

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E
INSTRUMENTACIÓN**

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN
SISTEMA DE CONTROL A TRAVÉS DE UN JOYSTICK PARA EL
DESPLAZAMIENTO SEMIAUTOMÁTICO DE LA SILLA DE
RUEDAS ELÉCTRICA MODELO XFG-103FL”**

**JOSUÉ ERNESTO MUÑOZ SILVA
JORGE LUIS PAREDES FREIRE**

Tesis presentada como requisito previo a la obtención del grado
de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

Año 2011

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por Josué Ernesto Muñoz Silva y Jorge Luis Paredes Freire, bajo nuestra supervisión.

Ing. José Bucheli
DIRECTOR DE PROYECTO

Ing. David Rivas
CODIRECTOR DE PROYECTO

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E
INSTRUMENTACIÓN**

AUTORIZACIÓN

Nosotros: Josué Ernesto Muñoz Silva y Jorge Luis Paredes Freire

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación en la biblioteca virtual de la institución del trabajo “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL A TRAVÉS DE UN JOYSTICK PARA EL DESPLAZAMIENTO SEMIAUTOMÁTICO DE LA SILLA DE RUEDAS ELÉCTRICA MODELO XFG-103FL”, cuyo contenido, ideas y criterio es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Mayo del 2011

Josué Ernesto Muñoz Silva
110471214-4

Jorge Luis Paredes Freire
060439813-1

DEDICATORIA

Este proyecto realizado con mucho esmero se lo dedicó muy especialmente a mi madre querida que siempre me ha brindado su apoyo incondicional, a mi padre que desde el cielo me bendice día a día, a mis hermanos quienes siempre estuvieron pendientes de mí y a toda mi familia que me dieron su cariño a la distancia.

Josué Ernesto Muñoz Silva

El presente proyecto está dedicado a Dios ya que sin él no hubiera sido posible nada, a mis familia Leonel, Naí y Sebastián quienes siempre me brindaron su apoyo y me guiaron a ser la persona que soy, nunca olvidare lo que me enseñaron y tratare de ser un buen ser humano. A todos mis compañeros y amigos que llegaron a ser como hermanos para mi Patricio, Hemilton, Mary, Pablo, Alexandra, Josué, Tania, Lili, Jessy, Ernesto, Rolo, Wilmer, Carlos, Cristian S y Cristian H.

Jorge Luis Paredes Freire

AGRADECIMIENTO

Agradezco de manera especial al Director y Co-Director de este trabajo quienes se involucraron en el desarrollo del mismo para llevarlo a cabo de manera adecuada y eficiente, de igual manera a todos los profesores que me compartieron sus conocimientos desde el inicio de este trayecto y a todos mis compañeros y amigos por los buenos momentos que he pasado en este centro de educación.

Josué Ernesto Muñoz Silva

Son muchas personas especiales a las que me gustaría agradecer su amistad y ánimo durante toda la carrera en esta institución, pero en especial al Ing. José Buchelli, Ing. David Rivas, Ing. Fausto Acuña, Ing. Wilson Trávez, Ing. Nancy Guerrón y a la Ing. Amparo Meythaler quienes siendo mis mentores llegaron ser mis amigos estableciendo en mi bases sólidas para los retos que se me presenten en el futuro.

Jorge Luis Paredes Freire

Índice General

CAPITULO I	1
GENERALIDADES	1
1.1. ESTUDIO DE LAS DISCAPACIDADES FÍSICAS	1
1.1.1. Conceptualización.....	2
1.1.2. Problemática de las personas con discapacidad	3
1.1.3. Accesibilidad	4
1.1.4. Tipos	6
1.1.5. Discapacidades en el Ecuador.....	10
1.2. SILLA DE RUEDAS.....	13
1.2.1. Historia.....	14
1.2.2. Tipos de Silla de Ruedas	17
1.2.3. Componentes de una Silla de Ruedas.....	24
1.3. SISTEMAS DE CONTROL.....	35
1.3.1. Definición	35
1.3.2. Requisitos de un Sistema de Control.....	36
1.3.3. Elementos básicos de un Sistema de Control.....	37
Configuraciones de Sistemas de Control	37
1.3.5. Tipos de Sistemas de Control	40
1.4. DISPOSITIVOS DE CONTROL DE LÓGICA PROGRAMABLE	42
1.4.1. Ventajas de la Lógica Programable	42
1.4.2. Clasificación de los Dispositivos de Control de Lógica Programable	
43	
1.4.3. Dispositivos de Control de Lógica Programable por Hardware	44
1.4.4. Dispositivos de Control de Lógica Programable por Software	54
1.5. PALANCAS DE MANDO	62

1.5.1. Joystick	62
1.5.2. Tipos de palancas de mando	64
1.6. MOTORES DC	66
1.6.1. Constitución del motor	68
1.6.2. Tipos de motores DC	68
1.6.3. Control de motores DC	71
1.7. COMUNICACIÓN INALÁMBRICA.....	77
1.7.1. Modos de Transmisión.....	78
1.7.2. Medios de Transmisión Inalámbrica.....	80
1.7.3. Control Remoto.....	84
CAPÍTULO II.....	87
DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL	
SISTEMA DE CONTROL.....	87
2.1. ANÁLISIS DEL SISTEMA ANTERIOR	87
2.1.1. Armazón.....	88
2.1.2. Motores	88
2.1.3. Sistema de Control.....	91
2.1.4. Baterías.....	92
2.1.5. Cargador de la Batería.....	93
2.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA.....	93
2.3. SELECCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS	96
2.3.1. Selección de Elementos de la Etapa de Control principal y Remoto	
96	
2.3.2. Selección de Elementos de la Etapa de Potencia.....	112
2.4. DISEÑO DE CIRCUITOS	116
2.4.1. Diseño del Circuito de Acoplamiento del Cargador con la Batería	
117	
2.4.2. Diseño del Circuito del Módulo de Control Principal	118

2.4.3. Diseño del Circuito del Módulo de Visualización.....	128
2.4.4. Diseño del Circuito del Módulo de Control Remoto	130
2.4.5. Diseño del Circuito de la etapa de Potencia	132
2.5. CONSTRUCCIÓN DE MÓDULOS	135
2.5.1. Estructura del Panel de control principal.....	137
2.5.2. Estructura de la Palanca de mando	137
2.5.3. Estructura del Monitor	138
2.5.4. Estructura del Modulo de potencia.....	139
2.6. DISEÑO DE SOFTWARE DE CONTROL	140
2.6.1. Programa del Microcontrolador Central PIC 16F877A	141
2.6.2. Programa del Microcontrolador PIC 18F4620.....	144
2.6.3. Programa del Microcontrolador PIC 16F628A	145
2.7. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA.....	145
2.7.1. Diseños de Circuitos Impresos	146
2.7.2. Ensamblaje de Módulos.....	150
CAPÍTULO III.....	154
PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	154
3.1. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA	154
3.2. PRUEBAS DE LOS MÓDULOS DEL SISTEMA.....	155
3.2.1. Prueba de Funcionamiento del Módulo del Control Principal.....	156
3.2.2. Prueba del funcionamiento del módulo de visualización.....	158
3.2.3. Prueba de recepción de señales RF	161
3.2.4. Prueba del funcionamiento del módulo de potencia	162
3.2.5. Sistema de actuadores	163
3.2.6. Pruebas de motores.....	164
3.2.7. Grados de inclinación máxima recomendada	165
3.3. RESULTADOS	165
3.4. ANÁLISIS TÉCNICO	166

3.4.1. Especificaciones técnicas del nuevo sistema	166
3.4.2. Características de conducción	167
3.5. ANÁLISIS ECONÓMICO	167
3.6. COMPARATIVA DEL SISTEMA IMPLEMENTADO CON SISTEMAS EN EL MERCADO	172
CAPÍTULO IV	174
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	174
4.1. CONCLUSIONES	174
4.2. RECOMENDACIONES	175
BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES	177
ANEXOS	179

Índice de Figuras

Figura 1.1 Rampa de acceso	5
Figura 1.2 Silla de ruedas	14
Figura 1.3 Silla de ruedas manual.....	18
Figura 1.4 Silla de ruedas manuales para tránsito	19
Figura 1.5 Silla de ruedas eléctrica	19
Figura 1.6 Silla tipo scooter.....	21
Figura 1.7 Silla para deportes	21
Figura 1.8 Sillas de ruedas para pararse	22
Figura 1.9 Silla de ruedas que suben escaleras	23
Figura 1.10 Sillas Bariátricas.....	23
Figura 1.11 Silla de ruedas pediátrica.....	24
Figura 1.12 Silla de ruedas con armazón rígido.....	25
Figura 1.13 Silla de ruedas plegable.....	26
Figura 1.14 Ruedas delanteras de distintas cubiertas; a) Neumáticas; b) Macizas; y c) de Aire.....	27
Figura 1.15 Ruedas traseras de distintos tamaños y materiales.....	28
Figura 1.16. Cubiertas para ruedas traseras.....	28
Figura 1.17 Aro con proyecciones.....	29
Figura 1.18 Motor de silla de ruedas.....	30
Figura 1.19 Sistemas de control; a) Integral b) Modular	31
Figura 1.20 Baterías de gel de distintas marcas y capacidades	32
Figura 1.21 Diferentes cargadores.....	33
Figura 1.22 Frenos con zapata	33
Figura 1.23 Reposabrazos	34

Figura 1.24 Reposapiés y plataformas elevables (izquierda) y reposapiés normales (derecha).....	35
Figura 1.25 Diagrama de un sistema de control.....	36
Figura 1.26 Diagrama de bloques de un sistema en lazo abierto	38
Figura 1.27 Diagrama de bloques de un sistema en lazo cerrado	39
Figura 1.28 Diagrama de bloques de un sistema manual	40
Figura 1.29 Diagrama de bloques de un sistema semiautomático.....	41
Figura 1.30 Diagrama de bloques de un sistema automático	41
Figura 1.31 Clasificación de dispositivos de control de lógica programable	43
Figura 1.32 Memoria ROM, contenida en una placa madre.....	44
Figura 1.33 Memoria PROM D23128C	45
Figura 1.34 Memoria EPROM de 32KB	45
Figura. 1.35 Comparación en cantidad de compuertas de los PLD	48
Figura 1.36 Diagrama de bloques de una PAL	49
Figura 1.37 Diagrama de bloques de una PLA	49
Figura 1.38 Diagrama de bloques de una GAL.....	50
Figura 1.39 Arquitectura básica de un CPLD.....	51
Figura 1.40 Arquitectura básica de un FPGA.....	52
Figura 1.41 Vistas de un ASIC.....	53
Figura 1.42 Elementos básicos de un microprocesador	55
Figura 1.43 Arquitectura de Von Neumann.....	57
Figura 1.44 Arquitectura Harvard.....	57
Figura 1.45 Vista de un DSP.....	60
Figura 1.46 Aplicación típica de un DSP.....	61
Figura 1.47 Diversos tipos de joysticks o palancas de mando	64
Figura 1.48 Diversos tipos de motores DC	67
Figura 1.49 Conexión de motor DC de excitación en serie	69
Figura 1.50 Conexión de motor DC de excitación en derivación.....	69
Figura 1.51 Conexión de motor DC de excitación compuesta	70

Figura 1.52 Conexión de motor DC de excitación independiente	70
Figura 1.53 Control de marcha y paro mediante relés	71
Figura 1.54 Control de marcha y paro mediante un transistor de mediana potencia	72
Figura 1.55 Control del sentido de giro usando un relé.....	73
Figura 1.56 Control del sentido de giro mediante 2 relés.....	73
Figura 1.57 Control del sentido de giro mediante puente de transistores en “H”	74
Figura 1.58 Circuito integrado usado para el control de motores DC.....	74
Figura 1.59 Conexión de un driver L293D para el control de dos motores ..	75
Figura 1.60 Diversos ESC (Electronic Speed Controller).....	76
Figura 1.61 Sistemas inalámbricos	77
Figura 1.62 Modo de transmisión símplex	78
Figura 1.63 Modo de transmisión semidúplex.....	79
Figura 1.64 Modo de transmisión full-dúplex	80
Figura 1.65 Uso de infrarrojos.....	80
Figura 1.66 Uso de radiofrecuencia	82
Figura 1.67 Antena de microondas	83
Figura 1.68 Control remoto	84
Figura 2.1 Silla de ruedas eléctrica modelo XFG-103 FL de tipo plegable .	87
Figura 2.2 Motores eléctricos de forma cilíndrica.....	88
Figura 2.3 Componentes del motor; a) Freno electromagnético, b) Socket de polarización de freno y motor, c) Escobillas y d) Acoplamiento de la caja reductora.....	89
Figura 2.4 Componentes de la caja reductora; a) Cara de acoplamiento de la caja reductora, b) Eje de acoplamiento del motor con la caja reductora, c) Embrague	90
Figura 2.5 Freno del motor eléctrico; a) Socket de alimentación, b) Vista frontal del freno electromagnético.....	90

Figura 2.6 Mando de control; a) Carcasa superior, b) Parte de potencia c) Carcasa inferior.....	91
Figura 2.7 Palanca de control; a) Joystick, b) Display luminoso	91
Figura 2.8 Parte de potencia; a) Disipador, b) Socket de carga.....	92
Figura 2.9 Batería	93
Figura 2.10 Diagrama de bloques del sistema.....	94
Figura 2.11 Microcontrolador PIC 16F628A.....	97
Figura 2.12 Microcontrolador PIC 16F877A.....	98
Figura 2.13 Microcontrolador PIC 18F4620	100
Figura 2.14 Joystick de 2 ejes.....	102
Figura 2.15 Distribución de pines del joystick de 2 ejes.....	102
Figura 2.16 Switch de 5 posiciones.....	103
Figura 2.17 Distribución de pines del switch de 5 posiciones	104
Figura 2.18 Regulador de voltaje Lineal LM7812.....	105
Figura 2.19 Fuente conmutada de voltaje DE-SW050	106
Figura 2.20 Potenciómetro lineal del regulador de voltaje DE-SW050.....	107
Figura 2.21 Circuito integrado LM3914	108
Figura 2.22 Pantalla GLCD 128x64	109
Figura 2.23 Transmisor y receptor de radiofrecuencia.....	111
Figura 2.24 Pines del transmisor RF.....	112
Figura 2.25 Pines del receptor RF	112
Figura 2.26 Tarjeta Sabertooth 2x50HV.....	113
Figura 2.27 Interruptores tipo DIP de la tarjeta Sabertooth 2x50HV	113
Figura 2.28 Indicadores LED de la tarjeta Sabertooth 2x50HV.....	114
Figura 2.29 Terminales de la batería y motores.....	115
Figura 2.30 Terminales de voltaje y para las señales de control.....	115
Figura 2.31 Relé electromagnético	116
Figura 2.32 Circuito de acoplamiento del cargador de batería.....	117

Figura 2.33 Circuito de acoplamiento del cargador y de alimentación a la etapa de control y de potencia	118
Figura 2.34 Circuito de alimentación para el módulo de control principal ..	119
Figura 2.35 Circuito para la reducción de voltaje de la batería	120
Figura 2.36 Divisor de voltaje.....	121
Figura 2.37 Circuito medidor de voltaje.....	121
Figura 2.38 Circuito para la activación de la bocina de pito	122
Figura 2.39 Conexión del oscilador externo y masterclear al PIC16F877A	123
Figura 2.40 Selector de dos estados con posición central	123
Figura 2.41 Circuito para selección e indicadores de modo de operación .	124
Figura 2.42 Circuito para la lectura del joystick analógico y del estado de la batería.....	124
Figura 2.43 Filtro RC para la conversión a señal analógica.....	126
Figura 2.44 Circuito para la lectura de botones y embragues y envío de señales de control.....	126
Figura 2.45 Circuito para la transmisión y recepción de datos.....	127
Figura 2.46 Conexión del oscilador externo y masterclear al PIC16F4620	128
Figura 2.47 Circuito para la lectura de botones y recepción de datos.....	129
Figura 2.48 Circuito para la activación de la bocina de falla	129
Figura 2.49 Circuito para la conexión del GLCD	130
Figura 2.50 Conexión del oscilador externo al PIC 16F628A.....	131
Figura 2.51 Circuito de envío de datos por medio del transmisor RF	131
Figura 2.52 Circuito para la conexión del switch de 5 posiciones y del indicador de envío de datos	132
Figura 2.53 Circuito de alimentación del módulo de potencia	133
Figura 2.54 Circuito de control de los dispositivos	133
Figura 2.55 Conexión de la tarjeta Sabertooth 2x50HV	134
Figura 2.56 Configuración de los interruptores tipo DIP.....	135

Figura 2.57 Ensamblaje completo del modulo de control principal en Solidwork	136
Figura 2.58 Modelado del panel de control principal.....	137
Figura 2.59 Modelado de la palanca de mando	138
Figura 2.60 Modelado del monitor.....	139
Figura 2.61 Modelado del módulo de potencia	140
Figura 2.62 Diagrama de bloques simplificado del microcontrolador PIC 16F877A	142
Figura 2.63 Diagrama de bloques simplificado de la rutina control local....	142
Figura 2.64 Diagrama de bloques simplificado de la rutina control remoto	143
Figura 2.65 Diagrama de bloques simplificado del microcontrolador PIC 18F4620.....	144
Figura 2.66 Diagrama de bloques simplificado del microcontrolador PIC 16F628A	145
Figura 2.67 Diseño del circuito impreso del módulo de control principal....	146
Figura 2.68 Vista 3D del circuito del módulo de control principal	146
Figura 2.69 Circuito del módulo de control principal a) Sin componentes; b) Cara anterior y c) Cara posterior.....	147
Figura 2.70 Diseño del circuito impreso del módulo de visualización	147
Figura 2.71 Vista 3D del circuito del módulo de visualización.....	148
Figura 2.72 Circuito del módulo de visualización a) Cara anterior, b) Cara posterior y c) Con componentes	148
Figura 2.73 Diseño del circuito impreso de la etapa de potencia	149
Figura 2.74 Vista 3D del circuito de la etapa de potencia	149
Figura 2.75 Circuito del la etapa de potencia a) Sin componentes b) Con componentes	150
Figura 2.76 Dispositivo de prueba de control remoto.....	151
Figura 2.77 Etapa de potencia	151
Figura 2.78 Módulo de visualización	152

Figura 2.79 Módulo de control principal	152
Figura 2.80 Silla de ruedas eléctrica con nuevo sistema	153
Figura 3.1 Circuitos de prueba en protoboard a) Control principal y visualización b) Potencia y c) Control remoto	155
Figura 3.2 Cobertura de recepción de señales RF para un mando remoto	162
Figura 3.3 Toma de carga del panel de control.....	163
Figura 3.4 Desviación de la silla de ruedas eléctrica	164
Figura 3.5 Grados de inclinación superadas por el sistema de control	165

Índice de Tablas

1.1. Personas discapacitadas registradas en el CONADIS.....	13
2.1. Definición de pines del switch de 5 posiciones.....	104
2.2. Definición de pines del GLCD.....	110
2.3. Reducción de valores de tensión de la batería.....	120
2.4. Librerías de MikroBasic utilizadas en los microcontroladores.....	141
3.1. Formato de pruebas.....	156
3.2. Prueba de control de movimientos.....	156
3.3. Prueba de botones y selector.....	157
3.4. Prueba de sistema de detección de fallas.....	158
3.5. Prueba de sistema de lectura de códigos.....	159
3.6. Prueba del control de ingreso al manual de asistencia.....	160
3.7. Prueba del control de la silla a través del mando remoto.....	161
3.8. Prueba de activación de relés.....	163
3.9. Especificaciones técnicas del nuevo sistema.....	166
3.10. Características de conducción.....	167
3.11. Elementos utilizados en el circuito del módulo de control principal....	167
3.12. Elementos utilizados en el circuito del módulo de visualización.....	168
3.13. Elementos utilizados en el circuito del módulo de potencia.....	169
3.14. Costo de la construcción física del sistema.....	170
3.15. Accesorios varios.....	170
3.16. Gasto total del sistema implementado.....	171
3.17. Costo total del sistema.....	171
3.18. Comparación del sistema con sistemas similares del mercado.....	172

Resumen

La silla de ruedas eléctrica modelo XFG-103FL fue entregada a la ESPE-L con una falla técnica, la cual no se pudo determinar ni corregir, por tal motivo se desarrolló un nuevo sistema de control buscando así una reducción de costos y mayor eficiencia.

El presente trabajo muestra el desarrollo de las diversas etapas de diseño, construcción e implementación de un nuevo sistema de control y monitoreo para la silla de ruedas eléctrica basándose en un joystick para el desplazamiento de la misma.

Este sistema de control incluye un dispositivo de control de lógica programable por software, en este caso, el microcontrolador que es el encargado de entregar las señales a la tarjeta de control de velocidad que controlará a los motores de la silla de ruedas; también dispone de un módulo de visualización que permite observar el estado de la silla de ruedas.

Las pruebas realizadas en todos los módulos fueron desarrolladas en condiciones normales siendo satisfactorias, dejando así los fundamentos necesarios para las futuras correcciones y reparaciones de posibles fallas en la variedad de sillas de ruedas eléctricas existentes en nuestro entorno.

El sistema incluye elementos disponibles en el mercado local, disminuyendo el costo total de la silla de ruedas para mayor facilidad de adquirir para los usuarios mejorando así su vida e independencia.

Abstract

The electric wheelchair model-103FL XFG was delivered to the ESPE-L with a technical glitch, which could not be determined and fixed, for this reason we developed a new control system and looking for cost reduction and increased efficiency.

This work shows the development of the various stages of design, construction and implementation of a new control and monitoring system for electric wheelchair based on a joystick for moving it.

This control system includes a device for programmable logic control software, in this case, the microcontroller is in charge of delivering the signals to the control board that controlled the speed engine of the wheelchair, also has a display module that allows to observe the state of the wheelchair.

Tests on all modules were developed to be satisfactory under normal conditions, leaving the foundation needed for future repairs corrections and possible damages in the range of existing electric wheelchairs in our environment.

The system includes elements available in the local market, reducing the total cost of the wheelchair for easing the getting to users thereby improving their lives and independence.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1. ESTUDIO DE LAS DISCAPACIDADES FÍSICAS

Es evidente que los individuos tenemos una serie de características comunes, aunque nos diferenciamos en otros muchos aspectos, no actuamos, sentimos o pensamos de igual manera, somos diferentes en nuestras características físicas como psicológicas.

Esta diversidad está relacionada con criterios de “normalidad”, tantos a nivel cognitivo, socio-afectivo, como motriz; cuando dicha diversidad no se relaciona con esos criterios, se habla de deficiencia, discapacidad, retraso, etc.

Un correcto tratamiento de la diversidad, desde el punto de vista educativo, promoverá el respeto y la atención de la misma, contribuyendo a potenciar y/o compensar las variables que originan diferencias que implican situaciones de desventaja respecto de los demás

En el ámbito educativo, el maestro en particular y el resto de la comunidad educativa en general, han de ser sensibles a la problemática del deficiente en la sociedad, por ello deben proporcionarle una mejor y mayor educación que contribuya a su integración y a una mayor calidad de vida.

La visión que tenemos de la persona con discapacidad física ha variado con el paso de los años, anteriormente veíamos que las personas eran relegadas a su hogar, sin posibilidades de socializar y mucho menos opciones

laborales, esta condición día a día va mejorando, y los gobiernos van tomando mayor conciencia de implementar políticas que ayuden a que las ciudades sean lugares más amables hacia la persona que vive con una discapacidad.

Existen diversas causas por las cuales se presenta la discapacidad física; factores congénitos, hereditarios, cromosómicos, por accidentes o enfermedades degenerativas, neuromusculares, infecciosas o metabólicas entre muchas.

1.1.1. Conceptualización¹

En general se utiliza como sinónimos términos como deficiencia, discapacidad o minusvalía, efectivamente existe una gran confusión terminológica entre estos conceptos aparentemente similares, aunque reflejan realidades diferentes. Por ello, en primer lugar, es preciso establecer una diferenciación conceptual entre los mismos.

En el marco de la salud, una deficiencia es una pérdida o anormalidad de una estructura o función psicológica, fisiológica o anatómica. Pueden tener carácter permanente o temporal. Entre ellas se incluye una anomalía, defecto o pérdida tanto en las estructuras corporales como mentales.

Se entiende por discapacidad a toda restricción o ausencia (debido a una deficiencia) de la capacidad de realizar una actividad dentro de lo que se considera "normal" para el ser humano. La discapacidad puede venir tanto por el exceso como por la insuficiencia de la realización de una actividad

¹ <http://www.ladiscapacidad.com/discapacidad/discapacidad.php>

rutinaria y puede tener un carácter temporal o permanente. La discapacidad puede surgir como consecuencia de la deficiencia o como respuesta del individuo a nivel psicológico ante deficiencias físicas, sensoriales o de otro tipo.

Una minusvalía es una situación desventajosa para un individuo como consecuencia de una deficiencia o de una discapacidad, limitando o impidiendo el desempeño de un rol normal. Representa la socialización de una deficiencia o discapacidad, por tanto, refleja consecuencias culturales, sociales, económicas y ambientales derivadas de la presencia de la deficiencia y la discapacidad.

1.1.2. Problemática de las personas con discapacidad¹

Las personas con discapacidad suelen encontrarse con dificultades sobreañadidas que impiden aún más la integración plena. Veamos algunas de ellas desde diferentes ámbitos:

a. Ámbito familiar

- No aceptación de las deficiencias por parte de sus padres.
- Superprotección que limita su desarrollo.

b. Ámbito escolar

- El profesorado no se adapta realmente a las características y ritmos de aprendizaje del alumno.
- No se favorece la autonomía personal y la integración social.
- Falta de colaboración continua de la familia.

c. Ámbito laboral

- Dificultad de integración laboral.
- Se subestima la capacidad de la persona dándole un trabajo de menor cualificación.

d. Ámbito social

- Presencia de barreras de comunicación ante la falta de concienciación social, predominando la indiferencia, la ignorancia, y en ocasiones el prejuicio, creando un entorno de aislamiento psíquico y físico.
- Presencia de barreras arquitectónicas.

1.1.3. Accesibilidad²

Para mejorar la accesibilidad, en los establecimientos destinados a un uso público se deben tener en cuenta una serie de aspectos físicos pensando en la gente con deficiencias motrices:

- Acceso a la entrada: se deben evitar los desniveles, sin embargo si éstos existen, se debe contar con una rampa de una inclinación máxima del 8% y una anchura mínima de 9 dm de material antideslizante. Además es conveniente que vaya acompañada de una barandilla para personas ambulantes. En la Figura 1.1 se puede observar una rampa de acceso.
- Puertas: la anchura mínima de la puerta ha de ser de 9 dm, además ha de ir acompañada de una manilla en forma de palanca o de una barra horizontal que se accione presionando.

² http://es.wikipedia.org/wiki/Deficiencia_motriz



Figura 1.1 *Rampa de acceso*

- Pasillos y escaleras: será necesaria la instalación de pasamanos redondeados, separados 4 cm y colocados a dos alturas para poder ser utilizados por personas con marcha inestable y de diferentes edades.
- Baño: debe ser lo suficientemente ancho y amplio para que pueda acceder una silla de rueda. Además se debe disponer de barras de apoyo que faciliten el control del movimiento. Por otro lado el suelo ha de ser antideslizante, los sanitarios y accesorios deben estar a la altura de una silla de ruedas y la grifería ha de ser de fácil manejo.
- Interruptores: los enchufes e interruptores de la luz han de estar situados a la altura suficiente para que se pueda acceder a ellos desde una silla de ruedas.
- Cabinas de teléfono: deben haber de la altura para acceder desde una silla de ruedas.

1.1.4. Tipos

Generalmente a la hora de realizar clasificaciones, se establecen dos grandes grupos de deficiencias: físicas y mentales, y ambas pueden estar interrelacionadas.

Las deficiencias físicas se suelen subdividir en tres grandes grupos:

- Deficiencias motrices
- Deficiencias sensoriales
- Deficiencias fisiológicas

Para este tema nos centraremos en las deficiencias motrices sobrevenidas como consecuencia de discapacidad física. Una clasificación orientativa puede ser la siguiente:

a. Afectación a miembros inferiores o superiores

a.1. Amputaciones

Pérdida de una extremidad como consecuencia de una lesión traumática (corte, quemadura, aplastamiento) o una enfermedad que requiere una intervención quirúrgica (cáncer, gangrena, diabetes...). La autonomía de las personas amputadas varía en función de la extremidad afectada y del nivel de amputación. En miembros inferiores se pueden utilizar prótesis para recuperar el movimiento funcional. En extremidades superiores las prótesis tienen un carácter más estético que funcional.

a.2. Poliomielitis

Se trata de una enfermedad de carácter viral que afecta al sistema nervioso y que da lugar a una pérdida del control muscular que puede degenerar en una

parálisis. También se puede producir un síndrome post-polio, entre 10 y 40 años después de haber padecido la enfermedad.

b. Afectación a la medula espinal

b.1. Lesión medular

Cuando ocurre una lesión medular, todos los nervios situados por encima de la lesión funcionan perfectamente, en cambio, por debajo se produce una desconexión entre el cerebro y las diferentes partes del cuerpo. Dependiendo del lugar y grado de afectación esta desconexión puede ser total o parcial. Dependiendo del nivel de la lesión se pueden producir una paraplejia (afectación a miembros inferiores) o una Tetraplejia (afectación tanto a miembros inferiores como superiores).

b.2. Espina bífida

Consiste en una serie de malformaciones congénitas que se manifiesta por una falta de cierre o fusión de uno o varios arcos vertebrales posteriores dando como resultado un cierre anormal del tubo neural. Se sabe que el proceso comienza en el primer mes de gestación.

c. Enfermedades Degenerativas

c.1. Ataxia de Friedreich

Enfermedad hereditaria que ocasiona un daño progresivo del sistema nervioso con síntomas que van entre debilidad muscular y problemas de dicción, por un lado, y enfermedad cardíaca por otro. En general el primer rasgo que aparece es la dificultad para caminar y se va programando progresivamente a los brazos y al tronco. Otros síntomas asociados son: pérdida de reflejos en rodillas, tobillos y muñecas, escoliosis, dolor de pecho,

dificultad para respirar, palpitaciones, dificultad para hablar y en general suelen padecer profundas depresiones.

c.2. Esclerosis múltiple

Se trata de una enfermedad del sistema nervioso central que se produce cuando se destruye o deteriora la mielina perdiendo los nervios la capacidad de conducir los impulsos eléctricos. Los síntomas de esta enfermedad varían entre diferentes personas e incluso en un mismo individuo según los momentos.

c.3. Distrofia muscular progresiva

Se conoce a un conjunto de enfermedades, todas hereditarias, caracterizadas por una debilidad progresiva y un deterioro de los músculos esqueléticos o voluntarios que son los que se encargan del movimiento. La forma más frecuente y grave es la distrofia muscular de Duchenne, con una expectativa de vida de 20 años. Estas personas son muy sensibles a las lesiones por lo que hay que tener cuidado en los cambios de posiciones y los movimientos bruscos.

c.4. Corea de Huntington

También popularmente conocida como "Baile de San Vito". Es una enfermedad neurológica degenerativa caracterizada por movimientos involuntarios incontrolados, desarreglos psíquicos y pérdida de las funciones intelectuales (demencia).

d. Parálisis Cerebral

Se trata de una anomalía de tipo neuromotor provocada por un desarrollo defectuoso o lesión del cerebro. Este trastorno no evolutivo puede afectar al

control motor, al tono, al movimiento y a la postura. La lesión cerebral puede tener lugar antes, durante o poco después del parto. Es de destacar que en la mayoría de los casos de parálisis cerebral se debe a una anoxia cerebral (insuficiencia de aporte de oxígeno a las células de la corteza cerebral), aunque también puede producirse por otras causas como infecciones (meningitis, encefalitis.), accidentes cerebrovasculares (cuando se interrumpe repentinamente el suministro de sangre a una parte del cerebro o se rompe un vaso sanguíneo en el cerebro) o por traumatismos craneoencefálicos. Suele llevar asociadas algunas otras deficiencias, como en el lenguaje, disminuciones intelectuales (no forzosamente), convulsiones, problemas de visión y/o audición, alteraciones perceptivas, problemas afectivos.

La parálisis cerebral se clasifica según varios criterios: según el criterio topográfico y según la alteración del tono muscular.

d.1. Según el Criterio topográfico

- Tetraplejia: a las cuatro extremidades.
- Diplejia: extremidades superiores.
- Paraplejia: miembros inferiores.
- Hemiplejia: extremidades de un lado del cuerpo.

d.2. Según la alteración del tono muscular

- Espasticidad: aumento exagerado del tono (hipertonía), se caracteriza por movimientos exagerados y descoordinados (espasmos), el equilibrio es muy pobre.

- Atetosis: fluctuación de hipertonía a hipotonía, se caracteriza por movimientos irregulares y retorcidos difícilmente controlables.
- Rigidez: es uno de los tipos más graves de parálisis cerebral con falta de flexibilidad en los miembros, envaramiento de la espalda y cuello y movimientos torpes y muy restringidos.
- Ataxia: se caracteriza por la falta de tono muscular (hipotonía) que se traduce en dificultad en la marcha y descoordinación motora tanto fina como gruesa, pérdida del sentido del equilibrio por lo que tropieza y cae muy a menudo.

1.1.5. Discapacidades en el Ecuador

a. Consejo Nacional de Discapacidades (CONADIS)³

El Consejo Nacional de Discapacidades, CONADIS, es un organismo autónomo de carácter público, creado en agosto de 1992, a través de la Ley 180 sobre Discapacidades.

Ejerce sus atribuciones a nivel nacional, dicta políticas, coordina acciones y ejecuta e impulsa investigaciones sobre el área de las discapacidades. Su conformación es democrática, en la que participan todas las organizaciones públicas y privadas vinculadas directamente con las discapacidades.

a.1. Visión

El Consejo Nacional de Discapacidades, es un organismo dinamizador y articulador de todos los sectores de la comunidad para desarrollar acciones

³ <http://www.conadis.gov.ec>

de prevención, atención e integración, con el propósito de prevenir las discapacidades y elevar la calidad de vida de las personas con discapacidad.

a.2. Misión

Es un organismo público y autónomo que genera políticas e información, planifica y coordina acciones con los sectores públicos y privado, en el ámbito de las discapacidades y canaliza recursos nacionales e internacionales en este campo.

a.3. Funciones

- Formular políticas nacionales relacionadas con las discapacidades
- Establecer el Plan Nacional de Discapacidades
- Defender jurídicamente los derechos de las personas con discapacidad
- Coordinar, efectuar el seguimiento y evaluar las acciones que realizan en discapacidades las entidades del sector público y privado.
- Canalizar recursos nacionales e internacionales.
- Realizar o impulsar investigaciones en el área de las discapacidades
- Vigilar el cumplimiento de la Ley y la aplicación de sanciones o quienes la incumplan.

El proceso de calificación y carnetización a las personas con discapacidad que realiza el CONADIS a nivel nacional, consiste en registrar a las personas con discapacidad en el Registro Nacional de Discapacidades y así obtener el carnet de discapacidad, lo cual le permite acceder a la condición legal de “persona con discapacidad”.

b. Distribución de las personas con discapacidad por tipo de deficiencia⁴

Del total de la población del Ecuador, el 13,2 % son personas con algún tipo de discapacidad (1`600.000 personas), y podemos señalar que en el país existen aproximadamente:

- 592.000 personas con discapacidad por deficiencias físicas
- 432.000 personas con discapacidad por deficiencias mentales y psicológicas
- 363.000 personas con discapacidad por deficiencias visuales; y,
- 213.000 personas con discapacidad por deficiencias auditivas y del lenguaje

c. Investigación Nacional de personas con Discapacidades Registradas (1996-2010)

Los resultados de la investigación desde 1996 hasta el 2010, auspiciada por el CONADIS, el INNFA del Ecuador y el Instituto de Migración y Servicios Sociales, IMSERSO de España, muestra la situación de las discapacidades en nuestro país, en sus aspectos más importantes y según su distribución geográfica.

En la Tabla 1.1 se detalla la información de las personas carnetizadas y registradas en el CONADIS ente encargado de dar el reconocimiento legal de persona discapacitada. Esta información fue tomada desde el año 1996.

⁴ <http://www.conadis.gov.ec/estadisticas>

Tabla 1.1 Personas discapacitadas registradas en el CONADIS⁴

PROVINCIA	AUDITIVA	FISICA	INTELECTUAL	LENGUAJE	PSICOLOGICO	VISUAL	TOTAL
AZUAY	1541	8844	3760	262	354	1539	16300
BOLIVAR	629	1772	924	89	86	487	3987
CARCHI	838	2070	764	76	214	423	4385
CAÑAR	455	1927	1055	127	152	407	4123
CHIMBORAZO	1483	3510	2233	59	98	787	8170
COTOPAXI	727	2795	1629	198	139	771	6259
EL ORO	1167	6267	4040	159	632	1321	13586
ESMERALDAS	769	4611	2629	242	188	1126	9565
GALAPAGOS	22	88	74	3	6	21	214
GUAYAS	5940	29179	14732	806	1770	6359	58786
IMBABURA	1397	2951	1241	116	229	640	6574
LOJA	1246	4011	3429	101	436	1118	10341
LOS RIOS	848	7284	2710	181	257	1184	12464
MANABI	2617	17971	4533	248	3579	3683	32631
MORONA SANTIAGO	287	1523	676	86	139	488	3199
NAPO	382	1329	662	119	53	387	2932
ORELLANA	285	1324	543	90	123	489	2854
PASTAZA	180	754	396	28	66	194	1618
PICHINCHA	5698	17939	8771	505	1236	4148	38297
SANTA ELENA	593	2860	1263	72	137	567	5492
SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS	615	3450	1317	79	281	608	6350
SUCUMBIOS	355	1734	813	51	166	545	3664
TUNGURAHUA	1204	3173	1798	160	199	626	7160
ZAMORA CHINCHIPE	256	1117	642	54	78	220	2367
TOTAL	29534	128483	60634	3911	10618	28138	261318

Según la página web oficial del CONADIS las discapacidades físicas predominan sobre las demás discapacidades, existiendo un número de 128483 personas registradas.

1.2. SILLA DE RUEDAS

Una silla de ruedas es una ayuda técnica que consiste en una silla adaptada con al menos tres ruedas, aunque lo normal es que disponga de cuatro.

Estas sillas están diseñadas para permitir el desplazamiento de aquellas personas con problemas de locomoción o movilidad reducida, debido a una lesión, enfermedad física (paraplejía, tetraplejía, etc.) o psicológica.

Casi todos los modelos de sillas son altamente adaptables: tamaño y posición de asiento y respaldo, apoyabrazos y apoyapiés regulables y extraíbles.

Las sillas de ruedas están recogidas en la norma ISO 9999:2002.1. En la Figura 1.2 se puede observar una silla de ruedas común utilizada por las personas discapacitadas.



Figura 1.2 *Silla de ruedas*

1.2.1. Historia⁵

Los traumas y enfermedades han creado una necesidad por sillas de ruedas que se extiende muchos años hacia atrás. Algunos comentaristas incluso han sugerido que como la evidencia más antigua de sillas y ruedas data de alrededor de 4000 años AC, es posible que las dos fueran combinadas para

⁵ <http://www.chairdex.com/shistory.html>

hacer una silla con ruedas hasta seis mil años atrás. La primera prueba clara de una silla de ruedas, sin embargo, es de una imagen china grabada en 525 DC.

Cualquier historia subsiguiente de la silla de ruedas es difícil de documentar hasta 1595. Este fue el año en que un artista dibujó un borrador del Rey español, Felipe II de España (1527 - 1598), sentado en una silla que tenía pequeñas ruedas montadas al final de cada pata. Los rasgos de la silla incluían una plataforma levantada para las piernas del Rey y un respaldo ajustable.

La silla del Rey Felipe no era auto-propulsada; él dependía de un cortesano o un sirviente para empujarla.

La primera instancia documentada de una persona discapacitada con movilidad independiente fue en 1655 cuando Stephen Farfler, un relojero parapléjico, construyó una silla que parecía robusta sobre un chasis de tres ruedas. Sujetas a cada lado de la rueda frontal única había manivelas que Stephen giraba para impulsarse hacia adelante.

El siguiente desarrollo fue una silla inventada en 1783 por John Dawson. Dawson trabajaba en Bath, Inglaterra, a donde muchos inválidos viajaban para beber y bañarse en las aguas del balneario. La silla "Bath" de Dawson, con su tercera rueda que el ocupante podía dirigir usando una manivela rígida agregada, fue un gran suceso. Hubo un número de versiones, algunas de ellas abiertas, otras con capuchas y frentes de vidrio, pero todas debían ser empujadas desde atrás o tiradas por un pequeño caballo o burro.

Durante el siglo diecinueve, las sillas de ruedas se volvieron menos voluminosas y más confortables. Como resultado, algunos usuarios fueron capaces de girar las grandes ruedas traseras con sus manos, aunque esto podía ser desagradable si la silla corría a través de un charco de barro. El problema se solucionó en 1881 cuando los fabricantes empezaron a agregar un segundo borde con una menor circunferencia a cada rueda. Estos bordes mantenían las manos limpias y se conocieron como bordes para empujar.

A comienzos del siglo veinte, las sillas de ruedas se habían desarrollado aún más y disponían de ruedas con rayos de alambre, respaldos ajustables, y apoyos móviles para brazos y pies. También había modelos livianos hechos de mimbre montados sobre marcos de metal.

En 1915, ingenieros británicos habían producido la primera silla de ruedas motorizada, aunque la mayoría de los usuarios continuaron en las versiones manuales, que se estaban volviendo mucho más baratas. A pesar de esto, las sillas aún eran rígidas y difíciles de guardar y transportar, particularmente en autos. Pero en 1932, un ingeniero de Los Ángeles llamado Harry Jennings diseñó y construyó una silla plegable para su amigo, Herbert Everest. Los dos hombres inmediatamente vieron el potencial de este invento y establecieron una compañía para producir en masa las nuevas sillas portátiles. Estos fueron los precursores de las sillas de ruedas de uso común hoy en día.

Las primeras sillas eran hechas de madera, eran muy pesadas de acuerdo a los estándares de hoy en día, y tenían respaldos altos. Proveían una movilidad muy limitada; la mayoría de los usuarios incluso no podían empujarse a sí mismos y tenían que depender de otras personas para empujarlos.

Las primeras sillas a poder usaban cintas en el tren de tracción. El motor encendía un rotor que tenía una cinta enrollada a su alrededor, y la cinta transmitía la energía a las ruedas. Las sillas de hoy en día usan transmisión directa, significando que el motor transmite la energía a las ruedas a través de sistema de engranajes.

Las sillas a poder en un tiempo fueron llamadas en realidad "sillas eléctricas", hasta que los comerciantes se dieron cuenta de que el público pensaba en las sillas eléctricas como máquinas para ejecuciones. Las primeras sillas a poder eran sillas manuales con baterías y mecanismos de engranaje hechos de cualquier forma. Las sillas eran abultadas y difíciles de controlar. Los diseñadores han arreglado esos problemas desde entonces, y las sillas a poder modernas tienen todos sus elementos integrados en un sistema coherente. Mientras las primeras sillas a poder usaban la energía eléctrica sólo para mover las ruedas hacia adelante, los sistemas de hoy en día incluyen ajustes motorizados para los asientos, los descansos de los pies, los respaldos y los reposacabezas.

La compañía Everest and Jennings dominó la industria de las sillas de ruedas durante mediados del siglo 20. Nuevas compañías surgieron con diseños innovadores, y expandieron el rango de opciones para los usuarios de sillas de ruedas.

1.2.2. Tipos de Silla de Ruedas⁵

Básicamente existen dos tipos de sillas de ruedas Manuales y Eléctricas. El rango de sillas de ruedas refleja la demanda para cubrir necesidades individuales.

a. Sillas de ruedas manuales



Figura 1.3 *Silla de ruedas manual*

Como lo sugiere su nombre, las sillas de ruedas manuales son aquellas movidas por el usuario o un ayudante. La Figura 1.3 nos indica la estructura de una silla de ruedas manual. Las sillas propulsadas por uno mismo usualmente tienen ruedas traseras de entre 20 y 26 pulgadas de diámetro fijadas a un eje y posicionadas de forma que los usuarios pueden moverlas empujando hacia abajo o tirando hacia arriba los bordes para empujar. Por eso los usuarios pueden viajar hacia adelante y hacia atrás a velocidades dictadas por la cantidad de fuerza que son capaces de aplicar.

Controlando los bordes para empujar, los usuarios también pueden girar a la izquierda o a la derecha y sortear pequeñas depresiones y subidas que se encuentren por delante. Para operar sillas de ruedas manuales exitosamente, los usuarios deben tener un buen estándar de habilidad muscular y coordinación en sus brazos y hombros. Métodos alternativos de propulsión incluyen pedales para los pies y palancas accionadas con la mano.

b. Sillas manuales para tránsito



Figura 1.4 *Silla de ruedas manuales para tránsito*

De acuerdo a la Figura 1.4 las sillas manuales para tránsito generalmente tienen ruedas traseras pequeñas sin bordes para empujar. Estas sillas de ruedas son más probablemente vistas en edificios como aeropuertos y hospitales donde los porteros actúan como ayudantes.

c. Sillas de ruedas eléctricas



Figura 1.5 *Silla de ruedas eléctrica*

Las sillas de ruedas con motor eléctrico como la expuesta en la Figura 1.5 son ideales para cualquiera que no posea la fuerza o la habilidad para arreglárselas con una silla manual. Las baterías recargables montadas bajo el asiento suministran la energía para los motores eléctricos que impulsan dos o bien las cuatro ruedas. Como con los autos, los diferentes arreglos de tracción determinan la forma en que la silla de ruedas se mueve y maniobra.

Existen opciones para manejar la dirección y velocidad de las sillas de ruedas eléctricas. Muchas tienen una pequeña unidad de mando que se monta al final de un reposabrazos o en una barra que se balancea frente al usuario una vez que él o ella está sentado.

El nivel de discapacidad experimentado por los usuarios de sillas de ruedas eléctricas también se refleja en el diseño de otras características. Éstas incluyen: mecanismos de giro, respaldos reclinables y elevadores para asiento, piernas o brazos.

La mayoría de estas funciones son controladas por pequeños motores eléctricos y permite a los usuarios sentirse tan confortables como sea posible en la silla.

d. Sillas tipo scooter

Las sillas tipo scooter tienen cuatro pequeñas ruedas que se extienden desde una plataforma baja. El tipo de silla montada sobre esta plataforma varía de acuerdo con la discapacidad y las necesidades del usuario, algunas incluso son modeladas a partir de un molde tomado de la postura más apropiada del usuario sentado. En la Figura 1.6 se ilustra un ejemplo de este tipo de sillas.



Figura 1.6 *Silla tipo scooter*

Una de las ventajas de las máquinas tipo scooter es que la silla puede pivotar y permitir al usuario subirse de cualquiera de los lados. Una desventaja es que el usuario debe mantener una postura rígida cuando maneja. Esto significa que las sillas tipo scooter rara vez son apropiadas para los discapacitados graves.

Los controles de las sillas tipo scooter se montan en un marco que se curva hacia arriba desde el frente de la plataforma hasta una altura y posición convenientes para el usuario. Una barra de manejo horizontal se adjunta a través de la parte superior del marco.

e. Sillas para deportes



Figura 1.7 *Silla para deportes*

A inicios de la década de 1970, los atletas discapacitados han tenido una colección de sillas de ruedas especiales en aumento para ayudarles a alcanzar lo mejor de su deporte elegido. La Figura 1.7 indica dos tipos diferentes de sillas para deportes.

f. Silla de Ruedas para Pararse



Figura 1.8 *Sillas de ruedas para pararse*

Las sillas de ruedas como en la Figura 1.8 para pararse están ajustadas con una bomba hidráulica que levanta y gira el asiento, permitiendo al usuario "pararse" y aún tener soporte completo. Esta es una característica invaluable si el usuario necesita alcanzar un artículo en un estante tanto en casa como mientras está de compras fuera.

g. Sillas de ruedas que suben escaleras

Subir escaleras es el máximo desafío para una silla de ruedas, y existe un número de soluciones disponibles como las vistas en la Figura 1.9. Soportes operados a batería en la parte posterior que actúan como estabilizadores a

medida que la silla sube. Una serie de ruedas flexibles girando dentro de un sendero de goma que se agarra a los escalones. Plataformas independientes que suben escaleras a las que se asegura la silla de ruedas.



Figura 1.9 Silla de ruedas que suben escaleras

La mayoría de las sillas de ruedas que suben escaleras aun necesitan un tercero que actúe como auxiliar. Alternativamente, el usuario de silla de ruedas debe ser capaz de agarrar un pasamano adecuado.

h. Sillas de ruedas bariátricas



Figura 1.10 Sillas Bariátricas

Las sillas de ruedas convencionales no pueden soportar en forma segura pesos mayores a 250 libras. Una silla de ruedas bariátrica (Figura 1.10), sin embargo, puede acomodar a alguien que pese tanto como 1000 libras.

i. Sillas de ruedas pediátricas



Figura 1.11 *Silla de ruedas pediátrica*

Las sillas de ruedas pediátricas están diseñadas para niños discapacitados. En la Figura 1.11 se puede ver la Silla Pediátrica Skippy. Las sillas no sólo son más pequeñas que los equivalentes convencionales; pueden ser ajustadas en algunas instancias para dar a los niños la máxima libertad para sentarse, reclinarse, y recostarse.

1.2.3. Componentes de una Silla de Ruedas⁶

Para poder ajustar correctamente una silla de ruedas a las necesidades de su usuario, es importante conocer la extensa gama de posibilidades que existen en los distintos componentes de una silla de ruedas. De esta forma

⁶ <http://www.imagina.org/archivos/biomecánica.htm>

se puede elegir en cada componente, el que mejor se adapte al usuario y así potenciar al máximo su funcionalidad en la silla.

Como partes claves de una silla de ruedas, se presenta un análisis de los distintos tipos de armazón, ruedas, frenos, reposapiés y reposabrazos.

a. Armazón



Figura 1.12 Silla de ruedas con armazón rígido

El armazón de una silla de ruedas puede ser rígido (Figura 1.12), o plegable (Figura 1.13). El aprovechamiento de la energía que el usuario aplica para propulsarse es del doble en una silla con armazón rígido (se aprovecha 15-20% del impulso), que en una plegable (aprovecha 5 - 8% del impulso).

Esto es debido a que en una silla plegable parte de la energía de propulsión se pierde en el movimiento de su estructura por los puntos de articulación. Otras ventajas que presenta el armazón rígido es que resulta fácil de manejar y es algo más ligero que uno similar plegable. Sin embargo la silla plegable resulta en general más cómoda de transportar y guardar al ocupar menos espacio plegado.

Las sillas eléctricas con chasis fijos son más robustas, los plegables aunque no tan fuertes, no dan mal resultado y se amoldan bien a terrenos ligeramente irregulares gracias a las articulaciones que permiten el plegado, por el contrario las sillas de chasis rígido llevan amortiguadores para mejorar su estabilidad y aguantan mejor un "maltrato" exterior.



Figura 1.13 *Silla de ruedas plegable*

Actualmente existen sillas que presentando un comportamiento de armazón rígido permiten un plegado muy compacto.

b. Ruedas delanteras

b.1. Tamaño

Puede ir desde los 75 mm de diámetro hasta 200 mm de las ruedas delanteras. Cuanta más pequeña sean las ruedas delanteras, tendrán menor rozamiento y mayor facilidad de giro, siendo adecuadas para interiores. Así por ejemplo las de 75 mm y 125 mm se recomiendan en sillas para deportes en pista, como el baloncesto.

Las ruedas grandes son más recomendables para exteriores, y suelo accidentados, ya que resulta más fácil salvar obstáculos y no se clavan en el terreno. La selección intermedia para exterior e interior es la rueda de 150 mm.

Siempre que se varié el tamaño de la rueda delantera, es necesario ajustar la horquilla. El eje de giro de la horquilla debe de estar siempre a 90° con el suelo.

b.2. Cubiertas



Figura 1.14 Ruedas delanteras de distintas cubiertas; a) Neumáticas; b) Macizas; y c) de Aire

En la Figura 1.14 se tiene las diferentes cubiertas utilizadas para las ruedas delanteras de la Silla de Ruedas.

- Neumáticas: amortiguan las imperfecciones del terreno pero requieren mantenimiento (se pueden pinchar y hay que hincharlas).
- Macizas: resultan más duras de conducción al no amortiguar, pero no requieren mantenimiento.
- De Aire: El concepto clásico de cubierta con una cámara de aire dentro. Se pueden pinchar pero tienen buena amortiguación.

c. Ruedas traseras

c.1. Tamaño

La rueda trasera más habitual es la de 600 mm de diámetro. (24"). Se utilizan ruedas más pequeñas de 22" (550mm) o 20" (500mm) en sillas de niño, para personas con limitación del movimiento en los hombros o para hemipléjicos, para que puedan llegar al suelo y propulsarse con el pié. La rueda más pequeña permite aplicar menor esfuerzo para propulsarla, pero también requiere mayor número de impulsos. Las ruedas de 650 mm (26") se utilizan para personas muy altas y para deportes. Los diferentes tipos de ruedas traseras existentes se indican en la Figura 1.15.



Figura 1.15 Ruedas traseras de distintos tamaños y materiales

c.2. Cubiertas



Figura 1.16. Cubiertas para ruedas traseras

En la figura 1.16 se observan las diferentes cubiertas existentes para ruedas traseras, y las principales se detallan a continuación:

- Macizas: ofrecen menor resistencia al rodar, y no requieren mantenimiento, pero son más pesadas y de conducción más dura al no amortiguar los accidentes del terreno.
- Inserto sólido: Son un intermedio entre las macizas y las neumáticas. No requieren mantenimiento, presentan mejor agarre que las macizas en superficies mojadas, aunque no amortiguan tanto como las neumáticas y pesan algo más que éstas.
- Neumáticas: Son de conducción más cómoda porque amortiguan los accidentes del terreno y presentan un buen agarre en la mayoría de las superficies. Son las más ligeras. Como inconveniente tienen que requieren algo más de fuerza para propulsarlas y requieren mantenimiento.

d. Aros de empuje



Figura 1.17 Aro con proyecciones

Pueden ser de aluminio, acero (que es más pesado pero resbala menos), titanio (muy ligeros), o recubiertos de plástico. Además del material, existen

aros con proyecciones (Figura 1.17) para facilitar el agarre por parte de personas con poca movilidad en las manos.

e. Motores

La inmensa mayoría de las sillas eléctricas montan 2 motores, uno a cada lado, que dirigen tanto la velocidad de la silla como su dirección ,las horquillas de las ruedas delanteras giran libremente 360 grados para poder dirigirse hacia donde le ordenan los motores. La potencia de los motores se mide en vatios. Para permitir mover la silla empujándola en caso de avería o por comodidad los motores van provistos de embragues que liberan la rueda en esos momentos, el resto del tiempo, en su posición normal el motor bloquea la rueda de forma que la silla solo se mueva cuando se accione el mando aunque se esté en una pendiente (Figura 1.18).



Figura 1.18 *Motor de silla de ruedas*

f. Sistema de control

Es necesario un sistema de control electrónico (Figura 1.19) para manejar la alta intensidad de corriente que sale de las baterías cuando la silla se

desplaza. La configuración más extendida es modular, consta de un joystick que puede ser manejado con distintas partes del cuerpo según sea el caso y transmite nuestras ordenes a un modulo de potencia situado en otra parte de la silla que se encarga de enviar la energía a los motores.

El sistema de control también puede estar integrado en una sola unidad, lo que se conoce como joystick integral. En este caso el módulo de potencia se encuentra dentro del joystick. Esta opción simplifica el cableado de la silla pero en caso de avería el coste puede ser mayor al tener que ser sustituido entero, no siendo así en el sistema modular.



Figura 1.19 *Sistemas de control; a) Integral b) Modular*

El mando informa del voltaje restante por medio de un display luminoso que también sirve para dar un código de error si la silla sufre una avería de tipo eléctrico. Los modelos más avanzados incorporan pantallas y funciones por infrarrojos o radiofrecuencia, como domótica y control del ratón del ordenador.

g. Baterías

Todo vehículo eléctrico lleva algún tipo de depósito de energía, en el caso que nos ocupa, las sillas eléctricas estándar llevan 2 baterías de plomo de

tipo GEL o AGM, externamente no se diferencian demasiado de la típica batería de coche, pero a nivel interno son muy distintas (Figura 1.20).



Figura 1.20 Baterías de gel de distintas marcas y capacidades

Las baterías tipo GEL son de plomo-ácido en donde el ácido está contenido en forma de gelatina y de esta manera la batería no tiene líquido que derramar. Estas baterías deben cargarse con tensiones más bajas, por eso el cargador debe estar correctamente ajustado para este tipo de baterías.

Las baterías AGM son una generación de baterías selladas tipo plomo-ácido, desarrolladas en la década de 80 para uso en la aviación militar, donde la confiabilidad y el rendimiento son fundamentales.

h. Cargador

Como su nombre indica, es el componente que carga las baterías. Los actuales son automáticos y será suficiente con ponerlo a cargar por la noche para que a la mañana siguiente las baterías estén a plena carga y listas para usar. Si el cargador es automático no hay problema en dejarlo enchufado muchas horas, dejará de cargar cuando la batería este llena sin ningún riesgo de sobrecarga para esta. El cargador es específico para sillas de ruedas, usar uno diferente podría dañar las baterías o el cargador. Existen diversos cargadores como por ejemplo los vistos en la Figura 1.21.



Figura 1.21 *Diferentes cargadores*

i. Frenos

Los frenos más comunes son los frenos con zapata (Figura 1.22). Son de montaje alto (se anclan al tubo que queda por debajo del asiento), y pueden ser de dos tipos, según se activen empujando hacia delante o tirando hacia atrás.



Figura 1.22 *Frenos con zapata*

Estos frenos quedan recogidos por debajo del asiento cuando no se utilizan, por lo que están más protegidos de impactos y no molestan en las transferencias.

j. Reposabrazos

Hay varios tipos de reposabrazos como se indica en la Figura 1.23. Pueden ser desmontables, o abatibles hacia atrás. Con distintas longitudes del almohadillado (normal o largo).



Figura 1.23 *Reposabrazos*

k. Reposapiés y Plataformas

Pueden ser fijos o desmontables. Para acortar la longitud de la silla en espacios reducidos como ascensores, es mejor que sean desmontables. Si no hay problemas de espacio es más aconsejable que los reposapiés sean fijos. La posición anatómica ideal de los reposapiés es a 90°. Sin embargo en adultos los pies pueden interferir con el giro de las horquillas delanteras, por lo que el ángulo se tiende a reducir. Los ángulos más frecuentes son de 90°, 70° y 60°. En la Figura 1.24 se indica los reposapiés usados en las sillas de ruedas actuales.



Figura 1.24 Reposapiés y plataformas elevables (izquierda) y reposapiés normales (derecha)

1.3. SISTEMAS DE CONTROL

1.3.1. Definición⁷

Desde el punto de vista de la teoría de control, un sistema o proceso está formado por un conjunto de elementos relacionados entre sí que ofrecen señales de salida en función de señales o datos de entrada.

Es importante resaltar el hecho de que no es necesario conocer el funcionamiento interno, o cómo actúan entre sí los diversos elementos, para caracterizar el sistema. Para ello, sólo se precisa conocer la relación que existe entre la entrada y la salida del proceso que realiza el mismo (principio de caja negra). El aspecto más importante de un sistema es el conocimiento de su dinámica, es decir, cómo se comporta la señal de salida frente a una variación de la señal de entrada (Figura 1.25).

⁷ Spartacus Gomáriz, Teoría de Control Diseño Electrónico, Segunda Edición, 2001, página 15

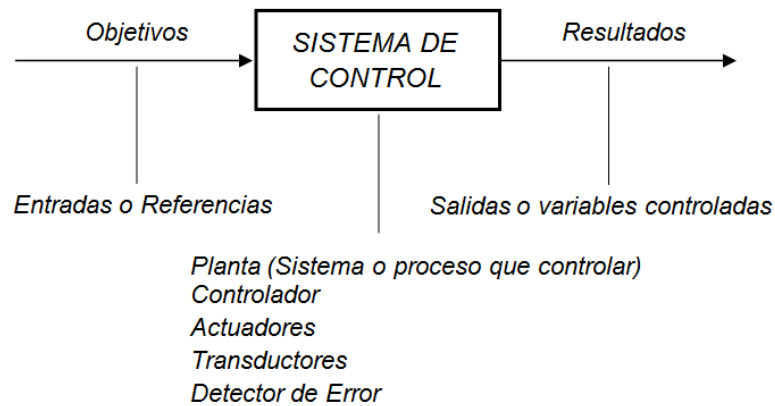


Figura 1.25 Diagrama de un sistema de control

Un conocimiento preciso de la relación entrada/salida permite predecir la respuesta del sistema y seleccionar la acción de control adecuada para mejorarla.

En vista de todo lo expuesto, se puede definir un sistema de control como el conjunto de elementos que interactúan para conseguir que la salida de un proceso se comporte tal y como se desea, mediante una acción de control.

1.3.2. Requisitos de un Sistema de Control⁸

Un sistema de control ideal debe ser capaz de conseguir su objetivo cumpliendo los siguientes requisitos:

- Garantizar la estabilidad y, particularmente, ser robusto frente a perturbaciones y errores en los modelos.
- Ser tan eficiente como sea posible, según un criterio establecido.
- Ser fácilmente implementable y cómodo de operar en tiempo real

⁸ <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3330/5/34059-5.pdf>

1.3.3. Elementos básicos de un Sistema de Control⁸

Los elementos básicos que forman parte de un Sistema de Control y permiten su manipulación son: sensores, controlador y actuador.

a. Sensores

Permiten conocer los valores de las variables medidas del sistema.

b. Controlador

Utilizando los valores predeterminados por los sensores y la consigna impuesta, calcula la acción que debe aplicarse para modificar las variables de control en base a cierta estrategia.

c. Actuador

Es el mecanismo que ejecuta la acción calculada por el controlador y que modifica las variables de control

1.3.4. Configuraciones de Sistemas de Control⁹

a. Lazo Abierto

En este tipo de sistemas, la salida no tiene ningún efecto sobre la acción de control, en la figura 1.26 se puede observar el diagrama de bloques que conforma un sistema de control de lazo abierto.

⁹ Spartacus Gomáriz, Teoría de Control Diseño Electrónico, Segunda Edición, 2001, página 16

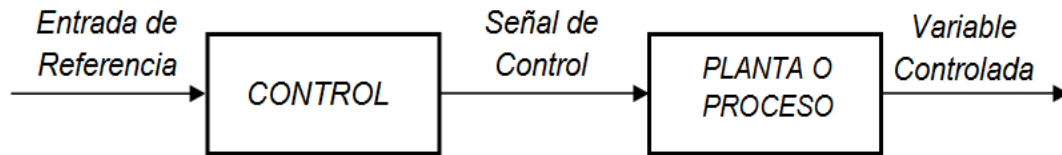


Figura 1.26 Diagrama de bloques de un sistema en lazo abierto

En un sistema en lazo abierto, la salida no se compara con la entrada de referencia, por ello cada entrada corresponderá a una operación prefijada sobre la señal de salida. Se puede asegurar entonces que la exactitud del sistema depende en gran manera de la calibración del mismo y, por tanto, la presencia de perturbaciones en la cadena (señales indeseadas) provocará que éste no cumpla la función asignada.

Para poder considerar una topología en lazo abierto, es necesario conocer la relación entrada/salida y garantizar la inexistencia de perturbaciones externas o de variaciones de los parámetros internos del sistema. Esto es, en general difícil de cumplir en la práctica, y su realización implica sistemas excesivamente costosos.

b. Lazo Cerrado

En los sistemas de control en lazo cerrado, la señal de salida tiene efecto sobre la acción de control. A este efecto se le denomina *realimentación*, en la figura 1.27 se puede observar los componentes que conforman un sistema de control de lazo cerrado.

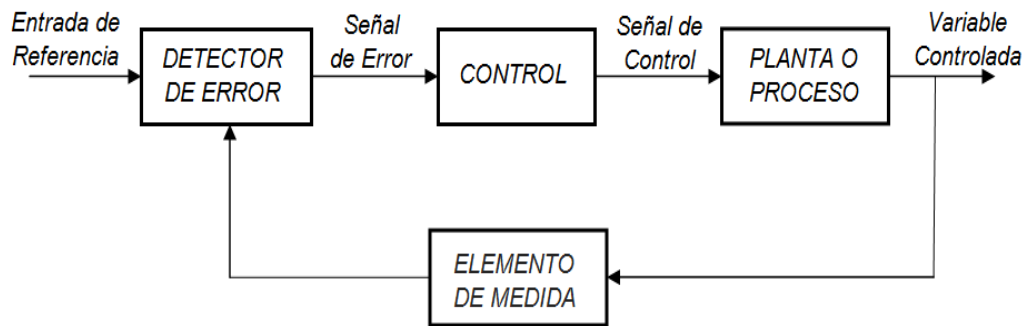


Figura 1.27 Diagrama de bloques de un sistema en lazo cerrado

La señal controlada debe realimentarse y compararse con la entrada de referencia, tras lo cual se envía a través del sistema una señal de control, que será proporcional a la diferencia encontrada entre la señal de entrada y la señal medida a la salida, con el objetivo de corregir el error o desviación que pudiera existir.

La principal ventaja de los sistemas de control en lazo cerrado es que el uso de la realimentación hace al conjunto menos sensible a las perturbaciones externas y a las variaciones de los parámetros internos que los sistemas en lazo abierto.

Desde el punto de vista de la estabilidad, el sistema de control en lazo abierto es más fácil de desarrollar, porque la estabilidad del sistema no es un problema importante. Por otra parte, la estabilidad es una función principal en el sistema de control en lazo cerrado, lo cual puede conducir a corregir en exceso errores que producen oscilaciones de amplitud constante o cambiante.

1.3.5. Tipos de Sistemas de Control¹⁰

a. Sistema Manual

En el sistema manual (Figura 1.28) el hombre actúa como fuente de energía o motor, observando y controlando su tarea. Esto se observa por ejemplo en el artesano, carpintero o herrero.

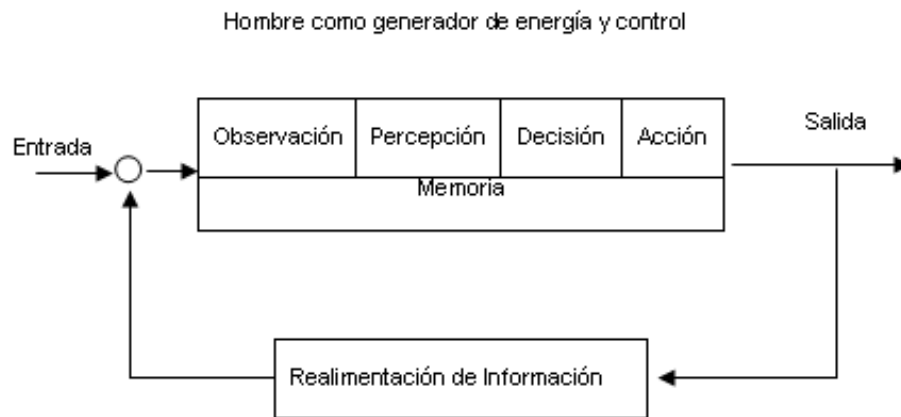


Figura 1.28 Diagrama de bloques de un sistema manual

b. Sistema Semiautomático

En el sistema semiautomático (Figura 1.29), también llamado mecánico, la acción motora es llevada a cabo por componentes mecánicos mientras que el hombre observa y controla su tarea, como por ejemplo al conducir un automóvil. En relación al trabajo se aplica allí donde se exige mucha energía o donde las condiciones de entorno son severas.

¹⁰ http://www.profesorblanco.com.ar/apuntesteco/tipos_de_sistemas_manual,semi_y_automatgico.doc

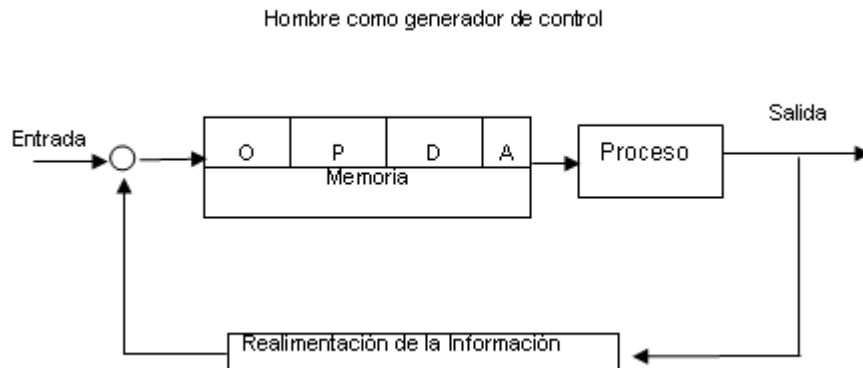


Figura 1.29 Diagrama de bloques de un sistema semiautomático

c. Sistema Automático

En el sistema automático solamente la observación de instrumentos y monitores es efectuada por el hombre, en tanto que la controlabilidad es llevada a cabo por el sistema como se indica en la Figura 1.30. Esto se puede ver por ejemplo en las actividades de las salas de control de energía.

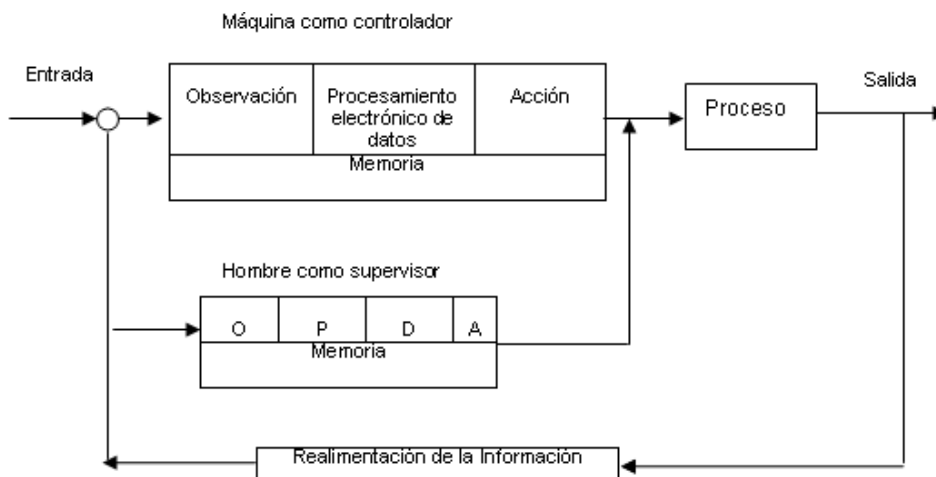


Figura 1.30 Diagrama de bloques de un sistema automático

1.4. DISPOSITIVOS DE CONTROL DE LÓGICA PROGRAMABLE

En la actualidad los sistemas electrónicos y sistemas de telecomunicaciones utilizados alcanzan un nivel de complejidad y unos requerimientos de funcionamiento muy complejos. Estos diseños implementan multitud de funciones y operaciones que deben realizarse de manera rápida y precisa. Por este motivo, el desarrollo de nuevas plataformas hardware y circuitos integrados digitales programables más potentes es una realidad en la estrategia empresarial de la actualidad

Un dispositivo de Control permite configurar a través de su programación, un diseño digital específico, lo cual puede ser realizado directamente por el propio usuario.

1.4.1. Ventajas de la Lógica Programable¹¹

La Lógica Programable dispone de algunas ventajas sobre la Lógica Estándar, las cuales se exponen a continuación:

- Mayor velocidad
- Menor tamaño
- Mayor confiabilidad
- Mejor adaptación a cambios en el diseño
- Control rápido y eficiente en el diseño
- Menor tiempo muerto en el desarrollo
- Menor cantidad de partes diferentes
- Menor cantidad diferentes de fabricantes

¹¹ <http://www.ing.unlp.edu.ar/islyd/Tema%2012a%20Logica%20Programable%20Intro%2%20BYN.pdf>

Todas estas ventajas se pueden resumir en un mayor performance y menor costo de desarrollo de los sistemas de control que utilizan lógica programable.

1.4.2. Clasificación de los Dispositivos de Control de Lógica Programable¹²

Dentro de los Dispositivos de Control que se encuentran en el mercado se puede hacer una distinción entre aquellos que se trate de una solución de lógica programable por hardware ó una solución de lógica programable por software, habiendo una clasificación más específica en la Figura 1.31.

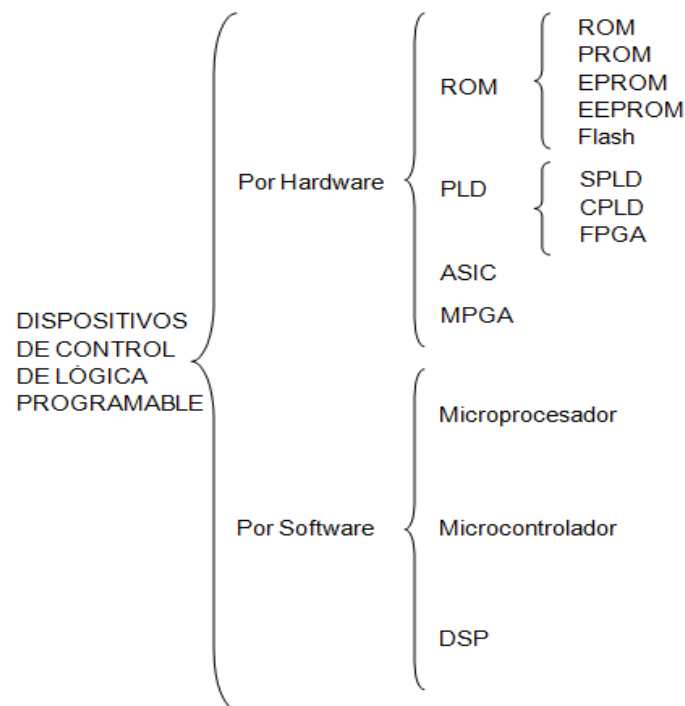


Figura 1.31 Clasificación de los dispositivos de control de lógica programable

¹² <http://www.ing.unlp.edu.ar/islyd/Trabajo%20Final.pdf>

1.4.3. Dispositivos de Control de Lógica Programable por Hardware

a. ROM

a.1. ROM¹³



Figura 1.32 Memoria ROM, contenida en una placa madre

La memoria ROM, (*Read-Only Memory*) o memoria de sólo lectura (Figura 1.32), es un medio de almacenamiento utilizado en ordenadores y dispositivos electrónicos, que permite sólo la lectura de la información y no su borrado, independientemente de la presencia o no de una fuente de energía. Los datos almacenados en la ROM no se pueden modificar, o al menos no de manera rápida o fácil. Se utiliza principalmente para contener el firmware u otro contenido vital para el funcionamiento del dispositivo, como los programas que ponen en marcha el ordenador y realizan los diagnósticos.

a.2. PROM¹⁴

PROM es el acrónimo de *Programmable Read-Only Memory* (ROM programable). Es una memoria digital donde el valor de cada bit depende del estado de un fusible (o antifusible), que puede ser quemado una sola vez. Por esto la memoria puede ser programada una sola vez a través de un dispositivo especial, un programador PROM. Estas memorias son utilizadas

¹³ http://es.wikipedia.org/wiki/Memoria_ROM

¹⁴ http://es.wikipedia.org/wiki/Memoria_PROM

para grabar datos permanentes en cantidades menores a las ROMs, o cuando los datos deben cambiar en muchos o todos los casos. En la Figura 1.33 se puede observar una memoria PROM D23128C perteneciente a la plaqueta de una Sinclair ZX Spectrum.



Figura 1.33 Memoria PROM D23128C

a.3. EPROM¹⁵



Figura 1.34 Memoria EPROM de 32KB

EPROM son las siglas de *Erasable Programmable Read-Only Memory* (ROM programable borrable). Es un tipo de chip de memoria ROM no volátil inventado por el ingeniero Dov Frohman. Está formada por celdas de FAMOS

¹⁵ http://es.wikipedia.org/wiki/Memoria_EPROM

(Floating Gate Avalanche-Injection Metal-Oxide Semiconductor) o "transistores de puerta flotante", cada uno de los cuales viene de fábrica sin carga, por lo que son leídos como 1 (por eso, una EPROM sin grabar se lee como **FF** en todas sus celdas). En la Figura 1.34 se indica una memoria EPROM con una capacidad de 32 KB. Se programan mediante un dispositivo electrónico que proporciona voltajes superiores a los normalmente utilizados en los circuitos electrónicos. Las celdas que reciben carga se leen entonces como un 0. Una vez programada, una EPROM se puede borrar solamente mediante exposición a una fuente de luz ultravioleta.

a.4. EEPROM¹⁶

EEPROM o E²PROM son las siglas de *Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory* (ROM programable y borrrable eléctricamente). Es un tipo de memoria ROM que puede ser programado, borrado y reprogramado eléctricamente, a diferencia de la EPROM que ha de borrarse mediante un aparato que emite rayos ultravioletas. Son memorias no volátiles.

Las celdas de memoria de una EEPROM están constituidas por un transistor MOS, que tiene una compuerta flotante (estructura SAMOS), su estado normal está cortado y la salida proporciona un 1 lógico.

a.5. Flash¹⁷

La memoria flash es una manera desarrollada de la memoria EEPROM que permite que múltiples posiciones de memoria sean escritas o borradas en una misma operación de programación mediante impulsos eléctricos, frente a las anteriores que sólo permite escribir o borrar una única celda cada vez.

¹⁶ http://es.wikipedia.org/wiki/Memoria_EEPROM

¹⁷ http://es.wikipedia.org/wiki/Memoria_flash

Por ello, flash permite funcionar a velocidades muy superiores cuando los sistemas emplean lectura y escritura en diferentes puntos de esta memoria al mismo tiempo.

Ofrecen, además, características como gran resistencia a los golpes, bajo consumo y es muy silencioso, ya que no contiene ni actuadores mecánicos ni partes móviles. Su pequeño tamaño también es un factor determinante a la hora de escoger para un dispositivo portátil, así como su ligereza y versatilidad para todos los usos hacia los que está orientado.

b. PLD¹⁸

Un dispositivo lógico programable, o PLD (Programmable Logic Device), es un dispositivo cuyas características pueden ser modificadas y almacenadas mediante programación.

Además los PLDs tienen una estructura circuital regular y flexible y pueden ser programados mediante una estructura de interruptores. En la Figura 1.35 se compara los PLDs de acuerdo a la cantidad de compuertas equivalentes.

b.1. SPLD

La mayoría de los SPLDs están formados por matrices de conexiones: una matriz de compuertas AND, y una matriz de compuertas OR y algunos, además, con registros. Con estos recursos se implementan las funciones lógicas deseadas mediante un software especial y un programador. Las matrices pueden ser fijas o programables.

¹⁸ <http://www.ing.unlp.edu.ar/islyd/Tema%2012a%20Logica%20Programable%20Intro%28%20BYN.pdf>

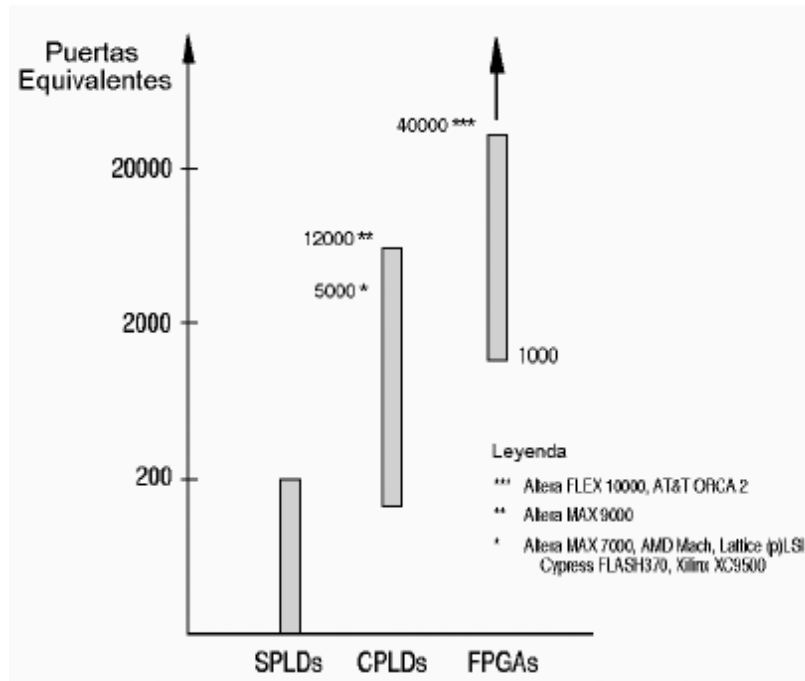


Figura. 1.35 Comparación en cantidad de compuertas de los diferentes PLD

Una matriz de conexiones es una red de conductores distribuidos en filas y columnas con un fusible en cada punto de intersección, mediante el cual se seleccionan cuales entradas serán conectadas a las compuertas AND/OR.

A continuación se describen los tipos de SPLD existentes:

- PAL

Al circuito tipo PAL (Programmable Array logic), es aquel donde la matriz de conexiones AND es programable mientras que la matriz OR es no programable, como se indica en la Figura 1.36

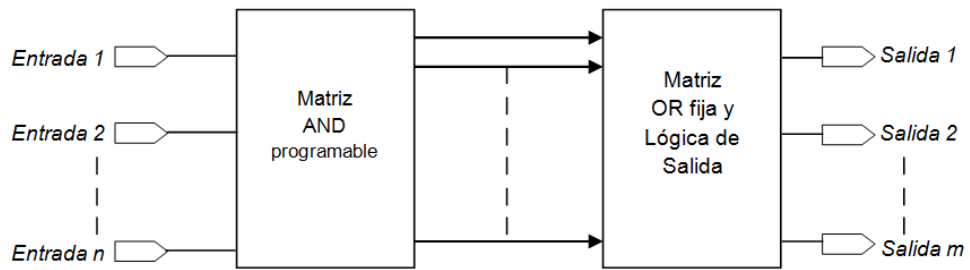


Figura 1.36 Diagrama de bloques de una PAL

- PLA

La estructura arreglos lógicos programables (PLA) es una combinación entre los circuitos PAL y los PROM. Contiene un decodificador programable (arreglo lógico AND), y un arreglo lógico OR programable, es decir tanto la matriz de conexiones AND como la matriz OR son programables (Figura 1.37).

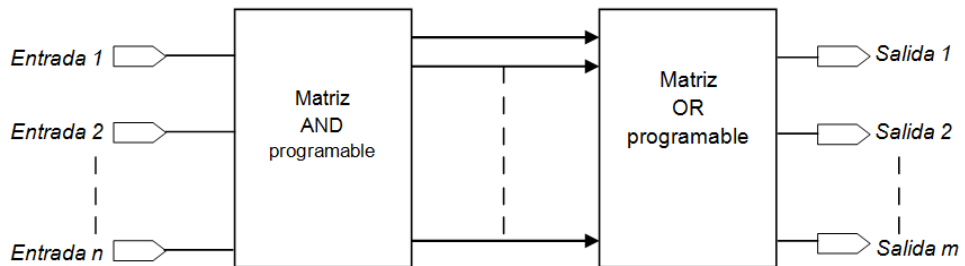


Figura 1.37 Diagrama de bloques de una PLA

- GAL

Las estructuras GAL (Figura 1.38) son, básicamente estructuras CMOS PAL, son básicamente la misma idea que la PAL pero en vez de estar formada por una red de conductores ordenados en filas y columnas en las que en cada punto de intersección hay un fusible, el

fusible se reemplaza por una celda CMOS eléctricamente borrable (EECMOS).

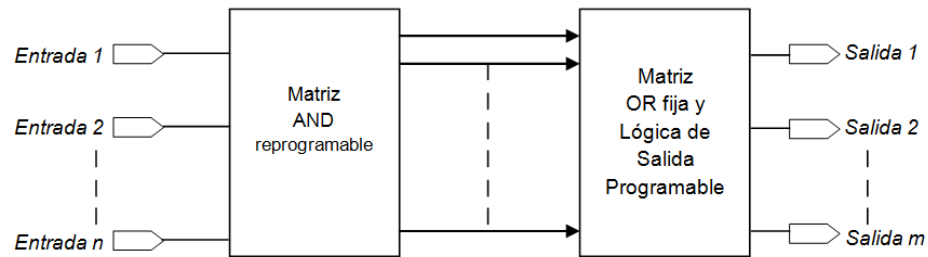


Figura 1.38 Diagrama de bloques de una GAL

b.2. CPLD

Un CPLD (Complex Programmable Logic Device) extiende el concepto de un PLD a un nivel de integración superior; esto es, se dispone de mayor número de puertas y de entradas/salidas en un circuito programable (con lo que se disminuye el tamaño del diseño, el consumo y el precio). En vez de hacer estos circuitos con mayor número de términos producto por macrocelda, o de mayor número de entradas/salidas, cada CPLD contiene bloques lógicos, cada uno de ellos similar a una estructura PAL o GAL.

Estos bloques lógicos se comunican entre sí utilizando una matriz programable de interconexiones lo cual hace más eficiente el uso del silicio, conduciendo a un mejor desempeño y un menor costo. La Figura 1.39 detalla un modelo genérico de una CPLD. Las tecnologías de programación son las mismas que las que utilizan las SPLDs, esto es, fusible, EPROM, EEPROM y Flash.

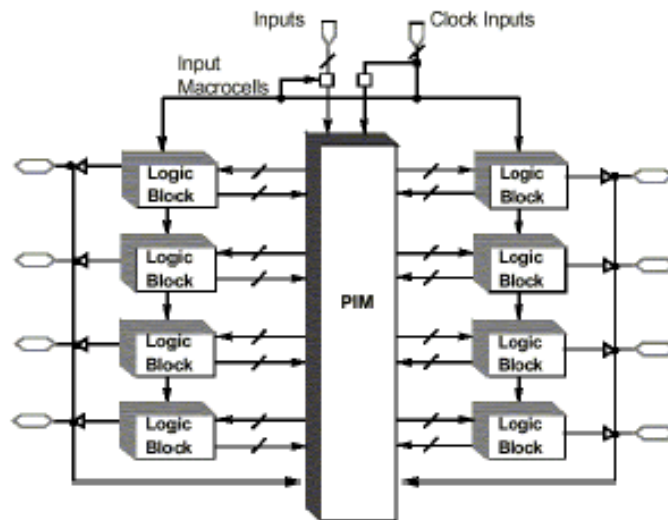


Figura 1.39 Arquitectura básica de un CPLD

b.3. FPGA

Los FPGA (Field Programmable Gate Array) son circuitos lógicos programables directamente por el usuario, lo cual requiere de herramientas de costo relativamente bajo, como lo son el software de desarrollo y el dispositivo grabador. La grabación o programación de uno de estos dispositivos se puede llevar a cabo en milisegundos.

Los FPGA son muy utilizados por fabricantes que producen tecnología a baja escala, como por ejemplo diseñadores de equipos de propósito específico, los cuales no pueden justificar la producción de ASICs por los bajos volúmenes de dispositivos que venden. Los FPGAs tienen una funcionalidad similar, a costos menores y con una velocidad ligeramente menor. También los FPGAs se utilizan como prototipos, los cuales se pueden depurar y permiten refinar el diseño. Con el software de diseño se puede simular en hardware antes de mandar a fabricar el ASIC correspondiente.

Un FPGA consiste en arreglos de varios bloques programables (bloques lógicos) los cuales están interconexionados entre sí y con celdas de entrada/salida mediante canales de conexión verticales y horizontales, tal como se muestra en la Figura 1.40.

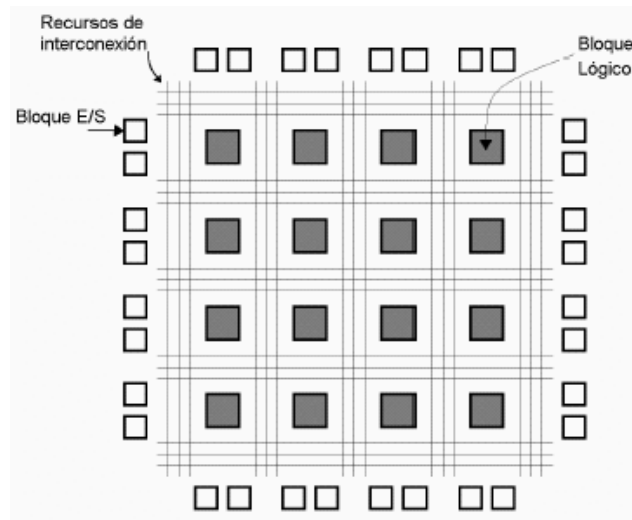


Figura 1.40 *Arquitectura básica de un FPGA*

c. ASIC¹⁹

Un *Application Specific Integrate Circuit* o circuito integrado de aplicación específica, mejor conocido como ASIC por sus siglas en ingles, es un circuito integrado configurable que ha sido diseñado para un propósito u aplicación específica para un producto electrónico específico.

Con los últimos avances en las tecnologías de miniaturización y las herramientas de diseño, la complejidad máxima, y por ende la funcionalidad, en un ASIC ha crecido desde 5.000 puertas lógicas a más de 100 millones.

¹⁹ <http://iindustrial.obolog.com/dispositivos-logicos-programables-parte-2-210378>

Los diseñadores de ASIC digitales usan lenguajes descriptores de hardware (HDL), tales como Verilog o VHDL, para describir la funcionalidad de estos dispositivos. Los niveles de configuración de un ASIC pueden estar en el campo de lo físico (*construcción del hardware*) o a nivel lógico (*configuración por software*). Ello depende del subconjunto o tipo de ASIC que se emplee en la Figura 1.41 se puede observar algunas vistas de un ASIC.

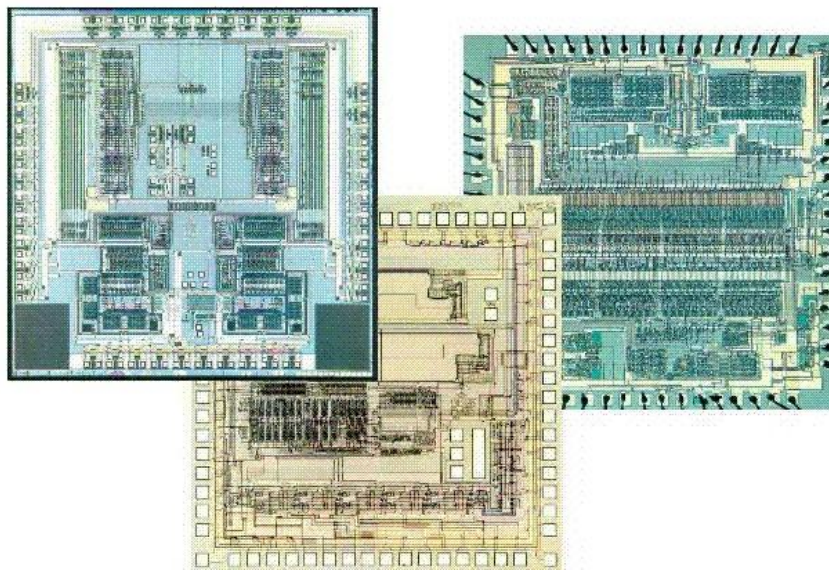


Figura 1.41 *Vistas de un ASIC*

d. MPGA²⁰

Cuyo principal representante está constituido por un conjunto de transistores más circuitería de E/S. Se unen mediante pistas de metal que hay que trazar de forma óptima, siendo esta la máscara que se envía al fabricante. Así pues se puede definir como una matriz de elementos variados que se puedan interconectar libremente.

²⁰ <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3538/2/40392-2.pdf>

1.4.4. Dispositivos de Control de Lógica Programable por Software

Desde la invención del circuito integrado, el desarrollo constante de la electrónica ha dado lugar a dispositivos cada vez más complejos. Entre ellos los microprocesadores, los microcontroladores y los DSP.

Estos dispositivos juegan un papel muy importante en el diseño de sistemas, ya que para la realización de equipos electrónicos muy diversos, permiten el uso de estructuras estandarizadas sin más que programarlos adecuadamente.

El abanico de aplicaciones es muy amplio ya que puede abarcar desde la construcción de sistemas de control embebidos hasta la realización de computadores de uso general.

a. Microprocesador²¹

El microprocesador es un circuito integrado digital que puede programarse con una serie de instrucciones para realizar funciones específicas con los datos. Cuando un microprocesador se conecta a un dispositivo de memoria y se provee de medios para la transferencia de datos al “mundo exterior” se dispone de un micro-computador.

En su forma básica, un microprocesador está formado por tres elementos, como se muestra en la Figura 1.42 una unidad aritmética lógica, una unidad de registro y una unidad de control.

²¹ T. L. Floyd, Fundamentos de Sistemas Digitales, Sexta Edición, Prentice Hall, Pág



Figura 1.42 Elementos básicos de un microprocesador

a.1. Unidad aritmética Lógica

La ALU realiza operaciones aritméticas tales como suma, sustracción y operaciones lógicas.

a.2. Unidad de registro

Durante la ejecución de un programa los datos se almacenan temporalmente en cualquiera de los muchos registros que conforman esta unidad.

a.3. Unidad de control

Esta unidad proporciona las señales de temporización y control para los datos que entran y salen del microprocesador, para ejecutar las instrucciones programadas y para todas las demás operaciones.

b. Microcontrolador²²

Es un circuito integrado programable 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.

²² Ángulo, José. Microcontroladores PIC Diseña práctico de aplicaciones. Primera Edición. Pág. 1-8

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 el conexionado de los sensores y actuadores del dispositivo a controlar y todos los recursos complementarios disponibles tienen como única finalidad atender sus requerimientos. Una vez programado y configurado el microcontrolador solamente sirve para gobernar la tarea asignada.

El número de productos que funcionen en base a uno o varios microcontroladores aumentan de forma exponencial. Los electrodomésticos de línea blanca y de línea marrón incorporan numerosos microcontroladores. Igualmente sistemas de supervisión, vigilancia y alarma en los edificios utilizan estos chips para optimizar su rendimiento.

b.1. Arquitectura Interna

Un microcontrolador posee todos los componentes de un computador, pero con unas características fijas que no pueden alterarse.

Las partes principales de un microcontrolador son:

- Procesador

La necesidad de conseguir elevados rendimientos en el procesamiento de las instrucciones ha desembocado en el empleo generalizado de procesadores de arquitectura Harvard frente a los tradicionales que seguían la arquitectura de Von Neumann. Esta última se caracterizaba porque la UCP se conectaba con una memoria única, donde coexistían datos e instrucciones, a través de un sistema de buses. Figura 1.43.

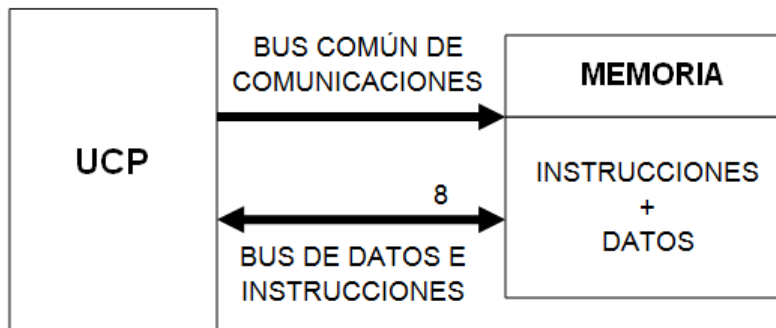


Figura 1.43 *Arquitectura de Von Neumann*

En la arquitectura Harvard son independientes la memoria de instrucciones y la memoria de datos y cada una dispone de su propio sistema de buses para el acceso. Esta dualidad, además de propiciar el paralelismo, permite la adecuación del tamaño de las palabras y los buses a los requerimientos específicos de las instrucciones y de los datos. También la capacidad de cada memoria es diferente. (Figura 1.44).

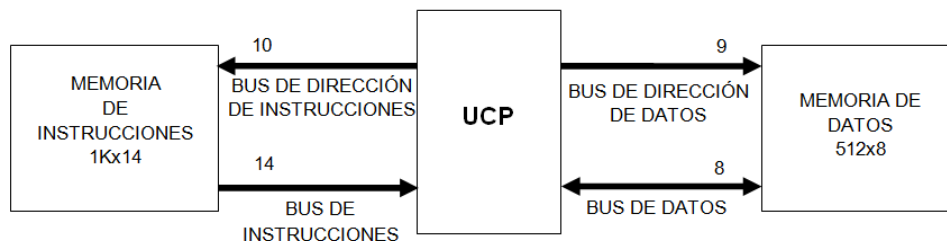


Figura 1.44 *Arquitectura Harvard*

- Memoria no volátil para contener el programa

El microcontrolador está diseñado para que en su memoria de programa se almacenen todas las instrucciones del programa de

control. No hay posibilidad de utilizar memorias externas de ampliación.

Como el programa a ejecutar siempre es el mismo, debe estar grabado de forma permanente. Los tipos de memoria adecuados para soportar esta función admiten cinco versiones diferentes: ROM con máscara, EPROM, OTP (Programable una vez), EEPROM y Flash

- Memoria de lectura y escritura para guardar los datos

Los datos que manejan los programas varían continuamente, y esto exige que la memoria que les contiene debe ser de lectura y escritura, por lo que la memoria RAM estática (SRAM) es la más adecuada, aunque sea volátil.

Hay microcontroladores que disponen como memoria de datos una de lectura y escritura no volátil, del tipo EEPROM. De esta forma, un corte en el suministro de la alimentación no ocasiona la pérdida de la información, que está disponible al reiniciarse el programa.

- Líneas de E/S para los controladores periféricos

A excepción de dos patitas destinadas a recibir la alimentación, otras dos para el cristal de cuarzo, que regula la frecuencia de trabajo, y una más para provocar el Reset, las restantes patitas de un microcontrolador sirven para soportar su comunicación con los periféricos externos que controla.

Las líneas de E/S que se adaptan con los periféricos manejan información en paralelo y se agrupan en conjunto de ocho, que reciben el número de Puertos. Hay modelos con líneas que soportan la comunicación en serie; otros disponen de conjuntos de líneas que implementan puertas de comunicación para diversos protocolos.

- Recursos Auxiliares

Según las aplicaciones a las que orienta el fabricante cada modelo de microcontrolador, incorpora una diversidad de complementos que refuerzan la potencia y la flexibilidad del dispositivo. Entre los recursos más comunes se citan a los siguientes:

- Circuito de reloj, encargado de generar los impulsos que sincronizan el funcionamiento de todo el sistema.
- Temporizadores, orientados a controlar tiempos.
- Perro Guardián, destinado a provocar una reinicialización cuando el programa queda bloqueado.
- Conversores AD y DA, para poder recibir y enviar señales analógicas.
- Comparadores analógicos, para verificar el valor de una señal analógica.
- Sistema de protección ante fallos de la alimentación.
- Estado de reposo, en el que el sistema queda “congelado” y el consumo de energía se reduce al mínimo.

c. DSP²³

Un procesador de señal digital (DSP) es un tipo de microprocesador (increíblemente rápido y poderoso). Un DSP es único porque realiza el procesamiento de datos en tiempo real. Esta capacidad de operación en tiempo real hace de un DSP la opción perfecta para aplicaciones en las que no vamos a tolerar retrasos.

²³<http://ayudaelectronica.com/que-es-un-dsp/>

Básicamente un DSP (Figura 1.45) adquiere una señal digital y la procesa para mejorar la misma. La mejora puede ser un sonido más claro, imagen más nítida o datos más rápidos.

Aunque hay muchos procesadores DSP, la mayoría son diseñados con las mismas operaciones básicas en mente, por lo que comparten el mismo conjunto de características básicas. Estas características se dividen en tres categorías:

- Alta velocidad de cálculos aritméticos.
- Transferencia de datos hacia y desde el mundo real.
- Arquitecturas de memoria de múltiple acceso.



Figura 1.45 Vista de un DSP

Un DSP para operar requiere unas simples funciones típicas:

- Suma y Multiplicación.
- Retrasos.

- Manejo de Arreglos (vectores).

Además de las matemáticas, en la práctica la mayoría de los DSPs tratan con el mundo real. Aunque este aspecto es a menudo olvidado, es de gran importancia y marca algunas de las más grandes diferencias entre los procesadores DSP y los microprocesadores de propósito general.

En una aplicación típica (Figura 1.46), el procesador tendrá que tratar con múltiples fuentes de datos del mundo real. En cada caso, el procesador tiene que ser capaz de recibir y transmitir datos en tiempo real, sin interrumpir sus operaciones matemáticas internas. Hay tres fuentes de datos del mundo real:

- Señales de entrada y salida.
- La comunicación con un controlador de sistema de un tipo diferente.
- La comunicación con un procesador DSP del mismo tipo.

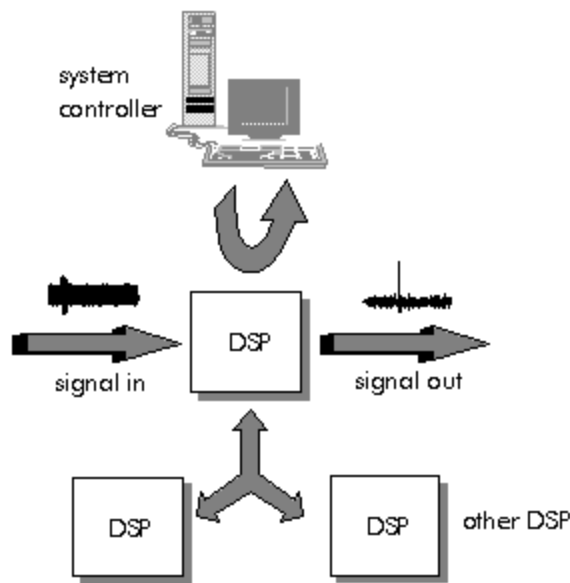


Figura 1.46 Aplicación típica de un DSP

1.5. PALANCAS DE MANDO

La palanca de mando es un ordenador personal periférico o el dispositivo general de control que consiste en un palillo handheld donde los pivotes cerca de un extremo transmiten su ángulo en dos o tres dimensiones a una computadora. Las palancas de mando son de uso frecuente para controlar los videojuegos, y tienen generalmente unos o más pulsadores.

Las palancas de mando también se utilizan para controlar las máquinas tales como grúas, carros, vehículos sin tripulación subacuática y cortacéspedes de césped cero del radio que dan vuelta. Las palancas de mando miniatura se han adoptado como dispositivos de entrada para un equipo electrónico más pequeño por ejemplo teléfonos móviles.

1.5.1. Joystick²⁴

Un joystick (del inglés Joy=alegría, Stick=palo) o palanca de mando es un dispositivo de control de dos o tres ejes que se usa desde un ordenador, videoconsola, aviones de caza, grúas, sillas de ruedas eléctricas, máquinas recreativas de salón o móviles.

Se compone de una carcasa con varios botones o mandos y le sale verticalmente una palanca. El usuario puede actuar sobre la palanca, y a cada posición de ella le corresponde un punto de tres coordenadas (x,y,z). De esa manera gracias a sus tres coordenadas podemos lograr un movimiento tridimensional.

²⁴ <http://www.wordlingo.com/ma/enwiki/es/Joystick>

Un joystick analógico en su interior tiene dos potenciómetros circulares y perpendiculares, situados en la superficie interior de un casquete esférico, cuyos ejes móviles están unidos a la palanca de control, de esa forma se obtienen tres tensiones, $v(x)$, $v(y)$ y $v(z)$, dichos valores analógicos pueden ser transferidos en digitales por un convertidor.

También existen los joysticks digitales que leen cuatro interruptores encendido/apagado en cruceta situada en la base más sus combinaciones y los botones de acción. El joystick puede transferir movimientos a un objeto en tres dimensiones del espacio, cosa que otros dispositivos como el ratón o el lápiz lo realizan sólo en dos dimensiones.

a. Usos industriales

Recientemente, el empleo de palancas de mando tiene lugar común en muchos usos industriales y de fabricación, por ejemplo; grúas, plantas de fabricación, equipo de la silvicultura, carros de explotación minera, y excavadores. De hecho, el uso de tales palancas de mando está en tal alta demanda, que ha substituido virtualmente la palanca de mando mecánica tradicional en casi todos los sistemas de control hidráulicos modernos.

Debido a la naturaleza abusiva de tales usos, la palanca de mando industrial tiende a ser más robusta que el regulador típico del juego de video, y funcionar sobre un alta ciclo de vida.

b. Tecnología de Asistencia

Es un término genérico que incluye los dispositivos asistive (de asistencia), adaptantes, y rehabilitativos y el proceso usado al seleccionarlos y usarlos.

Esta promueve mayor independencia para gente con inhabilidades permitiéndoles realizar tareas que no podían antes lograr, o tenían gran dificultad al lograrlas, proporcionando realces o métodos cambiantes de obrar con tecnología necesaria para lograr tales tareas.

Como asistencia a discapacitados, ciertos tipos especiales de joysticks se utilizan en las computadoras modernas con interfaz USB como sustitutos del ratón como dispositivo apuntador, para personas afectadas por parálisis cerebral, distrofia muscular, esclerosis lateral amiotrófica, Artrogriposis congénita.

1.5.2. Tipos de palancas de mando²⁵



Figura 1.47 *Diversos tipos de joysticks o palancas de mando*

Las clases de palancas de mando (Figura 1.47) incluyen los siguientes:

a. Palancas de mando universales con microinterruptores

Estas palancas de mando tienen pequeños interruptores que muevan la palanca en un número de direcciones fijas.

²⁵ http://www.pickyguide.es/ordenador_y_software/palancas_de_mando_guia.html

Están diseñados para el movimiento de ocho posiciones, pero se puede cambiar a cuatro direcciones para aplicaciones más sencillas. Son bastante precisos y fáciles de controlar. Tienden a producir un chasquido audible cada vez que la palanca cambia de dirección.

b. Palancas de mando universales con interruptores tipo hoja

Estas palancas de mando usan hojas delgadas metálicas para mover la palanca, eliminando el ruido producido por los microinterruptores.

Tienen una sensación más suave que los modelos de microinterruptores, pero tienen que ser reajustadas generalmente para mantener las hojas en la posición adecuada. Son de uso general en aplicaciones que requieren de dos a cuatro direcciones.

c. Palancas de mando rotatorias

Las palancas de mando rotatorias tienen palancas giratorias que permiten que los elementos soporten hasta 12 diversas direcciones desde un punto fijo. Ofrecen generalmente diversos ajustes del movimiento, incluyendo configuraciones de dos, cuatro hasta ocho direcciones.

d. Palancas de mando de estado sólido

Estas palancas de mando usan sensores de estado sólido en vez de los interruptores, permitiendo un movimiento mucho más silencioso y suave. Tienen generalmente ajustes seleccionables por el usuario para movimientos de cuatro y ocho vías. Son más costosos que las palancas de

mando universales, pero son más durables y requieren menos mantenimiento.

e. Palancas de mando análogas

Las palancas de mando análogas se asemejan a las palancas de vuelo con un sistema de botones de disparo a lo largo de la palanca. Permiten una amplia gama de movimientos además de las dos posiciones iniciales.

f. Palancas de mando 49-Formas

Estas palancas de mando permiten 16 direcciones, cada uno disponible en tres diversas intensidades. Incluyendo la posición central, esto asciende a 49 movimientos permitidos. Son en funcionamiento similar a las palancas de mando análogas, pero tienen un porcentaje de averías más bajo y requieren menos mantenimiento. Los utilizan raramente hoy y son solamente útiles en juegos específicos.

1.6. MOTORES DC

El motor de corriente continua (Figura 1.48) 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.



Figura 1.48 *Diversos tipos de motores DC*

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, micromotores, etc.)

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

Una máquina de corriente continua (generador o motor) se compone principalmente de dos partes, un estator que da soporte mecánico al aparato y tiene un hueco en el centro generalmente de forma cilíndrica.

En el estator además se encuentran los polos, que pueden ser de imanes permanentes o devanados con hilo de cobre sobre núcleo de hierro. El rotor es generalmente de forma cilíndrica, también devanado y con núcleo, al que llega la corriente mediante dos escobillas.

1.6.1. Constitución del motor²⁶

a. Estator

El estator lleva el bobinado inductor. Soporta la culata, que no es otra cosa que un aro de acero laminado, donde están situados los núcleos de los polos principales, aquí es donde se sitúa el bobinado encargado de producir el campo magnético de excitación.

b. Rotor

Esta construido con chapas superpuestas y magnéticas. Dichas chapas, tienen unas ranuras en donde se alojan los bobinados.

c. Colector

Es donde se conectan los diferentes bobinados del inducido

d. Escobillas

Las escobillas son las que recogen la electricidad. Es la principal causa de avería en esta clase de motores, solo hay que cambiarlas con el mantenimiento habitual.

1.6.2. Tipos de motores DC²⁷

a. Motor de excitación en serie

La conexión del devanado de excitación se realiza en serie con el devanado del inducido, como se puede observar en la Figura 1.49. El devanado de excitación llevará pocas espiras y serán de una gran sección. La corriente de

²⁶ http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_corriente_continua.html

²⁷ <http://www.monografias.com/trabajos61/motores-corriente-continua.shtml>

excitación es igual a la corriente del inducido. Los motores de excitación en serie se usan para situaciones en los que se necesita un gran par de arranque como es el caso de tranvías, trenes, etc.

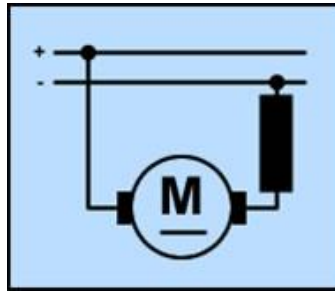


Figura 1.49 *Conexión de motor DC de excitación en serie*

La velocidad es regulada con un reóstato paralelo con el devanado de excitación. La velocidad disminuye cuando aumenta la intensidad.

b. Motor de excitación en derivación o shunt

Como podemos observar en la Figura 1.50, el devanado de excitación está conectado en paralelo al devanado del inducido. Se utiliza en máquinas de gran carga, ya sea en la industria del plástico, metal, etc. Las intensidades son constantes y la regulación de velocidad se consigue con un reóstato serie con el devanado de excitación.

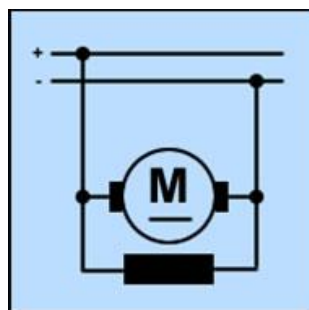


Figura 1.50 *Conexión de motor DC de excitación en derivación*

c. Motor de excitación compuesta o compound

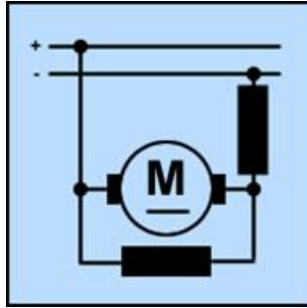


Figura 1.51 Conexión de motor DC de excitación compuesta

El devanado es dividido en dos partes, una está conectada en serie con el inducido y la otra en paralelo, como se puede ver en la Figura 1.51. Teniendo el devanado de excitación en serie conseguimos evitar el embalamiento del motor al ser disminuido el flujo, el comportamiento sería similar a una conexión en shunt cuando está en vacío. Con carga, el devanado en serie hace que el flujo aumente, de este modo la velocidad disminuye, no de la misma manera que si hubiésemos conectado solamente en serie.

d. Motor de excitación independiente

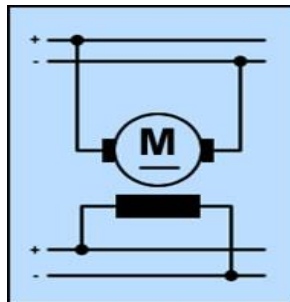


Figura 1.52 Conexión de motor DC de excitación independiente

Como podemos observar en la Figura 1.52, los dos devanados son alimentados con fuentes diferentes. Tiene las mismas ventajas que un motor conectado en shunt, pero con más posibilidades de regular su velocidad.

1.6.3. Control de motores DC²⁸

a. Control de la marcha y paro en un solo sentido

a.1. Mediante relés

En este circuito se pueden distinguir dos partes: la parte de mando, representada mediante línea fina y la parte de fuerza, dibujada con trazo grueso como se observa en la Figura 1.53. La parte de mando está compuesta por un circuito de control que gobierna un relé. Este circuito de control puede ser manual (pulsador, interruptor, etc.) o automático (circuito electrónico con sensores, temporizadores etc.).

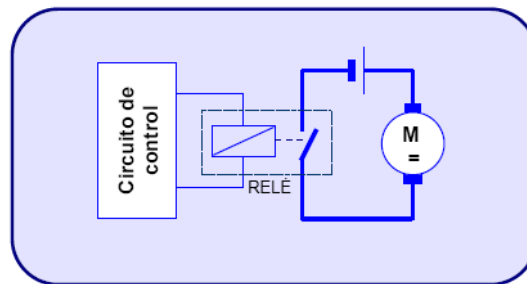


Figura 1.53 Control de marcha y paro mediante relés

a.2. Mediante un transistor de mediana potencia

En este caso la conexión del motor la realiza un transistor adecuado a la potencia del motor (Figura 1.54). Este montaje también permite la regulación

²⁸ www.tecnologiaseso.es

de la velocidad mediante una resistencia variable que regula la corriente de base del transistor.

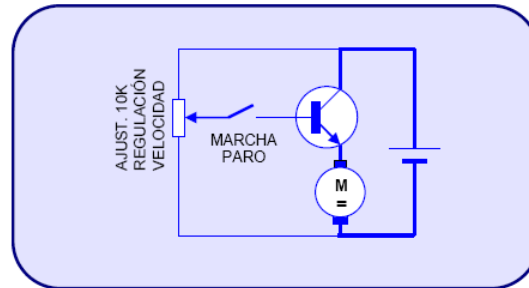


Figura 1.54 Control de marcha y paro mediante un transistor de mediana potencia

b. Control del sentido de giro

Para invertir el sentido de la marcha de un motor de corriente continua, es necesario invertir el sentido de la corriente que circula por su inducido. Esto se consigue invirtiendo la polaridad aplicada a sus terminales, lo cual se puede realizar manualmente, usando dos conmutadores de tres salidas accionados al unísono, o haciendo uso de los circuitos que se indican a continuación.

b.1. Usando un relé de dos contactos conmutados

El sentido de marcha se controla mediante un interruptor en serie con la bobina del relé como se indica en la Figura 1.55. Si el interruptor está abierto, el relé no está excitado por lo que el positivo de la pila llegará al terminal superior del motor, por lo que girará en un sentido determinado. Si accionamos el interruptor, el relé se excita e invierte la polaridad que llega al motor. El interruptor de marcha paro es necesario para evitar que el motor esté girando siempre.

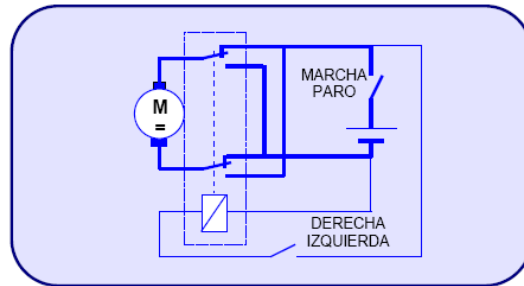


Figura 1.55 Control del sentido de giro usando un relé

b.2. Mediante dos relés

En este circuito (Figura 1.56), R1 gobierna el sentido de giro y R2 la marcha y parada del motor. Si accionamos el pulsador “derecha” se excita R1 que a través de sus contactos conecta el “+” del motor con el “+” de la pila. R2 se excita a través del diodo. Al pulsar “izquierda” sólo se excita R2, pues a R1 no le puede llegar tensión a través del diodo. R1 en reposo conecta al “+” del motor con el “-“de la pila, lo que hace que el motor gire a izquierdas.

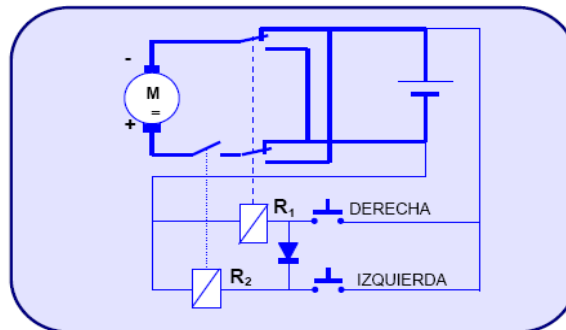


Figura 1.56 Control del sentido de giro mediante 2 relés

b.3. Mediante un puente de transistores en “H”

Este circuito está formado por cuatro transistores dispuestos como en la Figura 1.57. La corriente de base está limitada por una resistencia R adecuada, aunque en la mayoría de los casos su valor está comprendido entre 1 y 3K. Si pulsamos derecha, conducen los transistores T1 y T4 que

permiten el paso de la corriente a través del motor de izquierda a derecha, obligándolo a girar a derechas. Si accionamos el pulsador izquierda, conducen T2 y T3 y el motor gira en sentido contrario.

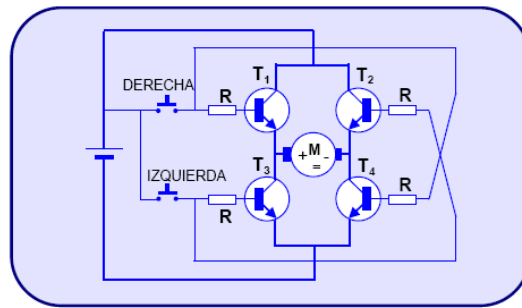


Figura 1.57 Control del sentido de giro mediante puente de transistores en “H”

b.4. Mediante un circuito integrado



Figura 1.58 Circuito integrado usado para el control de motores DC

Existen circuitos integrados (Figura 1.58) que realizan la misma función que un puente en “H”. Uno de estos chips es el L293B, al cual no hay que conectarle más que el motor, la alimentación y las señales de control. Entre las características más interesantes del L293B se encuentran la protección contra sobre temperaturas, la alta inmunidad al ruido, la alimentación separada de las cargas y la capacidad de proporcionar una corriente de salida de 1 A por canal. Además, posee dos canales, por lo que puede

governar simultáneamente la marcha de dos motores. El circuito de este circuito integrado se indica en la figura 1.59.

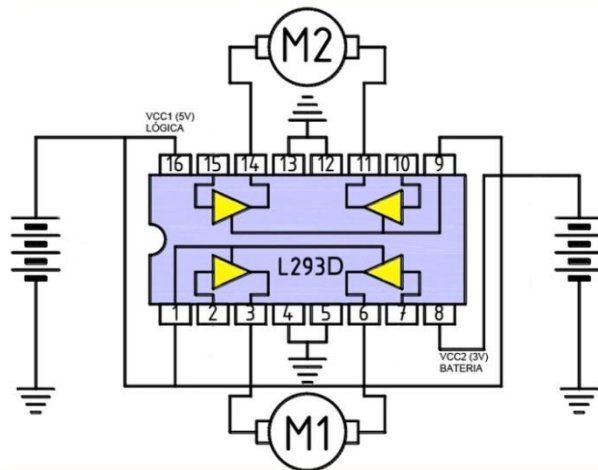


Figura 1.59 Conexión de un driver L293D para el control de dos motores

c. Variador de velocidad para motores DC

La velocidad que tiene está relacionada proporcionalmente con la tensión del inducido, lo cual nos indica cómo se puede manipular la velocidad, variando la tensión de entrada o su intensidad.

Como la tensión y la velocidad están relacionadas, la potencia también lo está, con lo cual se quiere decir que la potencia es directamente proporcional a la tensión y a la velocidad. Como se ha indicado, existen dos formas de manipular la velocidad en un motor de corriente continua:

- Por la tensión.
- Por la intensidad.

Si se realiza a través de la tensión, se está variando la tensión de entrada al devanado inducido. Por el contrario, si decidimos manipular la velocidad de un motor por su intensidad, tendremos que variar el flujo inductor.

c.1. Regulación de la velocidad mediante técnica PWM

Existe el método denominado PWM (modulación por ancho de pulso) que consiste en alimentar al motor por impulsos eléctricos de modo que cuando estos impulsos son anchos, es como si el motor estuviese alimentado a una tensión elevada. Si por el contrario, los impulsos son estrechos, el motor girará lentamente, sin que se produzca una reducción considerable del par. El rendimiento de este sistema es excelente.

c.2. ESC (Electronic Speed Controller)



Figura 1.60 *Diversos ESC (Electronic Speed Controller)*

Los variadores (Figura 1.60) son los elementos que se encargan de manejar los motores eléctricos y se les denomina por las siglas ESC (Electronic Speed Controller).

En aviones pequeños (indoor o muy sencillos) con motores de escobillas (brushed) son simples interruptores accionados por un canal del receptor o los más avanzados hacen gestión PWM (enviando impulso de anchura controlada) y regulan la velocidad del motor.

1.7.COMUNICACIÓN INALÁMBRICA

La naturaleza humana hace desenvolver en situaciones donde se requiere comunicación. Para ello es necesario establecer medios para que esto se pueda realizar.

Una comunicación inalámbrica es cuando los medios de unión entre sistemas no son cables. Sus principales ventajas que permiten una facilidad de desplazamiento y reubicación, evitando la necesidad de establecer un cableado y su rapidez en la instalación.

La tendencia a la movilidad y la ubicación hacen que cada vez sean más utilizados los sistemas inalámbricos (Figura 1.61), y el objetivo es ir evitando los cables en todo tipo de comunicación, no solo en el campo informático sino en televisión, telefonía, seguridad, domótica, etc.

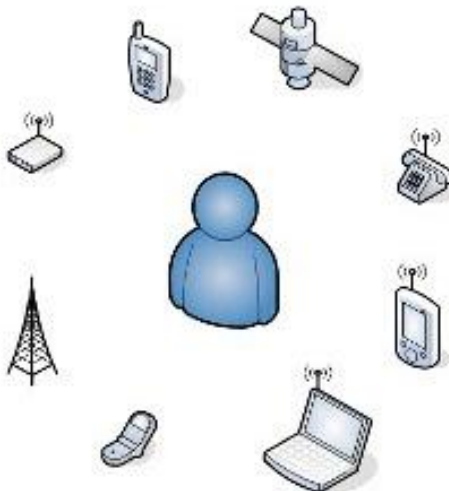


Figura 1.61 *Sistemas inalámbricos*

1.7.1. Modos de Transmisión²⁹

El término modo de transmisión se usa para definir la dirección del flujo de las señales entre dos dispositivos enlazados. Hay tres tipos de modos de transmisión: símplex, semidúplex y full-dúplex.

a. Símplex

En el modo símplex, la comunicación es unidireccional, como en una calle de sentido único. Solamente una de las dos estaciones de enlace puede transmitir; la otra sólo puede recibir.

Los teclados y los monitores tradicionales son ejemplos de dispositivos símplex como se observa en la Figura 1.62. El teclado solamente puede introducir datos; el monitor solamente puede aceptar datos de salida.



Figura 1.62 *Modo de transmisión símplex*

b. Semidúplex

En el modo semidúplex, cada estación puede tanto enviar como recibir, pero no al mismo tiempo. Cuando un dispositivo está enviando, el otro sólo puede recibir, y viceversa (Figura 1.63).

²⁹ Forouzan B. Transmision deDatos y Redes de Comunicaciones. Segunda Edición.2002. Pág. 28-30

El modo semidúplex es similar a una calle con un único carril y tráfico en dos direcciones. Mientras los coches viajan en una dirección, los coches que van en sentido contrario deben esperar. En la transmisión semidúplex, la capacidad total del canal es usada por aquel de los dos dispositivos que está transmitiendo. Los walkies-talkies y las radios CB (Citizen's Band) son ejemplos de sistemas semidúplex.

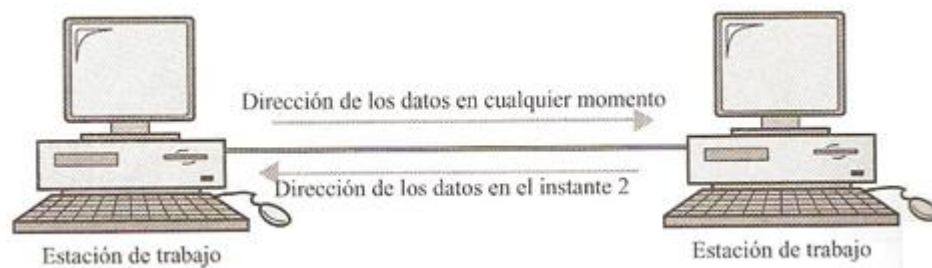


Figura 1.63 *Modo de transmisión semidúplex*

c. Full-dúplex

En el modo full-dúplex (también llamado dúplex), ambas estaciones pueden enviar y recibir simultáneamente como se ve en la Figura 1.64.

El modo full-dúplex es como una calle de dos sentidos con tráfico que fluyen ambas direcciones al mismo tiempo. En el modo full-dúplex, las señales que van en cualquier dirección deben compartir la capacidad del enlace. Esta compartición puede ocurrir de dos formas: o bien el enlace debe contener caminos de transmisión físicamente separados, uno para enviar y otro para recibir, o es necesario dividir la capacidad del canal entre las señales que viajan en direcciones opuestas.

Un ejemplo habitual de comunicación full-dúplex es la red telefónica. Cuando dos personas están hablando por teléfono, ambas pueden hablar y recibir al mismo tiempo.

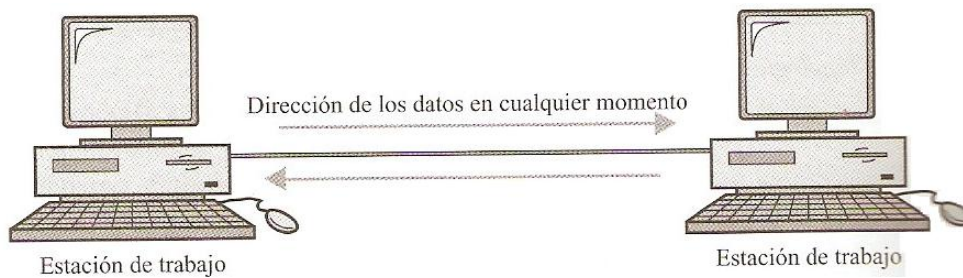


Figura 1.64 Modo de transmisión full-dúplex

1.7.2. Medios de Transmisión Inalámbrica³⁰

a. Infrarrojos



Figura 1.65 Uso de infrarrojos

³⁰ <http://www.mitecnologico.com/Main/MediosDeTransmisionInalambricos>

El uso de mandos a distancia basados en transmisión por infrarrojos (Figura 1.65) está ampliamente extendido en el mercado residencial para telecomandar equipos de audio y video.

La comunicación se realiza entre un diodo emisor que emite una luz en la banda de IR, sobre la que se superpone una señal, convenientemente modulada con la información de control, y un fotodiodo receptor cuya misión consiste en extraer de la señal recibida la información de control.

Los controladores de equipos domésticos basados en la transmisión de ondas en la banda de los infrarrojos tienen las siguientes ventajas:

- Comodidad y flexibilidad
- Admiten gran número de aplicaciones

Al tratarse de un medio de transmisión óptico es inmune a las radiaciones electromagnéticas producidas por los equipos domésticos o por los demás medios de transmisión (coaxial, cables pares, red de distribución de energía eléctrica, etc.). Sin embargo, habrá que tomar precauciones en los siguientes casos:

- Las interferencias electromagnéticas sólo afectarán a los extremos del medio IR, es decir, a partir de los dispositivos optoelectrónicos (diodo emisor y fotodiodo receptor).
- Es necesario tener en cuenta otras posibles fuentes de IR. Hoy en día existen diferentes dispositivos de iluminación que emiten cierta radiación IR.

Se enlazan transmisores y receptores que modulan la luz infrarroja no coherente. Deben estar alineados directamente o con una reflexión en una superficie. No pueden atravesar las paredes. Los infrarrojos van desde 300 GHz hasta los 384 THz.

b. Radiofrecuencia

La introducción de las radiofrecuencias (Figura 1.66) como soporte de transmisión en la vivienda, ha venido precedida por la proliferación de los teléfonos inalámbricos y sencillos teletandos.



Figura 1.66 *Uso de radiofrecuencia*

Este medio de transmisión puede parecer, en principio, idóneo para el control a distancia de los sistemas domóticos, dada la gran flexibilidad que supone su uso. Sin embargo resulta particularmente sensible a las perturbaciones electromagnéticas producidas, tanto por los medios de transmisión, como por ejemplo los equipos domésticos.

A continuación se detallan las ventajas e inconvenientes de los sistemas basados en transmisión por radiofrecuencias:

- Alta sensibilidad a las interferencias
- Fácil intervención de las comunicaciones
- Dificultad para la integración de las funciones de control y comunicación, en su modalidad de transmisión analógica.

c. Microondas

Tiene una cobertura de kilómetros, pero con el inconveniente de que el emisor y el receptor deben estar perfectamente alineados. Por eso, se acostumbra a utilizar en enlaces punto a punto en distancias cortas. Se utilizan antenas parabólicas con un diámetro aproximado de unos tres metros como la que se observa en la Figura 1.67.



Figura 1.67 Antena de microondas

La atenuación producida por la lluvia es la más importante ya que se opera a una frecuencia más elevada. Las microondas comprenden las frecuencias desde 1 hasta 300 GHz.

Para las microondas por satélites se hacen enlaces entre dos o más estaciones terrestres que se denominan estaciones base. El satélite recibe la

señal en una banda de frecuencia, la amplifica y la retransmite en otra banda. Cada satélite opera en unas bandas concretas.

Las fronteras frecuenciales de las microondas, tanto terrestres como por satélites, con los infrarrojos y las ondas de radio de alta frecuencia se mezclan bastante, así que pueden haber interferencias con las comunicaciones en determinadas frecuencias.

1.7.3. Control Remoto³¹

Un mando a distancia o control remoto (Figura 1.68) es un dispositivo electrónico usado para realizar una operación remota (o telemando) sobre una máquina.



Figura 1.68 Control remoto

El término se emplea generalmente para referirse al mando a distancia (llamado por lo general simplemente "el mando" o, en Latinoamérica, "el

³¹ http://es.wikipedia.org/wiki/Mando_a_distancia

control") para el televisor u otro tipo de aparato electrónico casero, como DVD, Hi-Fi, computadoras, y para encender y apagar un interruptor, la alarma, o abrir la puerta del estacionamiento. Los mandos a distancia para esos aparatos son normalmente pequeños objetos (fácilmente manipulables con una mano) con una matriz de botones para ajustar los distintos valores, como por ejemplo, el canal de televisión, el número de canción y el volumen.

De hecho, en la mayoría de dispositivos modernos el mando contiene todas las funciones de control, mientras que el propio aparato controlado sólo dispone de los controles más primarios. La mayoría de estos controles remotos se comunican con sus respectivos aparatos vía señales de infrarrojo (IR) y sólo unos pocos utilizan señales de radio. En los vehículos modernos las clásicas llaves incorporan ahora mandos a distancia con diversas funciones. Su fuente de energía suele ser pequeñas pilas de tipo AA, AAA o de botón.

La mayoría de mandos a distancia para aparatos domésticos utilizan diodos de emisión cercana a infrarrojo para emitir un rayo de luz que alcance el dispositivo. Esta luz es invisible para el ojo humano, pero transporta señales que pueden ser detectadas por el aparato.

Un mando a distancia de un sólo canal permite enviar una señal portadora, usada para accionar una determinada función. Para controles remoto multicanales, se necesitan procedimientos más sofisticados; uno de ellos consiste en modular la señal portadora con señales de diferente frecuencia. Después de la demodulación de la señal recibida, se aplican los filtros de frecuencia apropiados para separar las señales respectivas. Hoy en día, se suelen usar métodos digitales.

Por lo general un mando a distancia está compuesto por:

- Una carcasa.
- Una plaqueta donde se encuentran los componentes electrónicos.
- Una fuente de alimentación, generalmente dos baterías de 1,5 voltios.
- Una botonera.

El control remoto es usado para operar subestaciones, centrales hidroeléctricas reversibles y plantas HVDC. Para estos sistemas se suelen usar PLCs de baja gama.

La tecnología por control remoto también es usada en los viajes al espacio. Por ejemplo, en el programa Ruso Lunokhod, los vehículos eran accionados por control remoto. El control remoto directo de naves, carros y aparatos espaciales a mayores distancias desde la tierra no era práctico ya que se generaba un gran retardo de señal.

Los controles para los videojuegos han hecho uso de cables hasta la actualidad debido a que la tecnología de infrarrojos no era lo suficientemente práctica y cómoda debido a la dificultad de jugar y apuntar el control hacia el sensor al mismo tiempo. Sin embargo, ya existen controles inalámbricos para todo tipo de consolas de videojuegos, facilitando la manipulación del usuario con el control y simplificando el cable incómodo que se tenía que conectar a la consola.

CAPÍTULO II

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

2.1. ANÁLISIS DEL SISTEMA ANTERIOR

La silla de ruedas eléctrica de marca Neogen Global Group modelo XFG 103 FL (Figura 2.1) fue donada por parte de la Vicepresidencia de la República del Ecuador a la Escuela Politécnica del Ejército Sede Latacunga para efectos de investigación académica, y brindar una solución de orden técnico a los problemas que esta presentó.



Figura 2.1 Silla de ruedas eléctrica modelo XFG-103 FL de tipo plegable

Al momento de realizar la respectiva revisión de la silla se encontró que estaba conformada de las siguientes partes:

- Armazón
- Motores
- Sistema de control
- Baterías
- Cargador de la batería

2.1.1. Armazón

El armazón de la silla es de tipo plegable o desmontable el cual no es tan fuerte que un chasis solido, se amolda bien a terrenos ligeramente irregulares gracias a las articulaciones que permiten su flexibilidad. La composición del armazón es de acero lo que le hace más pesado pero a su vez es más barato.

2.1.2. Motores



Figura 2.2 Motores eléctricos de forma cilíndrica

Consta de 2 motores eléctricos DC de 200W, de forma cilíndrica y van colocados en la parte baja del chasis como se indica en la figura 2.2, unidos a cada rueda por un eje y un sistema de engranajes que convierte las altas revoluciones del motor en la fuerza necesaria para mover esta silla. Operan con un voltaje de 24V.

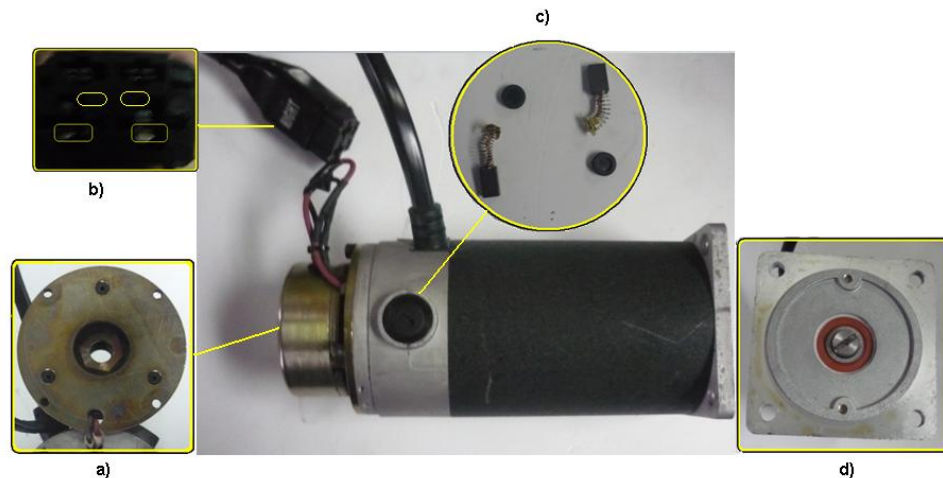


Figura 2.3 Componentes del motor; a) Freno electromagnético, b) Socket de polarización de freno y motor, c) Escobillas y d) Acoplamiento de la caja reductora

Los motores fueron desarmados para determinar el funcionamiento de los mismos, y se encontró un freno electromagnético, las escobillas y un eje que acopla el sistema de engranajes como se indica en la Figura 2.3.

Para permitir mover la silla empujándola en caso de avería o por comodidad los motores van provistos de embragues (Figura 2.4) que liberan la rueda, el resto del tiempo, en su posición normal el motor bloquea la rueda de forma que la silla solo se mueva cuando nosotros accionemos el mando aunque estemos en una pendiente.

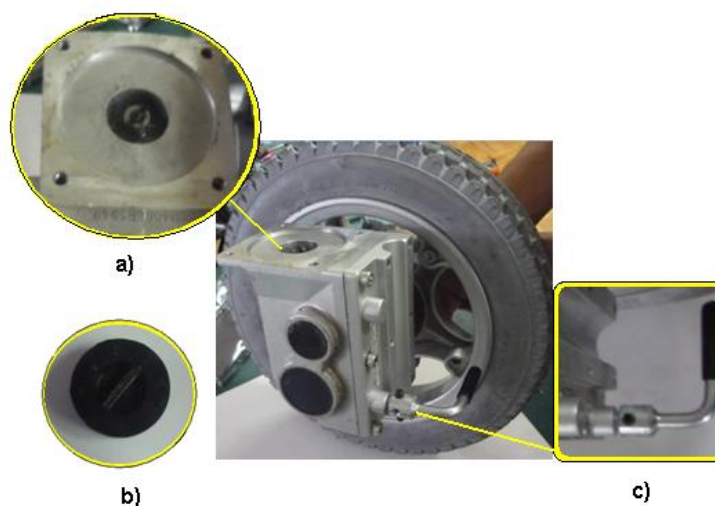


Figura 2.4 Componentes de la caja reductora; a) Cara de acoplamiento de la caja reductora, b) Eje de acoplamiento del motor con la caja reductora, c) Embrague

En la parte frontal del motor se encuentra un freno (Figura 2.5) de tipo solenoide por lo que hay que energizarlo para que el motor entre en operación, caso contrario este se encuentra frenado lo que impide que se mueva.

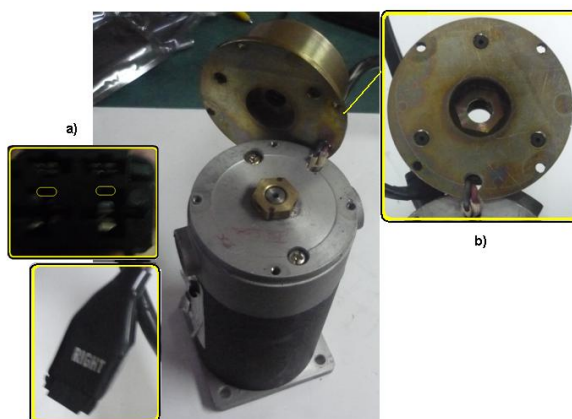


Figura 2.5 Freno del motor eléctrico; a) Socket de alimentación, b) Vista frontal del freno electromagnético

2.1.3. Sistema de Control

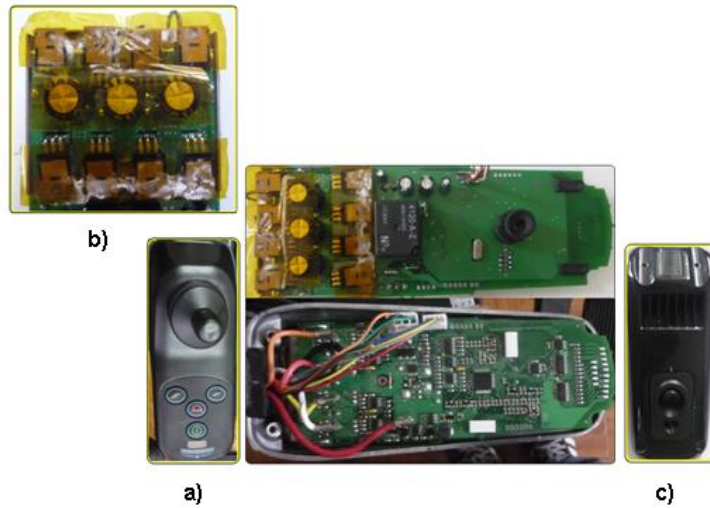


Figura 2.6 Mando de control; a) Carcasa superior, b) Parte de potencia c) Carcasa inferior

Un sistema de control (Figura 2.6) que está integrado en una sola unidad, es decir que en este caso el módulo de potencia se encuentra dentro del joystick, dicho dispositivo es analógico el cual consta de sensores de efecto hall que permiten transmitir las ordenes a un módulo de potencia que se encarga de enviar la energía a los motores.



Figura 2.7 Palanca de control; a) Joystick, b) Display luminoso

El mando muestra información acerca de la batería por medio de un display luminoso, como la selección de velocidad, está constituido de cuatro botones los cuales son de encendido, pito, velocidad máxima y velocidad mínima como se indica en la Figura 2.7.

En la carcasa inferior del Sistema de Control se pudo observar el socket de carga y además la misma carcasa sirve como disipador de potencia como se indica en la Figura 2.8.



Figura 2.8 Parte de potencia; a) Disipador, b) Socket de carga

2.1.4. Baterías

Contiene una fuente de energía la cual suministra 24V, a través de 2 baterías de plomo de tipo GEL cada una de 12 V, externamente no se diferencian demasiado de la típica batería de coche, pero a nivel interno son muy distintas.



Figura 2.9 *Batería*

2.1.5. Cargador de la Batería

Este componente genera un voltaje de 27.8 V, el cargador es específico para esta silla de ruedas, uno diferente podría dañar las baterías o el cargador.

2.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

El Sistema a ser diseñado será de configuración de lazo abierto ya que no dispondrá de sensores para la realimentación, y a su vez constará de dos etapas, la etapa de potencia y la etapa de control.

En la etapa de control se encuentra el control principal y el módulo de visualización, en la etapa de potencia está la tarjeta de control de motores ESC y elementos para la activación y desactivación de luces y frenos y para el acoplamiento del cargador de batería. Esta silla también se puede controlar de forma remota a través de un transmisor RF para lo cual se diseñó un dispositivo de prueba.

En el módulo de control principal está el microcontrolador central, el medidor de batería, el receptor de señales de radiofrecuencia, el conector para el cargador de batería, el joystick y botones para el control de velocidad, luces y

pito. Desde éste módulo se envían los datos hacia el módulo de visualización mediante transmisión serial y las señales de control hacia la etapa de potencia.

En el módulo de visualización se encuentra la pantalla GLCD y el microcontrolador encargado de gobernar dicho GLCD, también se encuentran botones para el acceso a un manual de asistencia básica.

El módulo de control remoto consiste del transmisor de radiofrecuencia y el switch de 5 posiciones para dar la dirección de la silla que será utilizado como palanca de mando.

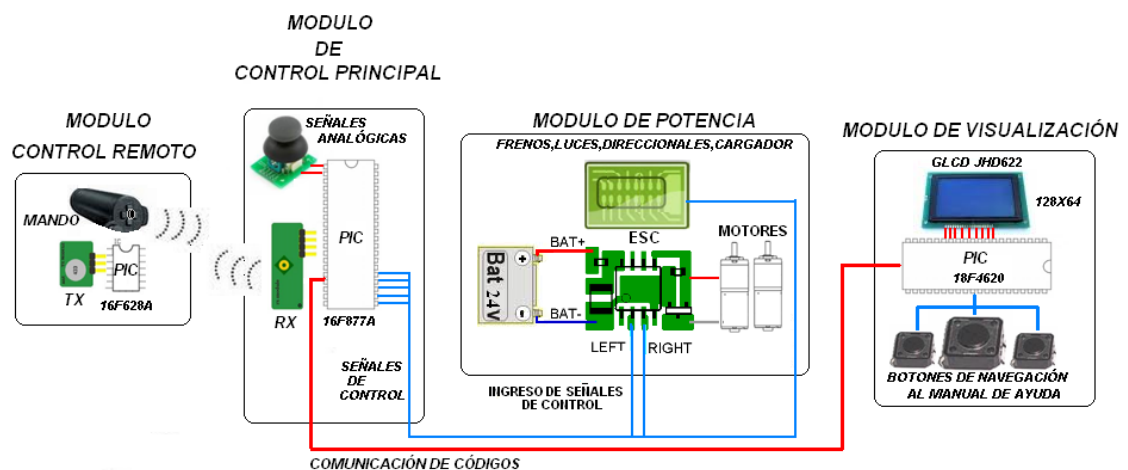


Figura 2.10 Diagrama de bloques del sistema

La etapa de potencia consta de la tarjeta Sabertooth 2x50HV que controla dos motores DC con un máximo de 50 Amperios cada uno y con una corriente pico de hasta 100 Amperios durante un segundo, también incluye los relés encargados de accionar los frenos de los motores, las luces y los direccionales inteligentes de la silla de ruedas, en esta etapa también consta

el circuito encargado del acoplamiento del cargador con la batería. El acoplamiento de los diferentes módulos se puede observar en la figura 2.10.

El proceso de control será el siguiente:

Para el encendido general de la silla de ruedas, se dispondrá de un interruptor ubicado en el control principal, en el mismo también estarán los botones para la elección del modo a utilizarse, los cuales serán modo local o modo remoto. Sin importar el modo que se elija las llantas deben estar siempre acopladas a los motores.

Si se elige el modo local, el usuario deberá mantener presionado el denominado “botón de hombre muerto” (este botón brinda seguridad al usuario), para empezar el desplazamiento de la silla de ruedas a través del joystick que se encuentra ubicado en el módulo de control principal.

Si se elige el modo remoto, la silla de ruedas se desplazará recibiendo señales de radiofrecuencia que se transmiten desde el control remoto, donde se encontrará un switch de 5 posiciones para la selección del movimiento.

El microcontrolador central que está ubicado en el módulo de control principal dependiendo de las señales recibidas provenientes del joystick o del control remoto, enviará señales PWM convertidas en señales analógicas de voltaje hacia la etapa de potencia, en donde son recibidas por la tarjeta de control de motores ESC Sabertooth 2x50HV.

En el módulo de visualización se mostrarán algunos indicadores como son el nivel de velocidad de desplazamiento de la silla, el nivel de batería disponible, y el estado de las luces, también se indicarán fallas como

desacoplamiento de las ruedas a los motores, nivel de batería crítico y botón de hombre muerto desactivado.

2.3. SELECCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS

La selección de los diferentes dispositivos sin duda alguna es la parte primordial para el buen funcionamiento de este sistema de control. Se debe tener en cuenta la corriente que pasará por los diferentes elementos a la vez que se debe escoger a un precio razonable para disminuir el precio del diseño del sistema.

2.3.1. Selección de Elementos de la Etapa de Control principal y Remoto

a. Microcontroladores

Para la realización de este proyecto se utiliza los microcontroladores PIC (Peripheral Interface Controller) de Microchip, los cuales fueron los siguientes: 16F628A, 16F877A y 18F4620. Estos dispositivos son de alta velocidad de procesamiento de la información, en este sistema se trabajará con osciladores de cristal de 12Mhz.

a.1. Microcontrolador PIC16F628A

Es un microcontrolador CMOS FLASH de 8 bits de arquitectura RISC capaz de operar con frecuencias de reloj hasta de 20MHz, fácil de programar y disponibles en cápsulas DIP (Doble herra de pines) como se indica en la figura 2.11 y SOIC (Montaje superficial en forma cuadrada de 18 pines).

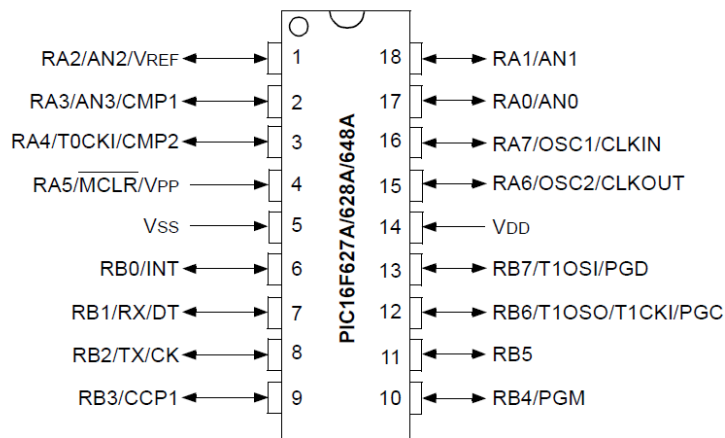


Figura 2.11 Microcontrolador PIC 16F628A

Posee internamente un oscilador de 4MHz y un circuito de Power-On Reset que eliminan la necesidad de componentes externos y expanden a 16 el número de pines que pueden ser utilizados como líneas I/O (Input/Output, Entrada/Salida) de propósito general. Adicionalmente, este PIC cuenta con las siguientes características:

- Las instrucciones se ejecutan en un sólo ciclo de máquina, a excepción de los saltos.
- Memoria de programa: 2048 locaciones de 14 bits
- Memoria de datos: Memoria RAM de 224 bytes (8 bits por registro)
- Memoria EEPROM: 128 bytes (8 bits por registro)
- Pila de 8 niveles
- 3 Temporizadores
- Módulo de comunicación serie
- 3 comparadores análogos
- Módulo CCP (Captura/comparación/PWM)
- 10 fuentes de interrupciones

Éstas y otras características lo hacen ideal en aplicaciones automotrices, industriales y electrónicas, así como en equipos e instrumentos programables de todo tipo. La selección de este microcontrolador para el control remoto se basó en su accesibilidad, bajo costo y por el módulo de comunicación serie que posee el mismo. Las características de este microcontrolador se encuentran en el anexo A.

a.2. Microcontrolador PIC16F877A

El modelo 16F877A, el cual se indica en la Figura 2.12, posee varias características que hacen a este microcontrolador un dispositivo muy versátil, eficiente y práctico para ser empleado en innumerables aplicaciones.

El PIC16F877A utiliza un procesador con arquitectura Harvard consiguiendo mayor rendimiento en el procesamiento de las instrucciones.

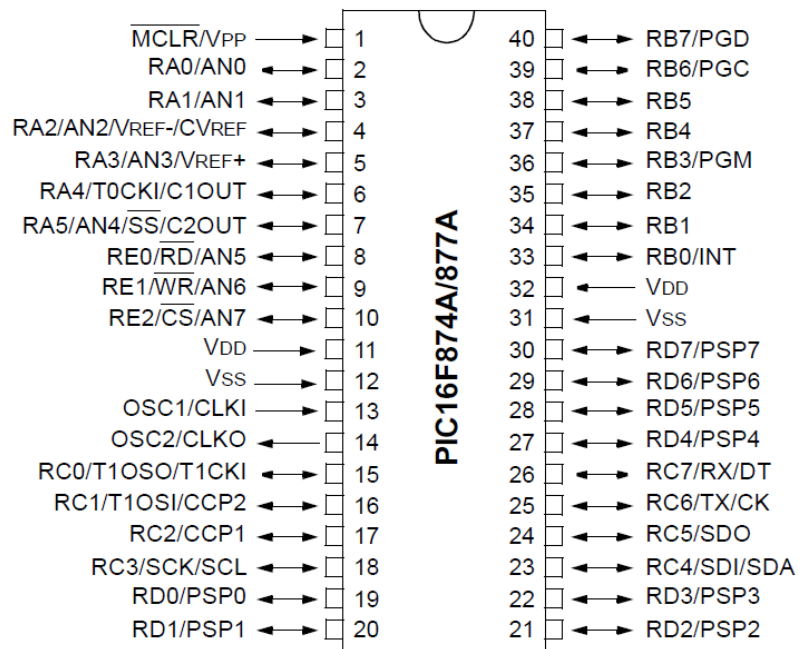


Figura 2.12 Microcontrolador PIC 16F877A

Se enumeran las prestaciones y dispositivos especiales esta familia de microcontroladores:

- Procesador de arquitectura RISC avanzada
- Juego de solo 35 instrucciones con 14 bits de longitud. Todas ellas se ejecutan en un ciclo de instrucción, menos las de salto que tardan dos.
- Hasta 8K palabras de 14 bits para la Memoria de Programa, tipo FLASH
- Hasta 368 Bytes de memoria de Datos RAM.
- Hasta 256 Bytes de memoria de Datos EEPROM.
- Hasta 14 fuentes de interrupción internas y externas.
- Pila de 8 niveles.

Entre los dispositivos periféricos que posee este PIC se encuentran:

- Timer0: Temporizador-contador de 8 bits
- Timer1: Temporizador-contador de 16 bits
- Timer2: Temporizador-contador de 8 bits
- Dos módulos de Captura, Comparación, PWM (Modulación de Ancho de Pulsos).
- Ocho líneas de entradas para el Conversor A/D de 10 bits.
- Puerto Serie Síncrono Master (MSSP) con SPI e I2C (Master/Slave).
- USART/SCI (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter)
- Puerto Paralelo Esclavo (PSP)

Se seleccionó este dispositivo porque cumplía con el número de pines necesarios, a la vez que dispone de un conversor Análogo/Digital, del módulo USART y de dos módulos CCP que son necesarios para la emisión

de las señales PWM. Las características de este microcontrolador se encuentran en el anexo B.

a.3. Microcontrolador PIC18F4620

Este PIC, está dentro de la familia PIC18 de microcontroladores, que ofrece un alto rendimiento computacional a un precio económico, con una memoria de programa FLASH mejorada y con alta resistencia. Introduce también mejoras en el diseño que hace de este microcontrolador una elección lógica para proyectos de alto rendimiento. Este microcontrolador puede operar hasta una frecuencia de 40MHz, el mismo que dispone de opciones para la selección del reloj brindándole así mayor flexibilidad al programador.

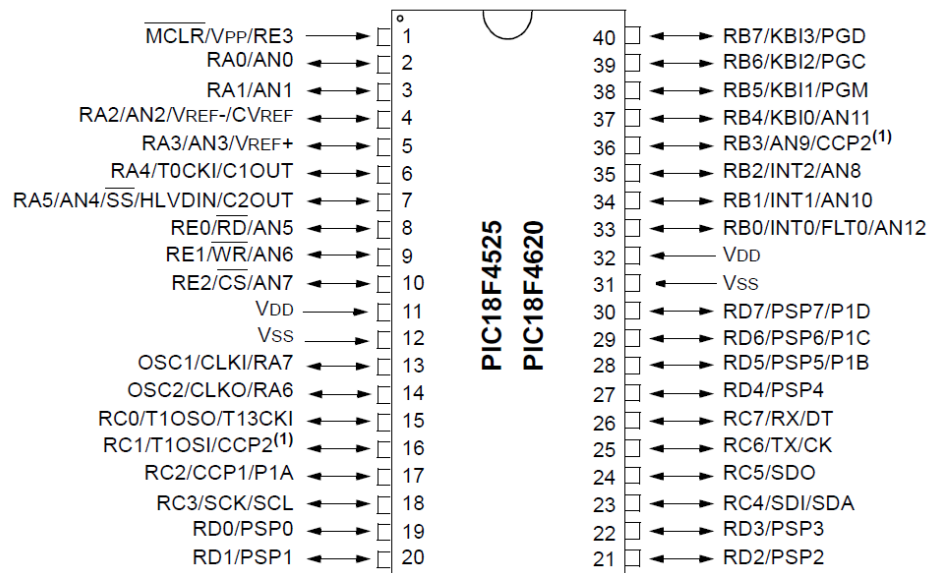


Figura 2.13 Microcontrolador PIC 18F4620

Se enumeran las características principales de este microcontrolador:

- Juego de 75 instrucciones.
- Hasta 64Kbytes de memoria de Programa, tipo FLASH

- Hasta 3968 Bytes de memoria de Datos SRAM.
- Hasta 1024 Bytes de memoria de Datos EEPROM.
- Hasta 20 fuentes de interrupciones
- Pila de 32 niveles

Entre los dispositivos periféricos que este PIC dispone:

- Tres timers de 16 bits y un timer de 8 bits.
- Un módulo CCP y un módulo CCP Mejorado.
- Tiene 13 líneas de entrada para el Conversor A/D de 10 bits.
- Puerto Serie Síncrono Master (MSSP)
- Módulo de Comunicación USART Mejorado, SPI e I2C.
- Puerto Paralelo Esclavo (PSP)
- Posee dos comparadores integrados

Este microcontrolador cumple con la memoria de programa necesaria para la presentación de las imágenes en el LCD gráfico. Las características de este microcontrolador se encuentran en el anexo C.

b. Palancas de Mando

Las palancas de mando o joysticks que se utilizarán en este proyecto serán encargados de cumplir con la función de enviar los datos que representan la dirección a donde desplazar la silla de ruedas.

b.1. Joystick de 2 ejes

Este joystick de 2 ejes de la empresa Parallax (Figura 2.14) contiene dos potenciómetros independientes con tierra común (uno por cada eje) que puede ser usado como divisores de voltaje ajustables proporcionando

entradas analógicas dependiendo de la posición de la palanca. Este joystick incluye auto-retorno al centro y un cómodo mando tipo taza.



Figura 2.14 Joystick de 2 ejes

Las especificaciones técnicas de esta palanca de mando son::

- Máxima tensión de 10VDC
- Potenciómetros duales de 10KOhmios
- Temperatura de funcionamiento de 0 a 70°C

Este dispositivo se encontrará en el módulo del control principal y será alimentado con un voltaje de 5V, es de fácil adquisición y cumple con los requerimientos de diseño. La distribución de pines de este joystick se encuentra en la figura 2.15. La hoja de características de este joystick se encuentran en el anexo D.

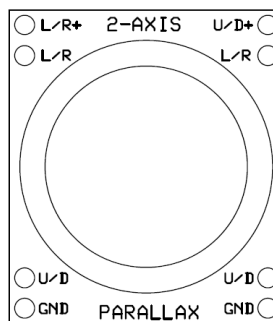


Figura 2.15 Distribución de pines del joystick de 2 ejes

b.2. Switch de 5 posiciones

Este switch de 5 posiciones (Figura 2.16) es un interruptor con contactos normalmente abiertos que proporciona direcciones a este proyecto, es fabricado por Parallax. Se tiene una sensación agradable el momento de utilizar este dispositivo y vuelve a la posición de centro inmediatamente cuando se suelta. Este interruptor será utilizado en el módulo de control remoto para dar la dirección del movimiento de la silla de ruedas dependiendo si el interruptor está hacia arriba, hacia abajo, izquierda o derecha.



Figura 2.16 *Switch de 5 posiciones*

Cualquier microcontrolador puede monitorear de forma fácil el estado de los cinco interruptores. Entre las características de funcionamiento de este conmutador se encuentran:

- Resistencias de 10KOhmios pull-up para cada posición
- El voltaje máximo dependerá del microcontrolador a utilizar
- Temperatura de operación de 0 a 70°C

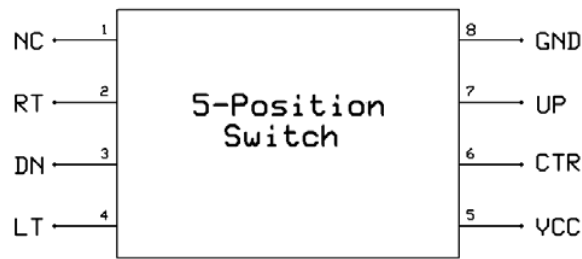


Figura 2.17 Distribución de pines del switch de 5 posiciones

El voltaje de salida será determinado por el voltaje de alimentación, la distribución de pines del switch de 5 posiciones se indica en la figura 2.17. y la definición de los pines se encuentra en la tabla 2.1. La hoja de características de este switch se encuentran en el anexo E.

Tabla 2.1 Definición de pines del switch de 5 posiciones

<i>Pin</i>	<i>Nombre</i>	<i>Función</i>
1	NC	Sin conexión
2	RT	Switch de contacto a la derecha
3	DN	Switch de contacto hacia abajo
4	LT	Switch de contacto a la izquierda
5	VCC	Voltaje de alimentación
6	CTR	Switch de contacto al centro
7	UP	Switch de contacto hacia arriba
8	GND	Tierra

c. Alimentación

Para la alimentación de todo este sistema se tomará el voltaje suministrado por la batería, a partir del cual se irá reduciendo con el uso de reguladores de voltaje dependiendo del voltaje requerido.

c.1. Regulador de Voltaje Lineal LM7812

El regulador de voltaje lineal 7812 (Figura 2.18) opera con corriente continua a la entrada de un nivel siempre superior a la salida deseada, y equivale a una resistencia cuyo valor se ajusta automáticamente, y está conectada entre la entrada y la salida que, por efecto Joule, disipa en forma de calor el exceso de potencia eléctrica disponible en la fuente primaria.

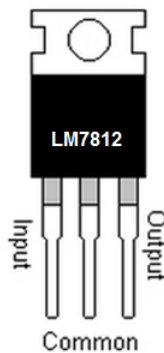


Figura 2.18 Regulador de voltaje Lineal LM7812

Para la alimentación unipolar de +12V que requieran algunos dispositivos que conforman este proyecto se utilizará este regulador de voltaje lineal, entregando una corriente máxima de 1 Amperio y soportando consumos pico de hasta 2.2 Amperios. Poseen protección contra sobrecargas térmicas que desconectan el regulador en caso de que su temperatura de juntura supere los 125°C.

En el módulo del control principal será utilizado para alimentar al medidor de voltaje de la batería. Este regulador será utilizado también en la etapa de potencia para el acoplamiento del cargador de batería, y para reducir el voltaje que será entregado para el encendido de las luces y los direccionales de la silla de ruedas.

c.2. Fuente Conmutada de Voltaje DE-SW050

Este regulador está diseñado por DimensionEngineering, con el fin de poder añadir los beneficios de las fuentes conmutadas de la forma más fácil a los proyectos nuevos o existentes. Tienen integrado los capacitores de desacople por lo que los capacitores externos generalmente ya no son necesarios. El Regulador DE-SW050 se indica en la figura 2.19 indicando los respectivos pines que se utiliza.



Figura 2.19 Fuente conmutada de voltaje DE-SW050

Para su funcionamiento tienen un rango de tensión de entrada desde $V_{out} + 1.3V$ hasta 30V, y hasta un amperio de salida de corriente continua. El Regulador DE-SW050 cuenta con las siguientes características:

- Voltaje de Salida Regulable
- Rendimiento hasta el 87%
- Disipador de calor integrado
- Puede manejar cargas inductivas

En este proyecto se utilizará el regulador DE-SW050 para reducir el voltaje de las baterías a 5V, y poder alimentar a los microcontroladores y demás dispositivos que se encontrarán en el módulo de control principal y de

visualización. Se utilizará este regulador debido a su baja disipación de potencia.

Para poder regular el voltaje de salida de este dispositivo se cuenta con un potenciómetro lineal (Figura 2.20) el cual está integrado en la parte superior del Regulador. Las diferentes características de este regulador se encuentran en el anexo F.

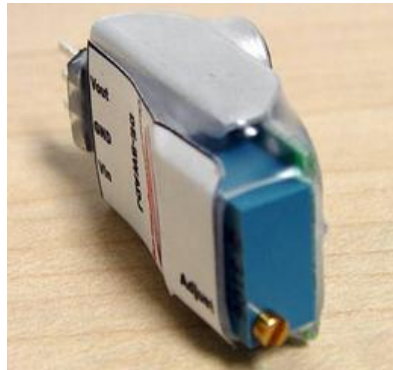


Figura 2.20 *Potenciómetro lineal del regulador de voltaje DE-SW050*

d. Display Analógico Lineal

Para ayudar a visualizar mejor los valores de tensión de la batería se seleccionará el integrado LM3914 (Figura 2.21) y una barra de 10 leds para la visualización.

Este circuito integrado posee 10 salidas adecuadas para conectar los cátodos de los 10 leds, con los ánodos como electrodo común, que se pueden conectar a una fuente de 5 a 18V. Otros dos pines del integrado sirven como tensión de referencia para fijar los límites de medición inferior (pin 4) y superior (pin 6) del medidor.

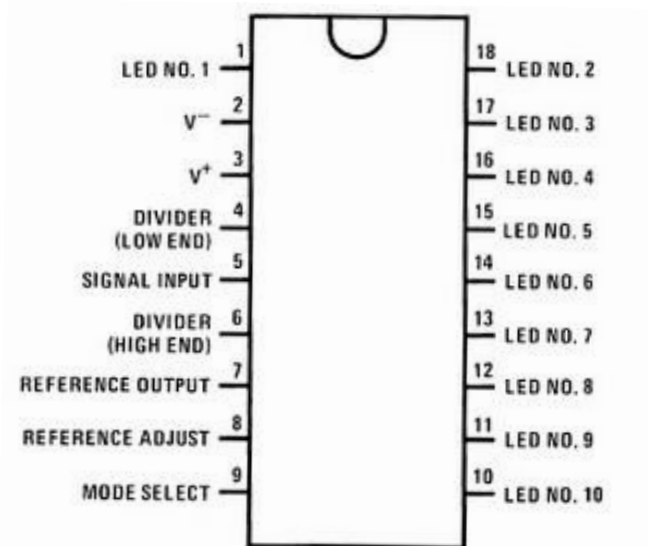


Figura 2.21 Circuito integrado LM3914

El pin numero 2 deberá conectarse al negativo de la fuente de alimentación, y el pin 3 al positivo. Se debe conectar a una fuente que entregue una tensión de corriente continua de entre 3 y 15 voltios, en este proyecto se alimentará con 12V.

La corriente que circula por el pin 7 es la que determina el brillo de los leds. El pin 8 es que se encarga de tomar la referencia de la escala. Mediante una resistencia conectada entre este pin y 0V se puede correr la escala. El pin número 9 es el encargado de seleccionar el modo de funcionamiento del chip.

En efecto, si conectamos este pin directamente a 0V, el display formado por los LEDs funcionará en modo punto, mientras que si lo conectamos a +V funcionará en modo barra. Por último, el pin número 5 es la entrada de la tensión a medir. Las diferentes características de este dispositivo se encuentran en el anexo G.

e. Pantalla GLCD

Estas pantallas están dentro de los LCD matriciales que permiten presentar caracteres, símbolos especiales y gráficos. El display JHD12864E (Figura 2.22) que se va a utilizar en este proyecto es un GLCD de 128x64, el cual será ubicado en el módulo de visualización.



Figura 2.22 Pantalla GLCD 128x64

Esta pantalla GLCD posee un backlight que no necesita ningún circuito externo, en cambio su posicionamiento para el envío de datos se lo realiza mediante líneas, columnas y páginas. Para manejar esta pantalla se debe tener en cuenta que está dividida en dos partes comandadas por sus respectivos controladores (CS1 y CS2).

Para ingresar los datos que se van a visualizar en la GLCD, se tienen que hacerlo de tal forma que representen en una matriz de 128x64 bytes. Esto nos permitirá almacenar los datos para que en cualquier momento del programa podamos visualizar en forma de imagen en la GLCD.

Al igual que una LCD de caracteres, se tiene bits de manejo como el dato/instrucción, o el enable que nos permiten realizar la distribución de los datos para visualizarlos. Los pines de conexión de un módulo GLCD como se indica en la tabla 2.2 se han estandarizado por lo cual en la mayoría son exactamente iguales. Las características de esta pantalla se encuentran en el anexo H.

Tabla 2.2. *Definición de pines del GLCD*

Pin	Nombre	Función
1	VSS	Tierra
2	VDD	Voltaje de alimentación +5Vdc
3	Vo	Ajuste del contraste
4	D/I	Entrada de una instrucción/dato
5	R/W	Lectura/Escritura en el módulo LCD
6	E	Habilitación del módulo LCD
7	DB0	Bus de dato Línea 0
8	DB1	Bus de dato Línea 1
9	DB2	Bus de dato Línea 2
10	DB3	Bus de dato Línea 3
11	DB4	Bus de dato Línea 4
12	DB5	Bus de dato Línea 5
13	DB6	Bus de dato Línea 6
14	DB7	Bus de dato Línea 7
15	CS1	Chip de Selección para IC1
16	CS2	Chip de Selección para IC2
17	RST	Reset
18	VEE	Voltaje Negativo -10Vdc
19	LEDA	Led (+)
20	LEDK	Led (-)

f. Comunicación Inalámbrica RF

La comunicación inalámbrica será empleada para la utilización del control remoto, ubicando el transmisor en el control remoto y el receptor en el control principal o local. Esta comunicación deberá ser empleada en un rango máximo de 15 metros, para lo cual tanto el transmisor como el receptor deberán cumplir con este requisito.

Para este proyecto se va a utilizar el Transmisor 26VK900-6896 con su Receptor 26VK900-6895 los cuales se indican en la figura 2.23.



Figura 2.23 *Transmisor y receptor de radiofrecuencia*

Esta tecnología de enlace de datos inalámbrico es la más fácil de usar y de bajo costo, se usa este componente generalmente para la transmisión de datos de posición, de temperatura, etc. Estos módulos tienen una distancia de hasta 500 metros en espacio abierto, el receptor funciona a 5V y el transmisor opera a partir de 2 a 12V. Trabajan a una frecuencia de modulación de 315MHz.

El transmisor utiliza modulación ASK para la transmisión de datos, con una salida de hasta 8mW en función del voltaje de alimentación, con un rango de

voltaje entre 2 y 12V. La disposición y definición de pines del transmisor se muestra en la figura 2.24

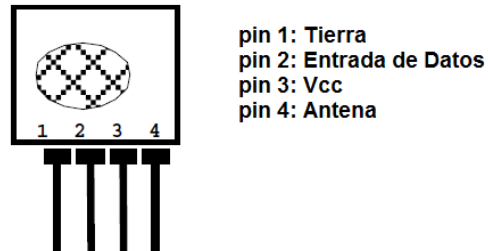


Figura 2.24 Pines del transmisor RF

El receptor tiene una sensibilidad de 3 μ V, este puede operar entre un rango de 4,5 y 5,5V y dispone de salidas lineales y digitales. Presenta una sensibilidad típica de -103dBm. La distribución y definición de pines se presentan en la figura 2.25. Las características de estos módulos se encuentran en el anexo I.

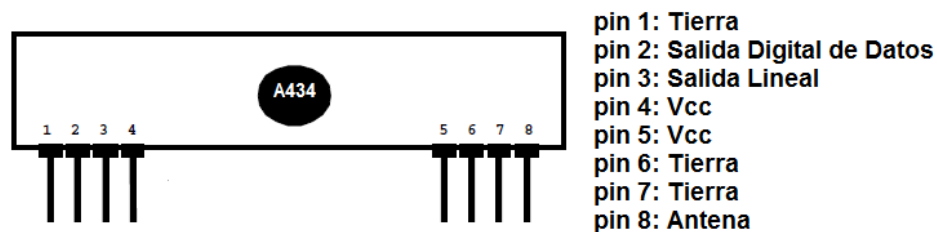


Figura 2.25 Pines del receptor RF

2.3.2. Selección de Elementos de la Etapa de Potencia

a. Tarjeta de Control de Motores ESC Sabertooth 2x50HV

La tarjeta Sabertooth 2x50HV (Figura 2.26) es fabricada por la empresa DimensionEngineering y es una de los controladores de motores duales más

versátiles, eficiente, y fácil de usar en el mercado. Esta tarjeta ofrece el control de dos motores DC brushed (con escobillas), con un máximo de 50 Amperios cada motor, soportando picos de corriente de hasta 100 Amperios durante unos segundos.



Figura 2.26 *Tarjeta Sabertooth 2x50HV*

Sus características proveen a esta tarjeta de protección de sobrecorrientes y térmicas, también permite controlar a los motores con señales análogas de voltaje, señales de radio control y datos seriales. El modo de operación de la tarjeta se establece mediante interruptores DIP que se encuentran en la misma, tal como se indica en la figura 2.27.

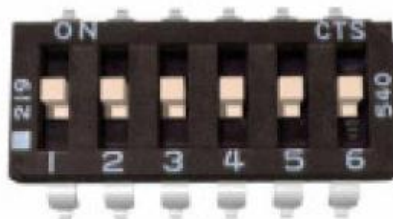


Figura 2.27 *Interruptores tipo DIP de la tarjeta Sabertooth 2x50HV*

Las especificaciones de la tarjeta Sabertooth 2x50HV se detallan a continuación:

- Corriente de 50 Amperios por canal, con picos de 100 Amperios.
- Tensión nominal entre 12 y 48V
- Frecuencia de conmutación ultrasónica
- Protección térmica y de sobrecorriente
- Unidad regenerativa
- Incorpora una fuente BEC de 5V
- Disipador y ventilador para el exceso de calor

La tarjeta Sabertooth 2x50HV se seleccionó para este proyecto debido a su costo accesible y a su alta corriente que soporta en cada uno de sus canales, ya que los motores de la silla de ruedas, en pruebas realizadas manejan corrientes de hasta 45-50 Amperios de forma continua con picos de 70 amperios durante el arranque.

Además de sus especificaciones esta tarjeta tiene tres indicadores LEDs como se indica en la figura 2.28, el led de Status actúa como un indicador de energía, el led de Cells es solo usado en el modo de litio y el led de Error se enciende si la tarjeta Sabertooth detecta un problema. La hoja de características de esta tarjeta se encuentra en el anexo J.

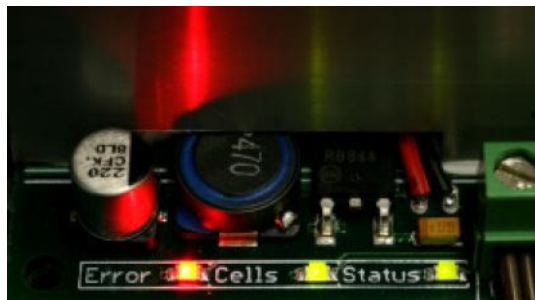


Figura 2.28 Indicadores LED de la tarjeta Sabertooth 2x50HV

Las conexiones que se deben realizar en esta tarjeta son muy sencillas ya que viene incluida la nomenclatura en la misma, los cuales se explican:

- B+ y B-, son los terminales de la batería (Figura 2.29).
- M1A, M1B, M2A y M2B, son los terminales de los motores en donde M1A y M1B son para la conexión del motor 1 y M2A con M2B son para la conexión del motor 2 (Figura 2.29).
- S1 y S2, son los terminales para las señales de entrada, estas señales son las que controlaran los motores (Figura 2.30).
- 0V y 5V, son los terminales de voltaje, la tarjeta toma estos 5V desde la Fuente interna conmutada tipo BEC (Figura 2.30).



Figura 2.29 Terminales de la batería y motores



Figura 2.30 Terminales de voltaje y para las señales de control

b. Relé Electromagnético

Para el presente proyecto se utilizarán relés electromagnéticos de contacto simple (Figura 2.31) que controlan un circuito de salida de mayor potencia que el de entrada y que a menudo se utilizan como un tampón para aislar los circuitos de diferentes potenciales de energía.

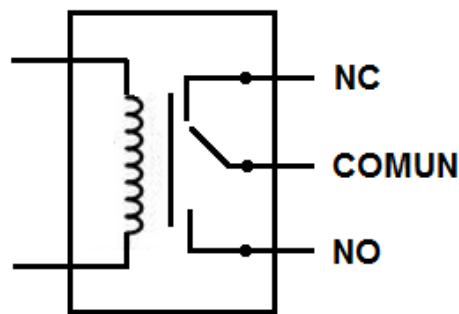


Figura 2.31 *Relé electromagnético*

En la etapa de potencia se utilizarán 4 relés electromagnéticos de 12V, los cuales serán utilizados para el desacoplamiento de la batería con el sistema en el momento de conectar el cargador (relé electromagnético de potencia), para las luces y para los direccionales; y un relé electromagnético de 24V utilizado para la desactivación de los frenos electromagnéticos que vienen en los motores. En los circuitos que utilizarán algún relé se conectará un diodo en antiparalelo con la bobina, que cumple la función de absorber la tensión que se genera en la bobina.

2.4. DISEÑO DE CIRCUITOS

Una vez descrito los elementos que intervendrán en la realización del presente proyecto se procederá a diseñar los diferentes circuitos que forman

parte de este sistema de control. Cabe indicar que todo el sistema estará siendo suministrado por dos baterías en serie con un voltaje total de 27,5 V. Este voltaje ingresará al módulo de control principal y al módulo de la etapa de potencia para que sea reducido en algunos casos y utilizado en el caso de la tarjeta Sabertooth 2x50HV.

2.4.1. Diseño del Circuito de Acoplamiento del Cargador con la Batería

Este circuito de acoplamiento va a permitir que en el momento que se conecte el cargador de batería al sistema, la silla de ruedas quedará inhabilitada para su encendido debido a la utilización de un relé electromagnético de 12V el cual cambiará de posición en el momento de la carga, si este relé no se encuentra energizado estará en la posición de defecto lo cual permitirá el suministro de energía a partir de la batería a las diferentes etapas de este sistema. Cabe indicar que este circuito irá incorporado en el módulo de potencia.

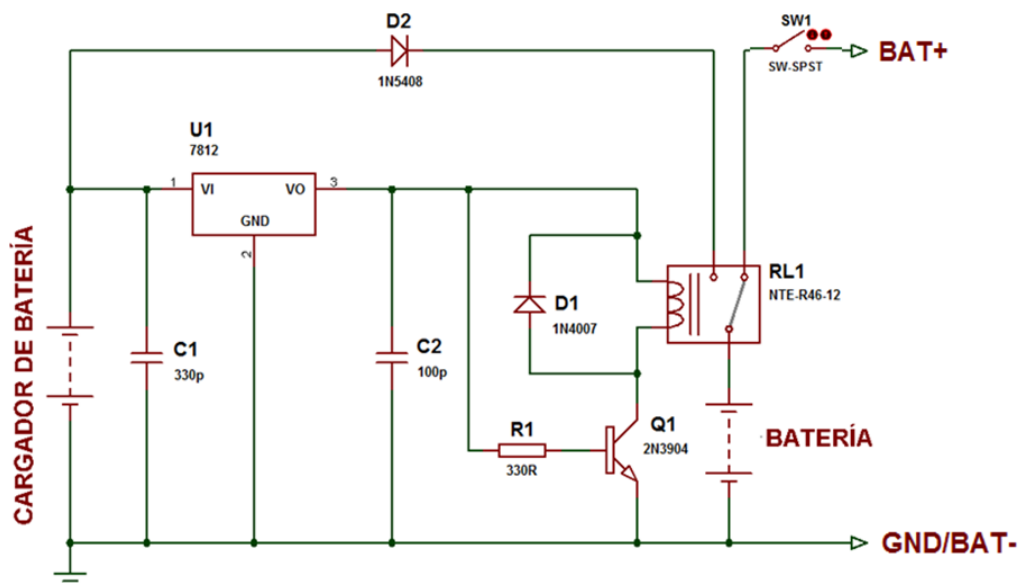


Figura 2.32 Circuito de acoplamiento del cargador de batería

En la figura 2.32 se indica el circuito que se realizó para el acoplamiento del cargador con la batería, se utilizó el diodo D2 (Diodo de Potencia) que permitirá solamente el paso de corriente desde el cargador hacia la batería, la caída de tensión en este diodo no afectará en la carga de la batería.

Para el encendido de todo el sistema se empleó un interruptor de dos posiciones SW1 que será ubicado luego de este circuito de acoplamiento, el mismo que permitirá el paso de corriente hacia las etapas de control y de potencia, tal como se indica en la figura 2.33.

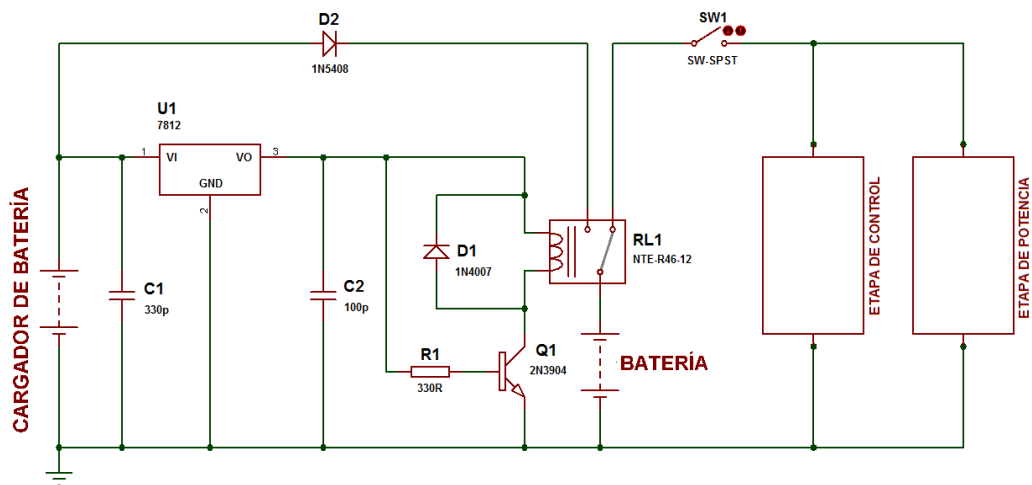


Figura 2.33 Circuito de acoplamiento del cargador y de alimentación a la etapa de control y de potencia

2.4.2. Diseño del Circuito del Módulo de Control Principal

En este circuito se encuentra el microcontrolador principal el PIC 16F877A, el medidor de voltaje de la batería y el receptor de señales de radiofrecuencia siendo estos los elementos sobresalientes.

La principal alimentación de este diseño será de 5V para lo cual se utilizará la Fuente Conmutada de Voltaje DE-SW050, también se necesitará un voltaje de 12V (LM7812) únicamente para suministrar energía al controlador de display LM3914 que medirá el voltaje de la batería. Estos niveles de voltaje serán regulados a partir del valor de tensión de la batería, tal como se indica en la figura 2.34.

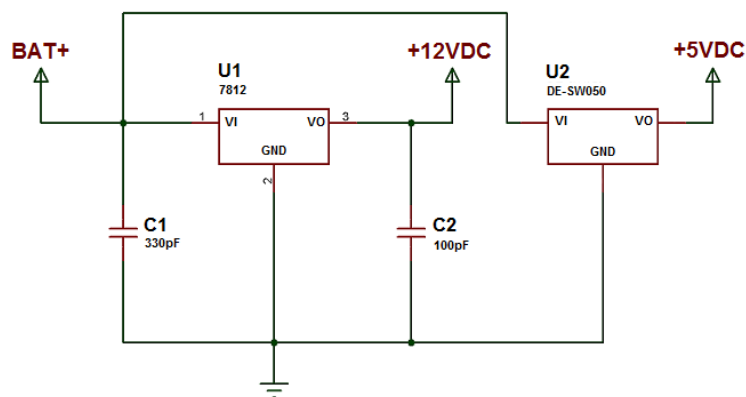


Figura 2.34 Circuito de alimentación para el módulo de control principal

Según la norma INEN 1498, la batería de 12V se considera cargada cuando en sus bornes alcanza el valor de 13,4V y se encuentra descargada cuando entre sus bornes alcanza 10,5V, este sistema emplea dos baterías de 12V en serie, por tal razón estos valores se deben duplicar.

El valor del estado de la batería será medido por el circuito integrado LM3914 y también por el Microcontrolador PIC 16F877A, por consiguiente los niveles de voltaje de la batería tendrán que reducirse a valores que puedan ser ingresados al microcontrolador, es decir reducir dichos valores en seis veces, como se indica en la tabla 2.3.

Tabla 2.3 Reducción de valores de tensión de la batería

Voltaje de Batería (V)	Voltaje Reducido (V)
26,8	4,46
21	3,5

Para reducir el nivel de tensión en la batería se empleará una red de seis resistencias en serie como se indica en la figura 2.35, el voltaje en EB (Estado de la Batería), será tomado por el medidor y el microcontrolador.

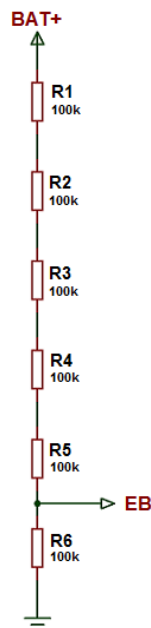


Figura 2.35 Circuito para la reducción de voltaje de la batería

El dispositivo LM3914 será limitado en sus bandas superior e inferior con voltajes de 4,46 y 3,5V respectivamente, estas señales surgirán desde dos potenciómetros de precisión, el diseño para obtener estos voltajes es a partir de un divisor de voltaje como se puede observar en la figura 2.36

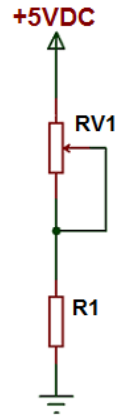


Figura 2.36 Divisor de voltaje

En la figura 2.37 se indica el circuito completo del integrado LM3914, cabe indicar que se utilizarán leds de diferentes colores para la visualización del valor de tensión en la batería.

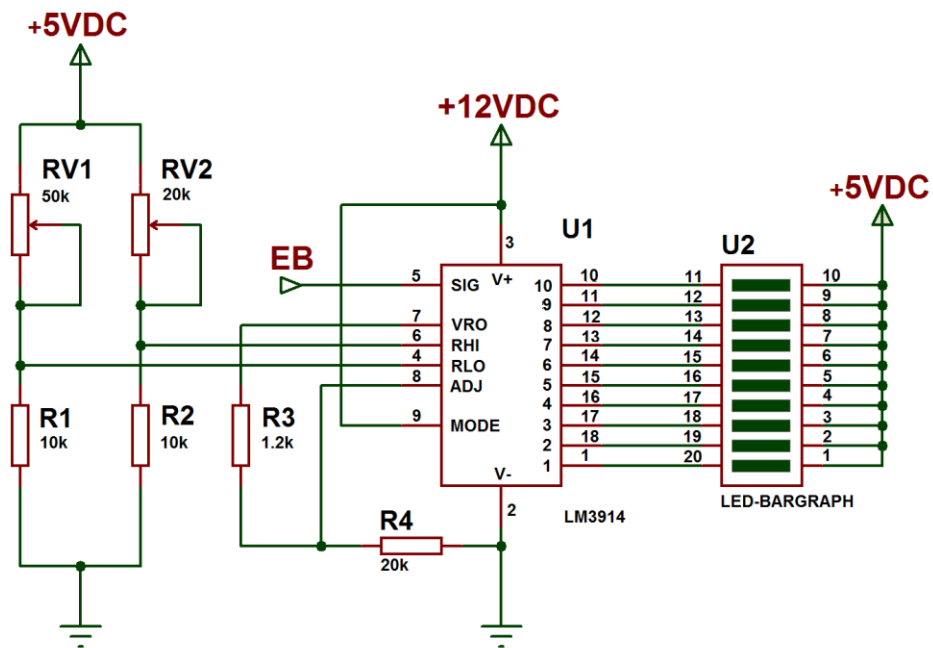


Figura 2.37 Circuito medidor de voltaje

Este módulo también incorpora una bocina que será encendida a través de un pulsador, para su activación se empleará un transistor NPN tal como se indica en la figura 2.38.

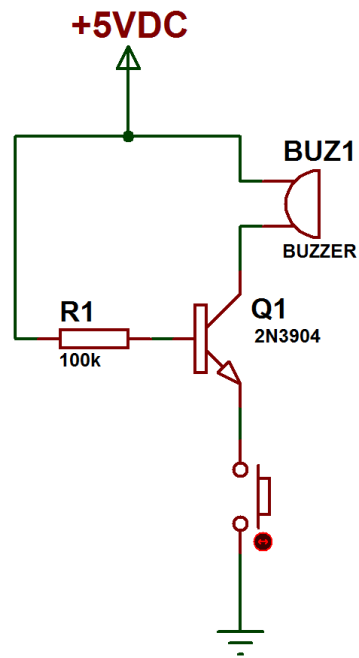


Figura 2.38 Circuito para la activación de la bocina de pito

El microcontrolador utilizado en este módulo posee un cristal de 12MHz, el cual hace muy fiable el procesamiento que se realiza en el mismo, en la figura 2.39 se indica la conexión del oscilador externo de este PIC y del master clear para reiniciar este microcontrolador.

Para la selección del modo de operación de la silla de ruedas se recurrirá a un selector de dos estados con posición central, dicha posición central será para el modo manual, tal como se indica en la figura 2.40.

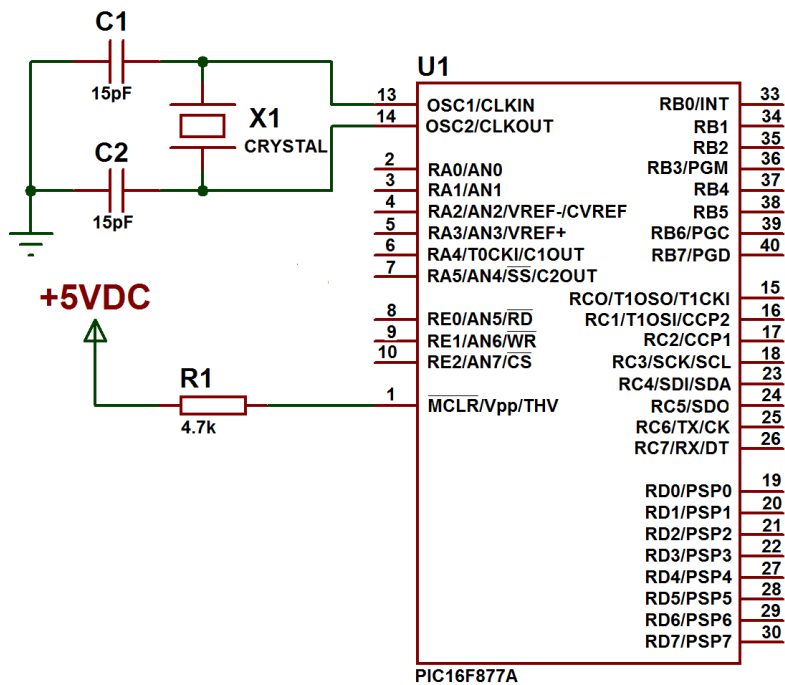


Figura 2.39 Conexión del oscilador externo y master clear al PIC 16F877A

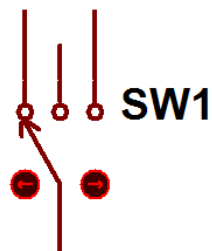


Figura 2.40 Selector de dos estados con posición central

Las señales de este selector irán conectadas al microcontrolador PIC 16F877A, por lo que se emplean resistencias para la limitación de corriente (Figura 2.41) cabe indicar que el selector se encontrará en la parte externa

del módulo, se emplean dos diodos leds para indicar el modo de operación seleccionado.

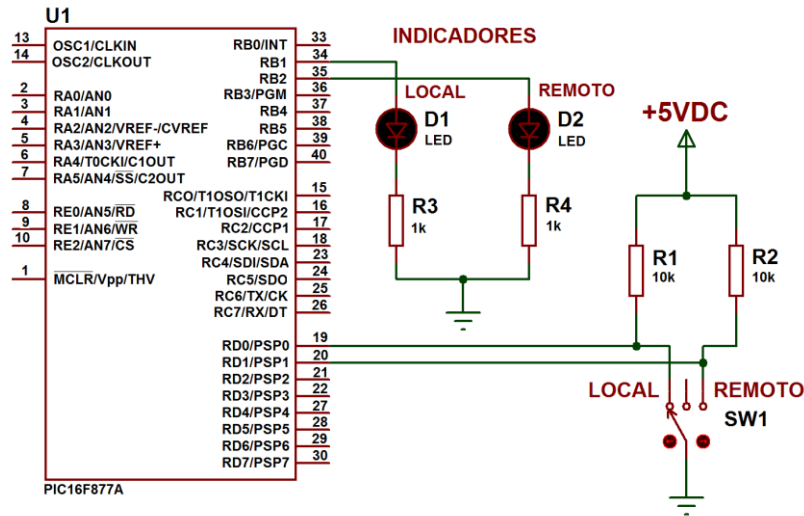


Figura 2.41 Circuito para la selección e indicadores de modo de operación

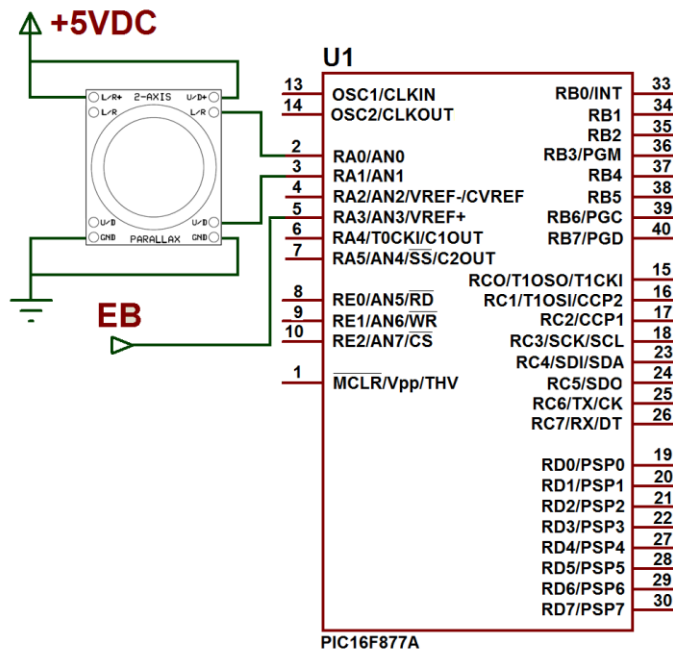


Figura 2.42 Circuito para la lectura del joystick analógico y del estado de la batería

Este microcontrolador leerá los niveles de voltaje que generan los potenciómetros del joystick de 2 ejes, por lo cual se les debe suministrar un voltaje de 5V, también leerá el valor de tensión de la batería (Figura 2.42), por ende se utilizará 3 canales del conversor análogo digital que se dispone en este PIC.

El objetivo más importante de este microcontrolador será generar las señales PWM de manera correcta a través de un óptimo código de programa, estas señales serán convertidas en voltaje analógico empleando un filtro RC (Figura 2.43), se debe seleccionar elementos adecuados para un correcto tiempo de carga y descarga del capacitor, el diseño de este filtro RC se indica a continuación:

$$t = 5\tau$$

$$t = 5RC$$

$$t = 5(10000)(0.000047)$$

$$t = 2.35 \text{ segundos}$$

El tiempo que demorará en cargar y descargar el capacitor será de 2.35 segundos, para no crear conflictos en este tiempo se escogerá un valor de 2.5 segundos, siendo este el tiempo que deberá esperar el sistema para desactivar los frenos electromagnéticos en el momento de encendido.

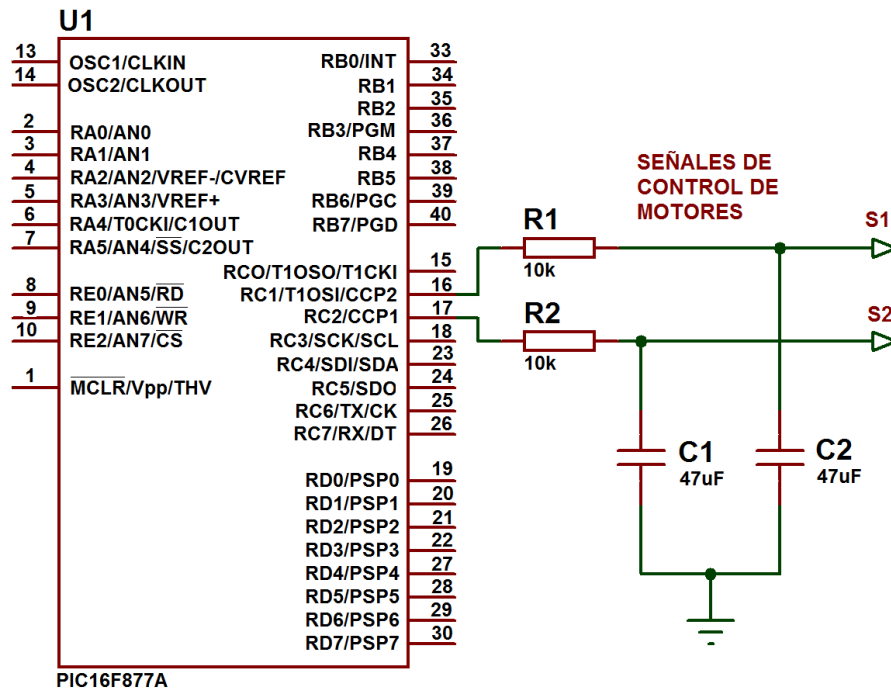


Figura 2.43 Filtro RC para la conversión a señal analógica

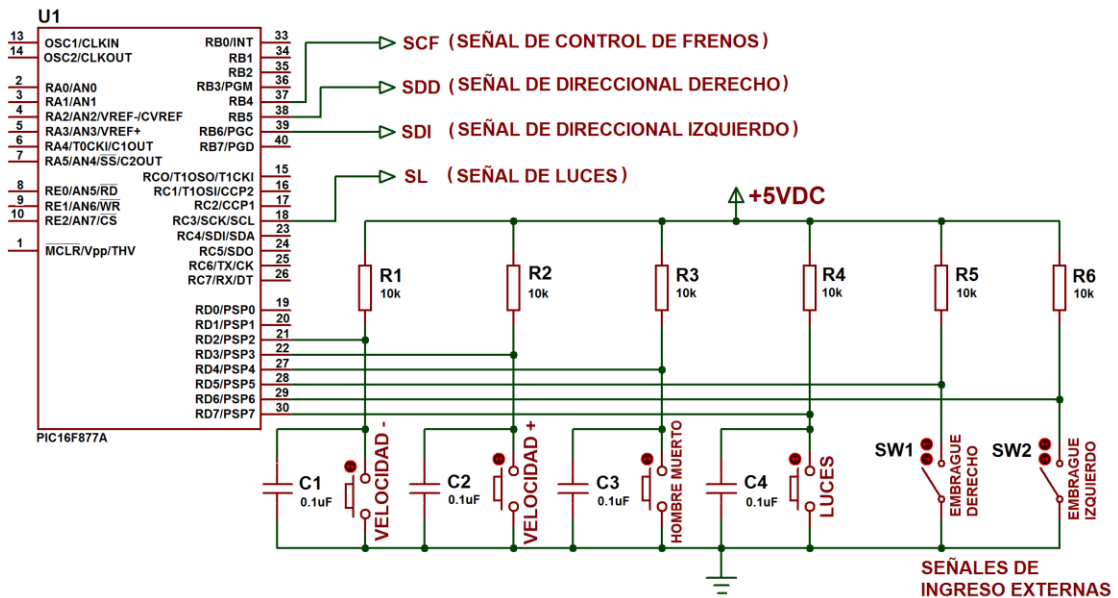


Figura 2.44 Circuito para la lectura de botones y embragues y envío de señales de control

El microcontrolador también debe recibir las señales de los botones de velocidad, hombre muerto, luces y las señales que provienen de los interruptores que se encuentran en los embragues de los motores, se utilizarán capacitores para evitar los rebotes originados por los pulsadores, y a la vez debe enviar las señales de frenos, luces y direccionales hacia el módulo de potencia. En la figura 2.44 se muestra las conexiones con el microcontrolador.

Para la recepción de los datos desde el control remoto y para la transmisión de datos hacia el módulo de visualización se emplea el módulo de comunicación USART de este PIC, tal como se indica en la figura 2.45.

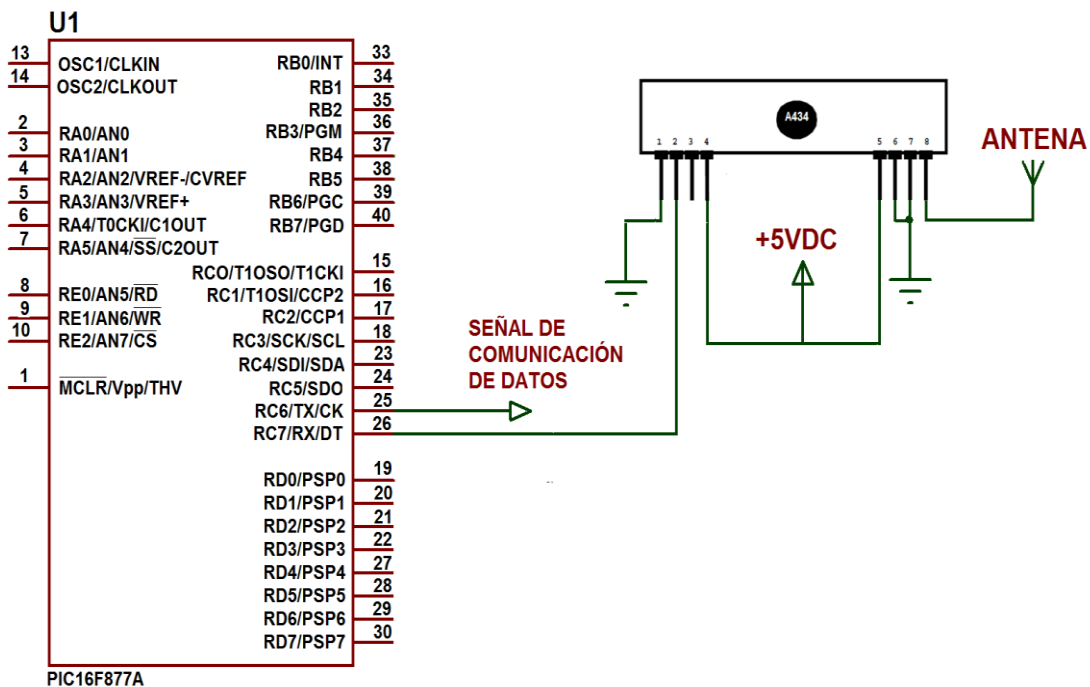


Figura 2.45 Circuito para la transmisión y recepción de datos

2.4.3. Diseño del Circuito del Módulo de Visualización

En este circuito se encuentra el microcontrolador PIC 16F4620 que se encargará de recibir los datos desde el módulo de control principal y de controlar el GLCD, también se dispone de botones que permitirá el acceso a un manual de usuario que se presentará en la pantalla.

Al igual que el PIC 16F877A del módulo de control principal este microcontrolador trabajará con un oscilador externo de 12 MHz y también se empleará una conexión para el reinicio del mismo (Figura 2.46), este microcontrolador se alimentará con un voltaje de 5V que proviene desde el módulo de control principal.

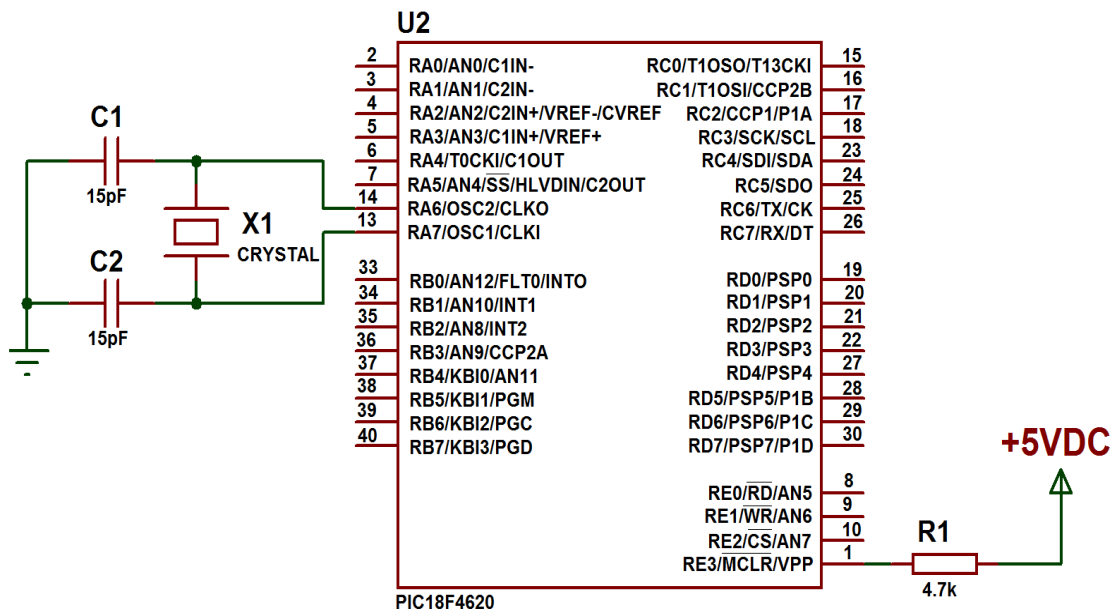


Figura 2.46 Conexión del oscilador externo y master clear al PIC 18F4620

Este módulo tendrá tres botones mediante los cuales se puede acceder al manual de usuario y navegar por las páginas del mismo, también recibirá la

señal de datos proveniente del microcontrolador PIC 16F877A, como se indica en la figura 2.47.

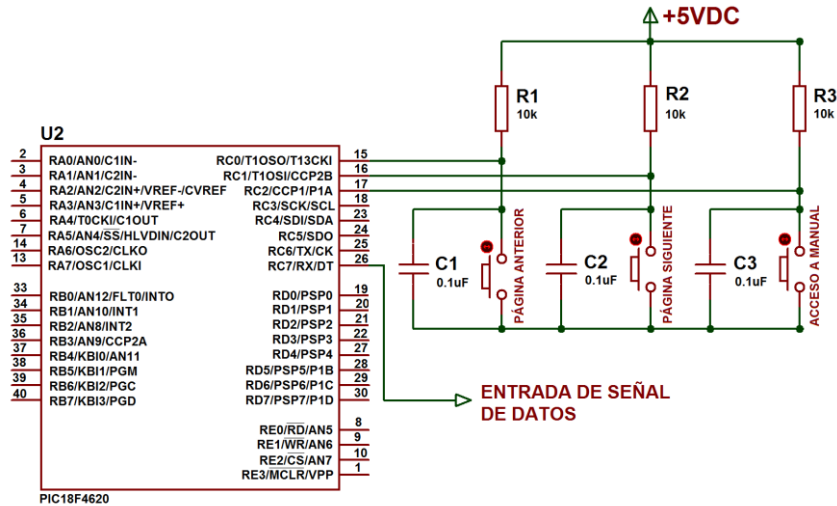


Figura 2.47 Circuito para la lectura de botones y recepción de datos

Se colocará una alarma sonora (Figura 2.48) para que se active en el momento de que ocurra una falla en el sistema como ruedas desacopladas o botón de hombre no presionado.

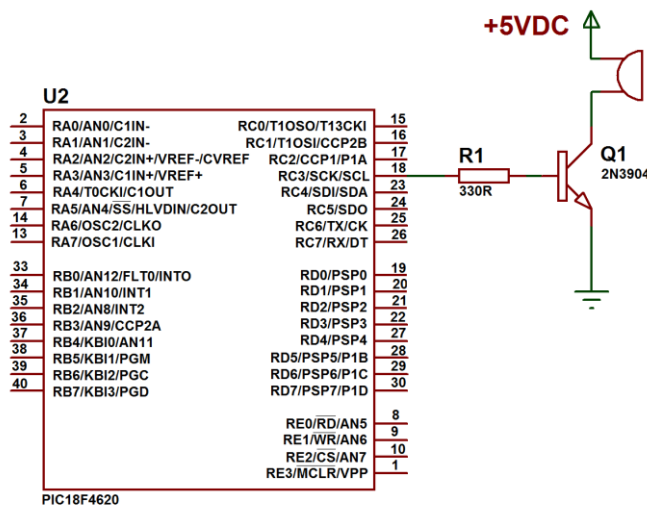


Figura 2.48 Circuito para la activación de la bocina de falla

El GLCD además de su conexión con el PIC16F4620, necesitará de un potenciómetro para ajustar el contraste del mismo, tal como se indica en la figura 2.49.

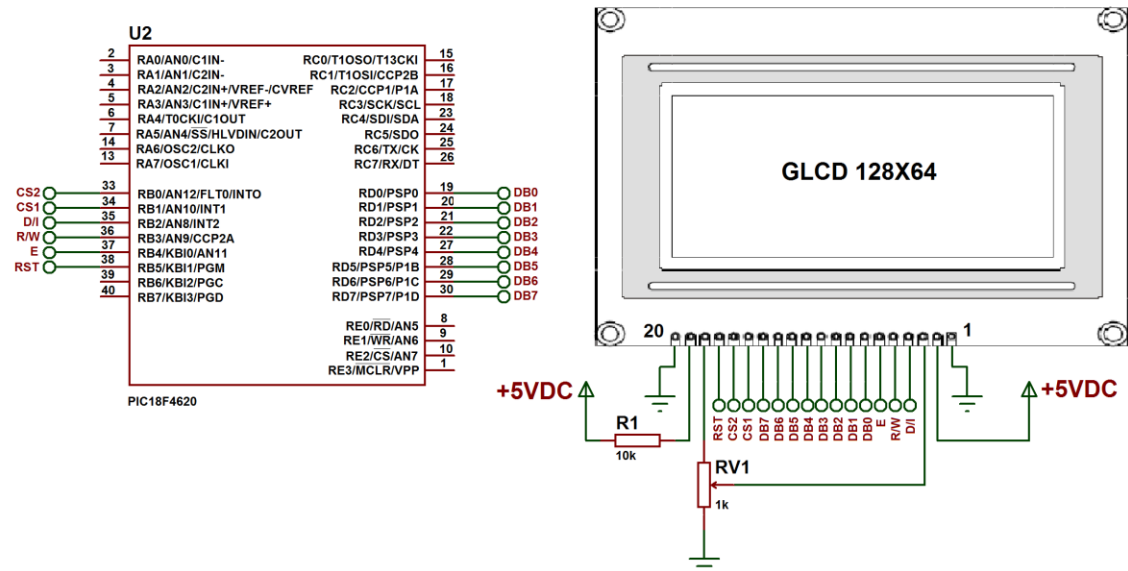


Figura 2.49 Circuito para la conexión del GLCD

2.4.4. Diseño del Circuito del Módulo de Control Remoto

En este circuito se propone el diseño de un prototipo para el envío de señales RF al receptor que se encuentra en el control principal, se ubicará el microcontrolador PIC16F628 que será el encargado de recibir las señales del switch de 5 posiciones y de enviar los datos a través del transmisor de radiofrecuencia hacia el módulo de control principal.

Este microcontrolador también funcionará con un oscilador externo de 12MHz (Figura 2.50) y no habrá la necesidad de conectar un circuito de reinicio para el mismo.

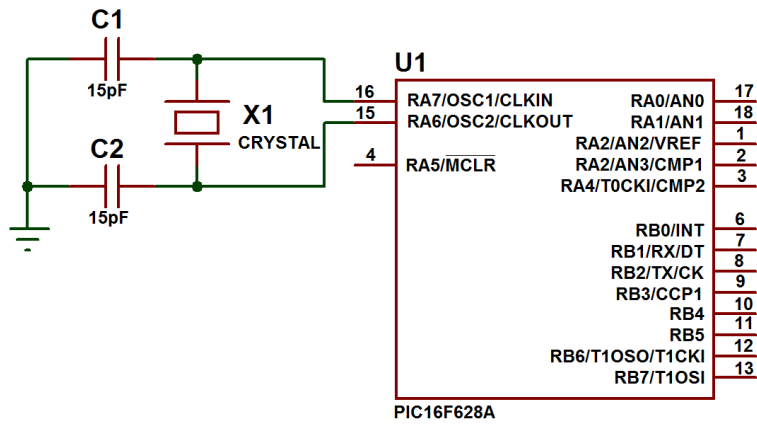


Figura 2.50 Conexión del oscilador externo al PIC 16F628A

La alimentación para este circuito será a partir de una batería para lo cual se utilizará un regulador de voltaje, se utiliza el módulo de comunicación serie de este PIC para la transmisión RF de este control remoto, como se indica en la figura 2.51.

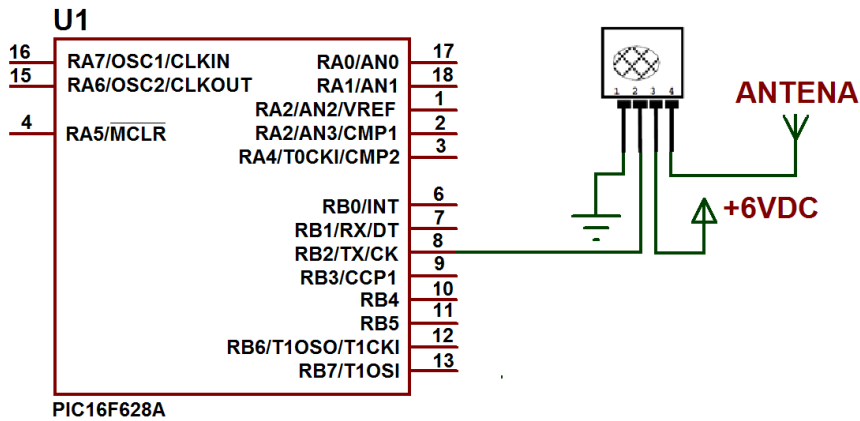


Figura 2.51 Circuito de envío de datos por medio del transmisor RF

En el switch de 5 posiciones vienen incluidas las resistencias limitadoras de corriente debido a esto sus conexiones son directas hacia el microcontrolador como se indica en la Figura 2.52, la posición del centro de

este switch activará la transmisión de datos lo cual se visualizará en el led que se encenderá cuando inicie el envío de datos.

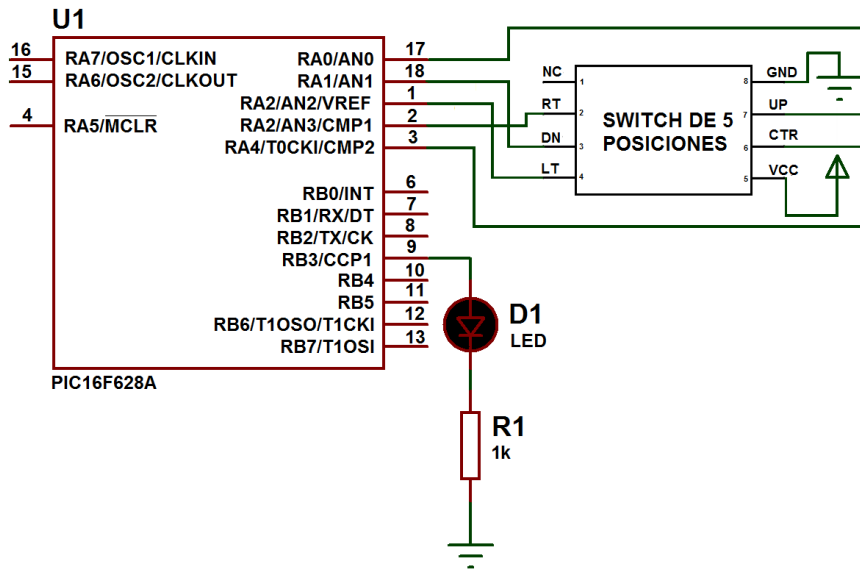


Figura 2.52 Circuito para la conexión del switch de 5 posiciones y del indicador de envío de datos

2.4.5. Diseño del Circuito de la etapa de Potencia

En este módulo se encontrarán los relés electromagnéticos que activaran los diferentes dispositivos de mayor corriente como el freno del motor, las luces y los direccionales (Derecha/Izquierda) de la silla de ruedas.

Para la activación o desactivación de los frenos se utilizará 24V mientras que para las luces y direccionales se necesitarán 12V, razón por la cual se utilizará un regulador de voltaje LM7812, cabe indicar que el voltaje será suministrado por la batería, como se indica en la figura 2.53

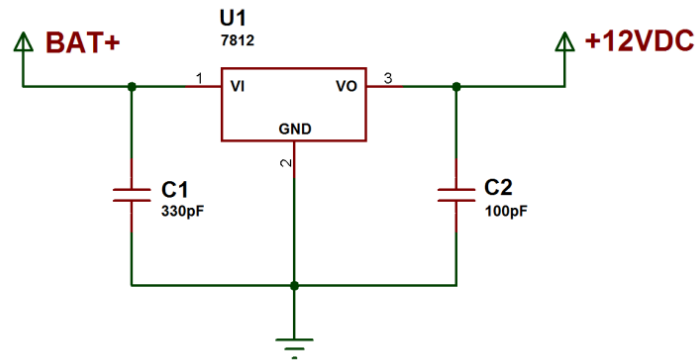


Figura 2.53 Circuito de alimentación del módulo de potencia

El acoplamiento de las señales de control con los dispositivos de potencias se realiza a través de un optotransistor 4N25 como se muestra en la figura 2.54, el cual recibe las señales desde el módulo de control principal para la saturación del transistor y la activación del relé electromagnético.

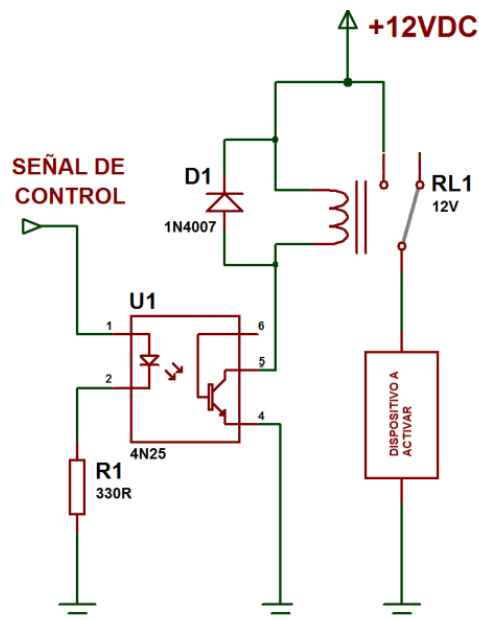


Figura 2.54 Circuito de control de los dispositivos

Se emplea cuatro relés electromagnéticos para las diferentes señales de control de luces, frenos y direccionales derecha e izquierda, para lo cual solamente los frenos se activarán con el voltaje de la batería mientras que los demás dispositivos se activarán con 12V.

En esta etapa de potencia también se incluye la tarjeta de control Sabertooth 2x50HV, se alimentará con el voltaje que suministra la batería, y las conexiones de los motores y las señales de control se recibirán de forma directa, sin la necesidad de diseñar un circuito para el mismo como se indica en la figura 2.55.

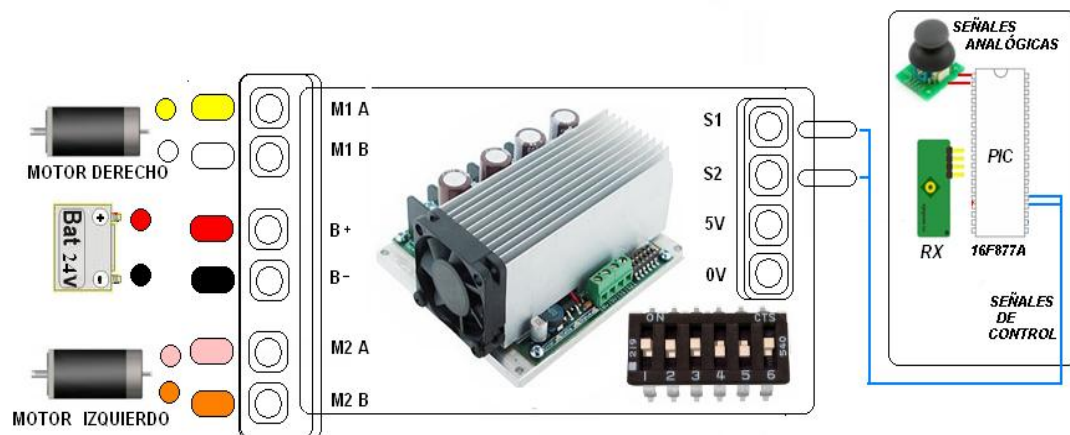


Figura 2.55 Conexión de la tarjeta Sabertooth 2x50HV

La selección de los interruptores tipo DIP para el funcionamiento de la tarjeta Sabertooth 2x50HV se puede observar en la Figura 2.56, la cual deberá cumplir las siguientes especificaciones:

- Señal de control con voltaje analógico
- Control de motores independientes
- Respuesta de motores exponencial

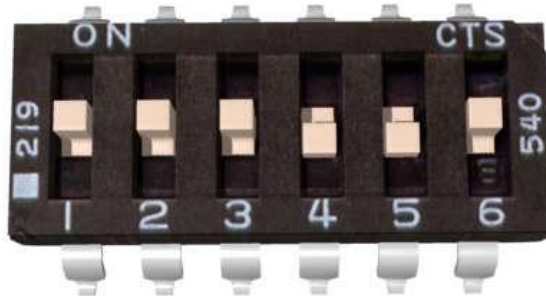


Figura 2.56 Configuración de los interruptores tipo DIP

2.5. CONSTRUCCIÓN DE MÓDULOS

En el modelado y construcción de los Módulos (Figura 2.57) se usaron programas como SolidWork y MasterCam y teniendo como materia prima acrílico reciclado.

El proceso de modelado y construcción consiste en trasvasar la idea mental del diseñador (bocetos) al sistema CAD, "construyendo virtualmente" la pieza o conjunto. Posteriormente todas las extracciones (planos y ficheros de intercambio) se realizaron de manera bastante automatizada.

El monitor, la palanca de mando con su botón de seguridad y el modelado del control principal se realizaron en un software de diseño asistido por computador para modelado mecánico que corre bajo el sistema operativo Microsoft Windows y es desarrollado en la actualidad por SolidWorks Corp.

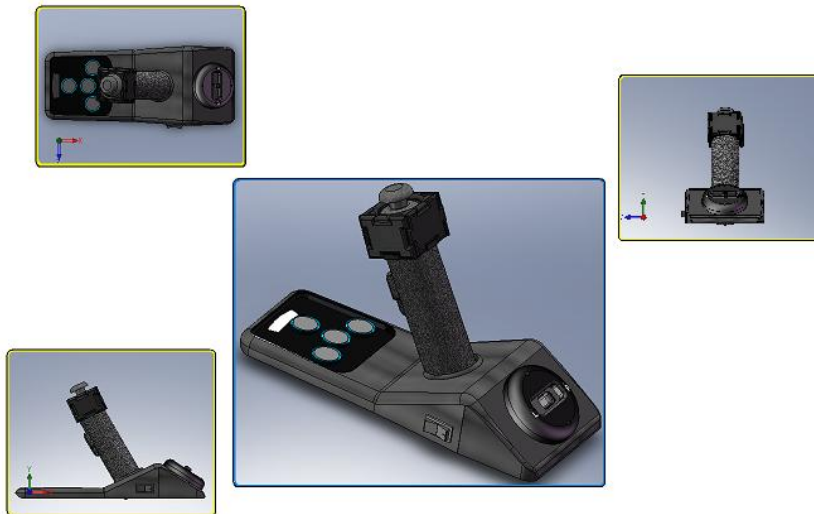


Figura 2.57 *Ensamblaje completo del modulo de control principal en Solidwork*

Este es un modelador de sólidos paramétrico, que usa el kernel de modelado geométrico Parasolid (Núcleo que pertenece a Siemens PLM Software, desarrollador de Solid Edge y de NX).

El programa permite modelar piezas y conjuntos y extraer de ellos tanto planos como otro tipo de información necesaria para la producción. Es un programa que funciona con base en las nuevas técnicas de modelado con sistemas CAD.

Una vez obtenida toda la geometría de superficie y alámbrica necesaria para describir detalladamente las aristas y las caras del modelo, se utilizó el segundo programa de diseño MasterCam el es un sistema integrado de Software CAD/CAM debido a su poder y versatilidad los cuales nos ayudaron a solucionar tanto la parte de diseño geométrico como la parte de fabricación de los productos. Los planos de los diseños modelados se encuentran en el anexo K.

2.5.1. Estructura del Panel de control principal

Para cumplir con los requerimientos del nuevo diseño se modifico la estructura base, dotándola de un interruptor de encendido general, un selector de dos estados con posición central ideal para que el usuario escoja el modo de funcionamiento, un indicador de batería más amplio de fácil visualización y un botón adicional que cumple con la función de activación de luces como se muestra en la figura 2.58.

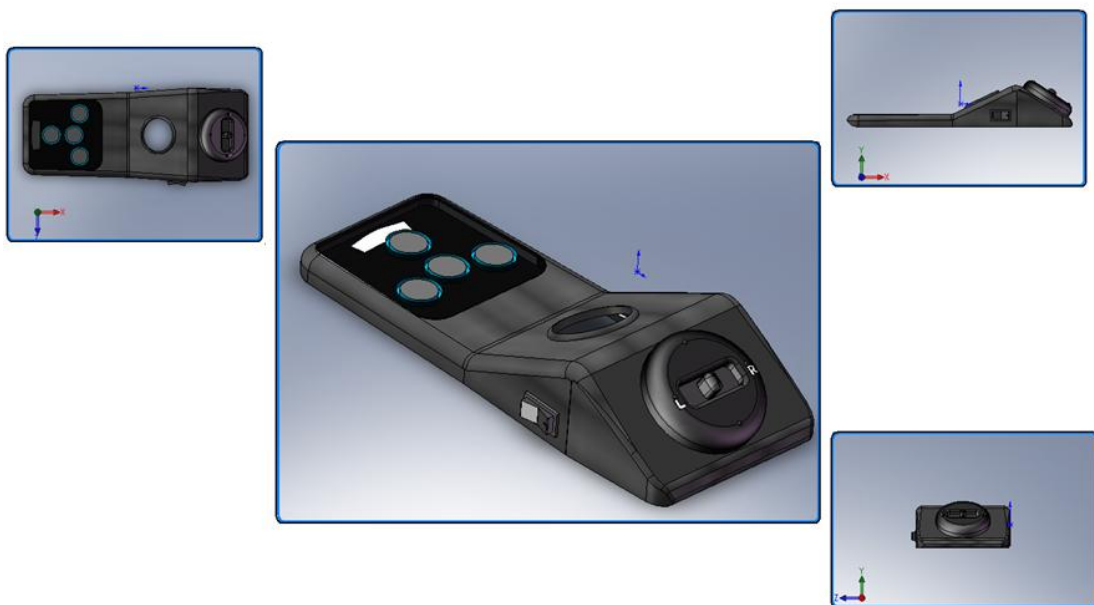


Figura 2.58 Modelado del panel de control principal

2.5.2. Estructura de la Palanca de mando

Considerando niveles de seguridad para el usuario y facilidad de uso del joystick de dos ejes se diseño una palanca de mando que integre estas dos opciones como se muestra en la figura 2.59.



Figura 2.59 *Modelado de la palanca de mando*

El botón de hombre muerto en la palanca de mando (joystick). Es un botón tipo gatillo ubicado en el joystick. Al presionarlo mientras se mueve el joystick, la silla realiza el movimiento deseado.

A pesar de su nombre (que viene del inglés Dead Switch Man), significa precisamente lo contrario; es decir, que el usuario está vivo. Al no presionarlo la silla de ruedas se encontrará inmovilizada factor clave que ayuda a evitar accidentes.

2.5.3. Estructura del Monitor

Con el fin de brindar una mejor asistencia al usuario, se construyó un módulo de visualización como se muestra en la figura 2.60, compuesto de acrílico reciclado como material primario, en su parte frontal se encuentra una amplia pantalla conformada por un GLCD que desplegará diferentes imágenes de sencilla comprensión, alarmas visuales y sonoras en caso de fallas, dándole la facultad de ejecutar las acciones respectivas que facilitan el uso de la silla,

además dispone de tres botones que le vinculan a un asistente de ayuda, con recomendaciones necesarias para el uso del sistema, la estructura brinda la posibilidad de ser ligera, hermética y de fácil manipulación por su pivót posterior que le brindará una correcta ubicación al momento de su uso.

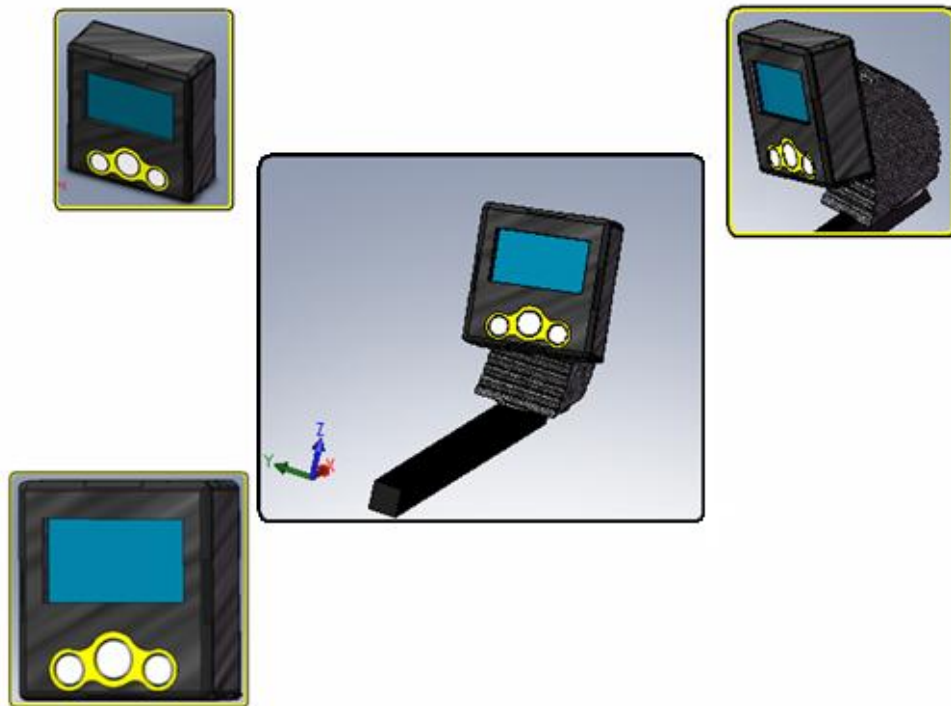


Figura 2.60 *Modelado del monitor*

2.5.4. Estructura del Modulo de potencia

En esta estructura se encuentra la tarjeta de control de los motores Sabertooth 2X50, la tarjeta que incluye el control de luces, frenos y direccionales y el circuito de acoplamiento del cargador de batería, brindando la posibilidad por medio de conectores la integración con el módulo de control principal, motores y alimentación, la estructura de este módulo se indica en la figura 2.61.

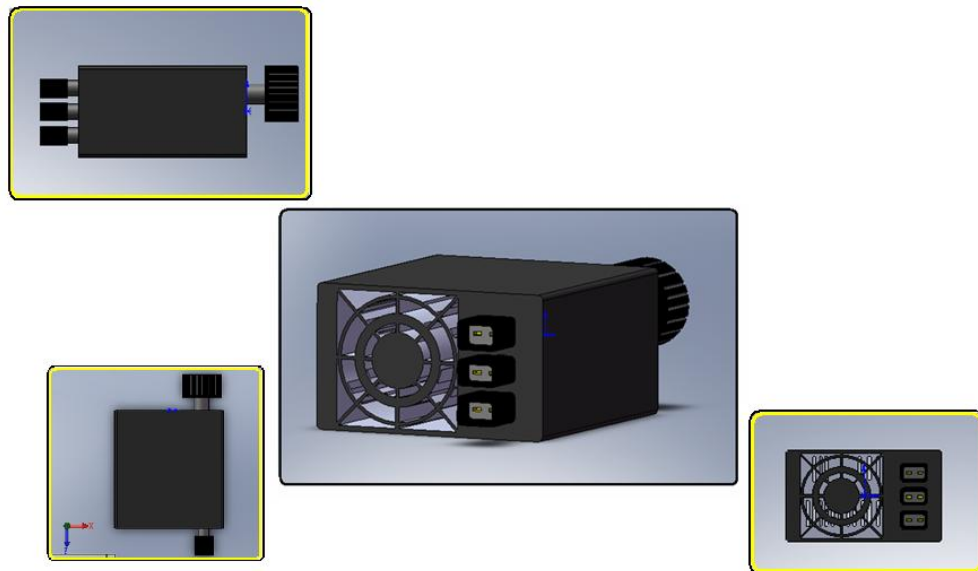


Figura 2.61 *Modelado del módulo de potencia*

2.6. DISEÑO DE SOFTWARE DE CONTROL

Para la programación de los microcontroladores utilizados en este sistema se utilizó el lenguaje BASIC, mediante la utilización del software MikroBasic PRO 2010 por su versatilidad y sencillez. Este entorno de desarrollo cuenta con una amplia variedad de características tales como: fácil de aprender la sintaxis de BASIC, IDE (Entorno de Programación Avanzada) fácil de usar, muy compacta y eficiente código, muchas librerías de software, documentación completa. Además con la ayuda del programa de simulación Proteus, se comprobó el correcto funcionamiento de los programas desarrollados en el software MikroBasic

Este software incluye un conjunto de librerías y ejemplos destinados a facilitar el desarrollo de aplicaciones. La tabla 2.4 muestra algunas de las librerías utilizadas para la programación de los diferentes microcontroladores.

Tabla 2.4 *Librerías de MikroBasic utilizadas en los microcontroladores*

Instrucción	Función
Adc_Read(channel)	Activa la conversión análoga-digital del canal seleccionado
Usart_Read	Recibe serialmente los datos por el puerto RX
Usart_Write()	Transmite serialmente los datos por el puerto TX
PWM_Change_Duty(duty_radio)	Envía pulsos a través del Puerto CCP según el duty_radio que varía de 0 a 255

2.6.1. Programa del Microcontrolador Central PIC 16F877A

Como se ha mencionado este microcontrolador será el encargado de dar las señales de control para los motores de acuerdo a la posición del joystick y de recibir las señales de RF del control remoto, para lo cual se debe seleccionar el modo de control que se va a tener en la silla de ruedas ya sea control local o control remoto.

En la figura 2.62 se indica el diagrama de bloques simplificado del programa cargado en este microcontrolador, en donde luego de la configuración de puertos y seleccionado el modo de control correrá la rutina de programa correspondiente.

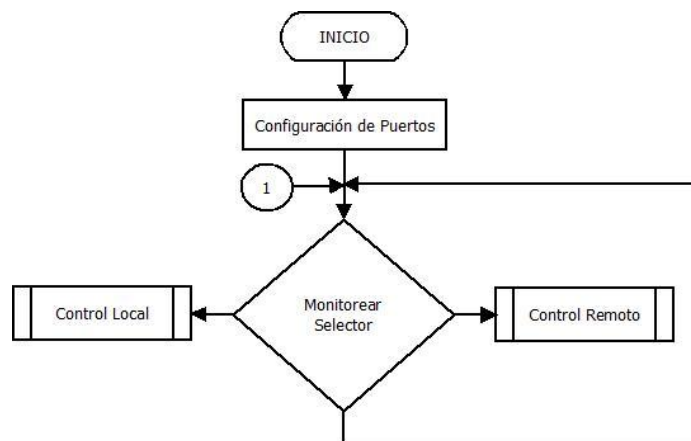


Figura 2.62 Diagrama de bloques simplificado del microcontrolador PIC 16F877A

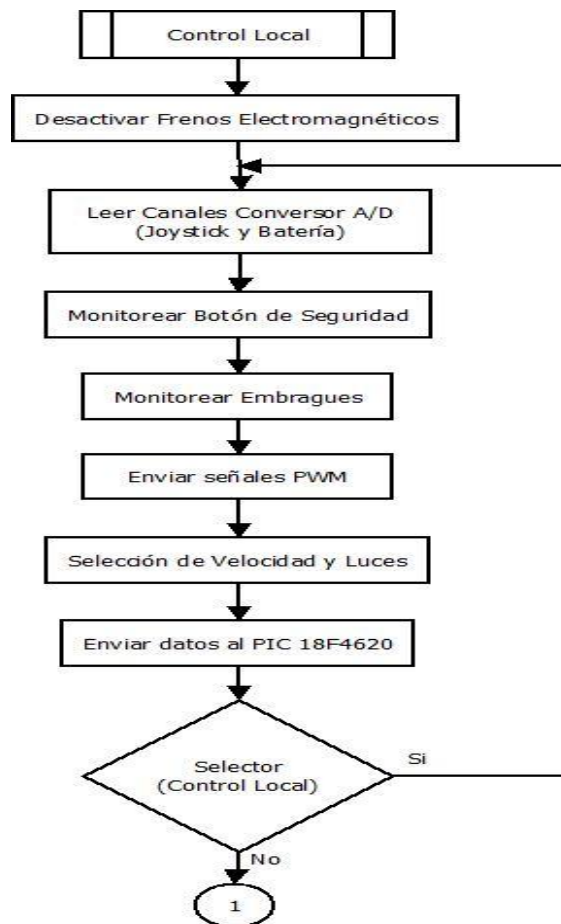


Figura 2.63 Diagrama de bloques simplificado de la rutina de control local

El diagrama de bloques de la rutina de control local se observa en la figura 2.63, mientras que el diagrama de bloques de la rutina de control remoto se indica en la figura 2.64. El código completo para este microcontrolador se encuentra editado en MikroBasic y se presenta en el Anexo L.

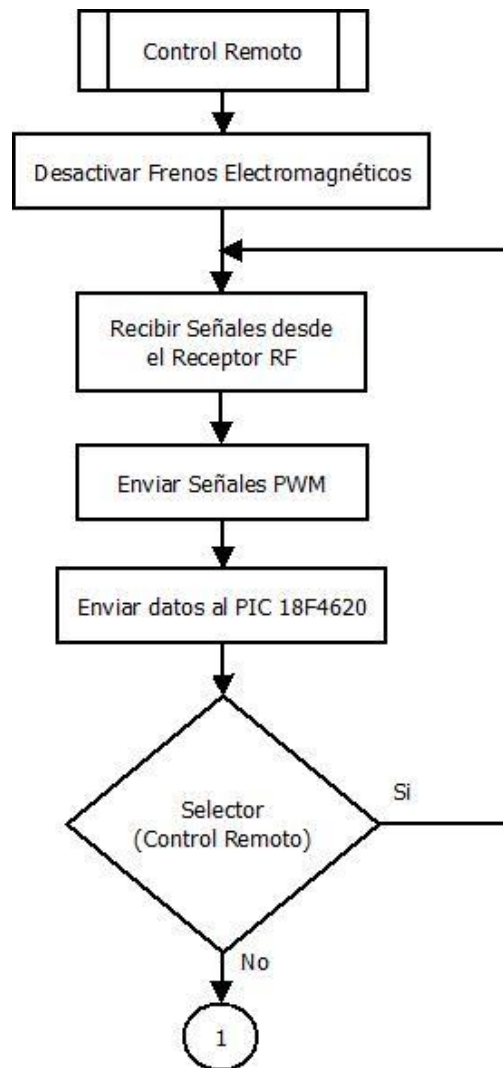


Figura 2.64 Diagrama de bloques simplificado de la rutina de control remoto

2.6.2. Programa del Microcontrolador PIC 18F4620

En la figura 2.65 se muestra el diagrama de bloques simplificado cargado en este microcontrolador, el cual se encargará de controlar el GLCD presentando el estado de la silla de ruedas y un manual de usuario. La programación para este PIC se encuentra editado en MikroBasic ya que este programa dispone de librerías para el manejo del GLCD. El código completo se presenta en el anexo L.

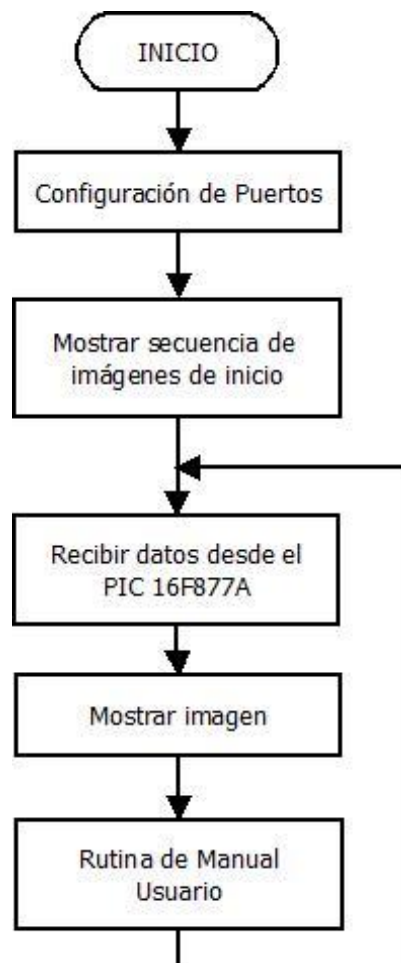


Figura 2.65 Diagrama de bloques simplificado del microcontrolador PIC 18F4620

2.6.3. Programa del Microcontrolador PIC 16F628A

La programación de este microcontrolador se realizó igualmente en MikroBasic, el diagrama de bloques simplificado de este microcontrolador se observa en la figura 2.66. Este PIC se encargará de sensor las señales provenientes del switch de 5 posiciones y de enviar las señales al transmisor de RF para que sean transmitidas al microcontrolador central 16F877A. El código de programación completo se encuentra en el anexo L.

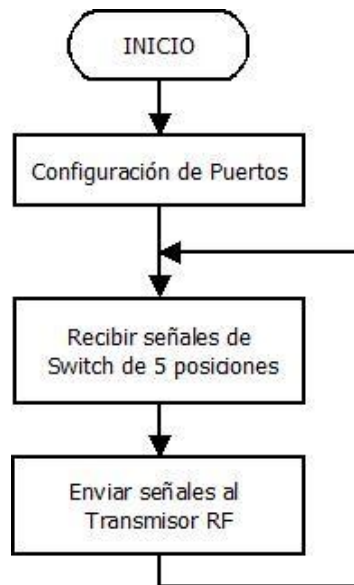


Figura 2.66 Diagrama de bloques simplificado del microcontrolador PIC 16F628A

2.7. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

Con los diferentes circuitos antes analizados, se procederá a realizar el diseño de los circuitos impresos utilizando el software ARES a excepción del circuito del control remoto que será realizado solo en protoboard como dispositivo de prueba.

2.7.1. Diseños de Circuitos Impresos

a. Módulo de Control Principal

Para este módulo se realizó el circuito impreso con la forma adecuada para que ingrese en la estructura, este diseño se lo realizó en dos capas. La figura 2.67 indica el diseño del circuito impreso de este módulo realizado en ARES.

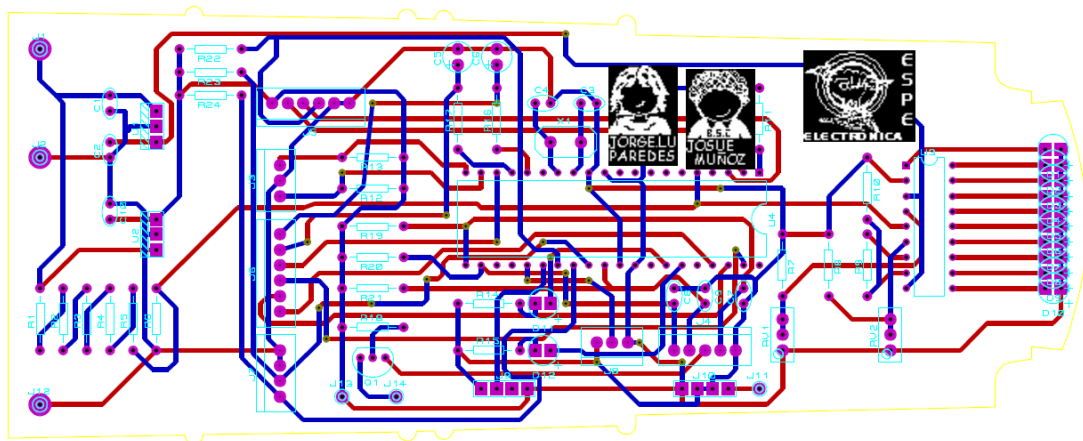


Figura 2.67 *Diseño del circuito impreso del módulo de control principal*

En la Figura 2.68 se indica una vista 3D, generada por ARES del circuito impreso del módulo de control principal y en la figura 2.69 se presenta las fotografías del circuito impreso para este módulo.

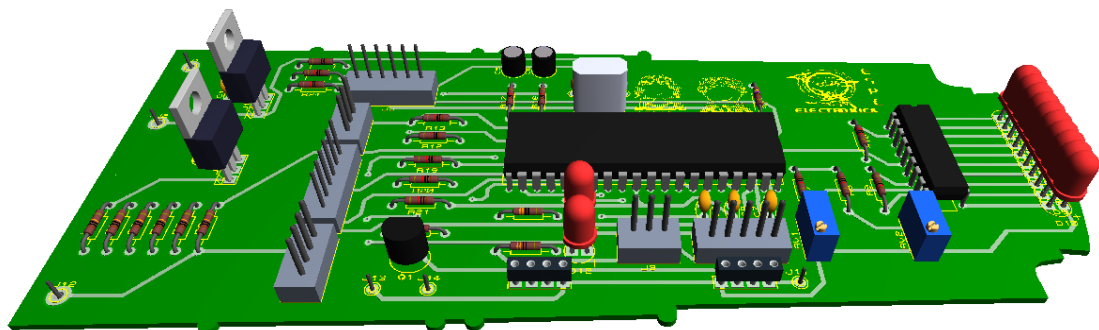


Figura 2.68 *Vista 3D del circuito del módulo de control principal*

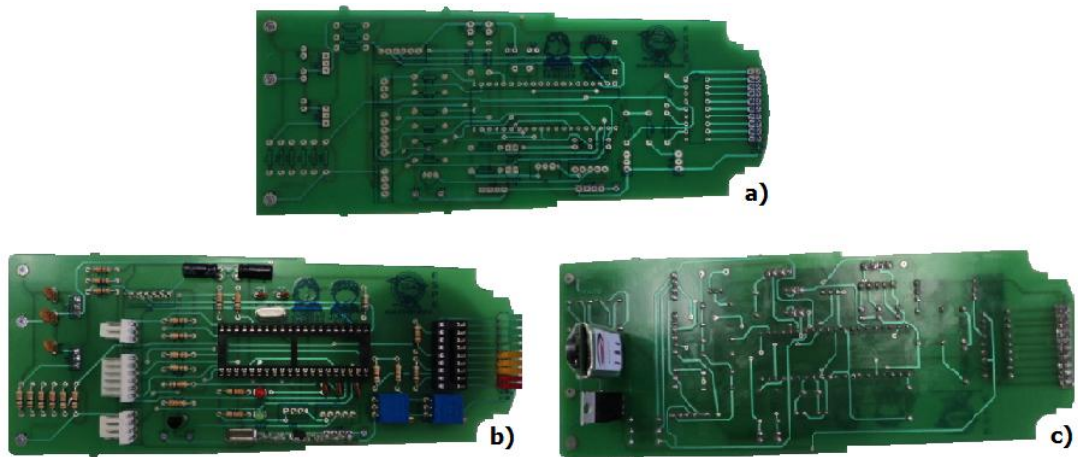


Figura 2.69 Circuito del módulo de control principal a) Sin componentes; b) Cara anterior y c) Cara posterior

b. Módulo de Visualización

Este circuito impreso tiene que ingresar en la estructura del módulo de visualización y tiene una forma rectangular, este diseño se realizó en dos capas. La figura 2.70 indica el diseño del circuito impreso de este módulo realizado en ARES.

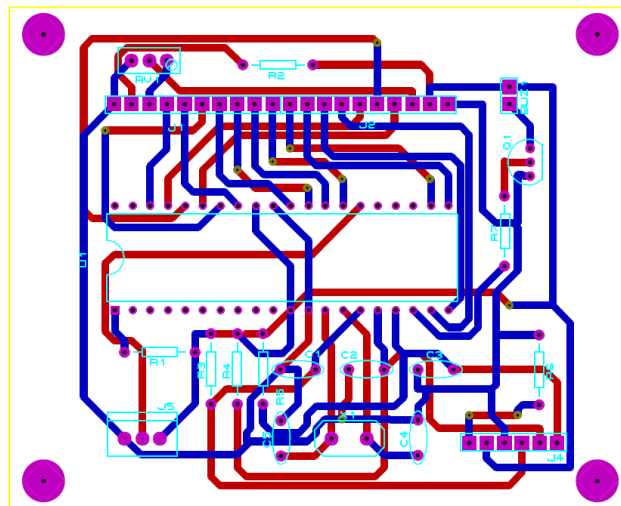


Figura 2.70 Diseño del circuito impreso del módulo de visualización

En la Figura 2.71 se indica una vista 3D, generada por ARES del circuito impreso del módulo de visualización mientras que en la figura 2.72 se presentan fotografías del circuito de este módulo.

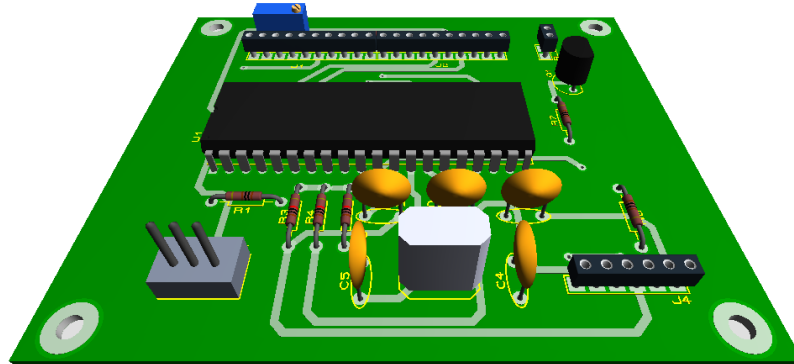


Figura 2.71 Vista 3D del circuito del módulo de visualización

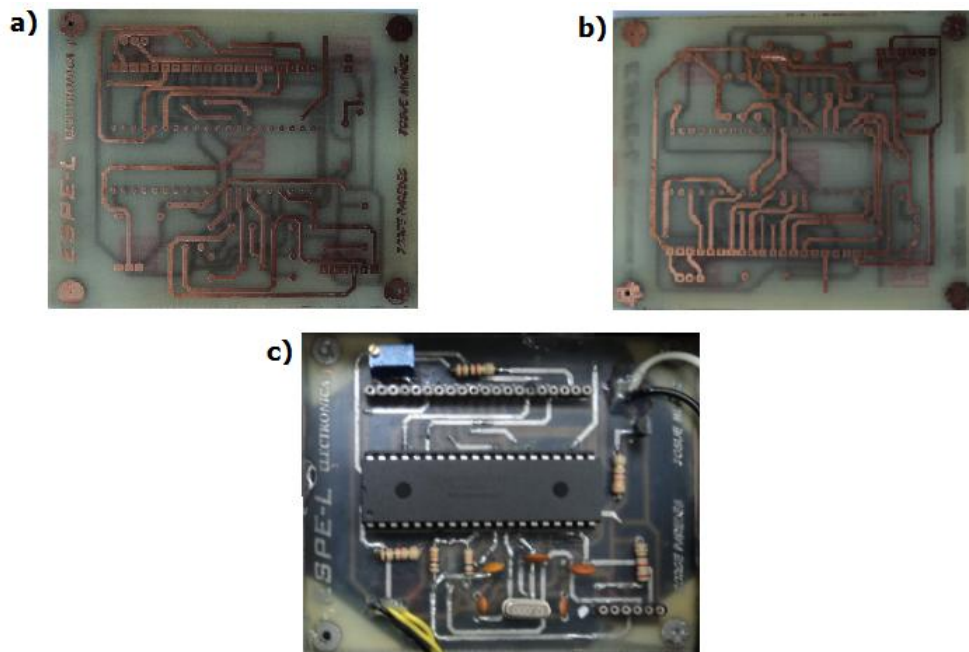


Figura 2.72 Circuito del módulo de visualización a) Cara anterior, b) Cara posterior y c) Con componentes

c. Etapa de Potencia

Para esta etapa se realizó el circuito impreso de forma rectangular, este diseño se lo realizó en una capa, cabe indicar que la tarjeta Sabertooth será ubicada en esta etapa de potencia. La figura 2.73 indica el diseño del circuito impreso realizado en ARES.

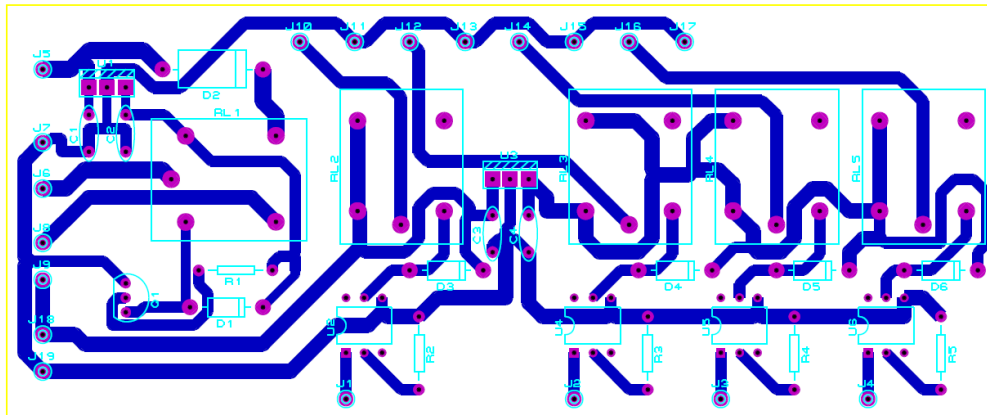


Figura 2.73 *Diseño del circuito impreso de la etapa de potencia*

En la Figura 2.74 se indica una vista 3D, generada por ARES de este circuito

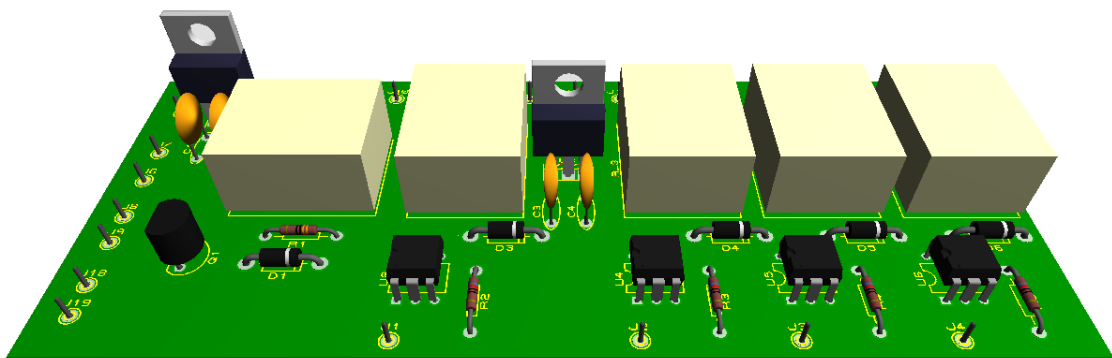


Figura 2.74 *Vista 3D del circuito de la etapa de potencia*

En la figura 2.75 se presentan fotografías del circuito para este módulo, en donde ya se puede observar el relé de potencia que se utilizó para la parte de acoplamiento de cargador de batería.



Figura 2.75 Circuito de la etapa de potencia a) Sin componentes b) Con componentes

2.7.2. Ensamblaje de Módulos

Con los circuitos impresos y los componentes ya instalados en las placas, se procedió al ensamblado de todos los módulos. El circuito realizado correspondiente al control remoto diseñado en protoboard se indica en la figura 2.76.

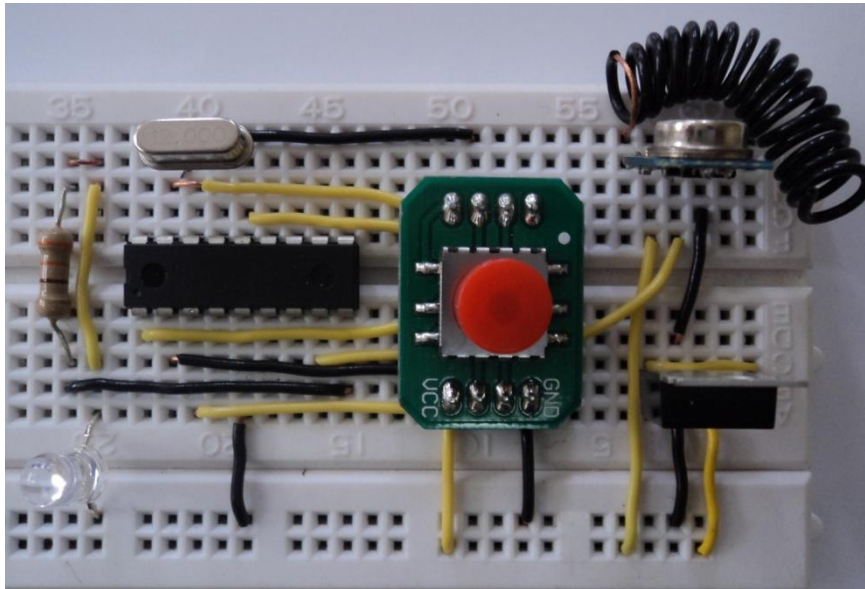


Figura 2.76 *Dispositivo de prueba de control remoto*

La placa de potencia se instaló en conjunto con la tarjeta de control de motores Sabertooth 2x50 HV como se indica en la figura 2.77.

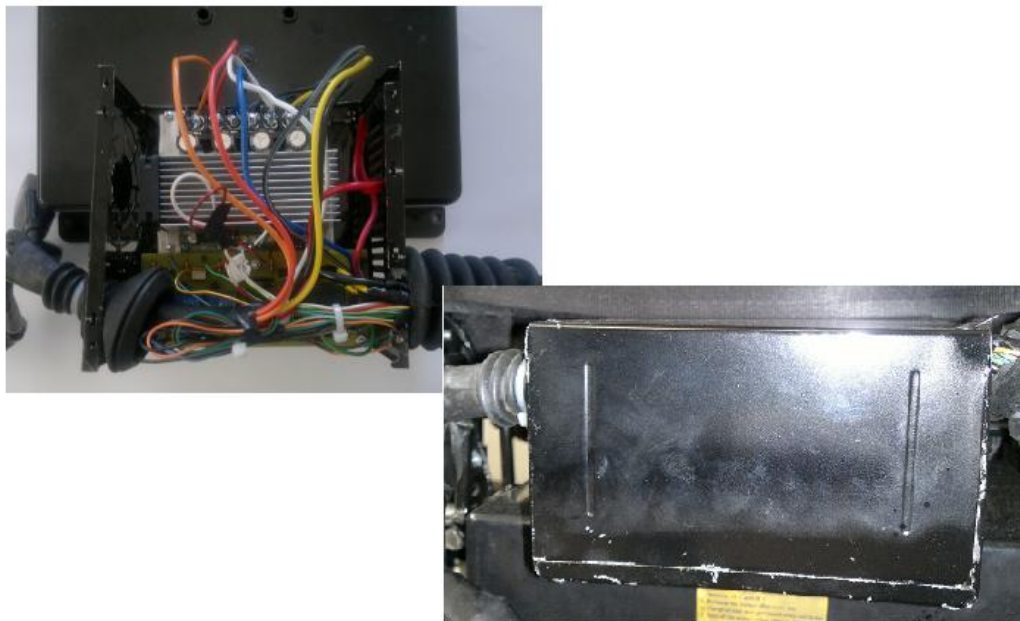


Figura 2.77 *Etapas de potencia*

El módulo de visualización está integrado por el GLCD y su respectivo circuito impreso, en la figura 2.78 se observa este módulo.

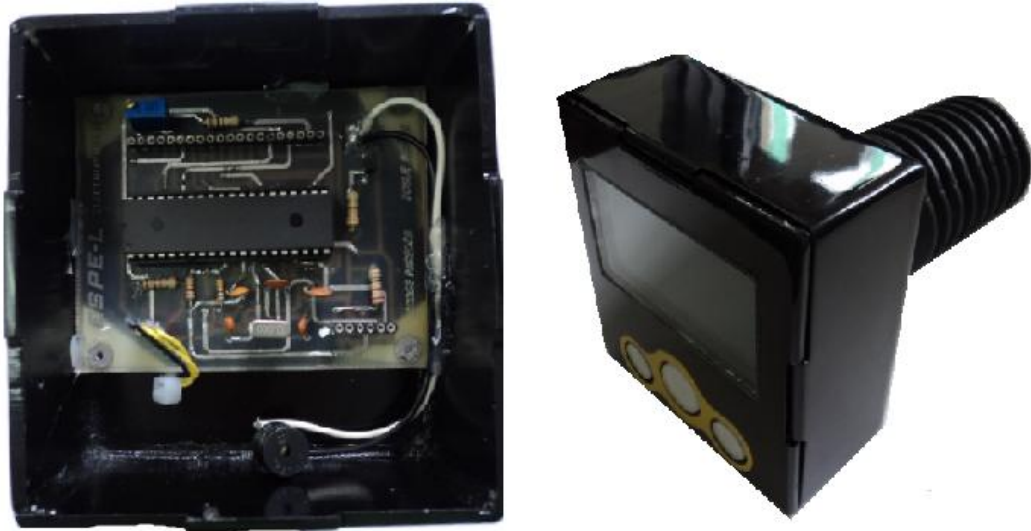


Figura 2.78 *Módulo de visualización*

En la figura 2.79 se muestra el circuito del módulo de control instalado en la estructura. Todos estos componentes se instalarán en la silla de ruedas y mediante conectores se acoplarán a los motores y a la batería.

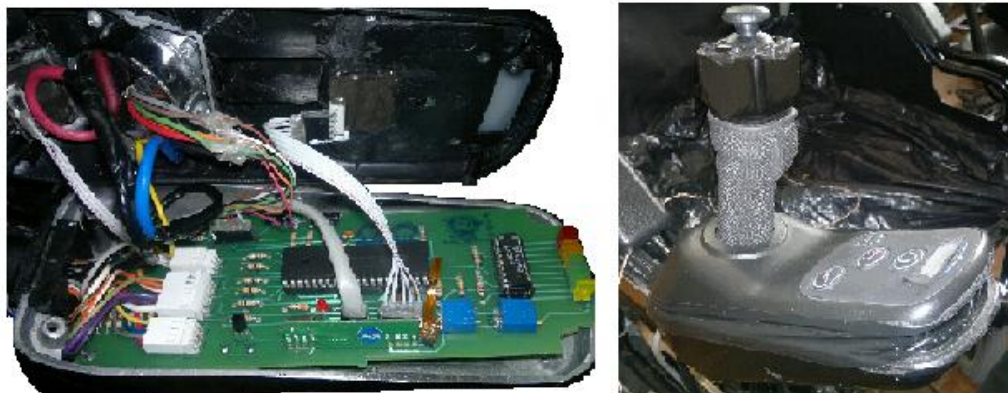


Figura 2.79 *Módulo de control principal*

La silla de ruedas con el nuevo sistema de control se indica en la figura 2.84.



Figura 2.80 *Silla de ruedas eléctrica con nuevo sistema*

CAPÍTULO III

PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

Las pruebas realizadas al nuevo sistema son de vital importancia en el ciclo de desarrollo tanto del hardware como del software, consistiendo en la revisión final de los requerimientos, análisis y diseño para finalmente realizar la implementación.

El objetivo de poner a prueba tanto la etapa de control como la de potencia es observar el comportamiento que tendrá la silla eléctrica en su uso diario encontrando fallas o errores para luego hacer una depuración del sistema y así asegurar que el proyecto ha sido desarrollado de acuerdo a los requerimientos y que todos los errores han sido detectados.

Durante las pruebas sometidas a los motores, al modulo de control principal, visualización, control remoto y potencia, se armó cada uno con su respectivo circuito en el protoboard como se indica en la figura 3.1, los cuáles ayudan a comprobar el funcionamiento de las tarjetas sometidas a diferentes situaciones.

Una vez que todos los módulos han sido integrados se procede a encender el sistema por medio de un interruptor ubicado en el control principal, energizando a todos los módulos, para que el usuario elija el modo de funcionamiento de la silla eléctrica.

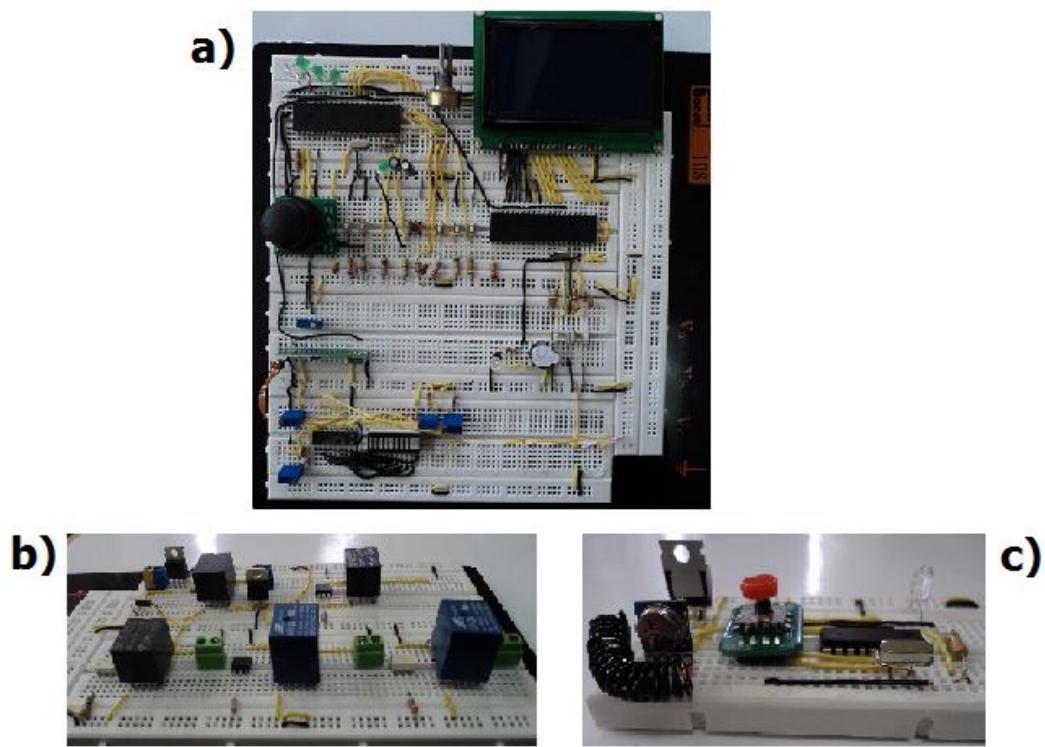


Figura 3.1 Circuitos de prueba en protoboard a) Control principal y visualización b) Potencia y c) Control remoto

3.2. PRUEBAS DE LOS MÓDULOS DEL SISTEMA

Para llevar a cabo las pruebas del sistema se ha definido el formato que se indica en la tabla 3.1.

Como se explicó en el segundo capítulo de este proyecto de titulación, el sistema se lo dividió en dos etapas, cada una con sus respectivos módulos, por ende se realizó las pruebas necesarias en cada uno de estos.

Tabla 3.1. Formato de pruebas

Prueba: <Nombre de la prueba>				
No.	Acción	Resultado	Intentos	Éxito
1	<Acción 1>	<Resultado obtenido 1>	#	S/N
2	<Acción 2>			S/N
...	...			S/N
N	<Acción n>			S/N
Conclusión:				
Observación				

3.2.1. Prueba de Funcionamiento del Módulo del Control Principal

a. Control de movimientos de la palanca de mando

Tabla 3.2 Prueba de control de movimientos

Prueba: Control de movimientos				
No.	Acción	Resultado	Intentos	Éxito
1	Se mueve el joystick ya sea de forma lineal como diagonal presionando el botón de seguridad, provocando que	Dependiendo del movimiento del joystick, el PIC procesa esta señal y genera una señal de control para los motores ejecutando así el movimiento deseado por el usuario	1	Si

	este genere una señal con respecto al movimiento.	para el desplazamiento de la silla		
2	Se realiza varios movimientos del joystick sin presionar el botón de seguridad.	El PIC a través del software implementado lee la señal, y entiende que no está presionado el botón de seguridad, por lo que no ejecuta ningún movimiento y produce un código de falla para la lectura del GLCD.	1	Si
Conclusión:	El sistema de control de movimientos funciona correctamente			
Observación	Para que el sistema funcione correctamente se debe presionar el botón de seguridad seguido del movimiento del joystick, esto se indica en el módulo de visualización.			

b. Botones y selector

Tabla 3.3. Prueba de botones y selector

Prueba: Funciones de botones y selector				
No.	Acción	Resultado	Intentos	Éxito
1	Girar el selector para el modo local (L), modo remoto (R).	El PIC identifica la señal en el selector y establece el modo.	1	Si

2	Presionar el botón de luces.	Se activan las luces y direccionales inteligentes.	1	Si
3	Presionar el botón de velocidad máx.	El programa incrementa la velocidad cada vez que se presione.	1	Si
4	Presionar el botón velocidad min.	El programa reduce la velocidad cada vez que se presione.	1	Si
5	Presionar el botón del claxon (pito).	Se produce un sonido.	1	Si
Conclusión:	El funcionamiento de los botones y selector es correcto.			
Observación	Para que el sistema funcione correctamente se debe presionar un botón a la vez.			

3.2.2. Prueba del funcionamiento del módulo de visualización

a. Sistema de detección de fallas

Tabla 3.4. Prueba de sistema de detección de fallas

Prueba: Advertencias de seguridad				
No.	Acción	Resultado	Intentos	Éxito
1	Movimiento del joystick sin presionar el botón de seguridad	El PIC lee el código de falla, reproduce un sonido y muestra una animación.	1	Si

2	Embrague izquierdo desacoplado	El PIC lee el código de falla, reproduce un sonido y muestra una animación.	1	Si
3	Embrague derecho desacoplado	El PIC lee el código de falla, reproduce un sonido y muestra una animación.	1	Si
4	Ambos embragues desacoplados	El PIC lee el código de falla, reproduce un sonido y muestra una animación.	1	Si
Conclusión:	El sistema de visualización de fallas funciona correctamente			
Observación	Para que el sistema funcione correctamente se debe conectar al módulo de control principal.			

b. Sistema de lectura de códigos

Tabla 3.5 Prueba de sistema de lectura de códigos

Prueba: Lectura de códigos				
No.	Acción	Resultado	Intentos	Éxito
1	Elección de los diferentes modos local, remoto y manual	El PIC recibe el código de los diferentes modos y muestra la imagen respectiva en el GLCD.	1	Si
2	El control principal	El PIC lee el código	1	Si

	lee el estado de la batería.	del estado de la batería y despliega la imagen adecuada.		
3	Activación de luces y direccionales inteligentes.	El PIC recibe el código y muestra la imagen en la interfaz del usuario.	1	Si
4	Cambio de velocidad de mínima a máxima y viceversa.	El PIC lee el código lo procesa y genera la imagen de acuerdo a la velocidad establecida.	1	Si
Conclusión:	El sistema de lectura de códigos funciona correctamente			
Observación	Para que el sistema funcione correctamente se debe conectar al módulo de control principal.			

c. Control de ingreso al manual de asistencia

Tabla 3.6 Prueba del control de ingreso al manual de asistencia

Prueba: Ingreso al manual de asistencia				
No.	Acción	Resultado	Intentos	Éxito
1	Presionar el botón medio del módulo de visualización.	El PIC 18F4620 recibe la señal la procesa y permite el ingreso o salida del asistente de ayuda.	1	Si
2	Presionar el botón izquierdo del	Permite ir a la página anterior.	1	Si

	módulo de visualización.			
3	Presionar el botón derecho del módulo de visualización.	Permite avanzar a la siguiente página.	1	Si
Conclusión:	El sistema de ingreso al asistente de ayuda funciona correctamente			
Observación	Para que el sistema funcione correctamente se debe conectar al módulo de control principal.			

3.2.3. Prueba de recepción de señales RF

a. Control de la silla eléctrica a través del mando remoto

Tabla 3.7 Prueba del control de la silla a través del mando remoto

Prueba: Control de la silla a través del mando remoto				
No.	Acción	Resultado	Intentos	Éxito
1	Presión del Switch 1 (Adelante)	El receptor toma la señal, el PIC procesa y realiza el movimiento hacia adelante.	1	Si
2	Presión del Switch 2 (Atrás)	El PIC procesa la señal y realiza el movimiento hacia atrás.	1	Si
3	Presión del Switch	El movimiento se	1	Si

	3 (Derecha).	realiza hacia la derecha.		
4	Presión del Switch 4 (Izquierda).	El movimiento se realiza hacia la izquierda.	1	Si
Conclusión:	El sistema de recepción de señales RF funciona correctamente y se tiene un alcance de 5m como se muestra en la figura 3.2			
Observación	Para que el sistema funcione correctamente se debe estar en el área de cobertura.			

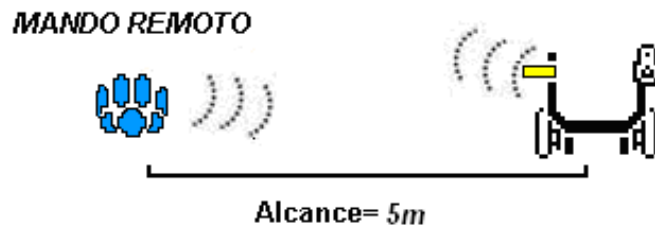


Figura 3.2 Cobertura de recepción de señales RF para un mando remoto

3.2.4. Prueba del funcionamiento del módulo de potencia

El módulo de potencia controla tanto a los motores como las acciones de activación de luces, direccionales y acoplamiento del cargador. En cuanto se inserta el conector de 3 puntos del cargador de la batería en el conector hembra como se muestra en la figura 3.3, se bloquea automáticamente el sistema de control de la silla.

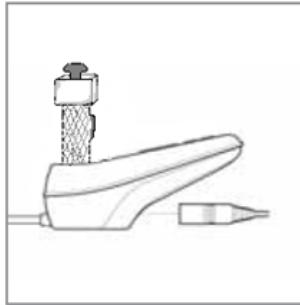


Figura 3.3 Toma de carga del panel de control

3.2.5. Sistema de actuadores

Tabla 3.8 Prueba de activación de relés

Prueba: Activación de relés					
No.	Acción	Resultado	Intentos	Éxito	
1	Conectar el cargador de la batería.	El relé de potencia acopla el cargador con la batería	1	Si	
2	Presionar el interruptor principal de la silla de ruedas.	Se energizan todos los módulos y se desactivan los frenos electromagnéticos.	1	Si	
3	Presionar el botón de luces.	El PIC envía la señal para la activación del relé de luces y direccionales.	1	Si	
4	Movimientos del joystick.	EL ESC recibe las señales de control de motores S1 y S2 enviadas por el PIC y	1	Si	

		ejecuta la acción debida en los motores.		
Conclusión:	La activación de relés y ESC es correcta.			
Observación	Para que el sistema funcione se deben seguir el manual de usuario.			

3.2.6. Pruebas de motores

El sistema utiliza dos motores de excitación independiente de 24V y 200W, los cuales mostraron problemas en la parte mecánica, dando como resultado velocidades de rotación distintas. Al tener velocidades distintas, la silla de ruedas no se movía en línea recta y se desviaba de su trayectoria, un problema que se hacía muy notorio a grandes distancias recorridas.

Para corregir este problema se ajustó uno de los módulos PWM en el software del sistema de control para equilibrar la velocidad. Con este nuevo ajuste se determinó que al recorrer la silla de ruedas 10m se desvió 0.52m de su trayectoria lineal como se muestra en la figura 3.4, dándonos un ángulo de desviación de 3° .

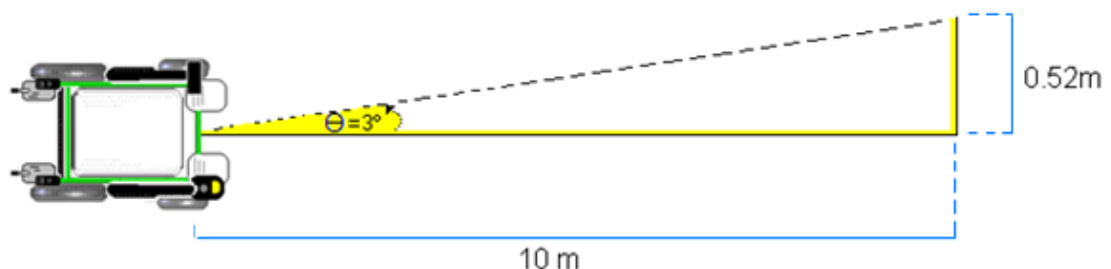


Figura 3.4 Desviación de la silla de ruedas eléctrica

3.2.7. Grados de inclinación máxima recomendada

Se han realizado extensas pruebas de inclinación con la Silla de Ruedas Eléctrica modelo XFG 103 FL. Los resultados demuestran que el grado máximo de inclinación que puede ascender la Silla de Ruedas Eléctrica de manera segura es de 12 grados como se muestra en la figura 3.5, determinada en el manual de usuario, lo que da como resultado la correcta funcionalidad del nuevo sistema. Además la mayoría de las rampas para discapacitados tienen una inclinación de 5 grados. Intentar ascender una rampa con mayor inclinación puede provocar inestabilidad en la Silla de Ruedas Eléctrica.

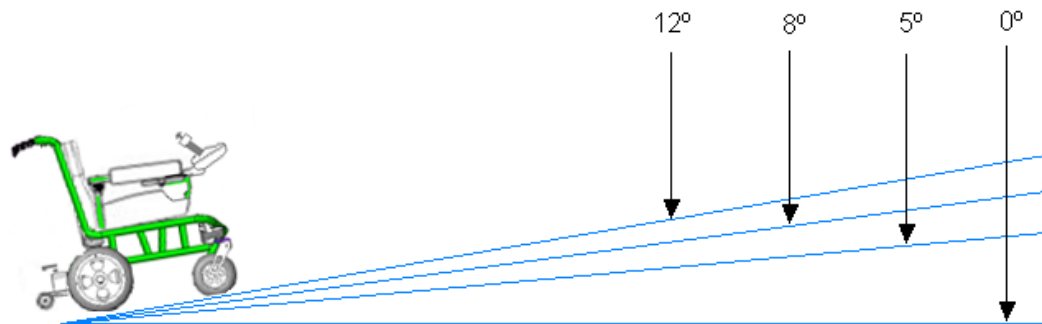


Figura 3.5 Grados de inclinación superadas por el nuevo sistema de control

3.3. RESULTADOS

El montaje y las pruebas finales se realizaron de manera progresiva, es decir que se fueron armando por etapas hasta llegar al sistema final. Como resultado se tiene que el nuevo sistema control diseñado para la silla de ruedas eléctrica de modelo XFG 103 FL cumple con las especificaciones técnicas de las sillas de ruedas en el mercado. El manual de uso de la silla de ruedas eléctrica se indica en el anexo M.

3.4. ANÁLISIS TÉCNICO

3.4.1. Especificaciones técnicas del nuevo sistema

Tabla 3.9 Especificaciones técnicas del nuevo sistema

Modelo No. XFG-103FL (Diseño de peso ligero)	
Dimensiones	1030 x 640 x 930 mm
Peso neto (con baterías)	56kg/123.46 lbs
Peso neto (sin baterías)	36Kg/79.37lbs
Rueda delantera	200mm x 50mm/8 x 2"
Rueda trasera	320mm/1.25"
Capacidad de Peso	120kg/264.5lbs
Ajuste de la velocidad de avance	0-7 Km/h (ajustable)
Rango	Hasta 25Km/12 millas por carga de batería
Potencia del motor	24V/200Wx2
Radio de giro	400mm/15.7"
Batería	12V/24AHx2
Frenos	Frenos electromagnéticos
Anti-vuelco (2 ruedas traseras anti vuelco)	50mm x 25mm
Módulo de Control	a) Semiautomático (Modo local) b) Remoto (Modo remoto)
Módulo de visualización	Monitor y panel de acceso
Modulo de potencia	140mm x 85 mm x 150 mm
Luces	Led's x2
Direccionales	Led's x4
Cargador	AC 100-240V 50/60HZ 2A OUTPUT:24V-3A

3.4.2. Características de conducción

Tabla 3.10 *Tabla de características de conducción*

Radio de giro	Aproximadamente 50cm
Capacidad máxima de subida	12 grados
Altura máxima de obstáculos	40 mm

3.5. ANÁLISIS ECONÓMICO

El objetivo principal es hacer un análisis del costo total del sistema implementado en la silla de ruedas eléctrica y determinar una comparación con equipos similares en el mercado.

Tabla 3.11 *Elementos utilizados en el circuito del módulo de control principal*

TARJETA DEL MÓDULO DE CONTROL PRINCIPAL			
CANTIDAD	DETALLE	VALOR UNITARIO (\$)	VALOR TOTAL (\$)
1	Microcontrolador PIC 16F877A	8	8
1	Joystick 27800	10	10
1	C.I. LM3914N	3.55	3.55
1	Cristal de 12 MHz	0.60	0.60
2	Potenciómetros de precisión 5Kohm y 2Kohm	0.45	0.90
2	Capacitores electrolíticos de 47uf/25V	0.12	0.24
1	Buzzer Activo 5V	0.62	0.62
2	Led's miniatura	0.10	0.20
10	Led's rectangulares	0.06	0.60
1	Transistor 2N3904	0.10	0.10
1	Regulador de 12V	0.42	0.42
1	Fuente Conmutada de Voltaje DE-	19.50	19.50

	SW050		
6	Capacitores cerámicos 0.1uf	0.08	0.64
2	Capacitores cerámicos 22pf	0.08	0.16
24	Resistencias de 1/4W 10Kohm 1.2 K ohm 330 ohm	0.02	0.48
1	Receptor RF	8	8
CIRCUITO IMPRESO (PCB)			
1	Manufactura placa SMELEKTRONIK	54.51	54.51
1	Zócalo de 40 pines	0.22	0.22
1	Zócalo de 18 pines	0.13	0.13
6	Conectores POL 6P H-M POL 3P H-M POL 5P H-M POL 4P H-M	0.80	4.80
TOTAL			113.67

Tabla 3.12 Elementos utilizados en el circuito del módulo de visualización

TARJETA DEL MÓDULO DE VISUALIZACIÓN			
CANTIDAD	DETALLE	VALOR UNITARIO (\$)	VALOR TOTAL
1	Microcontrolador PIC 18F4620	8.79	8.79
1	GLCD 128x64	24	24
1	Cristal de 12 MHz	0.60	0.60
1	Potenciómetros de precisión 10Kohm	0.45	0.45
1	Buzzer Activo 5V	0.62	0.62
1	Transistor 2N3904	0.10	0.10
3	Capacitores cerámicos 0.1uf	0.08	0.24
2	Capacitores cerámicos 22pf	0.08	0.16
7	Resistencias de 1/4W 10Kohm	0.02	0.14

3	Pulsador N.A	0.25	0.75
CIRCUITO IMPRESO (PCB)			
1	Baquelita 9x6.5 fibra blanca 2 lados	3	3
1	Cloruro férrico	0.50	0.50
1	Lamina transferible	0.80	0.80
1	Zócalo de 40 pines	0.22	0.22
1	Cable de 20 hilos 1m	1.34	1.34
4	Regleta espadines maquinado H-M	0.70	2.80
TOTAL			44.51

Tabla 3.13 Elementos utilizados en el circuito del módulo de potencia

TARJETA DEL MÓDULO DE POTENCIA			
CANTIDAD	DETALLE	VALOR UNITARIO (\$)	VALOR TOTAL (\$)
1	Tarjeta ESC Sabertooth 2x50HV	317.66	317.66
4	Relés 12V y 24V	0.80	3.20
1	Relé de doble acción 24V	6	6
1	Porta relé	1.50	1.50
5	Diodos 1N4007	0.10	0.50
1	Diodo de potencia 1N5406	0.20	0.20
1	Transistor 2N3904	0.10	0.10
2	Reguladores de voltaje 7812	0.40	0.80
4	Capacitores cerámicos 0.1uf	0.08	0.32
5	Resistencias de 1/2W 330 ohm	0.02	0.10
4	Octoacoplador 4N25	1	4
2	Finales de carrera	0.80	1.60
1	Interruptor 3ª	1	1
CIRCUITO IMPRESO (PCB)			
1	Baquelita 3x6.5 fibra blanca 1 lados	1.50	1.50
1	Cloruro férrico	0.50	0.50

1	Lamina transferible	0.80	0.80
TOTAL			339.78

Tabla 3.14 Costo de la construcción del sistema físico

CONSTRUCCIÓN DE MÓDULOS	
DETALLE	VALOR TOTAL (\$)
Palanca de mando: Diseño, Mango de caucho, Acrílico, Pintura, etc.	20
Armazón (módulo de visualización) Diseño, Acrílico, Fresado, Pintura, etc.	40
Soporte izquierdo con barra de regulación	15
Armazón (módulo de potencia)	20
Selector de dos posiciones	15
TOTAL	110

Tabla 3.15 Accesorios varios

OTROS GASTOS	
DETALLE	VALOR TOTAL (\$)
Led's de alto brillo (uso automotriz)	5
Luces y direccionales	18
Materiales diversos: tornillos, cables ,aislantes etc.	30
TOTAL	53

En la tabla 3.16 se da a conocer el costo total del sistema de control implementado.

Tabla 3.16 *Gasto total del Sistema Implementado*

GASTO TOTAL	
DETALLE	VALOR TOTAL (\$)
Tarjeta del módulo de control principal	113.67
Tarjeta del módulo de visualización	44.51
Tarjeta del módulo de potencia	339.78
Construcción de módulos	110
Otros gastos	53
TOTAL	660.96

El costo total del sistema es 660.96 dólares americanos que puede variar dependiendo de la disponibilidad de los elementos que constituyen el sistema, cabe recalcar que en este proyecto no se gastó lo correspondiente a la estructura física de la silla y los motores, ya que fue donada por la Vicepresidencia de la República del Ecuador a la Escuela Politécnica del Ejército Sede Latacunga para efectos de investigación académica.

La estructura de la silla y los motores tienen un precio aproximado de 1000 dólares americanos, y con un costo de ingeniería de 1000 dólares americanos se tiene un total de 2660.96 dólares (Tabla 3.17) que es un precio más accesible para una persona con discapacidad.

Tabla 3.17 *Costo total del sistema*

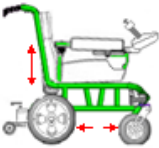




COSTO TOTAL	
DETALLE	VALOR TOTAL (\$)
Silla de ruedas	1000
Nuevo Sistema Físico, Eléctrico y Electrónico	660.96
Costos de ingeniería	1000
TOTAL	2660.96

3.6. COMPARATIVA DEL SISTEMA IMPLEMENTADO CON SISTEMAS EN EL MERCADO

Se han analizado datos comerciales de distintos modelos similares al sistema implementado como: Express 2000, IZZYGOP1. En la tabla 3.18 se indica una comparación del sistema anterior de esta silla de ruedas, el sistema actual implementado y una silla de ruedas similar que se encuentra en el mercado internacional.

El valor de estas sillas de ruedas oscila entre 3500 y 4500 dólares americanos excluyendo el impuesto por la importación, que en comparación al costo del nuevo sistema desarrollado es mucho mayor.

Tabla 3.18 Comparación del nuevo sistema con sistemas similares en el mercado

	Dimensiones	Capacidad de peso	Potencia del motor	Autonomía	Nuevas Tecnologías
Comparativa					
Nuevo Sistema	1030 x 700 x 930 mm	120kg/ 264.5lbs	24V/200W	12V/24AH x2	<ul style="list-style-type: none"> - Control modular - Alerta sonora y visual - Botón de seguridad - Modulo de visualización - Recepción de señales RF para mando

					remoto - Luces y direccionales inteligentes
Sistema Anterior	1030 x 640 x 930 mm	120 kg/ 264.5lbs	24V/200W	12V/24AH x2	- Control integrado basado en joystick
Mercado	1070 x 600 x 960 mm	90 kg/ 198lbs	24V/200W	12V/38AH x2	- Control integrado basado en joystick

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Se desarrolló un sistema de control para el desplazamiento de la silla de ruedas eléctrica que cumple con todas las características afines a sillas del mercado.
- La estructura física y los motores eléctricos de la silla de ruedas se encontraron en buenas condiciones, por ende fueron aptos para el acondicionamiento del nuevo sistema de control implementado en la misma.
- La silla de ruedas eléctrica opera en modo local siendo desplazada mediante el joystick de 2 ejes y también puede operar en modo remoto con señales de radiofrecuencia que recibe desde un control remoto.
- El sistema de potencia implementado con la tarjeta ESC Sabertooth 2x50HV es eficiente y brinda características de arranque y frenado suave, cumpliendo con las condiciones de diseño para este proyecto.
- El sistema de control está basado en un microcontrolador PIC16F877A ya que provee todas las funciones necesarias para el desarrollo de este trabajo, el mismo que es muy accesible en el mercado y de fácil manejo.
- El algoritmo de control fue desarrollado en MikroBasic, el cual se ajusta con la tarjeta de control de velocidad Sabertooth 2x50HV para un arranque y frenado suave, utilizando los módulos CCP que dispone el microcontrolador central.

- El módulo de visualización diseñado utiliza el PIC18F4620, debido a su extensa memoria de programa, que es indispensable para la visualización de imágenes.
- La palanca de mando diseñada es ergonómica y fácil uso, a la vez que dispone de un botón de seguridad que inhabilita el desplazamiento de la silla de ruedas.
- Las pruebas realizadas de arranque, desplazamiento continuo, giros y frenado de la silla de ruedas fueron desarrolladas de forma repetitiva y progresiva hasta llegar a la mejor respuesta del sistema.
- El manual de usuario ayuda a reconocer y familiarizarse de forma muy fácil y sencilla con la silla de ruedas, dando las respectivas medidas de limpieza y mantenimiento de la misma.
- El sistema implementado con tecnología local abarata los costos y brinda la solución de orden técnico a los problemas que presentó la silla de ruedas.

4.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda no utilizar el botón de encendido/apagado para detener la marcha de la silla, al menos que sea una emergencia ya que acortará la vida de los componentes de la silla de ruedas eléctrica.
- En el momento de encendido se debe escuchar el sonido de la desactivación de frenos electromagnéticos para evitar sobrecorrientes en los motores.
- Es aconsejable una ruta de prueba en baja velocidad, que será muy útil para familiarizarse con el manejo de la silla de ruedas.

- Es recomendable conducir siempre con precaución y evitar frenos bruscos y movimientos laterales extremos.
- Para obtener un mayor rendimiento en la conducción y una vida larga de las baterías se recomienda cargarlas con regularidad.
- Apague el sistema de control de la silla de ruedas cuando no la vaya a utilizar por periodos largos de tiempo, para evitar agotar las baterías y acostúmbrese a cargar las baterías cuando vaya nuevamente a utilizarla.
- Se recomienda recargar las baterías por un periodo de 8 a 14 hrs sin cubrir el cargador porque se puede recalentar.
- Al igual que cualquier otro producto técnico, esta silla de ruedas necesita mantenimiento por lo que se recomienda leer el manual de uso.
- Se recomienda tener en cuenta a los peatones siempre que use la silla eléctrica, se debe observar todas las reglas y regulaciones que sean posibles para su desplazamiento.

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

- <http://www.ladiscapacidad.com/discapacidad/discapacidad.php>
- http://es.wikipedia.org/wiki/Deficiencia_motriz
- <http://www.conadis.gov.ec>
- <http://www.chairdex.com/shistory.html>
- <http://www.imagina.org/archivos/biomecánica.htm>
- SPARTACUS GOMÁRIZ, Teoría de Control Diseño Electrónico, Segunda Edición, 2001, página 15-16
- <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3330/5/34059-5.pdf>
- http://www.profesorblanco.com.ar/apuntesteco/tipos_de_sistemas_manual,semi_y_automatico.doc
- <http://www.ing.unlp.edu.ar/islyd/Tema%2012a%20Logica%20Programable%20Intro%202008%20BYN.pdf>
- <http://www.ing.unlp.edu.ar/islyd/Tema%2012a%20Logica%20Programable%20Intro%202008%20BYN.pdf>
- <http://iindustrial.obolog.com/dispositivos-logicos-programables-parte-2>
- <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3538/2/40392-2.pdf>
- T. L. FLOYD, Fundamentos de Sistemas Digitales, Sexta Edición, Prentice Hall. Pág. 318
- ÁNGULO, José. Microcontroladores PIC Diseña práctico de aplicaciones. Primera Edición. Pág. 1-8
- <http://ayudaelectronica.com/que-es-un-dsp>
- <http://www.wordlingo.com/ma/enwiki/es/Joystick>
- http://www.pickyguide.es/ordenador_y_software/palancas_de_mando_guia.html
- http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_corriente_continua.html

- <http://www.monografias.com/trabajos61/motores-corriente-continua.shtml>
- www.tecnologiaseso.es
- FOROUZAN B. Transmisión de Datos y Redes de Comunicaciones. Segunda Edición.2002. Pág. 28-30
- www.mitecnologico.com/Main/MediosDeTransmisionInalambricos
- http://es.wikipedia.org/wiki/Mando_a_distancia

ANEXOS

Anexo A: Microcontrolador PIC 16F877A

Anexo B: Microcontrolador PIC 18F4620

Anexo C: Microcontrolador PIC 16F628A

Anexo D: Joystick de 2 ejes

Anexo E: Switch de 5 posiciones

Anexo F: Regulador Conmutado de Voltaje DE-SW050

Anexo G: Circuito Integrado LM3914

Anexo H: Pantalla GLCD

Anexo I: Módulos de Transmisión y Recepción RF

Anexo J: Tarjeta Sabertooth 2x50HV

Anexo K: Planos de módulos construidos

Anexo L: Programación de Microcontroladores

Anexo M: Manual de uso

Anexo A: Microcontrolador PIC 16F877A



PIC16F87XA

28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers

Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F873A
- PIC16F874A
- PIC16F876A
- PIC16F877A

High-Performance RISC CPU:

- Only 35 single-word instructions to learn
- All single-cycle instructions except for program branches, which are two-cycle
- Operating speed: DC – 20 MHz clock input
DC – 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of Flash Program Memory, Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM), Up to 256 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to other 28-pin or 40/44-pin PIC16CXXX and PIC16FXXX microcontrollers

Peripheral Features:

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

Analog Features:

- 10-bit, up to 8-channel Analog-to-Digital Converter (A/D)
- Brown-out Reset (BOR)
- Analog Comparator module with:
 - Two analog comparators
 - Programmable on-chip voltage reference (VREF) module
 - Programmable input multiplexing from device inputs and internal voltage reference
 - Comparator outputs are externally accessible

Special Microcontroller Features:

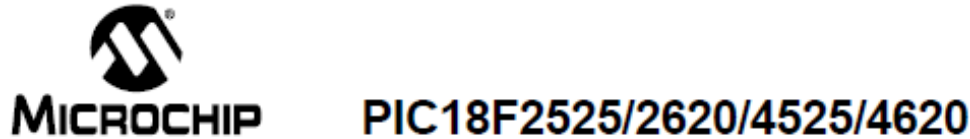
- 100,000 erase/write cycle Enhanced Flash program memory typical
- 1,000,000 erase/write cycle Data EEPROM memory typical
- Data EEPROM Retention > 40 years
- Self-reprogrammable under software control
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- Single-supply 5V In-Circuit Serial Programming
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving Sleep mode
- Selectable oscillator options
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins

CMOS Technology:

- Low-power, high-speed Flash/EEPROM technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range (2.0V to 5.5V)
- Commercial and Industrial temperature ranges
- Low-power consumption

Device	Program Memory		Data SRAM (Bytes)	EEPROM (Bytes)	I/O	10-bit A/D (ch)	CCP (PWM)	MSSP		USART	Timers 8/16-bit	Comparators
	Bytes	# Single Word Instructions						SPI	Master I ² C			
PIC16F873A	7.2K	4096	192	128	22	5	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F874A	7.2K	4096	192	128	33	8	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F876A	14.3K	8192	368	256	22	5	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F877A	14.3K	8192	368	256	33	8	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2

Anexo B: Microcontrolador PIC 18F4620



28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers with 10-Bit A/D and nanoWatt Technology

Power Management Features:

- Run: CPU on, Peripherals on
- Idle: CPU off, Peripherals on
- Sleep: CPU off, Peripherals off
- Ultra Low 50nA Input Leakage
- Run mode Currents Down to 11 μ A Typical
- Idle mode Currents Down to 2.5 μ A Typical
- Sleep mode Current Down to 100 nA Typical
- Timer1 Oscillator: 900 nA, 32 kHz, 2V
- Watchdog Timer: 1.4 μ A, 2V Typical
- Two-Speed Oscillator Start-up

Flexible Oscillator Structure:

- Four Crystal modes, up to 40 MHz
- 4x Phase Lock Loop (PLL) – Available for Crystal and Internal Oscillators
- Two External RC modes, up to 4 MHz
- Two External Clock modes, up to 40 MHz
- Internal Oscillator Block:
 - Fast wake from Sleep and Idle, 1 μ s typical
 - 8 use-selectable frequencies, from 31 kHz to 8 MHz
 - Provides a complete range of clock speeds from 31 kHz to 32 MHz when used with PLL
 - User-tunable to compensate for frequency drift
- Secondary Oscillator using Timer1 @ 32 kHz
- Fail-Safe Clock Monitor:
 - Allows for safe shutdown if peripheral clock stops

Peripheral Highlights:

- High-Current Sink/Source 25 mA/25 mA
- Three Programmable External Interrupts
- Four Input Change Interrupts
- Up to 2 Capture/Compare/PWM (CCP) modules, one with Auto-Shutdown (28-pin devices)
- Enhanced Capture/Compare/PWM (ECCP) module (40/44-pin devices only):
 - One, two or four PWM outputs
 - Selectable polarity
 - Programmable dead time
 - Auto-shutdown and auto-restart

Peripheral Highlights (Continued):


- Master Synchronous Serial Port (MSSP) module Supporting 3-Wire SPI (all 4 modes) and I²C™ Master and Slave modes
- Enhanced Addressable USART module:
 - Supports RS-485, RS-232 and LIN/J2602
 - RS-232 operation using internal oscillator block (no external crystal required)
 - Auto-wake-up on Start bit
 - Auto-Baud Detect
- 10-Bit, up to 13-Channel Analog-to-Digital (A/D) Converter module:
 - Auto-acquisition capability
 - Conversion available during Sleep
- Dual Analog Comparators with Input Multiplexing
- Programmable 16-Level High/Low-Voltage Detection (HLVD) module:
 - Supports interrupt on High/Low-Voltage Detection

Special Microcontroller Features:

- C Compiler Optimized Architecture:
 - Optional extended instruction set designed to optimize re-entrant code
- 100,000 Erase/Write Cycle Enhanced Flash Program Memory Typical
- 1,000,000 Erase/Write Cycle Data EEPROM Memory Typical
- Flash/Data EEPROM Retention: 100 Years Typical
- Self-Programmable under Software Control
- Priority Levels for Interrupts
- 8 x 8 Single-Cycle Hardware Multiplier
- Extended Watchdog Timer (WDT):
 - Programmable period from 4 ms to 131s
- Single-Supply 5V In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via Two Pins
- In-Circuit Debug (ICD) via Two Pins
- Wide Operating Voltage Range: 2.0V to 5.5V
- Programmable Brown-out Reset (BOR) with Software Enable Option

Device	Program Memory		Data Memory		I/O	10-Bit A/D (ch)	CCP/ ECCP (PWM)	MSSP		USART	Comp.	Timers 8/16-Bit
	Flash (bytes)	# Single-Word Instructions	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)				SPI	Master I ² C™			
PIC18F2525	48K	24576	3968	1024	25	10	2/0	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F2620	64K	32768	3968	1024	25	10	2/0	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4525	48K	24576	3968	1024	36	13	1/1	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4620	64K	32768	3968	1024	36	13	1/1	Y	Y	1	2	1/3

Anexo C: Microcontrolador PIC 16F628A



MICROCHIP PIC16F627A/628A/648A

18-pin Flash-Based, 8-Bit CMOS Microcontrollers with nanoWatt Technology

High-Performance RISC CPU:

- Operating speeds from DC – 20 MHz
- Interrupt capability
- 8-level deep hardware stack
- Direct, Indirect and Relative Addressing modes
- 35 single-word instructions:
 - All instructions single cycle except branches

Special Microcontroller Features:

- Internal and external oscillator options:
 - Precision internal 4 MHz oscillator factory calibrated to $\pm 1\%$
 - Low-power internal 48 kHz oscillator
 - External Oscillator support for crystals and resonators
- Power-saving Sleep mode
- Programmable weak pull-ups on PORTB
- Multiplexed Master Clear/Input-pin
- Watchdog Timer with independent oscillator for reliable operation
- Low-voltage programming
- In-Circuit Serial Programming™ (via two pins)
- Programmable code protection
- Brown-out Reset
- Power-on Reset
- Power-up Timer and Oscillator Start-up Timer
- Wide operating voltage range (2.0-5.5V)
- Industrial and extended temperature range
- High-Endurance Flash/EEPROM cell:
 - 100,000 write Flash endurance
 - 1,000,000 write EEPROM endurance
 - 40 year data retention

Low-Power Features:

- Standby Current:
 - 100 nA @ 2.0V, typical
- Operating Current:
 - 12 μ A @ 32 kHz, 2.0V, typical
 - 120 μ A @ 1 MHz, 2.0V, typical
- Watchdog Timer Current:
 - 1 μ A @ 2.0V, typical
- Timer1 Oscillator Current:
 - 1.2 μ A @ 32 kHz, 2.0V, typical
- Dual-speed Internal Oscillator:
 - Run-time selectable between 4 MHz and 48 kHz
 - 4 μ s wake-up from Sleep, 3.0V, typical

Peripheral Features:

- 16 I/O pins with individual direction control
- High current sink/source for direct LED drive
- Analog comparator module with:
 - Two analog comparators
 - Programmable on-chip voltage reference (V_{REF}) module
 - Selectable internal or external reference
 - Comparator outputs are externally accessible
- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit programmable prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with external crystal/clock capability
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period register, prescaler and postscaler
- Capture, Compare, PWM module:
 - 16-bit Capture/Compare
 - 10-bit PWM
- Addressable Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter USART/SCI

Device	Program Memory	Data Memory		I/O	CCP (PWM)	USART	Comparators	Timers 8/16-bit
	Flash (words)	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)					
PIC16F627A	1024	224	128	16	1	Y	2	2/1
PIC16F628A	2048	224	128	16	1	Y	2	2/1
PIC16F648A	4096	256	256	16	1	Y	2	2/1

Anexo D: Joystick de 2 ejes



Web Site: www.parallax.com
Forums: forums.parallax.com
Sales: sales@parallax.com
Technical: support@parallax.com

Office: (915) 634-8333
Fax: (915) 634-8003
Sales: (888) 512-1024
Tech Support: (888) 997-8267

2-Axis Joystick (#27800)

The 2-Axis Joystick can be used to add analog input to your next project. The 2-Axis Joystick contains two independent potentiometers (one per axis) that can be used as dual adjustable voltage dividers, providing 2-Axis analog input in a control stick form. The modular form-factor allows you to plug the 2-Axis Joystick directly into a breadboard for easy prototyping. The 2-Axis Joystick includes spring auto-return to center and a comfortable cup-type knob which gives the feel of a thumb-stick.

Features

- Easy breadboard connection
- Two independent potentiometers with common ground
- Spring auto-return to center position
- Comfortable cup-type knob
- Compatible with most microcontrollers

Key Specifications

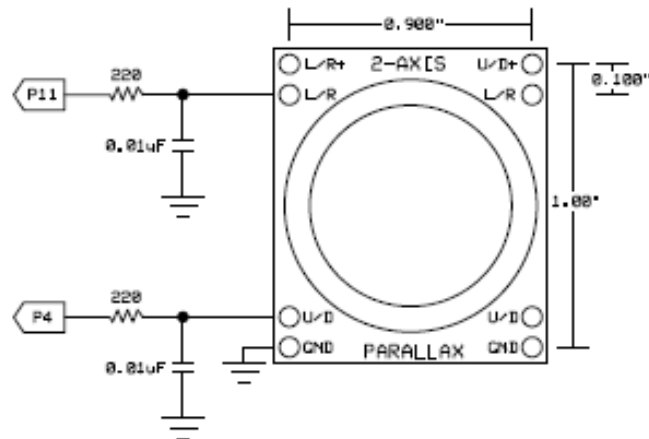
- Power capability: 0.01W; 10 VDC maximum working voltage
- Interface: Dual 10 k Ω potentiometers with common ground
- Operating temperature: 32 to 158 °F (0 to 70 °C)
- Dimensions: 1.64" H x 1.20" L x 1.09" W (41.67 mm H x 30.54 mm L x 27.70 mm W)



Application Ideas

- Camera Pan/Tilt Control
- Game Input/Control
- Robot Control
- Analog Input of Parameters

Quick Start Circuit



This circuit works with the code below for the BASIC Stamp 2 to provide an RCTIME value for each axis that relates to the position of the joystick. In this manner the two potentiometers are providing a variable resistance for use with the RCTIME command. **Caution:** When using this circuit, do not use a resistor value less than 220 Ω and do not apply more than 5 VDC through this resistor to the L/R or U/D pins.

For more information on how to measure resistance using the BASIC Stamp RCTIME command, please read Chapter#5 of *What's a Microcontroller?* book, a free download at www.parallax.com/go/WAM. The PDF is also included in the BASIC Stamp Editor software's Help file, which is a free download from www.parallax.com/basicstampsoftware.

BASIC Stamp[®] 2 Program

```
' {$STAMP BS2}
' {$PBASIC 2.5}

LR VAR Word
UD VAR Word

DO

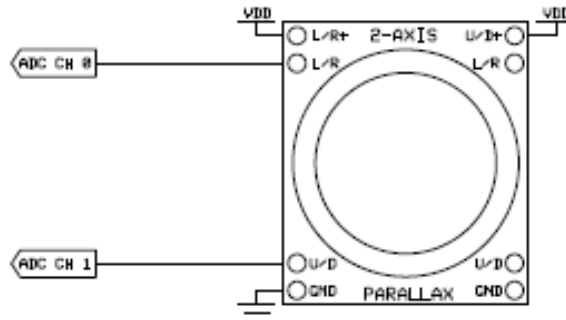
  HIGH 4
  PAUSE 2
  RCTIME 4, 1, UD

  HIGH 11
  PAUSE 2
  RCTIME 11, 1, LR

  DEBUG HOME, "UD = ", DEC UD, CLREOL, CR,
              "LR = ", DEC LR, CLREOL
  PAUSE 50

LOOP
```

Advanced Circuit



This circuit creates two voltage dividers referenced to VDD (in this case 5 V), using a 2-channel ADC (in this case the MCP3202) to read the voltages at the L/R and U/D pins using the code below. **Caution:** Do not apply voltage to the L/R+ or U/D+ pins that exceeds the I/O pin voltage rating of the device you connect to L/R or U/D, up to 10 VDC maximum. Ground < Analog voltage output at L/R and U/D < VDD.

BASIC Stamp® 2 Program

```
' {$STAMP BS2}
' {$PBASIC 2.5}

CS          PIN    0           ' Chip Select (MCP3202.1)
Clock      PIN    1           ' Clock (MCP3202.7)
DataIn     PIN    2           ' --> Data Out (MCP3202.6)
DataOut    PIN    3           ' --> Data In (MCP3202.5)
Cnts2Mv    CON    $0139      ' x 1.22 (To Millivolts)
result0    VAR    Word       ' Conversion Result CH0
result1    VAR    Word       ' Conversion Result CH1
mVolts0    VAR    Word       ' Result0 --> mVolts
mVolts1    VAR    Word       ' Result1 --> mVolts

DEBUG CLS, "ADC CH 0:", CR, "Volts  :", CR,
          "ADC CH 1:", CR, "Volts  :"

DO
  LOW CS          ' Enable ADC
  SHIFTOUT DataOut, Clock, MSBFIRST, [%1101\4] ' Select CH0, Single-Ended
  SHIFTIM DataIn, Clock, MSBPOST, [result0\12] ' Read ADC
  HIGH CS        ' Disable ADC
  mVolts0 = result0 */ Cnts2Mv ' Convert To Millivolts

  LOW CS          ' Enable ADC
  SHIFTOUT DataOut, Clock, MSBFIRST, [%1111\4] ' Select CH1, Single-Ended
  SHIFTIM DataIn, Clock, MSBPOST, [result1\12] ' Read ADC
  HIGH CS        ' Disable ADC
  mVolts1 = result1 */ Cnts2Mv ' Convert To Millivolts

  DEBUG HOME, CRSRXY, 9, 0, DEC result0, CLREOL,
          CRSRXY, 9, 1, DEC mVolts0 DIG 3,
          ".", DEC3 mVolts0,
          CRSRXY, 9, 2, DEC result1, CLREOL,
          CRSRXY, 9, 3, DEC mVolts1 DIG 3,
          ".", DEC3 mVolts1

  PAUSE 100
LOOP
```

Anexo E: Switch de 5 posiciones



Web Site: www.parallax.com
Forums: forums.parallax.com
Sales: sales@parallax.com
Technical: support@parallax.com

Office: (916) 624-8333
Fax: (916) 624-8003
Sales: (888) 512-1024
Tech Support: (888) 997-8257

5-Position Switch (#27801)

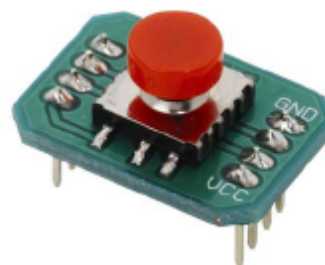
The 5-Position Switch is a normally open contact switch that provides directional output to your project. It has a nice snappy feel, and returns to the center/un-pressed position immediately when it is released. By monitoring the input state of five pins, it's easy for any Parallax microcontroller to detect whether the switch is in the up, down, left, right, or pressed position. It is possible for more than one position to make contact at a time, such as pressed+right, left+down, or pressed+right+down, for a total of 18 output states.

Features

- 8-pin DIP module is ready for breadboard or through-hole projects
- 10 k Ω pull-up resistor included on each positional pin
- Simple communication with any Parallax microcontroller

Key Specifications

- Power Requirements: Supply voltage = output signal voltage. Set supply voltage for compatibility with your microcontroller's inputs.
- Communication: Single bit high/low output for each position
- Operating temperature: 32 to 158 °F (0 to +70 °C)
- Dimensions: 0.70 x 0.95 x 0.78 in (1.78 x 2.41 x 1.98 cm)

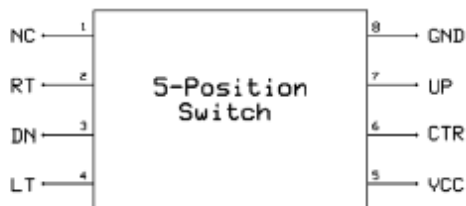


Application Ideas

- Video game input
- Robot control

Pin Definitions and Ratings

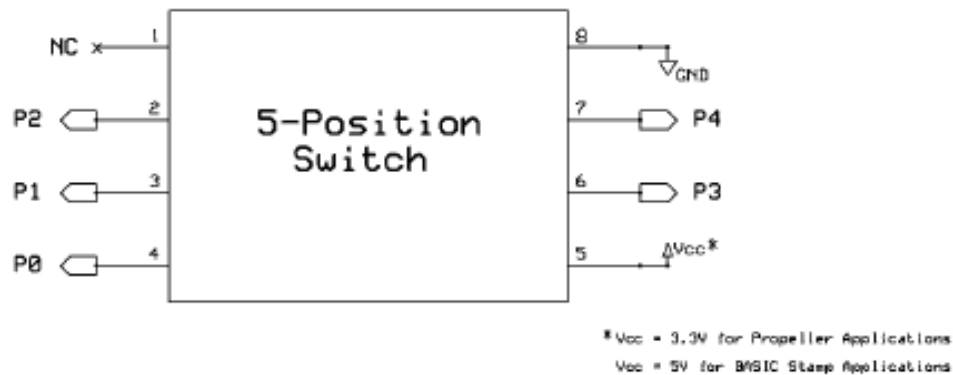
Pin	Name	Function
1	NC	No Connection
2	RT	Right Contact Switch
3	DN	Bottom Contact Switch
4	LT	Left Contact Switch
5	VCC	Supply Voltage*
6	CTR	Center Contact Switch
7	UP	Top Contact Switch
8	GND	Ground



*Supply voltage will determine output voltage. Be sure to use a supply voltage that your microcontroller will tolerate as an input signal.

Connection Diagram

The figure below depicts the connection diagram to use with the included sample programs.



Note: 220 Ω resistors may also be placed in series between the 5-Position Switch and the microcontroller I/O pins to prevent potential I/O pin damage from accidental code errors.

Source Code

These programs are available from the 5-Position Switch product page. Browse to www.parallax.com and "Search" for 27801.

BASIC Stamp[®] 2 Program

This program will display the current position of the 5-Position Switch using the Debug Terminal built into the BASIC Stamp Editor, which is available for download from www.parallax.com/basicstampsoftware.

```
' {$STAMP BS2}
' {$PBASIC 2.5}

DEBUG CLS,                                ' Display directional graph
"      ", CR,
" | ", CR,
" - - ", CR,
" | ", CR

DO
  IF (IN0 = 0) THEN DEBUG CSRXY, 2, 2, "<" ELSE DEBUG CSRXY, 2, 2, " "
  IF (IN1 = 0) THEN DEBUG CSRXY, 5, 4, "v" ELSE DEBUG CSRXY, 5, 4, " "
  IF (IN2 = 0) THEN DEBUG CSRXY, 8, 2, ">" ELSE DEBUG CSRXY, 8, 2, " "
  IF (IN3 = 0) THEN DEBUG CSRXY, 5, 2, "o" ELSE DEBUG CSRXY, 5, 2, " "
  IF (IN4 = 0) THEN DEBUG CSRXY, 5, 0, "^" ELSE DEBUG CSRXY, 5, 0, " "
  PAUSE 20
LOOP
```

Propeller™ P8X32A Application

This program will display the current position of the 5-Position Switch using the Parallax Serial Terminal. Note: This application uses the Parallax Serial Terminal.spin object for displaying the state of the sensor. This object as well as the Parallax Serial Terminal itself is installed with the Propeller Tool v1.2.6, which is available from the Downloads link at www.parallax.com/Propeller.

```
'5PositionSwitch_Simple.spin for P8X32A
  _clkmode = xtall + pll16x
  _xinfreq = 5_000_000

OBJ
  pst : "Parallax Serial Terminal.spin"

PUB Main
  dira[0..4]~ ' Set pins 0-4 to input

  pst.Start(115_200) ' Set Parallax Serial Terminal to 115,200 baud
  waitont(clkfreq + cnt)

  pst.NewLine ' Display directional graph
  pst.Str(string(" | "))
  pst.NewLine
  pst.Str(string(" - - "))
  pst.NewLine
  pst.Str(string(" | "))

  repeat
    if ina[0] == 0
      pst.Position(1, 2)
      pst.Chr("<")
    else
      pst.Position(1, 2)
      pst.Chr(" ")

    if ina[1] == 0
      pst.Position(4, 4)
      pst.Chr("v")
    else
      pst.Position(4, 4)
      pst.Chr(" ")

    if ina[2] == 0
      pst.Position(7, 2)
      pst.Chr(">")
    else
      pst.Position(7, 2)
      pst.Chr(" ")

    if ina[3] == 0
      pst.Position(4, 2)
      pst.Chr("o")
    else
      pst.Position(4, 2)
      pst.Chr(" ")

    if ina[4] == 0
      pst.Position(4, 0)
      pst.Chr("x")
    else
      pst.Position(4, 0)
      pst.Chr(" ")
```


Anexo F: Regulador Conmutado de Voltaje DE-SW050



DE-SW0XX Switching Voltage Regulator

General Description

The DE-SW0XX family of switch mode voltage regulators are designed to be the easiest possible way to add the benefits of switch-mode power to a new or existing project. The DE-SW0XX family is Pin-compatible with the common 78XX family of linear voltage regulators. They have integrated decoupling capacitors, so external capacitors are not generally necessary. Available voltages are 3.3 and 5 volts.

The DE-SW0XX family operates over a wide input voltage range, from $(V_{out}+1.3V)$ to 30v, at up to one amp of continuous output current. Efficiencies are up to 87% (Figure 2) Ripple is less than 2% of output.

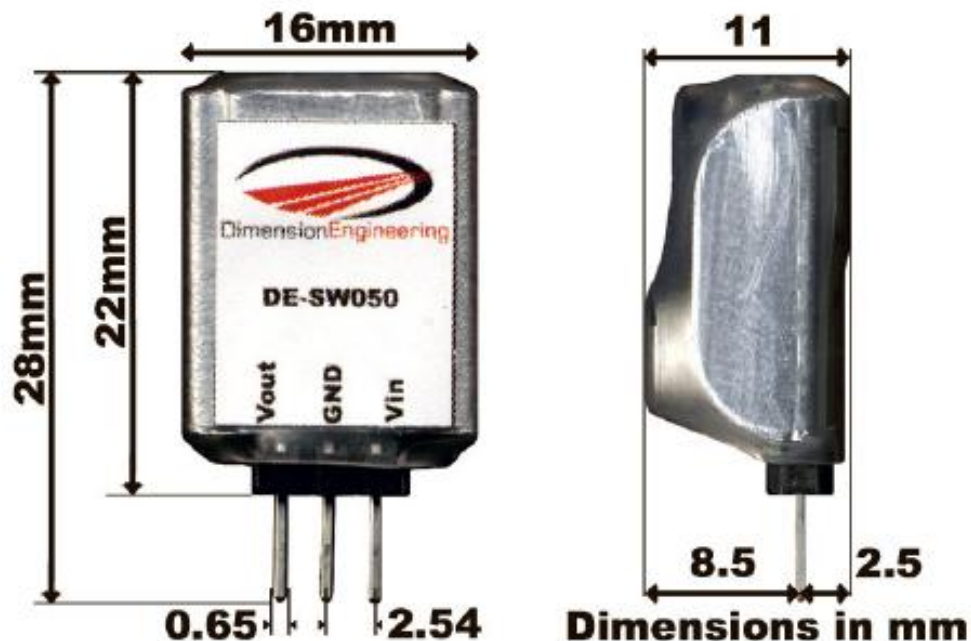
The DE-SW0XX family works on a breadboard, making it an ideal solution for prototyping and one-off circuits.

Features

- Drop-in replacement for LM78XX
- Up to 30V input voltage
- 1.3V dropout voltage
- 3.3V and 5V output voltages available
- 1A continuous output current
- Efficiency up to 87%
- Integrated bypass capacitors
- Integrated heat spreader
- Weights only 3.8g
- Can drive inductive loads

Applications

- Battery powered applications
- Robots
- Servo power
- Small DC motors
- Lithium battery charging and maintenance
- Point of load voltage regulation
- Any application where a 78XX regulator is dissipating too much heat or a large heatsink is undesirable



Typical Performance Characteristics

The device can be expected to perform as characterized within these parameters

Characteristic	Min	Typical	Max
Input voltage	V _{out} +1.3V		30V
Output Current (RMS) ¹	0A		1A
Pulsed Output Current (5 sec)			1.5A
Output Ripple	30mV	70mV	100mV
Efficiency (See Figure 2 and Figure 3)	65%	83%	87%
Transient response in load regulation (0-1A pulses, 1ms, V _{p-p})		4%	
Power dissipation	100mW	800mW	1.2W
Power output in still air	0W		5W
Quiescent current draw (V _{in} = 12V)		16mA	
Switching frequency	230kHz	270kHz	290kHz
Thermal Derating in still air	See Figure 4		

¹For input voltages above 25V, an output current of at least 40mA is needed to maintain the regulated output voltage. This can be accomplished by adding a 1k Ω load resistor, or by simply connecting the load you wanted to use anyway.

Absolute Maximum ratings

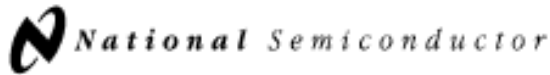
Operation beyond these parameters may permanently damage the device

Characteristic	Min	Max
Input voltage	0V	35v
Output Current	0A	1.5A
Power dissipation		1.5W
Ambient Temperature	-20C	70C

Overcurrent/overtemperature behavior

If the current limit has been considerably exceeded or if the device is overheated the product will gradually reduce the output voltage in an attempt to reduce the load on the device. Once the extra load is removed or the temperature is brought down, the desired output voltage will be restored. It is unlikely that you will destroy the regulator by exceeding the current/temperature ratings but we still recommend practicing good engineering techniques and do not overload the device beyond the recommended operating parameters.

Anexo G: Circuito Integrado LM3914



February 1995

LM3914 Dot/Bar Display Driver

LM3914 Dot/Bar Display Driver

General Description

The LM3914 is a monolithic integrated circuit that senses analog voltage levels and drives 10 LEDs, providing a linear analog display. A single pin changes the display from a moving dot to a bar graph. Current drive to the LEDs is regulated and programmable, eliminating the need for resistors. This feature is one that allows operation of the whole system from less than 3V.

The circuit contains its own adjustable reference and accurate 10-step voltage divider. The low-bias-current input buffer accepts signals down to ground, or V^- , yet needs no protection against inputs of 35V above or below ground. The buffer drives 10 individual comparators referenced to the precision divider. Indication non-linearity can thus be held typically to $1/5\%$, even over a wide temperature range.

Versatility was designed into the LM3914 so that controller, visual alarm, and expanded scale functions are easily added on to the display system. The circuit can drive LEDs of many colors, or low-current incandescent lamps. Many LM3914s can be "chained" to form displays of 20 to over 100 segments. Both ends of the voltage divider are externally available so that 2 drivers can be made into a zero-center meter.

The LM3914 is very easy to apply as an analog meter circuit. A 1.2V full-scale meter requires only 1 resistor and a single 3V to 15V supply in addition to the 10 display LEDs. If the 1 resistor is a pot, it becomes the LED brightness control. The simplified block diagram illustrates this extremely simple external circuitry.

When in the dot mode, there is a small amount of overlap or "fade" (about 1 mV) between segments. This assures that at no time will all LEDs be "OFF", and thus any ambiguous display is avoided. Various novel displays are possible.

Much of the display flexibility derives from the fact that all outputs are individual, DC regulated currents. Various effects can be achieved by modulating these currents. The individual outputs can drive a transistor as well as a LED at the same time, so controller functions including "staging" control can be performed. The LM3914 can also act as a programmer, or sequencer.

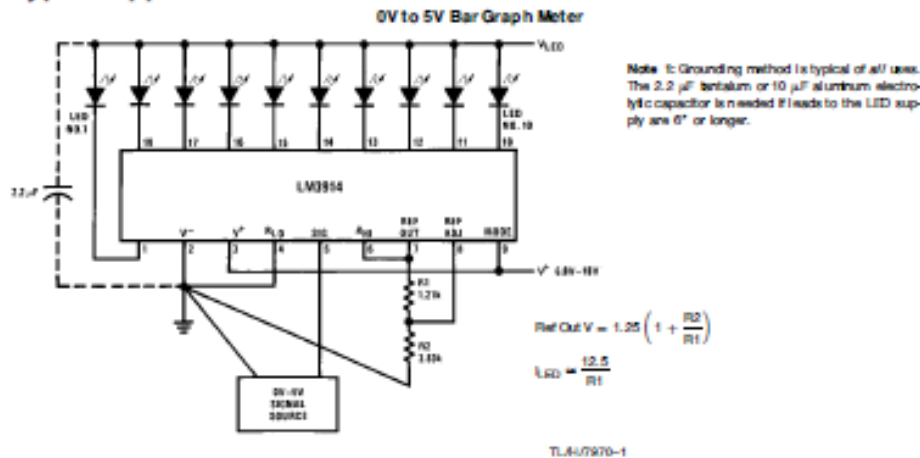
The LM3914 is rated for operation from 0°C to +70°C. The LM3914N is available in an 18-lead molded (N) package.

The following typical application illustrates adjusting of the reference to a desired value, and proper grounding for accurate operation, and avoiding oscillations.

Features

- Drives LEDs, LCDs or vacuum fluorescents
- Bar or dot display mode externally selectable by user
- Expandable to displays of 100 steps
- Internal voltage reference from 1.2V to 12V
- Operates with single supply of less than 3V
- Inputs operate down to ground
- Output current programmable from 2 mA to 30 mA
- No multiplex switching or interaction between outputs
- Input withstands $\pm 35V$ without damage or false outputs
- LED driver outputs are current regulated, open-collector
- Outputs can interface with TTL or CMOS logic
- The internal 10-step divider is floating and can be referenced to a wide range of voltages

Typical Applications



Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Power Dissipation (Note 5)	
Molded DIP (N)	1365 mW
Supply Voltage	25V
Voltage on Output Drivers	25V
Input Signal Overvoltage (Note 3)	± 35V
Divider Voltage	-100 mV to V+
Reference Load Current	10 mA

Storage Temperature Range -55°C to +150°C

Soldering Information	
Dual-In-Line Package	
Soldering (10 seconds)	260°C
Plastic Chip Carrier Package	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C

See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.

Electrical Characteristics (Notes 1 and 3)

Parameter	Conditions (Note 1)	Min	Typ	Max	Units
COMPARATOR					
Offset Voltage, Buffer and First Comparator	$0V < V_{REO} = V_{REH} < 12V$, $I_{LED} = 1 \text{ mA}$		3	10	mV
Offset Voltage, Buffer and Any Other Comparator	$0V < V_{REO} = V_{REH} < 12V$, $I_{LED} = 1 \text{ mA}$		3	15	mV
Gain ($\Delta I_{LED}/\Delta V_{IN}$)	$I_{L(REF)} = 2 \text{ mA}$, $I_{LED} = 10 \text{ mA}$	3	8		mA/mV
Input Bias Current (at Pin 5)	$0V < V_{IN} < V^+ - 1.5V$		25	100	nA
Input Signal Overvoltage	No Change in Display	-35		35	V
VOLTAGE-DIVIDER					
Divider Resistance	Total, Pin 6 to 4	8	12	17	kΩ
Accuracy	(Note 2)		0.5	2	%
VOLTAGE REFERENCE					
Output Voltage	$0.1 \text{ mA} < I_{L(REF)} < 4 \text{ mA}$, $V^+ = V_{LED} = 5V$	1.2	1.28	1.34	V
Line Regulation	$3V < V^+ < 18V$		0.01	0.03	%/V
Load Regulation	$0.1 \text{ mA} < I_{L(REF)} < 4 \text{ mA}$, $V^+ = V_{LED} = 5V$		0.4	2	%
Output Voltage Change with Temperature	$0^\circ\text{C} < T_A < +70^\circ\text{C}$, $I_{L(REF)} = 1 \text{ mA}$, $V^+ = 5V$		1		%
Adjust Pin Current			75	120	μA
OUTPUT DRIVERS					
LED Current	$V^+ = V_{LED} = 5V$, $I_{L(REF)} = 1 \text{ mA}$	7	10	13	mA
LED Current Difference (Between Largest and Smallest LED Currents)	$V_{LED} = 5V$	$I_{LED} = 2 \text{ mA}$	0.12	0.4	mA
		$I_{LED} = 20 \text{ mA}$	1.2	3	
LED Current Regulation	$2V < V_{LED} < 17V$	$I_{LED} = 2 \text{ mA}$	0.1	0.25	mA
		$I_{LED} = 20 \text{ mA}$	1	3	
Dropout Voltage	$I_{LED(ON)} = 20 \text{ mA}$, $V_{LED} = 5V$, $\Delta I_{LED} = 2 \text{ mA}$			1.5	V
Saturation Voltage	$I_{LED} = 2.0 \text{ mA}$, $I_{L(REF)} = 0.4 \text{ mA}$		0.15	0.4	V
Output Leakage, Each Collector	(Bar Mode) (Note 4)		0.1	10	μA

Electrical Characteristics (Note 1) (Continued)

Parameter	Conditions (Note 1)	Min	Typ	Max	Units	
OUTPUT DRIVERS (Continued)						
Output Leakage	(Dot Mode) (Note 4)	Pins 10–18		0.1	10	μA
		Pin 1	60	150	450	μA
SUPPLY CURRENT						
Standby Supply Current (All Outputs Off)	$V^+ = 5\text{V}, I_{L(RES)} = 0.2\text{ mA}$			2.4	4.2	mA
	$V^+ = 20\text{V}, I_{L(RES)} = 1.0\text{ mA}$			6.1	9.2	mA

Note 1: Unless otherwise stated, all specifications apply with the following conditions:

$3\text{ V}_{DD} \leq V^+ \leq 20\text{ V}_{DD}$	$V_{REF}, V_{IH}, V_{ILO} \leq (V^+ - 1.5\text{V})$
$3\text{ V}_{DD} \leq V_{LEO} \leq V^+$	$0\text{V} \leq V_{IL} \leq V^+ - 1.5\text{V}$
$-0.015\text{V} \leq V_{ILO} \leq 12\text{ V}_{DD}$	$T_A = +25^\circ\text{C}, I_{L(RES)} = 0.2\text{ mA}, V_{LEO} = 3.0\text{V}, \text{pin 9 is connected to pin 3 (Bar Mode)}$
$-0.015\text{V} \leq V_{IH} \leq 12\text{ V}_{DD}$	

For higher power dissipations, pulse testing is used.

Note 2: Accuracy is measured referred to $+10,000\text{ V}_{DD}$ at pin 6, with 0.000 V_{DD} at pin 4. At lower full-scale voltages, buffer and comparator offset voltage may add significant error.

Note 3: Pin 5 input current must be limited to $\pm 3\text{ mA}$. The addition of a $39\text{ k}\Omega$ resistor in series with pin 5 allows $\pm 10\text{ mV}$ signals without damage.

Note 4: Bar mode results when pin 9 is within 20 mV of V^+ . Dot mode results when pin 9 is pulled at least 20.0 mV below V^+ or left open circuit. LED No. 10 (pin 10 output current) is disabled if pin 9 is pulled 0.9V or more below V_{LEO} .

Note 5: The maximum junction temperature of the LM3914 is 100°C . Devices must be derated for operation at elevated temperatures. Junction to ambient thermal resistance is 55°C/W for the molded DIP (N package).

Definition of Terms

Accuracy: The difference between the observed threshold voltage and the ideal threshold voltage for each comparator. Specified and tested with 10V across the internal voltage divider so that resistor ratio matching error predominates over comparator offset voltage.

Adjust Pin Current: Current flowing out of the reference adjust pin when the reference amplifier is in the linear region.

Comparator Gain: The ratio of the change in output current (I_{LED}) to the change in input voltage (V_{IN}) required to produce it for a comparator in the linear region.

Dropout Voltage: The voltage measured at the current source outputs required to make the output current fall by 10% .

Input Bias Current: Current flowing out of the signal input when the input buffer is in the linear region.

LED Current Regulation: The change in output current over the specified range of LED supply voltage (V_{LED}) as measured at the current source outputs. As the forward voltage of an LED does not change significantly with a small change in forward current, this is equivalent to changing the voltage at the LED anodes by the same amount.

Line Regulation: The average change in reference output voltage over the specified range of supply voltage (V^+).

Load Regulation: The change in reference output voltage (V_{REF}) over the specified range of load current ($I_{L(RES)}$).

Offset Voltage: The differential input voltage which must be applied to each comparator to bias the output in the linear region. Most significant error when the voltage across the internal voltage divider is small. Specified and tested with pin 6 voltage (V_{IEE}) equal to pin 4 voltage (V_{ILO}).

Anexo H: Pantalla GLCD

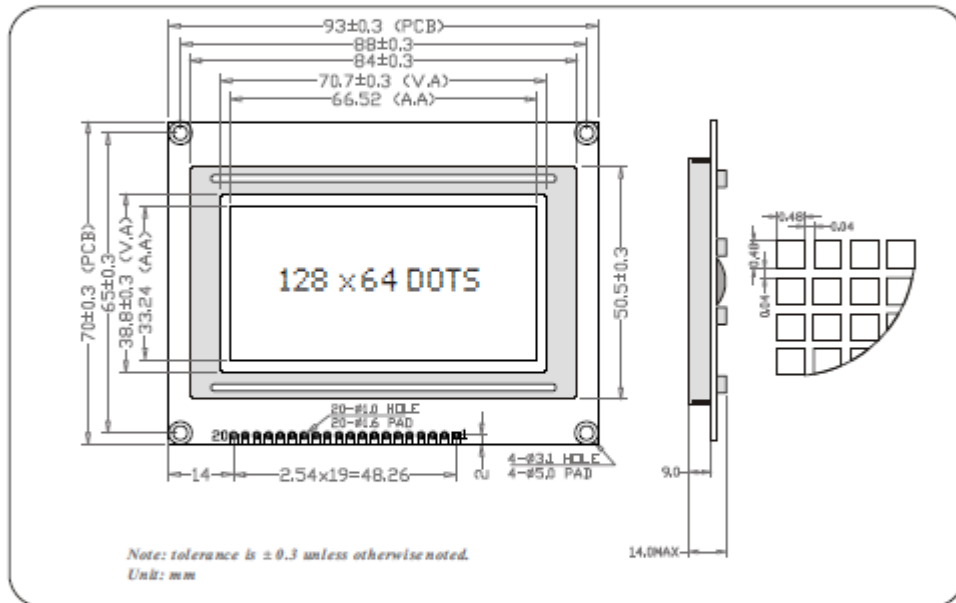
JHD622-12864E SERIES

晶汉达 · JHD[®] 深圳市晶汉达电子有限公司
SHENZHEN JING HANDA ELECTRONICS CO., LTD.

■ CHARACTERISTICS:

DISPLAY CONTENT: 128 x 64 DOTS
LCD TYPE: STN Y/G, STN BLUE, STN GREY
LED BACKLIGHT: Y/G, WHITE
CONTROLLER: KS0108 OR EQUAL
OPERATING TEMPERATURE: NORMAL(0-50°C); WIDE(-20-70°C)
POWER SUPPLY: 5.0V
VIEWING ANGLE: 6H; 12H

■ DIMENSIONS/DISPLAY CONTENT



■ PIN CONFIGURATION

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vss	Vdd	V0	DI	R/W	E	DB0	DB1	DB2	DB3
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
DB4	DB5	DB6	DB7	CS1	CS2	RST	VEE	LEDA	LEDK

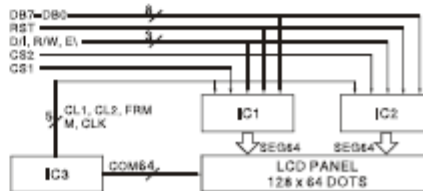
■ LIMIT PARAMETER (Ta=25°C)

Parameter	Symbol	Standard Values		Unit
		Min.	Max.	
Supply Voltage	VDD-VSS	0	7.0	V
LCD Voltage	VDD-V0	0	17	
Input Voltage	V _I	0	VDD	

■ ELECTRONIC PARAMETER

Parameter	Symbol	Standard Values			Unit	
		Min.	Typ.	Max.		
Voltage	Logic	VDD-VSS	4.75	5.0	5.25	V
	LCD	VDD-V0	4.5	13	17	V
Current	Logic	IDD	-	2.5	-	mA
	LCD	IEE	-	2.0	-	mA
LCD Drive Voltage(25°C)			-	13	-	V
Input Voltage	H	V _{IH}	0.7VDD	-	VDD	V
	L	V _{IL}	0	-	0.3VDD	V

■ APPLICATION CIRCUIT

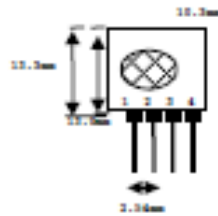


<http://www.jhdled.com.cn>

Anexo I: Módulos de Transmisión y Recepción RF

TLP434A Ultra Small Transmitter

**Easy-Link
Wireless**



pin 1 : GND
pin 2 : Data In
pin 3 : Vcc
pin 4 : Antenna (RF output)

Frequency 315, 418 and 433.92 Mhz

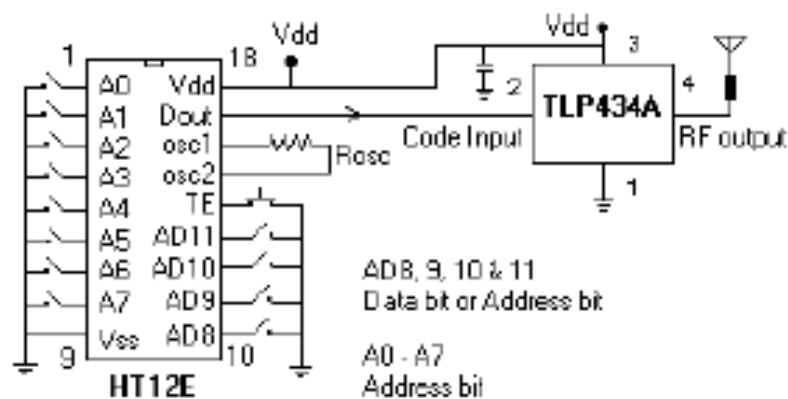
Modulation : ASK
Operation Voltage : 2 - 12 VDC

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Vcc	Operating supply voltage		2.0	-	12.0	V
Icc 1	Peak Current (2V)		-	-	1.64	mA
Icc 2	Peak Current (12V)		-	-	19.4	mA
Vh	Input High Voltage	Idata= 100uA (High)	Vcc-0.5	Vcc	Vcc+0.5	V
VI	Input Low Voltage	Idata= 0 uA (Low)	-	-	0.3	V
FO	Absolute Frequency	315Mhz module	314.8	315	315.2	MHz
PO	RF Output Power- 50ohm	Vcc = 9V-12V	-	16	-	dBm
		Vcc = 5V-6V	-	14	-	dBm
DR	Data Rate	External Encoding	512	4.8K	200K	bps

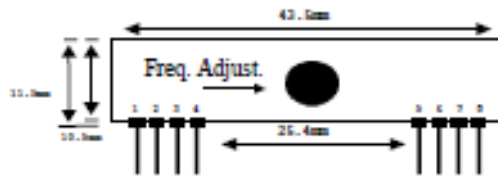
Notes : (Case Temperature = 25°C +- 2°C , Test Load Impedance = 50 ohm)

Application Circuit :

Typical Key-chain Transmitter using HT12E-18DIP, a Binary 12 bit Encoder from Holtek Semiconductor Inc.



RLP-434 Receiver



pin 1 : Gnd
 pin 2 : Digital Data Output
 pin 3 : Linear Output
 pin 4 : Vcc
 pin 5 : Vcc
 pin 6 : Gnd
 pin 7 : Gnd
 pin 8 : Antenna (About 30 - 35 cm)

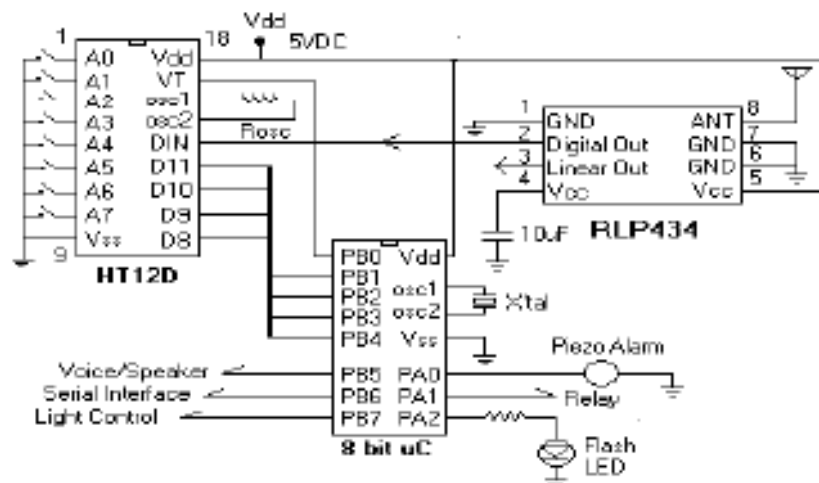
Frequency 315, 418 and 433.92MHz

Modulation : ASK
 Supply Voltage : 4.5 - 5.5 VDC
 Output : Digital & Linear
 Sensitivity : 3uVrms

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	
Vcc	Operating supply voltage		4.5	5	5.5	V
I _{tot}	Operating Current		-	3.5	4.5	mA
V _{data}	Data Out	I _{data} = +200 uA (High)	Vcc-0.5	-	Vcc	V
		I _{data} = -10 uA (Low)	-	-	0.3	V
Electrical Characteristics						
Characteristics	SYM	Min	Typ	Max	Unit	
Operation Radio Frequency	FC	315, 418 and 434			MHz	
Sensitivity	Pref	-100	-103	-106	dBm	
Channel Width			+1.5		KHz	
Receiver Turn On Time			5		ms	
Noise equivalent BW	NEB		4		KHz	
Baseband Data Rate			3	5	KHz	

Application Circuit II:

Typical RF Receiver using HT12D-18DIP, a Binary 12 bit Decoder with 8 bit uC HT48RXX from Holtek Semiconductor Inc.



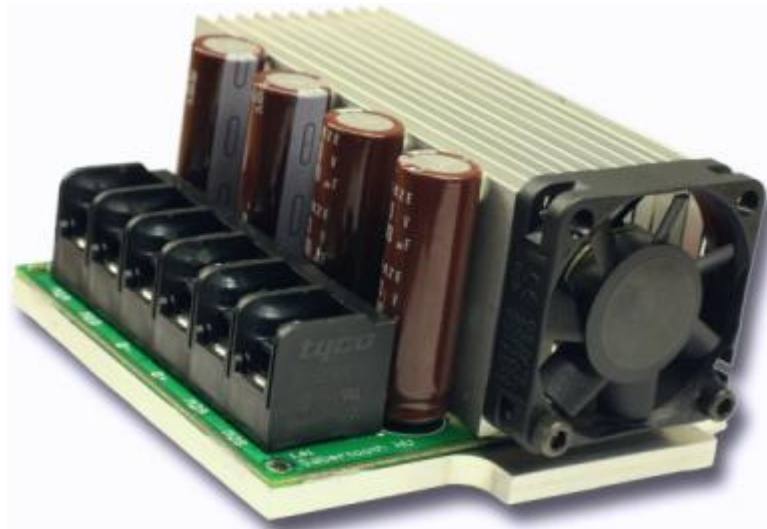
Anexo J: Tarjeta Sabertooth 2x50HV



DimensionEngineering

Sabertooth 2x50 User's Guide

December 2009



Input voltage: 12-48V nominal, 62V absolute max.

Output Current: Up to 50A continuous per channel. Peak loads may be up to 100A per channel for a few seconds.

Recommended power sources are:

- 10 to 40 cells high capacity NiMH or NiCd
- 3s to 12s lithium ion or lithium polymer. Sabertooth motor drivers have a lithium battery mode to prevent cell damage due to over-discharge of lithium battery packs.
- 12v to 48v high capacity lead acid
- 12v to 48v power supply (with a custom-set maximum voltage).

All batteries must be capable of maintaining a steady voltage when supplying 40+ amps

Dimensions:

Size: 4.17" x 3.5" x 1.85" 106 x 90 x 47mm

Weight: 11oz / 292g

FEATURES

Mixed and independent options:

Sabertooth features mixed modes designed especially for differential drive robots, where two motors provide both steering and propulsion. It also has independent options in all operating modes. This is useful for if you have two motors to control, but they aren't necessarily being used to drive a differential drive robot. The motors do not need to be matched or even similar, as long as they both are within Sabertooth's operating limits.

Synchronous regenerative drive:

Going one step farther than just regenerative braking, a Sabertooth motor driver will return power to the battery any time a deceleration or motor reversal is commanded. This can lead to dramatic improvements in run time for systems that stop or reverse often, like a pick/place or positioning robot or a vehicle driving on hilly terrain. This drive scheme also saves power by returning the inductive energy stored in the motor windings to the battery each switching cycle, instead of burning it as heat in the motor windings. This makes part-throttle operation very efficient.

Ultra-sonic switching frequency:

Sabertooth 2x25 features a PWM frequency of 32kHz, which is well above the maximum frequency of human hearing. Unlike some other motor drivers, there is no annoying whine when the motor is on, even at low power levels.

Thermal and overcurrent protection:

Sabertooth features dual temperature sensors and overcurrent sensing. It will protect itself from failure due to overheating, overloading and short circuits. To help with this, ensure that both sides of the heatsink have sufficient room for airflow.

Easy mounting and setup:

Sabertooth has screw terminals for all inputs and outputs. There are four mounting holes, which accept 4-40 screws. Mounting hardware is included. All operating modes and options are set with DIP switches – there are no jumpers to struggle with or lose. No soldering is required.

Compact Size:

Sabertooth utilizes surface mount construction to provide the most power from a compact package. Its small size and light weight mean you have more space for cargo, batteries, or can make your robot smaller and more nimble than the competition.

Carefree reversing:



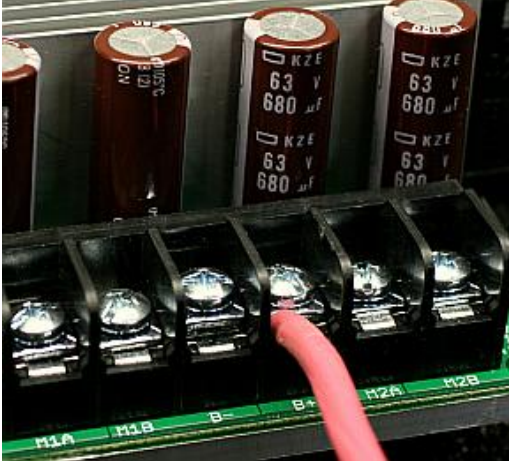

Unlike some other motor drivers, there is no need for the Sabertooth to stop before being commanded to reverse. You can go from full forward immediately to full reverse or vice versa. Braking and acceleration are proportional to the amount of reversal commanded, so gentle or rapid reversing is possible. There is a 250ms full-forward to full-reverse ramp built in to the Sabertooth 2x50, so quick changes won't depress your battery voltage. This is adjustable.

Many operating modes:

With analog, R/C and serial input modes, as well as dozens of operating options, the Sabertooth has the flexibility to be used over and over, even as your projects grow more sophisticated. Yet it is simple enough to use for your first robot project... if your first robot project is HUGE.

HOOKING UP THE SABERTOOTH MOTOR DRIVER

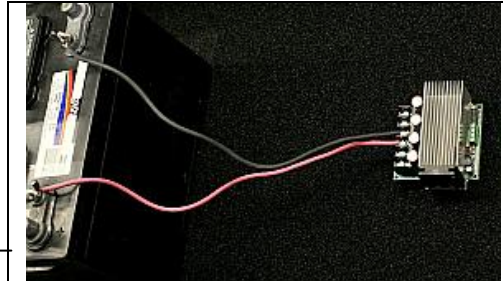
All connections to the Sabertooth are done with screw terminals. This makes it easy to set up and reconfigure your project. If you've never used screw terminal connections before, here is a quick overview.

	
<p>Step 1: Strip the wire which you are using approximately 3/8". The wires may be 10 gauge to 24 gauge. Use thicker wire for high current applications.</p>	<p>Step 2: With a large screwdriver, turn the top screw counter-clockwise until it stops.</p>
	
<p>Step 3: Insert the stripped portion of the wire into the opening in the screw terminal. Larger wires can use both sides of the terminal or have multiple wires in parallel.</p>	<p>Step 4: Turn the top screw clockwise until you encounter resistance, then tighten the screw firmly. Pull on the wire gently to ensure that it is secured.</p>

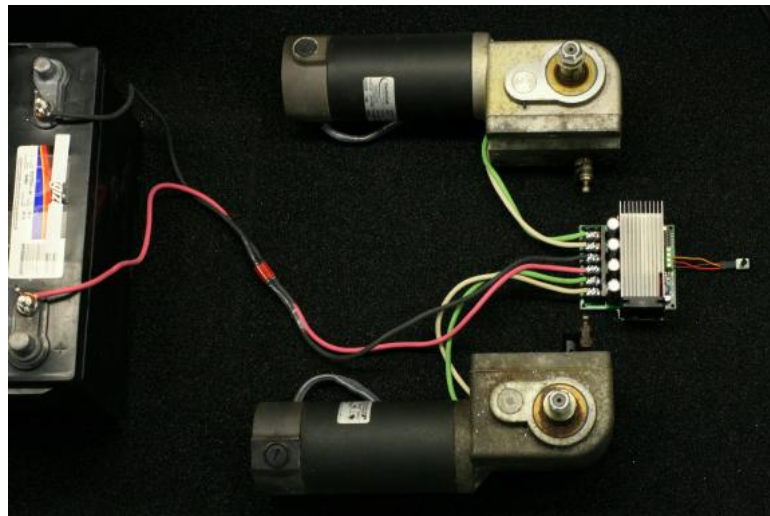
Battery Terminals

B+ and B-

The battery or power supply is connected to terminals B- and B+. B- connects to the negative side of the battery (usually black.) B+ connects to the positive side of the battery (usually red or yellow.) It is usually best to connect the battery through a connector instead of directly to the motor driver. This makes it easy to unplug the battery for charging and prevents plugging in the battery backwards.



The battery connects to terminals B+ and B-



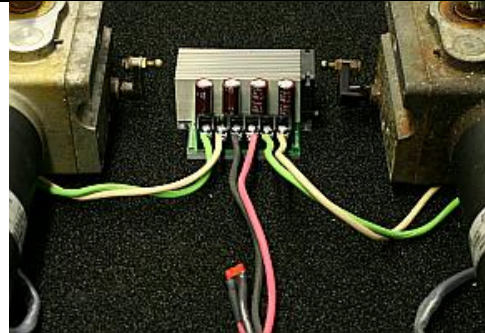
Using a battery connector to connect/disconnect power to Sabertooth

Warning! Be very careful to wire and plug in the battery and connector correctly. Connecting the battery backwards will destroy the Sabertooth and will void the warranty.

Motor Terminals

Motor 1 is connected to terminals M1A and M1B as shown below. If the motor runs in the opposite way that you want, you may reverse the motor wires to reverse rotation.

Motor 2 is connected to terminals M2A and M2B

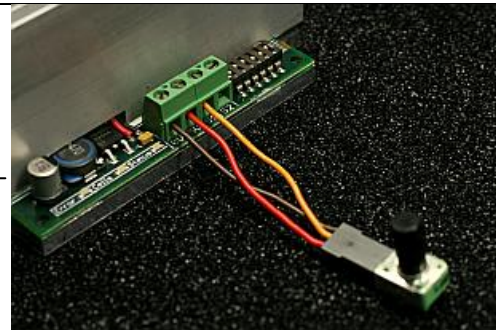


The motors connect to terminals M1A/B and M2A/B

Signal Input Terminals

S1 and S2

The input signals that control the Sabertooth are connected to terminals S1 and S2. If you are running in analog mode, it is important to have both the signal connected before applying power to the device. Otherwise, the motors may start unexpectedly.



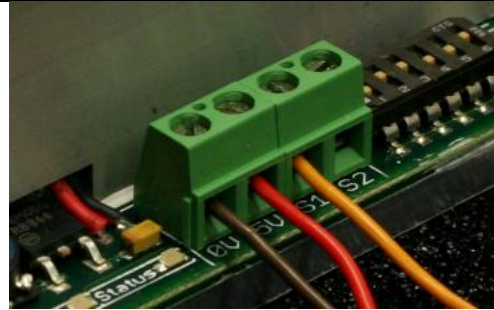
The input signals connect to terminal S1 and/or S2

Power terminals

0V and 5V

The 0V and 5V connections are used to power and interface to low-power control circuits.

The 5V connection is a 5v power **output**. This takes power from the Sabertooth 2x50's internal switching BEC and is useful for supplying low-current devices, such as a potentiometer or a radio receiver.



The 5V terminal can be used to power small loads, like a potentiometer or a radio receiver. The 0V signal must be connected to the ground of the device generating the input signal.

The 0V connection is the signal ground for the Sabertooth. In order to receive input signals correctly, it must be connected to the ground of the device sending the signals.

Using the 0V and 5v connections to power a radio receiver in R/C mode and potentiometer in analog mode is shown in Figures 2.1 and 2.2. If you are using multiple Sabertooths running from the same radio receiver, only one should have the 5v line connected.

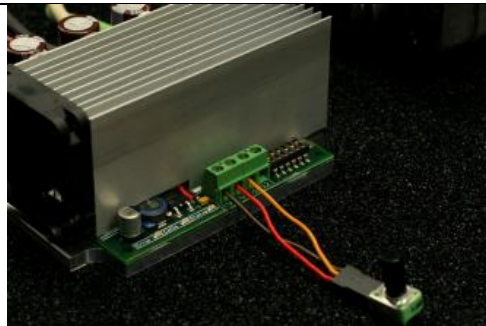


Figure 2.1: Analog input using a potentiometer powered from terminal 5V

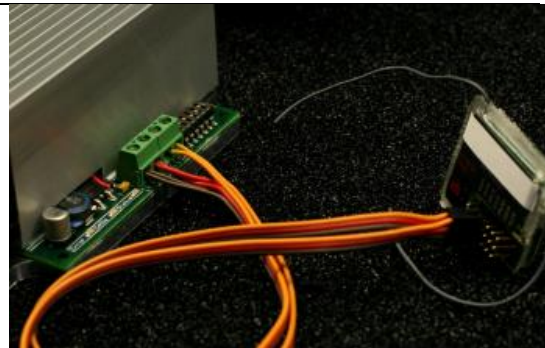


Figure 2.2: R/C input using a receiver powered from terminal 5V

Indicator LEDs

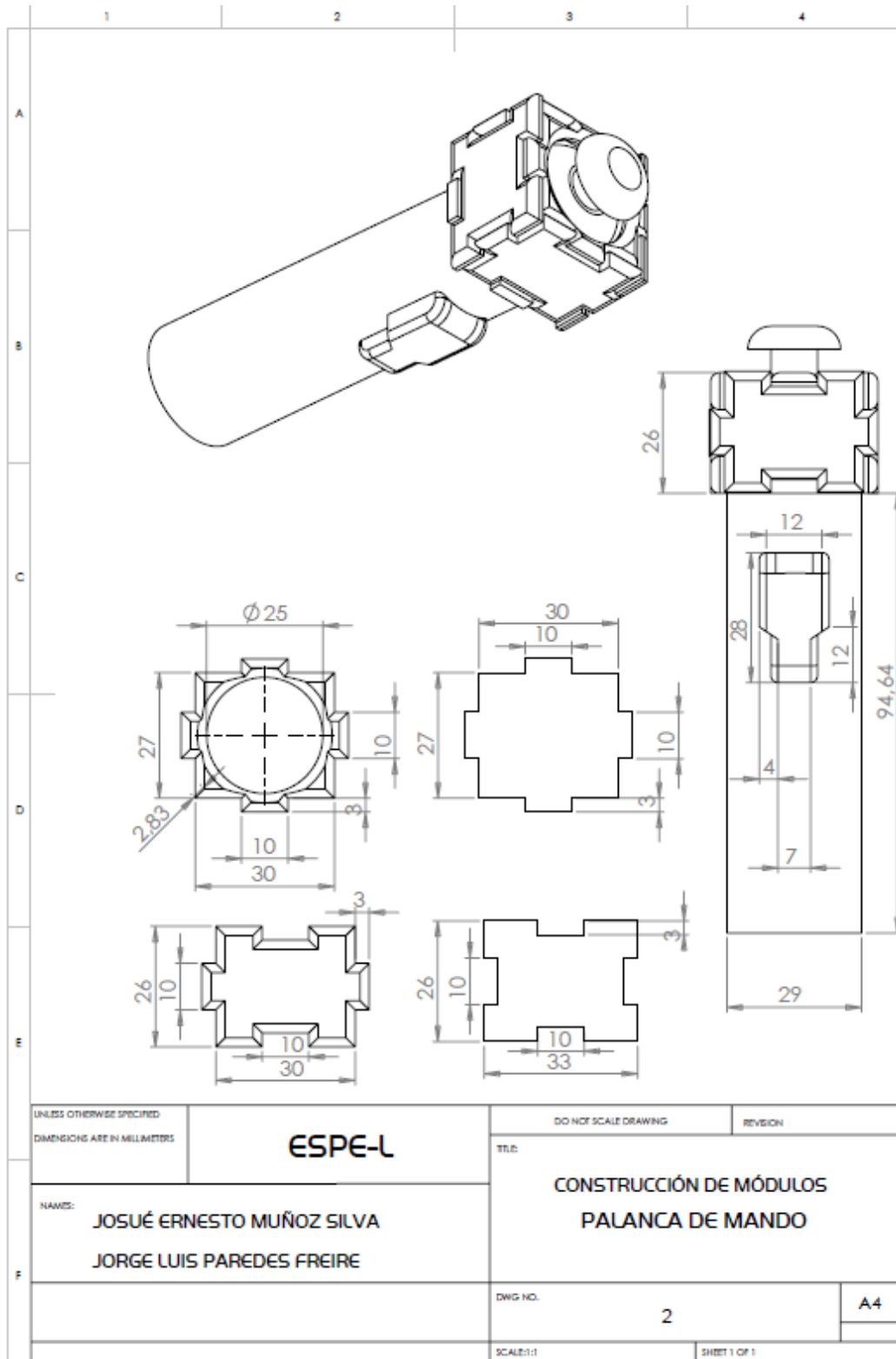
Sabertooth 2x50 has three indicator LEDs.

The green LED marked STATUS is used to communicate various information about the current state. In most cases STATUS acts as a power indicator. In R/C mode, it glows dimly if there is no link present and brightly if there is a link.

The green LED marked CELLS is only used in lithium mode. It blinks to indicate the number of lithium cells detected.



All LEDs on



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS

ESPE-L

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

NAME:
JOSUÉ ERNESTO MUÑOZ SILVA
JORGE LUIS PAREDES FREIRE

TITLE

CONSTRUCCIÓN DE MÓDULOS
PALANCA DE MANDO

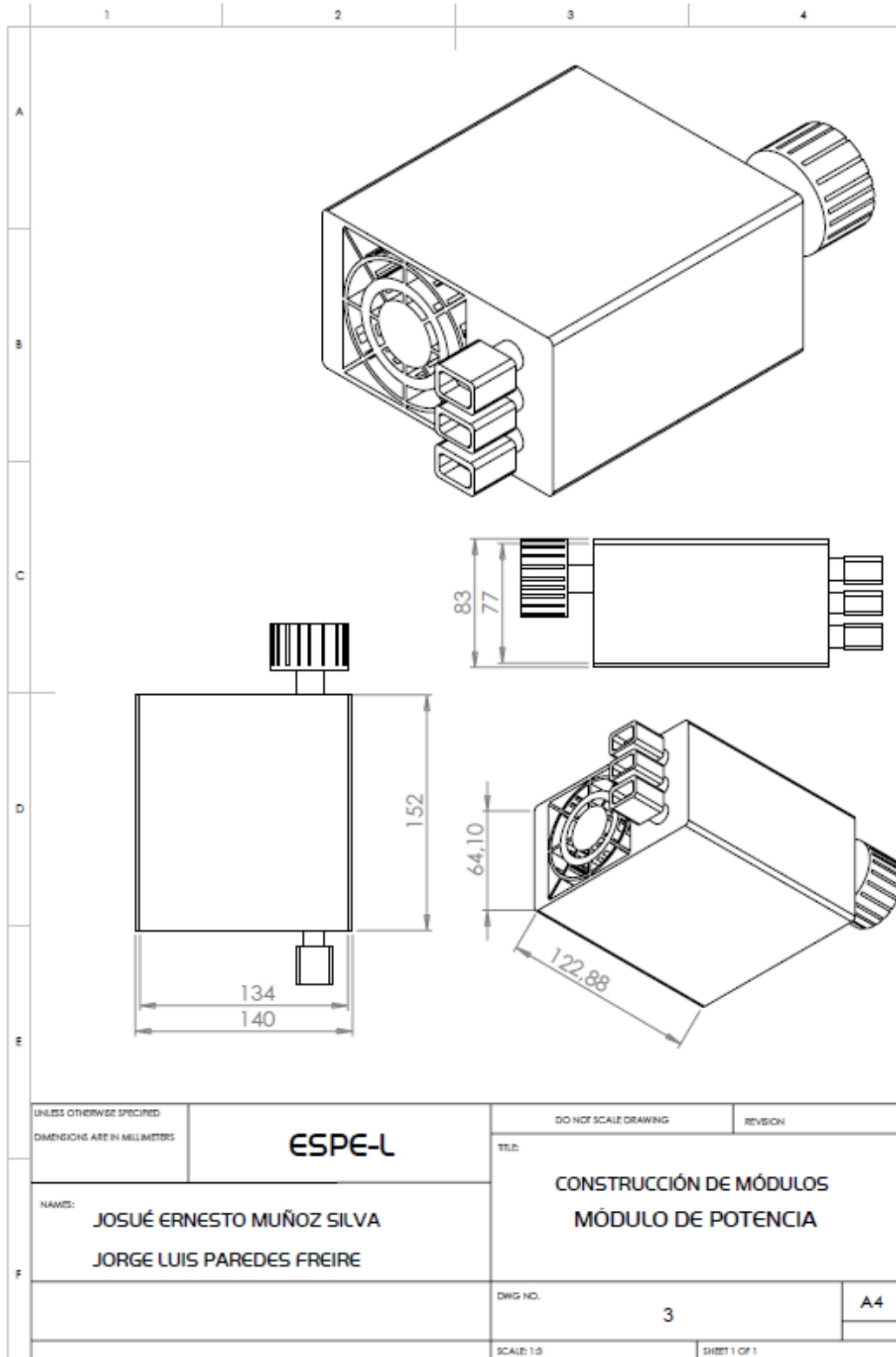
DWG NO.

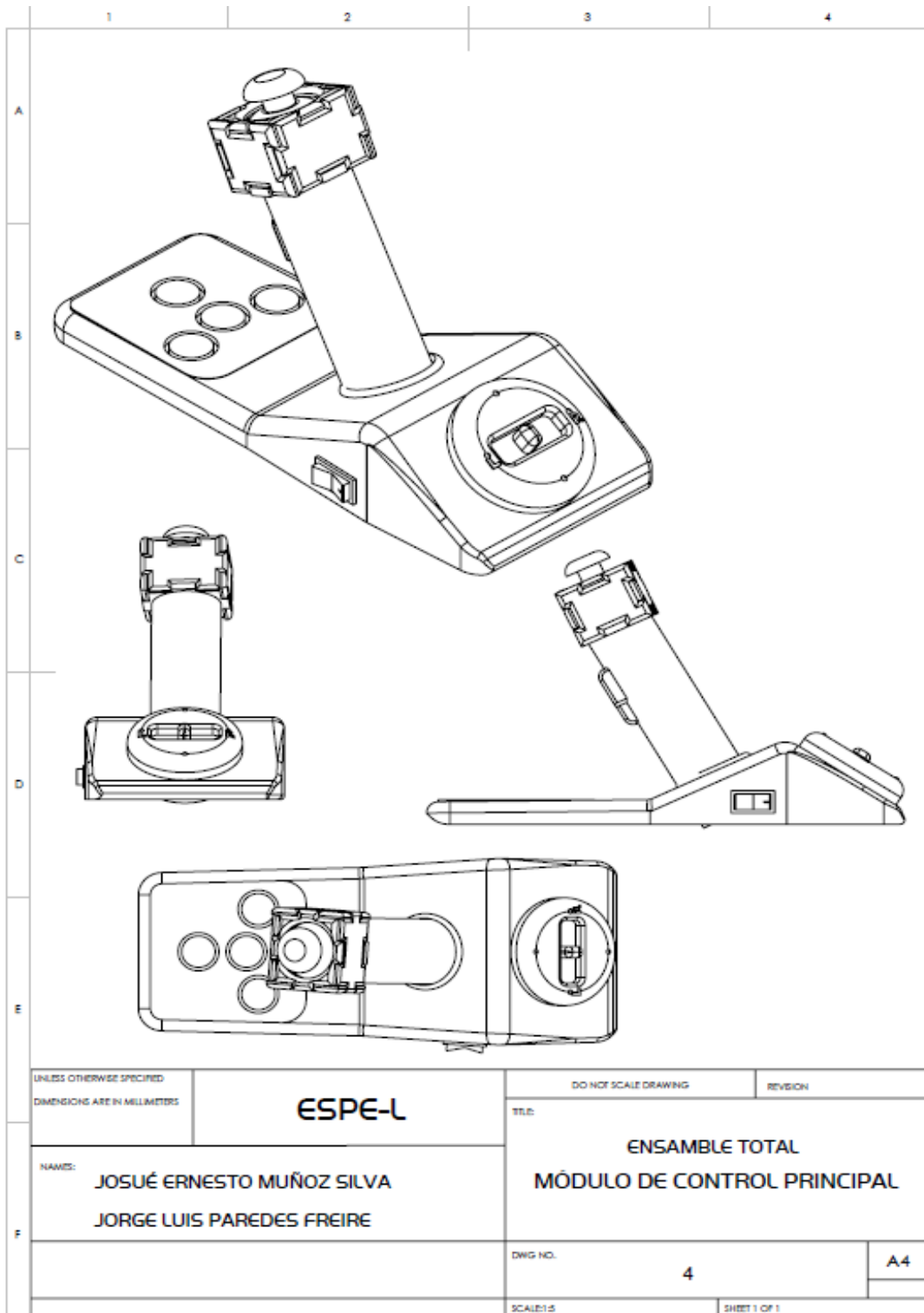
2

A4

SCALE:1:1

SHEET 1 OF 1





UNLESS OTHERWISE SPECIFIED
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS

ESPE-L

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

NAME:
JOSUÉ ERNESTO MUÑOZ SILVA
JORGE LUIS PAREDES FREIRE

TITLE:
ENSAMBLE TOTAL
MÓDULO DE CONTROL PRINCIPAL

DWG NO.

4

A4

SCALE:1:5

SHEET 1 OF 1

Anexo L: Programación de Microcontroladores

Microcontrolador PIC 16F877A

```
program Muerto
' Seccion de Declaracion
dim analogicoejex as word
dim analogicoejey as word
dim bateria as word
dim valorejex as word
dim valorejey as word
dim auxejex as word
dim auxejey as word
dim i as byte
dim dato as byte
dim velocidad as byte
dim a as word
dim x as byte
dim m as byte
dim n as word
dim j as word
dim valor_bat as byte
dim valor_vel as byte
dim valor_luc as byte
dim valor_bat_ant as byte
dim valor_vel_ant as byte
dim valor_luc_ant as byte
dim auxm as byte
dim auxprueba as word
dim auxpruebam as word
dim remoto as byte
dim act_luces as byte
```

'SECCION DE DECLARACION DE FUNCIONES Y PROCEDIMIENTOS

'Funcion de Conversion A/D

```
sub function conversor(dim canal as byte) as word
    result=ADC_Read(canal)
end sub
```

'Procedimiento de Alerta de Hombre Muerto Desactivado

```
sub procedure hambremuerto(dim valorx,valory as word)
    if portd.4=1 then
        if (valorx<=115) or (valorx>=140) or (valory<=115) or (valory>=140) then
            dato=15
        else
```

```

        dato=1
    end if
    valorejex=128
    valorejey=128
else
    if (valorx<=115) or (valorx>=140) or (valory<=115) or (valory>=140) then
        dato=25
    else
        dato=1
    end if
end if
end sub

```

'Procedimiento de Antirebote

```

sub procedure antirebote()
    anti:
        if (portd.2=0) or (portd.3=0) or (portd.7=0) then
            goto anti
        end if
end sub

```

'Procedimiento para la correccion de salida PWM

```

sub procedure prueba()
    auxprueba=a+x
    if auxprueba>=255 then
        auxprueba=255
    end if
    auxpruebam=a-x
    if x>a then
        auxpruebam=0
    end if
end sub

```

'Procedimiento para el movimiento del eje Y con direccion hacia la izquierda

sub procedure ejeizq (dim valorejey,auxejey as word)

```

if valorejey>140 then
    if valorejey>auxejey then
        if (valorejey<255-velocidad*23) then
            i=0
            while i<valorejey-auxejey
                a=auxejey+i
                prueba()
                PWM2_Set_Duty(auxprueba)
                PWM1_Set_Duty(a)
                i=i+3
            end while
        end if
    end if
end if

```

```

        wend
    else
        a=255-velocidad*23
        prueba()
        PWM2_Set_Duty(auxprueba)
        PWM1_Set_Duty(a)
    end if
end if
if valorejey<auxejey then
    if (valorejey<255-velocidad*23) and (auxejey<255-velocidad*23) then
        i=0
        while i<auxejey-valorejey
            a=auxejey-i
            prueba()
            PWM2_Set_Duty(auxprueba)
            PWM1_Set_Duty(a)
            i=i+3
        wend
    end if
end if
if valorejey<115 then
    if (valorejey<velocidad*23) and (auxejey<velocidad*23) then
        a=velocidad*23
        prueba()
        PWM2_Set_Duty(auxpruebam)
        PWM1_Set_Duty(a)
    end if
    if (valorejey<velocidad*23) and (auxejey>velocidad*23) then
        i=0
        while i<auxejey-velocidad*23
            a=auxejey-i
            prueba()
            PWM2_Set_Duty(auxpruebam)
            PWM1_Set_Duty(a)
            i=i+3
        wend
    end if
    if (valorejey>velocidad*23) and (auxejey>velocidad*23) then
        if valorejey>auxejey then
            i=0
            while i<valorejey-auxejey
                a=auxejey+i
                prueba()
                PWM2_Set_Duty(auxpruebam)
                PWM1_Set_Duty(a)
            wend
        end if
    end if
end if

```

```

        i=i+3
    wend
else
    i=0
    while i<auxejey-valorejey
        a=auxejey-i
        prueba()
        PWM2_Set_Duty(auxpruebam)
        PWM1_Set_Duty(a)
        i=i+3
    wend
end if
end if
if (valorejey>velocidad*23) and (auxejey<velocidad*23) then
    i=0
    while i<valorejey-velocidad*23
        a=velocidad*23+i
        prueba()
        PWM2_Set_Duty(auxpruebam)
        PWM1_Set_Duty(a)
        i=i+3
    wend
end if
end if
end sub

```

'Procedimiento para el movimiento del eje Y con direccion hacia la derecha
sub procedure ejeyder (dim valorejey,auxejey as word)

```

if valorejey>140 then
    if valorejey>auxejey then
        if (valorejey<255-velocidad*23) then
            i=0
            while i<valorejey-auxejey
                a=auxejey+i
                prueba()
                PWM2_Set_Duty(a)
                PWM1_Set_Duty(auxprueba)
                i=i+3
            wend
        else
            a=255-velocidad*23
            prueba()
            PWM2_Set_Duty(a)
            PWM1_Set_Duty(auxprueba)
        end if
    end if
end if

```



```

if valorejey<auxejey then
  if (valorejey<255-velocidad*23) and (auxejey<255-velocidad*23) then
    i=0
    while i<auxejey-valorejey
      a=auxejey-i
      prueba()
      PWM2_Set_Duty(a)
      PWM1_Set_Duty(auxprueba)
      i=i+3
    wend
  end if
end if
end if
if valorejey<115 then
  if (valorejey<velocidad*23) and (auxejey<velocidad*23) then
    a=velocidad*23
    prueba()
    PWM2_Set_Duty(auxpruebam)
    PWM1_Set_Duty(a)
  end if
  if (valorejey<velocidad*23) and (auxejey>velocidad*23) then
    i=0
    while i<auxejey-velocidad*23
      a=auxejey-i
      prueba()
      PWM2_Set_Duty(a)
      PWM1_Set_Duty(auxpruebam)
      i=i+3
    wend
  end if
  if (valorejey>velocidad*23) and (auxejey>velocidad*23) then
    if valorejey>auxejey then
      i=0
      while i<valorejey-auxejey
        a=auxejey+i
        prueba()
        PWM2_Set_Duty(a)
        PWM1_Set_Duty(auxpruebam)
        i=i+3
      wend
    else
      i=0
      while i<auxejey-valorejey
        a=auxejey-i
        prueba()
        PWM2_Set_Duty(a)

```

```

        PWM1_Set_Duty(auxpruebam)
        i=i+3
    wend
end if
end if
if (valorejey>velocidad*23) and (auxejey<velocidad*23) then
    i=0
    while i<valorejey-velocidad*23
        a=velocidad*23+i
        prueba()
        PWM2_Set_Duty(a)
        PWM1_Set_Duty(auxpruebam)
        i=i+3
    wend
end if
end if
end sub

```

'Funcion para la eleccion del movimiento en el eje Y

```

sub procedure ejex()
    if (valorejex>140) and (valorejex<=170) then
        x=25-5*velocidad
        act_luces=0
    end if
    if (valorejex>170) and (valorejex<=200) then
        x=50-10*velocidad
        act_luces=0
    end if
    if (valorejex>200) and (valorejex<=222) then
        x=75-15*velocidad
        act_luces=32
    end if
    if (valorejex>222) then
        x=100-20*velocidad
        act_luces=32
    end if
    if (valorejex<115) and (valorejex>=85) then
        x=25-5*velocidad
        act_luces=0
    end if
    if (valorejex<85) and (valorejex>=55) then
        x=50-10*velocidad
        act_luces=0
    end if
    if (valorejex<55) and (valorejex>=23) then
        x=75-15*velocidad
    end if
end procedure

```

```

    act_luces=64
end if
if (valorejex<23) then
    x=100-20*velocidad
    act_luces=64
end if
end sub

```

'Procedimiento del retardo para la carga de los capacitores

```

sub procedure carga()
    PWM1_Set_Duty(128)
    PWM2_Set_Duty(128)
    Delay_ms(3500)
end sub

```

'Procedimiento para la seleccion de la velocidad

```

sub procedure escoger_velocidad()
    if portd.2=0 then
        antirebote()
        velocidad=velocidad+1
    end if
    if portd.3=0 then
        antirebote()
        velocidad=velocidad-1
    end if
    if velocidad=5 then
        velocidad=4
    end if
    if (velocidad<=0) or (velocidad>5) then
        velocidad=0
    end if
end sub

```

'Procedimiento para la salida PWM

```

sub procedure salida_pwm ()
    if (valorejex >=115) and (valorejex <= 140) then
        if (valorejey>=115) and (valorejey<=140) then
            PWM1_Set_Duty(128)
            PWM2_Set_Duty(128)
            goto fin
        end if
        x=0
        ejeyizq(valorejey,auxejey)
        goto fin
    end if
    if (valorejey>=115) and (valorejey<=140) then

```

```

ejex()
if valorejex>140 then
    PWM1_Set_Duty(128)
    PWM2_Set_Duty(130+x)
end if
if valorejex<115 then
    PWM1_Set_Duty(130+x)
    PWM2_Set_Duty(128)
end if
goto fin
end if

```

```

ejex()
if valorejex>140 then
    ejeyizq(valorejey,auxejey)
end if
if valorejex<115 then
    ejeyder(valorejey,auxejey)
end if
fin:
end sub

```

'Procedimiento para el envio de datos de bateria

```
sub funcion valor_bateria() as byte
```

```

    bateria=bateria-178
    if bateria>=0 then
        valor_bat=201
    end if
    if bateria>=10 then
        valor_bat=202
    end if
    if bateria>=20 then
        valor_bat=203
    end if
    if bateria>=30 then
        valor_bat=204
    end if
    if bateria>=40 then
        valor_bat=205
    end if
    result=valor_bat
end sub

```

' Programa principal

```
main:
```

'Declaracion de palabras de configuracion e inicializacion de variables

```
trisa=255
trisb=0
trisc=128
trisd=255
trise=0
adcon1=%10000100
velocidad=0
clearbit(portc,0)
clearbit(portc,4)
clearbit(portc,5)
a=0
m=0
j=0
portb=0
valor_bat_ant=0
valor_vel_ant=0
valor_luc_ant=0
remoto=0
n=0
```

'Inicializacion de Librerias PWM y Transmision Serial

```
PWM1_Init(5000)
PWM2_Init(5000)
PWM1_Start
PWM2_Start
```

```
UART1_Init(9600)
Delay_100ms()
```

ingreso:

```
if (portd.0=0) and (portd.1=1)then
    dato=1
    n=n+1
    portb=2
    goto control_local
end if
if (portd.0=1) and (portd.1=0) then
    dato=2
    n=n+1
    portb=4
    goto control_remoto
end if
UART1_Write(0)
PWM1_Set_Duty(128)
```

```

PWM2_Set_Duty(128)
goto ingreso

control_local:
  if n>1 then
    portb=18
    n=100
  end if
  if n=1 then
    n=n+1
    carga()          'Tiempo de Carga de Capacitores para alcanzar el punto
Central
    portb=18
  end if
  if valor_luc=21 then
    portb=18+act_luces
  else
    portb=18
  end if
  analogicoejex=convensor(0) 'Conversion del Valor analogico del eje X del
Joystick
  analogicoejey=convensor(1) 'Conversion del Valor analogico del eje Y del
Joystick
  valorejex=analogicoejex/4
  valorejey=analogicoejey/4

  bateria=convensor(3)      'Conversion del valor analogico del estado de la
bateria
  bateria=bateria/4

  'Hombre_muerto
  hombremuerto(valorejex, valorejey)

  salida_pwm()

  valor_bat=valor_bateria()
  valor_vel=125-velocidad

  'Activaciòn de luces
  if portd.7=0 then
    antirebote()
    m=m+1
  end if

  if (m mod 2)=1 then
    setbit(portc,3)

```

```

        valor_luc=21
    else
        clearbit(portc,3)
        valor_luc=22
    end if

'Seguridad de Embragues
if (portd.5=0) or (portd.6=0) then
    valorejex=128
    valorejey=128
    if portd.5=0 then
        dato=10
    end if
    if portd.6=0 then
        dato=11
    end if
    if (portd.5=0) and (portd.6=0) then
        dato=12
    end if
    goto Transmision
end if

if valor_bat<>valor_bat_ant then
    while j<=100
        dato=valor_bat
        UART1_Write(dato)
        j=j+1
    wend
    j=0
end if

escoger_velocidad()

if valor_vel<>valor_vel_ant then
    while j<=100
        dato=valor_vel
        UART1_Write(dato)
        j=j+1
    wend
    j=0
end if

if valor_luc<>valor_luc_ant then
    while j<=100
        dato=valor_luc

```

```

        UART1_Write(dato)
        j=j+1
    wend
    j=0
end if

Transmission:
UART1_Write(dato)

auxejex=valorejex
auxejey=valorejey

valor_bat_ant=valor_bat
valor_vel_ant=valor_vel
valor_luc_ant=valor_luc

'Seguridad_Selector:
    if portd.0=1 then
        portb=16
        goto ingreso
    end if

    goto control_local

control_remoto:
clearbit(portc,3)
if n>1 then
    portb=20
    n=100
end if

'Codigo de recepcion de datos
if n=1 then
    n=n+1
    carga()          'Tiempo de Carga de Capacitores para alcanzar el punto
    Central
    portb=20
end if

UART1_Write(dato)
remoto=UART1_Read()

if remoto=5 then
    dato=5
    PWM1_Set_Duty(128)
    PWM2_Set_Duty(128)

```



```

    goto fin_remoto
end if
if remoto=10 then
    PWM1_Set_Duty(230)
    PWM2_Set_Duty(230)
    dato=50
    goto fin_remoto
end if
if remoto=20 then
    PWM1_Set_Duty(25)
    PWM2_Set_Duty(25)
    dato=50
    goto fin_remoto
end if
if remoto=30 then
    PWM1_Set_Duty(210)
    PWM2_Set_Duty(128)
    dato=50
    goto fin_remoto
end if
if remoto=40 then
    PWM1_Set_Duty(128)
    PWM2_Set_Duty(210)
    dato=50
    goto fin_remoto
end if
PWM1_Set_Duty(128)
PWM2_Set_Duty(128)
fin_remoto:
'Seguridad_Selector:
if portd.1=1 then
    portb=16
    goto ingreso
end if
goto control_remoto

end.

```

Microcontrolador PIC 18F4620

```

program SW_MONITOREO_GLCD_PIC18F4620_USART
'Declaración de variables
dim GLCD_DataPort as byte at PORTD
dim GLCD_CS1 as sbit at RB0_bit

```

```

    GLCD_CS2 as sbit at RB1_bit
    GLCD_RS as sbit at RB2_bit
    GLCD_RW as sbit at RB3_bit
    GLCD_EN as sbit at RB4_bit
    GLCD_RST as sbit at RB5_bit
dim GLCD_CS1_Direction as sbit at TRISB0_bit
    GLCD_CS2_Direction as sbit at TRISB1_bit
    GLCD_RS_Direction as sbit at TRISB2_bit
    GLCD_RW_Direction as sbit at TRISB3_bit
    GLCD_EN_Direction as sbit at TRISB4_bit
    GLCD_RST_Direction as sbit at TRISB5_bit
' End Glcd module connections
dim pag as byte
dim ingreso_manual as byte
'dim con_counter as byte
dim dato_serial as byte
dim anima as byte
dim anima_def as byte
dim i as byte
dim temp_bateria as byte
dim temp_bat_luz as byte

'Declaración de subfunciones
sub procedure antirebote()
    anti:
        if (portc.2=0)or(portc.1=0)or(portc.0=0) then
            goto anti
        end if
end sub

sub procedure Delay2S()
    Delay_ms(1000)
end sub

sub procedure contador_pag()
    if portc.2=0 then
        antirebote()
        pag=pag+1
    end if
    if portc.0=0 then
        antirebote()
        pag=pag-1
    end if
    if (pag>=10) then ' (pag>=7)
        pag=10
    ' pag=1
end sub

```

```

    end if
    if (pag<=0) then
        pag=1
    end if
end sub

sub procedure manual()
    if(portc.1=0)then
        antirebote ()
        ingreso_manual=ingreso_manual+1
    end if
    if(ingreso_manual>=2)then
        ingreso_manual=2
    end if
end sub

sub procedure tono()
    SetBit(portc,3)
    Delay_ms(100)
    ClearBit(portc,3)
    SetBit(portc,3)
    Delay_ms(200)
    ClearBit(portc,3)
end sub

sub procedure animation()
    anima=anima+1
    if (anima >= 2)then
        anima=2
    end if
end sub

sub procedure explorar_manual()
    escan_manual:
    ingreso_manual=0
    escan_ingreso_manual:
    manual()
    if (ingreso_manual=1)then
        contador_pag()
        if (pag=1) then
            Glcd_Image(@PRESMANUAL_1_bmp)
        end if

        if (pag=2) then
            Glcd_Image(@PAG_1_bmp)
        end if
    end if
end sub

```

```

if (pag=3) then
  Glcd_Image(@PAG_2_bmp)
end if
if (pag=4) then
  Glcd_Image(@PAG_3_bmp)
end if
if (pag=5) then
  Glcd_Image(@PAG_4_bmp)
end if
if (pag=6) then
  Glcd_Image(@PAG_5_bmp)
end if
if (pag=7) then
  Glcd_Image(@PAG_6_bmp)
end if
if (pag=8) then
  Glcd_Image(@PAG_7_bmp)
end if
if (pag=9) then
  Glcd_Image(@PAG_8_bmp)
end if
if (pag=10) then
  Glcd_Image(@PAG_9_bmp)
end if
goto escan_ingreso_manual
end if

if (ingreso_manual=2)then
  anima_def=anima_def+1
  if (anima_def >3)then
    anima_def=1
  end if
  if (anima_def=1)then
    Glcd_Image(@ELECTRO_bmp)
  end if
  if (anima_def=2)then
    Glcd_Image(@PRESENTACION_2_bmp)
  end if
  if (anima_def=3)then
    Glcd_Image(@PRES4_bmp)
  end if
  pag=1
end if
end sub

main:

```

```

UART1_Init(9600)
Delay_ms(100)
dato_serial=0
pag=0
ingreso_manual=0
anima_def=0
temp_bat_luz=2
Glcd_Init()
Glcd_Fill(0)

for i = 1 to 4
    Glcd_Image(@PRES1_bmp)
    Delay_ms(100)
    Glcd_Image(@PRES2_bmp)
    Delay_ms(100)
    Glcd_Image(@PRES3_bmp)
    Delay_ms(100)
next i
Glcd_Image(@PRES4_bmp)
Delay_ms(200)

Glcd_Image(@PRESENTACION_2_bmp)
Delay_ms(200)
Glcd_Image(@ELECTRO_bmp)
Delay_ms(100)

anima=0
serial:
dato_serial= UART1_Read()
if (dato_serial=0) then
    Glcd_Image(@ELECTRO_bmp)
    Delay_ms(50)
    explorar_manual()
end if

if (dato_serial=1) then
    Glcd_Image(@MODO_LOCAL_1_bmp)
    Delay_ms(50)
    explorar_manual()
end if

if (dato_serial=2) then
    Glcd_Image(@MODO_REMOTO_2_bmp)
    Delay_ms(50)

```

```

end if

while (dato_serial= 10)
  Glcd_Image(@RUEDA_IZQUIERDA_DESACOPLADA_10_bmp)
  Delay_ms(50)
  tono()
  dato_serial= UART1_Read()
wend

while (dato_serial= 11)
  Glcd_Image(@RUEDA_DERECHA_DESACOPLADA_11_bmp)
  Delay_ms(50)
  tono()
  dato_serial= UART1_Read()
wend

while (dato_serial= 12)
  Glcd_Image(@RUEDAS_DESACOPLADAS_12_bmp)
  Delay_ms(50)
  tono()
  dato_serial= UART1_Read()
wend

while (dato_serial= 15)
  Glcd_Image(@BOTON_SEGUR_NO_PRESIONADO_15_1_bmp)
  Delay_ms(350)
  tono()
  Glcd_Image(@BOTON_SEGUR_NO_PRESIONADO_15_2_bmp)
  Delay_ms(350)
  dato_serial= UART1_Read()
wend

while (dato_serial= 121)
  Glcd_Image(@MONITOREO_DE_VELOCIDAD_101_bmp)
  Delay_ms(150)
  dato_serial= UART1_Read()
wend

while (dato_serial= 122)
  Glcd_Image(@MONITOREO_DE_VELOCIDAD_102_bmp)
  Delay_ms(150)
  dato_serial= UART1_Read()
wend

while (dato_serial= 123)

```

```
    Glcd_Image(@MONITOREO_DE_VELOCIDAD_103_bmp)
    Delay_ms(150)
    dato_serial= UART1_Read()
wend
```

```
while (dato_serial= 124)
    Glcd_Image(@MONITOREO_DE_VELOCIDAD_104_bmp)
    Delay_ms(150)
    dato_serial= UART1_Read()
wend
```

```
while (dato_serial= 125)
    Glcd_Image(@MONITOREO_DE_VELOCIDAD_105_bmp)
    Delay_ms(150)
    dato_serial= UART1_Read()
wend
```

```
if dato_serial=201 then
    temp_bateria=1
end if
```

```
if dato_serial=202 then
    temp_bateria=2
end if
```

```
if dato_serial=203 then
    temp_bateria=3
end if
```

```
if dato_serial=204 then
    temp_bateria=4
end if
```

```
if dato_serial=205 then
    temp_bateria=5
end if
```

```
if dato_serial=21 then
    temp_bat_luz=1
    while (dato_serial= 21)
        Glcd_Image(@ACTIVACION_LUCES_21_bmp)
        Delay_ms(500)
        Glcd_Image(@ACTIVACION_LUCES_DIR_21_bmp)
        Delay_ms(500)
    end while
end if
```

```

    dato_serial= UART1_Read()
wend
end if

if dato_serial=22 then
    temp_bat_luz=2
end if

if (dato_serial=25) then
    if temp_bat_luz=2 then
        Glcd_Fill(0)
        Delay_ms(50)
        if temp_bateria=5 then
            Glcd_Image(@PANEL_PRIC_205_1_bmp)
            Delay_ms(100)
            Glcd_Image(@PANEL_PRIC_205_2_bmp)
            Delay_ms(100)
            Glcd_Image(@PANEL_PRIC_205_3_bmp)
            Delay_ms(100)
        end if
    end if

    if temp_bateria=4 then
        Glcd_Image(@PANEL_PRIC_204_1_bmp)
        Delay_ms(100)
        Glcd_Image(@PANEL_PRIC_204_2_bmp)
        Delay_ms(100)
        Glcd_Image(@PANEL_PRIC_204_3_bmp)
        Delay_ms(100)
    end if

    if temp_bateria=3 then
        Glcd_Image(@PANEL_PRIC_203_1_bmp)
        Delay_ms(100)
        Glcd_Image(@PANEL_PRIC_203_2_bmp)
        Delay_ms(100)
        Glcd_Image(@PANEL_PRIC_203_3_bmp)
        Delay_ms(100)
    end if

    if temp_bateria=2 then
        Glcd_Image(@PANEL_PRIC_202_1_bmp)
        Delay_ms(100)
        Glcd_Image(@PANEL_PRIC_202_2_bmp)
        Delay_ms(100)
        Glcd_Image(@PANEL_PRIC_202_3_bmp)
        Delay_ms(100)
    end if

```



```

end if

if temp_bateria=1 then
  Glcd_Image(@PANEL_PRIC_201_1_bmp)
  Delay_ms(100)
  Glcd_Image(@PANEL_PRIC_201_2_bmp)
  Delay_ms(100)
  Glcd_Image(@PANEL_PRIC_201_3_bmp)
  Delay_ms(100)
end if

end if

if temp_bat_luz=1 then
  Glcd_Fill(0)
  Delay_ms(50)
  if temp_bateria=5 then
    Glcd_Image(@PANEL_PRIC_LUZ_205_1_bmp)
    Delay_ms(100)
    Glcd_Image(@PANEL_PRIC_LUZ_205_2_bmp)
    Delay_ms(100)
    Glcd_Image(@PANEL_PRIC_LUZ_205_3_bmp)
    Delay_ms(100)
  end if
  if temp_bateria=4 then
    Glcd_Image(@PANEL_PRIC_LUZ_204_1_bmp)
    Delay_ms(100)
    Glcd_Image(@PANEL_PRIC_LUZ_204_2_bmp)
    Delay_ms(100)
    Glcd_Image(@PANEL_PRIC_LUZ_204_3_bmp)
    Delay_ms(100)
  end if
  if temp_bateria=3 then
    Glcd_Image(@PANEL_PRIC_LUZ_203_1_bmp)
    Delay_ms(100)
    Glcd_Image(@PANEL_PRIC_LUZ_203_2_bmp)
    Delay_ms(100)
    Glcd_Image(@PANEL_PRIC_LUZ_203_3_bmp)
    Delay_ms(100)
  end if
  if temp_bateria=2 then
    Glcd_Image(@PANEL_PRIC_LUZ_202_1_bmp)
    Delay_ms(100)
    Glcd_Image(@PANEL_PRIC_LUZ_202_2_bmp)
    Delay_ms(100)
    Glcd_Image(@PANEL_PRIC_LUZ_202_3_bmp)
  end if

```

```

    Delay_ms(100)
end if
if temp_bateria=1 then
    Glcd_Image(@PANEL_PRIC_LUZ_201_1_bmp)
    Delay_ms(100)
    Glcd_Image(@PANEL_PRIC_LUZ_201_2_bmp)
    Delay_ms(100)
    Glcd_Image(@PANEL_PRIC_LUZ_201_3_bmp)
    Delay_ms(100)
end if
goto serial

end.

```

Microcontrolador PIC 16F628A

```

program modulo
' Sección de declaraciones
dim dato as byte
dim i as word

main:
UART1_Init(9600)
Delay_100ms()
cmcon=7
trisb=0
trisa=255
dato=0
i=0
inicio:
    portb=8
    if (porta.0=1) and (porta.1=1) and (porta.2=1) and (porta.3=1) then
        dato=5
    end if
    if (porta.0=0) and (porta.1=1) and (porta.2=1) and (porta.3=1) then
        dato=10
    end if
    if (porta.0=1) and (porta.1=0) and (porta.2=1) and (porta.3=1) then
        dato=20
    end if
    if (porta.0=1) and (porta.1=1) and (porta.2=0) and (porta.3=1) then
        dato=30
    end if
    if (porta.0=1) and (porta.1=1) and (porta.2=1) and (porta.3=0) then
        dato=40
    end if

```

```
end if
  UART1_Write(dato)
goto inicio
```

```
end.
```

Anexo M: Manual de usuario

MANUAL DE USO



SILLA DE RUEDAS ELÉCTRICA

COMPONENTES DE LA SILLA DE RUEDAS ELÉCTRICA



Figura 1. Componentes de silla de ruedas (Diseño Ligero)

1. Reposapiés
2. Puerto de carga
3. Joystick Controlador
4. Módulo de visualización
5. Módulo de potencia
6. Brazo
7. Manija para empujar (plegable para un depósito compacto y transporte)
8. Batería
9. Luces
10. Motor
11. Rueda giratoria

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA

Tabla 1. Especificaciones técnicas del sistema

Modelo No. XFG-103FL (Diseño de peso ligero)	
Dimensiones	1030 x 640 x 930 mm
Peso neto (con baterías)	56kg/123.46 lbs
Peso neto (sin baterías)	36Kg/79.37lbs
Rueda delantera	200mm x 50mm/8 x 2"
Rueda trasera	320mm/1.25"
Capacidad de Peso	120kg/264.5lbs
Ajuste de la velocidad de avance	0-7 Km/h (ajustable)
Rango	Hasta 25Km/12 millas por carga de batería
Potencia del motor	24V/200Wx2
Radio de giro	400mm/15.7"
Batería	12V/24AHx2
Frenos	Frenos electromagnéticos
Anti-vuelco (2 ruedas traseras anti vuelco)	50mm x 25mm
Módulo de Control	c) Semiautomático (Modo local) d) Remoto (Modo remoto)
Módulo de visualización	Monitor y panel de acceso
Modulo de potencia	140mm x 85 mm x 150 mm
Luces	Led´s x 2
Direccionales	Led´s x 4
Cargador	AC 100-240V 50/60HZ 2A OUTPUT:24V-3A

CARACTERÍSTICAS DE CONDUCCIÓN

Tabla 2. Especificaciones técnicas del sistema

Radio de giro	Aproximadamente 50cm
Capacidad máxima de subida	12 grados
Altura máxima de obstáculos	40 mm

ÁMBITO DE UTILIZACIÓN

La gran cantidad de variantes de equipamiento y de accesorios, así como su estructura modular, permiten utilizar la silla en caso de imposibilidad de caminar/dificultad al caminar a causa de:

- Parálisis;
- Pérdida de las extremidades (amputación de piernas);
- Defectos/deformación de las extremidades;
- Contracciones / daños de las articulaciones;
- Enfermedades como insuficiencia coronaria y circulatoria, pérdidas del sentido del equilibrio, debilidad crónica y edad muy avanzada.

Además, en cada caso se deben tener en cuenta los aspectos siguientes:

- El tamaño y el peso de la persona (capacidad de carga máxima 120 Kg);
- El estado físico y psíquico;
- Las características de la vivienda y el entorno.

TÉCNICA DE CONDUCCIÓN

El sistema electrónico del panel de control "interpreta" los movimientos de la palanca de desplazamiento y ejecuta los desplazamientos necesarios de la silla de ruedas. Para una conducción normal no hacen falta habilidades especiales para su uso, lo que es una ventaja para un usuario sin experiencia.

Un buen método para empezar es simplemente presionar el botón de seguridad y desplazar la palanca de desplazamiento en la dirección a la que uno quiera ir. La silla de ruedas se moverá entonces en la dirección a la que señala la palanca de desplazamiento.



Figura 2. Movimientos del Joystick

¡ATENCIÓN!

Procure conducir siempre con precaución y evite frenazos fuertes y movimientos laterales bruscos.

ESQUEMA PANEL DE CONTROL



Figura 3. Panel de Control

Joystick

La función primaria del joystick es controlar la velocidad y la dirección de su Silla Eléctrica, mientras más lejos empuje la palanca del joystick de la posición del centro, la velocidad de la Silla será mayor. Cuando suelte la palanca los frenos se aplicarán de manera automática.

Botón de Encendido

El botón de encendido transmite energía al control electrónico, que a su vez es quien distribuye energía a toda la Silla de Ruedas Eléctrica. No utilice el botón de encendido para detener la marcha de la silla y menos si es una urgencia.

¡ATENCIÓN!

Si lo hiciera, pudiera acortar la vida de los componentes de su Silla de Ruedas Eléctrica.

OPCIONES DE CONFIGURACIÓN BOTONES DE FUNCIÓN

Esta silla de ruedas es apropiada para su uso tanto en interiores como en exteriores.

Hay que tomar las precauciones normales cuando se usa en interiores. Para exteriores, debe procurar conducir lentamente en pendientes pronunciadas y no superar bordillos más altos de 40 mm. Es aconsejable que en su primer paseo vaya con un acompañante.

Un paseo de prueba le será muy útil para familiarizarse con el manejo de la silla.

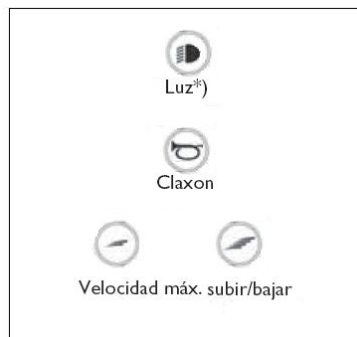


Figura 4. Botones del Panel de Control

En el panel de control hay hasta 4 botones de función.

La cantidad de botones de función/pilotos difiere dependiendo del nivel de equipamiento de su silla de ruedas.

Indicador de Batería

El indicador de Batería muestra cuando su Silla Eléctrica esta encendida, indica el estado de operación de su Silla.

Máxima Velocidad / Indicador (módulo de visualización)

Este indicador muestra la velocidad de la Silla de Ruedas Eléctrica. Hay cinco niveles de velocidad que van del nivel 1 que es el más bajo al nivel 5 que es el más alto.

¡ATENCIÓN!

Le recomendamos que las primeras veces que opere su Silla de Ruedas Eléctrica ajuste la perilla de respuesta de velocidad al mínimo hasta que esté familiarizado con su Silla.

Velocidad / Botón para Reducir la Velocidad

Este Botón disminuye la velocidad del sistema.

Claxon

Al presionar este botón sonará el claxon de su Silla de Ruedas Eléctrica.

Velocidad / Botón para Incrementar la Velocidad

Este Botón incrementa la velocidad del sistema.

CÓMO CARGAR LAS BATERÍAS

Para obtener un mayor rendimiento en la conducción y una vida larga de las baterías se recomienda cargarlas con regularidad.

Apague siempre la silla de ruedas cuando no esté en uso y no agote las baterías completamente. Acostúmbrese a cargar las baterías aun cuando no utilice la silla.

En el panel de control de la silla se puede ver por el indicador de la batería si la batería tiene que volver a cargarse. Si de todas formas se llegan a vaciar las baterías, es importante el recargarlas lo antes posible, porque una batería totalmente vacía tiene una vida útil más corta. La toma de carga se encuentra en la mayoría de nuestros modelos de silla directamente encima de la batería.

Le recomendamos recargar sus baterías por un periodo de 8 a 14 hrs.

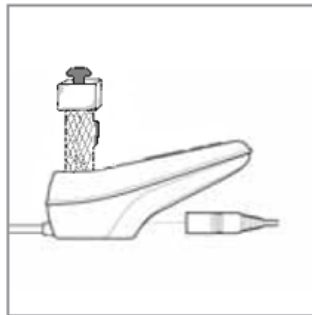


Figura 5. Toma de carga del panel de control.

¡ATENCIÓN!

No cubrir el cargador porque se puede recalentar.

El cargador tiene que tener suficiente espacio libre a su alrededor.

Al subir o bajar rampas, la luz del indicador de batería aumentará y disminuirá su intensidad, esto es algo normal no se preocupe.

CÓMO DESBLOQUEAR LOS FRENOS (Modo Manual)

Uso del desbloqueo manual del freno

La silla de ruedas dispone de un desbloqueo manual de freno, que hace posible que la silla de ruedas se desplace manualmente.

1. Apague la silla con el botón de Encendido/Apagado en el panel de control.
2. Mueva la palanca de desbloqueo hacia atrás. Ahora se puede maniobrar manualmente.

¡ATENCIÓN!

Vuelva a activar los frenos después del desplazamiento colocando la palanca en a su sitio. Si los frenos están desbloqueados, la silla de ruedas no se puede maniobrar con el mando.

MANTENIMIENTO

Al igual que cualquier otro producto técnico, esta silla de ruedas necesita mantenimiento.

Las siguientes indicaciones describen las medidas que se deben llevar a cabo para que pueda aprovechar todas las ventajas de esta silla de ruedas, incluso después de un uso prolongado.

ANTES DE EMPEZAR A CIRCULAR

- Revise las ruedas para comprobar que no presenten daños visibles ni suciedad.
- Limpie la suciedad, ya que pueden influir negativamente sobre el efecto de frenado del freno de estacionamiento.

En caso de daños de una rueda, le rogamos que acuda a un taller especializado autorizado para repararlos.

- Antes de empezar a circular, compruebe que los frenos de estacionamiento funcionen correctamente.
- Compruebe que haya suficiente aire en las ruedas y, en caso necesario, ínflelas.
- Cerciórese de que los tornillos estén bien apretados.
- Compruebe pulsando el botón de arranque en el mando que las baterías dispongan de suficiente carga, para que pueda recorrer todo el trayecto que desee.

APROXIMADAMENTE CADA 8 SEMANAS

En función de la frecuencia de uso, ponga unas gotas de aceite en los siguientes componentes:

- 1.- rodamientos (parte exterior);
- 2.- rodamiento de la palanca del freno (freno de estacionamiento);
- 3.- partes móviles de los apoyapiés.

APROXIMADAMENTE CADA 6 MESES

En función de la frecuencia de uso, compruebe lo siguiente:

- 1.- limpieza;
- 2.- estado general;
- 3.- función de las ruedas direccionales.

En caso de resistencia excesiva al rodar, limpie los rodamientos de las ruedas direccionales y, si esto no es suficiente, consulte a una persona especializada.

LIMPIEZA

Para que la silla de ruedas eléctrica se conserve en buen estado, también en su apariencia, debe cuidarla regularmente. Para ello, tenga en cuenta lo siguiente:

RECUBRIMIENTOS

Limpie los recubrimientos con agua tibia. En caso de suciedad difícil de quitar, los recubrimientos se pueden lavar con cualquier jabón para prendas delicadas del mercado. Las manchas se pueden quitar con una esponja o con un cepillo suave. Tenga cuidado de que los recubrimientos no estén constantemente húmedos.

No emplee detergentes agresivos como, por ejemplo, disolventes ni cepillos duros.

No asumimos ningún tipo de responsabilidad por los daños producidos por medios de limpieza inadecuados.

Tenga cuidado de que los recubrimientos de tela no estén constantemente húmedos.

Estos recubrimientos no se deben limpiar con chorros de vapor.

PARTES DE PLÁSTICO

Trate todas las partes de plástico de la silla de ruedas con los limpiadores de plástico usuales del mercado. Tenga en cuenta las informaciones específicas del producto.

REVESTIMIENTO

Si el revestimiento presentara daños por rayones o daños similares, trate el lugar dañado con una barra de laca que podrá obtener del distribuidor especializado. Si engrasa de vez en cuando las partes, la silla de ruedas funcionará correctamente durante más tiempo.

Para limpiar las piezas cromadas, al principio, basta frotarlas con un paño seco. Las zonas sin brillo o con suciedad difícil de quitar pueden limpiarse con los limpiadores de cromados de marca del mercado.

Si se aplica un poco de vaselina a las piezas de acero, se evita que el cromado pierda el brillo.

No se asume ningún tipo de responsabilidad por los daños personales o materiales producidos por la falta de mantenimiento o de cuidado.

ELECTRÓNICA

El control sólo se debe frotar con un paño ligeramente húmedo. No utilice materiales de pulimento ni utensilios de limpieza con bordes cortantes (esponja de metal, cepillos, agua etc.), ya que la superficie del control se puede rayar, dañándose así la protección contra las salpicaduras.

Compruebe regularmente que las conexiones insertables no estén corroídas ni dañadas, pues esto puede mermar la funcionalidad de la electrónica.

Antes de realizar trabajos de limpieza o mantenimiento, cerciórese de que las baterías se hayan separado de los componentes electrónicos para evitar así que circule corriente.

CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD

No lleve pasajeros

No manejar a través de una pendiente

No beber y conducir

No arrastrar un remolque

No encienda o utilizar dispositivos de comunicación de mando personal como banda ciudadana (CB), radios y teléfonos celulares.

No conduzca la silla eléctrica sin leer este manual de instrucciones.

No exceda el ángulo máximo de elevación.

No utilice la palanca de mando (joystick) de forma errática cuando sube o baja inclinaciones.

No llevar pasajeros ni exceder el peso máximo del usuario.

No apague el controlador de joystick cambiando el botón On / Off cuando se mueve a gran velocidad. Esto hará que los frenos electromagnéticos se accionen de inmediato y podría causar daños en el controlador de joystick.

No conducir sobre terreno profundo y suave (tierra blanda, grava suelta, hierba profunda).

No intente montar un bordillo de altura por encima de 50mm (2") a menos que las ruedas posteriores estén instaladas.

No montar o desmontar la silla eléctrica a menos que los frenos electromagnéticos se dedican y el controlador de joystick está apagado.

No haga funcionar la silla eléctrica si esta en modo manual.

No circular por carretera, excepto para cruzar entre las aceras.

No se siente en la silla cuando este en un vehículo, muévase a un asiento del vehículo.

No exceda de cualquier pendiente de más de 8 grados (14%).

Siempre deténgase completamente antes de cambiar hacia adelante o hacia atrás.

Siempre activa a baja velocidad al bajar pendientes (mover el joystick lentamente hacia la posición central para reducir la velocidad).

Siempre aproxímese y trepe sobre bordillos a baja velocidad.

Utilice siempre el cinturón de seguridad.

Mantenga siempre los pies sobre el reposapiés mientras se conduce

Asegúrese siempre de que las baterías están completamente cargadas antes de emprender un viaje.

Cargue siempre la silla eléctrica en un área bien ventilada para evitar cualquier posible riesgo.

¡Recuerde! Tener en cuenta a los peatones siempre que use la silla eléctrica. Usted es un peatón motorizado debe observar todas las reglas y regulaciones de otros peatones siempre que sea posible.