

300617  
70  
205



# UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE INGENIERIA  
INCORPORADA A LA U. N. A. M.

**"DISEÑO EN PROTOTIPO DE UN CONTROLADOR  
DIRECCIONAL DE SILLA DE RUEDAS  
MOTORIZADA PARA NIÑOS LISIADOS"**

**TESIS PROFESIONAL  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
AREA ELECTRONICA  
P R E S E N T A :  
ROSA MARIA RODRIGUEZ CABRERA**

Director de Tesis: Ing. Alvaro Nieva Montes de Oca

México, D. F. **TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN** 1992



## **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 está 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.

# CONTENIDO.

## INTRODUCCION.

### CAPITULO 1. PRELIMINARES.

- 1.1. Justificación teórica del sistema.
  - 1.1.1. Utilidad.
  - 1.1.2. Opinión de la sociedad actual.
- 1.2. Algunas causas conocidas por las que un niño requiere de una silla de ruedas.
- 1.3. Importancia de la silla en la salud física y mental del niño.
  - 1.3.1. Cuando un niño va a caminar.
  - 1.3.2. Cuando el niño no podrá caminar.

### CAPITULO 2. CONCEPTOS GENERALES PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA.

- 2.1. Presentación.
- 2.2. Definición de requerimientos.
- 2.3. Diseño preliminar.
- 2.4. Descripción de los elementos a utilizar.
  - 2.4.1. Compuertas lógicas.
    - 2.4.1.1. Definición.
    - 2.4.1.2. Compuerta AND.
    - 2.4.1.3. Compuerta OR.
    - 2.4.1.4. Circuito Inversor.
    - 2.4.1.5. Compuerta NAND.
    - 2.4.1.6. Compuerta NOR.
    - 2.4.1.7. Compuerta XOR.

**2.4.2. Elementos básicos de Memoria.**

**2.4.2.1. Definición.**

**2.4.2.2. Circuito SR.**

**2.4.2.3. Circuito D.**

**2.4.2.4. Circuito Latch SR.**

**2.4.2.5. Circuito Latch D.**

**2.4.3. Reloj a partir de un oscilador 555.**

**CAPITULO 3. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA.**

**3.1. Circuito de Señales de Entrada.**

**3.2. Circuito de Memoria.**

**3.3. Circuito Codificador.**

**3.4. Interfase y Etapa de Potencia.**

**3.5. Diagrama General de Funcionamiento.**

**Capítulo 4. ENSAMBLE DEL PROTOTIPO.**

**4.1. Elaboración del circuito impreso.**

**4.2. Montado de componentes.**

**4.3. Descripción de partes mecánicas.**

**4.3.1. Ruedas controladas.**

**4.3.2. Ruedas locas.**

**4.3.3. Base.**

**4.3.4. Gabinete.**

**4.4. Tablero de Control.**

**4.4.1. Botones momentáneos.**

**4.4.2. Mensaje.**

**Capítulo 5. ELEMENTO TERMINADO.**

**5.1. Pruebas recomendadas.**

**5.1.1 Breve Índice de Costos.**

**5.2. Implementos que pueden hacerse al sistema.**

**CONCLUSIONES.**

**APENDICE.**

**BIBLIOGRAFIA.**

## INTRODUCCION

En la actualidad y conforme al correr del tiempo, el hombre se ha planteado objetivos cada vez más altos y difíciles de alcanzar.

La humanidad ha invertido largas horas, y ha edificado enormes centros para la investigación y desarrollo de la ciencia.

Hace sólo un par de décadas el sueño era caminar sobre la superficie de la Luna. Ahora no conforme con haber logrado ese anhelo, se ha empeñado en vivir más de ocho meses fuera de gravedad en el espacio...

Y así en todos los niveles la importancia y utilidad de la electrónica es cada vez más grande. La comunicación por satélites, la microcirugía, el uso de fibras ópticas y tantas cosas que aun siendo tan avanzadas se vuelven cotidianas.

Sin embargo no siempre existen las mismas posibilidades de desarrollo y realización personal. No todos los individuos hemos nacido con las mismas facultades. Para algunos el destino trae muchísimos impedimentos tanto físicos e intelectuales, como morales o ideológicos. No obstante, el gran espíritu de superación y lucha de importantes hombres y mujeres en la historia, ha convertido esos obstáculos en elementos de motivación para alcanzar metas extraordinarias. Tal es el caso de la sordera de L. Van Beethoven, quien compuso así sus mejores obras, o bien de José Clemente Orozco quien quedara baldado y a pesar de ello realizara magníficos murales; Gabriela Brimer, María Keller, fundadoras de importantes obras en favor de

impedidos físicos. Deportistas campeones y triunfadores de torneos para personas lisiadas. Y con cuanto más valor cuando el problema es superado por un niño. Lo cual ha sido mi principal interés y motivación para el desarrollo de esta investigación.

Hoy en día, para algunos, el obstáculo a vencer, mismo que será tema a tratar más adelante, es el problema motriz en las extremidades inferiores. Este problema puede tener muy diferentes orígenes, por ejemplo: problemas congénitos o intrauterinos, accidentes o enfermedades.

Por lo que se ven obligados a recurrir a diversos aparatos para sustituir sus miembros afectados, elementos que van desde bastones o muletas, hasta prótesis y sillas de ruedas.

El hombre en sociedad necesita constantemente desplazarse de un lugar a otro para realizar sus actividades. Entonces a pesar de que el individuo que utilice dichos aparatos resuelve el problema del movimiento, se encuentra con una dificultad nueva, que surge a raíz del aparato mismo y se da en el momento de controlar y manipular su aparato.

Tratándose de la silla de ruedas tradicional, el usuario, la mayoría de las veces, se vuelve dependiente de quienes lo rodean pues necesita ser guiado por otra persona, o en el mejor de los casos, cuando puede mover las ruedas con sus brazos, esto implica un esfuerzo excesivo para recorrer distancias por pequeñas que sean.

El principal objetivo de diseñar una silla de ruedas motorizada y controlada electrónicamente, es brindar al usuario libertad e independencia en la oportunidad de dirigir su silla en

forma segura y fácil.

En seguida, se describe brevemente la forma como se desarrolla el trabajo de esta investigación.

En la primera parte se exponen de manera detallada algunos de los casos por los cuales el paciente no camina. Son muy variadas las razones, así como los métodos de terapia o bien "procesos de seguimiento" para la recuperación parcial o total de movimiento en el paciente.

Esta primera parte, considerada en el capítulo 1, es la presentación patológica y el estudio fisiológico del usuario. En ella se presentan opiniones de terapeutas, doctores e incluso individuos en posibilidad de utilizar la silla con dirección controlada. De tal modo que podemos ver casos viables, otros que no lo son y porqué, así como los pros y los contras del proyecto.

Planteada la justificación médico-social de la investigación a desarrollar, se hacen las especificaciones claras de los elementos a utilizar, así como los requerimientos físicos: tanto mecánicos como electrónicos para el desarrollo de la misma. Se indican también los pasos a seguir para el diseño y construcción del aparato.

En seguida se pasa directamente a lo que es el diseño mismo del sistema, y después a la explicación de su funcionamiento. Para lo cual se utilizan en un principio diagramas de bloques, que se respaldan en el diagrama electrónico del control.

Posteriormente se explican las pruebas a las que se somete el prototipo, las cuales son electrónicas como por ejemplo que el sistema trabaje cuando se alimenta con los voltajes supuestos,

que soporta las corrientes para las que fue calculado, y pruebas mecánicas como resistencia del material, seguridad, así como de funcionamiento entre las que tenemos velocidad, freno, dirección. 4

Para el operador será muy importante conocer de manera sencilla y bien detallada las instrucciones de uso de ésta silla, para adquirir confianza y dominio sobre ella. Esto podrá lograrse con capacitación o enseñanza verbal directa o bien presentando un manual de usuario.

Antes de concluir se presentan también en forma breve las diferentes opiniones y contrapuntos que se generan en la sociedad ya que por razones de infraestructura, de estatus social, de niveles económicos y políticos, son todas diversas, pero muy importantes, ya que cada una refleja la opinión muy válida de un cierto grupo de personas.

## CAPITULO 1.

**PRELIMINARES.****1.1. JUSTIFICACION TEORICA DEL SISTEMA.****1.1.1. Utilidad.**

La utilidad que se encuentra al realizar la investigación para el desarrollo de este sistema, cubre principalmente dos aspectos. Uno es el de presentar un método concreto y práctico de investigación y desarrollo que pueda utilizarse en cualquier tipo de investigación posterior. Es decir la forma en que se realiza el presente trabajo, es un modelo para investigación y desarrollo de cualquier sistema similar.

En primer lugar se hace un planteamiento del problema que se pretende solucionar, en seguida se da una solución tentativa o preliminar. Con ella se buscan los elementos concretos que van a utilizarse y después se constituye una solución definitiva. Una vez que se tiene la solución se adapta a las necesidades concretas del usuario y se presentará entonces el elemento terminado, al cual se le deberán aplicar las pruebas correspondientes. De este modo queda acentado aquí un procedimiento fácil de seguir para la realización de una investigación y el desarrollo de un sistema, lo cual se considera es de gran utilidad.

En segundo lugar, el otro punto de utilidad a tratar es el beneficio que recibe el usuario propiamente del sistema en

desarrollo. El niño lisiado es objetivo principal al realizar este trabajo. La utilidad que el puede encontrar al utilizar para sí mismo una silla de ruedas con trayectoria controlada electrónicamente, como lo es ésta, radica principalmente en la facilidad de desplazarse de un lado a otro con un esfuerzo mínimo. La sensación de libertad e independencia que para él representa el poder ir y venir sin tener la presencia de otra persona junto que tenga que mover la silla para él, es sumamente valiosa.

#### **1.1.2. Opinión de la sociedad actual.**

Se viven momentos históricos en el desarrollo de la ciencia y tecnología. Aunque el nivel y velocidad de éste desarrollo es diferente en la sociedad de cada país. En los países desarrollados como Estados Unidos, la mayoría de los países europeos o algunos otros países socialistas, ciertos factores favorecen a la investigación y adaptación de nuevos equipos o instrumentos importantes, estos factores son tanto ideológicos, económicos como de estructura social. Utilizando el ejemplo de la sociedad norteamericana, se dice que se inició con el uso de la silla de ruedas electrónica para los lisiados que regresaron de la Guerra de Vietnam y todos los gastos quedaron cubiertos por el gobierno.

Esto no sucede en países pobres que están en vías de desarrollo como es Latinoamérica y parte de Asia y Africa. El problema no es solo de escasos recursos materiales y humanos

altamente calificados para el desarrollo de nuevos sistemas y la investigación, sino también la forma como está constituida la sociedad y la infraestructura urbana. Un niño mexicano que recién haya salido de un problema por ejemplo de poliomelitis no solo necesita tener el dinero suficiente para adquirir una silla motorizada, sino que la estructura social y urbana del lugar donde vive le permitan hacer uso de ella. Parte de la sociedad que habita por ejemplo en la sierra, que para llegar a su hogar deba caminar cuesta arriba por veredas trazadas en caminos sinuosos de terracería, no encontraría mucha utilidad en este tipo de silla. O bien sin ir tan lejos, en los alrededores de los grandes asentamientos urbanos, las conocidas "ciudades perdidas" lugares donde no hay pavimento, drenaje, luz, agua, etc. que además viven diez miembros de la familia en un cuarto de tres metros cuadrados se encontrarían más problemas que ventajas en adquirir una de estas sillas.

Sin embargo existen muchas personas que piensan positivamente, que creen que poco a poco se pueden ir implementando sistemas urbanos que permitan al niño lisiado ser parte integrante de la sociedad en que vive. Se han visitado diferentes centros para adquirir información para la realización de este trabajo, en todos ellos se encuentra disposición del personal para ser entrevistado, así como facilidades para adquirir información útil al respecto. Algunos de estos centros son:

- Hospital Shriners para niños lisiados.
- Biblioteca de Especialidades del Centro Médico.
- CEDAT (Centro de desarrollo tecnológico de SSA)
- APAC ( Asociación Pro Paralítico Cerebral )
- Universidad del Valle de México
- Biblioteca Biomédicas UNAM

En estos lugares se encuentran personas que diariamente trabajan a beneficio de estos niños ya sea directamente con ellos o en la investigación de sistemas que les hagan más sencilla la solución a sus problemas. Estas personas trabajan optimistamente movidos por argumentos positivos como los siguientes. A pesar de que el niño no pudiera tener una silla de ruedas propia o aún teniéndola no pudiera usarla en casa, es muy útil la experiencia de adaptarse a ella en la escuela, el hospital, el centro de terapia etc. Ya hay lugares que han sido construidos pensando en ellos y llegará un mañana en que puedan integrarse a la sociedad completamente.

Existe también en la sociedad la clase alta, donde se puede con facilidad tener una silla de ruedas motorizada, adaptar incluso la casa, el coche, la banqueta a los requerimientos de la silla. Esto permite ver como sí puede ser útil la existencia de éstos sistemas. Sin embargo, no es a esta clase social a la que se pretende beneficiar como objetivo concreto con el desarrollo de esta investigación, aclarando que no por ello se les excluye, sino que se piensa que de algún modo teniendo las

posibilidades económicas y el nivel cultural que les dá un criterio formado para hacerlo, se puede recurrir al extranjero tanto a médicos y terapeutas como a la adquisición de una moderna y útil silla de ruedas o incluso a operaciones y prótesis que les permitan caminar sin utilizar silla de ruedas.

## 1.2. ALGUNAS CAUSAS CONOCIDAS POR LAS QUE UN NIÑO REQUIERE UNA SILLA DE RUEDAS.

Se van a mencionar únicamente tres de las posibles causas por las que un niño requiere utilizar una silla de ruedas, a manera de ejemplo, ya que son prácticamente innumerables los motivos que pueden hacer a una persona dependiente del movimiento externo.

### 1.2.1. El niño espástico.

El niño con parálisis cerebral, muestra los complejos efectos de las lesiones o anomalías del desarrollo en el cerebro y requiere los cuidados de personas experimentadas en los diversos campos de medicina, psicología y pedagogía. A primera vista existen ciertos signos en particular que pueden apreciarse, como son: Asimetría, patrones posturales y motores anormales, persistencia de conducta refleja primitiva, baches en el desarrollo.

La espasticidad y rigidez podrán afectar en ciertas formas todo el cuerpo. Los movimientos del niño serán también según patrones anormales. Un patrón típico consta de extensión de las piernas y flexión de los brazos, con el tronco en extensión. El patrón de extensión de las piernas incluye la aducción y rotación interna de la cadera y la flexión plantar de los pies. El patrón

de flexión de brazos consiste en una retracción de la cintura escapular, rotación interna y aducción del hombro, pronación del antebrazo con desviación cubital a nivel de muñeca y aducción del pulgar. La mayoría de los pacientes muestran alguna modificación o variación de estos modelos y es raro encontrar dos personas con una distribución igual de la hipertonia o con modelos completamente iguales.

Existe siempre algún grado de evidente asimetría, particularmente en el tónico, que puede estar flexionado hacia cualquiera de los lados que muestre la máxima hipertonia.

La distribución del tono anormal en el cuerpo da lugar a tipos anómalos de movimiento y de postura. El niño solo puede moverse en estos patrones anormales en función de lo que le permita su espasticidad, lo que origina unos movimientos muy estereotipados. Y aunque su espasticidad sea lo bastante moderada para permitirle utilizar las diversas partes que participan en el movimiento de alcanzar y coger un objeto, lo alcanzará con inseguridad y lo cogerá torpe o ineficazmente.

Existe también el caso de encefalopatía menor, cuyos signos neurológicos son transitorios y desaparecerán a medida que el niño madure.

### **1.2.2. Lesión en la médula espinal.**

Cuando la médula espinal se sesiona por un traumatismo o enfermedad, los trastornos del movimiento que se producen dependen de la gravedad de la lesión, ya sea ésta parcial o completa y de su localización, sea cervical o dorsal. La médula espinal, es decir, las fibras y células que la componen, terminan

a nivel de vértebra L1 en el niño mayor y el adulto y en la LV en el niño al nacer. Por debajo se encuentran las vías periféricas sensitivas y motoras.

Una lesión completa que afecte un segmento de la médula producirá, por lo tanto, una interrupción del control descendente del cerebro a las células del asta anterior y también del circuito sensitivo ascendente desde la periferia hasta el cerebro. Los arcos reflejos monosinápticos pierden, por consiguiente, el control de los centros superiores y la extensión de la musculatura estriada puede dar lugar a reacciones incontroladas de las fibras extrafusales del grupo muscular. El músculo puede ser facilitado o inhibido solamente por las vías intramedulares.

Si se lesionan las células del asta anterior por una enfermedad, o si las vías periféricas entre las células del asta anterior y las fibras musculares se afectan, sea por una displasia o por una enfermedad, el tono pasa a ser flácido y no es posible el movimiento. El cerebro, con toda su complejidad, sólo puede ejercer su control a través de las vías finales comunes y este control sólo puede originar unos movimientos efectivos si recibe información correcta a través del sistema sensitivo.

### 1.2.3. Poliomeilitis.

Es una enfermedad infecciosa, con frecuencia epidémica, producida por un virus que se fija sobre los centros nerviosos, en particular sobre la médula espinal, donde causa degeneración de la sustancia gris y se manifiesta por atrofia muscular y

detención del desarrollo de los huesos, se presenta en todas las edades, pero con mayor frecuencia en la infancia.

El virus se transmite directamente de enfermo a sano o indirectamente a través de objetos infectados o de las moscas por ejemplo, ya que el virus es relativamente resistente a los agentes externos. La infección se efectúa por transmisión aérea, contacto bucal con vasos u otros objetos e ingestión de agua, leche o verduras y frutas contaminadas. Los niños afectados son contagiosos y deberían permanecer aislados.

Los síntomas pueden ser de tipo general, fiebre discreta, enrojecimiento de la garganta, dolor de cabeza, o de tipo digestivo, diarrea, estreñimiento, dolor abdominal, vómito; la fiebre sube y el niño se queja de dolor lancinante en una o varias extremidades. Cuando desaparece este dolor, deja paralizadas las extremidades en las que se produjo. La enfermedad puede quedar estacionada espontáneamente antes de presentarse la parálisis, pues en realidad la poliomeilitis es una infección que afecta a todo organismo, siendo la parálisis muscular una de las complicaciones a que puede dar lugar.

En otros casos la parálisis se establece sin fase dolorosa alguna e incluso sin ninguna sintomatología general, el niño despierta paralizado, sin poder mover la extremidad afectada. Finalmente, el daño ya está causado, puede ser que un niño con poliomeilitis pueda poco a poco ir recuperando el movimiento esto será mediante atención médica y terapéutica, pero también puede ser que nunca pueda volver a caminar libremente.

### **1.3. IMPORTANCIA DE LA SILLA EN LA SALUD FISICA Y MENTAL DEL NIÑO.**

#### **1.3.1 Cuando el niño va a caminar.**

En muchos de los casos el paciente solo utilizará la silla de ruedas durante un periodo de tiempo determinado. Los terapeutas, doctores y familiares saben que el niño podrá volver a caminar de nuevo. En este caso se utilizará la silla de ruedas como elemento terapéutico. Para el niño es muy importante fortalecer brazos y piernas ya que deberá en un futuro valerse por sí mismo.

El poder desplazarse solo de un lado a otro le irá formando conciencia de que es independiente y poco a poco deberá ir participando de las actividades de la vida cotidiana como una persona normal. Uno de los aspectos que hay que cuidar en la salud mental del niño es que se acepte a sí mismo como normal, como un niño que camina, corre y juega, ya que su seguridad se irá reflejando y será un factor de la aceptación de la sociedad hacia él.

#### **1.3.2. Cuando el niño ya no podrá caminar.**

En este caso la importancia de la silla de ruedas motorizada es mayor en la salud mental del niño que en la salud física, ya que será para él un apoyo incondicional toda su vida. El paciente debe continuar con sus ejercicios y terapia en forma constante, será muy útil fortalecer en especial extremidades superiores que pueden ayudar también al uso de silla standart o muletas.

## CONCEPTOS GENERALES PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA

### 2.1. PRESENTACION.

Antes de comenzar el diseño de un sistema y precisamente para poder trabajar en ello, es importante definir los requerimientos que interesa cumplir dicho sistema. Se tratará expresar en forma concreta, cuales son los resultados que se quieren obtener con la construcción de dicho sistema.

Esto es definir a priori, como se desea que trabaje la silla de ruedas que se va a diseñar, de modo tal que este planteamiento del problema, permita buscar soluciones y alcanzarlas mediante el uso de herramientas óptimas. En otras palabras, que se elijan los elementos adecuados que lleven a alcanzar aquel planteamiento inicial.

Una vez que se ha justificado el campo en el que se va a trabajar, se hace un primer diseño que muestre a grandes rasgos el funcionamiento de dicha silla. Para ello es muy útil ayudarse de un diagrama de bloques inicial que permita entender como se van procesando las entradas para llegar a las salidas deseadas.

Más tarde, ya que se haya entendido como funciona el sistema, es conveniente hacer una descripción, en forma concreta, de los elementos que se decidieron utilizar .

## 2.2. DEFINICION DE REQUERIMIENTOS.

El objetivo que se ha planteado de este trabajo de tesis, ha sido diseñar el prototipo del control de dirección de una silla de ruedas para niños lisiados. Entonces lo que se tiene como base o antecedente es una silla de ruedas, por lo que se está sobrentendiendo que se va a trabajar en un sistema en movimiento. Esta es una palabra sumamente importante que da la pauta para entender que las salidas son motores que hacen girar un par de ruedas.

Una silla de ruedas tradicional consta de dos ruedas grandes, una a cada lado, que son el control de la trayectoria a seguir. Y dos ruedas chicas, definidas como ruedas locas, también una a cada lado, pero en la parte delantera de la silla. Se mantienen las cuatro ruedas exactamente en las mismas posiciones. Sólo que el proyecto consiste precisamente en el control de la trayectoria a recorrer y dicho control será en forma electrónica.

Y dentro del constantemente innovador y sumamente amplio mundo de la electrónica, la primera especificación dada para este proyecto será trabajar con electrónica digital, de tal modo que se utilicen por ejemplo compuertas y otros circuitos lógicos, en los que se resuman varias funciones de la electrónica analógica como el uso de la resistencia y el transistor.

Entonces, debido a que el diseño que se presenta en esta tesis, constará aproximadamente en un 90% de componentes

electrónicos digitales, será de gran utilidad dar una breve presentación de esta rama de la electrónica.

En la década de 1960 la introducción de los circuitos integrados revolucionó la industria electrónica. Estos dispositivos, que realizan funciones electrónicas extremadamente complejas, están formados íntegramente en el interior de una pastilla muy pequeña.

La importancia de los circuitos integrados no es solamente su pequeño tamaño. En muchas aplicaciones el tamaño es un estorbo dentro de límites muy amplios; por ejemplo, en un receptor de televisión las dimensiones vienen fijadas por el tubo de rayos catódicos y no por el resto de sus componentes, por lo tanto se puede decir que las ventajas reales de los circuitos integrados son la complejidad de las funciones que realizan, su rendimiento y confiabilidad, además del reducido costo.

Hoy día los circuitos integrados se aplican en objetos tales como automóviles, relojes, máquinas de lavar, calculadoras, computadoras, etc. y dan soluciones que antes estaban fuera del alcance económico de muchas personas.

Dentro de los circuitos integrados, existen diferentes tipos de lógicas, como es la llamada lógica transistor transistor.

Indiscutiblemente, la mayor ventaja que tienen los circuitos integrados TTL en comparación con las demás familias de circuitos lógicos y la razón principal por la que fue escogida para este diseño es su bajo costo y la gran cantidad de circuitos integrados TTL disponibles en el mercado nacional.

Otra gran ventaja de los circuitos integrados TTL es que

todos los miembros de esta familia lógica son compatibles entre sí.

Por otro lado, entre sus características principales cuentan:

- Voltaje de alimentación                    5 Volts
- Salida de voltaje para 0 lógico    0.2 V
- Salida de voltaje para 1 lógico    3.0 V
- Inmunidad al ruido 1 Volt.

La capacidad de un circuito integrado TTL para excitar a otros "fan out" es de 10, es decir que con una sola salida podemos excitar 10 entradas, cantidad más que suficiente para los requerimientos del diseño en cuestión.

Siendo el ruido uno de los principales problemas que afectan a los circuitos integrados, es conveniente hacer referencia del mismo y ver que margen de seguridad tienen los circuitos TTL contra el mismo. Las salidas de los bloques TTL, son probadas por el fabricante bajo las peores condiciones de temperatura y voltaje de alimentación y garantizan que no excede un valor de 0.4 Volts para el 0 lógico, o que no caigan abajo de 2.4 Volts para el 1 lógico. Por otro lado, las condiciones de entrada son de 0.8 volts para el 0 lógico y 2.0 volts para el 1 lógico, dando esto un margen de ruido de 400 milivolts.

Haciendo un resumen de las características por las cuales se trabajará con la familia de circuitos integrados TTL para realizar el proyecto de la silla de ruedas con dirección controlada se tienen: bajo costo de los componentes, gran variedad de componentes en el mercado, compatibilidad entre todos los componentes de la familia TTL, facilidad de manejo y margen

de ruido aceptable, entre otras.

Hasta aquí se ha establecido que el área de trabajo será dentro de la electrónica digital. Se pasa ahora a hablar del control de trayectoria como tal.

La silla de ruedas debe poder caminar en forma recta, tanto hacia adelante, como hacia atrás. Las conversiones se deben dar en forma de ángulos rectos y estos giros deben ser sobre el propio eje de la conversión.

La forma de recibir las ordenes de dirección debe ser mediante cuatro botones instantáneos que son: adelante, atrás, derecha, izquierda. Y para evitar cambios bruscos o movimientos rudos como consecuencia de un cambio, considerando que el usuario es un niño, es indispensable pasar por un alto total antes de cambiar de dirección. De tal modo que si por cualquier motivo se oprime uno de los botones mientras se tiene la indicación de otro anterior, no se efectúa ningún cambio de dirección. Sino que solamente cuando se dá un alto total y enseguida una nueva indicación, entonces si es aceptada esta segunda instrucción.

La lógica del circuito tampoco debe accesar dos señales simultáneas de entrada.

Estos son los requerimientos específicos para la forma de solicitar un movimiento, así como del modo en que se obtiene dicho movimiento.

### 2.3. DISEÑO PRELIMINAR.

Se entiende por diseño preliminar , al planteamiento inicial que se hace para dar solución práctica al problema que se ha descrito en los requerimientos del sistema.

Para explicar este primer diseño se utiliza un diagrama de bloques, en la figura 2.3.A. lo que permite dar seguimiento desde las instrucciones de entrada a cada uno de los procesos que se efectúan hasta las señales de salida, así como su conversión mediante una interfaz a señal de potencia y posteriormente el movimiento de las ruedas.

El diagrama de bloques correspondiente se presenta en la figura 2.3.A.

Como se especificó en los requerimientos, las instrucciones de movimiento se reciben a través de cinco botones momentáneos, lo que constituye el primer bloque de este diagrama.

Dicho circuito de entrada se encarga de recibir las órdenes de movimiento de los botones instantáneos y pasarlas para ser almacenadas en el circuito lógico de memoria. Este circuito de memoria, está formado por circuitos "Latch D".

El reloj tiene por objeto habilitar la memoria para dejar salir la información almacenada. Una indicación de alto total, sirve para borrar de la memoria cualquier instrucción anterior .

La información que entrega la memoria llega a un circuito lógico de codificación que se encarga de dar la polaridad indicada a cada motor para obtener el movimiento deseado. Es decir, verifica constantemente cuál es la última señal de entrada

que se ha dado antes de un alto total, ya que de ello depende también la salida de este circuito

Es importante recordar en este momento cómo va a lograrse el movimiento. Se cuenta con dos ruedas, que deberán ser movidas por dos motores. Esto implica que para tener un movimiento hacia adelante, las dos ruedas deben girar en el mismo sentido. Para un movimiento hacia atrás, deben girar también en el mismo sentido, sólo que éste será opuesto al de adelante. Para girar hacia la derecha, una rueda deberá girar en un sentido y la otra en sentido opuesto, con lo que se obtiene la conversión. Y para girar hacia la izquierda, el proceso es el mismo pero en sentido contrario respectivamente.

Entonces, la salida del circuito de codificación es como ya se dijo la que da polaridad a los motores que ordenan el movimiento a las ruedas. Pero los motores deberán trabajar con una alimentación independiente a la que tienen los circuitos lógicos por lo que es importante incluir un bloque de interfaz entre la etapa lógica y la etapa de potencia del circuito. Debido a que el voltaje a la salida del circuito lógico no es suficiente para mover los motores. Esta interfaz se explicará en forma detallada más adelante.

Hasta aquí, se ha dado una explicación introductoria del diseño preliminar partiendo de un diagrama de bloques.

## **2.4. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS A UTILIZAR.**

### **2.4.1. Compuertas lógicas.**

#### **2.4.1.1. Definición.**

Se define compuerta lógica; aquel circuito que proporciona una señal de salida para una combinación lógica deseada de las señales de entrada.

Al referirnos a compuertas lógicas, estamos hablando de circuitos digitales, estos se construyen utilizando transistores bipolares o mosfet, para los circuitos integrados. Básicamente son circuitos simples puesto que ellos tienen que ser operados completamente en saturación ( estado "on" ) o en corte ( estado "off"), usualmente representados por dos niveles de voltaje diferente: + 5V y 0 V para un estado alto o bajo respectivamente. Estos niveles son relacionados con las condiciones binarias de 1 y 0 lógicos. Los circuitos digitales proporcionan manipulación de condiciones lógicas que representan los dos niveles de voltaje diferentes del circuito.

#### **2.4.1.2. Compuerta AND.**

Una compuerta AND es aquella que proporciona una salida de 1 lógico si y solamente si, todas las entradas están presentes es decir, si cada una de ellas es 1 lógico.

El símbolo de la compuerta y su tabla de verdad se muestran en la figura 2.4.1.2.A.

**Tabla de verdad para la compuerta AND.**

A	B	A . B
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Su expresión matemática es:  $A \cdot B = \text{salida}$  y se lee como "A y B".

Puede compararse el modo de respuesta de una compuerta AND con un circuito que utiliza interruptores conectados en serie. Solamente si todos los interruptores están cerrados aparece voltaje en la salida y enciende la luz indicadora. Fig. 2.4.1.2.B.

**2.4.1.3. Compuerta OR.**

El circuito de la figura muestra una compuerta OR formada comparativamente con interruptores conectados en paralelo. Se encenderá la luz cuando alguno de ellos esté cerrado. Puede observarse en la figura 2.4.1.3.A.

A la salida de la compuerta OR se tendrá un 1 lógico siempre que se tenga un 1 lógico en cualquiera de sus entradas. El símbolo de la compuerta OR se muestra en la siguiente figura, así como la tabla de verdad que indica su comportamiento:

**Tabla de verdad para la compuerta OR:**

A	B	A + B
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

La expresión matemática de ésta compuerta es  $A + B = \text{salida}$  y se lee "A ó B". En la figura 2.4.1.B. se encuentra el símbolo de la compuerta NOR.

**2.4.1.4. Circuito Inversor.**

Este es un circuito digital sencillo pero muy importante. Tiene sólo una terminal de entrada y una de salida. Por definición el circuito inversor proporcionará una salida 1 lógico para una entrada en 0 lógico y viceversa, lo que significa haber invertido la entrada recibida.

El circuito inversor construido a partir de un transistor es como se muestra en la figura 2.4.1.4.A.

Utilizando niveles de voltaje de 0 y 5 V; se obtiene una salida de +5V para una entrada de 0V, y una salida de 0V para una entrada en +5V.

El símbolo lógico del circuito inversor está en la fig.2.4.1.4.B. y su tabla de verdad es:

A	$\bar{A}$
0	1
1	0

#### 2.4.1.5. Compuerta NAND.

Si se colocan en serie una compuerta AND y un circuito inversor, se forma una compuerta NAND. De esta combinación se obtiene la salida de una compuerta AND negada. Esto se ilustra a continuación en la figura 2.4.1.5.A.

El estudio del comportamiento de esta compuerta se puede seguir mediante la tabla de verdad que se presenta en seguida:

A	B	$\overline{A.B}$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Para lograr dicho efecto, en comparación con un circuito eléctrico se tiene el diagrama ilustrado en la fig 2.4.1.5.B.

#### 2.4.1.6. Compuerta NOR.

En forma similar al caso anterior la compuerta NOR se obtiene de la combinación de una compuerta OR y un inversor como se presenta en la figura 2.4.1.6.A.

La tabla de verdad correspondiente se muestra en seguida:

A	B	$\overline{A+B}$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Como en los casos anteriores por analogía con un circuito eléctrico se tiene, dicha analogía así como el símbolo de la compuerta NOR se muestran en la figura 2.4.1.6.B.

#### 2.4.1.7. Compuerta XOR.

Esta es una compuerta que admite solamente dos entradas. La salida de la compuerta se obtiene de pasar por una compuerta OR, el resultado de dos compuertas AND con entradas invertidas esto es lo que se observa en la figura 2.4.1.7.A.

La expresión matemática para una compuerta XOR es:

$$XOR = A.\bar{B} + \bar{A}.B = A \oplus B$$

Donde la tabla de verdad final de este circuito es:

A	B	XOR
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Solamente se tiene una salida en alto cuando una de las dos señales de entrada es 1 lógico, es decir cuando las entradas son diferentes, la salida es 1 lógico; cuando las entradas son iguales, la salida es 0 lógico.

## 2.4.2.1. Definición.

Un circuito de memoria , es aquel capaz de guardar información y entregarla fielmente cuando le es solicitada.

## 2.4.2.2. Circuito SR.

Este primer circuito es una combinación " set - reset" y se puede lograr de dos maneras con compuertas NAND o bien con compuertas NOR. El circuito se presenta en la figura 2.4.2.2.A.

La señal en SET , hace trabajar a Q. Por lo que  $S = Q$ . Y RESET, hace trabajar a  $\bar{Q}$ , entonces  $R = \bar{Q}$  . Si  $S = 1$ ,  $R = 0$ .

A continuación se presenta la tabla de verdad para este circuito.

S	R	Q	$\bar{Q}$
1	0	1	0
0	1	0	1
1	1	0	1
1	0	1	0
1	1	1	0
0	0	1	1

En esta tabla de verdad , se observa que la secuencia es importante ya que cuando se tienen valores en 1 lógico para S y R se retiene la salida anterior. Esto se observa en el segundo y cuarto renglón . Sin embargo para el caso en que S y R sean 0 lógico se presenta un estado indeterminado, como aparece en el sexto renglón de la tabla. No es posible que  $Q = \bar{Q}$ .

Lo mismo sucedería en el caso de hacer el circuito SR con compuertas NOR.

### 2.4.2.3. Circuito D.

27

Esta configuración se logra mediante compuertas NAND o NOR y un circuito inversor, como puede observarse en la figura 2.4.2.3.A.

En este caso, el problema es que no se logra mantener ningún estado anterior. Sin embargo se observa que se elimina la posibilidad de tener un estado indeterminado.

### 2.4.2.4. Circuito Latch SR.

Ahora se introduce el uso de un habilitador. Cuando el habilitador es 0 lógico no hay modificaciones en la salida. Solamente se permiten cambios en la salida cuando el habilitador está encendido en 1 lógico. Entonces el valor de S pasa a Q y el de R pasa a  $\bar{Q}$ . Ver figura 2.4.2.4.A.

El problema que vuelve a presentarse es la aparición de un estado indeterminado cuando los valores para S y R son 1 lógico y el habilitador se encuentra en estado alto.

H	S	R	Q	$\bar{Q}$
1	1	0	1	0
0	1	0	1	0
0	0	1	1	0
1	0	1	0	1
0	0	1	0	1
0	0	0	0	1
1	1	1	1	1

TABLA 2.4.2.4.B.

A semejanza del circuito anterior, el circuito latch D maneja un habilitador. Además este circuito cuenta con un inversor en la entrada que viene siendo quien evita que se pueda presentar un estado indeterminado por tener iguales valores para Set y Reset. Sino que se considera una sola entrada D.

De este modo cuando el habilitador tiene valor de 0 lógico, se mantiene el estado anterior en las salidas del circuito y cuando se encuentra dicho habilitador en estado alto, se permiten cambios en las salidas, en base a la señal recibida de entrada.

El circuito Latch D se presenta en la figura 2.4.2.5.A. y su comportamiento se explica con la Tabla 2.4.2.5.C. a continuación.

D	H	Q	$\bar{Q}$
1	1	1	0
1	0	1	0
0	0	1	0
0	1	0	1

Viendo el segundo renglón podemos observar que cuando D es 1 y H es 0 se mantiene el estado anterior, también cuando D es 0 (tercer renglón) y H sigue siendo 0, se mantiene el estado anterior, no se permiten cambios. Sin embargo cuando H vuelve a cambiar a 1, se permiten cambios en la salida aunque D sea 0.

### 2.4.3. Reloj a partir de un oscilador 555.

Existe un grupo de unidades CI, que contiene tanto circuitos digitales, como circuitos lineales. Estos comprenden circuitos de tiempo, comparadores, circuitos conversores digitales-analógicos, circuitos de interfase, entre las unidades más populares.

Un circuito temporizador también contiene partes lineales y digitales. Un arreglo flexible tanto de circuitos comparadores lineales, como de circuitos digitales, permite utilizar el temporizador en una gran variedad de aplicaciones, incluyendo generación de señales pulsos que son disparadas por una señal de entrada, y la generación de una señal de reloj que opera a una frecuencia impuesta por una resistencia y un condensador externos. Siendo esta última aplicación la que es de interés en el presente desarrollo. La unidad de tiempo CI 555, es una de las más populares y como ya se ha dicho, es la que se utiliza para la configuración del circuito de reloj. Se entiende por circuito de reloj, aquel que a partir de un oscilador, permite manejar una base constante de tiempo.

En este proyecto, la necesidad de utilizar un circuito de reloj, viene a partir del modo de trabajo de la memoria. Ya que, dicho circuito para poder trabajar, - como se verá más ampliamente en el siguiente punto - necesita tener sincronía. Es decir el pulso de reloj, sirve para sincronizar la entrada de señal a la memoria.

En el presente inciso, se aborda la teoría del circuito reloj a partir de un 555.

El circuito integrado, es hecho de una combinación de comparadores lineales y de flip-flop. El circuito completo está colocado en un paquete DIP de ocho patas con los números de patas como se especifica en la figura 2.4.3.A. Una conexión serie de tres resistencias fija el nivel de referencia de las entradas para los dos comparadores en  $2/3 V_{cc}$  y  $1/3V_{cc}$ , la salida de estos comparadores hace el set o reset de la unidad de flip-flop. La salida del circuito flip-flop se saca a través de la etapa amplificadora de salida. El circuito flip-flop también opera un transistor dentro del CI, el colector del transistor normalmente está en su estado bajo para descargar un condensador de tiempo. En la figura 2.4.3.a se observan dos cajas negras que son el flip-flop o circuito oscilador y la etapa de salida que no se analizan debido a que no son objeto de estudio de esta investigación.

El análisis siguiente de la operación del 555 como un circuito astable comprende los detalles de las diferentes partes de la unidad y cómo se utilizan las diversas entradas y salidas. La figura 2.4.3.B muestra un circuito astable con una resistencia externa y un condensador para colocar el intervalo de tiempo de la señal de salida.

El circuito de la figura 2.4.3.B. es el oscilador astable que se utiliza para generar una señal de reloj, su funcionamiento se describe a continuación.

En este modo de operación, el capacitor C está descargado. En seguida el voltaje en el capacitor aumenta exponencialmente con la constante de tiempo  $T=RC$ , el condensador C se carga hacia  $V_{cc}$  por medio de la resistencia externa  $R_a$ . Refiriéndonos a la figura 2.4.3.B. La resistencia  $R_b$  no participa en la carga del capacitor C debido a que se encuentra cortocircuitada por el diodo D. El propósito de colocar aquí este diodo es hacer que los tiempos de carga y descarga sean iguales con ello obtenemos una señal de reloj cuadrada.

Cuando el voltaje del capacitor  $V_{cap}$  es menor a  $1/3 V_{cc}$  dicho valor aparece en la terminal positiva (+) del comparador 1 y en la negativa (-) del comparador 2. Como ya se dijo en la terminal (-) del comparador 1 se tiene un valor de  $2/3 V_{cc}$ . Por lo que a la salida de dicho comparador se tiene un 0 lógico. Así mismo en la terminal positiva del comparador 2 se tiene  $1/3 V_{cc}$  lo que da como resultado un 1 lógico en su salida.

Por el comportamiento del flip - flop tomando el cero de la entrada en J tenemos un 0 en Q y por lo tanto en la salida. Dichos valores se muestran en primer renglón de la tabla 2.4.3.A.

Con un 0 lógico en la salida Q' del flip - flop el transistor  $Q_1$  está en corte por lo que no permite que se descargue el capacitor C.

Cuando el  $V$  del capacitor tiene un valor entre  $1/3 V_{cc}$  y  $2/3 V_{cc}$ , la salida del comparador 1 sigue siendo 0 lógico y la del comparador 2, cambia a 0 lógico. Esta condición hace que se conserve el mismo valor anterior en la salida  $Q$  del flip - flop que es de 0 lógico. En cuanto el valor del capacitor es ligeramente mayor a  $2/3 V_{cc}$  la salida del comparador 1 toma un valor de 1 lógico que pasa a la salida  $Q$ . Con éste 1 lógico a la salida el transistor  $Q1$  se satura, conectando la terminal 7 del 555 a tierra. Con lo que inicia la descarga del capacitor  $C$  a través de la resistencia  $R_b$ .

Durante la descarga cuando el voltaje del capacitor está entre  $2/3 V_{cc}$  y  $1/3 V_{cc}$  las salidas de ambos comparadores se encuentran en 0 lógico por lo que la salida se mantiene en estado alto. Cuando el voltaje del capacitor  $C$  es menor a  $1/3 V_{cc}$  la salida del comparador 2 cambia a 1 lógico permite el paso del valor de entrada  $J$  a la salida  $Q$  que es 0 lógico. Este valor pone nuevamente en corte al transistor  $Q1$  permitiendo que se repita el ciclo de carga.

Este mismo proceso seguirá repitiéndose generando un tren de pulsos.

La figura 2.4.3.C. muestra gráficamente el voltaje del capacitor  $C$  y el voltaje de salida que es la señal de reloj.

Para calcular la frecuencia ( $f$ ) de dicha señal de reloj, se puede obtener el valor del periodo ( $T$ ) sumando los tiempos de estado alto y bajo de la señal, que corresponden a la descarga ( $t_2 - t_1$ ) y carga ( $t_3 - t_2$ ) del capacitor  $C$  respectivamente.

Dichos calculos se muestran a continuación:

## D E S C A R G A :

$$(V_{cap} / V_{cc}) = e^{- (1/RC)t}$$

$$\ln ( V_{cap} / V_{cc} ) = - (1/RC)t$$

$$- RC \ln(V_{cap}/V_{cc}) = t$$

$$\text{Cuando } t = t_1 \quad V_{cap} = 2/3 V_{cc}$$

$$t_1 = - RC \ln ((2/3V_{cc})/V_{cc}) = - RC \ln 2/3$$

$$\text{Cuando } t = t_2 \quad V_{cap} = 1/3 V_{cc}$$

$$t_2 = - RC \ln ((1/3V_{cc})/V_{cc}) = - RC \ln 1/3$$

Entonces,

$$t_2 - t_1 = - RC ( \ln 1/3 - \ln 2/3 )$$

$$t_2 - t_1 = - RC ( \ln (1/3) / (2/3) )$$

$$t_2 - t_1 = - RC \ln 1/2$$

## C A R G A :

$$V_{cap} = V_{cc} ( 1 - e^{- t/RC} )$$

$$V_{cap} / V_{cc} = 1 - e^{- t/RC}$$

$$1 - V_{cap}/V_{cc} = e^{- t/RC}$$

$$-RC \ln ( 1 - V_{cap}/V_{cc} ) = t$$

$$\text{Cuando } t = t_2 \quad V_{cap} = 1/3 V_{cc}$$

$$t_2 = -RC \ln ( 1 - 1/3V_{cc} /V_{cc} ) = -RC \ln 2/3$$

$$\text{Cuando } t = t_3 \quad V_{\text{cap}} = 2/3 V_{\text{cc}}$$

$$t_3 = -RC \ln (1 - 2/3 V_{\text{cc}} / V_{\text{cc}}) = -RC \ln 1/3$$

Entonces,

$$t_3 - t_2 = -RC (\ln 1/3 - \ln 2/3)$$

$$t_3 - t_2 = -RC \ln 1/2$$

Se observa que los tiempos de carga y descarga son iguales, por lo que el período T se obtiene de sumar los dos tiempos anteriores.

$$T = t_{\text{carga}} + t_{\text{descarga}}$$

$$T = -2 RC \ln 1/2 = -2 RC (-0.7) = 2 RC (0.7)$$

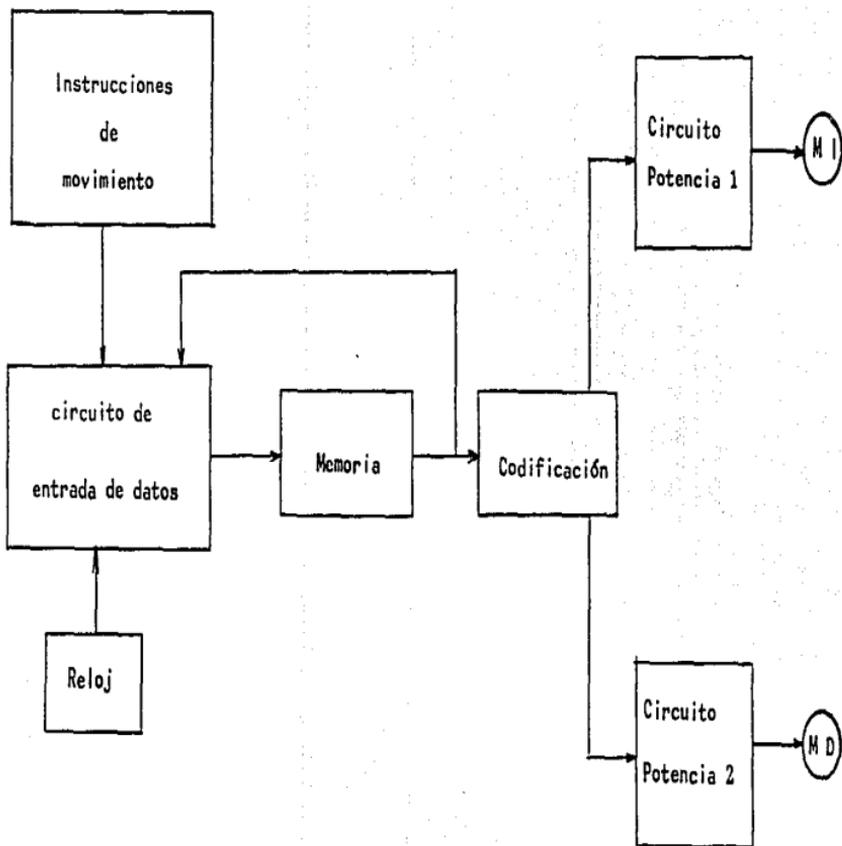
$$f = 1/T$$

$$f = 1 / 2RC(0.7) = 1.44 / 2RC = 1.44 / 2(56K)(0.0001m)$$

$$f = 128.57 \text{ Hz}$$

DIAGRAMA DE BLOQUES

Figura 2.3.A.



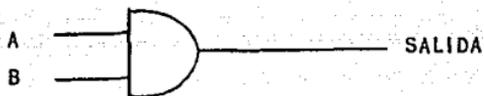


Figura 2.4.1.2.A.

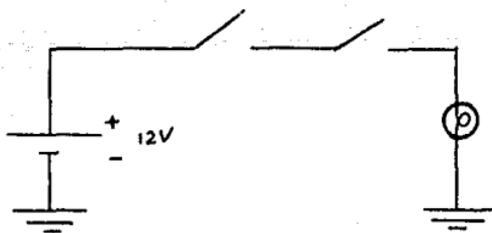


Figura 2.4.1.2.B.

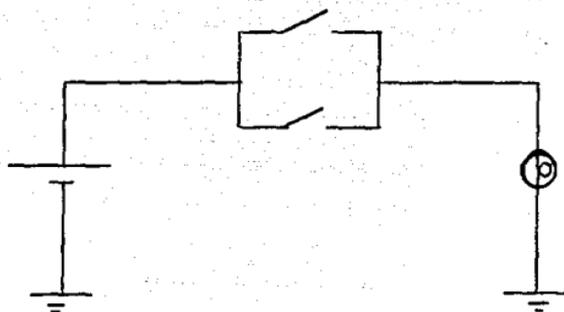


Figura 2.4.1.3.A.

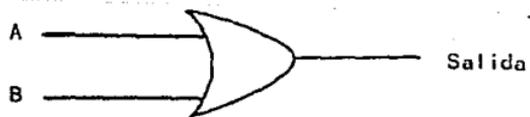


Figura 2.4.1.3.B.

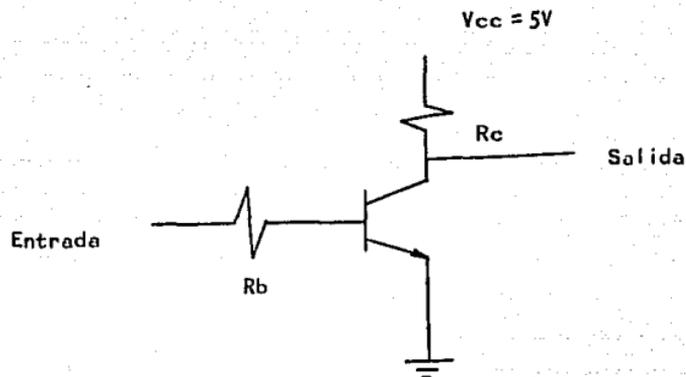
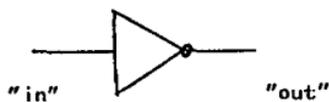


Figura 2.4.1.4.A.



Símbolo



Figura 2.4.1.4.B.

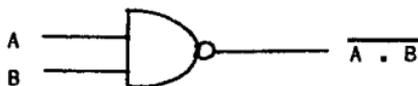
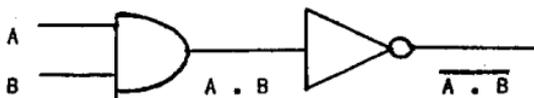


Figura 2.4.1.5.A.

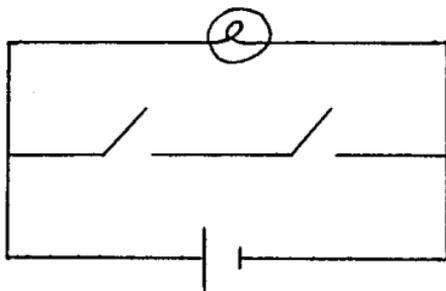


Figura 2.4.1.5.B.

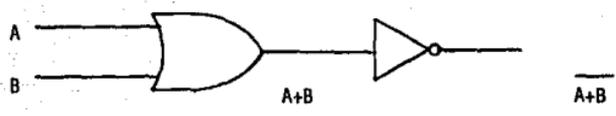


Figura 2.4.1.6.A.

Compuerta NOR.

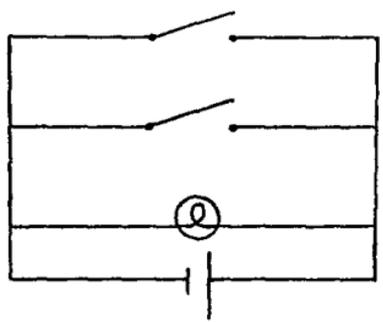
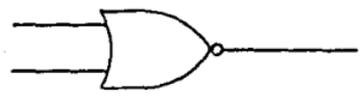


Figura 2.4.1.6.B.

Circuito NOR por analogía

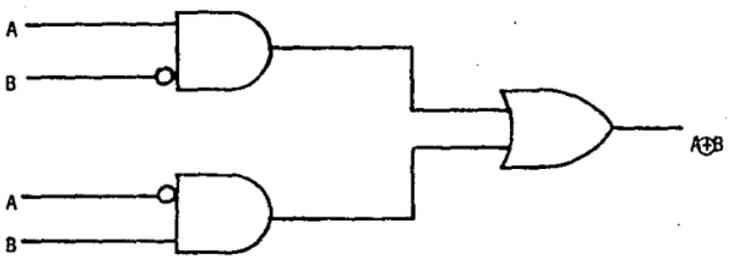
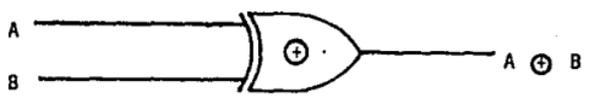


Figura 2.4.1.7.A.

Compuerta XOR



Símbolo

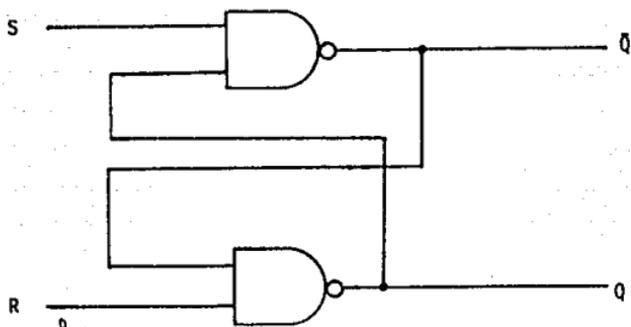
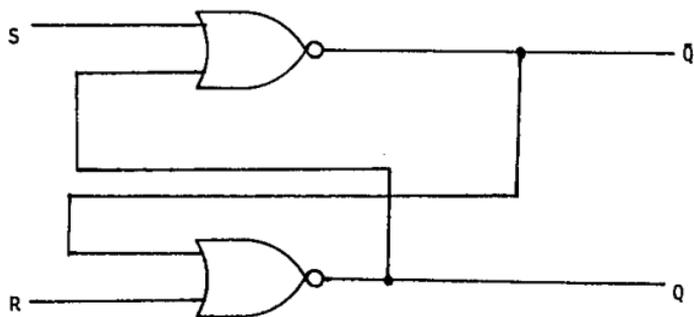
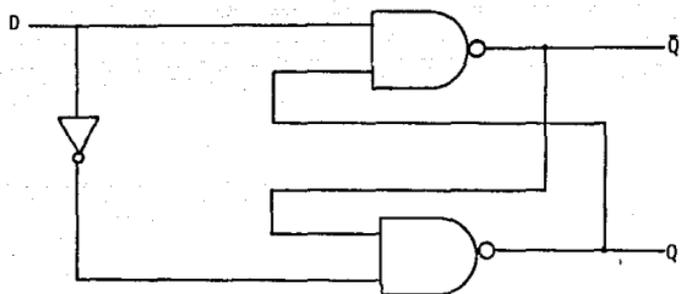


Figura 2.4.2.2.A. Circuito SR

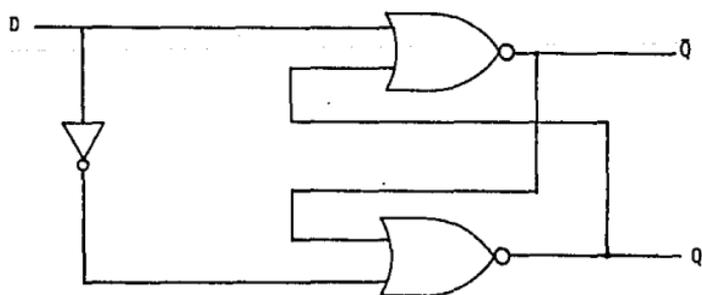


Circuito SR(NOR)



Circuito D

Figura 2.4.2.3.A.



Circuito D (NOR)

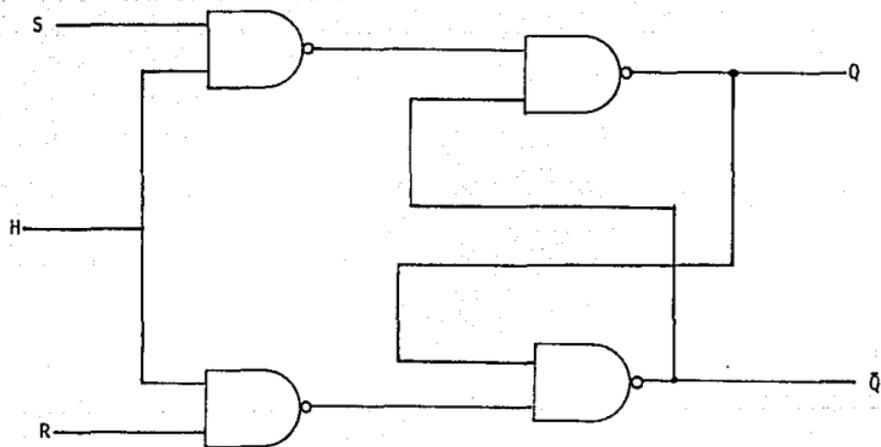


Figura 2.4.2.4.A

Circuito Latch SR

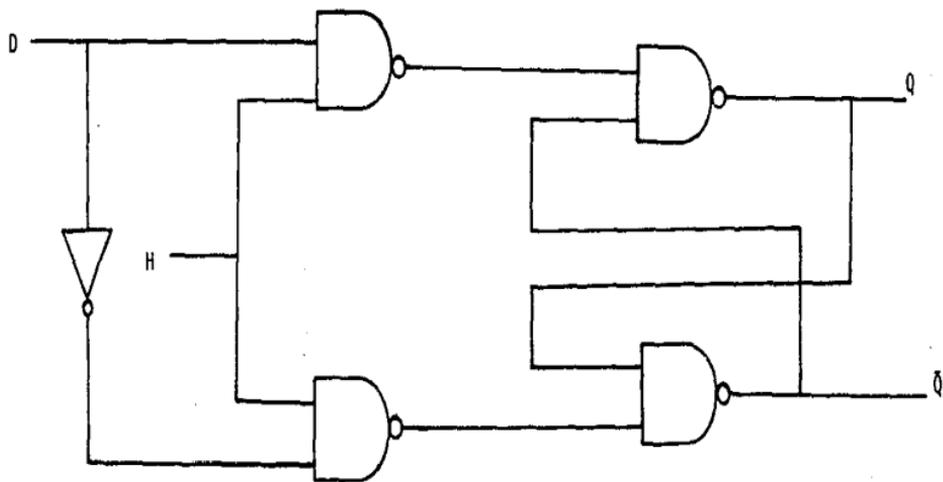


Figura 2.4.2.5.A.

Circuito Latch D.

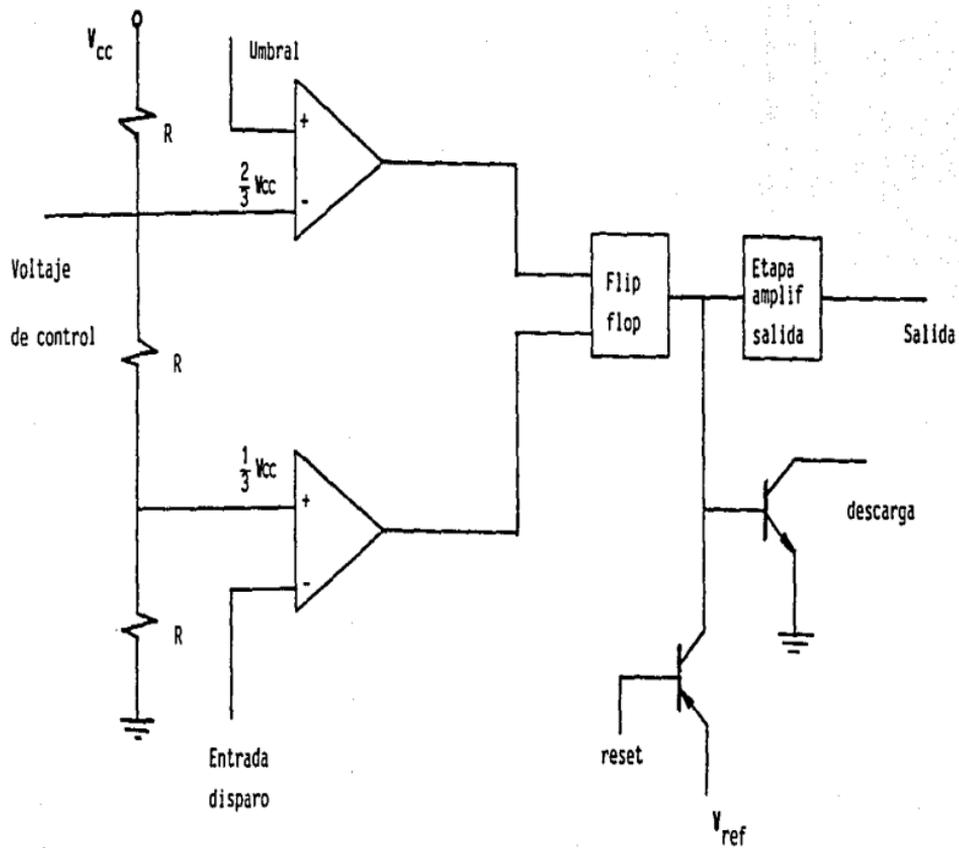


Figura 2.4.3.A.  
 Circuito Astable

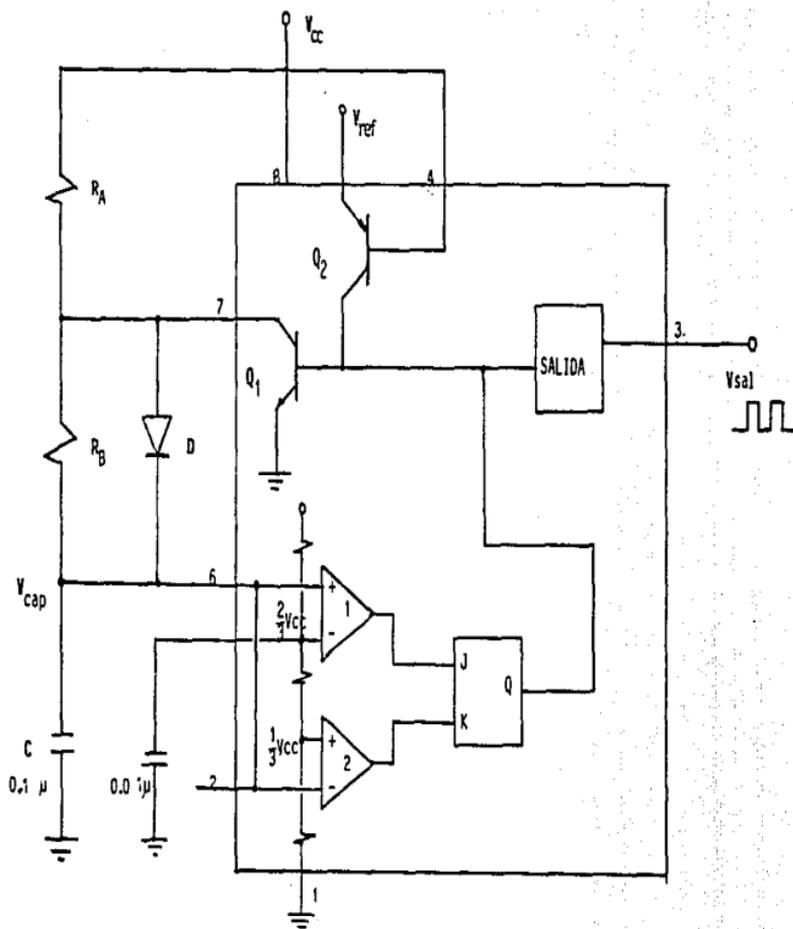


Figura 2.4.3.B.

Descarga: 48

$$V_{cap} = V_{cc} ( e^{-t / RC} )$$

Carga:

$$V_{cap} = V_{cc} ( 1 - e^{-t/RC} )$$

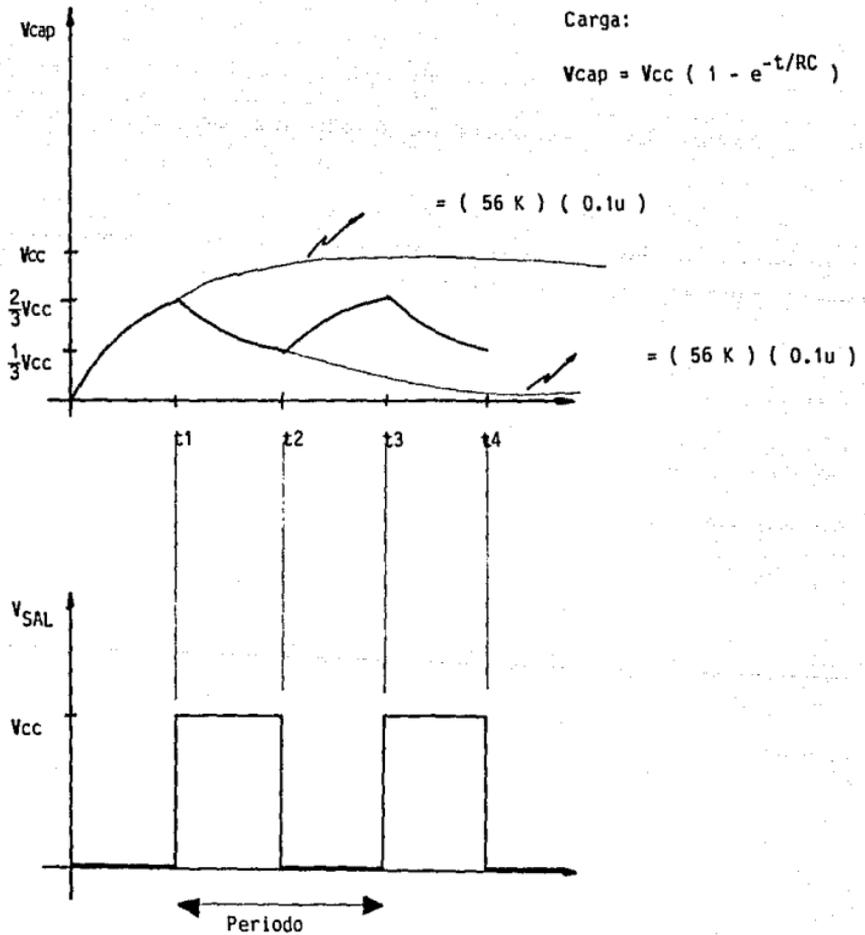


Figura 2.4.3.C,

Voltaje en el capacitor y Señal de Salida de Reloj

## FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA.

### 3.1. CIRCUITO DE SEÑALES DE ENTRADA.

Este circuito maneja tres tipos de entradas diferentes que son:

- A. Señal de reloj

- B. Instrucciones de movimiento

- C. Señales de retroalimentación del circuito de memoria

A. La entrada de las señales de reloj al sistema se muestra en el diagrama de bloques de la figura 2.3.A. del capítulo anterior.

Cuando la señal de reloj entra al circuito de memoria, permite cambio en las salidas Q1, Q2, Q3, y Q4. La entrada de esta señal de reloj depende directamente de las compuertas AND 1 y AND 2. que pueden apreciarse en la figura 3.1.A.

B. El diagrama eléctrico del circuito de entrada aparece en la figura 3.1.A.

En dicha figura 3.1.A se observa que las instrucciones de movimiento se reciben por medio de cinco botones momentáneos. Estos botones los manipula el usuario en función de la trayectoria que desee seguir. Los movimientos que realiza la silla al oprimir cada uno de los botones son los siguientes:

1. Marcha hacia adelante
2. Marcha hacia atrás
3. Giro a la derecha sobre su eje
4. Giro a la izquierda sobre su eje
5. Alto total

Al oprimir cada uno de los botones momentáneos excepto el alto total, se conecta la entrada correspondiente de la compuerta a 5 volts proporcionando un 1 lógico. Cuando se suelta el botón se desconecta de 5 volts y se conecta a tierra mediante una resistencia de 1 KE generando un 0 lógico a la entrada de la compuerta. A este efecto se le llama " pull down "

En el caso del botón de alto total, el funcionamiento es inverso. Al cerrar el botón se conecta el circuito a tierra, mientras que al soltarlo la resistencia de 1K proporciona un potencial de 5V . A este circuito se le llama "pull up".

En un estado inicial del circuito, es decir inmediatamente después de haber sido encendido, las cuatro entradas de movimiento están en 0 lógico lo cual impide mediante las compuertas AND 1 y AND 2 que la señal de reloj entre al circuito de memoria, lo que evita que exista un movimiento inicial causado por basura en los circuitos lógicos.

Al tener un 1 lógico en alguna de las entradas S1, S2, S3, o S4 se presenta la correspondiente salida Q1, Q2, Q3 o Q4 del circuito de memoria. Ya que las instrucciones de movimiento están al circuito de memoria.

#### C. Circuito de retroalimentación.

Estas señales de salida de la memoria se retroalimentan al circuito de entrada mediante la compuerta NOR 1.

Cuando cualquiera de las señales Q1, Q2, Q3 o Q4 está en estado alto o 1 lógico, el 0 lógico resultante a la salida de la

compuerta impide, a través de las compuertas AND1 y AND2 el paso de la señal de reloj al circuito de memoria. Esto sucede para cumplir dos objetivos; que al oprimir uno de los botones momentáneos el 1 lógico generado se almacene en el circuito de memoria, antes de soltar dicho botón y que una vez dada alguna instrucción de movimiento no pueda ser aceptada ninguna otra, aún cuando se oprima cualquier otro botón hasta que se de una orden de alto total.

### 3.2. CIRCUITO DE MEMORIA.

En la figura 3.2.A. se muestra el diagrama eléctrico del circuito de memoria.

Las entradas son S1, S2, S3, y S4 que vienen de los botones instantáneos y las señales de alto total y reloj.

Cuando se tiene un 1 lógico en alguna de las entradas S1 a S4 y se tiene además señal de reloj el circuito latch D correspondiente que ha recibido una entrada de estado alto pasa dicha información a su salida Q.

Si no hay señal de reloj no se producen cambios en las salidas sino que debido al comportamiento característico de un circuito "latch D", cuando H se mantiene en estado bajo o 0 lógico no se permiten cambios en la salida de la memoria, ( ver punto 2.4.2.), es decir, se mantiene la salida del último estado anterior.

La señal de alto total se conecta a la terminal de borrado (CLR) de los cuatro circuitos "Latch". Cuando esta señal es 0 lógico se borran todos los datos existentes de las salidas Q manteniéndolos en estado bajo.

Las salidas de éste circuito de memoria, cumplen dos objetivos; uno es la retroalimentación al circuito de entrada; para evitar que se acepten dos instrucciones de movimiento simultáneamente ( ver punto 3.1.) y otro es enviarse a la etapa de codificación donde se procesa dicha información para determinar el movimiento de los motores.

## 3.3. CIRCUITO CODIFICADOR.

T A B L A D E V E R D A D 3.3.A.

	Q1	Q2	Q3	Q4	MI+	MI-	MD+	MD-
ALTO	0	0	0	0	0	0	0	0
ADELANTE	1	0	0	0	1	0	1	0
ATRAS	0	1	0	0	0	1	0	1
DERECHA	0	0	1	0	1	0	0	1
IZQUIERDA	0	0	0	1	0	1	1	0

Como se ha mencionado anteriormente cada uno de los botones momentáneos indica una dirección del movimiento de la silla. Para que dicho movimiento se lleve a cabo, es necesario, conectar en forma adecuada las diferentes polaridades de los dos motores que son los que moverán las ruedas dando con ello dirección y sentido al movimiento.

En el segundo renglón de la tabla 3.3.A se observa que para producir el movimiento hacia adelante se envían señales de voltaje a las terminales positivas (+) de ambos motores, mientras que las terminales negativas (-) se conectan a tierra.

Para producir el movimiento hacia atrás ambas terminales negativas se conectan a voltaje y las terminales positivas a tierra, (tercer renglón), quedando conectadas en polaridad invertida respecto al movimiento anteriormente mencionado.

El giro de la silla hacia la derecha sobre su propio eje, se produce girando el motor izquierdo hacia adelante y el motor derecho hacia atrás. Es decir la terminal positiva del motor izquierdo así como la negativa del derecho se conectan al voltaje de alimentación.

Así mismo para girar la silla hacia la izquierda sobre su propio eje, se realiza una conexión invertida respecto a la anterior, esto es, el motor izquierdo gira hacia atrás y el motor derecho gira hacia adelante.

A continuación se muestran las ecuaciones obtenidas a partir de la tabla de verdad 3.3.A. Así como las respectivas simplificaciones para cada una de ellas.

$$M1+ = Q1 \overline{Q2} \overline{Q3} \overline{Q4} + \overline{Q1} \overline{Q2} Q3 \overline{Q4}$$

$$M1+ = (\overline{Q2} \overline{Q4}) \cdot (Q1 \overline{Q3} + \overline{Q1} Q3)$$

$$M1+ = (\overline{Q2} + \overline{Q4}) \cdot (Q1 \oplus Q3)$$

$$M1- = \overline{Q1} Q2 \overline{Q3} \overline{Q4} + \overline{Q1} \overline{Q2} \overline{Q3} Q4$$

$$M1- = (\overline{Q1} \overline{Q3}) \cdot (Q2 \overline{Q4} + \overline{Q2} Q4)$$

$$M1- = (\overline{Q1} + \overline{Q3}) \cdot (Q2 \oplus Q4)$$

$$M2+ = Q1 \overline{Q2} \overline{Q3} \overline{Q4} + \overline{Q1} \overline{Q2} \overline{Q3} Q4$$

$$M2+ = (\overline{Q2} \overline{Q3}) \cdot (Q1 \overline{Q4} + \overline{Q1} Q4)$$

$$M2+ = (\overline{Q2} + \overline{Q3}) \cdot (Q1 \oplus Q4)$$

$$M2- = \overline{Q1} Q2 \overline{Q3} \overline{Q4} + \overline{Q1} \overline{Q2} Q3 \overline{Q4}$$

$$M2- = (\overline{Q1} \overline{Q4}) \cdot (Q2 \overline{Q3} + \overline{Q2} Q3)$$

$$M2- = (\overline{Q1} + \overline{Q4}) \cdot (Q2 \oplus Q3)$$

En los pasos de simplificación de las ecuaciones anteriores se puede apreciar que se sustituye el uso de compuertas AND de tres entradas e inversores, por una compuerta NOR de dos entradas y una compuerta XOR. Esto se hace principalmente porque el uso de las compuertas NOR de dos entradas y de la compuerta XOR es mucho más común, por lo que será mucho fácil de conseguirse en el mercado sin dificultad. Además de que su costo también es menor que el de un circuito de compuertas AND de tres entradas, que por ser menos usual puede resultar más caro.

En base a las ecuaciones simplificadas se obtiene el circuito codificador mostrado en la figura 3.3.A.

### 3.4. INTERFASE Y ETAPA DE POTENCIA.

Los motores utilizados trabajan con una diferencia de potencial de 12 volts aproximadamente. Ya que los circuitos anteriores son de tecnología TTL, trabajan a 5 volts de alimentación y además la corriente de salida de las compuertas es muy pequeña en comparación con la corriente que demandan los motores. Se hace necesario un circuito que proporcione los 12 volts que necesitan los motores, y que maneje sin problemas la corriente de aproximadamente 200 mA que requiere el motor trabajando normalmente.

Se utilizan dos circuitos de potencia iguales, uno para cada motor, como se puede ver en la figura 3.4.A. Cada uno de ellos consta de: cuatro transistores de media potencia BD433, dos optoacopladores TIL111 y resistencias de polarización y limitación de corriente.

Las salidas del circuito lógico entran al circuito de potencia a través de los ánodos de los fotodiodos (pata 1) a través de resistencias de 220E; este valor de resistencia limita la corriente en el fotodiodo de 22.7 mA dependiendo de la señal de voltaje que se tenga a la salida de las compuertas lógicas.

A la salida de las compuertas AND del circuito lógico, se puede tener un valor de 0 ó 5 volts. Cuando el valor es 0, no hay diferencia de potencial entre la salida de la compuerta y tierra y por lo tanto no circula corriente a través del fotodiodo. Cuando es de 5 volts, la corriente se determina

tomando como base que deben circular aproximadamente 20 mA, y calculando el valor de resistencia de acuerdo a lo siguiente:

$$R = 5V / 20mA = 250E$$

Un valor de resistencia comercial cercano es el de 220 E, con el cual se obtiene la corriente de 22.7 mA. Podemos verlo en la figura 3.4.B.

$$i = 5V / 220E = 22.7mA$$

Al encontrarse en conducción el fotodiodo, emite luz infrarroja la cual actúa sobre la base del fototransistor, saturándolo. Al saturarse éste último, conecta los 12 volts de alimentación a dos de los transistores de potencia de manera que dichos transistores también se saturan cerrando el circuito de voltaje (12 volts) a tierra a través del motor. Esto produce una diferencia de voltaje de aproximadamente 10 volts, debido a las caídas de tensión en los transistores ( $V_{ce}$ ) y a la caída en el mismo motor. El motor girará en un sentido. Se debe tener en cuenta que la otra entrada es 0, por lo tanto el foto-transistor está en corte, esto es muy importante, de lo contrario se tendría un corto circuito a través de los transistores.

Cuando se aplica la señal de 5 volts en el fotodiodo contrario y se mandan 0 volts al anteriormente activado, el circuito se cierra a través de los otros dos transistores de potencia de manera que la polaridad en las terminales del motor se invierte girando éste último en sentido contrario. Las resistencias de 470E y 1K tienen la función de limitar la corriente de base necesaria para que los transistores se saturen.

### 3.5. DIAGRAMA GENERAL DE FUNCIONAMIENTO.

El resultado de este capítulo, es realmente el sistema completo y su función efectiva desde el momento en que el usuario deseando moverse dá una señal de entrada; hasta que el movimiento o el alto total se efectúan debido al impulso que reciben las ruedas por las señales de salida de los motores.

Así es como un solo pulso recibido por alguno de los botones momentáneos ha pasado por los circuitos de: entrada, memoria, codificación, interfase y potencia llegando a ser movimiento en los motores y las ruedas.

El diagrama completo se presenta en la figura 3.5.A. donde se pueden identificar perfectamente todos los circuitos que se estudiaron en forma independiente a lo largo de este capítulo, así como su funcionamiento general. El haber revisado detenidamente cada circuito, ofrece la posibilidad de entender su interrelación con los demás comprendiendo el trabajo final del sistema.

La presentación de este inciso es ya la primera conclusión de esta tesis, pues el tener un diagrama completo y ver que realmente funciona es en sí mismo un resultado. Cuando, se plantearon los objetivos concretos para empezar a diseñar, se anotaron también restricciones y problemas frente a los que se iban a encontrar obstáculos: ahora al tener el diagrama terminado, al entender paso a paso el trayecto de la señal en cada circuito y como conjunto todos los circuitos formando una unidad, un solo sistema, se ha cumplido el principal objetivo:

diseñar un prototipo para el control de dirección en una silla de ruedas motorizada. Aquí está ya el diseño, que además de ser una gran satisfacción personal, es la base sobre la cual se va a presentar en el siguiente capítulo el trabajo de ensamble y elaboración física del circuito impreso.

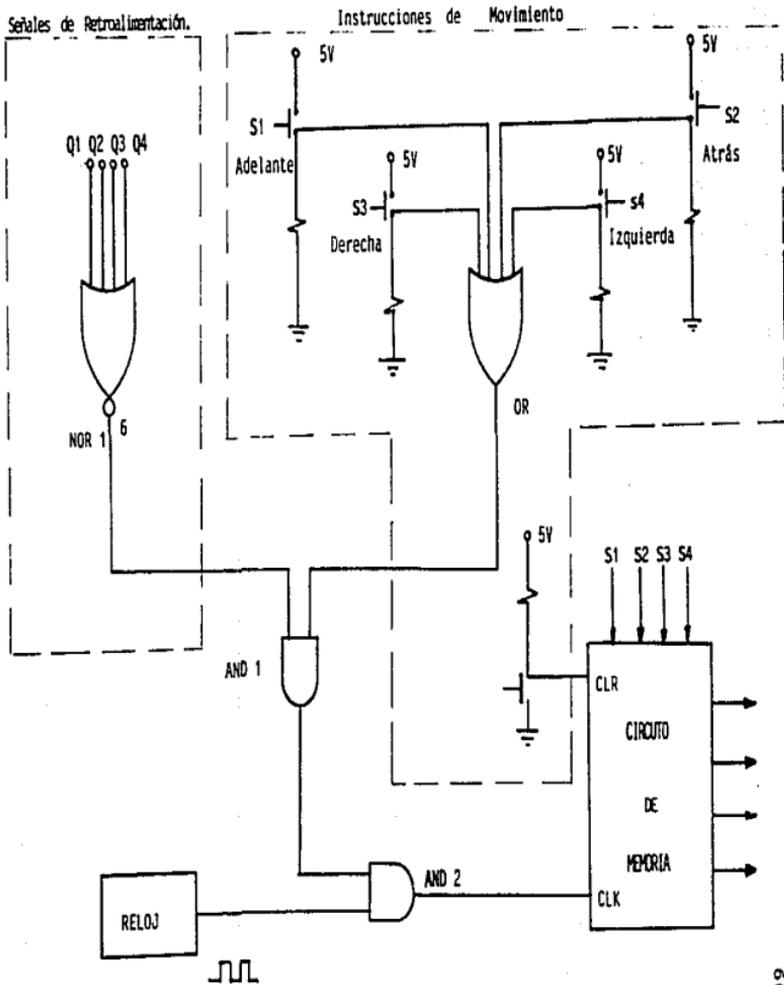


Figura 3.1.1.A  
Circuito De Señales de entrada

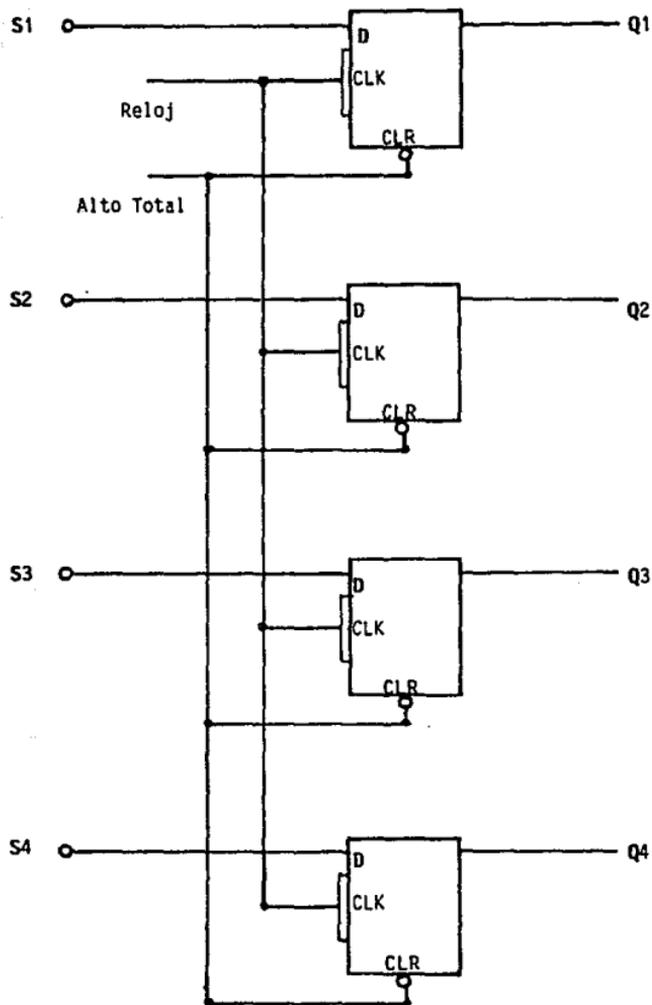


Figura 3.2.A.

Circuito de Memoria.

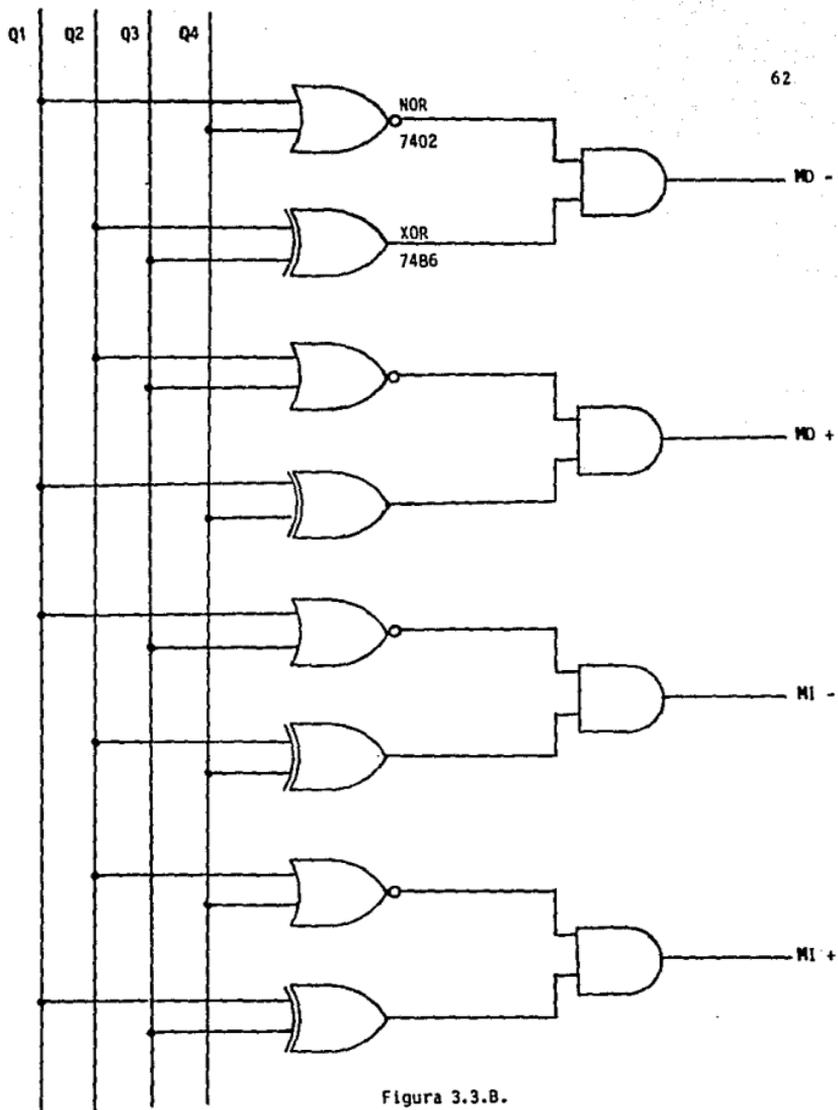


Figura 3.3.B.

Circuito Codificador .

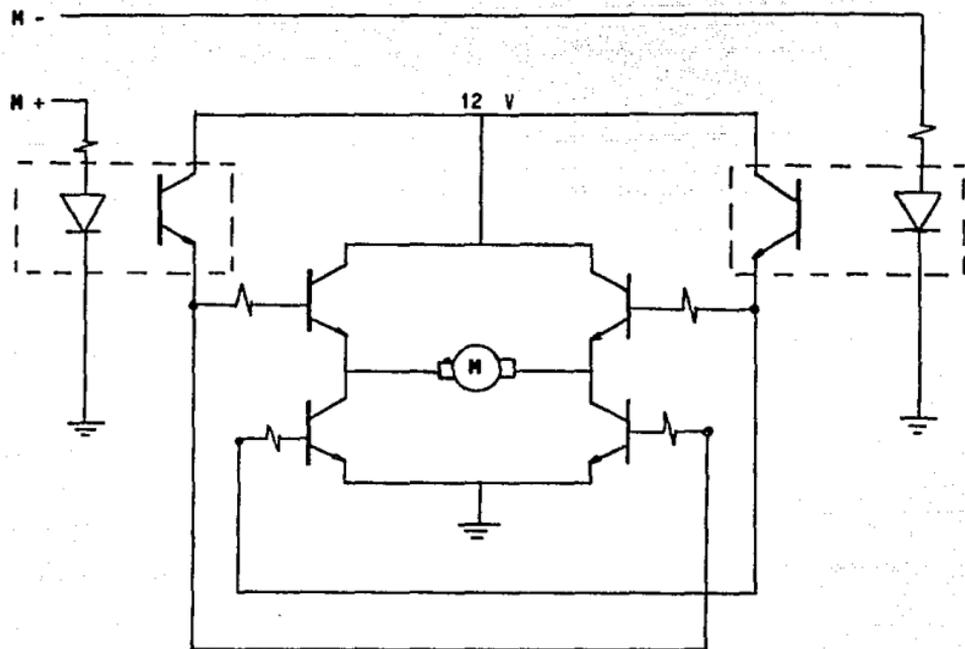
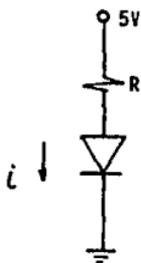


Figura 3.4.A.  
Interfase y Circuito de Potencia.



Polarización para cálculo de  $I$

Figura 3.4.B.



## ENSAMBLE DEL PROTOTIPO

### 4.1. ELABORACION DEL CIRCUITO IMPRESO.

En la construcción de un diseño electrónico, el circuito impreso es primordial, ya que de él va a depender en gran parte el buen funcionamiento del dispositivo, así como sus dimensiones físicas y la distribución interna de sus componentes.

Existen muy diversos procedimientos para realizar circuitos impresos. El procedimiento que se utiliza para la elaboración del circuito impreso del presente proyecto se describe a continuación.

Puesto que en el diseño en cuestión se están manejando voltajes de corriente directa a través de los circuitos integrados, entre cero y cinco volts, y voltajes de doce volts en la etapa de potencia, con el fin de evitar interferencias, ruidos, e incluso proteger de algún posible daño a los circuitos integrados, dichos voltajes, como ya se explica en capítulos anteriores, se manejan en forma independiente, empleando dos tabletas, una para la etapa de potencia y otra para la parte de circuitos lógicos del sistema.

Se inicia pasando el diagrama eléctrico a un diseño en el que se indican los circuitos integrados y número de patas utilizadas, unidos a base de líneas rectas. En seguida se hace un diagrama nuevo que ya incluye tanto medidas de componentes como distancias y grueso de las pistas. Este diseño se hace en papel milimétrico albanene con trazos de lápiz para poder calcarlo con

facilidad, así se tiene ya el diagrama final del circuito impreso.

Ya obtenidos los trazos de las pistas que deben llevar los circuitos impresos, se procede a dibujar tomando en cuenta las dimensiones reales y precisas de los componentes, utilizando para ello una escala de dos a uno ( 2:1 ), se usa esta escala tanto en pistas como en entradas es decir los círculos para patas de componentes y las elipses para entradas de patas de circuitos integrados. El resultado de este circuito al doble de su tamaño normal y en positivo, aparece en la figura 4.1.B.

La escala escogida ( 2:1 ) para dibujar los positivos de los circuitos impresos, es para evitar al máximo los errores sacandos los negativos al tamaño real, ya que el tamaño de éstos es una reducción al 50% de los positivos originales, y teniendo en cuenta que se está trabajando con áreas, ya que una pista tiene determinadas dimensiones de largo y ancho , si el dibujo original tiene algún error, éste se reduce a la cuarta parte de su tamaño original considerandose con ello prácticamente desaparecido.

Posteriormente se calca y se pasa en tinta china para después sacarlo en negativo. Una copia de éste se muestra en la figura 4.1.C.

La construcción de los circuitos impresos se efectua en tabletas de fibra de vidrio cubiertas de cobre , para que protegiendo la parte deseada para pistas y atacando la tableta con ácidos quede en ella marcado el circuito impreso.

En este caso, los componentes necesarios para hacer el circuito impreso en un laboratorio, deben estar completos antes

de empezar a trabajar, por cuestiones de tiempo y para evitar de este modo algún problema. En caso extremo que se requiera utilizar algún puente, debe recordarse que se pretende tener el menor número de ellos y hacerlo en forma ordenada. Un método práctico para evitar el uso de puentes de alambre cubierto sobre la cara principal, es el de trabajar con tabletas de doble cara de cobre.

Contando ya con los negativos, el siguiente paso es elaborar los circuitos impresos.

Para pasar el diagrama del circuito impreso a la tablilla se tiene el siguiente orden:

1. El primer paso consiste en lavar bien la tablilla de fibra de vidrio cubierta de cobre con agua, jabón y fibra para eliminar todos los residuos de polvo, grasa, o cualquier tipo de impurezas que puedan afectar la impresión del negativo.
2. Una vez limpia y seca la tableta, el revestimiento de cobre se recubre con "Foto Resist" líquido que es material fotosensible resistente a los ácidos. Esto se hace en un cuarto oscuro o en uno que posea luz color ámbar y se espera a que seque.
3. Ya que seca la solución fotosensible aplicada a la tableta, se coloca el negativo sobre la tablilla y se expone a luz con rayos ultravioleta durante siete minutos.
4. Cuando ya se imprimió el dibujo del negativo sobre la tableta, ésta se introduce durante dos minutos en una solución fijadora para ser revelada eliminando las zonas no expuestas ni fijadas por el recubrimiento fotoresistente que serán zonas no

conductoras. El revestimiento de cobre que tenía la tablilla en esta área, cae al lavar bien con agua corriente.

5. Así protegidas las zonas conductoras por el material resistente a los ácidos se ataca con cloruro férrico hasta que se quede sobre la tablilla el circuito bien definido. En seguida se lava la tableta en agua y posteriormente con un disolvente para eliminar la capa de fotoresist de las pistas del circuito impreso, quedando éste listo para el procedimiento de montaje de componentes.

Todos los pasos que han sido descritos para la realización del circuito impreso, se ilustran en la figura 4.1.D.

#### 4.2. MONTADO DE COMPONENTES.

Una vez que se han elaborado los circuitos impresos según el procedimiento explicado, lo siguiente es la perforación de las tabletas en los puntos donde se requiere introducir las patas de los componentes. Cuando ya se tienen las tabletas perforadas se procede a estañar las pistas.

Un proceso de estañado se puede efectuar de dos maneras diferentes; como tradicionalmente se viene haciendo con cautín y estaño o empleando dos soluciones de venta en el mercado, en las cuales se introduce la tableta y queda estañada, dándole una mejor apariencia. A esto se le conoce como estañado en frío. Es un procedimiento muy sencillo. Luego de lavar la tableta, es introducida en la primera solución durante un minuto. Pasado el minuto se introduce por un lapso de tres minutos en la solución del segundo frasco. Nuevamente se enjuaga y se seca, quedando listo el estañado de la tableta.

estañados, se procede a montar en ellos los elementos correspondientes al diseño, siguiendo cuidadosamente las conexiones que se indican en los diagramas. Los circuitos integrados, no quedan soldados a las placas ya que se colocan sobre bases, con esto se permite un menor grado de dificultad al reemplazarlos por mantenimiento. Así se colocan uno a uno todos los elementos y se soldan respectivamente.

El siguiente paso es cablear las terminales de ambas tabletas, esto es colocar cables para alimentación, tierra, e interconexión entre tablillas y tablero de control.

Una vez montados todos los componentes y cableados los circuitos, el siguiente paso es probar el funcionamiento del sistema, para lo cual se conecta el circuito lógico a una fuente de 5 volts y la etapa de potencia a una fuente de 12 volts. Se revisa todo el circuito, pistas, conexiones y soldaduras y se verifica que todo esté bien.

#### **4.3. DESCRIPCIÓN DE PARTES MECÁNICAS.**

##### **4.3.1. Ruedas controladas.**

Estas dos ruedas, son la parte principal dentro del control mecánico que se tiene en la silla, ya que la señal generada a través de todo el circuito obedeciendo a la instrucción de movimiento recibida, se transmite a través de los motores a estas ruedas.

Los motores que se utilizan, son servomotores 2.4 watts de potencia, que trabajan con una corriente de 200mA para una alimentación de 12 volts

alimentación de 12 volts

Dichas ruedas controladas son de aluminio torneadas en torno de revolver y para darles mayor estabilidad se les hace una superficie dentada que incrementa el coeficiente de fricción al girar en el piso, con lo que se disminuye la posibilidad de derrapar.

Las dimensiones de dichas ruedas son: diámetro 6.7cm, grosor 2.2cm y van conectadas hacia los motores mediante un eje de 3.3cm de largo.

#### 4.3.2. Ruedas locas.

Como su nombre lo indica las ruedas locas no tienen ningún tipo de control, sino que pueden girar libremente según su inercia en imitación del movimiento indicado por los motores y las ruedas controladas.

Su tamaño es mucho menor que el de dichas ruedas controladas y se sujetan a la base de la silla por medio de unos soportes en forma de " L " que abrazan la ruedita y la detienen mediante un pequeño eje que cruza en el centro.

Las dimensiones son: diámetro 3.1cm, grosor 0.5cm, laqrgo del sujetador forma L 4.6cm, ancho del sujetador 3.8 cm y grosor del sujetador 1.3 cm.

#### 4.3.3. Base.

Los motores se ensamblan dentro de un cilindro metálico que lleva un pequeño orificio en forma de elipse que permite la salida de los cables para la conexión de ambos motores. Es sumamente importante cuidar que la altura que se obtiene con este

cilindro ( su diámetro ) que sirve de eje a las dos ruedas controladas y la altura a la que los sujetadores en forma de L sostienen a las dos pequeñas ruedas locas sea exactamente la misma, esto es realmente muy importante ya que es lo que da la horizontalidad a la base.

La base es un rectángulo de aluminio de 17.1 cm de ancho y 20.1 cm de largo con un grosor de 0.7cm . Esta base lleva perforaciones correspondientes a las siguientes entradas; en las dos esquinas delanteras los dos ejes de los sujetadores de las ruedas locas a 2 cm hacia adentro , cuatro puntos centrados para los postes que sostienen a la tableta del circuito impreso, éstos postes miden 2.5cm de largo y en la parte posterior tres perforaciones para fijar el cilindro con los motores a 2.5 cm hacia adentro de la orilla posterior.

#### 4.3.4. Gabinete.

Una vez que se tienen terminados tanto los circuitos impresos como la parte físico - mecánica de la silla de ruedas, se le acondiciona un gabinete. Originalmente se puede pensar en una caja metálica que proteja los circuitos, sin embargo para fines didácticos es mucho mejor un gabinete de acrílico transparente, ya que permite tener bien protegidos los circuitos al mismo tiempo que pueden ser observados claramente.

Las cuatro paredes de la caja, tienen las mismas dimensiones, formando un cubo que se coloca sobre la base de la silla. Estas dimensiones son: largo 17 cm, ancho 10 cm y grueso 0.3 cm. Se elige este tipo de acrílico ya que es suficiente para cumplir los

finés a que este prototipo se dispone.

Es muy importante recordar que en todo este proyecto de investigación se ha trabajado sobre un prototipo por lo que tanto las dimensiones como voltajes de alimentación, corrientes, potencia, velocidad, etc. deben adaptarse al pasar el diseño a un tamaño natural.

#### **4.4. TABLERO DE CONTROL.**

##### **4.4.1. Botones momentáneos.**

La presentación que se da al tablero de control es muy importante ya que en él se centra la atención del usuario. Los cinco botones momentáneos mediante los cuales se le indica al circuito toda instrucción de movimiento se presentan en forma ordenada en línea recta, los cuatro botones momentáneos de orden son de color rojo y el botón de alto total es de color negro.

Estos botones siempre deben encontrarse en buen estado y si alguno falla es importante reemplazarlo de inmediato.

##### **4.4.2. Mensaje.**

Enfrente de cada uno de los botones momentáneos se coloca la palabra que indica la dirección seleccionada. Así mismo al dar una instrucción de movimiento se enciende un led que permite verificar en forma sencilla que la dirección en la que se está moviendo es la deseada.

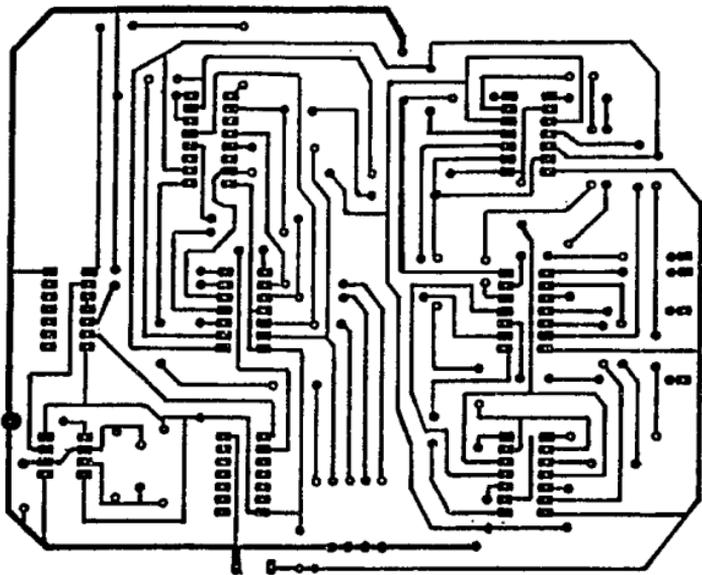
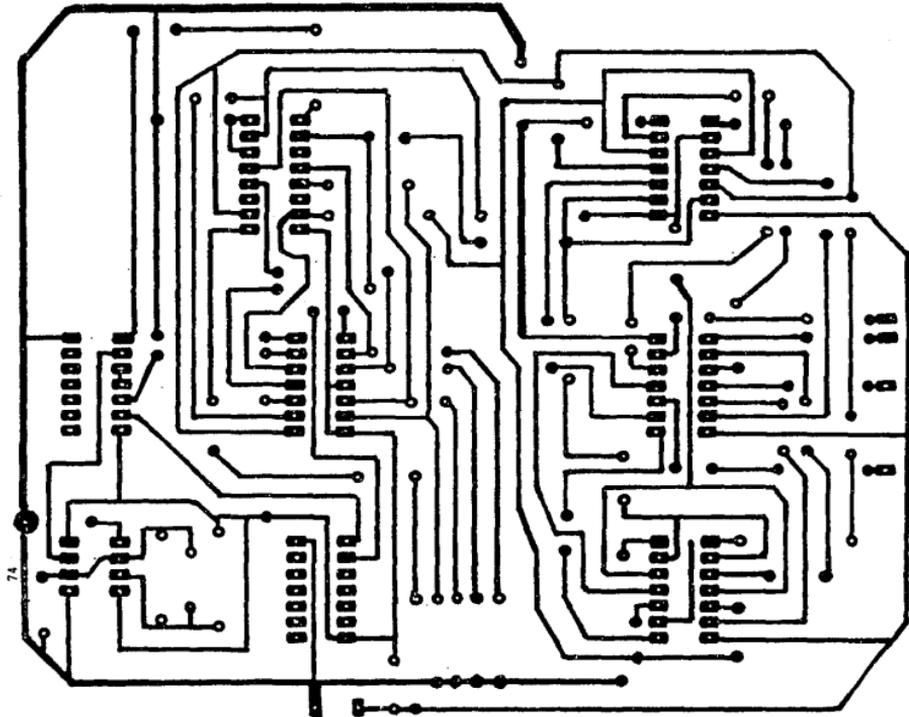


Figura 4.1.A.

Diagrama del Circuito Impreso.



74

Figura 4.1.8.  
Diagrama del Circuito  
Impreso 2:1

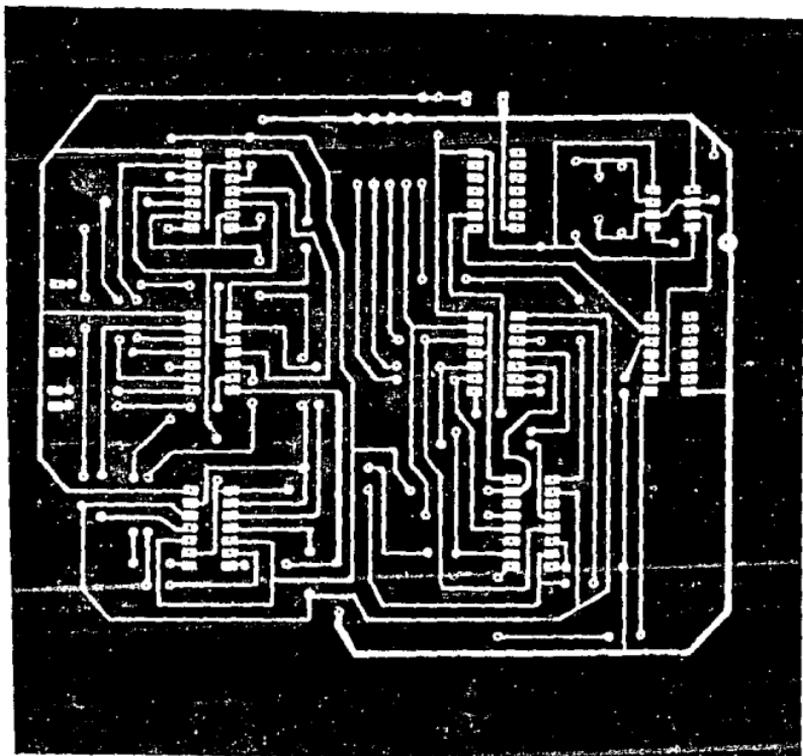


Figura 4.1.C.

Negativo del Circuito Impreso.

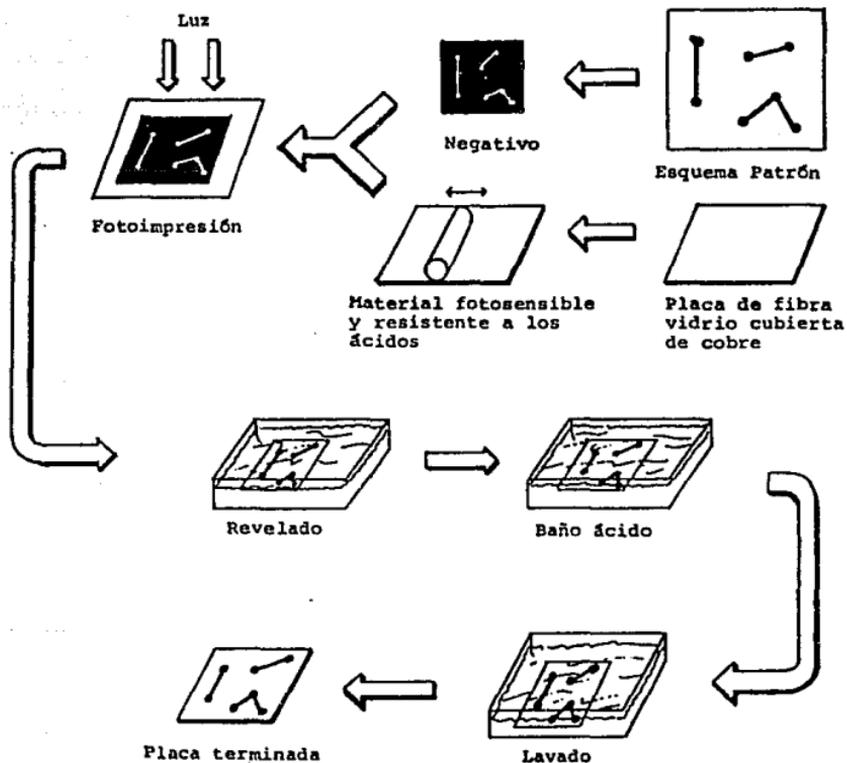


Figura 4.1.D.

Elaboración del Circuito Impreso.

## CAPITULO 5.

## ELEMENTO TERMINADO.

## 5.1. PRUEBAS RECOMENDADAS.

Este proyecto como todo sistema, debe ser probado para tener la certeza de que funciona correctamente, y de que su tiempo de vida útil coincidirá con aquel para el cual se ha diseñado.

Las pruebas que se recomiendan son de dos tipos:

- Pruebas de funcionamiento.
- Pruebas de durabilidad.

Las pruebas de funcionamiento consisten en verificar si el circuito hace lo que en teoría debe hacer. Es decir se prueban las cuatro marchas, que son adelante, atrás, derecha, e izquierda y el alto total.

Las pruebas de durabilidad son aquellas mediante las cuales se determina el ya mencionado periodo de vida útil del sistema. Los cinco botones momentáneos se prueban para un determinado número de ejecuciones por minuto. Se verifica que estén firmemente colocados. Tanto la silla como las tabletas de circuitos impresos se prueban contra vibración, golpes, caídas y frenado repentino. El circuito se somete además a pruebas de temperatura y humedad.

Una consideración muy importante que hay que tener en cuenta es que el trabajo presentado se está desarrollando en prototipo, eso implica tener ciertos cuidados al pasar del proyecto a una silla real, con carga real, peso de un niño, tamaño etc. Se debe cuidar la autonomía de la batería, es decir el tiempo continuo que puede

trabajar y la distancia que rinde por voltaje cargado, para evitar que se pueda quedar descargada lejos de la posibilidad de recargo.

La capacidad máxima de la silla quedará en función del diseño definitivo en tamaño real dependiendo del peso que se quiere mover. El tamaño y características de los motores, también pueden variar en función del peso y la velocidad deseados.

#### 5.1.1. Breve índice de Costos.

El costo total del prototipo nos dará una idea de lo económico que puede resultar construir éste controlador. Sin embargo a igual que el tamaño, forma y velocidad al pasar de la escala de prototipo a condiciones reales el Costo Total también variará. A continuación se hace una lista de precios actualizados hasta Octubre de 1991, de los componentes comunes que se utilizan en el prototipo y pueden utilizar en el control de una silla tamaño natural.

Componente	Cantidad	Precio unitario	Total
Tableta	1	4,200	4,200
Til 111	4	1,700	6,800
SN 7408	2	700	1,400
SN 7486	1	1,400	1,400
SN 7402	1	1,000	1,000
SN 7432	1	1,900	1,900
41N 7425	1	1,913	1,913
D 74175	1	3,592	3,592

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

79

Resist 0.5W	19	200	3,800
Diodo	1	548	548
Capacitor	2	750	1,500
Switch	5	3,700	18,500
BD433	8	3,800	30,400
Liquidos			6,000
Cloruro Férrico			2,000
		TOTAL	84,953

## 5.2. IMPLEMENTOS QUE PUEDEN HACERSE AL SISTEMA.

Se presenta de tal manera el proyecto elaborado, que puede considerarse como un sistema de accesible desarrollo.

Los conceptos en los que puede implementarse la silla son de muy diversa índole. A continuación se presentan ordenados por áreas de desarrollo.

En el área de los controles, pueden hacerse adaptaciones según los requerimientos personales del niño; en base también al carácter de su enfermedad o impedimento para caminar.

Los controles pueden cambiar su presentación mediante sencillas modificaciones para que el usuario los maneje con la boca, con los pies, con la barbilla, por citar algunos ejemplos. Siendo estos controles, pedales, palancas, botones, etc.

Otra área en la que caben innumerables modificaciones es la que se refiere a la presentación del tablero. Se ha hecho ésta en forma sumamente sencilla y práctica. Sin embargo, es muy fácil darle una presentación más detallista. Partiendo de la idea de que el operador de la silla es un niño, es evidente que mientras más atractiva sea la presentación del tablero, más agradable le será a dicho operador utilizarla. Obteniéndose de su parte, además de mayor interés en manejarla correctamente, un mejor cuidado de la misma.

Los colores son muy importantes y ayudan al niño a memorizar más fácilmente. Por lo que se propone utilizar un color diferente para cada dirección.

O bien colocar una flecha indicadora pudiendo ser ésta de

acrílico y estar encendida con foquitos, o utilizar en su lugar leds que pueden tomar su voltaje de alimentación de la fuente de 5 volts.

Si el niño tiene ya cierto nivel de estudios y puede leer, se puede utilizar un display con las palabras: " Adelante " , " Atrás " , " Derecha " , " Izquierda " , " Alto " ; las cuales también podrían tener su luz o color e incluso ambos.

Una tercera área, considerada en forma independiente, es la silla de ruedas en su parte físico mecánica. En ella es donde se puede ganar mucho respecto a la comodidad y confort del niño.

La primera modificación útil en éste caso, es que la silla pueda desconectarse del control electrónico, si así se desea y pueda manejarse en forma manual y no automática, esto le dá a la silla , mayor grado de versatilidad.

El asiento y respaldo deben ser acolchonados, pero sin dejar de ser duros, ya que en la mayoría de los casos hay problemas de columna vertebral involucrados en el impedimento para caminar del paciente por lo que es siempre recomendable utilizar superficies duras. Además de buscar las formas anatómicas u ortopédicas recomendadas por el médico.

El respaldo por ejemplo, puede ser reclinable para los momentos de descanso, o cuando el niño participa en cierta tertulia o tiempo de charla con la familia, los compañeros de escuela o en alguna reunión social.

Se debe cuidar también el sosten de los pies y los brazos. Para los pies, pueden ser bases independientes, plegables, o incluso removibles. Para las manos o brazos y codos, deben ser

bases suficientemente anchas y largas, agradables de textura y cómodas, que no impidan el movimiento libre del usuario en la silla, pero que a su vez le permitan descansar sin estarsele resbalando continuamente los brazos.

Finalmente, el otro campo en que seguramente resulta muy interesante pensar en un desarrollo del sistema, es el área electrónica.

Con toda seguridad implementar el proyecto en esta área implica mucho tiempo y dedicación. Además de elevar considerablemente el costo del elemento terminado.

Con "ojos electrónicos", se puede lograr que el cerebro de la silla detecte un obstáculo a cierta distancia y mediante ordenes digitales se detenga o desvíe la ruta. Digase por ejemplo una pared, alguien que se acerca inesperadamente cuando la silla está en movimiento, etc. También puede detectarse y avisar de algún peligro como un desnivel o un agujero en el suelo.

Otra idea sumamente interesante es la de presentar una memoria programable, de modo que si el niño tiene una o varias trayectorias conocidas puedan grabarse previamente y ser ejecutadas con solo llamarlas.

Todas estas ideas han sido cada vez más complejas, sin embargo en el amplio mundo de la electrónica casi todo puede lograrse. Mediante la utilización de micro procesadores y pantallas de mensajes, pueden cargarse programas en memorias y desplegar por ejemplo fecha, día y hora; un saludo, despedida etc. Si además se utilizan amplificadores y bocinas pequeñas, pueden recibirse mensajes auditivos como "buenos días"

## CONCLUSIONES.

Ahora, es momento de hacer una mirada retrospectiva para reconocer todos aquellos obstáculos que se presentaron al diseñar y como se resolvieron, así como los alcances logrados.

El primer problema, es cuando se decide el tema de tesis, lo que se quiere investigar. Es evidente la falta de información que se tiene al principio, falta de conocimientos principalmente en el ámbito de la medicina, en cuanto a los tipos de enfermedades que pueden presentarse dejando como consecuencia un niño discapacitado para caminar. Así es como se empieza a visitar y consultar a diversas instituciones (todas ya mencionadas) para conseguir la información necesaria y empezar el planteamiento de requerimientos técnicos.

Es el momento en el cual hay que definir objetivos, que es lo que se quiere hacer, con qué características se quiere diseñar y es cuando se decide realizar todo el proyecto con tecnología nacional, siendo además de un objetivo una limitante.

Una vez definidos los límites dentro de los cuales se quiere realizar un prototipo de control de dirección, se empieza a diseñar, es decir, se desea que circule hacia adelante, hacia atrás, que gire sobre su propio eje hacia la derecha, gire sobre su propio eje hacia la izquierda y se detenga en alto total, a la instrucción de un botón momentáneo.

Al hacer el diseño (capítulos 2, 3 y 4) se van presentando constantemente problemas específicos ante los cuales hay que tomar decisiones, esto es muy importante pues de ello depende que

el resultado llegue o no a ser correcto según los objetivos planteados, que si bien es cierto que practicamente todos se cumplieron, también cabe mencionar que varias de las resoluciones tomadas son criticables o bien que ciertas características del diseño todavía podrían mejorarse. A continuación se enlistan algunas de las soluciones concretas que se decidieron utilizar:

- Como antecedentes previos a la investigación, participé en varios proyectos en el centro de investigaciones tecnológicas de la Secretaría de Salud de Tlalpan, como electrocardiógrafos, graficadores para señal de encefalógrafos, prótesis cocleares y algunos otros, hasta que finalmente decidí tema y título de tesis, que se presentaron al Hospital Shriners de México, donde gracias a la colaboración de la señora Gloria Trinidad Medel coordinadora del departamento de Terapia física se me dieron todas las facilidades para realizar investigaciones y pruebas, durante un periodo de casi dos años de trabajo, que ahora me dan la gran satisfacción de poder presentar un sistema de control de dirección que realmente funciona.

- Así una vez que se empezó a delimitar el campo de trabajo. Se diseñó un prototipo y no una silla a tamaño natural, porque se requieren menos datos específicos como dimensiones, potencia, etc. y hay mayor oportunidad de trabajar a nivel laboratorio. Además no es necesario un paciente concreto para realizar las pruebas.

- Se decidió también trabajar en diseño específico para niños ya que para mí siempre ha sido un punto de atención el poder ayudar a quienes tienen el mañana en sus manos y dar un poquito de libertad e independencia que alegre a aquellos que de algún modo se han visto limitados. Queda abierta la opción para que a partir aquí, se pueda realizar un diseño similar también para adultos.

- Ya dentro del área técnica se resolvió trabajar con electrónica digital y no analógica, partiendo de la base que la electrónica digital nace de circuitos con componentes analógicos, primero porque este trabajo fue en un principio continuación de una investigación que se estaba realizando con control digital, también por razones de eficiencia y espacio en los circuitos impresos y porque simplifica también el mantenimiento que habría de darsele al circuito, cambiando únicamente partes completas.

- Uno de los objetivos que se cumplieron es que el sistema aceptara solo una orden a la vez, es decir que al oprimir uno de los botones momentáneos ejecute esa orden y almacene esta información en la memoria sin accesar ninguna otra señal hasta terminar el primer desplazamiento utilizando una orden de alto total. Este es un punto crítico del diseño ya que por seguridad extrema, es perfecto que la silla reciba la orden de alto antes de una segunda instrucción y no acepte dos simultáneamente; sin embargo es criticable pues por comodidad, tal vez sería preferible poder dar ordenes consecutivas para recorrer una

trayectoria completa o incluso programar trayectorias en memoria sin necesidad del alto total.

- También se cumplió con el objetivo de retroalimentar la señal de la salida de memoria, Q1, Q2, Q3, o Q4 a la señales de entrada, de modo que cuando Q es 1 lógico la compuerta NOR 1 impide que haya señal de reloj premaneciendo así el movimiento ininterrumpido hasta que se indique lo contrario, y para codificar la información que determine el movimiento de los motores y simultáneamente evitar como ya se dijo una duplicación de información en la entrada.

- El circuito de entrada se hizo con dos compuertas de cuatro entradas, una OR, una NOR y dos compuertas AND de dos entradas utilizando en total tres circuitos integrados además del circuito de reloj. Se prefirió hacerlo de esta forma porque se tiene una configuración más simple que si se hubieran usado solo compuertas de dos entradas.

- En las primeras pruebas del circuito de reloj, no se estaba obteniendo una señal cuadrada con simetría vertical es decir, la cresta era más ancha que el valle, esto se resolvió colocando el diodo D en paralelo a la resistencia, haciendo que los tiempos de carga y descarga del capacitor fueran iguales, con lo que se consiguió la señal deseada.

- Para la configuración del circuito de memoria, se decidió

utilizar el " *Latch D* " por sus características, con lo que se corrigieron los problemas presentados al usar otras configuraciones como circuitos D o SR, que no permiten almacenamiento del dato anterior, no tienen habilitador y presentan estados indeterminados.

- En el circuito codificador decidió hacerse la reducción de ecuaciones, porque aunque el resultado final de información era el mismo, se ahorran compuertas si se trabaja en forma simplificada, también se utiliza menos espacio en las tarjetas de circuito impreso.

- Otro problema fuerte estuvo en la evidencia de que los circuitos TTL trabajan con cinco volts y para mover los motores se requieren doce volts, esto se resolvió utilizando dos tierras independientes a través de un circuito *T/LIII* lo que permitió utilizar diferente alimentación, trabajando como interfase.

- Se decidió utilizar solamente dos ruedas controladas porque moviendo dos motores en vez de cuatro se ahorra potencia; también la codificación de la información para los cuatro tipos de movimiento es más sencilla dirigiendo solo dos ruedas. Por otro lado las dos ruedas locas sirven de apoyo para que el peso se divida en cuatro puntos.

- Un circuito que gobierna el movimiento de una silla de

ruedas como el aquí descrito, puede ser realizado con diferentes componentes, por ejemplo relevadores, SCR's, etc. En cualquier caso, se debe tomar en cuenta que la alimentación a ambos motores tengan el mismo nivel de voltaje, ya que de lo contrario una rueda giraría más rápido que la otra, impidiendo que la silla caminara derecho. Además, es importante que dicho nivel de voltaje sea lo suficientemente alto para lograr que la silla tenga la potencia necesaria para moverse con un peso considerable.

- Al hablar ya de circuito impreso casi todas las decisiones se hicieron cuidando básicamente dos puntos, bajo costo y buena calidad. La tarjeta de una sola cara es más económica que la doble y puede usarse igual siempre que no haya necesidad de puentes.

Uno de los factores más importantes para que puedan empezarse a construir este tipo de diseños es precisamente que sean de bajo costo; por lo que aquí se ha cuidado el utilizar componentes nacionales, lo que no sólo permite encontrarlos con mayor facilidad en el mercado, sino también a menor precio que los importados. Ha quedado demostrado en este proyecto que es posible la realización de un circuito para controlar dirección que cumpla con las características requeridas y que a la vez sea sencillo, versátil, y de bajo costo, elaborado con 90% de partes nacionales. No obstante que el mercado norteamericano, japonés, chino, alemán, extranjero en general, cuenta con circuitos integrados muy complejos, con los cuales se obtendría una

reducción en el tamaño del circuito pero al mismo tiempo un incremento considerable en su costo total. El 10% restante, efectivamente se complementó con componentes americanas, ya que hay algunas piezas que por eficiencia no conviene sustituir, o bien que para hacerlo se necesitarían configuraciones mucho más complicadas que las que se están utilizando.

Así pues, se está ofreciendo una alternativa viable para la sustitución progresiva del costoso equipo extranjero y para la implementación de una tecnología propia lo cual redundará en un considerable beneficio económico. Además de que servirá a los jóvenes ingenieros mexicanos como impulso para seguir investigando y desarrollando la tecnología.

Como se trató en el primer capítulo, las diversas ideologías que forman la sociedad en nuestro país, los graves problemas económicos, y algunos otros factores, han impedido que hasta el momento alguna silla de ruedas electrónica haya sido comercializada completamente en México, a pesar de que en otros países sí se tengan muy diversos modelos y precios para adquirir una de ellas. Sin embargo actualmente vivimos un momento histórico de cambios y avances tecnológicos por lo que poco a poco irá siendo posible tener sillas de ruedas electrónicas, aunque al principio sean modelos poco sofisticados como el que aquí se ha presentado. Esto a su vez es una ventaja que permite al usuario irse familiarizando con la existencia de la electrónica en lo que es para él un instrumento de uso cotidiano para desplazarse de un lado a otro. Cuando se habla de que el usuario es un niño, esto es aún más importante, pues es una persona que empieza a vivir y a disfrutar su vida a la cual se le

dá la oportunidad de hacer más sencillo su caminar con esta silla, por lo que también se responsabilizará de hacer correcto uso de ella y darle los cuidados adecuados que la misma requiera.

Entre las ventajas que presenta este circuito está la utilización de los botones momentáneos como entradas, ya que posteriormente podrían ser sustituidos por pulsos digitales dados por una memoria, o por algún otro sistema, lo que permite una posible ampliación y sofisticación al proyecto.

Finalmente cuando el diseño del prototipo ya está listo solo faltaría "*Poner las ruedas sobre la tierra*" es decir no basta con tener un maravilloso y eficiente diseño de silla de ruedas controlada electrónicamente, sino que se requiere de todo un apoyo social, de infraestructura urbana que permita utilizar este equipo, y que en la actualidad no excede de un 25% de uso real. Aquí es donde se miden los alcances, ¿es en realidad costeable fabricar en México este tipo de silla?, ¿es conveniente hacerlo?, ¿quien recibiría el beneficio, el fabricante, o el usuario?. En México ya se están poniendo manos a la obra, aunque el avance se ha dado muy lentamente, poco a poco se va concientizando a la sociedad e irán implementandose las medidas necesarias para lograrlo.

El 11 de febrero de 1990, se dió a conocer el "Reglamento para la atención del minusválido en el Distrito Federal", con la participación de diversas asociaciones como la Comisión de tránsito y vialidad de la Asamblea de Representantes, el Colegio

de Arquitectos de México y la Asociación de Libre Acceso A.C.

Todavía hay mucho que hacer para que aquellas personas que caminan gracias a una silla de ruedas puedan utilizarla con toda seguridad en las calles, bancos, escuelas, centros comerciales, parques, etc en la comunidad donde viven, y que esto no sea solo en las grandes ciudades sino también en las provincias y poblados pequeños del interior del País. Para ello se debe luchar en contra de las barreras arquitectónicas que limitan el libre acceso, hay que adecuar instalaciones y normas para darles todas las facilidades de poder obtener de las sillas la utilidad máxima.

En la República Mexicana hay de seis a ocho millones de minusválidos ¿cuántos de ellos son niños?, ¿cuántos de esos niños están cerca de nosotros? tienen exactamente los mismos derechos y ganas de vivir que nosotros quienes tenemos el don de caminar, ver, oír, respirar, hablar, o pensar sin dificultad, con la mayor naturalidad y casi sin darnos cuenta de lo fácil que nos resulta. La forma más eficiente de empezar a participar es siendo concientes de que en nuestra sociedad hay quienes caminan y quienes no caminan, como hay altos y bajos, negros y blancos o gordos y delgados, si pensamos positivamente ya estaremos ayudando; si para ir al super respetamos el estacionamiento de la puerta porque esta marcado con una silla de ruedas, si al construir nuestra casa pedimos al arquitecto que haga una rampa con material y peralte adecuados para bajar la banqueta, si apoyamos cuando se pregunta si tal o cual construcción debe llevar rampas a demás de tres escalones para cada desnivel por

estético que parezca, o cuando el consultorio de rehabilitación y terapia física están en el primer piso y el elevador ahí no hace parada, o damos trabajo a esa persona que no puede caminar pero es excelente telefonista o sabe programar con eficiencia una computadora.

También electrónicamente se está participando, el desarrollo tecnológico no se detiene y yo espero que así sea que se siga diseñando y construyendo en todas las áreas pues es para beneficio de nuestra sociedad, del futuro de nuestro país.

## APENDICE



Industrial Blocks

LM555/LM555C

## LM555/LM555C Timer

## General Description

The LM555 is a highly stable device for generating accurate time delays or oscillation. Additional terminals are provided for triggering or resetting if desired. In the time delay mode of operation, the time is precisely controlled by one external resistor and capacitor. For astable operation as an oscillator, the free running frequency and duty cycle are accurately controlled with two external resistors and one capacitor. The circuit may be triggered and reset on falling waveforms, and the output circuit can source or sink up to 200 mA or drive TTL circuits.

- Adjustable duty cycle
- Output can source or sink 200 mA
- Output and supply TTL compatible
- Temperature stability better than 0.005% per °C
- Normally on and normally off output

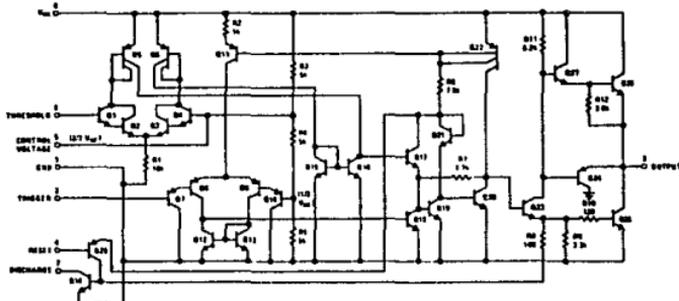
## Applications

## Features

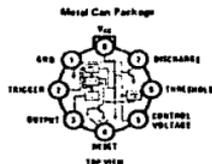
- Direct replacement for SE555/NE555
- Timing from microseconds through hours
- Operates in both astable and monostable modes

- Precision timing
- Pulse generation
- Sequential timing
- Time delay generation
- Pulse width modulation
- Pulse position modulation
- Linear ramp generator

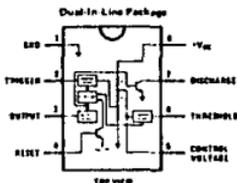
## Schematic Diagram



## Connection Diagrams



Order Number LM555M, LM555CN  
See NE Package HOBC



Order Number LM555CN  
See NS Package NOBB  
Order Number LM555J or LM555CJ  
See NS Package JOBA

## Absolute Maximum Ratings

Supply Voltage	+18V
Power Dissipation (Note 1)	600 mW
Operating Temperature Ranges	
LM555C	0°C to +70°C
LM555	-55°C to +125°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	300°C

Electrical Characteristics ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = +5\text{V}$  to  $+15\text{V}$ , unless otherwise specified)

PARAMETER	CONDITIONS	LIMITS						UNITS
		LM555			LM555C			
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Supply Voltage		4.5		18	4.5		18	V
Supply Current	$V_{CC} = 5\text{V}$ , $R_L = \infty$ $V_{CC} = 15\text{V}$ , $R_L = \infty$ (Low State) (Note 2)	3	5	12	3	5	15	mA
Timing Error, Monostable								%
Initial Accuracy			0.5			1		%
Drift with Temperature	$R_1, R_2 = 1\text{k}$ to $100\text{k}$ , $C = 0.1\ \mu\text{F}$ (Note 3)		30			50		ppm/°C
Accuracy over Temperature			1.5			1.5		%
Drift with Supply			0.05			0.1		%/V
Timing Error, Astable								%
Initial Accuracy			1.5			2.25		%
Drift with Temperature			80			150		ppm/°C
Accuracy over Temperature			2.5			3.0		%
Drift with Supply			0.15			0.30		%/V
Threshold Voltage			0.667			0.667		$\frac{1}{3}V_{CC}$
Trigger Voltage	$V_{CC} = 15\text{V}$ $V_{CC} = 5\text{V}$	4.8	5	5.2		5		V
Trigger Current		1.45	1.67	1.9		1.67		V
Rise Voltage			0.01	0.5		0.5	0.9	$\mu\text{A}$
Rise Current		0.4	0.5	1	0.4	0.5	1	V
Threshold Current	(Note 4)		0.1	0.25		0.1	0.25	$\mu\text{A}$
Control Voltage Level	$V_{CC} = 15\text{V}$ $V_{CC} = 5\text{V}$	9.6	10	10.4	9	10	11	V
Pin 7 Leakage Output High			2.9	3.33	3.8	2.6	3.33	V
Pin 7 Sat (Note 5)			1	100		1	100	nA
Output Low	$V_{CC} = 15\text{V}$ , $I_L = 15\text{ mA}$ $V_{CC} = 4.5\text{V}$ , $I_L = 4.5\text{ mA}$		150			180		mV
Output Low			70	100		80	200	mV
Output Voltage Drop (Low)	$V_{CC} = 15\text{V}$ $I_{\text{sink}} = 10\text{ mA}$ $I_{\text{sink}} = 50\text{ mA}$ $I_{\text{sink}} = 100\text{ mA}$ $I_{\text{sink}} = 200\text{ mA}$ $V_{CC} = 5\text{V}$ $I_{\text{sink}} = 8\text{ mA}$ $I_{\text{sink}} = 5\text{ mA}$		0.1	0.15		0.1	0.25	V
			0.4	0.5		0.4	0.75	V
			2	2.2		2	2.5	V
			2.5			2.5		V
			0.1	0.25				V
						0.25	0.35	V
Output Voltage Drop (High)	$I_{\text{source}} = 200\text{ mA}$ , $V_{CC} = 15\text{V}$ $I_{\text{source}} = 100\text{ mA}$ , $V_{CC} = 15\text{V}$ $V_{CC} = 5\text{V}$		12.5			12.5		V
			13	13.3		12.75	12.2	V
			3	3.3		2.75	3.3	V
Rise Time of Output			100			100		ns
Fall Time of Output			100			100		ns

Note 1: For operating at elevated temperatures the device must be derated based on a +150°C maximum junction temperature and a thermal resistance of +35°C/W junction to case for TO 8 and +150°C/W junction to ambient for both packages.

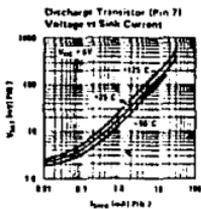
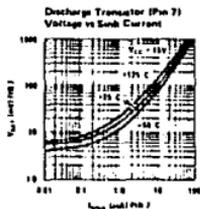
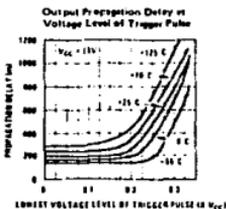
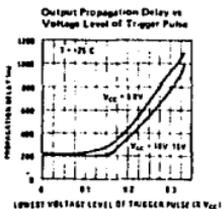
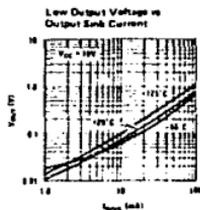
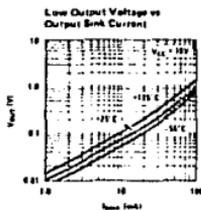
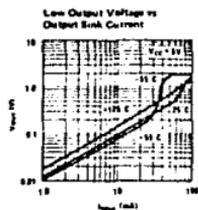
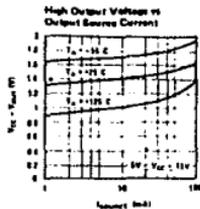
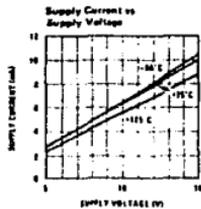
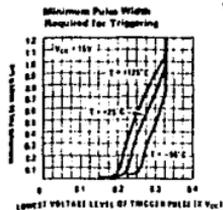
Note 2: Supply current when output high typically 1 mA less at  $V_{CC} = 5\text{V}$ .

Note 3: Tested at  $V_{CC} = 5\text{V}$  and  $V_{CC} = 15\text{V}$ .

Note 4: This test determines the maximum value of  $R_1$  and  $R_2$  for 15V operation. The maximum total ( $R_1 + R_2$ ) is 20 M $\Omega$ .

Note 5: No protection against excessive pin 7 current is necessary provided the package dissipation rating will not be exceeded.

## Typical Performance Characteristics



## Applications Information

## MONOSTABLE OPERATION

In this mode of operation, the timer functions as a one shot (Figure 1). The external capacitor is initially held discharged by a transistor inside the timer. Upon application of a negative trigger pulse of less than  $1/3 V_{CC}$  to pin 2, the flip-flop is set which both releases the short circuit across the capacitor and drives the output high.

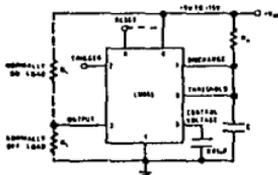
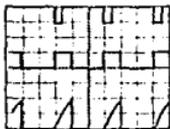


FIGURE 1. Monostable

The voltage across the capacitor then increases exponentially for a period of  $t = 1.1 R_A C$ , at the end of which time the voltage equals  $2/3 V_{CC}$ . The comparator then resets the flip-flop which in turn discharges the capacitor and drives the output to its low state. Figure 2 shows the waveforms generated in this mode of operation. Since the charge and the threshold level of the comparator are both directly proportional to supply voltage, the timing interval is independent of supply.



$V_{CC} = 5V$   
 $R_A = 10k\Omega$   
 $R_B = 10k\Omega$   
 $C = 0.01\mu F$

For Time: Scope 50 Sec  
 Model Time: Scope 10 Sec  
 Source Time: Counter Values 70 Sec

FIGURE 2. Monostable Waveforms

During the timing cycle when the output is high, the further application of a trigger pulse will not affect the circuit. However, the circuit can be reset during this time by the application of a negative pulse to the reset terminal (pin 4). The output will then remain in the low state until a trigger pulse is again applied.

When the reset function is not in use, it is recommended that it be connected to  $V_{CC}$  to avoid any possibility of false triggering.

Figure 3 is a nomograph for easy determination of  $R_A$ ,  $C$  values for various time delays.

NOTE: In monostable operation, the trigger should be driven high before the end of timing cycle.

## ASTABLE OPERATION

If the circuit is connected as shown in Figure 4 (pins 2 and 6 connected) it will trigger itself and free run as a

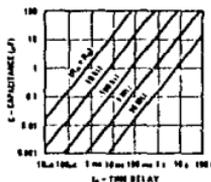


FIGURE 3. Time Delay

multivibrator. The external capacitor charges through  $R_A + R_B$  and discharges through  $R_B$ . Thus the duty cycle may be precisely set by the ratio of these two resistors.

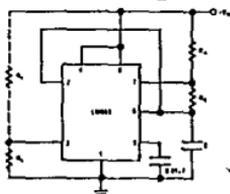


FIGURE 4. Astable

In this mode of operation, the capacitor charges and discharges between  $1/3 V_{CC}$  and  $2/3 V_{CC}$ . As in the triggered mode, the charge and discharge times, and therefore the frequency are independent of the supply voltage.

Figure 5 shows the waveforms generated in this mode of operation.



$V_{CC} = 5V$   
 $R_A = 10k\Omega$   
 $R_B = 10k\Omega$   
 $C = 0.01\mu F$

For Time: Scope 50 Sec  
 Model Time: Counter Values 70 Sec

FIGURE 5. Astable Waveforms

The charge time [output high] is given by:

$$t_1 = 0.693 (R_A + R_B) C$$

And the discharge time [output low] by:

$$t_2 = 0.693 (R_B) C$$

Thus the total period is:

$$T = t_1 + t_2 = 0.693 (R_A + 2R_B) C$$

## Applications Information (Continued)

The frequency of oscillation is:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1.44}{(R_A + 2R_B)C}$$

Figure 6 may be used for quick determination of these RC values.

The duty cycle is:  $D = \frac{R_B}{R_A + 2R_B}$

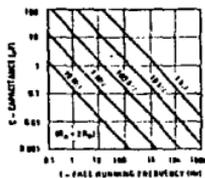


FIGURE 6. Free Running Frequency

### FREQUENCY DIVIDER

The monostable circuit of Figure 1 can be used as a frequency divider by adjusting the length of the timing cycle. Figure 7 shows the waveforms generated in a divide by three circuit.

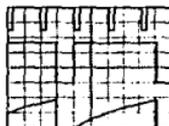


Fig. 7  
 100V - 50V/div  
 100ns - 20ns/div  
 R<sub>A</sub> = 10kΩ  
 C = 0.001μF

FIGURE 7. Frequency Divider

### PULSE WIDTH MODULATOR

When the timer is connected in the monostable mode and triggered with a continuous pulse train, the output pulse width can be modulated by a signal applied to pin 5. Figure 8 shows the circuit, and in Figure 9 are some waveform examples.

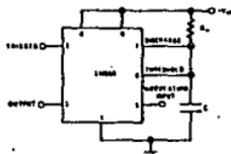


FIGURE 8. Pulse Width Modulator



Fig. 9  
 100V - 50V/div  
 100ns - 20ns/div  
 R<sub>A</sub> = 10kΩ  
 C = 0.001μF

FIGURE 9. Pulse Width Modulator

### PULSE POSITION MODULATOR

This application uses the timer connected for astable operation, as in Figure 10, with a modulating signal again applied to the control voltage terminal. The pulse position varies with the modulating signal, since the threshold varies with the modulating signal, and hence the time delay is varied. Figure 11 shows the waveforms generated for a triangle wave modulation signal.

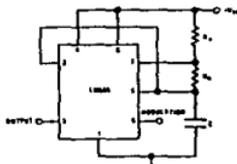


FIGURE 10. Pulse Position Modulator



Fig. 11  
 100V - 50V/div  
 100ns - 20ns/div  
 R<sub>A</sub> = 10kΩ  
 R<sub>B</sub> = 10kΩ  
 C = 0.001μF

FIGURE 11. Pulse Position Modulator

### LINEAR RAMP

When the pullup resistor,  $R_A$ , in the monostable circuit is replaced by a constant current source, a linear ramp is

## Applications Information (Continued)

generated. Figure 12 shows a circuit configuration that will perform this function.

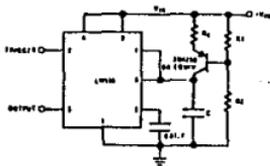


FIGURE 12.

Figure 13 shows waveforms generated by the linear ramp.

The time interval is given by:

$$T = \frac{2/3 V_{CC} R_1 (R_1 + R_2) C}{R_1 V_{CC} - V_{BE} (R_1 + R_2)}$$

$V_{BE} \approx 0.6V$



Pin 1 to GND  
 100kΩ ± 5% 5W  
 $R_1 = 10k\Omega$   
 $R_2 = 100k\Omega$   
 $R_3 = 22k\Omega$   
 $C = 10\mu F$

Pin 4 from Input to  
 100kΩ ± 5% 5W  
 100kΩ ± 5% 5W  
 100kΩ ± 5% 5W

FIGURE 13. Linear Ramp

## 50% DUTY CYCLE OSCILLATOR

For a 50% duty cycle, the resistors  $R_A$  and  $R_B$  may be connected as in Figure 14. The time period for the out-

put high is the same as previous,  $t_1 = 0.693 R_A C$ . For the output low it is  $t_2 =$

$$[(R_A R_B)/(R_A + R_B)] C \ln \left[ \frac{R_B - 2R_A}{2R_B - R_A} \right]$$

Thus the frequency of oscillation is  $f = \frac{1}{t_1 + t_2}$

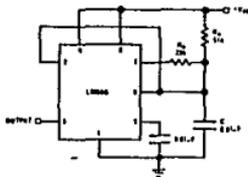


FIGURE 14. 50% Duty Cycle Oscillator

Note that this circuit will not oscillate if  $R_B$  is greater than  $1/2 R_A$  because the junction of  $R_A$  and  $R_B$  cannot bring pin 2 down to  $1/3 V_{CC}$  and trigger the lower comparator.

## ADDITIONAL INFORMATION

Adequate power supply bypassing is necessary to protect associated circuitry. Minimum recommended is 0.1µF in parallel with 1µF electrolytic.

Lower comparator storage time can be as long as 10µs when pin 2 is driven fully to ground for triggering. This limits the monostable pulse width to 10µs minimum.

Delay time reset to output is 0.47µs typical. Minimum reset pulse width must be 0.3µs, typical.

Pin 7 current switches within 30 ns of the output (pin 3) voltage.

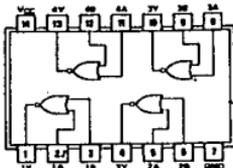
## 54/74 FAMILIES OF COMPATIBLE TTL CIRCUITS

QUADRUPLE 2-INPUT  
POSITIVE-NOR GATES

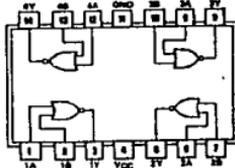
02

positive logic:  
 $Y = \overline{A+B}$ 

See page 6-8



SN5402 (J)	SN7402 (J, N)
SN54LO2 (J)	SN74LO2 (J, N)
SN54LS02 (J, W)	SN74LS02 (J, N)
SN54S02 (J, W)	SN74S02 (J, N)



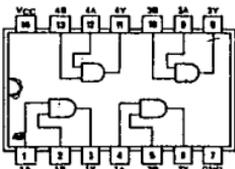
SN5402 (W)
SN54LO2 (T)

QUADRUPLE 2-INPUT  
POSITIVE-AND GATES

08

positive logic:  
 $Y = AB$ 

See page 6-10



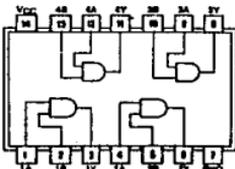
SN5408 (J, W)	SN7408 (J, N)
SN54LS08 (J, W)	SN74LS08 (J, N)
SN54S08 (J, W)	SN74S08 (J, N)

QUADRUPLE 2-INPUT  
POSITIVE-AND GATES  
WITH OPEN-COLLECTOR OUTPUTS

09

positive logic:  
 $Y = AB$ 

See page 6-12



SN5409 (J, W)	SN7409 (J, N)
SN54LS09 (J, W)	SN74LS09 (J, N)
SN54S09 (J, W)	SN74S09 (J, N)

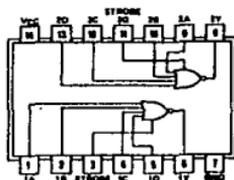
DUAL 4-INPUT  
POSITIVE-NOR GATES  
WITH STROBE

25

positive logic:

$$Y = \overline{G(A+B+C+D)}$$

See page 6-8



SN5425 (J, W) SN7425 (J, N)

## PIN ASSIGNMENTS (TOP VIEWS)

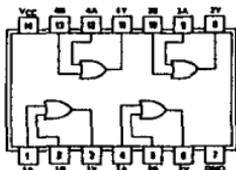
QUADRUPLE 2-INPUT  
POSITIVE-OR GATES

32

positive logic:

$$Y = A+B$$

See page 6-28

SN5432 (J, W) SN7432 (J, N)  
SN54LS32 (J, W) SN74LS32 (J, N)  
SN54832 (J, W) SN74832 (J, N)

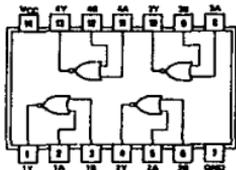
QUADRUPLE 2-INPUT  
POSITIVE-NOR BUFFERS  
WITH OPEN-COLLECTOR OUTPUTS

33

positive logic:

$$Y = A+B$$

See pages 6-24 and 6-28

SN5433 (J, W) SN7433 (J, N)  
SN54LS33 (J, W) SN74LS33 (J, N)

## QUADRUPLE 2-INPUT EXCLUSIVE-OR GATES

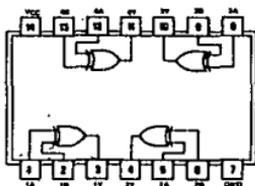
$$86 \quad Y = A \oplus B = \bar{A}B + A\bar{B}$$

FUNCTION TABLE

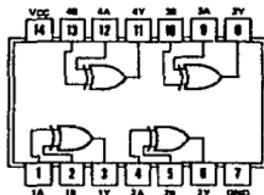
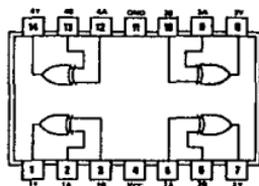
INPUTS		OUTPUT
A	B	Y
L	L	L
L	H	H
H	L	H
H	H	L

H = high level, L = low level

See page 7-55



SN54L86 (J) SN74L86 (J, N)

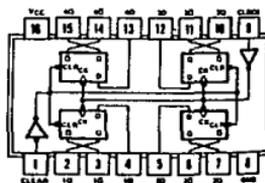
SN5486 (J, W) SN7486 (J, N)  
SN54LS86 (J, W) SN74LS86 (J, N)  
SN54S86 (J, W) SN74S86 (J, N)

SN54LB86 (T)

## QUAD D-TYPE FLIP-FLOPS

176  
COMPLEMENTARY OUTPUTS  
COMMON DIRECT CLEAR

See page 7-253

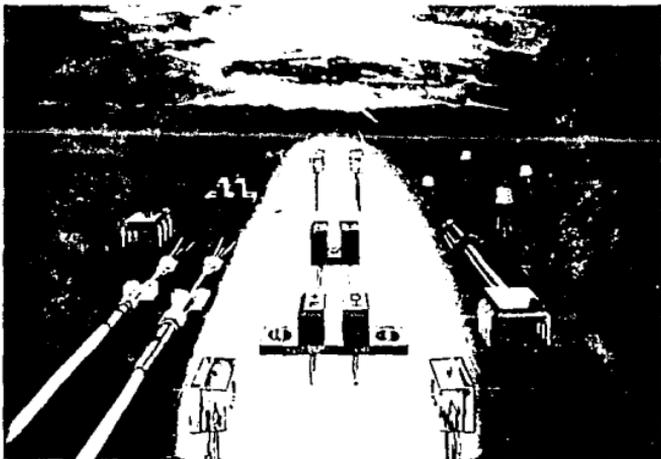
SN54175 (J, W) SN74175 (J, N)  
SN54LS175 (J, W) SN74LS175 (J, N)  
SN54S175 (J, W) SN74S175 (J, N)

# OPTOELECTRONICS

## General Information

Motorola Optoelectronic products include gallium arsenide infrared-emitting diodes, silicon photodetectors, optocouplers/isolators, and slotted coupler/interrupters. Fiber Optic components are presented in Sections 5 through 8. Motorola is a leader in high technology optocouplers as demonstrated in the 400 volt, zero-crossing triac drivers, the Schmitt trigger optocouplers, the 400 volt transistor optocouplers, and the isolation voltage of 7500 Vac peak, the highest available.

The broad optocoupler line includes nearly all the transistor, Darlingtion, SCR, triac driver, Schmitt trigger, high voltage transistor and linear output devices now available in the industry. All Motorola optocouplers are in the standard 6-pin DIP package. Each device is presented in the easy-to-use Selector Guide and is included in a detailed data sheet in a succeeding section.



# The Motorola Spectrum of

1

## OPTOELECTRONICS

### INFRARED-LIGHT-EMITTING DIODES

The infrared-light-emitting diode emits radiation in the near infrared region when forward bias current ( $I_F$ ) flows through the PN junction. The light output power ( $P_O$ ) is a function of the drive current ( $I_F$ ) and is measured in milliwatts.

Infrared-light-emitting diodes are used together with photosensors.

FIGURE 1

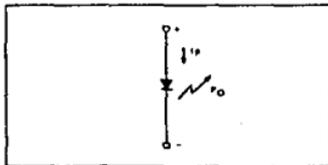
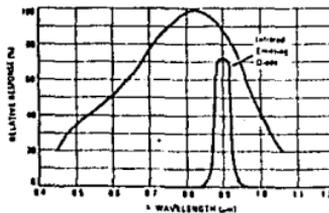


FIGURE 2 - Constant Energy Spectral Response



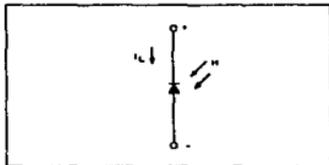
### PHOTOSENSORS

Silicon photosensors respond to the entire visible radiation range as well as to the near infrared radiation range. The radiation response of a photosensor is a function of the material and the diffusion depth of the light-sensitive PN junction. All silicon photosensors (diodes, transistors, darlington's, triacs) show the same basic radiation frequency response which peaks in the near infrared radiation range. Therefore, the sensitivity range of Motorola silicon sensors is ideally suited to Motorola infrared-emitting diodes.

### Photodiodes

Radiation falling at the PN junction will generate hole electron pairs which cause the carriers to move, thus causing a current flow ( $I_L$ ). The power density of the radiation  $H$  (measured in  $mW/cm^2$ ) determines the current flow,  $I_L$ . At zero radiation, a small leakage current, called dark current ( $I_D$ ) will remain.

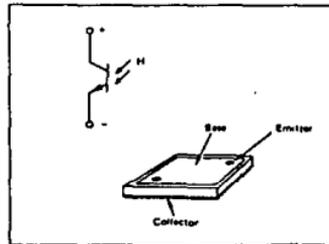
FIGURE 3



### Phototransistors

The phototransistor is a light radiation controlled transistor. The collector base junction is collaged and works as a reversed biased photodiode controlling the transistor. The collector current,  $I_{LC}$ , depends on the radiation density ( $H$ ) and the dc current gain of the transistor. Under dark condition, the transistor is switched off; the remaining leakage current,  $I_{CEO}$ , is called collector dark current.

FIGURE 4

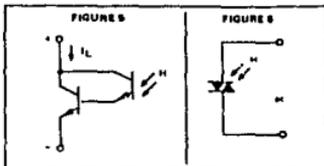


### Photodarlington

The photodarlington works on the same principle as a photo-transistor. The collector base junction of the driver transistor is radiation sensitive and controls the driver transistor. The driver transistor controls the following transistor. The darlington configuration yields a high current gain which results in a photodetector with very high light sensitivity.

### Phototriacs

The gate of the phototriac is radiation sensitive and triggers the triac at a certain specified radiation density (R). At dark condition, the triac is not triggered. The remaining leakage current is called peak blocking current (I<sub>PKM</sub>). The device is bilateral and designed to switch ac signals.



## Optocouplers/Isolators

### ISOLATORS

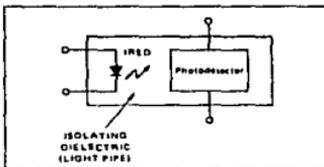
An optoelectronic isolator contains both an IRED and a photodetector in the same package, arranged so that energy radiated from the IRED is efficiently coupled to the detector through a clear, isolating dielectric. An opaque material surrounds the dielectric and provides ambient light protection.

Since there is no electrical connection between input and output, and since gallium-arsenide emitters and silicon detectors cannot reverse their roles, a signal is able to pass through the isolator in one direction only. To a degree determined by the package input-output capacitance and dielectric characteristics, the device is unresponsive to common mode input signals and provides input circuitry protection from the output circuit environment. Ground loop prevention, dc level shifting, and logic control of high voltage power circuitry are therefore typical areas where isolators are very useful.

The measure of an isolator's ability to efficiently pass a desired signal is most commonly referred to as Current Transfer Ratio (CTR). It is dependent upon the radiative efficiency of the IRED, the spacing between the IRED and the detector, the area and sensitivity of the detector, and the amplifying gain of the detector. It is subject to the nonlinearities (current, voltage, temperature) of both chips, causing a rather complex transfer function which should be evaluated closely when used at non-specified conditions.

The ability of an isolator to provide standoff protection is usually expressed as an Isolation Surge Voltage and is essentially a measure of the integrity of the package and the dielectric strength of the insulating materials.

FIGURE 7 - BASIC OPTO ISOLATOR (COUPLER)



### ISOLATION VOLTAGE

The primary function of an optoelectronic isolator is to provide electrical separation between input and output, especially in the presence of high voltages. The amount of stress that an isolator can safely withstand and the stability of this protection varies considerably with package construction techniques used.

Figure 8 shows an older isolation technique, where the light transmission medium is a small amount of a clear, silicone-rubber type of material. Surrounding it is usually a black epoxy or phenolic compound. It has been found that the weakest point in this approach is the interface between the "light-pipe" and the overmold. It is a relatively short path between lead frames along this interface, and the two materials are dissimilar enough that the integrity of the interface is usually poor. This technique


**MOTOROLA**
**PHOTOTRANSISTOR AND PHOTODARLINGTON  
OPTOCOUPERS**

Extensive series of popular industry couplers in the standard dual-in-line plastic package.

- High Isolation Voltage — 7500 V  
All Motorola couplers are specified at 7500 Vac peak (5 seconds). This usually exceeds the originator's specification.
- Specifications Correspond to Originator's Specifications  
All parameters other than isolation voltages are tested to the originator's specifications (both condition and limits), including parameters which may not be shown on this data sheet.
- UL Recognition, File No. E54915  
All Motorola devices shown here are UL Recognized.

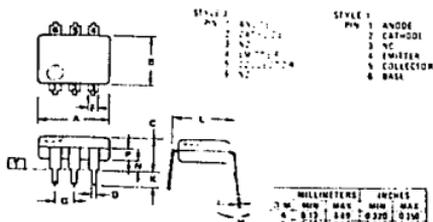
**OPTO  
COUPLERS/ISOLATORS**
**Transistor Couplers**

H11A1, 2, 3, 4, 5  
H11A520, 550, 5100  
IL1, 12, 74  
MCT2, 2E, 28  
MCT271, 272, 273  
MCT274, 275, 277  
TIL111, 112, 114, 115  
TIL116, 117, 118  
TIL124, 125, 126  
TIL153, 154, 155

**Darlington Couplers**

H11B1, 2, 3, 255  
MCA230, 231, 255  
TIL113, 119, 127, 128  
TIL156, 157

TIL110, 119, 128 '57 ONLY ALL OTHERS


**NOTES**

- 1 DIMENSIONS A AND B ARE DATUMS
- 2 (T) IS SEATING PLANE
- 3 POSITIONAL TOLERANCES FOR LEADS  
 $\pm 0.010$  IN ANY PLANE  
 $\pm 0.010$  IN ANY PLANE
- 4 DIMENSION L TO CENTER OF LEADS  
WHEN FORMED PARALLEL
- 5 DIMENSIONING AND TOLERANCING PER  
ANSI Y14.5-1973

**CASE 730A-01**
**PLASTIC PACKAGE**

**CASE 730A-01**

## OPTO COUPLERS ISOLATORS

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T<sub>a</sub> = 25°C unless otherwise noted)

PARAMETER	Current Transfer Ratio		Isolation Voltage (1)		Saturation Voltage			Collector Dark Current	Collector-Emitter Breakdown Voltage	LED Forward Voltage			
TEST CONDITION	I <sub>f</sub> and V <sub>CE</sub> as shown		Input to Output		I <sub>f</sub> and I <sub>C</sub> as shown			V <sub>CE</sub> as shown	I <sub>C</sub> as shown	I <sub>f</sub> as shown			
SYMBOL	CTR		V <sub>ISO</sub> Volts Peak		V <sub>CE(SAT)</sub> Volts			I <sub>CD</sub> nA	V <sub>BR(CEO)</sub> Volts	V <sub>F</sub> Volts			
Device Type	I <sub>f</sub> % Min	I <sub>f</sub> % Max	V <sub>CE</sub> Volts	Min	Max	I <sub>f</sub> nA	I <sub>C</sub> mA	V <sub>CE</sub> Volts	I <sub>C</sub> mA	Max	I <sub>f</sub> mA		
H1A1	50	10	10	7500	0.4	10	0.5	50	10	30	10	1.5	10
H1A2	20	10	10	7500	0.4	10	0.5	50	10	30	10	1.5	10
H1A3	20	10	10	7500	0.4	10	0.5	50	10	30	10	1.5	10
H1A4	10	10	10	7500	0.4	10	0.5	50	10	30	10	1.5	10
H1A5	30	10	10	7500	0.4	10	0.5	100	10	30	10	1.7	10
H1A520	10	10	10	7500	0.4	20	2.0	50	10	30	10	1.5	10
H1A550	50	10	10	7500	0.4	20	2.0	50	10	30	10	1.5	10
H1A5100	100	10	10	7500	0.4	20	2.0	50	10	30	10	1.5	10
H1B1*	500	1.0	5.0	7500	1.0	1.0	1.0	100	10	25	10	1.5	10
H1B2*	200	1.0	5.0	7500	1.0	1.0	1.0	100	10	25	10	1.5	10
H1B3*	100	1.0	5.0	7500	1.0	1.0	1.0	100	10	25	10	1.5	10
H1B255*	100	1.0	5.0	7500	—	—	—	100	10	55	0.1	1.5	20
IL1	20	10	10	7500	0.5	16	1.8	50	10	30	1.0	1.5	60
IL12	10	10	5.0	7500	—	—	—	250	5.0	20	1.0	1.5	10
IL74	12.5	18	5.0	7500	0.5	16	2.0	500	5.0	20	1.0	1.75	10
MCA230*	100	1.0	5.0	7500	1.0	50	50	100	10	30	0.1	1.5	20
MCA231*	200	1.0	5.0	7500	1.2	10	50	100	10	30	1.0	1.5	20
MCA255*	100	1.0	5.0	7500	1.0	50	50	100	10	55	0.1	1.5	20
MCT2	20	10	10	7500	0.4	16	2.0	50	10	30	1.0	1.5	20
MCT26	20	10	10	7500	0.4	16	2.0	50	10	30	1.0	1.5	20
MCT26	6.0	10	10	7500	0.5	60	16	100	5.0	30	1.0	1.5	20
MCT271	45	10	10	7500	0.4	16	2.0	50	10	30	1.0	1.5	20
MCT272	75	10	10	7500	0.4	16	2.0	50	10	30	1.0	1.5	20
MCT273	125	10	10	7500	0.4	16	2.0	50	10	30	1.0	1.5	20
MCT274	225	10	10	7500	0.4	16	2.0	50	10	30	1.0	1.5	20
MCT275	70	10	10	7500	0.4	16	2.0	50	10	30	1.0	1.5	20
MCT277	100	10	10	7500	—	—	—	50	10	30	1.0	1.5	20
TL111	8.0	16	0.4	7500	0.4	16	2.0	50	10	30	1.0	1.4	18
TL112	2.0	10	5.0	7500	0.5	50	2.0	100	5.0	20	1.0	1.5	10
TL113*	300	10	1.0	7500	1.0	125	50	100	10	30	1.0	1.5	10
TL114	8.0	16	0.4	7500	0.4	16	2.0	50	10	30	1.0	1.4	18
TL115	2.0	10	5.0	7500	0.5	50	2.0	100	5.0	20	1.0	1.5	10
TL116	20	10	10	7500	0.4	15	2.7	50	10	30	1.0	1.5	60
TL117	50	10	10	7500	0.4	10	0.5	50	10	30	1.0	1.4	18
TL118-2	10	10	5.0	1500	0.5	50	2.0	100	5.0	20	1.0	1.5	10
TL119-2	300	10	2.0	7500	1.0	10	10	100	10	30	1.0	1.5	10
TL124	10	10	10	7500	0.4	10	1.0	50	10	30	1.0	1.4	10
TL125	20	10	10	7500	0.4	10	1.0	50	10	30	1.0	1.4	10
TL126	50	10	10	7500	0.4	10	1.0	50	10	30	1.0	1.4	10
TL127*	300	10	1.0	7500	1.0	50	125	100	10	30	1.0	1.5	10
TL128-2	300	10	2.0	7500	1.0	10	10	100	10	30	1.0	1.5	10
TL153	10	10	10	7500	0.4	10	1.0	50	10	30	1.0	1.4	10
TL154	20	10	10	7500	0.4	10	1.0	50	10	30	1.0	1.4	10
TL156	50	10	10	7500	0.4	10	1.0	50	10	30	1.0	1.4	10
TL156*	300	10	1.0	7500	1.0	50	125	100	10	30	1.0	1.5	10
TL157-2	300	10	2.0	7500	1.0	10	10	100	10	30	1.0	1.5	10

\*Darlington

(1) Isolation Surge Voltage V<sub>ISO</sub> is an internal device dielectric breakdown rating

For this test LED pins 1 and 2 are common and phototransistor pins 4, 5, and 8 are common

(2) See Case 730A 01, Style J

## SILICON EPITAXIAL-BASE POWER TRANSISTORS

N-P-N transistors in a SOT-32 plastic envelope, intended for use in complementary output stages of audio amplifiers up to 15 W.

The complementary pairs are BD433/BD434, BD435/BD436 and BD437/BD438.

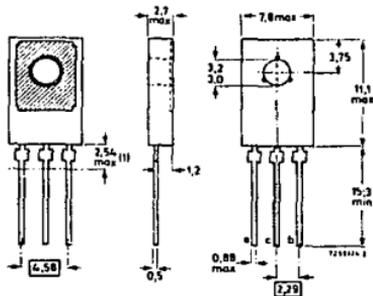
QUICK REFERENCE DATA					
		BD433	BD435	BD437	
Collector-emitter voltage ( $V_{BE} = 0$ )	$V_{CES}$	max. 22	32	45	V
Collector-emitter voltage (open base)	$V_{CEO}$	max. 22	32	45	V
Collector current (peak value)	$I_{CM}$	max. 7	7	7	A
Total power dissipation up to $T_{mb} = 25^\circ\text{C}$	$P_{tot}$	max. 36	36	36	W
D.C. current gain $I_C = 2\text{ A}; V_{CE} = 1\text{ V}$	$h_{FE}$	> 50	50	40	
Transition frequency $I_C = 250\text{ mA}; V_{CE} = 1\text{ V}$	$f_T$	> 3	3	3	MHz

### MECHANICAL DATA

TU-126 (SOT-32)

Collector connected  
to metal part of  
mounting surface

Dimensions in mm



For mounting instructions see section Accessories, set 56333 for insulated mounting and set 56326 for non-insulated mounting.

\* Within this region the cross-section of the leads is uncontrolled.

BD434; BD436;  
BD438

## SILICON EPITAXIAL-BASE POWER TRANSISTORS

P-N-P transistors in a SOT-32 plastic envelope, intended for use in complementary output stages of audio amplifiers up to 15 W.

The complementary pairs are BD433/BD434, BD435/BD436 and BD437/BD438.

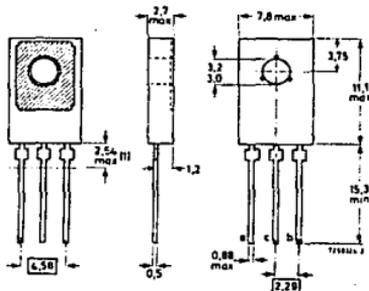
QUICK REFERENCE DATA					
		BD434	BD436	BD438	
Collector-emitter voltage ( $-V_{BE} = 0$ )	$-V_{CES}$ max.	22	32	45	V
Collector-emitter voltage (open base)	$-V_{CRO}$ max.	22	32	45	V
Collector current (peak value)	$-I_{CM}$ max.	7	7	7	A
Total power dissipation up to $T_{mb} = 25^\circ\text{C}$	$P_{tot}$ max.	36	36	36	W
D.C. current gain	$h_{FE}$	> 50	50	40	
$-I_C = 2\text{ A}; -V_{CE} = 1\text{ V}$					
Transition frequency	$f_T$	> 3	3	3	MHz
$-I_C = 250\text{ mA}; -V_{CE} = 1\text{ V}$					

### MECHANICAL DATA

TO-126 (SOT-32)

Collector connected to metal part of mounting surface

Dimensions in mm



For mounting instructions see section Accessories, set 56333 for insulated mounting and 56326 for non-insulated mounting.

<sup>1)</sup> Within this region the cross-section of the leads is uncontrolled.

E  
EBD433; BD435;  
BD437

RATINGS Limiting values in accordance with the Absolute Maximum System (IEC 134)

Voltages

		BD433	BD435	BD437	
Collector-base voltage (open emitter)	$V_{CB0}$	max. 22	32	45	V
Collector-emitter voltage ( $V_{BE} = 0$ )	$V_{CES}$	max. 22	32	45	V
Collector-emitter voltage (open base)	$V_{CEO}$	max. 22	32	45	V
Emitter-base voltage (open collector)	$V_{EBO}$	max. 5	5	5	V

Currents

Collector current (d. c.)	$I_C$	max.	4	A
Collector current (peak value)	$I_{CM}$	max.	7	A
Base current (d. c.)	$I_B$	max.	1	A

Power dissipation

Total power dissipation up to $T_{mb} = 25^\circ\text{C}$	$P_{tot}$	max.	36	W
---	-----------	------	----	---

Temperatures

Storage temperature	$T_{stg}$	-65 to +150	$^\circ\text{C}$
junction temperature	$T_j$	max. 150	$^\circ\text{C}$

## THERMAL RESISTANCE

From junction to mounting base	$R_{th\ j-mb}$	=	3,5	$^\circ\text{C/W}$
From junction to ambient in free air	$R_{th\ j-a}$	=	100	$^\circ\text{C/W}$

**BD433; BD435;  
BD437**
**CHARACTERISTICS**
 $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$  unless otherwise specified

Collector cut-off current

$I_E = 0; V_{CE} = V_{CE0\max}$	$I_{CBO}$	<	100	$\mu\text{A}$
$I_E = 0; V_{CE} = 10\text{ V}; T_J = 150\text{ }^\circ\text{C}$	$I_{CBO}$	<	1	$\text{mA}$
$I_E = 0; V_{CE} = V_{CE0\max}; T_J = 150\text{ }^\circ\text{C}$	$I_{CBO}$	<	3	$\text{mA}$

Emitter cut-off current

$I_C = 0; V_{EB} = 5\text{ V}$	$I_{EBO}$	<	1	$\text{mA}$
--------------------------------	-----------	---	---	-------------

Knee voltage

		BD433	BD435	BD437
$I_C = 2\text{ A}; I_B = \text{value for which } I_C = 2,2\text{ A at } V_{CE} = 1\text{ V}$	$V_{CEK}$	< 0,5	-	-

Base-emitter voltage  $V_{BE}$ 

$I_C = 10\text{ mA}; V_{CE} = 5\text{ V}$	$V_{BE}$	typ.	580	580	580	$\text{mV}$
$I_C = 2\text{ A}; V_{CE} = 1\text{ V}$	$V_{BE}$	<	1,1	1,1	-	$\text{V}$
$I_C = 3\text{ A}; V_{CE} = 1\text{ V}$	$V_{BE}$	<	-	-	1,3	$\text{V}$

Collector-emitter saturation voltage

$I_C = 2\text{ A}; I_B = 0,2\text{ A}$	$V_{CEsat}$	<	0,5	0,5	-	$\text{V}$
$I_C = 3\text{ A}; I_B = 0,3\text{ A}$	$V_{CEsat}$	<	-	-	0,7	$\text{V}$

D.C. current gain

$I_C = 10\text{ mA}; V_{CE} = 5\text{ V}$	$h_{FE}$	>	25	25	25
$I_C = 500\text{ mA}; V_{CE} = 1\text{ V}$	$h_{FE}$	>	85	85	85
$I_C = 2\text{ A}; V_{CE} = 1\text{ V}$	$h_{FE}$	>	475	475	475
$I_C = 3\text{ A}; V_{CE} = 1\text{ V}$	$h_{FE}$	>	50	50	40
	$h_{FE}$	>	-	-	30

Transition frequency at  $f = 1\text{ MHz}$ 

$I_C = 250\text{ mA}; V_{CE} = 1\text{ V}$	$f_T$	>	3	$\text{MHz}$
--	-------	---	---	--------------

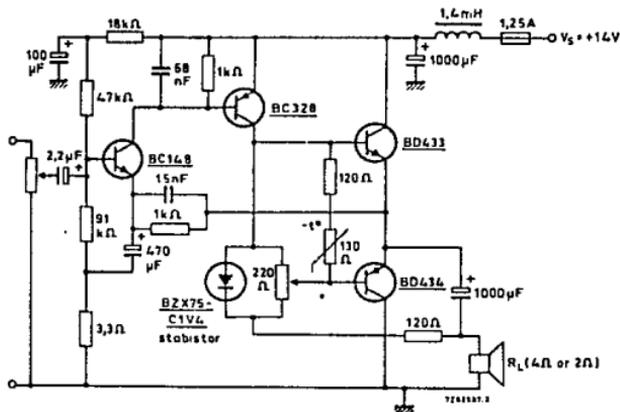
D.C. current gain ratio of the complementary pairs

$ I_C  = 500\text{ mA};  V_{CE}  = 1\text{ V}$				
BD433/BD434 and BD435/BD436	$h_{FE1}/h_{FE2}$	<	1,4	
BD437/BD438	$h_{FE1}/h_{FE2}$	<	1,8	

b)  $V_{BE}$  decreases by typ. 2,1 mV/ $^\circ\text{C}$  with increasing temperature.

**BD433; BD435;  
BD437**
**APPLICATION INFORMATION**

Basic circuit diagram of a 6 W car-radio audio amplifier.


**Typical performance:**

 Output power at  $d_{tot} = 10\%$  and  $R_L = 4 \Omega$ 

$$P_o \approx 6 \text{ W}$$

 Output power at  $d_{tot} = 10\%$  and  $R_L = 2 \Omega$ 

$$P_o \approx 8 \text{ W}$$

 Input voltage for  $P_o = 5 \text{ W}$ ;  $R_L = 4 \Omega$ 

$$V_{i(rms)} \approx 20 \text{ mV}$$

$$V_{i(rms)} \approx 15 \text{ mV}$$

Input impedance

$$z_i \approx 20 \text{ k}\Omega$$

Collector quiescent current of output transistors

$$|I_{CQ}| \approx 10 \text{ mA}$$

 Collector current of BC328<sup>1)</sup>

$$-I_C \approx 50 \text{ mA}$$

 Total current consumption at  $P_o = 6 \text{ W}$ 

$$I_{tot} \approx 580 \text{ mA}$$

Frequency response (-3 dB)

$$0, 1 \text{ to } 12 \text{ kHz}$$

Total thermal resistance per output transistor

$$R_{th \text{ J-a}} \text{ max. } 26,5 \text{ }^\circ\text{C/W}$$

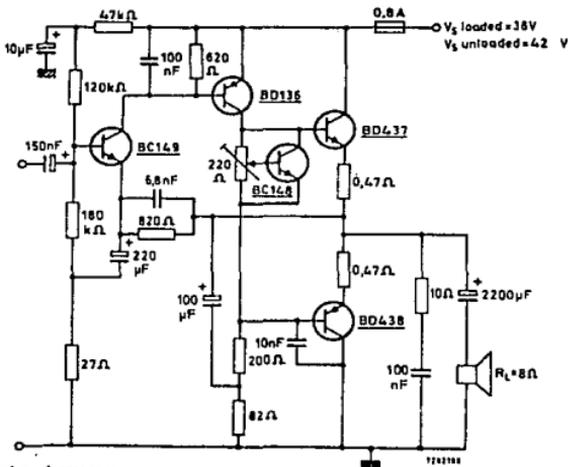
Stable continuous operation is ensured up to an ambient temperature of 60 °C

The amplifier is overdrive proof and short circuit proof.

<sup>1)</sup> Area of printed wiring copper around collector lead = 1 cm<sup>2</sup>.

**BD433; BD435;  
BD437**
**APPLICATION INFORMATION (continued)**

Basic circuit diagram of a 15 W high quality amplifier.


**Typical performance:**

Output power at $d_{tot} = 1\%$	$P_O$	$\geq$	15	W
Input voltage for $P_O = 10$ W	$V_{i(rms)}$		360	mV
Input impedance	$z_i$		100	$k\Omega$
Output impedance	$z_o$		0.15	$\Omega$
Collector quiescent current of output transistors	$I_{CQ}$		10	mA
Collector current of BD136	$I_C$		72	mA
Collector current of BC149	$I_C$		1.5	mA
Total current consumption at $P_O = 15$ W	$I_{tot}$		710	mA
Frequency response ( $-3$ dB)			30 Hz to 30	kHz
Total thermal resistance per output transistor	$R_{th j-a}$	max.	18	$^{\circ}C/W$
Total thermal resistance of the BD136	$R_{th j-a}$	max.	44	$^{\circ}C/W$

 Stable continuous operation is ensured up to an ambient temperature of 45  $^{\circ}C$ .

## BIBLIOGRAFIA

1. Análisis y diseño de sistemas  
Senn  
Mc Graw Hill
2. Artículo: "Cerebral Palsy"  
Special Areas of Practice
3. Artículo : "El Niño Espástico"  
Departamento de Fisioterapia  
Hospital Shriners de México
4. Circuitos de Computadora  
Saul Ritterman  
Mc Graw Hill
5. Circuitos de Potencia de Estado Sólido  
R.C.A.  
Orba
6. Digital Principles and Applications.  
Malvino Leach  
Mc Graw Hill
7. Diseño con Circuitos Integrados TTL  
Texas Instruments  
Mc Graw Hill

**8. Electrónica Cuatro**

Harry Mileaf

Limusa

**9. Electrónica Práctica**

Compilado Equipo Editorial Mc Graw Hill

**10. Electrónica Teoría de Circuitos**

Boylestad - Nashelsky

Prentice Hall

**11. Enciclopedia Médica Nuestros Hijos**

Eduardo del Castillo Jaquiolot

Editorial Cumbre

**12. Linear Data Book**

National Semiconductors

**13. Lógica Digital y Diseño de Computadores**

Morris Mano

Prentice Hall

**14. Principios de Electrónica**

Albert Paul Malvino

Mc Graw Hill

**15. TTL Data Book**

Texas Instruments