recommended the creation of such series prototype for later sale on the market.

ANEXOS



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DESIGN AND
 MAKE MARK
 EOOD.

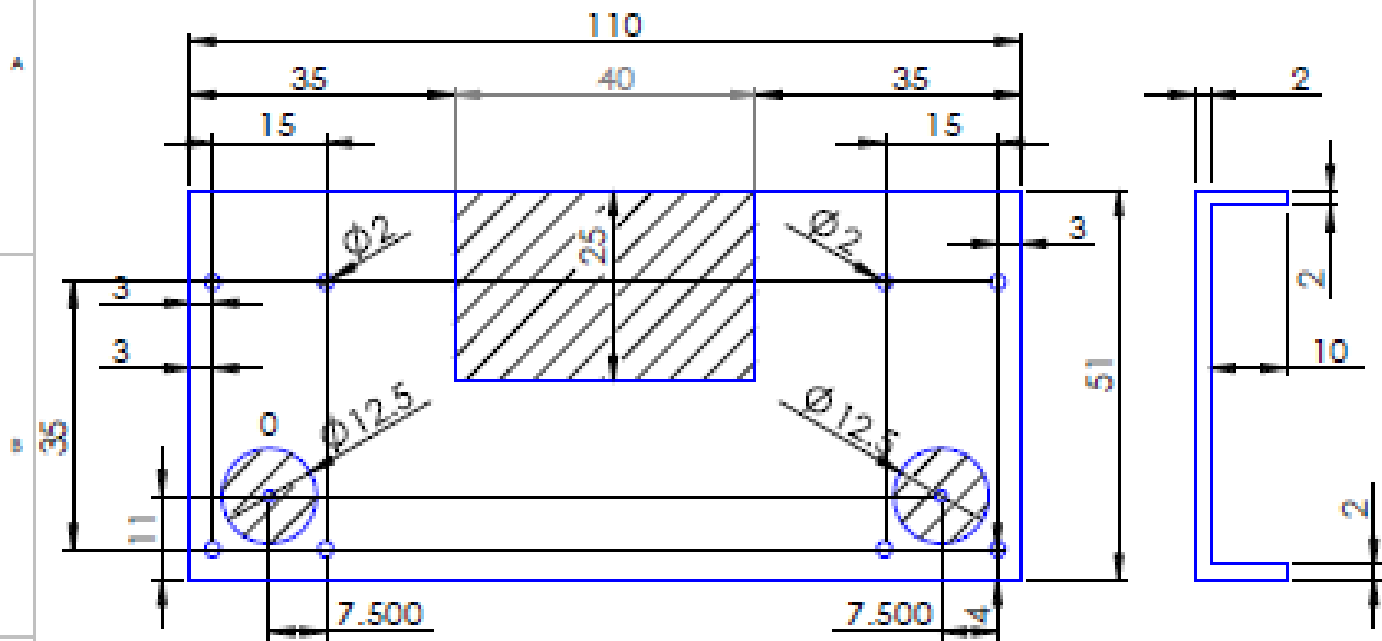
DO NOT SCALE DRAWING

KIVBOM

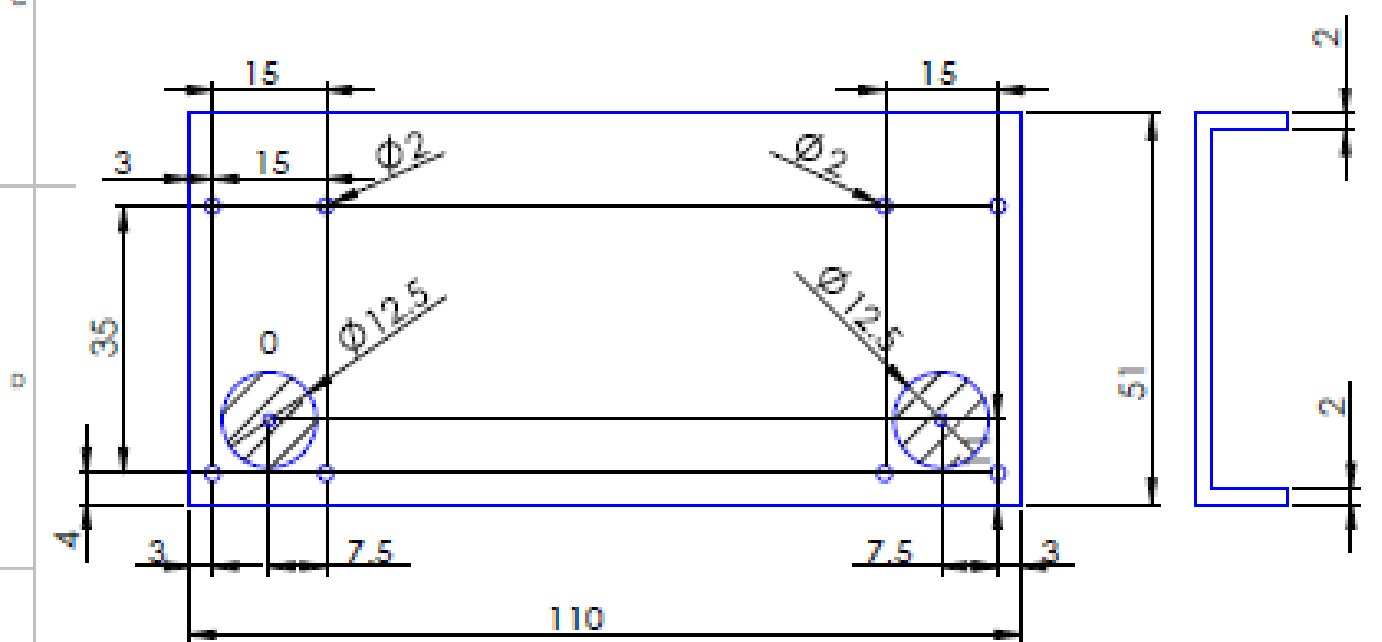
NO.	NAME	SIGNATURE	DATE		
0001					
0002					
0003					
0004					
0005					
0006					
0007					
0008					
0009					
0010					

TITULO	Anexo 1	
	Patatas	
DISEÑO NO.	Extremidades	
	A4	
ESCALA:	1:1	
HOJA:	1	1

Frontal delantera



Frontal posterior



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH
TOLERANCES:
LINEAR
ANGULAR

FINISH

DRILL AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN					
CHEK					
APPROV					
WFO					
Q.A					
				MATERIAL:	
				WEIGHT:	

TITLE	Anexo 1	
	Frontal Hombros	
DWG NO.	Frontal	A4
SCALE: 1:1	SHEET 1 OF 1	

ANEXO II

COMPORTAMIENTO ANIMAL

1. Animal doméstico (Perro)



Figura 1. Perro Beagle

En el siglo XX, la domesticación y las intervenciones del hombre han modificado al perro que dista mucho de parecerse a sus ancestros. Los hombres han seleccionado a los perros, su conformación, su tamaño, su color, su pelaje y sus orejas (antes todos los cánidos salvajes tenían las orejas erguidas en la edad adulta).

Desde el punto de vista fisiológico, por ejemplo, la madurez sexual es más precoz, pasando de la edad de 2 años en el lobo a los 6 o 10 meses en el perro de tamaño mediano (10 a 25 Kg.). Además, se comprueba una duplicación de ciclo reproductor de las perras, una disminución del tamaño de las glándulas anales y perianales, y una diversificación de las razas caninas.

Por otro lado, los perros domésticos emiten más sonidos que los cánidos salvajes. Los cachorros educados por el hombre emiten más vocalizaciones que los perros que viven en jauría.

También se han producido numerosas modificaciones en el comportamiento, como la docilidad, la socialización con otras especies animales y con el hombre, que evitan los comportamientos predatorios.

La domesticación del perro no sólo tiene aspectos positivos. Un mal manejo de la crianza y una mala educación por parte de los amos, pueden llevar a algunos perros a desarrollar trastornos del comportamiento, como las fobias a los ruidos o a la gente, las agresiones con mordeduras.

El hombre provee el alimento y el albergue, volviendo innecesarios los comportamientos predatorios y la búsqueda de un refugio. También proporciona los cuidados de salud, aumentando la longevidad del perro; aparecen entonces trastornos relacionados con el envejecimiento. El hombre también trata de evitar los conflictos entre perros, y de esta manera puede modificar las relaciones Dominante/Dominado.

Otro aspecto, es la reproducción. El hombre también regula la reproducción, esterilizando algunos animales y eligiendo a tal o cual reproductor.

2. Comportamiento de los perros.

Muchas veces los perros hacen cosas que siempre se consideran normales, pero que si se ponen a pensar "¿Por qué lo hacen?" posiblemente la mayoría de las veces no se encuentra una respuesta³⁰:

- **¿Por qué lamen?:** El lamer va unido a la higiene corporal o a sabores especiales. El perro intentará lamer en muchas ocasiones atraído por la necesidad de contacto físico reconfortante con respecto a los semejantes. La lengua del perro es la zona más sensible de su cuerpo por lo que le proporciona una gran intensidad de contacto. En el lenguaje del perro, el lamer es una manera de anular las posibles respuestas agresivas de su superior. El ácido butírico que está en nuestro sudor y por lo tanto en la piel, refuerza la tendencia a lamer por el sabor característico que tiene.
- **¿Por qué jadean?:** Es la manera que tiene el perro de regular su temperatura. Abriendo la boca, sacando la lengua y manteniendo ésta húmeda, la evaporación se encarga del resto. La frecuencia de inhalar y exhalar el aire hace que esta regulación se efectúe más rápidamente. Si la temperatura es baja, esto no se produce por lo que ayuda a mantener su temperatura corporal.
- **¿Por qué mueven la cola?:** Es la manera de equilibrar el valor energético ante fuertes estímulos que le provocan cierta excitación, mientras algo le impide quemar el exceso de calorías destinadas a la actividad. En la vida cotidiana el perro

³⁰<http://www.delarrago.com/mas/can/educacion.htm>

mueve la cola cuando ve una eminente gratificación. También muchos perros mueven la cola cuando está a punto de lanzar un ataque.

- **¿Por qué se sacuden?:** El perro se sacude cuando necesita estar más preparado para una actividad. Al sacudirse, mejora su riego sanguíneo y tonifica sus músculos.
- **¿Por qué sacuden objetos?:** Es una tendencia congénita. El lobo sacude su presa por la nuca para matarla, así como ciertas partes del cuerpo de su presa para desgarrarlas. El perro ante ciertos objetos, sobre todo si son ligeros y flexibles, actúa como si fuera una presa.
- **¿Por qué dan la pata?:** Es más una petición a un dominante, que un aprendizaje gracioso. Los cachorros al mamar presionan el vientre de la madre pidiendo que salga más leche. Tras varias observaciones a perros, se ha comprobado que este movimiento lo realizan ejemplares sumisos ante una petición a un ejemplar dominante. Nuestras mascotas lo hacen para pedirnos algo, como juego o atención.
- **¿Por qué aúllan?:** Los perros se comunican básicamente con el ladrido, pero también aúllan, como los lobos, aunque mucho menos. El motivo es el significado de ese sonido, idéntico en ambos casos: su función es sincronizar y reunir a la manada para la acción. Los perros domésticos no tienen esa necesidad: llevan una vida tranquila, encuentran comida, protección, y compañía sin el menor esfuerzo. Al perro doméstico le pasa algo parecido cuando es separado a la fuerza del lugar que le es propio; en ese caso lanzan el "aullido" de soledad" con idéntica función

que el "aullido del grupo". Si un perro aúlla con insistencia puede que se sienta sólo; es su forma de llamar al resto.

- **¿Por qué husmean tanto?:** Es importante saber que el olfato es su sentido más fino; se podría decir que el perro ve el mundo a través de su nariz, o al menos lo interpreta. Además de tener más células sensoriales en su nariz que nosotros, posee un segundo órgano olfativo en el paladar, detrás de los incisivos, que nosotros no tenemos. Si olfatea a su antojo aprenderá mejor el camino a casa.
- **¿Por qué rascan el suelo?:** Es una tendencia absolutamente natural, innata: una depresión del terreno es el encame natural del perro. Todos tienen tendencia a excavar, y en cualquier lugar. Los perros encuentran frescor en verano y calor en invierno al excavar.
- **¿Por qué dan vueltas en círculo antes de acostarse?:** Siempre se ha creído que era una reminiscencia de su pasado salvaje: las vueltas les permitían aplastar las hierbas para estar más cómodos y mullidos; pero ahora es más aceptada la teoría de que sea un simple ejercicio para adaptar su columna vertebral a la postura, enrollada en círculo, que suelen adoptar al dormir.
- **¿Por qué se persiguen la cola?:** Puede parecer un juego, pero lo cierto es que la causa es, por lo general, una reacción ante unas condiciones antinaturales o aburridas. Los perros son seres sociales; aislados, solos y aburridos, llegan a sufrir. Es una pauta de conducta frecuente entre los cachorros que han sido apartados de

la camada y pasan mucho tiempo solos, la cola se convierte en el mejor compañero; o, al menos, el único disponible.

3. ¿Cómo caminan los perros?

Un grupo de investigadores ha descubierto que existe un porcentaje de error de casi el 50% en la representación del paso de los animales cuadrúpedos, que se aprecia incluso en museos. Anatomistas, taxidermistas, ilustradores de libros y diseñadores de juguetes se equivocan con frecuencia, por descuido o desconocimiento, cuando representan a un perro o un caballo en movimiento.

"Las probabilidades de que se encuentren representaciones gráficas erróneas de cuadrúpedos en movimiento son de aproximadamente el 50%", ha señalado Gábor Horváth, de la Universidad Eötvös, de Budapest (Hungría).

Todos los animales de cuatro patas apoyan la pata izquierda trasera y luego la izquierda delantera. Después apoyan la pata derecha trasera y luego la derecha delantera, y así sigue la secuencia.

Esa forma de caminar proporciona la máxima estabilidad estática. En otras palabras, cuando camina lentamente, el cuerpo de un caballo o de un perro tiene en todo momento el sustento de tres patas sobre el piso, lo cual forma un triángulo.

Cuanto más cercano esté el centro de la masa del cuerpo al centro de estos tres puntos, mayor es la estabilidad. Uno de los errores más comunes es representar a los animales con las cuatro patas separadas del suelo, como si saltaran empujándose con todas las extremidades simultáneamente.

En el caso de los juguetes para niños, señalan los investigadores, estos errores quizá no sean importantes. Los caballos o perros representados en medio del trote con las cuatro patas en el aire se caerían al suelo en la realidad.

Pero, en los museos de historia natural y los textos de anatomía, Horváth y sus colegas creen que es imprescindible corregir los errores. Horváth ha señalado una excepción notable: en las películas como Parque Jurásico y El señor de los anillos, las representaciones del paso de dinosaurios, elefantes, caballos y de animales cuadrúpedos fantásticos habitualmente es correcta. Esto ocurre porque los artistas gráficos que se ocupan de esas escenas en el ámbito cinematográfico recurren a expertos en biomecánica y locomoción animal para que les asesoren, ha concluido el experto³¹.

³¹<http://naturablog.blogspot.com/2009/03/como-caminan-los-perros.html>

ANEXO III

VRbot Voice RecognitionModule



Product Description

VRbot Module is designed to easily add versatile voice command functionality to robots(e.g. ROBONOVA-I, RoboZak, POP-BOT, ...) or any other host (e.g. PIC, Arduino boards,...).

VRbot features:

A host of built-in speaker independent (SI) commands for ready to run basic controls

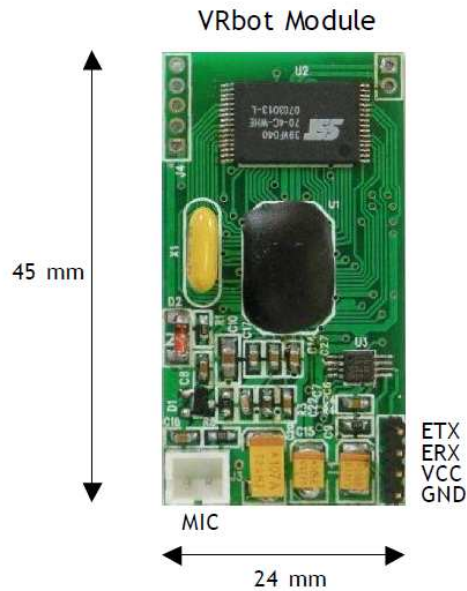
Supports up to 32 user-defined Speaker Dependent (SD) triggers or commands as well as Voice Passwords. SD custom commands can be spoken in ANY language. Easy-to-use and simple Graphical User Interface to program Voice Commands Languages currently supported for SI commands: English U.S., Italian, Japanese and German. More languages available in the near future.

Module can be used with any host with an UART interface (powered at 3.3V - 5V)
Simple and robust documented serial protocol to access and program through the host board



Technical specifications

Physical dimensions and pin assignment



Pin number	Pin name		Description
1	GND	-	Ground
2	VCC	I	Voltage DC input
3	ERX	I	Serial Port Receive Data (TTL level)
4	ETX	O	Serial Port Transmit Data (TTL level)

Recommended Operating Conditions

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit
VCC	Voltage DC Input	3.3	5.0	5.5	V
Ta	Ambient Operating Temperature Range	0	25	70	°C
ERX	Serial Port Receive Data	0	-	VCC	V
ETX	Serial Port Transmit Data	0	-	VCC	V

PowerSupplyRequirements

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit
I_{Sleep}	Sleep current		< 1		mA
I_{Oper}	Operating current		12		mA

Communications

AdjustableAsynchronousSerialCommunication:

BaudRate:**9600**(default),19200,38700,57600,115200

8Databits

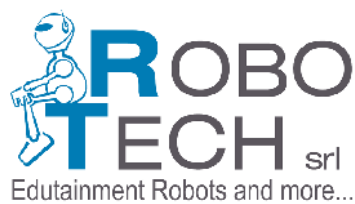
Noparity

1Stopbit

Communicationsare establishedusingtheVRbotprotocol.Refertotheappropriate Documentavailableon www.VeeaR.eu.

VeeR©TIGA
LKEG2009

All VeeR branded boards and software are designed and manufactured by RoboTechsrl



RoboTechsrl and TIGALKEG assume no responsibility for any errors, which may appear in this manual. Furthermore, RoboTechsrl and TIGALKEG reserve the right to alter the hardware, software, and/or specifications detailed herein at any time without notice, and does not make any commitment to update the information contained herein. RoboTechsrl/TIGALKEG products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems.

SHARP

GP2D12/GP2D15 Distance Measuring Sensors

General Purpose Type Distance Measuring Sensors

General Description

SHARP's GP2D12/GP2D15 are general purpose type distance measuring sensors which consist of PSD* and infrared emitting diode and signal processing circuit. It enables to detect objects without any influence on the color of reflective objects, reflectivity, the lights of surroundings.

*PSD: Position Sensitive Detector

Features

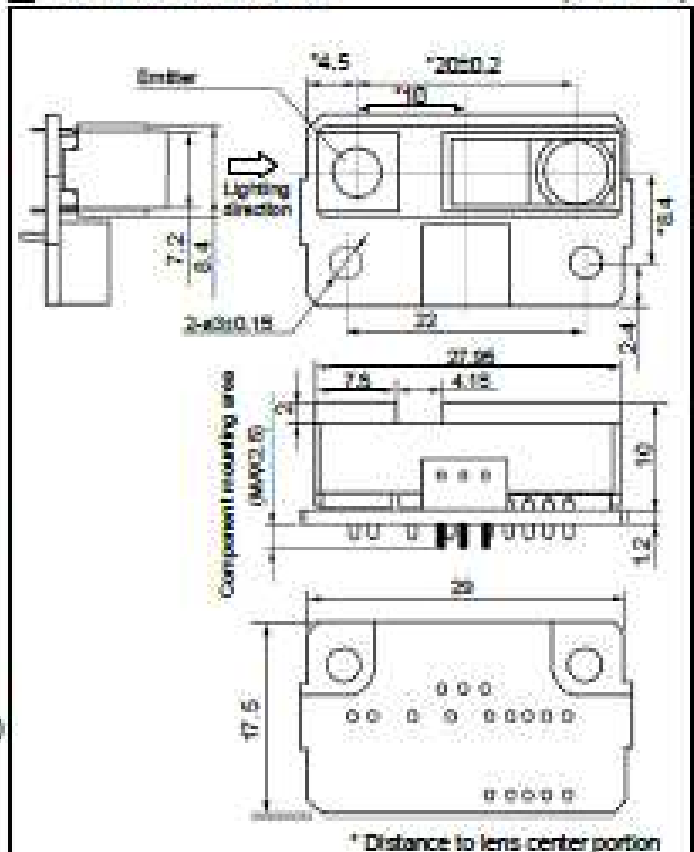
- (1) Less influence on the color of reflective objects, reflectivity
- (2) Line-up of distance output/distance judgement type
 - Distance output type(analog voltage) : GP2D12
 - Detecting distance : 10 to 80cm
 - Distance judgement type : GP2D15
 - Judgement distance : 24cm (Adjustable within the range of 10 to 80cm)
- (3) External control circuit is unnecessary.
- (4) Low cost

Applications

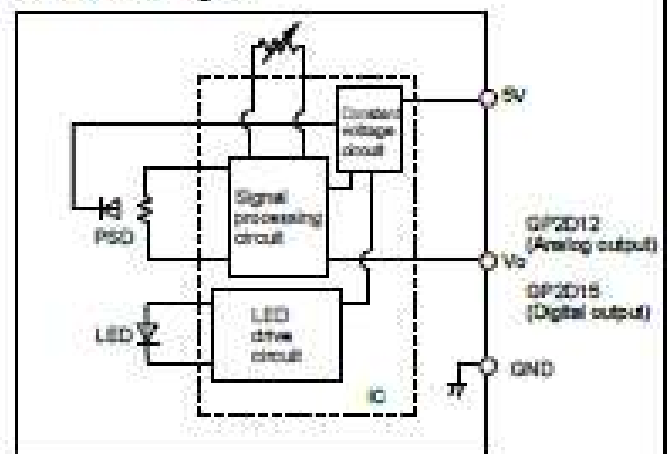
- (1) TVs
- (2) Personal computers
- (3) Cars
- (4) Copiers

Outline Dimensions

(Unit : mm)



Internal block diagram



(Notice) • In the absence of device specification sheets, SHARP takes no responsibility for any defects that may occur in equipment using any SHARP device shown in catalogs, data books, etc. Contact SHARP in order to obtain the latest device specification sheets before using any SHARP device.
• Specifications are subject to change without notice for improvement.

(Internet) • Data for SHARP's optoelectronic/power device is provided on internet. (Address: <http://www.sharp.co.jp/ocg/>)

SHARP

GP2D12/GP2D15 Distance Measuring Sensors

Specifications

GP2D12

(Ta=25°C)

Parameter	Symbol	Rating
Supply voltage	Vcc	4.5 to 5.5V
Dissipation current	Icc	MAX.35mA
Measuring range	L	10 to 80cm
Output type	—	Analog output
Operating temperature	Topr	-10 to +60°C

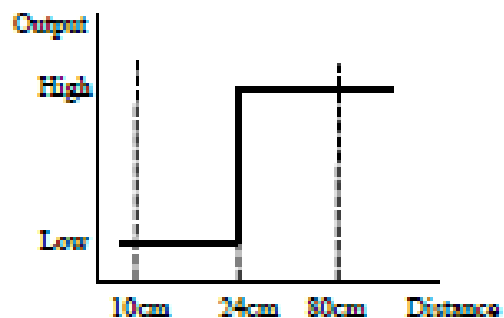
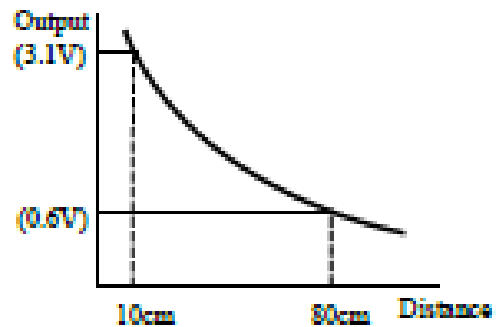
GP2D15

(Ta=25°C)

Parameter	Symbol	Rating
Supply voltage	Vcc	4.5 to 5.5V
Dissipation current	Icc	MAX.35mA
*Judgement distance	L	TYP.24cm
Output type	—	Digital output
Operating temperature	Topr	-10 to +60°C

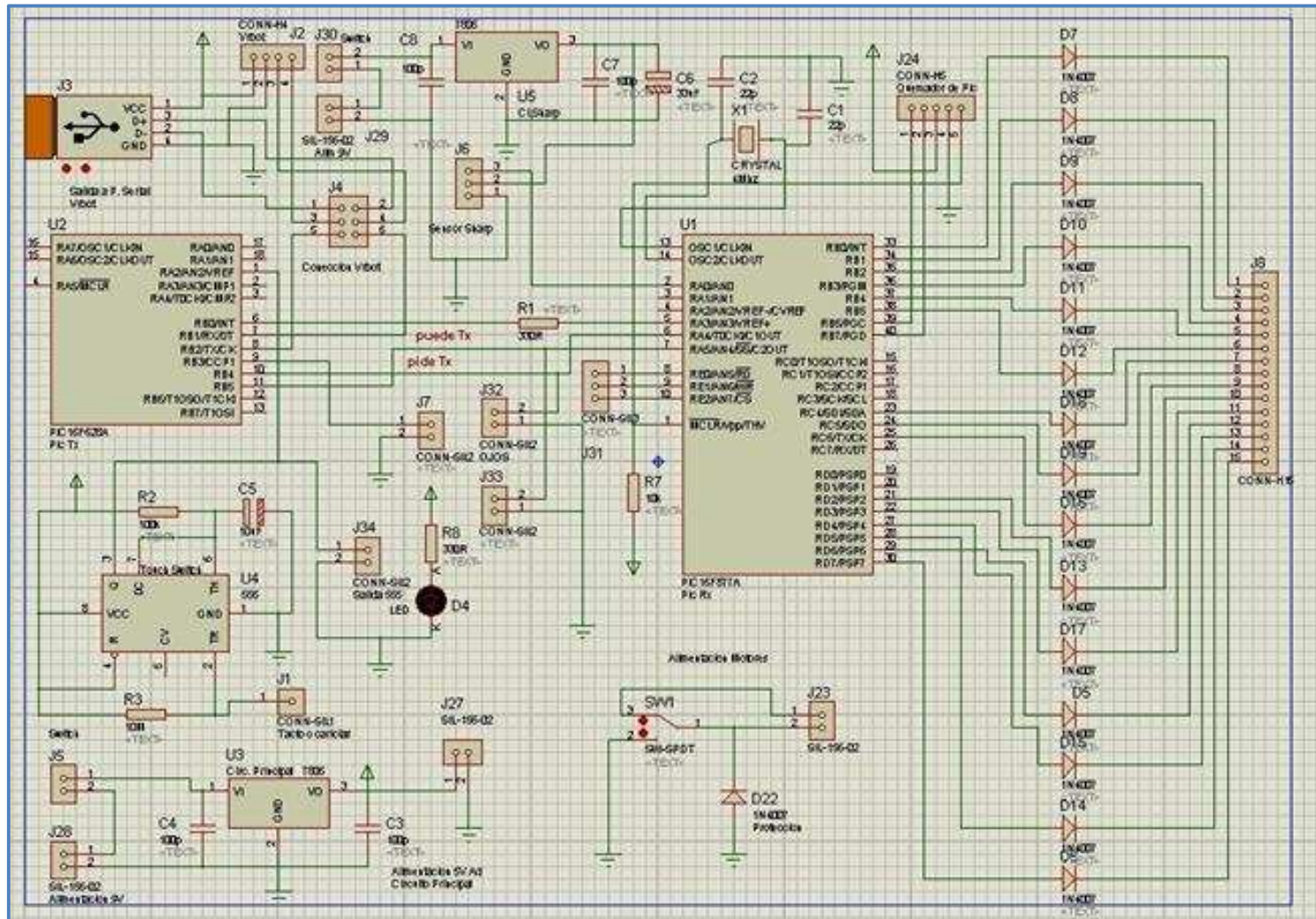
* Adjustable within the range of 10 to 80cm. <Custom products>

Output pattern



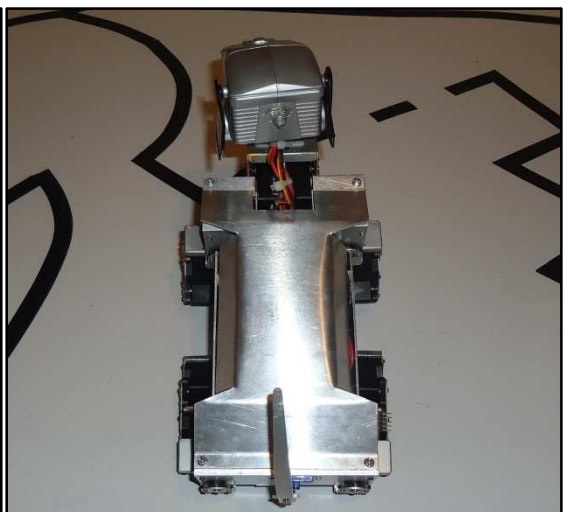
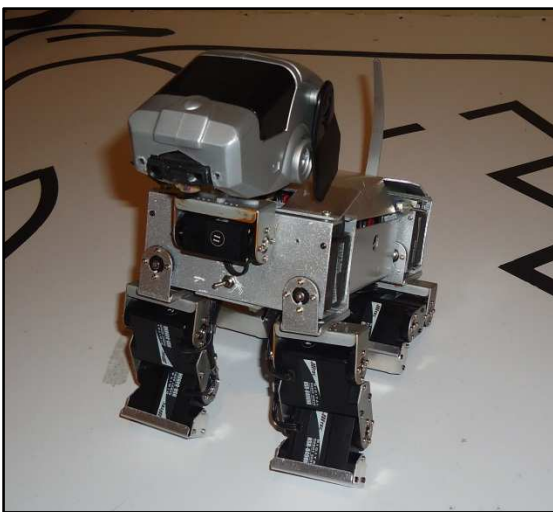
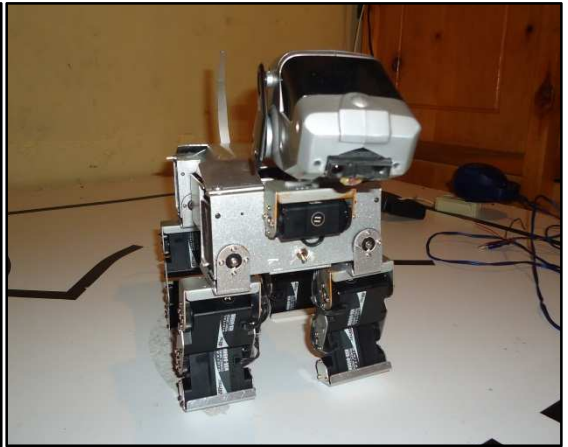
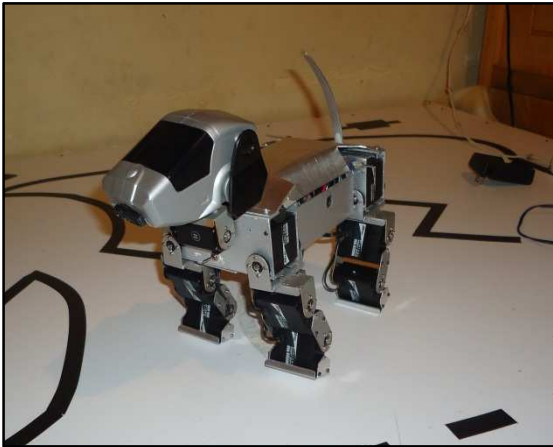
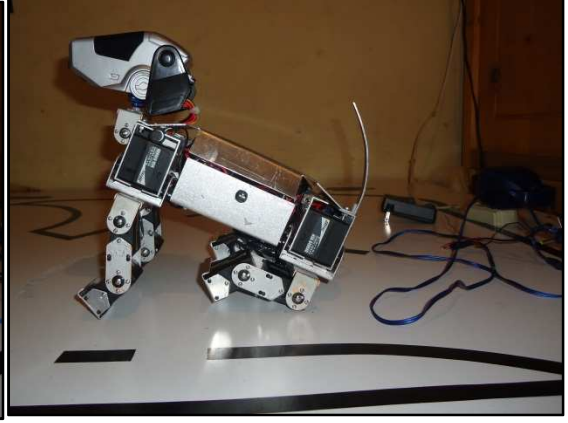
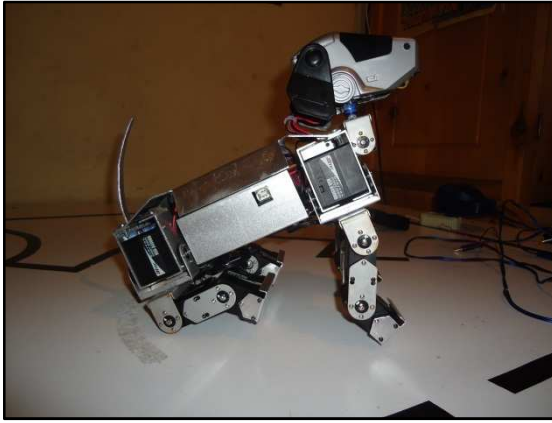
ANEXO V

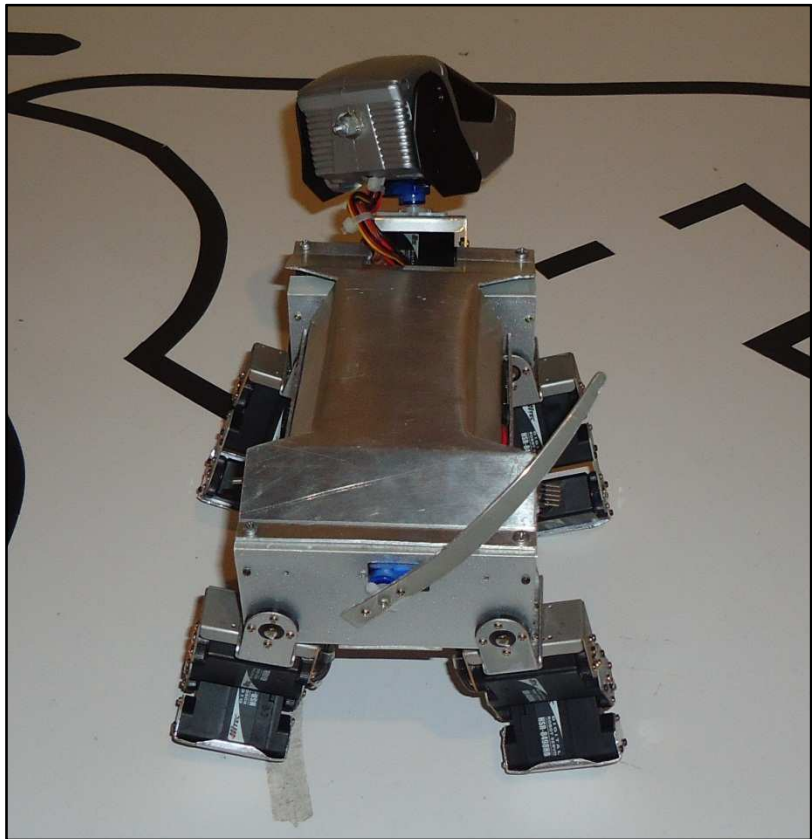
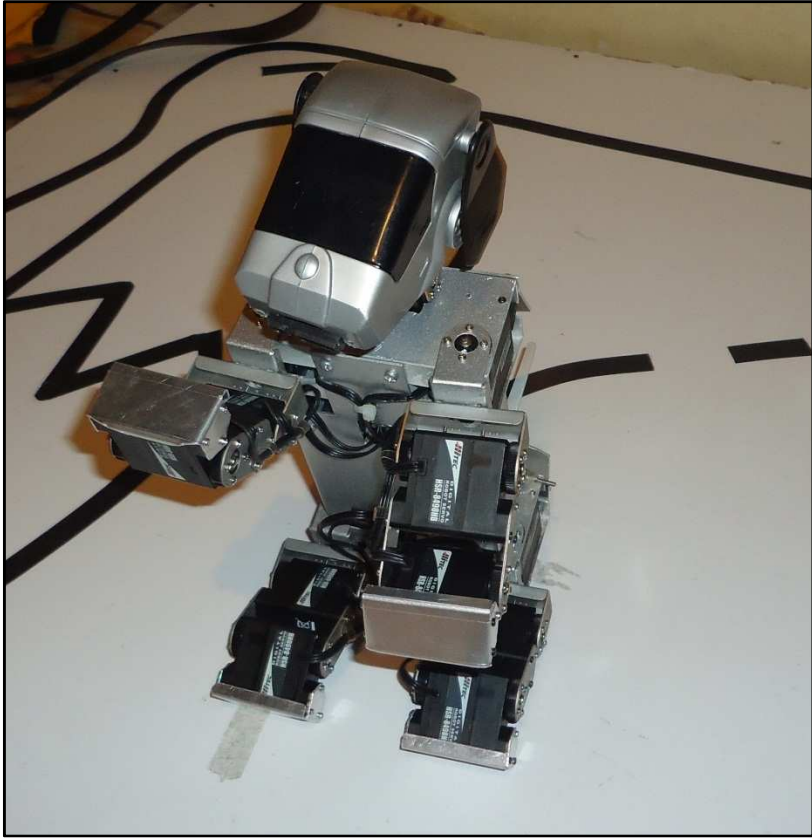
Circuito desarrollado en el software Proteus 7.6

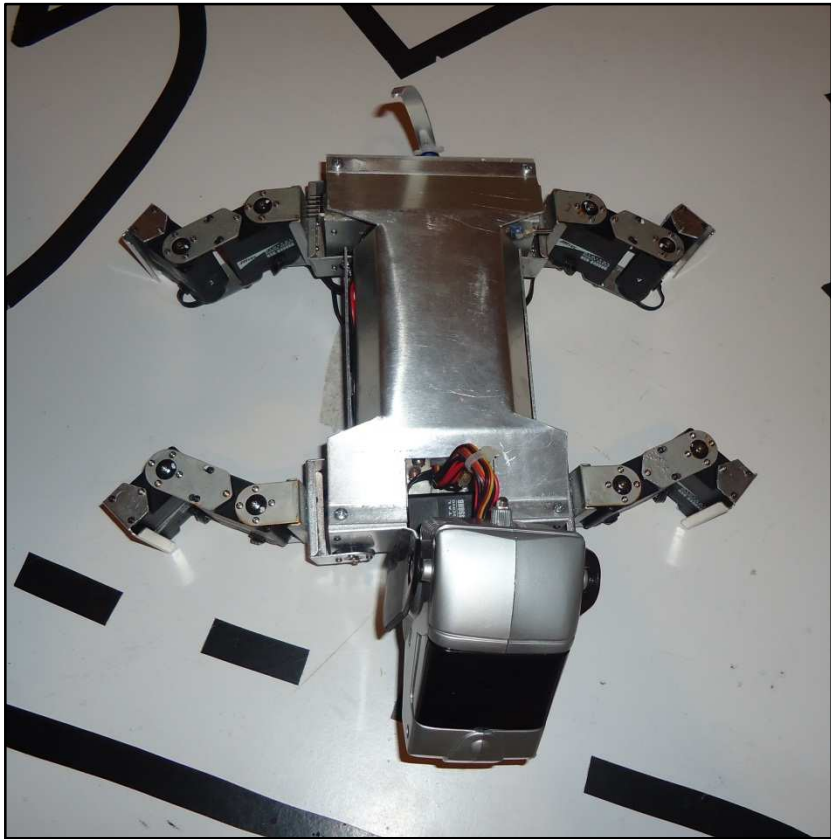
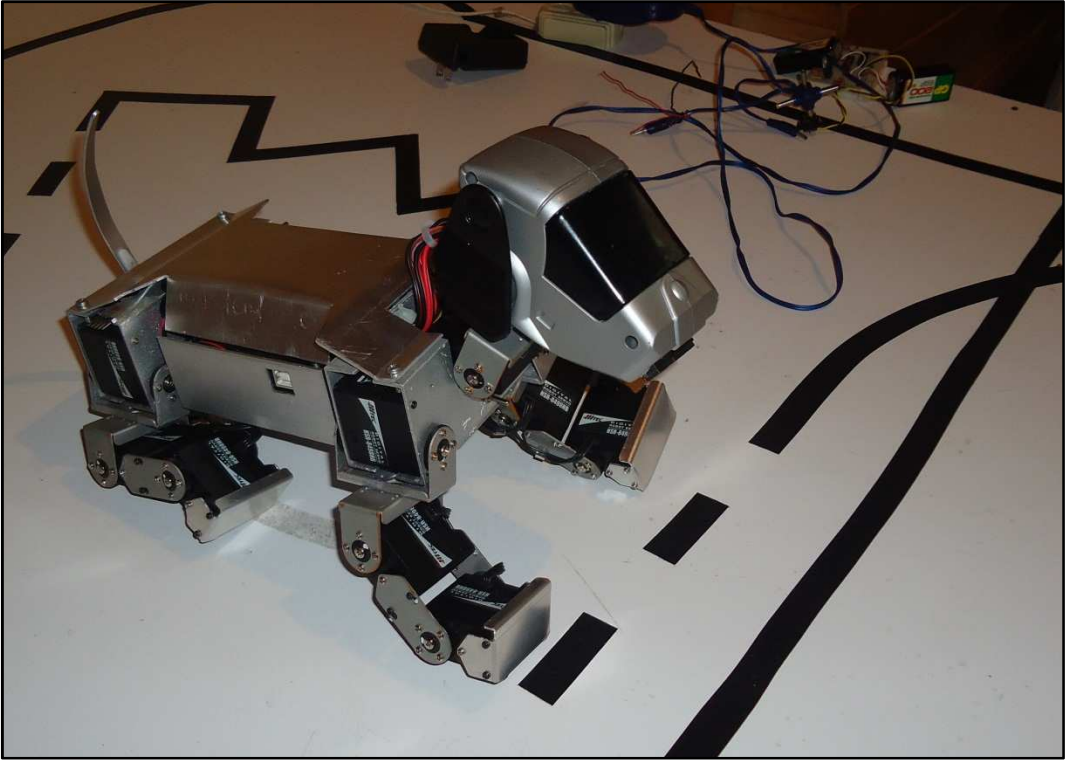


ANEXO VI

Fotografías del Robot cuadrúpedo tipo mascota interactiva MOLLY







BIBLIOGRAFÍA

LIBROS Y FOLLETOS

- CORRALES, Santiago, Electrónica Práctica con Microcontroladores PIC, Quito - Ecuador, Imprenta Gráfica. 2006. 179 p
- REYES, Carlos, Microcontroladores PIC Programación en Basic, Quito - Ecuador, RISPGRAF. 2006. 211 p
- VALENCIA, Ramiro, Aplicaciones Electrónicas con Microcontroladores, Quito - Ecuador, ND. 2008. pp16, 17, 54-56

BIBLIOGRAFÍA INTERNET

Microcontroladores

- <http://es.wikipedia.org/wiki/Servomotor>
(2010-09-15)
- <http://www.neoteo.com/tutorial-programacion-de-microcontroladores.neo>
(2010-09-15)
- http://www.datasheetcatalog.net/es/datasheets_pdf/P/I/C/1/PIC16F628A.shtml
(2010-09-24)
- https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2009/1/EL41B/1/material_alumnos/bajar?id_material=37135
(2010-09-24)

- <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39582b.pdf>
(2010-09-30)

Motores

- <http://es.wikipedia.org/wiki/Motor>
(2010-07-20)
- http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_corriente_continua
(2010-07-21)
- http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_paso_a_paso
(2010-07-25)
- http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_sin_n%C3%BAcleo
(2010-08-10)
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Servomotor>
(2010-08-10)
- http://www.servocity.com/html/hsr-8498hb_hmi_robot_servo.html
(2010-08-10)
- <http://www.superrobotica.com/S300436.htm>
(2010-09-06)

Procesamiento de Voz

- http://es.wikipedia.org/wiki/Reconocimiento_de_voz
(2010-09-30)

Robot

- <http://es.wikipedia.org/wiki/Robot>
(2010-05-27)
- <http://www.monografias.com/trabajos6/larobo/larobo.shtml>
(2010-05-27)
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Aibo>
(2010-08-25)
- <http://www.dei.uc.edu.py/tai2002/IA/arquitectura.htm>
(2010-09-03)

Robótica

- <http://es.wikipedia.org/wiki/Rob%C3%B3tica>
(2010-07-13)
- <http://www.monografias.com/trabajos6/larobo/larobo.shtml>
(2010-07-14)
- http://es.wikipedia.org/wiki/Robot#cite_note-0
(2010-09-12)

Sensores

- <http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor>
(2010-08-12)