



UNIVERSIDAD POLITECNICA  
SALESIANA  
SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Tesis previa a la obtención del Título de Tecnólogo Electrónico

**“Sistema para mejoramiento de motricidad e integración sensorial de niños con discapacidad auditiva y mental”**

**Autores:**

Edisson Ismael Tintín Durán  
Pablo Andrés Portocarrero Márquez

**Director:**

Ing. Fredy Marcelo Rivera Calle

Cuenca – Ecuador

2015



Sistema para mejoramiento de motricidad e  
integración sensorial de niños con discapacidad  
auditiva y mental

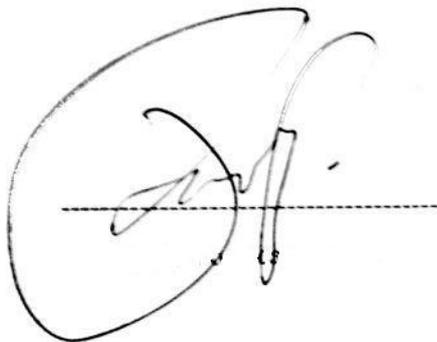
Pablo Andres Portocarrero Marquez - Edison Ismael Tintín Durán

2012

## DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Edison Ismael Tintín Durán y Pablo Andrés Portocarrero Márquez, declaramos que el trabajo aquí desarrollado es de nuestra autoría, el diseño, investigación, construcción y pruebas, así como las conclusiones, recomendaciones son de nuestra responsabilidad y otorgamos a la Universidad Politécnica Salesiana la libertad de divulgación de este documento únicamente para propósitos académicos o investigativos.

Cuenca, Enero del 2012

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized 'P' followed by 'A. M.', written over a horizontal dashed line.

Pablo Portocarrero M.

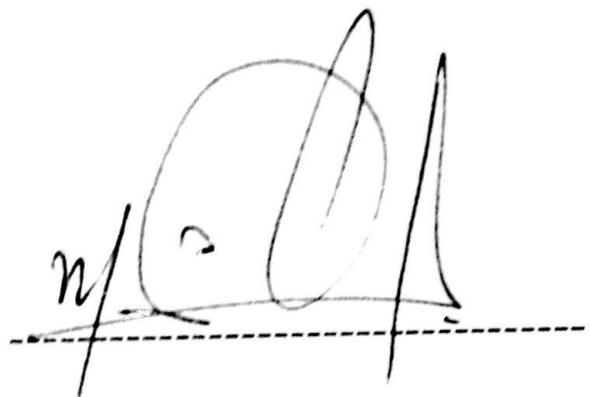
A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized 'I' followed by 'D.', written over a horizontal dashed line.

Ismael Tintín D.

## CERTIFICACIÓN

Yo, Ing, Fredy Rivera

Certifico que el presente documento fue desarrollado por los Sres. Edison Ismael Tintín Durán y Pablo Andres Portocarrero Marquez, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized 'R' followed by a vertical stroke, positioned above a horizontal dashed line.

Ing. Fredy Rivera.

# Índice general

<b>1. Generalidades de la integración en niños con deficiencia</b>	<b>5</b>
1.1. Importancia de la integración sensorial de niños con discapacidad . . .	5
1.2. Principales problemas de niños con deficiencia auditiva con problemas en la interacción sensorial . . . . .	5
1.3. La terapia de integración sensorial . . . . .	8
<b>2. Tecnología para el diseño</b>	<b>9</b>
2.1. Introducción . . . . .	9
2.1.1. El Transistor . . . . .	9
2.1.2. La LDR . . . . .	9
2.1.3. Álgebra booleana . . . . .	10
2.1.4. Operaciones lógicas con una compuerta OR . . . . .	11
2.2. Generalidades de los microcontroladores pic . . . . .	12
2.2.1. Clasificación de microcontroladores pic[1] . . . . .	12
2.2.2. Características de las gamas de microcontroladores pic . . . . .	12
2.2.3. Arquitectura interna del PIC . . . . .	13
2.2.3.1. Arquitectura Von Neumann[2] . . . . .	13
2.2.3.2. Arquitectura Harvard[2] . . . . .	13
2.3. Características del microcontrolador pic 16f871 . . . . .	14
2.3.1. Características de base del microcontrolador . . . . .	14
2.3.2. Características periféricas . . . . .	15
2.4. Programación de microcontroladores pic . . . . .	16
2.4.1. Lenguajes de Programación[10] . . . . .	16
2.4.2. Lenguajes de alto nivel[10] . . . . .	17
<b>3. Diseño Construcción y pruebas</b>	<b>18</b>
3.1. Esquema general del sistema . . . . .	18
3.1.1. Esquema electrónico del sistema . . . . .	18
3.1.2. Bloque de sensado . . . . .	18
3.1.3. Bloque de control . . . . .	19
3.1.4. Bloque de potencia . . . . .	20

3.2.	Diseño y Construcción del prototipo . . . . .	21
3.2.1.	Diseño de placa impresa . . . . .	21
3.2.2.	Construcción de la maqueta . . . . .	27
<b>4.</b>	<b>Validación del proyecto</b>	<b>31</b>
4.1.	Entrenamiento del prototipo por el niño con discapacidad . . . . .	31
4.2.	Conclusiones y Recomendaciones . . . . .	34
<b>I</b>	<b>Anexo1: Imagenes del proceso de construccion de la maqueta</b>	<b>37</b>
<b>II</b>	<b>Anexo2: Hoja de datos transistor 2N3904</b>	<b>40</b>
<b>III</b>	<b>Anexo3:Hoja de datos pic 16f871</b>	<b>46</b>

# Índice de figuras

2.1.1. Resistencia de la LDR en función de la Luz . . . . .	10
2.1.2. Tablas de verdad dependen del circuito lógico . . . . .	11
2.1.3. Tablas de verdad dependen del circuito lógico . . . . .	11
2.2.1. Gráfica de relacion enter familias de microcontroladores y gamas de microcontroladores . . . . .	12
2.2.2. Gráfico de explicación arquitectura Von Neumann . . . . .	13
2.2.3. Gráfico de explicación arquitectura Harvard . . . . .	14
2.3.1. Disposición de pines en pic 16f871 . . . . .	16
3.1.1. Esquema electrónico simulado en proteus . . . . .	18
3.1.2. Bloque de sensado simulado en proteus . . . . .	19
3.1.3. Bloque de control simulado en proteus . . . . .	20
3.1.4. Bloque de potencia simulado en proteus . . . . .	21
3.2.1. Esquema de circuito para para generación de placa impresa . . . . .	22
3.2.2. Barra de herramientas isis . . . . .	22
3.2.3. Crear nueva plantilla en Ares . . . . .	23
3.2.4. Plantilla por defecto y área donde se hará el circuito impreso . . . . .	23
3.2.5. Elementos colocados en plantilla de ares . . . . .	24
3.2.6. Reglas de ruteo en ares . . . . .	24
3.2.7. Auto ruteo en ares . . . . .	25
3.2.8. (a) Ruteado cara inferior (b) Ruteado cara superior (c) Posicion de los elementos (d) Caras superpuestas . . . . .	26
3.2.9. (a) Simulación de cara inferior (b) Simulación de cara superior (c) Si- mulación de elementos montados en la placa . . . . .	27
3.2.10(a) Modelo 1 Planteado el Sistema de Entrenamiento en Forma de Ta- blero (b) Modelo 2 Planteado el Sistema de Entrenamiento en Forma de una Mesa Redonda (c) Modelo 3 Planteado el Sistema de Entrena- miento en Forma de Piano . . . . .	28
3.2.11(a) Modelo 3 Construido en MDF (b) Distribución de los LDRs y LEDs	29
3.2.12 Implementación de los LDRs y LEDs . . . . .	29
3.2.13 Puliendo los LEDs . . . . .	30

3.2.14	Implementación de los LDRs y LEDs terminada. . . . .	30
4.1.1.	Prueba normal . . . . .	31
4.1.2.	Prueba medianamente complicada . . . . .	32
4.1.3.	Prueba critica . . . . .	32
4.1.4.	(a) Diseño Final Del Sistema De Entrenamiento (b) Diseño Final Del Sistema De Entrenamiento Construido (c) Diseño Final Del Sistema De Entrenamiento Construido por Sensores e Indicadores . . . . .	33
4.2.1.	Modificacion de la maqueta en laboratorios de la UPS . . . . .	38
4.2.2.	Modificacion de la maqueta en laboratorios de la UPS . . . . .	38
4.2.3.	Modificacion de la maqueta en laboratorios de la UPS . . . . .	39
4.2.4.	Datasheet del transistor 2N3904 . . . . .	41
4.2.5.	Datasheet del transistor 2N3904 . . . . .	42
4.2.6.	Datasheet del transistor 2N3904 . . . . .	43
4.2.7.	Datasheet del transistor 2N3904 . . . . .	44
4.2.8.	Datasheet del transistor 2N3904 . . . . .	45
4.2.9.	Datasheet de pic 16f871 . . . . .	47
4.2.10	Datasheet de pic 16f871 . . . . .	48
4.2.11	Datasheet de pic 16f871 . . . . .	49
4.2.12	Datasheet de pic 16f871 . . . . .	50
4.2.13	Datasheet de pic 16f871 . . . . .	51
4.2.14	Datasheet de pic 16f871 . . . . .	52
4.2.15	Datasheet de pic 16f871 . . . . .	53

# Capítulo 1

## Generalidades de la integración en niños con deficiencia

### 1.1. Importancia de la integración sensorial de niños con discapacidad<sup>1</sup>

En este capítulo se trata sobre la importancia de la integración sensorial en personas, específicamente en niños con discapacidad intelectual.

La teoría de la Integración Sensorial, surgieron de estudios y trabajos realizados por la PhD Jean Ayres, Terapeuta Ocupacional norteamericana entre los años 1964 a 1986. El concepto de Integración Sensorial, es descrito como “un proceso neurológico, que organiza las sensaciones corporales de nuestros sistemas sensoriales a nivel del sistema nervioso, permitiéndonos responder exitosa mente a las demandas ambientales”. [6]

La integración sensorial es la organización de las sensaciones para producir conductas adaptativas y aprendizajes. Permite el adecuado funcionamiento del cerebro y del cuerpo. Es el más importante de los procesos sensoriales realizados por el cerebro.

### 1.2. Principales problemas de niños con deficiencia auditiva con problemas en la interacción sensorial<sup>2</sup>

Los sistemas sensoriales de nuestro organismo son:

1.-Sistema Vestibular. 2.-Sistema Propioceptivo. 3.-Sistema Táctil 4.-Sistema Auditivo 5.-Sistema Visual 6.-Sistema Olfativo 7.-Sistema Gustatorio

---

<sup>1</sup>CORNEJO CHÁVEZ, Claudia; “Integración Sensorial”; Inserta Centro de Atención Integral, Chile <http://el32.com/3hwsy/>

<sup>2</sup>VIADER VIDAL, Bárbara; “¿Cómo Afectan Las Dificultades De Integración Sensorial En El Desarrollo Infantil?”, Barcelona

Una adecuada Integración Sensorial, es decir, una adecuada integración de los sistemas sensoriales entre sí, posibilita un eficiente desarrollo motor, socio-emocional, y de aprendizaje.

Cuando se observan algunas de las siguientes características en los niños, podemos pensar que existen dificultades de procesamiento sensorial en algunos de los sistemas sensoriales. No tienen que estar presentes todas estas características para determinar un problema de integración sensorial; puede que sólo existan algunas de ellas. [5]

PROBLEMA DE PROCESAMIENTO	I. CONDUCTAS QUE MANIFIESTA
Hipersensibilidad al tacto, al movimiento o a los sonidos	Alta distractibilidad, respuestas exageradas ante el contacto físico, desagrado ante ciertas texturas, miedo exagerado ante movimientos básicos, miedo a los juegos del parque, miedo ante los sonidos fuertes
Hiposensible a los estímulos	Busca estímulos de forma exagerada y continuada, choca contra los objetos, busca el contacto con los demás constantemente y con brusquedad
Nivel de actividad muy alto o muy bajo	Busca el movimiento continuamente o por el contrario le disgusta moverse y se cansa fácilmente
Problemas de coordinación	Tiene poco equilibrio, es patoso, descoordinado, tiene muy poca precisión motriz, tiene dificultades para aprender nuevas tareas motrices
Retraso en el aprendizaje académico	A pesar de presentar niveles de inteligencia normales, tiene problemas para alcanzar los aprendizajes en algunas áreas. Puede tener dificultades en aprender a usar las tijeras, atarse los zapatos o abotonar
Baja organización conductual	Es impulsivo y fácilmente distraído. No anticipa las consecuencias de sus acciones. Se frustra fácilmente, puede presentar agresividad y tener problemas en los cambios de actividades

Cuadro 1.2.1: Problemas de problemas de procesamiento  
 Fuente: Bárbara Viader Vidal, ¿Cómo Afectan Las Dificultades De Integración Sensorial En El Desarrollo Infantil?, Barcelona

Algunas características más específicas en cuanto al procesamiento de cada sistema

sensorial son las siguientes:

A nivel auditivo:

- Reacciona de forma negativa a los sonidos fuertes o inesperados
- Se tapa las orejas con frecuencia ante ruidos
- Se distrae ante los sonidos de fondo o cualquier ruido
- Se angustia y sobreexcita en entornos muy ruidosos o con mucha gente

Cuando alguno de los sistemas sensoriales no funciona correctamente, podemos encontrarnos con algunos de los siguientes problemas:

- Problemas de aprendizaje académico en el colegio: los niños que no siguen el mismo ritmo de aprendizaje, que tienen dificultades en el razonamiento lógico, en la secuenciación, en la planificación motora, etc. A menudo pueden confundirse con trastornos de la lateralidad, déficit de atención, retraso mental, dislexia, retraso madurativo, etc. Pero en realidad se trata de problemas en el procesamiento sensorial. Cuando el niño no alcanza el mismo nivel de lectura ni de escritura, dificultades en las tareas matemáticas, en la memorización de conceptos, etc.

- Hiperactividad – Hipoactividad (alteración de los niveles de actividad): también pueden aparecer alteraciones en los niveles de actividad. El niño puede necesitar gran cantidad de estímulos para estar tranquilo y contento (niños hiperactivos), o por el contrario puede necesitar una cantidad muy pequeña de estímulos (hipoactivos), y son niños que siempre suelen estar en un rincón, sin moverse demasiado ni practicar las mismas actividades de juego que los otros niños de su edad.

- Retrasos psicomotrices en la motricidad fina o gruesa, o en ambas: son niños considerados como patosos, descoordinados, con dificultad para practicar deportes o realizar los mismos juegos motrices que los otros niños. Otros niños presentan dificultades sólo en motricidad fina, con un agarre incorrecto del lápiz, dificultad para ensartar elementos, para pegar, recortar, abotonar, etc.

- Retraso en la adquisición del lenguaje, con problemas de fluidez, de pronunciación de expresividad o de comprensión: son niños que presentan niveles de lenguaje inferiores al nivel correspondiente para su edad cronológica, sin tener alteraciones auditivas ni orales. Algunos niños no encuentran las palabras adecuadas, presentando dificultades de expresión y falta de fluidez, otros niños tardan mucho en empezar a hablar (a los dos años todavía no tienen verbalización), o en otros casos podemos encontrar dificultades en la pronunciación de determinados fonemas.

- Comportamientos problemáticos: el niño con problemas en el procesamiento sensorial puede tener problemas conductuales, que pueden ser explicados por las dificultades sensoriales. Los niños pueden ser explosivos, poco flexibles a los cambios (horarios, distribución...), o pueden tener dificultades en las transiciones (cambios de una actividad a otra, de un lugar a otro...). El niño puede mostrar una irritabilidad inexplicable, o puede llorar repentinamente sin motivo aparente... Pero en realidad la causa

suele ser un desajuste sensorial, debido a cambios bruscos del tipo de estimación, que el niño percibe como una agresión.

### **1.3. La terapia de integración sensorial<sup>3</sup>**

Los terapeutas ocupacionales con formación específica en Integración Sensorial, pueden proporcionar terapia de integración sensorial para todos aquellos niños que presenten dificultades en el procesamiento sensorial, y como consecuencia directa presenten dificultades en el aprendizaje y en el desarrollo en general. Los niños con dificultades de integración sensorial pueden jugar en el entorno y recibir gran cantidad y variedad de estímulos, pero no lo hacen de una forma organizada y por lo tanto no integran correctamente la información que reciben. Por este motivo necesitan un entorno con elementos de suspensión, diseñados especialmente para proporcionar estimulación vestibular, propioceptiva, táctil... El terapeuta se encarga de modificar y adaptar el entorno para que el niño pueda interactuar de forma efectiva. El terapeuta ayuda al niño para que seleccione aquella estimulación que necesita en cada momento, y aprenda a procesarla e integrarla de forma adecuada [5]

Cuando el niño recibe la estimulación que necesita y aprende a procesarle, se le exigen actividades de simples a complejas que permitan al niño generar respuestas adaptadas al mismo tiempo que reciben la estimulación sensorial. No se trata de un juego libre como el que pueden hacer en el parque jugando con los columpios. Se trata de un juego dirigido, que facilita la estimulación adecuada para cada niño, de tal modo que este aprende a interpretarla de forma correcta, y a medida que va integrando la información, sus respuestas son más adaptadas y sus niveles de desarrollo y de aprendizaje mejoran de forma evidente [5]

---

<sup>3</sup>VIADER VIDAL, Bárbara; “¿Cómo Afectan Las Dificultades De Integración Sensorial En El Desarrollo Infantil?”, Barcelona

# Capítulo 2

## Tecnología para el diseño

### 2.1. Introducción

#### 2.1.1. El Transistor

Es un dispositivo electrónico semiconductor muy utilizado como amplificador o como interruptor. Consta de 3 terminales que son Emisor, Base y Colector. Su funcionamiento depende de una señal eléctrica aplicada a la base. Están formados por un material semiconductor tipo P y tipo N colocadas en 3 capas alternadamente y con esto obtenemos transistores bipolares de tipo PNP y NPN.

#### 2.1.2. La LDR

Una LDR es un dispositivo opto electrónico que es capaz de variar su resistencia según la luz que se le aplique a la superficie fotosensible.

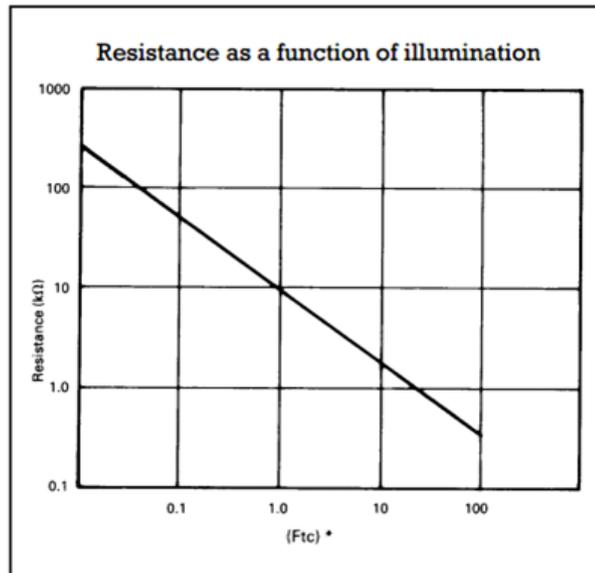


Figura 2.1.1: Resistencia de la LDR en función de la Luz  
Fuente: RS Components, Data Sheet, 1997

La gráfica de trabajo nos indica como varía el valor óhmico en función de la luz que incide en la superficie de la LDR. Cuanta más luz recibe, más baja es la resistencia. Al trabajar con una LDR es necesario tener en cuenta varios parámetros en consideración como sería: la amplitud de resistencias, bajo qué condiciones va a estar funcionando ya que un cambio de luz puede afectar las condiciones del circuito deseado, también se ha de tener en cuenta, el tiempo que emplea una LDR en pasar de un estado de máxima resistencia, a otro de mínima resistencia, es decir, lo que tarda en conmutar desde una posición de circuito "cerrado", a otro estado de circuito "abierto".

### 2.1.3. Álgebra booleana

El álgebra booleana es muy diferente a él álgebra común ya que solo es posible asignar a las constantes y variables dos valores posibles que son el 0 y el 1 lógicos. Estas variables booleanas pueden representar un nivel de voltaje que esté presente en una entrada o salida de un circuito. En un sistema digital se pueden tomar valores de 0 lógicos a valores de voltajes que este entre los 0 a 0.8V y aun 1 lógico a valores que consten entre los 2 a 5V. A esto se lo llama valor lógico ya que no representa un valor numérico real si no a un valor de estado que se los puede denominar como un estado de alto (1) y bajo (0). Debido a que solo serán posibles dos valores de estado, el álgebra booleana resultaría relativamente más sencilla de resolver en comparación del álgebra común. Ya que en el álgebra booleana no existen valores decimales, negativos por lo que sus operaciones básicas solo son OR AND y NOT estas operaciones lógicas en los circuitos digitales son conocidas como compuertas lógicas que tienen una salida para cada entrada lógica posible. Una tabla de verdad es un medio para describir como la

salida lógica de un circuito depende de los niveles lógicos presentes en las entradas de un circuito. El número de combinaciones que se pueden realizar es de un total de  $2^N$  siendo N el número de entradas que se presenten en el circuito lógico .[8]<sup>1</sup>

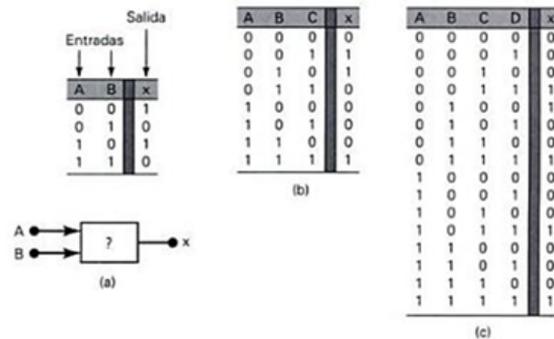


Figura 2.1.2: Tablas de verdad dependen del circuito lógico  
Fuente: TOCCI, Ronald J. y otros; Sistemas Digitales, México, 2007.

Como podemos ver en la figura anterior la parte (a) es de una tabla de verdad que pertenece a un circuito lógico con dos entradas y una salida lógica, la parte (b) y (c) pertenecen a una tabla de verdad con tres y cuatro entradas lógicas respectivamente y una salida lógica.

### 2.1.4. Operaciones lógicas con una compuerta OR

La compuerta lógica OR utiliza la combinación de las entradas A y B para que a su salida x muestre un 1 o un 0 dependiendo de lo que esté presente en las entradas. La figura a continuación representa el comportamiento de una compuerta lógica OR, como podemos ver la salida x se pondrá en un 1 lógico cada vez que en las entradas este presente por lo menos un 1 caso contrario la salida estará en 0.

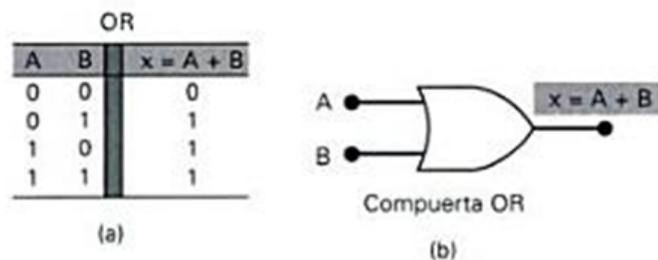


Figura 2.1.3: Tablas de verdad dependen del circuito lógico  
Fuente: TOCCI, Ronald J. y otros; Sistemas Digitales, México, 2007.

<sup>1</sup>TOCCI, Ronald J. y otros; Sistemas Digitales, Pearson Educación, México, 10a edición, 2007.

## 2.2. Generalidades de los microcontroladores pic

El nombre PIC viene de Peripheral Interface Controller que significa controlador de interfaces para periféricos.

### 2.2.1. Clasificación de microcontroladores pic<sup>[1]</sup><sup>2</sup>

Los micro controladores pic se pueden clasificar, atendiendo el tamaño de sus instrucciones, en tres grupos:

- Gama Baja: Microcontroladores con instrucciones de 12 bits
- Gama Media: Microcontroladores con instrucciones de 14 bits
- Gama Alta: Microcontroladores con instrucciones de 16 bits

También se los puede agrupar en cinco familias el siguiente gráfico muestra la relación entre las cinco familias de micro controladores con las tres gamas existentes:

Familia	Gama			Rasgo distintivo
	Baja	Media	Alta	
PIC10	x			6 terminales
PIC12X5	x			8 terminales
PIC12 (excepto PIC12X5)		x		8 terminales
PIC16X5	x			-
PIC16 (excepto PIC16X5)		x		-
PIC17			x	-
PIC18			x	Gama alta mejorada

Figura 2.2.1: Gráfica de relacion enter familias de microcontroladores y gamas de microcontroladores

Fuente:Microcontroladores: fundamentos y aplicaciones con PIC - [Ramón Pallás Areny]

### 2.2.2. Características de las gamas de microcontroladores pic

#### Gama Baja:

- Se caracterizan porque responden únicamente a 33 instrucciones de 12 bits de longitud cada una y disponen de una pila con solo dos niveles de profundidad.
- Esta compuesta por 14 modelos, de los cuales 6 están encapsulados con 6 pines, razón por la cual se les suele apodar enanos.

#### Gama Media:

- Dispone a un repertorio de 35 instrucciones.
- 14 bits de longitud cada una.
- Pila de 8 niveles.
- Un vector de interrupción .

<sup>2</sup>Microcontroladores: fundamentos y aplicaciones con PIC - [Ramón Pallás Areny]

- 71 modelos diferentes .
- Encapsulados de 8 a 64 pines.

### **Gama Alta:**

- Dispone a un repertorio de 77 instrucciones.
- 16 bits de longitud cada una.
- Pila de 16 niveles.
- dos vector de interrupción .
- Su nomenclatura es PIC18Xxxx.
- Esta gama es la que mas números de dispositivos posee .
- Memoria programable puede alcanzar los 128 KB
- Memoria de datos puede alcanzar los 3963 bits
- Memoria de datos puede alcanzar hasta 1KB.
- Periféricos muy especializados (ejem. Conversor AD de 10 bits)
- Interfaces de comunicación con bus I<sup>2</sup>C, SPI, USART, CAN 2.0B.
- Posee un multiplicador rápido hardware.

### **2.2.3. Arquitectura interna del PIC<sup>3</sup>**

Existen 2 arquitecturas conocidas:

#### **2.2.3.1. Arquitectura Von Neumann[2]**

Dispone de una sola memoria principal donde se almacenan datos e instrucciones de forma indistinta. A dicha memoria se accede a través de un sistema de buses único (direcciones, datos y control).



Figura 2.2.2: Gráfico de explicación arquitectura Von Neumann  
Fuente:Rueda Luis, “Ero-Pic”; [http://perso.wanadoo.es/luis\\_ju/pic/pic03.html](http://perso.wanadoo.es/luis_ju/pic/pic03.html)

#### **2.2.3.2. Arquitectura Harvard[2]**

Dispone de dos memorias independientes, una que contiene sólo instrucciones, y otra que contiene sólo datos. Ambas disponen de sus respectivos sistemas de buses de

<sup>3</sup>Rueda Luis, Ero-Pic; [http://perso.wanadoo.es/luis\\_ju/pic/pic03.html](http://perso.wanadoo.es/luis_ju/pic/pic03.html)

acceso y es posible realizar operaciones de acceso (lectura o escritura) simultáneamente en ambas memorias, ésta es la estructura para los PIC's.



Figura 2.2.3: Gráfico de explicación arquitectura Harvard

Fuente: Rueda Luis, "Ero-Pic"; [http://perso.wanadoo.es/luis\\_ju/pic/pic03.html](http://perso.wanadoo.es/luis_ju/pic/pic03.html)

## 2.3. Características del microcontrolador pic 16f871

### 2.3.1. Características de base del microcontrolador

- CPU de alto rendimiento del RISC
- Solamente 35 instrucciones de la sola palabra de aprender
- Todas las solas instrucciones del ciclo a excepción del programa ramas que son de dos tiempos
  - Velocidad de funcionamiento: C.C. - 20 megaciclos de entrada de reloj C.C. - ciclo de instrucción de 200 ns
  - 2K x 14 palabras de la memoria DE DESTELLO del programa 128 x 8 octetos de memoria de los datos (RAM) 64 x 8 octetos de memoria de los datos de EEPROM
  - Pinout compatible al PIC16CXXX 28 y 40- dispositivos del perno
  - Capacidad de la interrupción (hasta 11 fuentes)
  - Ocho apilados de hardware profundos llanos
  - Modos de direccionamiento directo, indirecto y relativo
  - Energía-en el reajuste (POR)
  - Contador de tiempo de ciclo inicial (PWRT) y Contador de tiempo de lanzamiento del oscilador (OST)
  - Reloj de vigilancia (WDT) con su propia en-viruta RC oscilador para la operación confiable
  - Código-protección programable
  - Modo de SUEÑO del ahorro de energía
  - Opciones seleccionables del oscilador
  - Cmos de baja potencia, de alta velocidad FLASH/EEPROM tecnología
  - Diseño completamente estático
  - Programming serial In-Circuit (ICSP) vía dos pernos
  - Sola capacidad In-Circuit de la programación serial 5V

- Depuración In-Circuit vía dos pernos
- Acceso de lectura/grabación del procesador a la memoria del programa
- Gama ancha del voltaje de funcionamiento: 2.0V a 5.5V
- Alta corriente del fregadero/de fuente: 25 mA
- Gammas de temperaturas comerciales e industriales
- Consumo de baja potencia: - < 1.6 mA @ 5V típico, 4 megaciclos - 20 mA @ 3V típico, 32 kilociclos - de < corriente espera típica 1 mA

### **2.3.2. Características periféricas**

- Timer0: contador de tiempo/contrario de 8 bits con el prescaler de 8 bits
  - Timer1: contador de tiempo/contrario de 16 bits con el prescaler, puede ser incrementado durante sueño vía external cristal/reloj
  - Timer2: contador de tiempo/contrario de 8 bits con período de 8 bits registro, prescaler y postscaler
  - Una captura, compara, módulo de PWM - La captura es resolución de 16 bits, máxima es ns 12.5 - Compare es resolución de 16 bits, máxima es 200 ns - La resolución máxima de PWM es el pedacito 10
  - convertidor de analógico a digital de varios canales de 10 pedacitos
  - Receptor a sincrónico síncrono universal Transmisor (USART/SCI) con la dirección de pedacito 9 detección
  - Puerto auxiliar paralelo (PSP) 8 pedacitos de par en par, con external RD, controles de WR y del CS (40/44-pin solamente)
  - Trazado de circuito de la detección del apagón para El apagón reajustó (BOR)
- El pic 16f871 tiene la siguiente disposición de pines:

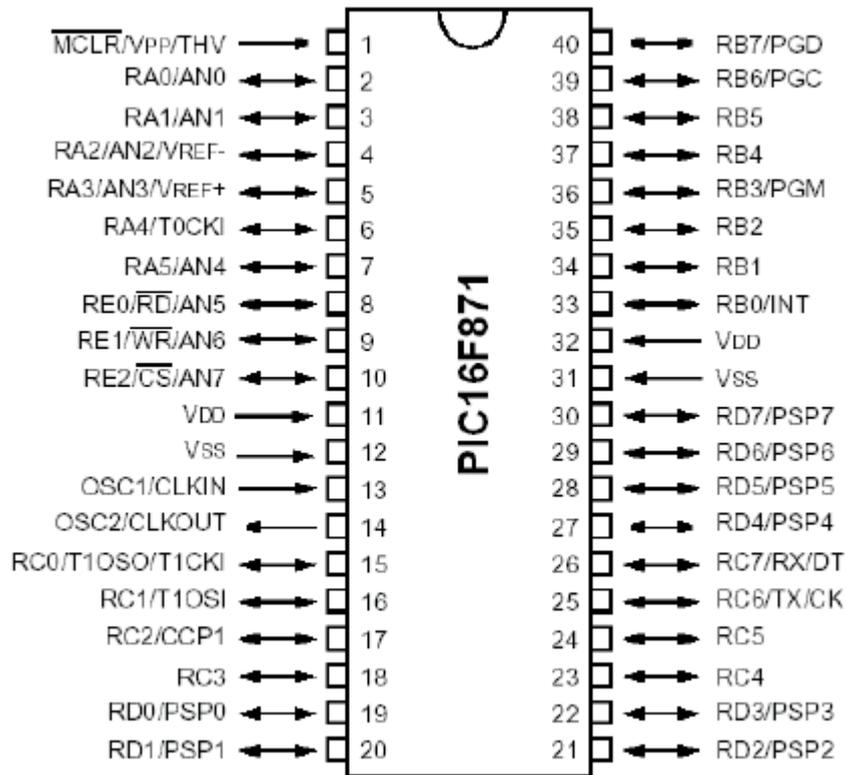


Figura 2.3.1: Disposición de pines en pic 16f871  
Fuente: Microchip, Data Sheet PIC16F870/871, (2003)

## 2.4. Programación de microcontroladores pic<sup>4</sup>

Para que un micro controlador haga un trabajo específico es necesario grabarle las instrucciones al mismo para esto hay diferentes lenguajes de programación uno de los más sencillos de utilizar es el picbasic.

### 2.4.1. Lenguajes de Programación[10]

El microcontrolador ejecuta el programa cargado en la memoria Flash. Esto se denomina el código ejecutable y está compuesto por una serie de ceros y unos. Dependiendo de la arquitectura del microcontrolador, el código binario está compuesto por palabras de 12, 14 o 16 bits de anchura. Cada palabra es interpretada por la CPU como una instrucción a ser ejecutada durante el funcionamiento del microcontrolador. Como es más fácil trabajar con el sistema de numeración hexadecimal, el código ejecutable se representa con frecuencia como una serie de los números hexadecimales denominada código Hex. A todas las instrucciones que el microcontrolador puede reconocer y ejecutar se le denominan colectivamente Juego de instrucciones. En los microcon-

<sup>4</sup>Mikroelektronika libros <http://el32.com/i8s74/>

troladores PIC con las palabras de programa de 14 bits de anchura, el conjunto de instrucciones tiene 35 instrucciones diferentes.

En un principio los programas se los hacían en código ejecutable pero la programación se hacia muy tediosa y ardua, por lo que fue creado el primer lenguaje de programación denominado ensamblador (ASM), con esto el proceso de programación se hizo mas complejo; pero el escribir el programa bajo considerablemente su complejidad, debido a que las instrucciones en ensamblador consisten en abreviaturas con significado.

### **2.4.2. Lenguajes de alto nivel[10]**

Si alguna vez ha escrito un programa para un microcontrolador PIC en lenguaje ensamblador, probablemente sepa que la arquitectura RISC carece de algunas instrucciones. Por ejemplo, no hay instrucción apropiada para multiplicar dos números. Por supuesto, este problema se puede resolver gracias a la aritmética que permite realizar las operaciones complejas al descomponerlas en un gran número de operaciones más simples. En este caso, la multiplicación se puede sustituir con facilidad por adición sucesiva ( $axb = a + a + a + \dots + a$ ). Ya estamos en el comienzo de una historia muy larga... No hay que preocuparse al utilizar uno de estos lenguajes de programación de alto nivel como es Basic, porque el compilador encontrará automáticamente la solución a éste problema y otros similares. Para multiplicar los números a y b, basta con escribir  $a*b$ .

# Capítulo 3

## Diseño Construcción y pruebas

### 3.1. Esquema general del sistema

#### 3.1.1. Esquema electrónico del sistema

En la siguiente figura se muestra el esquema electrónico del sistema:

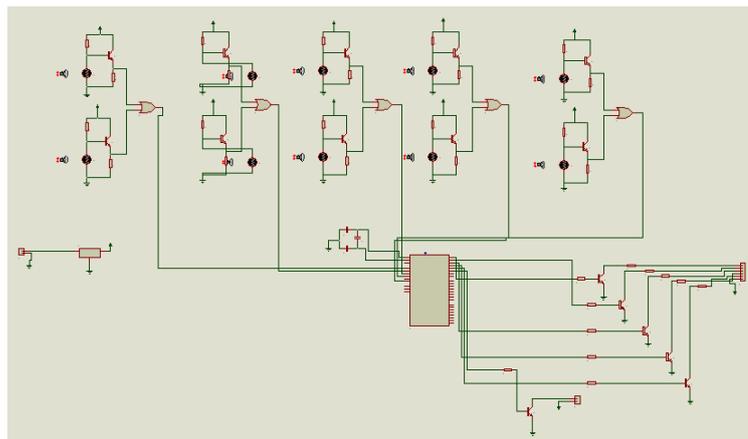


Figura 3.1.1: Esquema electrónico simulado en proteus  
Fuente: Propia

A continuación se explicaran cada uno de los bloques que componen la parte electrónica del proyecto:

#### 3.1.2. Bloque de sensado

El como podemos ver el sensado se realizara con ldrs, a razón de que los niños para los que están dirigidos este este proyecto no tienen el tono muscular ni la coordinación como para presionar un botón, por lo que solo será necesario que el niño o la niña que lo utilice ponga su mano sobre el panel respectivo para que el sistema lo tome como una entrada.

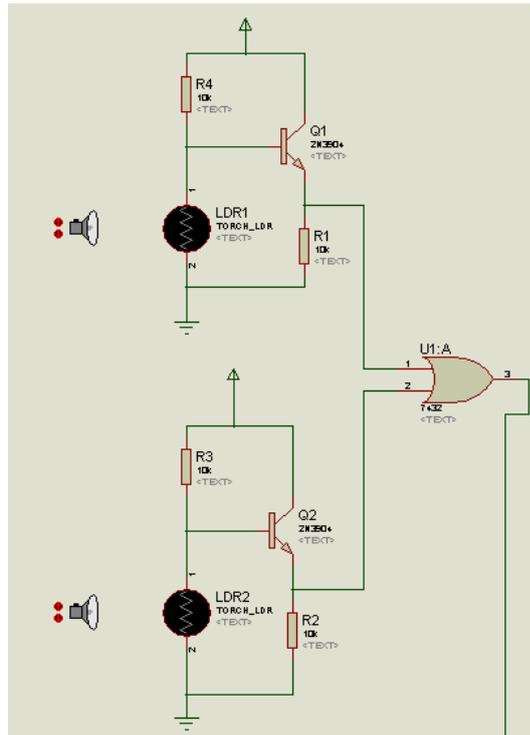


Figura 3.1.2: Bloque de sensado simulado en proteus  
Fuente: Propia

Como podemos ver el bloque de sensado da una salida lógica de 1 cuando el valor resistivo de la ldr aumenta a razón de que la intensidad de luz sobre el disminuye, provocando una mayor caída de tensión en la base del transistor que tiene como consecuencia su polarización; al polarizarse el mismo deja pasar una tensión hasta la resistencia de 10k de donde tomamos este valor y lo enviamos a una compuerta lógica or; esta compuerta lógica se la utiliza para que el sistema tome como valor verdadero cualquiera de las 2 ldr que se encuentran en cada panel además de que si la salida de la parte de sensado es menor a 5v al ingresar a la compuerta esta toma como valor lógico 1 cualquier tensión desde 2.5v con lo que se evitaría errores en la discriminación entre 0 y 1 en la etapa de control.

### 3.1.3. Bloque de control

Este bloque se encarga de todo el control del sistema, se podría decir que es el cerebro del mismo; como podemos ver en la figura ese utiliza una microcontrolador pic 16f871 para realizar el control, se decidió utilizar este microcontrolador debido a que es poco vulnerable al ruido además de su gran cantidad de puertos de entra y salida.

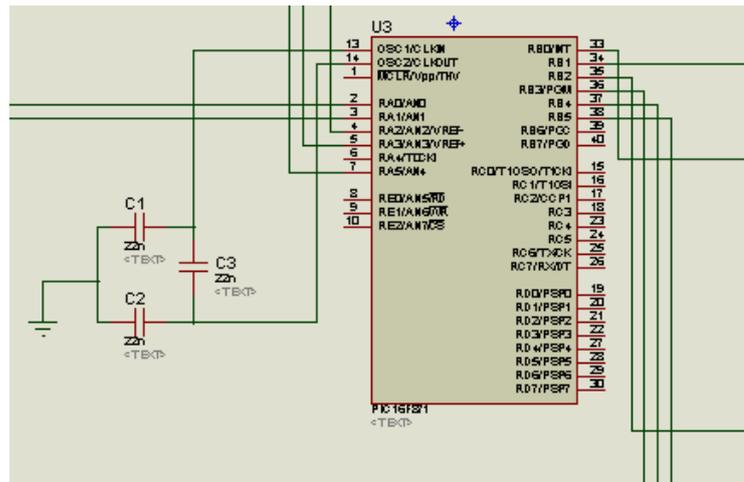


Figura 3.1.3: Bloque de control simulado en proteus  
Fuente: Propia

Para el control utilizamos como entradas a los puertos A0,A1,A2,A3,A5 y como salida a los puertos B0,B1,B2,B3,B4,B5

En breves rasgos lo que el microcontrolador lo hará es que al ser iniciado encenderá uno de los puertos de salida de panel aleatoria mente, al recibir un nivel lógico de 1 en el panel correspondiente a la salida encendida se encenderá un puerto que corresponderá a un indicador de que la secuencia a sido correcta, luego de esto se encenderá denuevo el puerto anteriormente encendido para luego encenderse aleatoria mente otro de los puertos de panel a lo que el pic esperara un nivel lógico 1 en cada una de las entradas siguiendo la secuencia correspondiente, si esto no sucede se encenderá un puerto que corresponde a una secuencia incorrecta y el programa se reiniciara para comenzar la secuencia aleatoria otra vez.

### 3.1.4. Bloque de potencia

La función de este bloque es la de manejar la corriente destinada al encendido de las luces de los diferentes paneles he indicadores ademas del motor con eje desplazado.

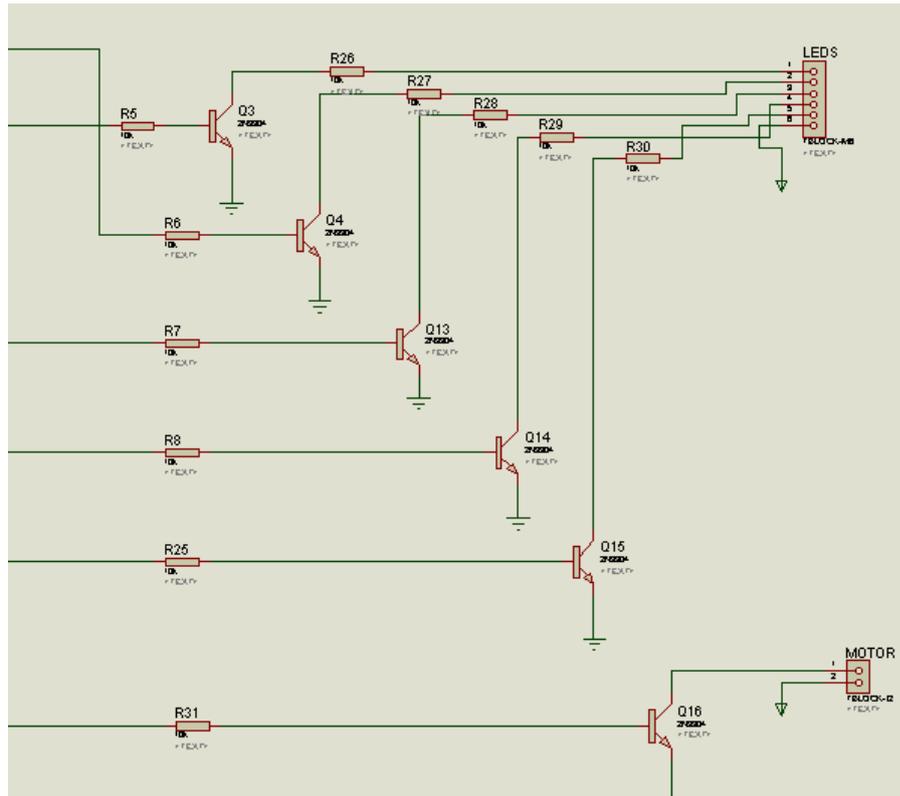


Figura 3.1.4: Bloque de potencia simulado en proteus  
Fuente: Propia

Como pudimos ver en la figura se utilizan 6 transistores 5 destinados a las luces de los paneles y 1 destinado al motor con eje desplazado que se utilizara para generar una vibración de la maqueta, transistores se polarizaran al recibir la señal del pic a su base proporcionando así la energía necesaria para que las luces del sistema se puedan encender con toda su intensidad.

## 3.2. Diseño y Construcción del prototipo

### 3.2.1. Diseño de placa impresa

Para el diseño de la placa impresa se utilizo el software de diseño de placas de proteus llamado ares, para utilizar el mismo primero se necesita crear el esquema del circuito en isis que es parte del mismo proteus el esquema que se utilizo para la placa se puede observar en la siguiente figura:

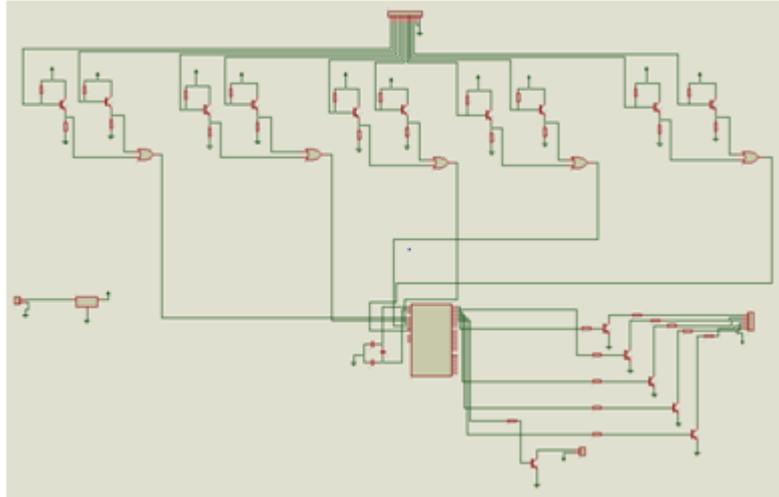


Figura 3.2.1: Esquema de circuito para para generación de placa impresa  
Fuente: Propia

luego de hacer el diseño se lo tiene que pasar a ares esto se lo hace presionando un botón en la barra de herramientas de ipsis como vemos en la figura a continuación:

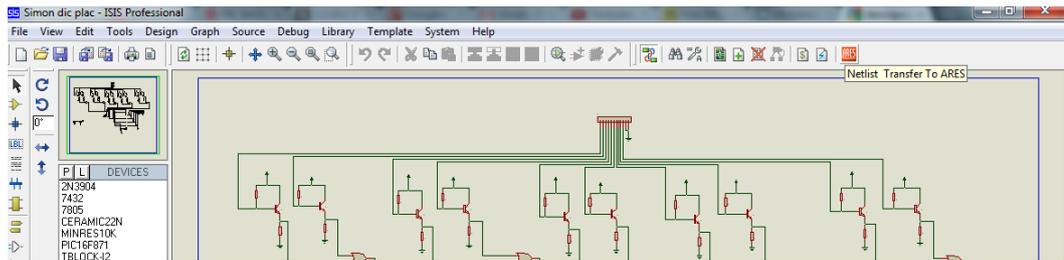


Figura 3.2.2: Barra de herramientas ipsis  
Fuente: Propia

Al presionar el botón anteriormente mostrado en la figura, se abre una nueva ventana de la siguiente manera:

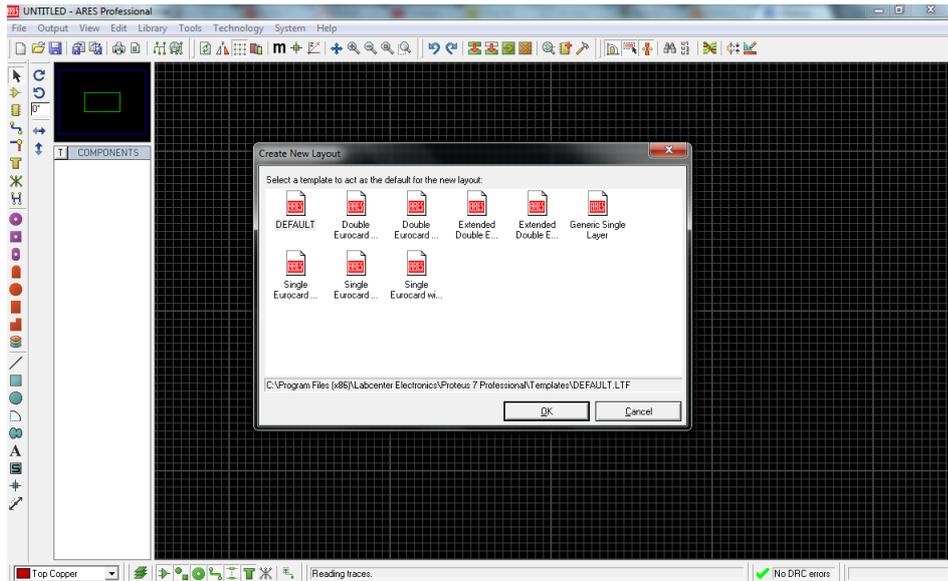


Figura 3.2.3: Crear nueva plantilla en Ares  
Fuente: Propias

Escogemos la plantilla por defecto y dibujamos un rectángulo del tamaño que queremos el circuito impreso donde ubicaremos los elementos que se encuentran en la parte izquierda:

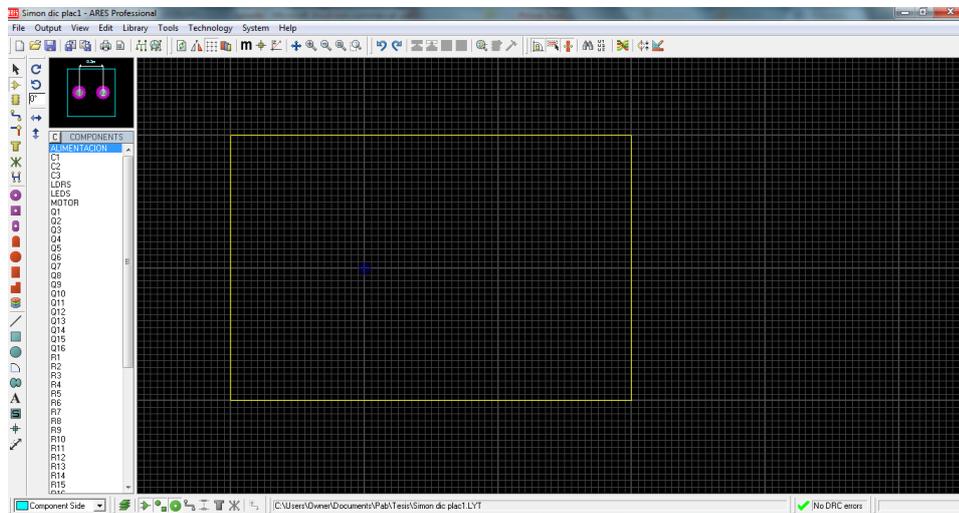


Figura 3.2.4: Plantilla por defecto y área donde se hará el circuito impreso  
Fuente: Propia

Luego de colocar los elementos de la forma mas conveniente queda de la siguiente manera:

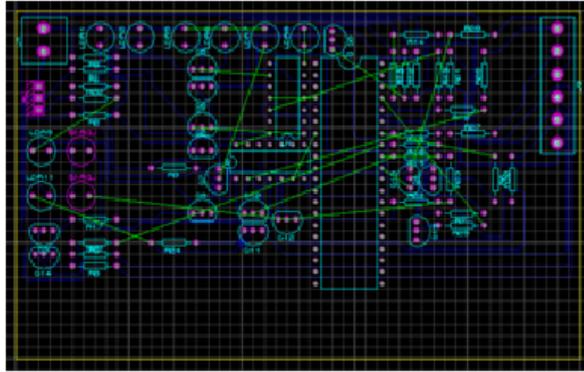


Figura 3.2.5: Elementos colocados en plantilla de ares  
Fuente: Propia

Escogemos las reglas de ruteo en este caso se dejo las reglas por defecto:

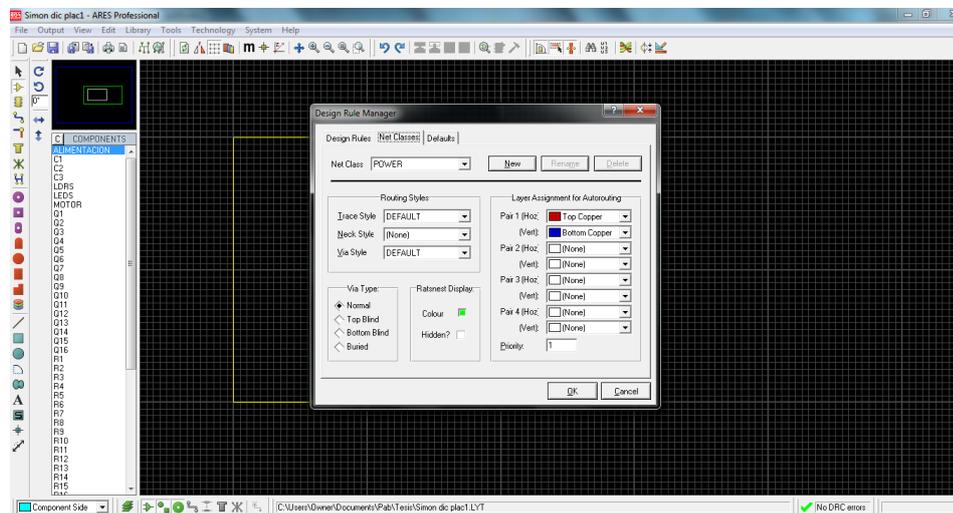


Figura 3.2.6: Reglas de ruteo en ares  
Fuente propia

Presionamos el botón de auto ruteo:

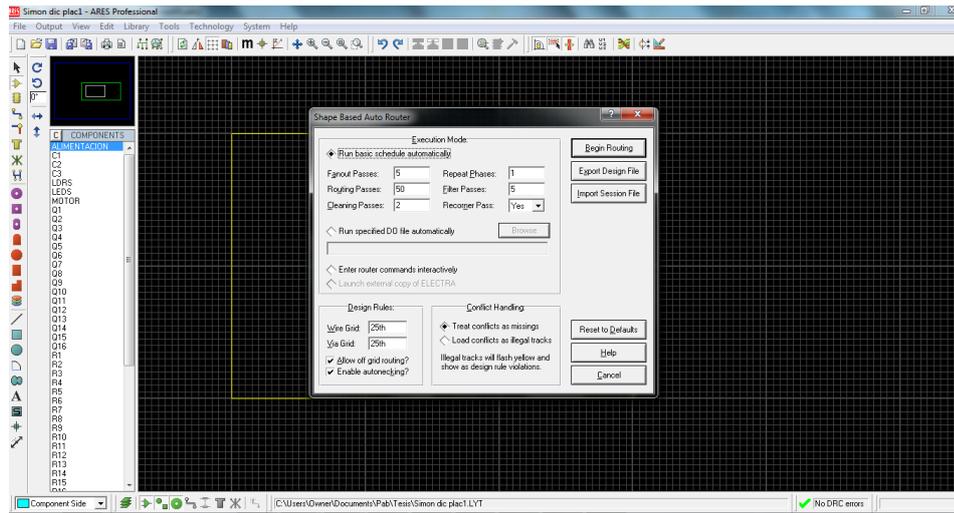
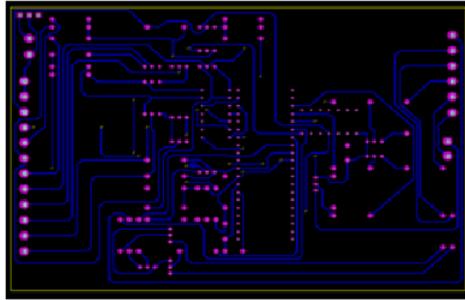
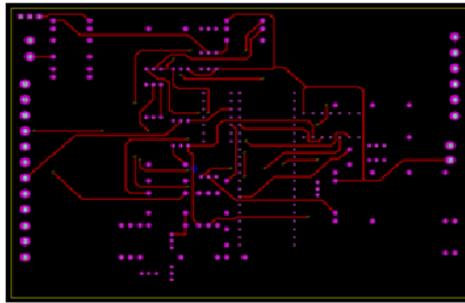


Figura 3.2.7: Auto ruteo en ares  
Fuente: Propia

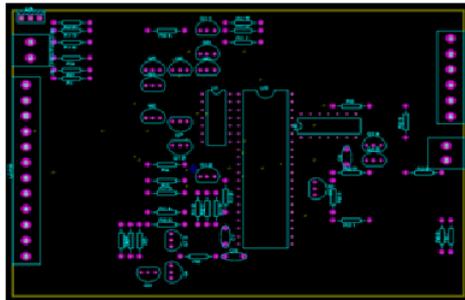
La placa queda de la siguiente forma:



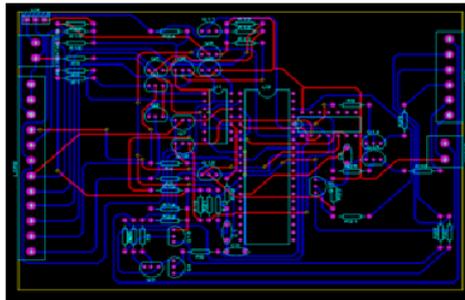
(a)



(b)



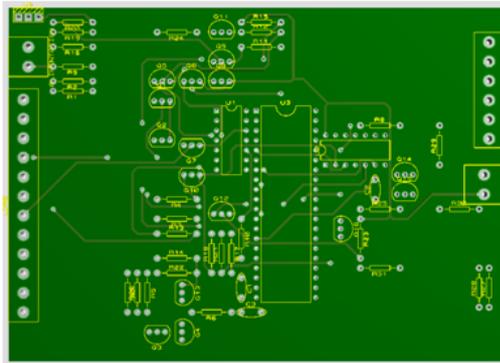
(c)



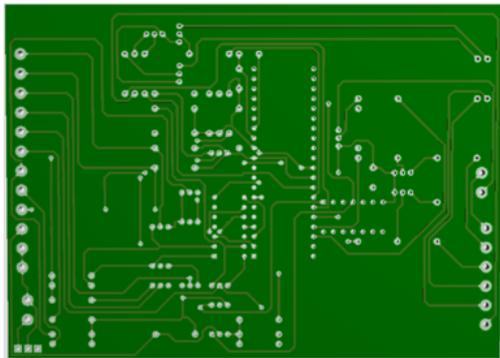
(d)

Figura 3.2.8: (a) Ruteado cara inferior (b) Ruteado cara superior (c) Posicion de los elementos (d) Caras superpuestas

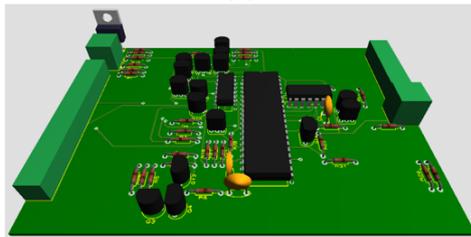
Simulación del circuito terminado:



(a)



(b)



(c)

Figura 3.2.9: (a) Simulación de cara inferior (b) Simulación de cara superior (c) Simulación de elementos montados en la placa

Fuente: Propia

### 3.2.2. Construcción de la maqueta

El sistema va a generar secuencias aleatorias que el niño deberá repetir, estas secuencias serán visibles y tendrán cinco posiciones diferentes que mediante los LDRs serán leídas con el microcontrolador que es el que realiza las secuencias para su respectiva validación.

Las secuencias serán visualizados con LDRs, teniendo en cuenta esto por lo que hemos planteado diferentes modelos:

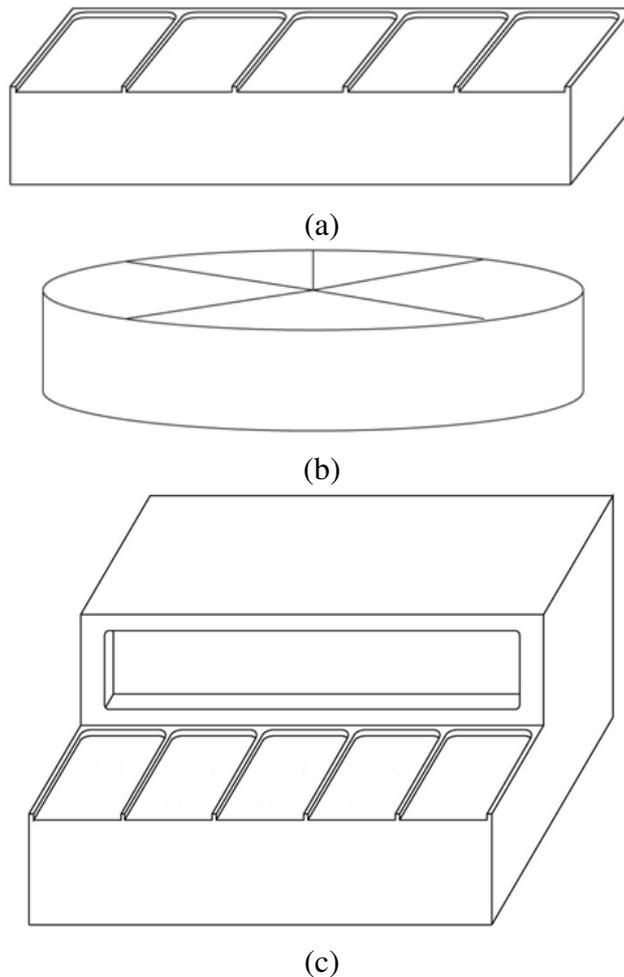


Figura 3.2.10: (a) Modelo 1 Planteado el Sistema de Entrenamiento en Forma de Tablero (b) Modelo 2 Planteado el Sistema de Entrenamiento en Forma de una Mesa Redonda (c) Modelo 3 Planteado el Sistema de Entrenamiento en Forma de Piano

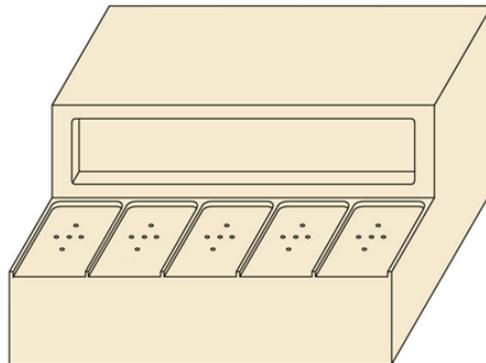
Fuente: Propia

El modelo 3 ha sido elegido ya que para la construcción resulta ser la más factible y en comparación con el modelo, es necesario tener más espacio interno para colocar los elementos que en este caso estarán en una tarjeta electrónica para mayor seguridad, es decir evitar que los cables internos se rompan y den inconvenientes cuando se manipule el sistema de entrenamiento.

Una vez diseñado se procede a la construcción en material MDF ya que es un material resistente. En primera instancia estuvo planteada la construcción en material acrílico pero este es un material más frágil y más complicado de trabajar. Se necesitaba un material liviano, económico y de fácil manipulación para poder realizar los cambios necesarios que se presenten a lo largo de las pruebas dadas estas razones optamos por la construcción en material MDF.



(a)



(b)

Figura 3.2.11: (a) Modelo 3 Construido en MDF (b) Distribución de los LDRs y LEDs  
Fuente: Propia

Como se puede ver los LDRs va a estar situados al centro de los LEDs para que los niños tengan la referencia y pongan la mano completa dentro del espacio asignado para cada posición de dato generado aleatoriamente.

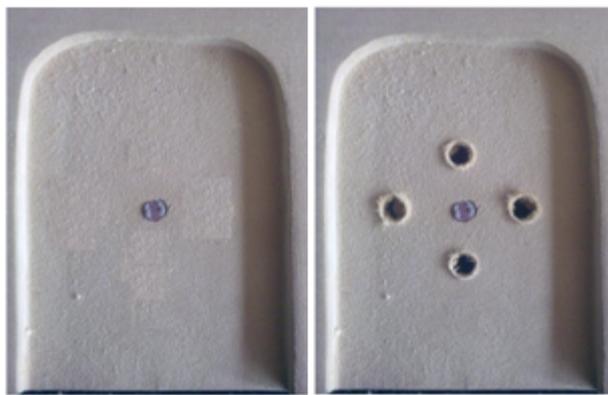


Figura 3.2.12: Implementación de los LDRs y LEDs  
Fuente: Propia

Los LEDs indicadores que se necesitaba debían ser con la superficie plana para que no tengan relieves y obstaculice la mano de los niños al utilizar el sistema. En el Mercado no tenían en stock LEDs de esta característica en particular por lo que colo-

camos LEDs ordinarios pero modificados físicamente para dejarlos en las condiciones que requeríamos.

Es por esto que antes de colocarlos definitivamente procedemos a pulir las puntas hasta conseguir dejar los LEDs planos y lo suficientemente achatados para que queden al nivel de la superficie del sistema de entrenamiento.



Figura 3.2.13: Puliendo los LEDs  
Fuente: Propia

Al pulir todos los LEDs los colocamos



Figura 3.2.14: Implementación de los LDRs y LEDs terminada.  
Fuente: Propia

# Capítulo 4

## Validación del proyecto

### 4.1. Entrenamiento del prototipo por el niño con discapacidad

Por razones de ser menores de edad la fundación Stephen Hawking no nos permitió realizar tomas del rostro y más tomas con los demás niños. Pero las imágenes presentadas a continuación son las que se puede observar el estado más crítico de una niña que no tenía el control completo de sus movimientos pero que si se daba cuenta que es lo que tenía que hacer.



Figura 4.1.1: Prueba normal  
Fuente: Propia

Como podemos observar en la figura anterior la niña cumple con normalidad la prueba en la primera sección de la maqueta, no existe ningún problema al tapar el primer LDR.



Figura 4.1.2: Prueba medianamente complicada  
Fuente: Propia

Como podemos observar en la figura anterior la niña no tapa por completo la parte del sensor lo que conllevaría a un conflicto al poner en el sistema solo un LDR como sensor esto lo limita a llegar al centro de la sección designada para cada posición de dato generado. Dado esto decidimos a colocar otro LDR que permita censar en otra posición lo que permitirá a la niña tener una opción más grande de realizar una prueba satisfactoria.

Esta etapa es la que nos llevo a realizar los últimos cambios en la maqueta ya que nos dimos cuenta que era necesaria la modificación e implementación de un nuevo elemento requerido para la comodidad y correcto manejo de una mayor población de niños que puedan utilizar el sistema ya que con los demás niños no se dieron problemas mayores que el que estamos presentando.

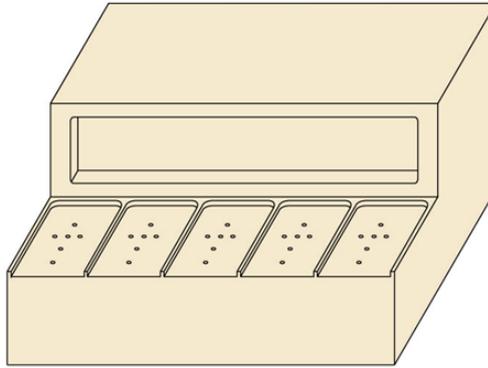


Figura 4.1.3: Prueba critica  
Fuente: Propia

Esta es la prueba critica que se encontró y la que nos llevo a implementar un LDR debajo de los diodos antes colocados ya que si lo colocamos a un lado se puede dar la

opción de que cense un dato equivocado y no sea esta la decisión de niño tomada si no que por un mal movimiento censo el sistema y lo tomaría como secuencia errónea debido a que no pueden controlar sus movimientos perfectamente.

Por lo el diseño del sistema quedaría de la siguiente forma:



(a)



(b)



Figura 4.1.4: (a) Diseño Final Del Sistema De Entrenamiento (b) Diseño Final Del Sistema De Entrenamiento Construido (c) Diseño Final Del Sistema De Entrenamiento Construido por Sensores e Indicadores

Fuente: Propia

## 4.2. Conclusiones y Recomendaciones

El proyecto nació con la idea principal de realizar alguna acción social y de brindar nuestra ayuda desde el punto de vista tecnológico. Por lo tanto lo realizado debía ser donado a una fundación que se dedica a la educación de niños con discapacidad, nosotros realizamos una visita al INSTITUTO DE EDUCACIÓN ESPECIAL “STEPHEN HAWKING”, en donde una representante del instituto nos supo indicar la problemática que enfrentan los niños y los escasos recursos didácticos con la que cuentan para sus diversas actividades que realizan para la ayuda del niño.

Visto esto nuestra idea fue desarrollar un sistema didáctico que sirva para que los niños lo utilicen pero aquí surgió el primer problema, lo que realizaremos ¿cómo iba a ayudar a los niños? ya que lo que nos planteamos no se sabía en que fortalecerá el aprendizaje de los niños o como realizar una ayuda para ellos, debido a que es un tema que no dominamos ni tenemos conocimientos, fuimos en busca de un especialista, a lo que nos supo decir que el niño primero ve, luego piensa, procesa en el cerebro la acción a realizar y por ultimo actúa. Aquí se da el procesamiento confuso del niño y a lo que se le denomina Problema en la Integración Sensorial. Por lo que nuestro proyecto a realizar se enfoco a ayudar a niños con este problema y también se lo realizará para ayudar a niños con deficiencia auditiva a mejorar el sentido de la vista ya que será un sistema implementado con juegos de luces.

Una vez recaudada la información necesaria procedimos a realizar un sistema que genera secuencias de luces aleatorias que los niños deberán repetir correctamente y el sistema sensar o detectar si cumple o no con la secuencia para que proceda a generar otra, para esto los paneles están hechos con luces de alta intensidad, para llamar primero la atención del usuario, la secuencia de números aleatorios es para que utilicen su memoria y la retroalimentación del sistema es que el niño siga la mencionada secuencia y así incentivar a que realice correctamente el orden de encendido de los paneles, las secuencias iniciaran muy fáciles y tendrán una complejidad que aumentara mediante el usuario vaya realizando y cumpliendo correctamente con las secuencias antes generadas.

El proceso de sensado de la secuencia se la realizó con LDRs debido a que los niños tienen una discapacidad motriz y no pueden controlar muy bien el movimiento de sus manos para activar un pulsante por lo tanto se opto por colocar las LDRs en el centro de cada panel, para que no sea solo un dedo el que pueda utilizar si no que toda la mano.

Aún con esto no podían colocar la palma de la mano de una manera adecuada para tapar la LDR en cada uno de los paneles, por lo que se tomo la decisión de incluir una segunda LDR en forma vertical para mejorar la posibilidad de que el sistema pueda sensar correctamente la intención del niño es decir que panel quiso presionar.

En un inicio se estaba utilizando el microcontrolador 16f628a pero nos dimos cuenta de que el mismo es demasiado susceptible al ruido por lo que se cambio al pic 16f871 con un oscilador de 4MHZ como cerebro del sistema quien va a controlar el proceso de generar y validar las secuencias.

Al concluir con el diseño y la construcción de sistema podemos decir que se cumplió satisfactoriamente los objetivos planteados y que el sistema sera un gran aporte y servirá de mucha ayuda para la educación y el sentimiento de fortalecimiento que brinda el INSTITUTO DE EDUCACIÓN ESPECIAL “STEPHEN HAWKING”.

# Bibliografía

- [1] Microcontroladores: fundamentos y aplicaciones con PIC - [Ramón Pallás Areny]
- [2] Rueda Luis, “Ero-Pic”; [http://perso.wanadoo.es/luis\\_ju/pic/pic03.html](http://perso.wanadoo.es/luis_ju/pic/pic03.html)
- [3] [http://www.datasheetcatalog.org/datasheets2/28/2884512\\_1.pdf](http://www.datasheetcatalog.org/datasheets2/28/2884512_1.pdf)
- [4] JEAN AYRES, Ana; “La Integración Sensorial Y El Niño”, Editorial: MAD, edición: 2006, SEVILLA
- [5] VIADER VIDAL, Bárbara; “¿Cómo Afectan Las Dificultades De Integración Sensorial En El Desarrollo Infantil?”, Barcelona
- [6] CORNEJO CHÁVEZ, Claudia; “Integración Sensorial”; Inserta Centro de Atención Integral, Chile <http://el32.com/3hwsy/>
- [7] CUESTA PALACIOS, Ayola; “Integración Sensorial”, Universidad del Rosario,
- [8] TOCCI, Ronald J. y otros; Sistemas Digitales, Pearson Educación, México, 10a edición, 2007.
- [9] RS Components, Data Sheet, 1997 <http://el32.com/on782/>
- [10] Mikroelektronika libros <http://el32.com/i8s74/>

## **Parte I**

### **Anexo1: Imagenes del proceso de construccion de la maqueta**



Figura 4.2.1: Modificación de la maqueta en laboratorios de la UPS



Figura 4.2.2: Modificación de la maqueta en laboratorios de la UPS



Figura 4.2.3: Modificación de la maqueta en laboratorios de la UPS

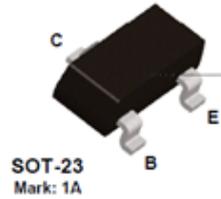
## **Parte II**

### **Anexo2: Hoja de datos transistor 2N3904**

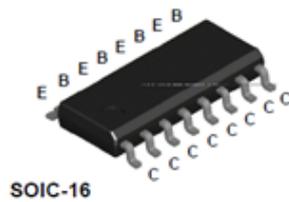
### 2N3904



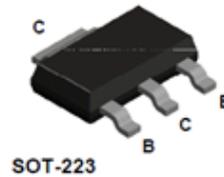
### MMBT3904



### MMPQ3904



### PZT3904



## NPN General Purpose Amplifier

This device is designed as a general purpose amplifier and switch. The useful dynamic range extends to 100 mA as a switch and to 100 MHz as an amplifier. Sourced from Process 23.

### Absolute Maximum Ratings\*

TA = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
V <sub>CEO</sub>	Collector-Emitter Voltage	40	V
V <sub>CBO</sub>	Collector-Base Voltage	60	V
V <sub>EBO</sub>	Emitter-Base Voltage	6.0	V
I <sub>C</sub>	Collector Current - Continuous	200	mA
T <sub>J</sub> , T <sub>stg</sub>	Operating and Storage Junction Temperature Range	-55 to +150	°C

\*These ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired.

#### NOTES:

- 1) These ratings are based on a maximum junction temperature of 150 degrees C.
- 2) These are steady state limits. The factory should be consulted on applications involving pulsed or low duty cycle operations.

Figura 4.2.4: Datasheet del transistor 2N3904

## NPN General Purpose Amplifier

(continued)

## Electrical Characteristics

TA = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min	Max	Units
<b>OFF CHARACTERISTICS</b>					
$V_{(BR)CEO}$	Collector-Emitter Breakdown Voltage	$I_C = 1.0 \text{ mA}, I_B = 0$	40		V
$V_{(BR)CBO}$	Collector-Base Breakdown Voltage	$I_C = 10 \text{ } \mu\text{A}, I_E = 0$	60		V
$V_{(BR)EBO}$	Emitter-Base Breakdown Voltage	$I_E = 10 \text{ } \mu\text{A}, I_C = 0$	6.0		V
$I_{BL}$	Base Cutoff Current	$V_{CE} = 30 \text{ V}, V_{EB} = 0$		50	nA
$I_{CEX}$	Collector Cutoff Current	$V_{CE} = 30 \text{ V}, V_{EB} = 0$		50	nA

## ON CHARACTERISTICS\*

$h_{FE}$	DC Current Gain	$I_C = 0.1 \text{ mA}, V_{CE} = 1.0 \text{ V}$ $I_C = 1.0 \text{ mA}, V_{CE} = 1.0 \text{ V}$ $I_C = 10 \text{ mA}, V_{CE} = 1.0 \text{ V}$ $I_C = 50 \text{ mA}, V_{CE} = 1.0 \text{ V}$ $I_C = 100 \text{ mA}, V_{CE} = 1.0 \text{ V}$	40 70 100 60 30	300	
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 10 \text{ mA}, I_B = 1.0 \text{ mA}$ $I_C = 50 \text{ mA}, I_B = 5.0 \text{ mA}$		0.2 0.3	V
$V_{BE(sat)}$	Base-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 10 \text{ mA}, I_B = 1.0 \text{ mA}$ $I_C = 50 \text{ mA}, I_B = 5.0 \text{ mA}$	0.65	0.85 0.95	V

## SMALL SIGNAL CHARACTERISTICS

$f_T$	Current Gain - Bandwidth Product	$I_C = 10 \text{ mA}, V_{CE} = 20 \text{ V},$ $f = 100 \text{ MHz}$	300		MHz
$C_{obo}$	Output Capacitance	$V_{CB} = 5.0 \text{ V}, I_E = 0,$ $f = 1.0 \text{ MHz}$		4.0	pF
$C_{ibo}$	Input Capacitance	$V_{EB} = 0.5 \text{ V}, I_C = 0,$ $f = 1.0 \text{ MHz}$		8.0	pF
NF	Noise Figure (except MMPQ3904)	$I_C = 100 \text{ mA}, V_{CE} = 5.0 \text{ V},$ $R_S = 1.0 \text{ kW}, f = 10 \text{ Hz to } 15.7 \text{ kHz}$		5.0	dB

## SWITCHING CHARACTERISTICS (except MMPQ3904)

$t_d$	Delay Time	$V_{CC} = 3.0 \text{ V}, V_{BE} = 0.5 \text{ V},$		35	ns
$t_r$	Rise Time	$I_C = 10 \text{ mA}, I_{B1} = 1.0 \text{ mA}$		35	ns
$t_s$	Storage Time	$V_{CC} = 3.0 \text{ V}, I_C = 10 \text{ mA}$		200	ns
$t_f$	Fall Time	$I_{B1} = I_{B2} = 1.0 \text{ mA}$		50	ns

\* Pulse Test: Pulse Width  $\leq 300 \text{ } \mu\text{s}$ , Duty Cycle  $\leq 2.0\%$ 

## Spice Model

NPN (Is=6.734f Xti=3 Eg=1.11 Vaf=74.03 Bf=416.4 Ne=1.259 Ise=6.734 Ikf=66.78m Xtb=1.5 Br=.7371 Nc=2  
Isc=0 Ikr=0 Rc=1 Cjc=3.638p Mjc=.3085 Vjc=.75 Fc=.5 Cje=4.493p Mje=.2593 Vje=.75 Tr=239.5n Tf=301.2p  
Itf=.4 Vtf=4 Xtf=2 Rb=10)

Figura 4.2.5: Datasheet del transistor 2N3904

**NPN General Purpose Amplifier**  
(continued)

**Thermal Characteristics**

TA = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Characteristic	Max		Units
		2N3904	*PZT3904	
P <sub>D</sub>	Total Device Dissipation Derate above 25°C	625	1,000	mW
		5.0	8.0	mW/°C
R <sub>θJC</sub>	Thermal Resistance, Junction to Case	83.3		°C/W
R <sub>θJA</sub>	Thermal Resistance, Junction to Ambient	200	125	°C/W

Symbol	Characteristic	Max		Units
		**MMBT3904	MMPQ3904	
P <sub>D</sub>	Total Device Dissipation Derate above 25°C	350	1,000	mW
		2.8	8.0	mW/°C
R <sub>θJA</sub>	Thermal Resistance, Junction to Ambient Effective 4 Die Each Die	357	125	°C/W
			240	°C/W

\* Device mounted on FR-4 PCB 36 mm X 18 mm X 1.5 mm; mounting pad for the collector lead min. 6  $\bar{c}$ m

\*\* Device mounted on FR-4 PCB 1.6" X 1.6" X 0.06"

**Typical Characteristics**

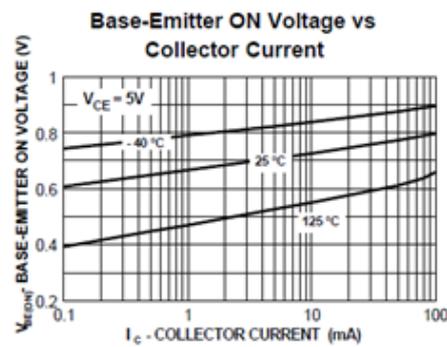
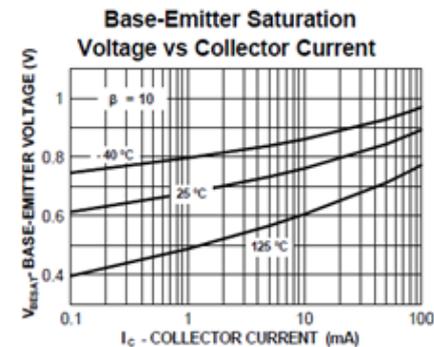
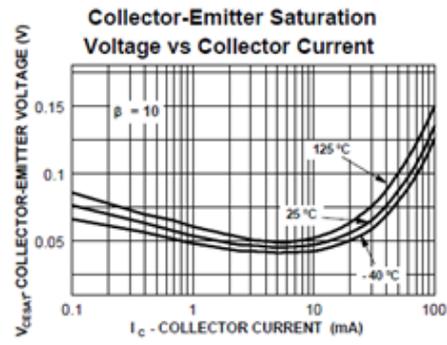
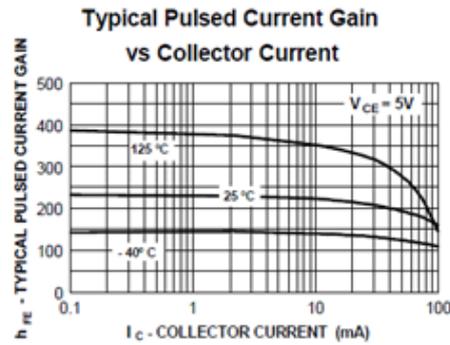


Figura 4.2.6: Datasheet del transistor 2N3904

NPN General Purpose Amplifier  
(continued)

2N3904 / MMBT3904 / MMPC3904 / PZT3904

Typical Characteristics (continued)

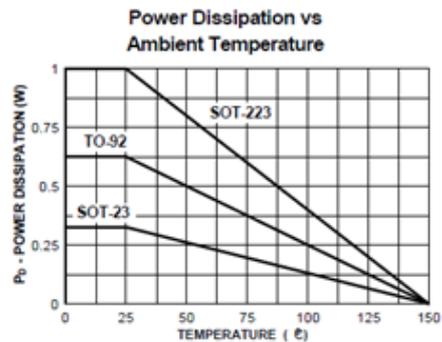
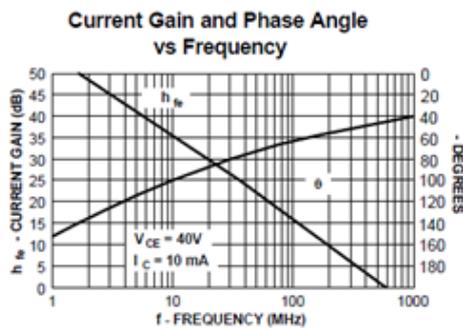
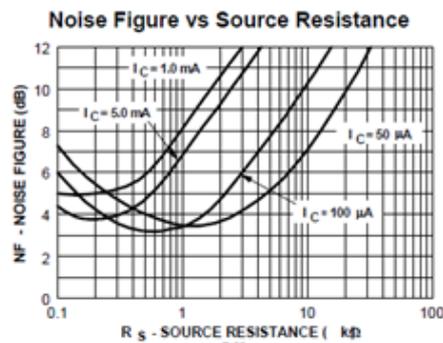
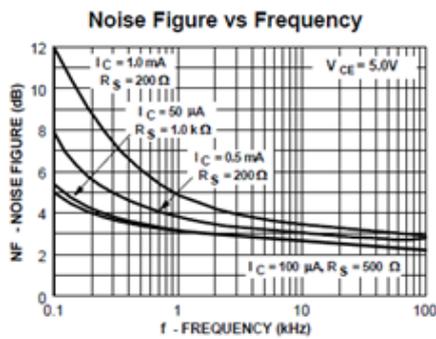
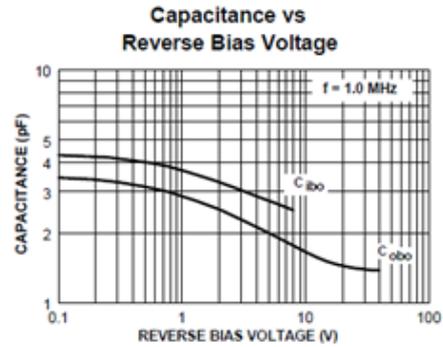
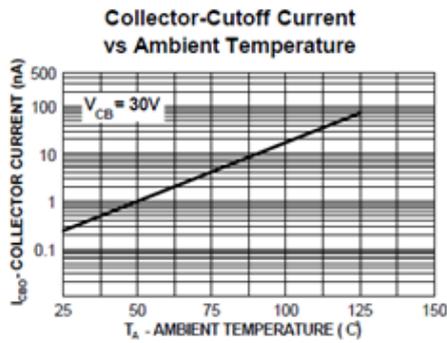


Figura 4.2.7: Datasheet del transistor 2N3904

Typical Characteristics (continued)

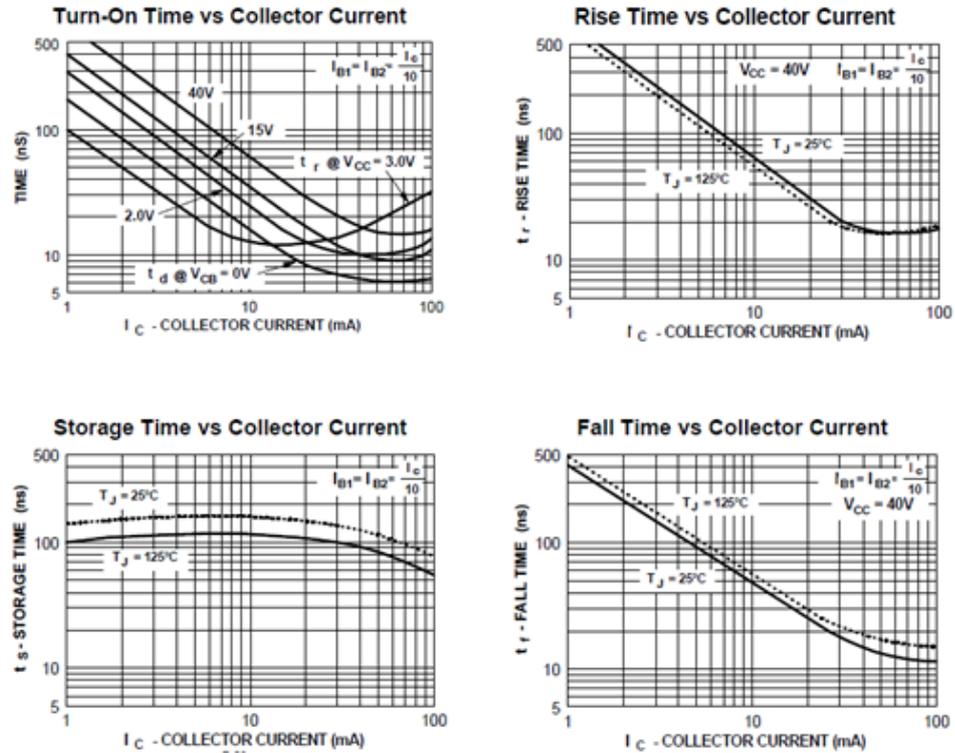


Figura 4.2.8: Datasheet del transistor 2N3904

## **Parte III**

### **Anexo3:Hoja de datos pic 16f871**

## 28/40-Pin 8-Bit CMOS FLASH Microcontrollers

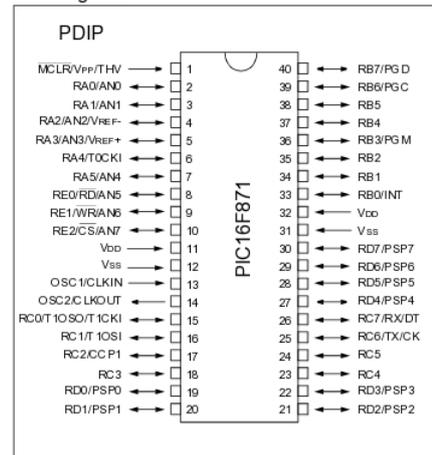
Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F870
- PIC16F871

Microcontroller Core Features:

- High-performance RISC CPU
- Only 35 single word instructions to learn
- All single cycle instructions except for program branches which are two cycle
- Operating speed: DC - 20 MHz clock input  
DC - 200 ns instruction cycle
- 2K x 14 words of FLASH Program Memory  
128 x 8 bytes of Data Memory (RAM)  
64 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to the PIC16CXXX 28 and 40-pin devices
- Interrupt capability (up to 11 sources)
- Eight level deep hardware stack
- Direct, indirect and relative addressing modes
- Power-on Reset (POR)
- Power-up Timer (PWRT) and Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC oscillator for reliable operation
- Programmable code-protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options
- Low-power, high-speed CMOS FLASH/EEPROM technology
- Fully static design
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP) via two pins
- Single 5V In-Circuit Serial Programming capability
- In-Circuit Debugging via two pins
- Processor read/write access to program memory
- Wide operating voltage range: 2.0V to 5.5V
- High Sink/Source Current: 25 mA
- Commercial and Industrial temperature ranges
- Low-power consumption:
  - < 1.6 mA typical @ 5V, 4 MHz
  - 20 μA typical @ 3V, 32 kHz
  - < 1 μA typical standby current

Pin Diagram



Peripheral Features:

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

Figura 4.2.9: Datasheet de pic 16f871

## PIC16F870/871

Key Features PICmicro™ Mid-Range Reference Manual (DS33023)	PIC16F870	PIC16F871
Operating Frequency	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz
Resets (and Delays)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)
FLASH Program Memory (14-bit words)	2K	2K
Data Memory (bytes)	128	128
EEPROM Data Memory	64	64
Interrupts	10	11
I/O Ports	Ports A,B,C	Ports A,B,C,D,E
Timers	3	3
Capture/Compare/PWM modules	1	1
Serial Communications	USART	USART
Parallel Communications	—	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	5 input channels	8 input channels
Instruction Set	35 Instructions	35 Instructions

Figura 4.2.10: Datasheet de pic 16f871

# PIC16F870/871

## 1.0 DEVICE OVERVIEW

This document contains device-specific information. Additional information may be found in the PICmicro™ Mid-Range Reference Manual, (DS33023), which may be obtained from your local Microchip Sales Representative or downloaded from the Microchip website. The Reference Manual should be considered a complementary document to this data sheet, and is highly recommended reading for a better understanding of the device architecture and operation of the peripheral modules.

There are two devices (PIC16F870 and PIC16F871) covered by this data sheet. The PIC16F870 device comes in a 28-pin package and the PIC16F871 device comes in a 40-pin package. The 28-pin device does not have a Parallel Slave Port implemented.

The following two figures are device block diagrams sorted by pin number; 28-pin for Figure 1-1 and 40-pin for Figure 1-2. The 28-pin and 40-pin pinouts are listed in Table 1-1 and Table 1-2, respectively.

FIGURE 1-1: PIC16F870 BLOCK DIAGRAM

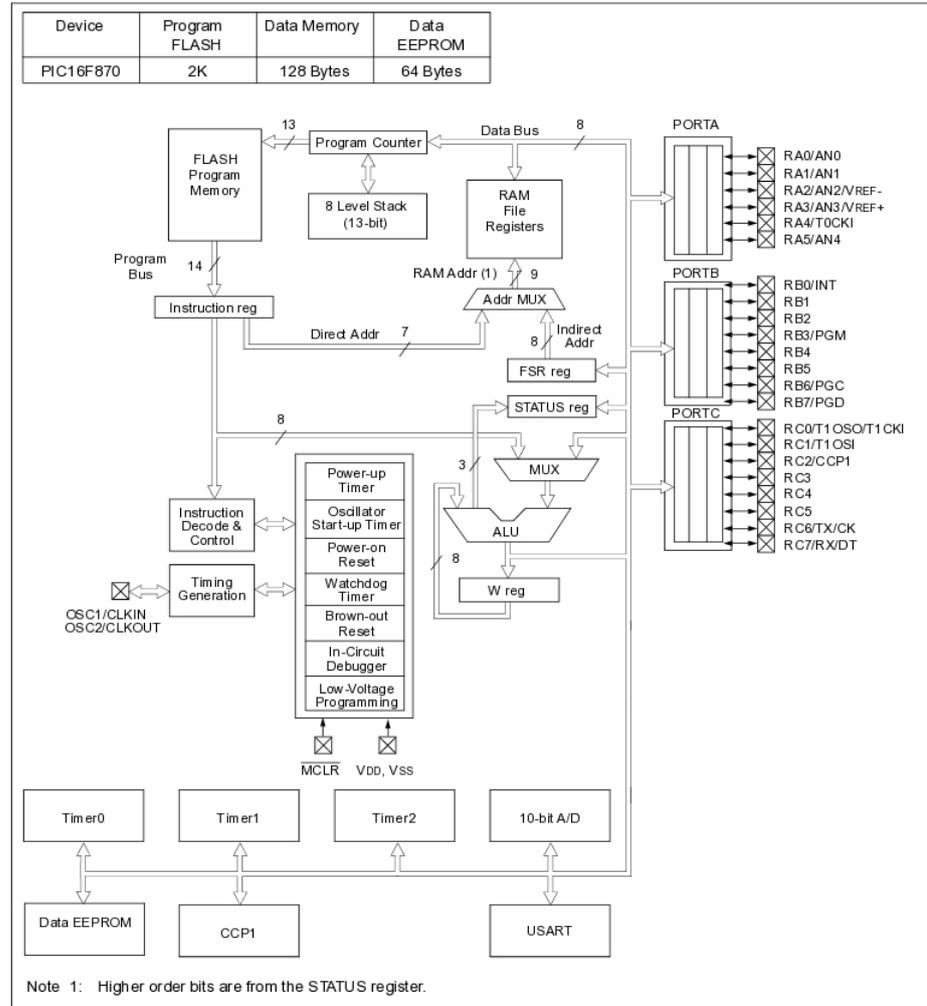


Figura 4.2.11: Datasheet de pic 16f871

# PIC16F870/871

FIGURE 1-2: PIC16F871 BLOCK DIAGRAM

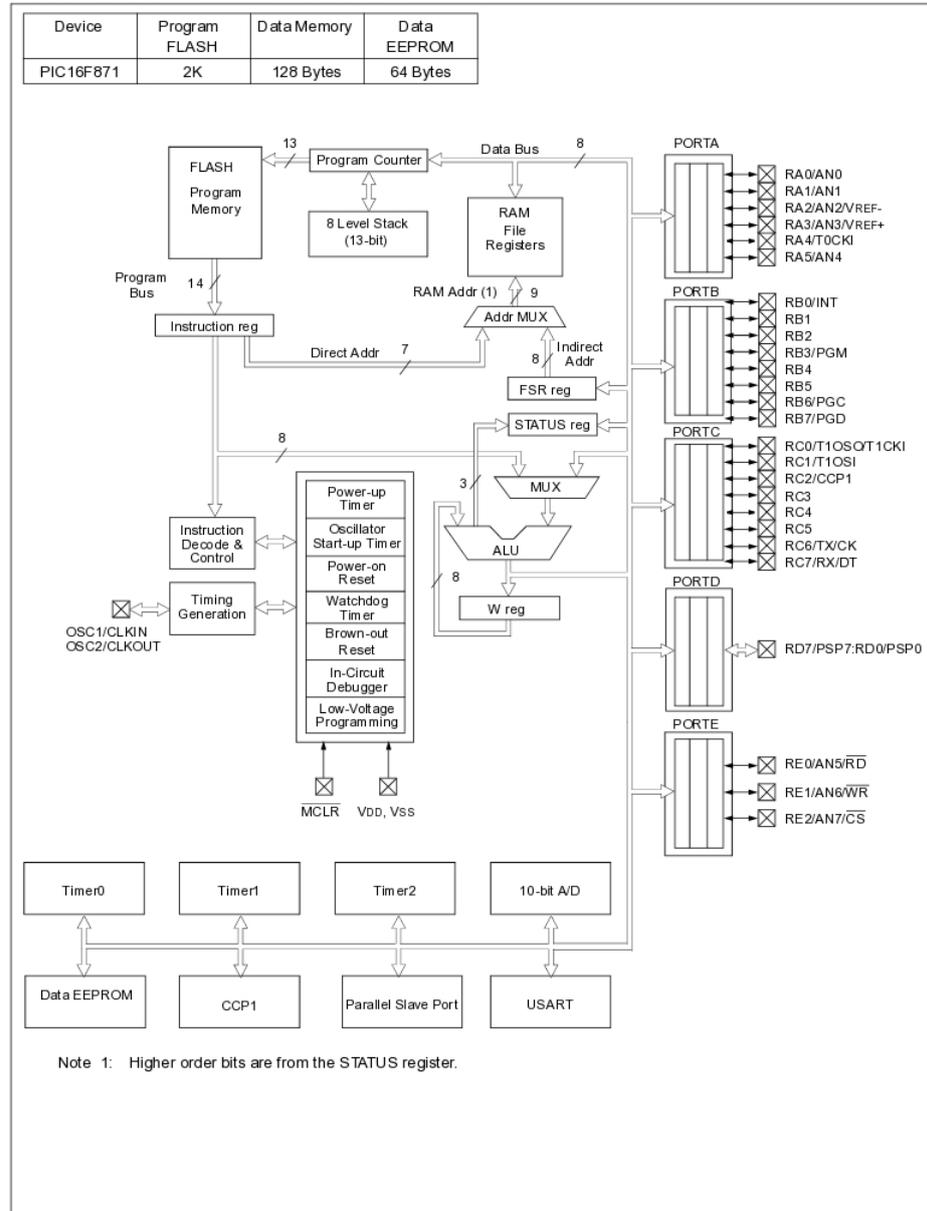


Figura 4.2.12: Datasheet de pic 16f871

# PIC16F870/871

TABLE 1-1: PIC16F870 PINOUT DESCRIPTION

Pin Name	DIP Pin#	SOIC Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKIN	9	9	I	ST/CMOS <sup>(3)</sup>	Oscillator crystal input/external clock source input.
OSC2/CLKOUT	10	10	O	—	Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in crystal oscillator mode. In RC mode, the OSC2 pin outputs CLKOUT which has 1/4 the frequency of OSC1, and denotes the instruction cycle rate.
MCLR/VPP/THV	1	1	I/P	ST	Master clear (reset) input or programming voltage input or high voltage test mode control. This pin is an active low reset to the device.
RA0/AN0	2	2	I/O	TTL	PORTA is a bi-directional I/O port. RA0 can also be analog input0 RA1 can also be analog input1 RA2 can also be analog input2 or negative analog reference voltage RA3 can also be analog input3 or positive analog reference voltage RA4 can also be the clock input to the Timer0 module. Output is open drain type. RA5 can also be analog input4
RA1/AN1	3	3	I/O	TTL	
RA2/AN2/VREF-	4	4	I/O	TTL	
RA3/AN3/VREF+	5	5	I/O	TTL	
RA4/T0CKI	6	6	I/O	ST	
RA5/AN4	7	7	I/O	TTL	
RB0/INT	21	21	I/O	TTL/ST <sup>(1)</sup>	PORTB is a bi-directional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs. RB0 can also be the external interrupt pin.  RB3 can also be the low voltage programming input Interrupt on change pin. Interrupt on change pin. Interrupt on change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming clock. Interrupt on change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming data.
RB1	22	22	I/O	TTL	
RB2	23	23	I/O	TTL	
RB3/PGM	24	24	I/O	TTL/ST <sup>(1)</sup>	
RB4	25	25	I/O	TTL	
RB5	26	26	I/O	TTL	
RB6/PGC	27	27	I/O	TTL/ST <sup>(2)</sup>	
RB7/PGD	28	28	I/O	TTL/ST <sup>(2)</sup>	
RC0/T1OSO/T1CKI	11	11	I/O	ST	PORTC is a bi-directional I/O port. RC0 can also be the Timer1 oscillator output or Timer1 clock input. RC1 can also be the Timer1 oscillator input RC2 can also be the Capture1 input/Compare1 output/PWM1 output.  RC6 can also be the USART Asynchronous Transmit or Synchronous Clock. RC7 can also be the USART Asynchronous Receive or Synchronous Data.
RC1/T1OSI	12	12	I/O	ST	
RC2/CCP1	13	13	I/O	ST	
RC3	14	14	I/O	ST	
RC4	15	15	I/O	ST	
RC5	16	16	I/O	ST	
RC6/TX/CK	17	17	I/O	ST	
RC7/RX/DT	18	18	I/O	ST	
Vss	8, 19	8, 19	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
VDD	20	20	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.

Legend: I = input    O = output    I/O = input/output    P = power  
 — = Not used    TTL = TTL input    ST = Schmitt Trigger input

Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt or LVP mode.  
 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in serial programming mode.  
 3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC oscillator mode and a CMOS input otherwise.

Figura 4.2.13: Datasheet de pic 16f871

# PIC16F870/871

TABLE 1-2: PIC16F871 PINOUT DESCRIPTION

Pin Name	DIP Pin#	PLCC Pin#	QFP Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKIN	13	14	30	I	ST/CMOS <sup>(4)</sup>	Oscillator crystal input/external clock source input.
OSC2/CLKOUT	14	15	31	O	—	Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in crystal oscillator mode. In RC mode, OSC2 pin outputs CLK-OUT which has 1/4 the frequency of OSC1, and denotes the instruction cycle rate.
MCLR/VPP/THV	1	2	18	I/P	ST	Master clear (reset) input or programming voltage input or high voltage test mode control. This pin is an active low reset to the device.
RA0/AN0	2	3	19	I/O	TTL	PORTA is a bi-directional I/O port. RA0 can also be analog input 0 RA1 can also be analog input 1 RA2 can also be analog input 2 or negative analog reference voltage RA3 can also be analog input 3 or positive analog reference voltage RA4 can also be the clock input to the Timer0 timer/counter. Output is open drain type. RA5 can also be analog input 4
RA1/AN1	3	4	20	I/O	TTL	
RA2/AN2/VREF-	4	5	21	I/O	TTL	
RA3/AN3/VREF+	5	6	22	I/O	TTL	
RA4/T0CKI	6	7	23	I/O	ST	
RA5/AN4	7	8	24	I/O	TTL	
RB0/INT	33	36	8	I/O	TTL/ST <sup>(1)</sup>	PORTB is a bi-directional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs. RB0 can also be the external interrupt pin. RB3 can also be the low voltage programming input Interrupt on change pin. Interrupt on change pin. Interrupt on change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming clock. Interrupt on change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming data.
RB1	34	37	9	I/O	TTL	
RB2	35	38	10	I/O	TTL	
RB3/PGM	36	39	11	I/O	TTL/ST <sup>(1)</sup>	
RB4	37	41	14	I/O	TTL	
RB5	38	42	15	I/O	TTL	
RB6/PGC	39	43	16	I/O	TTL/ST <sup>(2)</sup>	
RB7/PGD	40	44	17	I/O	TTL/ST <sup>(2)</sup>	
RC0/T1OSO/T1CKI	15	16	32	I/O	ST	PORTC is a bi-directional I/O port. RC0 can also be the Timer1 oscillator output or a Timer1 clock input. RC1 can also be the Timer1 oscillator input RC2 can also be the Capture1 input/Compare1 output/PWM1 output. RC6 can also be the USART Asynchronous Transmit or Synchronous Clock. RC7 can also be the USART Asynchronous Receive or Synchronous Data.
RC1/T1OSI	16	18	35	I/O	ST	
RC2/CCP1	17	19	36	I/O	ST	
RC3	18	20	37	I/O	ST	
RC4	23	25	42	I/O	ST	
RC5	24	26	43	I/O	ST	
RC6/TX/CK	25	27	44	I/O	ST	
RC7/RX/DT	26	29	1	I/O	ST	

Legend: I = input    O = output    I/O = input/output    P = power  
 — = Not used    TTL = TTL input    ST = Schmitt Trigger input

- Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as an external interrupt or LVP mode.  
 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in serial programming mode.  
 3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as general purpose I/O and a TTL input when used in the Parallel Slave Port mode (for interfacing to a microprocessor bus).  
 4: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC oscillator mode and a CMOS input otherwise.

Figura 4.2.14: Datasheet de pic 16f871

# PIC16F870/871

TABLE 1-2: PIC16F871 PINOUT DESCRIPTION (CONTINUED)

Pin Name	DIP Pin#	PLCC Pin#	QFP Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RD0/PSP0	19	21	38	I/O	ST/TTL <sup>(3)</sup>	PORTD is a bi-directional I/O port or parallel slave port when interfacing to a microprocessor bus.
RD1/PSP1	20	22	39	I/O	ST/TTL <sup>(3)</sup>	
RD2/PSP2	21	23	40	I/O	ST/TTL <sup>(3)</sup>	
RD3/PSP3	22	24	41	I/O	ST/TTL <sup>(3)</sup>	
RD4/PSP4	27	30	2	I/O	ST/TTL <sup>(3)</sup>	
RD5/PSP5	28	31	3	I/O	ST/TTL <sup>(3)</sup>	
RD6/PSP6	29	32	4	I/O	ST/TTL <sup>(3)</sup>	
RD7/PSP7	30	33	5	I/O	ST/TTL <sup>(3)</sup>	
RE0/ $\overline{RD}$ /AN5	8	9	25	I/O	ST/TTL <sup>(3)</sup>	PORTE is a bi-directional I/O port. RE0 can also be read control for the parallel slave port, or analog input5. RE1 can also be write control for the parallel slave port, or analog input6. RE2 can also be select control for the parallel slave port, or analog input7.
RE1/ $\overline{WR}$ /AN6	9	10	26	I/O	ST/TTL <sup>(3)</sup>	
RE2/ $\overline{CS}$ /AN7	10	11	27	I/O	ST/TTL <sup>(3)</sup>	
Vss	12,31	13,34	6,29	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
VDD	11,32	12,35	7,28	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.
NC	—	1,17,28,40	12,13,33,34		—	These pins are not internally connected. These pins should be left unconnected.

Legend: I = input      O = output      I/O = input/output      P = power  
 — = Not used      TTL = TTL input      ST = Schmitt Trigger input

- Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as an external interrupt or LVP mode.  
 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in serial programming mode.  
 3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as general purpose I/O and a TTL input when used in the Parallel Slave Port mode (for interfacing to a microprocessor bus).  
 4: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC oscillator mode and a CMOS input otherwise.

Figura 4.2.15: Datasheet de pic 16f871