

DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE UNA SILLA DE RUEDAS PARA PERSONAS MINUSVÁLIDAS NO VIDENTES

Vásquez Diego, Ing. Bárcenes Jimmy, Ing.
Escuela Politécnica Nacional

RESUMEN

Se desarrolla un prototipo de silla de ruedas semiautónoma que sirva de asistencia a personas minusválidas no videntes para permitirles mayor grado de autonomía en lo que a su movilización se refiere.

El diseño se basa en trabajos anteriores de robótica móvil, se aplica el acondicionamiento de señales de ultrasonido, para controlar el funcionamiento de los motores que utiliza la silla de ruedas.

Se desarrollan metodologías para que el prototipo tenga la capacidad de detectar obstáculos cercanos que se encuentren en su trayectoria, mediante el procesamiento del ultrasonido obtenido de un arreglo de sonares, para tener una representación apropiada de señales y del medio en el que se desenvolverá. Esta representación ayudará a reconocer obstáculos y hacer que la silla de ruedas tome ciertas acciones para evitarlos, el prototipo en caso de encontrar obstáculos tendrá dos opciones: de existir un solo camino este tomará la decisión, de existir más de un camino este informará al usuario para que sea él quien tome la decisión.

1. FUNDAMENTOS BÁSICOS

Los seres vivos cuentan con una serie de sentidos que les permiten obtener información del ambiente y sus sistemas de navegación utilizan la información obtenida de estos sentidos para poder conocer el mundo.

Entre los problemas que se presentan en la navegación autónoma está el reconocimiento del ambiente o del mundo en el que se desempeña el robot y la detección de obstáculos tanto en ambientes estáticos como dinámicos.

dantovas@yahoo.com
jimbarcenes@hotmail.com

Los sensores son dispositivos que miden propiedades físicas (distancias, sonido, magnetismo, olores, presiones, altitud, velocidad, inclinación, etc.). Las mismas propiedades pueden medirse por varios sensores.

La sensorización implica diversas disciplinas como la electrónica: Un sensor de colisión (detectar si pasa o no corriente), procesamiento de señales: Un micrófono (separar la voz del ruido), informática: Un cámara que devuelve los bordes (reconocer un objeto).

Para poder aplicar la sensorización en sistemas de evasión de obstáculos, movilización autónoma o semi-autónoma y en la robótica se tienen presentes aspectos fundamentales como son: la medición de distancias por medio de ultrasonido basado en medición del tiempo de eco del ultrasonido o también por la intensidad del eco de retorno; infrarrojos y la intensidad recibida de las señales del infrarrojo, dos cámaras (visión estereoscópica) para sistemas sofisticados de imágenes o perfiles basado en los colores primarios y sus definiciones, triangulación con un láser y una cámara fija para detectar el movimiento en donde todo lo demás es estático, medición con láser para detectar la temperatura de un ser vivo en una área inhabitada.

2. SENSORES DE ULTRASONIDO

Los sensores ultrasónicos son utilizados para la detección de obstáculos, con la ventaja de que pueden dar una información de la distancia a la cual se encuentra el obstáculo, para ello utilizan las propiedades de las ondas de sonido y a partir de la información de la velocidad del sonido y del tiempo transcurrido entre la emisión y la recepción se obtiene información de la distancia.

Por lo general se usa un transductor como emisor y otro como receptor, aunque también se puede usar un solo transductor como emisor y receptor, en este caso tras la emisión del ultrasonido se espera un

determinado tiempo para que las vibraciones en el sensor desaparezcan y luego se prepara para recibir el eco producido por el obstáculo, cuando se va a trabajar con transductores de ultrasonido se debe tener en cuenta los siguientes parámetros:

Ángulo del cono

El campo de actuación del pulso que se emite desde un transductor de ultrasonido tiene forma cónica. El eco que se recibe como respuesta a la reflexión del sonido indica la presencia del objeto más cercano que se encuentra dentro del cono acústico y no especifica en ningún momento la localización angular del mismo

Zona muerta

Cuando se usa el mismo transductor como emisor y receptor, existe una distancia mínima, determinada por el tiempo de relajación del transductor desde el momento en que deja de emitir hasta que está listo para recibir, todos los objetos que estén a una distancia menor a la distancia mínima no pueden ser detectados. Cuando se usa un transductor como emisor y otro como receptor hay una distancia mínima determinada por el ángulo y la posición relativa entre los dos transductores. El área determinada por la distancia mínima es conocida como zona muerta.

Distancia máxima

La distancia máxima de detección está determinada por la potencia y la frecuencia de trabajo a la que se emite, a mayor frecuencia se puede cubrir mayor distancia, la frecuencia de trabajo más usada es 40 KHz, aunque existen en el mercado transductores hasta de 250 KHz. Para la recepción del eco de ultrasonido se usan por lo general dos métodos, el método de detección por umbral y el método de detección de tono.

Una ventaja de los sensores de ultrasonido, es que al dar información de la distancia a la que se encuentra un obstáculo, se puede hacer un mapa del entorno donde se encuentra el robot, para ello se utiliza un arreglo de sensores de ultrasonido alrededor del robot, ubicados de tal forma que cada uno cubre un sector angular alrededor del robot, sin embargo al hacer esto

se tiene varios problemas, los más frecuentes se describe a continuación:

Pobre directividad: Ya que el campo de actuación de la onda emitida por el transductor tiene forma cónica, existe la probabilidad de que el eco se haya producido por un objeto presente en la periferia del eje central, aunque la máxima probabilidad es que el objeto detectado esté sobre el eje central del cono acústico, limitando la exactitud de la detección.
Ecos falsos: Puede darse debido a que la onda emitida por el transductor se refleje varias veces en diversas superficies antes de que vuelva a incidir en el transductor (si es que incide). Esto implica que la lectura del sensor indicará la presencia de un obstáculo a una distancia mucho mayor que a la que está en realidad el obstáculo que produjo la reflexión de la onda.

Otra fuente común de *falsos ecos*, conocida como *crosstalk*, se produce cuando se emplea un cinturón de ultrasonidos donde una serie de sensores están trabajando al mismo tiempo, en este caso puede ocurrir que un sensor emita un pulso y sea recibido por otro sensor que estuviese esperando el eco del pulso que él había enviado con anterioridad (o viceversa). Para solucionar este último problema se puede hacer una multiplexación de los sensores para que no trabajen todos al mismo tiempo, otra técnica usada es tener un solo sensor que por medio de un mecanismo gire alrededor de un eje en el centro del robot y de esta manera cubre toda la periferia del robot. Sin embargo estos dos métodos hacen mucha más lenta la detección del entorno.

Medidas Falsas: Pueden ser provocadas por ruidos ultrasónicos de fuentes externas, esto se hace muy evidente cuando se tienen varios robots trabajando con ultrasonido en un mismo lugar.

Reflexiones Especulares: Una onda de ultrasonido tiene el mismo ángulo de incidencia y reflexión respecto a la normal a la superficie (ley de reflexión). Esto implica que si la orientación relativa de la superficie reflectora con respecto al eje del sensor de ultrasonido es mayor que un cierto umbral, el sensor nunca reciba el pulso de sonido que emitió. Existen diversos métodos para resolver estos problemas, muchos de ellos se resuelven mediante generación de un mapa de entorno y a partir de unas medidas probabilísticas, mejor información sobre este tema se encuentra en la referencia.

La parte mecánica se debe referir a especificaciones y normas que debe cumplir el diseño como por ejemplo máxima capacidad de carga, máxima velocidad de recorrido, diseño anatómico, normas de pendientes en subida y bajada para sillas de ruedas y esto lo realiza un técnico de dicha área, sin embargo en este capítulo se presentan los fundamentos básicos y sencillos de la parte mecánica.

Normas para el uso de la silla de ruedas

Peso máximo del usuario

Existen criterios para limitar el peso máximo de un usuario que utiliza una silla de ruedas electrónica, dependiendo del material con el que se construyó la silla, ensamblajes, uniones, etc. la masa máxima del usuario que se considera es de 108 Kg, por ser especificado en la silla de ruedas utilizada.

$$PTM = PEM + PMU + PFP + PSC$$

- PEM** Peso de Estructura Mecánica = 490,0 N
- PMU** Peso Máximo del Usuario = 1058,0 N
- PFP** Peso de la Fuente de Poder = 390,0 N
- PSC** Peso del Sistema de Control = 19,6 N
- PTM** Peso Total para Movilizarse = 1957,6 N

Velocidad máxima

Comercialmente en el internet se encuentran sillas de ruedas electrónicas como la *EXTREME 4X4*, *TRAC About*, *Chairman ROBO 3*, *PERMOBIL J45* entre muchos modelos y fabricantes con especificaciones de velocidades entre 9 Km/h y 1.8 Km/h, con lo cual se toma el promedio de estos valores siendo de 5.4 Km/h, y se realizan pruebas para esta velocidad encontrando que para el sistema realizado en el presente trabajo, la máxima velocidad es de 5,4 Km/h o 1.5 m/s.

Pendientes de subida y bajada

Sobre requerimientos del diseño en espacios para sillas de ruedas, se norman según los siguientes aspectos:

- TMSD** (Tramo Máximo Sin Descanso)
- TMSD**= 9 metros
- PMPI** (Pendiente Máxima en Interiores)
- PMPI**=11%, ángulo de 6 °
- PMPE** (Pendiente Máxima en Exteriores)
- PMPE**=8%, ángulo de 4.6 °
- PMR** (Pendiente Máxima Recomendable)
- PMR**=6 %, ángulo de 3.4 °

Se analiza la fuerza en una superficie con la mayor inclinación ascendente, se toma un coeficiente de fricción cinético aproximado (μ_c) igual a 0.57, en los materiales de hule sobre concreto, y con el peso total a movilizar se calcula la fuerza máxima necesaria para la movilización hacia delante, atrás, izquierda o derecha ya que la fuerza requerida F para el movimiento debe ser igual a la fuerza de rozamiento Fr , se toma la normal en función del ángulo β que representa el 11% del **PMPI**.

$$N = m.g.\cos\beta$$

La fuerza máxima F necesaria para la movilización es la suma de la fuerza de rozamiento Fr con la componente del peso ($m.g.\sen\beta$)

$$Fr = \mu N$$

$$F = Fr + m.g.\sen\beta$$

$$F = (m.g) (\mu.\cos\beta + \sen\beta)$$

3. BASE ESTRUCTURAL DE LA SILLA DE RUEDAS

La base mecánica de la silla de ruedas está construida de tubos de hierro de 2.54 cm. de diámetro, soldados de la forma geométrica de una caja con los cortes que se presentan en la Figura 1, capaz de soportar el peso total acumulado de el usuario, las fuentes de poder, los motores, el sistema de control eléctrico, el sistema de control electrónico y la estructura metálica en si mismo.

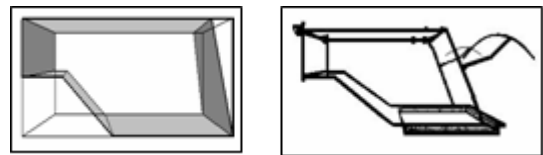


Figura 1 Forma geométrica de la estructura

Este armazón va montado sobre dos ruedas traseras de 50 cm. de diámetro, que se acoplan mediante correas o bandas a los ejes de dos motores de corriente continua, y sobre dos ruedas delanteras de 26 cm. de diámetro con giro de rotación en forma libre.

El diseño actual también consta de partes mecánicas tapizadas y removibles para la seguridad y confortabilidad del usuario, como son: el espaldar, que puede tener un ángulo de reclinamiento; el asiento; soportes para

los brazos, que pueden regularse la altura adecuada para reposar los brazos y el estrado de los pies que también es ajustable.

4. SISTEMA ELÉCTRICO

La silla fue diseñada a partir de un modelo comercial como plataforma, a la que se le ha incorporado; un módulo de comando, un módulo de sensorización por ultrasonido, un módulo de procesamiento central, constituido por 2 microcontroladores y acondicionadores de señal, un módulo de control de potencia para los motores, fuentes, buses de entrada/salida y un conjunto de interfaces para el usuario, seleccionables según el modo de control y su destreza.

DIAGRAMAS DE BLOQUES DE MÓDULOS IMPLEMENTADOS

Los distintos módulos eléctricos de alimentación, mando, control y actuación diseñados se interconectan mediante buses de datos y buses de señales, para una fácil comprensión del funcionamiento del sistema en su totalidad se presenta un diagrama de bloques en la Figura 2

En aras de una mayor simplicidad en el control, se optó por una circuitería basada en dos microcontroladores, para dotar al módulo de una cierta autonomía y posibilidad de reconfiguración al mismo tiempo.

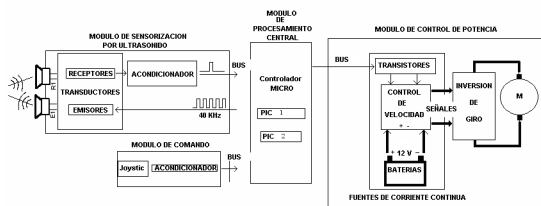


Figura 2 Diagrama de Bloques

Módulo de comando

Es el módulo donde se ubican los dispositivos que el usuario dispone para la conducción de la silla de ruedas, este va dentro de un pequeño tablero metálico dispuesto sobre el descanso derecho del brazo para fácil maniobra de los dispositivos, por el hecho que la mayoría de las personas son diestras.

Los dispositivos son: un interruptor de encendido, una palanca de mando, tres selectores, tres pulsadores, un indicador auditivo y varios indicadores luminosos que asisten al usuario en la conducción y dan

alerta de estado, además se tiene el respectivo bus de interconexión con los demás módulos del sistema.

El interruptor de encendido habilita la alimentación del módulo de procesamiento central, el cual a su vez habilita la alimentación y el control de todo el sistema eléctrico y electrónico de manera directa, junto al interruptor se encuentra el bus de conexión con el módulo de control. En la parte superior del tablero esta el panel de mando donde se encuentran los demás elementos de maniobra e indicadores visibles para asistencia y alerta del usuario.



Figura 3 Panel de mando

Experimentalmente se obtuvieron los siguientes valores de resistencia para las tres posiciones siguientes de la palanca de mando:

- Estado de máxima velocidad adelante: 4.6 K Ω
- Estado de máxima velocidad atrás: 3.8 K Ω
- Estado de reposo: 4.2 K Ω
- Resistencia en terminales fijos 10 K $\Omega \pm 2 \%$

Con los respectivos valores de resistencia se procede a polarizar los terminales fijos de los potenciómetros y con el terminal variable del divisor de voltaje se procede a realizar el acondicionamiento y enviar la información al módulo de procesamiento central.

El acondicionamiento de la palanca de mando es digital y se realiza mediante programación en el microcontrolador, convirtiendo el voltaje de entrada análogo a palabra digital de ocho bits, si la palanca se encuentra en estado de reposo se entregan 2.5 V al microcontrolador, lo que quiere decir que se tiene una palabra digital igual a 128 en sistema decimal, en el programa se resta este valor, se saca el módulo y se multiplica por un factor de ganancia G=8 encontrado experimentalmente,

para llegar a obtener nuevamente otra palabra digital que se aproxime a 250, que luego se carga en el registro el cual indica el ancho de pulso en el modo PWM del microcontrolador.

Para controlar el sentido de giro del motor que inclina el espaldar de la silla que se acopla mecánicamente a través de un tornillo sin fin y que este a su vez acciona el vástago de un pequeño pistón que se une con la estructura móvil del espaldar de la silla.

Módulo de sensorización por ultrasonido

En este proyecto no se trata de realizar una conducción automática, ya que iría en contra del planteamiento de partida, sino una conducción asistida en la que se requiere en esencia detectar la presencia de objetos cercanos alrededor del vehículo y no una descripción completa del entorno, se descartan con ello las técnicas de visión artificial que necesitarían por otra parte unos procesadores e interfaces muy sofisticados dada la riqueza de información de estos sensores.

En proyectos parecidos, la utilización del ultrasonido se considera como la técnica más adecuada en este tipo de sensorización, sus características de operación son superiores frente a otros métodos, presentan haces amplios que reducen las necesidades de barridos y buena sensibilidad en distancias dentro del rango de 20 cm. a 100 cm.

La frecuencia de trabajo es 40 KHz para mantener cierta sensibilidad al operar en aire a distancias no muy cortas (1 a 2 m).

Ubicación de los sensores

Los sensores de ultrasonido son colocados en la periferia del vehículo para ayudar a la navegación de la silla e impedir colisiones bruscas con obstáculos.

Después de las pruebas realizadas en el laboratorio, se lleva a cabo la integración en la silla. La configuración del cinturón de sensores en la periferia de la silla es la que muestra la Figura 4.

Siendo 8 el número de pares de sensores encontrado por las experiencias realizadas en laboratorio para cubrir aceptablemente la zona circundante, esta es discretizada en sectores angulares diferentes, operando el sensor correspondiente y los dos contiguos.

Los 8 pares de sensores informan del contorno a la silla de ruedas, pero en caso de gradas o desniveles en el frente como en la parte posterior, se disponen sensores como se indica en la Figura 5

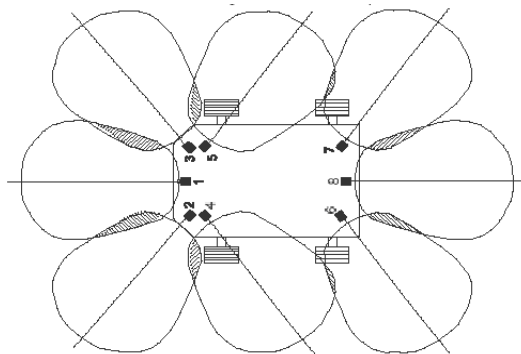


Figura 4 Ubicación de los sensores

El módulo maneja ocho receptores y ocho transmisores de ultrasonido, comunicándose con el módulo de procesamiento central para informar sobre la presencia de obstáculos.

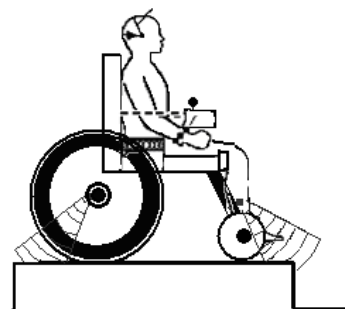


Figura 5 Detección de gradas o desniveles

Acondicionamiento de las señales para los sensores de ultrasonido

Emisores.- Para emitir la señal en los transductores emisores de ultrasonido, se efectúa un oscilador de precisión como el que genera un microcontrolador enviando trenes de pulsos cuadrados de 12 ms de anchura, con frecuencia igual a 40 KHz. Y una amplitud de 5 V directamente desde el pin GIO3 del microcontrolador 12F675, basándose en la medición de la corriente promedio de cada sensor que es 3,3 mA y al final sobre la corriente total cuando todos los emisores están conectados, al microcontrolador siendo de 21.70 mA; que es menor a la máxima corriente de salida proporcionada por algún pin del microcontrolador, según las características

eléctricas del microcontrolador 12F675 es de 25 mA. [8]

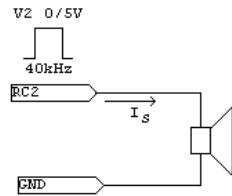


Figura 6 Emisión del ultrasonido

Receptores.- Las señales recibidas en los transductores receptores (Rx) son de muy bajo nivel, a continuación se tiene una tabla con valores experimentales:

Tabla 1 Valores distancia-voltaje

Distancia al objeto (cm)	Voltaje receptor (mV _{pp})	(mV _{rms})
30	113	80
100	28	20
Mas de 150	4.24	3

Por lo que es preciso incorporar una primera etapa de amplificación U1 con ganancia de 40 para señales de AC en cascada otra etapa U2 de ganancia 10, ambas etapas basadas en amplificadores inversores con alimentación única, para cada receptor.

Para un amplificador de AC con alimentación única, se debe mantener los terminales de entrada y salida del amplificador operacional en el "Voltaje adecuado" que suele ser la mitad de voltaje de alimentación única. [9]

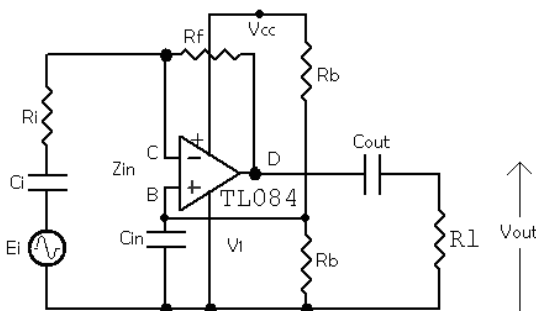


Figura 7 Amplificador inversor de AC con alimentación única

La señal de salida es rectificadada en media onda por D1 y filtrada por un capacitor C5 y representa la distancia a un objeto medida continuamente por un receptor, el voltaje de referencia a través de P1 y U4 representa la distancia límite a la cual la silla debe acercarse a un objeto para que no ocurra una colisión, se

comparan estos voltajes y se activa el transistor Q2 para notificar al microcontrolador.

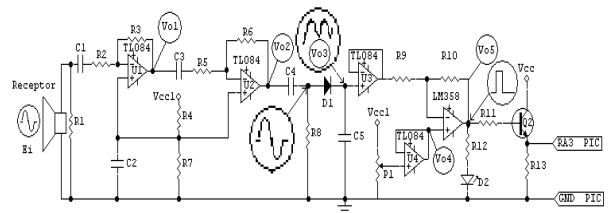


Figura 8 Acondicionador del receptor de ultrasonido

Módulo de procesamiento central

El módulo de procesamiento central coordina el funcionamiento del sistema en conjunto, solicitando señales de información y enviando señales de comando a todos los módulos del sistema.

En este se encuentran básicamente dos microcontroladores para realizar todas las tareas del prototipo, obteniendo resultados satisfactorios en aplicaciones sencillas como el presente trabajo, en futuros proyectos se podrán utilizar controladores de mayor capacidad de procesamiento y con características superiores.

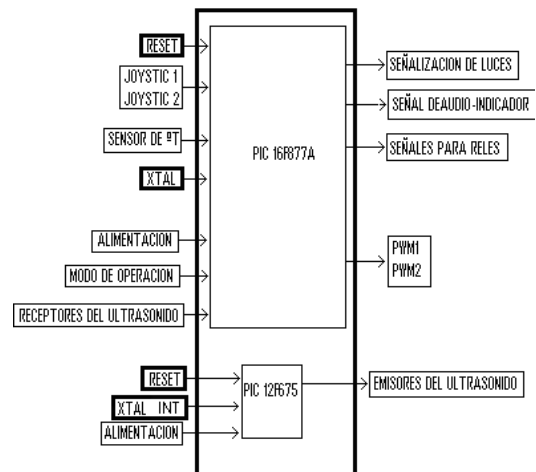


Figura 9 Diagrama de bloques del Módulo de Control

En el modulo de procesamiento central se encuentran los microcontroladores PIC 16F8777A y PIC 12F675; el primero habilita el sistema eléctrico, establece el modo en que se ha de operar el prototipo, realiza el acondicionamiento digital del voltaje entregado por la palanca de mando, recibe las señales acondicionadas de los sensores receptores y

procesar esta información para realizar el respectivo control de los motores, entrega las señales PWM a la base de los transistores de potencia, con ancho del pulso variable basado en el acondicionamiento digital de la palanca de mando para el control de velocidad en los motores, coordina la activación de los relés y el sentido en que deben ser alimentados los motores para control del giro en la silla de ruedas. El microcontrolador 12F675 que es más pequeño, se encarga de emitir la señal de ultrasonido de 40 KHz. A través de la salida GPIO2, este MICROCONTROLADOR no necesita de un oscilador externo ya que posee uno interno el cual se configura para que oscile a 4 MHz, el circuito de implementación es sencillo, solo necesita polarización y su costo es aceptable.

Módulo de potencia

Este módulo eléctrico está constituido por dos motores de corriente continua tipo serie, con armadura y campo independientes, que son alimentados por un circuito troceador DC/DC a través de una configuración de relés, las baterías que son la fuente de alimentación para los motores, además se tiene un sencillo cargador de baterías.

La silla de ruedas posee dos de estos motores de DC en su parte inferior media, y cada uno de los motores se encarga de impulsar una rueda en forma independiente de la otra.

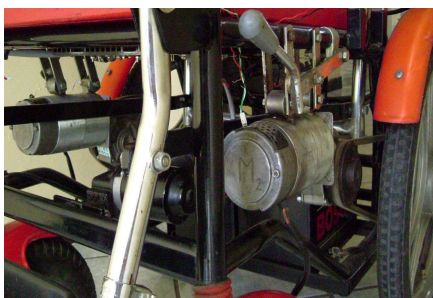


Figura 10 Ubicación de motores

Los giros del vehículo se logran impulsando una de las ruedas hacia adelante y la otra hacia atrás. Para lograr este efecto, se ponen en la parte delantera de la silla, dos ruedas gíatorias para permitir la rotación de la silla

El accionamiento de los motores se hace a través del troceador DC, que aplica trenes de pulsos de voltaje unidireccional a los motores, este voltaje es controlado variando la relación de trabajo y manteniendo un periodo T constante (PWM).

La corriente es unidireccional y el voltaje es no reversible, por lo tanto la operación es solamente en el primer cuadrante. A este tipo de circuitos básicos se los conoce como troceador clase A.

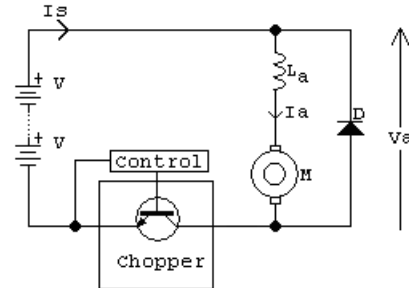


Figura 11 Troceador Clase A

Teniendo motores como carga del troceador clase A, para altos valores de relación de trabajo existe variación de la corriente de armadura, la misma que varía entre un máximo y un mínimo valor, pero probablemente la conducción sea continua siempre. Para bajos valores de relación de trabajo, la corriente puede llegar a ser cero durante un tiempo t_x , que ocasiona distorsiones en el voltaje entregado al motor, especialmente si se tiene una baja inductancia.

La frecuencia típica de conmutación está en el orden de [11]:

$$100 \leq \frac{\omega}{2\pi} \leq 1000 \text{ Hz}$$

5. ARQUITECTURA

El funcionamiento correcto de un sistema autónomo o semi-autónomo depende del programa de control que se encuentra ejecutándose dentro de uno o varios controladores y su respectivo hardware, ambos tienen la misma lógica de funcionamiento y dependen entre sí para poder desarrollar el proceso que se requiere, en el presente proyecto se utilizan dos microcontroladores, el PIC16F877A y el PIC 12F675, además se emplea una sencilla arquitectura. El programa se puede dividir en 2 grandes partes principales, la de control de los motores mediante el PWM, y la detección de obstáculos con tomas de decisión al respecto.

Para la creación del PWM se escoge la función del microcontrolador que lo realiza teniendo que indicarle solamente el periodo y el ciclo de trabajo de las señales a generar,

consiguiendo que los motores se detengan o continúen según se den las necesidades.

El programa que gestiona el movimiento de la silla recoge la información que llega desde los sensores y trata de reconstruir patrones ya definidos en el propio programa para reconocer el camino alterno para transitar.

6. LÓGICA DE FUNCIONAMIENTO

En la lógica de funcionamiento se desarrollan definiciones de registros auxiliares como variables, y tiene como fundamento la idea general de cómo funciona el sistema en su totalidad, teniendo en cuenta todos los casos que se han propuesto para el diseño del prototipo, así se tiene:

- Definición de interrupciones
- Definición de rutinas y subrutinas a realizarse
- Inicialización de los registros utilizados para el control del PIC
- Lee el modo de operación
 - Modo Automático
 - Espera señal de la palanca de mando
 - Lectura del puerto que recibe información de los sensores
 - Lectura polling de los sensores en forma continua
 - Lectura en las cuatro direcciones y la velocidad de la silla
 - Selecciona el caso de dirección
 - Activación de motores y control de potencia según cada caso de dirección
 - Activación de dispositivos de señalización o indicación
 - Revisa el modo actual
 - Finalización
 - Modo Manual
 - Lectura del Conversor A/D (Palanca de mando)
 - Espera la conversión
 - Lectura en las cuatro direcciones y la velocidad de la silla
 - Acondicionamiento digital de la señal de la palanca de mando
 - Activación de motores y control de potencia según lectura de dirección
 - Activación de dispositivos de señalización o indicación
 - Revisa el modo actual

➤ Finalización

Como resultado del ensamblaje del prototipo de la silla de ruedas para ayuda a personas minusválidas no videntes se ha obtenido un sistema de igual o mayores bondades que sistemas comerciales similares, que ha diferencia del prototipo ensamblado solo permiten un control manual y no poseen un sistema de sensorización que asista al usuario de la misma. Este sistema de sensorización adicional, permite que el usuario no sea solo una persona parapléjica sino también lo puede usar una persona no vidente o alguien que tenga ambos tipos de discapacidades.

Una ventaja adicional, es que el prototipo ensamblado tiene un costo menor a plataformas comerciales cuyos valores oscilan entre 4000 y 8000 dólares, dependiendo más de los acabados y materiales que presentan las mismas.

Se cuenta con un prototipo de silla de ruedas que cumple con tareas de navegación simples tales como: marcha adelante, marcha atrás, movimientos hacia la izquierda y derecha, además de tener la capacidad de evadir diferentes obstáculos que se encuentren al alcance de los sensores, tiene sistemas de indicación visual y auditiva que advierten al usuario en caso de tener un nivel bajo de voltaje en las baterías y en caso de un calentamiento excesivo en el sistema de potencia. Adicionalmente el prototipo esta provisto de señalizaciones de parqueo y direccionales, luces frontales y traseras que indican a las personas del entorno acerca de la cercanía o movimientos que hará la silla.

7. RESULTADOS

VENTAJAS ELÉCTRICAS DEL SISTEMA

Utilizar la energía eléctrica de las baterías en lugar de energía humana esto es considerada como una ventaja, ya que no todos los posibles usuarios tendrían la misma capacidad física para poder movilizarse.

Facilidad de manejar una silla de ruedas solo a través de sencillos movimientos de una palanca o de selectores.

Facilitar en gran manera el modo de transportarse a la persona minusválida por un camino seguro donde la silla asiste al usuario para evadir obstáculos que se puedan

atravesar en el trayecto, por medio del sistema electrónico de control.

Disponer de indicadores luminosos y auditivos para seguridad y asistencia (alerta) del usuario. Se coloca luces de señalización para que el resto de personas puedan ver de manera visual si el transporte va a girar a la derecha o izquierda.

LIMITACIONES ELÉCTRICAS DEL SISTEMA

Los precios de las sillas de ruedas eléctricas comerciales, con sistemas de asistencia en la navegación son muy altos, y en nuestro país, esto se convierte en una limitación para la mayoría de usuarios.

En el sistema de sensorización, no se puede tener una respuesta homogénea para todos los tipos de superficie en la cual rebota el ultrasonido, esto ocasiona que se produzca un desajuste en la distancia máxima que la silla debe detenerse antes de impactar en la superficie detectada.

El tiempo de vida útil de las baterías es de aproximadamente dos años, si se tiene el uso continuo, y se debe dar el respectivo mantenimiento de la misma, para no quedarse sin la carga requerida para alimentar a todo el sistema.

Las limitaciones que se presentan en sistemas parecidos son pocas, y se diseñan sistemas más completos para evitar en lo posible cualquier limitación.

VENTAJAS MECÁNICAS DEL SISTEMA

Estabilidad, Debido a la forma estructural y el material utilizado en la construcción de la silla, esta ofrece gran estabilidad, la distribución del peso tanto del usuario, la estructura y de las baterías que son los más representativos frente a esto, es casi exactamente simétrica, tanto que no permite perder estabilidad en caso de aplicar lentamente pesos adicionales en la periferia de la silla.

Seguridad, Con la ventaja anterior, la seguridad es por ende una ventaja adicional de la silla de ruedas, por otro lado todas las partes removibles y tapizadas de la silla se las ha colocado de tal forma que permiten que el usuario sienta seguridad como confort.

Confiablez, Por la sencillez del diseño mecánico, se permite que la silla no tenga

fallas que no se puedan solucionar inmediatamente, como serían el pincharse una llanta, aflojarse un tornillo, oxidarse una parte removible, o desgaste de las bandas de acoplamiento, con lo cual la silla es confiable de utilizar sin tener que saber o ser un experto en mecánica.

LIMITACIONES MECÁNICAS DEL SISTEMA

Acceso y ascenso a lugares con gradas, En caso de una persona cuadrapléjica, la estructura presenta una limitación absoluta, pero en el caso de personas parapléjicas videntes no hay una limitación total, pero se tiene un grado de dificultad para subir un escalón, debido al peso total de la silla.

Acceso a lugares demasiado angostos, El tamaño de esta silla es mayor que el de las convencionales y existen lugares diseñados para que puedan circular solo este tipo de sillas de ruedas, lo cual se presenta como una desventaja de accesibilidad a dichos sitios.

Transportabilidad de la silla, Por el mismo diseño estructural, la silla no es plegable lo cual se presenta como una desventaja frente a las sillas convencionales que se pueden plegar y desplegar para poder ser transportadas en espacios reducidos, a continuación se muestra el prototipo desarrollado en el presente proyecto.



Figura 12 Prototipo desarrollado

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ANÓNIMO. Sensores: Definen como será el mundo del robot.
<http://gsyc.escet.urjc.es.docencia/asignaturas/robotica>
- [2] OROZCO, A. Proximity sensors. Applying ultrasonic proximity sensor.
<http://sumar.utic.com.ar>
- [3] PHILIPS. Electronic Compass Design Using KMZ51/KMZ52.
http://www.semiconductors.philips.com/acrobat/datasheets/KMZ52_3
- [4] JUMBO, AI; TAMAYO, C. Control electrónico de sillas de ruedas para personas parapléjicas y cuadrapléjicas. ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL. Ecuador, 1995.
- [5] ACCESS-ABILITY, Inc.
<http://www.access-ability.com/wheelchairs.htm>
- [6] TIPPENS J, Conceptos y Aplicaciones de Física. Mc Graw Hill 3ra ed.
- [7] ZAMBRANO, K. Medida de la rata de quemado lineal utilizando la técnica de ultrasonido.
<http://orbita.starmedia.com/~napsu/documentos/ultrasonic>
- [8] MICROCHIP. Datasheet PIC 16F877A, Datasheet PIC 12F675
<http://www.microchip.com>
- [9] COUGHLIN, R. ; DRISCOLL, F. Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales. 4ta ed. Prentice-Hall Hispanoamérica. México, 1993
- [10] LEDESMA, B. Apuntes de Electrónica de Potencia I y II. ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL. Ecuador, 1988.
- [11] RIVERA, P. Control de maquinas eléctricas. ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL. Ecuador, 2000
- [12] CATALOGOS DE HOJAS DE DATOS
www.datasheetcatalog.com

- [13] ÁNGULO, J; ROMERO S. MICROCONTROLADORES <PIC>. Diseño práctico de aplicaciones. 2da ed. Es. Mc Graw Hill / Interamericana de España. España, 2000

BIOGRAFÍAS



Ing. Diego A. Vásquez F.

Nació el 23 de Julio de 1978 en la ciudad de Ibarra, su estudio secundario fue en los colegios Salesiano Sánchez y Cifuentes y el centenario Teodoro Gómez de la Torre. Obtuvo el título de Ingeniero Electrónico especialización en Control de la Escuela Politécnica Nacional el Diciembre de 2005.



Ing. Jimmy C. Bárcenes G.

Nació en Santo Domingo de los Colorados el 25 de Noviembre de 1977. Bachiller en HH. MM. Especialidad de Físico Matemático del Colegio Nacional Técnico Julio Moreno Espinosa, obtuvo el título de Ingeniero en Electrónica y Control de la Escuela Politécnica Nacional el Diciembre del 2005