



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**“ Diadema inalámbrica para operar silla de ruedas para
personas discapacitadas”**

T E S I S

Que para obtener el título de:

Ingeniera en Computación

Presentan:

Guadalupe Elizabeth Coria Santos

Rocío Santiago Mejía



Director de tesis: Ing. Román Victoriano Osorio Comparan

México D. F.

2010



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedicatoria

A mis queridos padres, por sus sacrificios e innumerables enseñanzas, y porque no perdieron la esperanza.

A mis hermanos(as) por todo su apoyo.

A Miguel Ángel, por su amor y apoyo incondicional.

A mis sobrinos(as) por alegrar nuestras vidas.

A todas aquellas personas que forman parte de mi vida... a mis amigos(as)

... y a Lupita, por todo lo que pasamos para terminar esta tesis.

Gracias.

Rocío Santiago Mejía.

Dedicatoria

A mis padres, por guiarme, apoyarme y creer en mí en todo momento. Gracias por enseñarme lo que es la fortaleza, humildad, honestidad y sencillez.

A mis hermanos, por sus consejos y por estar siempre a mi lado.

A mis sobrinos por no dejarme olvidar que jugar y reír alimenta el alma.

A Héctor, por tantas horas de apoyo, por su comprensión y amor, gracias por dejarme ser parte de tu vida.

A Ross, por aguantarme todo este tiempo.

A mis amigos, por compartir mis alegrías y tristezas, por animarme a seguir a pesar de todo.

A todas aquellas personas que colaboraron de alguna manera, ustedes saben cuánto les agradezco.

A Vicente, donde quiera que se encuentre†.

Gracias a todos, los quiero mucho.

Guadalupe Elizabeth Coria Santos

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México, máxima casa de estudios, por brindarnos sus conocimientos, y ser un segundo hogar.

A la Facultad de Ingeniería y a sus profesores, por sus enseñanzas.

Al Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas (IIMAS), por el apoyo recibido y la oportunidad de desarrollar esta tesis.

A Francisco Hernández Hernández, Erick Hernández Apolinar y Héctor Uriel Cienfuegos Morales, por sus valiosas asesorías.

Gracias.

Guadalupe Elizabeth Coria Santos

Rocío Santiago Mejía.

ÍNDICE

| | |
|-----------------|---|
| Introducción | 1 |
| Estado del arte | 3 |

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES

| | | |
|-------|--------------------------------------|----|
| 1.1 | Conceptos Médicos | 5 |
| 1.1.1 | Discapacidad | 5 |
| | 1.1.1.1 Tipos de discapacidad | 7 |
| 1.1.2 | Anatomía de la columna vertebral | 7 |
| 1.2 | Elementos de Electrónica | 9 |
| 1.2.1 | Sensores | 9 |
| | 1.2.1.1 Tipos de sensores | 9 |
| 1.2.2 | Microcontroladores | 10 |
| 1.3 | Sistemas de Comunicación inalámbrica | 11 |
| 1.3.1 | Espectro Electromagnético | 11 |
| 1.3.2 | Radiofrecuencia | 13 |
| 1.3.3 | Comunicación Inalámbrica | 14 |
| 1.3.4 | PWM | 16 |
| 1.4 | Software | 17 |
| 1.4.1 | Lenguaje C | 17 |
| 1.4.2 | MPLAB v7.5 | 17 |
| 1.4.3 | CCS | 18 |
| 1.4.4 | Interfaz con la PC | 18 |

CAPÍTULO 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

| | | |
|-------|--|----|
| 2.1 | Objetivo del proyecto | 19 |
| 2.2 | Definición del problema | 20 |
| 2.3 | Propuesta de solución | 20 |
| 2.3.1 | Selección de los sensores | 21 |
| 2.3.2 | Ubicación de los sensores | 23 |
| 2.3.3 | Selección del microcontrolador | 23 |
| 2.3.4 | Selección del transmisor y receptor inalámbricos | 25 |
| 2.3.5 | Protocolo de comunicación | 25 |
| 2.3.6 | Sistema de seguridad | 26 |
| 2.3.7 | Programación | 26 |

CAPÍTULO 3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN.

| | | |
|-------|--|----|
| 3.1 | Elementos que constituyen el sistema | 28 |
| 3.1.1 | Caracterización del acelerómetro MMA2260D | 29 |
| 3.1.2 | Caracterización del microcontrolador PIC16F877 | 38 |
| 3.1.3 | Dispositivo transmisor TLP-434A | 40 |
| 3.1.4 | Dispositivo receptor RLP-434 | 40 |
| 3.2 | Direcciones de movimiento | 41 |
| 3.3 | Rangos de movimiento | 41 |
| 3.4 | Módulos del sistema | 43 |
| a. | Módulo sensores de inclinación | 43 |
| b. | Módulo procesamiento y transmisión de datos | 43 |
| c. | Módulo recepción de datos | 46 |
| 3.5 | Diagramas de flujo | 48 |
| 3.5.1 | Lectura de sensores | 48 |
| 3.5.2 | Transmisión de datos | 50 |
| 3.5.3 | Recepción de datos | 52 |
| 3.6 | Implementación de la Diadema inalámbrica | 56 |

CAPÍTULO 4. PRUEBAS Y RESULTADOS

| | | |
|-----|---|----|
| 4.1 | Prueba con rangos de 20 a 50 grados de inclinación para ambos sensores y PWM de 100% | 60 |
| 4.2 | Prueba con rangos de 25 a 45 grados de inclinación para ambos sensores y PWM de 85 % | 61 |
| 4.3 | Prueba con rangos de 20 a 35 grados de inclinación para ambos sensores y PWM de 75 % | 62 |
| 4.4 | Prueba con rangos de inclinación personalizados para cada uno de los sensores, PWM de 75 % y sensor de voltaje en Módulo procesamiento y transmisión de datos | 63 |
| 4.5 | Prueba con rangos de inclinación personalizados para cada uno de los sensores, PWM de 75 %, sensor de voltaje en Módulo procesamiento y transmisión de datos y sensor de voltaje en Módulo recepción de datos | 64 |
| 4.6 | Prueba sin antena, con/sin obstáculos, con/sin interferencias (celulares, televisión, computadora, etc.) | 66 |

| | |
|---|-----|
| 4.7 Pruebas con antena, con/sin obstáculos, con/sin interferencias (celulares, televisión, computadora, etc.) | 67 |
| CONCLUSIONES | 70 |
| APÉNDICES | 72 |
| 1. Circuitos eléctricos (transmisor y receptor) | 73 |
| 2. Código fuente | 75 |
| 3. Glosario | 87 |
| 4. Especificaciones técnicas de los circuitos integrados | 89 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 116 |

INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos del hombre desde sus inicios hasta hoy en día, es mejorar cada vez más sus condiciones de vida, uno de estos esfuerzos consiste en disminuir y facilitar el proceso del trabajo en todas las actividades sociales existentes y dotar de cierta autonomía a las actividades cotidianas y privadas que le brinden una mejor oportunidad de vida.

En nuestro país la población con capacidades diferentes sufre de indiferencia social que conlleva a la discriminación y falta de atención adecuada.

Una forma de contribuir a solucionar ese problema, es el desarrollo de proyectos que brinden independencia y mejor calidad de vida, tal es el caso del proyecto de tesis que aquí se plantea y que está pensado para facilitar el desplazamiento de una persona en silla de ruedas. El objetivo principal de la tesis está enfocado a la ayuda de personas que sufran de alguna discapacidad motriz, ya sea ligera o severa.

En la tesis, se diseña y desarrolla una **Diadema Inalámbrica (DI)** prototipo para la operación de una silla de ruedas electromecánica por medio de movimientos de la cabeza, el usuario podrá desplazarse en cualquier dirección, por ejemplo: adelante, atrás, adelante-derecha, adelante-izquierda, atrás-derecha, atrás-izquierda, así como también contará con parada de emergencia o estado de modo pausa.

A modo de prueba final se usará una plataforma móvil con dos motores, uno para la tracción y otro para la dirección (carro de juguete en este caso), el cual sustituye los movimientos que tendría en una silla de ruedas electromecánica.

La razón principal para usar la plataforma móvil es la dificultad en conseguir una silla propia por su costo elevado y el hermetismo por parte de los fabricantes de sillas de ruedas en otorgar información de las características de los motores, mismas que se requieren para el diseño de una etapa de acoplamiento entre el sistema digital y la etapa de potencia (motores).

El proyecto se divide en tres módulos principales:

- 1) Sensores de inclinación.
- 2) Procesamiento y transmisión de datos.
- 3) Recepción de datos.

ESTADO DEL ARTE

Los siguientes trabajos describen brevemente los sistemas que existen en el ámbito internacional sobre los dispositivos existentes para la ayuda de desplazamiento para personas discapacitadas, los cuales se toman de referencia para el desarrollo del siguiente proyecto de tesis.

1. Diseño y evaluación de una unidad de control de una silla de ruedas con la cabeza para pacientes cuadripléjicos. (Lozac'h Y, Gosselin G, Sherman ED, Gingra G. Canadá, 1976). [1]

Esta unidad fue diseñada para permitir a personas que han perdido la función de las manos o de algún brazo para controlar la silla de ruedas y su velocidad, el movimiento va dirigido con la rotación de la cabeza. Cuando es posible, el movimiento del hombro es usado para controlar la reversa o movimiento hacia atrás. La evaluación clínica en 10 pacientes con cuadriplejia y 2 con la enfermedad neuromuscular severa mostraron que este sistema no interfirió con los movimientos del cuerpo naturales de los pacientes, este sistema se aceptó y se integró a la vida de los pacientes.

2. Silla de Ruedas Inteligente Controlada por Voz (J. M. Alcubierre, J. Minguez, L. Montesano, L. Montano, O. Saz, E. Lleida, España. 2005). [2]

Este sistema es una silla de ruedas robotizada, la cual está equipada con dos computadoras y sensores para medir y procesar la información del entorno para que funcione adecuadamente. Además, dispone de un sistema de movimiento autónomo y un sistema de reconocimiento de voz. El usuario puede introducir la localización hacia la que desea dirigir la silla o el movimiento que desea realizar por medio de órdenes verbales. La silla

ejecuta las órdenes moviéndose de manera autónoma hacia las posiciones introducidas por el usuario. Aumenta las posibilidades de traslado de personas con severas discapacidades motrices.

3. Silla de ruedas orientada con la cabeza para personas con alguna discapacidad (Y.-L. Chen, S.-C. Chen, W.-L. Chen, y J.-F. Lin, Taiwán. 2002). [3]

Este sistema involucra un modulo de sensor de inclinación, el cual está en una diadema, que se coloca en la cabeza del usuario. Con estos sensores de inclinación se controla la dirección y la velocidad de la silla de ruedas. En la cabeza del usuario se tiene una diadema, con una extensión hasta la boca, en la cual se puede soplar para realizar una parada de emergencia.

Los movimientos a los cuales responde son izquierda, derecha, atrás, adelante; según sea la inclinación del usuario. Los tres módulos principales son: (a) el módulo de sensor de inclinación; (b) el módulo de procesamiento de señal; y (c) módulo de control principal.

De los sistemas mencionados anteriormente, el que más se asemeja a este proyecto es este último, y de la misma forma se hará uso de sensores de inclinación, sin embargo, como mejoramiento se hará de forma inalámbrica, y es específicamente para personas sin movimiento en sus cuatro extremidades, orientado así, a un problema más específico.

CAPÍTULO

1. Antecedentes

En este capítulo se introduce a los diferentes tipos de discapacidades y aquellos elementos que son necesarios para el desarrollo de este sistema. Existe la aplicación de conocimientos tales como: programación, electrónica, robótica, comunicaciones analógicas y digitales.

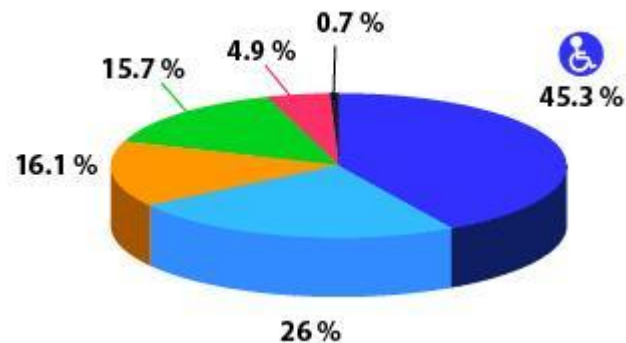
1.1 Conceptos Médicos

1.1.1 Discapacidad

La discapacidad indica los aspectos negativos de la interacción entre un individuo con una condición de salud dada y los factores contextuales (ambientales y personales). Es el término genérico que engloba todos los componentes: deficiencias, limitaciones en la actividad y restricciones en la participación social.

En México existe un alto porcentaje de discapacidad, el mayor corresponde a la motriz; en este tipo de discapacidad es donde se encuentran las personas tetraplégicas, es decir, aquellas personas que han perdido movimiento y sensación en ambas partes, superior e inferior de su cuerpo.

Estadísticas del INEGI^[4] mencionan que en México existía 1 millón 795 mil personas discapacitadas para el año 2000, de ellas 45.3 % motriz, 26 % visual, 16.1 % mental, 15.7 % auditiva, 4.9 % de lenguaje y 0.7% discapacidad congénita. Por cada 100 personas, el 32 % la adquirió por enfermedad, 23 % por edad avanzada, 19 % por herencia, 18 % por lesión o accidente y 8 % otras causas.



Al 2000, 72.6% de la población con discapacidad habita en comunidades urbanas y 27.4%, en rurales.

En los niños de 0 a 14 años y los jóvenes de 15 a 29 años, las discapacidades con mayor frecuencia son de tipo mental y de lenguaje, mientras que para la población de 60 años y más, son la motriz, auditiva y visual.



1.1.1.1 Tipos de discapacidad^[4]

Los tipos más conocidos son:

Motriz. Se refieren a la pérdida o limitación de una persona para moverse, caminar, mantener algunas posturas de todo el cuerpo o de una parte del mismo.

Visual. Incluye la pérdida total de la vista, así como la dificultad para ver con uno o ambos ojos.

Mental. Abarca las limitaciones para el aprendizaje de nuevas habilidades, alteración de la conciencia y capacidad de las personas para conducirse o comportarse en las actividades de la vida diaria, así como en su relación con otras personas.

Auditiva. Corresponde a la pérdida o limitación de la capacidad para escuchar.

De lenguaje. Limitaciones y problemas para hablar o transmitir un significado entendible.

Del total de la población con discapacidad, 45% presenta limitación motriz; 26%, visual; 16%, mental; casi con el mismo porcentaje, auditiva; y 5%, de lenguaje. Además, existen otros tipos de discapacidad que representan menos de 1%.

1.1.2 Anatomía de la columna vertebral^[5]

La columna está formada por 33 vértebras, que son las siguientes (Fig. 1.1):

- 7 cervicales (en el cuello).
- 12 dorsales (en la parte superior de la espalda).
- 5 lumbares (en la parte inferior de la espalda).
- 5 sacras* (en el sacro, situado en la pelvis).
- 4 coccígeas* (en el cóccix, situado en la pelvis).

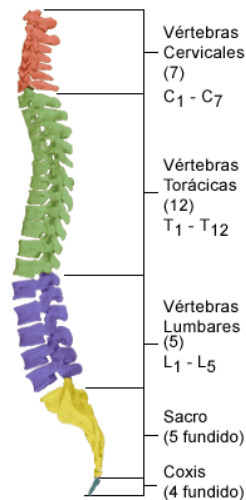


Fig. 1.1 Columna vertebral

*Al alcanzar la edad adulta, las 5 vértebras sacras se fusionan hasta formar un solo hueso, al igual que las 4 coxígeas

Las vértebras sirven para estabilizar la columna y proteger la médula espinal. Generalmente, cuanto más alta sea la zona de la médula espinal en la que se produce la lesión, mayor discapacidad tendrá el paciente (Cuadro 1.1).

| Nivel de la lesión | Posible deterioro |
|---------------------------|--|
| C2 - C3 | Generalmente mortal debido a la incapacidad para respirar |
| C4 | Tetraplejía y dificultad para respirar. |
| C5 | Tetraplejía con cierta funcionalidad en el hombro y el codo. |
| C6 | Tetraplejía con funcionalidad en el hombro y el codo y cierta funcionalidad en la muñeca. |
| C7 | Tetraplejía con funcionalidad en el hombro, el codo y la muñeca y cierta funcionalidad en la mano. |
| C8 | Tetraplejía con funcionalidad normal del brazo; debilidad de la mano. |

| | |
|-----------------|---|
| T1 - T6 | Tetraplejía con pérdida de funcionalidad por debajo de la mitad del pecho; control total de los brazos. |
| T6 - T12 | Tetraplejía con pérdida de funcionalidad por debajo de la cintura; buen control del torso. |
| L1 - L5 | Tetraplejía con niveles variables de afectación de los músculos de las piernas. |

Cuadro 1.1 **Vértebras y nivel de lesión**

Las lesiones de las vértebras no siempre implican que se haya dañado la médula espinal. Asimismo, el daño de la propia médula espinal puede producirse sin que haya fracturas ni dislocaciones de las vértebras.

1.2 Elementos de Electrónica

1.2.1 Sensores

Dispositivo sensible que utiliza un fenómeno físico o químico dependiente de la naturaleza y el valor de la magnitud físico-química a medir, lo cual permite la transducción del estímulo a una señal utilizada directa o indirectamente como medida. ^[6]

1.2.1.1 Tipos de sensores^[7]

- **Sensores de inclinación (tilt)**

Los tilt *switches* se activan cuando son inclinados con respecto a una posición horizontal. La inclinación requerida para que el *switch* cambie de estado (ej: *on* a *off*) es llamada: ángulo diferencial. Es muy importante para poder realizar diseños, entender que el sensor debe superar el ángulo diferencial para activarse, y que en posición horizontal estará cerrado o abierto según corresponda.

- **Sensores de Inclinación Inerciales Schaevitz.**

Son dispositivos extremadamente sensibles, capaces de medir inclinación horizontal y vertical. Todos ellos funcionan como sistema servo de lazo cerrado. Algunas aplicaciones típicas son: Pendiente de carreteras, alineamiento de taladros/túneles, armamento, orientación de satélites, control de inclinación en trenes y en general aplicaciones que requieren gran precisión.

- **Inclinómetros (inclinometers and tilt sensors)**

Miden la orientación del vector de gravedad (nivel o plomada digital)

Tecnologías:

- ✓ *switches* de mercurio o electrolíticos
- ✓ mecánicos (en base a péndulos o potenciómetro y plomada)
- ✓ basados en acelerómetros
- ✓ estado sólido

1.2.2 Microcontroladores^[8]

Existe una gran diversidad de microcontroladores. La clasificación más importante es de 4, 8, 16 ó 32 bits. Aunque las herramientas de los microcontroladores de 16 y 32 bits son superiores a los de 4 y 8 bits, la realidad es que los de 8 bits dominan el mercado y los de 4 bits se resisten a desaparecer. La razón de esta tendencia es que los microcontroladores de 4 y 8 bits son apropiados para la gran mayoría de las aplicaciones, lo que hace absurdo emplear micros más potentes y consecuentemente más caros.

Para escoger el microcontrolador a utilizar en un diseño concreto hay que tener en cuenta multitud de factores, como la documentación y herramientas de desarrollo disponibles, su precio, la cantidad de fabricantes que lo producen y las características del microcontrolador (tipo de memoria de programa, número de temporizadores, interrupciones, etc.), la disponibilidad de los microcontroladores en el mercado, tipos de entradas/salidas, facilidad de programación, portabilidad del código generado, soporte técnico por parte del fabricante, etc.

1.3 Sistemas de Comunicación Inalámbrica. ^[9,10]

1.3.1 Espectro Electromagnético

El espectro electromagnético es un conjunto de ondas electromagnéticas que van desde las ondas con mayor longitud como hasta las que tienen menor longitud.

Llamado espectro de radiofrecuencia, formado por bandas espectrales de ondas hertzianas que permiten el funcionamiento de tecnologías y servicios inalámbricos.

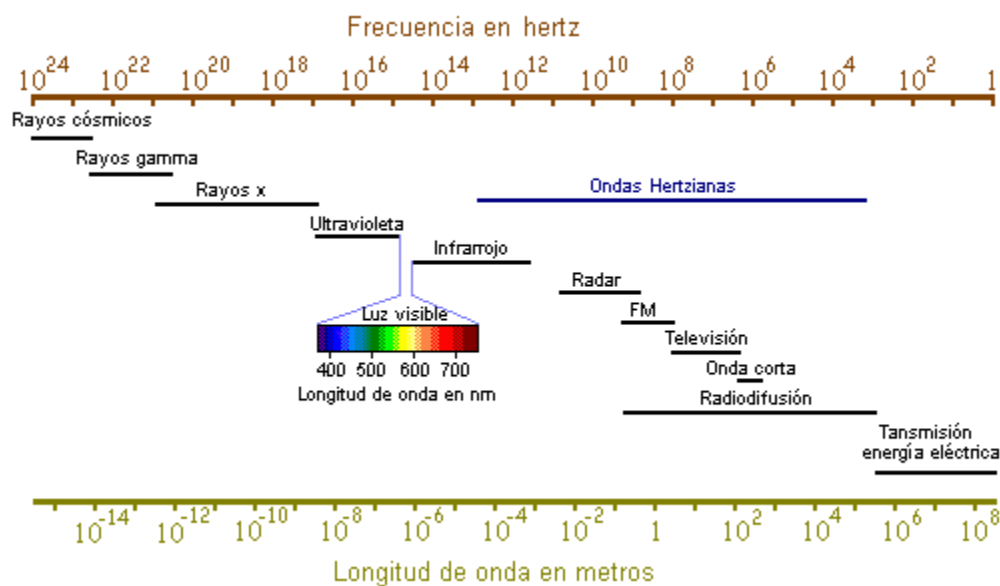


Fig. 1.2 Espectro de Radiofrecuencia

Según se incrementa la frecuencia de las ondas electromagnéticas más allá del espectro de RF, su energía toma la forma de ondas infrarrojas (IR), visibles, ultravioletas (UV), rayos X y rayos gama. El espectro generalmente se divide en siete tipos de radiación: radio, microondas, infrarroja, visible, ultravioleta, rayos x, y gamma.

Ondas de radio: Estas ondas se usan para transmitir las estaciones de radio, pero también es un tipo de radiación proveniente del Sol. Las ondas de radio tienen la frecuencia más baja y la longitud de onda más larga de todas las ondas del espectro electromagnético.

Microondas: Las microondas tienen una longitud de onda un poco más pequeña, y por tanto mayor energía que las ondas de radio. Las microondas pueden ser usadas para estudiar al Universo, comunicarse con satélites en órbita terrestre.

Radiación Infrarroja: La radiación infrarroja tiene longitud de ondas más largas que la radiación visible, y más corta que la radiación microondas. La radiación infrarroja es generalmente usada por los instrumentos de sensibilidad remota de los satélites para detectar recubrimientos vegetales, propiedades biológicas, formaciones geológicas, emisiones provenientes de la atmósfera de la Tierra y vapor de agua en la atmósfera. Los satélites pueden recolectar información de radiación infrarroja durante el día o la noche debido a que las mediciones se basan en temperatura y no en radiación visible.

Radiación visible: Esta es la parte del espectro electromagnético que los humanos podemos ver. Dentro del espectro de luz visible, la luz roja viaja en forma de ondas amplias y de baja frecuencia, mientras que la luz violeta viaja en ondas de frecuencia alta, más pequeñas.

Radiación ultravioleta: Con un poco de más energía que la del extremo violeta del espectro de luz visible, la radiación ultravioleta representa tan sólo un 5 por ciento de toda la energía proveniente del Sol. La mayoría de la luz ultravioleta que proviene del Sol se encuentra bloqueada por la atmósfera de la Tierra, pero algo logra pasar y ayuda a las plantas en la fotosíntesis y también a producir vitamina D en los humanos. Demasiada cantidad de luz ultravioleta puede causar quemaduras de piel, cáncer de piel y cataratas, así como dañar la vegetación.

Radiación de Rayos X: Los Rayos X son una radiación con una longitud de onda corta y energía elevada. Tienen longitudes de ondas más cortas que la ultravioleta, pero con longitud de onda más largas que los rayos gamma. Debido a que los Rayos X tienen más energía que la luz visible, viajan a través de materiales como el tejido de la piel y órganos y rebota contra huesos sólidos.

Radiación Gamma: Los rayos gamma vibran más rápidamente que cualquier otro tipo de radiación. Esto significa que viajan con las longitudes de onda más cortas.

Cada uno de estos tipos de onda comprende un intervalo definido por una magnitud característica que puede ser la longitud de onda (λ) o la frecuencia (f).

$$\lambda = \frac{c}{f} \text{ ----- (1)}$$

donde c es la velocidad de la luz en el vacío ($c = 3 \cdot 10^8$ m/s).

1.3.2 Radiofrecuencia

Radiofrecuencia (RF) es un término que se refiere a la corriente alterna (AC) con características tales que, si ésta es alimentada a una antena, se genera un campo electromagnético adecuado para transmisión de datos de modo inalámbrico.

Estas frecuencias cubren un rango significativo del espectro de radiación electromagnética, es la porción menos energética del espectro electromagnético, que van desde los 3 Hz hasta los 300 Ghz. La radiación viaja en ondas electromagnéticas, se les llama ondas electromagnéticas porque la energía tiene tanto propiedades magnéticas como eléctricas.

Dichas frecuencias cubren las siguientes bandas del espectro (Cuadro 1.2):

| NOMBRE | ABREVIATURA (Inglés) | BANDA ITU* | FRECUENCIAS | LONGITUD DE ONDA |
|-----------------------|-------------------------|------------|---------------|-------------------|
| Extra baja frecuencia | ELF | 1 | 3-30 Hz | 100,000–10,000 Km |
| Super baja frecuencia | SLF | 2 | 30-300 Hz | 10,000–1000 Km |
| Ultra baja frecuencia | ULF | 3 | 300-3000 Hz | 1000-100 Km |
| Muy baja frecuencia | VLF | 4 | 3-30 KHz | 100-10 Km |
| Baja frecuencia | LF | 5 | 30-300 KHz | 10-1 Km |
| Media frecuencia | MF | 6 | 300-3000 KHz | 1 Km-100 m |
| Alta frecuencia | HF | 7 | 3- 30 MHz | 100-10 m |
| Muy alta frecuencia | VHF | 8 | 30-3000 MHz | 10-1 m |
| Ultra alta frecuencia | UHF | 9 | 300- 3000 MHz | 1 m-100 mm |
| Super alta frecuencia | SHF | 10 | 3-30 GHz | 100-10 mm |
| Extra alta frecuencia | EHF | 11 | 30-300 GHz | 10-1 mm |

Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). Cuadro 1.2

1.3.3 Comunicación Inalámbrica^[11]

Los medios inalámbricos de transmisión usan una banda de frecuencias de alguna parte del espectro electromagnético. Las ondas de longitudes más cortas tienen frecuencias más altas y velocidades más altas de transmisión de datos.

La comunicación inalámbrica (*wireless*, sin cables) es el tipo de comunicación en la que no se utiliza un medio de propagación físico, se utiliza la modulación de ondas electromagnéticas, las cuales se propagan por el espacio sin un medio físico que comunique cada uno de los extremos de la transmisión. Los dispositivos físicos sólo están presentes en los emisores y receptores de la señal.

En general, la tecnología inalámbrica utiliza ondas de radiofrecuencia de baja potencia y una banda específica, de uso libre para transmitir, entre dispositivos. El mensaje o información viaja mediante ondas de radio, llamadas ondas hertzianas, que son ondas electromagnéticas.

Las ondas hertzianas no son perceptibles al ojo humano, y viajan por el espacio a la misma velocidad de la luz; su comportamiento tiene ciertas analogías con la misma, ya que se refractan al cambiar de medio, se utiliza para reflejar señales de radio, y poder enlazar radiofónicamente dos puntos muy distantes de la tierra.

Para que exista un sistema de comunicación mediante ondas de radio, el emisor y receptor deben sintonizar la misma frecuencia. La señal puede traspasar obstáculos, aunque se produce una atenuación dependiendo del material del que está fabricado, no es necesaria la visión directa de emisor y receptor.

Las ondas de radio se producen en circuitos electrónicos en los que se introduce la información o mensaje a emitir, que puede ser sonido, imagen o señal codificada. Pueden existir amplificadores de potencia, según sea la distancia que se pretende cubrir, y finalmente esta energía se entrega a una antena, produciendo un campo electromagnético que se propaga por el espacio, pudiendo ser captado por otras antenas entre las que no exista unión física alguna.

La tendencia a la movilidad y la ubicuidad hacen cada vez más utilizados los sistemas inalámbricos, y el objetivo es ir evitando los cables en todo tipo de comunicación. Uno de los principales problemas presentes en estos sistemas es la interferencia o atenuación de la señal lo que afecta la veracidad y consistencia de los datos recibidos, así como los tiempos de respuesta.

1.3.4 PWM^[12]

La modulación por ancho de pulsos (*PWM, pulse-width modulation*) es una técnica en la que se modifica el ciclo de trabajo de una señal periódica. El ciclo de trabajo de una señal periódica es el ancho relativo de su parte positiva en relación al período.

Es decir:

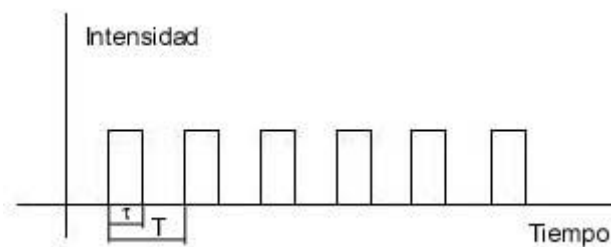
$$D = \tau / T \text{ ----- (2)}$$

donde;

D = es el ciclo de trabajo

τ = es el tiempo en que la función es positiva (ancho del pulso)

T = es el período de la función



La construcción típica de un circuito PWM se lleva a cabo mediante un comparador con dos entradas y una salida. Una de las entradas se conecta a un oscilador de onda triangular, mientras que la otra queda disponible para la señal moduladora. En la salida la frecuencia es generalmente igual a la de la señal triangular y el ciclo de trabajo está en función de la portadora.

Hoy en día, muchos de los microcontroladores comerciales incorporan esta función de hardware que se puede utilizar para conseguir una salida analógica a partir de una señal digital (la cual solo tiene dos niveles de voltaje) a través de la variación del valor eficaz de la señal. Modulando el ancho de pulso del tren de pulsos de la señal, con PWM se puede conseguir una

señal cuyo valor eficaz varíe de la forma deseada. A un pulso más ancho, el valor eficaz de la señal es mayor que el de un pulso más corto.

1.4 Software

Para el desarrollo del sistema se utiliza el lenguaje de programación C, así como, el compilador CCS y MPLAB (Microchip). CCS se usa porque contiene librerías que facilitan el manejo del microcontrolador y la programación. MPLAB es la interfase que hace posible la grabación del programa compilado al microcontrolador. Todo el software mencionado son herramientas libres.

1.4.1 Lenguaje C

Se decidió usar el lenguaje C, ya que cuenta con herramientas para depurar los programas, así como, elementos que permiten mayor rapidez al programar. Existen funciones específicas diseñadas que podemos usar sin tener que programarlas.

- Es altamente transportable
- Es muy flexible
- Genera código muy eficiente
- Se pueden realizar muchas funciones escribiendo pocas líneas de código.

1.4.2 MPLAB v7.5.^[13]

MPLAB es una herramienta para escribir y desarrollar código en lenguaje ensamblador para microcontroladores PIC fabricados por la empresa *Arizona Microchip Technology (AMT)*. MPLAB incorpora todas las herramientas necesarias para la realización de cualquier proyecto, ya que además de un editor de textos cuenta con un simulador en el que se puede ejecutar el código paso a paso para ver así su evolución y el estado en el que se encuentran sus registros en cada momento.

1.4.3 CCS^[13]

CCS es un compilador, que nos ofrece herramientas de desarrollo en C que soportan diferentes microcontroladores PIC de *Microchip*. CCS tiene una biblioteca de rutinas que facilitan la programación.

Este compilador nos genera ficheros en formato hexadecimal, necesario para programar el microcontrolador, utilizando su respectivo programador de *PICS*.

1.4.4 Interfaz con la PC^[13]

Los requerimientos mínimos para la instalación de los programas son:

- Procesador 386, 486 o Pentium
- Windows 3.1/ 95/ 98, Windows NT 3.51/4.0, Windows 2000, Windows XP, MACOS 7.0, o Unix compatible OS.
- 16 MB de memoria RAM para sistema con Windows 95.
- 24 MB de RAM para Windows NT systems.
- 32 MB para sistemas con Windows 2000.
- 64 MB para Windows XP
- Navegador (3.0 HTML)
- Se recomienda por AMT:
 - Procesador Pentium
 - 32 MB de memoria RAM

CAPÍTULO

2. Planteamiento del problema y propuesta de solución

En este capítulo se da a conocer el objetivo del proyecto, la definición del problema haciendo un análisis de la problemática del mismo, y por último se da una propuesta de solución.

2.1 Objetivo del proyecto

“Diseñar un dispositivo prototipo utilizando sensores de inclinación para mover una silla electromecánica, dirigida a personas que sufran de alguna discapacidad motriz”

Este trabajo consiste en diseñar una Diadema Inalámbrica usando sensores de inclinación que al manipularlos con movimientos de la cabeza pueda mover una silla de ruedas electromecánica en cualquier dirección y pueda ser manejada de forma automatizada por personas que sufren discapacidad motriz, desplazándose sin tener que depender totalmente de alguien más, ayudando de esta manera a mejorar su calidad de vida.

2.2 Definición del problema

En México la atención a personas con capacidades diferentes es escasa, si su discapacidad es mínima la persona puede sobrellevarla sola, sin embargo, si la discapacidad es mayor es necesario la ayuda de la familia.

A mayor grado de discapacidad disminuye la posibilidad de tener la atención adecuada, debido a que no se cuenta con opciones ni medios para ello, teniendo como resultado una deficiencia en su calidad de vida.

Por lo expuesto anteriormente surge la necesidad de diseñar un recurso que facilite el desplazamiento de personas que por su grado de discapacidad se encuentran en desventaja y no les es posible moverse por sí solas.

Esta silla será controlada por movimientos que el usuario realice con la cabeza y la información será transmitida inalámbricamente al Módulo Recepción de datos de la silla para que pueda ser desplazada en cualquier dirección.

2.3 Propuesta de solución.

Una propuesta de solución para las personas con alguna discapacidad motriz o tetrapléjicos, es el desarrollo de este sistema, que consiste en acondicionar una silla de ruedas electromecánica de manera que ésta pueda operarse por medio de los movimientos de la cabeza del usuario.

Este sistema se hace usando sensores de inclinación que se colocan en una diadema en la cabeza, se utilizan dos sensores, uno para el eje X y otro para el eje Y, los cuales detectan la inclinación del movimiento de la cabeza y enviada a un *PIC* microcontrolador que procesa la información y envía la señal vía radiofrecuencia (*RF*) al Módulo Recepción de datos montado en la silla de ruedas, otro *PIC* microcontrolador procesa la información recibida y de acuerdo con el programa indica la dirección en que se desea mover la silla

electromecánica, hecho este procesamiento de la información se envía a la etapa de potencia para mover la silla a través de los motores.

A continuación se presenta el diagrama de bloques (Fig. 2.1) de la propuesta de solución.

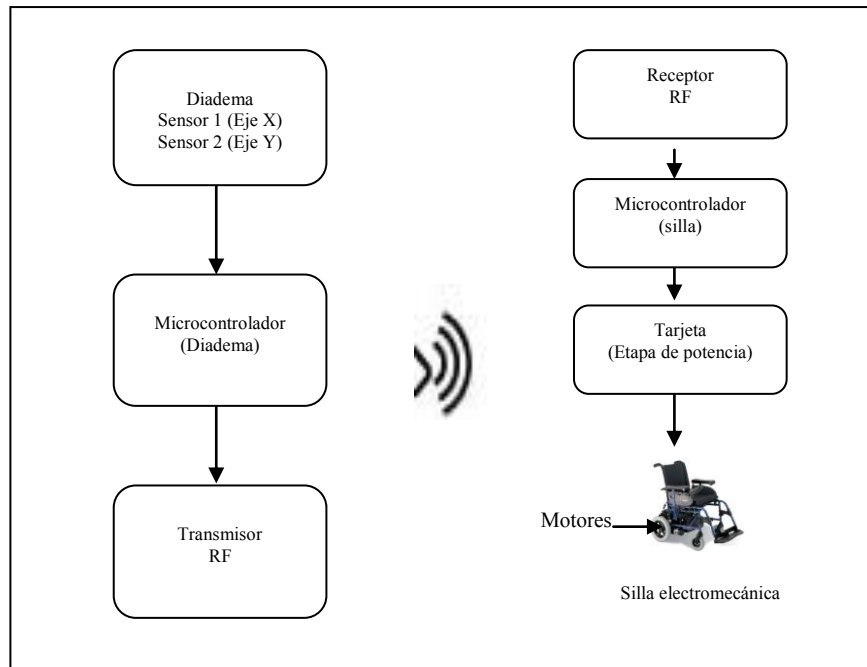


Fig. 2.1 Diagrama de bloques del sistema

2.3.1 Selección de los sensores

La elección del sensor adecuado se hizo en función de los siguientes criterios:

- ✓ Sensibilidad
- ✓ Rapidez de respuesta.
- ✓ Facilidad de manejo.
- ✓ Bajo consumo de energía
- ✓ Bajo costo
- ✓ De fácil adquisición
- ✓ Tamaño pequeño.
- ✓ Amplia gama de aplicaciones

Para la selección de los sensores se realizaron pruebas con dos tipos de sensores de inclinación (ADXL213AE de Analog Devices, y MMA2260 de Freescale), los dos cumplieron con los requerimientos, pero el ADXL213AE presentó dificultad para su manipulación, es de manejo delicado y de difícil adquisición. Por lo tanto seleccionamos el MMA2260, su manejo es más sencillo y se adquiere fácilmente.^[14]

Sus principales características son:

- Alta sensibilidad.
- Bajo costo
- De fácil adquisición
- Tamaño pequeño
- Diseño robusto, para soportar golpes sin dañarse.

Sus principales aplicaciones:

- Como inclinómetro
- Instrumento de control
- Supervisión mecánica
- Supervisión de vibración
- Dispositivos y sistemas de diagnóstico deportivo
- Controles de freno (trailer)
- Mercado automotriz

2.3.2 Ubicación de los sensores

Los sensores se encuentran en la diadema que el usuario se coloca en la cabeza, esta ubicación es para obtener con mayor exactitud la inclinación que los sensores tengan y reflejar una salida que satisfaga adecuadamente la dirección donde el usuario quiera moverse.

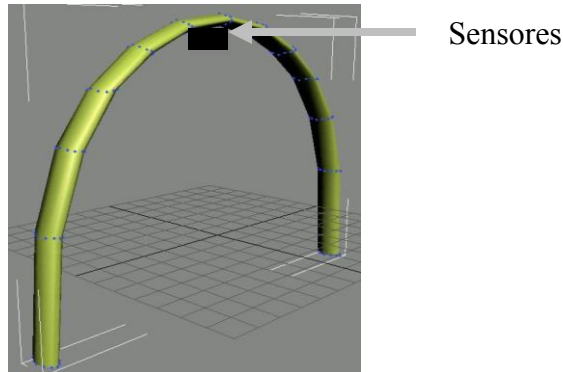


Fig. 2.2 Ubicación de los sensores

La energía que requieren los sensores la suministra un arreglo de pilas de litio de 3 [V] que con el uso de un regulador nos entrega 5 [V], esto es muy importante porque no debe existir diferencia significativa a esta cantidad debido a que puede provocar error en el movimiento deseado en la silla electromecánica y verse comprometida la seguridad del usuario.

2.3.3 Selección del microcontrolador^[8]

Puntos a tomar en cuenta en la selección del microcontrolador:

- Procesamiento de datos: Es necesario que el microcontrolador realice cálculos críticos en un tiempo limitado, debemos seleccionar un dispositivo suficientemente rápido para ello. También tomaremos en cuenta la precisión de los datos a manejar: si no es suficiente un microcontrolador de 8 bits, puede ser necesario uno de 16 ó 32 bits.

- **Entrada/Salida:** para determinar las necesidades de Entrada/Salida del sistema es conveniente dibujar un diagrama de bloques del mismo, de tal forma que sea sencillo identificar la cantidad y tipo de señales a controlar. Una vez realizado este análisis puede ser necesario añadir periféricos hardware externos o cambiar a otro microcontrolador más adecuado a ese sistema.

- **Consumo:** algunos productos que incorporan microcontroladores están alimentados con baterías, lo más conveniente es que el microcontrolador esté en estado de bajo consumo y se active ante una señal (interrupción).

- **Memoria:** para detectar las necesidades de memoria de nuestra aplicación debemos separarla en memoria volátil (RAM), memoria no volátil (ROM, EPROM, etc.) y memoria no volátil modificable (EEPROM). Este último tipo de memoria puede ser útil para incluir información específica de la aplicación como un número de serie o parámetros de calibración.

- **Ancho de palabra:** el criterio de diseño debe ser seleccionar el microcontrolador de menor ancho de palabra que satisfaga los requerimientos de la aplicación. Usar un microcontrolador de 4 bits supondrá una reducción en los costos, uno de 8 bits puede ser el más adecuado si el ancho de los datos es de un byte. Los microcontroladores de 16 y 32 bits, debido a su elevado costo, deben reservarse para aplicaciones que requieran sus altas prestaciones.

- **Diseño de la tarjeta:** la selección de un microcontrolador concreto condicionará el diseño de la tarjeta de circuitos. Debe tenerse en cuenta que quizá usar un microcontrolador barato encarezca el resto de componentes del diseño.

De acuerdo a los puntos mencionados, decidimos usar el microcontrolador PIC16F877, por:

- ✓ Ancho de palabra
- ✓ Pines de entrada-salida
- ✓ Memoria
- ✓ Herramientas de desarrollo (gratuitas)
- ✓ Bajo costo

Necesitamos dos microcontroladores, el primero para recibir los datos que nos entreguen los acelerómetros y el segundo para el Módulo recepción de datos.

2.3.4 Selección del transmisor y receptor inalámbricos

Para la comunicación inalámbrica necesitamos un dispositivo receptor y un dispositivo transmisor inalámbricos, que se comuniquen a la misma frecuencia.

En este prototipo utilizamos el transmisor TLP-434A y el receptor RLP-434 de Laipac Tech, que utilizan una frecuencia de 434 MHz.

2.3.5 Protocolo de comunicación

Para este proyecto, los protocolos de comunicación son necesarios para gestionar las comunicaciones entre dispositivos, para ello se usan dos integrados que hacen esa función, los circuitos integrados HT12E y HT12D, los cuales codifican y decodifican la información respectivamente para que el receptor y el transmisor inalámbrico pueda transmitirla y recibirla de forma correcta.

Esta pareja de codificadores/decodificadores se usan para aplicaciones de control remoto, los cuales usan una dirección para comunicarse el uno con el otro, esta dirección debe ser la misma para ambos. Los datos y la dirección se envían juntos, a través de los módulos RF.

El pin VT (*Valid transmission, active high*) debe estar en 1 lógico para indicar una transmisión válida. Una señal en el pin DIN (*Serial data input pin*) activa el oscilador para que sea descifrada la dirección e información. Los datos se comparan tres veces y si no se encuentran diferencia se decodifican para mandarse a los pines de salida en 4 bits.

2.3.6 Sistema de seguridad

El sistema se desactivará cuando se detecte un posible contratiempo en el usuario; el cual puede ser: un desmayo, mareo, convulsiones o cualquier situación en la cual la inclinación de los sensores sea muy pronunciada, y por lo tanto ponga en riesgo la dirección de la silla y la seguridad del usuario.

También desactivará el sistema cuando el voltaje no sea el adecuado para su funcionamiento, para este fin se incluye un sensor de voltaje para indicarnos la intensidad de corriente y verificar que la fuente de alimentación no tenga un valor menor a 4.6 [V], debido a que como el convertidor A/D del microcontrolador toma como referencia un voltaje de alimentación de 5[V] para realizar la conversión de volts a grados de inclinación, si esa cantidad baja, los datos que entrega no son confiables para tomar la decisión de dirección de la silla electromecánica.

2.3.7 Programación

Los programas están desarrollados en lenguaje C, estos programas tienen funciones muy específicas, dentro de las cuales se encuentran: recibir la información de los sensores, procesarla, y dependiendo del resultado del proceso elegir la función a realizar, mandar la señal correspondiente al siguiente microcontrolador y éste a su vez a la etapa de potencia para poder mover la silla.

- ✓ Programa para la lectura, conversión, decisión y envío de datos de los sensores: tiene como función convertir a señal digital la información recibida de los sensores, y tomar una decisión respecto a la dirección en que deba moverse la silla.

- ✓ Silla electromecánica: Aquí necesitaremos de un programa, este se encuentran en un solo microcontrolador, quien manda las señales correspondientes a la silla automatizada, contiene el código de seguridad del sistema.

- ✓ Programa para desactivar el sistema (en caso de poner en riesgo la seguridad del usuario) y operar la silla electromecánica de forma manual por otra persona hasta que la batería sea reemplazada.

CAPÍTULO

3

Diseño e Implementación

En este capítulo se presenta el diseño e implementación de la Diadema inalámbrica caracterizando inicialmente a los elementos que constituyen el sistema.

El sistema se divide en 3 módulos:

- Sensores de inclinación (MMA2260D).
- Procesamiento y transmisión de datos.
- Recepción de datos.

3.1. Elementos que constituyen el sistema

A continuación se mencionan los elementos principales que constituyen el sistema, así como la caracterización de cada elemento, con el fin de conocer su funcionamiento y posteriormente pueda ser acoplado al sistema.

Los elementos principales que constituyen el sistema son:

- Acelerómetro MMA2260D
- Microcontrolador PIC16F877
- Transmisor TLP-434A
- Receptor RLP-434

3.1.1 Caracterización del Acelerómetro MMA2260D

- Eje-X
- Voltaje de alimentación 5 volts
- Auto-calibración y prueba
- Diseño robusto, resistente a golpes y vibraciones.
- Alta sensibilidad

Sistema de referencia del sensor MMA2260D y posición en 0, -1 y +1 g.

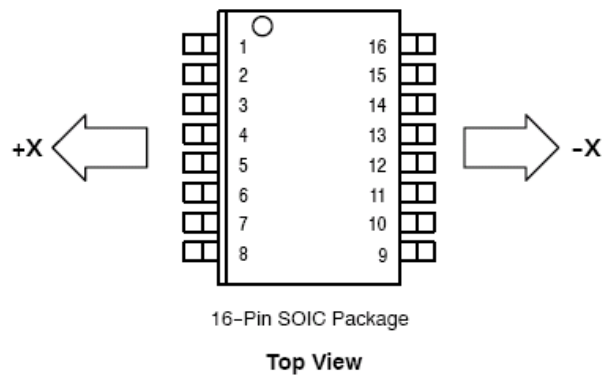


Fig. 3.1 Aceleración dinámica

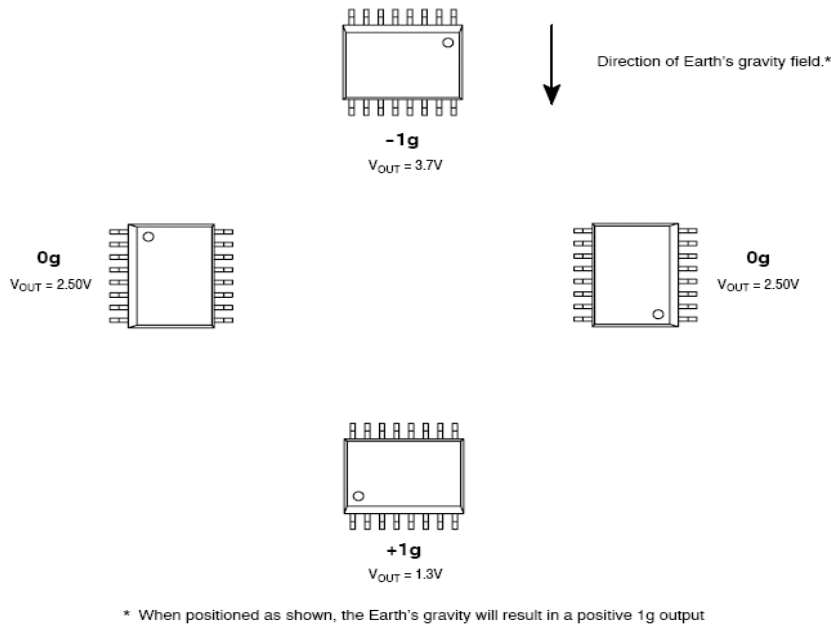


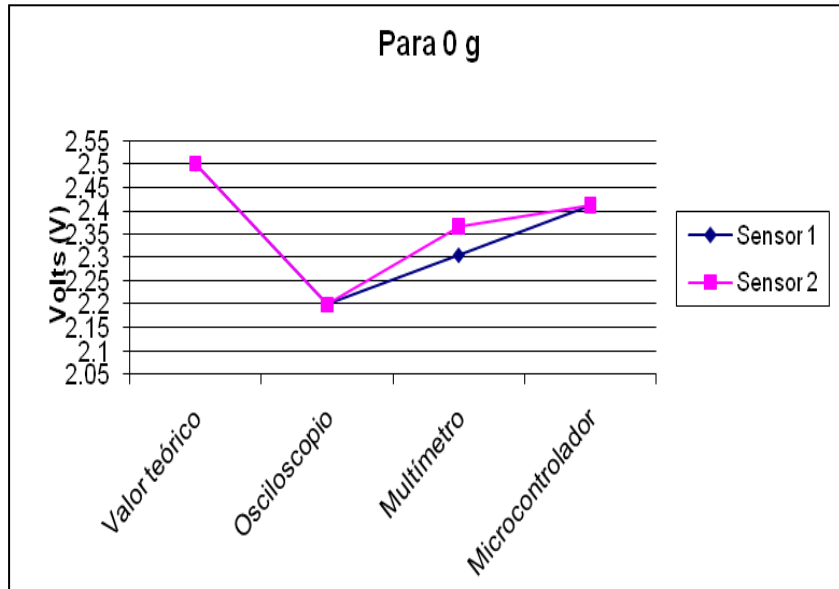
Fig. 3.2 Aceleración estática

Para la caracterización del acelerómetro MMA2260D se comparan los valores teóricos de la aceleración estática (0 g, +1 g y -1g) con los valores obtenidos experimentalmente con el osciloscopio, multímetro y un programa implementado en un PIC microcontrolador en lenguaje C.

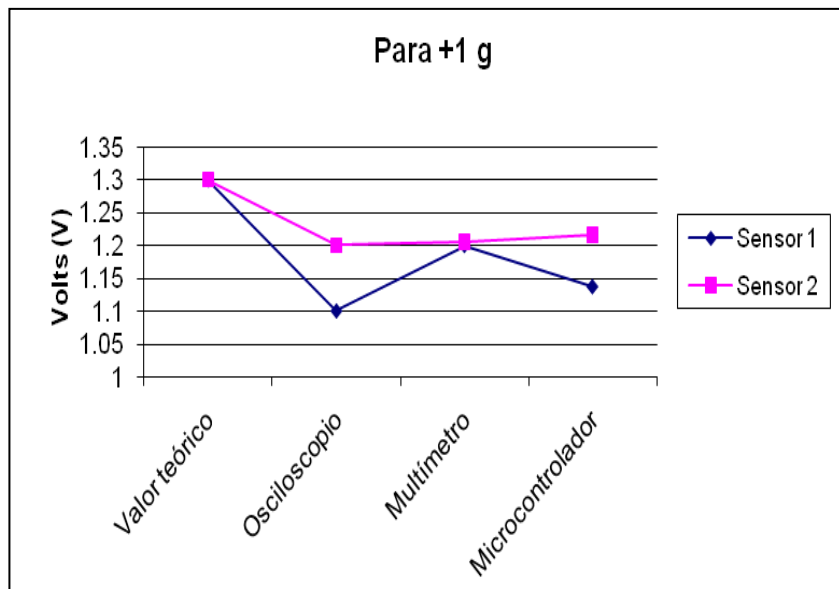
| | Aceleración estática | | | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | 0 g | | + 1 g | | - 1 g | |
| | Sensor 1 | Sensor 2 | Sensor 1 | Sensor 2 | Sensor 1 | Sensor 2 |
| | [V] | [V] | [V] | [V] | [V] | [V] |
| Valor teórico | 2.50 | 2.50 | 1.3 | 1.3 | 3.70 | 3.70 |
| Osciloscopio | 2.20 | 2.20 | 1.1 | 1.2 | 3.5 | 3.50 |
| Multímetro | 2.305 | 2.366 | 1.2 | 1.205 | 3.60 | 3.62 |
| PIC microcontrolador | 2.4117 | 2.4117 | 1.1372 | 1.2156 | 3.6274 | 3.6470 |

Cuadro 3.1 Caracterización acelerómetro

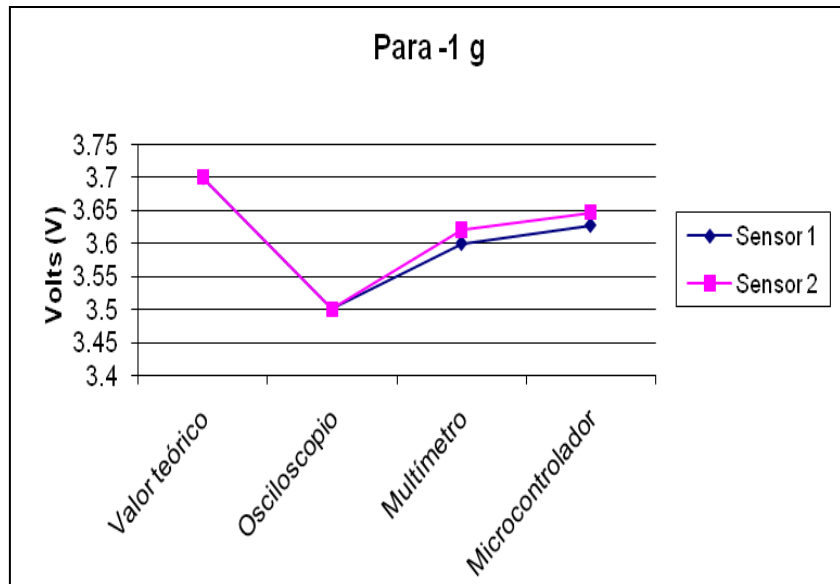
A continuación se presentan las gráficas obtenidas para cada sistema de medición para 0, +1 y -1g:



Gráfica 3.1 para 0 g.



Gráfica 3.2 para +1 g.



Gráfica 3.3 para -1 g.

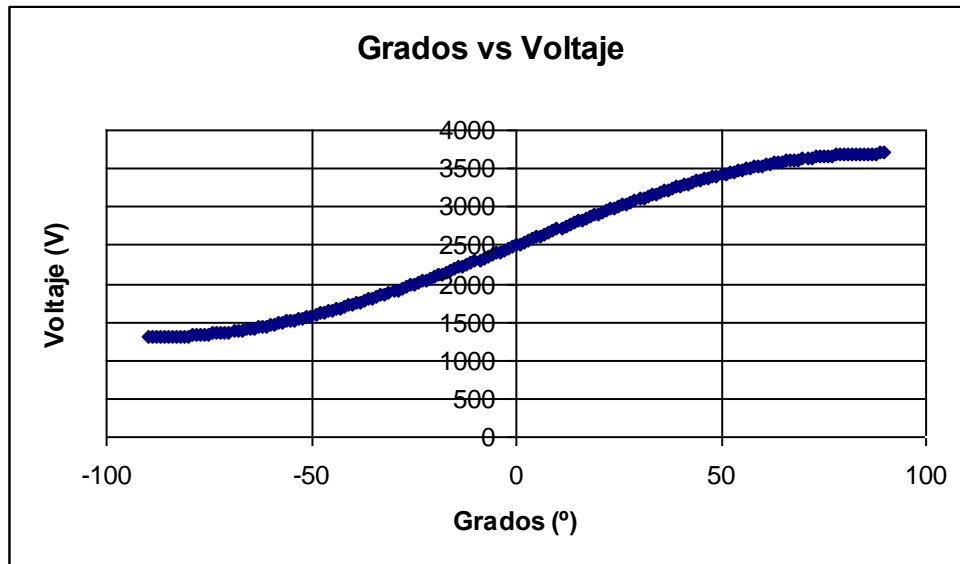
Con los resultados anteriores se observa que el programa del *PIC* microcontrolador mostró mayor exactitud, seguido por el multímetro y por último el osciloscopio; que fue el dispositivo que presentó mayor diferencia comparado con los valores teóricos en ambos sensores.

Se muestra el rango de valores teóricos (ángulos) que el sensor es capaz de percibir, siendo de -90 hasta +90 grados, que posteriormente se comparan con los valores experimentales:

| Inclinación ° | Salida (mV) | Inclinación ° | Salida (mV) | Inclinación ° | Salida (mV) | Inclinación ° | Salida (mV) |
|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|
| -90 | 1300,00 | -45 | 1651,47 | 0 | 2500,00 | 45 | 3348,53 |
| -89 | 1300,18 | -44 | 1666,41 | 1 | 2520,94 | 46 | 3363,21 |
| -88 | 1300,73 | -43 | 1681,60 | 2 | 2541,88 | 47 | 3377,62 |
| -87 | 1301,64 | -42 | 1697,04 | 3 | 2562,80 | 48 | 3391,77 |
| -86 | 1302,92 | -41 | 1712,73 | 4 | 2583,71 | 49 | 3405,65 |
| -85 | 1304,57 | -40 | 1728,65 | 5 | 2604,59 | 50 | 3419,25 |
| -84 | 1306,57 | -39 | 1744,82 | 6 | 2625,43 | 51 | 3432,58 |
| -83 | 1308,94 | -38 | 1761,21 | 7 | 2646,24 | 52 | 3445,61 |
| -82 | 1311,68 | -37 | 1777,82 | 8 | 2667,01 | 53 | 3458,36 |
| -81 | 1314,77 | -36 | 1794,66 | 9 | 2687,72 | 54 | 3470,82 |
| -80 | 1318,23 | -35 | 1811,71 | 10 | 2708,38 | 55 | 3482,98 |
| -79 | 1322,05 | -34 | 1828,97 | 11 | 2728,97 | 56 | 3494,85 |
| -78 | 1326,22 | -33 | 1846,43 | 12 | 2749,49 | 57 | 3506,40 |
| -77 | 1330,76 | -32 | 1864,10 | 13 | 2769,94 | 58 | 3517,66 |
| -76 | 1335,65 | -31 | 1881,95 | 14 | 2790,31 | 59 | 3528,60 |
| -75 | 1340,89 | -30 | 1900,00 | 15 | 2810,58 | 60 | 3539,23 |
| -74 | 1346,49 | -29 | 1918,23 | 16 | 2830,76 | 61 | 3549,54 |
| -73 | 1352,43 | -28 | 1936,63 | 17 | 2850,85 | 62 | 3559,54 |
| -72 | 1358,73 | -27 | 1955,21 | 18 | 2870,82 | 63 | 3569,21 |
| -71 | 1365,38 | -26 | 1973,95 | 19 | 2890,68 | 64 | 3578,55 |
| -70 | 1372,37 | -25 | 1992,86 | 20 | 2910,42 | 65 | 3587,57 |
| -69 | 1379,70 | -24 | 2011,92 | 21 | 2930,04 | 66 | 3596,25 |
| -68 | 1387,38 | -23 | 2031,12 | 22 | 2949,53 | 67 | 3604,61 |
| -67 | 1395,39 | -22 | 2050,47 | 23 | 2968,88 | 68 | 3612,62 |
| -66 | 1403,75 | -21 | 2069,96 | 24 | 2988,08 | 69 | 3620,30 |
| -65 | 1412,43 | -20 | 2089,58 | 25 | 3007,14 | 70 | 3627,63 |
| -64 | 1421,45 | -19 | 2109,32 | 26 | 3026,05 | 71 | 3634,62 |
| -63 | 1430,79 | -18 | 2129,18 | 27 | 3044,79 | 72 | 3641,27 |
| -62 | 1440,46 | -17 | 2149,15 | 28 | 3063,37 | 73 | 3647,57 |
| -61 | 1450,46 | -16 | 2169,24 | 29 | 3081,77 | 74 | 3653,51 |
| -60 | 1460,77 | -15 | 2189,42 | 30 | 3100,00 | 75 | 3659,11 |
| -59 | 1471,40 | -14 | 2209,69 | 31 | 3118,05 | 76 | 3664,35 |
| -58 | 1482,34 | -13 | 2230,06 | 32 | 3135,90 | 77 | 3669,24 |
| -57 | 1493,60 | -12 | 2250,51 | 33 | 3153,57 | 78 | 3673,78 |
| -56 | 1505,15 | -11 | 2271,03 | 34 | 3171,03 | 79 | 3677,95 |
| -55 | 1517,02 | -10 | 2291,62 | 35 | 3188,29 | 80 | 3681,77 |
| -54 | 1529,18 | -9 | 2312,28 | 36 | 3205,34 | 81 | 3685,23 |
| -53 | 1541,64 | -8 | 2332,99 | 37 | 3222,18 | 82 | 3688,32 |
| -52 | 1554,39 | -7 | 2353,76 | 38 | 3238,79 | 83 | 3691,06 |
| -51 | 1567,42 | -6 | 2374,57 | 39 | 3255,18 | 84 | 3693,43 |
| -50 | 1580,75 | -5 | 2395,41 | 40 | 3271,35 | 85 | 3695,43 |
| -49 | 1594,35 | -4 | 2416,29 | 41 | 3287,27 | 86 | 3697,08 |
| -48 | 1608,23 | -3 | 2437,20 | 42 | 3302,96 | 87 | 3698,36 |
| -47 | 1622,38 | -2 | 2458,12 | 43 | 3318,40 | 88 | 3699,27 |
| -46 | 1636,79 | -1 | 2479,06 | 44 | 3333,59 | 89 | 3699,82 |
| -45 | 1651,47 | 0 | 2500,00 | 45 | 3348,53 | 90 | 3700,00 |

Tabla 3.1 Valores teóricos

Gráfica correspondiente de valores teóricos:



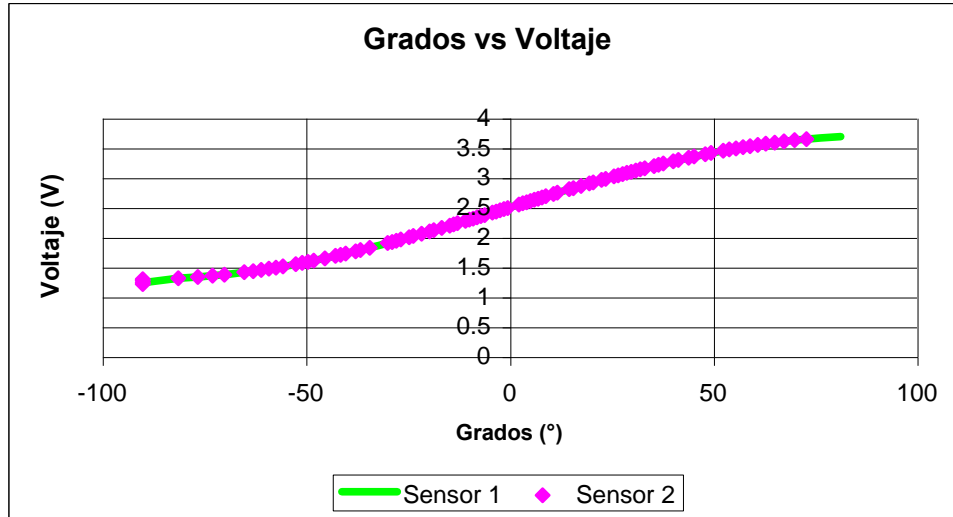
A continuación se muestran los valores obtenidos experimentalmente para ambos sensores con el PIC microcontrolador.

Valores experimentales para ambos sensores:

| Sensor 1 | | | | Sensor 2 | | | |
|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|
| Inclinación ° | Salida (mV) | Inclinación ° | Salida (mV) | Inclinación ° | Salida (mV) | Inclinación ° | Salida (mV) |
| -89.999899 | 1235.294 | 1.404448 | 2529.411 | -89.999899 | 1215.686 | 2.341161 | 2549.019 |
| -81.32575 | 1313.725 | 3.278499 | 2568.627 | -81.32575 | 1313.725 | 3.278499 | 2568.627 |
| -76.463714 | 1333.333 | 5.156082 | 2607.843 | -76.463714 | 1333.333 | 4.216729 | 2588.235 |
| -72.917349 | 1352.941 | 6.096826 | 2627.45 | -72.917349 | 1352.941 | 5.156082 | 2607.843 |
| -69.974776 | 1372.549 | 7.98355 | 2666.666 | -69.974776 | 1372.549 | 6.096826 | 2627.45 |
| -67.398779 | 1392.156 | 8.930054 | 2686.274 | -65.075278 | 1411.764 | 7.039223 | 2647.058 |
| -65.075278 | 1411.764 | 9.879021 | 2705.882 | -62.938968 | 1431.372 | 7.98355 | 2666.666 |
| -62.938968 | 1431.372 | 10.830733 | 2725.49 | -60.948359 | 1450.98 | 8.930054 | 2686.274 |
| -60.948359 | 1450.908 | 11.785492 | 2745.098 | -59.075187 | 1470.588 | 10.830733 | 2725.49 |
| -59.075187 | 1470.588 | 13.705286 | 2784.313 | -57.299136 | 1490.196 | 11.785492 | 2745.098 |
| -57.299136 | 1490.196 | 14.670956 | 2803.921 | -55.605006 | 1509.803 | 14.670956 | 2803.921 |
| -55.605006 | 1509.803 | 15.640919 | 2823.529 | -52.418166 | 1549.019 | 15.640919 | 2823.529 |
| -53.981074 | 1529.411 | 17.595031 | 2862.745 | -50.90879 | 1568.627 | 17.595031 | 2862.745 |
| -52.418166 | 1549.019 | 19.570533 | 2901.96 | -49.446864 | 1588.235 | 19.570533 | 2901.96 |
| -49.446864 | 1588.235 | 21.570548 | 2941.176 | -48.027282 | 1607.843 | 20.567268 | 2921.568 |
| -48.027282 | 1607.843 | 22.580831 | 2960.784 | -45.298713 | 1647.058 | 22.580831 | 2960.784 |
| -46.645793 | 1627.45 | 25.658481 | 3019.607 | -42.695662 | 1686.274 | 23.598586 | 2980.392 |
| -45.298713 | 1647.058 | 27.754617 | 3058.823 | -41.434558 | 1705.882 | 25.658481 | 3019.607 |
| -43.982925 | 1666.666 | 28.817785 | 3078.431 | -40.19749 | 1725.49 | 26.701734 | 3039.215 |
| -42.695662 | 1686.274 | 29.891915 | 3098.039 | -37.788211 | 1764.705 | 27.754617 | 3058.823 |
| -41.434558 | 1705.882 | 30.977769 | 3117.647 | -36.612838 | 1784.313 | 28.817785 | 3078.431 |
| -40.19749 | 1725.49 | 33.187804 | 3156.862 | -34.313808 | 1823.529 | 29.891915 | 3098.039 |
| -38.982619 | 1745.097 | 34.313784 | 3176.47 | -29.891933 | 1901.96 | 30.977769 | 3117.647 |
| -37.788211 | 1764.705 | 35.455104 | 3196.078 | -28.817785 | 1921.568 | 32.076102 | 3137.254 |
| -35.455104 | 1803.921 | 36.612838 | 3215.686 | -27.754617 | 1941.176 | 33.187804 | 3156.862 |
| -34.313808 | 1823.529 | 37.788211 | 3235.294 | -26.701734 | 1960.784 | 35.455104 | 3196.078 |
| -33.187804 | 1843.137 | 38.982592 | 3254.901 | -24.624292 | 2000.00 | 36.612838 | 3215.686 |
| -32.076102 | 1862.745 | 40.19749 | 3274.509 | -23.598586 | 2019.607 | 37.788211 | 3235.294 |
| -30.977769 | 1882.352 | 41.434558 | 3294.117 | -21.570548 | 2058.823 | 40.19749 | 3274.509 |
| -27.754617 | 1941.176 | 42.695662 | 3313.725 | -19.570533 | 2098.039 | 41.434558 | 3294.117 |
| -26.701734 | 1960.784 | 43.982897 | 3333.333 | -18.579911 | 2117.647 | 43.982897 | 3333.333 |
| -25.658494 | 1980.392 | 45.298713 | 3352.941 | -16.615487 | 2156.862 | 45.298713 | 3352.941 |
| -24.624292 | 2000.000 | 46.645793 | 3372.549 | -14.670956 | 2196.078 | 48.027282 | 3392.156 |
| -23.598586 | 2019.607 | 48.027282 | 3392.156 | -13.705286 | 2215.686 | 49.446853 | 3411.764 |
| -22.580831 | 2039.215 | 49.446853 | 3411.764 | -12.74357 | 2235.294 | 52.418166 | 3450.98 |
| -21.570548 | 2058.823 | 50.90879 | 3431.372 | -10.830733 | 2274.509 | 53.981074 | 3470.588 |
| -20.567268 | 2078.431 | 52.418166 | 3450.98 | -9.879021 | 2294.117 | 55.604979 | 3490.195 |
| -18.579911 | 2117.647 | 53.981074 | 3470.588 | -8.930054 | 2313.725 | 57.299136 | 3509.804 |
| -16.615487 | 2156.862 | 55.604979 | 3490.195 | -7.98355 | 2333.333 | 59.075187 | 3529.411 |
| -15.640919 | 2176.470 | 57.299136 | 3509.804 | -7.039223 | 2352.941 | 60.948359 | 3549.019 |
| -13.705286 | 2215.686 | 59.075187 | 3529.411 | -6.096826 | 2372.549 | 62.938941 | 3568.627 |
| -11.785492 | 2254.901 | 60.948359 | 3549.019 | -4.216729 | 2411.764 | 65.075278 | 3588.235 |
| -9.879021 | 2294.117 | 62.938941 | 3568.627 | -3.278499 | 2431.372 | 67.398779 | 3607.843 |
| -8.930054 | 2313.725 | 65.075278 | 3588.235 | -2.341161 | 2450.98 | 69.974776 | 3627.45 |
| -5.156082 | 2392.156 | 69.974776 | 3627.45 | -1.404448 | 2470.588 | 72.917311 | 3647.058 |
| -4.216729 | 2431.372 | 72.917311 | 3647.058 | -0.468111 | 2490.195 | | |
| -3.278499 | 2411.764 | 76.463714 | 3666.666 | | | | |
| 0.468111 | 2509.804 | 81.32575 | 3686.274 | | | | |

Tabla 3.2 Valores experimentales

Gráfica correspondiente a valores experimentales:



Gráfica 3.5 Valores experimentales

En la tabla 3.2 que muestra los valores experimentales para los dos sensores no se obtuvieron valores enteros respecto a los grados, sin embargo, para obtener el porcentaje de error son necesarios, para ello se procedió a interpolar los valores experimentales.

Usando la siguiente expresión para la interpolación lineal:

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0) \text{ ----- (3)}$$

Y para el porcentaje de error se usa la siguiente expresión:

$$\text{Error} = [|\text{valor teórico} - \text{valor exp}| / \text{valor teórico}] * 100 \% \text{ ----- (4)}$$

Tabla obtenida de las expresiones (3) y (4), mostrando el porcentaje de error para cada uno de los sensores:

| Grados [°] | Valor teórico [mV] | Valor experimental Sensor 1 [mV] | Valor experimental Sensor 2 [mV] | % Error Sensor 1 | % Error Sensor 2 |
|-------------------|---------------------------|---|---|-------------------------|-------------------------|
| -80 | 1318.23 | 1319.071589 | 1319.07159 | 0.000795592 | 0.06384231 |
| -70 | 1372.37 | 1372.380918 | 1372.38092 | 0.006961397 | 0.00079559 |
| -60 | 1460.77 | 1460.87169 | 1460.90724 | 0.011676122 | 0.00939487 |
| -50 | 1580.75 | 1580.93457 | 1580.81609 | 0.001580605 | 0.00418122 |
| -40 | 1728.65 | 1728.677323 | 1728.70448 | 0.010354316 | 0.00315138 |
| -30 | 1900 | 1900.196732 | 1900.04321 | 0.002141686 | 0.00227425 |
| -20 | 2089.58 | 2089.624752 | 2089.61807 | 0.000369557 | 0.0018221 |
| -10 | 2291.62 | 2291.628469 | 2291.62449 | 6.81623E-05 | 0.00019572 |
| 0 | 2500 | 2500.001704 | 2499.99689 | 0.000202527 | 0.00012459 |
| 10 | 2708.38 | 2708.374515 | 2708.3498 | 0.001342563 | 0.0011152 |
| 20 | 2910.42 | 2910.380926 | 2910.40857 | 0.000297937 | 0.00039261 |
| 30 | 3100 | 3099.990764 | 3099.99076 | 0.000868597 | 0.00029794 |
| 40 | 3271.35 | 3271.321585 | 3271.29452 | 0.001959579 | 0.00169582 |
| 50 | 3419.25 | 3419.182997 | 3419.06455 | 0.003905863 | 0.00542377 |
| 60 | 3539.23 | 3539.091763 | 3539.09176 | 0.000328487 | 0.00390586 |
| 70 | 3627.63 | 3627.618084 | 3627.61808 | 0.000795592 | 0.00032849 |

Tabla 3.3 **Porcentajes de error**

Se observa que el porcentaje de error respecto al valor teórico es muy pequeño, el más alto es de 0.06384231 %, de esta manera se concluye que los sensores MMA2260D son confiables, y pueden ser empleados en el diseño.

3.1.2 Caracterización del Microcontrolador PIC16F877^[8,13]

El microcontrolador PIC16F877 de Microchip pertenece a la familia de microcontroladores de 8 bits (bus de datos) que tienen las siguientes características generales que los distinguen de otras familias:

- *Arquitectura Harvard*
- *Tecnología RISC*
- *Tecnología CMOS*

Estas características se conjugan para lograr un dispositivo altamente eficiente en el uso de la memoria de datos y programa, y por lo tanto en la velocidad de ejecución. Sus características pueden variar como sigue:

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

En la siguiente figura se muestra a manera de bloques la organización interna del PIC16F877, y su patigrama para tener una visión conjunta del interior y exterior del circuito integrado.

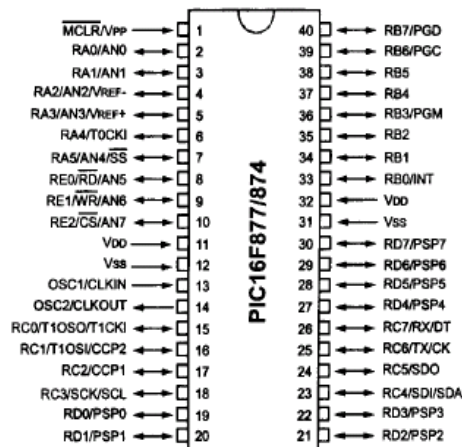


Fig. 3.3 Patigrama PIC16F877

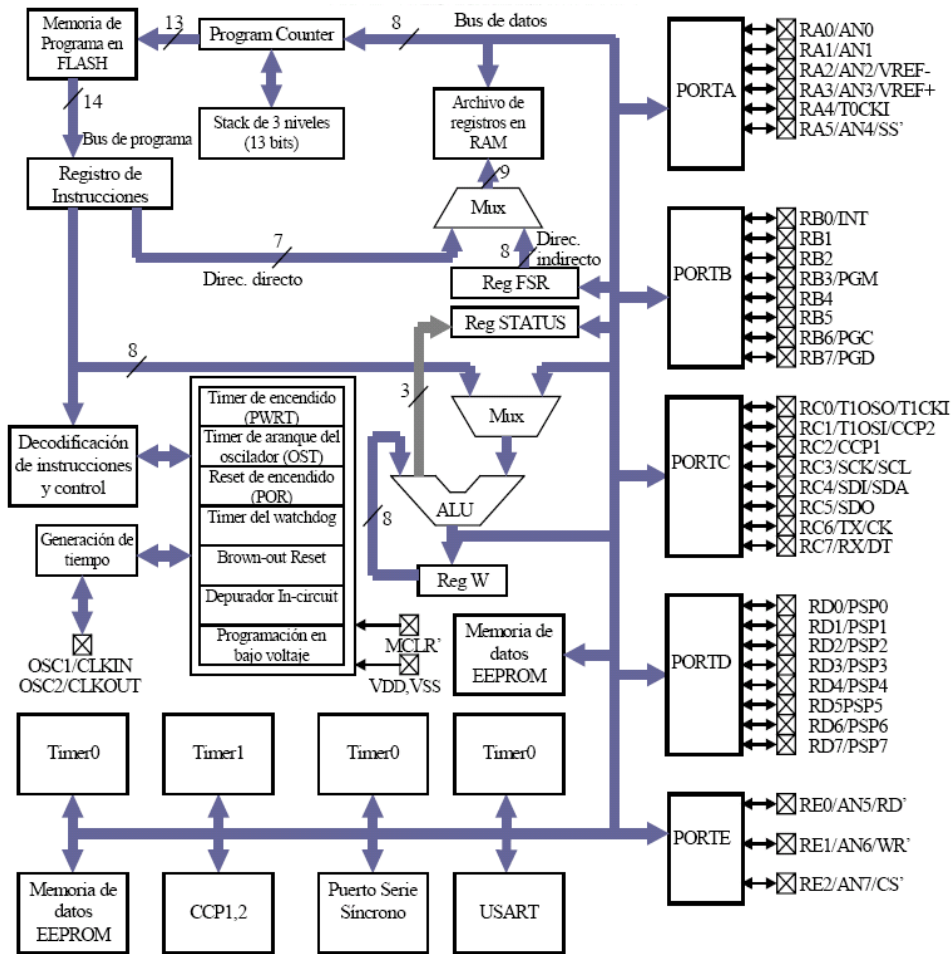


Fig. 3.4 Diagrama a bloques del PIC16F877

Los PIC tienen dos tipos de memoria: Memoria de Datos y Memoria de programa, cada bloque con su propio bus: Bus de datos y Bus de programa; por lo cual cada bloque puede ser accedido durante un mismo ciclo de oscilación.

Para comprobar el funcionamiento del *PIC* microcontrolador se elaboró un código fuente en donde se usan los puertos B y D para encender leds conforme se cumplan las condiciones señaladas. [para mayor detalle ver Apéndice 2, a]

3.1.3 Dispositivo Transmisor TLP-434A^[15]

Transmisor ultra pequeño inalámbrico

- Dimensiones aproximadas: 10.3 x 13.3 mm
- Modulación: ASK
- Voltaje de operación: 2 - 12 VCD
- Frecuencia: 433.92 Mhz
- Fabricante: Laipac Tech



1

Pin1: GND
Pin2: Data In
Pin3: Vcc
Pin4: Antena.

3.1.4 Dispositivo Receptor RLP-434^[15]

Receptor ultra pequeño inalámbrico

- Dimensiones: 43.4 x 11.5 mm
- Modulación: ASK
- Voltaje de operación: 3.3 a 6.0 VCD
- Frecuencia: 433.92 Mhz
- Salida: digital y lineal
- Fabricante: Laipac Tech



1

Pin1: GND
Pin2: Salida Digital de datos
Pin3: Salida Lineal
Pin4: VCC
Pin5: VCC
Pin6: GND
Pin7: GND
Pin8: Antena

3.2. Direcciones de movimiento

Son dos tipos de movimiento en que operará la Diadema inalámbrica:

- Movimientos simples (Adelante, atrás).
- Movimientos combinados (Derecha- adelante, Derecha- atrás, Izquierda-Adelante e Izquierda-atrás).

Para los diferentes movimientos se utilizan 4 bits que se codifica de la siguiente manera:

| Movimientos | Código |
|--------------------|---------------|
| Deshabilitar | 0000 |
| Adelante | 0001 |
| Atrás | 0010 |
| Derecha-Adelante | 0011 |
| Derecha-atrás | 0100 |
| Izquierda-adelante | 0101 |
| Izquierda-atrás | 0110 |
| Pausa | 0111 |
| Activar sistema | 1000 |

Cuadro 3.2

Para movimientos adelante, atrás y en pausa se activa el sensor del eje X (m1), el sensor del eje Y (m2) para activar sistema, para el resto de las combinaciones se activan los dos sensores (m1 y m2).

3.3. Rangos de movimiento

Para que alguna dirección de movimiento se active, la inclinación tiene que ser mayor a 20 grados y menor a 50. El sistema desprecia los movimientos pequeños para que el usuario puede mover la cabeza sin que necesariamente desee desplazarse, y tener un rango de tolerancia al movimiento, el intervalo puede ajustarse de acuerdo al usuario y su problema de salud.

La diadema también cuenta con un sistema de seguridad para movimientos bruscos, es decir, para movimientos mayores de 50 grados el sistema se desactivará y garantiza la seguridad del usuario, ya que como se ha mencionado, este sistema está dirigido principalmente a personas tetraplégicas, que están propensas a sufrir algún contratiempo (desmayo), por lo cual se debe tener especial atención en ese tipo de detalles.

El siguiente cuadro muestra los rangos de inclinación en grados y la acción a realizar para ambos sensores.

| Acción | Inclinación [°] | | Código |
|----------------------|-----------------|---------------|--------|
| | Sensor 1(m1) | Sensor 2 (m2) | |
| Adelante | 20<m1<50 | ----- | 0001 |
| Atrás | -20<m1<-50 | ----- | 0010 |
| Derecha-adelante | 20<m1<50 | 20<m2<50 | 0011 |
| Derecha-atrás | -20<m1<-50 | -20<m2<-50 | 0100 |
| Izquierda-adelante | 20<m1<50 | 20<m2<50 | 0101 |
| Izquierda-atrás | -20<m1<-50 | -20<m2<-50 | 0110 |
| En pausa | m1>20 | | 0111 |
| Activar sistema | ----- | m2<-20 | 1000 |
| Deshabilitar sistema | No aplica | No aplica | 0000 |

Nota: El sistema desprecia la inclinación diferente a los rangos mencionados anteriormente.
Cuadro 3.3

3.4. Módulos del sistema

a) Módulo sensores de inclinación.

Este módulo es donde se encuentran los dos sensores de inclinación MMA2260D, los cuáles entregan una señal analógica (voltaje de 1.3 a 3.7 [V]) dependiendo la inclinación de la cabeza, información que se envía al siguiente módulo para ser procesada. Ver apéndice 3, diagrama de flujo 1.

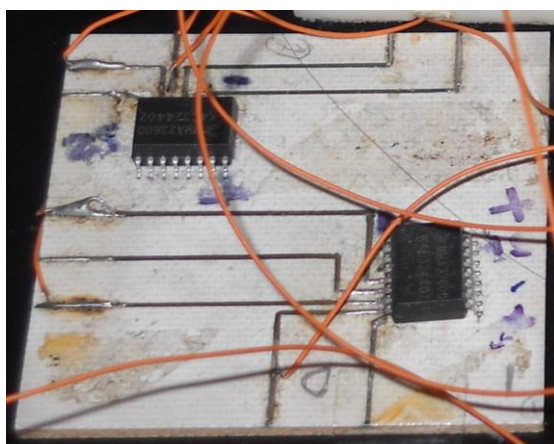


Fig. 3.5 Armado circuito eléctrico Módulo sensores

b) Módulo procesamiento y transmisión de datos.

En este módulo se realiza el procesamiento de la información de los sensores, así como de la transmisión de ésta al siguiente módulo. La comunicación entre el transmisor y receptor inalámbricos es posible usando los integrados HT12E (codificador) y HT12D (decodificador), los cuales hacen la función de protocolo de comunicación.

La información de los sensores se envía al convertidor analógico-digital (ADC) del microcontrolador donde es transformada a una señal digital para ser posible la obtención de los grados de inclinación, procedimiento que se explica a continuación.

Para encontrar el valor en grados de inclinación se toma en cuenta el voltaje de alimentación que toma como referencia el convertidor ADC del microcontrolador (5 [V]), el número de bits de ADC (8 bits = 255 valores), el voltaje que tiene el sensor en 0 g (2.5 [V]), y el valor de la sensibilidad de fábrica del sensor (1200 mV).

El valor del sensor 1 lo multiplica por 5 y lo divide entre 255 , posteriormente le resta el valor del sensor en 0 g y lo divide entre su sensibilidad, después se le aplica la función seno obteniendo un valor en radianes, y por último, se multiplica por 180° y se divide entre π , para encontrar el valor en grados de inclinación.

Una vez que se obtuvieron los grados de inclinación, el programa que se encuentra en el microcontrolador compara los códigos para cada movimiento y selecciona la opción que cumpla las condiciones establecidas para posteriormente enviar esta información en forma paralela al codificador HT12E, quien finalmente envía la información en forma serial al transmisor TLP 434A (Figs. 3.6 y 3.7).^[16]

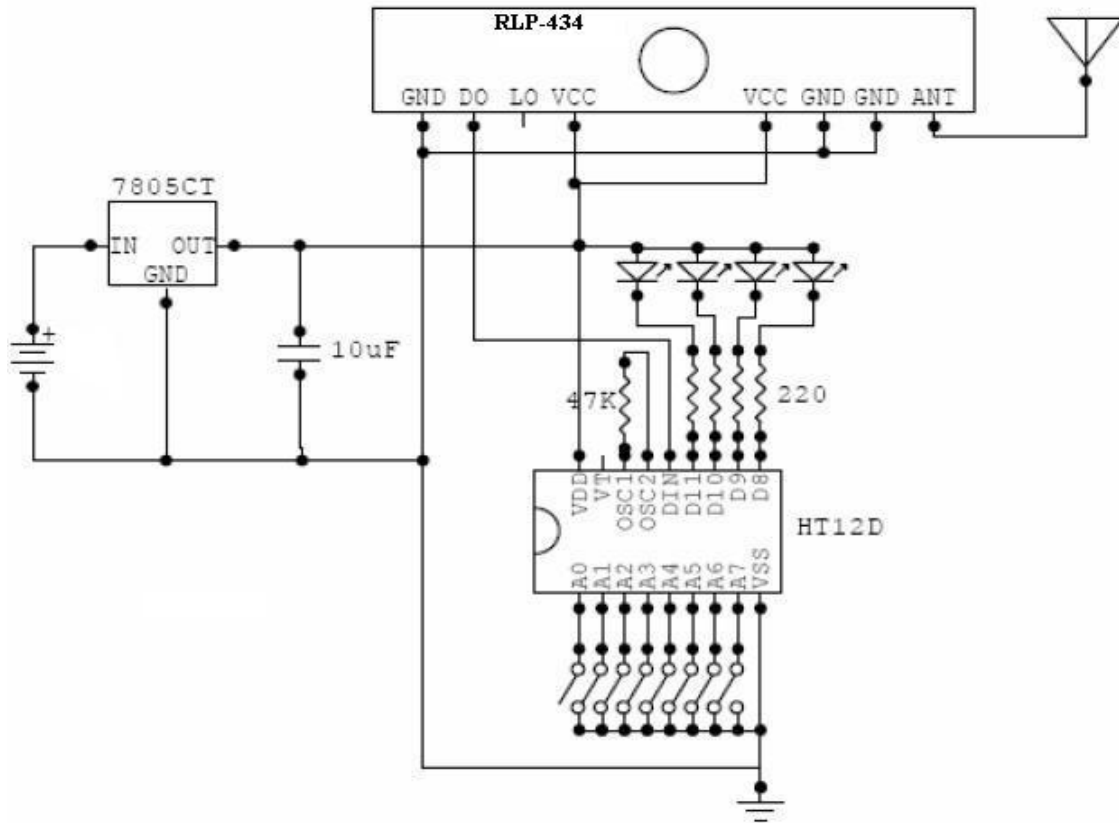


Fig. 3.6. Conexión entre HT12D con RLP 434A

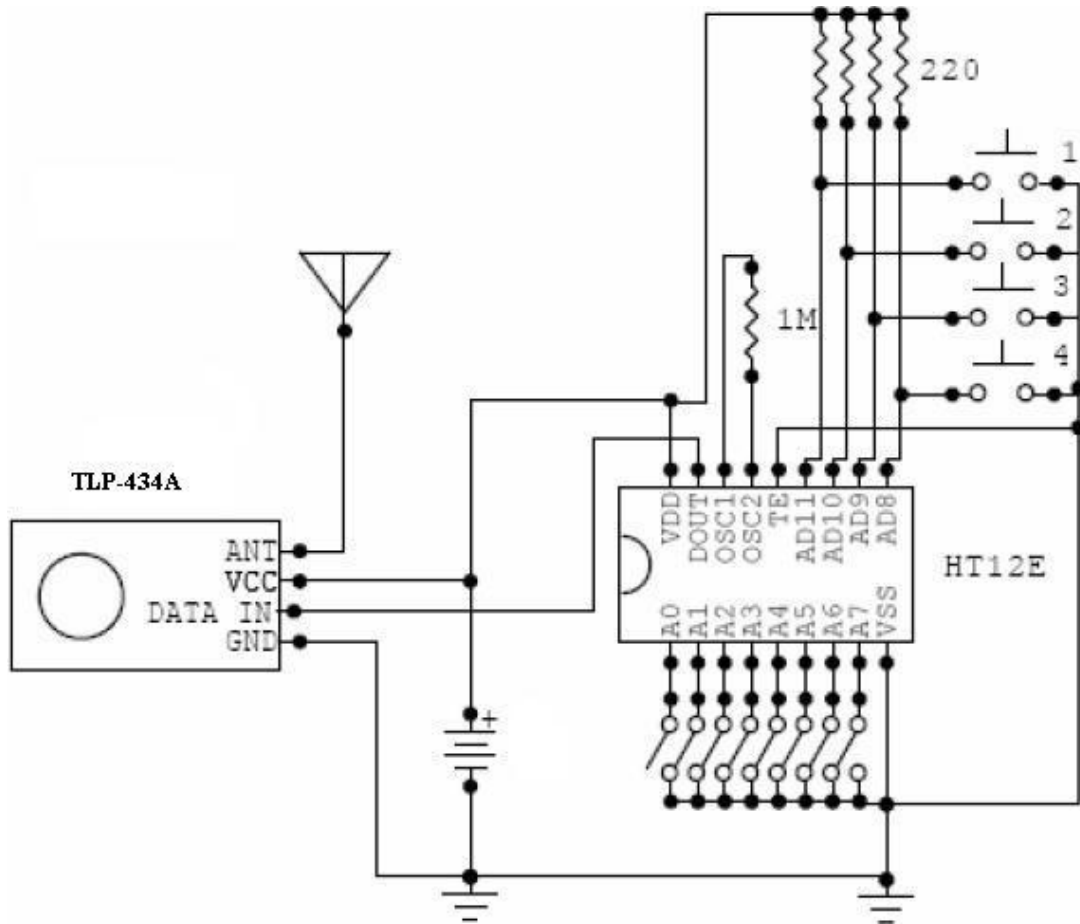


Fig. 3.7 Conexión entre HT12E con TLP 434

El módulo está compuesto por los siguientes elementos:

- Microcontrolador PIC16F877 de *Microchip*
- Trasmisor TLP-434 de *Laipac Tech.*
- Codificador HT12E de *Holtek*
- Sensor de voltaje MC33064 de *Motorola*

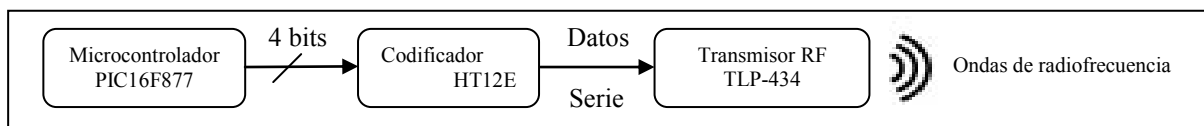


Fig. 3.8 Diagrama de bloques del módulo procesamiento y transmisión de datos

Para efectos de seguridad en este módulo la fuente de alimentación no debe estar por debajo de 4.6 [V], dado que los circuitos integrados que lo componen ya no funcionarían adecuadamente, y podrían realizar alguna acción no deseada poniendo en riesgo la seguridad del usuario.

Para indicar que la fuente se encuentra con un valor óptimo para el funcionamiento, el sistema cuenta con un sensor de voltaje para verificar que la fuente de alimentación del circuito eléctrico sea suficiente, encendiendo un diodo emisor de luz (led) rojo indicando que el sistema está deshabilitado hasta que la fuente de alimentación sea reemplazada.

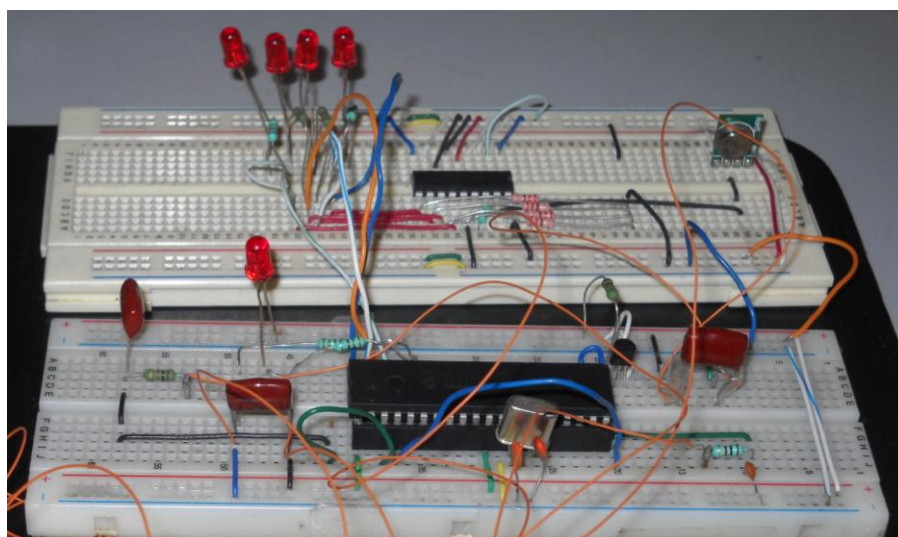


Fig. 3.9 Armado circuito eléctrico Módulo transmisión y procesamiento de datos

c) Módulo recepción de datos.

La información enviada por el Módulo procesamiento y transmisión de datos es recibida por el receptor de radiofrecuencia inalámbrico y enviada de forma serial al decodificador HT12D quien a su vez, manda la información de forma paralela a otro PIC microcontrolador.

El microcontrolador tiene la función de procesar la información usando un programa para decidir qué salidas activar y enviarlas a los circuitos integrados 74LS11, para entregar las salidas al circuito de potencia y sea posible el movimiento de los motores, y la silla de ruedas electromecánica se desplace en la dirección que el usuario haya indicado. Para este sistema se manejó una velocidad constante para cualquier dirección.

El usuario tiene la opción de pausar y activar el sistema inclinando la cabeza hacia adelante e izquierda respectivamente, por 6 [s], encendiendo un led amarillo cuando el sistema está en pausa. Al igual que en el Módulo procesamiento y transmisión de datos cuenta con un sensor de voltaje encendiendo un led verde cuando el sistema esté operando normalmente y un rojo indicando que el sistema está deshabilitado hasta que la fuente de alimentación sea reemplazada.

El módulo receptor está compuesto principalmente por los siguientes elementos electrónicos:

- Microcontrolador PIC16F877 de Microchip
- Receptor RLP-434 de Laipac Tech
- Decodificador HT12D de Holtek
- Puente H L293B de Sgs-Thomson
- Compuertas lógicas 74LS11 de Motorola

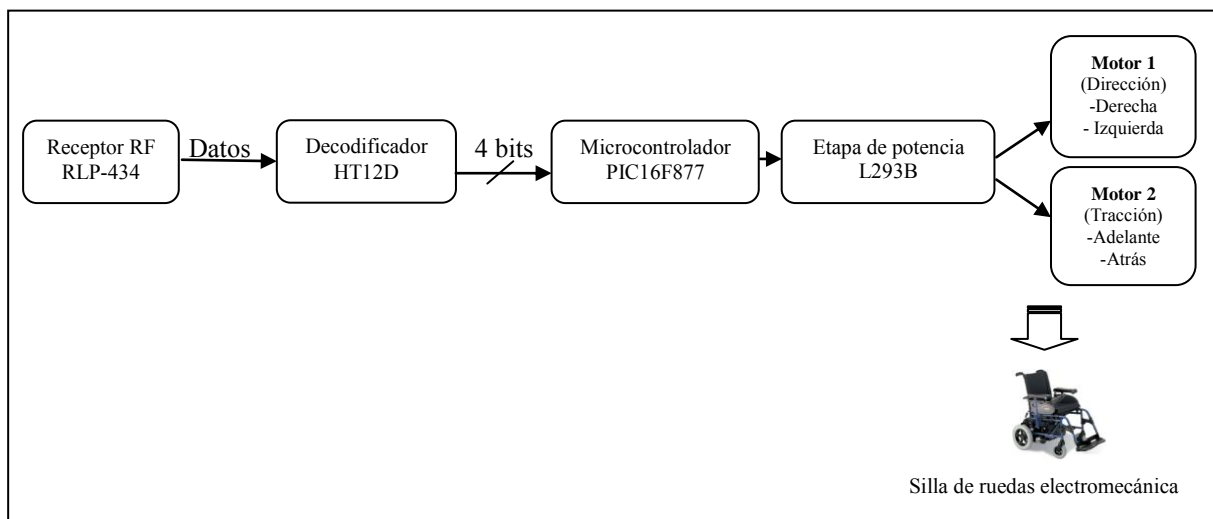


Fig. 3.10 Diagrama de bloques del Módulo recepción de datos

Al igual que el módulo anterior cuenta con un sensor de voltaje para verificar que la fuente de alimentación del circuito eléctrico sea el adecuado, encendiendo un led verde, de lo contrario enciende un led rojo indicando que el sistema está deshabilitado hasta que la fuente de alimentación sea reemplazada.

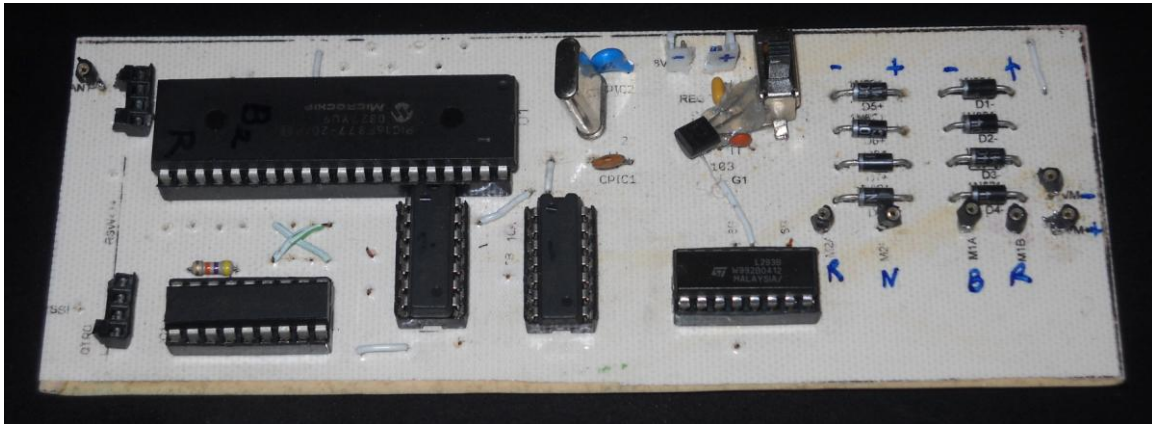


Fig. 3.11 Armado circuito eléctrico Módulo recepción de datos

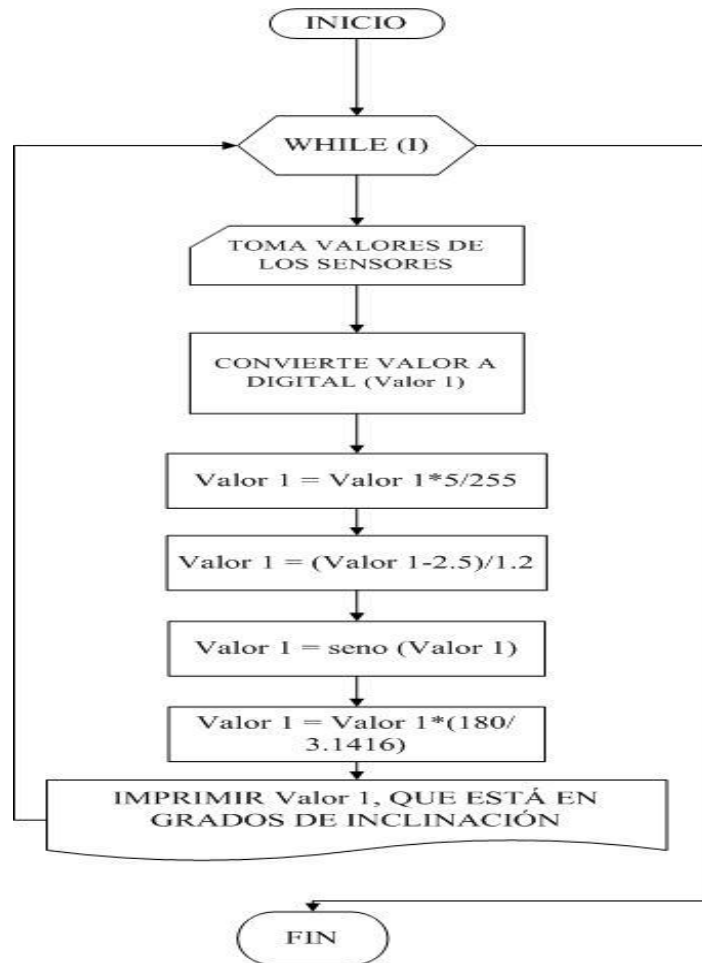
3.5. Diagramas de flujo

3.5.1. Lectura de Sensores

El siguiente diagrama de flujo muestra los pasos a seguir para obtener el valor de los sensores de inclinación en grados [°].

Inicialmente el microcontrolador lee los valores de los sensores para transformarlos a un valor digital a través del convertidor analógico digital (ADC), posteriormente ese valor se multiplica por 5 (referencia del convertidor 5 volts) y se divide entre 255 (8 bits), restándole el valor en 0 g (2,5 volts) y dividiendo entre la sensibilidad del sensor (1.2 volts), después se le aplica la función seno para obtener los valores en radianes, finalmente se multiplica por 180 y dividiéndolo entre π para tener los valores en grados de inclinación. [Código fuente en Apéndice 2, b]

Diagrama de flujo para Lectura de Sensores



3.5.2. Transmisión de datos

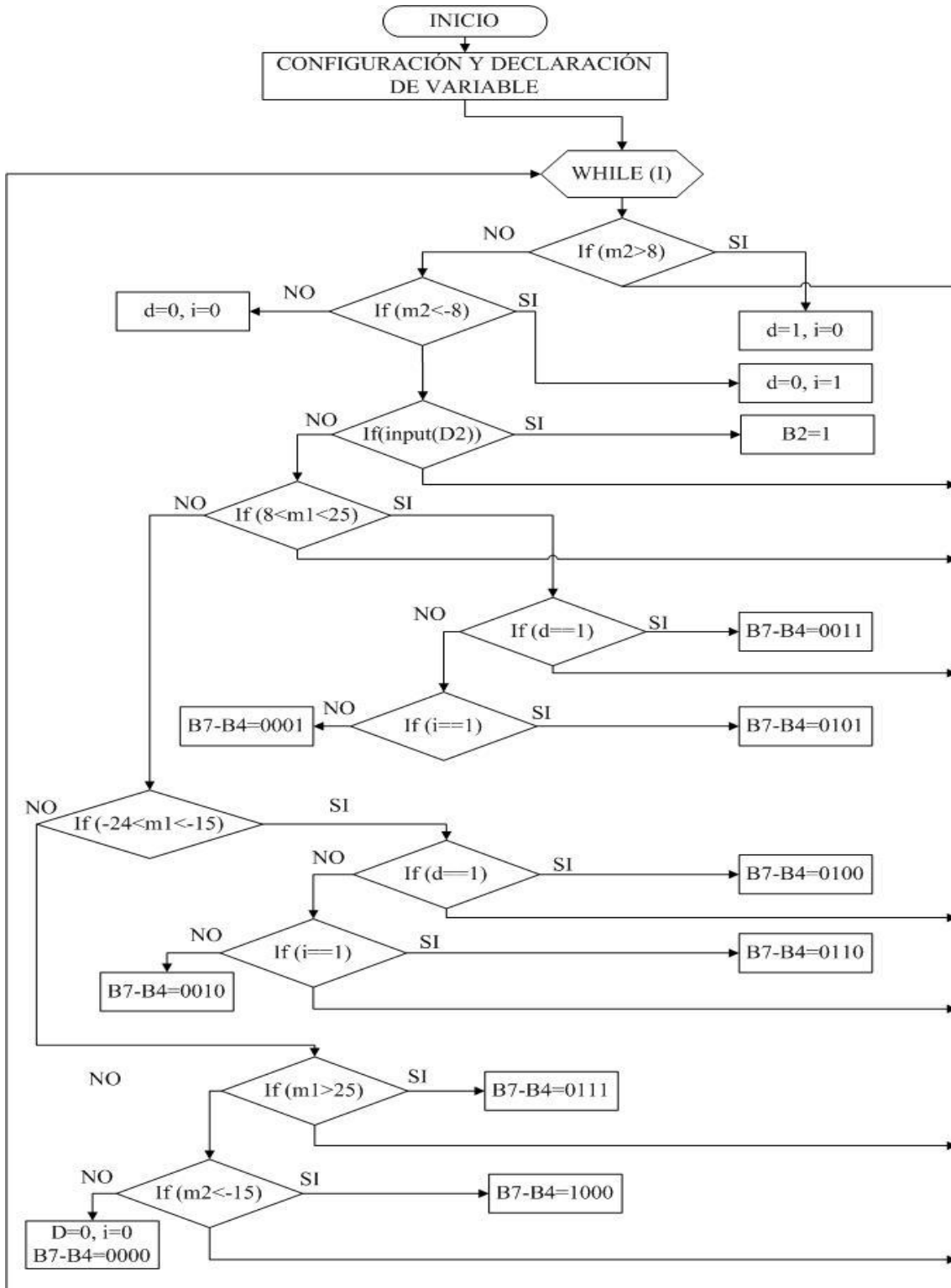
Existe una condición que se encarga de sensar un pin del microcontrolador que indica si el fuente de alimentación se encuentra en el nivel adecuado para el sistema, de lo contrario debe ser reemplazada.

Una vez obtenidos los valores en grados de inclinación, inicia una serie de verificaciones de rangos para activar las banderas de movimiento izquierda y/o derecha (i, d) según sea el caso, y una vez que ha verificado el movimiento anterior procede la condición de adelante o atrás, para identificar el código correspondiente al movimiento en cuestión y enviar al Módulo Recepción de datos.

Paralelamente revisa si otra serie de rangos que indicarán si el sistema desea ponerse en modo pausa o habilitarlo.^[Ver código fuente Apéndice 2,c]

Para mayor claridad se muestra el siguiente diagrama de flujo.

Diagrama de flujo para Transmisión de datos



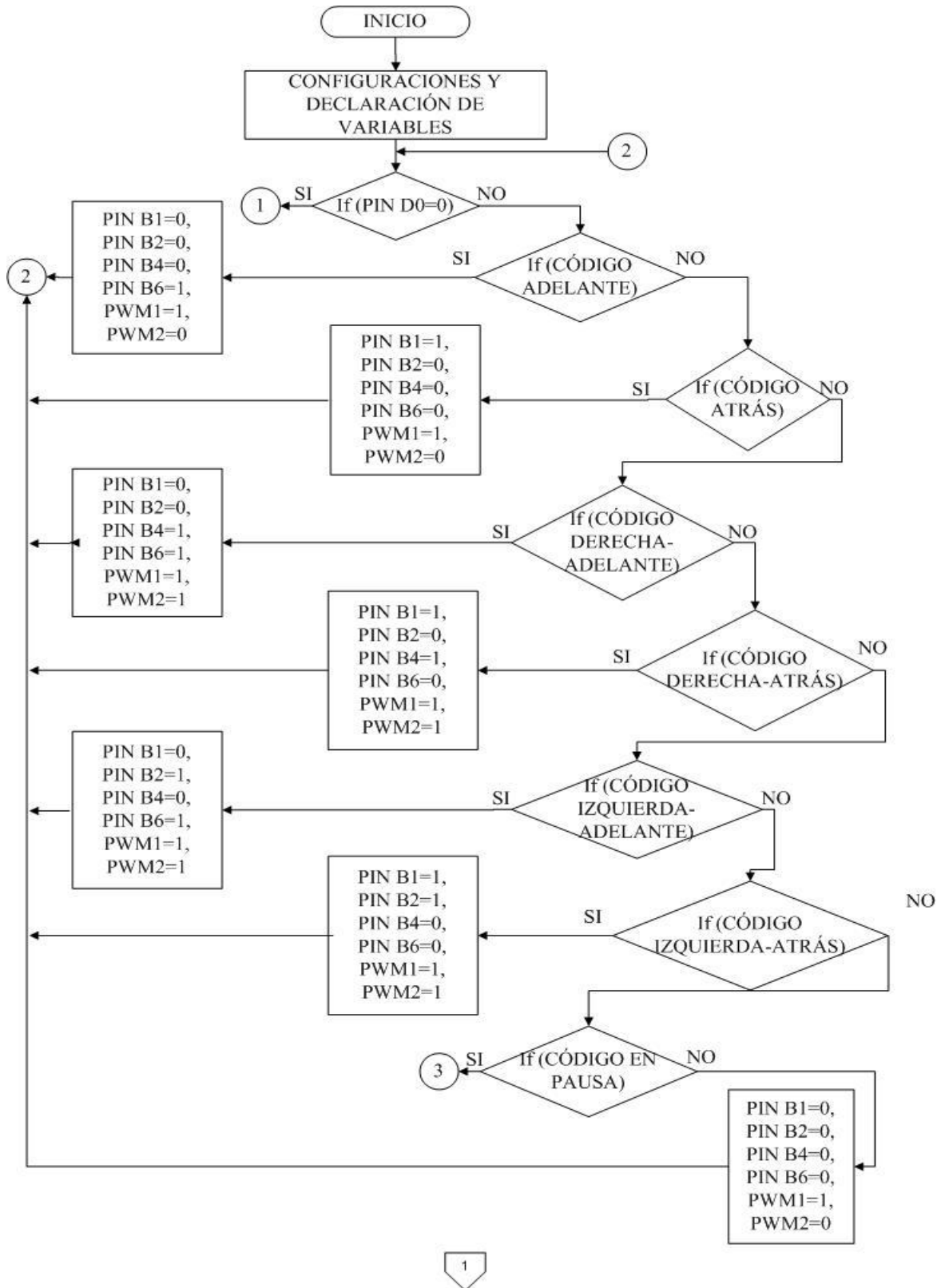
3.5.3. Recepción de datos

El siguiente diagrama de flujo muestra el procedimiento que realiza el Módulo Recepción de datos para que se lleve a cabo el movimiento correspondiente.

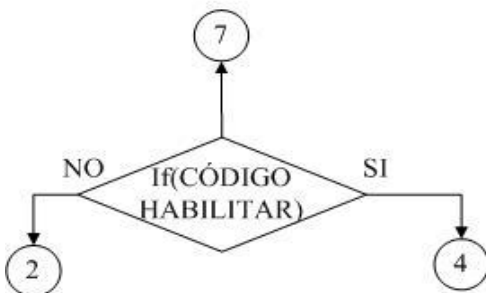
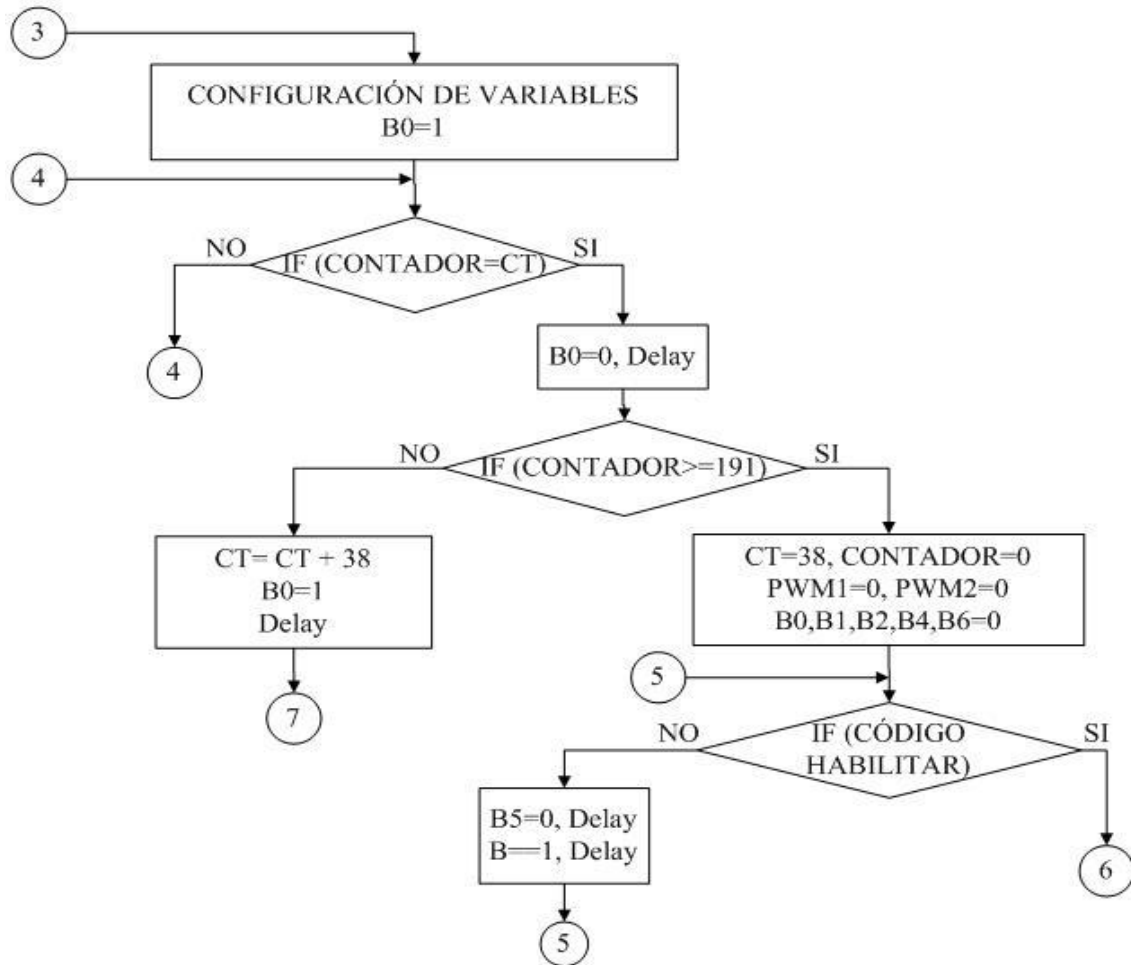
Como parte de la configuración del microcontrolador el *PWM* y el *contador* se inicializan y se ajusta el *timer*. Al igual que la sección anterior se verifica que la fuente de alimentación sea la adecuada, en seguida revisa el código que ha recibido del Módulo transmisor y procede a activar los pines correspondientes al movimiento. Cuando detecta el código en modo pausa inicia un conteo de 6 segundos, en caso de que se cumplan ejecuta las instrucciones correspondientes, en caso contrario sigue verificando el resto de las condiciones hasta alguna de ellas se cumpla. El ciclo se repite continuamente. ^[Ver código fuente de Apéndice 2,d]

Diagramas de flujo correspondientes a la recepción de datos.

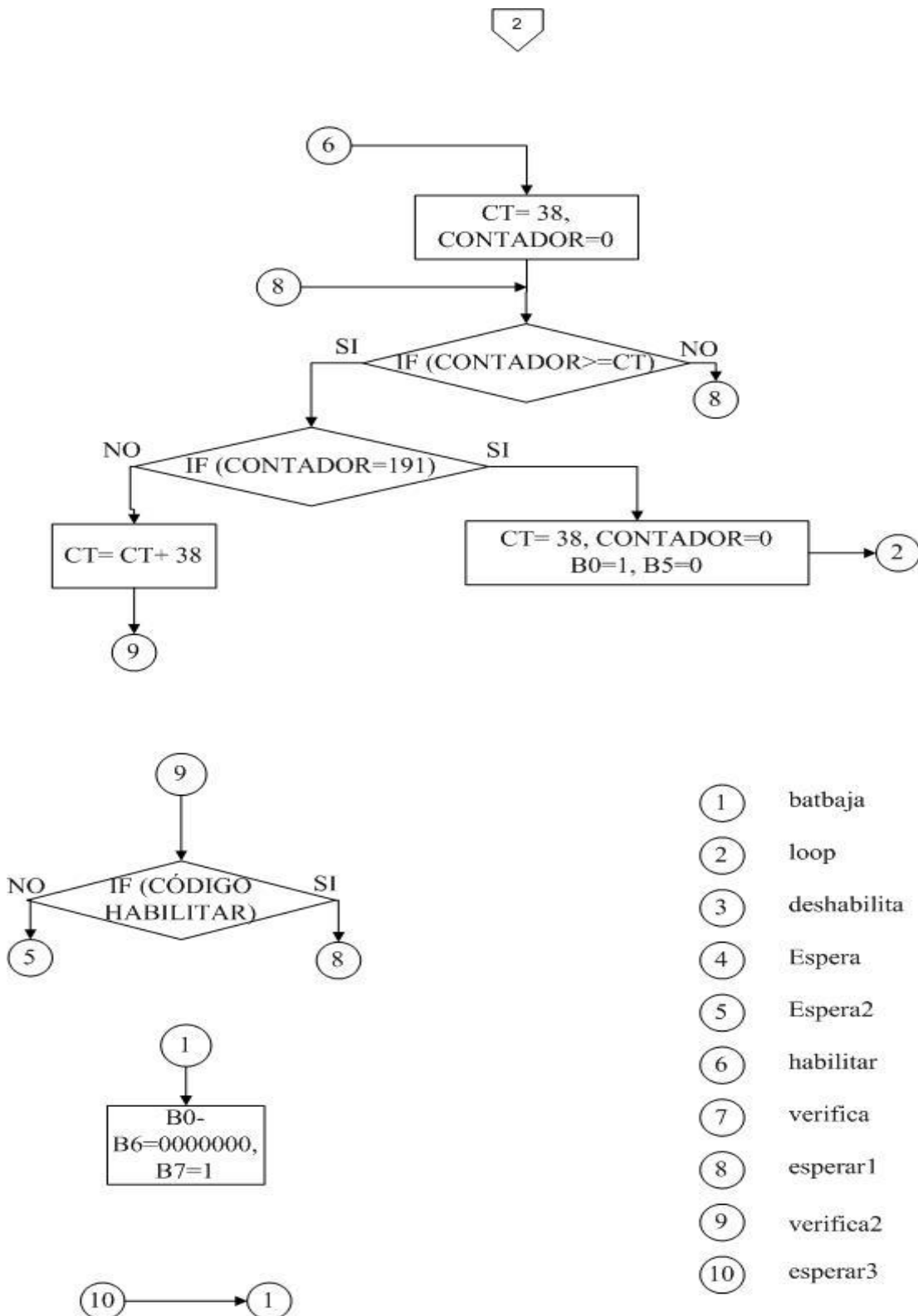
Diagrama de flujo para Recepción de datos



Continuación



Continuación



3.6. Implementación de la Diadema Inalámbrica

Para la implementación se eligió una diadema del tipo que se usan para audífonos con el fin de instalar los circuitos electrónicos en ella, a su vez se pretende dar al usuario comodidad y facilidad de operación en especial a las personas con alguna discapacidad motriz. Si la diadema es de gran tamaño y cuenta con cables externos, creará inseguridad y malestar a los usuarios, por tal motivo la diadema está pensada para que sea ligera, pequeña e inalámbrica, lo que otorgará comodidad, facilidad de uso y seguridad al usuario.



Fig. 3.12 Vista frontal



Fig. 3.13 Vista lateral

CAPÍTULO

4. Pruebas y resultados

Al terminar de implementar los circuitos electrónicos necesarios para el funcionamiento del proyecto, se prosiguió a instalar en la diadema el módulo de sensores de inclinación así como el módulo de procesamiento y transmisión de datos y se usa un carro de juguete que cuenta con dos motores de CD que sustituyen para efectos de prueba de sensibilidad y operación el movimiento de la silla de ruedas electromecánica, en la plataforma del carro de juguete se instala la electrónica del módulo de recepción, con lo anteriormente instalado se realizan las pruebas de funcionamiento de la diadema inalámbrica.

Estas pruebas se realizaran con la inclinación de la diadema en la dirección deseada, para este caso las direcciones son: Adelante, atrás, adelante-derecha, adelante-izquierda, atrás-derecha y atrás-izquierda.

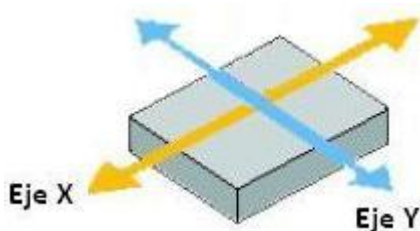


Fig. 4.1 Sistema de referencia



Fig. 4.2 Colocación de la Diadema

Carro de prueba

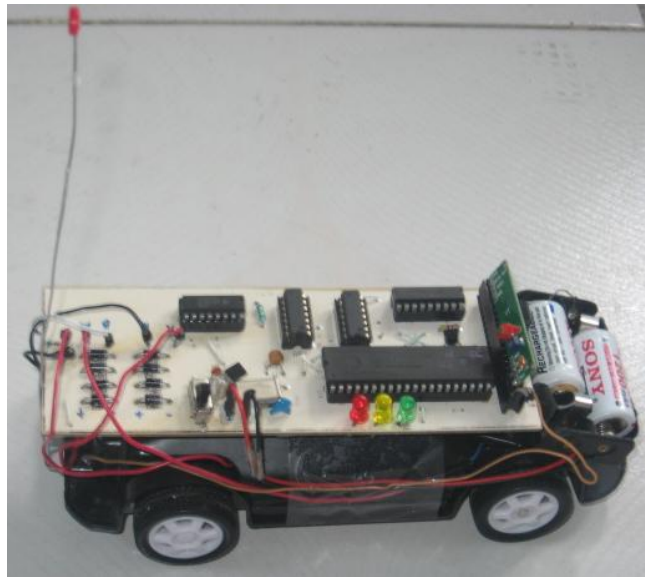


Fig. 4.3 Vista horizontal 1

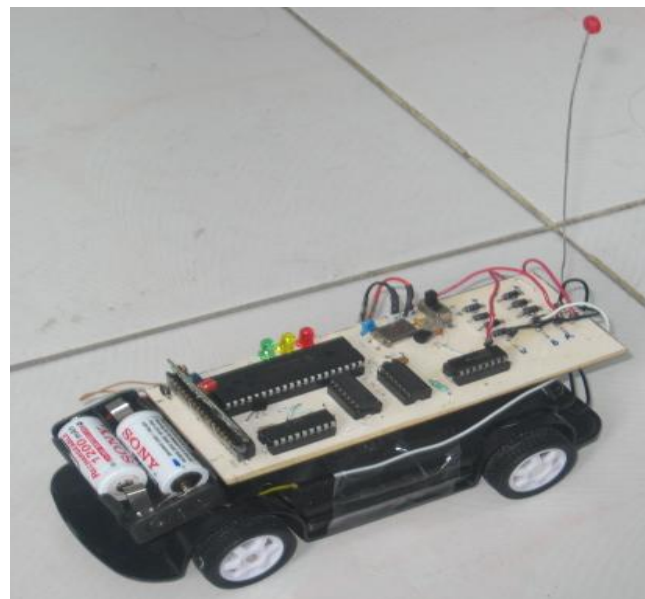


Fig. 4.4 Vista horizontal 2

Figuras que muestran la inclinación de la cabeza para las diferentes opciones de movimiento.



Fig. 4.5. Sin movimiento



Fig. 4.6. Adelante



Fig. 4.7. Atrás



Fig. 4.8. Derecha-adelante

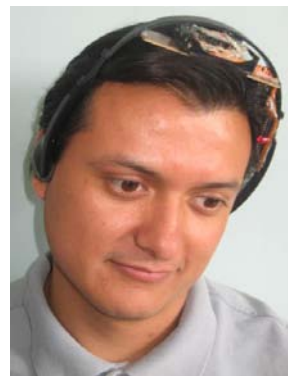


Fig. 4.9. Izquierda-adelante



Fig. 4.10. Derecha-atrás



Fig. 4.11. Izquierda-atrás

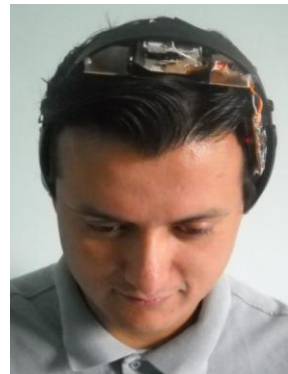


Fig. 4.12. Modo pausa

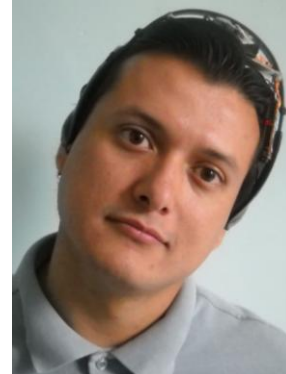


Fig. 4.13. Reactivar sistema

4.1 Prueba con rangos de 20 a 50 grados de inclinación para ambos sensores y PWM de 100%.

Resultados:

| Dirección | Sensor1 (m1) [°] | Sensor2 (m2) [°] | Funcionamiento |
|--------------------|--|--|-----------------------|
| Ninguna | -20<m1<20, 50<m1<90 y -50<m1<-90 | -20<m2<20, 50<m2<90 y -50<m2<-90 | Funciona |
| Adelante | 20<m1<50 | _____ | Funciona |
| Atrás | -20<m1<-50 | _____ | Funciona |
| Derecha-adelante | 20<m1<50 | 20<m2<50 | No funciona |
| Derecha-atrás | -20<m1<-50 | 20<m2<50 | No funciona |
| Izquierda-adelante | 20<m1<50 | -20<m2<-50 | No funciona |
| Izquierda-atrás | -20<m1<-50 | -20<m2<-50 | No funciona |

Cuadro 4.1

Observaciones:

- Para las direcciones adelante, atrás y sin dirección el funcionamiento fue adecuado en los rangos establecidos, sin embargo, se observó que la inclinación era muy pronunciada, causando molestia al usuario.
- Para el resto de las direcciones el resultado fue erróneo, esto se explica porque el envío de datos de los sensores es en forma serial y de manera alternada, lo que significa que primero manda una dirección y luego la siguiente, moviéndose solo en una dirección a la vez, y no de forma paralela para lograr el movimiento en conjunto (Derecha-adelante, Derecha-atrás, Izquierda-adelante y Izquierda-atrás).
- Velocidad de movimiento muy alta (PWM del 100%).

Debido a los puntos mencionados anteriormente se reduce el rango de inclinación, así como también se modifica el código correspondiente para que el microcontrolador pueda recibir la información en paralelo de los 2 sensores y lograr el movimiento en dos direcciones a la vez. El PWM baja a 85 %.

4.2 Prueba con rangos de 25 a 45 grados de inclinación para ambos sensores y PWM de 85 %.

Resultados:

| Dirección | Sensor1 (m1) [°] | Sensor2 (m2) [°] | Funcionamiento |
|--------------------|--|--|-----------------------|
| Ninguna | -25<m1<25, 45<m1<90 y -45<m1<-90 | -25<m2<25, 45<m2<90 y -45<m2<-90 | Funciona |
| Adelante | 25<m1<45 | _____ | Funciona |
| Atrás | -25<m1<-45 | _____ | Funciona |
| Derecha-adelante | 25<m1<45 | 25<m2<45 | Funciona |
| Derecha-atrás | -25<m1<-45 | -25<m2<-45 | Funciona |
| Izquierda-adelante | 25<m1<45 | 25<m2<45 | Funciona |
| Izquierda-atrás | -25<m1<-45 | -25<m2<-45 | Funciona |

Cuadro 4.2

Observaciones:

- Todas las direcciones funcionan adecuadamente, pero el rango de inclinación aún es pronunciado, lo que complica mantener los sensores en el rango de funcionamiento.
- Con PWM de 85 % baja considerablemente la velocidad, pero sigue siendo alta.

Tomando como base los resultados obtenidos en esta prueba se procede a reducir nuevamente el rango de inclinación para mejorar el resultado, así como también se modifica el PWM a un 75%.

4.3 Prueba con rangos de 20 a 35 grados de inclinación para ambos sensores y PWM de 75 %.

Resultados:

| Dirección | Sensor1 (m1) [°] | Sensor2 (m2) [°] | Funcionamiento |
|--------------------|--|--|-----------------------|
| Ninguna | -20<m1<20, 35<m1<90 y -35<m1<-90 | -20<m2<20, 35<m2<90 y -35<m2<-90 | Funciona |
| Adelante | 20<m1<35 | _____ | Funciona |
| Atrás | -20<m1<-35 | _____ | Funciona |
| Derecha-adelante | 20<m1<35 | 20<m2<35 | Funciona |
| Derecha-atrás | -20<m1<-35 | -20<m2<-35 | Funciona |
| Izquierda-adelante | 20<m1<35 | 20<m2<35 | Funciona |
| Izquierda-atrás | -20<m1<-35 | -20<m2<-35 | Funciona |

Cuadro 4.3

Observaciones:

- Funcionamiento correcto en todas las direcciones mejorando considerablemente permanecer en el rango de acción, sin embargo, se observa que para algunas combinaciones el rango de inclinación es alto.
- Velocidad adecuada, quedando PWM de 75 %.
- En ocasiones los sensores mandan valores aleatorios.

Consideramos que los rangos de inclinación deben ser personalizados para cada dirección, debido a que en algunas direcciones es suficiente una inclinación moderada. La velocidad con PWM de 75 % fue adecuada.

Cuando los sensores entregan datos aleatorios observamos que se debe a un problema de la fuente de energía, si la alimentación que el circuito necesita es baja el convertidor ADC del microcontrolador cambia el valor de referencia (5 [V]) modificando los valores en grados de inclinación, y por lo tanto, el sistema ya no es estable ni seguro.

Para solucionar este problema nos auxiliamos de un sensor de voltaje que nos indica cuando la fuente de alimentación está por debajo de 4.5 [V], en ese momento el sistema activa el código “sin dirección” hasta que la pila sea reemplazada, de esta forma, garantizamos la seguridad del usuario.

4.4 Prueba con rangos de inclinación personalizados para cada uno de los sensores, PWM de 75 % y sensor de voltaje en Módulo procesamiento y transmisión de datos.

Resultados:

| Dirección | Sensor1 (m1) [°] | Sensor2 (m2) [°] | Funcionamiento |
|--------------------|--|-----------------------------|-----------------------|
| Ninguna | -10<m1<10, 20<m1<90 y -20<m1<-90 | -15<m2<15 | Funciona |
| Adelante | 10<m1<20 | _____ | Funciona |
| Atrás | -10<m1<-20 | _____ | Funciona |
| Derecha-adelante | 10<m1<20 | m2>15 | Funciona |
| Derecha-atrás | -20<m1<-15 | m2>15 | Funciona |
| Izquierda-adelante | 10<m1<20 | m2<-15 | Funciona |
| Izquierda-atrás | -20<m1<-15 | m2<-15 | Funciona |

Cuadro 4.4

Observaciones:

- Con los rangos personalizados mejora la respuesta del sistema, para este caso puede mantenerse una combinación por más tiempo, a diferencia de la prueba anterior.
- Se observa variabilidad en la velocidad de los motores.

Aun cuando haya mejorado la respuesta del sistema con la personalización de rangos, se considera que se pueden afinar los rangos para optimizar el funcionamiento del sistema.

La variabilidad en la velocidad de los motores se debe a que se usa una sola fuente de alimentación para el Módulo recepción de datos, no siendo suficiente la corriente, por lo cual se anexa otra fuente de energía.

También se incluirán tres sensores de voltaje, el primero para el Módulo Procesamiento y Transmisión de datos, el segundo para el circuito eléctrico en el Módulo de Recepción de datos y el último para los motores. Los sensores de voltaje nos indican el nivel de voltaje en el que se encuentra el sistema y asegurar su buen funcionamiento, si el voltaje es inadecuado el sistema se deshabilita.

En esta etapa se agrega al sistema seguridad, que consiste en poner en pausar, activar, y deshabilitar sistema.

4.5 Prueba con rangos de inclinación personalizados para cada uno de los sensores, PWM de 75 %, sensor de voltaje en Módulo procesamiento y transmisión de datos y sensor de voltaje en Módulo recepción de datos.

Resultados:

| Dirección | Sensor1 (m1) [°] | Sensor2 (m2) [°] | Funcionamiento |
|----------------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| Ninguna | -12<m1<8, m1<-24 y m1>25 | -8<m2<8 | Funciona |
| Adelante | 8 < m1<25 | _____ | Funciona |
| Atrás | -24<m1<-15 | _____ | Funciona |
| Derecha-adelante | 8<m1<25 | m2 > 8 | Funciona |
| Derecha-atrás | -24<m1<-15 | m2 > 8 | Funciona |
| Izquierda-adelante | 8<m1<25 | m2<-8 | Funciona |
| Izquierda-atrás | -24<m1<-15 | m2<-8 | Funciona |
| En pausa | m1>25 | _____ | Funciona |
| Activar sistema | X* | m2<-12 | Funciona |
| Deshabilitar sistema | No aplica | No aplica | Funciona |

Cuadro 4.5

* No importa

Observaciones:

- Con la delimitación en los rangos de inclinación mejora la maniobrabilidad de la diadema obteniendo resultados satisfactorios.
- Con el anexo de la fuente de alimentación funcionaron correctamente los motores respetando la velocidad establecida.
- En pausa la respuesta fue la indicada, sin embargo, el rango en los grados de inclinación ocasionaba interferencia con otras direcciones, por lo que no se tenía libre movimiento para elegir la acción deseada.
- Activar sistema y en Deshabilitar sistema funcionó correctamente.

Para resolver el punto de poner en pausa el sistema se cambia la el rango de inclinación y la dirección en la cual se acciona, ahora será hacia Adelante con una inclinación de $m1 > 25$.

Para los resultados de la tabla anterior el tercer sensor de voltaje no interfiere mientras el voltaje sea adecuado para el funcionamiento del circuito eléctrico de la diadema, de lo contrario la fuente de alimentación debe ser reemplazada.

Las siguientes pruebas integran todos los elementos de cada una de las pruebas anteriores, además de que se harán:

- con y sin antena
- con y sin obstáculos, y
- con y sin interferencias (celulares, televisión, computadora, etc.).

El fin de esta prueba es observar en qué grado interfieren estos elementos en el funcionamiento del sistema, así como, la distancia en que el sistema responde adecuadamente.

4.6 Prueba sin antena, con/sin obstáculos, con/sin interferencias (celulares, televisión, computadora, etc.)

Resultados:

| Dirección | Sin antena | | | | | | |
|----------------------|-------------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|
| | Sin obstáculos | | Distancia [m] | Con obstáculos | | | |
| | Sin interferencia | Con interferencia | | Sin interferencia | Distancia [m] | Con interferencia | Distancia [m] |
| Ninguna | ✓ | ✓ | 40.30 | ✓ | 12.72 | ✓ | 10.00 |
| Adelante | ✓ | ✓ | 40.30 | ✓ | 12.72 | ✓ | 10.00 |
| Atrás | ✓ | ✓ | 40.30 | ✓ | 12.72 | ✓ | 10.00 |
| Derecha-adelante | ✓ | ✓ | 40.30 | ✓ | 12.72 | ✓ | 10.00 |
| Derecha-atrás | ✓ | ✓ | 40.30 | ✓ | 12.72 | ✓ | 10.00 |
| Izquierda-adelante | ✓ | ✓ | 40.30 | ✓ | 12.72 | ✓ | 10.00 |
| Izquierda-atrás | ✓ | ✓ | 40.30 | ✓ | 12.72 | ✓ | 10.00 |
| En pausa | ✓ | ✓ | 40.30 | ✓ | 12.72 | ✓ | 10.00 |
| Activar sistema | ✓ | ✓ | 40.30 | ✓ | 12.72 | ✓ | 10.00 |
| Deshabilitar sistema | ✓ | ✓ | 40.30 | ✓ | 12.72 | ✓ | 10.00 |

Cuadro 4.6

Observaciones:

- La respuesta del sistema **sin antena** fue adecuado hasta una distancia de 40.3 [m], siendo la misma distancia para las condiciones de **sin obstáculos y con/sin interferencia**. Para una distancia mayor a la mencionada el sistema deja de responder a las instrucciones enviadas por la diadema.

- Para las condiciones **sin antena, con** obstáculos y **sin interferencia** la respuesta del sistema es correcto hasta una distancia de 12.72 [m], después de esta distancia el sistema responde parcialmente a las instrucciones enviadas por la diadema.
- Para las condiciones **sin antena, con** obstáculos y **con** interferencia la respuesta del sistema es correcto hasta una distancia de 10.00 [m], debido a interferencias (celulares, televisión, computadora, etc.) reduce la distancia de buen funcionamiento.

4.7 Pruebas con antena, con/sin obstáculos, con/sin interferencias (celulares, televisión, computadora, etc)

Resultados:

Cuadro 4.7

| Dirección | Con antena | | | | | |
|----------------------|-------------------|-------------------|---------------|-------------------|-------------------|---------------|
| | Sin obstáculos | | Distancia [m] | Con obstáculos | | Distancia [m] |
| | Sin interferencia | Con interferencia | | Sin interferencia | Con interferencia | |
| Ninguna | ✓ | ✓ | 100 | ✓ | ✓ | 31.83 |
| Adelante | ✓ | ✓ | 100 | ✓ | ✓ | 31.83 |
| Atrás | ✓ | ✓ | 100 | ✓ | ✓ | 31.83 |
| Derecha-adelante | ✓ | ✓ | 100 | ✓ | ✓ | 31.83 |
| Derecha-atrás | ✓ | ✓ | 100 | ✓ | ✓ | 31.83 |
| Izquierda-adelante | ✓ | ✓ | 100 | ✓ | ✓ | 31.83 |
| Izquierda-atrás | ✓ | ✓ | 100 | ✓ | ✓ | 31.83 |
| En pausa | ✓ | ✓ | 100 | ✓ | ✓ | 31.83 |
| Activar sistema | ✓ | ✓ | 100 | ✓ | ✓ | 31.83 |
| Deshabilitar sistema | ✓ | ✓ | 100 | ✓ | ✓ | 31.83 |

Observaciones:

- La respuesta del sistema **con antena** fue adecuado hasta una distancia de 100 [m], siendo la misma distancia para las condiciones de **sin** obstáculos y **con/sin interferencia**.
- Para las condiciones **con antena**, **con** obstáculos y **con/sin interferencia** la respuesta del sistema es correcto hasta una distancia de 31.83 [m].

Los resultados en las 2 pruebas anteriores, en condiciones adversas, como son: sin antena, con obstáculos y con interferencias, se observa que el sistema funciona adecuadamente hasta una distancia de 10 [m], y en condiciones óptimas (con antena, sin obstáculos y sin interferencia) hasta 100 [m].

Dado que el sistema se encuentra separado máximo 1.5 [m] entre un elemento y otro (distancia entre la diadema y los motores de silla de ruedas electromecánica), el buen funcionamiento del sistema no se ve afectado, ni por distancia ni por interferencias.

Para familiarizarse con el uso de la Diadema Inalámbrica se sugiere entrenamiento por parte del usuario, de esta forma, adquirirá confianza con el funcionamiento de la misma, obteniendo mejores resultados. También se sugiere la calibración del sistema de referencia en función de la posición de la cabeza.

Nota importante:

Dado que los motores de una silla de ruedas electromecánica demanda una corriente (I) de varios *ampers* es necesario el diseño de una etapa de acoplamiento entre el sistema digital (Diadema inalámbrica) y los motores de la silla electromecánica (etapa potencia) para proteger eléctricamente los dos sistemas.



Conclusiones

Como se mencionó al inicio de esta tesis, uno de los principales problemas para las personas con alguna discapacidad motriz es su desplazamiento, el cual requiere la ayuda de terceros, con la Diadema Inalámbrica las personas con este problema podrán desplazarse adquiriendo cierta independencia en ello, caracterizada por ser pequeña e inalámbrica, eliminando las incomodidades que ocasionan los cables. Todos los componentes de la Diadema inalámbrica son de bajo costo y fácil adquisición. Con las características anteriores mejora notablemente su calidad de vida e independencia, logrando el objetivo de este trabajo.

El funcionamiento de la Diadema inalámbrica se mejoró en cada prueba realizada, hasta obtener el resultado deseado. Para un mejor uso de la Diadema se recomienda una etapa de entrenamiento por parte del usuario, para familiarizarse con el sistema y obtenga mejores resultados.

Las direcciones de movimiento se realizan de manera discreta, ligera, suave; brindando un grado de seguridad y facilidad en su manejo, además, puede ser adaptable por software a la necesidad de cada usuario en el sentido de la inclinación inicial de su cabeza.

Cuando existe obstáculos e interferencia con otros dispositivos, la distancia mínima a la que responde adecuadamente el sistema es de 10 m (distancia entre la diadema y la silla de ruedas electromecánica), en este sistema existe a lo mucho 1.5 m entre ellos, por lo que no se ve afectado el buen funcionamiento.

Cabe destacar que existen sistemas similares pero no iguales a la Diadema, siendo internacionales, ninguno de ellos inalámbrico ni en México. Aunque la diadema se encuentra en fase prototipo, es de bajo costo y se espera pueda ser comercializada, ya que en nuestro país existe un porcentaje considerable de personas con discapacidad motriz, abarcando parte de este mercado y satisfaciendo una necesidad.

Como mejora futura podría anexarse un *display* para visualizar el estado del sistema (indicador de batería, dirección activa), sonido de alarma o emergencia, y calibrar y filtrar la salida de los acelerómetros para lograr una respuesta a grados de operación reducidos y eliminar por completo el ruido de salida de la señal analógica, con estas modificaciones se lograría dotar a este sistema de mayor número de aplicaciones en la vida diaria, solo por dar algunos ejemplos, operar maquinas herramientas, un mouse para la computadora controlado con movimientos de la cabeza, operación virtual de ambientes tridimensionales, cirugías medicas, etc.

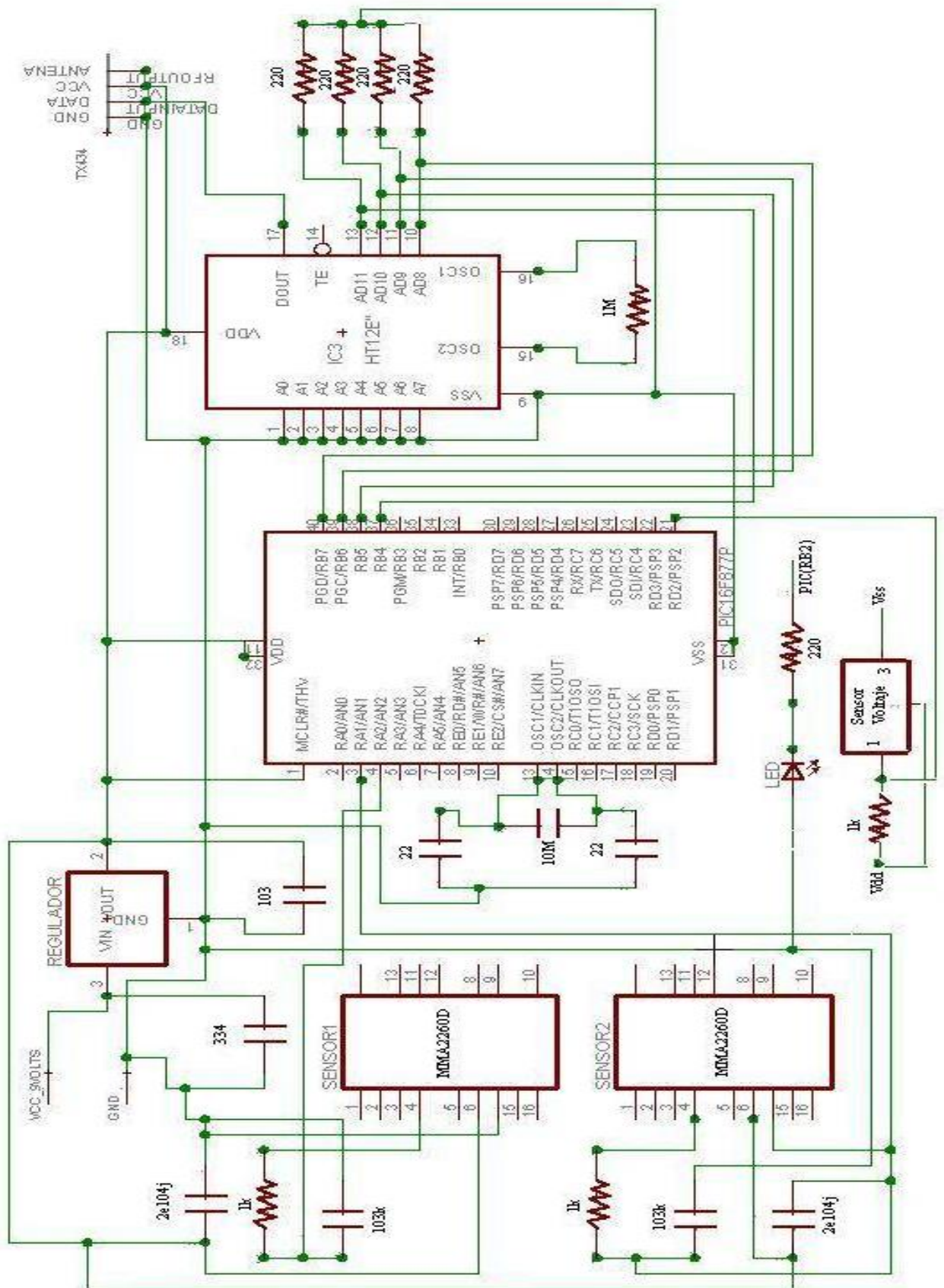
En vista de la dificultad por conseguir una silla de ruedas electromecánica propia, debido al costo de \$23,000 pesos la más económica para pruebas de laboratorio y por las razones expuestas en la introducción, se deja pendiente su implementación y pruebas finales en la silla.

Este trabajo es una contribución a mejorar la situación de aquellas personas que por distintas razones tienen dificultad para desplazarse, esperando retribuir a la sociedad parte de lo mucho que nos ha dado, y al mismo tiempo se logra el objetivo de proponer un nuevo sistema electrónico que puede tener uso en diferentes áreas de nuestra vida.

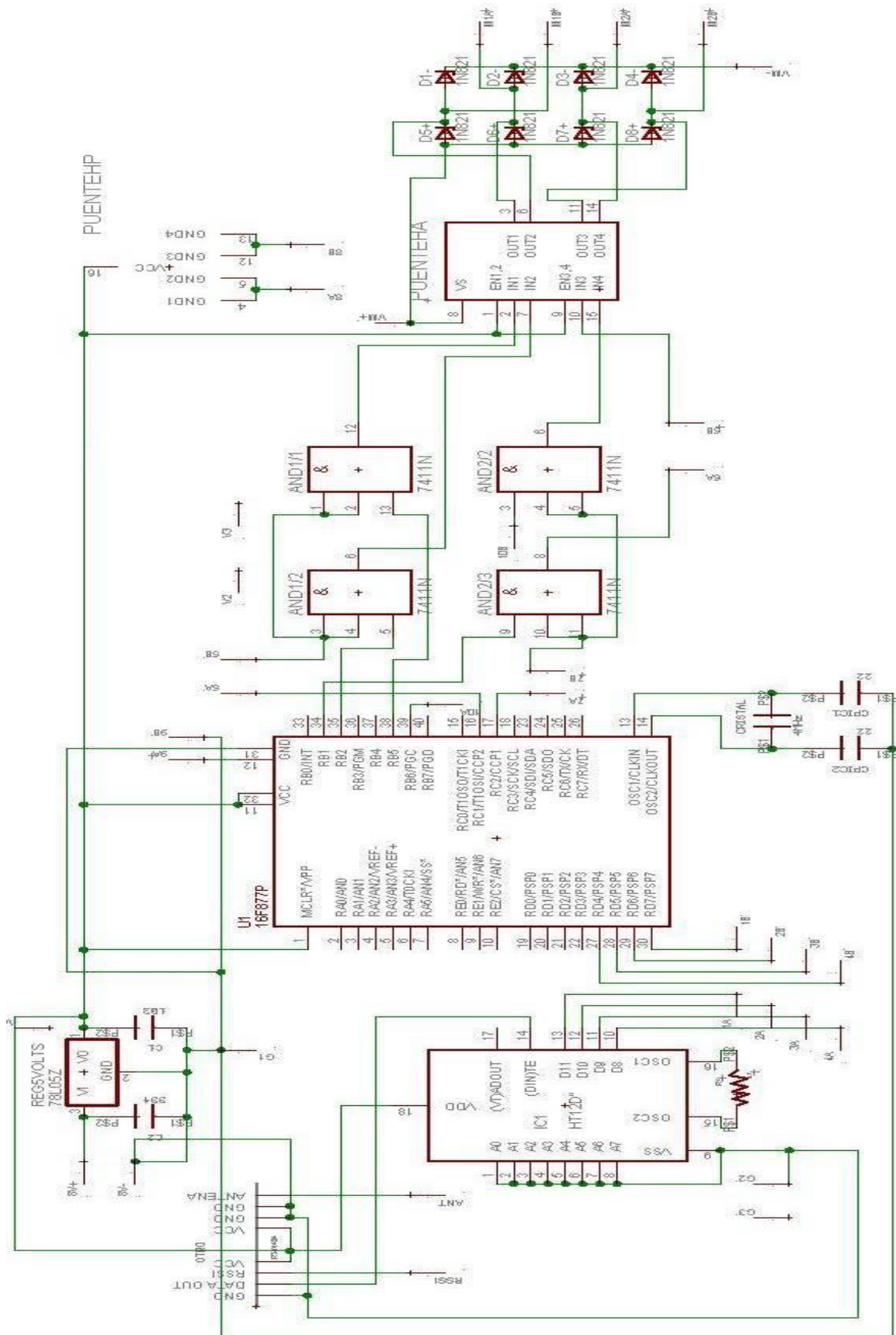
Apéndice 1

Circuitos eléctricos

Circuito eléctrico transmisor de datos



Circuito eléctrico receptor de datos



Apéndice 2

Código fuente

a) Funcionamiento de los puertos B y D del microcontrolador

El siguiente código fuente tiene como objetivo mostrar el funcionamiento de los puertos B y D del microcontrolador PIC16F877, de cómo configurar sus entradas y salidas, encendiendo o apagando dos leds si las condiciones se cumplen.

Lectura y salida de datos.

```
#include <16F877.h> // Configuración general del microcontrolador
#include <STDLIB.H>
#fuses HS,NOWDT,NOPROTECT
#use delay(clock=10000000)
#use rs232(BAUD=9600, xmit=PIN_C6, rcv=PIN_C7)

void main() {

    SET_TRIS_B( 0x00 ); // Salidas del Puerto B
    SET_TRIS_D( 0xFF); // Entradas del Puerto D

    if (!input(PIN_D2) && !input (PIN_D3)) // Condiciones Pin D2 y D3 a 0
    {
        printf("Uno"); //Imprimir un uno en pantalla si condición se cumple
        output_low(PIN_B6); // Pin B6 a cero
        output_low(PIN_B7); // Pin B7 a cero
    }
    else
    {
        if (!input(PIN_D2) && input (PIN_D3)) //Condiciones Pin D2 a 0 y D3 a 1
        {
            printf("Dos"); //Imprimir un dos en pantalla si condición se cumple
            output_low(PIN_B6); // Pin B6 a cero
            output_high(PIN_B7); // Pin B7 a uno
        }
        else
        {
            if (input(PIN_D2) && !input (PIN_D3)) // Condiciones Pin D2 a 1 y D3 a 0
            {
                printf("Tres"); //Imprimir un tres en pantalla si condición se cumple
                output_high(PIN_B6); // Pin B6 a uno
                output_low(PIN_B7); // Pin B7 a cero
            }
            else
            {
                printf("Cuatro"); //Imprimir un cuatro en pantalla si condición se cumple
                output_high(PIN_B6); // Pin B6 a uno
            }
        }
    }
}
```

```
    output_high(PIN_B7); // Pin B7 a uno }  
  }  
}
```

b) Lectura de sensores.

```
#include <16F877.h> // Configuración general del microcontrolador  
#include <STDLIB.H>  
#include <math.h>  
#fuses HS,NOWDT,NOPROTECT  
#use delay(clock=4000000)  
#use rs232(BAUD=2400, xmit=PIN_C6, rcv=PIN_C7)  
  
main()  
{  
  int d,i; //Configuracion variables  
  float valor1,g1,valor2,g2;  
  signed long m1,m2,val1,val2;  
  setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL);  
  setup_adc_ports(ALL_ANALOG);  
  SET_TRIS_B( 0x00 ); // Salidas Puerto B  
  SET_TRIS_D( 0xFF ); // Entradas Puerto D  
  d=0; // Variable para indicar bandera derecha  
  i=0; // Variable para indicar bandera izquierda  
  while(1)  
  {  
    set_adc_channel(1); // Canal 1 toma valores para el sensor 1  
    delay_ms(20);  
    valor1 = read_adc(); // Guardar valores de sensor 1  
    valor1=valor1*5/255; // Sacando los grados de inclinación  
    g1=(valor1-2.5)/1.2;  
    g1=asin(g1);  
    g1=g1*(180/3.141596); //Conversión de radianes a grados  
    m1=g1;  
    delay_ms( 100 );  
    set_adc_channel(2); // Canal 2 tomo valores para el sensor 2  
    delay_ms(20);  
    valor2 = read_adc();// Guardar valores de sensor 2  
    valor2=valor2*5/255;  
    g2=(valor2-2.5)/1.2;  
    g2=asin(g2);
```

```
g2=g2*(180/3.141596); //Conversión de radianes a grados
}
}
```

c) Transmisión de datos

Programa que se encarga de configurar los elementos necesarios del PIC microcontrolador para recibir, procesar y enviar la información al receptor.

A fin de que se entienda el funcionamiento del siguiente código fuente, se comenta.

```
#include <16F877.h> // Configuración general del microcontrolador
#include <STDLIB.H>
#include <math.h>
#fuses HS,NOWDT,NOPROTECT
#use delay(clock=4000000)
#use rs232(BAUD=2400, xmit=PIN_C6, rcv=PIN_C7)

main()
{
int d,i; //Configuracion variables
float valor1,g1,valor2,g2;
signed long m1,m2,val1,val2;
setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL);
setup_adc_ports(ALL_ANALOG);
SET_TRIS_B( 0x00 ); // Salidas Puerto B
SET_TRIS_D( 0xFF ); // Entradas Puerto D
d=0; // Variable para indicar bandera derecha
i=0; // Variable para indicar bandera izquierda
while(1)
{
set_adc_channel(1); // Canal 1 toma valores para el sensor 1
delay_ms(20);
valor1 = read_adc(); // Guardar valores de sensor 1
valor1=valor1*5/255; // Sacando los grados de inclinación
g1=(valor1-2.5)/1.2;
g1=asin(g1);
g1=g1*(180/3.141596); //Conversión de radianes a grados
m1=g1;
delay_ms( 100 );
set_adc_channel(2); // Canal 2 tomo valores para el sensor 2
delay_ms(20);
valor2 = read_adc();// Guardar valores de sensor 2
```

```
valor2=valor2*5/255;
g2=(valor2-2.5)/1.2;
g2=asin(g2);
g2=g2*(180/3.141596); //Conversión de radianes a grados
m2=g2;
if (m2>8) // Verifica si el sensor 2 tiene una inclinación mayor a 8°
{
    // Bandera izquierda
    d=1;
    i=0;
}
else
{
    if (m2<-8) // Verifica si el sensor 2 tiene una inclinación menor a - 8°
    {
        // Bandera derecha
        d=0;
        i=1;
    }
    else
    {
        d=0;
        i=0;
    }
}
if ( !input (PIN_D2) ) // Verifica si el Pin D2 está en cero
{
    output_b(0b00000010); // Salida B1 a 1
}
else
{
    if (m1>8 & m1<25) //Verifica si cumple la condición adelante
    {
        if (d==1) // Verifica si bandera está encendida a la derecha
        {
            output_b(0b00110100); // Salida de código derecha-adelante
            // B7-B4 = 0011
        }
        else
        {
            if (i==1) // Verifica si bandera está a la izquierda
            {
                output_b(0b01010100); // Salida de código Izquierda-adelante
                // B7-B4 = 0101
            }
            else
            {
                output_b(0b00010100); // Salida de código Adelante
                // B7-B4 = 0001
            }
        }
    }
}
```

```

}
else //e2
{
if (m1>-24 & m1<-15) //Verifica si cumple la condición atrás
{
if (d==1) // Verifica si bandera está a la derecha
{
output_b(0b01000100); // Salida de código derecha-atrás
} // B7-B4 = 0100
else
{
if (i==1) // Verifica si bandera está a la izquierda
{
output_b(0b01100100); // Salida de condición izquierda-atrás
} // B7-B4 = 0110
else
{
output_b(0b00100100); // Salida de condición Atrás
} // B7-B4 = 0010
}
}
}
else //e7
{
if (m1>25) //Verifica si condición esta en deshabilitar
{
output_b(0b01110100); // Salida código deshabilitar
} // B7-B4 = 0111
else //e8
{
if (m2<-15) // Verifica si condición esta en habilitar
{
output_b(0b10000100); // Salida código habilitar
} // B7-B4 = 1000
else //e9
{
d=0;
i=0;
output_b(0b00000100); // En caso que no se cumpla ninguna
} //e9 // condición, Salida de código sin
} //e8 // dirección, B7-B4 = 0000
} // e7
} //e2
} //e1
delay_ms( 700 );
}
}

```


d) Recepción de datos

El siguiente código fuente se encarga de recibir y procesar la información.

```
#include <16F877.h> // Configuración general del microcontrolador
#include <STDLIB.H>
#fuses HS,NOWDT,NOPROTECT
#use delay(clock=10000000)
#byte port_b=6
unsigned int32 contador=0;
unsigned int32 CT=38;

#int_RTCC
RTCC_isr() // Función para el iniciar el contador
{
    contador++;

    set_rtcc(0);
}
main()
{
    setup_ccp1(CCP_PWM); // Inicializa el PWM1
    setup_ccp2(CCP_PWM); // Inicializa el PWM2
    setup_timer_2(T2_DIV_BY_4, 255, 1);
    SET_TRIS_B( 0x00 ); // Salidas Puerto B
    SET_TRIS_D( 0xFF ); // Entradas Puerto D
    port_b=0;
    output_high(PIN_B0); //Enciende led verde que indica sistema en función normal
loop: // Etiqueta loop que indica el inicio de la revisión de las posibles decisiones
    //while(1)
    //{
        if ( !input (PIN_D0) ) // Verifica si el voltaje esta fuera del límite permitido
        {
            goto batbaja; // etiqueta que envía a código de batería baja
        }
        else
        {
            if (!input(PIN_D4) && !input (PIN_D5) && !input (PIN_D6) && input (PIN_D7) )
            { // Verifica código adelante
                set_pwm1_duty(700); // Activa PWM1
                set_pwm2_duty(0);
            }
        }
    }
}
```

```
output_high(PIN_B6); // Salida B6 = 1
output_low(PIN_B1); // Salida B1 = 0
output_low(PIN_B4); // Salida B4 = 0
output_low(PIN_B2); // Salida B2 = 0
goto loop; // Regresar a etiqueta loop
}
else
{
if (!input(PIN_D4) && !input (PIN_D5) && input (PIN_D6) && !input (PIN_D7) )
{ // Verifica código atrás
set_pwm1_duty(700); // Activa PWM1 69%
set_pwm2_duty(0);
output_high(PIN_B1); // Salida B1 = 1
output_low(PIN_B6); // Salida B6 = 0
output_low(PIN_B4); // Salida B4 = 0
output_low(PIN_B2); // Salida B2 = 0
goto loop; // Regresar a etiqueta loop
}
else
{
if (!input(PIN_D4) && !input (PIN_D5) && input (PIN_D6) && input(PIN_D7) )
{ // Verifica código Derecha - Adelante
set_pwm2_duty(1020); //Activa PWM2 al 100%
set_pwm1_duty(700); // Activa PWM1 69%
output_high(PIN_B4); //Salida B4 = 1
output_low(PIN_B2); // Salida B2 = 0
output_low(PIN_B1); // Salida B1 = 0
output_high(PIN_B6); // Salida B6 = 1
goto loop; // Regresar a etiqueta loop
}
else
{
if (!input(PIN_D4) && input(PIN_D5) && !input(PIN_D6) && !input (PIN_D7) )
// Verifica código Derecha - Atrás
{
set_pwm2_duty(1020); // Activa PWM2 al 100%
set_pwm1_duty(700); // Activa PWM1 al 69%
output_low(PIN_B2); // Salida B2 = 0
output_high(PIN_B4); //Salida B4 = 1
output_high(PIN_B1); //Salida B1 = 1
output_low(PIN_B6); //Salida B6 = 0
goto loop; // Regresar a etiqueta loop
}
else
```

```

    {
        if (!input(PIN_D4) && input(PIN_D5) && !input(PIN_D6) && input (PIN_D7) )
// Verifica código izquierda - adelante
        {
            set_pwm2_duty(1020); // Activa PWM2 al 100%
            set_pwm1_duty(700); // Activa PWM1 al 69%
            output_high(PIN_B2); // Salida B2 = 1
            output_low(PIN_B4); // Salida B4 = 0
            output_low(PIN_B1); // Salida B1 = 0
            output_high(PIN_B6); // Salida B0 = 1
            goto loop; // Regresar a etiqueta loop
        }
    else
        {
            if (!input(PIN_D4) && input(PIN_D5) && input(PIN_D6) && !input (PIN_D7) )
// Verifica código izquierda - atras
            {
                set_pwm2_duty(1020); // Activa PWM2 al 100%
                set_pwm1_duty(700); //Activa PWM1 al 69%
                output_high(PIN_B2); // Salida B2 = 1
                output_low(PIN_B4); // Salida B4 = 0
                output_high(PIN_B1); // Salida B1 = 1
                output_low(PIN_B6); // Salida B6 = 0
                goto loop; // Regresar a etiqueta loop
            }
        else
            {
                if (!input(PIN_D4) && input(PIN_D5) && input(PIN_D6) && input
(PIN_D7) ) //Verifica si código en_pausa
                {
                    goto en_pausa; // Regresar a etiqueta en_pausa
                }
                Else // Ejecutar código sin movimiento
                {
                    set_pwm1_duty(0); //PWM1 0%
                    set_pwm2_duty(0); //PWM1 0%
                    output_low(PIN_B1); // Salida B1 = 0
                    output_low(PIN_B2); // Salida B2 = 0
                    output_low(PIN_B4); // Salida B4 = 0
                    output_low(PIN_B6); // Salida B6 = 0
                    goto loop; // Regresar a etiqueta loop
                }
            }
        }
    }
}

```

```
    }  
  }  
}  
}  
}  
}  
}  
En_pausa: // Etiqueta que ejecuta las acciones para poner el sistema en_pausa  
  // para calcular en periodo de cada interrupción  
  ((256-0)*4*256)/10000000=0,0262144 y 1seg / 0,0262144 = 38.14  
  CT=38;  
  contador=0;  
  setup_counters(RTCC_INTERNAL,RTCC_DIV_256);  
  enable_interrupts(INT_RTCC);  
  enable_interrupts(global);  
  set_rtcc(0);  
  output_b(0b00000001); //Salida pin B0 = 1 , Led Verde  
espera: // Etiqueta que lleva a código para llevar los segundos del contador  
  if(contador>=CT) // Checa si el contador ya conto 1 segundo  
  {  
    output_low(PIN_B0); //Apaga led verde  
    delay_ms(1000);  
    if (contador>=191) // Checa si el contador ya llego al valor deseado de conteo  
    {  
      CT=38;  
      contador=0; // regresa contador a cero  
      set_pwm1_duty(0);  
      set_pwm2_duty(0);  
      output_low(PIN_B0);  
      output_low(PIN_B1);  
      output_low(PIN_B2);  
      output_low(PIN_B4);  
      output_low(PIN_B6);  
espera2: // Etiqueta con rutina para verificar código habilitar  
      if( input(PIN_D4) && !input(PIN_D5) && !input(PIN_D6) && !input (PIN_D7)  
    ) //Checa código habilitar  
      {  
        goto habilitar; // Ir a etiqueta con rutina para habilitar sistema  
      }  
      else  
      {  
        output_low(PIN_B5); //Pin B5 = 1 enciende led Amarillo, indica sistema  
        delay_ms(1000); // en pausa  
        output_high(PIN_B5);  
        delay_ms(1000);  
        goto espera2; // Ir a etiqueta para conteo de segundos
```

```
    }
  }
  else
  {
    CT=CT+38;
    output_high(PIN_B0); // Enciende led verde
    delay_ms(1000);
    goto verifica; // Ir a etiqueta verificar
  }
}
else
{
  goto espera; // Ir a etiqueta espera
}
verifica: // Etiqueta con código para asegurar si se desea habilitar el sistema
  if(!input(PIN_D4) && input(PIN_D5) && input(PIN_D6) && input (PIN_D7) )
//todavía en habilitar sistema?
  {
    goto espera; // Ir a etiqueta espera
  }
  else
  {
    goto loop; // Ir a etiqueta loop
  }

habilitar: // Etiqueta con rutina para habilitar sistema
  CT=38;
  contador=0;
esperar1:
  if(contador>=CT) // Verifica si ha pasado un segundo
  {
    if (contador>=191) // Verifica si ya llego al conteo deseado
    {
      CT=38;
      contador=0;
      output_high(PIN_B0); // Enciende led verde
      output_low(PIN_B5); // Apaga led amarillo
      goto loop; // Ir a etiqueta loop
    }
  }
  else
  {
    CT=CT+38;
    goto verifica2; // Ir a etiqueta verifica2
  }
}
```

```
    }
    else
    {
        goto esperar1; // Ir a etiqueta esperar1
    }
verifica2: // Etiqueta que revisa si se desea habilitar el sistema
    if(input(PIN_D4) && !input(PIN_D5) && !input(PIN_D6) && !input (PIN_D7) )
//todavía en habilitar sistema?
    {
        goto esperar1; // Ir a etiqueta esperar1
    }
    else
    {
        goto espera2; // Ir a etiqueta esperar2
    }
batbaja: // Etiqueta que ejecuta el código para desactivar sistema por batería baja
    output_low(PIN_B0); // Pin B0 = 0
    output_low(PIN_B1); // Pin B1 = 0
    output_low(PIN_B2); // Pin B2 = 0
    output_low(PIN_B3); // Pin B3 = 0
    output_low(PIN_B4); // Pin B4 = 0
    output_low(PIN_B5); // Pin B5 = 0
    output_low(PIN_B6); // Pin B6 = 0
    output_high(PIN_B7); //Enciende led rojo
espera3:
    goto batbaja;
} //fin main
```

Apéndice 3

Glosario

PWM: pulse-width modulation

Switch: dispositivo que conecta, desconecta, selecciona, o transfiere uno o más circuitos.

Sensor: dispositivo sensible que utiliza un fenómeno físico o químico dependiente de la naturaleza y el valor de la magnitud físico-química a medir, lo cual permite la transducción del estímulo a una señal utilizada directa o indirectamente como medida.

Microcontrolador: es un circuito integrado o *chip* que incluye en su interior las tres unidades funcionales de una computadora: unidad central de procesamiento, memoria y unidades de E/S (entrada/salida).

Wireless: Inalámbrico, sin cables. Es el tipo de comunicación en la que no se utiliza un medio de propagación físico alguno, se utiliza la modulación de ondas electromagnéticas, las cuales se propagan por el espacio sin un medio físico que comunique cada uno de los extremos de la transmisión.

ATM: Arizona Microchip Technology

RF: Radiofrecuencia

RISC (*Reduced Instruction Set Computer*): Computadora con Conjunto de Instrucciones Reducidas.

CMOS (*complementary metal oxide semiconducto*): semiconductor complementario de oxido de metal.

Apéndice 4

Especificaciones técnicas

28/40-Pin 8-Bit CMOS FLASH Microcontrollers

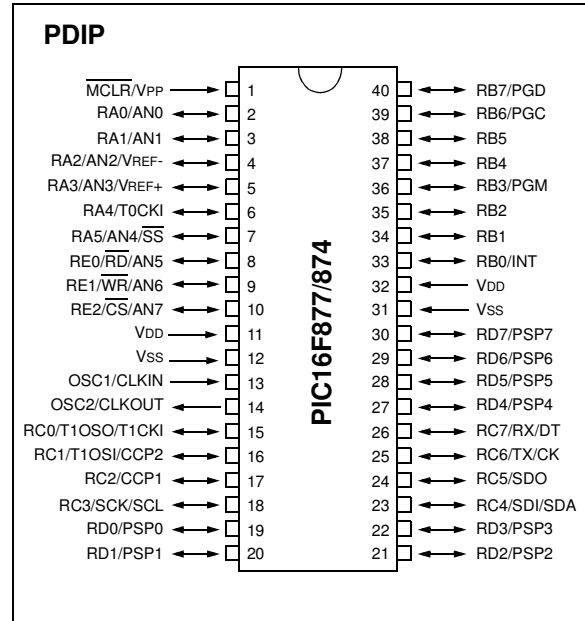
Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F873
- PIC16F876
- PIC16F874
- PIC16F877

Microcontroller Core Features:

- High performance RISC CPU
- Only 35 single word instructions to learn
- All single cycle instructions except for program branches which are two cycle
- Operating speed: DC - 20 MHz clock input
DC - 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of FLASH Program Memory,
Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM)
Up to 256 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to the PIC16C73B/74B/76/77
- Interrupt capability (up to 14 sources)
- Eight level deep hardware stack
- Direct, indirect and relative addressing modes
- Power-on Reset (POR)
- Power-up Timer (PWRT) and
Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC
oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options
- Low power, high speed CMOS FLASH/EEPROM
technology
- Fully static design
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP) via two
pins
- Single 5V In-Circuit Serial Programming capability
- In-Circuit Debugging via two pins
- Processor read/write access to program memory
- Wide operating voltage range: 2.0V to 5.5V
- High Sink/Source Current: 25 mA
- Commercial, Industrial and Extended temperature
ranges
- Low-power consumption:
 - < 0.6 mA typical @ 3V, 4 MHz
 - 20 µA typical @ 3V, 32 kHz
 - < 1 µA typical standby current

Pin Diagram



Peripheral Features:

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

| Key Features PICmicro™ Mid-Range Reference Manual (DS33023) | PIC16F873 | PIC16F874 | PIC16F876 | PIC16F877 |
|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Operating Frequency | DC - 20 MHz | DC - 20 MHz | DC - 20 MHz | DC - 20 MHz |
| RESETS (and Delays) | POR, BOR (PWRT, OST) | POR, BOR (PWRT, OST) | POR, BOR (PWRT, OST) | POR, BOR (PWRT, OST) |
| FLASH Program Memory (14-bit words) | 4K | 4K | 8K | 8K |
| Data Memory (bytes) | 192 | 192 | 368 | 368 |
| EEPROM Data Memory | 128 | 128 | 256 | 256 |
| Interrupts | 13 | 14 | 13 | 14 |
| I/O Ports | Ports A,B,C | Ports A,B,C,D,E | Ports A,B,C | Ports A,B,C,D,E |
| Timers | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Capture/Compare/PWM Modules | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Serial Communications | MSSP, USART | MSSP, USART | MSSP, USART | MSSP, USART |
| Parallel Communications | — | PSP | — | PSP |
| 10-bit Analog-to-Digital Module | 5 input channels | 8 input channels | 5 input channels | 8 input channels |
| Instruction Set | 35 instructions | 35 instructions | 35 instructions | 35 instructions |

±1.5g X-Axis Micromachined Accelerometer

The MMA series of silicon capacitive, micromachined accelerometers features signal conditioning, a 2-pole low pass filter and temperature compensation. Zero-g offset full scale span and filter cut-off are factory set and require no external devices. A full system self-test capability verifies system functionality.

Features

- Integral Signal Conditioning
- High Sensitivity
- Linear Output
- 2nd Order Bessel Filter
- Calibrated Self-test
- EPROM Parity Check Status
- Transducer Hermetically Sealed at Wafer Level for Superior Reliability
- Robust Design, High Shock Survivability

Typical Applications

- Tilt Monitoring
- Inclinometers
- Appliance Control
- Mechanical Bearing Monitoring
- Vibration Monitoring and Recording
- Sports Diagnostic Devices and Systems
- Trailer Brake Controls
- Automotive Aftermarket

ORDERING INFORMATION

| Device | Temperature Range | Case No. | Package |
|------------|-------------------|-------------|----------------------|
| MMA2260D | -40 to +105°C | Case 475-01 | SOIC-16 |
| MMA2260DR2 | -40 to +105°C | Case 475-01 | SOIC-16, Tape & Reel |

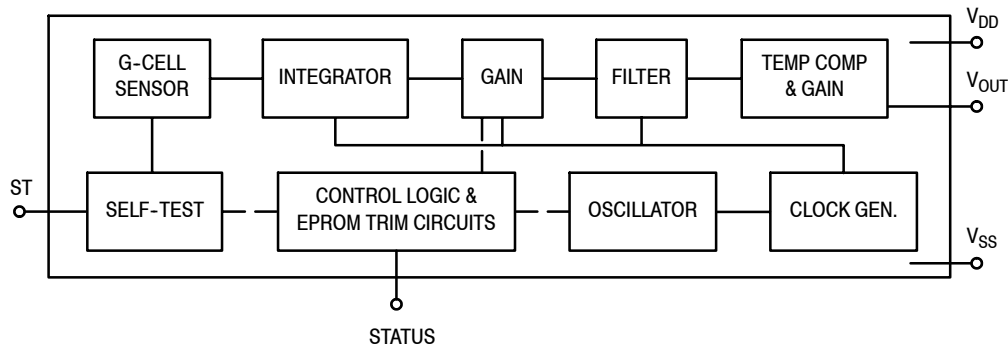
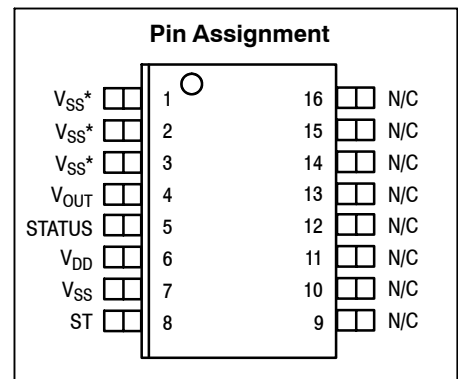
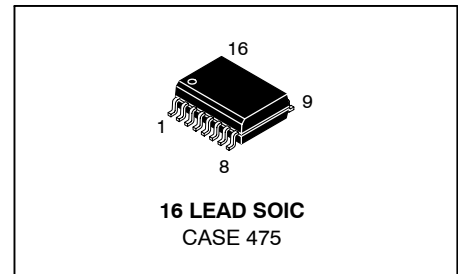
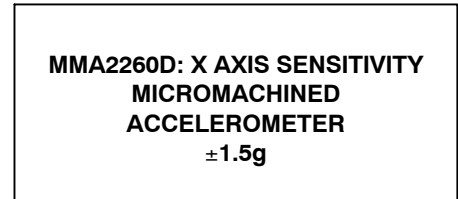


Figure 1. Simplified Accelerometer Functional Block Diagram

REV 0

Freescale Semiconductor, Inc.

OPERATING CHARACTERISTICS

(Unless otherwise noted: $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +105^{\circ}\text{C}$, $4.75 \leq V_{DD} \leq 5.25$, Acceleration = 0g, Loaded output⁽¹⁾)

| Characteristic | Symbol | Min | Typ | Max | Unit |
|---|-------------------|-----------------|------|-----------------|--------------------------------|
| Operating Range ⁽²⁾ | | | | | |
| Supply Voltage ⁽³⁾ | V_{DD} | 4.75 | 5.00 | 5.25 | V |
| Supply Current | I_{DD} | 1.1 | 2.2 | 3.2 | mA |
| Operating Temperature Range | T_A | -40 | — | +105 | $^{\circ}\text{C}$ |
| Acceleration Range | gFS | — | 1.5 | — | g |
| Output Signal | | | | | |
| Zero g ($V_{DD} = 5.0\text{ V}$) ⁽⁴⁾ | V_{OFF} | 2.3 | 2.5 | 2.7 | V |
| Sensitivity ($T_A = 25^{\circ}\text{C}$, $V_{DD} = 5.0\text{ V}$) ⁽⁵⁾ | S | 1140 | 1200 | 1260 | mV/g |
| Sensitivity ($V_{DD} = 5.0\text{ V}$) ⁽⁵⁾ | S | 1110 | 1200 | 1290 | mV/g |
| Bandwidth Response | f_{-3dB} | 40 | 50 | 60 | Hz |
| Nonlinearity | NL _{OUT} | -1.0 | — | +1.0 | % FSO |
| Noise | | | | | |
| RMS (0.1 Hz - 1.0 kHz) | n_{RMS} | — | 3.5 | — | mVrms |
| Spectral Density (RMS, 0.1 Hz - 1.0 kHz) ⁽⁶⁾ | n_{SD} | — | 350 | — | $\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$ |
| Self-Test | | | | | |
| Output Response ($V_{DD} = 5.0\text{ V}$) | ΔV_{ST} | 0.3 | 0.4 | 0.5 | V |
| Input Low | V_{IL} | V_{SS} | — | $0.3 V_{DD}$ | V |
| Input High | V_{IH} | $0.7 V_{DD}$ | — | V_{DD} | V |
| Input Loading ⁽⁷⁾ | I_{IN} | -50 | -125 | -300 | μA |
| Response Time ⁽⁸⁾ | t_{ST} | — | 20 | 25 | ms |
| Status ⁽¹²⁾⁽¹³⁾ | | | | | |
| Output Low ($I_{load} = 100\ \mu\text{A}$) | V_{OL} | — | — | 0.4 | V |
| Output High ($I_{load} = -100\ \mu\text{A}$) | V_{OH} | $V_{DD} - 0.8$ | — | — | V |
| Output Stage Performance | | | | | |
| Electrical Saturation Recovery Time ⁽⁹⁾ | t_{DELAY} | — | — | 2.0 | ms |
| Full Scale Output Range ($I_{OUT} = -200\ \mu\text{A}$) | V_{FSO} | $V_{SS} + 0.25$ | — | $V_{DD} - 0.25$ | V |
| Capacitive Load Drive ⁽¹⁰⁾ | C_L | — | — | 100 | pF |
| Output Impedance | Z_O | — | 50 | — | Ω |
| Mechanical Characteristics | | | | | |
| Transverse Sensitivity ⁽¹¹⁾ | $V_{YX,ZX}$ | — | — | 5.0 | % FSO |

NOTES:

- For a loaded output the measurements are observed after an RC filter consisting of a 1 k Ω resistor and a 0.1 μF capacitor to ground.
- These limits define the range of operation for which the part will meet specification.
- Within the supply range of 4.75 and 5.25 volts, the device operates as a fully calibrated linear accelerometer. Beyond these supply limits the device may operate as a linear device but is not guaranteed to be in calibration.
- The device can measure both + and - acceleration. With no input acceleration the output is at midsupply. For positive acceleration the output will increase above $V_{DD}/2$ and for negative acceleration the output will decrease below $V_{DD}/2$.
- Sensitivity limits apply to 0 Hz acceleration.
- At clock frequency $\cong 34\text{ kHz}$.
- The digital input pin has an internal pull-down current source to prevent inadvertent self test initiation due to external board level leakages.
- Time for the output to reach 90% of its final value after a self-test is initiated.
- Time for amplifiers to recover after an acceleration signal causing them to saturate.
- Preserves phase margin (60°) to guarantee output amplifier stability.
- A measure of the device's ability to reject an acceleration applied 90° from the true axis of sensitivity.
- The Status pin output is not valid following power-up until at least one rising edge has been applied to the self-test pin. The Status pin is high whenever the self-test input is high.
- The Status pin output latches high if the EPROM parity changes to odd. The Status pin can be reset by a rising edge on self-test, unless a fault condition continues to exist.

BASIC CONNECTIONS

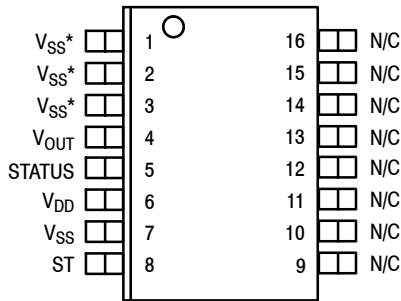


Figure 3. Pinout Description

| Pin No. | Pin Name | Description |
|------------|-------------------|--|
| 1 thru 3 | V _{SS} * | Redundant connections to the internal V _{SS} and may be left unconnected. |
| 4 | V _{OUT} | Output voltage of the accelerometer. |
| 5 | STATUS | Logic output pin used to indicate fault. |
| 6 | V _{DD} | The power supply input. |
| 7 | V _{SS} | The power supply ground. |
| 8 | ST | Logic input pin used to initiate self-test. |
| 9 thru 13 | Trim pins | Used for factory trim. Leave unconnected. |
| 14 thru 16 | — | No internal connection. Leave unconnected. |

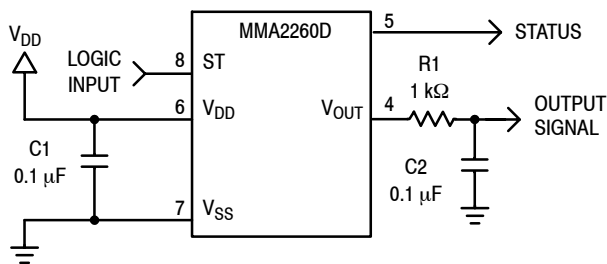


Figure 4. SOIC Accelerometer with Recommended Connection Diagram

PCB Layout

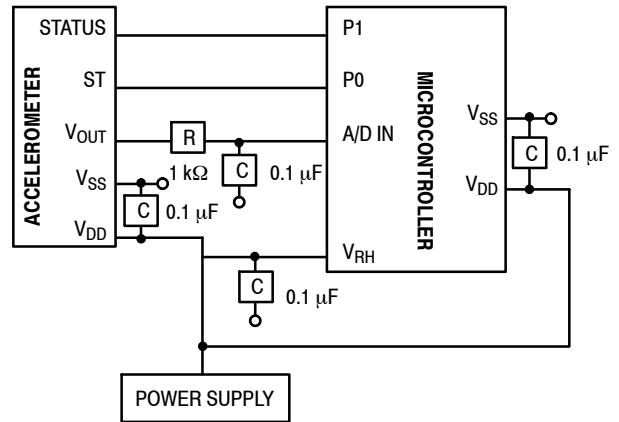
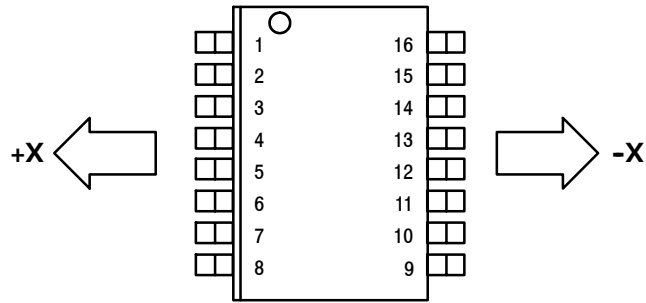


Figure 5. Recommended PCB Layout for Interfacing Accelerometer to Microcontroller

NOTES:

- Use a 0.1 μF capacitor on V_{DD} to decouple the power source.
- Physical coupling distance of the accelerometer to the microcontroller should be minimal.
- Place a ground plane beneath the accelerometer to reduce noise, the ground plane should be attached to all internal V_{SS} terminals shown in Figure 3.
- Use an RC filter of 1 kΩ and 0.1 μF on the output of the accelerometer to minimize clock noise (from the switched capacitor filter circuit).
- PCB layout of power and ground should not couple power supply noise.
- Accelerometer and microcontroller should not be a high current path.
- A/D sampling rate and any external power supply switching frequency should be selected such that they do not interfere with the internal accelerometer sampling frequency. This will prevent aliasing errors.

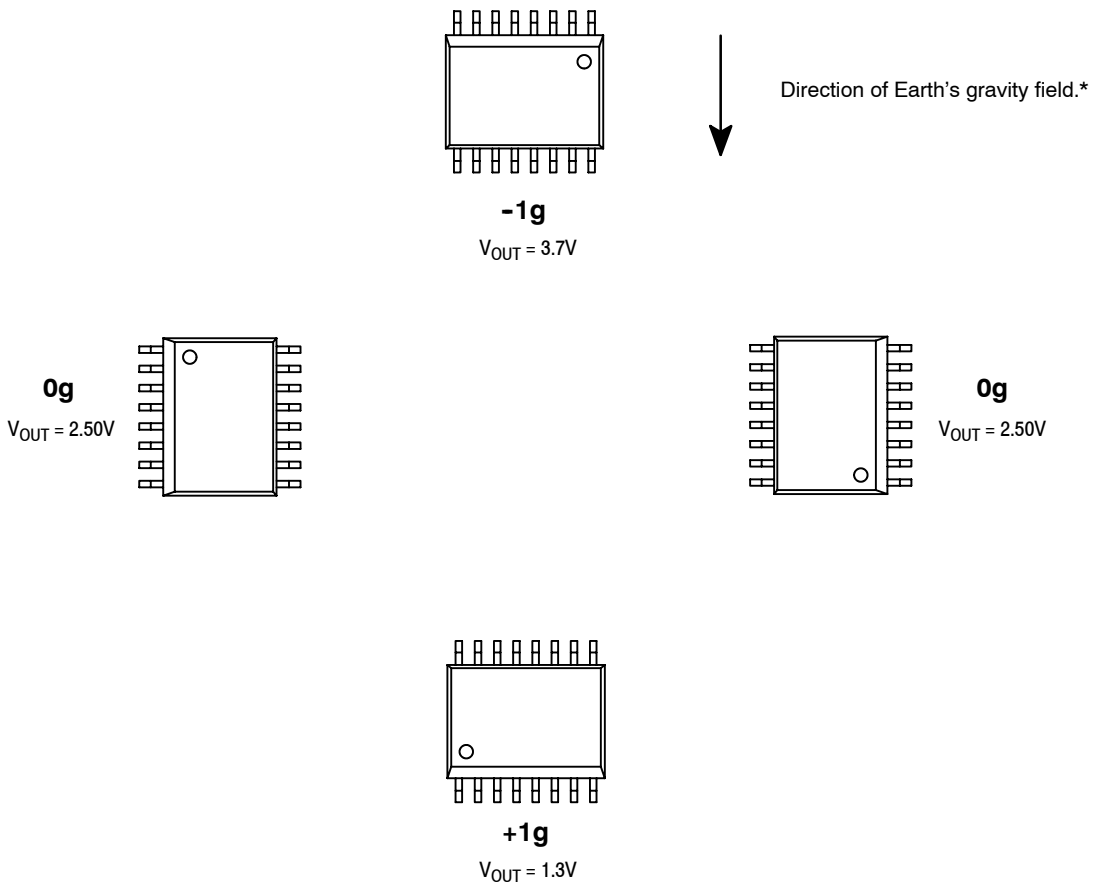
DYNAMIC ACCELERATION



16-Pin SOIC Package

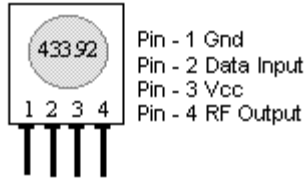
Top View

STATIC ACCELERATION



* When positioned as shown, the Earth's gravity will result in a positive 1g output

TWS-434A RF Transmitter

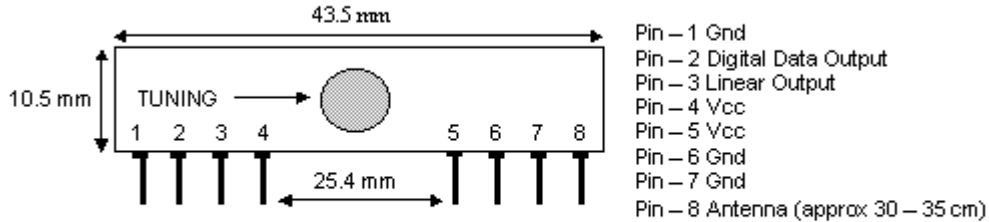


Module size W = 0.426" H = 0.6" lead spacing 0.1"

Frequency: 433.92MHz
Modulation: AM
Operating Voltage: 2 - 12 VDC

| Symbol | Parameter | Condition | Min | Typ | Max | Unit |
|---------------------------------|-----------------------------|--|----------------------|-----------------|----------------------|------|
| Vcc | Supply Voltage | | 2.0 | - | 12.0 | V |
| I _p | Peak Current | 2V / 12V | - | 1.64 / 19.4 | - | mA |
| V _h | Input High Voltage | I _{data} = 100uA (High) | V _{cc} -0.5 | V _{cc} | V _{cc} +0.5 | V |
| V _l | Input Low Voltage | I _{data} = 0 uA (Low) | - | - | 0.3 | V |
| F _o | Operating Frequency | | 433.90 | 433.92 | 433.94 | MHz |
| T _r / T _f | Modulation Rise / Fall Time | External Coding | - | - | 100 / 100 | uS |
| P _o | RF Output Power – Into 50Ω | V _{cc} = 9 to 12 V V _{cc} = 5 to 6V | - | 16 14 | - | dBm |
| D _r | Data Rate | External Coding | - | 2.4K | 3K | Bps |

RWS-434 RF Receiver



Frequency: 433.92MHz
Modulation: AM
Operating Voltage: 4.5 - 5.5 VDC
Output: Digital & Linear

| Symbol | Parameter | Condition | Min | Typ | Max | Unit |
|------------------|-------------------|------------------------------------|----------------------|-----|-----------------|------|
| Vcc | Supply Voltage | | 4.5 | 5 | 5.5 | V |
| I _t | Operating Current | | - | 3.5 | 4.5 | mA |
| | Channel Width | + / - 500 | | | | kHz |
| R _d | Data Rate | | | | 3k | Bps |
| V _{dat} | Data Out | I _{data} = +200 uA (High) | V _{cc} -0.5 | - | V _{cc} | V |
| | | I _{data} = -10 uA (Low) | - | - | 0.3 | V |

4

3

2

1

D

D

C

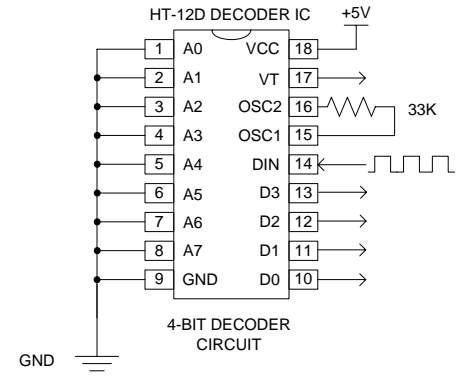
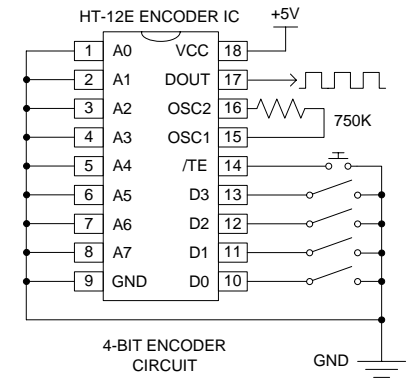
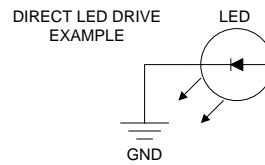
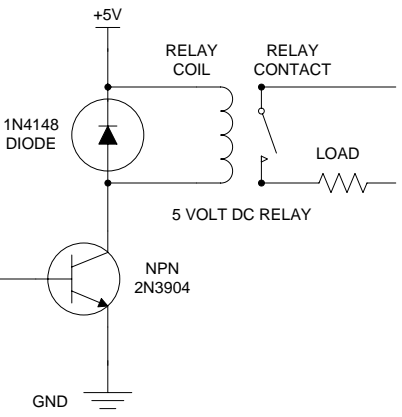
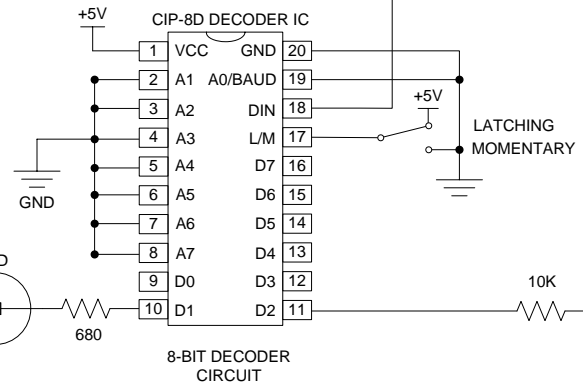
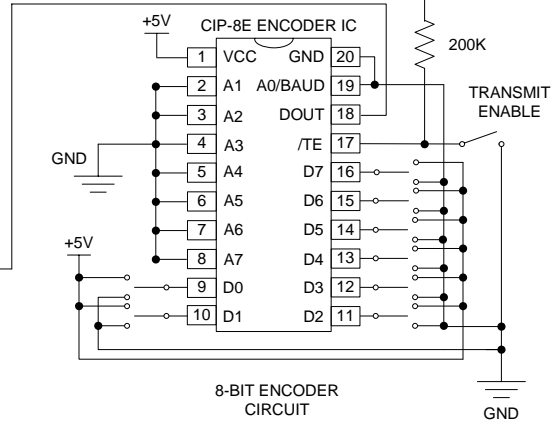
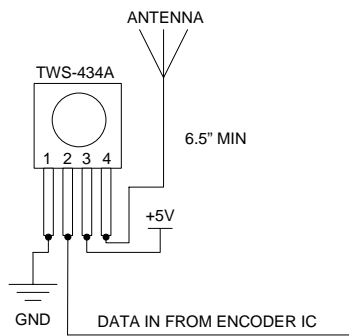
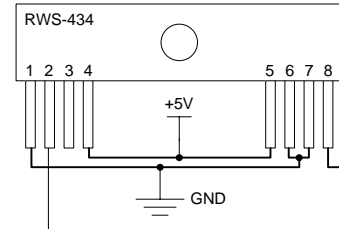
C

B

B

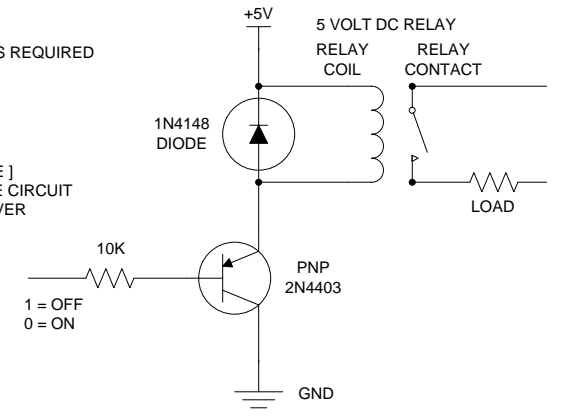
A

A



DUPLICATE DRIVE CIRCUIT FOR EACH CONTROL OUTPUT AS REQUIRED

[EXAMPLE] PNP RELAY DRIVE CIRCUIT FOR RECEIVER



4-BIT & 8-BIT
RF REMOTE CONTROL
TX / RX / DRIVE CIRCUITS

| | | | | | |
|--------|----------------------|-------|---------|--------|--------|
| DRAWN | REYNOLDS ELECTRONICS | SIZE | FSCM NO | DWG NO | REV |
| ISSUED | | SCALE | 1 : 1 | SHEET | 1 OF 1 |

4

3

2

1

PUSH-PULL FOUR CHANNEL DRIVERS

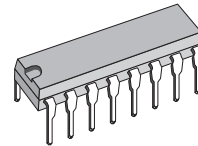
- OUTPUT CURRENT 1A PER CHANNEL
- PEAK OUTPUT CURRENT 2A PER CHANNEL (non repetitive)
- INHIBIT FACILITY
- HIGH NOISE IMMUNITY
- SEPARATE LOGIC SUPPLY
- OVERTEMPERATURE PROTECTION

DESCRIPTION

The L293B and L293E are quad push-pull drivers capable of delivering output currents to 1A per channel. Each channel is controlled by a TTL-compatible logic input and each pair of drivers (a full bridge) is equipped with an inhibit input which turns off all four transistors. A separate supply input is provided for the logic so that it may be run off a lower voltage to reduce dissipation.

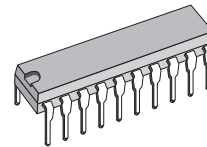
Additionally, the L293E has external connection of sensing resistors, for switchmode control.

The L293B and L293E are package in 16 and 20-pin plastic DIPs respectively ; both use the four center pins to conduct heat to the printed circuit board.



DIP16

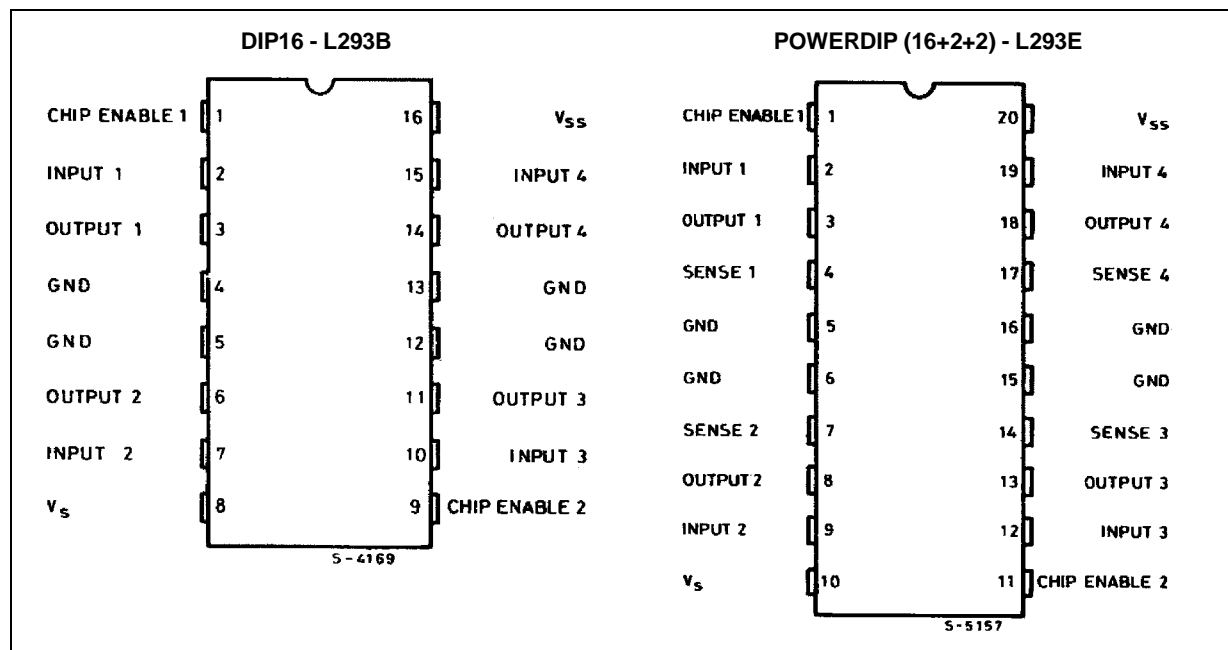
ORDERING NUMBER : L293B



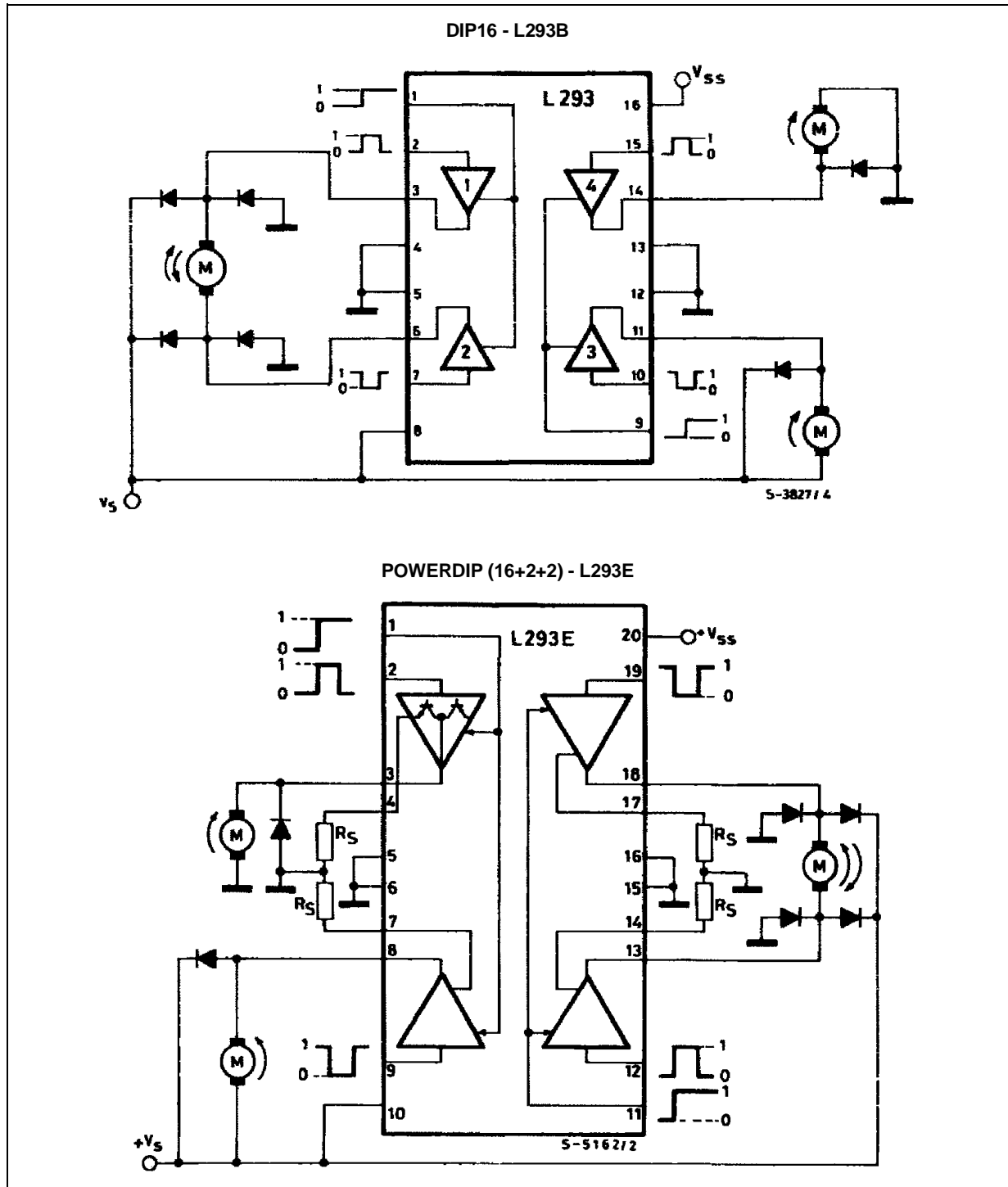
POWERDIP (16 + 2 + 2)

ORDERING NUMBER : L293E

PIN CONNECTIONS



BLOCK DIAGRAMS



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

| Symbol | Parameter | Value | Unit |
|-----------------------------------|--|-------------|------|
| V _s | Supply Voltage | 36 | V |
| V _{ss} | Logic Supply Voltage | 36 | V |
| V _i | Input Voltage | 7 | V |
| V _{inh} | Inhibit Voltage | 7 | V |
| I _{out} | Peak Output Current (non repetitive t = 5ms) | 2 | A |
| P _{tot} | Total Power Dissipation at T _{ground-pins} = 80°C | 5 | W |
| T _{stg} , T _j | Storage and Junction Temperature | -40 to +150 | °C |

THERMAL DATA

| Symbol | Parameter | Value | Unit |
|------------------------|-------------------------------------|---------|------|
| R _{th j-case} | Thermal Resistance Junction-case | Max. 14 | °C/W |
| R _{th j-amb} | Thermal Resistance Junction-ambient | Max. 80 | °C/W |

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

For each channel, V_s = 24V, V_{ss} = 5V, T_{amb} = 25°C, unless otherwise specified

| Symbol | Parameter | Test Conditions | Min. | TYP. | Max. | Unit |
|---------------------|--|--|-----------------|----------------|----------------------|------|
| V _s | Supply Voltage | | V _{ss} | | 36 | V |
| V _{ss} | Logic Supply Voltage | | 4.5 | | 36 | V |
| I _s | Total Quiescent Supply Current | V _i = L I _o = 0 V _{inh} = H V _i = H I _o = 0 V _{inh} = H V _{inh} = L | | 2 16 | 6 24 4 | mA |
| I _{ss} | Total Quiescent Logic Supply Current | V _i = L I _o = 0 V _{inh} = H V _i = H I _o = 0 V _{inh} = H V _{inh} = L | | 44 16 16 | 60 22 24 | mA |
| V _{iL} | Input Low Voltage | | -0.3 | | 1.5 | V |
| V _{iH} | Input High Voltage | V _{ss} ≤ 7V V _{ss} > 7V | 2.3 2.3 | | V _{ss} 7 | V |
| I _{iL} | Low Voltage Input Current | V _{il} = 1.5V | | | -10 | μA |
| I _{iH} | High Voltage Input Current | 2.3V ≤ V _{iH} ≤ V _{ss} - 0.6V | | 30 | 100 | μA |
| V _{inhL} | Inhibit Low Voltage | | -0.3 | | 1.5 | V |
| V _{inhH} | Inhibit High Voltage | V _{ss} ≤ 7V V _{ss} > 7V | 2.3 2.3 | | V _{ss} 7 | V |
| I _{inhL} | Low Voltage Inhibit Current | V _{inhL} = 1.5V | | -30 | -100 | μA |
| I _{inhH} | High Voltage Inhibit Current | 2.3V ≤ V _{inhH} ≤ V _{ss} - 0.6V | | | ±10 | μA |
| V _{CEsatH} | Source Output Saturation Voltage | I _o = -1A | | 1.4 | 1.8 | V |
| V _{CEsatL} | Sink Output Saturation Voltage | I _o = 1A | | 1.2 | 1.8 | V |
| V _{SENS} | Sensing Voltage (pins 4, 7, 14, 17) (**) | | | | 2 | V |
| t _r | Rise Time | 0.1 to 0.9 V _o (*) | | 250 | | ns |
| t _f | Fall Time | 0.9 to 0.1 V _o (*) | | 250 | | ns |
| t _{on} | Turn-on Delay | 0.5 V _i to 0.5 V _o (*) | | 750 | | ns |
| t _{off} | Turn-off Delay | 0.5 V _i to 0.5 V _o (*) | | 200 | | ns |

* See figure 1

** Referred to L293E

TRUTH TABLE

| V _i (each channel) | V _o | V _{inh} ^(∞) |
|-------------------------------|------------------|---------------------------------|
| H | H | H |
| L | L | H |
| H | X ^(*) | L |
| L | X ^(*) | L |

(*) High output impedance

(**) Relative to the considerate channel

Figure 6 : Output Voltage versus Input Voltage

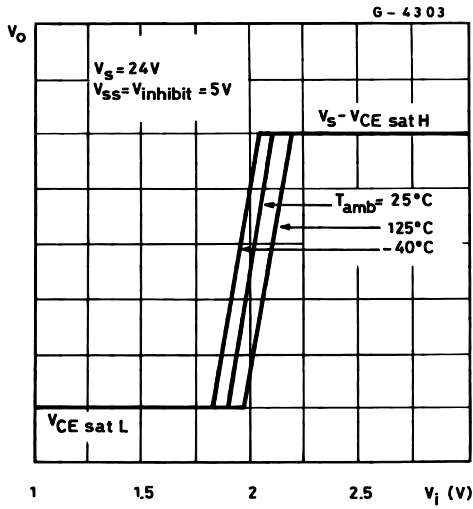
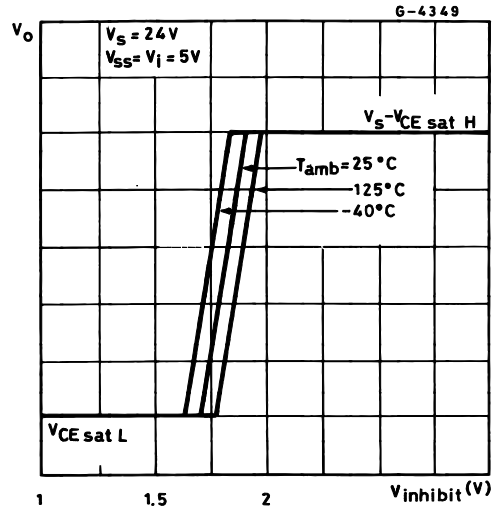
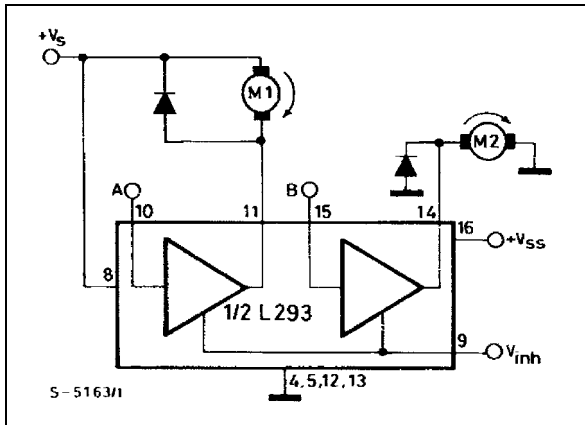


Figure 7 : Output Voltage versus Inhibit Voltage



APPLICATION INFORMATION

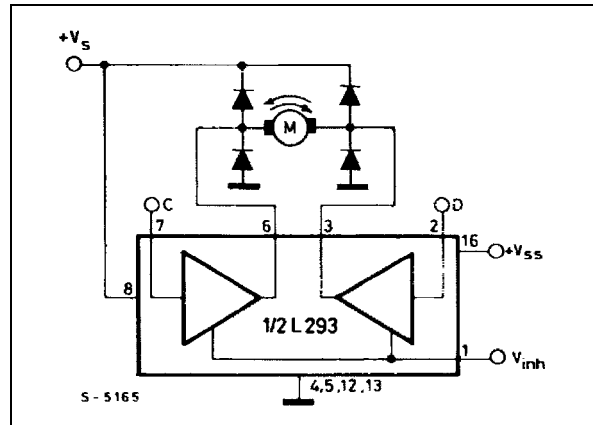
Figure 8 : DC Motor Controls (with connection to ground and to the supply voltage)



| V _{inh} | A | M1 | B | M2 |
|------------------|---|-------------------------|---|-------------------------|
| H | H | Fast Motor Stop | H | Run |
| H | L | Run | L | Fast Motor Stop |
| L | X | Free Running Motor Stop | X | Free Running Motor Stop |

L = Low H = High X = Don't Care

Figure 9 : Bidirectional DC Motor Control



| Inputs | Function | |
|----------------------|---------------|-------------------------|
| V _{inh} = H | C = H ; D = L | Turn Right |
| | C = L ; D = H | Turn Left |
| | C = D | Fast Motor Stop |
| V _{inh} = L | C = X ; D = X | Free Running Motor Stop |

L = Low H = High X = Don't Care

LM78LXX Series 3-Terminal Positive Regulators

General Description

The LM78LXX series of three terminal positive regulators is available with several fixed output voltages making them useful in a wide range of applications. When used as a zener diode/resistor combination replacement, the LM78LXX usually results in an effective output impedance improvement of two orders of magnitude, and lower quiescent current. These regulators can provide local on card regulation, eliminating the distribution problems associated with single point regulation. The voltages available allow the LM78LXX to be used in logic systems, instrumentation, HiFi, and other solid state electronic equipment.

The LM78LXX is available in the plastic TO-92 (Z) package, the plastic SO-8 (M) package and a chip sized package (8-Bump micro SMD) using National's micro SMD package technology. With adequate heat sinking the regulator can deliver 100 mA output current. Current limiting is included to limit the peak output current to a safe value. Safe area pro-

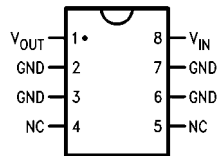
tection for the output transistors is provided to limit internal power dissipation. If internal power dissipation becomes too high for the heat sinking provided, the thermal shutdown circuit takes over preventing the IC from overheating.

Features

- LM78L05 in micro SMD package
- Output voltage tolerances of $\pm 5\%$ over the temperature range
- Output current of 100 mA
- Internal thermal overload protection
- Output transistor safe area protection
- Internal short circuit current limit
- Available in plastic TO-92 and plastic SO-8 low profile packages
- No external components
- Output voltages of 5.0V, 6.2V, 8.2V, 9.0V, 12V, 15V

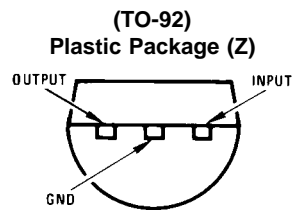
Connection Diagrams

**SO-8 Plastic (M)
(Narrow Body)**



DS007744-2

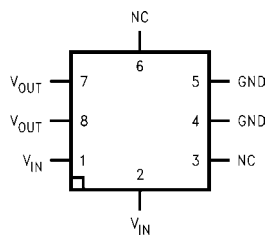
Top View



DS007744-3

Bottom View

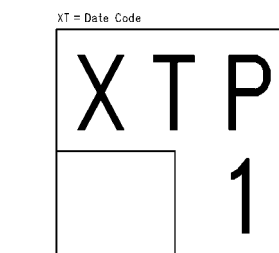
8-Bump micro SMD



DS007744-24

**Top View
(Bump Side Down)**

micro SMD Marking Orientation



DS007744-33

Top View

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

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

| | |
|----------------------------|--------------------|
| Power Dissipation (Note 5) | Internally Limited |
| Input Voltage | 35V |
| Storage Temperature | -65°C to +150°C |

Operating Junction Temperature

SO-8

0°C to 125°C

micro SMD

-40°C to 85°C

Soldering Information

Infrared or Convection (20 sec.)

235°C

Wave Soldering (10 sec.)

260°C (lead time)

ESD Susceptibility (Note 2)

1kV

LM78LXX Electrical Characteristics Limits in standard typeface are for $T_J = 25^\circ\text{C}$, **Bold typeface applies over 0°C to 125°C for SO-8 package and -40°C to 85°C for micro SMD package.** Limits are guaranteed by production testing or correlation techniques using standard Statistical Quality Control (SQC) methods. Unless otherwise specified: $I_O = 40\text{ mA}$, $C_I = 0.33\text{ }\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\text{ }\mu\text{F}$.

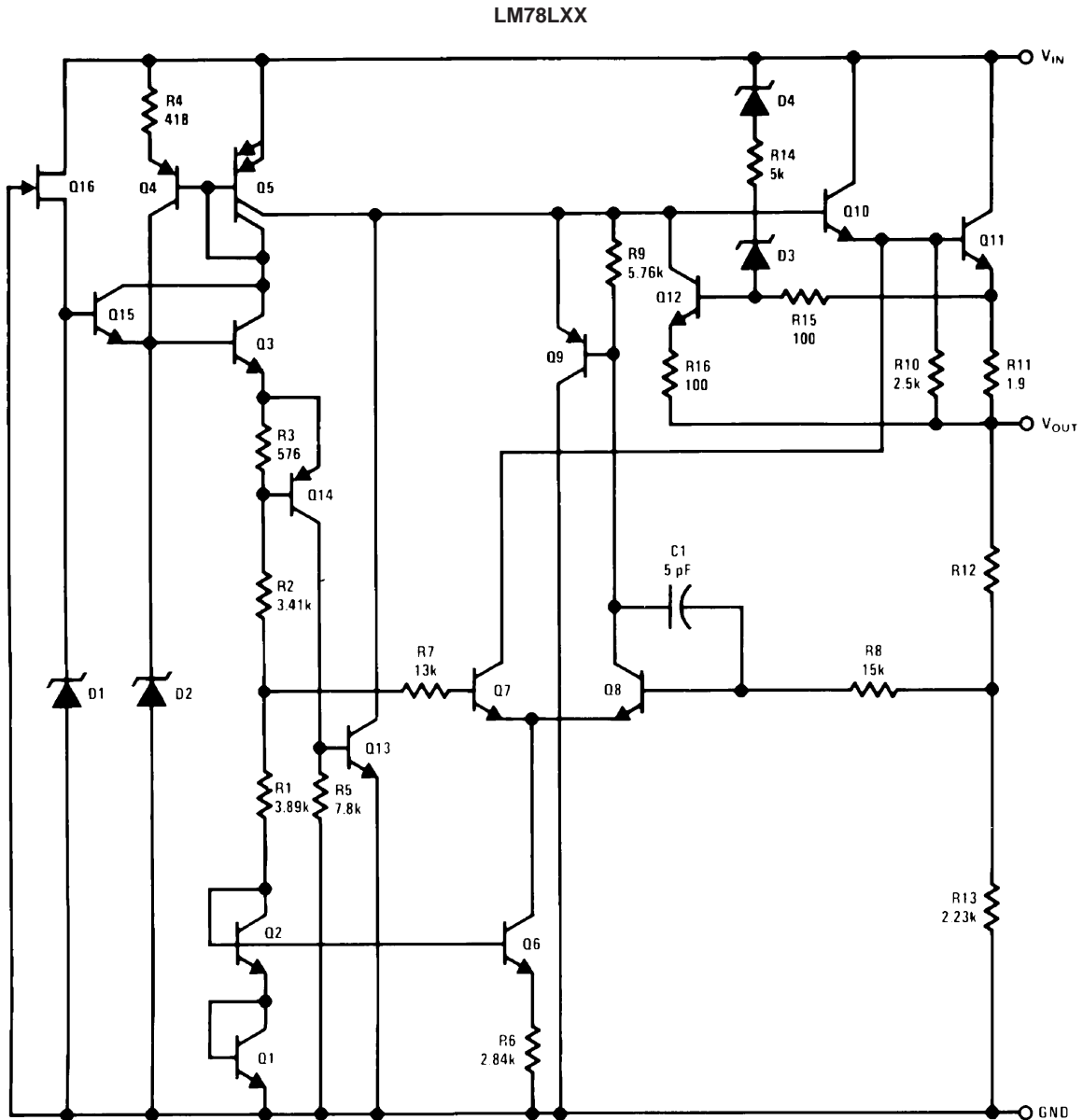
LM78L05Unless otherwise specified, $V_{IN} = 10\text{V}$

| Symbol | Parameter | Conditions | Min | Typ | Max | Units |
|--|---|---|-------------|-------|--------------------------|----------------------------|
| V_O | Output Voltage | | 4.8 | 5 | 5.2 | V |
| | | $7\text{V} \leq V_{IN} \leq 20\text{V}$ $1\text{ mA} \leq I_O \leq 40\text{ mA}$ (Note 3) | 4.75 | | 5.25 | |
| | | $1\text{ mA} \leq I_O \leq 70\text{ mA}$ (Note 3) | 4.75 | | 5.25 | |
| ΔV_O | Line Regulation | $7\text{V} \leq V_{IN} \leq 20\text{V}$ | | 18 | 75 | mV |
| | | $8\text{V} \leq V_{IN} \leq 20\text{V}$ | | 10 | 54 | |
| ΔV_O | Load Regulation | $1\text{ mA} \leq I_O \leq 100\text{ mA}$ | | 20 | 60 | mV |
| | | $1\text{ mA} \leq I_O \leq 40\text{ mA}$ | | 5 | 30 | |
| I_Q | Quiescent Current | | | 3 | 5 | mA |
| ΔI_Q | Quiescent Current Change | $8\text{V} \leq V_{IN} \leq 20\text{V}$ $1\text{ mA} \leq I_O \leq 40\text{ mA}$ | | | 1.0 0.1 | |
| V_n | Output Noise Voltage | $f = 10\text{ Hz to } 100\text{ kHz}$ (Note 4) | | 40 | | μV |
| $\frac{\Delta V_{IN}}{\Delta V_{OUT}}$ | Ripple Rejection | $f = 120\text{ Hz}$ $8\text{V} \leq V_{IN} \leq 16\text{V}$ | 47 | 62 | | dB |
| I_{PK} | Peak Output Current | | | 140 | | mA |
| $\frac{\Delta V_O}{\Delta T}$ | Average Output Voltage Tempco | $I_O = 5\text{ mA}$ | | -0.65 | | $\text{mV}/^\circ\text{C}$ |
| $V_{IN}(\text{Min})$ | Minimum Value of Input Voltage Required to Maintain Line Regulation | | | 6.7 | 7 | V |
| θ_{JA} | Thermal Resistance (8-Bump micro SMD) | | | 230.9 | | $^\circ\text{C}/\text{W}$ |

LM78L62ACUnless otherwise specified, $V_{IN} = 12\text{V}$

| Symbol | Parameter | Conditions | Min | Typ | Max | Units |
|--------------|-----------------|---|------------|-----|------------|-------|
| V_O | Output Voltage | | 5.95 | 6.2 | 6.45 | V |
| | | $8.5\text{V} \leq V_{IN} \leq 20\text{V}$ $1\text{ mA} \leq I_O \leq 40\text{ mA}$ (Note 3) | 5.9 | | 6.5 | |
| | | $1\text{ mA} \leq I_O \leq 70\text{ mA}$ (Note 3) | 5.9 | | 6.5 | |
| ΔV_O | Line Regulation | $8.5\text{V} \leq V_{IN} \leq 20\text{V}$ | | 65 | 175 | mV |
| | | $9\text{V} \leq V_{IN} \leq 20\text{V}$ | | 55 | 125 | |
| ΔV_O | Load Regulation | $1\text{ mA} \leq I_O \leq 100\text{ mA}$ | | 13 | 80 | mV |
| | | $1\text{ mA} \leq I_O \leq 40\text{ mA}$ | | 6 | 40 | |

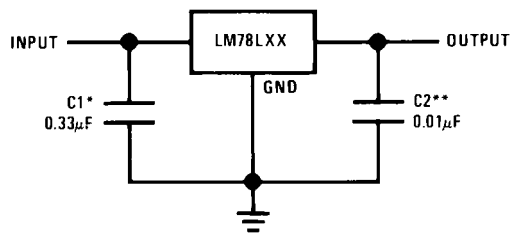
Equivalent Circuit



DS007744-7

Typical Applications

Fixed Output Regulator



DS007744-8

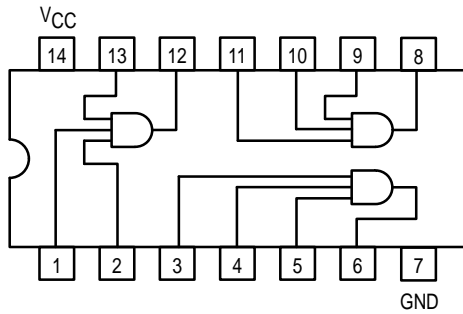
*Required if the regulator is located more than 3" from the power supply filter.

**See (Note 4) in the electrical characteristics table.



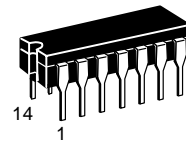
MOTOROLA

TRIPLE 3-INPUT AND GATE

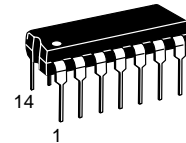


SN54/74LS11

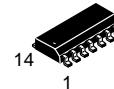
**TRIPLE 3-INPUT AND GATE
LOW POWER SCHOTTKY**



**J SUFFIX
CERAMIC
CASE 632-08**



**N SUFFIX
PLASTIC
CASE 646-06**



**D SUFFIX
SOIC
CASE 751A-02**

ORDERING INFORMATION

| | |
|-----------|---------|
| SN54LSXXJ | Ceramic |
| SN74LSXXN | Plastic |
| SN74LSXXD | SOIC |

GUARANTEED OPERATING RANGES

| Symbol | Parameter | | Min | Typ | Max | Unit |
|-----------------|-------------------------------------|----------|-------------|------------|-------------|------|
| V _{CC} | Supply Voltage | 54 74 | 4.5 4.75 | 5.0 5.0 | 5.5 5.25 | V |
| T _A | Operating Ambient Temperature Range | 54 74 | -55 0 | 25 25 | 125 70 | °C |
| I _{OH} | Output Current — High | 54, 74 | | | -0.4 | mA |
| I _{OL} | Output Current — Low | 54 74 | | | 4.0 8.0 | mA |

SN54/74LS11

DC CHARACTERISTICS OVER OPERATING TEMPERATURE RANGE (unless otherwise specified)

| Symbol | Parameter | Limits | | | Unit | Test Conditions | |
|----------|---|--------|-------|------|---------------|---|--|
| | | Min | Typ | Max | | | |
| V_{IH} | Input HIGH Voltage | 2.0 | | | V | Guaranteed Input HIGH Voltage for All Inputs | |
| V_{IL} | Input LOW Voltage | 54 | | 0.7 | V | Guaranteed Input LOW Voltage for All Inputs | |
| | | 74 | | 0.8 | | | |
| V_{IK} | Input Clamp Diode Voltage | | -0.65 | -1.5 | V | $V_{CC} = \text{MIN}$, $I_{IN} = -18 \text{ mA}$ | |
| V_{OH} | Output HIGH Voltage | 54 | 2.5 | 3.5 | V | $V_{CC} = \text{MIN}$, $I_{OH} = \text{MAX}$, $V_{IN} = V_{IH}$ or V_{IL} per Truth Table | |
| | | 74 | 2.7 | 3.5 | V | | |
| V_{OL} | Output LOW Voltage | 54, 74 | | 0.25 | 0.4 | V | $I_{OL} = 4.0 \text{ mA}$ $V_{CC} = V_{CC} \text{ MIN}$, $V_{IN} = V_{IL}$ or V_{IH} per Truth Table |
| | | 74 | | 0.35 | 0.5 | V | |
| I_{IH} | Input HIGH Current | | | 20 | μA | $V_{CC} = \text{MAX}$, $V_{IN} = 2.7 \text{ V}$ | |
| | | | | 0.1 | mA | $V_{CC} = \text{MAX}$, $V_{IN} = 7.0 \text{ V}$ | |
| I_{IL} | Input LOW Current | | | -0.4 | mA | $V_{CC} = \text{MAX}$, $V_{IN} = 0.4 \text{ V}$ | |
| I_{OS} | Short Circuit Current (Note 1) | -20 | | -100 | mA | $V_{CC} = \text{MAX}$ | |
| I_{CC} | Power Supply Current Total, Output HIGH Total, Output LOW | | | 3.6 | mA | $V_{CC} = \text{MAX}$ | |
| | | | | 6.6 | | | |

Note 1: Not more than one output should be shorted at a time, nor for more than 1 second.

AC CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$)

| Symbol | Parameter | Limits | | | Unit | Test Conditions |
|-----------|---------------------------------|--------|-----|-----|------|---|
| | | Min | Typ | Max | | |
| t_{PLH} | Turn-Off Delay, Input to Output | | 8.0 | 15 | ns | $V_{CC} = 5.0 \text{ V}$ $C_L = 15 \text{ pF}$ |
| t_{PHL} | Turn-On Delay, Input to Output | | 10 | 20 | ns | |

Features

- Operating voltage
 - 2.4V~5V for the HT12A
 - 2.4V~12V for the HT12E
- Low power and high noise immunity CMOS technology
- Low standby current: 0.1μA (typ.) at V_{DD}=5V
- HT12A with a 38kHz carrier for infrared transmission medium
- Minimum transmission word
 - Four words for the HT12E
 - One word for the HT12A
- Built-in oscillator needs only 5% resistor
- Data code has positive polarity
- Minimal external components
- HT12A/E: 18-pin DIP/20-pin SOP package

Applications

- Burglar alarm system
- Smoke and fire alarm system
- Garage door controllers
- Car door controllers
- Car alarm system
- Security system
- Cordless telephones
- Other remote control systems

General Description

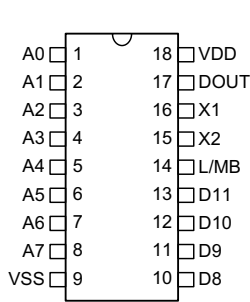
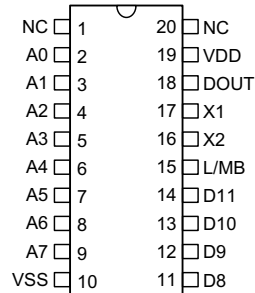
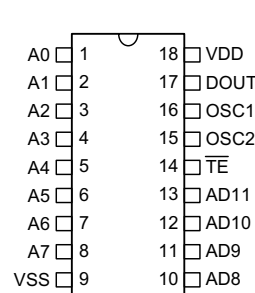
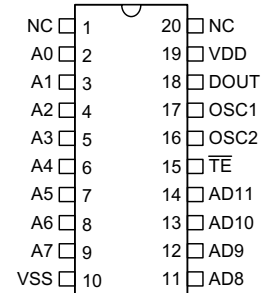
The 2¹² encoders are a series of CMOS LSIs for remote control system applications. They are capable of encoding information which consists of N address bits and 12-N data bits. Each address/data input can be set to one of the two logic states. The programmed addresses/data are transmitted together with the header bits

via an RF or an infrared transmission medium upon receipt of a trigger signal. The capability to select a \overline{TE} trigger on the HT12E or a DATA trigger on the HT12A further enhances the application flexibility of the 2¹² series of encoders. The HT12A additionally provides a 38kHz carrier for infrared systems.

Selection Table

| Function Part No. | Address No. | Address/ Data No. | Data No. | Oscillator | Trigger | Package | Carrier Output | Negative Polarity |
|----------------------|----------------|----------------------|-------------|---------------------|-----------------|------------------|-------------------|----------------------|
| HT12A | 8 | 0 | 4 | 455kHz resonator | D8~D11 | 18 DIP 20 SOP | 38kHz | No |
| HT12E | 8 | 4 | 0 | RC oscillator | \overline{TE} | 18 DIP 20 SOP | No | No |

Note: Address/Data represents pins that can be address or data according to the decoder requirement.

Pin Assignment
**8-Address
4-Data**

**HT12A
- 18 DIP**
**8-Address
4-Data**

**HT12A
- 20 SOP**
**8-Address
4-Address/Data**

**HT12E
- 18 DIP**
**8-Address
4-Address/Data**

**HT12E
- 20 SOP**
Pin Description

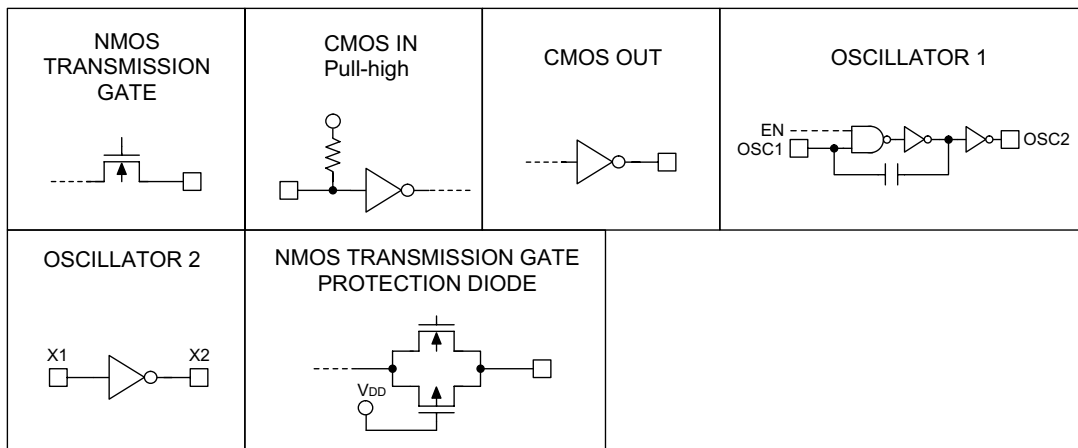
| Pin Name | I/O | Internal Connection | Description |
|----------|-----|--|--|
| A0~A7 | I | CMOS IN Pull-high (HT12A) | Input pins for address A0~A7 setting These pins can be externally set to VSS or left open |
| | | NMOS TRANSMISSION GATE PROTECTION DIODE (HT12E) | |
| AD8~AD11 | I | NMOS TRANSMISSION GATE PROTECTION DIODE (HT12E) | Input pins for address/data AD8~AD11 setting These pins can be externally set to VSS or left open |
| D8~D11 | I | CMOS IN Pull-high | Input pins for data D8~D11 setting and transmission enable, active low These pins should be externally set to VSS or left open (see Note) |
| DOUT | O | CMOS OUT | Encoder data serial transmission output |
| L/MB | I | CMOS IN Pull-high | Latch/Momentary transmission format selection pin: Latch: Floating or VDD Momentary: VSS |

| Pin Name | I/O | Internal Connection | Description |
|-----------------|-----|---------------------|--|
| \overline{TE} | I | CMOS IN Pull-high | Transmission enable, active low (see Note) |
| OSC1 | I | OSCILLATOR 1 | Oscillator input pin |
| OSC2 | O | OSCILLATOR 1 | Oscillator output pin |
| X1 | I | OSCILLATOR 2 | 455kHz resonator oscillator input |
| X2 | O | OSCILLATOR 2 | 455kHz resonator oscillator output |
| VSS | I | — | Negative power supply, grounds |
| VDD | I | — | Positive power supply |

Note: D8~D11 are all data input and transmission enable pins of the HT12A.

\overline{TE} is a transmission enable pin of the HT12E.

Approximate internal connections



Absolute Maximum Ratings

| | | | |
|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------|
| Supply Voltage (HT12A) | -0.3V to 5.5V | Supply Voltage (HT12E) | -0.3V to 13V |
| Input Voltage..... | $V_{SS}-0.3$ to $V_{DD}+0.3V$ | Storage Temperature..... | -50°C to 125°C |
| Operating Temperature..... | -20°C to 75°C | | |

Note: These are stress ratings only. Stresses exceeding the range specified under "Absolute Maximum Ratings" may cause substantial damage to the device. Functional operation of this device at other conditions beyond those listed in the specification is not implied and prolonged exposure to extreme conditions may affect device reliability.

Electrical Characteristics
HT12A

Ta=25°C

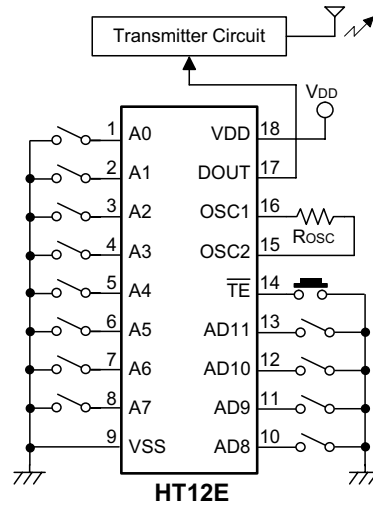
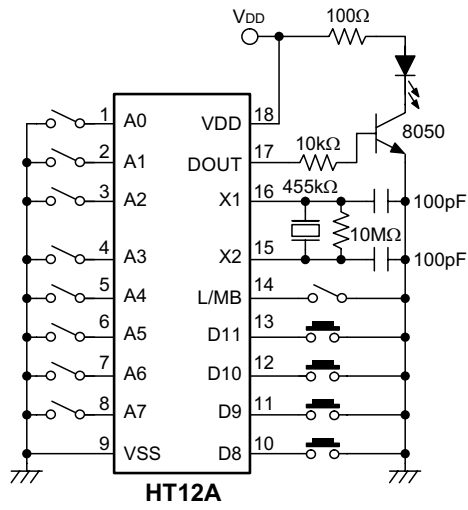
| Symbol | Parameter | Test Conditions | | Min. | Typ. | Max. | Unit |
|-------------------|-----------------------------|-----------------|--|--------------------|------|--------------------|------|
| | | V _{DD} | Conditions | | | | |
| V _{DD} | Operating Voltage | — | — | 2.4 | 3 | 5 | V |
| I _{STB} | Standby Current | 3V | Oscillator stops | — | 0.1 | 1 | μA |
| | | 5V | | — | 0.1 | 1 | μA |
| I _{DD} | Operating Current | 3V | No load f _{OSC} =455kHz | — | 200 | 400 | μA |
| | | 5V | | — | 400 | 800 | μA |
| I _{DOUT} | Output Drive Current | 5V | V _{OH} =0.9V _{DD} (Source) | -1 | -1.6 | — | mA |
| | | | V _{OL} =0.1V _{DD} (Sink) | 2 | 3.2 | — | mA |
| V _{IH} | "H" Input Voltage | — | — | 0.8V _{DD} | — | V _{DD} | V |
| V _{IL} | "L" Input Voltage | — | — | 0 | — | 0.2V _{DD} | V |
| R _{DATA} | D8~D11 Pull-high Resistance | 5V | V _{DATA} =0V | — | 150 | 300 | kΩ |

HT12E

Ta=25°C

| Symbol | Parameter | Test Conditions | | Min. | Typ. | Max. | Unit |
|-------------------|---|-----------------|--|--------------------|------|--------------------|------|
| | | V _{DD} | Conditions | | | | |
| V _{DD} | Operating Voltage | — | — | 2.4 | 5 | 12 | V |
| I _{STB} | Standby Current | 3V | Oscillator stops | — | 0.1 | 1 | μA |
| | | 12V | | — | 2 | 4 | μA |
| I _{DD} | Operating Current | 3V | No load f _{OSC} =3kHz | — | 40 | 80 | μA |
| | | 12V | | — | 150 | 300 | μA |
| I _{DOUT} | Output Drive Current | 5V | V _{OH} =0.9V _{DD} (Source) | -1 | -1.6 | — | mA |
| | | | V _{OL} =0.1V _{DD} (Sink) | 1 | 1.6 | — | mA |
| V _{IH} | "H" Input Voltage | — | — | 0.8V _{DD} | — | V _{DD} | V |
| V _{IL} | "L" Input Voltage | — | — | 0 | — | 0.2V _{DD} | V |
| f _{OSC} | Oscillator Frequency | 5V | R _{OSC} =1.1MΩ | — | 3 | — | kHz |
| R _{TE} | $\overline{\text{TE}}$ Pull-high Resistance | 5V | V _{TE} =0V | — | 1.5 | 3 | MΩ |

Application Circuits



Note: Typical infrared diode: EL-1L2 (KODENSHI CORP.)
 Typical RF transmitter: JR-220 (JUWA CORP.)

Features

- Operating voltage: 2.4V~12V
- Low power and high noise immunity CMOS technology
- Low standby current
- Capable of decoding 12 bits of information
- Binary address setting
- Received codes are checked 3 times
- Address/Data number combination
 - HT12D: 8 address bits and 4 data bits
 - HT12F: 12 address bits only
- Built-in oscillator needs only 5% resistor
- Valid transmission indicator
- Easy interface with an RF or an infrared transmission medium
- Minimal external components
- Pair with Holtek's 2¹² series of encoders
- 18-pin DIP, 20-pin SOP package

Applications

- Burglar alarm system
- Smoke and fire alarm system
- Garage door controllers
- Car door controllers
- Car alarm system
- Security system
- Cordless telephones
- Other remote control systems

General Description

The 2¹² decoders are a series of CMOS LSIs for remote control system applications. They are paired with Holtek's 2¹² series of encoders (refer to the encoder/decoder cross reference table). For proper operation, a pair of encoder/decoder with the same number of addresses and data format should be chosen.

The decoders receive serial addresses and data from a programmed 2¹² series of encoders that are transmitted by a carrier using an RF or an IR transmission medium. They compare the serial input data three times continu-

ously with their local addresses. If no error or unmatched codes are found, the input data codes are decoded and then transferred to the output pins. The VT pin also goes high to indicate a valid transmission.

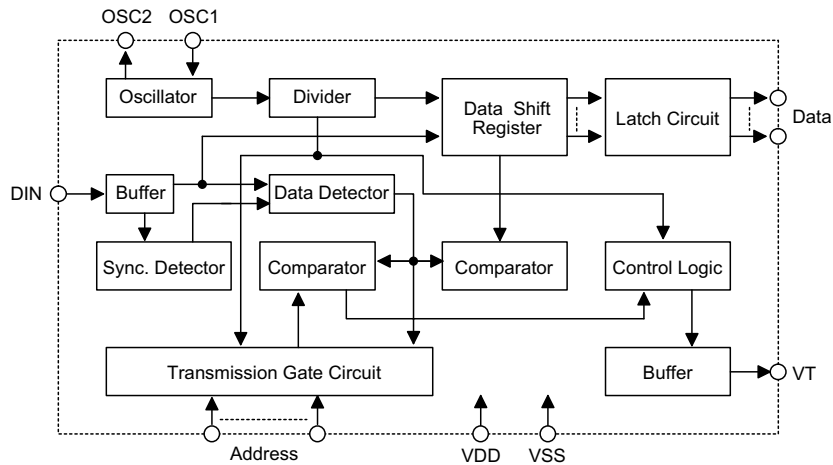
The 2¹² series of decoders are capable of decoding informations that consist of N bits of address and 12-N bits of data. Of this series, the HT12D is arranged to provide 8 address bits and 4 data bits, and HT12F is used to decode 12 bits of address information.

Selection Table

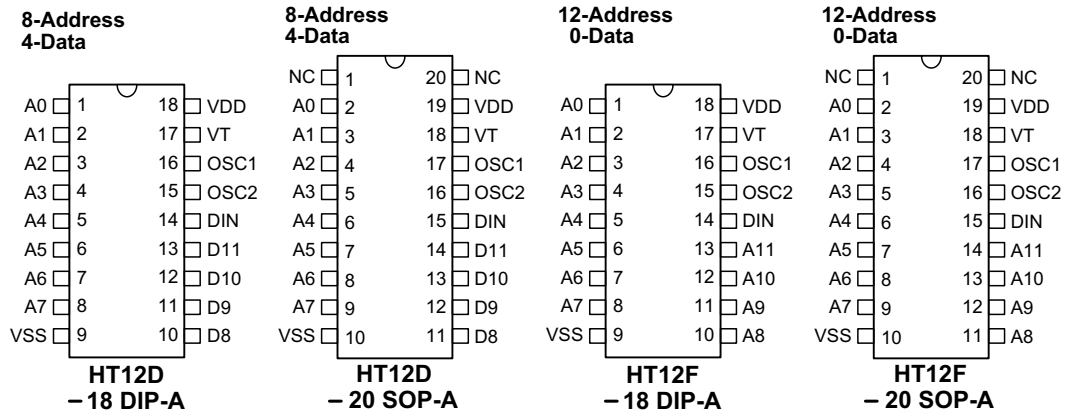
| Part No. | Function | Address No. | Data | | VT | Oscillator | Trigger | Package |
|----------|----------|-------------|------|------|----|---------------|-----------------|--------------|
| | | | No. | Type | | | | |
| HT12D | | 8 | 4 | L | √ | RC oscillator | DIN active "Hi" | 18DIP, 20SOP |
| HT12F | | 12 | 0 | — | √ | RC oscillator | DIN active "Hi" | 18DIP, 20SOP |

Notes: Data type: L stands for latch type data output.

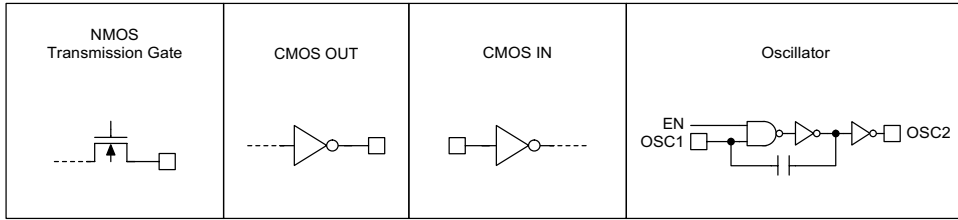
VT can be used as a momentary data output.

Block Diagram


Note: The address/data pins are available in various combinations (see the address/data table).

Pin Assignment

Pin Description

| Pin Name | I/O | Internal Connection | Description |
|----------------|-----|---------------------------|--|
| A0~A11 (HT12F) | I | NMOS Transmission Gate | Input pins for address A0~A11 setting These pins can be externally set to VSS or left open. |
| A0~A7 (HT12D) | | | Input pins for address A0~A7 setting These pins can be externally set to VSS or left open. |
| D8~D11 (HT12D) | O | CMOS OUT | Output data pins, power-on state is low. |
| DIN | I | CMOS IN | Serial data input pin |
| VT | O | CMOS OUT | Valid transmission, active high |
| OSC1 | I | Oscillator | Oscillator input pin |
| OSC2 | O | Oscillator | Oscillator output pin |
| VSS | — | — | Negative power supply, ground |
| VDD | — | — | Positive power supply |

Approximate internal connection circuits

Absolute Maximum Ratings

| | | | |
|----------------------|-------------------------------|-----------------------------|----------------|
| Supply Voltage | -0.3V to 13V | Storage Temperature | -50°C to 125°C |
| Input Voltage | $V_{SS}-0.3$ to $V_{DD}+0.3V$ | Operating Temperature | -20°C to 75°C |

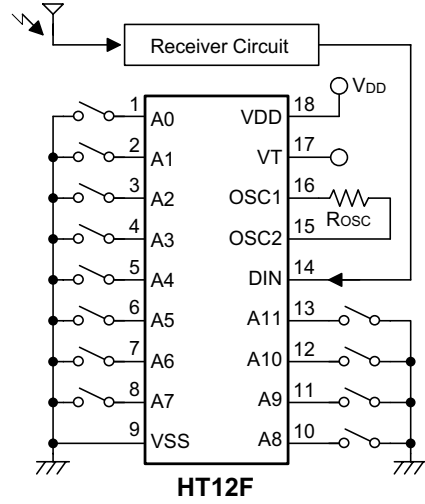
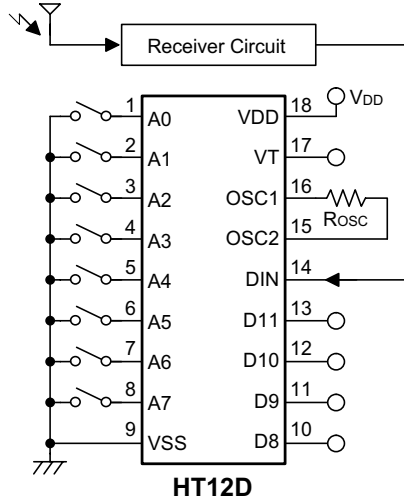
Note: These are stress ratings only. Stresses exceeding the range specified under "Absolute Maximum Ratings" may cause substantial damage to the device. Functional operation of this device at other conditions beyond those listed in the specification is not implied and prolonged exposure to extreme conditions may affect device reliability.

Electrical Characteristics

Ta=25°C


| Symbol | Parameter | Test Conditions | | Min. | Typ. | Max. | Unit |
|------------------|-------------------------------------|-----------------|-----------------------------------|------|------|------|------|
| | | V _{DD} | Conditions | | | | |
| V _{DD} | Operating Voltage | — | — | 2.4 | 5 | 12 | V |
| I _{STB} | Standby Current | 5V | Oscillator stops | — | 0.1 | 1 | μA |
| | | 12V | | — | 2 | 4 | μA |
| I _{DD} | Operating Current | 5V | No load, f _{OSC} =150kHz | — | 200 | 400 | μA |
| I _O | Data Output Source Current (D8~D11) | 5V | V _{OH} =4.5V | -1 | -1.6 | — | mA |
| | Data Output Sink Current (D8~D11) | 5V | V _{OL} =0.5V | 1 | 1.6 | — | mA |
| I _{VT} | VT Output Source Current | 5V | V _{OH} =4.5V | -1 | -1.6 | — | mA |
| | VT Output Sink Current | | V _{OL} =0.5V | 1 | 1.6 | — | mA |
| V _{IH} | "H" Input Voltage | 5V | — | 3.5 | — | 5 | V |
| V _{IL} | "L" Input Voltage | 5V | — | 0 | — | 1 | V |
| f _{OSC} | Oscillator Frequency | 5V | R _{OSC} =51kΩ | — | 150 | — | kHz |


Application Circuits





Referencias bibliográficas


Bibliografía

-  Principios de electrónica
Albert Malvino, David J. Bates
McGraw-Hill
7ª ed. 2007

-  Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos
Robert L. Boylestad, Louis Nashelsky
Mexico: Pearson Education
8ª ed. 2003

-  Circuitos electrónicos: Discretos e integrados
Donald I. Schilling, Charles Belove
México, D.F.
Alfaomega
2ª ed. 1991

-  Fundamentos de electrónica
J.R. Cogdell
México
Pearson Educación
2000

-  Foundations of electronics
Russell L. Meade
Delmar
3ª ed. 1999

Mesografía

[1]

<http://www.pubmedcentral.nih.gov/picrender.fcgi?artid=1878697&blobtype=pdf>
<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1878697>

[2]

<http://webdiis.unizar.es/~jminguez/Silla%20de%20Ruedas%20Inteligente%20Controlada%20por%20Voz.pdf>

[3]

[http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17946659?ordinalpos=1&itool=EntrezSystem2.PEntrez.Pubmed.Pubmed_ResultsPanel.Pubmed_DiscoveryPanel.Pubmed_Discovery_RA&linkpos=2&log\\$=relatedarticles&logdbfrom=pubmed](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17946659?ordinalpos=1&itool=EntrezSystem2.PEntrez.Pubmed.Pubmed_ResultsPanel.Pubmed_DiscoveryPanel.Pubmed_Discovery_RA&linkpos=2&log$=relatedarticles&logdbfrom=pubmed)

[4]

<http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/discapacidad.aspx?tema=P>

[5]

http://www.healthsystem.virginia.edu/uvahealth/adult_pmr_sp/spcrd.cfm

[6]

<http://es.wikipedia.org/>

[7]

<http://www.scmstore.com/acceso/sensores/altaCalidad/Tilt/index.htm>

[8]

<http://lc.fie.umich.mx/~jrincon/apuntes%20intro%20PIC.pdf>

[9]

http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/16746/1/espectro_electromagnetico.pdf

[10]

<http://fcaenlinea.unam.mx/apuntes/interiores/docs/2005/informatica/4/1467.pdf>

[11]

http://www.cs.virginia.edu/~knabe/iic3512/apuntes_4.html

[12]

<http://www.ucontrol.com.ar/>

[13]

<http://www.microchip.com/>

[14]
<http://www.freescale.com>

[15]
<http://www.rentron.com>
<http://www.robodacta.com.mx/>

[16]
<http://www.holtek.com.tw/English/default.htm>

Otras referencias.

<http://www.national.com>
<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf>
<http://www.hannabolivia.com/articulos/articulo.php?id=19>